SIP第2期

― 自動運転（システムとサービスの拡張）―

最終成果報告書（2018～2022）

Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program

様々な“連携”が進んだ９年間

SIP第１期『自動走行システム』，第２期『自動運転（システムとサービスの拡張）』でのプログラムディレクター（PD）という大役を終えるにあたり，これまでの９年間にわたる関係者の皆さまのご支援・ご協力に対し，心より感謝を申し上げます．

９年前に本プロジェクトに携わることになった時，私は自動運転開発の経験はありませんでした．SIPという新たな枠組みでのプロジェクトが立ち上がるという噂は聞いていましたが，自分には関係ないものと思っていたところに「自動運転は“安全”のために開発するのだから」と前PDの渡邉技監（当時）に指名いただいたのが始まりでした．私自身，国家プロジェクトに参画するのは初めてであり，右も左もわからないなか，皆さまのご指導を仰ぎながら試行錯誤を繰り返してきました．産学官連携プロジェクトであるSIPでは，学の専門家や省庁の方々，そしてこれまで全く付き合いのなかった業界の方々など幅広い関係者と仕事をさせていただくことができ，毎日が刺激的であり，多くのことを学ぶ貴重な経験となりました．

自動運転の実現には，競争も協調も不可欠との思いから，“競争と協調”という考え方のもと，自動車工業会をはじめ大学，ベンチャー企業，海外OEM，サプライヤ等幅広く参加いただいた東京臨海部実証実験などをはじめ，研究開発を進めるなかで日に日に仲間が増え，様々な場所で様々な交流が起こり，産学官連携・業界連携・学学連携・国際連携など連携が進んでいく過程に身を置くことができたことは，この上ない喜びでした．

SIP自動運転終了後も更なる高みに向け連携が進むことを期待しつつ，この９年間のSIPの成果や経験を『最終成果報告書』にまとめました．今後の研究開発プロジェクト等の一助にしていただければ幸いです．

SIP第２期自動運転 プログラムディレクター
葛巻清吾

自動運転による社会課題の解決，そしてその先のモビリティ社会の実現に向けて

戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）は，Society5.0の実現，すなわちサイバー空間とフィジカル空間の高度な融合により新たな価値を創出し，経済成長と社会課題を解決することを目指し，総合科学技術・イノベーション会議のもと，府省・分野の枠を超えて基礎研究から実用化，事業化の出口までを見据えた研究開発を推進するプログラムです．その中でも自動運転は，路側や車載のセンサで収集した多種・大量の情報（ビッグデータ）を，サイバー空間で認知し，AIにより処理，判断を行ったうえで，リアルな空間に存在する車両を制御し，走行させるという，まさにSociety5.0を体現するテーマと言うことができ，SIPの12課題の一つとして，産学官共同で取り組むべき自動運転の共通課題（協調領域）の研究開発を推進してきました．

本研究開発の取組では，PD，SPDのリーダーシップのもとで，関係省庁，産業界，アカデミア等が連携し，自動運転に必要な交通環境情報の配信やデータ活用，安全性評価，セキュリティなど，業界や分野横断的に取り組むべき協調領域において，着実に成果を上げてきました．

また，実用化，事業化までを見据えた研究開発プログラムとして，SIP自動運転が，第１期ではダイナミックマップに係る事業化，第２期では仮想空間における安全性評価用のプラットフォームに係る事業化を達成してきたことに象徴されるように，いくつもの社会実装の成果を上げてきたことを大変喜ばしく思います．

さらには，2021年３月に策定された，第６期科学技術・イノベーション基本計画において，社会課題の解決の推進にあたり，今後，人文・社会科学系の知見も取り入れた「総合知」を有効に活用していくこととされたところ，SIP自動運転が，早くから，交通事故死者低減効果の分析等，社会科学分野の知見も活用した総合知的アプローチによる調査・研究に取り組んできたことも意義深いことであると考えています．

第１期SIPから続いてきた自動運転に係る取組は，レベル３が制度化され，世界で初めてレベル３を搭載した車両が販売されるなど，世界をリードする展開にも様々な形で貢献し，今第２期で終了します．SIP自動運転の成果が今後も広く活用され，重点的に取り組んできた交通環境情報を活用した運転支援・自動運転が実現・普及する社会が一日も早く到来することを心より期待しています．

加えて現在，次期SIP課題候補の一つとして「スマートモビリティプラットフォームの構築」が検討されていますが，これまでの自動運転の成果も活かしつつ，それにとどまらない，様々な移動手段を組み合わせて一体的に提供するいわゆるMaaS等の取組の推進へと広がっていくことを目指して，内閣府としても，関係者の皆さまと協力しつつ，新たな展開に向けた検討を深めていきたいと考えています．

内閣府 審議官
覚道崇文

管理法人としての役割とその成果

内閣府総合科学・イノベーション会議のもと，私どもNEDOは，2014年からのSIP自動運転第１期プロジェクトでは2017年より，2018年からの第２期では当初より管理法人として３つの活動（①運営管理，②議論の場づくり，③情報発信サポート）を切れ目なく行ってまいりました．

葛巻PDのご指導のもと，内閣府をはじめとする関係省庁，各種委員会有識者，企業，大学，団体等の皆さまと自動運転実用化のための基盤技術開発のほか，社会実装に向けた実証実験，広報活動による民意の造成，国際連携など，自動運転の社会実装に向け57の施策を進めてまいりました．折しも，COVID-19の感染拡大／緊急事態宣言等でリモート中心での活動スタイルとなるなか，プロジェクトの進め方についても試行錯誤の連続でありましたが，そのような状況にあっても第２期の活動を完遂できたことについては，関係の皆さまの本プロジェクトに対する熱い想いと各種のお力添えがあったからこそであり，この場をお借りして，心よりの感謝を申し上げます．

わが国における自動運転の実現においては，利便性の向上はもちろんですが，何よりも「安全安心の確保」に重点を置いた技術開発・検証・制度化・システム化等に取り組んでおり，本第２期のプロジェクトでは，安全で安心な自動運転サービスの実現に向け，「開発／検証面」としては，各種実証実験，ダイナミックマップ作成や仮想空間での自動運転の安全性評価環境（DIVP®）の構築，セキュリティ技術の開発等を行い，さらに「自動運転を中心とした周辺ビジネス／サービスとの連携による豊かな社会の実現」に向けては，標準化活動や地理系データの連携・活用推進のためのポータルサイト「MD communet®」の立上げ，地域でのサービス実装，国内外への広報・連携等を実施し，多くの成果が出てきております．今回，最終の報告書の形でこれら成果を公開できることを大変喜ばしく思っています．

Society5.0における自動運転技術の実現，官民ITS構想・ロードマップが示す自動運転社会の実現を目指し，本報告書を最大限ご活用いただいて，第２期の成果を更に高めた安全安心で便利な移動関連サービスの実現・拡充の次なるアクションに是非とも繋げていただきたく，SIP事業の関係者の方々はもちろんのこと，まだご参画いただいていない組織の皆さま方にも，益々のご協力を賜れればと存じます．

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 理事
西村知泰

最終成果報告書の発行にあたって

SIP第２期「自動運転（システムとサービスの拡張）」（以下，SIP自動運転）では，2020年度までの取組をまとめた中間成果報告書を昨年発行いたしました．幸い多くの方から，ポジティブな評価とたくさんのご感想をいただきました．読者の皆さまに厚く御礼申し上げます．

この度の最終成果報告書（以下，本報告書）は，中間成果報告書に掲載した後の活動を中心にSIP第２期での活動全体について取りまとめたものとなります．中間成果報告書に対していただいた読者の皆さまのご意見を可能な限り盛り込みながら，できるだけわかりやすく，役に立つ報告書を目指したものとなっております．

本報告書と中間成果報告書を入り口として，自動運転に関わる国内外の研究者をはじめとする読者の皆さまに，SIP自動運転の取組についてのご理解を深めていただけますと幸いです．なお，各記事には問合せ先も掲載しておりますので，SIP自動運転の研究成果の利活用等をご希望の方はぜひご連絡ください．

SIP自動運転は，多くの関係者のご支援のもと，第１期と通算して９年間の事業期間に数多くの成果を上げることができました．この成果が，将来の自動運転に関する研究開発や制度整備に繋がるものとなることを願い，本報告書を発行させていただきます．

2022年12月

SIP第２期「自動運転（システムとサービスの拡張）」最終成果報告書 編集委員会

編集委員会　構成員

（所属，役職は2022年10月１日現在，敬称略）

【プログラムディレクター（PD）／サブPD】	
トヨタ自動車株式会社 先進技術開発カンパニー Fellow	葛巻清吾
政策研究大学院大学 客員教授／ 国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター 上席フェロー	有本建男
株式会社本田技術研究所 先進技術研究所 知能化領域統括 兼 事業開発本部 ソフトウェアデファインドモビリティ開発統括部 エグゼクティブチーフエンジニア	杉本洋一
日産自動車株式会社 法規・認証部 担当部長	近藤晴彦
【有識者等】	
特定非営利活動法人ITS Japan 専務理事	山本昭雄
国立研究開発法人産業技術総合研究所 デジタルアーキテクチャ研究センター 首席研究員	加藤晋
一般社団法人日本自動車工業会 安全技術・政策委員会 自動運転部会長／ 本田技研工業株式会社 事業開発本部 ソフトウェアデファインドモビリティ開発統括部 エグゼクティブチーフエンジニア	波多野邦道
自動運転基準化研究所 所長／ 独立行政法人自動車技術総合機構 交通安全環境研究所 自動車安全研究部長	河合英直
株式会社三菱総合研究所 スマート・リージョン本部 モビリティ戦略グループ 研究員	外山友里絵
慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科 教授	大前学
【事務局】	
木村裕明，荒木雄一，杉山幸太郎（内閣府），田中孝浩，舟橋恵，安食秀一，桂木路彦（NEDO）	

Contents

Introduction

様々な“連携”が進んだ９年間 …… 1
葛巻清吾（SIP第２期自動運転 プログラムディレクター）

自動運転による社会課題の解決，そしてその先のモビリティ社会の実現に向けて … 2
覚道崇文（内閣府 審議官）

管理法人としての役割とその成果 …… 3
西村知泰（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 理事）

最終成果報告書の発行にあたって …… 4
SIP第2期「自動運転（システムとサービスの拡張）」最終成果報告書 編集委員会

SIP第２期「自動運転（システムとサービスの拡張）」最終成果報告書 解説 …… 6

第１章　SIP第２期「自動運転（システムとサービスの拡張）」 11

SIP第２期「自動運転（システムとサービスの拡張）」概要 …… 11
杉山幸太郎，木村裕明（内閣府）

警察庁の取組概説 …… 16
池内久晃（警察庁）

デジタル庁の取組概説 …… 19
宇佐見潤（デジタル庁）

総務省の取組概説 …… 22
増子喬紀（総務省）

経済産業省の取組概説 …… 25
福永茂和（経済産業省）

国土交通省 道路局の取組概説 …… 28
和賀正光（国土交通省道路局）

国土交通省 自動車局の取組概説 …… 31
多田善隆（国土交通省自動車局）

第２章　交通環境情報の構築と活用 34

（1）交通環境情報の生成に係る技術開発 34

交通環境情報の構築と活用及び東京臨海部実証実験（概要） …… 34
樋山智（本田技研工業株式会社），南方真人（トヨタ自動車株式会社）

①臨海副都心地域における実証実験 …… 41
津田喜秋，吉埜孝広（三菱電機株式会社），室山晋也，磯部健太郎（アイサンテクノロジー株式会社），渡部康祐，秋本克哉（日本工営株式会社）

②インフラ協調型自動運転のための信号提供技術（V2N）の開発 …… 47
畑崎由季子（日本信号株式会社），高柳雄一（パナソニック コネクト株式会社），馬渕透（オムロンソーシアルソリューションズ株式会社），
川邉俊一（一般社団法人UTMS協会）

③車両プローブによる車線別道路交通情報に係る技術開発 …… 54
市川博一，竹之内篤，船岡直樹，内山直浩，森暁雄（パシフィックコンサルタンツ株式会社），森崎千雅，大島竜輝（株式会社三菱総合研究所）

④合流支援のためのシミュレーション環境の構築及び技術開発 …… 61
荒木伸太，新徳顕大（株式会社構造計画研究所），宮下浩一，愛甲聡美（株式会社三菱総合研究所）

⑤交通規制情報のデータ精度向上 …… 67
馬場素（公益財団法人日本道路交通情報センター），前田誠（株式会社トスコ），坂口良（株式会社ドーン）

⑥GNSS（位置情報）等を活用した信号制御等及び緊急車両情報に係る技術開発 …… 73
角建志（コイト電工株式会社）

（2）交通環境情報の配信に係る技術開発 80

協調型自動運転のための通信方式の検討（概要） …… 80
菅沼英明（トヨタ自動車株式会社）

①協調型自動運転のユースケースを実現する通信方式の検討 …… 85
木村聡，布本剛史（日本電気株式会社），小川真人，小西友明（京セラ株式会社）

②V2X技術等を含む新たな通信技術開発 …… 94
浅野欽也，中林昭一（沖電気工業株式会社），木村聡，大塚昌弘（日本電気株式会社）

③中域情報の収集・配信に係る研究開発 …… 99
斉藤知彦，滝将太（エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社）

第３章　自動運転の安全性の確保　104

安全性確保に向けた技術開発と教育（概要）…… 104
保坂修，木村裕明（内閣府）

①仮想空間における自動走行評価環境整備手法の開発 …… 108
井上秀雄（学校法人幾徳学園 神奈川工科大学）

②自動運転（レベル３，４）に必要な認識技術等に関する研究 …… 120
菅沼直樹，米陀佳祐，柳瀬龍，倉元昭季（金沢大学），山下隆義，藤吉弘亘（中部大学），目黒淳一（名城大学）

③新たなサイバー攻撃手法と対策技術に関する調査研究 …… 129
奥山謙，和栗直英，韓欣一，今川勇生（PwCコンサルティング合同会社）

④自動運転の高度化に則した安全教育方法に関する調査研究 …… 134
伊藤誠，周慧萍（筑波大学），合田美子，戸田真志（熊本大学），新目真紀，半田純子（職業能力開発総合大学校）

⑤低速走行の自動運転移動・物流サービス車両と周辺交通参加者とのコミュニケーションに関する研究 …… 138
大門樹，對間昌宏，Lee Jieun，古谷知之（学校法人慶應義塾 慶應義塾大学）

⑥自動運転の高度化に則したHMIに関する調査研究 …… 144
佐藤稔久，長谷川国大，Wu Yanbin，木原健（国立研究開発法人産業技術総合研究所），中野公彦，楊波（東京大学）

第４章　自動運転のある社会　149

(1) 地域社会における自動運転移動サービス　149

中山間地域における自動運転移動サービス（概要） …… 149
加藤宣幸（一般財団法人道路新産業開発機構）

①自動運転による移動サービスの実用化に向けた環境整備 …… 153
加藤宣幸（一般財団法人道路新産業開発機構）

(2) 自動運転の社会的受容性　161

社会的受容性の醸成に向けた取組（概要） …… 161
荒木雄一，木村裕明（内閣府）

①社会的受容性の醸成に向けた調査と評価 …… 165
宮木由貴子（株式会社第一生命経済研究所）

②交通事故低減等への社会経済インパクト評価手法の開発 …… 172
須田義大（東京大学），三好博昭（同志社大学）

③社会的受容性の醸成に向けた活動 …… 179
廣田匡（株式会社電通名鉄コミュニケーションズ），木村洋（株式会社住商アビーム自動車総合研究所）

④交通制約者に優しいバスに係る検討 …… 188
足立圭司，柴田創一郎，池永藍，太刀川遼（株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所）

第５章　Society5.0実現に向けたデータ連携・活用　194

地理系アーキテクチャの設計と構築（概要） …… 194
平岡雷太，木村裕明（内閣府）

①地理系データのアーキテクチャの設計－交通情報環境ポータルサイトの構築・普及 …… 198
礒尚樹（株式会社エヌ・ティ・ティ・データ）

②観光都市における社会課題解決に向けた取組 …… 206
林典之，小宮山直久，外山友里絵，柏貴裕，小津宏貴，内田航（株式会社三菱総合研究所），野口和博，盛田太郎，
牧野夏葉，密原大豪（エム・アール・アイ リサーチアソシエイツ株式会社）

③車両プローブ情報を活用した物流効率化の調査研究 …… 210
赤尾幸彦，金澤匡晃，佐藤大二郎（株式会社ＮＸ総合研究所）

④車両プローブ情報の道路管理業務への活用 …… 217
市川博一，竹之内篤，内山直浩，祢津伸一，徳永和貴（パシフィックコンサルタンツ株式会社）

第６章　国際連携の推進　221

全体概要 …… 221
梅田学（東京大学，SIP-adus国際連携コーディネーター）

①SIP-adus Workshop …… 226
舟橋恵（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）

②日独連携，日EU連携 …… 229
梅田学（東京大学，SIP-adus国際連携コーディネーター）

③ダイナミックマップ …… 233
中條覚（東京大学）

④ヒューマンファクタ …… 237
北崎智之（国立研究開発法人産業技術総合研究所）

⑤安全性評価 …… 241
佐藤秀亮（トヨタ自動車株式会社）
⑥コネクテッドビークル …… 246
三角正法（マツダ株式会社）
⑦サイバーセキュリティ …… 250
平井康雅（トヨタ自動車株式会社）
⑧社会経済インパクト …… 253
大口敬（東京大学）
⑨サービス実装推進 …… 256
外山友里絵（株式会社三菱総合研究所）

第７章　その他の成果と取組等 259

その他の成果と取組等 …… 259
田中孝浩（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）

第８章　SIP 自動運転の総括と成果継承 263

①SIP 自動運転の振り返り（マネジメントにおける工夫点など） …… 263
葛巻清吾（SIP 第２期自動運転プログラムディレクター，トヨタ自動車株式会社）
②SIP 自動運転と STI 政策 …… 267
有本建男（政策研究大学院大学）
③SIP 自動運転の成果継承と次に目指すもの
RoAD to the L4 …… 270
横山利夫（国立研究開発法人産業技術総合研究所）
次期 SIP …… 273
植木健司（内閣府）
④SIP 自動運転の最終総括 ～次世代の技術者の皆さんへ～ …… 276
葛巻清吾（SIP 第２期自動運転プログラムディレクター，トヨタ自動車株式会社）

参考資料 285

国内関連法規情報
道路交通法の一部を改正する法律について …… 285
池内久晃（警察庁）
道路法等の一部を改正する法律について …… 288
国土交通省道路局
道路運送車両法の一部を改正する法律について …… 290
多田善隆（国土交通省自動車局）
SIP 第2期自動運転（システムとサービスの拡張）施策一覧及び報告書掲載状況 …… 292

SIP第２期「自動運転（システムとサービスの拡張）」最終成果報告書

解　説

SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）第２期（2018～2022）「自動運転（システムとサービスの拡張）」（SIP自動運転）の５年間の取組を『最終成果報告書』としてまとめた．以下に，本書の各章の構成及び内容について解説する．2021年に発行した『中間成果報告書』と合わせて，今後の皆さまの研究開発の一助にしていただきたい．

第１章　SIP第2期「自動運転（システムとサービスの拡張）」概要

第１章では，SIP政策的な位置づけや推進体制，SIP第２期での主な成果を説明するとともに，各省庁の取組概要をまとめている．

日本政府は『第５期科学技術基本計画』においてSociety5.0の実現（図１）を掲げており，戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）はSociety5.0実現に向けた中核的なプログラムと位置づけられている．

Society5.0とは「サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより，経済発展と社会的課題の解決を両立する，人間中心の社会（Society）」と定義されている．その中で，自動運転は交通環境情報等新たなデータ産業の創生やセンサ市場等の拡大による経済発展，そして安全で安心な移動手段の確保という社会的課題の解決への貢献への期待から，Society5.0実現に向けての重要なテーマとされ，SIP第１期に引き続き，SIP第２期でも採択された．

SIP自動運転では，産学官連携プロジェクトという特徴を活かし，デジタルインフラの構築や安全性確保に向けた技術開発等や標準化・社会的受容性の醸成など，業界として協調して取り組むべき課題にフォーカスして研究開発を進めてきた．（図２）

業界として協調しつつ，車両開発では競争することで自動運転社会の早期実現に貢献できると考えている．

なお，SIP自動運転の推進委員会構成メンバである警察庁，デジタル庁，総務省，経済産業省，国土交通省道路局，国土交通省自動車局の取組については，第１章「各省庁の取組概説」を参照いただきたい．

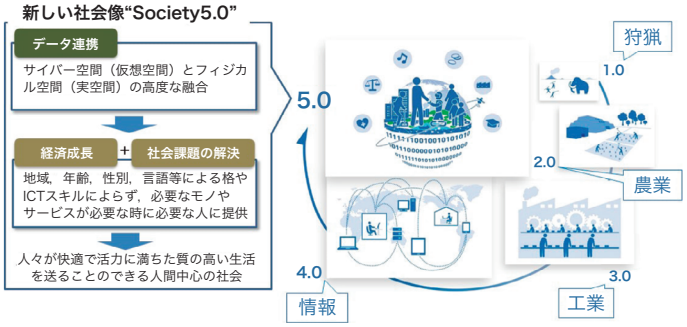


図１　Society5.0

図2　協調領域の技術及び課題

第2章　交通環境情報の構築と活用

高度な自動運転の実現のためには，“ローカライズ”や走行経路計画に用いるための高精度３次元地図情報をはじめ，交通規制情報，事故情報，渋滞情報，信号情報などの交通環境情報の構築と活用が必要である．

我々はこの自動運転に必要な交通環境情報のデータベースを“ダイナミックマップ”と呼び，図３に示すような４つのレイヤで層別したコンセプトで整理している．

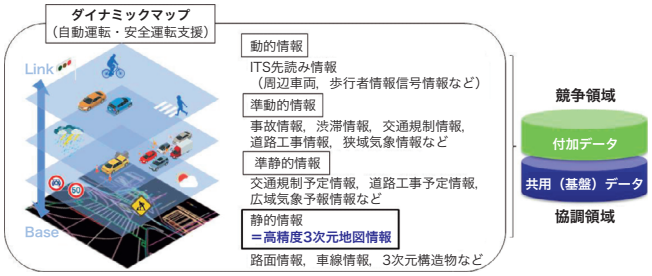


図3　ダイナミックマップ

SIP第１期では，高精度３次元地図の構築と配信に取り組み，その研究成果をもとにダイナミック基盤株式会社（DMP）が2017年に設立され，2018年からは全国の自動車専用道路の高精度３次元地図約３万kmの配信を開始した．その後，この地図を搭載した世界初の自動運転車が発売されるとともに，複数の自動車会社の高度安全運転支援システム用の地図としても活用されている．

SIP第２期では，この高精度３次元地図に紐付く動的な交通環境情報の利活用の仕組みの構築に取り組んだ．東京臨海部実証実験の参加者へのヒアリング結果から，信号情報，合流支援情報，車線別渋滞末尾情報，緊急車両情報，降雨情報らの優先順位が高いことがわかったため，それら情報を生成し高精度３次元地図に紐付けて配信し検証することにした．（図４）

場所は，東京2020オリンピック・パラリンピック競

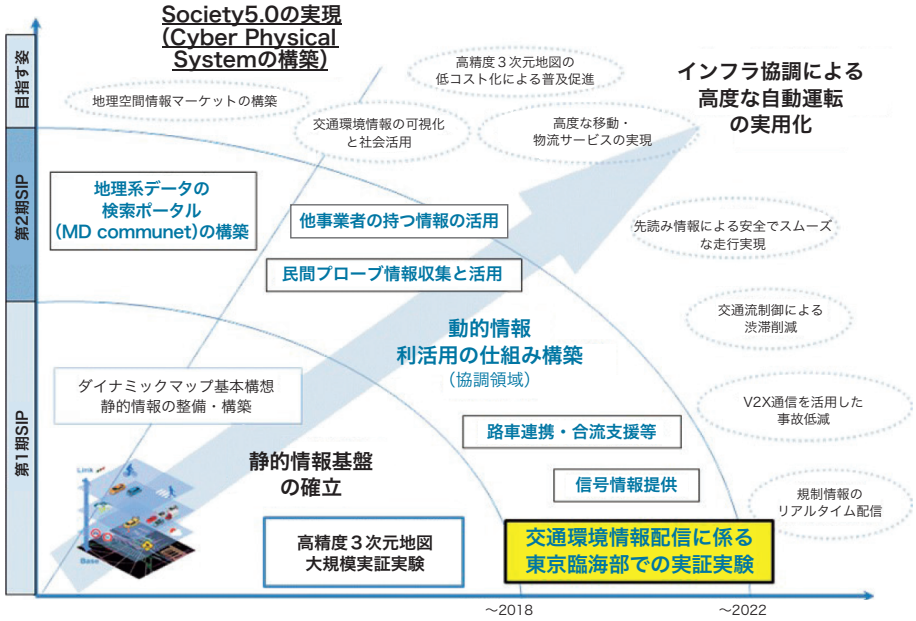


図4　交通環境情報のロードマップ

技大会の開催に合わせ東京臨海部地域を選定した．（図５）SIPが実験環境を整備するとともに幅広い参加者を募るため，これらの情報の受信装置もSIPで準備し配付した．その結果，国内外の自動車会社やサプライヤ，ベンチャー企業，大学など合計29機関が参加し，動的な情報の有効性や精度，フォーマットなどについて評価するとともに，各々が開発した自動運転車両の安全性の検証を行った．

また，通信方式に関しては，配信する情報に応じV2I (Vehicle to Infrastructure)，V2N (Vehicle to Network) を選定した．今回の実験でV2Iによる信号情報配信の実用化に目途付けを行うとともに，V2Nによる交通環境情報配信の将来性が確認できた．これらの結果を経済産業省・国土交通省プロジェクトRoAD to the L4に展開するとともに，お台場の信号情報配信用のV2I設備は次期SIPの課題候補『スマートモビリティプラットフォームの構築』でも次なるステップに向けた研究のために活用することが決まった．

これら東京臨海部実証実験の内容並びに各々の交通環境情報の構築に向けた取組については，第２章 (1)「交通環境情報の生成に係る技術開発」にまとめた．

図５　東京臨海部実証実験

さらに東京臨海部実証実験の結果を踏まえ，自動車業界と通信業界共同で将来に向けた新たな通信方式を議論し，協調型自動運転のための通信方式に対するロードマップの作成に取り組んだ．また，通信トラフィックの削減など将来のV2N普及時の課題解決に向けた研究を行った．

これら協調型自動運転のための通信方式に対する検討について，第２章 (2)「交通環境情報の配信に係る技術開発」にまとめた．

第3章　自動運転の安全性の確保

自動運転の最大の課題は安全性の確保である．また，システムが運転を行う自動運転に対する不安や恐れを軽減し，事故が起きた場合の責任の所在を明確にしていくためには，安全性の証明が必要である．SIP自動運転では，公道での実証実験を安全性の検証の重要な手段と位置づけ，東京臨海部実証実験を推進してきた．

一方で，安全性の検証には事故を模擬した危険な条件での評価が必要であり，公道での実証実験だけで全てをカバーすることはできない．このためSIP第２期では，自動運転車両にとって重要なセンサ性能の評価が可能な実環境と一致性の高いシミュレーション環境の構築に，オールジャパン体制で取り組んだ．（図６）

このDIVP® (Driving Intelligence Virtual Platform) コンソーシアムで開発されたシミュレーション・プラットフォームは製品化され，2022年９月V-Drive Technologies社（BIPROGY 100%出資）より一般への販売を開始した．

またDIVPは金沢大学らによるAD-URBANプロジェ

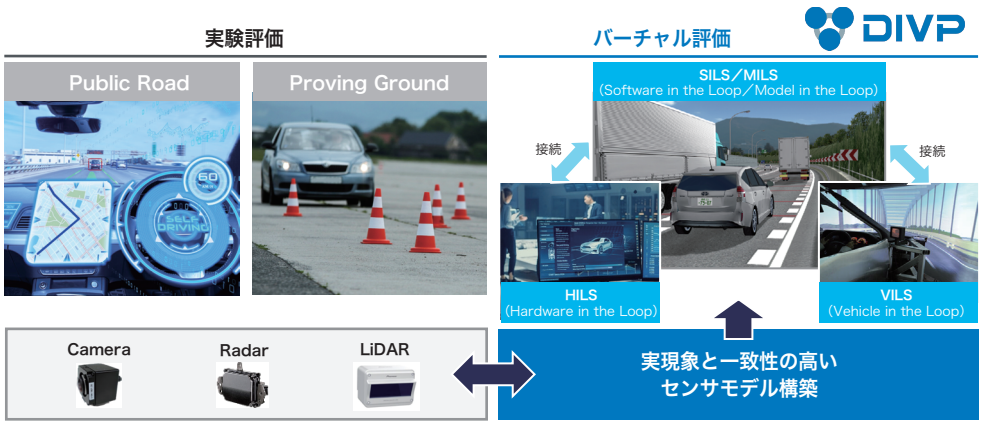


図６　DIVPの取組

クトと連携し安全性評価ツールとしての精度向上・使用性向上を図るとともに，経済産業省の安全性評価プロジェクトSAKURAと連携を図り，安全性評価手法の構築に取り組んでいる．これらDIVPの取組とAD-URBANの取組は第３章「自動運転の安全性の確保」に記載されている．

外部から通信により交通環境情報を得ながら走行する自動運転車両にとって，もう一つの重要な安全性の脅威としてサイバー攻撃がある．サイバー攻撃手法は，年々巧妙化しておりその進化にも対応していかなければならない．

SIP第２期では，車両の市場投入後に見つかる新たなサイバー攻撃手法への対策技術の研究開発に取り組んだ．

「侵入検知システム（IDS）の評価ガイドラインの策定」を一般社団法人JASPARと「コネクテッドカーの脅威情報の収集と共有の関する研究」を一般社団法人J-Auto-ISACと連携して取り組み，成果は夫々の団体に移管した．

また安全性確保のためにはハード面だけでなく，ユーザへの安全教育や交通参加者とのコミュニケーションの在り方を工夫するなどソフト面でも補完していく必要がある．これらの課題に対して，地方部の移動サービスの実証実験と連携しつつ産学連携で取り組んだ．

これら安全性に関する取組についても，第３章「自動運転の安全性の確保」に記載している．

第4章　自動運転のある社会

SIPは，社会的課題の解決を目指し“基礎研究から実用化・事業化までを目指す”プログラムである．

日本の過疎地においては，採算性悪化のため公共交通機関の廃止が進みつつあり，高齢者を中心とした住民の移動手段の確保が喫緊の課題であることから，一日も早く自動運転による移動サービスの実現が望まれている．

このためSIP第２期では，複数の地方の推進団体及び自治体と組み，電磁誘導線方式のゴルフカートを改良した車両を用い長期実証実験を行った．この結果，道の駅を拠点とした４か所（秋田県上小阿仁村，滋賀県東近江市，島根県飯南町，福岡県みやま市）で，地元ニーズに合ったサービスの提供が開始され継続運用されている．（図７）さらに，これらの地域での運営ノウハウをもとに導入マニュアルを作成し，サービスの導入地域拡大に取り組んでいる．

これらの取組については，第４章（1)「地域社会における自動運転移動サービス」の中で紹介している．

また自動運転を普及させていくためには，自動運転の正しい理解を促すとともに，そのメリット・デメリットを具体的に示しつつ，様々なインパクト（影響）を定量

図７　秋田県上小阿仁村での移動サービス

化していく必要があると考えている．

このため，SIP第２期では社会的受容性に関する定点観測として大規模なアンケート調査を毎年行うとともに，自動運転による事故低減効果の見積もり手法や社会的経済的なインパクトの見積もり手法の開発に取り組んだ．

また，社会的受容性の醸成に向け長期戦略を立て，様々なステークホルダーに対する情報発信を積極的に行った．これらの取組は第４章（2)「自動運転の社会的受容性」にまとめた．

第5章　Society5.0実現に向けたデータ連携・活用

ここまで紹介してきたように，SIP自動運転ではダイナミックマップをはじめ地理系データの構築と活用に取り組んできた．一方，Society5.0の目指す社会は，自動運転のみならず他分野とのデータ連携を含めたサイバー・フィジカル空間の実現である．

このためSIP第２期では，政府や企業の持つ様々な地理系データの連携・活用を促進するために，データの所在と形式を示すカタログの整備とマッチングの機会を与える検索ポータルサイトの構築を目指し，2021年春に『MD communet®』を立ち上げた．（図８）その設立の

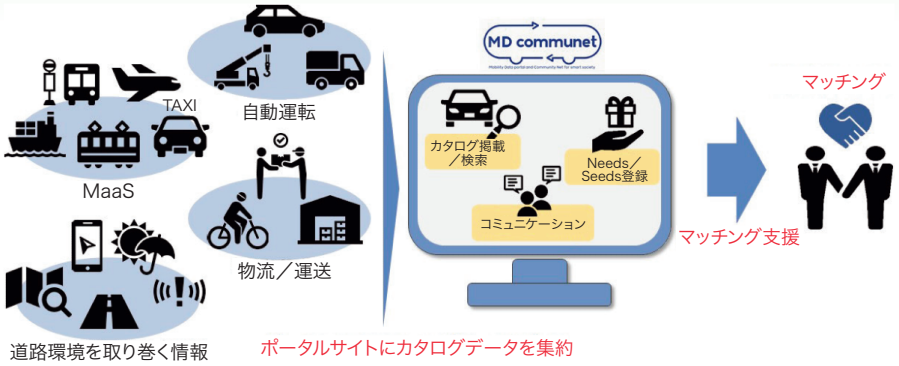


図8　MD communet

趣旨に賛同し，会員となる企業も増えており，本事業はSIP第２期終了後も，継続してNTTデータが運営していく予定である．この取組とデータ活用推進に向けたアプリコンテストの紹介等を第５章「Society5.0実現に向けたデータ連携・活用」としてまとめている．

第6章　国際連携の推進

SIP自動運転では，第１期発足当初から国際連携に力を入れてきた．また第２期からは，国内の標準化団体と連携を強化するとともに，国際連携の窓口として“国際連携コーディネーター”を置き日独連携や日EU連携を中心に，積極的にネットワークの構築を図ってきた．

またダイナミックマップ，ヒューマンファクタ，安全性評価，コネクテッドビークル，サイバーセキュリティ，社会経済インパクト，サービス実装推進を国際連携の重点テーマと定め，テーマリーダーが中心となりSIP-adus[1] Workshopをはじめ，国際連携活動を推進してきた．これらの活動は第６章「国際連携の推進」としてまとめた．

第7章　その他の成果と取組等

これまで説明したようにSIP自動運転では多岐にわたるテーマに取り組んでおり，紙面の制約から本『最終成果報告書』に掲載できていない施策や『中間成果報告書』のみに掲載しているテーマを第７章「その他の成果と取組等」として紹介している．また，第４章「自動運転の社会的受容性」で紹介したように，ホームページやSIP-café(自動運転社会を考えるWebコミュニティ)などWebを活用し幅広い広報活動を行ってきた．これらWebサイトの情報のSIP第２期終了後の保管先についても第７章「その他の成果と取組等」にまとめている．

第8章　SIP自動運転の総括と成果継承

SIP自動運転は第１期を含めると９年間にわたる活動となり，自動運転に関して様々な連携が進んだ．この間試行錯誤を重ねつつ進めてきたマネジメントの工夫点などを振り返りとしてまとめた．一方で，自動運転の実現に向けてはまだまだ道半ばであり，今後も研究開発は続く．SIP自動運転での成果を継承しつつ，レベル４実現という次なる高みに向けて進行中の経済産業省・国土交通省プロジェクトRoAD to the L4，並びに2023年度から始まる次期SIP事務局の代表の方からのメッセージをいただくとともに，PDとしての総括を第８章「SIP自動運転の総括と成果継承」に記載している．

1　SIP-adus：SIP自動運転の愛称．SIP自動運転の英語名称（SIP Automated Driving for Universal Service）の頭文字を取ったもの．

1 SIP第2期「自動運転（システムとサービスの拡張）」

SIP第2期「自動運転（システムとサービスの拡張）」概要

The Second Phase of SIP-Automated Driving for Universal Services (Overview)

杉山幸太郎，木村裕明（内閣府）
Kotaro Sugiyama, Hiroaki Kimura (Cabinet Office)

1 背景及び政策的位置づけ

自動運転に対する関心は日に日に高まっており，自動車メーカや部品メーカ等は積極的な研究開発への投資を行うとともに，国レベルでも研究開発プロジェクトや実証実験の誘致が盛んに行われている．また，日米欧を中心に実用化に向けた法整備や環境の整備等も着実に進んでいる．

この背景には交通事故の低減や交通渋滞の削減，高齢者や交通制約者の方々のモビリティの確保といった社会的課題の解決に加え，物流や移動に係る新たなサービスやビジネスの創出など自動運転がもたらす社会変革への大きな期待があるものと考えられる．

現在，自動車産業は自動運転・電動化・コネクテッド・シェアリング等の革新の波にさらされており，100年に一度の大変革の時代と呼ばれている．この開発競争を勝ち抜くことは現在の日本の中核的産業であり裾野の広い自動車産業の競争力を維持・強化するだけでなく，自動運転に必要なデジタルインフラ・センサ・通信など関連産業への波及効果や新たな産業やサービスの創出も期待でき，将来の日本の経済的発展へ貢献できる可能性が大きい．

このような状況の中で，未来投資会議（2018年３月）において，安倍総理（当時）より「2020年東京オリンピック・パラリンピックで自動運転を実現する．信号情報を車に発信し，より安全に自動運転できる実証の場を東京臨海部に整備するなど多様なビジネス展開を視野に取組を一層加速する」との発言があったことなども踏まえ，「官民ITS構想・ロードマップ2021」（2021年６月）[(1)]においては，2030年に「国民の豊かな暮らしを支える安全で利便性の高いデジタル交通社会を世界に先駆け実現する」と記されている．さらに，「統合イノベーション戦略2022」（2022年６月）においても，Society5.0に向けたデータ連携基盤の整備として，分野間データ連携基盤の整備，分野ごとのデータ連携基盤の整備，アーキテクチャ構築が掲げられた．

SIPは「第５期科学技術基本計画」（2016年１月）で掲げられた“Society5.0”の実現に向けた取組であり，「第６期科学技術・イノベーション基本計画」（2021年３月）においては，様々な社会課題を解決するための研究開発・社会実装の推進と総合知を活用し，国民の安全と安心を確保する持続可能で強靭な社会，一人一人の多様な幸せ（well-being）が実現できる社会を目指すとされている．

2 海外動向

世界に目を向けると，自動運転の実用化の取組はSAE（Society of Automotive Engineers）が定義する運転自動化レベル（以下，SAEレベル）５の完全自動運転の実現という過度の期待から目覚め，より現実的な取組に移ってきており，安全性確保や信頼性，倫理

問題についての議論が深まりつつある．自動運転の実証実験も世界各地で実施されており，お互いに知見を共有し合うための共通の評価方法の策定や収集したデータの共通化フォーマットの議論も進みつつある．2020年初頭から急速に全世界に広まった新型コロナウイルス感染症の感染拡大の影響により，グローバル，ローカルにおいて，人流，物流に多大な影響が出ており，自動運転の研究開発等についても，遅延が生じている部分があるものの，継続的かつ積極的に進められた．

米国においては，2020年１月，ホワイトハウスと運輸省が連名で，自動運転技術における米国のリーダーシップを確保すると題してAutomated Vehicle 4.0（AV4.0）を発行した．AV4.0では，安全とセキュリティを優先，イノベーションを推進，整合的な規制アプローチの確保という３つのコア分野からなる自動運転車の開発とインテグレーションのための連邦政府としての指針を確立するとしている．2021年１月に発足した新政権への移行前であるが，AV4.0の原則に基づき，自動運転に関する総合計画（Automated Vehicles Comprehensive Plan）が公表されている．同計画においては，米国運輸省の自動運転システムのビジョン達成のため，協力と透明性の推進，規制制度の現代化，交通システムの準備の３つのゴールを定義している．

欧州においても，ドイツのPEGASUS，VIVALDIや英国のDRIVEN，Human Driveといった自動運転に係る研究プロジェクトが各国で進められてきている．さらに，EUにおいては，欧州委員会のHorizon 2020のもとで，Connected and Automated Drivingに係る多数の研究プロジェクトが進められている．Horizon 2020の後継プログラムであるHorizon Europeの実施については，2020年12月に合意され，社会的課題の解決の柱のもとでの６つのクラスターの一つとして，気候・エネルギー・モビリティを位置づけている．

3 SIP第1期での取組とこれまでの主な成果

日本では，2014年度から開始されたSIP第１期「自動走行システム」が中心となり，東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会等をマイルストーンに置き，産学官連携，府省連携で自動運転に係る協調領域の研究開発を進めてきた．

2017年度には大規模実証実験を開始し，ダイナミックマップ等に関する有効性の検証，統一仕様の策定などが進められ，地図の基盤的な整備体制の確立などといった成果を得てきた．その成果を踏まえ，ダイナミックマップ基盤株式会社は，2018年度末から，全国の自動車専用道路約３万キロメートルの高精度３次元地図の商用配信を開始している．

一方，制度面においては，「自動運転に係る制度整備大綱」（2018年４月，IT総合戦略本部）が策定され，各省において検討が進められてきた．2019年５月には道路運送車両法・道路交通法の改正法が成立し，両改正法は共に2020年４月に施行され，SAEレベル３に相当する自動運転車を公道で走行させることが制度的にも可能となった．2020年11月には，道路運送車両法に基づき，自動運行装置を備えた自動運転車（SAEレベル３）について，世界で初めて型式指定が行われ，2021年３月には世界に先駆けて，当該自動運転車の市販が開始された．なお，当該自動運転車両をはじめ，複数の車両でダイナミックマップ基盤株式会社の高精度３次元地図が採用されている．

また，2020年５月には，自動運転の運行を補助する施設の道路空間への整備等に関する道路法の一部改正が成立し，同年11月に施行されるなど，自動運転技術を用いた移動サービスに社会実装に向けても着実に制度改革が進められてきた．

4 SIP第2期の発足と研究開発の内容

内閣府は2018年３月，総合科学技術・イノベーション会議のSIP第２期の実施方針の決定を受け，同年７月に「SIP自動運転（システムとサービスの拡張）研究開発計画」を策定した．自動運転の社会実装のためには，技術・法制度・社会的受容性という３つの壁を克服する必要があるが，SIP自動運転ではこれらの課題に対し，デジタル庁（旧内閣官房IT総合戦略室），警察庁，総務省，経済産業省，国土交通省等と連携するとともに，産業界，大学等からの参画を得て，府省横断・産学官の協調した取組により，研究開発や実証実験等を推進した．

研究開発は，

Ⅰ）自動運転システムの開発・検証（実証実験）
Ⅱ）自動運転実用化に向けた基盤技術開発
Ⅲ）自動運転に対する社会的受容性の醸成
Ⅳ）国際連携の強化
の４本柱としている．

主な研究開発内容は，以下のとおり構成されている．
Ⅰ）実証実験
①東京臨海部実証実験
②地方部等における移動・物流サービスの社会実装
Ⅱ）基盤技術開発
①交通環境情報の利活用技術
②安全性評価技術
③サイバーセキュリティ
④地理系データに係るアーキテクチャの構築
Ⅲ）社会的受容性の醸成
①市民等に向けた情報発信と理解増進
②社会的課題解決に向けた調査研究（社会経済インパクトの明確化）
Ⅳ）国際連携の強化
①国際ワークショップの開催等を通じた国際的な情報発信
②海外研究機関との共同研究等

この中で，
(1) 交通環境情報の構築と配信
(2) 仮想空間における安全性評価環境の構築
(3) サイバーセキュリティの評価手法の確立
(4) 地理系データの流通ポータルの構築

という４つのテーマを，SIP第２期での重点テーマと位置づけして実用化・事業化に向け積極的に取り組んだ．さらに，技術と制度整備が一体となって進むようデジタル庁とも協力し，各省の進める制度整備に係る取組と連携した．

現在の自動運転開発としては図１に示すように，限られた時空間での自動運転を追及するもの（A）とより多様な環境下での適用を追及するもの（B）という２つのアプローチが存在する．SIP自動運転では，自動運転という技術を活用してより早くこれらの目的達成に貢献するため，両方のアプローチが必要であると考える．

5 SIP第2期の主な取組と成果

5.1. 東京臨海部実証実験

交通環境が複雑な一般道においては，車両が交差し，歩行者や自転車等が往来するため，車両に搭載されたセンサ等からの情報のみでは高度な自動運転を実現することは難しい．この課題解決の一つとして，自動車メーカ等と信号情報の利活用方法等について検討を行い，狭域無線通信（V2I）を通じて信号情報を提供するITS無線路側機等を東京臨海部に整備した．また，自動運転車における一般道路から高速道路への安全で円滑な合流やETCゲートの通過に対する支援を目的として，本線を走行する車両情報やETCゲートの開閉情報を提供するためのETC2.0路側無線装置等の道路交通インフラの整備を進めた．

内外の自動車メーカ等の参加のもと，東京臨海部の

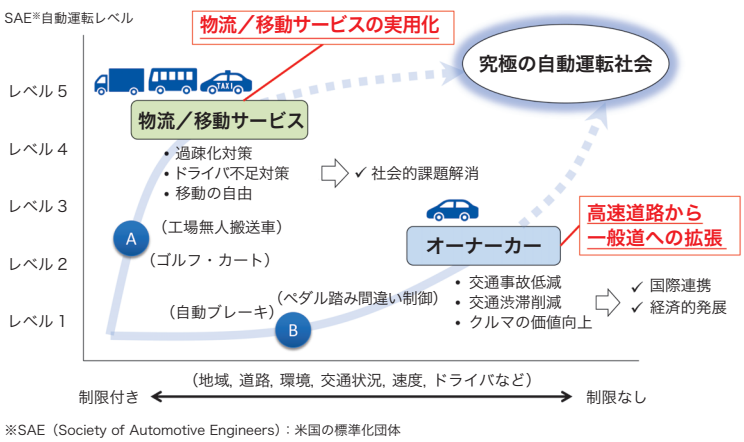


図１　自動運転の全体構想（研究開発計画）(2)

臨海副都心地域，羽田空港地域，羽田空港と臨海副都心等を結ぶ首都高速道路において，公道の実交通環境下におけるインフラ協調型の自動運転システムの実証実験を2019年10月から順次開始し，インフラの技術検証及び自動運転車に対する信号情報提供の有効性検証を実施した．新型コロナウイルス感染症の影響を受け一時中断したものの，2020年度末までに完了したが，実験参加者からの継続の要望を受け，新たな交通環境情報を追加して，2022年３月まで１年間延長することとした．

2021年11月からは，V2Iによる信号情報配信に加え，公衆広域ネットワーク（V2N）を通じてより広域，多様な交通環境情報を車両へ配信できる実験環境を構築し，その情報の有効性や社会実装に向けた課題に関する実証実験を行った．

V2Nによる信号情報や緊急車両情報，降雨情報の配信に加え，自動車・ナビメーカ等の有する民間のプローブ情報をリアルタイムで収集，統計的な処理を行うことにより，従来の車道レベルより高精細な車線レベルでの渋滞末尾の情報を生成して配信し，その有効性や必要な要件を検証した．

5.2. 基盤技術の開発

5.1節で述べたようにSIP第２期では，第１期で取り組んだダイナミックマップの基盤となる高精度３次元地図に紐付く動的な交通環境情報の構築と配信に取り組み，東京臨海部実証実験にて検証した．

自動運転実現のためには，安全性の確保が最重要課題であり，公道での実証実験のみならずテストコースでの実車での再現試験，シミュレーションによる評価等を組み合わせて検証していく必要がある．特に自動運転車両の“目”となるセンサの評価は重要であるが，カメラ，レーダ，LiDARを同時に評価できるようなシミュレーションはなく，公道での実証実験による評価に頼らざるを得ず，多くの時間を要している．このことからSIP第２期では，様々な交通環境下でクリティカルな条件での評価が可能な実現象と一致性の高いシミュレーションプラットフォームの開発に取り組んだ．

また，今後通信によって交通環境情報を得ながら走行するようになると，サイバー攻撃によるリスクが増大する．SIP第２期では，今後普及が予想されるIDS（侵入検知システム）の性能を評価するためのガイドラインの構築に取り組むとともに，サイバー攻撃による脅威情報の収集・分析等の手法の構築に取り組んだ．

Society5.0の実現に向けては，交通環境情報をはじめ自動運転のためのデータを他分野で利活用するとともに，他分野で収集されたデータを利活用することで，効率的に交通環境情報の構築を進める必要がある．SIP自動運転では，多分野の事業者等が保有する情報の整理・構造化を通じてデータ連携及び流通を促進することを目的として，Webネットワーク上のポータルサイト『MD communet®』の構築に取り組んだ．本ポータルサイトでは防災や地理空間に関する官のデータをはじめ，複数の民間企業のモビリティデータをカタログ化し，2021年４月より一般公開している．公開後は多くの企業・団体を募ることで，ポータルサイトの価値を高めた．

5.3. 社会的受容性の醸成

自動運転により得られる便益・効用を定量化する試みを行うとともに，双方向性を確保した市民参加型イベントの実施や，自動運転の正しい理解を促す情報コンテンツの作成・情報発信を推進した．当初よりマイルストーンとしてきた2021年３月には，SIP自動運転の中間成果発表会を開催し，自動運転の実用化に向けた最新の研究成果をわかりやすく展示するなどして，成果の発信に努めた．2023年３月にも最終成果発表会を実施予定である．

また，2021年４月と10月には東京臨海副都心地域において，メディアを対象とした試乗会を開催した．複数の自動運転車両を同時に試乗できたことから，メディアからも技術や考え方に対する理解が深まったとの評価を得た．SIP第２期の最終年となる2022年９月にも，同様の試乗会を実施した．

5.4. 国際連携の推進

わが国における自動車及びその関連産業の国際競争力を維持し続けるため，将来の重要技術である自動運転の標準化・基準化活動においてわが国がイニシアティブを発揮しつつ，国際的な調和を図っていく必要がある．

国際標準化活動については，SIP第２期を開始するにあたり，標準化団体との連携を強化した．一般社団法人日本自動車工業会（自工会）や公益社団法人自動

車技術会（自技会）に加え，一般社団法人日本自動車部品工業会（部工会），一般社団法人電子情報技術産業協会（JEITA），一般社団法人UTMS協会，一般社団法人電波産業会（ARIB），ITS情報通信システム推進会議（ITS Forum）等とも連携し，ISO，IEC，ITU等におけるデジュール標準と国際的に影響力のある業界標準化団体との連携によるデファクト標準の両面で標準化を進めた．

また国際的に研究テーマをリードできる人材育成を目指し，自動運転に関わる情報や課題の共有とその解決に向けた取組を議論する国際会議「SIP-adus Workshop」を毎年開催し，積極的な情報発信を行うとともに国内外の専門家の交流を通じた議論の場としても活用した．2014年度の第1回開催以降，国際的な認知度も高まっており，「SIP-adus Workshop 2021」はCOVID-19の影響下2021年11月にオンラインで開催し，国内外から1,000名以上の参加者を得た．

6 目標及び出口戦略

SIP自動運転では，自動運転を実用化し普及拡大に向けた具体的な実現時期として，以下に記載する「官民ITS構想・ロードマップ2021」の達成年度に沿って進めた．

- 移動サービス：2022年度ごろに限定地域での遠隔監視のみの無人自動運転（SAEレベル４）移動サービスの実現
- 物流サービス：2025年以降に高速道路でトラック完全自動運転（SAEレベル４）を実現
- オーナーカー：2025年目途に高速道路での完全自動運転（SAEレベル４）を実現
- オーナーカー：一般道における運転支援技術の更なる高度化（SAEレベル２以上）

目標の実現に必要となる協調領域の技術を確立するとともに，地域の様々な事業者・自治体等を巻き込んだ実証実験等で技術やサービスの有効性を確認するなどし，複数の実用化事例を創出することによりSIP第２期終了時までに社会実装に目途をつけることを目指して取り組んだ．

研究開発を社会実装していくためには，協調領域の技術開発のみならず，車両開発など競争領域の技術開発も含めた多様なステークホルダーの取組を統合化する必要があるため，東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会等をマイルストーンに置き，推進してきた．新型コロナウイルス感染症の影響により，社会的受容性の醸成の一環である自工会との合同試乗会は延期となったものの，技術開発に関しては予定どおりに進捗を完了した．

7 取組体制

葛巻清吾プログラムディレクター（以下，PD）が，議長として，デジタル庁，警察庁，総務省，経済産業省，国土交通省道路局及び自動車局，有識者，関連の産業界，業界団体等から構成されるSIP自動運転推進委員会を設置，運営し，研究開発の基本的な方針や出口戦略に関する議論を産学官協働で実施した．推進委員会のもとに，システム実用化WG，サービス実装推進WG，国際連携WGを設置するとともに，交通環境情報の構築，東京臨海部実証実験の実施，協調型自動運転に関する通信方式を検討するTFをそれぞれ設置して，議論を促進した．SIP自動運転の推進及び研究開発施策の実施，成果管理等に関しては，管理法人となる新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が担い，時宜に応じて柔軟に施策の実施，適切な管理等を実施してきた．

【参考文献】
(1) 官民ITS・構想ロードマップ2021，https://warp.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/12187388/www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20210615/roadmap.pdf，（参照 2022.08.12）
(2) 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）自動運転（システムとサービスの拡張）研究開発計画，https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/keikaku2/4_jidosoko.pdf，（参照 2022.08.12）

【本件問合せ先】
内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）自動運転担当，〒100-8914 東京都千代田区永田町1-6-1，03-6257-1334，担当：杉山幸太郎，木村裕明

1 SIP第2期「自動運転（システムとサービスの拡張）」

警察庁の取組概説

Overview of Activities of the National Police Agency

池内久晃（警察庁）
Hisaaki Ikeuchi (National Police Agency)

1 SIP第2期の主な取組

SIP第２期において，警察庁では，「自動運転の実現に向けた信号情報提供技術等の高度化に係る研究開発」「クラウド等を活用した信号情報提供に係る研究開発」「GNSS（位置情報）等を活用した信号制御等に係る研究開発」「交通規制情報のデータ精度向上等に関する調査研究」等に取り組んだ．

1.1. 自動運転の実現に向けた信号情報提供技術等の高度化に係る研究開発

自動運転システムの実用化にあたっては，自動車が信号をリアルタイムに認識し，制御を行う仕組みが不可欠であり，信号灯色を認識する車載カメラを補完するために信号情報を用いることによって，信号認識の確実性を向上させることが有意義とされる．

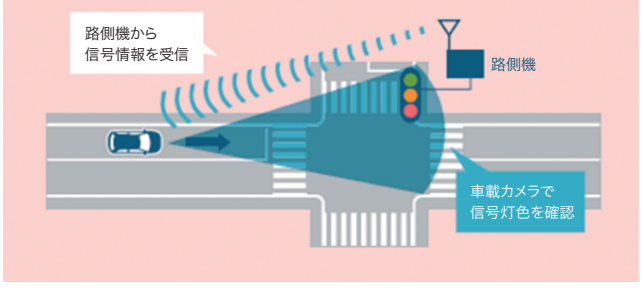


図１　ITS無線路側機による信号情報の提供

そこで，700MHz帯の電波を用いるITS無線路側機を利用して，車両に信号情報を提供するシステムの研究開発を行った．（図１）

主な研究成果として，平成30年度に行った路側インフラからの信号情報提供に係る国内外の調査，令和元年度における機能・技術要件の詳細化及びITS無線路側機の試作機の作成が挙げられる．さらに，令和２年度には，試作機の検証結果等を考慮しつつ，ITS無線路側機の仕様書の作成，自動運転車両に特化した信号情報提供に係る路側インフラの高度化の方策の検討や機能・技術要件の詳細化に係る再検討を踏まえて，ITS無線路側機の試作機の改修を行った．

1.2. クラウド等を活用した信号情報提供に係る研究開発

本研究開発は，ITS無線路側機等の路車間通信以外の手法による信号情報提供の実現に向けて実施され，クラウドと携帯電話網を活用することで，路側インフラに頼らず自動運転車への信号情報の提供を可能とすることを目的としている．

これを実現させるため，信号制御機から，各都道府県警察本部の交通管制センター，警察庁の信号情報集約システム，情報を中継する信号情報センター及び事業者等の配信センターを経由して車両に信号予定情報を提供する手法を検討した．（図２）

平成30年度は，信号情報の提供を可能とする路車間通信以外の手法に関する国内外の事例調査を実施し，令和元年度は，機能・技術要件の詳細化，都道府県警察の信号情報提供モデルシステムの仕様書案の作成及

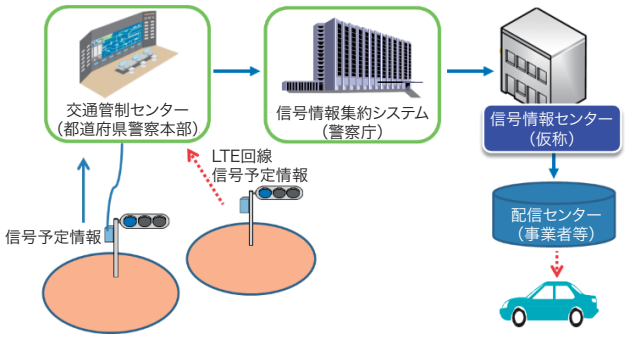


図2　クラウド等を活用した信号予定情報の提供

び信号情報集約システムの仕様検討を実施した．令和２年度は，埼玉県に信号情報提供モデルシステムを構築し，各装置の時刻精度，信号予定情報の認識誤差及び遅延時間等の測定を行い，３つの情報提供手法の比較結果を得た．令和３年度は，信号情報集約システムから全国の信号情報を受信して事業者等のサーバに送信する信号情報センターの在り方等について検討し，令和４年度には，実証実験の一環として，信号情報集約システム及び奈良県における信号情報提供システムの構築を行った．

1.3. GNSS（位置情報）等を活用した信号制御等に係る研究開発

警察では，公共車両優先システム（PTPS：Public Transportation Priority Systems）[(1)]の整備を推進しており，公共車両がスムーズに交差点を通過できるよう，交通管制センターで青信号の延長，赤信号の短縮等の優先信号制御を行っている．現状のPTPSは，公共車両等を光ビーコンで感知して優先信号制御を実施しているが，定点感知のため，感知直後の交通状況変化への対応や，光ビーコンが設置された場所以外でのサービス提供ができないなどの課題がある．

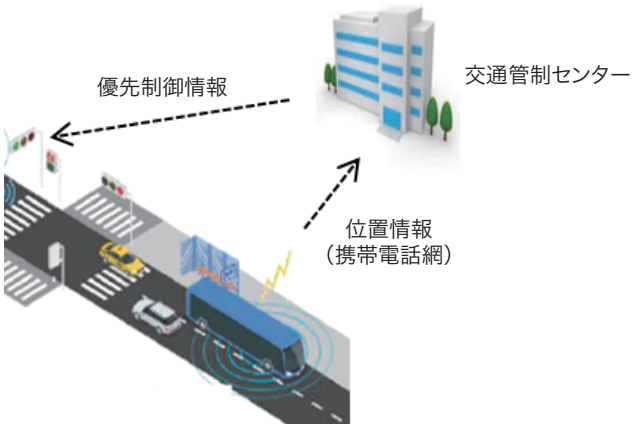


図3　GNSSと携帯電話網を活用したシステム

そこで，本研究開発では，GNSSによる位置情報及び携帯電話網を活用し，都道府県警察の交通管制システムと自動運転バス等を連携させることで，リアルタイムの優先信号制御を広範囲で可能にすることを目的としている．（図３）

令和２年度には，GNSSと携帯電話網を活用した信号制御に係る技術要件，費用対効果及びモデルシステムの仕様に関する検討を実施し，令和３年度には，静岡市及び東京臨海部において実証実験を実施した．

1.4. 交通規制情報のデータ精度向上等に関する調査研究

本調査研究では，自動運転車が必要とする交通規制情報の適切な提供，管理等に資する調査・検討を実施した．

令和３年度には，交通規制情報や標識・標示情報のデータ登録業務の作業負担を減らすため，ドライブレコーダ等で収集した動画及び静止画から標識・標示の位置情報等を容易に収集・抽出する画像認識技術を検討したほか，標識情報との照合により，交通規制情報のデータ精度向上を図るためのモデルシステムを開発し，神奈川県において実証実験を実施した．（図４）

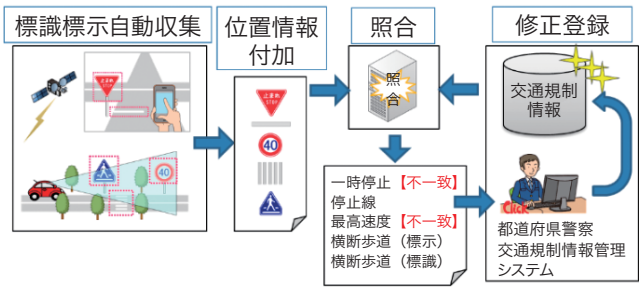


図4　交通規制情報のデータ精度向上

また，SIP第１期に策定した交通規制情報データの標準フォーマットを見直し，対応する標識・標示情報の紐付情報も一元的に管理する拡張版標準フォーマットを策定した．令和４年度には，これまで開発した技術や拡張版標準フォーマットを用いたプロトタイプシステムを構築して，千葉県で実証実験を実施した．

2　おわりに

SIP第２期において，警察庁では，自動運転の実現に向けた各種調査研究等に取り組んだ．

自動運転に必要な技術等は多岐にわたることから，現在，多くの関係機関・団体，事業者等が連携し，研究開発，実証実験等を推進している．自動運転の技術については，交通事故の削減，渋滞の緩和等に有効なものと考えられ，警察としても，わが国の道路交通環境に応じた自動運転が早期に実用化されるよう，その進展を支援すべく，今後も積極的に取組を進めていく．

【参考文献】

(1) 警察庁：警察庁Webサイト，https://www.npa.go.jp/bureau/traffic/seibi2/annzen-shisetu/utms/utms_sub.html#ptps，（参照2022.08.15）

【本件問合せ先】

警察庁 交通局 交通企画課 自動運転企画室，〒100-8974 東京都千代田区霞が関２丁目１番２号，03-3581-0141

1 SIP第2期「自動運転(システムとサービスの拡張)」

デジタル庁の取組概説

Overview of Activities of the Digital Agency

宇佐見潤 (デジタル庁)
Jun Usami (Digital Agency)

1 はじめに

本稿では，デジタル庁の前身である内閣官房IT総合戦略室が，SIP第２期自動運転の中で取り組んだ「モビリティ関連データの利活用促進に向けた環境整備」と，これまでの「官民ITS構想・ロードマップ」を継承した「デジタルを活用した交通社会の未来2022」を紹介する．

2 モビリティ関連データの利活用促進に向けた環境整備

交通関連データの流通に向けたデータ連携の仕組みの社会実装を進めるには，モビリティ分野内外の多様なステークホルダーが互いに連携できるような環境を整備することが重要である．そのためには，まだユースケースが確立されていないサービス領域において，ステークホルダー間で共通する機能やデータの連携に必要となるルール整備やデータ仕様の標準化，社会実装に向けたデータ流通の仕組み等について，今後関係者間で更に検討を進め，段階的に構築することが必要である．[(1)] こういった問題認識のもと，モビリティ関連データの利活用を促進するために，どのような環境整備が必要なのかの調査を行った．

データ利活用の３つのユースケースを定義して議論を行い，抽出した課題について，実際に関連する主体へヒアリングを行い，更なる課題の深掘りを行った．

その結果，データ連携・利活用に関して「データの取扱い」と「データ流通のための官民連携」が課題で

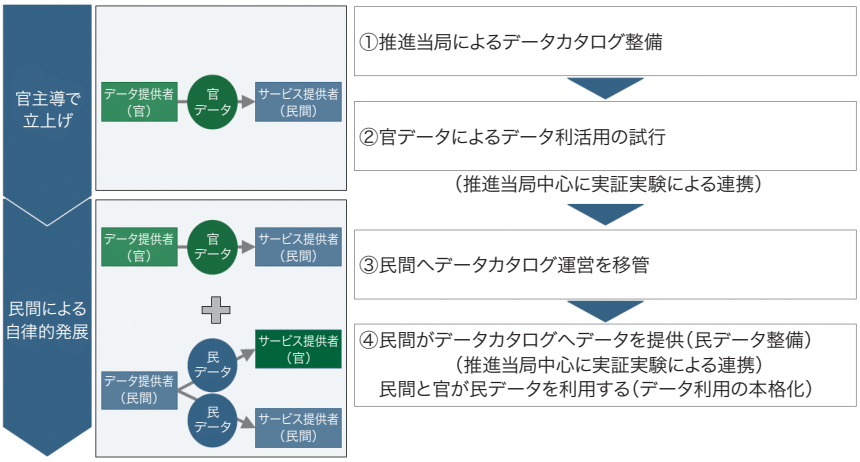


図1　官民データ連携のための推進手順[(2)]

あることがわかり，官民データ連携の推進手順等の対応策の検討を行った．図１に示した手順では，データ利活用の事業性確保が見通せないため，データ流通が進まないという点に対して，官データの利活用から始めて，民間を巻き込みながら，目指していくというアプローチを示した．

3 デジタルを活用した交通社会の未来2022[3]

SIP第２期自動運転に関連する取組を含めて，これまでの「官民ITS構想・ロードマップ」を発展的に継承し，2022年８月に政府のデジタル社会推進会議幹事会で決定した「デジタルを活用した交通社会の未来2022」について紹介する．

ITS・自動運転に係る政府全体の戦略である「官民ITS構想・ロードマップ」は2014年から策定され，関連する府省庁や民間企業等の官民一体の取組が進められた．2021年までに世界初の自動運転レベル３の乗用車の市場化や無人自動運転サービスが実現し，2022年には道路交通法改正により自動運転レベル４に向けた制度整備も行われるなど，ロードマップに基づいた取組は着実に進められている．

一方で，地域における導入状況に目を向けると実証実験止まりとなっているケースが多く見られるなど課題は多く，今後は，その本格的な社会実装に向けてロードマップの更なる展開を目指す必要がある．

このため，「デジタル交通社会のありかたに関する研究会」[4]を設置し，デジタル交通社会が進展するなかでの国民一人一人の目線に立った社会や暮らしのありかた，そこからバックキャストしたモビリティのありかたといった観点から，幅広い視点からご意見をいただきながら検討を進めた．

3.1. 課題認識

わが国では，加速化する人口減少に伴い，交通，医療，教育など様々な面で社会的課題が深刻度を増している．また，これまでの工業社会や情報社会を経て新たな社会に移行するなかで，経済モデルが大きく変わりつつある．

人口減少局面に入り，需要が供給に合わせる（例えば，乗客がバス停でバスを待つ）経済から，供給が需要に合わせる（サービス車両が乗客を迎えに行く）経済へのシフトが進展している．交通サービスのスタイルも，デジタルを活用しながら需要サイド（一人一人の暮らし目線）を起点にサービスを展開するモデルへと転換が迫られている．

また，交通サービスに関連する技術は著しく進展し，デジタルを活用した様々な手段が出現しているが，それぞれが個別最適に陥らないよう，広く横断的に社会システム全体の課題として捉え，全体最適を図って限界費用（サービスの供給量を１単位追加する場合に，追加で発生する費用）を下げていくという視点を持つということも必要である．

3.2. 暮らし目線のサービス設計

課題認識を踏まえ，一人一人の暮らし目線を起点とし国内外で実装が進められた取組やその際に活用された実際の手法についての事例を整理し，社会実装を実現した事例から見えてきたポイントを「目指す先は各地域それぞれで決める」をはじめとした11の視点として示した．

3.3. 暮らし目線のサービス設計を支える技術や仕組みの実現

暮らし目線のサービス設計を支える技術や仕組みを実現するという視点から，暮らし目線のサービスの実装に向けた取組と時間軸を合わせて，技術の社会実装プランを構築し，その実現・普及を進めることとしている．

今回の「デジタルを活用した交通社会の未来2022」においては，現在の官民の取組について，手段（輸送モード）ごとに整理を行った．官民ITS構想・ロードマップで取り扱われてきたITS・自動運転を中心とした枠組みから「歩くから飛ぶまで」にスコープの拡大を行い，「自動運転・運転支援」「道路空間」「モビリティサービス・MaaS」「ドローン」「空飛ぶクルマ」というカテゴリに分類するとともに，協調領域として，「モビリティ分野協調領域」というカテゴリを加え，それぞれ，取組の整理を実施した．

3.4. 実現に向けて

「デジタルを活用した交通社会の未来2022」は，あくまでも現時点でのスナップショットであり，今後ともアップデートを図っていく．

【参考文献】
(1) 官民ITS構想・ロードマップ2020 道路交通政府CIOポータル, https://cio.go.jp/sites/default/files/uploads/documents/its_roadmap_2020.pdf, (参照 2022.10.24)
(2) 三菱総合研究所：「戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第２期自動運転 (システムとサービスの拡張)」のうち，モビリティ関連データの利活用促進に向けた環境整備2020年度 報告書，https://www.sip-adus.go.jp/rd/rddata/rd04/217.pdf，(参照 2022.10.24)
(3) デジタルを活用した交通社会の未来2022，https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/information/field_ref_resources/22791050-006d-48fd-914d-e374c240a0bd/1ae00570/20220802_news_mobility_outline_01.pdf，(参照 2022.10.24)
(4) デジタル交通社会のありかたに関する研究会，https://www.digital.go.jp/councils/#mobility，(参照 2022.10.24)

【本件問合せ先】
デジタル庁 国民向けサービスグループ モビリティ班，〒102-0094 東京都千代田区紀尾井町１番３号 東京ガーデンテラス紀尾井町19階，03-6771-7526

1 SIP第2期「自動運転（システムとサービスの拡張）」

総務省の取組概説

Overview of Activities of the Ministry of Internal Affairs and Communications

増子喬紀（総務省）
Takanori Mashiko(Ministry of Internal Affairs and Communications)

1 ITSに関する総務省の取組

総務省は，人やモノの安全で快適な移動の実現に向けて，情報通信技術を用いて「人」や，「道路」「車」などを繋ぐV2X（Vehicle to everything）通信を実現するITS（Intelligent Transport Systems：高度道路交通システム）に関する取組を推進している．V2X通信とは，自動車とインフラ（V2I：路車間通信），自動車と自動車（V2V：車車間通信）や，自動車とネットワーク（V2N）など，自動車と様々なモノの間の通信形態の総称である．総務省では，これまでVICS（Vehicle Information and Communication System：道路交通情報通信システム）やETC（Electronic Toll Collection System：電子料金収受システム），車載レーダシステム，ITS Connect（700MHz帯高度道路交通システム）などの無線を利用する通信システムについて，電波の利用状況や他の無線通信システムとの干渉等を考慮し，周波数の割当や技術基準等の策定を行うとともに，これらシステムの普及促進を図ってきた．

近年では，自動運転社会の実現に向けた取組として，関係府省庁と連携しながら，V2X通信を活用した協調型自動運転（車と様々なモノが通信で繋がることで実現される自動運転）に関する取組を推進している．（図1）

今後，このような様々なモノが繋がる車（コネクテッドカー）が普及することで，より高度な自動運転の実現や，自動車が単なる移動するための手段から様々な社会・経済活動も行える空間になるなど，誰もが安全・便利な移動サービスを享受できることが期待されている．

2 SIP第2期における総務省の取組

SIP第２期（平成30年度～令和４年度）の対象課題

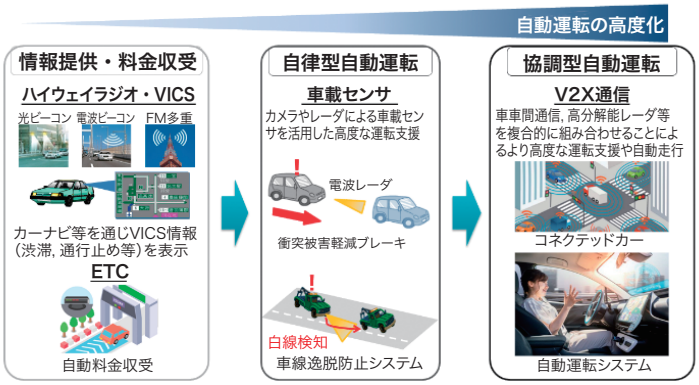


図1　ITSシステムの進化イメージ

「自動運転システム（システムとサービスの拡張）」において，総務省は，主に無線通信システムの観点から協調型自動運転の実現に向け，ITS関係府省庁と連携して研究開発等を推進してきた．

令和元年度から令和３年度において，「狭域・中域情報の収集・統合・配信に係る研究開発」では，安全安心な自動運転の実現に向け，周辺の交通状況を俯瞰的に把握できるよう，様々な情報源から得られる動的情報を連続的に認知し，一般的な交差点程度の大きさを想定した狭域や市町村程度の大きさを想定した中域といった対象エリアの広さに応じて，必要な情報を収集のうえ，リアルタイムに統合し，自動車に配信する技術の研究開発を実施した．この成果は，同じくSIP第２期において実施した東京臨海部実証実験へ一部適用したところであり，本研究開発において設定したユースケースや前提条件の範囲では全ての目標値を達成し，特定の用途や条件下ではあるが，検討したシステムアーキテクチャの有用性を確認できた．(1)

また令和元年度から令和３年度において，「協調型自動運転のための通信方式の検討」のため，ベースとなる通信を用いるユースケースを定義し，そのうえで通信要件の明確化及び当該通信要件を満足する通信方式の検討を行った．

まず，令和元年度には，協調型自動運転において無線通信システムの活用が期待される25件のユースケース（SIP協調型自動運転ユースケース）を定義し，それらの通信要件の明確化を行った．ユースケース策定にあたっては，一般社団法人日本自動車工業会，有識者，関係府省庁等に議論に加わっていただき，さらに通信方式の検討では，ITS情報通信システム推進会議等の多くの関係団体にご協力いただいた．

令和２年度から令和３年度においては，一般道に設置される交通インフラからの信号情報や高速道路への合流支援情報等を活用する，インフラ協調型の自動運転技術による安全で快適な自動運転社会の実現を目指し，自動運転に通信が必要なユースケースにおいて，新たな通信技術に係る周波数帯や通信方式ごとに通信に求められる要求条件を技術的に検討した．そして，その通信の実現時期や自動運転車の普及率など踏まえ，より高度なV2X通信を利用する協調型自動運転のユースケースを実現する通信方式ロードマップ（図２）を作成した．本ロードマップにおいては，2040年ごろに30％の協調型自動運転車普及のためには，2030年ごろから新たな通信方式の導入が必要であることが示された．(1)

令和４年度は，欧州，米国，中国などを対象に5.9GHz帯V2X通信の制度化・規格化に関する最新動向を調査・分析し，過年度までの検討成果等を踏まえ，既存の700MHz帯安全運転支援システムとの連携を考慮した，5.9GHz帯V2Xシステムの通信要件について検討を行った．そして，通信シミュレーションによる評価結果等を踏まえ，本システムの通信プロトコルの設計を行い，車載器及び路側機の開発・製造に必要となる無線機の仕様を案出した．

3 5.9GHz帯V2X通信に係る総務省の検討

自動運転等の実現に向けて，通信トラフィックの急増などに対応する新たなV2Xシステムを導入するためには，その導入先となる新たな周波数帯の確保が急務である．総務省は，V2Xシステム用として国際的にも検討または実用化が進められている周波数帯である5.9GHz帯を対象として，技術試験事務を実施した．

令和２年度は，V2Xシステムを導入する場合に必要となる既存無線システムとの周波数共用に係る技術的条件等の検討を開始した．令和３年度は，5.9GHz帯及び隣接する周波数を利用する既存無線システム（ETC，Wi-Fi，放送事業用無線システム等）との共用検討等を目的とする実証に加え，既存無線システムの運用実態の調査及びこれに応じた導入方策等の検討を実施した．本成果は，SIP第２期の検討に引き継ぎ，5.9GHz帯V2X通信に関する課題解決及び検討を加速化させた．

4 おわりに

ITS・自動運転の実現にあたっては多量かつリアルタイムのデータ転送や交換が必要になると見込まれるため，情報通信インフラの整備が不可欠である．さらに，既存のITSの活用だけではなく，LTEや5Gを活用した自動運転システムの実現に向けた研究・実証が各国で行われており，自動運転やコネクテッドカーのニーズ等に対応するためには，5Gをはじめとする情報通信インフラの高度化も必要である．

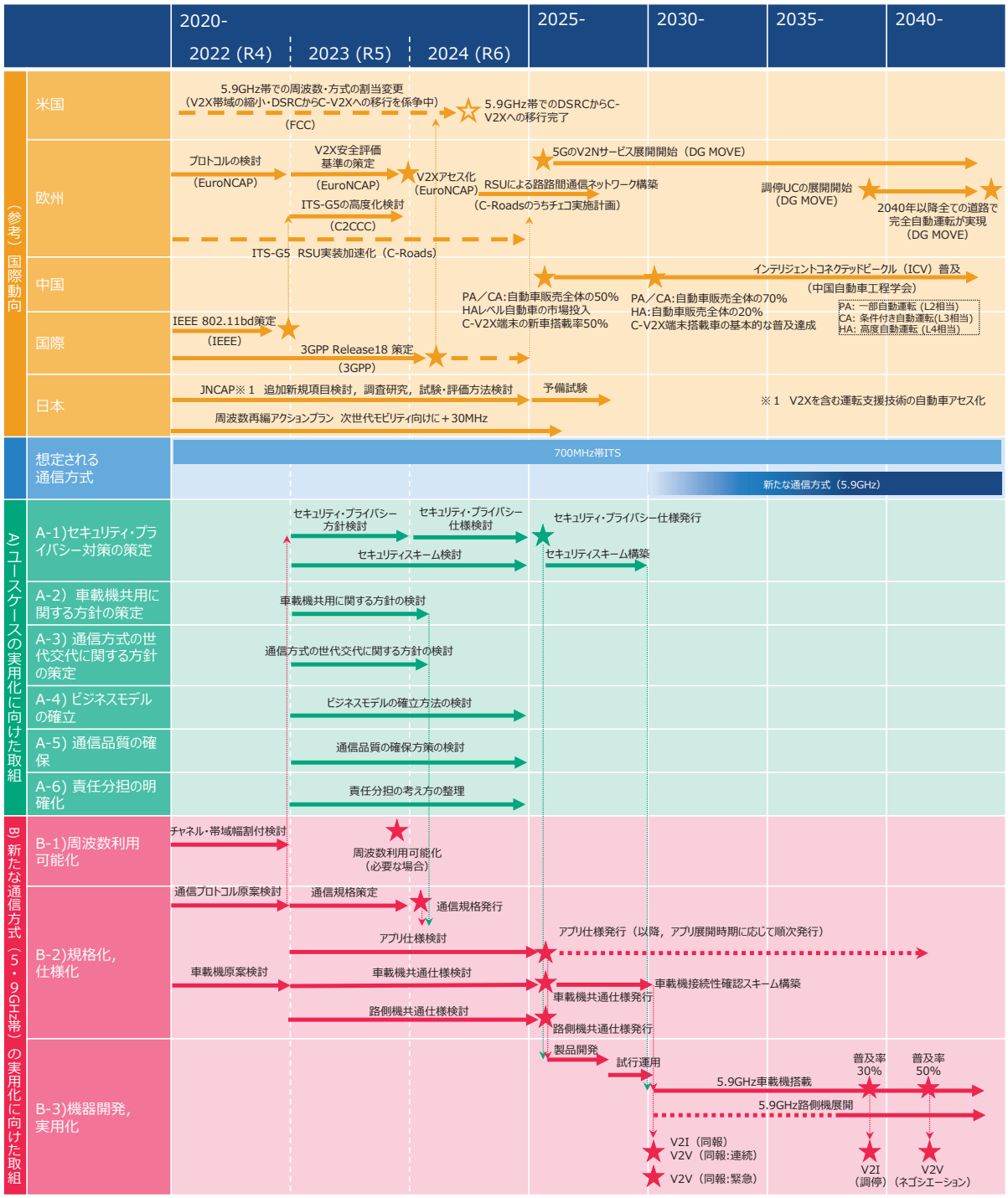


図2　協調型自動運転通信方式のロードマップ(2)

今後は，5Gの普及・展開に向けた取組を進めていくほか，SIP等における検討成果を踏まえ，同周波数帯の既存無線システムに配慮しながら，5.9GHz帯V2Xシステムを導入する場合における具体的な周波数の利用方策等の検討を行う予定である．本システムのサービス提供主体等が明らかになり同周波数帯へ導入することとなる場合には，既存無線システムの移行等により必要な周波数帯域幅を確保したうえで，V2X通信への周波数割当を計画している．

【参考文献】
(1) SIP第２期「自動運転（システムとサービスの拡張）」中間成果報告書（2018～2020），2021.
(2) SIP協調型自動運転の通信方式ロードマップ―2021年度協調型自動運転通信方式検討TF活動報告―，https://www.sip-adus.go.jp/rd/rddata/roadmap.pdf，（参照 2022.12.06）

【本件問合せ先】
総務省 総合通信基盤局 電波部 移動通信課 新世代移動通信システム推進室，〒100-8926 東京都千代田区霞が関２-１-２，03-5253-5111

1 SIP第2期「自動運転（システムとサービスの拡張）」

経済産業省の取組概説

Overview of Activities of the Ministry of Economy, Trade and Industry

福永茂和（経済産業省）
Shigekazu Fukunaga (Ministry of Economy, Trade and Industry)

1 SIP第2期の主な取組

1.1. 自動運転技術（レベル3, 4）に必要な認識技術等の研究

当該研究では，金沢大学，中部大学，名城大学の３大学合同によって，自動運転におけるAIによる認知判断技術レベルと必要なインフラによる支援レベルの見極めを図るため，レベル３，４の自動運転技術を装備した試験車両を開発し，東京臨海部等の公道において，無線等により信号（灯色）情報を発信できる信号機を設置するなど，V2I，V2N等を利用したインフラ協調走行に向けた実証実験を行ってきた．

SIP第２期の５年間において，前期の2018～2020年では，信号機や物体認識技術の開発及びV2Iを用いたインフラ協調走行により基礎的なインフラ整備要件を検討した．後期の2021，2022年では，信号情報や緊急車両情報等を提供するV2Nを用いたインフラ協調走行やシミュレーション技術を用いた自動運転技術の安全性評価実施のため，自動運転システムをシミュレータによって評価する環境の構築などを実施した．

ほかにも，東京臨海部等において，試験車両の試乗機会を提供し，研究開発成果の発信及び自動運転技術に対する理解を深める取組を行った．

これらの走行実証実験により得られた知見をもとに，一般道における自動運転に必要となるインフラ支援情報を含むデータセットの公開を行うとともに，経済産業省及び国土交通省が進めている「自動運転レベル４等先進モビリティサービス研究開発・社会実装プロジェクト（RoAD to the L4）」において，これまで得られた成果の活用を予定している．

2 経済産業省による自動運転の主な取組

2.1. RoAD to the L4

これまで，経済産業省では，国土交通省と連携し地域限定型の無人自動運転移動サービスの実現，高速道路での後続車無人隊列走行技術の実現に向けて取り組んできたが，限定的な技術，サービス，地域に止まり，本格的な自動運転サービスの展開に向けては更なる取組が必要である．また，無人自動運転移動サービスを本格的に普及していくためには，技術開発，環境整備，社会的受容性向上に繋がる総合的な取組をもとに，事業化に繋げていくことが重要である．

それらの背景から2021年度より，無人自動運転サービスの実現及び普及を目指し，関係省庁とも連携しながら，研究開発から，実証実験，社会実装まで一貫した取組を行う新たなプロジェクト「RoAD to the L4」（図１）をスタートさせた．（詳細は第８章③「SIP自動運転の成果継承と次に目指すもの」を参照のこと）

今後は，自動運転移動サービスが社会実装フェーズに移行していくことを踏まえ，2022年３月に開催された令和３年度自動走行ビジネス検討会において，「人

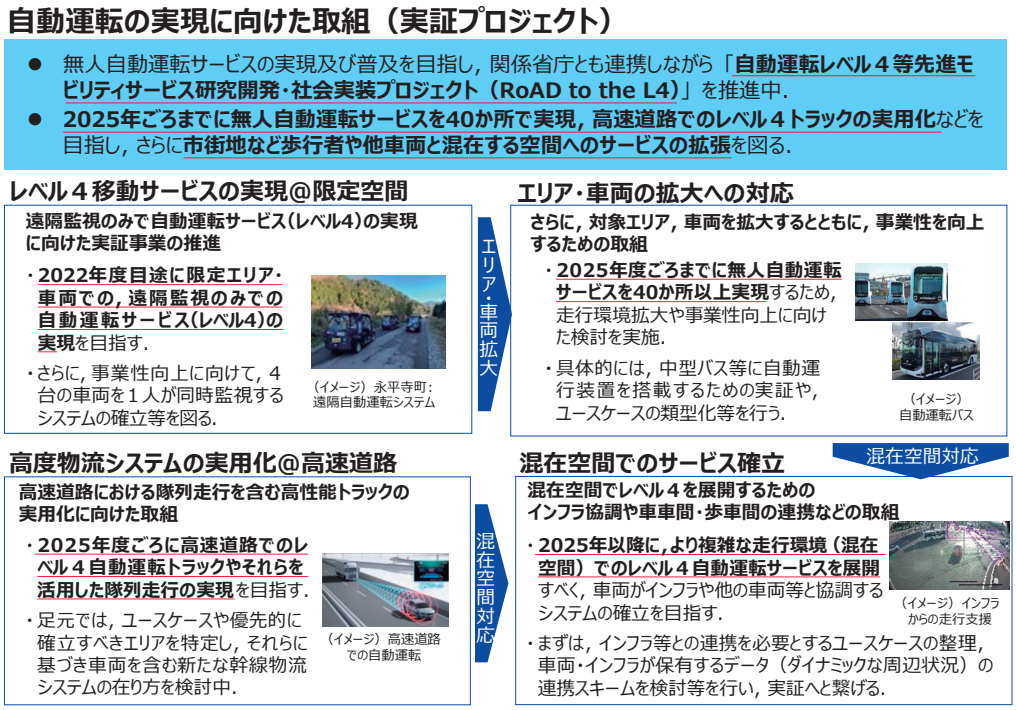


図1 「RoAD to the L4」の概要

口減少・高齢化の中での移動手段の確保，事故や渋滞の解消，カーボンニュートラルへの貢献等の社会課題の解決に資するような自動運転移動サービスを実現するためにも，「RoAD to the L4」において技術開発や環境整備，社会的受容性向上，事業化加速の４つの課題を中心に取り組み，得られた成果を全国に横展開し，国際動向を踏まえつつ，着実な社会実装に向けて取り組んでいく」との方向性が整理された．

そのような中，2022年４月に道路交通法が改正され，福井県永平寺町におけるレベル４での無人自動運転移動サービスの実現に向けて，一定程度の目処が得られたところである．一方，地域において実際に自動走行が必要となるシーンは，歩行者や自転車，二輪車や大型車などの他の交通参加者を含むことが想定される．したがって，これまでに得られた技術をもとにしつつも，多種多様な交通環境下に適した自動運転移動サービスの実現を目指した取組が必要となってくる．

これらの課題に対応した取組を推進し，まずは，2025年度目処に自動運転移動サービスを40か所で実現することで，技術開発，環境整備，社会的受容性向上に必要な課題の解決に資するようなノウハウ・成果を生み出し，事業化に向けたコストダウンや事業モデルの構築を図り，2030年度ごろの本格的な普及を目指していく．

2.2. SAKURAプロジェクト

自動運転車両の実用化に向けては，運転者による運転を前提とした従来の安全に対する考え方に加え，自動運転システムが車両の操作を行うことに対応した新たな安全性評価手法を策定する必要があるが，現在のところ国際的に確立された手法はなく，諸外国でも安全性評価に関連する国際基準（WP29）・標準（ISO）の策定作業への参画が活発化している．

これまで，経済産業省では，国土交通省と連携し，SAKURA（Safety Assurance KUdos for Reliable Autonomous Vehicles）プロジェクト（図２）と銘打ち，自動運転車両の安全性評価基盤の構築に必要な交通流データの収集，安全性評価シナリオの整備を行ってきた．その成果については，2021年度の一般社団法人日本自動車工業会「自動運転の安全性評価フレームワークVer2.0」の策定等へと繋げると同時に，国際基準（WP29）・標準（ISO）などへの提案を行ってきた．実際，わが国のリーダーシップのもと，自動車専用道を対象としたシナリオに基づく安全性評価フレームワークが国際標準ISO34502として発行された．

引き続き，SIP第２期の事業であるDIVP®（Driving Intelligence Validation Platform）における研究開発成果を引き継ぎつつ，公平性・透明性を持った説得力のある実データ及び開発基盤を開発・応用し，各国の取組とも協調しつつ，わが国の安全性評価手法の国際

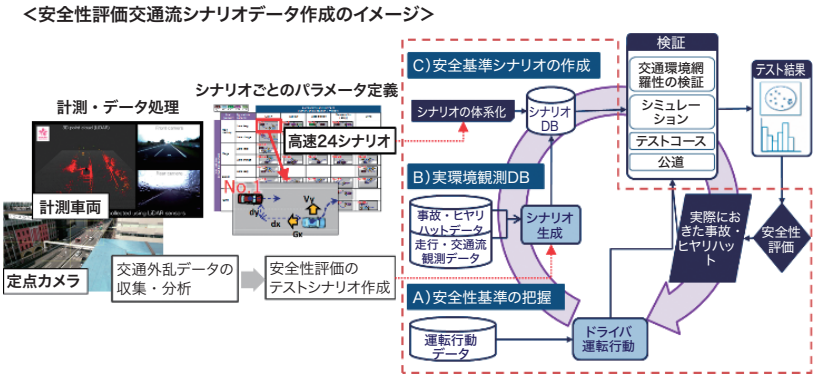


図2　SAKURAプロジェクトの概要

的なデファクトスタンダード化を図っていく．具体的には，これまで高速道で培った安全性評価手法について，一般道への展開を図るなど次のステップの国際提案に向けた分析・研究等を行い，一般道やレベル４自動運転も含めた世界共通の安全性評価の仕組みの確立へと貢献していく．

3　おわりに

自動運転の普及により，高齢化・人口減少の深刻化が懸念される地域等の移動手段を確保するとともに，物流分野の人手不足対応にも繋がる．また，事故・渋滞の解消や，交通流の改善を通じたカーボンニュートラルへの貢献も期待されている．一方で，その実現・普及にあたっては，個社の技術開発のみならず，関係法令を含む環境整備，標準的な安全性評価手法の確立，サステナブルな事業化モデルの構築，社会的受容性の醸成など，産学官が連携して協調領域として取り組むことが重要である．

そうした側面を踏まえ，今後，「RoAD to the L4」の取組を着実に進め，無人自動運転サービスや高度幹線物流システムの構築に向けた取組を加速させていく必要がある．加えて，SIP第２期から「RoAD to the L4」へ引き継ぐべき課題・内容を整理するとともに，関係府省庁が連携できる体制を構築し，さらには，次期SIPの課題候補「スマートモビリティプラットフォームの構築」とも連携を図っていく．

【本件問合せ先】
経済産業省 製造産業局 自動車課 ITS・自動走行推進室，〒100-8901
東京都千代田区霞ヶ関1丁目3番1号，03-3501-1618

1 SIP第2期「自動運転（システムとサービスの拡張）」

国土交通省 道路局の取組概説

Overview of Activities of the Road Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

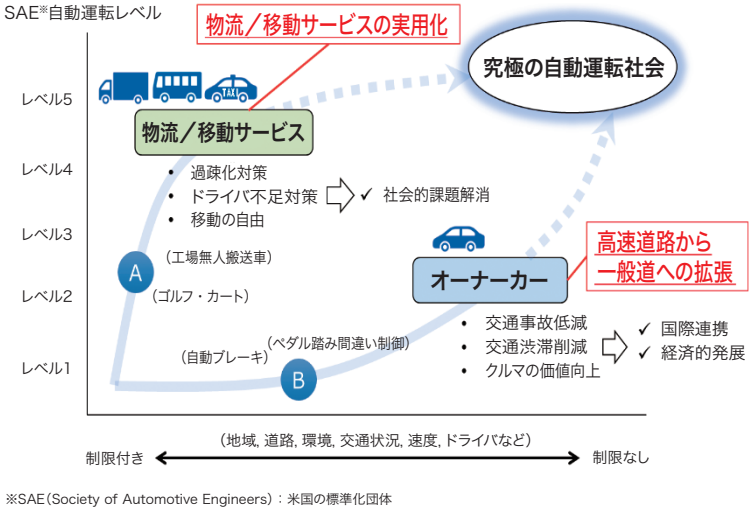
和賀正光（国土交通省道路局）
Masamitsu Waga (Road Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism)

1 はじめに

自動運転の実現にあたっては，車両の技術開発に加え，車両の開発・普及状況を踏まえた道路インフラからの適切な支援が重要である．海外の状況に目を向けると，欧州では，自動運転等に関する実装プロジェクトC-ROADSを43都市の道路で展開しており，同様に米国ラスベガスでは，街中に設置されたカメラ・センサを活用したインフラからの情報提供が実施されるなど，路車協調の取組が加速している．

わが国では，人口減少・高齢化が進展し，ドライバ等の担い手不足に加え，特に地方部においては公共交通サービスの維持が困難となりつつある．自動運転の開発・普及によって人流・物流の確保，安全・円滑な道路交通の確保等の課題解決が期待されることから，国土交通省道路局では自動運転に対する道路インフラからの支援に向けた様々な取組を行っている．

自動運転の技術開発は「オーナーカー（自家用車）」と「物流・移動サービス」の２種類に大別される．（図１）前者は全国の道路網を走行するのに対して後者は限定エリアを走行するといったように，利用目的や走行エリア・速度等に違いがあるため，自動運転に必要な技術要件や開発・普及のシナリオにも相違がある．以降ではそれぞれのシナリオに対しての取組を概説する．



※SAE（Society of Automotive Engineers）：米国の標準化団体

図１　オーナーカーと物流・移動サービスのシナリオ

2 物流・移動サービスにおける取組

2.1. 中山間地域の「道の駅」等を拠点とした自動運転サービスの実証

地方部では，人口減少や運転手不足等を背景に，公共交通の路線縮小が発生している地域も存在する．こうした課題を受けて，自動運転の導入による地域交通の維持・確保が期待されている．SIPでは中山間地域における道の駅等を拠点とした自動運転サービスについて短期～長期の実証実験を全国18か所で実施した．

実証実験を通じて抽出された課題のうち，自動運転車の自車位置の特定の不具合については，電磁誘導線等の自動運行補助施設の効果を確認するとともに，他の車両や歩行者等との接触を回避するため，走行位置の明示や専用レーンの設置を行うなど，地域の道路条件や交通特性に応じた様々な工夫をこらし，その効果を確認した．実験結果を踏まえて全国４か所で本格導入を開始している．（図２）

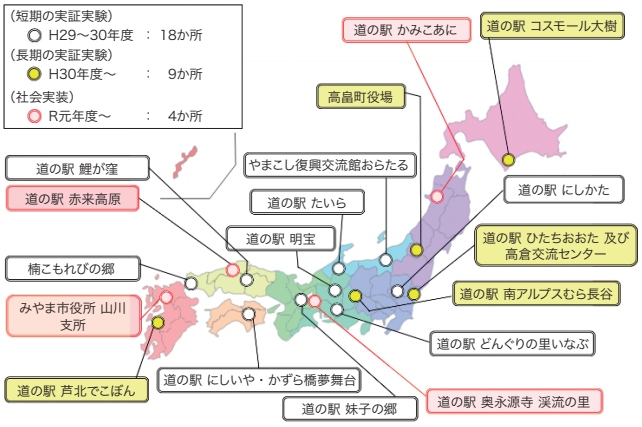


図2　主な実証実験箇所

2.2.「中山間地域」から「まちなか」への自動運転サービスの展開

より複雑な道路交通環境下で安全・円滑な自動運転を実現するため，国土交通省道路局では「まちなか」での自動運転実現に向けて，複数都市において路車協調システムに関する実証試験を行い，道路監視カメラのAI解析により必要な情報を生成する仕組みや，交通安全対策について検討している．（図３）

3 オーナーカーにおける取組

3.1. 合流支援

高速道路での安全・円滑な自動運転の実現に向け，合流支援に関する研究を進めている．本線の交通情報（車両位置・速度・車間距離等）を事前に合流車両に提供することで，安全・円滑な合流を実現するものである．（図４）

一般社団法人日本自動車工業会では，合流支援において自動運転車の普及率に応じた４つのフェーズを想定している．SIPでは，導入初期（Day1）を想定した，本線車両走行のスポット計測と本線車間情報の予測配信を組み合わせるDay1システムと，導入期（Day2）を想定した，本線車両走行の面的計測と本線車間情報の連続配信を組み合わせるDay2システムの２つに主

図4　合流支援のイメージ

図3　交通安全対策や路側からの情報提供の調査検討図

眼を置いて検討を行った．具体的には，Day1システムについては東京都臨海部において実証実験を行い，Day2システムについてはシミュレーションによってそれぞれ有効性の検証を実施した．

これらの検討の結果，合流する自動運転車に本線車両の動きを配信して合流車両の速度を調節することによって，自由流～やや密な交通流においては，より安全かつ効率的な合流が実現できることを確認できた．

3.2. 先読み情報提供

自動運転車は，車載センサにより自車位置や道路状況，路上障害物等の様々な情報を検知・解析することで，多様な条件下でも安全に走行することが可能となる．一方で，とりわけ高速移動においては，車載センサでは検知困難な遠方の交通情報が求められている．（図５）

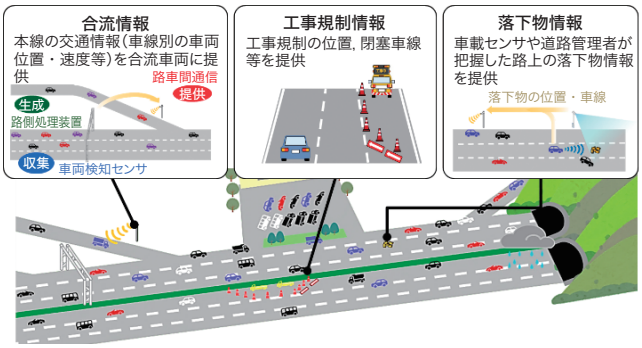


図５　先読み情報提供のイメージ図

前方の交通状況を車線別にあらかじめ把握することができれば事前に予備減速し，余裕を持って車線変更するなど，より安全・円滑な走行が可能となる．このような課題に対応するため，SIPでは東京臨海部において実証を行った．

実証では，民間の車両プローブ情報を集約する仕組みを構築し，集約したデータから車線レベルの渋滞末尾位置を生成する実験を実施した．検証の結果，システムの有効性を確認できた一方，生成した渋滞末尾位置の誤差（実際の渋滞末尾位置との乖離）には，プローブ情報のデータ量や鮮度が大きく影響するなどの課題が抽出された．精度向上には，鮮度の高いプローブデータ量の確保，処理ロジックの改良やデータ補完が必要である．（図６）

その他，国土交通省道路局では，高速道路での安全・円滑な自動運転の検討を進めるために，令和３年度より「自動運転の普及拡大に向けた道路との連携に向けた共同研究」を実施しており，先読み情報に関する研究を含め，自動運転の実現に向けた道路からの支援について引き続き検討する予定である．

【本件問合せ先】
国土交通省 道路局 道路交通管理課 高度道路交通システム（ITS）推進室，〒100-8918 東京都千代田区霞が関２-１-３，03-5253-8111

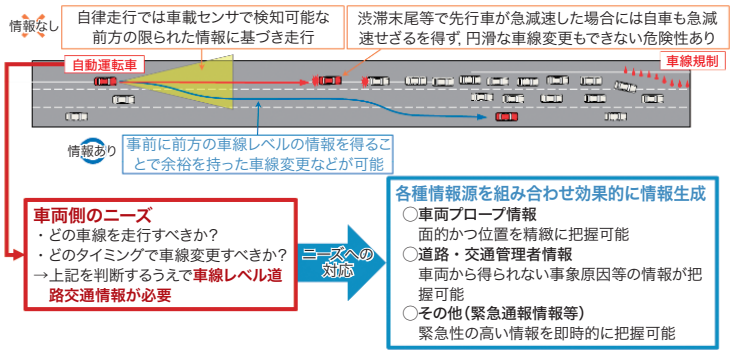


図６　車線別の交通情報取得イメージ図

1 SIP第2期「自動運転（システムとサービスの拡張）」

国土交通省 自動車局の取組概説

Overview of Activities of the Road Transport Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

多田善隆（国土交通省自動車局）
Yoshitaka Tada
(Road Transport Bureau, Ministry of Land, infrastructure, Transport and Tourism)

1 国土交通省の取組概要

自動運転技術の開発・普及については，官民が一体となって取組を進めている．特にSIPの枠組みによって，関係省庁の連携体制がより一層強固になり，技術開発が加速したと認識している．

国土交通省自動車局においては，自動運転技術の進展に応じて，安全基準の策定などの制度整備を進めており，その取組を紹介する．（図１）

2017.2 **自動運転の実証実験に係る基準緩和認定制度を創設**
➡ 安全な代替措置を条件に基準を緩和することで，遠隔型自動運転車両等の公道走行が可能に

2018.9 **自動運転車の安全技術ガイドライン策定**
➡ レベル3，4自動運転車が満たすべき安全要件をガイドラインとしてまとめ，安全基準が策定されるまでの間の自動運転車の開発・実用化を促進

2019.5 **改正道路運送車両法公布**
➡ システムが，運転者に代わって「認知」・「予測」・「判断」・「操作」を行う，レベル3・4の自動運転システム（自動運行装置）を保安基準の対象装置に追加

2020.3 **世界に先んじて，自動運車の安全基準策定**
2020.6 **国内基準と同等の国際基準成立**
＜高速道路等における自動運転の安全基準概要＞
- 高速道路等における60km/h以下の渋滞時等において作動
- 車線維持に限定

2020.11 **世界初，レベル3自動運転車の型式指定**

ホンダ　レジェンド　自動運行装置の概要　※本田技研工業提供

図１　国土交通省の取組

2 車両安全対策の基本的考え方

車両の安全対策は，「技術の進展」と「技術の普及」の状況に応じて，段階的に施策を進めている．（表１）例えば，技術開発期においては，自動車メーカ等が新技術を市場に投入しやすい環境を整備することを目的に，産学官の参画のもと技術開発の方向性を議論し，安全基準の前段階として技術ガイドラインを策定するなどの取組を進めている．

また，自動車は国際流通商品であることから，国際的な基準調和が必要不可欠である．このため，国際連合欧州経済委員会（UNECE）の傘下に自動車基準調和世界フォーラム（WP29）が組織され，国際基準の議論が進められている．日本のメーカの国際競争力確保の観点からも，日本がこの国際議論を主導していくことが重要である．

このような基本的考え方のもと，自動運転技術に関する制度整備も進めているところである．

表１　安全対策の考え方

フェーズ	施策の目的	施策
①技術開発期	新技術を市場投入しやすい環境の整備	ASV推進計画，技術ガイドラインの策定
②技術競争期	市場における技術競争の促進	自動車アセスメント（車種間の性能の比較・公表）
③普及拡大期	インセンティブによる搭載拡大	ASV補助金，ASV税制
	国による性能の「お墨付き」	性能認定制度
④標準搭載期	全車への搭載，最低限の性能の確保	保安基準（強制規格）の策定

3 自動運転車の安全技術ガイドラインの策定

2018年は，自動運転の実現に向けて大きな節目となった年である．「自動運転に係る制度整備大綱」（2018年４月）が策定され，自動運転に関する法制度の見直しに関する政府全体の方向性が取りまとめられた．これによって，国を挙げてレベル３やレベル４の自動運転車の早期実用化に向けた取組が加速した．

自動運転車の実用化に向けては，システムが車両の操作を行うことに対応した新たな安全基準や評価手法を設定する必要があり，国土交通省も参画のもとWP29において国際議論が進められつつあった．

国土交通省においては，国内における制度整備大綱の策定等の動きも踏まえ，国際基準が策定されるまでの間においても自動運転の実用化を促進するため，レベル３，４の自動運転車が満たすべき安全要件をガイドラインとして定めた．これによって，自動車メーカ等が開発しやすい環境が整い，また，国際議論において日本の考え方を反映できる体制が整ったと認識している．

4 道路運送車両法の改正

国土交通省においては，道路運送車両法に基づき自動車の設計・製造段階から公道での使用段階にわたり，安全性を一体的に確保している．具体的には，安全基準の策定，型式認証，点検・整備，検査，リコール等の対策に取り組んでいる．

一方で，同法は1951年に作られたものであり，その当時はシステムが車両の操作をするということは想定していなかった．

このため，自動運転車（レベル３及びレベル４）に対応するべく2019年５月に同法を改正した．主な改正点は，以下の４つである．

(1) 国土交通大臣が付する条件（走行環境条件）で使用する場合において，運転者の操作に係る認知，予測，判断，操作に係る能力の全部を代替する機能を有するものを自動運行装置と定義するとともに，安全基準の対象装置に追加
(2) 既に公道を走行している自動車に対して，無線によるソフトウェアアップデートを行う場合，国土交通大臣の認可を義務づけ
(3) 自動運行装置等の整備・改造を「特定整備」とし，それを実行するためには地方運輸局長の認証を必要とするとともに，自動車メーカに整備に必要な技術情報を提供するよう義務づけ
(4) 自動車の電子的な検査（OBD検査）に必要な情報を全国の検査実施機関が活用できる環境を整備

5 安全基準の策定

道路運送車両法の改正によって，自動運行装置を安全基準の対象装置とした．これを踏まえ，自動運転車の安全技術ガイドラインの安全要件をベースに，2020年３月，世界に先駆けて自動運転車の安全基準を策定した．そして，同年６月にWP29において国際基準が成立した．

その後，より高度な自動運転技術の実現のため，WP29において，国際基準の議論が進められ，2021年11月には，対象車種を全ての乗用車・バス・トラックに拡大する改正が行われた．さらに，2022年６月には，上限速度を130km/hに引き上げるとともに，乗用車等に限り，車線変更機能を実現するための改正が合意された．（図２）

国土交通省においては，今後も国際基準に係る議論を主導していく．

図2　国際基準の検討

6 今後の検討課題

今後，より複雑な走行環境での自動運転を実現するためには，車両の更なる技術開発，走行環境の整備，社会的受容性向上の総合的な取組が重要である．（図３）具体的には，運行主体等の責任において走行環境を適切に構築，維持管理，必要に応じて見直すこと，また，自動運転車が走行するルート周辺では確実に交通ルール，マナーを遵守すること等によって，道路上で起こりうる危険事象の発生リスクを低減させる方策を官民が連携して検討を進めることが重要である．

国土交通省としては，より高度な自動運転の実現に向けて引き続き検討を進めていく．

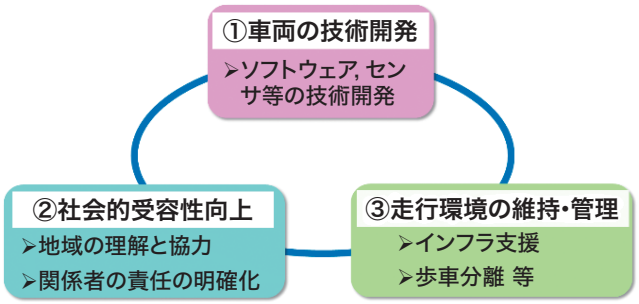


図３　自動運転の実現に向けて

【本件問合せ先】
国土交通省 自動車局 技術・環境政策課，〒100-8918 東京都千代田区霞が関２- １- ３，03-5253-8111

2 交通環境情報の構築と活用

(1)交通環境情報の生成に係る技術開発

交通環境情報の構築と活用及び東京臨海部実証実験(概要)

Establishment and Utilization of Traffic Environment Data and the Tokyo Waterfront Area Field Operational Tests (Overview)

樋山智(本田技研工業株式会社), 南方真人(トヨタ自動車株式会社)
Satoshi Hiyama (Honda Motor co., Ltd.), Masato Minakata (TOYOTA MOTOR CORPORATION)

1 交通環境情報の必要性

自動運転車は複数種の車載センサで収集した車両周辺の情報を統合的に使って，認知・判断・操作をドライバに代わって行いながら走行する．しかし，車載センサで収集できる情報は自車の周辺約200mの範囲であり，かつ物象として実在しているものしか認知することができないため，インフラから無線通信等により提供される様々な交通環境情報を利用することができれば，より複雑な交通環境下での運行を安全かつ円滑に実現できる．(図1)

交通環境情報には，静的な情報としての高精度3次元地図情報から，秒単位で刻々と変化する信号情報のような動的情報まで様々な情報があり，SIP自動運転ではそれぞれの情報を場所，時刻や固有のID等による紐付けルールを定めて，より効率的に利活用するというダイナミックマップという概念に基づいて整理している．(図2)

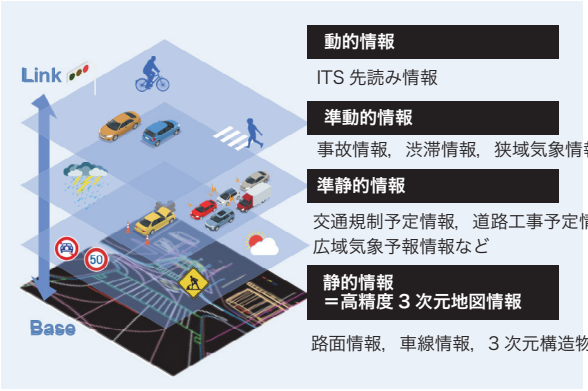


図2　ダイナミックマップの概念

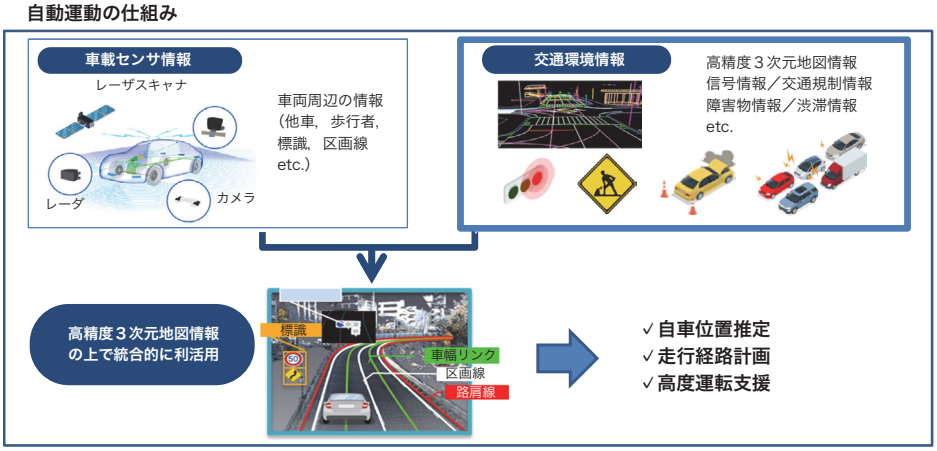


図1　自動運転における交通環境情報利活用

2 交通環境情報利活用への取組

SIP第１期では，静的情報基盤の確立に取り組み，その研究開発成果に基づき2019年，全国の高速道路・自動車専用道路約３万km分の高精度３次元地図情報提供事業が開始され，高度運転支援システム及び世界で初めて認証取得した自動運転レベル３システム搭載車両に採用された．SIP第２期では，「交通環境情報ロードマップ」(図３）を策定し，高精度３次元地図情報に紐付け利用する動的な交通環境情報利活用の仕組み構築に向けた研究開発を推進するとともに，東京臨海部での実証実験を通じて標準化・実用化に取り組んだ．

また警察庁施策として「交通規制情報のデータ精度向上」【詳細 第２章（1）⑤】に取り組むとともに，これら交通環境情報の他分野での活用による新たなサービスの創出に向け，地理系データの検索ポータル（MD communet®）の構築【詳細 第５章①】にも取り組んだ．

3 東京臨海部実証実験の概要

3.1. 実証実験の位置づけ

インフラから無線通信等により提供される様々な交通環境情報や自車が保有する情報の提供及び路車／車車間の意思疎通を通信で行うことで，より安全でスムーズな自動運転制御を可能とする協調型自動運転システムの開発では，車両開発とインフラ開発を同期させる必要があり，様々な技術を統合していかなければならない．このため交通環境情報の利活用の仕組み構築に向けて，実交通環境下での実証実験を軸にして計画を進めた．

①協調領域における技術仕様の決定，標準化の推進
②自動運転車両開発及びインフラ整備の加速
③情報発信，イベントへの活用による自動運転の社会的受容性の醸成

を目的に，日本自動車工業会とも連携し国際的にオープンな実証実験環境の整備に取り組んだ．

場所の選定にあたっては，

①公道実験に適した適度な交通量及び交通環境
②国内外からの実験参加者の移動の利便性
③東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会の機会を利用した技術訴求等

の観点から，東京臨海副都心地域を選定した．具体的には，一般道での自動運転を想定した臨海副都心地域，高速道路における自動運転を想定した首都高速道路，公共交通機関（バス，ART）の一般道における自動運転サービスを想定した羽田空港地域，という３つの特徴的なエリアにおいて実証実験を行った．（図４）

3.2. 2019年度-2020年度実証実験

日本自動車工業会と協議し，東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会での試乗会をマイルストーン

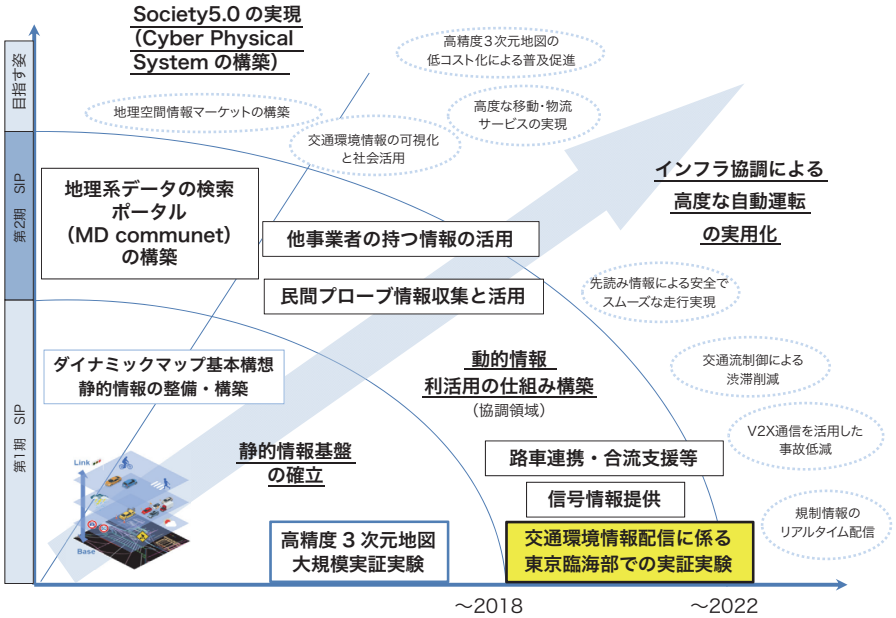


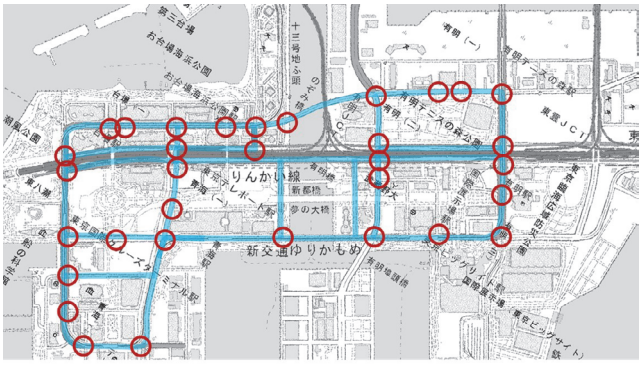
図3　交通環境情報ロードマップ

図4　実験エリア（電子地形図，国土地理院）

に置き，V2I（狭域無線通信：Vehicle to Infrastructure）による信号情報，高速道路での合流支援情報等の有効性並びに必要な技術要件の明確化に取り組むこととした．実証実験の方法としては，自動運転への民間投資と，研究開発の活性化を目的とするマッチングファンド方式を採用した．すなわち，SIP自動運転が交通環境情報配信設備の設置・運用並びにそれらの情報を受信する車載機器類を準備し，実証実験の参加者は，実験車両の準備及び実験要員ほかの実験走行に関わる費用を負担した．自動運転研究開発を推進する機関を対象にグローバルに参加者を募集した結果，国内外の自動車メーカ，サプライヤ，ベンチャー企業，大学研究機関ほか，合計29の機関が参加した．（図５）

図5　実証実験参加機関（2019-2020年度）

V2Iによる実証実験環境として，お台場エリア33か所，羽田空港周辺道路７か所の信号交差点にITS無線路側装置を設置しV2I（760MHz帯）による信号情報を配信した．（図６）



出典：国土地理院地図（国土電子Web）

図6　ITS無線路側装置機設置交差点（お台場）

首都高速道路空港西ICには，ETCゲート／合流支援情報システムとして，本線走行車両検出センサ，合流支援情報生成サーバ及びV2I（5.8GHz帯）無線装置を設置し，ETCゲートの稼働情報及び本線を走行する車両の情報を収集配信した．（図７）

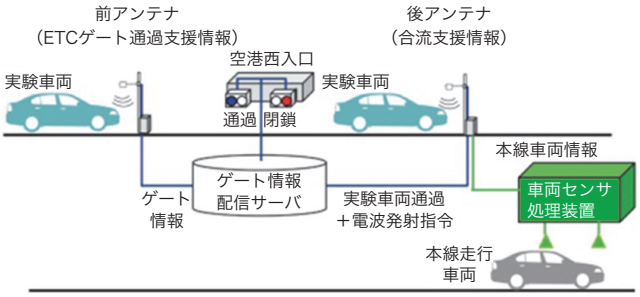


図7　ETCゲート／合流支援情報システム

『SIP第２期中間成果報告書（2018～2020）』[(1)(2)(3)]で既報のとおり，V2Iによる信号情報配信実証実験により，様々な環境下でも信号灯色情報の配信が安定的に可能なことを実証し，既にサービスが実用化されているDSSS（Driving Safety Support System）との互換性を保ちつつISO/TS19091に準拠した仕様での自動運転車での利活用有効性・実用性を実験参加者とも確認合意した．

今回の実証実験を通し，自動運転での実用化に向けた信号情報の技術的な目途付けができたが，インフラ設置の優先度に関して参加者からは，西日による逆光など交差点の立地条件等によって決まる訳ではなく，“面的な情報提供”が必須であるとの意見があった．これらの結果は，レベル４自動運転サービスの実現に向けたRoAD to the L4プロジェクトに展開し，引き

続き実装に向けた検討を進めることになっている．また，このお台場地区の“面的な実験環境”については，実験参加者からも引き続き，自動運転の開発拠点として活用したいという要望が多かった．その声を受け，次期SIPの課題候補「スマートモビリティプラットフォームの構築」においても，次ステップに向けた研究開発に活用していくこととなった．

一方，V2Iを使った合流支援情報配信実証実験の結果として，『SIP第２期中間成果報告書（2018～2020）』[(1)]で既報のとおり，交通流の変化時においても正確な合流支援情報を提供するには，スポット的な情報配信では不十分であり連続的な本線走行車両検知と連続通信の技術を使ったより高度な情報提供システムが必要であることがわかった．このため実際の交通流を観測，収集したデータをもとにしたシミュレーションにより，様々な交通流変動にも対応する合流支援情報配信システムの成立性確認とシステム要件の導出を行った．【詳細 第２章（1）④】

3.3. 2021年度実証実験

2020年より新型コロナウイルス感染症（COVID-19）が拡大したことにより，東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会は2021年度に延期になるとともに，当初予定していた日本自動車工業会との連携による自動運転の大規模な試乗会も中止となった．また，各社の車両開発にも少なからず影響があり，東京臨海部実証実験の延長の要望の声も大きかったため，2021年度も引き続き実証実験を行うことにした．2019年度-2020年度実証実験の結果から，“面的な交通環境情報”の配信の要望が高かったため，2021年度実証実験では，V2Iによる信号情報の配信に加え，V2N（広域公共ネットワーク通信：Vehicle to Network）による交通環境情報の配信に取り組むことにした．（図８）

ヒアリングによる自動運転での利活用のニーズに加え，ドライバへの情報提供での有効性等も考慮し，優先順位の高い交通環境情報として以下４つの情報の生成と配信に取り組むことにした．

（一般道路）信号情報
（高速道路）車線別交通流情報
（共通）緊急走行車両情報，降雨情報

また，2019年度-2020年度実証実験と同様に，広く参加者を募った結果，22機関の参加があった．（図９）

図9　実証実験参加機関（2021年度）

V2Nによる実証実験は，社会実装を想定したアーキテクチャによる情報生成配信ネットワーク環境を構築し，広域公衆ネットワーク通信（4G／LTE回線）により実験車両に対する情報配信を実施した．（図10）

信号情報については，ITS無線路側機を設置したお台場33か所の信号交差点を対象にV2N情報配信環境を準備し，V2I／V2Nの比較検証を可能とした．

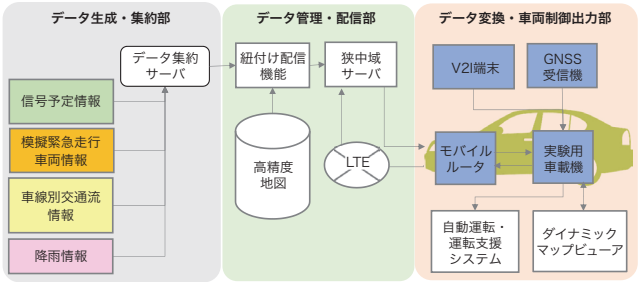


図10　V2N情報配信ネットワークアーキテクチャ

V2Nによる情報利活用にあたっては，ネットワーク経由による伝送遅延の課題が想定される．特に高い時間情報精度が求められる信号情報に関しては，各種信号制御システム方式ごとに，信号サイクルタイム予定情報生成等の技術開発を行うとともに，配信の仕組み検討及びモデルシステムによる機能確認実験にて確

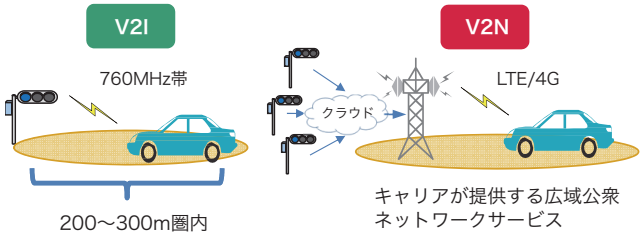


図8　V2I／V2N通信方式（信号情報の例）

認のうえで，東京臨海部実証にて検証を行った．(図11)【詳細 第２章 (1) ②】

実証実験の結果，走行予定経路上の必要な交差点の信号サイクル予定情報をネットワークからそれぞれの車両に効率的に配信する仕組みを実装することにより，自動運転車の走行等に活用の可能性があることを確認した．実験参加者からは，V2Nならではの面的な信号情報利用により，最適ルートプランニング，グリーンウェーブ等CO_2削減への貢献も期待できるとの意見も出された．

一方で，生成する信号サイクルタイム予定情報の精度，フェールセーフ機能の実現に課題があり，実用化に向け更なる研究開発が必要である．今後も引き続きUTMS協会に設置した技術委員会において，ステークホルダーによる検討が継続される予定である．

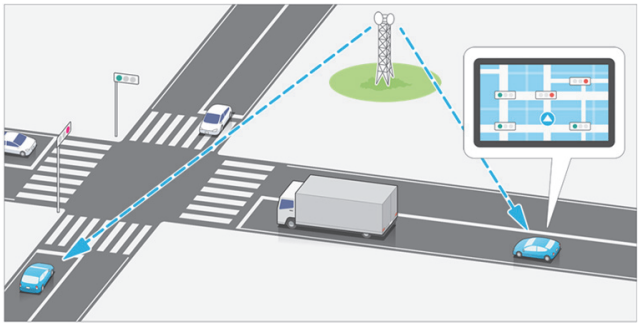


図11　V2Nによる信号情報配信

車線別の交通流情報に関しては，コネクテッドカーの普及により走行中の車両から収集可能となった車道レベル精度の民間プローブ情報を統計的に処理し，車線別の渋滞末尾情報の生成に取り組んだ．車両プローブ情報を一定数収集蓄積したうえで統計処理を行うため，その処理間隔に依存して配信情報の遅延は発生するが，既存サービスの車道レベル渋滞情報に比べ精細度において優れる情報を生成配信できることを確認した．(図12) 今後のコネクテッドカーの更なる普及，高度な運転支援システム搭載車や自動運転車からの収集情報の進化により，生成する情報精度の向上も期待できる．【詳細 第２章 (1) ③】

緊急走行車両情報の利活用に関しては，V2Vによる注意喚起サービスが実用化されているが，専用無線機の緊急車両，情報利用車両双方への搭載が前提となるため，広く普及には至っていない．

東京臨海部実証実験においては，模擬的に緊急走行車両情報を生成し配信した．実験参加者からは，２～

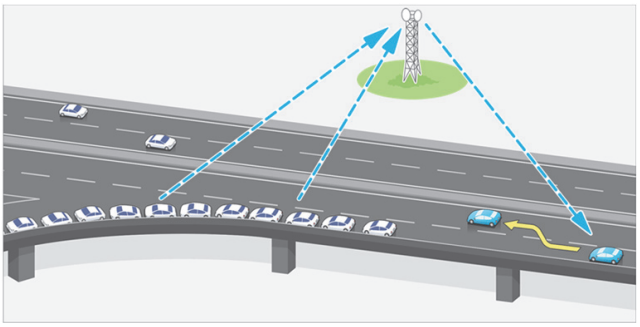


図12　プローブ情報を活用した車線別交通流情報配信

３秒程度の伝送遅延はあるものの，相対位置や相対速度が検出できるので，緊急走行車の接近による自車の回避判断に効果的であるとの評価が得られた．また，遠隔監視型自動運転には，特に有効ではないかとの声もあった．(図13)

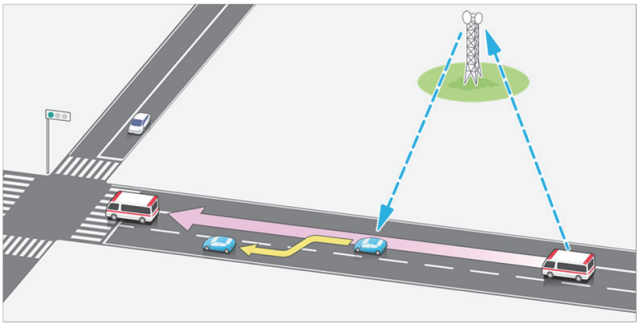


図13　V2Nによる緊急走行車両情報配信

また東京臨海部実証実験ではないが，V2Nによる情報利活用のユースケースの一つとして，公共交通機関 (バス等) や緊急走行車両の信号交差点への接近情報をV2Nで収集し，信号優先制御に活用可能かどうかという検証も行っている．地方部における実証実験の結果，優先されるべき車両が円滑に信号交差点を通過できることを確認できた．【詳細 第２章 (1) ⑥】

降雨情報に関しては，一般財団法人気象業務支援センターが情報提供サービスを実施している「高解像度降水ナウキャスト」を高精度３次元地図と紐付けたうえで実証実験車両に配信した．任意のエリアを選択して予報情報も含めて利活用できることを実証し，V2Nにより多種多様で広域にわたる交通環境情報を利活用可能なことを実証した．(図14)

3.4. V2Nによる情報利活用課題への取組

以上述べたように，V2Nによる交通環境情報の配信は，より広域で多様な情報の利活用の可能性があり，将来性があることがわかった．一方で，実用化に向け

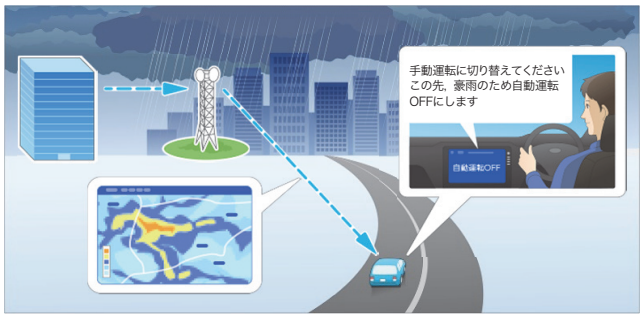


図14　V2Nによる降雨情報の配信

ては解決すべき課題も多い．

東京臨海部実証実験においては，通信トラフィックの増大という問題に対して，配信する交通環境情報の具体的な利用方法を実験参加者とも議論し，情報配信方式に対する検証を実施した．

情報配信方式としては，大容量・低頻度更新に適したPULL方式と，低容量・高頻度更新に適したPUSH方式による情報利用に大別できる．（図15）実証実験における交通環境情報の配信を通じて，両方式を使い分けることにより通信トラフィックが削減できることがわかった．また，ネットワークやサーバ負荷計測と社会実装を想定したシミュレーションを行い，実用化に向けた大規模な社会実装時に事業主体が考慮すべき課題として以下を抽出した．

・必要情報の効率的な選択利用の仕組みの実現
・ネットワーク経由による情報処理／伝送遅延の最小化と影響確認
・対象サービス規模実装に見合ったサーバ能力予測・通信データ量の削減

【詳細 第２章 (2) ③】

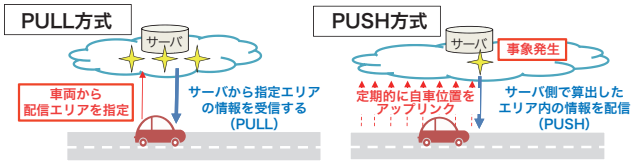


図15　V2Nによる情報配信方式

これらの課題以外についても，協調型自動運転通信方式検討TFにて，学識経験者，関係省庁，業界団体（自動車，電機）等のメンバが連携して課題の洗い出しが行われ，セキュリティ・プライバシー対策の策定など取り組むべき課題をまとめている．【詳細 第２章 (2) ①】今後，産学官それぞれ役割を分担して研究開発を行い，また業界横断で議論・連携を深めながら，V2Nによる交通環境情報利活用の実現に向けた取組が推進されることを切に期待する．

3.5. V2Nによる情報利活用の仕組み検討

V2Nによる交通環境情報利活用の実現には，その仕組みづくりも重要な課題である．欧州委員会では，モビリティに関連するデータをネットワーク通じて収集・活用するために各国ごとにNAP（National Access Point）の設置と，NAPを使ってデータ提供する仕組みを義務づけている．日本でも，今後実用化が進む自動運転や高度な運転支援システムでの，モビリティデータ活用の実例やメリット・デメリットについては継続的に調査が必要である．SIP第２期では，日本におけるV2Nによる交通環境情報利活用の仕組みのあるべき姿についてそれぞれの研究開発，実証実験を通じて検討を行った．

SIP第２期の検討過程において，V2N信号情報は，配信情報に関する高い要求精度に加え，統一されたインタフェース条件により全国的なサービスの稼働保証ができる体制の確保が必要であるなど，多様な意見が有識者，関係企業等のアンケート，ヒアリングを通じて寄せられた．これら意見を検討し，実施主体となる一元的な信号情報センター設置の必要性と，組織が具備すべき要件，条件を提案予定である．【詳細 第２章 (1) ②】

一方，降雨情報のような気象情報については，モビリティ用途以外も含めた情報利用のニーズやユースケースに基づき，競争領域として情報提供事業の進化，拡張が期待される領域であり，統一的な情報配信の仕組み構築によらず発展することが望ましいと考えられる．これら検討結果に基づき，V2Nによる交通環境情報利活用の仕組みについても提案予定である．【詳細 第２章 (1) ③】

3.6. 社会的受容性の醸成への取組

東京臨海部実証実験における産学官の自動運転実現に向けた取組に関する情報発信は，SIP-café，成果発表会をはじめとする広報活動の機会を積極的に活用した．さらには，社会的受容性醸成に向けた試乗会イベントにおいて，東京臨海部実証実験環境を使った各社の研究開発成果として，レベル４相当の自動運転実験車両による一般公道デモ走行，同乗試乗を実現し，自

動運転技術の研究開発進捗の現状やSIP自動運転の研究開発成果の一端を公開することができた．(図16)【詳細 第4章 (2) ③】

図16　自動運転実験車両によるデモ走行

4 おわりに

第2期SIP自動運転では，交通環境情報利活用に関する研究開発及び東京臨海部実証実験を通じて，自動運転実現に必要な交通環境情報の要件の明確化，情報生成と配信の仕組み構築に取り組んだ．一般道への自動運転導入に必要なV2Iによる信号情報提供の実用化の技術的な目途付けは完了し，レベル4自動運転サービスの実現に向けたRoAD to the L4プロジェクトに展開した．今後，引き続き実装に向けた検討を進める予定である．また，お台場地区の実証実験環境をレガシー化し，次期SIPの課題候補「スマートモビリティプラットフォームの構築」においても，次ステップに向けた研究に活用していくこととなった．将来の面的な情報配信のニーズから，V2Nによる様々な交通環境情報の利活用の研究開発と実証実験にも取り組み，その仕組みの有効性，提供情報の活用ポテンシャルを実証するとともに，実現に向けた要件，課題抽出及び仕組み構築に向けた提案を行った．SIP第2期における取組の成果を活用し，交通環境情報利活用の仕組み実用化に向けての取組が継続的に推進されることを期待する．

【参考文献】
(1) 小林雅文ほか：インフラ協調型自動運転のための信号情報提供技術 (V2I) の開発，SIP第2期「自動運転 (システムとサービスの拡張)」中間成果報告書 (2018～2020)，pp.16-23，2021.
(2) 津田喜秋ほか：臨海副都心地域における実証実験データの分析，SIP第2期「自動運転 (システムとサービスの拡張)」中間成果報告書 (2018～2020)，pp.54-62，2021.
(3) 津田喜秋ほか：首都高速道路における実証実験データの分析，SIP第2期「自動運転 (システムとサービスの拡張)」中間成果報告書 (2018～2020)，pp.68-72，2021.

【本件問合せ先】
トヨタ自動車技術株式会社 先進技術開発カンパニー 先進技術統括部，〒471-8572 愛知県豊田市トヨタ町1番地，担当：南方真人 (masato_minakata@mail.toyota.co.jp)

①臨海副都心地域における実証実験

The Tokyo Waterfront City Area Field Operational Tests

津田喜秋，吉埜孝広（三菱電機株式会社），**室山晋也，磯部健太郎**（アイサンテクノロジー株式会社），
渡部康祐，秋本克哉（日本工営株式会社）
Yoshiaki Tsuda, Takahiro Yoshino (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION), Shinya Muroyama, Kentaro Isobe (AISAN TECHNOLOGY CO., LTD), Kosuke Watabe, Katsuya Akimoto (Nippon Koei Co., Ltd.)

(概要) 2021年度から2022年度の東京臨海部実証実験は，公衆広域ネットワーク（以下，V2N）を利用した情報配信システムを整備し，降雨情報，車線別道路交通情報，模擬緊急走行車両情報，信号予定情報の４種類の交通環境情報を使った実証実験を実施した．本実証実験では国内外の自動車メーカ，サプライヤ，ベンチャー企業，大学等計22団体が参加し，V2Nによる交通環境情報配信の有効性評価や課題整理を行った．情報配信にあたっては，情報特性に応じてPUSH方式・PULL方式を使い分けて構築し，実用化を視野に入れ通信トラフィックの増大の影響度やネットワーク経由による伝送遅延の影響度の評価を実施した．これらの実験結果を実験参加者と実証実験WGを通じて評価・検証し，交通環境情報の有効性・課題についてまとめた．

キーワード：V2N，実証実験，降雨情報，車線別道路交通情報，模擬緊急走行車両情報，信号予定情報

1 実証実験の概要

1.1. 実証実験の目的

東京臨海部実証実験では，交通環境情報の更なる利用促進に向け，V2Nを利用した情報配信システムを整備し，降雨情報，車線別道路交通情報，模擬緊急走行車両情報，信号予定情報の配信を行い有効性の評価を行った．

1.2. 実験エリア

本実証実験の実験エリアを図１に示す．模擬緊急走行車両情報と信号予定情報の実験は①臨海副都心地域，車線別道路交通情報は②首都高速道路，降雨情報は広域情報としても評価を可能とするため①と②のほかに③常磐自動車道から新東名高速道路でも実施した．

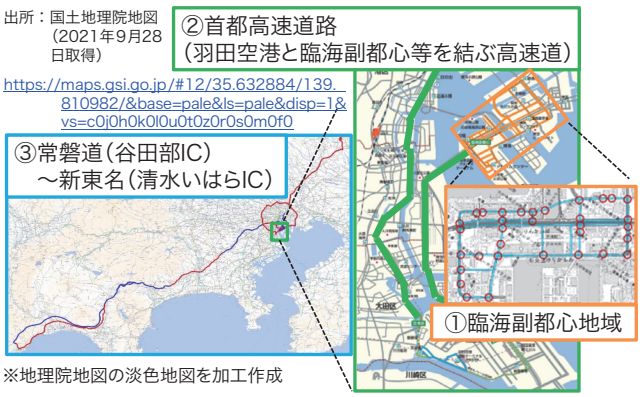
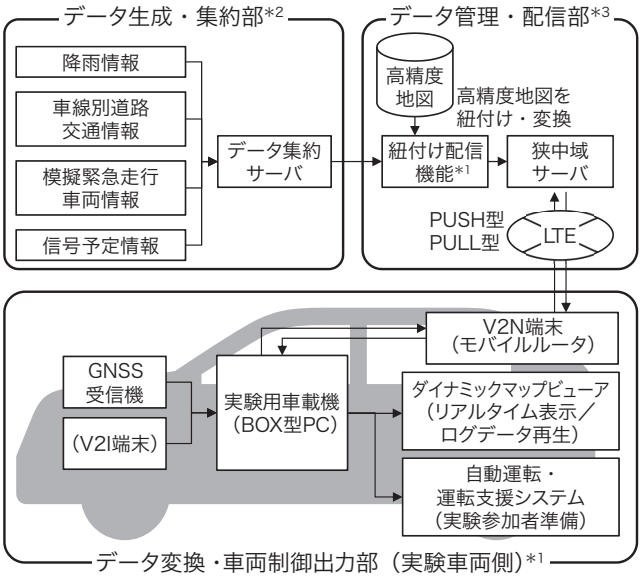


図1　実験エリア

1.3. 実験システム

本実証実験では将来の社会実装時のアーキテクチャを想定し，SIP第２期自動運転（システムとサービスの拡張）の別施策受託者と連携し，図２に示すように「データ生成・集約部」「データ管理・配信部」「データ変換・車両制御出力部」で構成する実験システムを構築した．

各種交通環境情報をデータ集約サーバで集約し，当該情報を高精度３次元地図に紐付け，狭中域サーバ・LTE通信網を経由して実験車両へ配信した．車両側では受信した交通環境情報と自車位置情報を実験用車載機で処理し，LANまたはCANインタフェースで自動運転・運転支援システム（実験参加者準備）に出力，また，受信情報をリアルタイム再生するダイナミックマップビューアと解析ソフトウェアを準備した．



＊1：「東京臨海部実証実験の実施」受託者担当（本論文著者）
＊2：「車線別プローブ等を活用した自動運転制御の技術検討及び評価」受託者担当
＊3：「狭域・中域情報の収集・統合・配信に係る研究開発」受託者担当

図2　実験システム構成

1.4. 実験スケジュール

本実証実験の実施期間は2021年11月15日から2022年12月23日である．（図3）ここで，降雨情報と信号予定情報は実施期間全体で実施．車線別道路交通情報と模擬緊急走行車両情報は配信時期の制約から短期間で複数回実施した．なお，実証実験WGは実験成果の検証と意見交換を実験参加者と行うために毎月実施した．

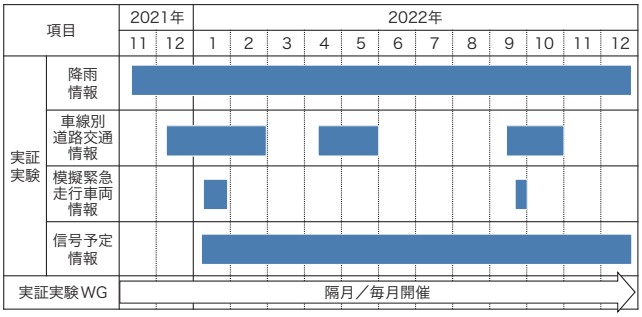


図3　実証実験スケジュール

2 V2N情報配信システムの構築・評価

V2Nによる交通環境情報の配信は，より広域で多様な情報の利活用が可能であることから，実用化を視野に入れ，クラウド上の情報を効率的に抽出する配信方式を構築し，通信トラフィックやネットワーク経由による伝送遅延の影響度合いの実験的評価を行った．

2.1. PUSH･PULL方式を活用した配信システム

V2Nを活用した配信では，情報の特性に応じてデータ量や伝送遅延に配慮した配信の仕組みが重要となる．このことから，本実証実験では図4に示すように低容量・高頻度更新に適したPUSH方式と大容量・低頻度更新に適したPULL方式の配信システムを構築し，交通環境情報ごとの特性に応じて使い分けて実施した．

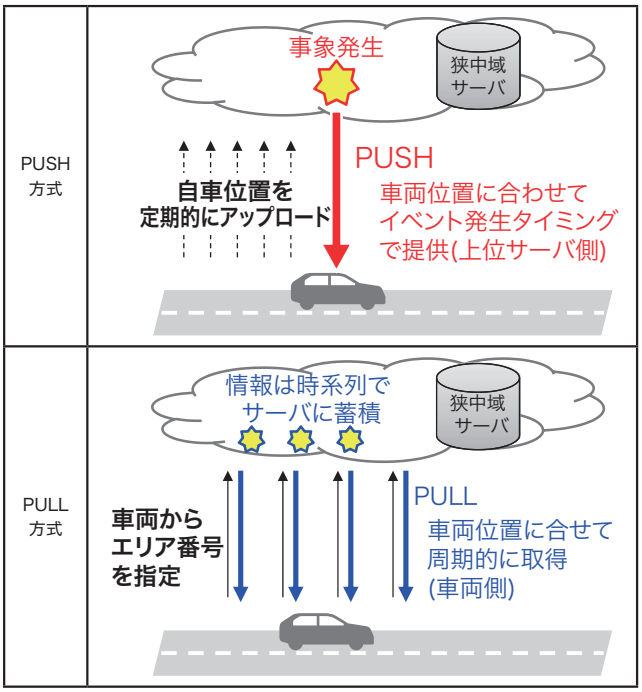


図4　PUSH方式とPULL方式

PUSH方式では，車両からデータ管理・配信部の狭中域サーバへ自車位置を定期的にアップロードし，イベント発生時に車両位置に合わせて狭中域サーバから車両へ情報を配信する．

一方，PULL方式では車両が希望エリアを指定し，データ管理・配信部の狭中域サーバから情報を周期的に取得する．

2.2. 交通環境情報の受信特性

2.2.1. 降雨情報特性

本実証実験で配信した降雨情報の概要を表1に示す．一般財団法人気象業務支援センター提供の高解像度降水ナウキャスト情報は，5分周期と低頻度で情報が提供されるのでPULL方式で実施した．降雨情報を車両側で受信した時のダイナミックマップビューア表示画面を図5，降雨情報の出力例（含：予測情報）を図6にそれぞれ示す．降雨情報は，現在時刻から30分後までの降水量情報が配信されるため，自動運転と手動運転の切り替えやドライバ向け注意喚起情報として利

用できる可能性がある．

表1　降雨情報の概要

情報源	一般財団法人気象業務支援センター
提供情報	「高解像度降水ナウキャスト」または「高解像度降水ナウキャスト(5分間降水量)」(250m格子単位での5分間の積算降水量，実況解析と5分ごと30分後までの予測値，バイナリデータ)
提供範囲	SIP第1期・第2期高精度3次元地図範囲(臨海副都心＋首都高，常磐道，東名・新東名)
配信方式	PULL方式

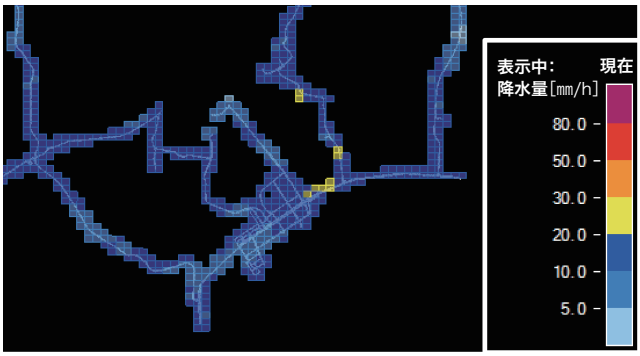


図5　降雨情報受信時のダイナミックマップビューア表示画面

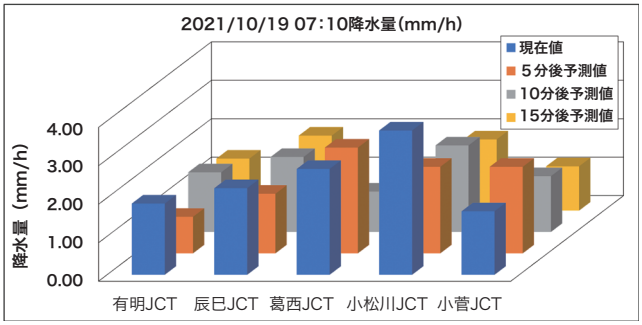


図6　降雨情報の出力例(含：予測情報)

2.2.2. 車線別道路交通情報特性

車線別道路交通情報の概要を表2に示す．車線別道路交通情報は，高速道路を走行中の車両から提供されたプローブ情報から生成した渋滞末尾や支障発生個所の座標・車線情報等を車両側に提供する．その際，車両側で搭載している高精度地図データと当該情報を関連付けする必要があるため，図2に示した紐付け配信機能で当該情報を高精度地図上のCRP (Common Reference Point：位置参照点) からの距離または高精度地図上の座標に変換 (ISO17572-4準拠) して車両側に提供する．車線別道路交通情報は1分周期と低頻度で更新されるためPULL方式で実施した．車線別道路交通情報受信特性を図7に示す．

表2　車線別道路情報の概要

情報源	プローブ情報(OEM・カーナビメーカ)
提供情報	渋滞末尾位置情報，支障発生個所位置情報(1分周期，①発生時刻，②消滅時刻，③発生地点，④路線名，⑤車線番号，⑥発生地点確度，⑦渋滞確度)
提供範囲	首都高羽田線・湾岸線
配信方式	PULL方式

図7では，全車線で発生した渋滞末尾に実験車両が遭遇し，速度を落としながら走行し，渋滞が解消されたことで速度を上げて走行したことがわかる．

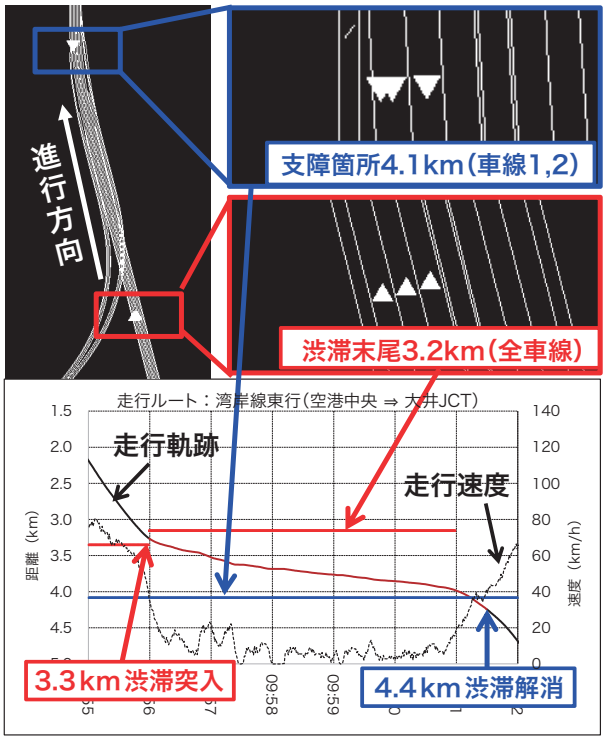


図7　車線別道路交通情報受信特性

2.2.3. 模擬緊急走行車両情報特性

模擬緊急走行車両情報の概要を表3に，受信特性を図8にそれぞれ示す．模擬緊急走行車両情報は，100m秒ごとの車両位置情報を2秒周期と高頻度で更新して配信されるためPUSH方式で実施した．

図8は，車両前方に記録された模擬緊急車両の通過

表3　模擬緊急走行車両情報の概要

情報源	模擬緊急車両(レンタカーを使用)
提供情報	模擬緊急車両の100m秒ごとの位置情報を2秒周期で配信(100m秒×2秒＝20個のGNSS情報をまとめて配信)
提供範囲	臨海副都心地域の一般道
配信方式	PUSH方式

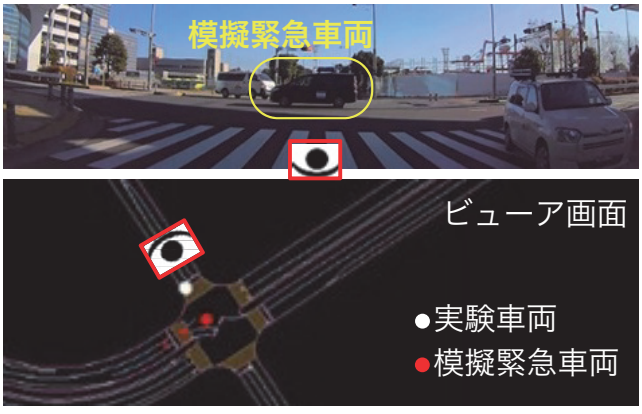


図8　模擬緊急走行車両情報受信時の車両前方画像とダイナミックマップビューア表示画面

画像と実験車両と模擬緊急車両の位置関係をダイナミックマップビューア表示で示している．また，実験車両と模擬緊急車両がすれ違った場合の車両間距離と速度特性を図９に示す．本実証実験を通じて，将来の社会実装時の緊急走行車両情報のユースケース検討や車両挙動の検討が可能となった．

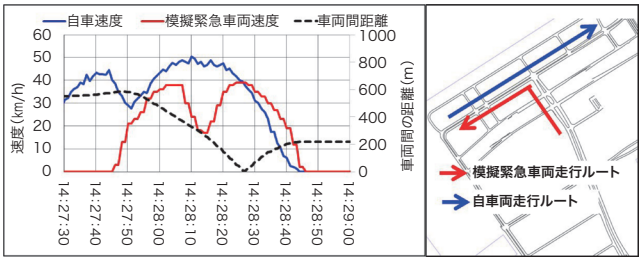


図９　実験車両と模擬緊急車両の速度及び位置関係

2.2.4. 信号予定情報特性

信号予定情報は，信号予定情報生成サーバで当該交差点の灯色情報を青信号開始時刻３秒前に生成し，データ生成・集約部とデータ管理・配信部を介して実験車両に提供される．信号予定情報の概要を表４に示す．

表４　信号予定情報の概要

情報源	警視庁
提供情報	信号サイクル確定時の灯色の予定情報 今回の実験は，信号予定情報開始時刻の３秒前に生成・提供，サイクル開始時刻（主道路が青になる時刻）とそこからの２サイクル分の各進入方路の退出方路ごとの灯色情報を提供
提供範囲	臨海副都心地区信号機
配信方式	PUSH方式，PULL方式，交差点指定PUSH方式

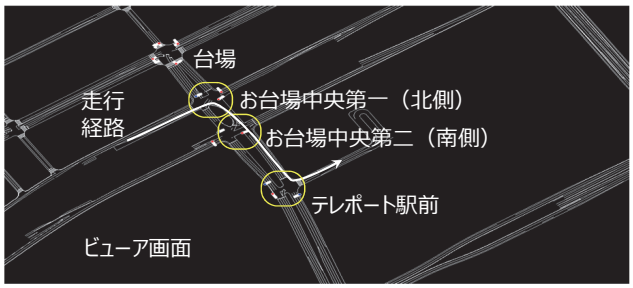
信号予定情報の実験では，将来の社会実装を想定すると様々な使い方が考えられ，本実証実験では表５に示す３種類の方式で実施した．

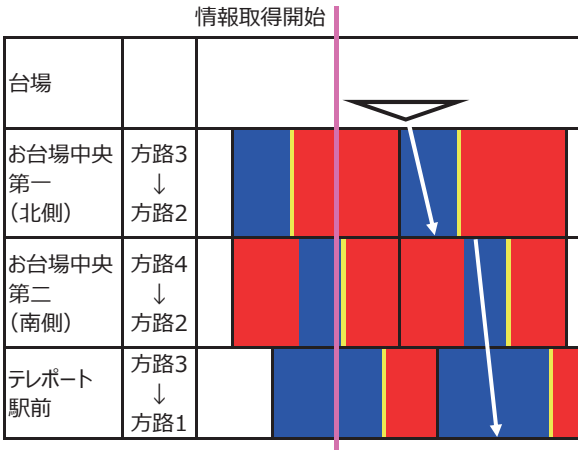
表５　信号予定情報の配信方式

方式	特徴
PUSH方式	自車位置をデータ管理・配信部の狭中域サーバへ１秒ごとに車側から提供し，自車を中心とする指定半径距離内の交差点信号予定情報を１秒周期で配信してもらう
PULL方式	自車位置を中心とした矩形エリア内の交差点信号予定情報を１分周期で車両側からデータ管理・配信部の狭中域サーバに要求し取得する
交差点指定PUSH方式	走行ルート上の交差点ID情報（複数設定可能）をデータ管理・配信部の狭中域サーバに要求し，該当情報を信号予定情報の更新周期単位に配信してもらう
車両制御部への出力方式	PUSH方式とPULL方式の場合は受信した信号予定情報のうち，車両進行方向の交差点の信号予定情報を100m秒ごとに出力，また，交差点指定PUSH方式の場合は指定した交差点の信号予定情報を100m秒ごとに出力

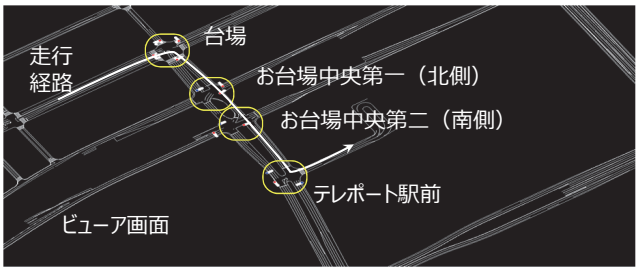
図10に信号予定情報の受信特性を示す．ここでは，交差点指定PUSH方式を示す．

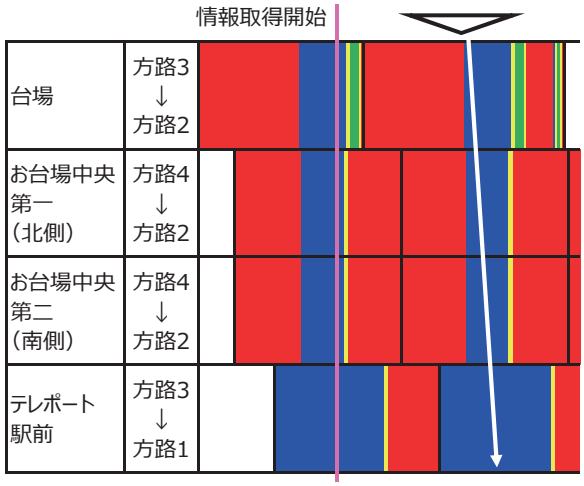
図10は，(1) に示すようにお台場中央第一（北側）手前から図中の３交差点の信号予定情報を要求したルート１の場合と (2) に示すように台場交差点手前から図中の４交差点の信号予定情報を要求したルート





(1) ルート１の場合





(2) ルート２の場合

図10　交差点指定PUSH方式信号予定情報受信特性

２の場合の信号灯色情報を示している．走行経路に沿った交差点の信号情報が複数同時に把握可能であるため，交差点での一時停止を回避可能となることがわかり，走行ルートの最適選定に有効である．

2.3. 配信システムの評価

2.3.1. 時刻同期特性

ネットワーク経由による伝送遅延の影響度を評価するため図２に示した「データ生成・集約部」「データ管理・配信部」「データ変換・車両制御出力部」の時刻同期を実施したうえで，配信システムの遅延時間を評価した．結果，各装置の時刻ずれは最大±20m秒に抑えることができ，配信情報のネットワーク遅延評価を可能とする試験系を構築できた．

2.3.2. 伝送遅延特性

本実証実験では，情報により配信方式が異なるため，各配信方式の通信トランザクションと遅延時間を図11[(1)]に示す．

(1) 降雨情報の伝送遅延特性

降雨情報は，図11のPULL方式を採用した．降雨情報の伝送遅延は，図２に示したデータ生成・集約部からデータ変換・車両制御出力部（実験車両側）の実験用車載機（BOX型PC）の出力まで10秒から130秒生じた．一般財団法人気象業務支援センターのデータ配信周期は５分であることから，伝送遅延に問題はないと思われる．なお，データ要求の間隔を１分以下にする場合は通信トラフィック増に繋がるため，現在の設定が望ましい．

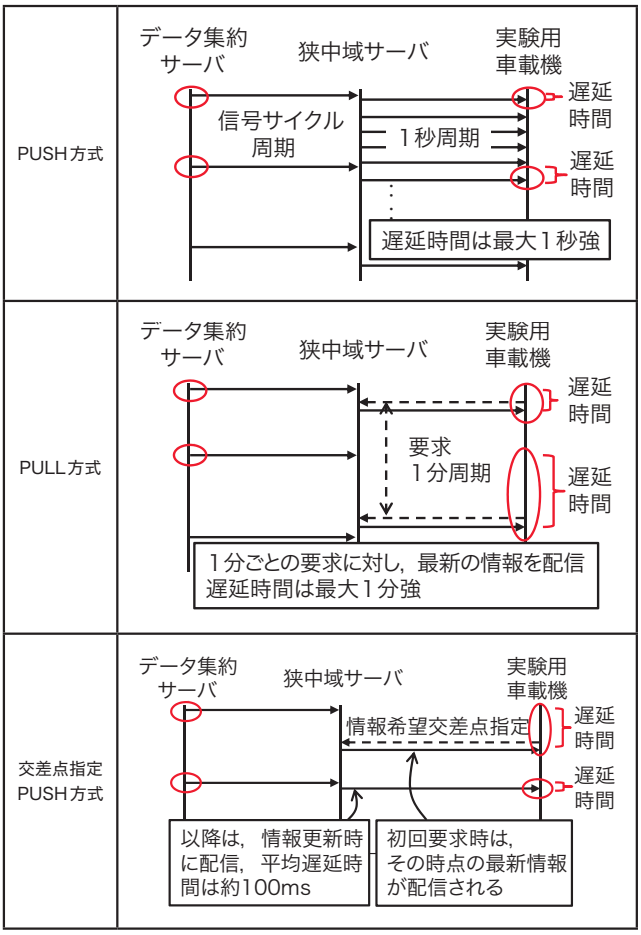


図11　配信方式（PUSH方式・PULL方式・交差点指定PUSH方式）の通信トランザクションと遅延時間

(2) 車線別道路交通情報の伝送遅延特性

車線別道路交通情報配信は，降雨情報と同様にPULL方式を採用していることから，車線別道路交通情報の伝送遅延もデータ変換・車両制御出力部（実験車両側）の実験用車載機（BOX型PC）の出力まで最大66秒生じた．情報源の配信周期と同程度であり実験運営的に問題ない．なお，車線別道路交通情報は１分周期と低頻度で更新されることから，現在の設定が望ましい．

(3) 模擬緊急走行車両情報の伝送遅延特性

模擬緊急走行車両情報は，図11のPUSH方式を採用した．図２に示したデータ生成・集約部からデータ変換・車両制御出力部（実験車両側）の実験用車載機（BOX型PC）の出力までの伝送遅延は最大1.3秒であった．今回の実験では２秒周期で模擬緊急走行車両情報が提供されることから伝送遅延の影響はない．今後，緊急走行車両情報が１秒周期で配信される場合は伝送遅延を１秒以下にする検討が重要となるが，緊急車両の接近を事前に把握することでこの伝送遅延の影響は受けなくなると予想される．このことも含め緊急車両情報の利用方法や想定ユースケース等について検討を深めることが重要である．

(4) 信号予定情報の伝送遅延特性

信号予定情報は，図11に示した３方式で図２に示したデータ管理・配信部の狭中域サーバとデータ変換・車両制御出力部（実験車両側）の実験用車載機（BOX型PC）の出力までの伝送遅延を測定した．PUSH方式では，狭中域サーバから実験用車載機に１秒周期で信号予定情報が提供されたことで１秒程度の遅延となった．PULL方式では，車両側から１分周期で狭中域サーバへ情報提供を要求したことで60秒以上の遅延が生じた．一方，交差点指定PUSH方式では，車両側からデータ取得希望交差点情報を要求（MQTTプロトコル）し，要求に応じた交差点の最新の信号予定情報を配信するため，通信負荷も低く抑えることができ，かつ遅延時間も100m秒程度となり３方式の中で伝送遅延を最も短く抑えられる．３秒前に予定情報を確定し，100m秒程度の遅延なので，信号サイクル開始に対して十分な余裕を持って信号情報の利用が可能である．信号予定情報では交差点指定PUSH方式を採用することが望ましい．

3 交通環境情報の有効性

4種類の交通環境情報について，実証実験の実施と全実験参加者及び実験環境提供者，内閣府，関連省庁，NEDOなどが参加する東京臨海部実証実験WGでの議論を通じて有効性を検討した．

3.1. 降雨情報の有効性

本実証実験で配信した降雨情報は，自動運転と手動運転の切り替えやドライバ向け注意喚起，旅行時間予測，車速調整や車間距離調整等，幅広い活用方法が想定される．また，降雨情報を運転支援・自動運転システムで活用する場合，情報生成から伝達までの所要時間短縮により，急激な気象変化にも対応できる可能性が高まる．実用化に向け降雨情報の利活用のユースケースの明確化・具体化と，ユースケースを踏まえた情報配信システムについて継続検討することが望ましい．

3.2. 車線別道路交通情報の有効性

車線別道路交通情報は，渋滞発生時（出口から路側帯まで延伸した渋滞含む），車両制御判断（追従・車線変更）を行う場合や，走行支障事象（事故・落下物等）の事前把握による早目の車線変更や走行経路変更などのドライバへの注意喚起情報として活用が大いに期待されると考えられる．これらのシーンで，自動運転から手動運転への引継ぎ要求や予備減速，車線変更，経路変更等に活用することも想定される．また，本実証実験で配信したメッセージ内容は，情報信頼度，統計情報に基づく渋滞確率，渋滞伸縮状況，渋滞末尾位置平均車速，末尾と先頭の対応付けに関する追加要望があり，車線別道路交通情報生成を担った受託者とも共有を図った．

3.3. 模擬緊急走行車両情報の有効性

模擬緊急走行車両情報は，緊急車両の接近を事前検知できる点で運転支援・車両制御に利活用が可能である．本情報を活用するユースケースとして，緊急車両接近時に必要な対応を行うための時間猶予の確保（例：減速，停止，路肩退避，自動運転から手動運転への切替やドライバへの警告等）や高精度地図データとの組合せによる「緊急車両接近が自車への直接影響の有無」の確認や，カメラ検知の緊急車両が緊急走行中か否かの判別等への活用も想定される．社会実装に向けて緊急車両接近時の自動運転車両挙動について，業界内でユースケースや情報の利活用についての議論を希望する．

3.4. 信号予定情報の有効性

信号予定情報（V2N）は，狭域通信（V2I）で有効であった灯色認識阻害シーンや通過判断差異シーン[(2)]で同様に，本情報を活用するユースケースを確認した．自車両周辺以外の広域情報も受信できるため，走行ルート計画に適用することで停車回数減少・所要時間短縮や，カーボンニュートラルにも貢献できる可能性がある．また，信号間隔が長い郊外や地方部でも巡行速度設定や運転支援に利用できる可能性から，V2N信号予定情報配信エリアの面的拡大により，自動走行可能エリアの拡張を助けることも期待される．社会実装に向け継続的に議論することが望ましい．

4 おわりに

臨海副都心地域での公衆広域ネットワーク（V2N）を利用した情報配信システムを整備し，降雨情報，車線別道路交通情報，模擬緊急走行車両情報，信号予定情報等の配信実験を実施し，実験結果と実証実験WGでの議論を通じて，配信システムや情報利活用の評価及び課題整理を実施し有効性を検証した．今後，本実証実験で確認した課題や有効性を踏まえ，ユースケースの明確化や交通環境情報配信の活用シーンの議論を進め，社会実装を進めることが望ましい．

【参考文献】
(1) 東京臨海部実証実験コンソーシアム：2021年度「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期／自動運転（システムとサービスの拡張）／東京臨海部実証実験の実施」成果報告書2022年3月，pp. 42-73，2021.
(2) 津田喜秋ほか：臨海副都心地区のおける実証実験データの分析，SIP第2期「自動運転（システムとサービスの拡張）」中間成果報告書（2018～2020），pp. 54-62，2021.

【本件問合せ先】
三菱電機株式会社 鎌倉製作所 ITシステム部 空間情報システム課，〒247-8520 神奈川県鎌倉市上町屋325，0467-41-6228，担当：津田喜秋

②インフラ協調型自動運転のための信号提供技術(V2N)の開発

Technological Development to Provide Traffic Signal Information to Automated Vehicles Connected to Infrastructures (V2N)

畑﨑由季子(日本信号株式会社),高柳雄一(パナソニック コネクト株式会社),
馬渕透(オムロンソーシアルソリューションズ株式会社),川邉俊一(一般社団法人 UTMS協会)
Yukiko Hatazaki (NIPPON SIGNAL CO., LTD.), Yuichi Takayanagi (Panasonic Connect Co., Ltd.), Toru Mabuchi (OMRON Social Solutions Co., Ltd.), Shunichi Kawabe (UTMS Society of Japan)

(概要) 自動運転のための信号情報の要件として,信頼性向上及び可用性向上の観点から,信号情報と実際の灯色の誤差を±300ミリ秒以下とすること,信号情報の異常を検出し異常発生を車両に通知すること及び様々な信号制御において信号情報提供を実現することの3項目が抽出された.まず,V2I方式を対象とし,2020年度までにV2Iを用いた信号情報提供インフラ技術仕様を決定した.次いで,整備コストの低減等の観点から,2019年度にモバイル回線を利用するV2N方式について検討に着手した.2021年度までに,埼玉県における実証実験等を経てV2N方式による信号情報提供技術の確立に取り組んだ.また,V2N方式の検討の中で想定してきた社会実装モデルの中核を構成する信号情報センターの社会的機能要件についても検討した.こうした検討を踏まえて,2022年度には,17か所の交通信号機から模擬車載機までの一連の構成要素を統合した実証実験を実施し,3つの信号情報提供方式とシステム全体構成の有効性を検証した.

キーワード:V2N,信号情報提供,信号情報センター,MQTT

1 研究の目的

自動運転車両は,車載カメラにより信号灯色を認識するが,カメラ単体では信号灯色を認識できない場合,逆光による認識精度が低下する場合等の課題が認識されている.その対策として,インフラから信号情報提供を行うことが求められており,既にV2I方式が開発されているが,整備コスト面で課題があった.そのため,低コスト化を目的とし,クラウド等を活用した新たな信号情報提供手法を確立するための研究開発を2018年度からスタートさせた.(表1)

表1 研究開発の全体計画

2018年度	事例調査及び実現可能性が高い手法の課題検討 ・信号情報の提供を可能とする路車間通信以外の手法の事例調査 ・路車間通信以外の信号情報提供手法の整理 ・実現可能性等が高い手法の実現に向けた課題への対応策の検討
2019年度	模擬システムによる検証及びモデルシステムの仕様書案作成 ・信号情報提供手法に対する機能・技術要件の詳細化 ・3つの信号提供手法案の模擬システムによる検証 ・2020年度事業において構築するモデルシステムの仕様書案の作成
2020年度	単一都道府県でのモデルシステム実証及び信号情報集約システムの仕様検討 ・単一都道府県警察での信号情報提供モデルシステムの整備・検証 ・警察庁信号情報集約システムの仕様の検討
2021年度	社会実装に向けた信号情報センターの在り方の検討 ・信号情報センターの要件の検討 ・他の情報との連携・統合に関する検討 ・信号情報の精度向上に向けた検証
2022年度	都道府県警察システム,警察庁信号情報集約システムの構築及び検証 ・都道府県警察での信号情報提供システムの構築・効果検証 ・警察庁信号情報集約システムの構築 ・効果検証

信号情報の提供手法については,交通管制センターや交通信号制御機(以下,信号制御機)で生成される信号情報をLTE等の回線を介して警察庁信号情報集約システムに一旦集約した後,配信センターに送り出すシステム構成を基本とし,管制方式,集中方式,制御機方式の3方式による実現が適用可能性の高い手法であると判断した.

3方式について,図1に示す.

2 信号情報センターの社会機能的要件の検討

本事業で検討された社会実装モデルは,図2のとおりである.このモデルでは,信号情報の直接の利用者のほか,自動運転推進企業,自動運転バスを運行する地方自治体等に負担を求めている.

交通信号機を管理する都道府県警察から車両までの経路の中で,非競争領域(警察の領域+協調領域)と競争領域の間に存在する信号情報センターについては,

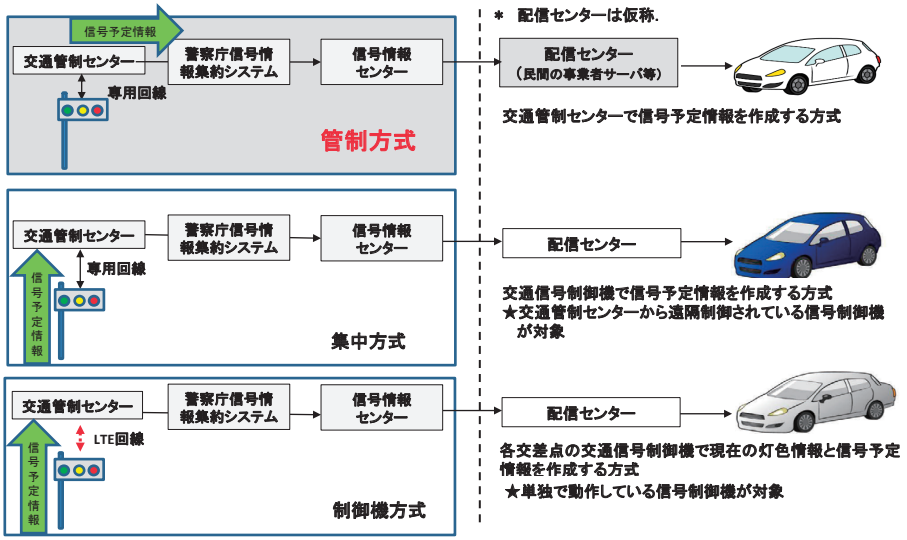


図1　信号情報提供方式

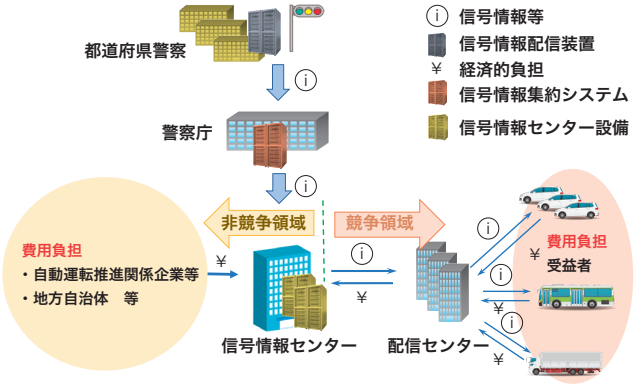


図2　社会実装モデルのイメージ

社会実装の成否に決定的な役割を果たすことから，ヒアリング・アンケート等の手段により有識者，関係企業等の意見を聞いた．

表2　必要な社会的機能要件

項目	必要な社会的要件	課題
組織体の運営	・経営企画機能 ・ファイナンスの確保機能	・人材確保(受益者負担の確保を含むファイナンス経験) ・関係機関との意思疎通の円滑性
信号情報の中継	・中継に関するオペレーション機能 ・イベント発生時のリカバリー対応機能	・人材確保(オペレーション経験) ・類似業務の経験
信号情報センター施設の整備・維持・管理	・信号情報センター施設の企画・設計及び関係する発注機能 ・セキュリティ管理機能 ・日常的な障害処理 ・顧客へのサポート	・人材の確保(フィールドエンジニアリング機能) ・類似業務の経験
顧客への技術的な接続	・接続用装置等の設置(信号情報センター施設の工事施行含)等実施機能	・人材確保(技術管理能力) ・類似業務の経験
顧客への手続的な接続	・受付(条件の確認)機能 ・費用(受益者負担分)の徴収機能	・人材確保(カスタマーサービス経験) ・類似業務の経験
顧客への技術的サポート	・仕様，規格等の確認等の技術サポート	・人材確保(新規開発した信号情報提供技術に関する知見)

※　赤字の人材は信号情報センターで確保することが必要．オペレーション，施設関係は外部依存も可能．

その結果は，的確なニーズの把握，地方のニーズへの配慮，交通情報提供を担ってきた機関の保有する人材・知見の活用，初期費用及び維持費用の負担に関する慎重な配慮の必要性等多様な内容を含むものとなった．必要な社会的機能要件については表2のとおりである．各種人材の必要性についての意見が複数あった．また，全国的に統一されたインタフェース条件により同レベルのサービスを提供する必要があり，24時間稼働できる全国的な体制の確保が必要であるという意見があった．

実施主体の条件については，図3のとおり．

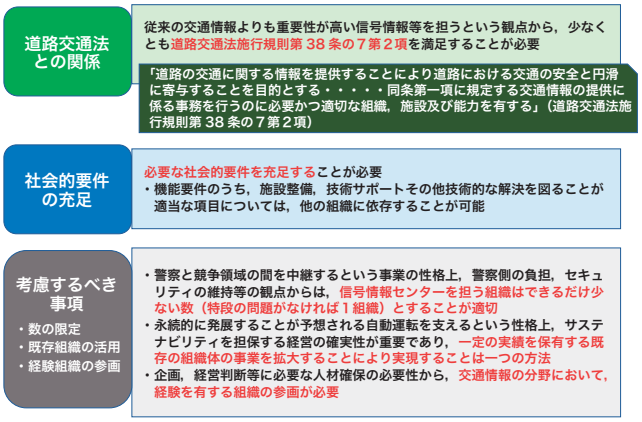


図3　実施主体の条件

3　信号情報提供の手法について

3.1. 管制方式の概要

管制方式は，集中制御の信号制御機を対象に交通管制センターに設置する信号情報配信装置により信号情報を生成する方式である．

集中制御とは，交通管制センターにおいて，感知器情報等を用いてサイクル長，スプリット，及びオフセッ

トからなる信号制御パラメータを決定し信号サイクルが始まる前に信号制御機に指令する制御であり，信号情報はサイクルごとに異なる可能性がある．

管制方式では，信号制御機の前サイクルの制御履歴と信号制御機に指令した信号制御パラメータを用いて，信号情報を予測する．この方式では，制御履歴に付加されるタイムスタンプの精度が重要となる．

埼玉県における実証（2020年度）では，当時の信号制御機の時刻精度が低かったため，目標の信号情報の精度が得られていない．そのため，2021年度，GPSによる時刻同期が追加された信号制御機の最新仕様を対象とし，工場内検証で目標性能が得られることを検証した．

2021年度の検討の過程で新たな課題として，信号制御機にはオフセット追従時のスプリットを自ら決定する機能があるが，秒数の100ミリ秒以下の端数処理の方法がメーカごとに異なるため，最大で200ミリ秒程度の誤差が生じることが認識された．本事業を受託した企業のうち１社の信号制御機については，その端数処理方法に合わせた信号情報作成を行うことで誤差は生じないこと実証した．（図４）他社製の信号制御機に対して，実施可能な対策がないか検討している．

信号情報配信装置の主な機能を表３に示す．信号情報の生成，配信，及びデータ蓄積機能に加え，信号情報を管理するための交差点管理情報，信号情報の精度

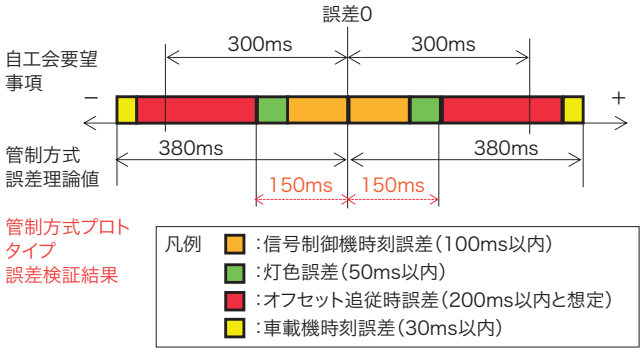


図4　管制方式の誤差モデルと検証結果

表3　信号情報配信装置の主な機能

機能名	機能概要
情報収集	端末制御ブロック経由で信号情報生成に用いる情報を信号制御機から収集する.
信号情報生成，配信	管制方式の信号情報を生成し，MQTTブローカーを介して配信する.
信号情報変換，配信	集中方式の信号情報を変換し，MQTTブローカーを介して配信する.
データ蓄積	MQTTブローカーで更新された各種情報をデータベースに蓄積する.
信号情報監視	信号情報の配信が停止していないか監視する.
信号情報検証	管制方式の信号情報の精度を検証する.
MQTTブローカー	信号情報集約システム，信号情報路側機等から接続を受け，情報配信する.

を常時監視する信号予定情報検証機能等を有する．また，同装置はMQTTブローカー機能を持ち，信号情報集約システム，信号情報路側機などの外部機器との通信をMQTTプロトコルにより行う．

MQTTプロトコルは新しい情報をプッシュ型で送信できるため，低遅延で信号情報を配信するうえで有利であることから採用している．通信メッセージは，信号情報を生成，または利用する各装置が参照する共通規格案に基づき作成される．

3.2. 集中制御方式の概要

集中方式は，管制方式と同様に集中制御機を対象としている．管制方式と異なり，信号制御機側で信号情報を生成することから，管制方式で実現できない感応制御等の即時処理にも対応することができる．

SIP事業「自動運転の実現に向けた信号情報提供技術等の高度化に係る研究開発」(2020年度終了）において，既に信号制御機における信号情報の生成方式が確立されているため，集中方式の実現においては，当該方式に準ずることを前提としている．

3.3. 制御機方式の概要

制御機方式は，通信機能を有しない非集中制御の信号制御機を対象とする方式である．現在運用されている信号制御機に信号情報路側機を追加する方式（路側機方式）と信号情報を生成できる信号制御機と無線機器を追加する方式が検討された．

路側機方式は，灯色信号のON／OFFをCTセンサで検知し信号情報を生成する方式である．非集中制御の交通信号機では曜日と時刻に応じた信号制御が行われるため，信号情報の予測が容易に行える．ただし，信号パターン変更時にオフセット追従が行われるため，誤差300ミリ秒以内の精度での予測は難しく，2020年度の埼玉県における実証試験では精度低下が見られる課題があった．そのため，2021年度に100ミリ秒単位でオフセット追従時の動作を学習する方法により対策を図った．

4　県警モデルシステムによる検証

4.1. 県警モデルシステム概要

図５に県警モデルシステム構成概要を示す．

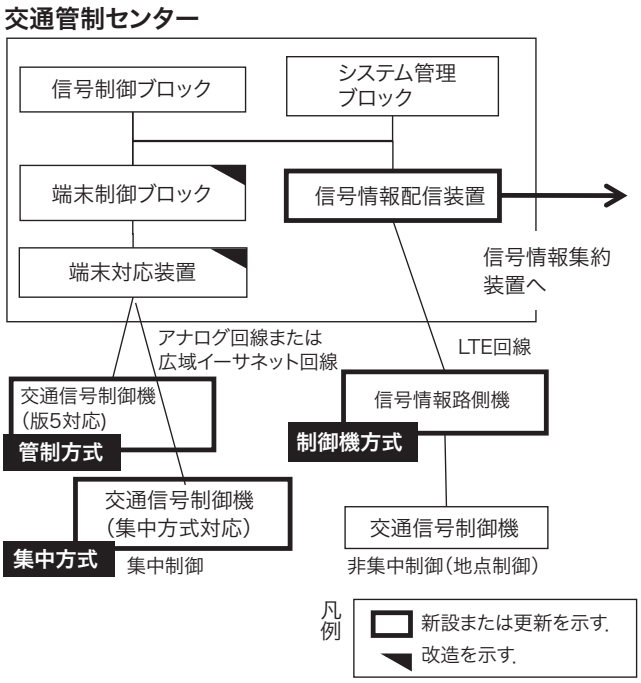


図5　県警モデルシステムのシステム構成概略

4.2. 検証の目的

本検証の目的は，多種多様な交差点の信号情報を精度よく，かつよりコストを低減できる方式で提供できることを運用中の機器を用いて実証することである．そのため，表４に示す交差点を対象に検証を行う．

表4　方式ごとの検証交差点と信号制御の状況

項目 / 方式	対象交差点数	リコール制御数	右折感応制御数	系統制御数	夜間閃光数
管制方式	9注)	6	0	9	0
集中方式	6注)	3	3	4	0
制御機方式	5	1	0	4	4

注）3交差点で管制方式，集中方式の両方を実施．

4.3. 検証項目

表５に県警モデルシステムを用いた主な検証項目を示す．

表5　県警モデルシステムを用いた主な検証項目

観点	検証項目
信号情報生成に関する検証	管制方式，及び制御機方式の精度向上 リコールや右折感応等の各信号制御への対応確認
信号情報配信に関する検証	通信インタフェースの標準化に関する検証 交差点定義情報に関する検証 通信遅延時間の検証 模擬車載機におけるΔt 確保の検証
実環境，実運用に着目した検証	信号情報集約システムとの接続に関する検証 実回線の性能，GPSの受信環境等による信号情報精度への影響に関する検証 信号情報提供の長期稼働に関する検証 信号情報提供状態の監視に関する検証

4.4. 検証方法

信号情報の精度検証は，2020年度の埼玉実証と同様，信号灯器と模擬車載機を動画撮影し，信号灯色の変化時における信号情報の残秒数で誤差を算出することで行う．図６に2020年度の埼玉実証における検証風景を示す．動画撮影のほか，各機器に蓄積された情報を比較し，遅延時間の算出やデータ間の整合性を検証した．

図6　動画撮影風景

5 信号情報集約システムと信号情報センター

5.1. 機能の概要

信号情報提供サービスの概要図を図７に示す．

信号情報集約システムは，47都道府県に設置される信号情報配信装置からの信号情報を収集し１つにまとめる．収集された信号情報は，いずれの方式で作成されたものでも同じフォーマットであり，同様に扱える．一方，信号情報センターは受信した信号情報を民間の各信号情報配信センターへ配信する．また，社会的機能実現のため，配信履歴の管理機能，運用実績の集計機能，及び信号情報のフォーマット検証等の運用支援機能を有する．

都道府県警察の交通管制システムでは，管制方式，集中方式，制御機方式のいずれかの方式により信号予定情報を生成し，信号情報配信装置を介して配信する．次に，警察庁に整備される信号情報集約システムは，全国の信号情報配信装置から配信される信号予定情報を集約し，信号情報センターへ配信する．最後に，信号情報センターは，民間事業者により運営される配信センターへ信号予定情報を配信する．最終的には配信センターを介して，自動運転車両に信号予定情報が配信される．

信号情報センターの社会的要件を考慮し，信号情報集約システム及び信号情報センターの立場から各シス

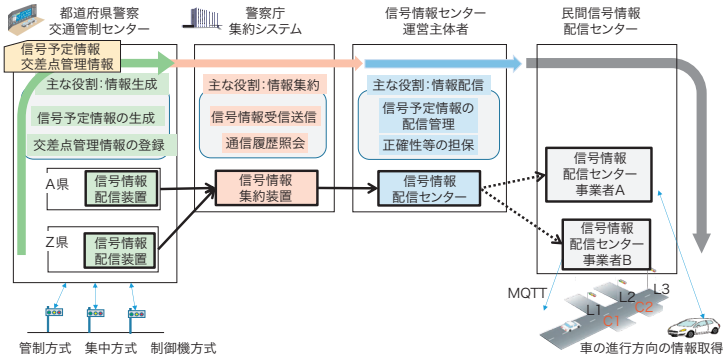


図7　信号情報集約システム等の機能の概要

テム機能を検討し，信号情報の規約整合性の確保と提供情報の管理を信号情報センター側に持たせ集約システム側はルートの一本化並びに通信監視のみとする機能の整理を行った．

5.2. 信号情報受信までの統合環境での通信時間評価

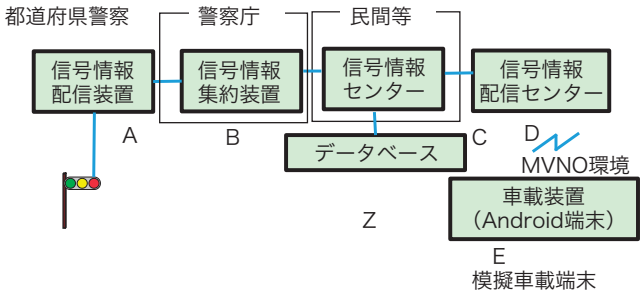


図8　一気通貫試験環境

信号情報センターでは，全国の数千を超える交差点の信号情報の配信を行い，またデータの蓄積機能等も検討しているが，処理遅延時間が大きくなることが懸念さるため，図８に示すシステム構成により，模擬信号制御機から模擬車載機までを一気通貫する通信負荷検証環境についてMQTTプロトコルを共通プラットフォームとして活用することで構築した．

信号情報センターシステムの性能を測定し，より高速に信号情報を伝達するための考察を行ったが，信号情報センターから車載機までは競争領域であり，あくまで実装の参考例である．

信号情報は，灯色が黄色になるΔt秒前（Δtは，５秒程度）に車載機に届く必要がある．そのため，簡易な模擬システムを構築し，通信遅延時間を計測した．

信号情報集約装置と信号情報配信センター間は，2048交差点（４県接続状態）での必要な帯域を机上で設計し，低帯域（12.5Mbps）環境を構築した．（図８のA-B間帯域）また信号情報配信センターと模擬車載機間は１秒間隔のMQTT-PING通信により通信呼を永続的に確立した．

図８の各区間の通信時間含む遅延時間の１日の平均結果を図９に示す．

信号予定情報は複雑な交差点を想定し585byteのデータを用いた測定を行った．

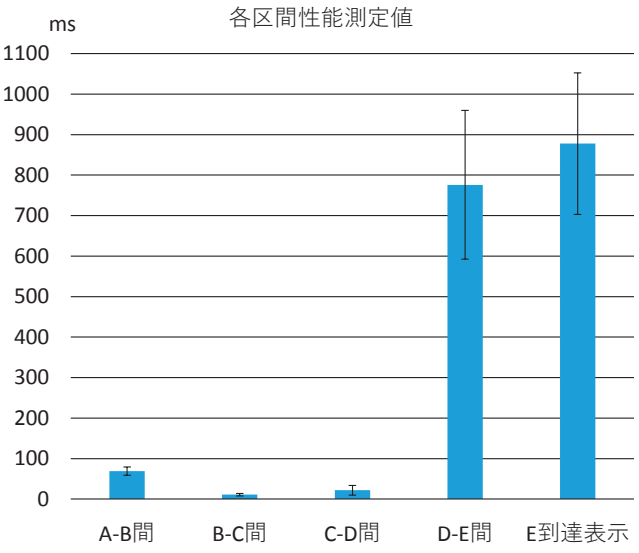


図9　各区間の通信処理時間

路側の交通信号機から模擬車載機までの時間とし１秒程度でデータ伝送が可能であることを示すことができた．模擬環境での限定的な条件下ではあるが，実環境と同程度の装置を介してサービスとして成立することを示せたのは非常に意義が大きい．

5.3. 2022年度検証環境について

2022年度は，県と警察庁は仕様書に基づいて整備した信号情報配信装置及び信号情報集約システム，信号情報センターから車載機までは模擬装置という構成の検証環境を準備して検証を行った．(図10)

また，回線網については，他のSIP実証実験環境に合わせて閉域網での評価を行った．

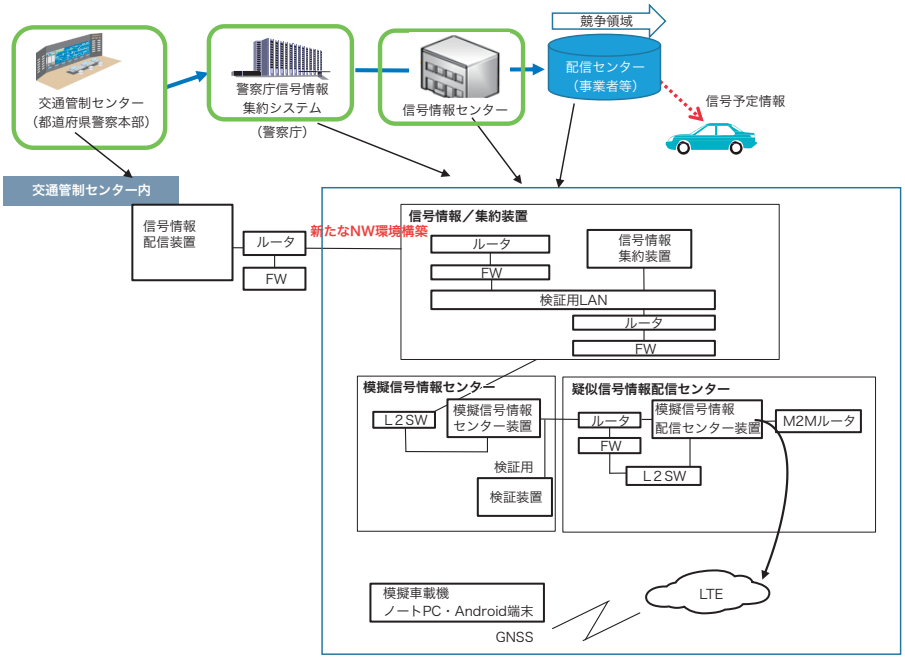


図10　2022年度検証環境

信号情報センターから車載機までの模擬装置による検証環境は社会実装時により近いと想定される環境で整備することを目的とするものである.

6 信号情報と高精度3次元地図の連携に関する検討

第２期SIP事業で，2019年度から2020年度に実施された東京臨海部実証実験では，「自動運転の実現に向けた信号情報提供技術等の高度化に係る研究開発」の成果を活用し，高精度３次元地図と紐付けた信号情報提供を実施している．そこで，その方式について調査を行い，信号情報と高精度３次元地図の連携に必要な情報を次のとおりまとめた.

・交差点情報：　交点IDと交差点の位置情報
・地図上でどの交差点を指すのか特定するための情報
・信号灯器情報：　灯器IDと位置情報
・走行ルート：　流入方路と流出方路の組合せ
・参照灯器情報：　走行ルートごとの参照灯器
・停止線情報：　位置情報
・地図上の灯器と信号情報の方路を紐付ける情報

また，高精度３次元地図との連携に必要な情報について，V2Nによる信号情報提供における機能配置案を表６に提案する.

東京臨海部実証実験では模擬車載機で信号情報対応テーブルを管理したが，社会実装を見据えた場合，各事業者が管理すべき情報ではなく協調領域で管理すべき情報と考える.

表6　高精度３次元地図との連携機能配置案

都道府県警(含警察庁)	信号情報提供における協調領域(信号情報センター・地図ベンダ等)	競争領域(自動車メーカ，自動運転事業者等)
以下の情報を提供 ・情報を特定するための交差点IDと地図上の場所を特定するための位置情報 ・方路IDと地図上の場所を特定するための情報	・信号情報(交差点ID，方路)と高精度３次元地図(停止線(方路)，灯器)とを紐付けるための信号情報対応テーブルの管理 ・高精度３次元地図と信号情報の紐付け	車両へ信号情報を配信

7 おわりに

7.1. 本事業の成果

V2N方式の信号情報提供技術については，絶対時刻の導入，交通信号機に対する新仕様の導入（GPSによる時刻同期及び１秒単位の制御から0.1秒単位の制御への変更等）により，信号情報と実際の灯色の誤差を±300ミリ秒以下とすることをはじめ，自動運転で必要となる信号情報提供の技術的要件を満足するという観点からは大きく前進することができた.

一方，今回の研究開発において想定した社会実装モデルの中核の位置を占める信号情報センターの技術的な機能要件について，58機能，画面や帳票については14画面，５帳票から構成される提案を行った．また，提案した信号情報センターの機能要件を前提に，2020年度検討した信号情報集約システムの仕様案から軽減できる機能について検討を行った.

また，セキュリティについては，可用性，継続性，拡張性等の観点から15の対策要件を提案した．

7.2. 今後の技術的課題と対応

技術面で，フェールセーフの実現，オフセット追従等への対応，異常情報の通知が通信時間分遅延することへの対応等の課題が残存しており，今後，技術的検討を継続する必要がある．

2022年度については，県警に信号情報配信装置，警察庁に信号情報集約システムを実装するとともに，模擬の信号情報センター，配信センター等から構成される検証環境を構築し，MQTTプロトコルを活用した各種検証を行った．これにより，2021年度までの模擬的検証環境では経験できなかった，実環境において初めて生じるような現象の洗い出しが可能になった．

上記残存課題及び2022年度に洗い出された課題については，2023年度以降の自主研究の中で継続的に検討を進めたい．

7.3. 方式間の棲み分け

V2N方式としては，管制方式，集中方式及び制御機方式を検討したが，特に注力した管制方式は，既存の交通安全施設を活用できることから，社会実装に向けたプロセスの推進を図るうえで期待できる技術である．しかし，V2N方式は，遅延，フェールセーフの実現等の技術的にV2I方式に及ばない面があることも否定できない．また，V2N方式で検討した管制方式以外の方式もそれぞれ技術的なメリットがある．そのため，交差点ごとの交通事情，信号制御の特性，ユースケースの内容等に合わせて，方式間の棲み分けを整理していく必要がある．

7.4. 社会実装への取組

加えて，事業化等の社会実装に向けて必要となる技術的な観点以外の課題についても検討も継続し，レベル４以上の自動運転の社会実装の実現に向けた活動を続けていきたいと考えている．

【本件問合せ先】
一般社団法人 UTMS協会，〒162-0843 新宿区市谷田町２丁目６番エアマンズ市ヶ谷７階，03-3235-6520，担当：川邉俊一（専務理事，090-1185-5373，kawabe@utms.or.jp）

③車両プローブによる車線別道路交通情報に係る技術開発

Technological Development for Lane-level Road Traffic Information Using Probe Vehicle Data

市川博一，竹之内篤，船岡直樹，内山直浩，森暁雄（パシフィックコンサルタンツ株式会社），
森崎千雅，大島竜輝（株式会社三菱総合研究所）
Hirokazu Ichikawa, Atsushi Takenouchi, Naoki Funaoka, Naohiro Uchiyama, Akio Mori (PACIFIC CONSULTANTS CO., LTD.), Yukimasa Morisaki, Ryuki Oshima (Mitsubishi Research Institute, Inc.)

（概要）自律走行の自動運転車は限られた範囲の情報に基づき走行しており，前方で事故等があり渋滞が生じている場合，急減速が必要となったり，交通量が多い場合には円滑に車線変更できない可能性もある．この時，前方の交通状況（先読み情報）をあらかじめ車線別に把握することができれば，事前に予備減速し余裕を持って車線変更するなど，より安全・円滑な走行が可能となる．現在，コネクテッドカーの普及に伴い，このような先読み情報を生成するためのデータ取得環境が整いつつあるが，交通状態を車線別に直接把握できるようなデータ形式とはなってない．本取組は，自動運転車の安全・円滑な走行に有用と考えられる車線別の道路交通情報に係る技術開発を行うものであり，現状，市販車両から得られるプローブ情報でどの程度の車線レベルの情報生成ができるかを検証し，今後の可能性を明らかにするとともに，生成した情報をその他の交通環境情報と合わせて一元的に集約・配信する実証実験環境の構築を行ったものである．

キーワード：車両プローブ情報，車線別道路交通情報，渋滞末尾，渋滞車線，ウインカー情報，実証実験

1 実施目的と本施策の概要

自動運転及び高度な安全運転支援の実現に向け，車載センサでは検知できない遠方等の状況を先読みするため，車線レベルの道路交通情報をはじめとする各種交通環境情報の活用が期待される．しかし，路側センサでは定点観測しかできないことから，面的に道路交通状況の把握が可能な車両プローブ情報を活用した道路交通情報を生成・提供する仕組みの検討が課題となっている．

本取組ではこれらの課題解決を目的に，車両プローブ情報を活用した道路交通情報提供の仕組み作りに向け，官民ステークホルダーによる検討会を実施した．また，東京臨海部実証実験において市販車両から得られるプローブ情報をプローブ事業者から実際に収集し，首都高速における車線別の渋滞末尾等を対象に車線レベル道路交通情報を生成・配信する実証実験を実施し，情報の有用性や課題の抽出等を行った．

2 目指すべき姿

2.1. 車線レベル道路交通情報の必要性

自動運転車の車載センサでは，図1に示すように前方の限られた範囲しか情報収集できない．しかし，車線レベルの渋滞をはじめとした支障をあらかじめ先読みできれば，より安全で円滑な走行が可能となり，この情報はドライバにとっても有効と考えられる．

その情報源としては，近年普及が進んでいるコネクテッドカーから得られる車両プローブ情報などが考えられる．また，最近では事故等が発生した際の車両か

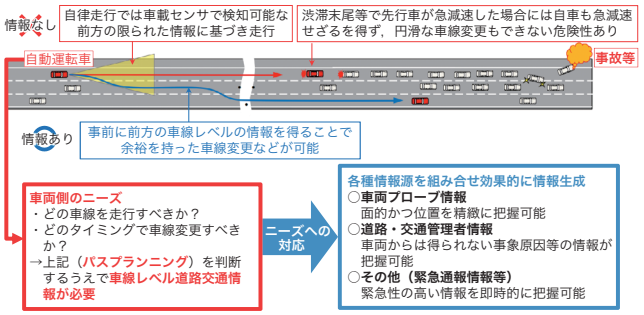


図1　車線別道路交通情報の必要性とその情報源

らの緊急通報サービスが広がりを見せるが，この情報も事故による支障位置を即時に把握する情報源として有効性が期待できる．

2.2. 施策のスコープ

前方の道路交通事象に対して自動運転車両が行う判断や制御は，図２に示すとおり事象からの距離に応じて段階がある．本取組では車線変更を中心としたパスプランニングでの活用を対象としており，求められる情報の即時性は数分程度でも良いと考えられるため，現状入手し得るプローブ情報からでも情報生成の可能性があるといえる．

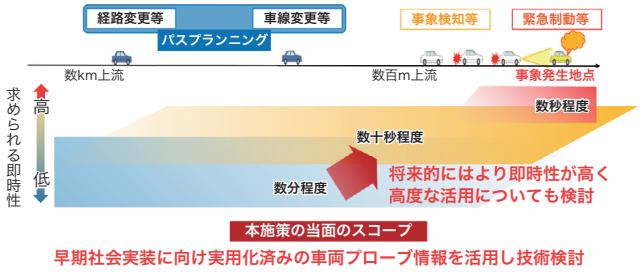


図2　本施策のスコープ

3 各要素技術の検討

車線レベル道路交通情報の配信に関する流れの全体像として，プローブ事業者から情報を収集し，実用段階では生成した情報をプローブ事業者を通して個車に提供することを想定している．（図３）

このため，車線レベル道路交通情報生成の協調領域として検討が必要となる要素技術は，プローブ事業者からの①データ集約，②複数の情報源のデータの統合，③車線レベル道路交通情報の生成，④位置表現可能なデータへの変換，⑤データ配信の５つに大別できる．

3.1. データ共有（集約）機能の検討

ここでは，プローブ情報をプローブ事業者サーバから集約する際のセンター間のデータ共有仕様について検討した．プローブ事業者から入手するプローブ情報は表１に示すとおりである．なお，プローブ情報の集計時間単位は，現状のデータ収集状況等を踏まえて５分値で収集することとした．

表１　使用するプローブ情報

集計リンク単位	データ項目	
DRMリンク単位	分岐部方向別速度(5分値)	分岐部手前リンクにおける方向別速度
DRMリンク100m分割単位	リンク速度(5分値)	平均速度
		速度層別台数[注1)]
	車両イベント発生数(5分値)	ブレーキ発生数
		ウインカー発生数
		ステアリング発生数

注1)速度層別台数のデータ形式イメージ

速度階級区分	台数
0<V≦10km/h	
10<V≦20km/h	
:	
110<V≦120km/h	
120<V	

また，プローブ情報には，車両からプローブ情報提供事業者側のセンターサーバに遅れてアップリンクされるデータも一定割合存在すると想定され，直近の５分データだけでは必要なサンプル数を得られない可能性がある．よって，データ共有（集約）段階においては次の①～②を考慮し，30分前のデータまでを遡って使用できるようにした．（図４）

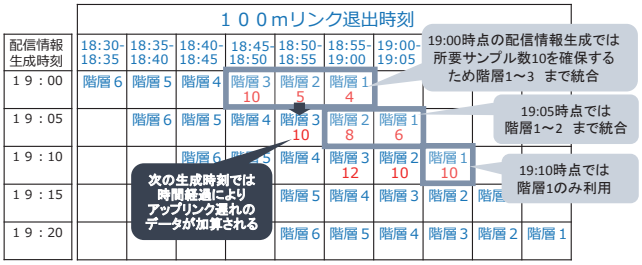


図4　アップリンク遅れを考慮したデータ収集方法

①プローブ車両の走行時刻に基づき５分単位（これを「階層」という）で集計し，遅れてアップリンクされ

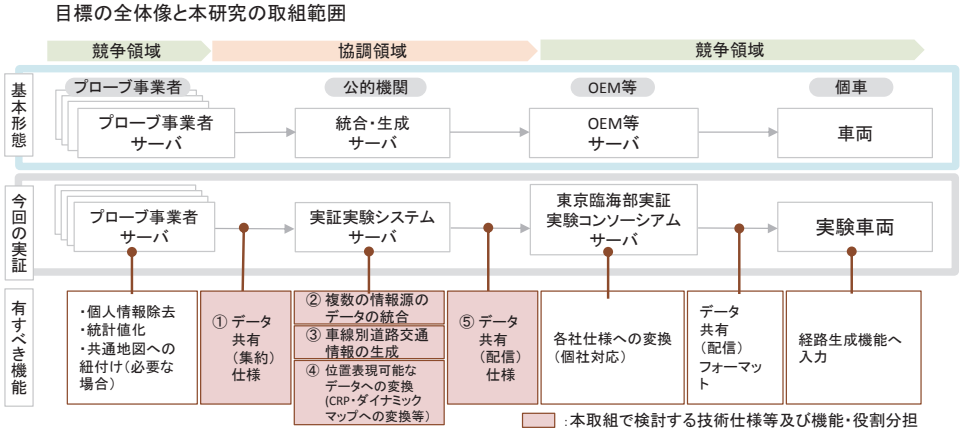


図3　本研究の取組範囲

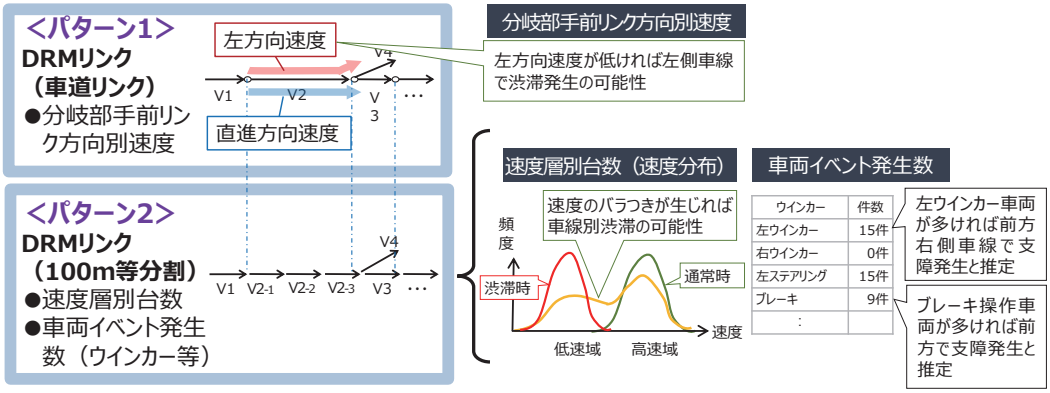


図5　車道リンクに紐付けられたプローブ情報から車線レベル情報を生成する基本的考え方

てくる分を含め，過去30分まで遡ってデータ収集する．

②階層ごとにそれまで収集された前の情報生成時刻のデータも集約する．階層1は直近の5分間データ，階層6は30分前からの5分間データを集約することとなる．

なお，サンプルデータから一定精度で平均速度を推定する場合，5台以上の取得で±10km/h（信頼度95%）程度の誤差に収まるとされ，システム上は最小必要サンプル数として，6台を基本値に設定している．

さらに，プローブ事業者から収集する情報項目及びデータ定義を検討するとともに，統一したデータフォーマット（JSON形式）を規定した．そして規定したフォーマットに基づき，実際にプローブ事業者からプローブ情報を収集し，4章で報告する実証実験を実施した．

3.2. 複数情報源のデータの統合機能の検討

ここでは，複数の情報提供事業者から収集するプローブ情報の統合処理仕様を検討した．複数のプローブ事業者のプローブ統計情報を1つのリンク単位情報に統合する際，平均値データである「平均旅行速度」「方向別旅行速度」は各プローブ事業者のサンプル数で重み付けした加重平均とした．また，数量データである「速度層別情報」「その他車両情報（ウインカー等発生回数）」は各プローブ事業者がカウントした数値の総和とした．

3.3. 車線別道路交通情報の生成機能の検討

ここでは，前項で統合した車道別プローブ情報から車線レベル道路交通情報を生成する技術仕様を検討した．はじめに，100mリンク単位の速度層別台数情報（速度分布）から進行方向の速度低下箇所を特定する．その際，速度層別台数の分布が低速から高速に跨る場合は，一部の車線が渋滞していることが推定される．その場合，分岐部では方向別速度（DRMリンク単位）から分岐方向に対応した車線の渋滞を判定し，それ以外の箇所ではウインカー情報（100mリンク単位）から支障車線の方向（左右の別）を判定する．（図5）

3.4. 表現可能なデータへの変換機能の検討

ここでは，首都高速上で生成した車線レベル道路交通情報を高精度3次元地図へ重畳するため位置表現可能なデータ形式への変換仕様を検討した．本取組では，プローブ事業者からは，進行方向の情報分解能向上をねらい，DRMリンクを100m分割したリンク形式にてプローブ情報を収集する仕様とし，車線レベル情報の生成においては，リンク上流端に注意喚起情報を表示する車線番号を生成することとした．そこで，車線表現可能なデータ形式としては，OEM等から収集するデータ形式に親和性があり，車線情報を表現できる拡張DRM-DB仕様[(1)]を採用することとした．そして，高精度3次元地図を参照することで，100m毎区間の車線数を付与したノードリンク地図を作成し，注意喚起情報を車線別に表現できるようにした．

3.5. データ共有(配信)機能の検討

ここでは，生成した情報を実験参加者に中継するサーバに配信する際のセンター間のデータ共有仕様を検討した．具体的には，100mリンク区間単位の車線別情報の表現には，当該地点ノードの緯度経度情報と注意喚起情報を表示する車線番号を送ることとした．また，配信仕様については一般社団法人 JASPARの車両情報共用API仕様書他[(2)(3)(4)]に従い，注意喚起情報コンテンツを用いて配信することとした．

4 車線レベル道路交通情報配信実証実験の概要

各要素技術の技術評価を行うために，プローブ情報提供事業者とオンライン接続し，リアルタイム処理される情報を配信する実証実験システムを構築し，首都高速２路線を対象に情報配信実験を行った．

4.1. 全体のスケジュール

2020年度の冬に第１回の実証実験を行い，PDCAにより様々な改良を実施しながら情報精度向上を目指して，計４回の実証実験を行った．（図６）

4.2. 実証実験環境の全体構成

実証実験で構築した実験システムは図７のとおりである．プローブ提供事業者とオンライン接続するとともに，東京臨海部実証実験コンソーシアムのシステムと接続することで，実験参加車両に情報配信を行えるようにした．また，2021年度の実証実験からは，自動運転車両の適切な判断や制御に活用しうる各種交通環境情報（降雨情報，V2N信号情報等）を，車線レベル道路交通情報と合わせて一元的に集約し，同じく実験参加車両に情報配信を行う仕組みとしている．

ここで，各交通環境情報の収集は，情報源の配信仕様に応じて行った．一方で，OEMデータセンター相当側への配信は，情報の特性を踏まえた仕様により配信した．なお，配信時のデータ形式はJASPAR（車両情報共用仕様）の採用を基本としたが，高いリアルタイム性が求められる場合はJASPAR変換後のデータ量等を考慮し，情報源のデータ形式をそのまま用いた．（表２）

4.3. 情報生成対象区間と主要検証箇所

実証実験では，首都高速２路線（図８）を対象に情報配信を行った．羽田線上りでは平日朝夕，浜崎橋JCTを先頭とする渋滞が恒常的に生じる．新宿方面が

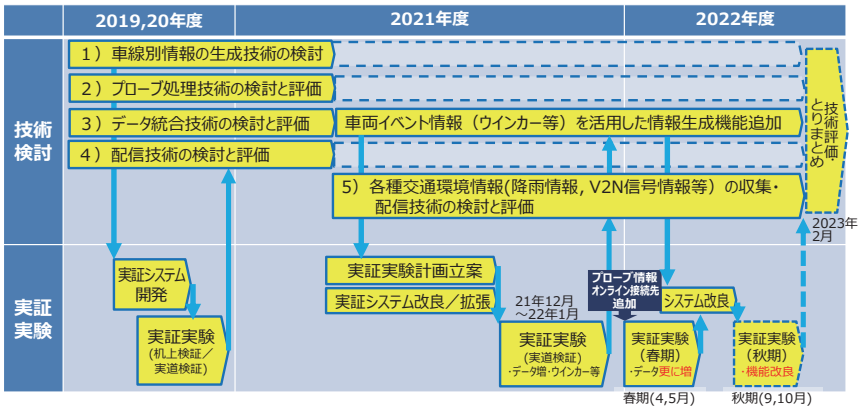


図６　実証実験の全体スケジュール

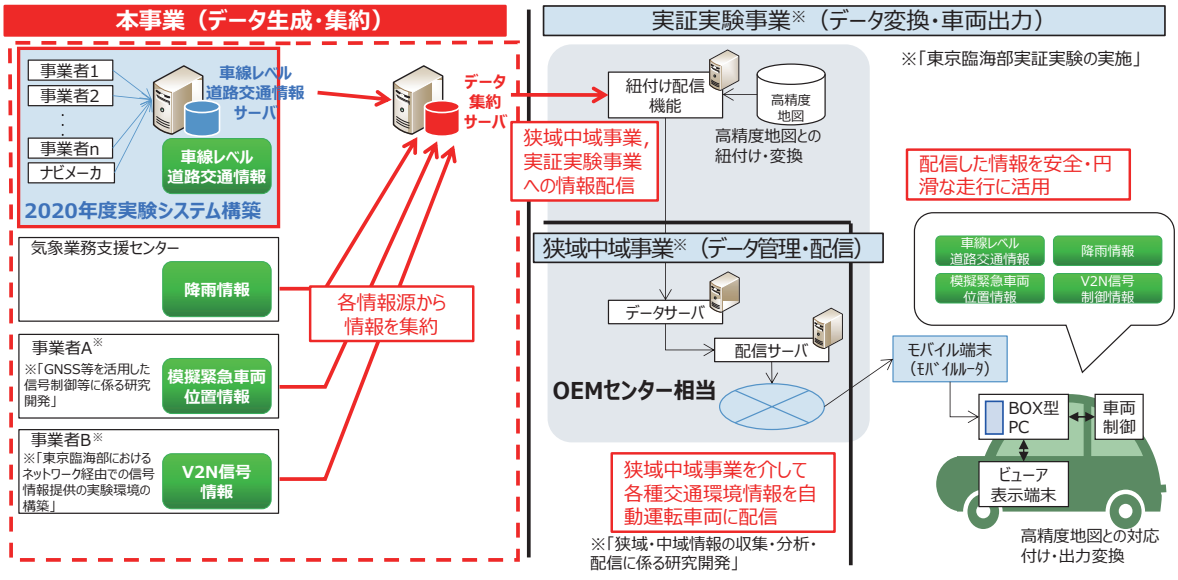


図７　実証実験環境の全体構成

表2　各種交通環境情報の収集･配信方式

情報種別	情報源からの情報収集				OEMセンター側への情報配信		
	情報源	情報表現形式	通信方式	収集周期	情報表現形式	通信方式	配信周期
①車線レベル道路交通情報	車線レベル道路交通情報サーバ	JASPAR:JSON形式 コンテンツ:attention	HTTP	1分周期	JASPAR:JSON形式 コンテンツ:attention	HTTP	1分周期
②降雨情報	気象業務支援センター	GRIB2※1	SFTP	5分周期	JASPAR:JSON形式 コンテンツ:environment	HTTP	1分周期
③模擬緊急車両位置情報	事業者A	独自のバイナリ形式	UDP	随時	独自のバイナリ形式	Web Socket	随時
④信号予定情報	事業者B	独自のバイナリ形式	UDP	随時	独自のバイナリ形式	Web Socket	随時

※1　**GRIB2形式**:国際気象通報式FM92 GRIB二進形式格子点資料気象通報式(第2版)

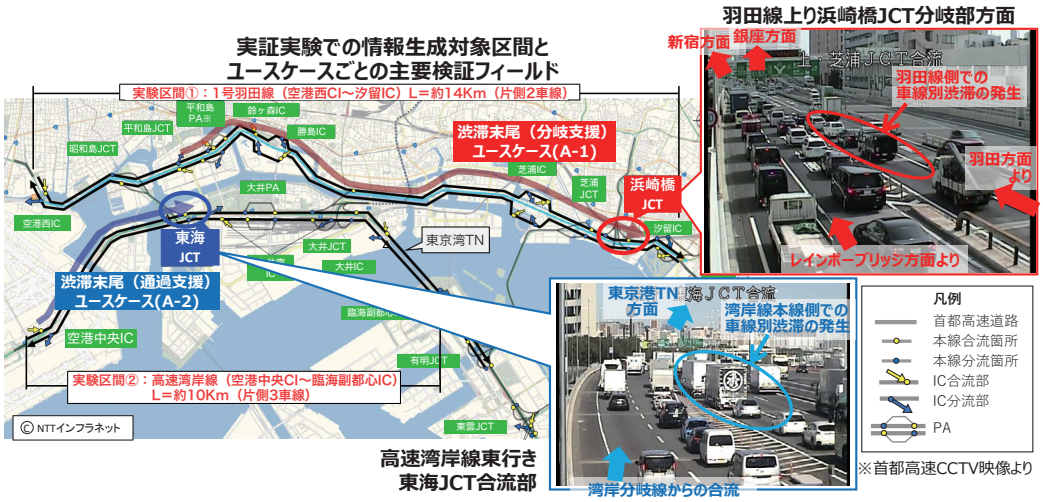


図8　実証実験での情報生成対象区間

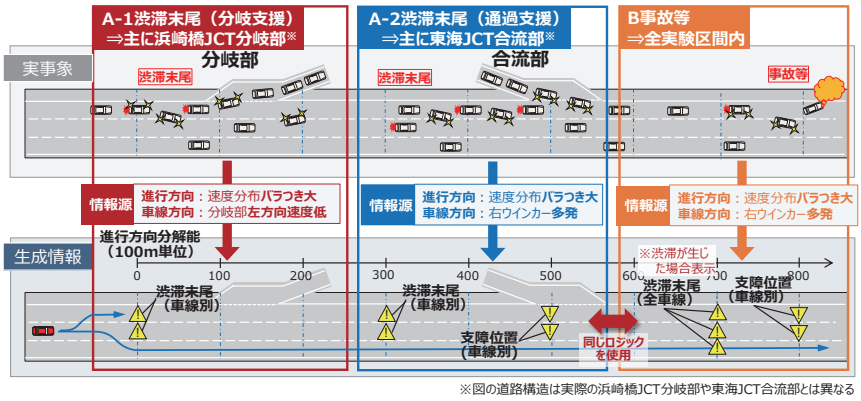


図9　対象ユースケースにおける情報生成の概要

渋滞するため，渋滞列が羽田線左車線にあふれ，時間帯により車線別渋滞が発生することから，車線レベル情報評価の主要検証箇所として位置づけた．また，湾岸線東行きでも，平日朝夕時に，湾岸分岐線から合流する車両を原因とした，東海JCTを先頭とする渋滞に遭遇する確率が高く，こちらも主要検証箇所として位置づけた．

4.4. 対象ユースケースにおける情報生成の概要

「A-1：渋滞末尾（分岐支援）」は分岐部での提供を想定しており，車線別渋滞の場合，分岐部の方向別速度情報により渋滞車線を推定し，渋滞末尾情報を提供する．また，「A-2：渋滞末尾（通過支援）」は合流部での提供を想定しており，車線別渋滞の場合，ウインカー情報により渋滞車線を推定し，渋滞末尾情報を提供する．なお，渋滞先頭部では，ウインカー情報により支障車線を推定し，支障位置情報を提供する．「B：事故・落下物等」は全ての区間での提供を想定しており，情報生成・提供ロジックは「A-1：渋滞末尾（通過支援）」と同じであるが，交通量が少なく渋滞が発生しない場合は，ウインカー情報により支障車線を推定し，支障位置情報を提供する．なお，注意喚起情報として，渋滞末尾（支障）位置を100m単位，５分間周期で配信した．ここで，渋滞等が左側車線のみと推

定される場合は，最右車線以外の全ての車線に注意喚起情報を表示し，全車線（断面渋滞）の場合は全ての車線に表示することとした．（図９）

4.5. プローブ情報の取得状況

プローブ事業者４社より実証実験期間（2022 年度春期）中にオンライン収集したサンプル台数は，実証実験の情報生成対象区間である首都高羽田線上り（空港西IC～汐留IC）の階層１（直近５分以内）において平均5.2台/５分間であった．（図10）なお，実際のサンプル台数分布をみると（図11），階層１で６台以上取得できた区間・時間帯は４割にとどまり，残り６割の区間・時間帯は階層２（直近５～10分）以降の階層のサンプルも活用して情報を生成することとなる．

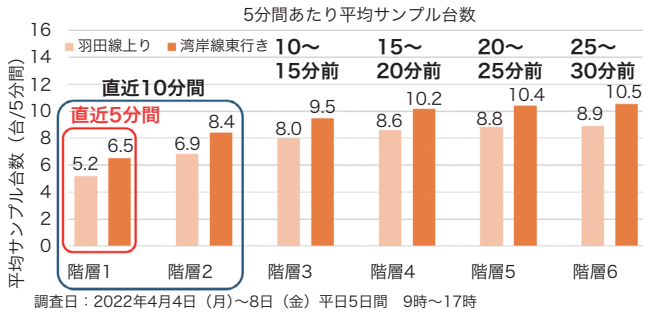


図10　５分間あたり平均プローブサンプル台数

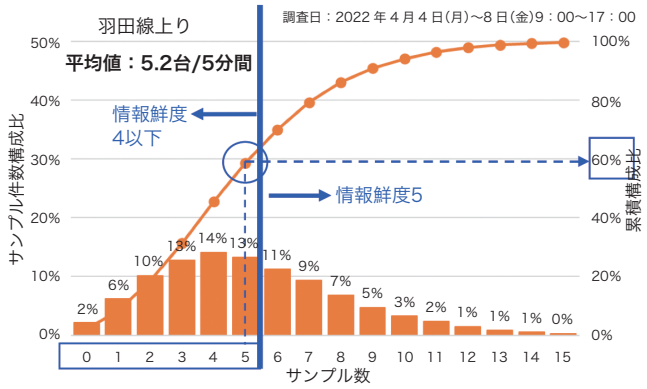
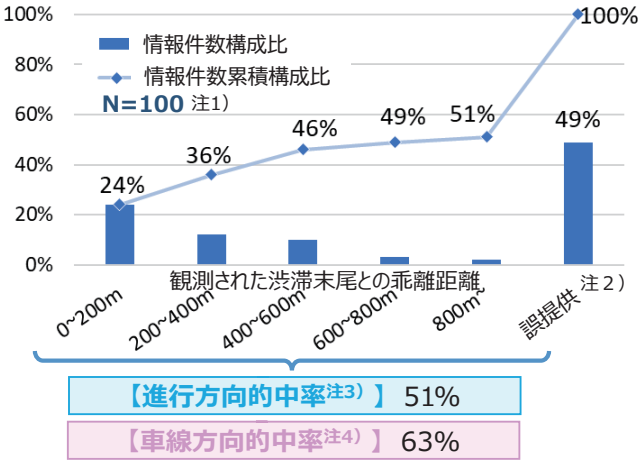


図11　プローブサンプル台数分布（階層１：直近５分）

4.6. 生成情報の精度の検証

実証実験期間（2022年度春期）中に提供された渋滞末尾情報に対する，調査車両によって観測された実際の渋滞末尾位置との乖離距離について，距離帯別情報件数分布を図12に示す．これによると，乖離距離が200m以内の情報件数の割合は24%，同じく400m以内の割合は36%という結果であった．なお，提供された渋滞末尾情報件数のうち，実際に渋滞が観測された件数の割合である「進行方向的中率」は51%という結果にとどまった．また，進行方向が的中した渋滞末尾情報のうち，渋滞車線の方向が的中した「車線方向的中率」は63%という結果となった．これらの要因には現状の５分周期判定の短縮やウインカー情報取得量の増など，中期的な改善が求められるものもあるが，一方で現状の判定手法の改良で改善が期待できるものについては2022年度秋実験での適用を行い，効果の認められるものについては技術仕様に反映する．



注１）春実験（2022年5月）検証対象期間：2022/5/10～5/31
注２）誤提供：渋滞末尾情報は表示されたが，試験車両は渋滞に遭遇しなかったなど，対応する渋滞末尾が観測されなかった場合
注３）進行方向的中率：提供された渋滞末尾情報のうち，渋滞が発生していた割合
注４）車線方向的中率：進行方向が的中した渋滞末尾情報のうち，渋滞している車線方向が的中した割合

図12　観測された渋滞末尾位置との乖離距離分布

5　今後の方向性と課題

実用化に向け，技術検証と並行して，社会実装にあたっての方向性としてプローブ情報の集約機能や官民情報の統合機能など必要となる機能や役割分担を検討し，車線レベル道路交通情報の生成及び提供のアーキテクチャ案を作成した．

実用化に向けた検討課題としては，持続的な運用体制の構築，データ基盤の整備・維持管理体制の構築，サービス拡張のロードマップの明確化等が挙げられる．

6　おわりに

現状で複数のプローブ事業者の市販車両から得られるプローブ情報を実際に収集し，車線レベルの道路交通情報の生成，並びにその表現方法を検討・検証した．

また，限られたプローブデータ量によるものではあったが，首都高速２路線を対象に実証実験を実施し，情報の有用性や課題の抽出等を行った．その結果，プローブ情報を用いた車線レベル道路交通情報生成に関して，収集できる情報量や情報生成の可能性について，実用化に向けて一定の成果を得ることができた．

【参考文献】

(1) 一般財団法人日本デジタル道路地図協会：「拡張DRMDBのデータ標準（案）（概要とUMLクラス図）」及び「拡張DRM-DBのデータ標準（レコードフォーマット）」(2019/12/11版)．
(2) 一般社団法人JASPAR：ST-VI-1 車両情報共用API仕様書 Ver.1.0，車両情報共用検討WG，2020.01.17.
(3) 一般社団法人JASPAR：ST-VI-2 車両情報共用コンセプト仕様書Ver.1.0，車両情報共用検討WG，2020.01.17.
(4) 一般社団法人JASPAR：ST-VI-3 車両情報共用データセット仕様書Ver.1.0，車両情報共用検討WG，2020.01.17.

【本件問合せ先】

パシフィックコンサルタンツ株式会社 デジタルサービス事業本部，〒101-8462 東京都千代田区神田錦町三丁目22番地，03-6777-4476，担当：市川博一，竹之内篤

株式会社三菱総合研究所 スマート・リージョン本部，〒100-8141 東京都千代田区永田町二丁目10番３号，03-6858-0241，担当：森崎千雅

④合流支援のためのシミュレーション環境の構築及び技術開発

Technological Development and Establishment of Simulation Environment for Lane Merging Assistance

荒木伸太，新徳顕大（株式会社構造計画研究所），宮下浩一，愛甲聡美（株式会社三菱総合研究所）
Nobuhiro Araki, Kenta Shintoku (KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.), Koichi Miyashita, Satomi Aiko (Mitsubishi Research Institute, Inc.)

(概要) 高速道路における合流は，走行速度の速い本線車両の隙間を狙って合流することが求められる，自動運転車両の制御が難しいユースケースの一つである．特に，首都高をはじめとする都市内高速道路は合流部の距離が短く，合流車両は短い合流部の中で本線速度まで加速したうえで，本線車両間の隙間（ギャップ）に合流することが求められる．このような合流部においては，路車間通信システムを活用して車両位置情報などを自動運転車両に共有し，自動運転を支援することで，円滑な合流が可能になると考えられる．そこで，本研究開発では，路車間通信システムによる合流支援を行う「合流支援システム」について，シミュレータを用いて，コンセプト検討やシステム成立性評価を実施している．具体的には，首都高5号池袋線下り東池袋入口を対象に実交通流の軌跡データを取得のうえ，それらを再現した交通流シミュレータを開発した．このシミュレータを活用し，通信エリアやセンシングエリアなど，合流支援システムを構成する要素を変化させて，支援の有無による合流車挙動や本線交通流への影響を比較分析している．

キーワード：合流支援，サービス成立性，本線隙間狙い支援システム(Day2システム)，本線車協調支援システム（Day3システム）

1 検討背景・位置づけ

高速道路における自動運転の実現に向け，車両制御の難易度が高い箇所として合流部が挙げられる．合流車両は目標速度まで加速したうえで，本線車両間の隙間（ギャップ）に合流することが求められるが，特に合流部の距離が短く，合流車線から本線が前もって確認できない道路線形となっている箇所の多い都市内高速道路において，合流のための車両制御は困難となる．

このような合流部においては，「合流支援システム」によって，合流車への本線情報の提供や本線車への協調行動の指示を行うことで，円滑な合流が可能になると考えられる．

1.1. 合流支援システムのコンセプト

合流支援システムにおいては，技術的実現性の観点より，一般社団法人日本自動車工業会（以下，自工会）にて次に示すDay1～Day4システムの４ステップを定義している．（図１）

Day1システム及びDay2システムは，自由流からやや密な交通流までを想定したシステムである．Day1システムではスポットでの本線車両センシングをもとに，予測情報の配信を行う（予備加減速の支援）．本線状況からハンドオーバーの要否を判断し，空いている状況下においては本線速度まで加速して合流を行えるよう支援する．Day2システムでは，面的なセンシングを行い，連続的に情報を配信する（本線隙間狙い支援）．本線車両の動きを連続的な情報配信によって把握できるため，あらかじめ本線車両の隙間位置に合わせて円滑に合流できるよう速度を調整して合流することが可能となる．

一方，Day3システムでは車載機を搭載した自動運転車の普及率が30%以上で，かつ密集した交通流までを想定し，Day2システムに加え路側より本線車両側に合流支援指示を追加する（本線車協調支援［路側管制］）．支援内容としては，本線車両の動きから横並びしないように速度の調節を行い，本線車両も合流しやすいように車間維持もしくは拡大あるいは車線変更をして合流を支援する．

Day4システムでは，車載機搭載自動運転普及率が50％以上での渋滞環境も含む交通流を想定し，Day3

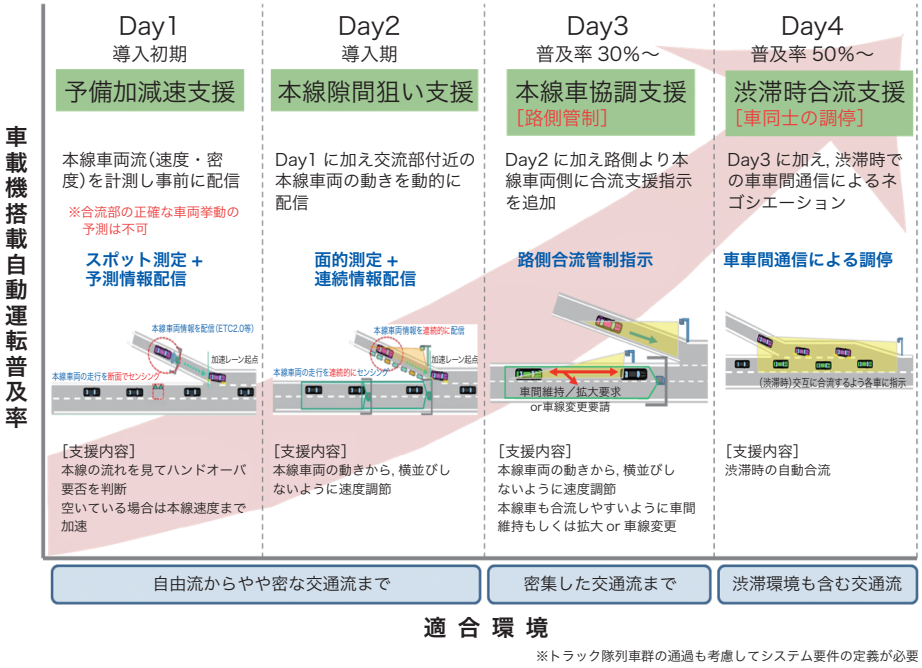


図1　合流支援のステップ[1]

システムに加え，渋滞時での車車間通信によるネゴシエーションによる自動合流支援を目指す（渋滞時合流支援［車同士の調停］）.

1.2. 本検討の位置づけ

SIP自動運転においては，この合流支援システムの早期実現を目指す．第１ステップとして既存技術を組み合わせ，早期に実現可能なDay1システムを検討し，第２のステップとして，将来の実現を見込むDay2システムを検討している.

SIP自動運転においては，東京臨海実証実験にて，2019年度・2020年度にDay1システムを首都高羽田空港西入口に整備し，走行実験及び評価を実施した．その結果，合流支援システムのポテンシャルは感じる（情報提供を受けヒューマンマシンインタフェース評価を実施した被験者意見）ものの，Day1システムのスポットでセンシングし合流到達時刻を推定する方法は，渋滞・混雑時の推定精度が十分に得られないため，本線を面的にセンシングし情報提供する仕組み（Day2システム）が望ましいのではないかとの結論に至った．そのため，合流支援システムの早期実現を目指し，サービス有効性・社会実装に向けた課題を明らかにするため，2021年度・2022年度の取組としてDay2及びDay3 システムを対象にシミュレーションを通じた検証を実施することとした.

本検討では，Day2システムを対象にシミュレーションを通した検証を行い，その知見を踏まえたDay2システムの深掘検証並びにDay3システムのコンセプト検討・成立性確認を実施する.

2　シミュレーション対象地の検討

シミュレーション対象地を決定するため，首都高入口の合流部について道路線形調査を実施し，合流車線長と本線交通量を整理した.

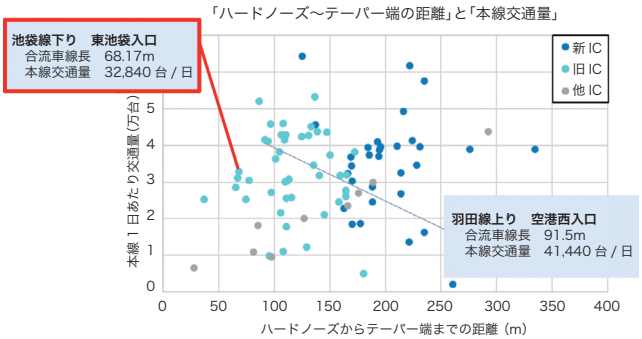


図2　首都高合流部における「ハードノーズからテーパー端までの距離」と「本線交通量」

池袋線下り東池袋入口は，合流車線長が非常に短い合流部であることがわかる．（図２）また首都高合流車線長の分布には旧規格と新規格で２つのピークがあることが確認できた．（図３）

東池袋入口を含む合流車線長の短い箇所（旧規格）は，合流起点到達から合流完了までの時間が短く，合流支援が有効なシーンが多いと考えられる．合流車線

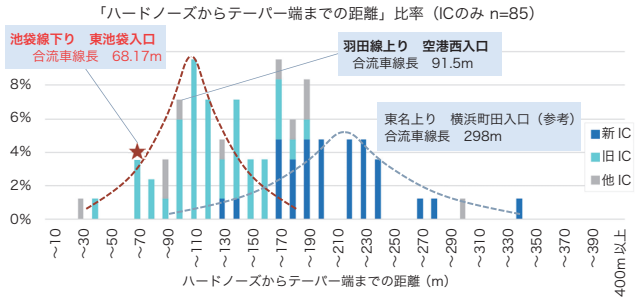


図3　「ハードノーズからテーパー端の距離」別
全合流箇所に占める割合

長の比較的長い箇所（新規格）では，支援なしの自律走行で合流が可能な可能性がある．

また，経済産業省SAKURAプロジェクトにおいて作成された東池袋入口の車両軌跡データ，及び自工会において東池袋入口の合流挙動を再現したシミュレーションが存在することから，2021年度・2022年度の取組では，首都高５号池袋線下り東池袋入口を対象としてシミュレーションを実施することとした．

3　Day2システムの成立性の検証

3.1. 合流の良否の定義

合流支援システムの有効性を検証するためには，合流の良否を定義し，サービスの導入による合流挙動の改善度合いを評価する必要がある．

本検討では合流挙動の良否を判断するための指標として，車間時間と相対速度によって算出される評価点を定義・導入した．評価点の算出対象となる車両は，合流時において合流車両と最も近い本線車両とした．

本節の解析において用いた評価点と車間時間・相対速度との関係を図４に示す．相対速度が小さく車間時間が大きいほど評価点が高く，安全かつ効率的な合流

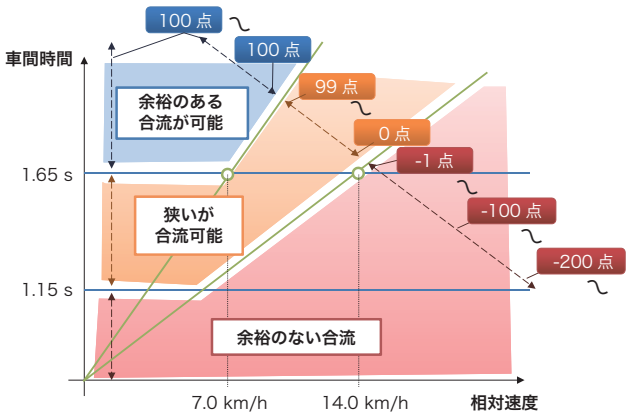


図4　暫定版合流評価点マップ

であるとしている．衝突の危険性などを考慮しつつ，余裕を持った合流が可能な領域を100点とし，その領域から離れるほど評価点が低下し，０点未満の領域を余裕がなく合流に適さないものと定義した．

3.2. シミュレーション環境構築

シミュレーション環境のベースとして，構造計画研究所が所有する首都高５号池袋線下り東池袋入口の合流挙動を再現したシミュレーションモデル（以下，東池袋モデル）を用いた．なお，東池袋モデルで発生させる交通流データは，SAKURAプロジェクトで取得された実際の交通データから渋滞時を除いたデータを使用している．

Day2システムの効果検証シミュレーションを行うため，東池袋モデルにDay2システムを模擬する機能及びDay2システムの支援を受けた合流車両の行動ルールを追加した．前者では，本線・センシングエリア内において本線車両の情報を取得し，当該情報を通信エリア内の合流車両に連続的に配信する機能を追加した．後者の行動ルールは，合流評価点を向上させるように合流車両に加減速させるものである．

Day2システムの要件を検証するため，同システムの物理条件として以下のパラメータをシミュレーションに導入した．（図５）

・センシングエリアの長短
・通信エリアの長短
・車両検知センサの情報提供遅延
・車両検知センサの配信情報の位置誤差
・車両検知センサの配信情報の速度誤差

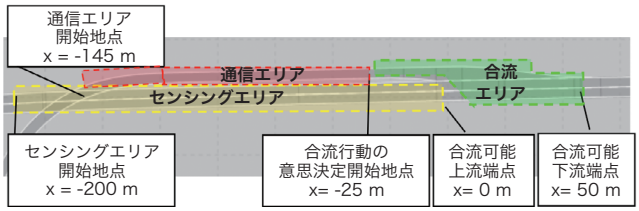


図5　対象地の道路線形

3.3. Day2システムの効果の検証

Day2システムの支援があるシナリオと支援がないシナリオについてシミュレーションを実施し，各シナリオについて合流評価点を比較した．Day2システムの物理条件は，センシングエリアや通信エリアが十分に広く，情報提供遅延や配信情報誤差がない理想的な状態とした．具体的なパラメータ設定としては，セン

シングエリアの広さは合流可能上流端点から上流方向に最大200m，通信エリアの広さは合流行動の意思決定開始地点から上流方向に120mとした．

自動運転車20%混在時において，支援ありのシナリオと支援なしのシナリオに合流評価点の分布を比較した結果を図6に示す．評価点が0点未満の発生台数が減少したことから，Day2システムの導入は，余裕のない（ある）合流を減少（増加）させ，全体としての評価点を改善することがわかる．この結果から，Day2システムの物理条件が理想的な場合，Day2システムは余裕のあるより良い合流を実現させる効果を有する結論を得た．

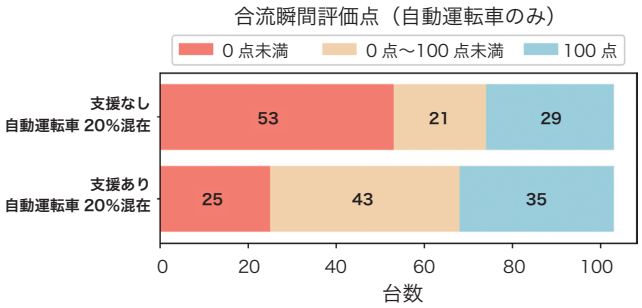


図6　シナリオ別の評価点分布

支援を実施したシナリオでも評価点が0点未満，すなわち合流に適さない状況となっていた車両について，シミュレーション動画を検証し原因を考察した．その結果，本線車両が密になっている状況では本線の車間が短くなるためDay2システムによる支援効果が得られにくいということが判明した．本線車両が密になっている状況において合流を改善するためには，本線車両への合流支援を含むDay3システム以上の支援を検討する必要があると考えられる．

また，合流支援による周囲の交通流への影響についても検証したが，影響は確認されなかった．

3.4. Day2システムの物理条件に関する検証

Day2システムの物理条件をパラメータとして変化させてシミュレーションを実施し，それらの条件変化が支援効果に与える影響を検証した．各物理条件が与える影響を表1に示す．センシングエリア・通信エリアの検証範囲は，Day2システムの支援を受けた車両が加減速の調整を行うのに必要とする走行距離から算出した．車両検知センサの情報提供遅延・誤差（位置）・誤差（速度）の検証範囲は，既往研究[(2)(3)]を参考に決定した．

表1　Day2システムの物理条件パラメータの検証範囲と支援効果への影響

物理条件パラメータ	パラメータの検証範囲	支援効果への影響
センシングエリアの長短	合流可能上流端点から上流方向に最大200m～最小140m	ほとんど影響なし
通信エリアの長短	合流行動の意思決定開始地点から上流方向に最大120m～最小40m	短くなるほど悪影響大
情報提供遅延	平均値0秒～1.3秒，標準偏差0.2の正規分布	遅延が大きくなるほど悪影響大
配信情報の位置誤差	-1m～+1mの一様分布	ほとんど影響なし
配信情報の速度誤差	-6km/h～+6km/h，-12km/h～+12km/h，-12km/h～0km/hを95%区間とする正規分布	速度誤差の分布が負に偏る場合のみ悪影響あり

4　Day2システムの深掘検証

3章ではDay2システムの成立性を確認した．本章では，その発展として，様々な物理条件パラメータの組合せについてDay2システムの効果を推定し，Day2システムの要件の検証を行う．

また，交通流量の変化は支援効果に大きな影響を持っていると考えられ，特に本線混雑時において支援効果が見込まれる．そのため，本章ではDay2システムの深掘検証として，交通流量がDay2システムの支援効果に与える影響について評価する．

4.1. シミュレーション環境の改修

3章までのシミュレーション環境には，後述する3つの課題があったため，深掘検証に際して，シミュレーション環境に対して，3つの課題を解決するために改修を行った．それぞれの課題と改修の内容について以下に示す．

①合流評価点マップの見直し

3章の分析で利用した合流評価点マップによる評価では，シミュレーション上の車両挙動に対して評価点が直感的でないケースが一定数見受けられた．本項の検証で深く掘り下げるにあたり，より実態に即した合流評価ができるよう評価点マップの見直しを行った．後続車の反応遅れ時間を考慮した車間距離に基づいた評価が行える閾値の数式を採用し，評価点マップ内の0点，100点の境界線を示す数式とパラメータは表2のとおりである．

合流車と本線車が「接近しつつある」状況と「離れつつある」状況は合流難易度の観点から全く異なる合流状況であると考えられ，この2つの異なる状況を区別して評価できるよう，相対速度が負の領域についても評価点を定

表2　評価点マップにおける0点及び100点の閾値の数式

項目	0点	100点
①減速後の車間距離マージン[m]	15	25
②反応遅れ時間[秒]	1.0	1.5
③減速度[G]	0.3	0.2
A(x:相対速度)	$\frac{x^2}{0.6G}+1.0x+15$	$\frac{x^2}{0.4G}+1.5x+25$

義した．最終的な合流評価点マップは図7のとおりである．

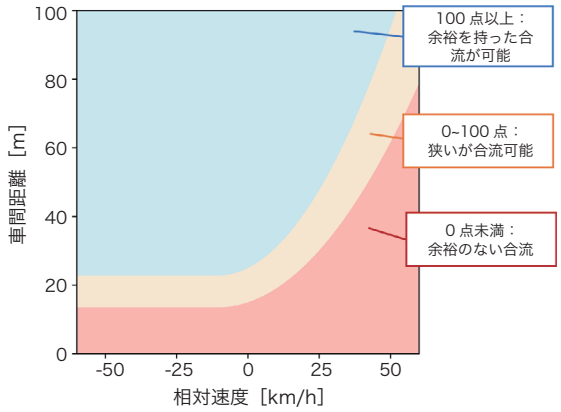


図7　最終版合流評価点マップ

②本線上流部の車両挙動モデルの構築

Day2システムの成立性の検証時点では対象地の本線上流部における実軌跡データがなかったため，本線上流部の車両挙動は等速直進としていた．そのため，センシングエリア内における車線変更や加減速を反映できていない，という課題があった．

センシングエリア内における車線変更や加減速といった車両挙動は本線の状況を変化させる要因であり，Day2システムの支援効果に大きな影響を持つと考えられる．したがって，Day2システムの深掘検証に際して，本線上流部の車両挙動モデルを構築し，センシングエリア内における車両挙動の再現性を向上させることを予定している．そのために，本線上流部の実軌跡データを新たに取得する予定である．

③自動運転車の車両挙動モデルの見直し

東池袋モデルでは，自動運転車でない車両（以下，一般車）について，実軌跡データから取得した車間分布に従って希望車間を設定している．一般車は設定された希望車間を維持するように走行し，車間時間が1秒未満となる車両も少なからず存在する．一方で，自動運転車はより車間を確保して走行すると考えるのが自然であるため，自動運転車は先行車との車間時間を原則2秒以上保って走行すると仮定した．

4.2. Day2システムのシステム要件の検証

Day2システムの物理条件をパラメータとして変化させてシミュレーションを実施し，それらの条件変化が支援効果に与える影響を検証する．システムの対象エリアが広く，遅延や誤差が小さいほど支援効果は増大すると考えられる．支援なしの場合と比較して一定以上の支援効果をもたらす物理条件について調査することでシステム要件を検証する．

4.3. 交通流量変化によるDay2システム支援効果への影響評価

本線の交通流量が少ない場合は合流支援がなくてもスムーズな合流が実現でき，反対に交通流量が多い場合はDay2システムによる合流支援を行ったとしても本線の車間が狭いためにスムーズな合流が行えないと考えられる．Day2システムによる支援効果は，本線の交通流量の変化によって異なり，対象とする本線の交通流量がその道路の交通容量以下の適度な状態で最も支援効果を発揮すると考えられる．

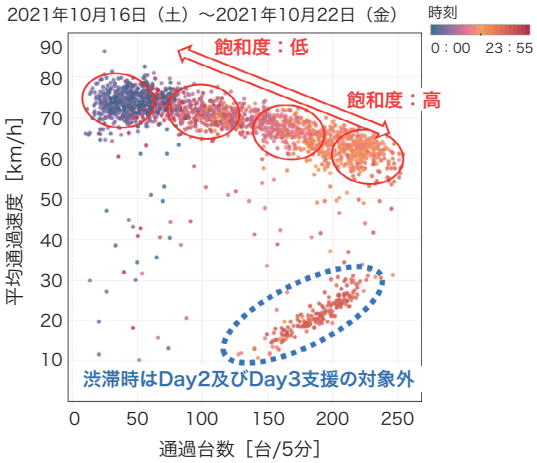


図8　対象地で計測されたトラフィックカウンターデータに基づくQV図と交通流量の区分

本線交通流量の影響を評価するため，図8に示す4つの交通流量の領域について，Day2システムの支援効果をシミュレーションにより推計する（対象地のトラフィックカウンターデータは首都高速道路株式会社より提供いただいた）．4つの交通流量区分における支援効果を比較することで，Day2システムの支援効果が大きい交通流量及びDay3システムの支援効果が低減する交通流量を調査する．

なお，渋滞時は，合流エリア内の車車間通信と協調が必要になると考えられるため，Day2／Day3システムの対象外であり，本評価の対象外としている．

5 Day3システムのコンセプト検討・成立性確認

5.1. Day3システムのコンセプト検討

Day3システムは，合流車両と本線車両の両方に合流支援を行う．ただし，例えば，本線車両が自動運転車ではなく一般車である場合は本線車両への合流支援は実施できない．また，合流車両から見た本線の先行車と後続車との車間が十分広い場合は本線車両への支援を行わなくてもスムーズな合流が可能である．このように合流時の周辺車両状況によって，Day3システムにおいて実施する支援の内容は異なると考えられる．そのため本事業では，３台の本線車両（合流車両から見た先行車・後続車・その後続車）が自動運転車か否か，及び各本線車両の車間時間の２つの要因から，合流車両と本線車両の２車両に対する各支援の有無を決定する仕様を仮定した．

5.2. Day3システムの効果の検証

交通流量が多くDay2システムの支援効果が低減する状況において，Day3システムの導入により支援効果が改善する見込みがある．Day3システムのコンセプト検討・成立性確認では，Day2システムの深掘検証で支援効果が低下した交通流量を対象とする．なお，対象の交通流量はシミュレーションにより推計する．Day3システムの物理条件は，理想的な物理条件及びDay2システムの要件と同等とする．

6 2022年度中の技術成果見込み

2022年度中には，本線上流部の車両挙動モデル構築及び自動運転車の車両挙動モデルの見直しを行う予定である．さらに，Day2システムの支援効果及びシステム要件，Day3システムの成立性の有無について分析を行う．得られる成果の見込みとしては下記の項目が挙げられる．

- センシングエリアにおける車両挙動再現性が向上したシミュレーションを用いた，Day2システムの効果及びシステム要件
- 交通流量がDay2システムに与える影響の評価結果
- Day2システムの支援効果が低減する交通流量におけるDay3システムの支援効果
- Day2システム，Day3システムの１日の推定支援効果

7 おわりに

7.1. 本分析の留意点

本事業での分析は，東池袋入口を対象としており，また普通車（大型車ではない車両を指す）のみに焦点を当てた限定的なモデルとなっている．

7.2. 今後の事業展望や分析に向けた提言

本事業では，Day2／Day3システムの支援効果を評価できるシミュレーション環境を構築し，東池袋入口を対象として支援効果を評価した．本事業の成果を踏まえ，合流支援システムの実現を目指したSIP第２期終了後の検討継続に向け，合流支援システムシミュレーションに関する検討会に参加する関係者と協議を行っている．

7.1節で述べたとおり，本事業での分析は道路線形と対象車両について限定的なものである．Day2／Day3システムの支援効果やシステム要件は合流部の道路線形によって異なると考えられるため，今後は本事業で構築したシミュレーション環境を用いて，東池袋入口以外の合流部についてもDay2／Day3システムの支援効果を評価することが望ましい．

加えて，本事業で構築したシミュレーション環境を大型車へ拡張することも今後の展望としてあげられる．シミュレーション環境を大型車へ拡張する場合は，普通車よりも加速度／減速度の幅が小さい点への考慮が必要である．

【参考文献】
(1) NEDO：2021年度「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第２期／自動運転（システムとサービスの拡張）／合流支援（本線隙間狙い）システム検証のためのシミュレーション環境構築及び分析」公募説明会資料，https://www.nedo.go.jp/content/100936118.pdf，（参照 2022.09.01）
(2) 中川 敏正ほか：「東京臨海部実証実験による合流支援情報提供システム（DAY1 システム）の検証」交通工学論文集，第８巻，第１号，pp. 39-48，2021.01.
(3) 中川 敏正ほか：「合流支援情報提供システム（DAY2 システム）の車両検知センサの計測精度に関する基礎検討」交通工学論文集，第８巻，第１号，pp. 49-58，2021.01.

【本件問合せ先】
株式会社構造計画研究所 創造工学部 データサイエンス室，〒164-0011 東京都中野区中央４-５-３，03-5342-1100，担当：荒木伸太

株式会社三菱総合研究所 スマート・リージョン本部 モビリティ戦略グループ，〒100-8141 東京都千代田区永田町２-10-３，03-6858-0241，担当：宮下浩一

⑤交通規制情報のデータ精度向上

Improvement of Data Accuracy of Traffic Regulation Information

馬場素（公益財団法人日本道路交通情報センター），前田誠（株式会社トスコ），坂口良（株式会社ドーン）
Moto Baba (JARTIC), Makoto Maeda (TOSCO CORPORATION), Ryo Sakaguchi (Dawn Corporation)

（概要）本調査研究は，自動運転車が安全安心に走行可能な交通環境の整備に向けて，自動運転車が必要とする警察が管理する交通規制情報のデータ精度向上を目指して2020年度からの3か年で実施した．交通規制情報の精度向上を図るために既存の交通規制情報の標準フォーマットにおける課題及び改善策を検討して新たに拡張版標準フォーマット及び同解説書を作成した．実証実験では2020年度に作成したモデルシステムの要件定義書（案）を踏まえ，2021年度に交通規制情報と標識情報の整合性を確認して紐付けを行うモデルシステムの開発及び実証実験を行うとともに画像認識技術の評価を実施した．2022年度には前年度に開発した技術及び拡張版標準フォーマットを用いてプロトタイプシステムを構築し，交通規制情報のデータ精度向上に係る実証実験及び効果検証を行い，システムを導入するための要件定義書（案）を取りまとめた．

キーワード：交通規制情報，標識・標示情報，画像認識技術，データ精度向上，拡張版標準フォーマット，高精度３次元地図

1 調査研究の目的・概要

自動車は，道路に設置されている道路標識や道路標示から車載カメラやモービルマッピングシステム（MMS）にて高精度に標識・標示情報を収集することが可能であるが，そこから交通規制情報そのものを作成することは難しい．そのため警察が保有，公開している交通規制情報のデータ精度の向上を図ることにより，自動運転車が交通規制に従って安全に走行するための安全運転支援情報の一つとして活用することができるようにするために，交通規制情報のデータ精度向上等に係る調査研究を実施した．

1.1. 交通規制情報のデータ精度向上手法

道路に設置された標識・標示と警察が保有する交通規制情報を照合することで，交通規制情報のデータ精度向上を図ることとした．標識・標示情報を収集する手法は，①自動車に搭載したドライブレコーダの映像から画像認識技術を活用して標識・標示情報を抽出・収集する手法及び②スマートフォン上でWebアプリケーション（調査アプリ）を利用して標識・標示情報を収集する手法の２つを採用した．

収集した標識・標示情報は，実証実験システムの標識・標示位置予測システムに取り込み，交通規制情報と道路に設置された標識・標示情報を自動照合してデータの整合性（マッチ，アンマッチ）を確認し，交通規制情報の精度向上を図った．データ整合の取れていない（アンマッチとなった）標識・標示は，②により現地調査を行ったうえで，再度データ整合性を確認して，交通規制情報のデータ精度向上及びデータ精度向上方法の最適化手法を検討した．

画像認識システムについては，収集した標識・標示情報をもとにした交通規制情報の作成支援方法について検討した．

また，既存の交通規制情報の標準フォーマットには構造上の課題等があったため，課題解決や交通規制情報のデータ精度向上に向けて交通規制情報の一元的な管理ができる新たな拡張版標準フォーマット（案）及び利用者向けの解説書を作成した．

1.2. 実証実験概要

2020年度にモデルシステム開発のための要件定義書（案）を作成した．2021年度にモデルシステム（調

査アプリ及び標識位置予測システム）を構築し，神奈川県下の対象エリアにおいて実証実験を行った．

また，効率良くデータ精度向上を図るために，ドライブレコーダで撮影した標識・標示データについて画像認識技術を使って自動認識させるための調査を行った．2022年度は，2021年度に開発した技術及び拡張版標準フォーマットを用いてプロトタイプシステムを構築して，実証実験，効果検証を行って，警察庁及び都道府県警察の交通規制情報管理システムに対して機能等を導入するためのシステム要件定義書（案）を作成した．

2 モデルシステムの構築

2.1. 調査アプリ

調査アプリは，スマートフォンを用いて標識・標示の現地調査を支援するもので，標識・標示情報の収集機能及び交通規制情報の表示機能を有したアプリケーションである．

調査アプリはスマートフォン端末でWebブラウザから利用するもので，スマートフォン端末に表示された交通規制データと，現地に設置された標識を比較し，不足や誤りがある場合にはデータの登録や修正を実施することができる．登録できる情報は，標識の管理情報，標識板の種類，劣化状態，写真画像などであり，標識位置予測システムと同様に手動での仮紐付けも可能とした．

これを使用することで，後述する標識位置予測システムで交通規制情報と標識情報の自動仮紐付けができなかった標識に対して仮紐付けを行うことが可能となった．

2.2. 標識位置予測システム

標識位置予測システムは，交通規制データと標識データの整合性確認のための紐付けを支援するシステムであり，システムに誤登録されたデータのチェックを行えるシステムである．はじめに都道府県警察が保有する交通規制データを取り込み，その交通規制データに対応する標識データの位置予測を行って，標識データが予測範囲内に存在するかを判定して，交通規制データと標識データの自動仮紐付けを実施する．自動仮紐付けの結果は，標識位置予測システムの地図画面や一覧画面で確認ができ，仮紐付けができなかったデータに対しては，標識位置予測システム上で操作者が手動で仮紐付けを行うことを可能とした．標識データの位置予測は，複数の予測手法の中から，規制種別ごとに最適な候補を選定した．また，交通規制データの座標位置の登録方法や，交通規制データと標識データの紐付け方法は都道府県警察によって異なるため，パラメータの調整ができる仕組みとした．

2.3. モデルシステムを用いた実証実験

2021年度の実証実験は，神奈川県内の一部の警察署が管轄する地域の交通規制情報を対象として実施した．

実施の手順については以下のとおりである．（図１）

・標識位置予測システムに対象エリアの標準フォーマットデータ，標識データを登録し仮紐付けを行った．
・仮紐付け結果を確認し，精度が低い地域では調査アプリにて現地調査を行い，再度仮紐付けを実施した．
・都道府県警察のシステムにおいて紐付けられた交通規制情報と比較し，最終的な紐付け結果を検証した．
・紐付け結果から予測方法の見直しを行い，最適な予測方法の検証を実施し，再度仮紐付けを行った．

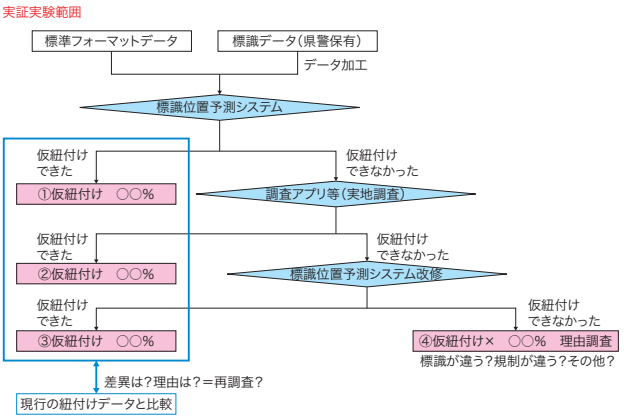


図１　実証実験フローチャート

効果検証については，図２のフローに沿って交通規制データの「仮紐付け率」及び「正解率」を求めた．予測手法の改善を計５回行った結果，「仮紐付け率」は91.5%，「正解率」は93.8%の成果を得た．

また，仮紐付けができなかった交通規制データ27件については，調査アプリを用いて現地調査を実施し，全て仮紐付けを行うことができた．

【仮紐付け率】

評価対象の交通規制データ数に対する仮紐付けあり交通規制データ数の割合

【正解率】

本紐付け情報を持つ仮紐付けありデータ数に対する正解データ数の割合

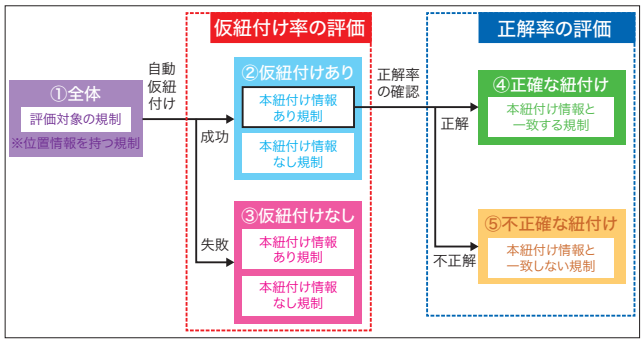


図2　実証実験における評価の流れ

2.4. 画像認識技術の検討と評価

画像認識技術の検討では，都道府県警察が標識・標示の設置工事及び点検業務等で収集する画像情報から，標識・標示の位置情報等を容易に収集・抽出するための手法について図３の流れを想定して検討を行った．

2.4.1. 技術の調査及び評価

システムを構築するのに必要な抽出，認識，位置推定の技術については，表１に示す観点で調査を行った．

また，技術評価における抽出，認識技術の分類としては，テンプレートマッチングと機械学習の２種類に大別でき，テンプレートマッチングでは，マッチングアルゴリズムを開発することで実現できるが，イレギュラーの網羅に膨大な開発が必要となる．これに対して機械学習は，全てのパターンを開発する必要がなく，該当する学習用データを追加収集したうえで，このデータを学習する時間を確保できればイレギュラーに対応できる．

したがって，機械学習手法技術を用いた評価ソフトウェアを試作して評価を実施した．

(a) 抽出

抽出手法の評価としては，雨天や劣化等の悪条件画像を含む200枚の画像（対象となる本標識297枚，補助標識131枚）及び約34分の走行動画（対象となる本標識219枚，補助標識112枚）を使用し，結果として表２に示すようにいずれも95％以上の抽出結果を確認した．

また，標示については，停止線，横断歩道，方向指示，最高速度について評価を行い，平均で95％の結果を確認した．

表2　抽出結果

標識種別等	標識数	抽出枚数	抽出率
本標識静止画	297	281	95%
補助標識静止画	131	129	98%
本標識動画	219	214	98%
補助標識動画	112	111	99%
標示	261	248	95%

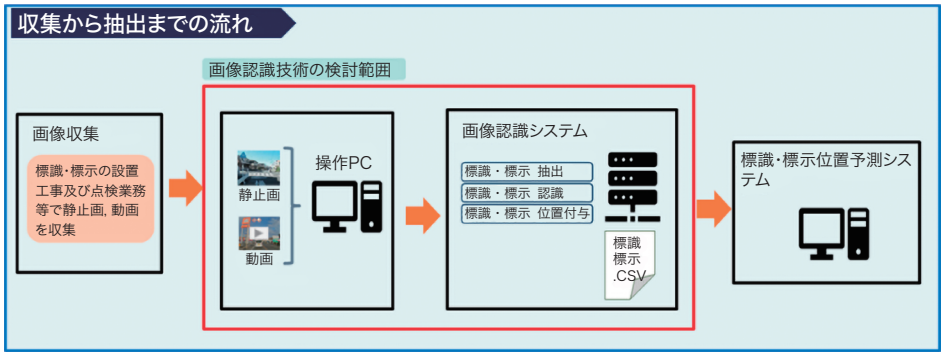


図3　収集から抽出までの流れ

表1　処理想定

処理	説明	処理イメージ
抽出	静止画及び動画から標識または標示と考えられる領域を特定し，その領域から画像を抜き出す処理	領域を特定し，画像を抜き出す (株)トスコ撮影
認識	抽出で得られた領域画像から正しい標識または標示であるかを判断し，規制種別を特定する処理	規制種別ごとに認識する 407: 横断歩道 203: 停止線 (株)トスコ撮影
位置推定	画像中の物体（標識または標示）について，動画・静止画に含まれる撮影位置情報を基準とし，距離と角度を推定し緯度・経度を算出する処理	距離と角度を推定する 距離 3m 角度 -30度 距離 3m 角度 0度 ●距離 3m ●角度 左30度 (株)トスコ撮影

(b) 認識

認識手法の評価としては，抽出画像から標識部分を抜き出した297枚の評価用画像を使用した．

結果として，進行方向別通行区分（図４）が一方通行（図５）と誤認される場合が確認されたが，進行方向別通行区分の学習データを再学習させて認識率が向上した．

認識結果は，表３のとおり．

図４　進行方向別通行区分

図５　一方通行

表３　認識結果

クラス	標識数	抽出枚数	抽出率
駐車禁止	106	106	100%
最高速度40km	15	15	100%
横断歩道･自転車横断帯	14	14	100%
指定方向外進行禁止	13	13	100%
進行方向別通行区分 ※(　)内は再学習後の計測値	11	3 (11)	27% (100%)
最高速度50km	11	11	100%
(中略)			
計	297	274	92.3%

(c) 位置推定

位置推定の評価としては，深度推定アルゴリズムと回帰式モデルを使用して距離データ計測済みの評価用画像1,600枚（距離2m～10m）を使用して行った．

結果として1,600枚中，約96％が誤差2m以内の距離で推定可能であった．（表４）

表４　距離測定結果(実際の距離と推論した距離の誤差)

誤差の区分	評価枚数 (1,600枚)	割合
2m以内	1,539	96.2%
2m超～4m以内	59	3.7%
4m超	2	0.1%

2.5. 拡張版標準フォーマットについて

現在の標準フォーマットは，戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）事業の一環として実施した「交通規制情報の活用による運転支援の高度化」に係る調査研究において取りまとめられた交通規制情報のデータフォーマットであるが，本調査研究において確認した課題の解決を図るために，拡張版標準フォーマットを検討し作成した．

2.5.1. 拡張版標準フォーマット

交通規制情報のデータ精度向上を図るため，都道府県警察が交通規制を実施する際の基準である交通規制基準に準拠した拡張版標準フォーマット案を作成した．この拡張版標準フォーマットは，差分更新への対応や規制を正確に表すために必要な不足コードの追加，似通った項目の統廃合，入力定義の明確化など都道府県警察における入力負担の軽減を図ることを目的として，交通規制情報と対応する標識情報，標示情報の３つの情報を一元的に管理できるフォーマットとして定義した．

拡張版標準フォーマットの全体構成を図６に示す．

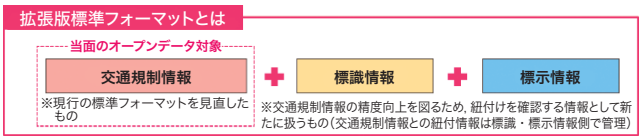


図６　拡張版標準フォーマットの構成

3　プロトタイプシステムについて

3.1. 標識･標示位置予測システム及び調査アプリ

都道府県警察において決定された交通規制と現地の標識の対応関係を確認することを目的として，交通規制データと標識データの紐付けを行うシステムとして2021年度に構築，実証実験を行ったモデルシステムに対して，以下の機能を追加した新たなプロトタイプシステム（図７）を構築した．

・拡張版標準フォーマット（交通規制データ，標識・標示データ，紐付け）の入出力
・交通規制データからの標示位置の予測
・標識位置からの交通規制位置の予測
・補助標識の登録
・画像ファイルの取り込み

また，標識・標示位置予測システムを補完し，交通規制データと標識・標示データを紐付けすることを目的とした調査アプリ（図８）には，以下の機能を追加した．

・拡張版標準フォーマット（交通規制データ，標識・標示データ，紐付け）の入出力
・補助標識の登録

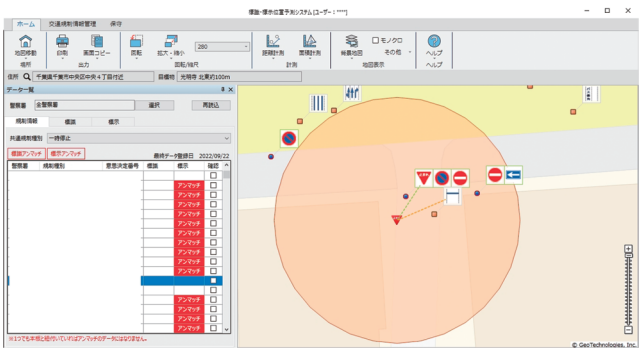


図７　標識･標示位置予測システムイメージ

・標識・標示の方向の登録

図8　スマートフォン端末で標識・標示を登録するイメージ

3.2. 画像認識システム

広範囲の標識・標示情報を網羅的に収集し，データ整備を効率的に行うことを目的とした画像認識システムは，スマートフォン端末で撮影した静止画やドライブレコーダで撮影した動画等を，2021年度に調査・検証した画像認識技術を使用して標識・標示情報（規制種別，位置情報，規制方向）を抽出する機能と，抽出結果を標識・標示位置予測システムに転送できる機能を搭載したプロトタイプシステム（図9）を構築した．

3.3. プロトタイプシステムを用いた実証実験・効果検証

2022年度の実証実験は，千葉県内の一部の警察署が管轄する地域の交通規制データ及び標識・標示データを対象に実施した．調査アプリ及び画像認識システムを用いて取得した標識・標示データを標識・標示位置予測システムに取り込むことによる交通規制データの精度向上を行った．

画像認識システムについては，調査アプリで取得した画像情報及びドライブレコーダの画像情報等から，標識・標示の位置情報，規制種別，撮影方向の取得について検証を行い，あわせて補助標識データ取得の検討も行った．

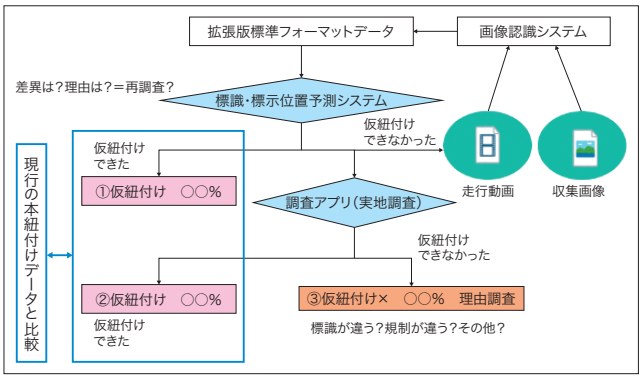


図10　プロトタイプシステム実証実験フローチャート

プロトタイプシステムの効果検証については図10のフローに従って2021年度と同様に「仮紐付け率」及び「正解率」を求める．2021年度は，標準フォーマットデータと標識データを対象データとして検証を実施したが，2022年度は，拡張版標準フォーマット（交通規制データ，標識・標示データ）を用いて図11の評価の流れで「仮紐付け率」及び「正解率」を求めることとなる．

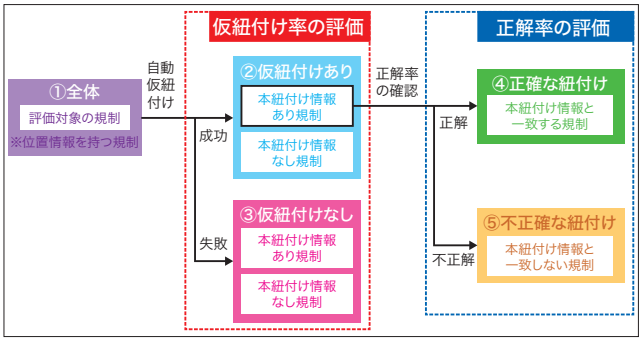


図11　プロトタイプシステムの評価の流れ

詳細な手順としては，まず拡張版標準フォーマットデータに対応した標識・標示位置予測システムを用いて交通規制データの位置や規制種別をもとに標識・標示位置の予測を行い，標識・標示データが予測範囲に入るものを仮紐付けする．仮紐付けの結果をもとに予測範囲の変更を行い最適な予測範囲を求め，最終的に仮紐付

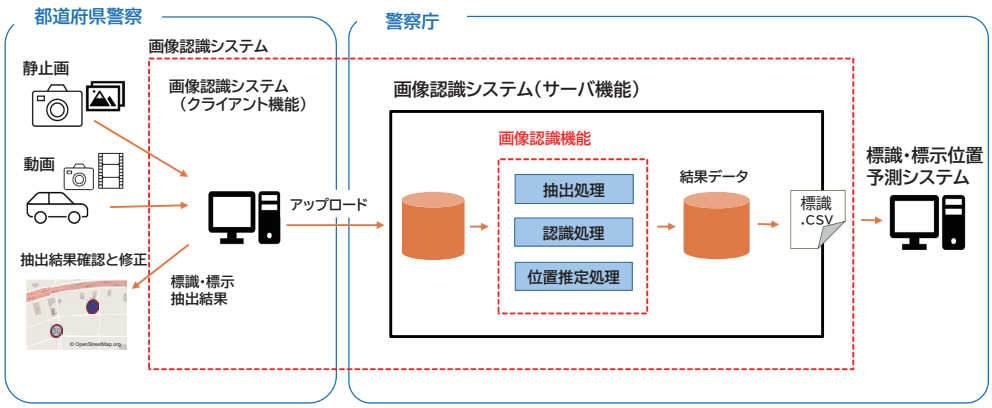


図9　画像認識システム構成

けできなかった交通規制データをアンマッチデータとする．このアンマッチデータに対して，調査アプリ及び画像認識システムを用いて現地の標識・標示データを取得する．取得したデータを再度標識・標示位置予測システムで予測を行い，仮紐付けを実施して最終的な「仮紐付け率」及び「正解率」を求める．仮紐付けできない，もしくは間違った仮紐付けを行った交通規制データについては，原因分析を実施しデータ精度向上に繋げる．

3.4. 拡張版標準フォーマットの解説書作成

2021年度に検討した拡張版標準フォーマット（案）について，都道府県警察へのヒアリング結果，拡張版標準フォーマットを使用した実証実験結果及び有識者検討会に基づき，規制種別を74項目に絞り込み，224項目の交通規制情報項目について見直しを行った．特に交通規制情報項目は，交通規制基準に沿って「規制種別」「規制場所」「規制対象」「規制日時」を基本とする項目とし，似通った項目の統合等の精査を実施した．また，登録担当者が正確に交通規制データを拡張版標準フォーマットへ登録できるように，交通規制情報の利用者が拡張版標準フォーマットを理解するための解説書を作成した．

解説書は，本編と付属資料とで構成し，本編にはデータ概要やファイル仕様を記載し，付属資料にはフォーマット，コード表及び規制種別ごとの入力定義・登録事例を掲載した．

3.5. システム運用マニュアル

交通規制情報のデータ精度向上を図るため，社会実装を想定して構築したプロトタイプシステムについてシステム運用マニュアルを作成した．システム運用マニュアルは，整備目的，全体構成を示した本編と各ツール（標識・標示位置予測システム，調査アプリ，画像認識システム）の操作マニュアル，運用方法を記載した運用編で構成した．

4 高精度3次元地図との連携

自動運転車が公道を走行するためには，高精度３次元地図（図12）を利用することが想定されていることから，

・高精度３次元地図データの調査
・交通規制情報の提供手法の検討
・交通規制情報の提供に係る課題の整理

を実施した．

本調査研究で生成した交通規制情報とモービルマッチングシステム（MMS）の高精度３次元計測により作成された標識・標示情報等を活用し，高精度３次元地図に組み込む技術を確認した．

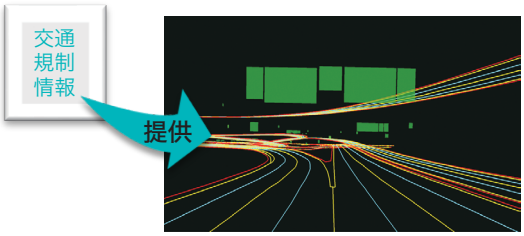


図12　高精度3次元地図のイメージ
（出典）ダイナミック基盤株式会社

5 おわりに

5.1. 今後の運用イメージ

拡張版標準フォーマットは，図13に示すとおり都道府県警察の交通規制情報管理システムへの導入が検討されている．

警察庁には，都道府県警察が拡張版標準フォーマットに対応するまでの間，標準フォーマットと拡張版標準フォーマットの両方のデータを受信する機能が必要である．交通規制情報のデータ精度向上に係る作業は都道府県警察で取り組む必要があることから，業務負担の軽減を図りながら作業を行うことが望まれる．

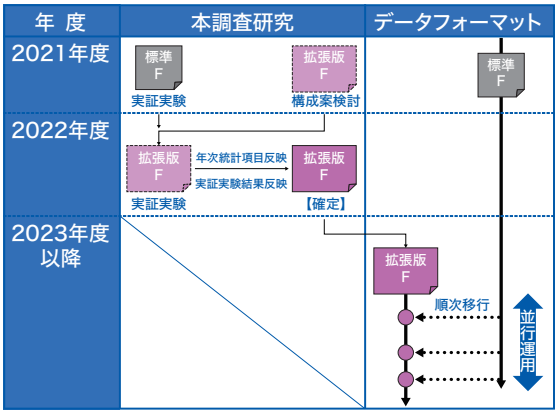


図13　今後の運用イメージ

【本件問合せ先】
公益財団法人日本道路交通情報センター 調査部，〒102-0072 東京都千代田区飯田橋１- ５-10，03-3261-7672，担当：馬場素

⑥GNSS(位置情報)等を活用した信号制御等及び緊急車両情報に係る技術開発

Technological Development for Traffic Signal Control and Emergency Vehicles Information Using GNSS (Location Information) and Other Technologies

角建志 (コイト電工株式会社)
Kenji Sumi (KOITO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.)

(概要) 公共交通である路線バスと緊急車両に対する優先信号制御は，現在は路側に設置した光ビーコンを用いたシステムが主流であるが，GNSS (位置情報) と携帯電話通信網を活用したシステムで適用可能とする技術開発を実施した．GNSSを活用することにより，光ビーコンが設置されていない場所でも同サービスを提供することが可能となる．優先信号制御の実証実験では，GNSSにより位置情報と走行速度を継続して把握することで，光ビーコンと比較してバスの青延長時非通過率が88.9%削減され，よりきめ細やかな優先信号制御が可能となることを実証した．また，本技術開発で構築した仕組みを活用して東京臨海地区で緊急走行車両情報 (模擬) を自動運転車両へ配信する実証実験を実施した．緊急走行している救急車等の位置情報を自動運転車両に対して提供することで，より遠方から存在を認識することが可能となる．今後は交通環境情報ロードマップに示されている「インフラ協調による高度な自動運転の実用化」実現に向け，本技術開発の成果が早期に社会実装されることを期待する．

キーワード：GNSS，信号制御，位置情報，緊急走行車両情報，公共交通

1 研究開発の概要

1.1. 背景

現在幅広く活用されている新交通管理システム (UTMS：Universal Traffic Management Systems) のうち，道路交通信号の優先信号制御を実施しているサブシステムは，路線バスを対象とする「公共車両優先システム (PTPS)」(平成７年より) と緊急走行をしている緊急車両を対象とする「現場急行支援システム (FAST)」(平成15年より) の２種類である．[(1)]

これらは主に道路上に設置された光ビーコンと車載機が近赤外線を用いて通信することにより，対象車両の接近感知と緊急走行中であるか等を判別し，必要な車両に優先信号制御 (青信号の延長，赤信号の短縮) を実施するシステムとなっている．

これまでの優先信号制御は図１に示すとおり，交差点手前に設置した光ビーコンにより公共車両 (バス)・緊急車両 (消防車・パトカー等) の接近を感知することで位置を把握するシステムであり，光ビーコン設置に係るコストが課題であった．

また，光ビーコンは定点感知となるため光ビーコン

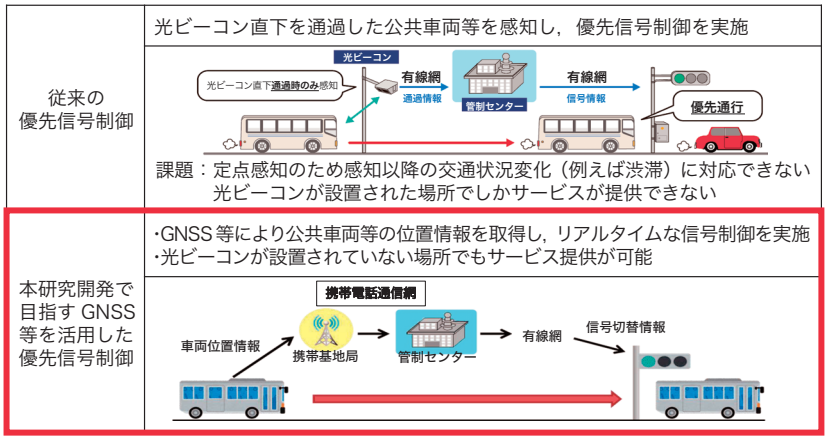


図１　従来とGNSS優先信号制御との比較

通過後の交通環境変化（例えば交差点手前の渋滞）には対応できず赤信号で停車する場合があり，その場合には交差方向の交通に対しては無駄な青時間となる．

今回の技術開発で，車両の位置把握に活用を検討している位置情報については，日本国内における衛星を活用した位置測位システムとしてGNSS（Global Navigation Satellite System）の一つであるGPS（Global Positioning System：米国により運用されている衛星測位システム）が多用されてきたが，一般的に単独測位方式では位置誤差は10～20m程度と位置誤差に課題があった．

その課題解消に向けて日本独自のGNSSであるQZSS（Quasi-Zenith Satellite System：準天頂衛星システム（みちびき））がGPSを補完する形で2018年11月より4機運用を開始し，測位方式もRTK方式，DGPS方式等の普及により位置誤差が改善され，より高精度な測位が期待されている．

1.2. 目的

GNSS（位置情報）等を活用した信号制御等及び緊急車両情報に係る技術開発（以下，本技術開発）における優先信号制御の目的は，バス等の位置把握手段を光ビーコンから，より一般的なGNSSに変更することで，光ビーコン未設置箇所でもサービス展開を可能にすること及びバス等の位置情報を光ビーコンより交差点近くまで連続的に把握できることによる交差点到着予想時間の誤差低減，つまりは優先信号制御の有効性向上を図ることである．

1.3. 概要

本技術開発は，警察庁，都道府県警察，車両メーカ，交通インフラメーカ，GNSSに知見を持つ有識者等の審議を経て，一般社団法人UTMS協会と共に実施した．

また，本技術開発において構築した緊急走行中の緊急車両の位置情報を収集する仕組みを活用し，東京臨海部実証実験において緊急走行車両情報（模擬）の生成と提供を実施した．

仕様策定フェーズでは，図2に示す①から⑥の仕様書（案）等を策定した．効果検証フェーズにおいては，策定した仕様書（案），検証計画に基づいた「優先信号制御実証実験」を静岡県静岡市で実施した．

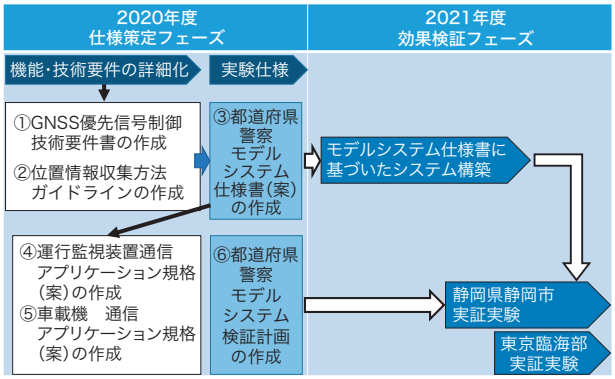


図2　本技術開発の全体工程

2 本技術開発における優先信号制御

2.1. 現状の優先信号制御

現状の優先信号制御は，図3に示すとおり交差点手前に設置された光ビーコン（定点）を用いて，バスの接近を感知し，あらかじめ決められた一定の算出速度でバスが交差点まで到着する秒数分の青信号の延長や赤信号を短縮する制御方式であり，算出速度と実速度がほぼ同じ場合に有効となる．

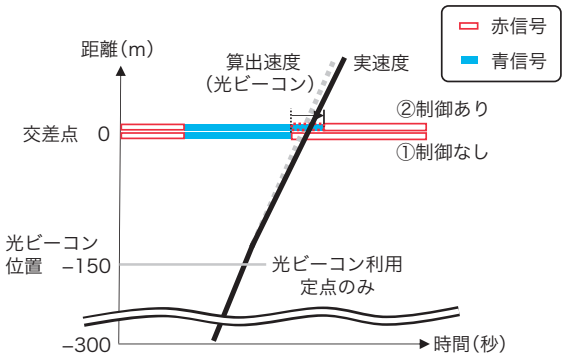


図3　従来の優先信号制御有無比較

2.2. 現状の課題

交差点手前で渋滞等の交通状況変化がある場合には，図4に示すとおり算出速度と実速度の差が大きくなり，交差点を青信号で通過できない場合が生じる．

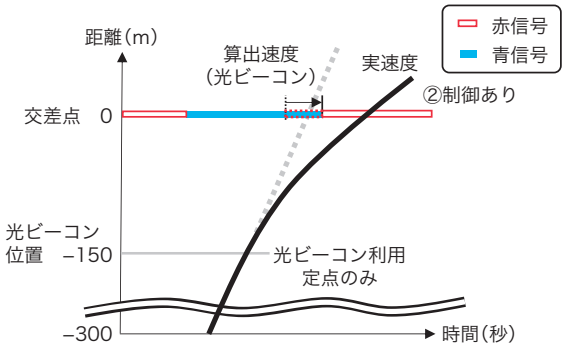


図4　従来の優先信号制御の課題

2.3. 本技術開発における優先信号制御

本技術開発では，図５に示すとおりGNSSを利用して光ビーコンよりも交差点に近い位置に最終判定位置を設定する．最終判定位置で実速度に基づいた到着時間を求めることで，交差点到着時間の誤差が抑えられる．

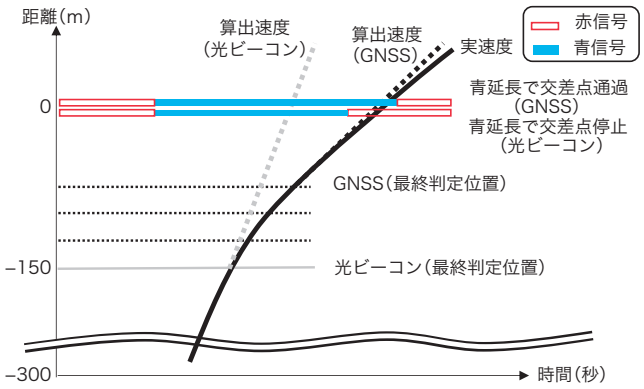


図５　本技術開発による優先信号制御

3 機能・技術要件の詳細化

位置情報等を活用し，バス等の交差点到着予想時間の精度向上に向けた機能・技術要件の詳細化を実施した．

3.1. 位置誤差の目標性能

位置誤差については，走行速度50km/hの場合を想定した．信号制御機の短縮／延長時間の設定秒数は１秒単位であることから，交差点到着予想時間誤差を１秒未満に抑えるよう位置誤差を設定することが望ましい．よって位置誤差の性能要件を走行速度50km/hで到着時間誤差が0.8秒となる10m以下に設定した．

3.2. 計測周期の目標性能

計測周期については，携帯電話網による揺らぎを含めた通信遅延が数百ミリ秒～１秒程度発生すると想定されることと，運行監視装置の処理負荷，データ通信量の影響を考慮して２秒に設定した．

3.3. 測位方式

測位方式については，一般的に広く利用されている方式の中から，運用路線の外部環境に応じ，基準局を設置しその補正情報について携帯電話網等を介して使用するRTK方式，または衛星から配信される補強信号をGNSS受信機にて受信し測位精度を高めるDGPS方式を採用するものとし，共存も可能なようにどちらか一方以上とした．

3.4. 位置補正方式

GNSS測位精度低下時の位置補正方式については，今後の最新技術の導入を踏まえ任意とした．

4 優先信号制御実証実験

4.1. 実験概要

GNSS優先信号制御を実施した場合の動作検証及び制御効果検証等について，「都道府県警察モデルシステム検証計画」に基づき検証を実施した．実験概要を表１に示す．

表１　実験概要

項目	内　容	
検証地区	静岡県静岡市	
実施方針	GNSS優先信号制御を実施した場合の動作及び制御効果等をモデルシステムにおいて検証する． 検証路線は既存の光ビーコンを用いた優先信号制御(PTPS及びFAST)との比較を行うために既存路線定する．既存路線(公道)及び既存管制システムに接続して行う検証のため，安全確保に十分配慮し，既存システムへの影響を最小限となる構成で実施する．「都道府県警察モデルシステム検証計画」より．	
対象交差点	PTPS	FAST
	2方向　4交差点 (うち新規1交差点) 上り方向：篭上，材木町，安倍町，中町(新規) 下り方向：安倍町	11交差点(うち新規2交差点) 柚木，護国神社南，護国神社入口，常磐町2丁目，黒金町西，相川公園北，相川公園南，伊河麻神社北，伊河麻神社西，江川町(新規)，中町(新規)
検証期間	光ビーコン： 11/29～12/3，1/18～1/21 9日間 (GNSS制御の検証日数(9日間)に合わせた期間)	光ビーコン： 11/27～12/3，1/17～1/21 12日間
	GNSS： 12/15～12/21，1/11～1/14 9日間 (土・日・祝日は含まず)	GNSS： 12/15～12/21，1/10～1/14 12日間 (土・日・祝日も含む)
検証曜日時間帯	月～金(平日)9時～16時 (周辺交通への影響を考慮し，交通への影響が少ない日中の時間帯で実施)	土・日・祝日も含む　24時間
検証車両台数	バス：3台＋実験車：1台	救急車：3台

実験路線については静岡県静岡市で既存の光ビーコンを用いた優先信号制御（PTPS及びFAST）との比較を行うために図６に示した既存路線から選定した．

既存路線（公道）及び既存管制システムに接続して行う検証のため，既存管制システムへの影響が最小限となる構成で実施した．

具体的には図７に示すとおり，管制システムに運行

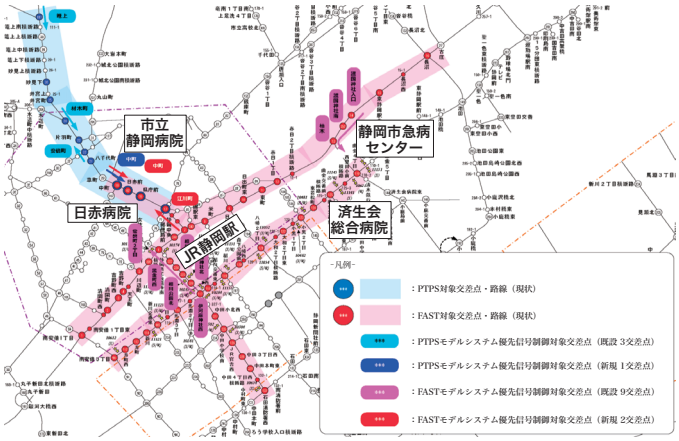


図6　実験路線及び交差点

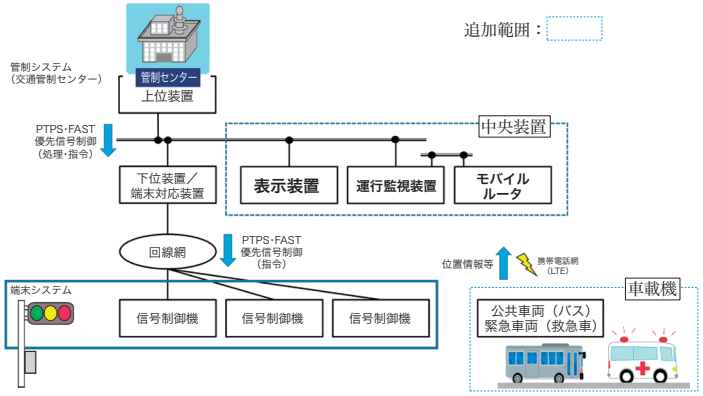


図7　実験システム構成図

監視装置等，バス・救急車にGNSS対応車載機を新たに設置（付加）するシステム構成とした．

既存の管制システムに対しては，運行監視装置が判断したタイミングで通知を与え，信号機の優先信号制御は既存の装置により実行（動作）させた．光ビーコンによるPTPS及びFASTの機器設定秒数及び光ビーコン位置等は，比較のため既存システムを変更しない条件で実施した．

PTPSの評価時間帯は，現状交通に影響を与えないように現在運用中である朝夕のラッシュ時間帯を外した日中の9時～16時とし，光ビーコンによるPTPS及びFASTの成果を基準として，同等以上となっていることを確認する目的で実施した．

検証期間は，1か月とし，検証期間中の交通量差異を抑えつつ各曜日の影響を平均化する目的から，光ビーコンによる優先信号制御とGNSSによる優先信号制御を1週間ごと，交互に2回に分けて検証を実施した．

なお，PTPSについては現在の運用実態と合わせて平日のみを実験日とした．

4.2. 実験結果

基本動作，位置誤差，遅延時間等の確認及び制御効果が光ビーコン制御と同等以上であることを表2のとおり確認した．

各検証項目と目的，評価値とその結果を示す．詳細については成果報告書[(2)]を参照願えれば幸いである．

GNSS精度については，PTPS検証路線内は表3の

表2　検証項目と結果

No.	検証項目	目的／評価	結果
1	優先制御動作	「青延長」「赤短縮」の基本動作確認	優先制御（「青延長」「赤短縮」）を実行 停止線通過差異削減 平均−74.7秒 青延長時非通過率削減 −88.9%
		基本動作:光ビーコン制御と同等以上	
2	制御効果	優先制御実施による旅行時間短縮効果確認 交差方向交通に与える影響確認	交差点通過時間短縮　平均2.1秒 路線旅行時間短縮　平均8.1秒 無駄な青延長時間削減 平均2.1秒
		制御効果:光ビーコン制御と同等以上	
3	GNSS精度	選定路線の位置誤差確認	静岡市:10m以下 東京臨海部:マルチパス環境では10m以上となる場合がある
		位置誤差:10m以下	
4	延長時間	計測周期に対する妥当性確認 車載機～信号機の通信･処理遅延時間:1秒未満	281msec(最大960msec)
5	複数バス通過時のバス優先制御動作	バス連続接近時の動作確認	バス停止時の最大減速度 0.83m/s^2(0.09G)
		停止時の減速度:1.96m/s^2(0.2G)以下	
6	優先制御実施条件	バス路線に交差方向渋滞延伸時の動作確認	設定値以上で，優先制御解除を実行 (設定値100mに対し，100m以上で解除を確認)
		設定値以上の交差方向渋滞長で，優先制御実施解除	

表3　検証路線内の位置誤差検証結果

単位m

評価地点	安倍町	籠上	材木町	中町
平均値	1.58	2.74	2.39	2.49
最大値	4.95	5.12	4.84	4.89
最小値	0.16	0.99	0.63	0.63

表4　検証路線外の位置誤差検証結果

単位m

評価地点	日赤前	日赤前～江川町間	江川町
平均値	2.59	3.19	3.23
最大値	9.71	11.57	20.00
最小値	0.42	1.44	0.50

とおり，目標とした位置誤差10m以下を満たしていることを確認した．

また，静岡駅近くはマルチパス（ビル等による反射波）の影響を受けるため検証路線外とした．検証路線外の位置誤差検証結果を参考として表4に示す．

また，本技術開発特有の機能について検証した結果を以下に示す．

(1) 優先信号制御の追加動作機能

現状の光ビーコンによるバス位置は，路側に設置された光ビーコン直下通過時のみ感知する仕組みのため，光ビーコン通過後にバス位置は不定となる．

例えば，光ビーコン通過後にバス停があり，停車した場合には青信号の延長を実施しても通過できないケース等が考えられる．

一方GNSSによる優先信号制御ではバス位置を継続的に把握できることから，バス停停車により赤信号となった場合でも，さらに赤信号を短縮する優先信号制御を追加実行できる．図8に本機能によりバスが交差点を早く通過できた事例を示す．

(2) 優先信号制御の解除動作機能

現状の光ビーコンによる緊急車両位置もバスと同様に光ビーコン通過後不定となる．GNSSによる優先信号制御では緊急車両位置を継続的に把握できることから，緊急車両が交差点を通過直後に優先信号制御解除を実行できる．

従来の光ビーコンであれば緊急車両が交差点通過後も青信号の延長が続くケースにおいて，GNSSによる優先信号制御では無駄な青時間を削減できた事例を図9に示す．

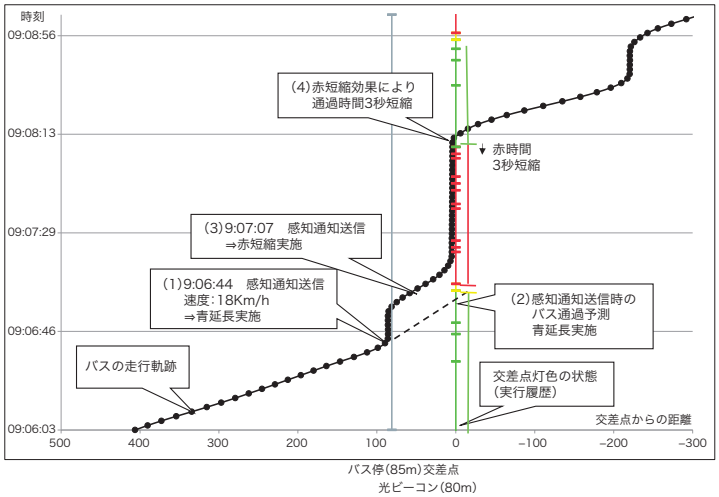


図8　本技術開発特有機能(優先制御追加動作)事例

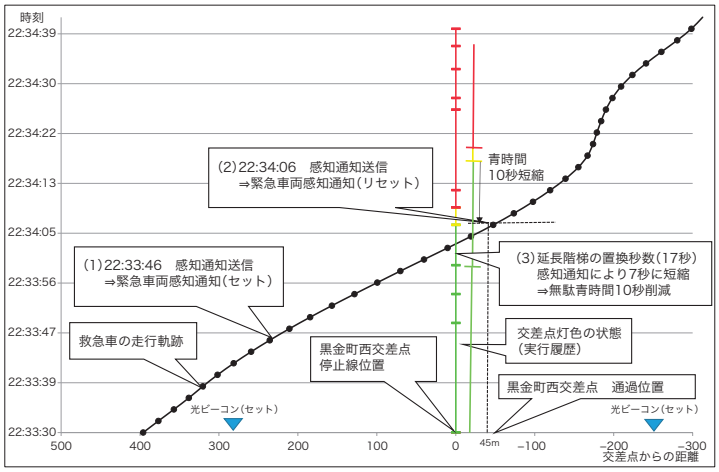


図9　本技術開発特有機能(優先制御解除動作)事例

無駄な青時間を削減することにより，交差方向の交通流に与える影響を小さくすることができる．

5 緊急走行車両情報(模擬)配信実証実験

5.1. 実験概要

本技術開発でGNSS優先信号制御用途に開発した，シンプルかつ必要最低限の性能要件とした車載機を活用した緊急走行車両情報(模擬)配信実証実験とGNSS位置誤差についての検証を2022年1月10日から14日と17日から21日の10日間，10時から16時の時間帯で実施した．

車載機からの位置情報は運行監視装置にて管理し，優先信号制御に活用する仕組みを開発していたが，さらに運行監視装置に位置情報を他サーバへ配信する機能を追加し「情報収集配信サーバ」とした．

模擬緊急車両に搭載した車載機から携帯電話網LTE(閉域網)により位置情報を収集し，他サーバへはビジネスイーサ(閉域網)を通じて，東京臨海部実証実験に参加している自動運転車に模擬緊急車両の位置情報を配信した．

図10に実験構成図，表5に配信情報仕様を示す．

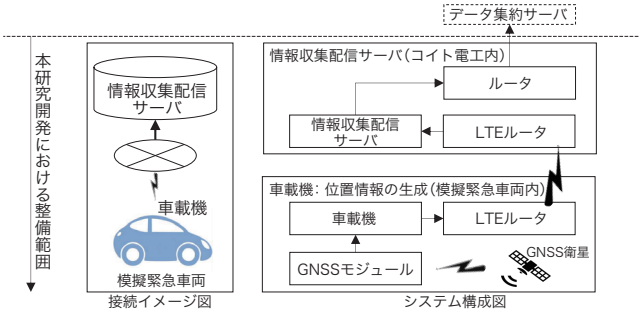


図10　東京臨海部実証実験における実験構成図

表5　配信情報仕様

項目	規格
通信制御手順	UDP
送信周期	2秒ごと
GNSS情報格納数	最大20個(100ms)

実験においては緊急車両を模擬した乗用車2台を用意し，実験参加者のドライブレコーダ等で確認できるように識別目印となるステッカーをボディに貼り付け，ルーフラックにカラーボックスを搭載した．

実際に東京臨海地区を走行して位置情報を配信する実験を行った模擬緊急車両の外観を図11，走行ルート(5種類)を図12に示す．

図11　模擬緊急車両

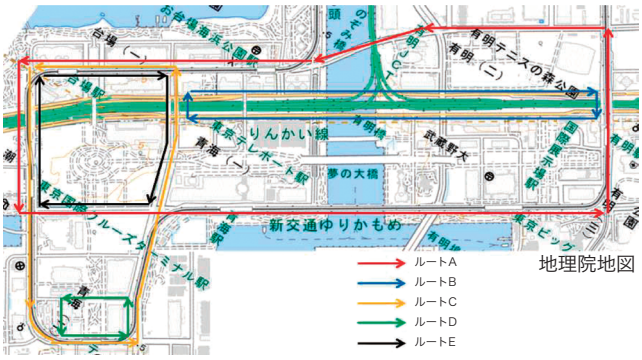


図12　走行ルート

5.2. 実験結果

位置情報を配信した結果が実験参加者の自動運転車両まで配信・活用されたことは，自動運転車両に搭載された高精度3次元地図に紐付いた確認画面(ダイナミックマップビュワー)にて確認した．

位置誤差の評価方法については，模擬緊急車両に2台のカメラを設置し，前方及び上空の映像から19か所の評価地点通過時の時刻を求め，GNSS受信機で取得した同時刻の位置情報(緯度・経度)をもとに，真値との比較により位置誤差を算出した．

東京臨海地区における評価地点を図13に示す．

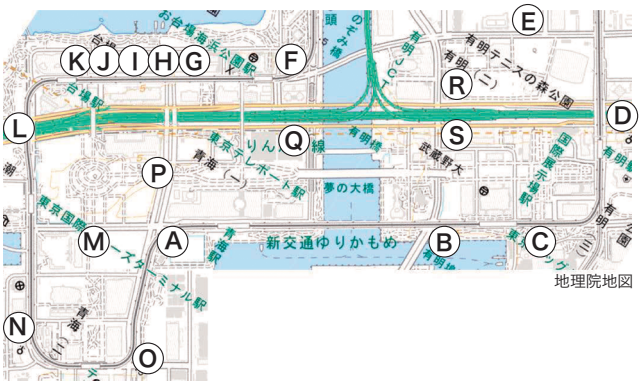


図13　評価地点

位置誤差の評価結果を表6に示す．

優先信号制御実証実験時に計測したPTPS実証実験の検証路線内は，上空が開けたオープンスカイ環境で

あり，想定どおり位置誤差が最大値10m以下の5.12mであった．

一方，東京臨海地区ではビルが隣接するマルチパスが懸念される地点や，ゆりかもめ高架下等の衛星からの電波が遮蔽される環境が多く存在している．

平均値では10m以下であるものの，最大値が10mを超える場合があり，最小値と最大値の差異が大きい箇所が多く見られた．

表6　評価結果(その1)　単位:m

評価地点	A	B	C	D	E
平均値	2.41	2.07	2.49	2.90	1.98
最大値	4.73	3.51	3.87	5.30	4.67
最小値	0.59	0.57	0.38	0.97	0.16

評価結果(その2)　単位:m

評価地点	F	G	H	I	J
平均値	2.14	3.22	5.29	8.37	5.09
最大値	4.60	5.27	9.92	17.67	14.10
最小値	0.16	0.19	1.41	1.12	0.92

評価結果(その3)　単位:m

評価地点	K	L	M	N	O
平均値	2.35	1.27	2.18	3.20	2.41
最大値	5.23	2.19	3.62	20.81	5.36
最小値	0.82	0.34	0.50	0.45	0.70

評価結果(その4)　単位:m

評価地点	P	Q	R	S
平均値	2.55	2.23	2.56	1.92
最大値	8.28	3.47	3.79	2.19
最小値	0.25	0.39	0.13	1.56

また，今回２台の模擬緊急車両を用いて位置情報の配信を行っているため，位置誤差評価として２台が同一ルートを走行したL～Sの区間において車載機の誤差評価を実施した．

車両１と車両２の評価結果を，それぞれ表７と表８に示す．

評価地点Nのみ大きな差異が発生していたが解析により停車中の位置誤差変動の影響と判明した．

結果として大きな誤差は見受けられなかった．

表7　車両別評価結果　車両1(その1)　単位:m

評価地点	L	M	N	O
平均値	1.13	2.32	1.90	2.75
最大値	1.96	3.56	2.97	5.36
最小値	0.63	1.56	0.85	0.70

車両別評価結果　車両1(その2)　単位:m

評価地点	P	Q	R	S
平均値	2.39	3.47	3.79	1.91
最大値	6.97	3.47	3.79	1.91
最小値	0.28	3.47	3.79	1.91

表8　車両別評価結果　車両2(その1)　単位:m

評価地点	L	M	N	O
平均値	1.41	2.04	4.47	1.99
最大値	2.19	3.62	20.81	4.89
最小値	0.34	0.50	0.45	0.77

車両別評価結果　車両2(その2)　単位:m

評価地点	P	Q	R	S
平均値	2.79	0.99	1.33	1.94
最大値	8.28	2.08	2.19	2.19
最小値	0.25	0.39	0.13	1.56

6　おわりに

本技術開発では，現状の管制システムへの影響を最小限に抑え，早期社会実装を可能とする構成で技術開発を実施した．２か年の成果は下記のとおりである．

2020年度は，機能・技術要件の詳細化を行い，下記の仕様書（案）等６本を策定した．

①GNSS優先信号制御技術要件書
②位置情報収集方法ガイドライン
③運行監視装置　通信アプリケーション規格（案）
④車載機　通信アプリケーション規格（案）
⑤都道府県警察モデルシステム仕様書（案）
⑥都道府県警察モデルシステム検証計画

2021年度には，優先信号制御実証実験を静岡市で実施．これまでの光ビーコンと比較して優先信号制御の有効性の向上を確認した．

また，「インフラ協調による高度な自動運転の実用化」実現に向け，東京臨海地区で緊急走行車両情報（模擬）配信実証実験を実施し，インフラからの配信情報が有効であることを確認した．

今後は早期社会実装へ向け，社会インフラ設備としての標準化を進めていく．

【参考文献】
(1) 一般社団法人UTMS協会：日本の交通信号史 その後の40年，p.54.
(2) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構：2020年度～2021年度成果報告書 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第２期／自動運転（システムとサービスの拡張）／GNSS（位置情報）等を活用した信号制御等に係る研究開発，2022年.

【本件問合せ先】
コイト電工株式会社 人事総務部，〒411-0932 静岡県駿東郡長泉町南一色720番地，055-955-5688，担当：稲毛光治，成島和子

2 交通環境情報の構築と活用

(2)交通環境情報の配信に係る技術開発

協調型自動運転のための通信方式の検討(概要)

Research for V2X Communication for Cooperative Driving Automation (Overview)

菅沼英明 (トヨタ自動車株式会社)
Hideaki Suganuma (TOYOTA MOTOR CORPORATION)

1 はじめに

自動運転社会の実現に向けた技術開発や法整備など,産官学による様々な取組が進められるなか,より安全かつ快適な自動運転の実現に向け,クルマ同士やクルマと道路交通インフラが協調する「協調型自動運転」に期待が寄せられている.しかし,協調型自動運転の実現に必要な通信方式に関しては,未だ統一された見解がなされていなかった.

日本においては,安全運転を支援するITS無線として700MHz帯の電波を活用したARIB-STD T109[(1)](以下,これを「700MHz帯ITS」と呼ぶ)が規定され,すでにサービスも実用化されている.このことから,700MHz帯ITSの拡張が協調型自動運転向け通信の早期実現に最も寄与するとの考えがある.一方,今割り当てられている周波数だけでは帯域幅が不足しないか,5.9GHz帯の電波を割り当てている欧米諸国と比べ,700MHz帯の電波を使用している日本は世界標準から取り残されてしまわないか,といった懸念も出されている.

グローバルな視点で見れば,多くの地域・国が5.9GHz帯をITS用の周波数として割り当てているが,5.9GHz帯を含む5GHz帯の電波は直進性が強く,見えない先の状態を検知したいITSには向かないのではないか,ETCをはじめとした他のシステムへの与干渉や無線LANの周波数拡張による被干渉などにより,用途や場所が限られるのではないか,何よりも5.9GHz帯は放送業者がFPU (Field Pickup Unit) として現在も利用中であり,業界を超えた周波数移行作業が必要になることから,日本の周波数事情に適さないのではないかといった意見もあり,結論は見えていなかった.

SIPでは自動運転の実現に向けて産学官が一堂に会して取り組む体制ができていることから,こういった背景を踏まえ,2019年度に「協調型自動運転通信方式検討タスクフォース(以下,本TF)」を立ち上げ,将来の通信方式を3年計画で検討した.以下,本TFの取組について述べる.

2 活動概要

2.1. 協調型自動運転の定義・目的・目標

本TFの活動はまず,TFが扱う協調型自動運転システムとは何かを定義し,その目標を定めるところからスタートした.これらを明確にすることは,TFでの議論を円滑に進めるうえで非常に重要である.

本TFでは協調型自動運転システムを,「自律型自動運転システムをベースに,車載センサ検知範囲外の情報の入手や自車が保有する情報の提供,及び車車間や路車間の意思疎通を通信で行うことで,より安全でスムーズな自動運転制御を可能とするシステム」と定めた.

また,本TFを立ち上げた目的は,「協調型自動運転のあるべき姿,実現までのロードマップを描き,国際

標準も考慮しつつ，オールジャパンとして最適な通信方式の方針を固める」ことであった．この目的を達成するための目標は，①協調型自動運転に適切な通信方式を提案すること，②協調型自動運転に必要な通信方式，及びその通信方式が必要となる時期を明記したロードマップを策定することとした．

2.2. 検討のステップ

2.1節に示した目標を達成するために，本TFでは実施事項をPhase Ⅰ～Ⅲの３つに分け，検討を行った．

Phase Ⅰ：検討のベースとするユースケースの整理
Phase Ⅱ：各ユースケースの通信要件の明確化
Phase Ⅲ：通信要件を満たす通信方式の検討
　　及びロードマップの策定

また，検討体制においては，ITS関係省庁の方にも検討を主体的に進める委員という立場で参加いただき，Phase Ⅱ以降の検討では，通信に知見のある方にも広く加わっていただくことで，検討内容の充実を図った．

これらの取組に関しては３章で述べる．また，本TFの検討メンバと大日程を図１に示す．

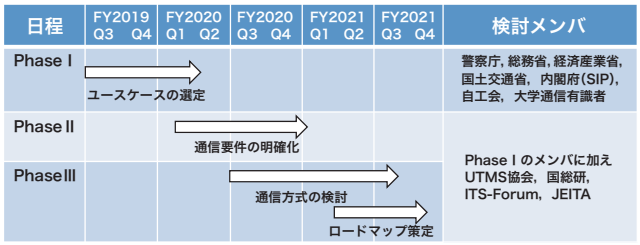


図１　TF検討メンバと大日程

3 通信方式の検討

3.1. ユースケースの選定

協調型自動運転を対象とした通信活用に関しては，国内外問わず多くのユースケースが提唱されている．ただしその中には，車載センサの代わりに通信を使うなど，明らかに通信という手段が目的化されているものや，今時点で通信以外の要素技術に大きな課題が見えており，通信の適用だけでは実現困難と思われるものも多く存在している．本TFではこういったユースケース全てを実装することは現実的でないと考え，将来に向けて実現することが想定されるユースケースを定めることとした．ただし，本TFが新たに全てのユースケースを考えるのでなく，世の中で提唱されているユースケースを集約・整理し，TFとして取り組むべきユースケースを選定するというやり方を採用した．実際のユースケースは，一般社団法人日本自動車工業会（以下，自工会）からの提案，及び2018年度に実施されたSIP自動運転における調査研究「自動運転システムにおけるV2X技術等を含む新たな通信技術の活用に関する調査」[2]の結果を用いた．自工会の提案は，自動運転車が走行可能となるために必須と考えられるユースケースであり，信号情報配信，合流支援，緊急車両存在通知などである．また，2018年度の調査研究には，欧・米・日本を含むアジアの協調型自動運転及び安全運転支援のプロジェクトで用いられたユースケースがまとめられている．

これらをもとにTFとしてのユースケース選定を行ったが，選定にあたっては以下の３点を重視した．

(1) 全ての交通参加者は基本的に法規を遵守する
(2) 自律型自動運転システムでは実現不可能である
(3) 協調型自動運転システムの定義で定めた①車載センサ検知外の情報の入手，②自車が保有する情報の提供，③車車間／路車間の意思疎通を目的とするユースケースに合致するもの

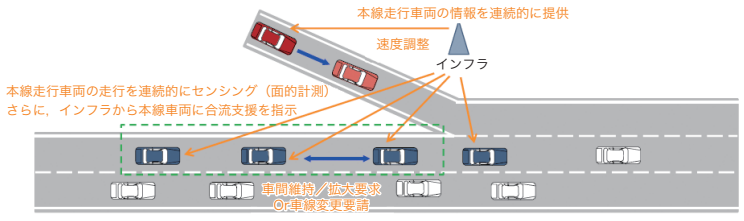
このように，グローバルに提唱されているユースケースの整理から，TFで取り組むべき25のユースケース（以下，SIP-UC）を選定した．SIP-UCの詳細は2020年９月に一般公開されている．[3]図２に，ユースケースの例として，路側管制による本線車両協調合流支援のユースケースを示す．

3.2. 通信要件の明確化

Phase Ⅱでは，ITS無線通信の規格・標準化に対して豊富な知見・経験を有するITS情報通信システム推進会議（以下，ITS Forum）の協力のもと，ITS Forum主体で通信要件の整理を行った．また，通信要件を定めるためには各サービスの詳細化が必要なため，SIP-UCに類似した技術検討や実証実験等を実施している研究団体等へのヒアリングも行った．各団体等から収集した情報をもとにITS Forumが定めた通信要件[4]の例として，路側管制による本線車両協調合流支援の通信要件を表１に示す．

機能分類	a. 合流・車線変更支援		
ユースケース名	a-1-3.路側管制による本線車両協調合流支援		
対象場所	高速道路+一般道	対象車両	オーナーカー
概要	本線走行車両の位置や速度等，面的に計測した情報を，インフラから合流車両に提供するとともに，インフラから本線車両側に車間調整等を指示し，合流の支援を行う．		

ユースケースイメージ



留意事項（通信要件等）			情報内容／データ区分	
通信	V2I		メッセージ	合流部到達時刻（本線車），車間調整要求
接続形態	1対多		センサデータ	速度，位置
制御用途	速度調整，車間調整		リッチコンテツ	−
即応性	要		データ量	小

図2　合流支援のユースケース例

表1　通信要件の例

機能分類	a. 合流・車線変更支援			
ユースケース	路側管制による本線車両協調合流支援			
No.	a-1-3			
メッセージ名	位置情報	管制要求	調定要求 更新要求	調定応答 更新応答
通信形態	V2I(I→V)	V2I(V→I)	V2I(I→V)	V2I(V→I)
通信相手	非特定車両	路側インフラ	特定車両	特定車両
対象エリア（最小範囲）	合流起点6秒前から合流起点まで	管制要求範囲内	管制要求範囲内	管制要求範囲内
エリアあたり送信台数	1台	1台	1台 (×管制数)	48台 (管制数，混雑時)
必要通信距離	連絡路: 66.7〜116.7m 本線: 111.1〜266.7m	66.7〜116.7m	連絡路: 66.7〜116.7m 本線: 111.1〜266.7m	連絡路: 66.7〜116.7m 本線: 111.1〜266.7m
最大相対速度	連絡路: 20〜70km/h 本線: 20〜120km/h	連絡路: 20〜70km/h 本線: 20〜120km/h	連絡路: 20〜70km/h 本線: 20〜120km/h	連絡路: 20〜70km/h 本線: 20〜120km/h
最大データサイズ	5236byte (4986+250) 想定台数: 184台	287byte (37+250)	273byte (23+250)	287byte (37+250)
周期型／非周期型	周期型	非周期型	非周期型	非周期型
送信周期	100ms	不定		
1パケットあたりPAR	PAR≧99% (仮)	PAR≧99% (仮)	PAR≧99% (仮)	PAR≧99% (仮)
無線区間許容遅延	規定しない	100msを想定	100msを想定	100msを想定

3.3. 通信方式の技術的検証

3.1節で選定したSIP-UCに対し，3.2節で定めた通信要件を適用することで，ユースケースの実現可否を通信の成立性の観点から評価した．評価では，SIP-UCの中で，明らかにV2N通信（V2N：Vehicle to Network）による広域への情報配信が適していると考えられる5つを除いた20のユースケースについて，以下の2つの通信方式の適用可否を検討した．

1）700MHz帯ITSの拡張

2）新たな通信方式の例としてのC-V2X(※)適用

※5.9GHz帯周波数の活用事例として採用

C-V2X（Cellular V2X：Xはeverythingの意）

実際の評価を行ったのは，本業務を受託した京セラ株式会社（以下，京セラ）と日本電気株式会社（以下，NEC）である．このうち700MHz帯ITSの評価は京セラが担当し，C-V2Xを題材とした新たな方式の評価，ロードマップ策定，全体まとめをNECが担当した．

これら京セラとNECが行った評価に関しては，本稿に続く第2章 (2) ①「協調型自動運転のユースケースを実現する通信方式の検討」に詳しいので，そちらを参照いただきたい．ここでは，検証結果を簡潔に述べる．

京セラが担当する700MHz帯ITSの評価では，20のSIP-UC全てを対象に，既存の安全運転支援ITSサービスに追加可能かを評価した．結果，クルマと路側インフラ間とで行うV2I通信（V2I：Vehicle to Infrastructure）のうち，路側インフラからクルマへの情報配信については全て実現可能であった．一方，クルマから路側インフラへの情報配信に関しては，一部要件を満たせなかった．また，クルマ同士が通信を行うV2V通信（V2V：Vehicle to Vehicle）に関しては，SIP-UCの中でV2V通信を想定した11のユースケースのうち8つが要件を満たせなかった．

要件が満たせなかったユースケースの特徴は，情報の送信元となるクルマが通信相手を特定し，個別の情報をやりとりする機能（これを「ネゴシエーション」

と呼んでいる)を必要とするものであった．ネゴシエーションの機能はブロードキャストを基本とする700MHz帯ITSにはない仕組みであり，このようなユースケースを実現するためには新たな通信方式や，場合によっては新たな通信帯域が必要となることが，今回の評価で確認できた．

一方のNECが担当するC-V2Xを用いた評価では，700MHz帯ITSの評価で実現ができなかったネゴシエーションによる合流支援や交差点周辺のサービスを題材とし，パケット到達率や受信レベル，遮蔽による影響などを中心とした評価を行った．結果，遮蔽による急激な通信状況の悪化や道路反射等の影響によるパケット到達率の落ち込みなど，要件を満たすことができないケースがあることを確認できた．

技術的検証結果をまとめると以下である．

・V2I通信のうち路から車への通信に関しては，全てのユースケースが700MHz帯域ITSの拡張により成立する
・V2I通信のうち車から路への通信の一部とV2V通信のユースケースは要件を未達
ユースケースの個別シーンごとの詳細な条件の見直しや新たな通信方式の適用が必要となる
・クルマ同士のネゴシエーション等，高度な通信を必要とするユースケースについては，C-V2Xによる評価でも要件を満たさなかった．

これらより，単純に新たな方式を追加しただけではSIP-UC全てを実現することは難しいことがわかり，「更なる検討が必要である」と結論づけた．

4 ロードマップの策定

本TFが定めたSIP-UCは，自動運転車を走らせるために必須となるものと，より安全・快適な走行をサポートするものに分類される．また，安全運転支援の延長で実現できるものや高度な仕組みを要するもの，さらにはITS関連省庁をはじめとした国の施策として既に位置づけられているものなど，その実現時期は様々である．そこでPhase Ⅲでは，関係する各方面の情報をもとに，SIP-UCそれぞれの展開時期を整理し，概ね5年程度のスパンをもって定めた．さらには，ユースケース実現には，単に技術だけでなく，法制度，ビジネスモデル，事業者間での役割と責任分担の明確化等，解決すべき課題は多岐にわたることから，本TFでは，SIP-UCの実現に必要な課題も同時に洗い出し，これらを含めた展開計画とした．

展開計画では，安全運転支援から自動運転に拡張できるユースケースや自動運転車両を走らせるために必須のユースケースは，概ね2025年ごろの実現を見込んでおり，700MHz帯ITSが活用できる．実現時期を2030年以降と想定した，より安全・快適な自動運転走行を実現するためのユースケースでは，先に示したネゴシエーション等の高度な通信が必要となり，新たな通信方式の導入や周波数帯域の確保が必要となる．これらを踏まえ，本TFでは図3に示すロードマップを策定し，以下の結論を導いた．

・ネゴシエーション等に対応する新たな通信方式が必要な時期を2040年ごろと想定
・2040年ごろに，例えば30％の協調型自動運転車普及を見込むのであれば，新たな通信方式を2030年ごろから導入する必要がある
・2030年以前の早期に開始するユースケースについては，700MHz帯ITSが活用できる

さらには，それぞれのユースケース実現のためには，本TFが行った通信方式の検討結果だけでなく，それ以外の多くの課題に対しても対応の目途がついていることが非常に重要となる．

なお，展開計画とロードマップに関しても，第2章(2)①「協調型自動運転のユースケースを実現する通信方式の検討」に詳しいので，そちらを参照いただきたい．

5 おわりに

本TFでは，通信を活用した協調型自動運転を実現するための25のユースケースを定めた．次にこのユースケースに適用すべき通信方式の検討を行い，各ユースケースの実現時期，解決すべき課題と併せてロードマップにまとめた．

自動運転を早期実現するためには，700MHz帯ITSを活用したユースケースの適用と，将来の高度な通信を必要とするユースケースを実現するための新たな通信方式に関する継続的な検討が必要である．

協調型自動運転のための通信方式の検討(概要)

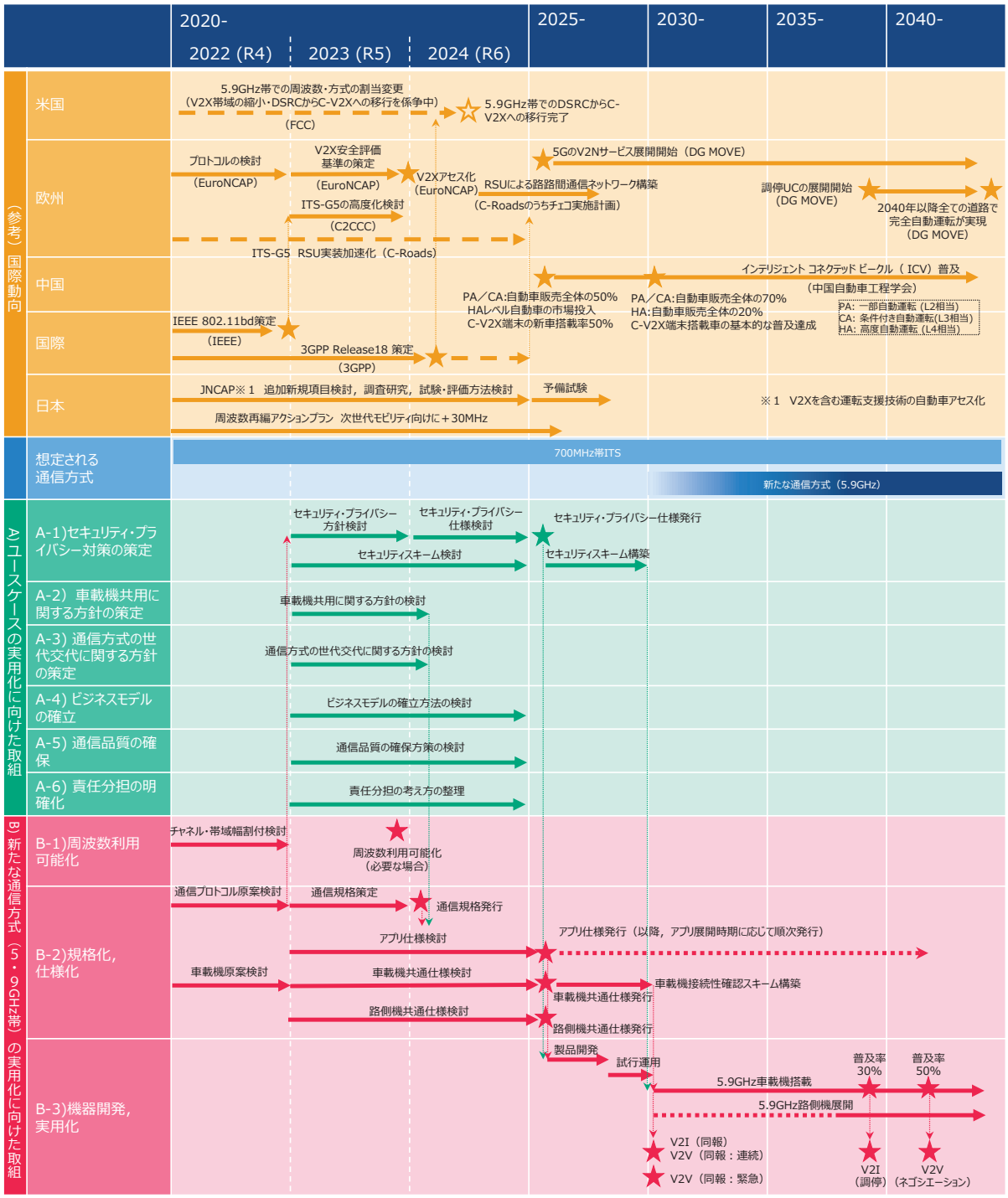


図3 協調型自動運転向け通信方式のロードマップ

今後は,今回定めたロードマップに従った着実な検討が進められることを期待する.

【参考文献】

(1) ARIB-STD T109 700MHz帯高度道路交通システム,https://www.arib.or.jp/kikaku/kikaku_tushin/desc/std-t109.html,(参照 2022.10.25)
(2) 自動運転システムにおけるV2X技術等を含む新たな通信技術の活用に関する調査,2019,https://www.sip-adus.go.jp/rd/rddata/rd02/204_s.pdf,(参照 2022.10.25)
(3) SIP協調型自動運転ユースケース 第1版,2020,https://www.sip-adus.go.jp/rd/rddata/usecase.pdf,(参照 2022.10.25)
(4) ITS Forum RC-017 SIP協調型自動運転ユースケースに関する通信シナリオ/通信要件の検討資料,2022,https://itsforum.gr.jp/Public/J7Database/p70/ITS_FORUM_RC-017_v10.pdf,(参照 2022.10.25)

【本件問合せ先】

トヨタ自動車株式会社 コネクティッドカンパニー コネクティッド統括部 ITS推進室,〒112-8701 東京都文京区後楽1-4-18,050-3165-1695,担当:菅沼英明

(2)交通環境情報の配信に係る技術開発

①協調型自動運転のユースケースを実現する通信方式の検討

Research on Communication Methods to Realize Cooperative Automated Driving Use Cases

木村聡，布本剛史（日本電気株式会社），小川真人，小西友明（京セラ株式会社）
Satoshi Kimura, Takeshi Nunomoto (NEC Corporation), Masato Ogawa, Tomoaki Konishi (KYOCERA Corporation)

（概要）本事業は，協調型自動運転通信方式検討タスクフォースにて策定されたV2Xの活用が期待される協調型自動運転ユースケースについて，無線通信技術への具体的な要求仕様等，通信に関する技術的な実現性の検討，検証及び実証を踏まえ，自動運転社会の実現に必要な通信技術の社会実装時期のロードマップを策定することを目的として実施した．具体的には，ユースケースに対する通信要件の検討，無線通信システムの一つであるセルラーV2X方式による対応可否の検証及び課題解決の対応策立案及び妥当性の検証，既存の無線通信システムである700MHz帯高度道路交通システムによる対応可否の検証及び課題解決の対応策立案，自動運転社会の実現に必要な協調型自動運転に関する通信要件のロードマップ案の策定を実施した．

キーワード：協調型自動運転，V2X，セルラーV2X（C-V2X），700MHz帯ITS

1 協調型自動運転のユースケースを実現する通信方式の検討（セルラーV2X方式）

1.1. 概要

協調型自動運転通信方式検討タスクフォース（以下，検討TF）で策定されたSIP協調型自動運転ユースケース[(1)]（以下，SIP-UC）に基づき，ITS情報通信システム推進会議 高度化専門委員会 無線方式検討タスクグループ（以下，無線方式検討TG）と共同でSIP-UCに対する技術要件及び通信要件を検討した．その通信要件に対し，無線通信システムの一つであるセルラーV2X方式を適用した場合の対応可否の検証及び課題解決の対応策立案及び妥当性の検証を実施した．（V2X：Vehicle to X, V2I：Vehicle to Infrastructure, V2V：Vehicle to Vehicle, V2N：Vehicle to Network）

1.2. 通信要件の検討

SIP-UCに対し，無線方式検討TG及びSIP-UCのそれぞれのユースケースに関係する団体，企業との議論を通じ，ユースケースの実現に際し求められる技術要

表1　通信要件の例

機能分類	a.合流・車線変更支援					
ユースケース	予備加減速合流支援	本線隙間狙い合流支援	路側管制による本線車両協調合流支援			
No.	a-1-1	a-1-2	a-1-3			
メッセージ名	位置情報	位置情報	位置情報	管制要求	調停要求／更新要求	調停応答／更新応答
通信形態	V2I(I → V)	V2I(I → V)	V2I(I → V)	V2I(V → I)	V2I(I → V)	V2I(V → I)
通信相手	非特定車両	非特定車両	非特定車両	路側インフラ	特定車両	特定車両
対象エリア(最小範囲)	合流起点6秒前から合流起点6秒前と合流起点の中央まで	合流起点6秒前から合流起点まで	合流起点6秒前から合流起点まで	管制要求範囲内	管制要求範囲内	管制要求範囲内
エリアあたり送信台数	1台	1台	1台	1台	1台(×管制数)	48台(管制数，混雑時)
必要通信距離	33.9～59.3m（国総研仕様書：95m）	67.8～118.6m	連絡路:67.8～118.6m 本線:112.5～270.0m	67.8～118.6m	連絡路:67.8～118.6m 本線:112.5～270.0m	連絡路:67.8～118.6m 本線:112.5～270.0m
最大相対速度	連絡路：20～70km/h	連絡路：20～70km/h	連絡路：20～70km/h 本線：20～120km/h	連絡路：20～70km/h 本線：20～120km/h	連絡路：20～70km/h 本線：20～120km/h	連絡路：20～70km/h 本線：20～120km/h
最大データサイズ	1510byte 想定:46台	2752byte 想定:92台	5236byte 想定:184台	287byte	369byte	287byte
周期型もしくは非周期型	周期型	周期型	周期型	非周期型	非周期型	非周期型
送信周期	100ms	100ms	100ms	不定		
1パケットあたりPAR	PAR≧99%(仮)	PAR≧99%(仮)	PAR≧99%(仮)	PAR≧99%(仮)	PAR≧99%(仮)	PAR≧99%(仮)
無線区間許容遅延	規定しない	規定しない	規定しない	100msを想定	100msを想定	100msを想定

PAR: Packet Arrival Rate

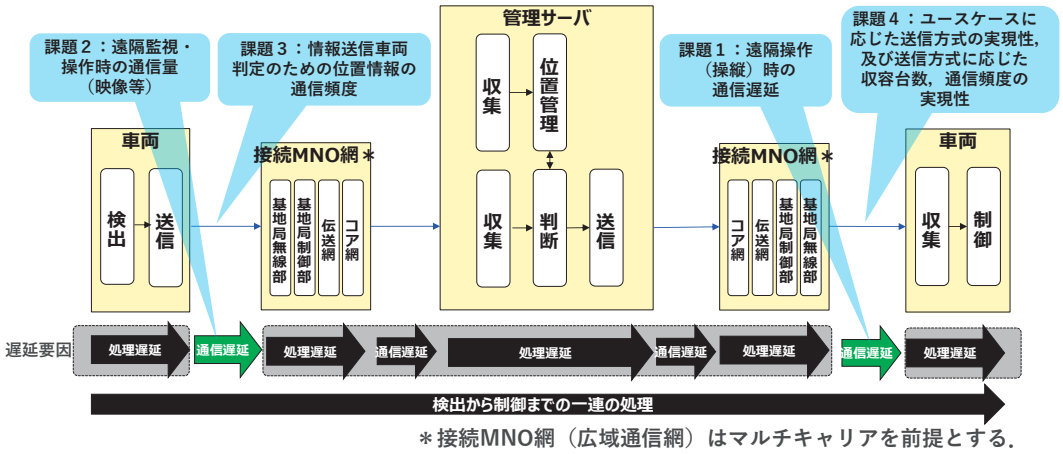


図１　通信要件の実現上の課題

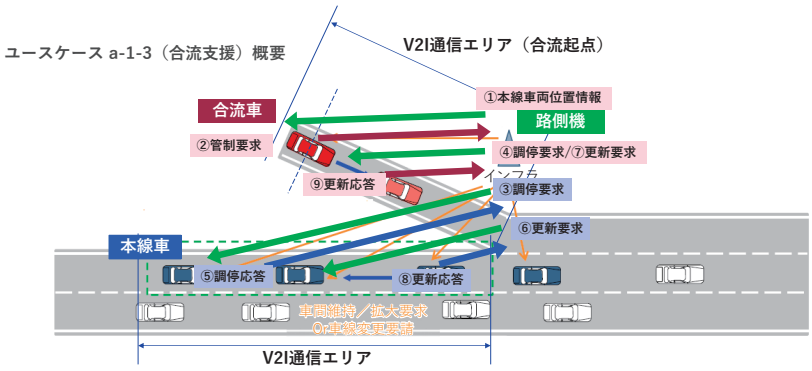


図２　合流支援における通信モデル

件（路車での機能分担，通信機能等）及び通信要件（通信シーケンス，メッセージ内容，通信性能等）を無線方式検討TGとの協働により規定した．合流・車線変更支援に関するユースケースに対する通信要件の例を表１に示す．

検討した結果は，無線方式検討TGによりSIP-UCに関する通信シナリオ／通信要件の検討資料[(2)]として策定された．

表２　各課題への対応策案

課題	検討事項	方策案概要
課題１：遠隔操作（操縦）時の通信遅延	・通信遅延低減（V⇔N）	・無線通信の優先度制御 ・専用周波数帯域の確保 ・End-to-Endでの専用帯域の確保（スライシング等）
課題２：遠隔監視・操作時の通信量（周辺映像等）	・通信遅延低減（V→N）	・無線通信の優先度制御 ・アップリンク（V→N）通信容量の確保 ・専用周波数帯域の確保 ・End-to-Endでの専用帯域の確保（スライシング等）
課題３：情報送信車両判定の位置情報の通信頻度	・通信頻度低減（V→N）	・送信方式ごとの実現性検討（ユニキャスト，マルチキャスト，ブロードキャスト）
課題４：ユースケースに応じた送信方式の実現性，送信方式に応じた収容台数，通信頻度実現性	・通信量低減（N→V）	

V：Vehicle，N：Network

1.3. 広域通信に関する検討

広域通信網を利用するSIP-UCのそれぞれのユースケース（d. 先読み情報：走行計画変更，f. インフラによる情報収集・配信等）に対し，通信要件の実現上の課題を整理し，その課題の対応策を机上検討した．通信要件の実現上の課題を図１に，各課題への対応策案を表２に示す．

1.4. 狭域通信に関する検討

狭域通信（路車間，車車間）を利用する各ユースケースに対し，通信要件の実現上の課題を整理し，その課題に対し，セルラーV2Xの通信シミュレーション（5.9GHz，10MHz帯域幅）を通じ通信性能を検証し，

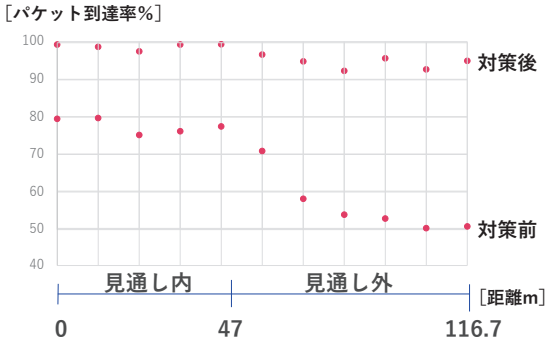


図３　通信シミュレーション結果例

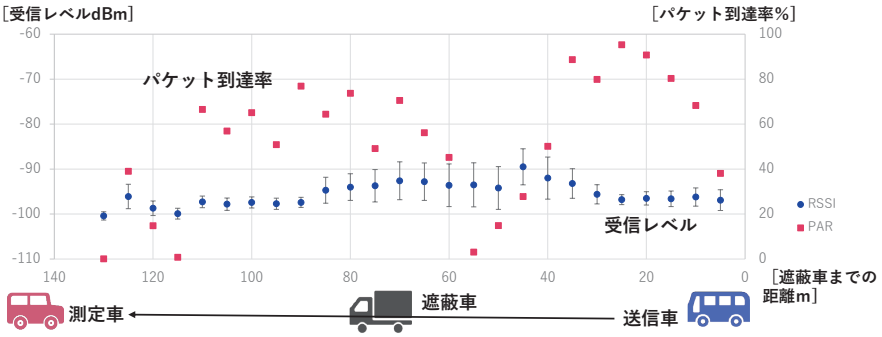


図4　遮蔽車によるシャドウイングの影響の実証結果例

対応策案を机上検討した．検証に際しては，代表的なユースケース２例（①合流支援，②交差点周辺）を取り上げ実施した．図２に一例として合流支援における通信シミュレーションの際の通信モデルを示す．

通信シミュレーションを通じ通信要件実現のための課題が明らかになり，その対策を含めた再評価を実施した．図３に一例として当初のシミュレーション結果（距離に応じたパケット到達率）とパケット到達率の低下の要因と想定された要因（路側機における送受信タイミング競合による受信不能，車両送信におけるパケット衝突（隠れ端末の影響））に対する改善策（路側機の送信メッセージの集約，車両遮蔽損失の影響の低減）を対策後のシミュレーション結果を示す．

またシャドウイング及び通信輻輳の影響といった，無線通信を実フィールドで実証し，検証が必要な事項に関し，テストコースで車両及びセルラーV2X通信機を配した通信性能評価の実証を行った．通信性能として，①遮蔽車によるシャドウイングの影響，②通信量に応じた通信輻輳の影響を評価した．図４に一例として遮蔽車によるシャドウイングの影響の実証結果を示す．

狭域通信に関する検討として，通信シミュレーション結果及び実証結果より，以下のことが確かめられた．

1) 単独ユースケースを実現するため，様々な通信要件の通信が混在し相互影響が生じる
2) 同じ場所で複数ユースケースを実現するため，様々な通信要件の通信が混在し相互影響が生じる

実運用においては，無線通信環境（シャドウイング，マルチパス等），走行車両環境（台数，車間）が一義に特定あるいは制限できるものではなく，想定と異なる環境下において通信が生じた場合，通信が輻輳し，結果として相互影響による通信遅延，通信未達が生じ得る．そのための方策検討が求められる．具体的には，１）通信レイヤでの通信輻輳制御に加えた，無線通信環境，走行車両環境等に応じたアプリケーションレベルでの通信輻輳制御を行うことでの通信輻輳の影響の低減，２）通信エリア（車線，道路の上下線等），もしくは通信内容に応じた通信チャネルの割当を行うことでの通信輻輳の影響の低減が考えられる．

2 協調型自動運転のユースケースを実現する通信方式の検討（700MHzITS）

2.1. 概要

１章と同様に検討TFで策定されたSIP-UCのうちV2I，V2Vの対象である20ユースケース（表３参照，以下ユースケース名を記号で記す．）において，無線方式検討TGのSIP-UCに関する通信シナリオ／通信要件の検討資料[(2)]の通信要件に基づき，700MHz帯高度道路交通システム（以下，700MHz帯ITS）での対応可否の検証及び課題解決の対応策立案を，机上検討及びシミュレーションにより実施した．

2.2. 机上検討

机上検討ではリンクバジェットの観点で通信品質，送信時間制約，路側機設置制約，メッセージセットの評価を実施した．

通信品質，送信時間制約評価において，意思疎通が必要なユースケースの一部（a-1-3，a-1-4，a-2，a-3）はエリアあたりの送信台数が原因で送信時間制約評価が未達であった．電子牽引による後続車無人隊列走行（g-1）のユースケースは緊急時の送信周期が20msと通信要件に定められているが，700MHz帯ITS規格ARIB STD-T109では通信周期を100ms周期と規定しているため，通信要件未達とした．その他のユースケースでは通信要件を達成した．

路側機設置制約評価において，路側機の無線送信スロット（以下，スロット）割当を検討した結果，SIP-

UCに必要な４スロットが確保可能となった．よって，路車間・路路間通信は700MHz帯ITSサービスにSIP-UCを加えてもスロット割当が成立することを確認した．

メッセージセット評価において，700MHz帯ITSのメッセージにSIP-UCのメッセージセットが追加可能かの検討を行った結果，ITS Connect TD-001 [3] の自由領域（オプションの領域）を活用することでSIP-UCの車載機メッセージセットが追加可能なことを確認した．

2.3. シミュレーション

SIP-UCが700MHz帯ITSで対応可能かを確認するために複数の路側機，車載機から送信される電波が相互に干渉し合うシミュレーション環境を構築した．図５にSIP-UC検討モデルを示す．道路モデルは既存モデルシミュレーション [4] の中で最も路側機設置密度が高い300m面配置に高速道路の本線及び連絡路を配置したものとした．

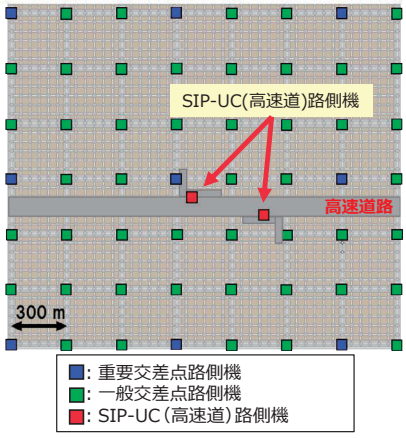


図５　SIP-UC検討モデル

表３　シミュレーション結果

SIP-UC名	700MHz帯ITSでの対応可否
a-1-1. 予備加減速合流支援	○
a-1-2. 本線隙間狙い合流支援	○
b-1-1. 信号情報による走行支援（V2I）	○
c-1. 前方での急停止，急減速時の衝突回避支援	×
c-2-1. 交差点の情報による走行支援（V2V）	×
c-2-2. 交差点の情報による走行支援（V2I）	○
c-3. ハザード情報による衝突回避支援	×
d-1. 異常車両の通知による走行支援	○
d-2. 逆走車の通知による走行支援	○
d-3. 渋滞の情報による走行支援	○
d-4. 分岐・出口渋滞支援	○
d-5. ハザード情報による走行支援	○
e-1. 緊急車両の情報による走行支援	×
f-2. 交通流の最適化のための情報収集	○
a-1-3. 路側管制による本線車両協調合流支援	×（V2IはO）
a-1-4. 車同士のネゴシエーションによる合流支援	×
a-2. 混雑時の車線変更の支援	×
a-3. 渋滞時の非優先道路から優先道路への進入支援	×
g-1. 電子牽引による後続車無人隊列走行	×
g-2. 追従走行並びに追従走行を利用した後続車有人隊列走行	×

表３にシミュレーション結果を示す．

SIP-UC路車間通信（a-1-1，a-1-2，a-1-3，b-1-1，c-2-2，d-1～d-5）とSIP-UC車路間通信の一部（d-1～d-4，f-2）は，無線方式検討TG提示の通信要件を達成した．SIP-UC車車間通信（a-1-4，a-2，a-3，c-1，c-2-1，c-3，e-1，g-1，g-2）とSIP-UC車路間通信の一部（a-1-3）は無線方式検討TG提示の通信要件を達成することができなかった．この原因は，700MHz帯ITSの車載機送信時の無線方式であるCSMA/CAにおいて，車載機A及びBが互いにキャリアセンス範囲外に位置し互いの送信タイミングを把握していない場合において，車載機A及びBが同タイミングで送信すると，それぞれの送信メッセージが到達する位置ではメッセージが衝突する問題（隠れ端末問題）が発生するためと考えられる．

2.4. 課題と対策

2.2，2.3節の結果より，無線方式検討TG提示の通信要件未達となったユースケースに対し，課題の抽出と対策立案を行った．

無線方式検討TGから提示された通信要件は，サービス要件の詳細が未確定な状態であり，より厳しい要件となっている．当該通信要件を詳細に確認していくなかで，SIP-UCそれぞれに対する適用シーンや情報収集手段など自動運転に関するサービス要件について更なる整理が必要であることがわかった．対策としては，各ユースケースを検討した関連団体と連携し，サービス要件の更なる具体化を図り，実用的・最適な通信要件を定めていくことが挙げられる．

意思疎通が必要なSIP-UC a-1-3，a-1-4，a-2，a-3については，700MHz帯ITSの通信方法がブロードキャストであるため意思疎通への対応は困難である．対策として下記２つを提案する．

案１）新たな通信方式のみ

周囲状況の認知（位置や速度情報等）も含めて新たな通信方式で行う．この場合，帯域幅や伝搬性の検討が必要である．また既存の安全運転支援サービスとの関係（共存の場合，コストと搭載のインパクトが大きい．新方式への移行は車両の展開・普及，品質担保が課題）の検討が必要である．

案２）700MHz帯ITS＋新たな通信方式

周辺状況の認知（位置や速度情報等）を700MHz帯ITSで行い，その後の意思疎通のシーケンスは新たな通信方式で行う「ベーシックメッセージ＋高度化メッセージ」の考え方を導入する．

上記について今後検討を行う必要がある．

システム実用化に向けて，メッセージセットの規格化，スロット割当配置ルール，セキュリティの要件などを定義することが課題となる．対策は各関連団体と協議しガイドライン策定や規格化の推進が挙げられる．

g-1のユースケースは，急制動時（緊急時）の20ms周期送信が課題となる．対策として，ARIB STD-T109の規格変更，あるいはユースケース要件の深掘りによる要件変更が挙げられる．

2.5. 今後の展望

2.5.1. 長期的な活用が可能である700MHz帯ITSの実証実験・社会実装推進

本研究開発ではSIP-UCに関して，机上検討，シミュレーションを通じて700MHz帯ITSでの対応可否を検証した．意思疎通が必要なSIP-UC a-1-3，a-1-4，a-2，a-3以外の多くのユースケースで扱う車両の位置，速度，方向などといった基本情報は，現在利用されている700MHz帯ITSサービスと同一である．また，700MHz帯波の遠くまで届き回り込む特性は，見通しが悪いといった日本の道路事情や車両におけるアンテナ設計等に対しても非常に有利であると言われている．よって，国際動向を踏まえつつ700MHz帯ITSは協調型自動運転向けにも最大限活用することが重要であると考える．そのためには，各SIP-UCに対して，道路状況など様々な状況を踏まえた，より詳細なサービス要件や，そこから求められる通信要件をしっかり定義すること，ユースケースのロードマップに従い，自動運転車両を走らせるために必須のサービスを優先し，これを着実に社会実装しつつ，通信に関してもより高度化を図ることが求められる．

2.5.2. 意思疎通が必要なSIP-UCの実現時期を想定し，新たな通信方式を検討

意思疎通が必要なSIP-UC a-1-3，a-1-4，a-2，a-3は，情報配信を想定したブロードキャストである700MHz帯ITSでは対応が困難であるため，意思疎通を行うための双方向通信ができる新たな通信方式での対応が必要である．しかしながら意思疎通を行うためには通信要件の深掘り，新たな通信方式の検討など多くの課題が残されているため更なる検討が必要である．今後も継続して検討を行うなかで，「ベーシックメッセージ＋高度化メッセージ」の考え方を取り入れた案も含めて新たな通信方式についての議論が重要であると考えられる．

3 自動運転社会の実現に必要な通信技術の社会実装時期のロードマップ策定

3.1. 概要

ロードマップの策定にあたり，関係府省庁及び団体により既に策定されている計画や各所の取組事例等をもとに，SIP-UCの各ユースケースの実現時期を設定し，実現時期を時系列に列挙したユースケース展開計画を整理した．続いて，１章及び２章で述べたユースケースの通信要件実現上の課題を考慮し，展開計画の実現に必要な事項を整理した．以上を踏まえ，展開計画の実現に必要な実施事項を時系列上にロードマップとして取りまとめた．

3.2. ユースケース展開計画の検討

ユースケース展開計画の検討にあたり，各ユースケースに適用される通信方式（路車間通信：V2I，車車間通信：V2V，広域通信：V2N）を検討TFでの協議を通じ，想定し検討を進めた．またユースケースは基本的に協調型自動運転として実現されるものであるが，一部のユースケースは先行して安全運転支援に供することも考えられるため，展開計画においては，協調型自動運転と安全運転支援に分けて整理した．以上を踏まえ，関係府省庁及び団体により既に策定されている計画や各所の取組事例等をもとに，各ユースケースの実現時期を設定し，実現時期を時系列に列挙したユースケース展開計画を整理した．図６～８に通信方式ごとのユースケース展開計画を示す．

3.3. ユースケース展開計画の実現に向けた実施事項

１章及び２章で述べたユースケースの通信要件実現上の課題を踏まえ，展開計画の実現に必要な事項を整理した．ユースケース展開計画の実現に際し，以下の２つに区分し実施事項を整理した．

A) 各種の論点について関係主体間で検討・議論し方向性を明確化（詳細は図９に示す）

通信メディアごとの各ユースケースの展開と想定される通信要件：V2I

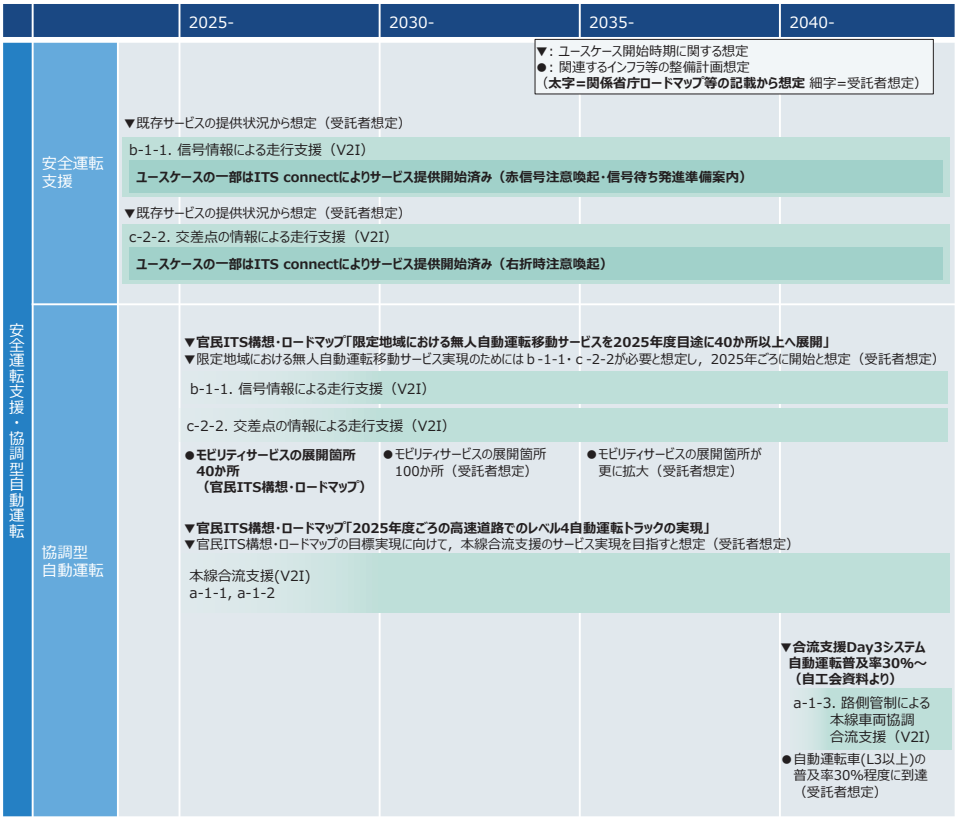


図6　ユースケース展開計画(V2I)

通信メディアごとの各ユースケースの展開と想定される通信要件：V2V

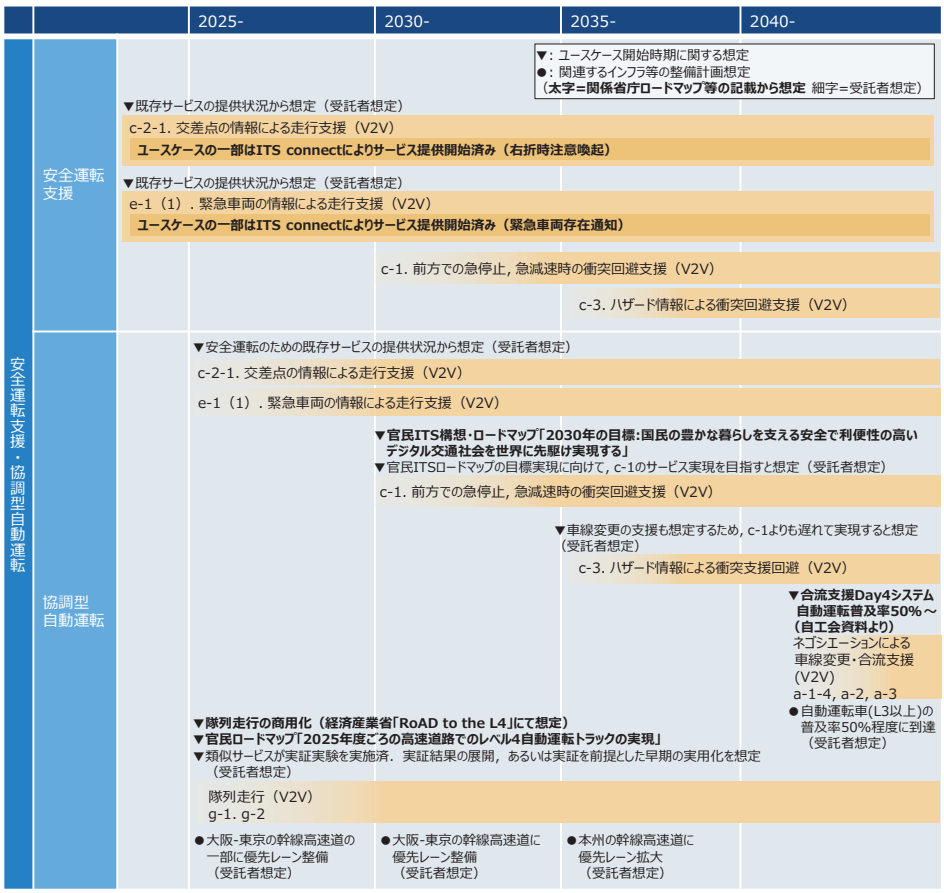


図7　ユースケース展開計画(V2V)

図8　ユースケース展開計画(V2N)

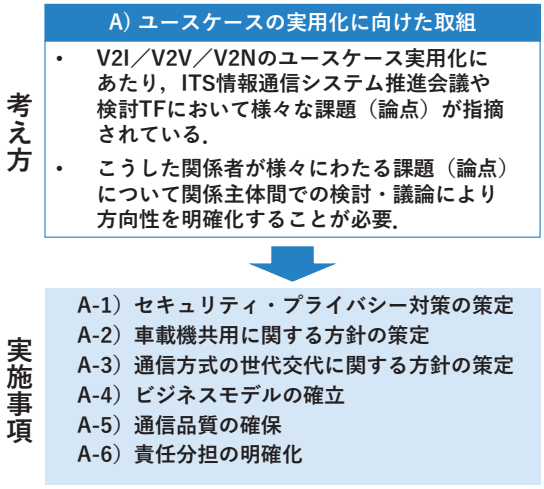


図9　ユースケースの実用化に向けた取組

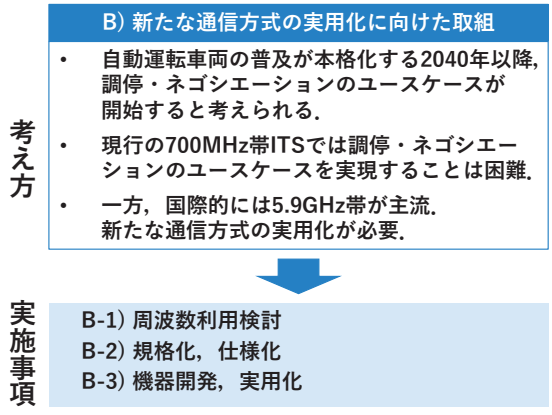


図10　新たな通信方式の実用化に向けた取組

B) 新たな通信方式（例えば5.9GHzの適用など）を実用化（詳細は図10に示す）

なおA) の取りまとめに際しては，ITS情報通信システム推進会議 高度化専門委員会 セルラーシステムTGにおける検討結果[(5)]を参照した．

3.4. ロードマップの策定

これまでの検討結果を踏まえ，25のSIP-UCを全て実現するためには，V2I及びV2Vについて2040年ごろに新たな通信方式が必要であること，新たな通信方式をユースケース展開計画で想定する2040年に30%の協調型自動運転車に装着されるために，2030年ご

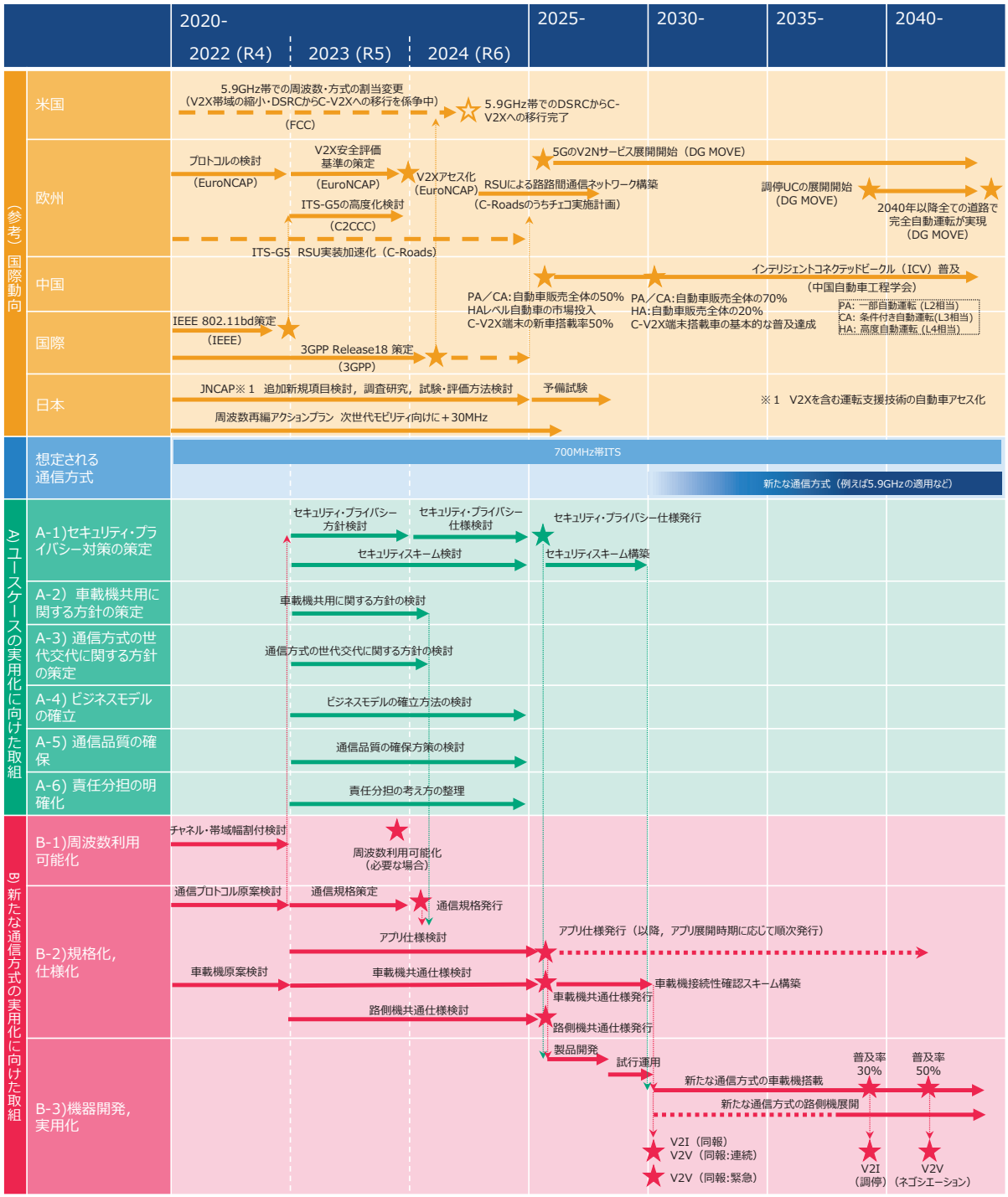


図11　ロードマップ案

ろ（自動運転が普及し始める時期）から新たな通信方式の整備が必要であること及び早期に開始するユースケースについては，既存のITS無線通信システムである700MHz帯ITSを活用すると考えられることを踏まえ，ユースケース展開計画実現のための実施事項を詳細化し，自動運転社会の実現に必要な協調型自動運転に関する通信要件のロードマップ案を策定した．ロードマップ案を図11に示す．

4　おわりに

無線通信システムの一つであるセルラーV2X方式による対応可否の検証及び課題解決の対応策立案及び妥当性の検証を通じ，SIP-UCの実現に向けた課題解決の方向性を見極めた．

既存の無線通信システムである700MHz帯ITSによる対応可否の検証及び課題解決の対応策立案を通じ，

700MHz帯ITSの長期活用がSIP-UCの実現への有効な手段であることを示した.

上記を踏まえ策定したロードマップ案は，検討TFの中で，学識経験者，関係省庁，業界団体（自動車業界，電機業界）等のメンバとの間で議論を重ね，通信に関する2021年10月～2022年３月現在の技術開発動向，実用化動向を踏まえて取りまとめたものである．協調型自動運転を実現していくために必要な新たな通信方式（例えば5.9GHzの適用など）の実用化時期を2030年ごろと想定し，その実用化に向けた周波数利用検討，規格化・仕様化，機器開発・実用化の取組が必要である．またユースケース自体の実用化に向けては，提供サービスに関するセキュリティやプライバシー対策，車載機の共用に関する方針，機器の世代交代に関する方針，ビジネスモデル，通信品質の確保，責任分担等といった関連する多様な課題についても関係主体で議論し，方向性を明確化していくことが必要である．

今後ロードマップ案やユースケースを起点とし，通信のみならず車両やインフラも含めた関係各所においてそれぞれ役割を分担して検討を行い，また業界横断で議論・連携を深めることで，協調型自動運転の実現に向けた取組が推進されることが期待される．

【参考文献】
(1) 協調自動運転通信方式検討TF：SIP協調型自動運転ユースケース 2019年度協調自動運転通信方式検討TF活動報告，https://www.sip-adus.go.jp/rd/rddata/usecase.pdf，（参照 2022.12.12）
(2) ITS情報通信システム推進会議：SIP協調型自動運転ユースケースに関する通信シナリオ／通信要件の検討資料，ITS FORUM RC-017 1.0版，ITS情報通信システム推進会議，2022，https://itsforum.gr.jp/Public/J7Database/p70/ITS_FORUM_RC-017_v10.pdf，（参照 2022.12.12）
(3) ITS Connect推進協議会：ITS Connect TD-001 1.1版，ITS Connectシステム 車車間通信メッセージ仕様，2018，https://www.itsconnect-pc.org/_img/about/td_001.pdf，（参照 2022.12.12）
(4) 情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会：情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会報告 平成21年７月28日付諮問2029号「ITS無線システムの技術的条件」のうち「700MHz帯高度道路交通システムの高度化に関する技術的条件」について，2017.
(5) ITS情報通信システム推進会議 セルラーシステムTG：セルラー通信技術を用いたITS・自動運転の高度化に向けた課題調査報告書 補足資料 SIP協調型自動運転ユースケースに対する課題調査報告，ITS情報通信システム推進会議，2022，https://itsforum.gr.jp/Public/J7Database/p69/Cellular_system_202205.pdf，（参照 2022.12.12）

【本件問合せ先】
日本電気株式会社 クロスインダストリー事業開発部門，〒108-8001 東京都港区芝５- ７- １，03-3454-1111（代表），担当：木村聡

京セラ株式会社 研究開発本部 システム研究開発統括部 高度交通システム研究開発部，〒220-0012 神奈川県横浜市西区みなとみらい３- ７- １，045-605-7189，担当：小川真人

②V2X技術等を含む新たな通信技術開発

Development of New Technologies, V2X and Others, for Communication

浅野欽也，中林昭一（沖電気工業株式会社），木村聡，大塚昌弘（日本電気株式会社）
Kinya Asano, Shoichi Nakabayashi (Oki Electric Industry Co., Ltd.), Satoshi Kimura, Masahiro Ohtsuka (NEC Corporation)

（概要）本検討では，SIP第2期の研究開発で得られた，協調型自動運転ユースケースに対する無線通信技術への具体的な要求仕様を策定したロードマップに基づき，協調型自動運転の実現に向け，5.9GHz帯の電波を用いた場合のV2Xシステムの導入に係る課題解決及び検討を加速化するため，その導入に必要となる通信プロトコルを含めた無線機の仕様を案出した．

キーワード：協調型自動運転，V2X，セルラーV2X（C-V2X），DSRC（専用狭域通信），通信プロトコル

1 検討スコープ

1.1. 全体像

SIP第２期として実施された研究開発「協調型自動運転のユースケースを実現する通信方式の検討」では，協調型自動運転ユースケース[(1)]（以下，ユースケース）に対する無線通信技術への要求仕様等，通信に関する技術的な実現性の検証結果，並びに今後進化すると予想される通信技術を想定したうえで各々のユースケースとそれぞれの無線通信技術への具体的な要求仕様を策定したロードマップ（以下，ロードマップ）が得られた．

本検討では，上記の検証結果やロードマップの検討結果に基づき，5.9GHz帯の電波を用いた場合のV2Xシステム（以下，5.9GHz帯V2Xシステム）の導入に係る課題解決及び検討を加速化するため，その導入に必要となる通信プロトコルを含めた無線機の仕様を案出した．（V2X：Vehicle to X，V2I：Vehicle to Infrastructure，V2V：Vehicle to Vehicle）

1.2. 実施項目と成果目標

以上の中長期的な視野を踏まえ，図１に示す調査検討項目を実施した．以下に各項目の成果目標を示す．

a) 国際動向調査

米国，欧州及び中国等の国及び地域における5.9GHz帯V2Xシステムの通信プロトコル，メッセージセット及び関係する通信仕様に関し，制度化・規格化動向を調査・分析した．

b) 通信プロトコルの案出に向けた検討

ITS情報通信システム推進会議にて検討されている通信要件及びメッセージセット[(2)]，ロードマップの検討結果等を踏まえ，通信プロトコルの技術的検討に必要な5.9GHz帯V2Xシステムの通信要件を検討した．

c) 通信プロトコル案の設計

通信シミュレーションによる評価結果を踏まえ，5.9GHz帯V2Xシステムの通信プロトコルの設計を行い，通信手順，プロトコルスタック等の通信プロトコル案及びメッセージセット案としてまとめた．

d) 無線機仕様の案出

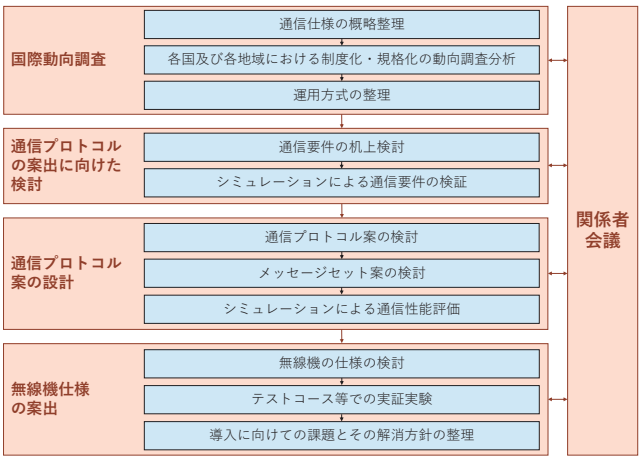


図1　調査検討項目

実運用に向けて必要となる機能や，既存無線システムとの連携等を考慮し，5.9GHz帯V2Xシステムの車載器及び路側機の仕様を案出し，導入に向けての課題とその解消方針と併せて整理した．

また，本検討では，図２に示す関係者会議にて，検討結果，課題に関する確認，議論を随時実施し，それら結果を適切に反映することに努めた．

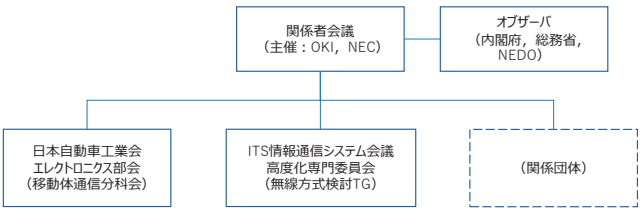


図2　関係者会議体制

2 国際動向調査

協調型自動運転ユースケース[(1)]について，無線通信技術に関する具体的な実施事項をロードマップとして策定した．そのロードマップの検討結果を踏まえ，米国，欧州及び中国を含む世界の国及び地域における交通環境等に応じた5.9GHz帯V2Xシステムの通信プロトコル（通信手順やスタック等），メッセージセット及び関係する通信仕様に関し，制度化・規格化動向を最新かつ網羅的に調査・分析した．調査・分析した結果は，３～５章で述べる検討に資するものである．調査対象とする各地域の標準化団体の仕様等は図３のとおりである．

3 通信プロトコルの案出に向けた検討

国際動向調査結果，ITS情報通信システム推進会議高度化専門委員会 無線方式検討TG（以下，無線方式検討TG）が策定した通信シナリオ／通信要件の検討資料[(2)]，ロードマップの検討結果等を踏まえ，700MHz帯安全運転支援システムとの連携を考慮し，通信プロトコルの技術的検討に必要となる，以下に示す5.9GHz帯V2Xシステムの通信要件を検討した．検討結果は，４，５章で述べる検討に資するものである．

(1) 通信チャネルの割当

ユースケースが利用する通信メディア（V2I，V2V），通信内容（同報，調停・ネゴシエーション）等に基づき，ユースケースをグループ化し，特定条件下でのケーススタディに基づく通信量の試算を踏まえ，各グループに対する通信チャネルの割当案を検討した．ユースケースのグループ化の考え方を図４に示す．

(2) 上位層における通信輻輳制御方式

SAE，ETSI等における仕様例，通信チャネルの割当案の検討結果等を踏まえ，上位層における通信輻輳制御方式案を検討した．

上位層における通信輻輳制御方式例を図５に示す．

(3) 交通流シミュレーションを通じた効果検証

(1)，(2) の検討結果を踏まえ，ユースケースにおける5.9GHz帯V2Xシステムの効果を，700MHz帯高度道路交通システムが運用されている場合とされていない場合を含め，交通流シミュレーションにより検証した．

		SAE（米国）		ETSI（欧州）		CCSA（中国）
全体		[DSRC] SAE J2945	[C-V2X] SAE J3161	[DSRC] ETSI TS302 665	[C-V2X] ETSI TS103 723	[C-V2X] YD/T 3400
プロファイル	アプリケーション・ファシリティ	[BSM ほか] SAE J2735		[CAM／DENM] ETSI EN302 637		[BSM ほか] YD/T 3709
	トランスポート・ネットワーク	[WSMP] IEEE 1609.3		[GeoNetwork] ETSI EN302 636-5 [DSRC] ETSI EN302 636-4-1	[C-V2X] ETSI TS102 636-4-3	[DSMP] YD/T 3707
	アクセス	[DSRC] IEEE 1609.4 IEEE 802.11p	[C-V2X] 3GPP TS23.285	[DSRC] EN302 663 IEEE 802.11p	[C-V2X] EN303 613	[C-V2X] YD/T 3340
運用方式	輻輳制御	[DSRC] SAE J2945/1	[C-V2X] SAE J3161/1	[DSRC] TS102 687	[C-V2X] TS103 574	[C-V2X] (3GPP C-V2Xを参照)
	セキュリティ	[Security] IEEE 1609.2 IEEE 1609.2.1 SAE SS V2X 001		[Security] TS102 940, 941, 942, 943 TS103 097		[Security] GB/T 40856

図3　調査対象とする各地域の標準化団体の仕様等
SAE:Society of Automotive Engineers
ETSI:European Telecommunications Standards Institute
CCSA:China Communications Standards Association

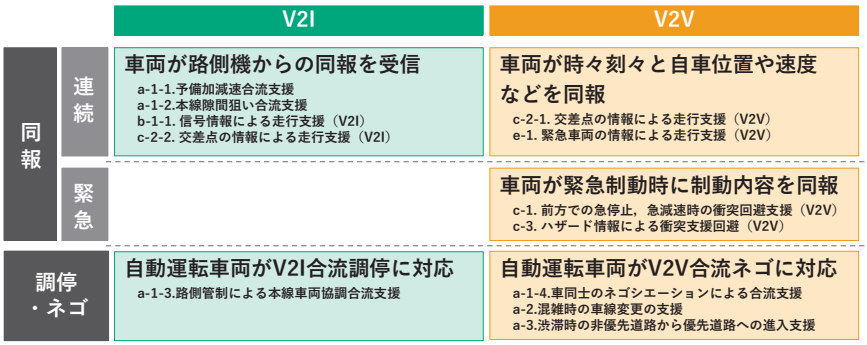


図4　ユースケースのグループ化の考え方

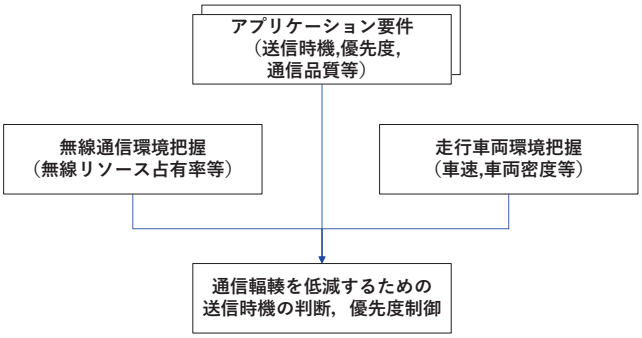


図5　上位層における通信輻輳制御方式例

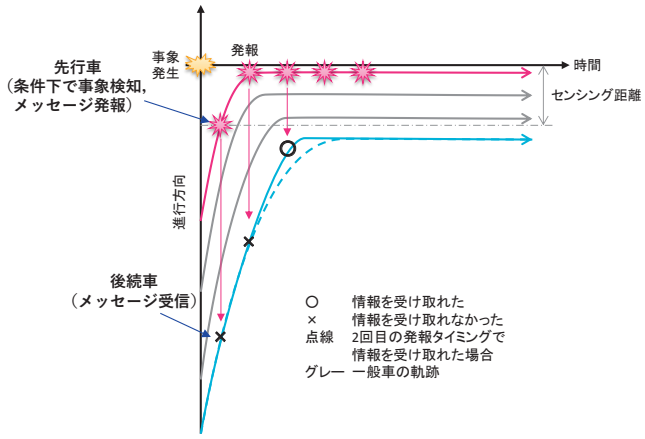


図6　交通流シミュレーションにおける車両の挙動のイメージ

交通流シミュレーションは，特定条件下でのケーススタディに基づきユースケースを再現し，通信仕様（通信タイミング等）の違いによる車両の挙動（減速度等）の違いを評価するものである．交通流シミュレーションにおける車両の挙動のイメージを図6に示す．

4　通信プロトコル案の設計

2，3章の調査検討結果，交通環境・周波数割当等のわが国の制度化状況等を踏まえ，以下に示す5.9GHz帯V2Xシステムの通信プロトコル案を検討した．

(1) 通信プロトコル案の検討

2，3章の調査検討結果や後述のシミュレーションによる通信性能評価の結果等を踏まえ，想定ユースケースごとの通信内容や手順，レイヤ構成，必要機能等について検討し，通信プロトコル案としてまとめた．表1に参考規格の通信プロトコル整理例を示す．

(2) メッセージセット案の検討

国内外での規格化・検討状況[(2)]，3章の通信要件，通信チャネル割当等を踏まえ，構成，サイズ等のメッセージセット仕様を検討した．その際，メッセージの流用／共通化の可能性の観点を加味した．

(3) シミュレーションによる通信性能評価

上記(1)，(2)にて検討した通信プロトコル案及びメッセージセット案を適用した場合のV2Xシステム導入による影響を，コンピュータシミュレーションによるシステムレベルの通信性能評価により確認した．

3章の通信チャネル割当等の検討における想定や前提条件を踏まえ，ユースケースの組合せや，道路モデル（道路規模，交差点の有無等），交通流モデル（走行速度，車間距離等）等の評価シナリオを設定，電波伝搬モデルや輻輳・干渉モデルを検討して，評価系を構築した．図7に電波伝搬モデル例を示す．

5　無線機仕様の案出

5.9GHz帯V2Xシステムの無線機（車載器及び路側機）の仕様を検討し，無線機仕様案としてまとめた．各通信レイヤの仕様・機能については，2～4章の調査検討の結果を踏まえ，既存無線システムとの連携を見据えて検討した．表2に無線機仕様の検討項目例を示す．

また，ユースケースが複数混在する時等を想定した

表1　参考規格の通信プロトコル整理例

レイヤ	通信制御フロー				プロトコルスタック			
	米国		欧州		米国		欧州	
	DSRC	C-V2X	DSRC	C-V2X	DSRC	C-V2X	DSRC	C-V2X
アプリケーション	イベント検出時，メッセージ生成を要求				EEBL, FCW 等（DSRC：SAE J2945/1 等，C-V2X：SAE J3161/1 等）		Co-operative Awareness, Road Hazard Warning 等（ETSI TS 102-637-1 等）	
上位層（レイヤ5〜7）に相当	・必要な情報を収集し，メッセージを生成 ・輻輳制御（帯域制御（*1））				通信サービス：BSM Exchange 等（DSRC：SAE J2945/1 等，C-V2X：SAE J3161/1 等），メッセージ：BSM 等（SAE J2735 等）		通信サービス：CA Basic Service, DEN Basic Service 等（ETSI TS 102-894-1 等），メッセージ：CAM, DENM 等（ETSI TS 102-894-2 等）	
トランスポート層（レイヤ4）	上位層のサービスを特定する情報を追加				WSMP Transport Protocols（IEEE 1609.3）		Basic Transport Protocol（ETSI EN 302 636-5）	
ネットワーク層（レイヤ3）	実質的な機能なし		ネットワーク上の宛先を特定する情報を追加		WSMP Networking Protocols（IEEE 1609.3）		GeoNetworking（ETSI EN 302 636-4）	
データリンク層（レイヤ2）	上位層のプロトコルを特定する情報を追加				LLC（IEEE 1609.3）	PDCP（ETSI TS 136 323）	LLC（ISO/IEC 8802-2）	PDCP（ETSI TS 136 323）
	パケットを分割				−	RLC（ETSI TS 136 322）	−	RLC（ETSI TS 136 322）
	複数チャネルの場合，切替を行う				Channel Coordination（IEEE 1609.4）	−	−	−
	・送信元リンクを特定する情報を追加 ・送信タイミング制御 ・輻輳制御（優先度制御（*2））				MAC（IEEE 802.11）	MAC（ETSI TS 136 321）	MAC（IEEE 802.11）	MAC（ETSI TS 136 321）
物理層（レイヤ1）	符号化，変調を行い送信				PHY（IEEE 802.11）	PHY（ETSI TS 136 201）	PHY（IEEE 802.11）	PHY（ETSI TS 136 201）
セキュリティ層	送信元の真正性とメッセージの完全性を保証する情報（署名）を追加				電子署名（IEEE 1609.2）			

(*1) 米国DSRCの場合，出力制御あり　　(*2) 欧州DSRCの場合，帯域制御及び出力制御あり

分類	概要	検討モデル
距離特性	通信距離による減衰	ITU-R P.1411（都市部環境を想定）
シャドウイング	周辺環境の変化による変動	対数正規分布，標準偏差は，5.9GHz：　3.68dB
瞬時フェージング	シンボル単位の変動	3GPP Extended Vehicular A model（EVA）
遮蔽損失	送受信間に大型車が存在する場合の減衰	・3GPP TR 38.901 Blockage model B（ナイフエッジ回折によるモデル） ・減衰量は，隣接する大型車1台の遮蔽に基づく固定値（40km/h，車間1秒で5.9GHz：10dB）

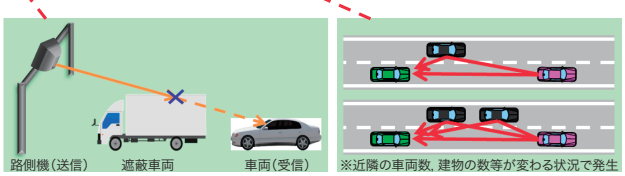


図7　通信性能評価系における電波伝搬モデル例

実証実験をテストコース等で行い，複数チャネル使用時等の通信性能評価結果を4章のシミュレーション評価結果と比較分析した．

6　まとめ

協調型自動運転の実現に向け，5.9GHz帯の電波を用いた場合のV2Xシステムの導入に係る課題解決及び検討を加速化するため，その導入に必要となる通信プロトコルを含めた無線機の仕様を案出した．

通信プロトコルの案出に向けた検討に際しては，国際動向（関連する制度，規格）等を踏まえ，5.9GHz帯V2Xシステムの通信要件（通信内容，通信チャネル，通信輻輳制御等）を検討した．また，通信プロトコル案の設計及び無線機仕様の案出に際しては，電波伝搬特性や通信チャネル間干渉の影響等を考慮した通信シミュレーション評価結果に基づき，通信手順，プロトコルスタック等の通信プロトコル案，及び複数ユースケース混在時の共通化や拡張性等のメッセージセット案について検討し，無線機仕様案に反映した．

案出された通信プロトコルを含めた無線機の仕様をもって，協調型自動運転の実現に向け，各研究機関，各企業で整合を図り，検討に取り組んでいくことが期待される．

表2　無線機仕様の検討項目例

V2X通信の機能／特性／インタフェースの詳細項目		
一般的条件及び無線設備の技術的条件	一般的条件	データレート
		符号化率
		チャネル
		変調方式
	送信特性	空中線電力
		空中線電力の許容偏差
		送信スペクトラムマスク
		キャリアオフ時の漏洩電力
		送信スプリアス
		周波数の許容偏差
		変調精度
		送信タイミングの精度
	受信特性	受信感度
		隣接チャネル除去
		非隣接チャネル除去
		副次的に発する電波等の限度
		受信最大入力電力
		CCA要件
	空中線	空中線の構造
		空中線の利得
		空中線の偏波
		空中線の設置

V2X通信の機能／特性／インタフェースの詳細項目				
通信制御部の機能，特性，インタフェース	レイヤ1の機能	概要	—	—
		レイヤ1 サービスインタフェース	サービスプリミティブ	機能
				パラメータ
		レイヤ1通信制御	プロトコルデータ単位	データフォーマット
			送／受信手順	—
	⋮	⋮	⋮	⋮
	レイヤ7の機能	概要	—	—
		レイヤ7 サービスインタフェース	サービスプリミティブ	機能
				パラメータ
			セキュリティプリミティブ	機能
				パラメータ
		レイヤ7通信制御	プロトコルデータ単位	データフォーマット
			送／受信手順	—
	レイヤマネジメント エンティティ機能	レイヤマネジメント サービスインタフェース	レイヤ1	機能
				管理情報ベース(MIB)
			⋮	⋮
			レイヤ7	機能
				管理情報ベース(MIB)
	セキュリティレイヤの機能			
	その他機能	送信要件	ユースケース a-1-1	通信シーケンス
				利用サービス インタフェース
				送信パラメータ
			⋮	⋮
			ユースケース g-2	通信シーケンス
				利用サービス インタフェース
				送信パラメータ
			輻輳制御	—
	空中線部ー送受信部間	物理インタフェース	—	—
	送受信部ー通信制御部間	物理インタフェース	—	—
	アプリケーション-レイヤ7間	物理インタフェース	—	—
		論理インタフェース	—	—

【参考文献】

(1) SIP協調型自動運転ユースケース，2019年度協調自動運転通信方式検討TF活動報告，2020.
(2) SIP協調型自動運転ユースケースに関する通信シナリオ／通信要件の検討資料，ITS FORUM RC-017 1.0版，ITS情報通信システム推進会議，2022.

【本件問合せ先】

沖電気工業株式会社 DX事業推進センター，〒335-8510 埼玉県蕨市中央1-16-8，048-431-7211 (代表)，担当：浅野欽也

日本電気株式会社 クロスインダストリー事業開発部門，〒108-8001 東京都港区芝5-7-1，03-3454-1111 (代表)，担当：木村聡

③中域情報の収集・配信に係る研究開発

Research and Development Concerning the Collection and Transmission of Mid-Scale Network Information

斉藤知彦，滝将太（エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社）
Tomohiko Saito, Shota Taki (NTT Communications Corporation)

(概要) 将来の自動運転社会の実現に向けて解決すべき課題の一つに，交差点等の複雑な環境下では，自動運転車両側だけではセンシングできない死角が増え，交差点手前で交差点内の安全が確認できるまで停止／徐行することになり，交通流に影響を与えるおそれがあるというものがある．2019年度及び2020年度における研究開発では，交差点周辺のセンサ等からの車，歩行者などの物標情報の収集及び自動運転車両への配信制御などの要素技術の机上検討及びフィールド実証を実施した．2021年度においては，緊急走行車情報や信号予定情報といったより広範な情報への対応，多様なユースケースにおける中域配信への対応を行うとともに，実用化に向けた中域サーバの負荷検証や配信効率等の検証，中域配信システムの有効性評価を実施した．またそれらの成果を踏まえ，V2N中域情報配信を検討する事業者向けの中域サーバ実装ガイドラインを策定した．

キーワード：V2N，V2X，中域配信システム，緊急走行車両情報，信号予定情報，PULL／PUSH配信

1 本研究開発の概要

将来の自動運転社会の実現に向けては，様々な課題を解決する必要がある．その一つに，交差点等の複雑な環境下では，自動運転車両側だけではセンシングできない死角が増え，交差点手前で交差点内の安全が確認できるまで停止／徐行することになり，交通流に影響を与えるおそれがあるという課題がある．

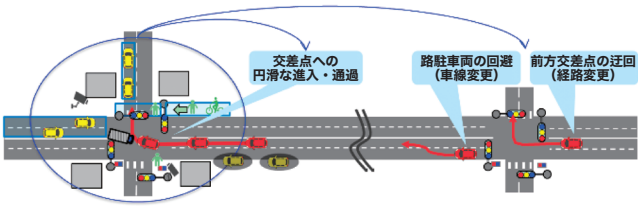


図1　本研究配発で目指す姿･目的

本研究開発では，図1に示すように，その課題解決を目的に，交差点への円滑な進入支援や，路駐車両の回避，さらには前方交差点を回避する経路変更支援などのユースケースを設定し，見通し外の物標情報を複数の情報源から収集・統合して，情報を収集した交差点近傍等の狭域エリアやそこから数交差点離れた地点や市区町村単位等，より広範囲な中域エリアへ配信し，自動運転車両の交差点における円滑な通過支援や交差点手前での車線変更支援に資する技術の研究・開発を2019年度から実施してきた．2019年度は，路側インフラ等から得られる複数の物標情報を効率的に収集・統合・配信を行うための要素技術の机上検討を，2020年度は実証を実施し，それらの成果を踏まえ，「自動運転車両の支援を行うシステム」を構築する際の共通インタフェース仕様，配信手法，統合手法，エッジサーバの設置基準等を規定した．

実用化に向けては，物標情報だけではなく，自動運転に資するより広範な情報に対応する必要があるとともに，多様なユースケースにおける課題抽出が必要となることが課題とされた．[1]

2 2021年度の研究開発内容及びその成果

2021年度の研究開発では，実用化に向けての課題を解決するために，中域における自動運転車両等への情報配信に関する技術の拡張・応用に係る検討を行うとともに，東京臨海部における大規模な実証と連携したユーザ参加型の実証試験を通じて，中域配信システム全体の適応性を確認することで，実用化に向けたよ

り深掘りした検証を実施した．

2.1. 配信に係る技術の拡張・応用に関する検討

中域の配信では，ユースケースに基づき，情報ごとにその即時性の要否や有効な配信範囲を精査し，配信方法を検討する必要がある．本研究開発では，上記に加え，配信方式（PULL／PUSH）の特性を考慮して，実証実験において各配信情報に適用する配信方式，通信プロトコル，配信エリア，配信頻度について検討した．

(1) 想定ユースケースに対する配信手法の検討

まず，今回配信対象とする各情報について，想定するユースケースとそれに求められるリアルタイム性を表１のように整理し，表２の配信方式の特性と照らし合わせて，適切な配信方式を検討した．

表１　配信情報の想定ユースケース等

情報	想定UC	リアルタイム性
降雨情報	手動運転へのハンドオーバ／アンダーパスを回避（ルート変更）	低
車線別道路交通情報	中域・広域での渋滞・規制を回避（ルート／パス変更）／渋滞末尾を確認し事前減速	低
緊急走行車情報	緊急車両の接近を感知し徐行・停車	高
信号予定情報	ジレンマ回避／信号機が死角になる場合の補助／最適なルート・速度の調整	中・高

表２　各方式での配信に適した情報の特徴

配信方式	適した情報 利用シーン	適した 情報種別	配信情報の リアルタイム性
PULL方式 :ユーザのリクエストに応じ情報を配信	広範囲かつ多量な情報から必要な情報を受け手が選択して活用する場合	静的情報 準静的情報 準動的情報	低
PUSH方式 :配信側から対象となる車両に情報を配信	イベントの発生時や早い周期で情報を配信したい場合	動的情報	高

車線別道路情報や降雨情報に関しては，更新頻度が低いため，配信先の車両が必要な時に必要なタイミングで取得するPULL方式が適切である一方，緊急走行車情報や信号予定情報は，情報に対し即座に対応する必要があるため，サーバ側から車両に必要な情報を配信するPUSH方式が適切であるという整理を行った．

特にPUSH方式においては，個々の車両に高頻度で配信することでデータ量の増加が見込まれるため，本研究開発では緊急走行車情報と信号予定情報を中心に検討を行った．なお，信号予定情報については，距離指定方式と交差点指定方式の２つの配信方式を実装した．

(2) 中域配信で用いる通信プロトコル

中域配信で用いる通信プロトコルは，MQTTを採用した．MQTTプロトコルはPublish／Subscribe型のモデルを採用し，シンプルで軽量，高速かつライブラリが豊富であることが特徴であり，多数のデバイスの間で，短いメッセージを頻繁に送受信することを想定して作られたプロトコルである．また，Topicによって配信の振り分けが容易であること，IoTでの利用実績が豊富である点など，他のプロトコルと比較して優位点が多くあり，本実証に最適であると考えられるため採用した．また，QoSの設定により，クライアントとブローカ間の到達保証を設定することも可能である．MQTTを用いた中域サーバのシステム構成図を図２，ソフトウェア構成図を図３に示す．

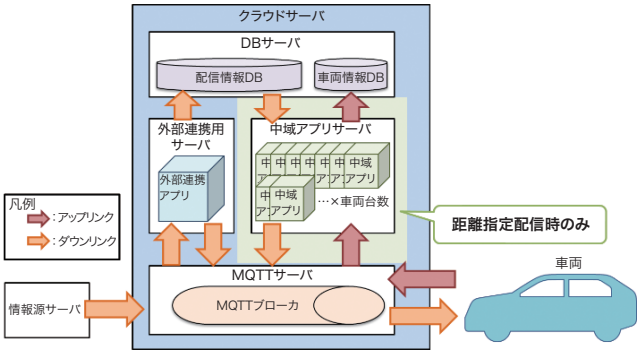


図２　中域サーバ システム構成図

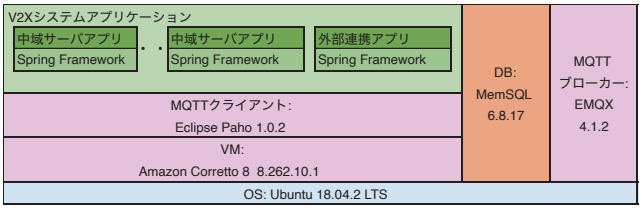


図３　中域サーバ ソフトウェア構成図

(3) 中域サーバアプリの構成検討

PUSH配信では，各車両の位置情報に基づき近傍の情報に絞り込んで配信を行うため，中域サーバアプリを実装した．車両ごとに検索する内容が異なるため，車両１台につき１アプリが起動する構成とした．この構成を採用することにより，また，情報の更新から配信にかかる遅延を削減するため，１秒ごと（パラメータ変更可）にサーバ側から情報を配信し，MQTTのTopicは車両ごとにユニークな値とした．実装にはJavaのSpring Frameworkを採用した．

(a) 緊急走行車情報

緊急車両に関しては，後方や見通し外からの緊急車両の接近にリアルタイムで対応する必要がある一方，遠方にあるものは車両の走行に影響しない．そのため，図４のように，車両の周囲一定範囲内の緊急走行車情報をPUSH配信することを検討した．

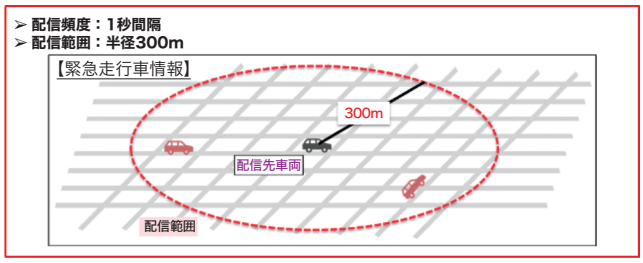


図4　緊急走行車情報の配信頻度及び配信範囲

(b) 信号予定情報（距離指定方式）

信号予定情報の配信は，逆光や遮蔽などにより信号灯色を目視で確認できない場合や，事前に情報を受信することにより，交差点でのジレンマ回避や効率の良いルートプランニングやグリーンウェーブ走行を支援すること等を想定して検討された．距離指定方式では通信トラフィック削減のため，図５のように配信車両の進行方向の矩形内に絞り込んで信号予定情報の配信を行う．

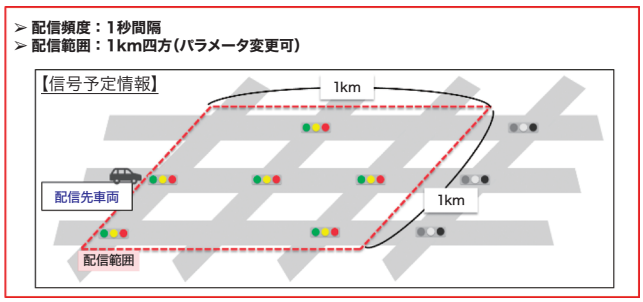


図5　信号予定情報の配信手法(距離指定方式)

(c) 信号予定情報（交差点指定方式）

交差点指定方式は，交差点ごとに信号予定情報の更新タイミングでPUSH配信し，図６のように車両側で自らの進行ルート上及び分岐ルート上の交差点を指定して信号予定情報を受信し続ける方式である．

車両が新たに交差点を指定した場合，過去に配信された信号予定情報の最新のものを配信する．また，不要になった交差点は受信を停止する．

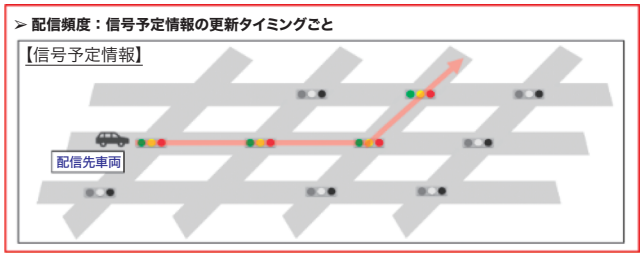


図6　信号予定情報の配信手法(交差点指定方式)

この方式は以下のように実現した．情報源サーバから中域サーバに配信された信号予定情報は，各交差点を識別する交差点IDをTopicとしてPublishする．車両がSubscribeを開始したときにMQTTのRetain機能で即時最新情報を配信し，車両がSubscribeしている間は，情報が更新されたタイミングで配信される．

この方式では，車両側で情報が必要な交差点を指定する必要があるが，サーバ側の車両ごとの処理がないため，サーバ負荷が軽減される．また，配信タイミングがSubscribe開始時と信号予定情報の更新タイミングごとになるため，配信頻度を削減し，通信量の低減も可能である．

2.2. 実用化時システム構成の実現性検討

中域配信システムの実用化に向けて，中域サーバの負荷検証及び通信トラフィック検証を行い，中域配信システムの有効性評価を行った．

(1) PUSH配信に際してのサーバ負荷検証

模擬緊急走行車情報や信号予定情報を車両へ配信する際の中域サーバの負荷検証を，配信車両台数に基づいて，表３の構成を用いて実施した．

表3　検証用サーバのスペック一覧

サーバ名称	vCPUコア数	メモリ(GB)
DBサーバ	4	16
外部連携サーバ	2	8
中域アプリサーバ	8	56
MQTTサーバ	4	16

2.1節 (3) で述べたとおり，緊急走行車情報と信号予定情報の距離指定方式においては，車両１台ごとにサーバアプリを１台起動する実装とした．しかし，リソースの消費が激しく，本環境においては70台より多いサーバアプリの起動時，CPUの不足によりそれ以上の起動が不可能となった．これは，１台ごとに１アプリが起動していることのほか，アプリごとにSpring Frameworkが動いていること，アプリそれぞれが１秒ごとに配信処理を行っていることなどの原因が考えられる．

それに対し，信号予定情報の交差点指定方式は，前述の要因が排除されているため，距離指定方式に比べ

表4　中域サーバ配信時のCPU／メモリ使用率

負荷検証 処理遅延検証 (平均)		中域サーバ CPU最大 使用率	中域サーバ メモリ最大 使用率	MQTT サーバ CPU最大 使用率	MQTT サーバ メモリ最大 使用率
		70台へ同時に配信			
【配信方式】	模擬緊急車両位置情報 距離指定	46.58%	58.14%	2.75%	2.42%
	信号予定情報 距離指定	50.19%	58.02%	8.77%	2.47%
	信号予定情報 交差点指定			3.23%	2.38%

サーバ負荷が軽減された．MQTTサーバにおいても，サーバ負荷の増加は見られなかった．車両70台へ配信した際のCPU／メモリ使用率を表４に示す．

(2) PUSH配信に際しての通信トラフィック検証

中域サーバから車両へPUSH配信する際の配信方式の違いによる通信トラフィックの差を机上検証した．このとき，検証対象として，距離指定方式と交差点指定方式の両方を備えている信号予定情報を採用した．

表５に示すとおり，配信交差点数が同じ場合，距離指定方式は情報の更新が遅延しないよう高頻度で配信するのに対し，交差点指定方式の配信頻度は信号予定情報の更新時のみになるため，配信データ量を100分の１以下に減らせることがわかった．したがって，通信トラフィックの観点では，交差点指定方式が有利である．

表5　信号予定情報 通信トラフィック量机上検証結果

	配信手法	配信交差点数（箇所）	配信頻度	配信先車両台数（台）	1時間あたり通信回数（回）	1時間あたり配信データ量
中域サーバ→車両	信号予定情報（距離指定）	12（1km^2）	1秒	258（※）	928,800	約2.79GB
	信号予定情報（交差点指定）	12	120秒（信号サイクル長）		7,740	約9.68MB

※東京都の1km^{2}あたりの平均車両台数 2022年度算出

(3) 配信システムの実現性検討

中域配信システムの実用化に向けて，より大規模で配信するために必要となる中域サーバ費用を算出し，その実現性を考察した．

2.2節 (1) の算出結果をもとに，仮にマイクロソフト社のAzureのサーバを用いたときの，車両に配信する場合のコスト試算をした．表６に示すとおり，交差点指定方式の配信車両１台あたりのコストは，距離指定方式に比べ100分の１以下に抑えられることがわかった．

表6　対応可能な台数と１台あたりのサーバ費用試算

情報	Azure D96ads v5 1構成(1台)で対応可能な台数	車両1台あたりのサーバ費用
緊急走行車情報 信号予定情報(距離指定)	車両約840台分	188円/月
信号予定情報 (交差点指定)	車両約88,800台分	1.78円/月

2.3. 実用化に向け具備すべき機能等の考察

将来的に全国展開することを見据え，大規模エリアへの情報配信の実用化に向けた検討を行う場合に，考慮すべき機能や課題となる点についてまとめた．

(1) 要件の見直し

配信車両一台あたりのコストを更に下げるためには，より効率的な配信に向けた諸要件（配信手法／機能配置等）を見直す必要がある．今回のサーバ負荷検証により，各情報とも配信先車両ごとの配信制御はサーバの負荷が大きいことが判明した．そのため，例えば，信号予定情報であれば交差点を基準とする交差点指定方式，緊急走行車情報であれば，図７のように配信先車両ではなく，緊急車両を基準に周囲一定範囲内を走行する車両へ配信するなど，ユースケースも含めた配信方法の見直しを行う必要がある．

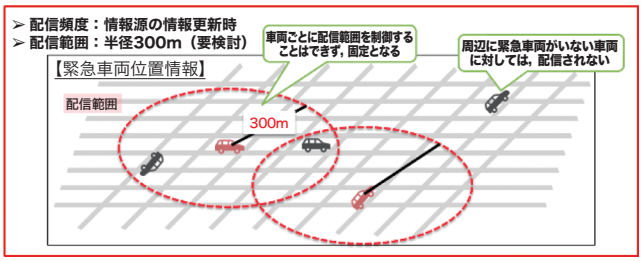


図７　緊急走行車情報を基準に周囲一定範囲内を走行する車両への配信方式案

(2) 実装を見据えたシステムの構築

大規模配信を見据えた中域配信システムの構築のためには，全体システムアーキテクチャの検討が必要である．例えば，図８のように複数配信サーバから空きサーバを指定する機能の追加，アプリケーションの最適化によりリソースの効率化を図る，冗長性やセキュリティなどの非機能要件を実装するなど，可用性，スケーラビリティを見据えた更なる検討が必要である．

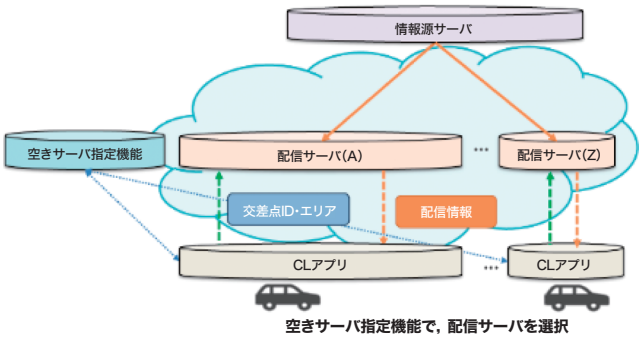


図８　空きサーバを活用可能とするための複数の配信サーバ指定案

(3) 中域サーバ実装ガイドラインの策定

本研究開発の成果を踏まえ，中域サーバを構築・検討する際にあらかじめ検討が必要な事項を取りまとめるとともに，V2Nの仕組みを活用して車両に中域の

情報配信を検討する事業者向けの中域サーバの情報配信に係る実装ガイドラインを策定した．事業者としては，例えばOEM，コンテンツプロバイダ等が考えられる．

3 終わりに

2021年度の研究開発では，中域配信システムの全国での利用・展開を見据え，配信に係る技術の拡張・応用に関する検討と大規模な実証実験を通じた評価を実施した．

今後は，本研究開発成果の実用化に向けた動きを加速化するとともに，本研究開発を通じて得られた知見を，ガイドライン等を通して様々な分野で展開・活用を行っていきたいと考えている．

【参考文献】

(1) 油川雄司：SIP第２期「自動運転（システムとサービスの拡張）」中間成果報告書（2018-2020），p.43-49，2021.09，https://www.sip-adus.go.jp/file/rd03/chapter2_s.pdf（参照 2022.11）

【本件問合せ先】

エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社 ビジネスソリューション本部 第二ビジネスソリューション部 第八グループ，〒100-8019 東京都千代田区大手町２-３-１，050-3463-5532，担当：滝将太

3 自動運転の安全性の確保

安全性確保に向けた技術開発と教育（概要）

Technological Development and Education for Enhanced Safety (Overview)

保坂修，木村裕明（内閣府）
Osamu Hosaka, Hiroaki Kimura (Cabinet Office)

1 背景と意義

自動運転車の実用化及び普及展開にあたっては，安全性や信頼性の確保が最重要課題であり，自動運転車両の安全性評価手法の確立が急務である．また，自動運転車と他の交通参加者とのコミュニケーションについても，間違いなく行われる必要がある．そこで，SIP自動運転では，安全性確保に向けた技術開発として，以下３つの課題に取り組むこととした．[(1)]

①仮想空間での安全性評価環境の構築
②コネクテッドカーへのサイバー攻撃に対する持続的かつ効果的な対策（サイバーセキュリティ）
③自動運転車の意図の人への適切な伝達方法，自動運転車や自動運転サービスを利用する人々への効果的な教育や啓蒙手法の確立と普及（安全教育）

現在，自動運転の安全性評価手法の構築に向けた取組は，グローバルにも最大の関心事であり様々な取組が進んでいる．SIP自動運転でも，東京臨海部実証実験など公道での安全性評価を実施しており，これら公道での走行試験や実験場での実車試験も重要ではあるが，再現性があり，かつクリティカルな条件も創出が可能なシミュレーションによる評価も不可欠である．そこでSIP自動運転では，特にセンサ性能の評価に着目し，リアル環境における実験評価と代替可能な，実環境と一致性の高いシミュレーションモデルの構築を目指し，当該モデルに基づき様々な条件での評価が可能な，仮想空間における安全性評価シミュレーションのプラットフォームの開発に着手した．

また，サイバーセキュリティに関しては，SIP第１期では，車両外部からのサイバー攻撃に対するサイバーセキュリティ防御レベルの評価方法の確立に取り組み，開発段階における評価法を開発した．一方で，サイバー攻撃の技術進化は続くことから，車両が市場に出た後の車両運用時に，サイバー攻撃を検出・監視する仕組みも必要である．

現在，このための対策として，悪意ある第三者からの車両へのサイバー攻撃に対する侵入検知システム（IDS：Intrusion Detection System）が注目されている．SIP第２期では，IDSの性能評価手法の開発に取り組んだ．

さらに，HMI（ヒューマンマシンインタフェース）の課題として，自動運転車が混在交通下で他の車両や歩行者などと遭遇する場合のコミュニケーションミスを回避するための適切な提示，教育等の方法についても研究開発を行った．

なお，これら３つの課題については，いずれも日独連携の枠組みのもとで，ドイツ連邦教育研究省（BMBF）と連携して研究開発を進めてきた．【詳細 第６章②】

2 仮想空間での安全性評価環境の構築

現在の公道での実車による実証実験を中心とした評価方法では，必要な走行環境条件を意図的に設定することができず，自動運転車が必要な安全性を満たしてい

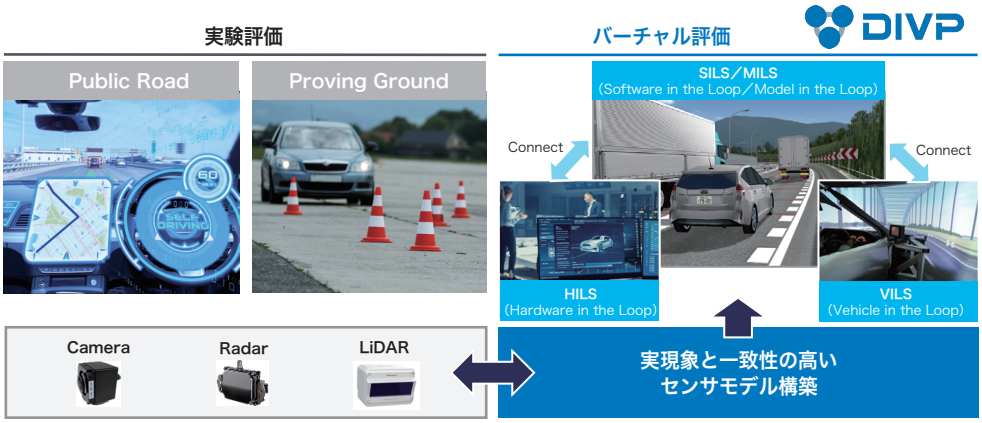


図1　DIVPのセンサモデルの一致性検証

るか否かの判断や，公道において起こる様々な事象を全て実車で評価することが困難であることから，特定の走行環境条件のもとで自動運転車の安全性を評価できる手法の開発が急務であった．加えて，現状の自動運転車の開発において膨大な時間を要する実車による安全性評価を効率化するため，センサ性能評価を中心としたシミュレーションツールの開発が必要であると考えられる．

そこで，SIP自動運転では，様々な交通環境下における再現性の高い安全性評価を行うため，リアル環境における実験評価と代替可能な，実現象と一致性の高いシミュレーションモデルの開発に取り組むことにした．（図１）

神奈川工科大学 井上秀雄教授を研究開発責任者として３大学（神奈川工科大学，立命館大学，豊田工業大学），10企業（日立Astemo，ソニーセミコンダクタソリューションズ，デンソー，トヨタテクニカルデベロップメント，パイオニア，BIPROGY，三菱プレシジョン，SOKEN，SOLIZE，ユーシン）からなるコンソーシアムを組成し，オールジャパン体制で「仮想空間」における安全性評価環境プラットフォームDIVP®（Driving Intelligence Validation Platform）の構築に着手した．この「仮想空間モデル」とは，交通環境シナリオのもと，物標等のジオメトリ情報と反射物性・空間伝搬物性をモデル化し，これらを精緻なセンサモデルで知覚することにより，自動運転システムの安全性評価を可能にするモデルのことをいい（図２），この「仮想空間モデル」の中で，昼夜や天候，そして車両やインフラ等様々な環境を変更することによって，あらゆる条件での評価が可能になる．

本モデルでは，センサ出力を精緻に再現するため，各センサの検出原理，使用電磁波帯域における物理現象を，反射物性の原理原則に基づきそれぞれモデル化し，実車試験結果との突合せにより一致性検証を行った．また，カメラ，Radar，LiDAR夫々に対応した「仮想空間モデル」があり，これらセンサを同時に評価することが可能である．（図２）

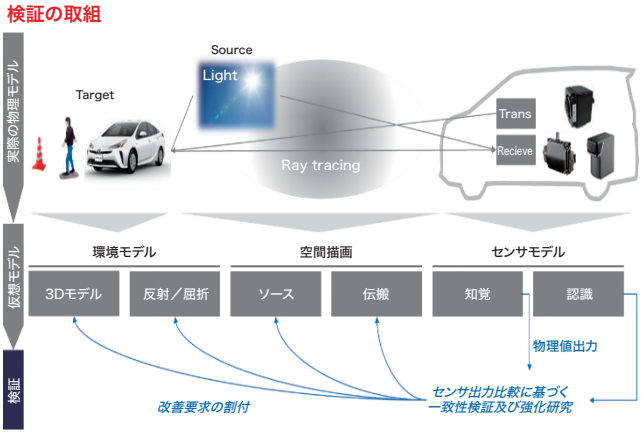


図2　仮想空間モデルとセンサモデル

2021年度からは金沢大学コンソが取り組んでいる，AD-URBAN（FOT project of Automated Driving system Under Real city environment Based on Academic researcher's Neutral knowledge）プロジェクトと連携し，LiDAR／カメラ等の実証実験での認識不調シーンを共有し，仮想環境における再現性の評価を行い，実環境と仮想環境の認識上の差異を検証し，モデルの精度向上を図った．【詳細 第３章②】

さらに，将来の顧客のニーズの把握やDIVPのデータプラットフォームの継続的な運用に対する課題の摘出を目的に，東京臨海副都心地域におけるセンサ弱点シーンを再現したシナリオパッケージを準備し，自動車メーカやセンサメーカ等から参加者を募り，２つのステップに分けてモニタ評価を実施した．

安全性確保に向けた技術開発と教育（概要）

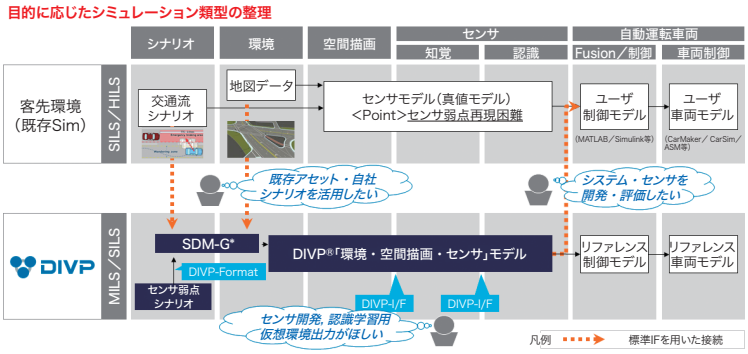


図3　顧客環境とDIVPの接続性

モニタ評価の結果は概ね好評で，STEP1で実施したシミュレーション体験では，シミュレーションの信頼性や，アセットの充実度などについて，他のシミュレータに比べて高い評価を得た．引き続きSTEP2では，STEP1のモニタ参加者の中から数社を選定し，種々の既存シミュレーション環境との接続性や，準備した仮想空間をベースにアレンジを加えたシナリオ環境で，シミュレーションの実行結果の出力と参加者の持つ各種モデル，システムとの接続性の具体的な評価検証を行った．（図３）

自動運転車は，カメラ，Radar，LiDARといったセンサを複合的に活用しており，センサフュージョンによる評価が不可欠である．この時，様々なセンサの組合せでの評価が必要となり，シミュレーションでそれを実現するためにはインタフェースの標準化が重要となる．このため，ドイツを拠点とする標準化団体ASAM（Association for Standardization of Automation and Measuring Systems）の標準に準拠することにより，既存のシミュレーションとの結合性を確保している．

さらに，SIP自動運転では，ドイツの研究プロジェクトVIVALDIとの間での連携プロジェクト（VIVID：VIrtual Validation methodology for Intelligent Driving systems）を2020年10月から開始し，本活動を通じ，国際連携の取組を強化しつつ，ISO（International organization for Standardization）やASAM等において自動運転の安全性評価体系とシミュレーションインタフェースの標準化を推進した．【詳細 第６章⑤】

一方で，自動運転車の安全性評価手法の確立にあたっては，シナリオの定義や評価基準などの妥当性の検証が必要となる．安全性評価技術の実用化の加速に向け，一般社団法人日本自動車工業会（自工会）安全性評価分科会の提案により，経済産業省と国土交通省が実施する「自動走行システムの安全性評価基盤構築に向けた研究開発プロジェクト」（SAKURA（Safety Assurance KUdos for Reliable Autonomous Vehicles）プロジェクト）とDIVPが連携し，合同で推進する実務タスクフォースとステアリング委員会を2021年度に立ち上げて取り組んでいる．

この４年間のDIVP活動の結果，シナリオ生成→認識性能評価→車両制御検証が一気通貫で可能なプラットフォームの実用化に目途付けができ，DIVP研究成果をツールチェーンとして提供する新事業会社V-Drive Technologies社（BIPROGY 100％出資）が７月に設立され，９月より一般へ販売を開始した．

3 サイバーセキュリティ

自動運転車は，高精度３次元地図や信号情報などの交通環境情報を通信により取得する必要がある．自動運転車をはじめ通信機能を持つ車両にとってサイバー攻撃は大きな脅威であり，サイバー攻撃を想定したセキュリティ対策が極めて重要である．既に，いくつかの車両に対するサイバー攻撃事例が国際会議等で報告されており，車両の市場投入後にも進化を続ける車両へのサイバー攻撃手法に対する対策として，IDS（侵入検知システム）が注目されている．

一方で，IDSは未知のサイバー攻撃に対する対応策であるため，その性能の評価は難しい．そこで，SIP自動運転ではこのIDSの評価ガイドラインに取り組んだ．本施策では，業界団体（一般社団法人JASPAR）と連携のもとIDSについて調査するとともに，テストベッド及び実車を活用したIDS性能評価を実施し，IDS評価手法の確立，IDS評価ガイドラインの策定を

完了した．本研究成果は，2022年８月に業界団体（一般社団法人JASPAR）へ移管し，今後も業界としてのガイドラインとして活用していく予定である．

通信機能を持つ車両は年々増加しているが，これまではエンターテインメント等での活用が主であったため，安全性に及ぶハッキング事例は多くはない．しかし，今後自動運転をはじめ通信から得られた情報を制御にも活用するようになると，そのようなインシデントの事例も増えてくることが予想される．

このため，コネクテッドカーに対するサイバー攻撃による脅威情報を積極的に収集する試みを実施し，観測，収集，分析，蓄積等の方法及び初動活動を支援する脅威情報共有システムの基本仕様の策定を行った．

本脅威情報共有システムについては，策定した基本仕様等を2022年度末に，業界団体（J-Auto-ISAC）へ移管し，今後も改善しつつ活用いただく予定である．（図４）

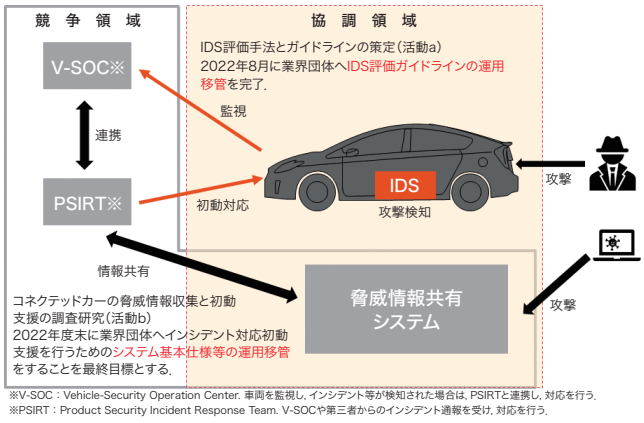


図４　本活動のスコープと最終目標（赤字，点線内）

本施策については，日本の内閣府SIP自動運転とドイツ連邦教育研究省（BMBF）との間の連携枠組みに基づき，ドイツの研究プロジェクトSecForCARs（Security For Connected, Autonomous Cars）との間での連携プロジェクトSAVE（Securing Automated VEhicles）を2020年10月から開始し，脅威情報共有システムの検討等で国際連携を進めた．【詳細 第６章⑦】

4 安全教育

道路安全は人，クルマ，交通環境の三位一体で補完し合いながら確保されるものであり，車両だけで安全を担保することは困難である．現在，AEB（衝突被害軽減ブレーキ）など様々な安全運転支援システムが普及し，着実に事故低減に寄与しているが，一方で過信による事故も散見される．このようなことから，全ての交通参加者の自動運転に対する正しい理解が必要である．そこで，SIP自動運転では本課題に関して，国際的な動向も考慮しつつ，適切な提示，教育等の方法を含むHMIについての在り方を調査し，必要な技術の開発，ガイドライン化等に向けた検討を実施した．HMIに関する協調領域として，以下３つの内容を中心に取り組んだ．

1）SAEレベル４に相当する自動運転車を利用する移動・物流サービスを想定し，自動運転車と周囲の交通参加者（歩行者，自転車，他の車両の運転者等）との安全を確保し，お互いの意図が明確にわかるような安心できる円滑なコミュニケーション方法を導出した．【詳細 第３章⑤】

2）走行環境条件を外れた場合や，自動運転システムの機能の低下の場合における運転引継ぎ等を適切に行うためのHMIを開発し，運転者に向けた教育方法を導出した．【詳細 第３章⑥】

3）自動運転レベル３以上の車両の導入・普及が進む前段階として，SAEレベル２相当の運転支援システムに関して運転者や歩行者等が習得するべき知識とその効果的な教育方法を導出した．【詳細 第３章④】

本施策については，日本の内閣府SIP自動運転とドイツ連邦教育研究省（BMBF）との間の連携枠組みに基づき，ドイツの研究プロジェクトとの間での連携を2019年７月から開始し，以上に述べた３つの課題について，研究テーマの設定や研究方法についての妥当性を検証しながら進めてきた．また，成果を広く世界に発信するとともに，国際標準化を行い国際連携の取組を強化しつつ進めた．【詳細 第６章④】

【参考文献】
（1）戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）自動運転（システムとサービスの拡張）研究開発計画，https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/keikaku2/4_jidosoko.pdf，（参照 2022.06.30）

【本件問合せ先】
内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）自動運転担当，〒100-8914 東京都千代田区永田町１-６-１，03-6257-1334，担当：保坂修，木村裕明

①仮想空間における自動走行評価環境整備手法の開発

Development of Driving Intelligence Validation Platform (DIVP®) for Automated Driving Safety Assurance

井上秀雄（学校法人幾徳学園 神奈川工科大学）
Hideo Inoue (Kanagawa Institute of Technology)

（概要）自動運転はシステムが複雑化する一方で，無数に存在する走行環境に対して高い安全性の確保が求められている．しかし，現在の自動運転車の安全性の検証は，実環境走行下での網羅的な実績評価に依存しており，膨大なコスト（人・物・金・時間）を要する．また，自然界で起こる物理現象に対しカメラ，レーダ，LiDAR等の外界センサの物理的限界は検証が難しく，システムを構築するうえでどこまでやれば安全性を保証できるのかといった課題がある（How safe is safe enough?）．このような背景を踏まえ，本研究プロジェクトでは，自動運転の安全性評価に必要となる実現象と一致性の高い「走行環境～空間伝搬～センサ」一連のモデルを特徴とした仮想空間シミュレーションでの評価プラットフォームを構築する．これにより多くの環境条件（シナリオ）で精緻，かつ効率的な自動運転の安全性評価（Safety assurance）を可能とすることを目的とする．

キーワード：自動運転，仮想空間，外界センサ，バーチャルシミュレーション，安全性評価

1 プロジェクトの背景・概要

米国運輸省道路交通安全局（National Highway Traffic safety Administration：NHTSA）の自動運転車の事故調査では，センサが対象物を検知できていないことや，検知した対象物を適切に認識できていないことが事故原因と想定される事例が報告されている．[(1)(2)] 一方，安全性評価に関し，世界各国では様々なアプローチが試行されている．その代表例として，ドイツ連邦経済エネルギー省（BMWi）の予算で実施され，2019年に完了したPEGASUSプロジェクトやその後継となるSET Levelプロジェクトでは走行シナリオに基づく評価手法が提案されている．[(3)(4)]

これらの活動の中でも，自動運転車の安全性評価を行ううえで，再現が困難な気象条件や，再現が危険な事故・ニアミス条件等，シミュレーション評価環境の活用が不可欠である．特に，センサが対象物を正しく知覚・認識できているかは大事な要諦であるが，これらのプロセスを支える実現象と一致性の高いセンサモデルを備えたシミュレーション基盤については，これまで本格的な研究開発活動がなされてこなかった．そこで，SIP第2期「自動運転（システムサービスの拡張）」では，2018年末より，各センサメーカ，ソフトウェア企業，大学等が協力してコンソーシアム形式の研究開発であるDriving Intelligence Validation Platform（以下，DIVP®）プロジェクトを開始し，特に実現象と一致性の高いセンサモデルに着目した仮想空間での自動運転安全性評価シミュレーション基盤の構築を目指した．（図1）

また，本プロジェクトでは，前述の産学連携の13機関（図2）が，それぞれの専門性を活かして繋がることで，「走行環境～空間伝搬～センサ」一連の仮想空間モデルに加え，自動運転制御モデルを含む，安全性評価プラットフォームにおける各インタフェース仕様の構築にも取り組み，グローバルな標準化への貢献も目的として進めた．

2 実現象と一致性の高いセンサモデルの構築

外界認識センサは，通常の車両コンポーネントモデルと異なり，走行環境モデルと自動運転制御を繋ぐ機能的役割を担っている．従来のシミュレータでは，システム制御が正しく動くかの評価に主眼が置かれ，いわゆる真値（正常機能）ベースのセンサモデルの採用が多い．先にも述べたように，自動運転車の安全性保証には，周辺

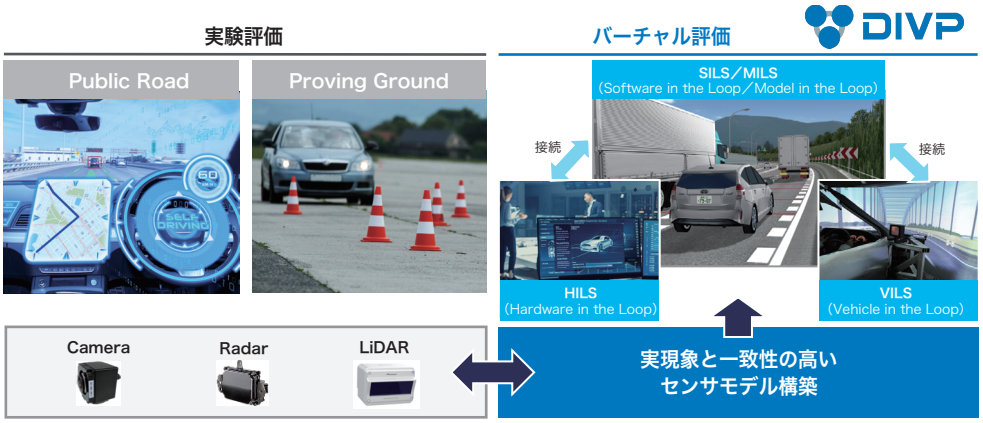
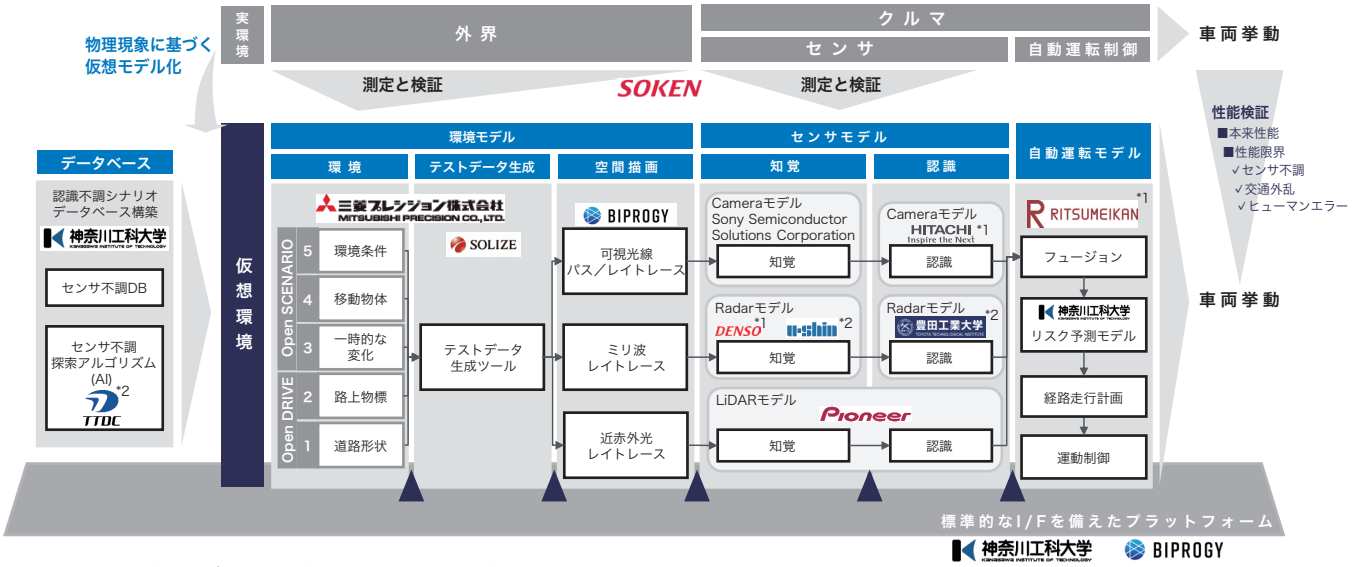


図1　実現象と一致性の高いセンサモデルの必要性



＊1 立命館大学は2021年２月，デンソーは2021年６月，日立Astemoは2021年９月で終了
＊2 TTDC, U-shin, 豊田工業大学は2021年３月から参加

図2　DIVPプロジェクトの構成

監視センサそれぞれの長所と弱点（限界）を把握し，システム設計やセンサ，知覚認知アルゴリズムの改良を進める必要がある．しかし，真値ベースのセンサモデルでは電磁波の空間伝搬の検証結果をモデルに反映することが難しく，センサの弱点となるような環境条件をモデルに反映させることは困難である．本プロジェクトでは，ミリ波レーダの電波，カメラにおける可視光線，LiDARの近赤外光のそれぞれの反射特性（再帰，拡散，鏡面反射など）や透過特性を物理モデル化し，レイトレースなどの空間伝搬モデルとして構築している．さらに，高度な実験・計測技術を用いて雨や霧，太陽光などの周辺照度等の周辺環境の影響で変化する実現象の物理モデル

図3　空間伝搬を再現するセンサモデル（カメラの例）

化にも取り組んでいる．これらをもとに，センサから見た空間伝搬特性を電磁波原理に基づく「走行環境〜空間伝搬〜センサ」の一連のモデルに反映している点がほかにないDIVPシミュレーション基盤のユニークな点である．(図3) 各モデルの具体例について以下に述べる．

2.1. カメラモデル

DIVPでのカメラモデルでは，人間に映像として見せる3原色RGB出力ではなく，CMOS等の半導体に

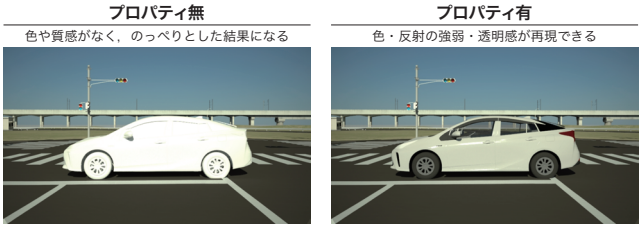


図4　物標の反射特性の有無の影響

入力される分光特性をシミュレートしている．また，太陽光は天空モデルとして定式化されており，時刻，緯度・経度の入力により精緻な太陽光源を模擬できる．以下に示すように物標に反射特性が定義され実現象と一致性の高いリアルなシミュレーション映像を実現している．(図4)

以上により，トンネルの暗闇や，出口に差し掛かったときの強い太陽光のバックライトを伴う可視光の弱点シーンを再現でき，High Dynamic Range (以下，HDR) カメラモデルにおいて認識に十分な視認性を確保できることが検証できる．(図5)

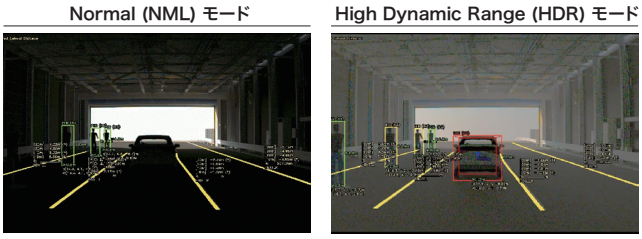


図5　HDRカメラの効果検証例

2.2. ミリ波レーダモデル

ミリ波レーダは，モデル化が最も難しいセンサである．反射物標での電波の振る舞いによって3つの反射モデルを定義し，物標によって使い分けている．車，人等小さい物標に対しては散乱体モデルとしてPhysical Optics近似を使用し，ビル，路面など大きな物標に対しては，反射体モデルとしてGeometric Optics近似を使用している．さらに，解析時間短縮等のためにあらかじめ物標に定義されたRadar Cross-

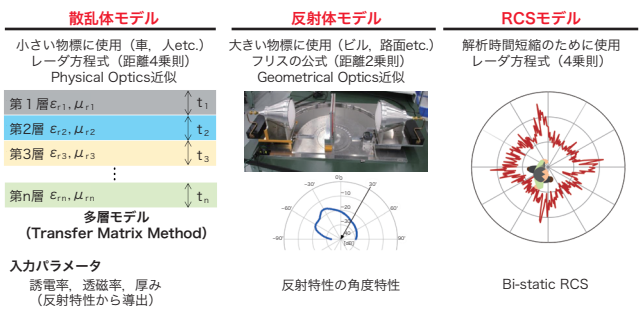


図6　精緻な反射を再現する3つのモデル(ミリ波レーダ)

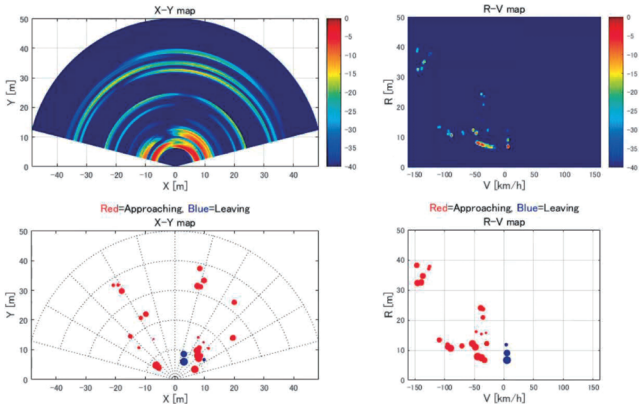


図7　ミリ波レーダモデルの出力例

Section (以下，RCS) モデルを含めた，計3つを複合し，シナリオ物標に対して割り付けていく．(図6)

また，出力はX-Y座標で反射強度を示す図 (ヒートマップ) やその反射強度の強い位置を対象物標の反射点として示すX-Yの反射点マップなど，ミリ波の出力データを良く再現できている．(図7)

2.3. LiDARモデル

LiDARが用いる近赤外光は，その指向性の特徴から比較的モデル化し易いセンサである．以下に示すLiDARモデルは360°スキャンすることにより，背景光等の環境外乱の評価が可能である．本プロジェクトではLiDARが照射する近赤外光走査のモデル化や，近赤外光の広がりによるフットプリント，太陽光等の背景光の影響等を精緻に再現することにより，LiDARにおいても実現象と一致性の高いシミュレーションを可能とした．(図8)

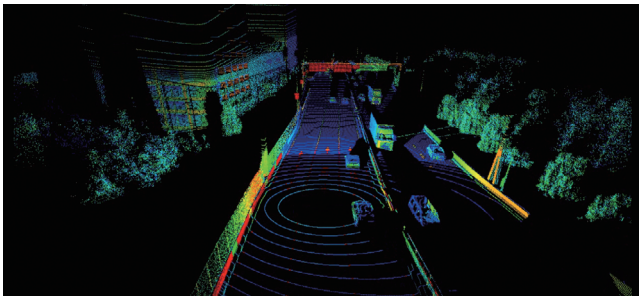


図8　LiDARモデル

2.4. センサ出力の一致性検証

本プロジェクトでは各センサモデルの入出力に対し，実際の実験結果と比較することでシミュレーションモデルの定量的な一致性検証を行っている．（図９）

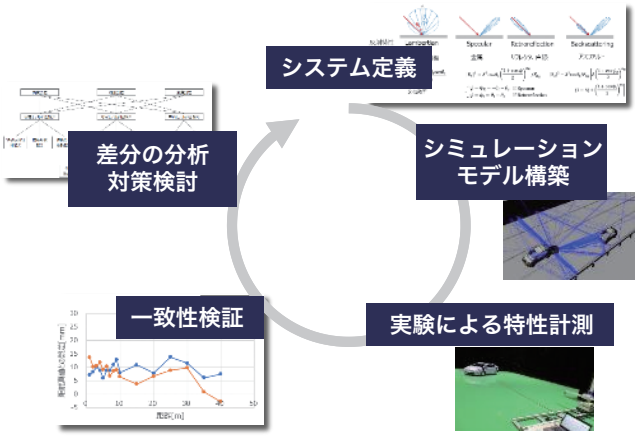


図9　実験ベースの一致性検証の取組

これまでの結果，センサの太陽など逆光，夜間等の光源に関わる弱点シナリオや，雨のガラス面の付着などの条件において高い一致性が得られている．さらに，降雪環境などのより再現が難しい現象は，実験計測に基づく電磁波の反射，伝搬の解析のもとでモデル化と一致性検証を進めている．

3 センサ検出弱点に対応した仮想空間モデルの構築

3.1. 仮想空間モデルの定義

欧州PEGASUSプロジェクトで定義された走行環境シナリオを示す６階層の分類や，自動運転に使われている高精度３次元地図は，自動運転制御（自己位置，交通流，ルート等々）に対し有効な走行環境情報が定義されているが，外界センサからみた反射・透過などの物理的特性が定義された仮想空間モデルはあまり例がない．本プロジェクトではセンサの反射特性等から見た仮想空間のアーキテクチャとして，

①交通参加者などの物標
②周辺構造物
③路面
④太陽光源，雨・霧などの空間
⑤センサと空間の界面（フロントガラス，Radar雪氷着等）

の５つの領域を定義し，電磁波の反射・透過，減衰などの特性を反映した仮想空間モデルを構築している点に特徴がある．（図10）

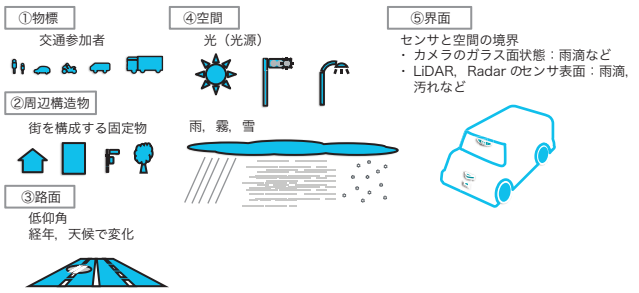


図10　センサから見た仮想空間

3.2. 環境モデル開発プロセス

図11にDIVPシミュレータの主な構造を示す．ドイツASAM（Association for Standardization of Automation and Measuring Systems）標準活動で定義されたシナリオ記述のOpen SCENARIO, OpenDriveのデータ読込みはもちろんのこと，①反射原理に基づき検証された材料物性を定義したファイル（通称：DIVPマテリアル），②SDMG（Space Designed Model Generator），③センシング弱点シナリオ事象のデータベース，それを結合して仮想空間モデルを生成するツール④環境・空間描画モデル，⑤センサ知覚モデル／認識アルゴリズム，⑥各モデルの入出力を繋ぐインタフェースの標準化，⑦物標等アセット３次元モデル，を特徴とした構造となっている．

反射原理の計測検証には，可視光，近赤外光，ミリ波それぞれの計測装置に工夫を凝らし，正確に物理特性を計測することで，実現象と一致性の高い反射特性をシミュレーションモデルとして物性ファイル（DIVPマテリアル）に集約している．（図12）

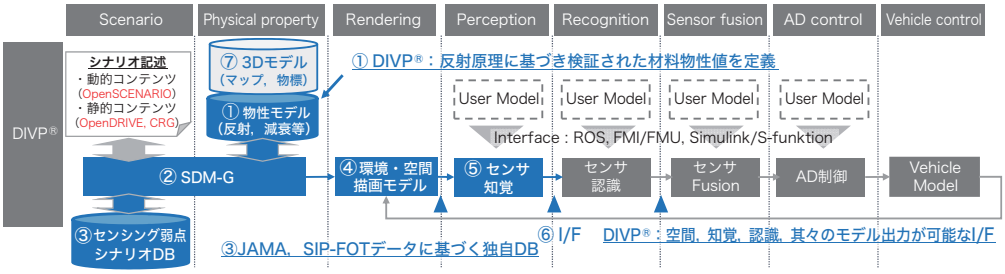


図11　センサ弱点シナリオ～仮想空間モデル生成の構造

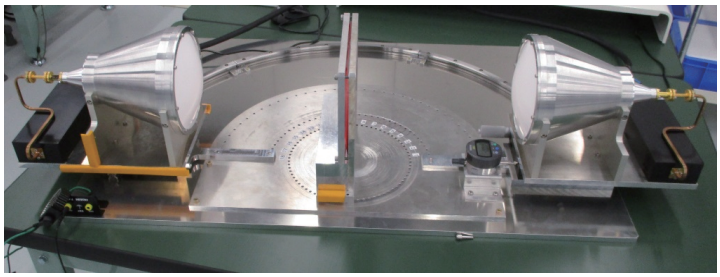


図12　ミリ波計測器

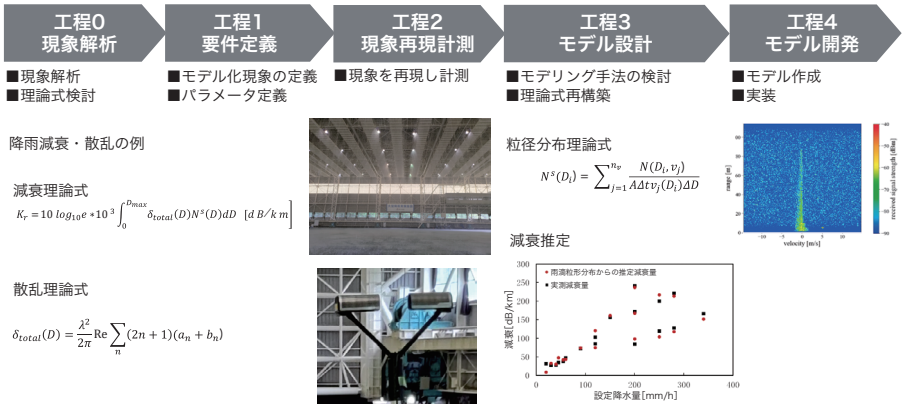


図13　空間モデルの開発プロセス

3.3. 伝搬・減衰等の空間モデルにおける開発プロセス

センサ検知を精緻に再現するためには太陽光源や雨・霧などの物理現象を正確に再現する必要がある．例えばカメラであれば，光源から発された可視光線が空間を伝搬し物体表面に到達，表面を反射・透過した後に空間を伝搬してカメラのレンズに到達，レンズを通った光は光電変換を経て電気信号となり各種制御に供される．(図3)

この際に起こる光の拡散や減衰等の現象はカメラへの入力光に重要な影響を与えることから，精緻な再現が必要である．ミリ波レーダであればミリ波帯の電波，LiDARであれば近赤外光が対象となる．本プロジェクトでは，①現象の解析・理論式検討，②モデル化現象の定義，③現象を再現し計測，④理論式に基づく詳細モデル設計，⑤モデル実装を定義し，再現性の高い伝搬・減衰等の空間モデルの開発プロセスも特徴がある．(図13)

3.4. 夜間の路面反射モデル例(カメラ)

夜間のヘッドライト光源に対する路面反射特性を精緻に再現することはカメラ，LiDARモデルにとって重要となる．自車ヘッドライトから低入射角度で光源が当たるため，反射率を実験値から再帰反射モデルとして最適化した．これにより実環境と一致性の高いカメラシミュレーション映像が可能になった．(図14)

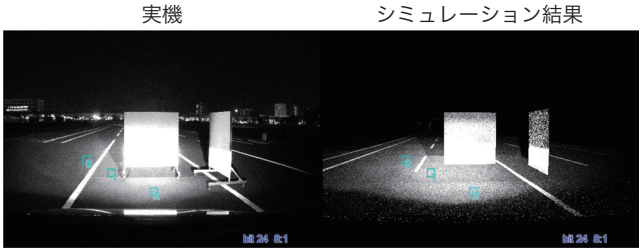


図14　ヘッドライト路面反射の最適化による夜間映像再現

3.5. LiDARにおける降雨空間モデル例

本プロジェクトでは，実車では再現評価の難しい逆光，雨・霧など天候に関する空間モデルを開発している．降雨をモデル化した空間モデルは，降雨量に応じた実現象に即したLiDAR信号の雨滴反射による偽点影響，及び濡れた路面での鏡面反射による虚像(偽点)の影響をシミュレーションモデルとして再現し検証中である．(図15)

3.6. 仮想空間用3次元アセットモデルの拡充

これまで述べてきたように本プロジェクトではセンサから見た仮想空間のモデルとそれに対応するセンサモデルが特徴となる．さらに各種評価環境に必要な対象物の反射特性を順次計測，実験値とシミュレーションの比較検証を行いDIVPマテリアルに拡充する．このもとになる環境モデル３次元アセットは，対象物標や道路，周辺構造物などのライブラリとして拡充を進めて

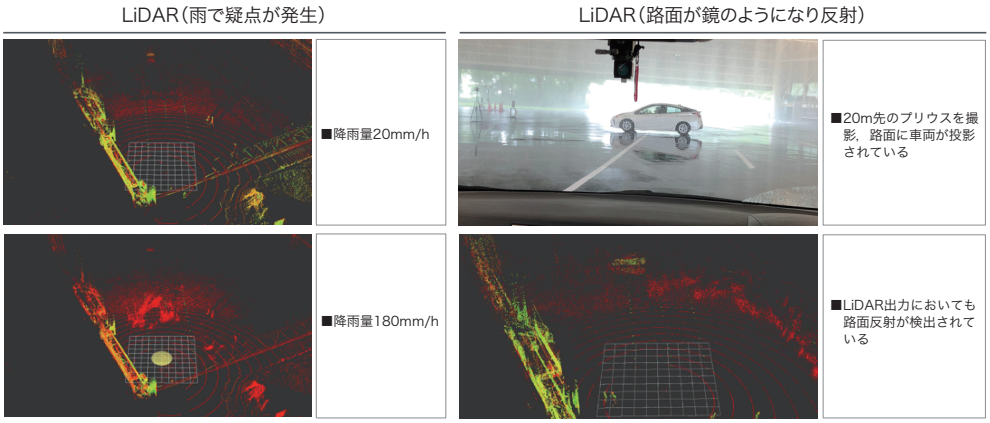


図15　降雨がLiDARセンサに与える影響（実験）

図16　再現可能なアセット／空間モデルの拡充

いる．特に，NCAP（New Car Assessment Programme）等のアセスメントシナリオや，各自動運転車の実証実験場であるお台場地域やC1首都高速道路のセンサ弱点シナリオのモデル化において，優先度の高いアセットモデル・空間モデルが拡充されている．（図16）

4 DIVPシミュレータの自動運転安全性評価への応用

安全性評価シナリオについてはどこまで網羅すればよいかは依然として課題であるが，仮想空間上で一致性の高い条件設定ができれば評価効率は格段に向上する．そこで，本プロジェクトでは評価シナリオの構築として①NCAP等のアセスメント評価，②実際の交通環境として，お台場・C1高速の実証実験コミュニティのモデル化による評価（センサ弱点環境が狙い）の2つのマイルストーンをおき，「走行環境～空間伝搬～センサ知覚認識」の一連のモデル作成を進めてきた．目的に沿ったパッケージシナリオとして仮想空間単位を定め，このパッケージシナリオ単位で信頼できる安全性評価を積み重ねていくことがシナリオ構築として重要である．（図17）

図17　DIVPパッケージシナリオのロードマップ

4.1. NCAP等アセスメント評価への適用

AEB（Automated Emergency Brake），LKAS（Lane Keeping Assist System），ACC（Adaptive Cruise Control），ALKS（Automated Lane Keeping System）などの自動運転機能を有する先進安全システムでは，Euro-NCAP，J-NCAP等で評価プロトコルが詳細に定義されている．各国の交通事故状況によって多少差はあるが，歩行者，自転車，交差点右左折等，事故状況を反

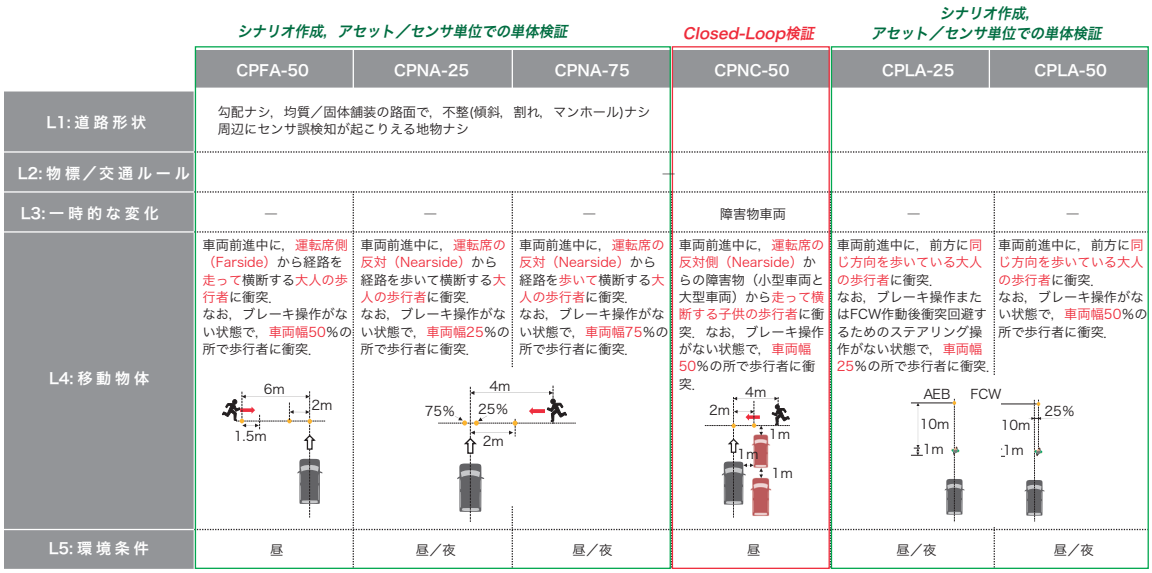


図18　NCAP評価環境のモデル化

映したプロトコルや，自動運転ALKSにおけるカットイン，カットアウト等のシナリオが重要となっている．特に，実車では周辺光源が影響する夜間の歩行者飛出しの条件などで，本シミュレーションは再現性の点からも効果的と言える．本プロジェクトでは，各NCAPシナリオを順次モデル化しており，Euro-NCAPの既存プロトコル30シナリオのモデル化が完了している．(図18)

一例として駐車車両の陰からの歩行者の飛出しシナリオでセンサモデルを取り入れたシミュレーションの様子を以下に示す．(図19) 1つの評価シナリオに対し，カメラ，Radar，LiDARを同時出力でき，動的な評価が可能である．

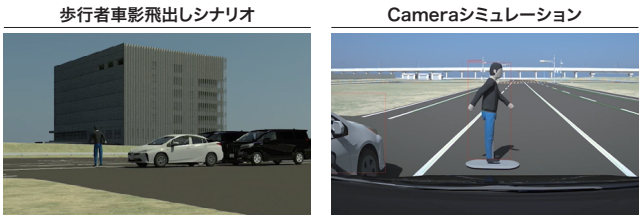


図19　NCAP車両陰からの歩行者飛出しシナリオでのシミュレーション

4.2. 実環境「お台場，C1高速」評価への応用

次のパッケージシナリオとして，自動運転車両の実証実験を実施しているお台場・C1高速エリアの環境モデルの構築に取り組んだ．(図20)

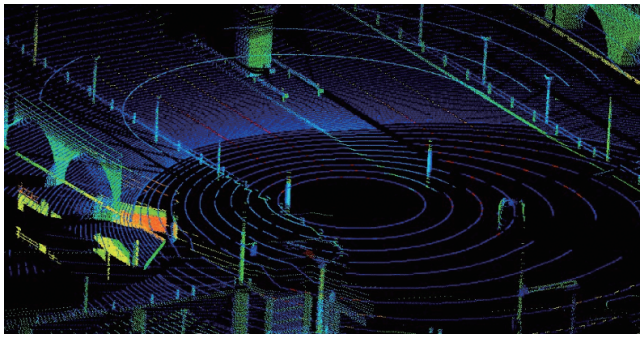
ここではリアルな環境的要因（走行環境，道路，地物，動的物標，天候等）が複合的に揃う仮想空間としてセンサ弱点シナリオの評価に有効である．SIP自動運転の他の自動運転実証実験プロジェクトと連携し，このリアルな環境で発生したセンサ弱点条件データ（場所，映像，認識出力等）をDIVPシミュレータにフィードバックし，Virtual Community Groundとしてより多くのユーザが評価する仮想環境に昇華させることができる．以下，仮想環境での評価例を示す．

4.2.1. 遮熱塗装路面での白線検出弱点評価への応用（LiDAR）

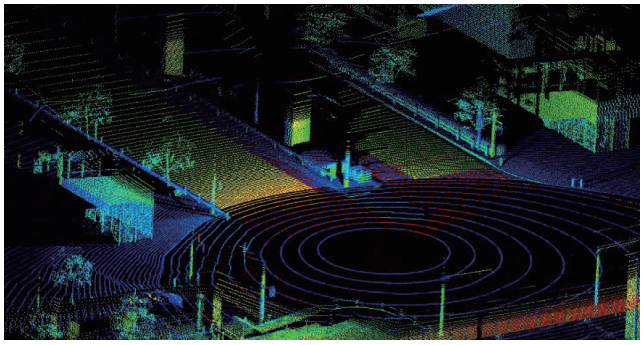
自動運転の実証実験において，お台場テレコムセンター前の遮熱性塗装路面では，LiDARでの白線検出が難しくなる現象が判明した（金沢大学，(SIP) 第２期 自動運転（システムとサービスの拡張）「自動運転技術（レベル３，４）に必要な認識技術等に関する研究」計測データ[(5)]）．これは，遮熱塗装路面では再

図20　お台場走行環境モデル(カメラシミュレーション)

帰性反射成分が強くなる傾向があり白線の反射特性と近似してしまうことが原因であると解析され，シミュレーションモデルに反映した．図21にシミュレーション結果を示す．通常路面では白線（図の赤線）がLiDARで検出できているが，遮熱塗装路面では白線が検出できていない様子が良く再現されている．



通常路面（白線→検出（赤線））



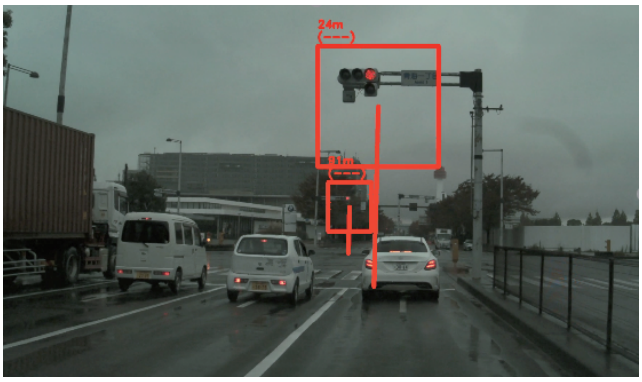
遮熱塗装（白線検出できない）

図21　LiDARシミュレーション（台場駅前付近）

4.2.2. 信号認識限界評価への応用（降雨条件の抽出）

金沢大学（AD-URBANプロジェクト）の自動運転システム（以下，AD-URBANシステム）を対象にDIVPシミュレータを使い，信号認識アルゴリズムの降雨レベルによる認識限界の評価を実施した．実車評価では容易に再現できない激しい降雨条件を，シミュレーションのパラメータとして変化させることで再現し，信号の認識限界に至る評価条件を導出した．これにより，他のアルゴリズムや改良要件を再現性良く，

■実車での信号認識評価
→激しい降雨に遭遇できず認識限界が不明確



■DIVPシミュレータによる信号認識評価
→パラメータにより降雨量変化させ認識限界を評価

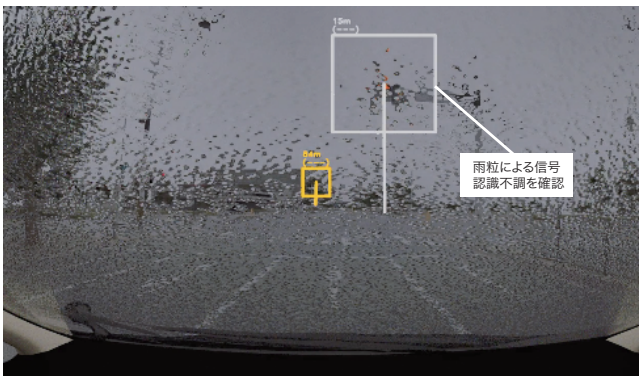


図22　DIVPシミュレータによる信号認識限界の検証

かつ効率的に評価でき，DIVPシミュレータの有効性を実証できた．（図22）

4.2.3. 横断歩道認識限界評価への応用（路面濡れ条件の抽出）

前節同様に，AD-URBANシステムの路面濡れ条件でLiDARでの路面横断歩道などのオルソ地図との位置マッチングアルゴリズムの認識限界をDIVPシミュレータを使い評価した．DIVPで生成したLiDAR出力から濡れ路面を再現しコントラストレベルにより認識限界（図23　レベル1.9）を検証できた．

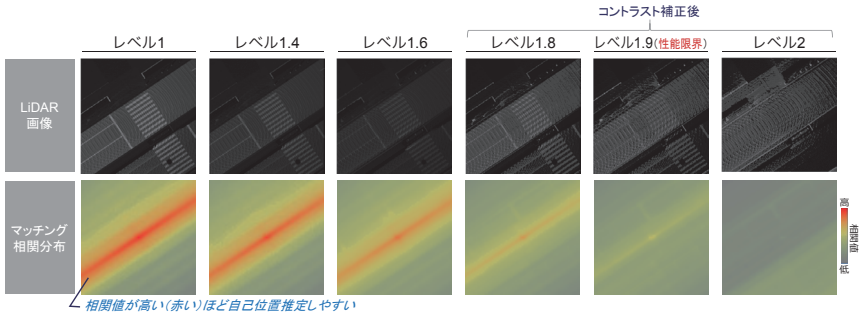


図23　路面濡れレベルでのLiDAR認識限界の検証

4.2.4. 自己位置推定アルゴリズムのロバスト性評価への応用

AD-URBANシステムでは，LiDARを利用したマップマッチングによる自己位置推定アルゴリズムを構成している．このロバスト性評価のために，DIVPシミュレータで走行路面を隠すように駐車車両が多数並んだ厳しい条件をLiDAR出力の仮想空間モデルとして生成した．その評価の結果，AD-URBANの自己位置推定アルゴリズムは常に正解値と一致し高いロバスト性を有することが検証できた（図24）．このように，DIVPは，現実空間では設定が難しい条件の設定が可能でシステム評価に貢献できる．

このように他の自動運転プロジェクトと連携できる点もSIP-adusならではの効果的な枠組みと言える．

4.2.5. 自動運転車の交差点右折時の安全性評価

さらに，AD-URBAN連携では，実際の交差点右折時のデータから，DIVPシミュレータで交通状況と，カメラ，ミリ波レーダ，LiDARから観た知覚・認識状況を再現し，対向車などの認識性能と安全余裕等の評価指標の導出にも取り組んでいる．時刻同期されたシミュレーションプラットフォーム（以下，シミュレーションPF）であるため，様々な交通環境の交差点での認識能力と安全余裕の両面の安全性評価に対応できる可能性がある（図25）．今後，交差点評価シナリオの構築や自動運転車のアルゴリズムの開発に貢献していく．

5 臨海部実証実験の成果

5.1. 目的･背景

DIVPの事業化に向けて，OEMやサプライヤの業務適用可能性を評価し，さらには実環境での利用を促すため，2021年11月からSTEP1【シミュレーション体験】，2022年1月からSTEP2【実践版】として臨海部実証実験を実施した．

5.2. 臨海部実証実験STEP1【シミュレーション体験】

図26に示す東京臨海部実証実験フィールドである臨海副都心地域の環境を仮想空間上で再現したシミュレーションモデルの使用体験を実施し，ツールの使用性とシミュレーション実行結果について評価を得た．使用体験にはOEM各社を含む56社から81名のエントリーがあった．

使用体験のために，専用ポータルサイトを開設し，

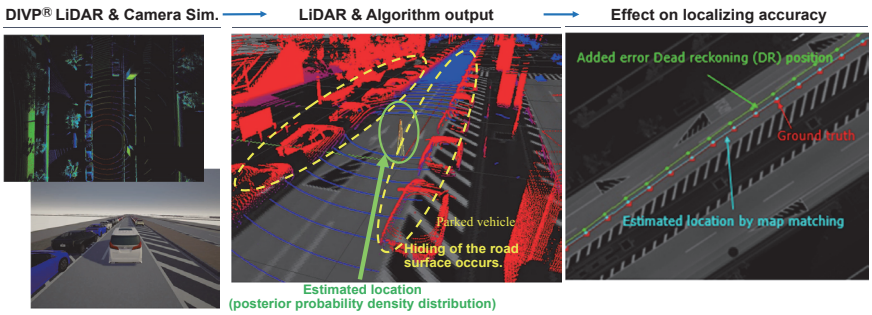


図24　自己位置推定アルゴリズムのロバスト性評価

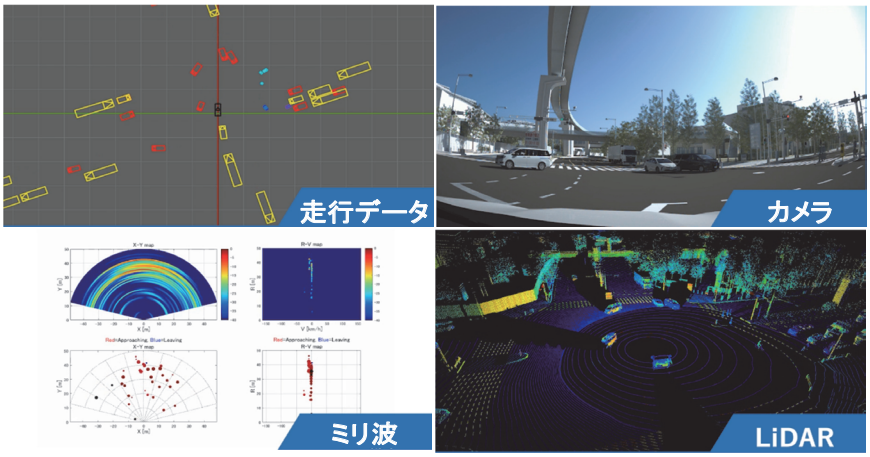


図25　交差点右折時のDIVPシミュレーションでの安全性評価

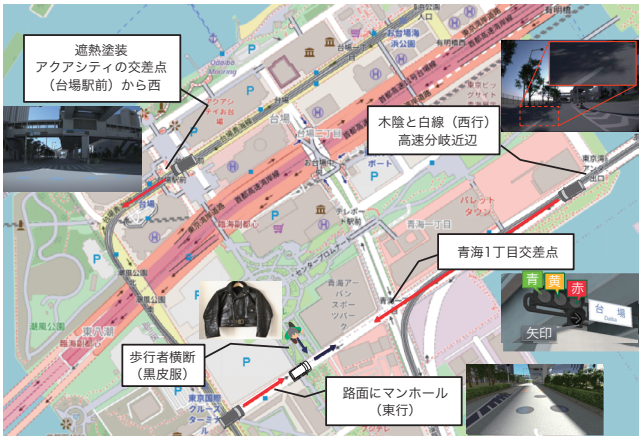


図26　お台場環境でのセンサ弱点シーン

DIVPの特徴，特に一致性について技術情報とシミュレーション結果動画を中心に解説した．物理現象の再現と実測による一致性検証に裏づけられたDIVPの高い一致性を発信することで，広く参加者に認知された．

ポータルサイトでは，ウェビナーによる情報発信も実施した．ウェビナー終了後のアンケートでは，DIVPシミュレータの業務適用可能性についても質問を受けた．結果を図27に示す．環境モデル及びシナリオ生成ツールであるSDMG®について，「研究」以上に「車両開発・設計」での適用が期待されており，開発実務におけるシミュレーションの普及がうかがえる結果となった．同時に，SDMGは実務を想定のうえで使えるレベルであることが確認できた．シミュレーションPFについては，「研究」と「車両開発・設計」でほぼ同等レベルの期待感が示された．「研究」では，新システム，アルゴリズム研究開発，「車両開発・設計」では評価から適合への一連のプロセスで適用可能との評価があった．

自由記入欄には「一致性が検証され，非常に有用なシミュレータ」との回答があったほか，「やりたいことをスピード感を持って実施できるツールであること」や「利用者目線でのフィードバックが多数寄せられることが期待される」など，今後の更なる開発への期待も示された．

そのほかには，安全性評価への適用促進が今後の課題としてアンケートに浮かび上がっていた．物理シミュレーションによるセンサ弱点評価活用への評価は高かったので，今後，評価指標の研究等と連携し，本シミュレーションPFが，どのように安全性評価に繋がるか，解り易く示していく．

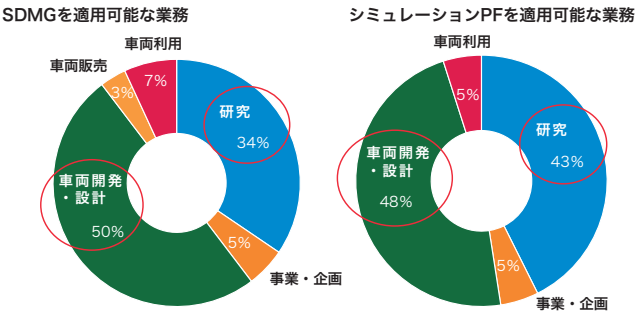


図27　アンケート結果

5.3. 臨海部実証実験STEP2【実践版】

STEP2では，参加各社の自社環境へのDIVP適用を狙いとして，実際に各社の環境にDIVPを導入して接続性を検証した．準備した仮想空間をベースにアレンジを加えたシナリオ・環境で，DIVPシミュレーションの実行結果の出力と参加者の持つ各種モデル，システムとの接続を試み，さらに顧客導入を促進するため，複数の既存シミュレーション環境との接続性確保の実施を実現することにも挑戦している．

STEP2には8社のエントリーをいただき，各社の独自の要望に合わせて，DIVPの評価作業を実施した．具体的な取組項目としては，AI学習用データ生成の可能性確認，自社認識モデルを経由した実機比較評価，Simulink®上のソフトウェア連携などが実施されている．（図28）

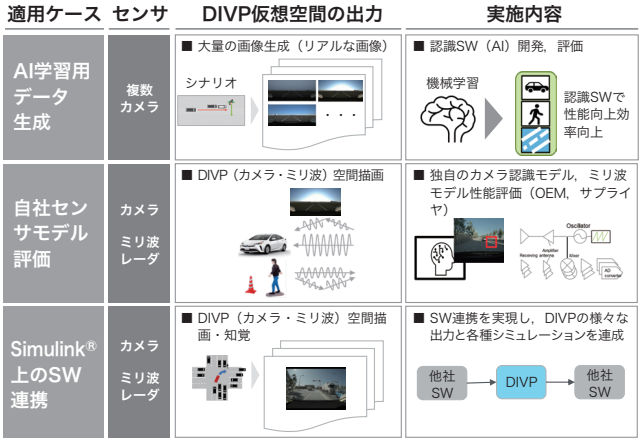


図28　臨海部実証実験からのユーザニーズ例

これまでの活動から，OEM，サプライヤ，大学等によるDIVPの仮想環境，空間描画出力の活用に関する各種システムについての顧客ニーズを受領し，DIVPの仮想空間で自動運転の安全性評価実現に向けた各種の評価を実現している．参加各社からの要望を受けて，一部の評価作業は現在も継続している．

6　国際連携・標準化

安全性評価に関し，世界各国では様々なアプローチが

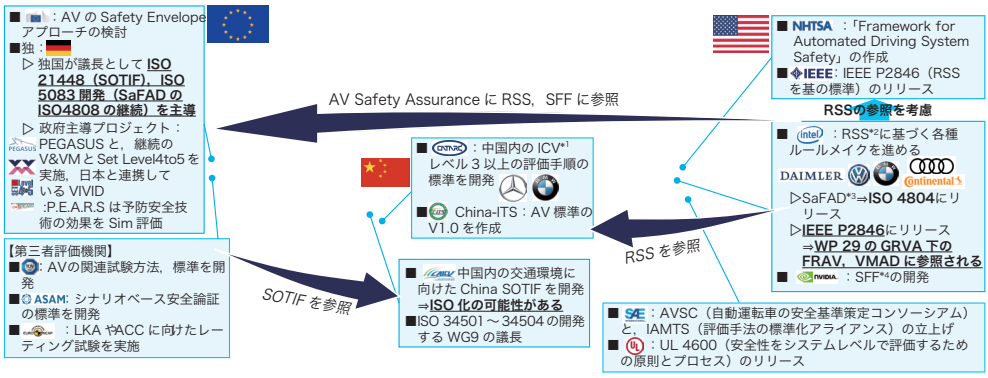


図29　国際動向の調査結果

*1 ICV：Intelligent and Connected Vehicle，*2 RSS：Responsibility-Sensitive Safety，*3 SaFAD：Safety First for Automated Driving，*4 SFF：Safety Force Field

試行されている．従来のBMWiの予算で実施され，2019年に完了したPEGASUSプロジェクトやその後継となるSET Levelプロジェクトや，米Mobileyeや独BMWが推進するSaFADを基としたIEEEやISO標準化等の動きのほか，中国が独自の安全性評価の枠組みを検討するなど，群雄割拠の状況である．(図29)

その中で，米American Automobile Association (AAA) は自動運転の事故が散見される現状から，自動運転技術の導入による事故低減等，消費者が実感できる適切で客観的な安全性評価の実施が求められており，これまでのシステムに立脚した作り手目線の安全性評価に一石を投じている．

これらの海外の取組に対し，SIP自動運転DIVPでは，日独連携を通じた安全性評価の共同研究と，これら成果に基づき，独ASAMを通じた標準化活動を進めている．

6.1. 日独連携VIVIDプロジェクト

独VIVALDIプロジェクトとDIVPは，センサのモデル化をもとに自動運転の安全性評価に貢献するVIVIDプロジェクトとして国際連携活動を実施している．VIVIDは，内閣府SIP-adusとドイツ連邦教育研究省 (BMBF) の支援のもとで，2020年10月より開始した．このプロジェクトを通じ，自動運転安全性評価体系とインタフェース標準化等を推進中である．(図30)

VIVIDは，2022年には6月に独ベルリンで日独合同の活動報告会を実施し，両国の自動運転関連プロジェクト関係者に，センサや環境モデルの重要性にインパクトを与えるなど，大きな成果を達成している．(図31)

6.2. 国際的標準団体ASAM(独)への参加

自動運転に関し幅広い標準化活動を実施しているASAMに対しては，DIVPからOpenDRIVE/Open SCENARIO，OSI (Open Simulation Interface) 等の主要WGに参加し，DIVPの特徴となるセンサ弱点シナリオ記述，各環境モデル対象への反射特性，センサ等各モデル間のI/Fの標準化などの提案を進めている．カメラ入力に関するI/FについてはOSI3.0の標準仕様の実績を達成した．

本件は画期的な成果であり，DIVPの先駆性と，日独VIVIDを通じた賛同者の獲得が要諦であり，今後も引続き自動運転安全性評価の標準化に向けた研究開発と国際標準化を進めていく．(図32)

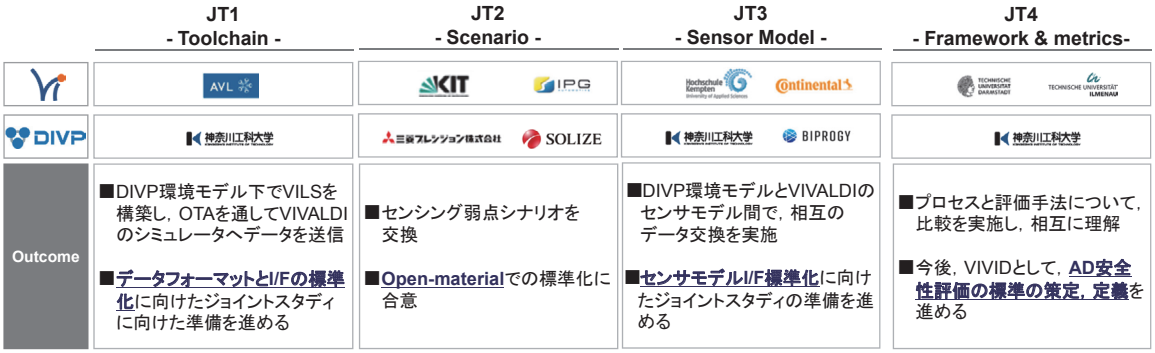


図30　国際連携・国際標準化への体制

図31　日独シンポジウム概要

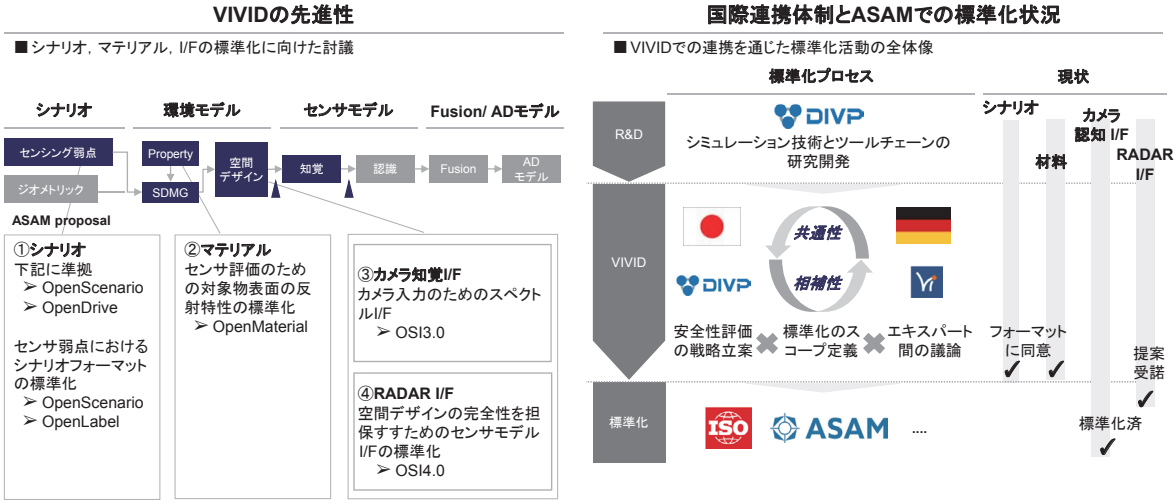


図32　DIVPの優位性とVIVIDを通じたASAM標準への貢献

7　おわりに

本プロジェクトではSIP-adus事業の一環として産学官連携の研究開発を推進してきた．本プロジェクトが「走行環境～電波伝搬～センサ」の一連のモデルの新規性を活かし，他のシミュレータとも接続性を担保し，複雑化する自動運転安全性検証を効率的かつ幅広く実施するための基盤技術になれば幸いである．実環境を精緻にデジタルツイン化した仮想空間シミュレーション技術が，自動運転の安全性に対する消費者の受容性を向上し，自動運転の社会実装の促進に貢献できることをDIVPメンバ一同，切に願っている．

【参考文献】

(1) ODI RESUME：U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, 01/19/2017, https://static.nhtsa.gov/odi/inv/2016/INCLA-PE16007-7876.pdf, (参照 2021.06)
(2) 日経ビジネス：技術の限界を伝える難しさ (2016), https://business.nikkei.com/atcl/report/15/264450/071500039/, (参照 2021.06)
(3) SET Level Project Office (Deutsches Zentrum fuer Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR), German Aerospace Center (DLR), Institute of Transportation Systems)：SET Level Project, https://setlevel.de/en/project, (参照 2021.06)
(4) PEGASUS Project Office (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR), German Aerospace Center, Institute of Transportation Systems)：PEGASUS METHOD An Overview, https://www.pegasusprojekt.de/files/tmpl/Pegasus-Abschlussveranstaltung/PEGASUS-Gesamtmethode.pdf, (参照 2021.06)
(5) 菅沼直樹 (金沢大学)：SIP第２期 自動運転 (システムとサービスの拡張)「自動運転技術 (レベル３，４) に必要な認識技術等に関する研究」, 2020.

【本件問合せ先】
学校法人幾徳学園 神奈川工科大学 研究推進機構 先進自動車研究所，〒243-0292 神奈川県厚木市下荻野1030，046-291-3277，担当：井上秀雄 (教授／所長)

②自動運転(レベル3,4)に必要な認識技術等に関する研究

Research on the Recognition Technology Required for Automated Driving Technology (Levels 3 and 4)

菅沼直樹，米陀佳祐，柳瀬龍，倉元昭季（金沢大学），山下隆義，藤吉弘亘（中部大学），目黒淳一（名城大学）
Naoki Suganuma, Keisuke Yoneda, Ryo Yanase, Akisue Kuramoto (Kanazawa University),
Takayoshi Yamashita, Hironobu Fujiyoshi (Chubu University), Junichi Meguro (Meijo University)

（概要）市街地でのレベル4相当の自動運転には，車載されたAIによる高度で自律的な認知・判断機能とともに，それを支援する道路設備，通信設備等のインフラが必要となる．一方，道路設備・通信設備等のインフラを日本全国に設置するには莫大な予算が必要になるため最低限必要とされるインフラや，認知判断技術の検討が必要となる．そこで本事業では，将来の協調領域の議論のため，取得したデータ及び当該データを取得した際の技術を一定程度公開可能な大学等を主体とした自動運転車両の公道実験等を通して，自動運転システムに必須となる認知判断技術とインフラについて研究・調査を実施した．そして公道走行によって得られた知見から，自律型の自動運転システムの認識不調が起こる要因や課題を調査するとともに，インフラから提供される交通環境情報の有効性について評価を行った．

キーワード：信号認識，物体認識，衛星測位，自己位置推定，緊急車両認識，仮想環境，認識限界

1 まえがき

市街地でのレベル４相当の自動運転には，車載されたAIによる高度で自律的な認知・判断機能とともに，それを支援する道路設備，通信設備等のインフラが必要となる．しかし，道路設備・通信設備等のインフラを日本全国に設置するには莫大な予算が必要になるため最低限必要とされるインフラや，またそのインフラのもとで必要とされる認知判断技術を検討する必要がある．そこで本事業では，既に自動運転の公道走行実証を行っている大学や，関連する最先端の要素技術の研究を実施している大学との連携により，一般の交通参加者や他の自動運転車が混在する市街地の複雑な交通環境下におけるレベル４相当の自動運転システムに必要となる認識技術等を構築した．また各種認識技術の限界性能について評価するとともに，インフラ協調走行の有効性について評価を実施した．

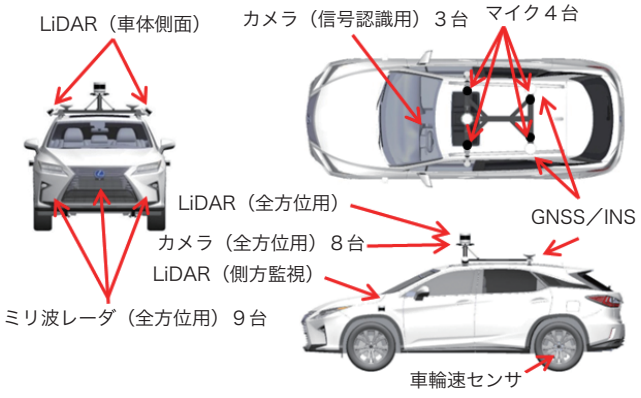
2 実証実験の概要と成果

2.1. 実証実験の概要

本事業では，自動運転システムにおける認識技術等の開発及び検証や，V2I／V2Nといったインフラ情報との連携技術の開発及び検証を目的とし，複数のLiDAR，ミリ波レーダ，カメラ等の周辺環境認識センサや，GNSS／INS等の自己位置推定センサ，V2X車載端末等を搭載した試験車両を構築し，公道での実証実験を実施した．図１（a）に構築した試験車両の概要を示す．

実証実験は，2019年７月から石川県金沢市中心部における走行実証実験を開始するとともに，2019年９月から東京臨海部での走行実証実験も開始した．そして東京臨海部に関しては2021年度までの３年間で182日間の走行実証実験を実施し，自動運転状態で約3,212.8kmを走破した．図１（b）に東京臨海部において自動運転を実施している様子を示す．

また実証実験で収集したデータのうち，認識不調を生じやすい悪環境下における走行データは，本事業の実施者に関わらず認識アルゴリズムの研究を行う広く一般の研究者にとっても有益なデータであると考えら



(a) 自動運転車両へのセンサの設置状況

(b) 東京臨海部で自動運転をしている様子

図1 本事業で開発した自動運転車両の概要

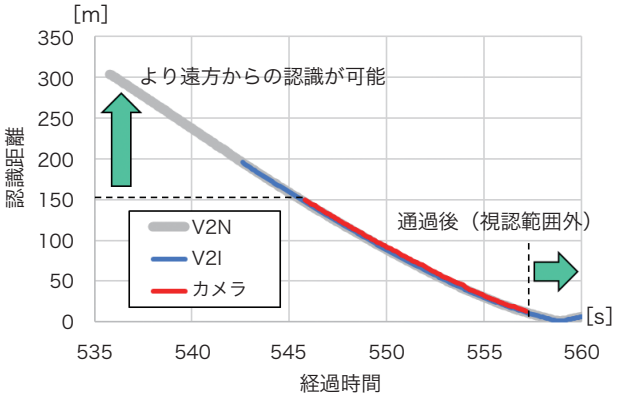
れる．このため本事業で収集した様々な地域におけるセンサデータのうち，逆行，背景同化，隠蔽，夜間，雨天などといった認識不調が発生しやすい悪条件下を含むセンサデータを収集したデータセット（AD-URBAN Open Image Dataset v1）を構築し，2022年３月末より国内の所属機関における研究活動の目的に限定して提供を開始した．[(1)]

2.2. V2I／V2N交通環境情報の有効性評価

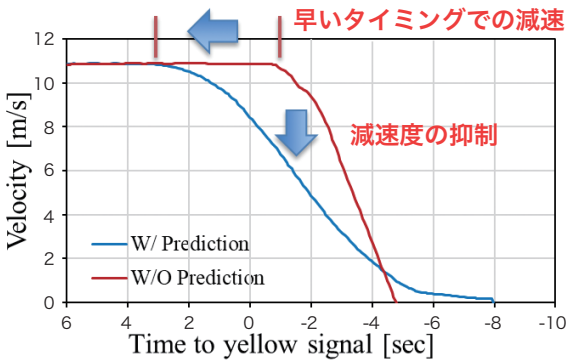
東京臨海部にける実証実験においては，V2I (Vehicle to Infrastructure)，V2N (Vehicle to Network) といったインフラから無線通信によって提供される交通環境情報を取得可能である．このため，自律型の自動運転機能の評価に加え，V2I／V2Nを使用したインフラ協調走行の実施及び評価も実施した．

V2I／V2Nからは様々な交通環境情報の提供等が行われるが，本事業では特にV2I／V2Nから提供される信号情報及びV2Nから提供される緊急車両位置情報について評価を行った．

図２（a）はV2I／V2Nから送信される信号情報と本事業により開発した車載カメラを用いた信号認識技術を用いて信号認識を行ったときの信号灯色の認識可能距離を示したものである．この結果から，信号機の認識可能距離は車載カメラを用いた自律型の認識技術を用いた場合，概ね150m程度から認識可能であることがわかる．一方，V2IやV2Nに基づく無線通信による信号情報はより遠くの距離から信号の状態を認識可能であることがわかる．ただし本事業での検討では，交差点通過時に必要な信号認識距離は概ね120m程度であると想定しており，いずれの方式においても十分な認識可能な距離を有していることも判明した．一方，信号機が物理的に視認不可能な状況では，車載カメラを用いた認識が困難となるため，そのような状況においてはV2I／V2Nが有効に機能すると考えられる．



(a) V2I／V2Nとカメラによる信号認識可能距離比較



(b) V2I 信号残秒数情報を活用した
ジレンマゾーンにおける減速度抑制の効果

図2 V2I／V2N信号情報の評価結果

また本事業ではV2Iから送信される信号機の残秒数情報を活用し，交差点進入を円滑に行う技術も開発し，その効果を検証した．具体的には図２（b）に示すように，交差点進入直前に信号灯色が青から黄／赤に変化し急減速を発生せざるを得なくなるいわゆるジレンマゾーンにおいて，信号灯色が実際に変化する前に減速を開始することで滑らかに減速を行い，交差点手前で停止することが可能であることを確認した．ジレンマゾーンにおける急減速は，自動／手動運転に関わら

ず信号現時情報のみによって交差点への侵入可否を判断する場合は常に発生するため，無線通信による残秒数提供は安全な交差点進入に対して有益な情報の一つと考えられる．

次にV2Nから提供される緊急車両位置情報についての評価結果を示す．この評価では模擬的な緊急車両の位置を，サーバを介してV2Nにより配信し，車両で受信した情報からその有用性について評価した．図３は東京臨海部において模擬緊急車両位置を受信した例を示したものである．この結果から，模擬緊急車両の位置を概ねスムーズに把握可能であることがわかる．一方，環境によっては20m程度の誤差が発生する場合も見受けられ，細かい模擬緊急車両位置を把握することは困難であることもわかる．したがって，自動運転車両が模擬緊急車両の接近に伴い回避行動を自律的にとることまで想定した場合には，車載センサによる自律的な認識技術との組合せによって詳細な緊急車両の位置を把握することも必要になるかと考えられる．一方，自律型のセンサを用いた場合，遠方や視認可能な範囲外における緊急車両の接近の確認は困難であることが想定されるため，このような状況におけるV2Nによる模擬緊急車両位置情報は特に有益な情報であると考えられる．

図3　V2N模擬緊急車両位置情報取得データ例

3　認識技術の評価

自動運転システムの開発及び安全性の評価においては，本事業で実施したように実道において自動運転車両を走行させ，実際の交通環境下において正しく自動運転機能が動作するかどうかを確認することが重要となる．一方，実際の道路環境における評価には，時間・コスト・効率といった観点で限界が生じる．また，自動運転機能の限界性能の評価を実環境において行うことは困難であると考えられる．このため，本事業では，別施策として実施されたDIVP® (Driving Intelligence Validation Platform) 等の仮想環境を用いた認識技術の評価も実施した．本章では，本事業において開発した各種認識技術概要について示すとともに，仮想環境を用いた限界性能評価結果についても示す．

3.1. 信号認識技術の開発及び認識が困難な条件の検討

自動運転においてスムーズな交差点走行を行うにあたり，信号機の状態を正確に認識することが重要である．本事業では車載向けなどの用途で開発されている最新のカメラを活用し，従来のパターン認識技術と最新のAI技術の側面から技術開発を行うことで信号認識の性能を最大限に高めた最先端の認識アルゴリズムを構築した．また実証実験で確認された認識が困難となるシーンを対象に，DIVP事業にて開発している仮想環境を用いて不調シーンにおける限界性能についても評価を行った．

(1) 信号機の認識技術の開発

車載カメラを用いた画像認識による信号機の認識アルゴリズムの開発としては，デジタル地図の利用の有無及び複数種類の画像認識アルゴリズムを開発の観点から実施した．デジタル地図の利用にあたっては画像内の認識範囲を限定可能となるため，誤検出が抑制されて高速な処理が期待できる．また，複数の画像認識アルゴリズムとしては，入力画像に対して明るさ・点灯部の円形形状などの特徴に注目して認識するパターン認識による方法と，ディープラーニングを活用したセマンティックセグメンテーション技術により認識する方法を検討した．AI技術を用いることで局所的な明るさの情報だけではなく周辺物体の状況も考慮した認識が期待される．このようにして開発したアルゴリズムを用いて，東京臨海部の走行データに対する性能評価を実施した．図４に開発したアルゴリズムを用いた信号機の認識結果例を示す．

図4　信号機の認識結果例

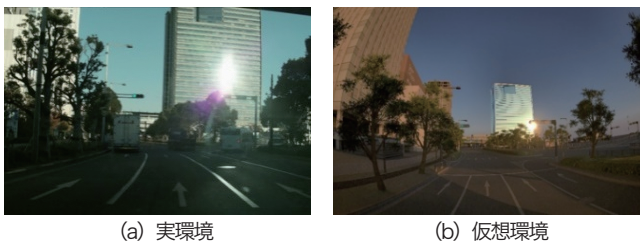
(2) 東京臨海実証実験で得られた課題

次に東京臨海部での実証実験の結果から信号機認識における環境要因が主となる認識への技術課題の分析及びアルゴリズム評価を実施した．その結果，図５の

ように逆光，順光，隠蔽，背景同化，夜間における環境条件下では一時的に認識性能が低下する状況を確認した．一方，多くのシーンでは交差点接近における一時的な影響が中心のため，交差点進入判断への影響は限定的と考えられる．他方，逆光による影響下では画像の飽和により対象物が見えない瞬間が発生することから，交差点発進時などに事象が発生した場合は適切な進入判断ができないおそれがある．しかし，車載グレードのカメラを利用した場合，こうした不調による影響は画像内でも限定的であることも検証できたため，当該交差点に複数の信号機が存在する場合は他の信号機の情報から判断する，交差点に単体の信号機しか存在しない場合はV2I／V2N情報で補助するなどの対応が望まれる．実証実験を通した認識性能の評価として，多数の信号機の状況から交差点進入を判断する戦略を導入することで目標性能である120m以内の青・赤・

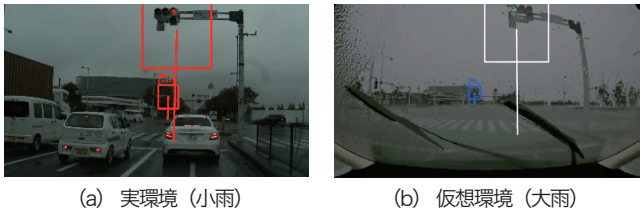
(a) 隠蔽　(b) 背景同化
(c) 夜間　(c) 逆光

図5　東京臨海部の実証実験で確認した信号認識が困難となるシーンの例



(a) 実環境　(b) 仮想環境

図6　ビル反射光の仮想環境における再現例



(a) 実環境（小雨）　(b) 仮想環境（大雨）

図7　仮想環境を用いた雨天時の限界性能評価

矢印信号を99％以上で認識可能なことを実証した．[2]

(3) 仮想環境での限界性能評価

これまでの実証実験で得られた課題を仮想環境で再現する取組を実施し，前述した逆光による不調シーンや，図6に示すようなビルに太陽光が反射して信号機の認識が困難となる状況のようなレアシーンを仮想環境で再現し，再現された画像の一致性の評価及び限界性能の評価を行った．その結果，実際の実証実験では小雨程度の状況しか発生せず認識不調が生じなかった雨天時の信号認識について，仮想環境における評価結果から降水量が数十mm/h程度の大雨（いわゆる土砂降り）の環境においては認識不調が発生しうることが確認された．（図7）

3.2. 遠距離の物体検知に必要となるAI技術の開発

安全かつスムーズな自動運転を行うためには，車両周辺の自動車，二輪車，歩行者等を確実に検知することが重要となる．このため本事業では，移動体検知における課題である遠距離の移動体の検知性能の改善について検討した．

(1) 遠距離物体の認識技術の開発

これまでに実施してきた実証実験の経験から，市街地の交通環境では状況に応じて200m以内の自動車や70m以内の歩行者を認識する必要がある．このためこれらの要件を満足するための認識アルゴリズムを開発した．まず車載カメラを用いた画像認識ではピントの影響による遠方物体のボケが課題となるため，ボケに対応した物体認識アルゴリズムを開発して画素数の小さな遠距離物体をより正確に検出することを可能とした．また，遠距離の認識が要求されるのは通過予定の交差点などシーンが限定されているため，デジタル地図を用いて画像内の認識領域を限定することで安定した認識が可能であることも検証した．

LiDARによる認識では，観測した点群から3次元矩形枠として物体を検出することが求められるが，遠方の疎な点群から安定して物体を認識することは容易ではない．そこで，遠方の疎な点群を補うためにカメラ画像の認識結果とのセンサフュージョンが効果的であることを検証した．このような双方のセンサフュージョンにより，目標性能である200m以内の自動車及び70m以内の歩行者を通常の環境下において90％で検出する認識アルゴリズムを実現した．

(2) 東京都臨海部実証実験で得られた課題

LiDAR及びカメラなどによる物体認識では，観測されるセンサ情報をもとに対象物の全体像の特徴から認識するため，周辺物体の配置や隠れの程度，天候など環境条件の変化により認識が困難となる．そのほかにも中央分離帯や柱などの付近に対象物が存在するときの背景同化やカメラの場合は日照条件による影響も課題として挙げられる．センサ特有の不調要因の場合は前述したセンサフュージョンによる戦略での対処が期待できるが，双方のセンサで課題となる隠れのシーンでは車載センサで認識するうえで本質的に認識困難な状況となる．実証実験においても隠れが主要因となる不調シーンとして交差点右折時の対向車の接近判断が確認された．車線数が多い交差点を通過する場合はより遠方の車両を認識することが要求されるため，こうした状況下での限界性能を評価することは重要である．

(3) 仮想空間での死角評価結果

実証実験では隠れによる影響下における物体認識が課題として確認されている．しかしながら，走行時においてこうしたシーンは瞬間的に遭遇する事例のため異なる条件での走行データを大量に用意することは困難である．そこでDIVP事業にて開発している仮想空間を活用して死角影響時の限界性能の評価を実施した．生成したデータは図８のように自車が交差点右折時に対向車として右折待ちトラックを配置した環境で直進対向車が接近するシーンを想定している．それぞれの相対位置関係を変更することで異なる遮蔽率のLiDAR及び画像データを生成した．

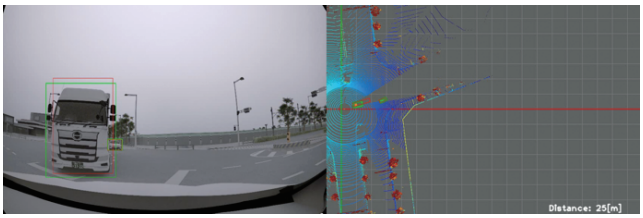
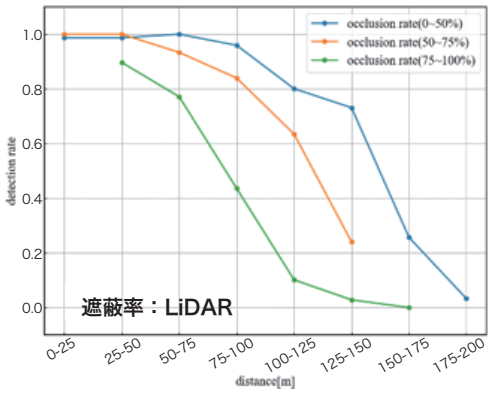
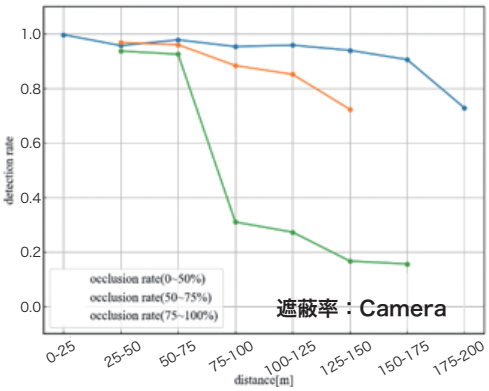


図8　死角環境下での交差点対向車の認識

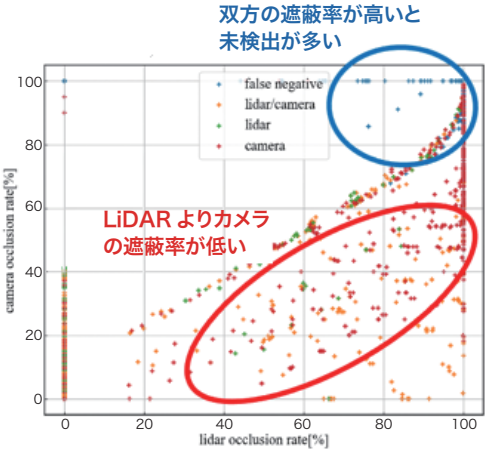
このようにして生成した交差点のシーンに対してLiDAR及びカメラによるセンサデータから対象物の検出結果を確認し，図９（a），(b)，(d) に示すように異なる遮蔽率に対して各センサ及びセンサフュージョンによる限界性能を評価した．また図９（c）に同一フレーム時のLiDAR／カメラの遮蔽率の分布を示す．これらの結果から，センサの設置位置や観測方法の違



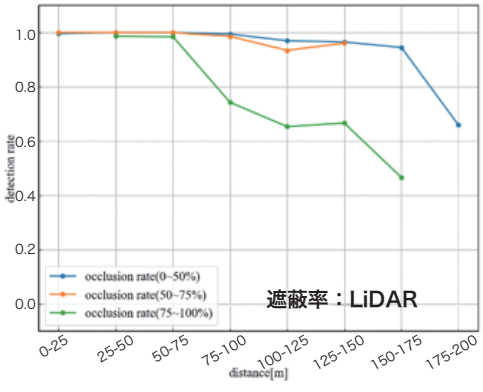
（a）LiDARによる検出率



（b）カメラによる検出率



（c）評価データにおけるLiDAR／カメラの遮蔽率分布



（d）LiDAR／カメラのセンサフュージョンによる検出率

図9　死角環境時のセンサフュージョンによる物体検出結果

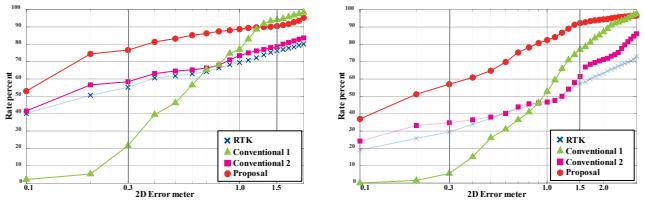
いによりセンサフュージョンによる認識性能の向上が期待できることも検証した．

3.3. みちびきを活用した衛星測位技術の開発

本事業ではみちびきをはじめとしたGNSS（Global Navigation Satellite System）衛星からの信号とINS（Inertial Navigation System）を用いつつも，自動運転システムに適用可能な位置が推定可能なGNSS／INSの技術開発を行った．なお自動運転を適用する実環境では，GNSSからの信号が受信できず，GNSS／INSの精度が劣化する可能性が高い問題がある．そのため，GNSS／INSを利用した自動運転システムが安定して運用可能な条件に関しても検討を実施した．

(1) 自動運転に適用するGNSS／INSの検討と評価

GNSS／INSの開発では自動運転に必要な絶対位置精度の目標を，走行車線の判定が可能な位置推定精度1.5m，及びGNSS／INSだけでも自動運転システムの運用が可能な位置推定精度0.3mの２つに設定した．さらにこれらの目標を準天頂衛星みちびきの活用により実現することを目指す．まず1.5mの位置精度の達成のため，汎用的なGNSSを用いつつも安定して推定可能な手法として，GNSS Dopplerの有効性を最大限活用した手法の検討を実施した．また0.3mに対しては，その精度を達成していることを特に高さ方向に注目をした車両運動の活用により判定する技術の開発を行った．さらに，高精度な位置推定をGNSSが受信できない地点においても継続するために，DR（Dead Reckoning）の高精度化に関する検討も実施した．

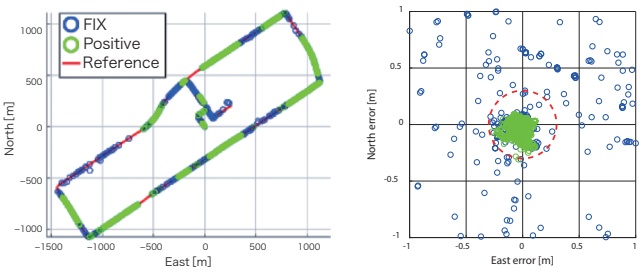


（a）お台場　　（b）新宿

図10　GNSS／INSの絶対位置評価結果

まずマルチGNSSを利用した絶対位置評価試験においては，東京都お台場で30cm@77％／1.5m@90％，新宿で30cm@57％／1.5m@92％の範囲で達成できることを確認した．結果の概要を図10に示す．なお，図10ではConventional 1として車両軌跡を利用した測位手法，Conventional 2としてRTKの探索初期位置の予測にDopplerを用いる手法を示している．

そこで次に0.3m以下の位置精度を達成している場所の判定に注力を行い，同様の評価場所で0.3m以下の位置精度の判定が99％で実現できる可能性を確認した．あわせて，準天頂衛星みちびきから放送されている補正情報であるCLAS（Centimeter Level Augmentation Service）を活用し，自動運転に十分な位置精度0.3mを判定可能であるか検討を実施した．その結果，東京都お台場に設定したコースにて99％の割合で0.3mの位置精度を判定できる結果を得ることができた．[3] 結果の概要を図11に示す．



（a）信頼性判定をした結果　　（b）測位解の精度

図11　お台場における信頼性判定結果

さらに，高精度に位置が推定できる地点間の補間をする際に重要となる，DRの高精度化を実施した．まずDR区間の誤差とその要因について検証した結果，10秒のDRの場合は初期方位角が影響することを確認した．次に初期方位角の性能を向上させるため，過去数十秒間のFIX解を使用して初期方位角を最適化させる手法を提案した．評価試験では都市部の評価コースにおいて10秒間DRした際の誤差が0.3m以下になる割合が87.7％を達成し，提案手法の有効性を確認した．（図12）

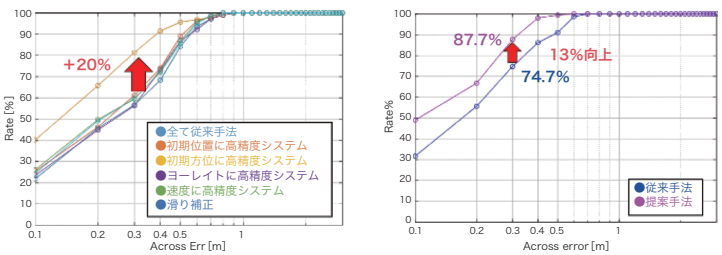


図12　DRの誤差要因解析と性能改善

(2) GNSS／INSの課題とその対応

本事業の成果によりみちびきをはじめとしたGNSSが受信できる環境では，自動運転に必要な絶対位置性能が得られる見込みが得られ，お台場のような東京臨海部でも30cmの信頼性の判定が95%以上で可能な見込みを得ることができた．しかし，評価においてはCLASを受信できたとしても，衛星数が減少することが想定される個所においては測位性能の劣化が見受けられた．そのような場所に関しては，測位精度を担保するため，道路インフラを活用したマップマッチング等の補完技術により位置精度を維持するための技術が必要になることが想定される．

そこで本事業では高精度3次元地図データと，収集したGNSS信号の誤差を二重差として収集することで，仮想環境を用いて事前に任意の地点における測位誤差を予測可能にする技術の検討を行った．開発した技術により，事前に測位性能が劣化する場所が予測可能となることが期待できる．以上の成果より，測位性能が劣化すると予測される場所に位置推定に必要な道路インフラを優先的に整備することで，より安全な自動運転の運用が可能になると考えられる．

3.4. マップマッチング技術の開発

高精度地図を用いる自動運転システムでは，常に高精度な自己位置を推定し続けることが必要となる．このため本研究では，マップマッチングに基づく自己位置推定技術について開発を行った．

(1) 開発技術概要

図13に示すように，本事業で開発した自己位置推定技術は，DRとマップマッチングによって位置の推定を継続的に行うことにより実現している．[4] DRはセンサから得られる速度ベクトルを積算して高周期に自己位置を計算することが可能であるが，累積誤差が発生し長期での自己位置推定には不向きである特徴がある．このため本手法では，LiDARからリアルタイムに得られた路面パターン画像と，あらかじめ路面パターンを取得し作成された参照用の地図画像とを画像マッチング（テンプレートマッチング）させることにより，DRに生じる累積誤差を補正することで正確な自己位置をロバストに推定する手法を開発した．

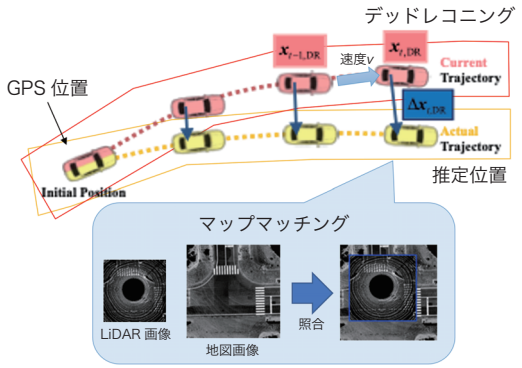


図13　自己位置推定技術概要

(2) 東京臨海実証実験で得られた課題

一方，東京臨海部における実証実験から得られた課題として，遮熱性塗装の路面や降雨時において，白線とアスファルトとのコントラストが低下することによりマッチングの精度が低下することが確認された．この対策として，光の拡散反射のモデルであるLambertモデルによってレーザ入射角から反射率の補正を行う手法を開発した．(図14) またLiDAR画像全体を地図画像のコントラストに合わせるようなコントラスト補正処理を導入することで，位置推定精度0.1mを達成可能であることを確認した．

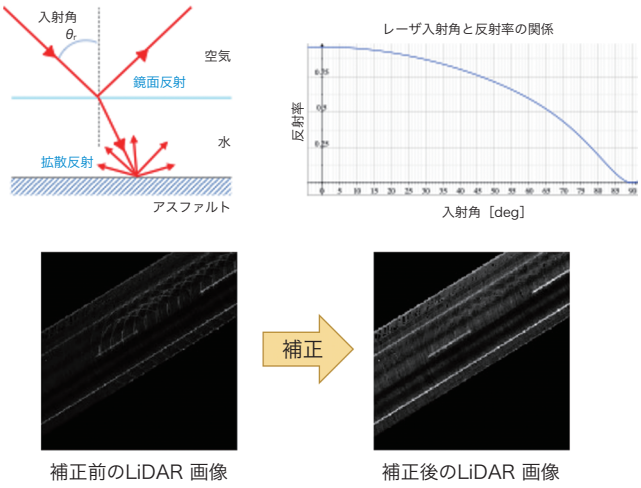


図14　Lambert反射モデルによる反射率の補正

(3) 仮想空間での限界性能評価

一方，路面の材質や路面の濡れ方などによっては，白線とアスファルトのコントラストが大きく低下することで正しく位置推定できないことが考えられる．このため，DIVP事業にて開発している仮想環境を用いて実証実験において確認された位置推定の課題となるシーンを再現し，自己位置推定性能の限界性能評価を行った．

本評価では，通常のアスファルト路面と遮熱性塗装路面それぞれに対して，図15に示すように路面の濡れ方を変化させ，マッチング結果を比較することで性能限界を求めた．DIVP仮想環境においては，路面の

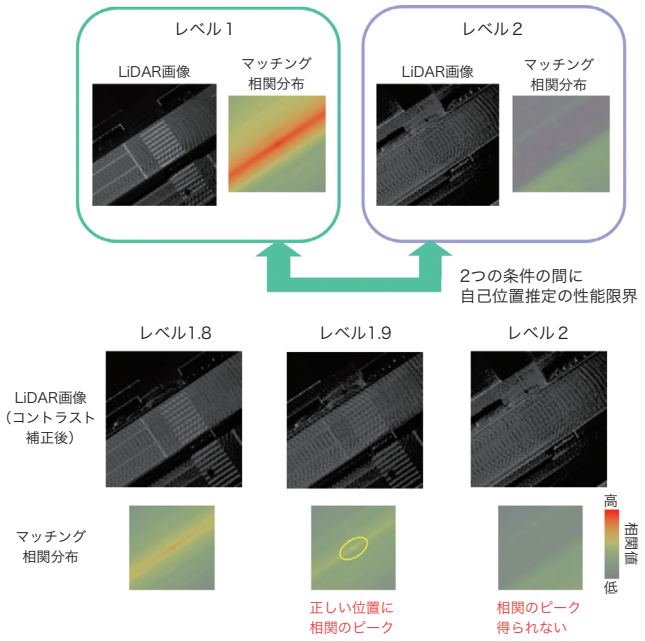


図15　遮熱性塗装路面での降雨時における性能限界付近のマップマッチング結果

濡れが５段階のレベルで定義されており，レベル０が乾燥路，レベル１は雨滴が浸み込み始めた状態，レベル２は路面に水が十分に浸み込み飽和となった状態，レベル３～４はそれぞれ１～２mm程度の薄い水膜，数mm以上の厚い水膜状態を示している．評価の結果，通常のアスファルト路面の場合には，濡れが最大のレベル４の状態であっても自己位置推定が可能であることが確認された．一方，遮熱性塗装の路面では，濡れレベル1.9が性能限界であることが確認された．

3.5. 緊急車両認識技術の開発

道路交通法第40条に定められているように，緊急自動車（以下，緊急車両）が接近した際にはその進路を妨げないような回避行動を取る必要がある．このため本事業では車載センサによる緊急車両の認識技術について開発を行った．

(1) カメラによる緊急車両の認識

画像による緊急車両の認識においては，パトカーや救急車などの車両自体の認識及び警光灯の点滅検出を行った．本事業では緊急車両の認識アルゴリズムとしてYOLOv4を用いた．まず東京臨海部で収集した物体検出用データセットを用いて，YOLOv4の学習を行った．東京臨海部のデータセットには，一般車両，歩行者，自転車，信号機の各種状態を含む７クラスを検出対象としている．東京臨海部のデータセットで学習後，緊急車両のクラスを追加し，９クラスにより追加学習を行った．最初に７クラスで学習することで，車両に搭載したカメラから取得した映像を入力とする物体検出に適した特徴を獲得する．そして追加学習することで緊急車両に適した特徴を追加して獲得できるようにする．緊急車両の検出結果の例を図16に示す．一方画像認識に基づく手法のみでは，緊急車両が遠方に存在している状況や，死角等により物理的に視認が難しい環境においては，緊急車両の接近の検知が困難となる状況が想定される．このため，図１に示す試験車両に搭載したマイクを活用して緊急車両のサイレン音を検知する手法についても検討した．

(a) 救急車　　(b) パトカー

図16　緊急車両の検出例

(2) マイクによる緊急車両の認識

マイクによる緊急車両認識においては，緊急車両の存在の有無の把握に加え，緊急車両の存在位置の把握が必要となる．このため，本事業ではサイレン音の認識技術と音源定位技術の開発を行った．サイレン音の認識に関しては，車載マイクの音声データから特徴量を抽出し，機械学習によってサイレン音を識別する．本事業では，認識アルゴリズムとしてSVM（Support Vector Machine）を用いており，学習用のデータセットとしては試験車両走行データに加え，公開されている環境音データセットであるESC-50のデータやオンラインでスクレイピングした音声データなども追加している．表１に本事業で開発した救急車サイレン音検出技術の評価結果を示す．ここで，Precisionは誤検出が少ないほど１に近い値を示し，Recallは未検出が少ないほど１に近い値を示す指標となっている．表１から90％以上の精度でサイレンを識別できていることがわかる．

表１　救急車サイレン音の認識率

	Precision	Recall
認識率	0.964	0.965

また緊急車両までの距離や自車速度に応じてサイレン音の減衰，ノイズの増大やドップラー効果が発生し認識率が低下することが考えられるため，これについての検証を行った．図17に自車速度と緊急車両まで

の距離に応じた認識率のグラフを示す．図17から緊急車両までの距離が120m以内の範囲では90％の認識率となっているが，より遠方では認識率が大きく低下していることがわかる．また，速度が大きくなるほど認識率が全体的に低下していることが確認できる．

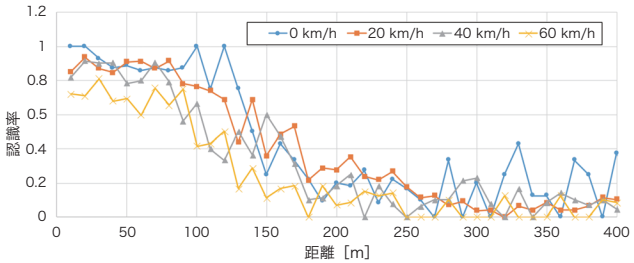


図17　自車速度と距離による認識率

音源定位に関しては，試験車両には音源定位用に４個のマイクを搭載しており（図１），これらの車載マイクを使用しマイク間の音の到達時刻差を計算することで，音源の方位や距離を推定する技術の開発を行った．

原理確認のため，緊急車両までの距離を100mに固定し，両者が静止した状態で方位角を変化させ，２つのマイクにより音源方位を推定した際の精度評価を行った．その結果，表２に示すようにいずれの条件においても誤差10deg程度での方位推定が可能であることを確認した．

表2　2つのマイクによる音源方位推定精度

真値 [deg]	推定置 [deg]	誤差 [deg]
−36.2	−45.7	−9.5
9.4	1.9	−7.5
48.6	37.7	−10.9

4　あとがき

本事業では，市街地の複雑な交通環境下におけるレベル４相当の自動運転の実現に向けて，中立的な研究機関としての大学により，一般の交通参加者や他の自動運転車が混在する市街地の複雑な交通環境下におけるレベル４相当の自動運転システムに必要となる認識技術等を構築した．また東京臨海部における実証実験を通して，V2I／V2Nといった無線インフラを活用したインフラ協調走行の有効性について評価した．さらに，東京臨海部等における実証実験において顕在化した車載センサに基づく自律型の認識技術の課題を仮想環境で再現し，認識技術の限界性能評価を行う試みも実施した．

今後，一般道を含めた様々な環境下における自動運転技術の社会導入には，本事業で開発したような自動運転システムにおける認識・判断技術の高度化に加え，安全性の評価が重要になると考えられる．一方，実際の道路環境における評価には，時間・コスト・効率といった観点で限界が生じる．このため仮想環境を用いて，本事業で実施したような効率的かつ網羅的に安全性評価を行う枠組みを構築することが今後重要になると考えられる．

【参考文献】
(1) AD-URBAN Open Image Dataset ダウンロードページ, https://github.com/AdmoreKanazawa/open_data, (参照 2022.08.31)
(2) K. Yoneda, A. Kuramoto, N. Suganuma, T. Asaka, M. Aldibaja, and R. Yanase, Robust Traffic light and Arrow detection using Digital map with Spatial prior information for Automated driving, Sensors, Vol.20, No. 4 , 2020.
(3) Aoki Takanose, Yoshiki Atsumi, Kanamu Takikawa, Junichi Meguro, Improvement of Reliability Determination Performance of Real Time Kinematic Solutions Using Height Trajectory, Sensors, Vol.21, No. 2 , 2021.
(4) N. Suganuma, D. Yamamoto and K. Yoneda, Localization for autonomous vehicle on urban roads, Journal of Advanced Control, Automation and Robotics, Vol. 1 , No. 1 , pp. 47-53, 2015.

【本件問合せ先】
金沢大学 高度モビリティ研究所，〒920-1192 石川県金沢市角間町，076-234-4714，担当：菅沼直樹

③新たなサイバー攻撃手法と対策技術に関する調査研究

Research of New Cyberattack Techniques and Countermeasure Technologies

奥山謙，和栗直英，韓欣一，今川勇生（PwCコンサルティング合同会社）
Ken Okuyama, Naohide Waguri, Shinichi Kan, Yuki Imagawa (PwC Consulting LLC)

（概要）コネクテッドカー及び自動走行システムが発展・普及し，高度な地図情報や地図上にマッピングされる自動車，人，インフラ設備等の情報が外部ネットワークを介して自動車に送信される．このような状況はサイバーセキュリティ問題を引き起こす要因となっている．また，道路運送車両の保安基準において，サイバーセキュリティ及びソフトウェアアップデートに係る協定規則であるUN-R155／R156を導入していることから，法規の観点からも自動車に対するサイバー攻撃への対策が必要となっている．このような課題を解決するために，本研究では，出荷後における新たなサイバー攻撃への対策技術として，侵入検知システム（IDS）に着目し，IDS導入時における評価・テストのベースラインとなるIDS評価ガイドラインを策定した．本年度は実際にインシデントが発生した際の初動対応を支援するための仕組みづくりとして，コネクテッドカーの脅威情報の収集・蓄積方法の検討及びハニーポット等による収集実験を実施している．

キーワード：IDS（侵入検知システム），ハニーポット，脅威情報，STIX／TAXII，S-BOM（ソフトウェア部品表）

1 本研究調査の目的と活動概要

「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第２期／自動運転（システムとサービスの拡張）／新たなサイバー攻撃手法と対策技術に関する調査研究」における研究開発計画及び目的，目標に合致する形で，「IDS評価手法とガイドライン策定」及び「コネクテッドカーの脅威情報と初動支援の調査研究」を2020年８月～2023年２月まで実施する予定となっている．

2 IDS評価ガイドラインの策定

本テーマでは，図１に示すとおり，「出荷後のセキュリティ対策」に貢献することを目的とし，各OEMにおいて，IDSを選定・検証・運用する際のベースラインとして活用いただくための，「IDS評価ガイドライン」の策定及び業界団体へのハンドオーバーを目標とした．また，車両の出荷後セキュリティ品質の底上げを目的とし，車載IDS導入の検討を始めたばかりのOEMを主な想定読者としている．

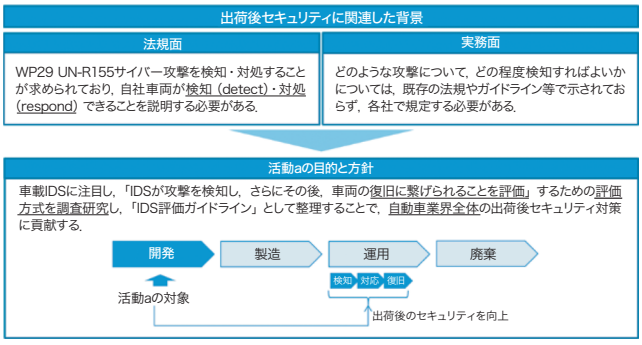


図１ 「IDS評価ガイドラインの策定」の目的と方針

2.1. 基本テストケースの導出

車載IDSの選定・検証段階で評価するべき観点を整理するため，過去に発表された攻撃事例を分析しセキュリティイベントを導出した．セキュリティイベントの中で，IDSが最低限検知するべきものを選別し，それ

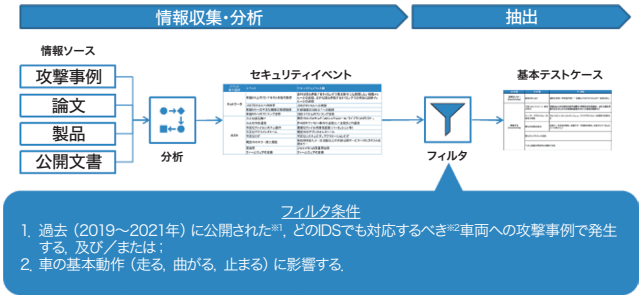


図２ 基本テストケースの導出方法

らを検知できることを基本テストケースとしてまとめた．（図２）

2.2. 基本テストケース検証環境

基本テストケースをもとに図３に示すとおりの３種類の検証環境を検討した．本研究では準備コストを考慮し，シミュレーション環境（図４）もしくは，テストベッド環境（図５）のいずれかで行うことを前提としたテスト手順を検討した．

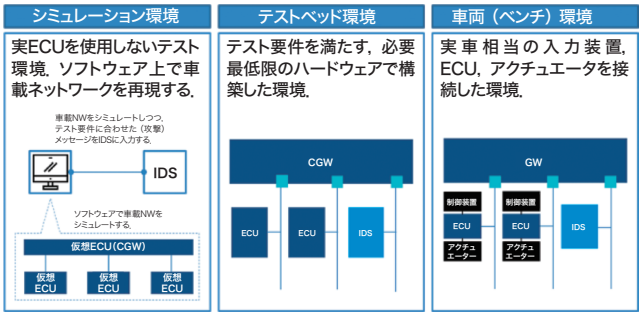


図３　IDSテスト環境の種類

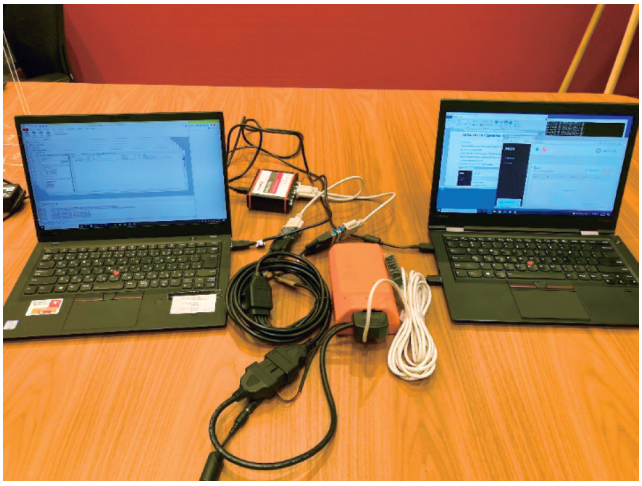


図４　シミュレーション環境

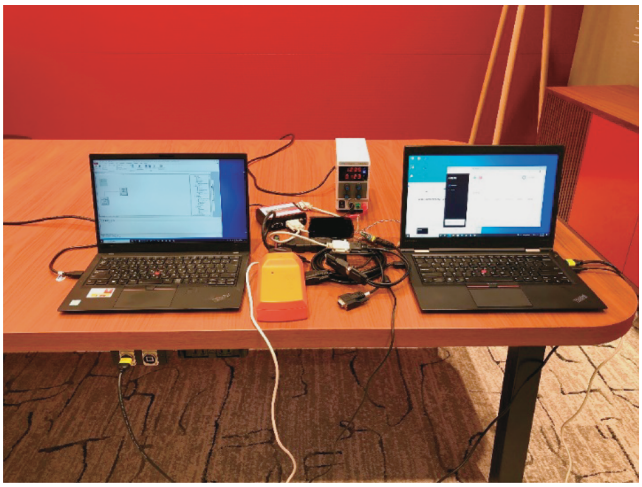


図５　テストベッド環境

2.3. IDS実機テストによるテストケースの検証

IDS実機テストの目的は，基本テストケースのテスト方法の妥当性（あらかじめ定めたテスト方法でテストができるか）を検証することである．

このため，OEM　1社（以下，OEM A）より，基本テストケースのテストの実施に必要な車載ネットワークの通信データとECUをご提供いただいた．さらに，イータス株式会社とArilou Information Security Technologies Ltd.，に，各社のIDSをOEM Aの特定車種用に適合作業を施したIDSをご提供いただき，基本テストケースのテスト手順に従ってテストを実施し，テスト結果が期待値と一致するかを確認した．

2.4. 検証結果

シミュレーション環境及びテストベッド環境で，２社のIDSについて，テスト対象とした全てのテスト観点のテスト方法で示す手順を実施し，手順に誤りがないこと，期待どおりの動作を確認することができた．

2.5. 成果活用に向けた取組

IDS評価ガイドライン移管に向け，移管先であるJASPAR（Japan Automotive Software Platform and Architecture）と技術検討会を実施した．また，移管直前まで移管先からのフィードバックに対応し，IDS評価ガイドラインの最終化を行い，事務手続き等も含めて，2022年８月に移管完了した．

3　コネクテッドカーの脅威情報と初動支援の調査研究

本テーマでは，コネクテッドカーの脅威情報の収集・蓄積手法，脅威インテリジェンスを活用した初動支援の基本仕様を策定し，2023年に業界団体へ運用移管することを目標としている．脅威インテリジェンスとは，サイバー攻撃などの脅威への対応を支援するために，収集・分析・蓄積された情報のことで，一部の産業では，企業横断的にインテリジェンスを共有する活動が行われている．[(1)]

脅威インテリジェンスを共有することで，類似のサイバー攻撃による連鎖的な被害を防ぐなどの効果が期待できるが，共有されているのはIT領域の脅威インテリジェンスが中心となっている．

3.1. 情報収集・蓄積の基本仕様検討

自動車業界の各組織が，より効率的かつプロアクティブに脅威情報を得るために，公開情報の収集以外の収集方法についてIT領域での実施事例を参考に実証実験を行った．本活動では，ハニーポット[1]及びプレイグラウンド（CTF[2]の形式の１つ）に着目し，これらの手法が自動車領域にも応用可能か検討している．

3.1.1. ハニーポット実証実験

IT領域で用いられているハニーポットの自動車版を作成し，実証実験を行った．具体的には，広域スキャンで発見可能なアフターマーケット製品を調査し，該当する製品でハニーポットのプロトタイプを開発し，2021年１月下旬よりサイバー攻撃の観測実験を開始した．自動車ハニーポットの概要を図６に示す．

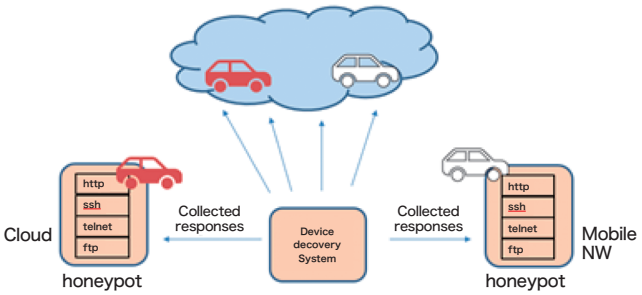


図６　自動車ハニーポットの概要

現状の観測結果としては，IoT製品同様にtelnetに対してIDと弱いパスワードを送り付ける，IoTマルウェア（Mirai等）の特徴と一致するアクティビティを多数観測しており，これは，同マルウェアに感染した機器からの自動化攻撃で，当該ハニーポットを車載機器として認識したうえでの攻撃ではないものと考えられる．

ハニーポット実証実験の一環として，効率的な機器探索の方法論についても並行して検討を進めており，Web検索エンジンを用いてキーワード検索を行い，車載機器製品のWebサイトを検索するアプローチと，車載機器関連のキーワードを直接Censys[3]で検索するアプローチの２つを提唱した．

2021年度までのハニーポット実証実験では，車載機器の中でもアフターマーケットの製品を模したハニーポットをスコープとしていたが，2022年度はコネクテッドシステム全体を模したハニーポットによる脅威情報収集の方法論も含めて検討している．

3.1.2. プレイグラウンド実験

コネクテッドシステムにおいて，車両を狙ったサイバー攻撃手法や，車両を狙った攻撃であると判断するための兆候や形跡を調査するため，プレイグラウンドを実施した．本プレイグラウンドでは，特定のフラグを用意せず，システムの攻略をゴールとして脆弱性を報告する形式のハッキングコンテストである．

プレイグラウンドでは，図７に示すような一般的な

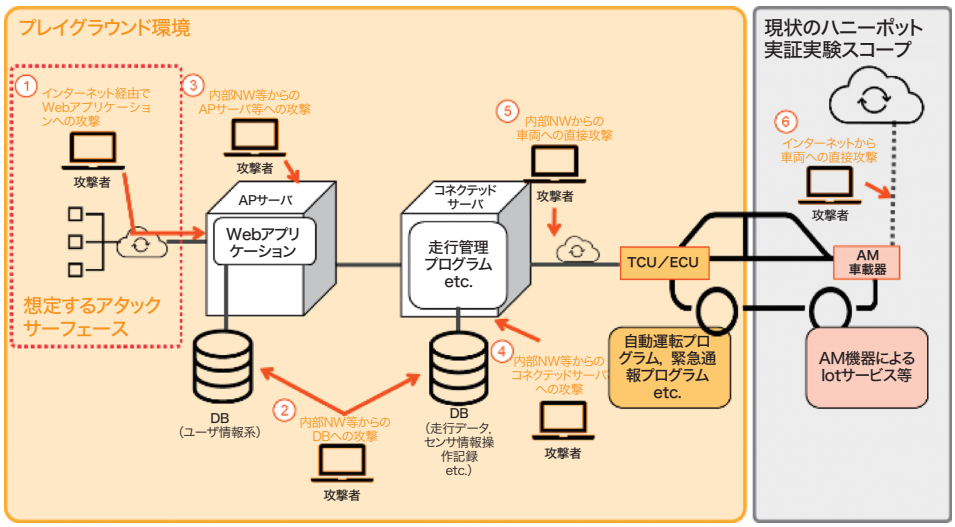


図７　プレイグラウンド環境

1　攻撃観測用機器．攻撃を受けることを意図したシステムをインターネット上に公開し，攻撃者のアクセス情報や攻撃手法を収集・観測する方法．
2　システムを模した環境に対し，ホワイトハッカーに意図的に攻撃を仕掛けてもらい，攻撃可否やその手法等の情報を収集する方法．攻撃の目標（Flag）を設定し得点を争う方式が広く知られている．
3　Censys：IoT検索エンジン．インターネットに公開状態にある機器を検索することが可能．

コネクテッドシステムを模した環境を用意した．コネクテッドシステムには様々なアタックサーフェスが存在するが，本プレイグラウンドにおけるアタックサーフェスは，利用者向けに公開されているユーザ用のアプリケーションまたはWebポータルサイトとした．

3.2. 脅威情報記述・共有方法

効率的な脅威情報の収集及び共有を行うためには，取り扱う脅威情報が一定のレベルで構造化され，共有方法が定式化されている必要がある．また，図８に示すとおり，車両のコネクテッド化及び自動化に伴い，既存のWeb／IT技術と連携する場面が増えており，車両とITシステムが融合したコネクテッドシステムにおいて効率的に脅威情報を活用する仕組みとして，IT領域で最も普及しており，記載できる情報の種類が多いSTIX／TAXII[4]に焦点を当てて調査研究を行っている．

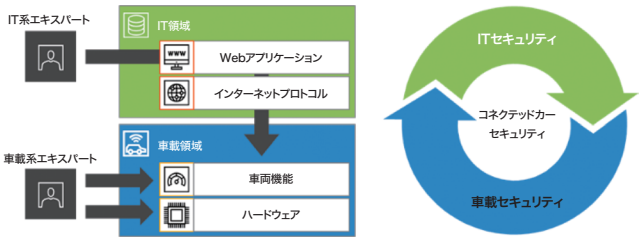


図８　自動車領域とIT領域の融合

3.3. 脅威情報の初動対応への活用

脅威情報を管理し，初動対応に活かすためには，日々発見・報告される情報が管理対象の車両またはシステムに関連するかの該否判断をすることが求められる．特に，オープンソースソフトウェア（以下，OSS）を活用している場合，大量の脆弱性情報が報告されたり，頻繁にアップデートが行われるため常に関連情報を更新しバージョンを把握する必要があったりと，該否判断を難しくする要因が増える．これらの課題への対応策としてソフトウェアに含まれるコンポーネントを管理するソフトウェア部品表（S-BOM）が注目されている．S-BOMは，各社内で作成し脆弱性管理に用いることもできるが，サプライチェーン全体で活用することで，より網羅的で効率的な初動対応を行うことができる．S-BOMを作成し，情報共有システム等の情報源と連携することで，自社の車両やシステムの脆弱性の有無を把握できるだけでなく，インシデント発生時に関連する脆弱性及び初動対応に必要な情報にスムーズにアクセスできる．（図９）

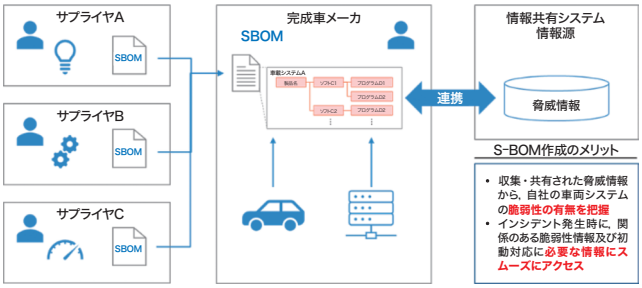


図９　初動対応のためのS-BOMの活用

3.4. 成果活用に向けた取組

本テーマでは，自動車領域における脅威情報を蓄積し，セキュリティインシデントの初動対応支援に活きる「情報共有システムの基本仕様書」と，ハニーポット及びプレイグラウンドの実証実験で得られたコネクテッドシステムに対する攻撃手法・技術に関する知見や各実証実験のノウハウを取りまとめた「情報収集手引き」の２点を成果物とする．成果物の移管に向け，移管先であるJ-Auto-ISAC（Japan Automotive ISAC）との技術検討会を継続的に実施し，移管について了承を得ている．

自動車領域におけるサイバー攻撃に対処していくためには，個社ごとの対策だけでなく，サプライチェーン全体にわたるセキュリティ対策が重要となる．そのために，成果物をより実務展開しやすいものとするため，成果物の移管先であるJ-Auto-ISACにおいて現場レベルで検討・調査を行っているチームと意見交換会を適宜実施した．

具体的な移管時期は2022年12月を予定しており，移管後はJ-Auto-ISACと実務展開に向けた協議を続け，追加活動に対応する予定である．

4　本事業の最終成果

4.1. IDS評価ガイドライン策定

本テーマでは，主にIDS開発の立ち上げに課題があるOEM／サプライヤの車載IDS開発の立ち上げの加速に寄与することを目的として「IDS評価ガイドライン」を作成した．

4　STIX：脅威情報の記述のために開発された標準化言語．TAXII：脅威情報を共有するために規定された手順．

「基本テストケース」においては，OEM及びIDSベンダ２社の協力のもと，実機テストを行うことによるテストケースの手順や期待値の確認を行い，その妥当性を評価した．JASPARへの移管も完了している．

車載機器向けのIDSは，今後，新たなサイバー攻撃に対応するうえで，検知機能を提供する代表的な技術，製品となるが，自動車業界全体としてこの技術が同じレベルで検討が進んでいるわけではないことが一部OEM個社へのヒアリングを通じてわかった．本事業では，オフ・ザ・シェルフ型のネットワーク監視型IDSがCAN通信を対象プロトコルとした場合を評価対象としている．そして，IDSの主機能である検知機能を中心としたテスト，評価手法を主なコンテンツとしている．今後は，本IDS評価ガイドラインを参考にして，OEM／サプライヤが適切なIDSを導入することを期待する．

4.2. コネクテッドカーの脅威情報と初動支援の調査研究

本テーマでは，近年発展の著しいコネクテッドカー及び自動走行システムにおいて，セキュリティインシデントを未然に防ぎ，攻撃を受けた場合においても被害を最小限にすることを目的に，「情報共有システムの基本仕様書」及びプロアクティブな脅威情報収集について「情報収集手引き」を作成する．

本テーマの成果物は，コネクテッドカーが普及し，新たなサイバー攻撃手法が継続的に報告されている昨今の自動車業界における情報共有活動を推進し，初動対応能力の強化に寄与するものである．提案した仕様書をもとに共有システムを開発・導入し，また，手引きを参考に公開情報のみならずプロアクティブな情報収集を行うことを期待する．また，これら共有システムや情報収集の取組については継続的な運用と見直しを行うことで自動車業界により適応したものへ改善し続けることも期待する．

4.3. おわりに

自動車のサイバーセキュリティの確保は，自動車の安全（セーフティ）にも影響を与えることも考えられるため，最低限満たすべきセキュリティ水準や業界共通の脅威については日本の業界全体の協調領域とする，あるいは積極的に共有することが適切であり，これによりコネクテッドサービスの開発や運用効率の改善を図ることも可能となり，日本企業の国際的な競争力維持にも繋がる．また，定められたセキュリティ対策や情報共有のための仕組みは，国内の業界における共有にとどめるのではなく，昨今の自動車セキュリティ開発における国際標準・標準規格に提言するなどで，日本企業の強みとして活用できるよう，戦略的に標準化団体に働きかけることも重要である．

また，本事業の最終成果に関連して，今後更なる研究や注力する分野について述べる．「IDS評価ガイドライン」については，オフ・ザ・シェルフ型以外のIDSやEthernet等の別のプロトコル，また，現時点では一般化できない性能をはじめとした非機能要件のテスト，評価手法などを評価対象としたり，IPS（不正侵入防止システム）に関連するガイドラインを作成したりすることが考えられる．

「情報共有システムの基本仕様書」と「情報収集手引き」については，海外や他業界の方法論，新たな技術のキャッチアップや活用に努めるとともに，情報収集だけでなく，収集した情報の分析方法や精度や確度を高める研究も継続的に行う必要がある．また，これまで各OEM／サプライヤが独自に調査・対応をしてきた，コネクテッドサービス（サーバやプラットフォーム等）側のセキュリティについても新たな協調領域となる可能性が考えられるため，今後の研究・注力分野になると考えられる．

以上を踏まえ，情報セキュリティ活動は，自動走行システム自体の発展に重要な役割を持つものであり，業界のセキュリティ活動の発展に寄与することを期待するものである．

【参考文献】

(1) 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）重要インフラ等におけるサイバーセキュリティの確保（b2）情報共有プラットフォーム技術「情報共有デザインガイド 構築編」，株式会社日立製作所，https://www.nedo.go.jp/content/100904081.pdf，（参照 2022.05.31）

【本件問合せ先】

PwCコンサルティング合同会社 テクノロジー事業部，〒100-0004 東京都千代田区大手町１丁目２-１，担当：奥山謙（080-4426-1658）

④自動運転の高度化に則した安全教育方法に関する調査研究

Research of Education Methods for Advanced Automated Driving Systems

伊藤誠，周慧萍（筑波大学），合田美子，戸田真志（熊本大学），新目真紀，半田純子（職業能力開発総合大学校）
Makoto Itoh, Huiping Zhou (University of Tsukuba), Yoshiko Goda, Masashi Toda (Kumamoto University), Maki Arame, Junko Handa (Polytechnic University of Japan)

（概要）SIP第2期自動運転（システムとサービスの拡張）の“運転者や歩行者等が習得すべき知識とその効果的な教育方法に関する研究開発（課題C）”の取組を概説する．課題Cでは，主な研究目的に基づき，教育方法の深化に関して，（1）個人特性を踏まえた教育方法の提案，（2）動機付け手法の提案，（3）部分教育を意識したモジュール化可能な完全教育教材の開発の3つの研究テーマを設定し研究を行ってきた．また，試作した教材を用いて，自動運転に関する一般的な知識を事前に提供することの効果についてドライビングシミュレータを用いた検証を行った．

キーワード：教育，訓練，動機付け，知識，体験

1 はじめに

自動運転システムをユーザが安全に活用するためには，システムの機能，ユーザ（ドライバ）の役割，置かれている状況等に応じて，なすべき行動をユーザが適宜適切に判断して行動に移せなければならない．車内に搭載されるヒューマンマシンインタフェース（HMI）は，このユーザの判断を支援するべきものであり，理想的には，ユーザの知識の如何によらず直感的に適切な判断ができるように支援がなされることが望まれる．しかし，ユーザの適切な判断，行為の実行を保証できる理想的なHMIは残念ながらまだ実現できていないというべきであり，もし技術的に実現可能となったとしても，コスト抑制などのために理想的なHMIの利用ができないということもありうる．

そこで，必要な知識やスキルをユーザに提供する，教育や訓練の在り方についても検討が必要であるといえる．本研究開発は，自動運転の安全な利用に関する教育についての取組である．

2 個人特性を踏まえた教育方法の提案

教育を効率的に行うためには，学習スタイルなど，教育を受ける側の特性を適切に考慮に入れることが必要である．本研究開発では，自動運転という新しいことを学ぶということを考慮にいれ，学習スタイルに加え，パーソナリティ特性の個人差変数の一つであるレジリエンス特性に着目し，レベル３の自動運転から手動運転へ遷移する際の知識習得に与える影響を考察した．

具体的には，SIP第１期（平成30年度２月）にインターネットで実施した3,240名の調査結果を，パーソナリティ特性と知識習得との関連で分析した．チラシ，クイズ，動画の３形式の教材を用い，各教材で学習した後の知識習得効果を比較した．[(1)] 傾向スコアマッチングを用いた上昇群・非上昇群の２値変数を従属変数とし，この従属変数への影響が想定される変数群を独立変数としてロジスティック回帰分析を行った．その結果，教材形式によってレジリエンス特性の吸収効果が異なり，動画教材が最もレジリエンス特性を吸収できる可能性が確認された．

また，個人特性を吸収し多くの受講者へ教育効果のある方法と検討するとともに，特性を簡易に判別できる手法も検討した．その結果，学習スタイルとキャリアレジリエンスの尺度の短縮版を開発することができた．[(2)(3)] さらに，学習スタイルとキャリアレジリエンスの違いにより，より有効な教材が異なりうることを明らかにした．これらのことから，教育場面において

余裕がある場合には，学習スタイルやキャリアレジリエンスを短縮版尺度で簡易に調べ，その結果に応じてより適切な教材を提供して学習させるというアダプティブラーニングが実現可能であるという見通しを得ることができた．

3 動機付け手法に関する提案

安全教育の対象は，交通利用者全てとなり，年齢層，背景，学習スタイルなど，多様で幅広い．自動運転車などに興味を持たない対象者も多い．運転者教育として，免許更新時の講習などが考えられるが，限られた時間で，学習効果を上げるための工夫が必要となる．そこで，教材に加えて，学習内容の興味関心を喚起するための方法を検討することとなった．本研究では，動機付けARCSモデルを援用し，安全教育のための動機付け動画を２種（感情移入しやすいと期待されるストーリーを中心に示した「ナラティブ」，客観的事実を中心とした「ファクトベース」）開発した．形成的評価の結果，２種の動画では，同等レベルの動機付けが可能であることが示唆された．

また，自動運転教育への動機付け方法を検討するために，開発した２種類の動機付け動画を用い，2,790名を対象としたWeb調査より，個人特性の影響を考慮した動機付け動画の有効性について検討した．[(4)] 傾向スコアマッチングの結果，ナラティブ手法を活用した動機付け動画は，ファクトベースの動画と比較し，個人のレジリエンス要因を吸収でき，レジリエンスのレベルが低いほど事後得点が上昇する可能性が検証された．また，ナラティブベースの動機付け動画の利用により，個人の学習スタイルを考慮するとより有効性が高くなる可能性が示された．また，ナラティブベースの動機付けを実施することで，性別や年代，既婚未婚，子供の有無といった個人属性の違いを吸収できる可能性が示唆された．

さらに，動機付けを高めるための集合研修の方法論についても検討した．オンラインでの研修を設計し，実施したところ，研修によって，自動運転システムに関する知識が向上し，態度変容を促進させられることを確認できた．

4 部分教育を意識したモジュール化可能な完全教育教材の開発

多様な背景を持つ交通利用者が教育の対象者であることから，自身の特性や学習スタイルに合った教材で学んでもらえるように，組合せ可能な，多種の教材モジュールを開発，蓄積することを目的の一つとしている．研究用として，３章で述べた動機付け動画２種，一般的な自動運転に関する知識習得のためのクイズ教材と動画教材の計４モジュールを開発した．このように，短く，マイクロラーニングが可能なモジュールとして多様な教材を開発することで，それぞれを単独で，また，学習目標，または実際の目的に合わせて，教材を組み合わせて学習することが可能となる．さらに，Webベースのリモート教材として，運転交代場面を体験できる簡易ドライビングシミュレーションシステムも開発した．これらの教材については，Web調査や，５章で述べるシミュレータを用いた検証実験で効果を確認している．

また，研究用に開発したもののうち，動機付け動画，一般知識の動画教材については，実使用を想定した教材サンプルとして公表する予定である．

5 教育機会を想定した教育効果検証実験

5.1. 教育機会

本研究プロジェクトにおいては，社会実装を視野に入れて自動運転に関する教育機会を検討した．自動運転を利用する，あるいは自動運転車とインタラクションするために必要な知識を提供する機会としては，マスメディア，Webサイトなどをはじめとして各種教育の機会がありうる．なお，いずれの機会も，利用できる時間，リソースは限られていることから，それぞれの特徴に即して適切な具体性・粒度を選択することが重要であると考えている．

特定のシステムについて，実際の利用者に対して知識・情報を伝達する機会としては，ディーラー・レンタカーの営業所や納品時の説明の機会，あるいは車載システムで知識を伝える機能などが考えられる．しかし，本プロジェクトにおけるこれまでの継続的な調査[(5)]によると，一般には自動運転に関する知識をほぼ全く持っていない人もいると考えられることから，個別の

システムの説明を理解できるようにするための一般的な知識を持っている必要があると考えられる．そこで，本プロジェクトにおいて，自動運転に関する一般知識をあらかじめ伝えることの有効性を検証することに取り組むこととした．

5.2. 一般知識についてのシミュレータによる検証実験

まず，２章での教材試作前の試行として，一般知識提供の効果の検証を行うこととした（実験１）．SIP第１期において行った知識提供に関する研究で使用したインストラクション素材をもとに，自動運転に関する一般的な知識を整理し，説明用の動画を作成し，実験参加者に視聴させた．約１か月後にドライビングシミュレータを用いて，自動運転から手動運転への引継ぎに関する実験を行った．この実験では，一般的な知識が複数の具体的なシステムに有用であるかどうかを検証するために，低速追従時のみレベル３相当の機能を提供するタイプと，速度に制限のないレベル３相当の機能を提供するタイプの２つを対象とした（被験者間要因）．いずれのものも，自動車線変更の機能はない．

実験結果[(6)]の一例を図１に示す．これは，自車レーン前方に故障車が止まっており，これを回避するために車線変更が必要なシーンである．本実験における自動運転システムは車線変更の機能を有していないため，走行を継続するためにはドライバが運転を交代せざるを得ない．図１は，故障車に対する衝突事故が発生した人数の割合を表している．図１に示すように，自動運転に関する一般的な知識を事前に提供すると，運転交代が必要な場面でシステムからRequest to Intervene（RtI）が提示された場合に，適切な運転交代が実行できる可能性が示唆された．

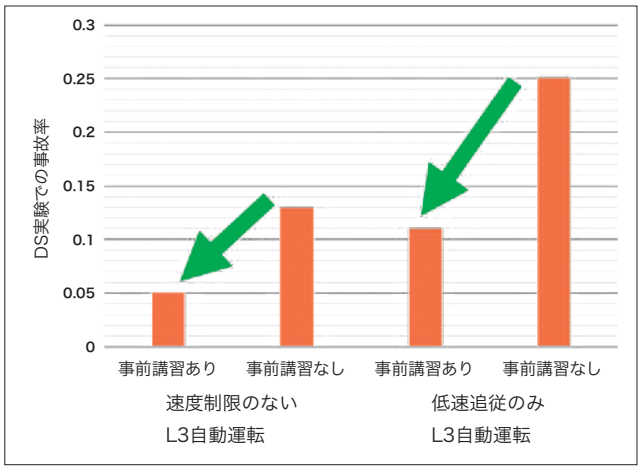


図1　実験結果の例

つづいて，４章で開発した動画教材を，実際の教育にかけられるものとして想定される時間に短くまとめ直したものを用いて検証実験を行った（実験２）．この実験では，実験において利用するシステムについての説明を，一般的な知識と合わせて，シミュレータ実験実施の約１か月前に行った．その結果，実験の前半で経験させる運転引継ぎシーンでは，RtIが提示されたにもかかわらず運転交代を要求されていることに気づかない実験参加者が数多く観察された．実験１では，実際に使用するシステムについての説明は実験実施当日に提供されたのに対し，実験２では実験実施１か月前に提供された点が異なる．一般的な知識の提供の有用性は実験１で確認できたものの，真に安全な利用を可能とするためには提供した知識の理解の促進を図る必要がある．

そこで，理解とその定着を促進するために，必要な説明についてはしっかり時間をかけて説明するように教材を編成しなおしたところ，多くのケースで運転交代に適切に対応できることが確認された．さらに，一般的な説明の中にあえて具体的な特定のシステムを含めること，運転交代の体験を簡易にでも行うこと，の２点についても検討したところ，具体的な特定のシステムを事例として含めると，検証実験においてより良い結果が得られることが確認された．また，運転交代の体験の効果も，統計的に有意ではなかったが，より良い方向に作用する可能性が示された．

5.3. 実際にシステムを利用する際の教育･訓練の在り方についての検証実験

レベル３という意味では同じ自動運転であっても，速度に制限がある・ない，というように，車種やシステムによって機能やその限界，運転交代が必要な場面などは異なる．したがって，実際に特定のシステムを利用する際には，そのシステム固有の知識を知り，運転交代が必要な場面で適切に対応できるスキルを身につけなければならない．

ここで重要な論点の一つが，体験の効果がどれほどであるか，ということである．SIP第１期の実験結果[(7)(8)]より，様々な経験をすれば，次第にドライバがうまく対応できるようになったことがわかった．一方，急に「センサ機能喪失」のような厳しい状況に遭遇した場面では，運転への介入の遅れが見られた．また，運転引継ぎが必要な状況のうち，とくに厳しい状況と考え

られる「機能失陥（故障）」の経験をしておくことが実際の場面に遭遇したときに有効であり，またその経験が長期間にわたって有効である可能性が確認された．[9] これらのことから，具体的に運転交代場面をあらかじめ経験させることは重要であると考えられる．多方，車両の売買などの際，契約の手続きなど煩雑な作業が必要な中，試乗体験に十分な時間を割くことができるとは限らない．むしろ，空いた時間に，ユーザが自由に自習できる機会を持つことが有効であろうと考えられる．そこで，４章で開発したWebベースのシステムを利用して，後日実際に自身が利用する車両と同じHMIを用い，実際に起こりうる運転交代場面を経験させることの効果について検証実験を行った．その結果，事前に運転交代場面を経験することによって実際の運転交代において早い対応行動を行えるようになるという結果がえられた．

なお，Webベースの学習では，聴講すべき動画教材の視聴を端折るケースも散見され，結果として理解が不十分と思われる事例も見られたことから，視聴を終えないと先に進めないなどの工夫が必要であることも確認された．

6 社会実装

一連の研究開発によって得られた成果は，本報告書としてまとめるにとどまらず，社会実装に活用されなければならない．本研究開発に関しては，教育などを企画する方に向けて，企画立案，教材開発に資する知見を整理した「解説書」としてまとめている．また，４章で述べたように，動機付け動画，一般知識の動画教材についても，サンプルとして公表するべく準備を進めているところである．ぜひ，「解説書」などをご覧いただき，参考にしていただければ幸いである．

なお，本解説書をまとめた以降も，これまでの研究開発の結果得られているデータの分析を進めており，更なる知見が得られつつあることから，機会をとらえて適宜改訂をしていければと思っている．

【参考文献】

(1) Arame, M., et al.: Effects of Learning materials about Automated Driving Level 3 Focusing on Driving Frequency: Verification by Propensity Score Matching, Proceedings of 2020 Fourth World Conference on Smart Trends in Systems, Security and Sustainability (WorldS4), pp. 454-460, 2020.
(2) Goda Y, et al.: Development of a Short-Form Learning Style Inventory for Automated Driving Safety Education. Proceedings of IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE) 2020, pp. 847-851, 2020.
(3) Maki Arame, Junko Handa, Yoshiko Goda, Masashi Toda, Makoto Itoh and Satoshi Kitazaki: Development of a Short-Form Career Resilience Inventory for Online learning -Verification based on analysis results of online learning for automated driving-, IEEE TALE 2022 (under review)
(4) Arame, M., et al.: Using Narrative based Video on Gaining Safety Driving: Focusing on Career Resilience and Learning Style in Automated Driving Level 3, Proceedings of Fifth International Congress on Information and Communication Technology, ICICT 2021.
(5) SIP第２期自動運転（システムとサービスの拡張）平成31年／令和元年度研究開発：自動運転の高度化に則したHMI及び安全教育方法に関する調査研究，https://www.sip-adus.go.jp/rd/rddata/rd03/211.pdf，（参照 2021.06.29）
(6) Huiping Zhou, Makoto Itoh, Satoshi Kitazaki: Influence of Prior General Knowledge on Older Adults' Takeover Performance and Attitude Toward Using Conditionally Automated Driving Systems, Proc. HFES Annual Meeting, 2021.
(7) SIP第1期自動走行システム成果報告：HMI等のヒューマンファクタに関するデータ収集によるガイドライン策定，https://www.sip-adus.go.jp/rd/rddata/rd01_more/121.pdf，（参照 2021.06.29）
(8) Zhou, H., et al: How Do Levels of Explanation on System Limitations Influence Driver Intervention to Conditional Driving Automation? in IEEE Transactions on Human-Machine Systems, Vol. 51, No. 3, pp.188-197, 2021.
(9) Zhou, H., et al: Long-term Effect of Experiencing System Malfunction on Driver Take-over Control in Conditional Driving Automation. Proceedings of The 2019 IEEE international Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC 2019), pp.1950-1955, 2019.

【本件問合せ先】

筑波大学 システム情報系，〒305-8573 茨城県つくば市天王台１-１-１，029-853-5502，担当：伊藤誠（教授，itoh.makoto.ge@u.tsukuba.ac.jp）

⑤低速走行の自動運転移動･物流サービス車両と周辺交通参加者とのコミュニケーションに関する研究

Research on Communication between Low-Speed Automated Transportation and Logistics Services Vehicles and Surrounding Traffic Participants

大門樹，對間昌宏，Lee Jieun，古谷知之（学校法人慶應義塾 慶應義塾大学）
Tatsuru Daimon, Masahiro Taima, Jieun Lee, Tomoyuki Furutani (Keio University)

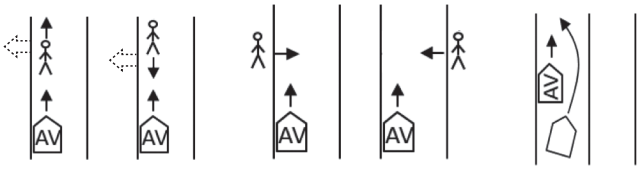
（概要）交通制約者のモビリティの確保や移動・物流サービスのドライバ不足の改善・コスト低減等の社会的課題の解決に向けて，低速走行の自動運転移動・物流サービス車両の技術開発や中山間地域等での実証実験が実施されている．低速走行の自動運転サービス車両では，従来の手動運転車の場合とは異なり，運転を常時行うドライバが乗車しないことから，歩行者や他のドライバなどの周囲交通参加者とのコミュニケーションにおいて，安全，安心，交通効率などの課題が存在する．低速走行の自動運転サービス車両と周囲交通参加者との間に安全安心で円滑なコミュニケーションの実現を目指して，実証実験等で観測されたコミュニケーションの特徴分析，自動運転サービス車両からの意図や状態を交通参加者に伝達するためのコミュニケーション方法（車両挙動や外向けHMI等）の実験的検討を実施した．また実験的検討に基づいて抽出された外向けHMIによるコミュニケーション方法を実証実験にて検証し，コミュニケーション方法の設計推奨の効果を確認した．

キーワード：コミュニケーション，意図表明，外向けHMI（ヒューマンマシンインタフェース），車両挙動，周囲交通参加者

1 はじめに

中山間地や過疎地における交通制約者の移動手段の確保や移動・物流サービスにおけるドライバ不足を補うため，自動運転車両を利用する移動・物流サービスの導入・活用が検討されている．初期の段階では，低速走行での運行により，歩行者やドライバなど周囲交通参加者も存在する一般の道路環境・交通状況での活用が想定されている．実証実験地域などでは，低速走行の自動運転移動・物流サービス車両（以下，自動運転サービス車両）の運行に際して，安全上，必要に応じて手動介入する乗務員が同乗しているが，今後の技術的進展により，乗務員が運転操作に関与しない運行形態や乗務員が同乗しない運行形態など，導入地域の事情や制約などに対応した運行形態が考えられている．一方，周囲交通参加者に対して安全確保や交通円滑化を図る目的で従来から行われているドライバの身振りやアイコンタクトなどのコミュニケーションは，周囲交通参加者に車両の意図や状態の理解，自身の行動判断を容易にするとともに安心感の向上をもたらしている．しかしながら，乗務員が関与しない自動運転サービス車両の運行形態を想定した場合には，乗務員による積極的なコミュニケーションの実施は見込めない状況となる．これまで，自動運転サービス車両と周囲交通参加者の安全安心で円滑なコミュニケーションの支援・実現を可能とする設計推奨等の抽出・提案を目的とした研究開発[(1)]に取り組み，“中山間地域における道の駅等を拠点とした自動運転サービス実証実験”[(2)]（以下，道の駅実証実験）との連携によるドライブレコーダ映像の分析から，自動運転サービス車両と周囲交通参加者との間に，図1に示される典型的な不安全・非効率なコミュニケーション形態を抽出した．[(3)]これらの典型的なケースを対象に，電磁誘導線上のみを12km/h以下で自動運転するゴルフカート（乗車定員6名）と周囲交通参加者とのコミュニケーション方法，外向けヒューマンマシンインタフェース（以下，外向けHMI）を含めた方法に焦点を当て，ヘッドマウントディスプレイを利用したバーチャルリアリティ環境での実験（VR実験），ドライビングシミュレータを利用した実験（DS実験），キャンパス等で実験車両を利用した構内道路実験を実施して，各ケースにおける

コミュニケーション方法を検討・提案した．さらに，道の駅実証実験との連携により，外向けHMIによるコミュニケーション方法について実証実験を実施しその効果を検証した．



（a）接近・回避　　（b）横断　　（c）追越

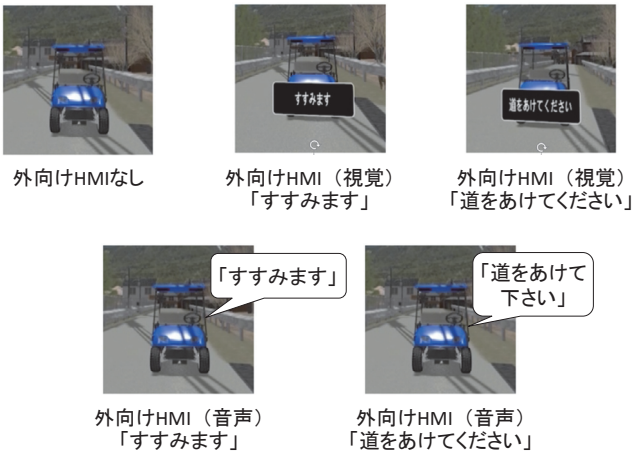
図1　交通参加者とのコミュニケーション形態の分類

2 接近・回避ケースを対象にしたコミュニケーション方法

接近・回避ケースでは，歩行者の背後から自動運転サービス車両が接近する場面において，車両の意図・意思や歩行者への依頼などの伝達，視覚提示や音声提示などの外向けHMIの検討を対象にしたVR実験によりコミュニケーション方法を検討した．

2.1. 外向けHMIの仕様

接近・回避ケースを対象に使用した外向けHMIは，図2に示されるように，車両の意図として「すすみます」，歩行者への依頼として「道をあけてください」を設定し，視覚提示以外に音声提示を新たに追加した．



外向けHMIなし　　外向けHMI（視覚）「すすみます」　　外向けHMI（視覚）「道をあけてください」

外向けHMI（音声）「すすみます」　　外向けHMI（音声）「道をあけてください」

図2　外向けHMIの仕様

2.2. 実験方法

道の駅を拠点とする周辺地域の単路部を想定した道路環境を設定し，歩行者役の被験者が単路部の左側を道路に沿って歩行している際に，後方から自動運転サービス車両が接近・停止，被験者は後方に振り返って，自動運転サービス車両の状態を視認するという場面を体験させた．視覚提示，音声提示の外向けHMIから車両の行動意図，歩行者への回避依頼などが伝達される際の歩行者の認識や回避行動などについて検討した．

2.3. 実験結果

歩行者の後方から接近する自動運転サービス車両との対面後の回避行動は，図3に示されるように，外向けHMIを装備しない場合に，運行軌道上から回避しない，路肩に少し寄るなど不十分な回避となる結果が多く観測された一方で，外向けHMIからの提示により十分な回避に至る結果が多く確認された．

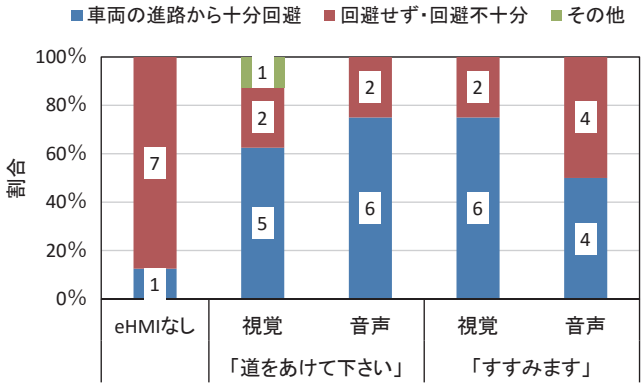


図3　初見における歩行者の回避行動

その他，自動運転サービス車両との対面後に運行軌道上から十分に回避した被験者を対象に対面から回避までに要した時間の分析では，音声提示によるどの提示でも対面から約5秒程度で回避が完了するのに対し，視覚提示では被験者によるばらつきが大きく，回避までの時間が長くなる傾向が確認された．実験終了後の内省報告では，自動運転サービス車両が電磁誘導線上から外れて自動運転できないことを被験者の多くが理解していないことが確認された．

外向けHMIを装備しない場合は，振り返って対面すると自動運転サービス車両が停止状態であるため，“何を訴えているのかわからない”といった指摘も多くあった．外向けHMIを装備した場合でも“自分が少し路肩に寄れば自動運転サービス車両が少し避けて通過するだろう”“「すすみます」だけでは回避行動を取るまでに至らない”“(「道をあけて下さい」は) 行動を強制されている，人前で注意されているように感じる”“(視覚提示は) 常に表示されているが，経験がなく，すぐに認識できない”などの回答も得られた．

以上の結果をまとめると，接近・回避ケースでは，音声提示と視覚提示の併用もしくは音声提示による外向け

HMIを利用して歩行者に回避依頼を伝達するコミュニケーション方法が推奨されるものと考えられる．

3 横断ケースを対象にしたコミュニケーション方法

横断ケースでは，これまで単路部や駐車エリアを対象にVR実験を通じて抽出された自動運転サービス車両の減速挙動と外向けHMIによるコミュニケーション方法について，また乗務員の乗車有無を含めて構内道路実験によりコミュニケーション方法を検討した．

3.1. 実験車両，減速挙動及び外向けHMIの仕様

実験車両は，図４に示される自動運転可能なゴルフカートであり，道の駅実証実験と同様に，路面に埋設した電磁誘導線上を自動運転で走行可能な車両であった．外向けHMIとしてLEDパネルをフロントウィンドウ下方のダッシュボード上に設置し，実験車両から歩行者に伝達する内容として「お先にどうぞ」(歩行者への依頼)，「とまります」(車両の意図)，「自動運転中」(車両の制御状態) の３種類を設定した．横断ケースでの減速挙動は，図５に示されるように，12km/hで走行する実験車両の減速開始位置と停止位置に基づいて，通常減速，早期減速，早期停止の３種類を設定した．

図4　実験車両と外向けHMIの仕様

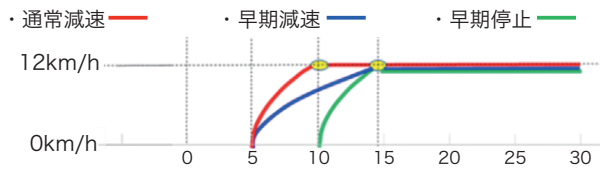


図5　減速挙動の種類

3.2. 実験方法

道の駅を拠点とする周辺地域の横断歩道が少ない生活道路を想定して，比較的幅員の狭い構内道路に設定した．路肩で横断待ちしている歩行者の道路右側，車両の上流方向から12km/hで接近する自動運転サービス車両の車両挙動や外向けHMI，乗務員の有無などの状況を被験者に観察させ，自動運転サービス車両からの譲り，横断行動などについて検討した．

3.3. 実験結果

ここでは道の駅実証実験と同様な運行形態で乗務員が乗車する場合の結果を取り上げて検討する．実験車両の接近に対して横断開始を判断したタイミングの結果を図６に示す．横断開始を判断したタイミングは，外向けHMIが装備されない場合，停止して数秒後に横断開始が判断されたが，外向けHMIが装備されると，実験車両の停止とほぼ同時かそれよりも早く横断開始が判断される結果となった．特に早期減速ではより早いタイミングで横断開始の判断を行う被験者も確認され，特に「お先にどうぞ」では減速開始後，停止前に横断開始が判断される傾向も確認された．

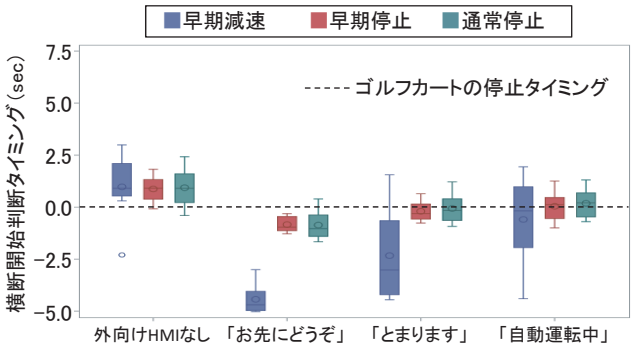


図6　乗務員が乗車する場面での横断開始判断

その他，横断開始の判断時における不安感は，外向けHMIを装備しない場合に，早期減速や早期停止では高く，逆に通常減速では低いこと，外向けHMIを装備した場合は早期停止の場合に不安感をより低減することなどが確認された．

以上の結果をまとめると，横断ケースでは，早期停止や通常停止などの減速挙動のもと，外向けHMIを利用して歩行者に停止意図や譲り意図を伝達するコミュニケーション方法が推奨されるものと考えられる．

4 追越ケースを対象にしたコミュニケーション方法

追越ケースでは，後続ドライバが自動運転サービス

車両の後方から接近し追い越す場面を対象に，後続ドライバの不安全行動を低減するコミュニケーション方法として，停止意図や譲り意図の直接的な伝達ではなく，車両の状態や種別，追越時の注意喚起などを伝達することで，後続ドライバの認識や追越行動などに与える影響をDS実験により検討した．

4.1. 道路環境及び外向けHMIの仕様

道路環境は中央線の種別に基づいて，表１に示されるように設定した．追越ケースを対象に使用した外向けHMIの仕様は，図７に示されるように，車両の状態や種別として「低速走行中／自動運転車」(１秒間隔で交互表示)，追越時の注意喚起として「追越注意」，比較として譲り意図を含めた「周囲に注意／お先にどうぞ」(１秒間隔で交互表示) の３種類を自動運転サービス車両の後部に設定した．

表１　中央線の種別に応じたコミュニケーション検討

道路環境	ゴルフカートから後続車への伝達目的	ゴルフカートの車両状態・挙動
黄色中央線	・追越の抑制 ・後続交通の円滑対応	・走行状態を維持 ・減速後に停止
白色中央線	・追越時の注意喚起 ・後続交通の円滑対応	・走行状態を維持 ・走行状態を維持

(a) 低速走行中／自動運転車　(b) 追越注意　(c) 周囲に注意／お先にどうぞ

図７　外向けHMIの仕様

4.2. 実験方法

道の駅を拠点とする周辺地域の単路部を想定した道路環境を設定し，被験者が周囲地域の道路を走行中に自動運転サービス車両の後方に接近，追従する場面を体験させて，自動運転サービス車両の車両挙動や灯火器類操作，外向けHMIの有無が後続ドライバの認識や追越行動などに及ぼす影響を検討した．DSには非接触型視線計測装置を設置し，運転中の被験者の視線を計測し，自動運転サービス車両への接近・追従から追越開始，追越終了までの視認行動を分析した．

4.3. 実験結果

ここでは白色中央線を対象にした結果を取り上げて検討する．自動運転サービス車両への接近・追従から追越開始に至るまでの周囲状況への視認時間を図８に示す．周囲状況への視認時間は，外向けHMIが装備されない場合には５秒前後であったが，外向けHMIにより「追越注意」を提示した場合には８秒前後，「低速走行中／自動運転車」を提示した場合は約５秒程度であった．一方，「周囲に注意／お先にどうぞ」を提示した場合にはそれらと比較して視認時間が短くなる結果であった．

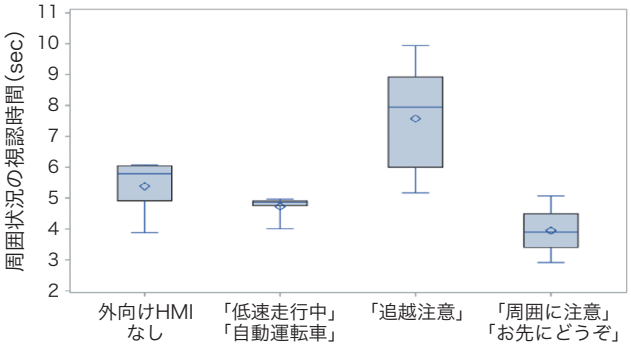


図８　追従から追越開始までの周囲状況への視認時間

その他，自動運転サービス車両からの譲りの認識は，外向けHMIを装備されない場合は低いが，外向けHMIにより「周囲に注意／お先にどうぞ」を提示した場合は最も高く，直接的な譲りを表明していないが，「低速走行中／自動運転車」「追越注意」のいずれも外向けHMIが装備されない場合よりも高められる結果となった．自動運転サービス車両に追従してから追越開始までの心理的ないらつき感は，外向けHMIを実施していない場合と比較して，外向けHMIを実装した場合にいらつき感を低減する効果が確認された．

以上の結果をまとめると，追越ケースでは，外向けHMIを装備して後続ドライバに，追越時の注意喚起，次いで車両の状態や種別などを伝達するコミュニケーション方法が推奨されるものと考えられる．

5 外向けHMIによるコミュニケーション方法の実証実験

VR実験やDS実験，構内道路実験に通じて抽出された自動運転サービス車両と周囲交通参加者のコミュニケーション方法のうち，横断ケースと追越ケースを対象に，道の駅実証実験と連携して実交通環境での検証を実施した．

5.1. 実験車両及び外向けHMIの仕様

構内道路実験で使用した自動運転ゴルフカートの実験車両の後方荷台に，図９に示されるLEDパネルを

設置して後方用外向けHMIとした．前方用，後方用の外向けHMIの点灯・消灯は乗務員の手動操作により制御され，前方用外向けHMIには横断ケース「お先にどうぞ」「とまります」を，後方用外向けHMIには追越ケース「低速走行中／自動運転車（交互表示）」「追越注意」を，それぞれ設定した．前方用外向けHMIは減速開始とほぼ同時に提示，後方用外向けHMIは常時提示する設定とした．また周囲交通参加者の様子や行動を計測するためのドライブレコーダやカメラが複数設置された．これらの外向けHMI並びに提示メッセージは基準緩和認定を申請・承認後に各実証実験地域にて運用した．

外向けHMI（前方）　　外向けHMI（後方）

図9　実証実験で使用する実験車両及び外向けHMI

5.2. 実証実験地域及び道路交通状況の特徴

国土交通省道路局及び道路新産業開発機構，地方自治体，地域運行業者の協力のもと，道の駅 赤来高原（島根県飯石郡飯南町，以下，赤来高原）及びみやま市山川地区（福岡県みやま市，以下，みやま市）にて実証実験を実施した．赤来高原の運行ルートは生活道路が多く車両交通量も少ない．みやま市の運行ルートは一般国道を含み，大型車を含めた車両交通量が多く，自動運転サービス車両との速度差が大きい．いずれの実証実験地域も起終点や運行ルート上に駐車場が存在しており，駐車場内では歩行者が自動運転ゴルフカートの進路上を横断する場面に遭遇可能な状況であった．

5.3. 実験方法

各実証実験地域にて，地域自治体や運行管理者の指導のもと，日中の時間帯を対象に実験車両を10日間運行した．安全運行の観点から，関係者の指導に基づいて，後続車両の接近に気づいたらその後続車両が安全に追い越せるよう実験車両を減速させ，左に寄って停止する運行に配慮した．運行中は実験車両に装備したドライブレコーダやカメラにて周囲の交通参加者の様子や行動を映像データとして記録した．外向けHMIの提示メッセージの種類は，表示しない場合を含めて観測数や運行状態に応じて選択した．

5.4. 実験結果

コミュニケーションの該当事例が抽出漏れとならないよう実験車両からある距離の範囲内に存在した交通参加者を全て記録・抽出したため，赤来高原では歩行者33件，自動車（四輪車，大型車）114件，みやま市では歩行者13件，自動車525件が抽出された．これらの観測事例から歩行者が実験車両を視認して横断している事例を横断ケースの対象に，追越ケースについては記録数が多いことからランダムに抽出して分析した．

横断ケースについて，本稿では赤来高原での観測を対象に分析した．実験車両と歩行者との遭遇場面において，歩行者が実験車両を視認もしくは実験車両の停止から横断に至る行動を開始するまでに要した時間を抽出した．その結果を図10に示す．観測数は十分ではないが，外向けHMIによる提示がない場合，横断への行動開始タイミングが５秒以上遅れる事象があり，一方，外向けHMIによる提示がある場合は２秒以内に判断して横断への行動開始に至る結果となった．

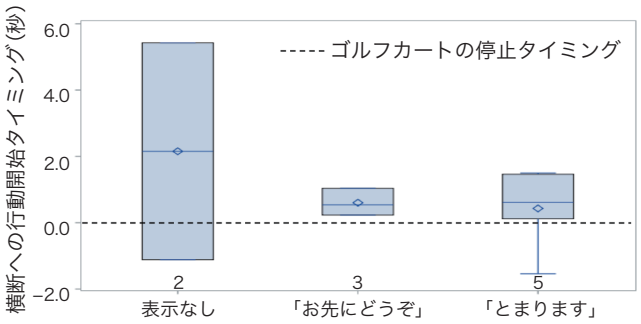


図10　赤来高原における横断への行動開始タイミング

追越ケースについて，本稿ではみやま市を対象に分析した．実験車両の後方から後続車が接近し追い越す場面において，後続車が追越開始する直前の後続車の走行状態を対向車の有無に基づいて分析した．その結

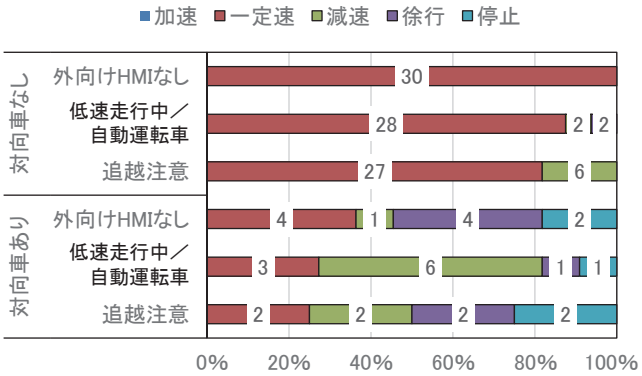


図11　みやま市における後続車の追越開始直前の走行状態

果を図11に示す．みやま市の運行ルートのほとんどが一般国道であり，周囲車両の実勢速度は高く，実験車両の12km/h以下との速度差が大きい状態であるが，対向車が存在しない場合，観測数は少ないものの，外向けHMIによる提示により追越前に後続車の減速や徐行などが観測され，追越前の減速や徐行を促せる可能性を示唆する結果となった．

一方，外向けHMIにより提示した場合であっても，道路環境や後続車へ譲る際の実験車両の停止タイミングや停止位置に起因すると考えられる対向車と後続車の干渉が少数観測され，潜在的な他の交通参加者同士の干渉を考慮したコミュニケーション方法の詳細検討も必要である．

6 まとめ

本稿では，低速走行の自動運転サービス車両と周囲通交通参加者との間に安全安心で円滑なコミュニケーションの実現を目指し，各ケースを対象にしたコミュニケーション方法，外向けHMIの設計推奨等を含め，各種実験を通じた効果検証について報告した．実証実験においては，VR実験やDS実験，構内道路実験では抽出が困難となる，実際の道路環境や交通状況に依存した不安全・非効率なコミュニケーション事例も観測されているが，実証実験期間の制約などのため，分析に十分な観測数には至っておらず，引き続き，実証実験等を通じたコミュニケーション場面の観測及びコミュニケーション方法による効果検証が必要である．

【参考文献】
(1) SIP第２期自動運転（システムとサービスの拡張）令和２年度研究開発：自動運転の高度化に即したHMI及び安全教育方法に関する調査研究，https://www.sip-adus.go.jp/rd/rddata/rd04/206.pdf，（参照 2022.08.05）
(2) 国土交通省道路局：中山間地域における長期の自動運転実証実験を開始～自動運転に対応した道路空間の基準等の策定に向けて～，https://www.mlit.go.jp/common/001259382.pdf，（参照 2022.08.05）
(3) 大門樹ほか：低速走行の自動運転移動・物流サービス車両と周囲交通参加者とのコミュニケーションに関する研究，SIP第２期「自動運転（システムとサービスの拡張）」中間成果報告書（2018～2020），pp.108-112，2021.

【本件問合せ先】
慶應義塾大学 理工学部，〒223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉３-14-１，045-566-1441，担当：大門樹

⑥自動運転の高度化に則したHMIに関する調査研究

Research of HMI for Advanced Automated Driving Systems

佐藤稔久，長谷川国大，Wu Yanbin，木原健（国立研究開発法人産業技術総合研究所），中野公彦，楊波（東京大学）
Toshihisa Sato, Kunihiro Hasegawa, Yanbin Wu, Ken Kihara (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)), Kimihiko Nakano, Yang Yo (The University of Tokyo)

（概要）SIP第2期自動運転（システムとサービスの拡張）の“走行環境条件の逸脱や自動運転システムの機能低下における適切な運転引継ぎのためのHMI等に関する研究開発（課題B）”の取組を概説する．課題Bでは，自動運転から手動運転への運転交代前におけるドライバの周辺監視状態の評価指標の検討や，HMIによるドライバのシステム理解への効果の検討等に取り組んだ．ドライビングシミュレータ実験を行い，レベル3自動運転からのシステム主導による運転交代場面において，運転準備となるドライバの周辺認識の定量的評価方法を検討し，本実験結果より，ドライバ周辺認識の評価指標や適切な周辺認識に必要となる時間等を明らかにした．レベル2自動運転からのドライバ主導による運転交代場面では，レベル2使用中のドライバの注意状態を評価するには視線計測が有効であること，また，ドライバが適切にシステムの機能限界を理解でき，機能限界に至る前に適切に応答ができるようにするHMI要件を明らかにした．

キーワード：ヒューマンファクタ，運転交代，評価方法，HMI（ヒューマンマシンインタフェース），ドライビングシミュレータ

1 自動運転から手動運転への運転交代場面

自動運転を使用している際，システム機能限界やシステム作動領域（ODD：Operational Design Domain）の境界に達したなどの原因のために，自動運転から手動運転への運転交代が発生する可能性がある．ここでは，自動運転システムがドライバへ運転交代のアナウンスを提示するシステム主導による運転交代と，自動運転システム使用中にドライバ自らの判断で運転を交代するドライバ主導による運転交代に分類して，ヒューマンファクタ課題に取り組んだ．

システム主導による運転交代においては，自動運転システムがレベル２の場合，自動運転中にドライバはシステム作動状況や周囲の状況を監視している必要があるが，常に適切な監視状態を保っているとは限らないため，自動運転中のドライバの状態をシステムが検出し，ドライバが運転交代可能かどうかをシステムが知ることが必要不可欠となる．SIP自動運転第１期においては，ドライバの状態の中でも，わき見（前を向いていない状態）[(1)(2)]，意識のわき見（前を向いているけど運転以外のことを考えていて運転に必要な情報に注意を向けていない状態）[(1)(3)]，居眠り（覚醒度の低下）[(1)(4)(5)] を取り上げ，それぞれの状態の評価指標とその状態から運転交代時における運転パフォーマンスへの影響 [(6)] について検討した．これらの知見をもとに，ドライバの眼球運動から運転交代後のパフォーマンスを予測する手法 [(7)] も検討した．さらに，自動運転中のドライバの状態推定や運転パフォーマンスへの影響分析に加えて，自動運転中に覚醒度を低下させないための方策 [(8)(9)] についても検討した．

第２期でのシステム主導による運転交代の取組は，自動運転システムのレベル３使用中を対象とした．自動運転レベル３において，自動運転中にドライバが運転以外のこと（NDRA：Non-Driving Related Activities）を実施しているなかで運転交代を適切に行うために，運転タスクの準備ができている＝ドライバが周囲の状況を認識できている状態を定量的に評価するための方法を検討した．

また，ドライバ主導による運転交代については，ドライバが自動運転レベル２のシステム機能限界を適切に理解し，適切な応答ができる状態を評価する方法を

検討した．さらに，ドライバが適切にシステムの機能限界を理解でき，適切な応答ができるようにするHMIの要件について実験的に検討した．

2 システム主導による運転交代

2.1. 取組課題概要

自動運転レベル３において，自動運転中にドライバが運転以外のことを実施しているなかで運転交代を適切に行うためには，自動運転中の運転以外のことに集中しているドライバ状態から運転タスクに適切に注意を移行させることが必要となる．そのためには，運転タスクを手動で行う前に，自車両の速度や周囲の他車の動き，道路環境の状態等，ドライバが周囲の状況を認識するという運転交代の準備をすることが有効と考えられる．ここで，ドライバが周辺の状況認識を適切に行っていることをどのように評価するのかが重要な課題となる．このような課題認識のもと，本テーマでは，以下の課題に取り組んだ．（図１）

・運転交代前のドライバの周辺認識の評価方法
・適切な周辺認識に必要な時間
・ドライバ周辺認識の評価方法の妥当性検討（周辺認識の標準的な評価方法との比較）
・適切な周辺認識を促すHMI要件

2.2. 実験シナリオ

上記４つの課題それぞれについて，ドライビングシミュレータ実験により検討した．全ての実験で，道路交通シナリオは共通であり，以下のとおりであった．

－自動運転にて，片側３車線の自動車専用道の中央車線を約60km/hで走行した．
－自動運転中，実験参加者はタブレットPCを使用したゲーム（テトリス）を行った．
－自動運転開始から数分後に運転交代を発生させ，設定された区間内で手動運転による車線変更を行った．
－自動運転中のドライバの視線運動及び頭部運動を計測した．また，手動運転へ切り替え後の運転行動を計測し，車線変更の成功率等を算出した．

2.3. 運転交代前のドライバの周辺認識の評価方法の検討

(1) 実験条件

30名のドライバが参加した本実験では，運転交代１分前に運転交代の予告をする条件，運転交代１分前からテトリスをやめて周辺認識を行う条件，事前にそのような予告や周辺認識をしないで運転交代をする条件等を設定した．

(2) 実験結果：運転交代後の運転パフォーマンス

運転交代後，他車と衝突せず，設定された区間内で車線変更できた割合を算出したところ，運転交代前に周辺認識をした条件の方が周辺認識をしなかった条件に比べてその割合が有意に高かった．自動運転レベル３で運転以外のことを行っているドライバ状態から手動運転へ運転交代する際，周囲の状況を認識するという運転交代の準備状態を作ることで，より適切な運転交代を実現できる可能性が示唆された．

(3) 実験結果：ドライバの周辺認識の評価指標

アイカメラで検知したドライバの視認行動より，周辺認識を開始してから前方への注視率を分析したところ，周辺認識開始後の20秒間で前方注視率は増加する傾向にあり，周辺認識開始から30秒後から運転交

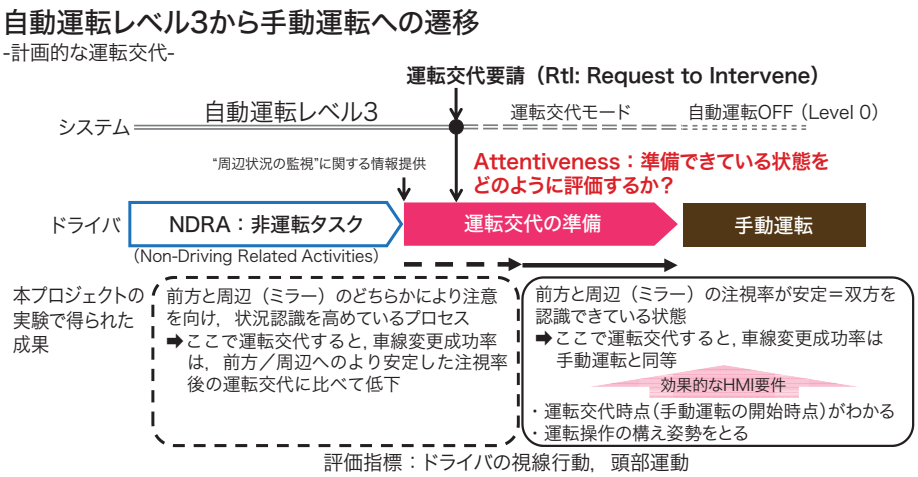


図１ システム主導による運転交代の取組と成果

代時点までより高い値で安定する傾向を示した．さらに，運転交代後も，その前方注視率の数値は維持された．前方注視以外の視認行動は，サイドミラー，ルームミラー，計器などであった．

この結果より，周辺認識開始後の前方注視率が，ドライバの周辺監視状態の評価指標となり，開始直後の低い前方注視率が増加し，その後安定して推移しているところが，周囲の交通状況をドライバが認識することのできている状態と判定できる可能性が示唆された．

2.4. 適切な周辺認識に必要な時間の検討

(1) 実験条件

運転交代前にドライバが周辺認識を行う時間を実験条件とし，５秒，10秒，20秒，55秒の４条件と，０秒（ゲームをしている状態から運転交代を行う）条件，加えて，自動運転ではなく手動運転で行う条件を設定した．実験参加者は30名であった．

(2) 実験結果

周辺認識を求めた４条件で前方及びミラーへの注視率を算出し，周辺認識からの変化を比較した．その結果，周辺認識開始からの変化はどの条件でも同じであり，開始から20秒までは前方注視率は増加し，その後，安定する傾向を示した．すなわち，５秒，10秒，20秒条件では，そのような安定する推移は見られなかった．また，運転交代後の運転パフォーマンスの結果から，55秒条件の車線変更成功率が，０秒，５秒，10秒，20秒条件に比べて高く，手動運転条件と同じくらいの成功率であることが示された．

この結果より，前方注視率の安定した推移の見られた後の運転交代では高いパフォーマンスを示しており，2.3.の結果を支持していると考えられる．

2.5. ドライバ周辺認識の評価方法の妥当性検討（周辺認識の標準的な評価方法との比較）

(1) 実験条件

運転交代前にドライバが周辺認識を行う時間を55秒とし，発話思考法を用いて，その間に考えていることの発話を求めた．ドライバ20名の参加によるDS実験では，「右側車線の車の流れは自車より速い」などの周辺の状況認識に関する発話を得た．

(2) 実験結果

得られた発話より，前方の状況に関する発話と周辺の状況に関する発話を集計した．ドライバの周辺認識の開始からの前方／周辺に関する発話数と，同じ時間での前方／ミラーへの注視率の変化を比較したところ，前方／周辺に関する発話数と前方／ミラーへの注視率はほぼ同じ変化を示した．

この結果より，発話数の変化が大きい区間では注視率の変化も大きく，逆に，注視率の変化が安定している区間では，発話数の変化も安定していることが示された．その状況をどれくらい認識しているのかが発話数に表れていると想定すると，注視率の変化がその状況の認識度合いに対応している可能性が示唆される．

2.6. 適切な周辺認識を促すHMI要件

(1) 実験条件

運転交代前にドライバに周辺認識を求める際，周辺認識を促すHMI要件を検討するため，「○○秒後に運転交代」と運転交代タイミングを明示する条件，運転交代タイミングの明示に加えてカウントダウンを行う条件，周辺認識中にハンドルを持って運転の態勢もとる条件，周辺認識をしない場合に警報を提示する条件等を設定し，運転交代後の運転パフォーマンスへの効果を比較した．１条件あたり20名で合計120名のドライバが実験に参加した．

(2) 実験結果

車線変更完了までの時間や衝突率を比較したところ，運転交代タイミングの明示に加えてカウントダウンを行う条件と周辺認識中にハンドルを持って運転の態勢もとる条件の結果が，他の条件に比べて良いことが示された．一方，周辺認識をしない場合に警報を提示する条件は，運転パフォーマンスを向上させる効果は見られなかった．

この結果より，運転交代時点がわかることと，運転操作の構え姿勢をとることが，運転交代後の運転パフォーマンスの向上に効果的であることが示唆される．

3 ドライバ主導による運転交代

レベル２運転支援では，自動運転中にドライバが周辺状況やシステム状態を認識し，システムの機能限界場面ではドライバ自らが運転交代を行う必要がある．ここでは，ドライバが適切にシステムの状態を理解できているかを評価する方法を検討するとともに，ドライバ自らの運転交代を確実に実現するためのシステム理解を促進するHMIについて検討した．

3.1. ドライバのシステム理解状態の評価方法

手動運転時と同じドライバ状態になっていることを，ドライバがシステムと共存できている，すなわちシステムの状態を理解できている状態と解釈し，手動運転時とレベル２運転支援時のドライバ挙動の差を分析し，システム理解状態の評価方法を検討した．

ドライビングシミュレータ実験を実験参加者10名で実施し[10]，片側３車線の第２車線を手動運転またはレベル２運転支援で走行し，走行中に周囲に注意を払うべき潜在的なリスクシーンを設定した．走行中の視線行動を非接触アイカメラで計測したところ，複数の領域で注視時間に有意差が認められ，レベル２運転支援時は手動運転時よりも正面及び計器類への注視時間が短くなり，周囲やミラーへの注視時間が長くなる傾向がみられた．

3.2. システム理解を促進するHMI

ドライバがシステムの未検知，誤検知を理解しやすいHMIの候補を挙げ，ドライビングシミュレータ環境で動作させた．その中から，交通状況の認識結果をリアルタイムに表示するHMIを用いて，実験参加者18名で走行実験を行った．[11][12] HMI提示ありの方が，自動運転システムが車両以外の物体を認識できていない可能性があることをドライバが理解しているアンケート結果が得られ，HMIによってシステムに対するドライバの理解が促進する可能性が示唆された．

3.3. 信号交差点における車車間事故防止を実現するためのHMI

本実験では，レベル２運転支援による走行中の適切な運転介入による信号交差点付近の車車間事故の防止を実現するためのHMIの要件の調査を目的とした．危険な場所を明示することを目的として，地図情報をもとにした静的環境情報を提示するもの（静的HMI）と，レベル２運転支援の仕組みの確認を目的として，車載センサ情報をもとにした物体認識情報を提示するもの（センサHMI），２種類のHMIを提案し，ドライビングシミュレータを用いた実験により有効性評価を行った．本研究で提案するHMIは，各提示情報をドライビングシミュレータのダッシュボードに固定されたヘッドアップディスプレイに表示するものである．

実験で用いた道路環境は日本の国道を模擬しており，片側２車線，交差点付近では右折レーンが加わり３車線となっていた．直進シナリオでは，自車は60km/hで第２車線を直進する先行車両をレベル２運転支援システムにより追従した．運転支援システム動作時は，ドライバは加減速やステアリング操作といった動的運転タスクを行う必要は一切なかった．リスクシーンでは，信号交差点において対向車線の右折レーンに他車両が現れ，自車の交差点進入時に他車両が突然右折を開始し，ドライバ自らの運転介入をしなければ進入車両と衝突する状況であった．レベル２運転支援システムから運転介入を行う要請は一切行われず，ドライバは自ら危険事象や異変を検知し，ドライバ主導で回避を行う必要があった．実験条件は，静的HMIの有無とセンサHMIの有無を組み合わせた４条件であった．実験データを分析した結果，静的HMIとセンサHMIを併用することにより，最も車間に余裕を持った運転介入が行われ，HMIなしに対して走行に対する安心感を有意に高めることが示された．[13][14]

右折シナリオでは，自車はレベル２走行による信号交差点を右折する．リスクシーンでは，右折中に対向車線からすり抜けたバイクが自車の前を走行し，ドライバ自らの運転介入をしなければバイクと衝突する状況であった．バイクすり抜け時の運転介入時間と運転介入時の衝突余裕時間を分析したところ，静的HMIとセンサHMIを併用することにより，運転介入時間が短くなる傾向にあり，衝突余裕時間が増加する傾向にあった．

3.4. 信号交差点における交通信号変化時の事故防止を実現するためのHMI

信号認識による制御を行うことを前提としていないレベル２運転支援の時，アダプティブクルーズコントロールで追従制御を行っている時に信号交差点接近の際に信号が黄色に変わると，ドライバ主導の運転介入を行って車を停止させることが求められる．本実験では，レベル２運転支援時において，信号灯色が交差点進入直前で変化する時，安全な信号交差点の通行を支援するためのHMI要件の調査を目的とした．

地図情報に基づく静的環境情報を提示する静的HMI及び静的環境情報に加えてインフラ情報に基づく動的環境情報を提示する動的HMIを提案した．動的HMIでは，自車が信号交差点に到達する際の前方信号の灯色を予測するなど，交通信号の先読み情報を提示した．各提示情報をドライビングシミュレータの

ダッシュボードに固定されたヘッドアップディスプレイに表示し，表示時に音で通知を行った．ドライビングシミュレータ実験を用いて，その有効性の評価を行った．

実験で用いた道路環境は日本の国道を模擬しており，片側２車線，交差点付近では右折レーンが加わり３車線となっていた．直進シナリオでは，自車は60km/hで第２車線を直進する先行車両をレベル２運転支援システムにより追従した．リスクシーンの発生する信号交差点に自車両及び先行車両が接近する時に信号が黄信号に変わる．先行車両は停止することなく信号交差点を通過するが，自車は運転支援による走行を継続した場合，停止線付近で赤信号となる．HMIなし，静的HMI，動的HMIの条件において，リスク発生後の対応を分析した．動的HMIを使用した場合に，緩やかな減速及び余裕を持った停止が行われることが示された．

これは交通信号先読み情報により，減速する準備を行うことができ，余裕を持った停止ができたからだと考えられる．[15)16)]

左折シナリオでは，自車はレベル２走行によって信号交差点を左折する．リスクシーンでは，自車及び先行車両が交差点に接近する時に信号が黄信号に変わる状況であった．先行車両は停止することなく信号交差点を通過するが，自車が交差点進入前に信号が赤に変わって，ドライバ自らの運転介入をしなければ信号無視になる．停止線での停止状況及び信号変化後の運転介入時間を分析したところ，動的HMIを使ったことにより停止線前で停車できる回数が増加したことがわかった．また，運転介入までの時間も短くなる傾向にあった．

【参考文献】

(1) Yanbin Wu, et al.: Assessing the Mental States of Fallback-Ready Drivers in Automated Driving by Electrooculography, Proceedings of 2019 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC), pp. 4018-4023, 2019.
(2) Toshihisa Sato, et al.: Evaluation of Driver Visual Distraction in Automated Driving Systems in Driving Simulator, Test Course, and Public Roads Experiments, Proceedings of 7th International Conference on Driver Distraction and Inattention (Book of Abstracts, DDI 2021), pp. 58-60, 2021.
(3) Toshihisa Sato, et al.: Comparison of Driver Conditions in Automated Driving Systems and Transition Behaviors in Driving Simulator versus Real Proving Ground, Proceedings of DSC 2019 Europe, pp.43-50, 2019.
(4) Toshihisa Sato, et al.: Evaluation of Driver Drowsiness While Using Automated Driving Systems on Driving Simulator, Test Course and Public Roads, In: Krömker H. (eds) HCI in Mobility, Transport, and Automotive Systems. Driving Behavior, Urban and Smart Mobility, HCII 2020. Lecture Notes in Computer Science, Vol 12213. pp.72-85, Springer, 2020.
(5) Yanbin Wu, et al.: The Relationship Between Drowsiness Level and Takeover Performance in Automated Driving, In: Krömker, H. (eds) HCI in Mobility, Transport, and Automotive Systems. Driving Behavior, Urban and Smart Mobility. HCII 2020. Lecture Notes in Computer Science, Vol 12213. pp. 125-142, Springer, 2020.
(6) Damee Choi, et al.: Effects of cognitive and visual loads on driving performance after take-over request (TOR) in automated driving, Applied Ergonomics, Vol. 85, 103074, 2020.
(7) Yanbin Wu, et al.: Eye movements predict driver reaction time to takeover request in automated driving: A real-vehicle study, Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, Vol. 81, pp. 355-363, 2021.
(8) Yanbin Wu, et al.: Effects of scheduled manual driving on drowsiness and response to take over request: A simulator study towards understanding drivers in automated driving, Accident Analysis & Prevention, Vol. 124, pp.202-209, 2019.
(9) Yanbin Wu, et al.: Age-related differences in effects of non-driving related tasks on takeover performance in automated driving, Journal of Safety Research, Vol. 72, pp.231-238, 2020.
(10)井上功一朗ほか：先進運転支援システムによるドライバメンタルモデルの変容，第18回 ITSシンポジウム，2020.
(11)井上功一朗ほか：物体認識結果をドライバに提示することが先進運転支援システムに対するメンタルモデルに与える影響，第29回 交通・物流部門大会 (TRANSLOG2020)，2020.
(12)Bo Yang, et al.: Influences on Drivers' Understandings of Systems by Presenting Image Recognition Results, IEEE Intelligent Vehicles Symposium Workshops, 2021.
(13)齊藤拓海ほか: 信号交差点における一般道レベル２運転支援時の適切な運転引継ぎを支援するHMI要件，第19回 ITSシンポジウム，2021.
(14)Bo Yang, et al.: Influences of Different Traffic Information on Driver Behaviors While Interacting with Oncoming Traffic in Level 2 Automated Driving, International Journal of Human–Computer Interaction, pp.1-9, 2022.
(15)齊藤拓海ほか：一般道レベル２運転支援時の適切な運転引継ぎを支援するHMI要件，第30回 交通・物流部門大会 (TRANSLOG)，2021.
(16)楊波ほか：レベル２運転時の安全な信号交差点通過のHMI要件の調査，第58回日本交通科学学会学術講演会，2022.

【本件問合せ先】

国立研究開発法人産業技術総合研究所 ヒューマンモビリティ研究センター，〒305-8566 茨城県つくば市東１-１-１ つくば中央第６，担当：佐藤稔久

4 自動運転のある社会

(1)地域社会における自動運転移動サービス

中山間地域における自動運転移動サービス(概要)

Automated Driving Transportation Services in Rural Areas (Overview)

加藤宣幸(一般財団法人道路新産業開発機構)
Yoshiyuki Kato (Highway Industry Development Organization)

1 地方部における社会的課題と自動運転移動サービスの意義

わが国では，人口減少・超高齢化が進展し，特に地方部において，財政圧迫や担い手不足等の課題を抱えている．こうした社会情勢の影響を受け，公共交通サービスは大きな打撃を受けている．路線バス事業における輸送人員は，軒並み大幅な下落傾向にあり，特に地方部での減少は厳しい状況である．(図1) 今後もこの傾向は継続すると考えられ，公共交通サービスの維持が困難な状況にある．そのため，自動車依存が進む地方部，特に中山間地域は，運転免許返納後の高齢者の移動需要に十分に応えられない可能性がある．

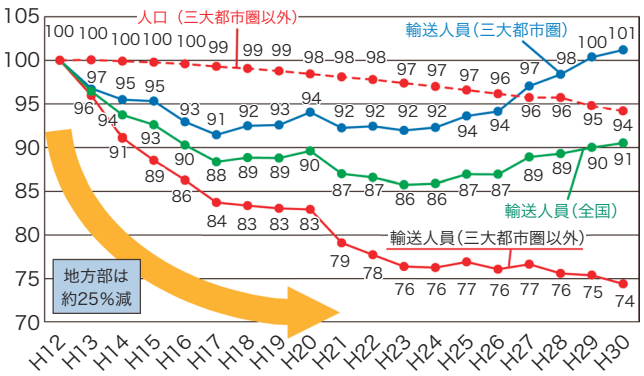


図1　バスの輸送人員（H12を100とした場合）(1)

将来的には，移動したい人が移動したい時に，移動に使いたい交通手段で目的地に向かうことができる社会の構築が望まれる．特に中山間地域においては，自家用車に頼らずにストレスフリーに移動できる社会が望ましい．こうした社会の実現に向けて，自動運転移動サービスは，大きな効果が期待できる．

2 地方部における実証実験で得られた成果と課題

2.1. 地方部における実証実験の概要

山間地域をはじめとした全国的な高齢化の課題に対応するため，自動運転技術を用いた自動運転移動サービスを導入し，中山間地域における人流・物流を確保することを目的に，「中山間地域における道の駅等を拠点とした自動運転移動サービスの実証実験」を平成29年9月より実施している．令和4年7月時点で，全国18か所で自動運転車を公道上で走行させ，実証実験を実施した．技術面やビジネスモデルに関する実証実験結果を踏まえ，道の駅「かみこあに」(秋田県) において，令和元年11月に全国で初めて，自治体を中心とした地域主体の運行体制にて，定常的に自動運転移動サービスが利用者に対して提供され，現在まで安全な運行を実現している．

さらに，令和3年4月より道の駅「奥永源寺渓流の里」(滋賀県)，同年7月より「みやま市役所山川支所」(福岡県)，同年10月より道の駅「赤来高原」(島根県) にて，自動運転移動サービスが本格導入された．(図2)

2.2. 各地での取組

道の駅等を拠点とした自動運転移動サービスの実証

中山間地域における自動運転移動サービス（概要）

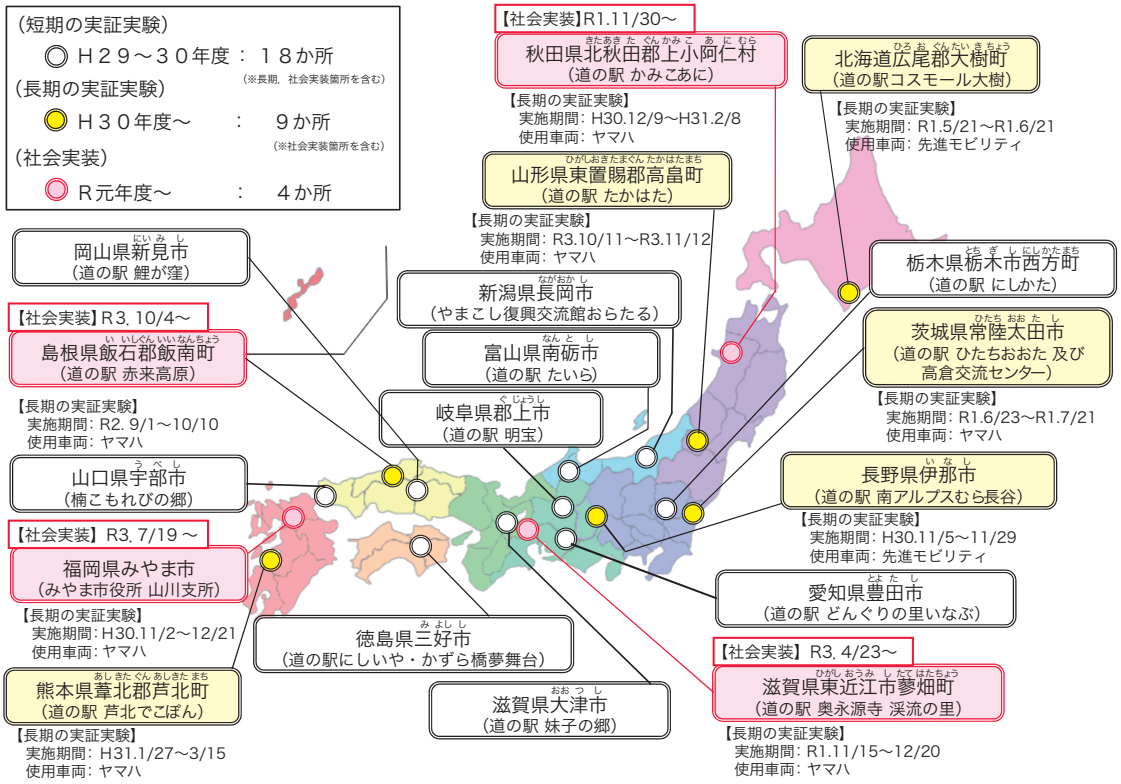


図2　道の駅等を拠点とした自動運転移動サービスの実証実験地域

※DMO：Destination Management／Marketing Organization（観光地域づくり法人）

図3　自動運転移動サービスの多目的利用に向けた今後の取組方針

図4　自動運転移動サービスの受容性向上に向けた各地域の取組

実験では，①道路・交通，②地域環境，③コスト，④社会的受容性，⑤地域への効果の５項目を検証する目的で，約１週間の短期実証実験を全国18か所で実施した．さらに，自動運転移動サービスを社会実装することを念頭において，技術面（走行空間の確保，運行管理システム）及びビジネスモデル面（事業実施体制，多目的利用に向けた他業務連携，事業採算性，等）の項目を検証する目的で，約１か月の長期実証実験を全国９か所で実施した．実証実験結果を踏まえ，準備が整ったところから順次，社会実装を実施してきた．

社会実装した４地域では，事業継続性の向上を目的とした多目的利用（図３）や自動運転移動サービスの受容性向上に向けた取組（図４）を実施し，全国への横展開に資する検討を行っている．

なお，短期実証実験時は，カートタイプ以外の自動運転車も走行しているが，コスト負担が大きく，狭隘区間での走行が困難であるため，社会実装した地域では，カートタイプ車両（電磁誘導線タイプ）を使用している．

2.3. 実証実験で得られた成果と課題

社会実装地域においては，長期間にわたり，自動運転移動サービスの安定した稼働を確認できた．また，自家用有償旅客運送の枠組みで公共交通サービスとして実施することで，自動運転車であっても，自治体を中心とした地域主体の運行体制の中で持続的なサービス提供が可能であると確認できた．

一方，本事業終了後も自動運転車を用いた公共交通サービスを提供するためには，表１に示すように，事業継続性に関する検討，不具合・事故発生時の対応，地域に引き渡す必要がある施設等の整理等を行い，社会実装地域の運行主体等に確実に引き継ぐ必要がある．また，社会実装地域では１年間を通じて自動運転移動サービスを運行しているため，特に冬期運行において，自動走行が困難となるケースが発生し，継続的なサービス提供を行ううえでの課題となった．（図５）

表１　社会実装地域の運行主体に引き継ぐ必要がある項目

番号	検討項目	進捗状況	今後の課題
①	自動運転サービスのマルチタスク化・事業継続性の検討	マルチタスク化に向けた取組を各地にて検討・実施	さらなるマルチタスク化の可能性を検討 利用者増に向けた取組検討 地域経済への波及効果の評価
②	自動運転サービスの運行にあたって，**対応が求められる事項の整理**	運行主体，専門業者が参照する自動運転サービスのマニュアル(車両の運用マニュアル)を作成	地域の運行主体，専門業者に対する講習会を実施 運用する事業者の意見を踏まえて更新
③	自動運転車両の**不具合発生時の対応方法**	自動運転車両が故障した場合を想定した不具合発生時の対応フローを整理	自動運転車両メーカ，地域の専門業者等と対応方法を調整 メンテナンス体制の検討・構築 整理した結果等は，車両の運用マニュアルに反映
④	自動運転サービス運行時の**事故発生時の対応方法**	事故が発生した場合を想定し，自動運転サービスの関係者や責任分界点を整理	専門家，保険会社等へのヒアリングにより，対応フローの妥当性を検証 事故発生時の対応方法を整理し，車両の運用マニュアルに反映
⑤	自動運転サービスの運行にあたり，**地域に引き渡す必要がある施設等の整理**	道路台帳作成(インフラ施設の設置場所の整理) 現在，使用している物品，施設等の整理	各地域にて測量作業を実施し，自動運行補助施設の設置箇所を記載した台帳を作成

図５　冬期走行における課題

3 自動運転移動サービスの社会実装拡大に向けた今後の取組

自動運転移動サービスの導入を検討する自治体や民間事業者の多くは，興味を持っているものの，事業を進めるうえでのノウハウがない状態である．私たちは，これまでの実証実験で培ってきた知見を活かすことで，自動運転移動サービスの導入を検討する自治体や民間事業者を支援できると考えている．そこで，自動運転移動サービスの導入を目指す自治体や民間事業者をターゲットとした問合せ窓口「ジドサポ」を開設している．（図６）ジドサポでは，自動運転移動サービスの導入マニュアル，事業の流れ等をWeb上で公開している．

これまでに複数の自治体や民間事業者から，ジドサポを通じて，自動運転移動サービスに関する問い合わせが

図6　自動運転移動サービスの問合せ窓口(2)

あり，意見交換会を開催した事例もある．自動運転移動サービスの社会実装拡大のため，今後も問い合わせを受け付けるとともに，導入マニュアルの更新や活用できる補助事業の情報等，ジドサポで公開するコンテンツの更新を図る予定である．

4 おわりに

中山間地域をはじめとした全国的な高齢化の課題に対応するため，「中山間地域における道の駅等を拠点とした自動運転移動サービスの実証実験」を平成29年９月より実施し，全国18か所での短期実証実験，全国９か所での長期実証実験のノウハウを活かし，自動運転移動サービスを全国４地域で社会実装することができた．

社会実装地域では，自治体を中心とした地域主体の運行体制の中で，自動運転移動サービスを持続的に運行可能であることが確認できた．一方，事業終了後も継続したサービス提供を行うため，運行主体等に引き継ぐ必要がある事項が明らかになった．残された期間で確実に地域の運行主体等にサービス提供において必要となる事項を引き継ぐ必要がある．

これまでに培ってきた知見を活かし，自動運転移動サービスの問合せ窓口を開設した．この問合せ窓口を活用し，今後も自動運転移動サービスの社会実装拡大に向けた取組を実施する．

【参考文献】
(1) 国土交通省：令和３年度版国土交通白書，2021.06
(2) 一般財団法人道路新産業開発機構：自動運転サービス問合せポータルサイト「ジドサポ」，https://www.hido.or.jp/jidosapo/，(参照 2022.09)

【本件問合せ先】
一般財団法人道路新産業開発機構ITS・新道路創生本部，〒112-0014 東京都文京区関口１丁目23番６号 プラザ江戸川橋ビル２階，03-5843-2917，担当：加藤宣幸

①自動運転による移動サービスの実用化に向けた環境整備

Establishing the Environment for the Deployment of Transportation Services Relying on Automated Driving

加藤宣幸（一般財団法人道路新産業開発機構）
Yoshiyuki Kato (Highway Industry Development Organization)

（概要）本取組は，自動運転移動サービスの恒久的実施に向けて，限定地域で開始している自動運転サービスを，全国の複数地域で社会実装することを目的に，事業の持続可能性を検討し，自動運転移動サービスに関するマニュアルを適宜更新し，自動運転移動サービスの社会実装の事例拡大に貢献するものである．まずは，現時点の技術レベルで一般道における自動運転による移動サービスの導入が可能な地域として，他の交通が少ない地方部を念頭に置き，道路の走行空間の確保，運行管理等の社会実装を行う上での課題を解決する．検証対象地域は，社会実装された４か所，長期実証を行った実験１か所を選定した．これら対象地域は2019年11月より順次，自動運転移動サービスの提供を開始し，事業の持続可能性の向上に資する他事業連携や地域住民の受容性向上等の施策を実施している．本稿では，自動運転移動サービス導入の目的，実用化に向けた検討対象地域・使用車両・社会実装の要件定義，社会実装箇所及び長期実証実験箇所の各地域の取組について概説する．

キーワード：公共交通，モビリティサービス，社会実装，地方部，中山間地域

1 自動運転移動サービス導入の目的

本取組は，自動運転移動サービスの恒久的実施に向けて，限定地域で開始している自動運転移動サービスを，全国の複数地域で社会実装することを目的とする．また，社会実装における，地域の社会課題を解決しつつ，実証実験時において共通の課題とされてきた走行空間の確保策等を横展開し，事業の持続可能性を検討する．さらに，これまでに策定した自動運転移動サービスに関するマニュアルを適宜更新し，最終目標である自動運転による移動サービス実用化の事例拡大に貢献するものである．

自動運転移動サービスの社会実装については，自動運転による移動サービスや物流サービスの事業化に向けて，まずは現時点の技術レベルで一般道における自動運転による移動サービスの導入が可能な地域として，他の交通が少ない地方部を念頭に置き，道路の走行空間の確保，運行管理等の社会実装を行う上での課題を解決する．また，全国への横展開に向け，地方部における自動運転による移動サービスの導入ガイドラインの策定，自動運転車が走行する道路空間の基準等の整備等を行う．このため，地方自治体や関係事業者と連携して，自動運転による移動サービス等を継続的に運営可能なビジネスモデルの構築を念頭に置いた検証及び当該検証に必要な調査研究等を実施するものである．

2 実用化に向けた検討対象箇所・使用車両・社会実装の要件定義

2.1. 検討対象箇所

本取組では，2017年度以降に実証実験を実施した実績を有する地域の中から，下記の選定方針に基づき，電磁誘導線を使用した社会実装箇所４か所に加え，磁気マーカの事例として長期実証実験箇所の中から１か所を検討対象地域として選定した．（図１，表１）

【社会実装】

- 本件の実施にあたって，持続可能なビジネスモデルの構築に向けた，実現可能性の高い事業計画を策定することができる．
- 地域において，将来的に移動サービスの担い手として期待される主体が存在し，本件の中心的な実施主体の一つとして連携体制を組むことができる．
- 現時点での自動運転の技術水準であっても，自動運

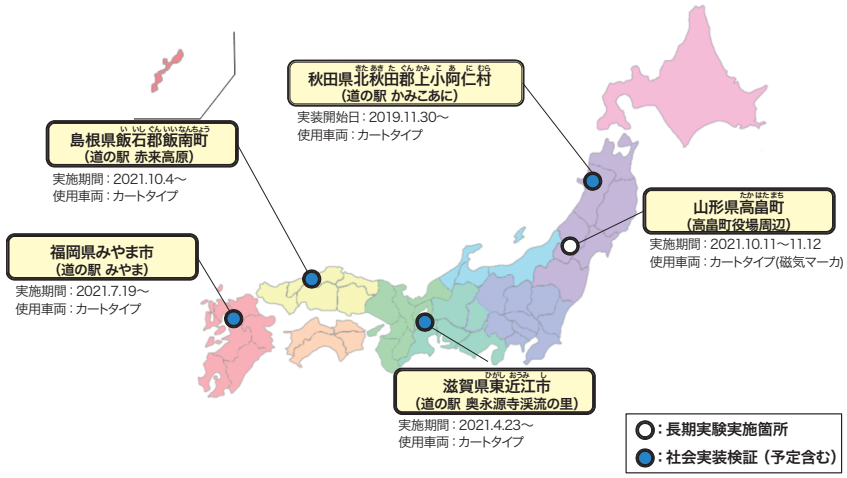


図1　実証実験実施箇所

表1　実証実験箇所の実施状況

実験箇所	長期実験／社会実装実証の特徴	運行主体
①かみこあに	・地元NPO，道の駅による運営体制と**地元企業による体制構築** ・**インフラ設備の自治体等への移管**に際する諸手続きの支援 ・**四季ごとのサービス提供**による利用者確保等	・NPO上小阿仁村移送サービス協会
②奥永源寺渓流の里	・地域住民・観光客・貨物輸送等のニーズに対応した**運行形態の検討** ・地域内の様々な関係者を巻き込んだ**運営体制の構築** ・適切な運行設定による**採算性向上施策の検討**	・東近江市
③赤来高原	・既存組織と地元ボランティアによる持続可能な**運営体制の構築** ・**安定的な収入確保**と住民が利用しやすいサービスの検討 ・多様な移動需要に対応する**サービスモデルの検証**	・飯南町
④みやま	・サービス拠点への送迎サービスと**高齢者見守りサービス** ・買い物困難者やコロナ禍の**買い物支援のための宅配サービス** ・バイオマスセンターの発電を活用した**エネルギーマネジメントシステムの検討**	・みやま市
⑤たかはた	・高齢者の日常の外出を支援する**移動手段確保** ・観光・経済振興を図る**既存交通と連携した移動サービス**の展開 ・地域産業・経済振興に向けた**移動とサービス連携の仕組み構築**	・運営体制の検証は行わない

転移動サービスの社会実装が可能と考えられる走行環境である．

・本件の実施にあたって，地方公共団体等と連携体制を組むことができる．

【長期実証実験】

・地域に応じた，社会実装にあたっての課題の解決に繋がる新技術の導入を行うものであること．

・必須条件ではないが，過去に自動運転の実証実験等の取組が行われ，それらのデータを活用できる箇所

図2　使用車両

2.2. 使用車両

本取組では，路面に埋設された電磁誘導線からの磁力を感知して既定ルートを走行（自動運転レベル２相当）するカートタイプの車両を用いた．（図２）また，長期実証実験箇所（道の駅「たかはた」）では電磁誘導線方式に替えて磁気マーカ方式により自車位置を特定する車両を用い，走行可能性の実証実験を行った．

実証実験実施にあたり，防寒・熱中症対策等利用者の快適性のための対策，管理運営に資する機能の追加など，車両メーカと連携し必要な改善を行っている．

2.3. 社会実装の要件定義

実証実験で自動運転移動サービスの実用化並びに恒久化に向けた課題の解決や対応策の抽出に資するべく，実証実験の環境について定義すべき要件を検討している．具体的には，地方部において自動運転による移動サービス導入に必要となる事項を「恒久化に必要な項目」と「自動運転車の走行空間確保に関する項目」に類型化している．また，類型化した課題を網羅的に検証するために，各地域での実証実験における検証課題を明確にしている．社会実装の要件を定義した結果は表２及び表３のとおりである．

表2　自動運転移動サービスの恒久化において必要とされる項目

検証項目	具体の検証内容
(1)公共交通や他車両との連携等，利用者ニーズを踏まえたルート・ダイヤグラム・乗り継ぎ方法等の設定	1. 村内二次交通の体系見直しによる村の公共交通全体の環境改善 2. 基幹交通（コミバス）との役割分担を見据えた乗り継ぎ支援 3. ショートカットルートを増設し，利便性・利用促進向上を検討 4. コミバスと連携した移動サービス，被災エリアの移動支援 5. 既存のJR等との連携，既往デマンド交通の需要分散
(2)多角的な料金収受方法	1. 月額料金・小人料金の設定，少量貨物輸送の実施等による広報収入等の収益の多角化の可能性検証 2. 適切な運賃制度設定や貨物輸送による収入等を通した収益向上 3. キャッシュレスサービス，地域通貨との連携の導入検討
(3)運行状況把握・予約等の運用体制や運行管理システムの安定な運用の検討とシステムの検証	・アーキテクチャ事業と連携した予約方法，運行方法の簡素化と運用マニュアルの確立
(4)継続可能な事業性の検討	1. 将来の運行主体と共に運行計画，自家用有償等制度の活用検討 2. 季節等を考慮した隔日運行や予約制等による運営コストの削減 3. 観光需要が見込まれる休日を中心に，週4日程度での運行 4. ショートカットルートを増設し，利便性・利用促進 5. ルート沿線上の住民への商品宅配サービス
(5)各種法令への対応	・誘導線，車両のメンテナンスのマニュアルの構築，及び地元企業等への教育研修の実施

表3　自動運転車の走行空間確保に関する項目

検証項目	具体の検証内容
(1)路車連携技術等による走行空間の確保方策	1. 農道区間における恒久的な専用空間確保（無人化による運用検討等） 2. 磁気マーカ制御等，車両及び基盤の課題確認と解決策の検討 3. 国道との速度差を考慮した分離構造，出入口部遮断器の設置検討
(2)自律式では走行困難な区間での交通安全の確保方策	1. 路面標示，看板，路車協調による車両接近表示板の設置 2. 歩行者・自転車との分離構造・専用空間化を検討 3. 擦れ違い，追い越し対応用の待避所の設置検討 4. 一般車のバイパスへの迂回誘導，速度抑制対策の設置検討
(3)実装に向けた車両と道路の適切な役割分担のあり方	・上記(2)の実施結果を踏まえ，道路環境，沿道環境等を考慮したあり方をとりまとめ予定
(4)周囲の交通との調和を図るために効果的なコミュニケーション方法（HMI）	1. 教育関係機関等と連携した多様な世代へのサービスの浸透（子どもへの教育プログラムを通した多世代への自動運転サービスに対する理解醸成・意識の浸透化） 2. SIP自動運転（HMIチーム）との連携等による車両からの注意喚起等に関する情報提供（音や光）の実施検討
(5)走行環境の評価	1. 地域特性を踏まえ，季節，気候等に応じた運行可能条件等の検討 2. 誘導線，RFID等の敷設が舗装に与える影響に関する調査

3　地域別の取組状況

3.1. 道の駅「かみこあに」における自動運転移動サービス社会実装

(1) 取組概要

道の駅「かみこあに」では，自動運転による地域活性化や高齢者を中心とした移動支援を目的に，2019年11月より社会実装を行っている．道の駅「かみこあに」を拠点として，道の駅，診療所等の拠点と3集落を結ぶルートにて運行している．（図3）地元NPO法人が運行主体を担い，2022年7月現在，２年以上にわたり無事故で運行を継続している．

(2) 他事業連携の状況

自動運転移動サービスの地域への移管を見据え，地域の運行主体に事業を移管した際の事業継続性を向上させるため，観光事業との連携可能性や新規連携事業を検討している．また，地域の移動ニーズを踏まえ，道の駅から給食センターまでの食材の運搬，運行ルート沿線のコンビニと連携した取組を実施している．（図4）

図3　道の駅「かみこあに」での運行ルート　（地図出典：NTTインフラネット）

図4　自動運転サービスと連携した取組事例

(3) 社会的受容性の向上に向けた取り組み

沿線住民を対象とした取組と観光客を対象とした取組とを実施している．具体的には，自動運転車両の愛称募集，沿線住民と連携した農業体験ツアー，自動運転車両の写真展を開催している．

3.2. 道の駅「奥永源寺渓流の里」における自動運転移動サービス社会実装

(1) 取組概要

道の駅「奥永源寺渓流の里」では，①自動運転による地域活性化や高齢者を中心とした移動支援，②観光客（道の駅来訪者，登山，キャンプ）によるサービス利用を目的に，2021年４月より社会実装を行っている．道の駅「奥永源寺渓流の里」を拠点として，道の駅～銚子ヶ口入口の延長約4.4km（周回：約30分）の区間にて運行している．（図５）当箇所では，「交通事業者協力型自家用有償旅客運送」制度を活用して，運行主体を東近江市，運行管理者を交通事業者（永源寺タクシー）として自動運転移動サービスを運行している．

(2) 他事業連携の状況

自動運転移動サービスの地域への移管を見据え，事業の継続性を向上させるため，沿線飲食店との連携によるモデルコースの周知，道の駅で実施される朝市（山里市場）への出荷物輸送，新型コロナウイルス感染症のワクチン接種会場（診療所）までの住民輸送支援等の利用促進施策を実施している．（図６）

(3) 社会的受容性の向上に向けた取組

地域住民を対象とした取組と観光客を対象とした取組とを実施している．具体的には，自動運転ルート沿線の飲食店と連携した自動運転ツアーの企画，新型コロナウイルスのワクチン接種時の出張診療所との連携，道の駅で開催されるサロンとの連携等を実施している．

3.3. みやま市役所山川支所における自動運転移動サービス社会実装

(1) 取組概要

みやま市役所山川支所では，①人が集まる拠点化（ルフラン等）と送迎サービスによる人流活性化，②安全安心で将来的に持続可能な地域公共交通の構築を目的に，2021年７月より社会実装を行っている．みやま市役所山川支所及びバイオマスセンター「ルフラン」を拠点とし，Aコープ山川店とバイオマスセンター「ル

図5　道の駅「奥永源寺渓流の里」での運行ルート　（地図出典：NTTインフラネット）

図6　他事業連携の取組状況

フラン」を結ぶルートで運行している．（図７）当箇所では，「交通事業者協力型自家用有償旅客運送」制度を活用して，運行主体をみやま市，運行管理者を交通事業者（コミュニティバス運行を委託されている瀬高タクシー）として，自動運転移動サービスを運行している．

(2) 他事業連携の状況

当箇所では，料金収受，運行管理，乗降データ等の各種分析を行い，自動運転移動サービスを総合的に支援するシステム「もびすけ」を導入している．みやま市の自動運転移動サービスは，コミュニティバスの一つとして運用をしており，コミュニティバスへの乗り換え等もあるため，地域一体で俯瞰的な運行管理が求められていた．そこで，「もびすけ」をコミュニティバスに導入し，地図上で運行状況を確認できる仕組みを構築している．運行管理システムの概要は図８に示すとおりである．

(3) 社会的受容性の向上に向けた取組

自動運転移動サービスを持続的に運行するためには，地域全体として自動運転を受け入れるための機運を醸

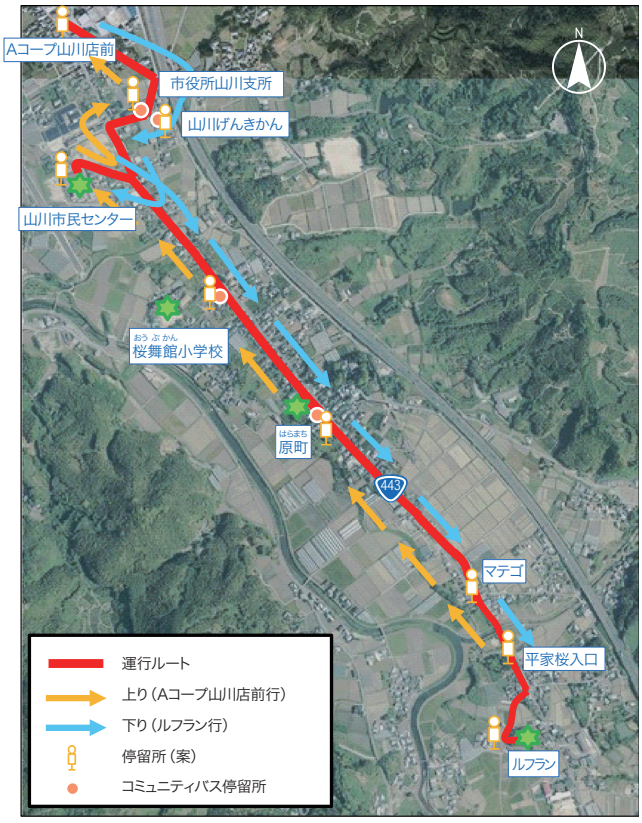


図7　みやま市役所山川支所での運行ルート
（地図出典：NTTインフラネット）

図8　運行管理システムの概要

成し，自動運転に対する地域住民の社会的受容性を向上させることが重要である．社会的受容性の向上には，地域の高齢者だけではなく，地域全体に自動運転を周知する必要がある．そこで，自動運転移動サービスへの理解促進プログラムとして，ルート沿線の桜舞館小学校にて，2021年６月30日に５年生，同年11月16日に６年生を対象として，自動運転の仕組みについて学ぶ出前講座を行った．(図９)

■ 授業の様子

図9　出前講座の様子

3.4. 道の駅「赤来高原」における自動運転移動サービス社会実装

(1) 取組概要

道の駅「赤来高原」では，①飯南町を中心に，既存組織と地元ボランティアによる持続可能な運営体制の構築，②定期券など安定的な収入確保や住民が利用しやすいサービス（運行形態）へのブラッシュアップを目的に，2021年10月より社会実装を行っている．道の駅「赤来高原」を拠点とし，道の駅や飯南町役場等を周遊運行する赤名宿ルートで運行している．(図10)また，ルート中央部にショートカット（分岐）を設け，北側ルート，南側ルート，全周ルートの３ルートによる運行を行っている．当箇所では，「自家用有償旅客運送」制度を活用し，運行主体を飯南町として，自動運転移動サービスを運行している．

(2) 他事業連携の状況

自動運転サービスの周知・PRについては，道の駅・観光協会と連携し，地域独自の広報を積極的に行っている．広報手段としては，ポスター・チラシ・のぼり・SNS・かわら版等が挙げられる．(図11) 一方通行の情報発信とならないよう，「塗り絵コーナー」やルートをモチーフとした「すごろく（ジドろく）」を作成するなど，子どもから高齢者まで興味・関心に配慮した広報に取り組んでいる．

(3) 社会的受容性の向上に向けた取組

自動運転移動サービスに対する地域の方への社会的受容性の向上を図るため，車両への愛称公募により愛

図11　多様な広報活動

図10　道の駅「赤来高原」での運行ルート　（地図出典：NTTインフラネット）

着を醸成するとともに，高齢者が買い物やコミュニティ活動に参加する際に利用してもらいやすいように，高齢者が集まるサロンの場を活用して，利用案内や体験乗車会，さらには出張での利用者登録の取組を進めている．

3.5. 道の駅「たかはた」における自動運転移動サービス長期実証実験

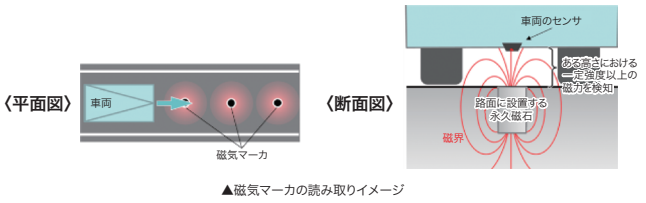
(1) 取組概要

道の駅「たかはた」では，①公共交通手段としての適応性，操作性の確認，②近距離移動サービスの有効性，受容性の確認及びビジネスモデル構築の課題抽出，③自動運転支援の技術的検証を目的に，2021年10月11日～11月12日の33日間，長期実証実験を実施した．ルートは，高畠町役場を拠点とし，公立高畠病院を起終点として実施した．(図12)

当箇所では，これまでの電磁誘導線方式ではなく，磁気マーカ方式の自動運転車両を用いて実証実験を実施した．車両による自車位置の推定と磁気マーカによる推定値の補正を繰り返すことで，自車の走行位置を把握する．また，あらかじめ走行ルートを設定し，走行車速及び停止指令の紐付けを実施することで，自車の走行位置に合わせた目標操舵角，目標車速の判断を行う．車両の自車位置特定方法，走行方法のイメージは図13に示す．

(2) 自動走行支援の技術的検証

当箇所では，磁気マーカ方式の自動運転車両を用いて実証実験を実施し，手動介入の発生状況を分析した．(図14) 自動運転中の手動によるブレーキ及びハンドル操作での手動運転への切り替え及び一時停止の発生



▲磁気マーカの読み取りイメージ

図13　磁気マーカの読み取りイメージ

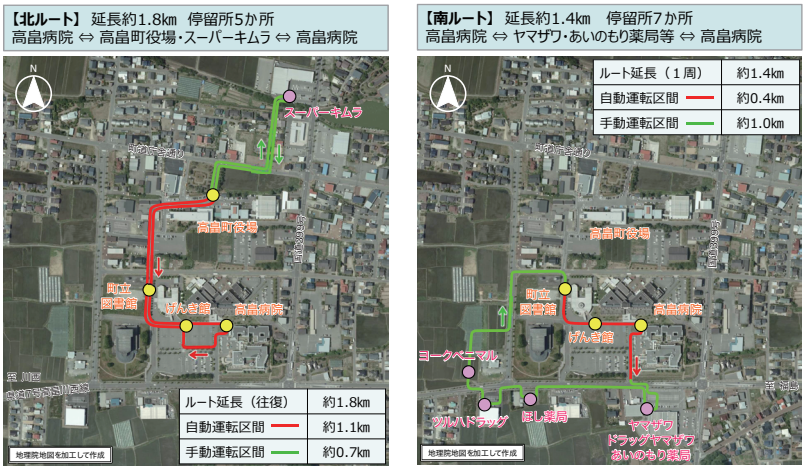


図12　道の駅「たかはた」での実験ルート　(地図出典:NTTインフラネット)

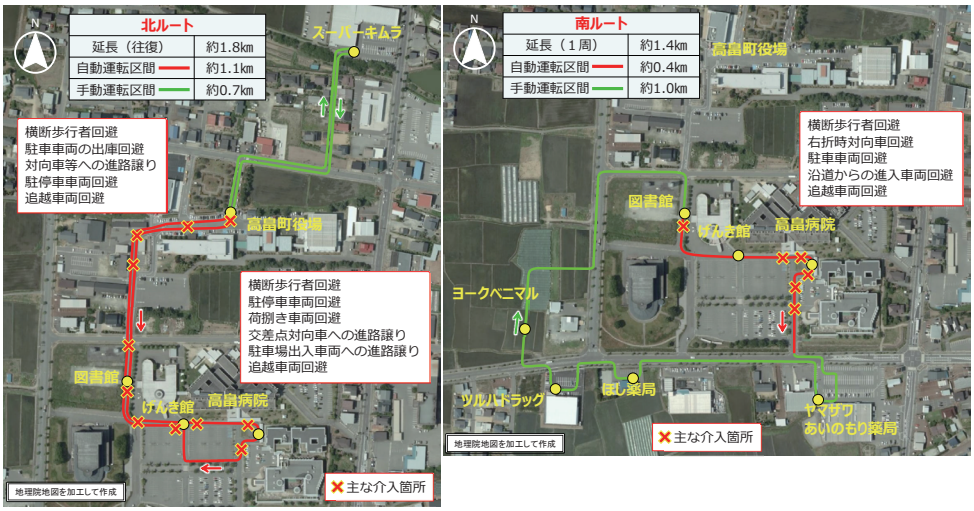


図14　手動介入箇所及び主な理由　(地図出典:NTTインフラネット)

件数は，全240便で137回（1便あたり0.57回，総自動運転距離180㎞で0.76回/㎞）であった．そのうち，自動運転のシステム（GPS・磁気センサ）に起因する動作停止によるものは18回発生した．

施設や駐車場の通路上では，他車両や歩行者の挙動が不規則なため，安全確保のための一旦停止，経路を外れて追い越し等の手動介入が発生した．一方，衝突等を避けるための緊急的な介入は発生していない．

(3) 社会的受容性の向上に向けた取組

2021年10月30日（土）に自動運転実証実験の走行ルート沿線の小中学生及び保護者を対象に自動運転講習会・体験乗車会を開催し，小中学生及び保護者が78名参加した．(図15) アンケート結果より，低速度で安心した，家族に教えたい，学校や身近なところで使えたら良い，等の好意的な意見が確認できた．

▲案内チラシ

▲会場及び試乗コース

▲ジドロク：高畠版

▲体験乗車会の状況

▲展示説明状況

▲自動運転すごろく

図15　自動運転講習会･体験乗車会の開催状況

4 まとめ

本取組は，自動運転移動サービスの恒久的実施に向けて，限定地域で開始している自動運転移動サービスを，全国の複数地域で社会実装することを目的として，社会実装4か所，長期実証実験1か所にて，自動運転移動サービスの実用化に向けた検証を行った．

2019年11月に道の駅「かみこあに」にて全国で初めて自動運転移動サービスの社会実装を開始し，2021年4月に道の駅「奥永源寺渓流の里」，同年7月にみやま市役所山川支所，同年10月に道の駅「赤来高原」にて社会実装を開始している．上記の4地域は電磁誘導線方式の自動運転車両を用いているが，長期実証実験箇所（道の駅「たかはた」）では，磁気マーカ方式により自車位置を特定する車両を用いて走行可能性の実証実験を行った．

全国4か所での社会実装，1か所での長期実証実験では，事業の継続性を向上させるため，他事業との連携や地域住民の受容性向上等の様々な取組を実施している．また，長期実証実験では，新たな方式の自動運転車両の走行可能性を確認できた．今後は，事業終了後も自動運転移動サービスを継続して提供するため，地域の運行主体に引き渡す事項の整理が求められる．また，自動運転移動サービスの事例拡大に向けて，本取組で培ったノウハウを活かした横展開に継続して取り組む．

【本件問合せ先】
一般財団法人道路新産業開発機構 ITS・新道路創生本部，〒112-0014 東京都文京区関口1丁目23番6号 プラザ江戸川橋ビル2階，03-5843-2917，担当：加藤宣幸

4 自動運転のある社会

(2)自動運転の社会的受容性

社会的受容性の醸成に向けた取組(概要)

Initiatives for Fostering Public Acceptance (Overview)

荒木雄一，木村裕明（内閣府）
Yuichi Araki, Hiroaki Kimura (Cabinet Office)

1 背景及び全体戦略

広く国民が自動運転という新たなイノベーションを受け入れ，安心して使用するようになるためには，自動運転に対する正しい理解を促すとともに，定量化した効果の提示や認知度の向上，さらには保険などの制度整備など多面的な取組が必要である．SIP自動運転では，主に情報発信と効果の定量化に力点を置きつつ，長期的な計画のもと幅広いターゲットに向けた取組を進めた．

情報発信に関しては，東京臨海部実証実験に合わせた試乗イベントを開催するとともに，地方部での自動運転移動サービスの実証実験と連動したオンラインイベントを開催するなど２つの実証実験と連動させ，リアルな体験と組み合わせて訴求効果の向上に取り組んだ．また，対象とするターゲットを明確化しつつ，双方向型の情報発信によるコミュニケーション強化を進めてきた．

一方，自動運転が実現できた場合の社会に与える影響について，より具体的に説明できるよう効果の定量化に取り組んだ．自動運転の普及による社会的・経済的インパクトを見積もる手法の開発を行うとともに，社会的受容性醸成活動そのものの効果を測定する手法の開発を行った．

2 Web／SNS等による情報発信

これまでSIP第１期からHP（ホームページ）を開設し，研究成果の発信や国際会議SIP-adus Workshopの情報展開を中心に情報発信を行ってきたが，専門家向けであり一般の方々は理解困難との指摘があった．

このため社会的受容性の醸成を図る観点から，東京臨海部実証実験の開始に合わせて，一般の市民等への情報発信，理解増進を目的として，2019年10月，「自動運転社会を考えるコミュニティSIP-café」(図１）を開設した．国際自動車ジャーナリストである清水和夫氏による責任編集のもとで，動画を中心にした自動運転に関するコンテンツ，一般向けの自動運転の情報をわかりやすく伝える記事，自動運転に造形の深い有識者による一般向けのコラム等を通じて積極的かつ継続

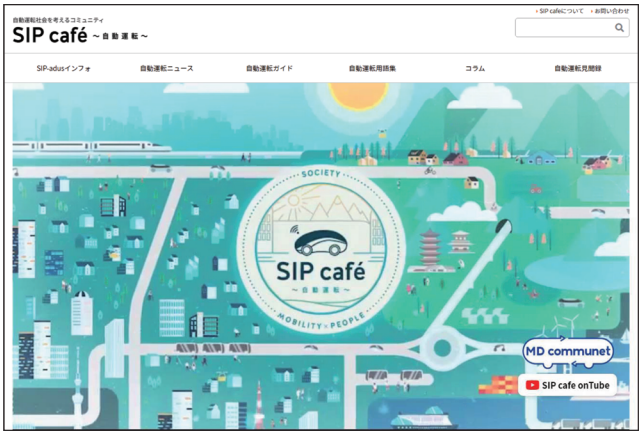


図１　SIP-caféのWebサイトトップページ[1]

的に自動運転に係る情報を配信した．開設以来，SIP自動運転をはじめ，関係省庁等における自動運転に関連する取組に係る記事を月平均で10程度以上をコンスタントに掲載するとともに，自動運転に詳しいコラムニスト等によるコラム，民間企業等の自動運転の取組等に関する記事を掲載した．

また，動画によるコンテンツとしては，自動運転の実現による社会の未来像，東京臨海部実証実験の実験参加者の実施内容等に関する動画の作成をはじめ，東京臨海部や地方部における実証実験，地理系データに関するアーキテクチャに係るポータルサイト（MD communet®）やアプリコンテスト（KYOTO楽Mobiコンテスト），仮想空間における安全性評価技術（DIVP®）など，

図2　SIP-adusのWebサイトトップページ(日本語・英語)[2]

SIP自動運転の各施策と連動した情報発信を行った．

また，Twitter，Facebook等のソーシャルメディアと連動して双方向のコミュニケーションを促進した．

一方，専門家向けのHPでは，国際連携を意識してSIP第1期及びSIP第2期での研究成果をタイムリーに英語化して発信するよう心掛けた．（図2）

3 メディア／一般向けイベント

3.1. メディア／自動運転関係者向けイベント

SIP自動運転では，メディアや自動運転関係者向けに，リアル及びオンラインで表1のとおり各種イベントを実施した．

表1　イベント一覧

年月	イベント名
2020年10月	Webセミナー「自動運転関連の法律について」
2020年11月	成果報告会, SIP-adus Workshop 2020
2021年3月	Webセミナー「自動運転レベル3法改正と技術基準」 中間成果発表会
2021年4月	試乗会
2021年6月	Webセミナー「自動運転の責任問題」
2021年10月	試乗会
2021年12月	Webセミナー「HMIとドライバーの過信」
2022年1月	Webセミナー「ソフトウェアアップデートとサイバーセキュリティ」
2022年3月	Webセミナー「モビリティデータの利活用とデータ提供の協調領域」
2022年5月～	自動運転LIVE ニュース(計10回)
2022年9月	試乗会
2023年3月	最終成果発表会

2020年11月，SIP自動運転の施策間連携を推進するため，東京国際フォーラムにて施策実施者の参加を得て成果報告会を実施した．本成果報告会は，SIP-adus Workshop2020の一環として開催し，英語資料や同時通訳により世界に向けてオンラインでも配信し，内外で1,000名以上が視聴した．

また，2020年10月から以下のテーマで計6回Webセミナーを開催した．2020年10月「自動運転関連の法律について」，2021年3月「自動運転レベル3法改正と技術基準」，2021年6月「自動運転の責任問題」，2021年12月「HMIとドライバーの過信」，2022年1月「ソフトウェアアップデートとサイバーセキュリティ」，2022年3月「モビリティデータの利活用とデータ提供の協調領域」．

東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会に合わせて，一般社団法人日本自動車工業会と連携した一般向けの試乗会及び実証実験の成果等に関する展

示イベントの開催を東京臨海部にて予定していたが，新型コロナウイルス感染症の感染拡大の影響を受けて中止となった．このためその代替えとして，2021年３月には，リアル会場とバーチャル会場のハイブリッド方式による中間成果発表会とシンポジウム形式のイベントを組み合わせた“未来を変える自動運転ショーケース”を経済産業省及び国土交通省の取組と連携し開催した．

この中間成果発表会では，主として自動運転サービスに関わる事業者や技術者を対象としつつ，できるだけ多くの方に理解できるような形で，SIP自動運転の中間地点における成果を一般に公開した．会場では，信号情報，合流支援情報，車両プローブを活用した道路交通情報等の交通環境情報の構築と配信に係る技術開発の成果をはじめ，東京臨海部実証実験や中山間地域における実証実験で使用している車両，仮想空間における安全性評価環境や地理系データの流通ポータルの構築等に関する実機や動画による成果展示を実施した．またオンラインによるガイドツアーや3Dウォークスルーによるバーチャル展示なども試み，新たな生活様式（ニューノーマル）に対応したイベントにできた．【詳細 第４章(2)③】

さらに，2021年４月には，東京臨海副都心地域において，メディアを対象として，東京臨海部実証実験参加者９社約20台の車両提供の協力を得て試乗会を開催した．複数の自動運転車両を同時に試乗できたことから，メディアからも技術や考え方に対する理解が深まったと好評価を得た．このため2021年10月にも，東京臨海副都心地域において，対象とするメディアを広げ，東京臨海部実証実験参加者９社約20台の車両提供の協力を得て試乗会を開催した．女性ジャーナリストのYouTubeで紹介されたことや「ワーク＆ライフ」にタグ付けられたことで，自動車好きだけでなく，子育て世代等多様な層に自動運転の情報発信を広げることができた．

2022年９月にも，「日本が世界をリードする，多様性を尊重するこれからの共生社会の交通安全」をテーマに東京臨海副都心地域において，メディア・Z世代の学生・地域市民を対象として，東京臨海部実証実験参加者からの車両提供の協力を得て試乗会を開催した．2023年３月の最終成果発表会では，SIP自動運転の５年間の最終成果を広く一般に公開する．

3.2. 市民ダイアログ

表２　イベント一覧

年月	イベント名
2018年12月	市民ダイアログ　香川県小豆郡小豆島町
2019年8月	市民ダイアログ　長野県伊那市
2021年1月	市民ダイアログ　群馬県前橋市
2021年3月	地域自動運転サミット
2021年6月	市民ダイアログ　神奈川県横浜市
2022年4月	市民ダイアログ　栃木県
2022年5月～	自動運転LIVEニュース(計10回)

市民・地方自治体関係者・関係事業者等との対話型のイベントとして，シンポジウムや市民ダイアログを表２のとおり実施してきた．

特にSIP第２期においては，地域の社会課題解決を主要なテーマとして東京だけでなく，自動運転による社会課題の解決を目指している地方部においても開催した．

2018年12月，香川県小豆郡小豆島町にて「日本の未来図 小豆島～地域で創るモビリティサービス～」，2019年８月，SIP自動運転において実証実験を実施した長野県伊那市にて「ひと・まち・暮らしの将来を支える自動運転の役割～いつまでも住み続けたいまちの実現に向けて～」，2021年１月，群馬県前橋市にて「まちのありたい姿と自動運転」，2021年６月，神奈川県横浜市にて「都市交通に求められる交通・移動とは―自動運転の社会実装に向けて」，2022年４月，栃木県にて「地域の実情に応じた持続可能なモビリティサービスの構築に向けて～オール栃木の挑戦～」をテーマにそれぞれ開催した．

2021年３月の地域自動運転サミットにおいては，島根県飯南町，福井県永平寺町，秋田県上小阿仁村，沖縄県北谷町，滋賀県東近江市の首長から各自治体の取組と自動運転への思いを語っていただいた．続いて「地域の課題解決」及び「次世代公共交通システムと事業者の取組」として２部構成で，地域において自動運転に取り組むステークホルダー，公共交通事業者，自動運転のベンチャー企業等によるパネルディスカッションを行った．地方の様々なステークホルダーをWebで繋ぐという形式はオンラインならではのイベントとなった．

また，2022年度からは，今後のモビリティ社会の担い手となるZ世代を含めた幅広い方々へのリーチを図るため，５月から10回にわたり，様々なトピックに対してユーザ視点や若い世代の視点での捉え方をリ

アルトークとして交えた“自動運転LIVEニュース”をZOOM及びYouTubeでライブ配信している.

4 自動運転の効果の定量化

自動運転の技術レベルや普及状況などの動向を踏まえ，自動運転がもたらす効用と潜在リスクについてのオープンな議論の材料を提供することを目的として，自動運転のインパクトの整理・定量化の取組を行った.

具体的には，経済学の研究者による交通事故や渋滞等の低減効果等の社会的経済的なインパクトに係る定量的評価手法をまとめるとともに，SIP第1期に開発した交通事故削減効果を推計するシミュレーションの精度向上に取り組み，インパクトの算出手法としてまとめた．さらにこの研究成果をもとに自動運転社会の担い手自身からの情報発信を狙い，学生による未来の自動運転社会の姿を提案するコンテストを開催した.【詳細 第4章(2)②】

また医工連携による視野障害者への運転支援技術の有効性評価等に関する調査研究にも取り組み，高度運転支援システムが視野障害者による事故を健常者と同程度以下まで低減する効果と運転における視野の重要性を明らかにした．2021年7月には，「視野障害と自動運転の交叉点」，2021年9月には，「運転免許と視野障害〜有病者の運転と就労を考える」，2022年1月には，「視野障害と運転支援システム」をテーマに広く知られていない視野障害と運転の関係，自動運転・高度運転支援の役割等についてウェビナーを開催した.

さらに，社会的受容性活動そのものの効果の測定手法の開発にも着手し，全国を対象として2020年1月，2021年1月，2022年1月に1万人規模のアンケート調査（経済産業省・国土交通省事業と連携）を実施した．継続的に同規模なアンケート調査を，毎年実施することにより，その経年変化を評価するとともに，アンケート調査結果から，社会的受容性のファクタ（生活変化，学習，コスト，固有性・技術限界，事故時対応等）の現状を数値化するなどの分析を実施した．また，これまでのアンケート調査に基づき，KPI／KGI指標を作成した．毎年，調査結果に基づき経年変化等を調査分析して，社会的受容性の醸成に係る取組を評価するとともに，取組にフィードバックを行った.【詳細 第4章(2)①】

このほかにも，自動運転に対して期待の高い交通制約者にとって自動車が優しい乗り物になりたいとの思いから，バスに対して車椅子使用者や視力の弱い方などの意見をまとめ，自動車工業会に提案を行った.【詳細 第4章(2)④】

【参考文献】
(1) 自動運転社会を考えるコミュニティSIP-café，https://sip-cafe.media/，(参照 2022.10.19)
(2) SIP-adus ホームページ，https://www.sip-adus.go.jp/，(参照 2022.10.19)

【本件問合せ先】
内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）自動運転担当，〒100-8914 東京都千代田区永田町1-6-1，03-6257-1334，担当：荒木雄一，木村裕明

①社会的受容性の醸成に向けた調査と評価

Research and Evaluations for Fostering Public Acceptance

宮木由貴子（株式会社第一生命経済研究所）
Yukiko Miyaki (DAI-ICHI LIFE RESEARCH INSTITUTE INC.)

（概要）自動運転技術の社会実装においては，技術開発と制度整備に加え，社会的受容性の醸成が不可欠である．消費者の正しい理解と柔軟で適切な対応が，技術の早期かつ有効な活用を促進するとともに，新しい道路交通システムの安全性を担保する．筆者は関係省庁と連携しつつ，数年にわたって自動運転に関する消費者意識調査を受託・実施し，その変化をフォローしながら，いかなる領域にどのような情報をどのように提供することが社会的受容性の醸成に繋がるかを模索してきた．中間成果報告書でADASにフォーカスしたことを踏まえ，本稿では地域におけるサービスカーとしての自動運転にクローズアップし，社会的受容性を構成すると考えられる「生活変化」「学習」「コスト」「固有性・技術限界」に対するそれぞれの受容の度合いと地域に対する意識の関係について，アンケート調査の結果を踏まえて考察する．そのうえで，社会的受容性醸成におけるアクション評価について言及し，自動運転の社会的受容性醸成に向けたヒントと共創体制の重要性を提示する．

キーワード：社会的受容性，消費者意識，地域モビリティ，社会的インパクト，効果の可視化

1 事業遂行フローと調査内容

1.1. 調査の背景と目的

第一生命経済研究所では，2016年から経済産業省・国土交通省事業に筆者が有識者委員として参画したのと合わせ，消費者理解を目的とした自動運転に関するアンケート調査を実施した．これをベースに，2019年１月（2018年度）調査からは経済産業省・国土交通省事業として，2020年（2019年度）調査からは両省と内閣府SIPのジョイント調査として消費者の行動や意識に関する時系列データを収集してきた．これをもとに，SIP事業としては社会的受容性醸成に向けたアクションにおけるKPI／KGI評価指標と，プロセスについて提言を行っている．

日本における自動運転技術活用の背景としては様々な要因があげられるが，焦点となるのは「人生100年時代」ともいわれる高齢社会といえる．自家用車依存が急速に高まった時代を過ごした団塊世代が高齢者となり，安全性の観点からの運転継続可否（運転免許返納等）と生活維持のための移動手段の確保が社会課題となっている．こうしたなか，地域の公共交通は縮小し，ドライバの不足や高齢化も課題となっており，持続的な移動手段の確保が喫緊の課題となっている地域は少なくない．

加えて，自家用車依存が長かった人や地域では，代替手段としての公共交通を提示したとしても，駅やバス停への移動困難も含め，生活習慣を容易に変えられないという事情もある．

これらの課題に対して想定される自動運転技術を用いたソリューションとしては，自家用車を用いた移動の安全性を高めるという意味での「運転寿命の延伸」と，自家用車を用いなくても地域に住み続けられる「代替交通の創出」の２つが想定される．（図１）

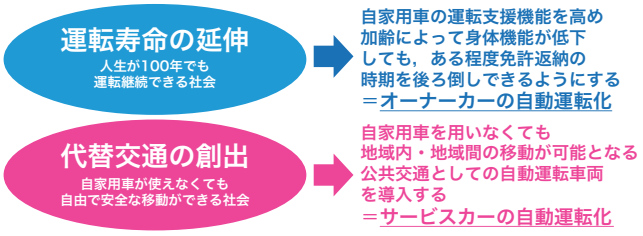


図１　人生100年時代のモビリティに向けた
自動運転技術による2つのソリューション

「SIP第２期『自動運転（システムとサービスの拡張）』中間成果報告書（2018-2020）」においては「運転寿命

の延伸」部分にフォーカスして論じたことから，本稿では「代替交通の創出」にフォーカスし，過去４回にわたって実施してきた「自動車・自動運転に関するアンケート調査」から考察する．

1.2. 第4回アンケート調査の概要

経済産業省・国土交通省調査として，全国の18－69歳の男女に行ったインターネット調査のサンプル20,631名に対し，内閣府SIP調査として再度調査を実施し（2022年１月下旬から２月上旬），10,357名から回答を得てマージした．調査票の作成にあたっては，警察庁からの意見収集のほか筑波大学や東京大学等，他の受託者とも連携を行った．

2 地域におけるモビリティ課題認識と自動運転の社会的受容性

2.1. 地域におけるモビリティ課題

代替交通としての自動運転技術の活用においては，地域の交通環境と課題が大きく関わる．高齢期の移動に関する意識について，2019年からの推移をみると，「高齢期は，今住んでいる地域に住み続けたい」とする人が増えている一方で，「今住んでいる地域では，高齢期の移動手段に不安がある」「今住んでいる地域では，自家用車がないと生活できない」「今住んでいる地域では，高齢期にバスや鉄道で移動するのは不便である」「高齢期に自由に移動できる手段がなければ，別の地域に引っ越ししたい」といった意識を持つ人が増加傾向にある．また，2020年から取得しているデータとしての「現在利用している交通手段が，将来使えなくなるかもしれない時のことを考えている」とする割合も増加傾向になるなど，高齢期のモビリティについて課題意識を持つ人が増えていることがうかがえる．（図２）

自家用車への依存傾向が高い人や地域において，自家用車の代替として公共交通を利用するにあたってのハードルは低くない．しかし，将来的なことを考えれば，徐々にそうしたライフスタイルにシフトしていくことも想定しなければならず，これについての社会的なコンセンサスも徐々にできつつある．このような状況下で，たとえスピードは遅くとも，ドライバ不足を解消し，地域にモビリティをもたらす自動運転サービスカーは一つのソリューションとして期待される．

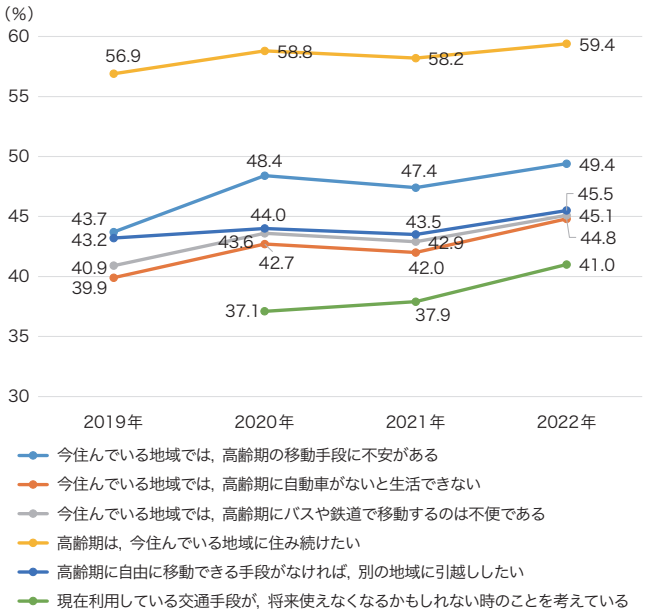


図２　高齢期の移動に関する意識の推移

2.2. 社会的受容性の整理

自動運転の領域においては，技術的安全性や法・ルールの整備といった観点に加え，社会的受容性の観点から自動運転をいかに社会に受け入れ，効果的に活用していくかも大きなテーマの一つである．

筆者は自動運転の社会的受容性について，「①生活変化：自動運転の普及による生活の変化の受容」「②学習：自動運転の普及に向けた学習負荷の受容」「③コスト：自動運転の普及における様々なコスト負担の受容」「④固有性・技術限界：自動運転特有の性質や技術の限界・リスクの受容」の４つの分類で合成得点を作成し，分析している．（図３）

図３　社会的受容性を考えるうえでの４つのファクタ

2.3. 社会的受容性得点と地域意識―アンケート調査結果から―

４つの受容性ファクタについて，地域の特性との関連性をみると，人々の地域意識と受容性に関連性があることが明らかとなっている．

まちづくりにおいては，「シビックプライド（Civic Pride）」という概念が重要であるとされる．シビック

プライドとは，都市に対する市民の誇りを指すが，単に自分の地域に対する思いや愛着だけではなく，東京理科大学の伊藤香織教授（シビックプライド研究会代表）によれば，「自分自身が関わって地域を良くしていこうとする，ある種の当事者意識に基づく自負心」とされる．

第３回・第４回アンケート調査においては，回答者に対して地域への思いや考え方についても尋ねているが，これらは上記のシビックプライドに近い項目となっている．

今回分析したのは，「自分の住んでいる地域が好きだ・愛着がある」「自分の住んでいる地域をよりよい場所にしたい」「自分の住んでいる地域の課題を認識している」「今住んでいる地域に長く住みたい」の４問の設問について，肯定（「あてはまる」「どちらかといえばあてはまる」の合計）と否定（「あてはまらない」「どちらかといえばあてはまらない」の合計）ごとに各受容度得点の平均値を比較したところ，全体的に地域意識が高いと受容性得点も高いことが確認された．（図４～７）

暫定的にこれらの項目をシビックプライドとすると，こうした意識が高い地域では，自動運転という新しい技術と仕組みを社会実装するにあたっての生活変化を受容し，そのために必要な学習を受け入れ，必要なコストを負担し，自動運転の持つ固有の特性や技術限界を受け入れるとする割合が相対的に高いといえる．

換言すれば，自動運転を先駆的に実装するにあたってはシビックプライドの高いエリアに先行して導入し，「地域で仕組みとして育てる」観点が戦略として有効であるといえよう．

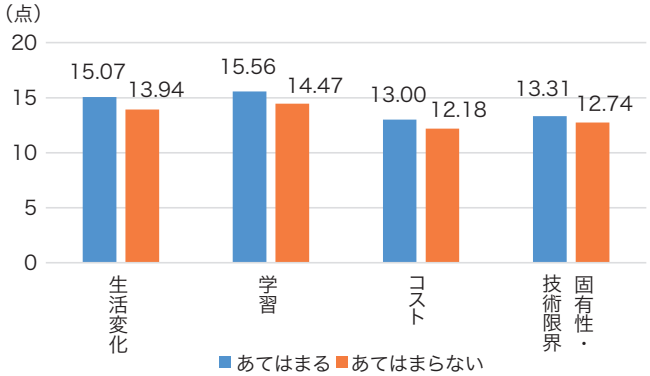


図4　地域への意識と受容度得点
（自分の住んでいる地域が好きだ･愛着がある）

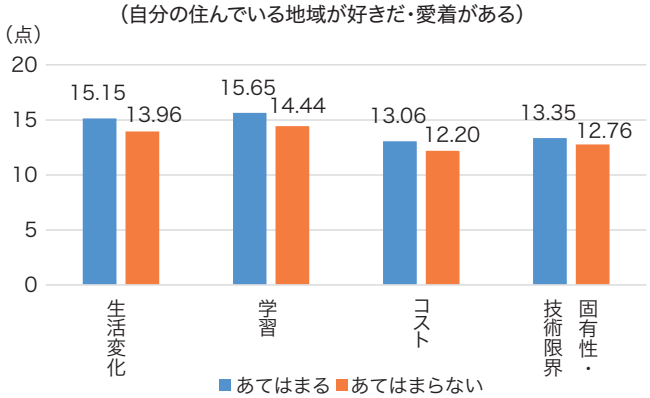


図5　地域への意識と受容度得点
（自分の住んでいる地域をよりよい場所にしたい）

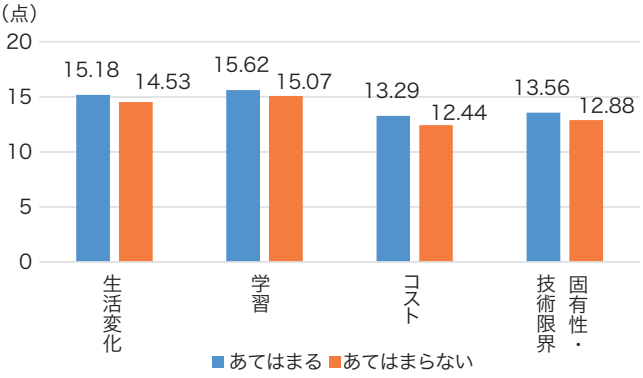


図6　地域への意識と受容度得点
（自分の住んでいる地域の課題を認識している）

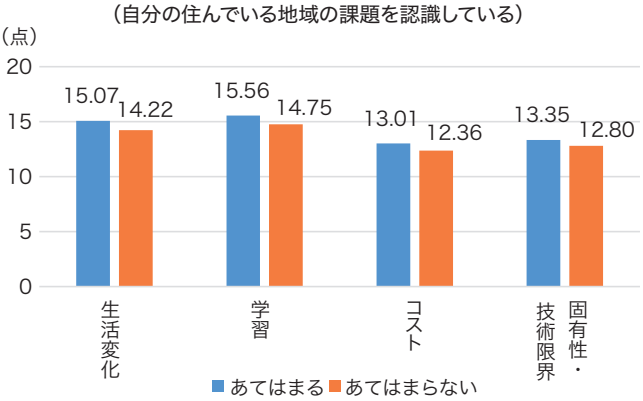


図7　地域への意識と受容度得点
（今住んでいる地域に長く住みたい）

3　ソリューションとしての自動運転技術をどう表現するか

3.1. 理解と受容の２ステップで人々の行動を喚起

自動運転のような新たな仕組みや技術を社会実装するにあたっては，利用者・消費者・住民などの理解に加え，それらを「効果的かつ安全に使う」という意識の醸成が不可欠となる．テクノロジーを導入する場合，ともすると技術が全ての安全性をカバーするはずという受け身の姿勢になりかねない．

しかし，SDGsの12番目の目標に「つくる責任・つかう責任」とあるように，これからの消費者は，安全性を確保しつつ効果的に使う形で「つかう責任」に関与することで，社会の持続性向上に貢献する姿勢を持つことが求められる．加えて，100％安全な技術とい

うものは実質不可能である．既存の自動車においても多大なリスクが存在し，それを含んだうえで利用者はより安全性を確保する形でルールを守って利用することが求められている．これと同様の合意を，自動運転の導入においても形成していく必要がある．ともすると完成したテクノロジーとして期待されがちな自動運転について，その特性と限界を知り，どういった使い方をすることで技術の不足や課題を補えるのかを考えることが重要なのである．

また，図８にあるとおり，「理解」と「受容」が異なるという点についても踏まえる必要がある．フェーズ１として，まずは自動運転に関する消費者の情報量を増やし，認知度と理解度を上げるアクションが求められる．しかし，認知度と理解度が上がれば必然的に受容度が上がるわけではない．自動運転に関する理解度が高まったことで，かえって「非受容」というジャッジをする人も少なくない．そこでフェーズ２として求められるのが，何らかの課題やリスクゆえに「非受容」としている人たちから，具体的な課題を抽出し，技術面のみならず使い方やルール策定といった，人々の譲歩や協調で補完できる部分を見つけ，消費者自らの行動を喚起することで課題解決の道を模索するプロセスである．

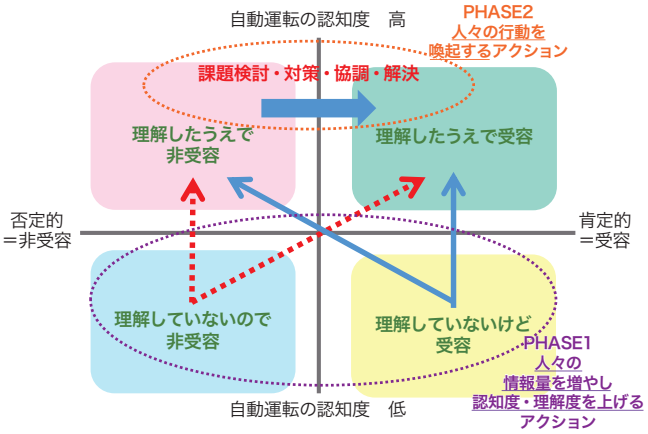


図８　理解と受容に向けた２つのフェーズ

その過程で必要となるのが，「なぜ今，自分たちの地域に自動運転技術を用いるのか」という背景と課題の理解である．加えて，自動運転技術で，何ができて何ができないのかという現状について，正しく知ることが求められる．これにより自動運転が地域課題解決の一つのソリューションになりうるとの合意が得られたら，初めて「どうやって実装するのか」という課題に向き合うことになる．

ともすると，「どうやって実装しようか」というHOWが最初に考えられがちであるが，どのような技術のどのような車両をどう走らせるのかという点も含めて，まずは地域課題を把握し（WHY），その課題解決に対して自動運転技術をどう活用できるか（WHAT）を考えるプロセスが，まずはあるべきと考える．（図９）

実際に社会実装や実証実験がうまくいっている地域では，そうしたプロセスや取組がとられているように見受けられる．

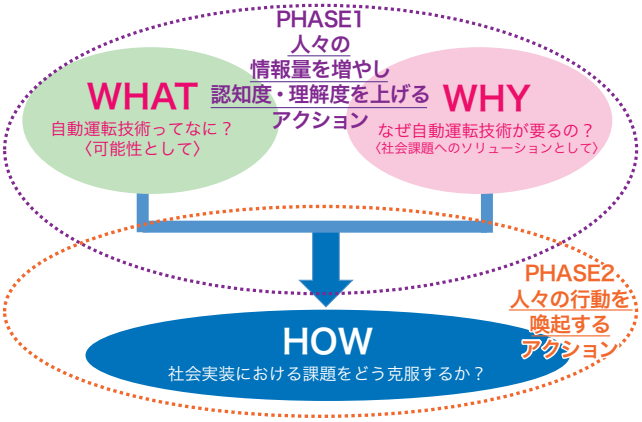


図９　WHAT･WHYから共有するHOW

3.2. 価値･効果の可視化―社会的インパクト評価―

理解と受容を促進し，WHYとWHATを検討した結果「自動運転」というソリューションを選択するにあたっては，モビリティないし自動運転の価値や効果を可視化することが求められる．特に公費を投入することに対するコンセンサス形成においては，どの程度の投資効果が見込めるかという観点が欠かせない．その点からいえば，地方の公共交通は基本的に赤字であり，これが自動運転に置き換わったとしても，少なくとも運賃収入面での採算は見込めず，短期的に黒字化するとは到底いえない．

また，自家用車を手放せば，その購入と維持にかかっていたコストを公共交通に振り向けられるというのもあくまで理屈にすぎない．自家用車とは，単に移動だけにその効果を発揮しているわけではなく，「いつでも乗れる」という利便性や心理的安心感に加え，所有欲・嗜好対象としての効果も大きい．

このように，コストについては狭義で捉えるべきではない一方で，定量として計れるものばかりではないことから，可視化においては社会的インパクトを加味した形で行うことが必要である．

例えば，モビリティの活性化は，コミュニティの回

遊性向上による経済効果に加え，高齢者のフレイル予防や健康寿命の延伸，それによる医療費・介護費用・マンパワー（主に家族の負担）の削減をもたらす．モビリティを見る・撮ることが楽しみの人も多い．モビリティが地域のアイコン化すれば，地域外からの人流増加に加え，地域コミットメントの向上にも繋がる．このように，モビリティの充実は，地域住民や国民の生活の質の向上に繋がる．

こうしたインパクト評価を含めた自動運転技術導入の効果を社会的受容性の醸成に向けた文脈として落とし込むにあたり，地域のモビリティを維持・存続させることで人々の生活の持続性を守るという意味での「生かす」視点と，モビリティを活用して様々な波及効果を創出するという意味での「活かす」視点の双方から，多面的かつ長期的な視野でその効果を財務的に可視化していくことも求められる．（表１）

表１　地域モビリティの持続性確保と効果の可視化

視点	アクション	キーワード
地域モビリティを「生かす」視点＝存続させる	●地域の環境とニーズに合う移動手段の創出・維持 ●運転免許返納後や加齢・病気・障がい等による身体機能の低下後も移動が継続できるモビリティ・インフラの整備 ●移動における安全性の確保 ●多様な人々が多様なモビリティを活用することに対する意識の醸成	●持続性・サステナビリティ ●日常生活の維持 ●安全安心 ●不便さの受容
地域モビリティを「活かす」視点＝活用する	●モビリティがもたらすインパクト（財務・非財務的価値）の認識と可視化 ①経済効果（直接的・間接的） 例）運賃収入，回遊性向上，地域活性化，社会保障費低減 ②健康への効果 例）疾病予防，メンタルヘルス維持・改善，健康寿命延伸 ③繋がりと楽しさの創出 例）対面接触機会・コミュニケーション創出，賭好対象としての乗り物	●経済効果 ●健康寿命延伸 ●Well-being ●QOL向上 ●嬉しい・楽しい・幸せ体感 ●不便益への気づき

自動運転の普及により大きな便益を受けるのは消費者自身である．その点に鑑み，どのように技術を生活に取り入れて使うのか，どうしたら安全かつ効果的に社会実装ができるのかという点（HOW）について，生活者自身が主体的に関与して検討していく場を増やし，自分事としての意識を醸成していくことが，早期かつ安全なモビリティの創出に繋がり，持続的な社会の実現をもたらすと考えられる．

4 社会的受容性のステップ―KPI／KGIの設定―

こうしたプロセスについてまとめたのが表２のアクション評価シートである．今回のプロジェクトは，自動運転の社会的受容性を醸成するにあたり，その活動プロセスにおいてどのような点に留意し，どのようなベンチマークを設定するのかということを設定・評価することを目的としてきた．その模索の一環として消費者調査を実施し，ヒアリングやワークショップも重ねてきた．

全体を10のプロセスに分類し，それぞれについて留意すべき項目をチェック項目として設定している．

4.1. フェーズ１としてのプロセス

ステップ１～７は図８及び図９でいう「フェーズ１」に該当する．

表２　アクション評価シート

STEP		活動項目	チェック項目（2022年更新版）
1	基盤検討	**全体フレームと個々のプロジェクトにおける戦略作成・連携** **(Frame & Strategy)**	1．既存情報・状況・昨年度成果を踏まえ，中・長期的かつ包括的な戦略を立てたうえで，年間の活動計画を策定しているか 2．それぞれのプロジェクトが明確なゴールを見据えたプロセス策定を行っているか 3．プロジェクト同士が無駄や重複なく情報や活動を連携しているか（網羅性，適切なターゲット選定等）
2		**対象・土壌に関する情報収集・理解** **(Target Grasp)**	1．社会的受容性を醸成しようとする対象（社会・地域・人など）についての情報収集（文化・特性・課題等）と理解が事前に十分に行われたか
3	発信	**発信情報の選定・編集・加工** **(Adaptation)**	1．情報発信に向けて，当該対象に合わせた適切な情報選定について検討されたか 2．情報発信に向けて，当該対象に合わせた適切な編集・加工が行われたか
4		**情報発信手段・メディア・場** **(Means)**	1．当該対象に対して行う情報発信において，最適な情報発信手段・メディア・場が用いられたか 2．Society5.0 視点（フィジカル／バーチャルの融合）は意識されたか
5		**体験機会創出・UX** **(Experience)**	1．地域課題やニーズに則したリアリティのある顧客体験により，当該対象が課題を自分事化する機会を創出できたか
6	受信・拡散	**フィードバック・双方向性** **(Communication)**	1．発信情報に対する相手からの反応や対象とのやりとりを通じ，発信情報のインパクト検証ができたか 2．発信情報に対する相手からの反応や対象とのやりとりを通じ，発信情報の内容・手法に関する改善点発見，新たなアイデア会得に繋げられたか
7		**情報拡散・社会的関心** **(Expansion)**	1．活動の内容や発信情報を，マスメディア・SNS等での関連情報拡散に繋げられたか 2．人から人への情報伝達という派生効果を創出できたか 3．既利用者の満足度向上による派生効果を引き出すことができたか
8	ゴール	**消費者における理解** **(Understanding)**	1．自動運転・ADAS機能に関する消費者の理解（WHAT）は向上したかの検証 2．自動運転・ADAS機能を社会に取り入れる背景についての理解（WHY）の検証 3．自動運転・ADAS機能について理解しようとする消費者の内発的な行動を喚起できたか
9		**消費・利用行動** **(Use)**	1．消費者が社会課題や自らの状況を理解し，テクノロジーを自らの生活に効果的かつ安全に取り入れようという姿勢を示しているか 2．テクノロジーを自らの生活に効果的かつ安全に取り入れるために，消費者自身がどのように行動したらよいかについて考える姿勢を示しているか（HOW）
10		**消費者における社会的受容度** **(Acceptance)**	1．消費者が，自動運転技術の導入によって生じる可能性のある要素それぞれを受け入れる姿勢を見せているか　①生活変化 ②学習 ③コスト ④固有性・技術限界

PHASE1
WHY：背景・ニーズ
WHAT：仕組み・ルールの浸透

PHASE2
HOW
・その地域に合わせた形でどう実装するか
・そのために消費者がどう関与・行動するか

ステップ1・2は「基盤検討」とし，「全体フレームと個々のプロジェクトにおける戦略作成・連携」としている．1については，これまでSIPが全体像を把握して戦略を検討し，各プロジェクトを俯瞰しながら必要なセクションに必要なリソース配分を行うなどのマネジメントを行うものである．2は「対象・土壌に関する情報収集・理解」であり，社会的受容性を醸成しようとする対象（社会・地域・人など）についての情報収集と理解を指す．これまでは筆者が全国調査として定量データ収集を行うことで全体把握を図ってきたが，今後は地域ごとの細かい情報収集がより重要となってくると考えられる．

ステップ3～5は「発信」とし，情報を届けたい相手に合わせた情報コンテンツと適切な媒体の選択，さらに当該対象が課題を自分事化できるようなリアルな体験価値の提供ができたかを問うている．

ステップ6～7は「受信・拡散」とし，情報を届けたい相手と双方向でやり取りを行うことでそのインパクトや理解度を図りつつ，さらに派生効果として対象者間のコミュニケーションを創出できたかということを問うものである．

4.2. フェーズ2としてのプロセス

ステップ8～10は図8及び図9の「フェーズ2」に該当するもので，消費者の理解をベースに消費者が自らそれらを効果的かつ安全に活用することに対して主体的に関わり，それに伴う生活変化・学習・コスト・固有性や技術限界などを受け入れることを示す．

5 自動運転の社会的受容に向けた情報発信・共有とコンセンサスの形成

5.1. 地域や対象に応じた情報発信

地方においては特にモビリティ課題に対する認識が高いが，ソリューションの一つとしての自動運転サービスカーの社会実装においては，その意義について多様な手段で発信していくことが求められる．

そのためには，まず当該地域に暮らす人々がどのような意識や文化・歴史を持っているのかを理解したうえで，具体的にどのような課題に直面しているのかを認識することから始める必要がある．地方においては地方紙などの地元メディアが大きな影響力を有しているので，そうした媒体と連携し，“WHY”と“WHAT”の部分を効果的に発信することも有効だろう．また，属性やコミュニティによっても親和性の高いメディアは異なるので，最適な媒体選択と情報形態への加工も重要である．多様な媒体を用いて，人やコミュニティの繋がりを創出しつつ，効果的に情報の波及を行う仕組みづくりが重要である．

ともすると地方の自動運転イベントでも，事業者や関係者等，自動運転に関わる人や関心が高い人のみしか集客していないケースも散見されるが，異分野とジョイントしたイベントなど，多様な人々に情報がいきわたり，関心を喚起できるような工夫が求められる．

5.2. 情報・事例の共有

近年全国で自動運転のサービスカーの実証実験が多数実施され，一部では社会実装も進められているが，そうした事例を体系的に共有していくことも重要である．地域ごとにニーズや背景が異なるため，自動運転サービスの実装においては当然オーダーメイドの部分が大きくなるが，他の地域での事例が参考となる例は少なくない．成功事例の共有はいうまでもないが，うまくいかなかった事例を含めて共有していくことで，実証実験全体に大きな付加価値が生じるといえる．さらにこれらの情報を一元的に集約して，横断的に展開していくことで，実証実験の価値は最大化されるだろう．

5.3. ヒトと技術の共創・補完に向けた合意形成

技術に関する情報発信においては，「できること」のみならず，技術的な限界や特有のリスクについても共有し，社会的なコンセンサスを得ていく必要がある．ヒューマンエラーが必然であるように，システムエラーも必然といえる．従来の自動車が危険を伴うものであることを前提とし，ユーザ側にシートベルトやチャイルドシートの着用，交通ルールの順守などでリスクを低減する努力を求められるのと同様に，自動運転についてもユーザ側が技術限界を折り込んだ形で社会に導入していくプロセスが求められる．

新しいテクノロジーの限界や不十分な部分を人間が補うスタイルをとり，技術や仕組みを社会全体で育てる姿勢を持つことで，結果として早期に社会課題解決に向けた対策を講じられる．人生100年時代の大きな課題の一つである「モビリティ」について，その認識を浸透させることが，結果的には安全安心かつ持続的

なモビリティの創出に繋がり，人々の暮らしの質とウェルビーイング（幸せ）を維持することに寄与する．

自動運転を中心とするモビリティ技術は，そのための「手段」であり，社会実装や社会的受容性醸成そのものは「目的」ではないという点について立ち返り，産官学民が共創に向けた連携をとる必要があると考える．

【参考文献】

(1) 宮木由貴子：「社会における自動運転の受容に向けて―消費者の主体的な関与による社会課題解決を目指して―」自動車技術，Vol.73，No.2，pp.32-38, 2019.
(2) 宮木由貴子：「自動運転の社会的受容性醸成に向けて」学術の動向 2022.2 , pp.100-104, 2022.

【本件問合せ先】

株式会社第一生命経済研究所 ライフデザイン研究部，〒100-0006 千代田区有楽町 1 -13- 1，050-5474-8244，担当：宮木由貴子（取締役 ライフデザイン研究部長兼主席研究員，miyaki@dlri.jp）

②交通事故低減等への社会経済インパクト評価手法の開発

Development of Assessment Methodology for Socioeconomic Impacts of Automated Driving Including Traffic Accident Reduction

須田義大（東京大学），三好博昭（同志社大学）
Yoshihiro Suda (The University of Tokyo) , Hiroaki Miyoshi (Doshisha University)

（概要）自動運転の社会経済インパクトの評価は，自動運転に対する社会的受容性の醸成，政府の政策形成や企業経営への活用という点で極めて重要である．本稿は，この認識のもと，「自動運転による交通事故低減等へのインパクトに関する研究」並びにその成果を踏まえて実施した「自動運転による社会・経済に与えるインパクト評価と普及促進策に関する研究」の概要を紹介することを目的にしている．本稿では，まず，社会経済インパクト評価の基礎となる自動運転車の「普及シミュレーション」の2つのモデル（動学モデルと静学モデル）を紹介した後，この普及シミュレーション結果を用いて実施した「道路交通への影響分析」「交通サービス分野への影響分析」「産業・社会分野への影響分析」等の概要を紹介する．

キーワード：社会経済インパクト評価，普及シミュレーション，交通事故，交通シミュレーション

1 研究の目的と内容

自動運転を実用化し普及拡大していくことは，交通事故の低減，交通渋滞の削減，交通制約者のモビリティの確保，物流・移動サービスのドライバ不足の改善・コスト低減等の社会的課題の解決に貢献しうる．自動運転の普及により，全ての人が質の高い生活を送ることができる社会の実現を目指して，この研究では，次の２つの目的を定め，自動運転の社会経済へのインパクトの評価に取り組んでいる．第１は，自動運転に対する社会的受容性の醸成である．今後，自動運転技術を活用したサービスや車両の実用化及び社会普及を進めるためには，大前提として，自動運転に対する国民の理解が必要である．国民の理解を得るためには，自動運転が，国民生活や日本経済に及ぼす影響を，効用と潜在リスクの両面から定量的に把握しておく必要がある．第２は，政府の政策形成や企業経営に資することである．例えば，自動運転に対する経済的インセンティブ等の大きさや自動運転車の市場投入方法によって，自動運転車の普及スピードやその結果生じる社会経済インパクトにどのような違いが生じるかを把握しておくことは，政府や企業の意思決定にとって極めて重要である．

このような目的意識のもと，前半プロジェクト（PJ）の「自動運転による交通事故低減等へのインパクトに関する研究」では，図１に示す研究を実施した．まず，基礎的な情報整理を目的として，自動運転と国際連合が掲げる「持続可能な開発目標（SDGs：Sustainable Development Goals）」（以下，SDGs）の17の目標，169のターゲットとの関連性を整理し，自動運転の持続可能な社会形成に対する意義を確認した．次に，社会経済インパクトを分析する際の共通の基礎的数値として利用するために，自動運転車の「普及シミュレーション」を実施した．そして，自動運転の社会経済インパクトについて，道路交通への影響，交通サービス分野への影響，産業・社会分野への影響という３つの

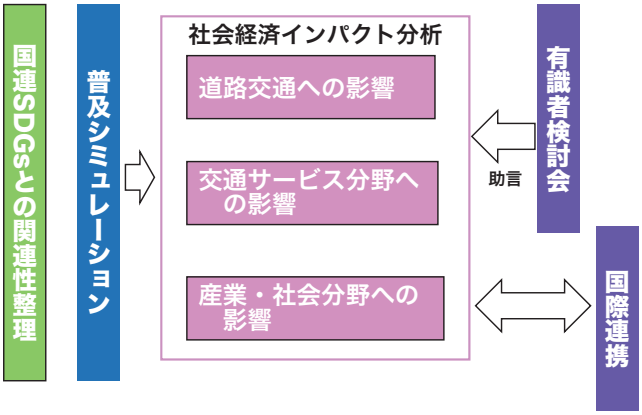


図1　研究の全体像

角度から定量的な分析を行った.

一方，後半PJ「自動運転による社会・経済に与えるインパクト評価と普及促進策に関する研究」では，前半PJで構築した各種シミュレーションモデルの改良や前提条件等の見直しを行い，各種普及促進策の効果等の分析を実施している.

両PJで開発したモデルは次の５つの特色を持ち，広範囲の社会経済インパクトを理論的かつ整合的に分析することが可能である.

1) 交通工学・自動車工学の知見と経済学の知見を融合させた文理融合によるモデル構築
2) 社会経済環境（人口，GDP等）に関する共通データをシミュレーションの前提条件として統一的に使用
3) 消費者の支払意思額（WTP：Willingness to Pay）と生産の学習効果を考慮したミクロ経済理論に基づく自動運転車の普及シミュレーションモデルを構築
4) 様々な普及促進策に対応した自動運転車の普及率推計が可能
5) 普及率推計結果を，社会経済インパクト評価の共通データとして活用

前半PJは，主にモデル構築を主目的としたため，工学分野を含めた広範な分野の学識者で構成される検討会を設置し，本検討会での議論を踏まえながら研究を進めた．一方，後半PJは，対外的な情報発信を最終目的としたため，主にサービス実装推進WGにおける議論を踏まえ研究を進めた．また，本研究のうち，「自動運転車の普及シミュレーション」，「車の所有と利用，移動に関する消費者の選択構造の変化」は，日独連携研究の一環として，ドイツの研究機関と連携しながら研究を進めた．この日独連携研究は，「自動走行技術の研究開発の推進に関する日独共同声明」(平成29年１月12日）に基づき，2019年１月に開催された内閣府とドイツ連邦教育研究省とのSteering Committee会議において，社会経済インパクト評価が日独連携研究のプロジェクトと位置づけられたことに基づいている．日独連携研究の詳しい活動内容は，本報告書の第６章⑧「社会経済インパクト」を参照いただきたい.

以下では，本研究で開発したシミュレーションモデルの機能や考え方に焦点を当て，本研究の成果を示す.

2 普及シミュレーション

財・サービスの普及をシミュレートする場合によく用いられるモデルは，S字成長曲線モデルである．自動運転車についても，いくつかの研究でS字成長曲線モデルを使った普及予測が実施されている[(1)(2)]が，本研究のようにいくつものレベルの自動運転が併存する状況を想定する場合，こうした方法で設定したパラメータを単純に利用することは適切ではない．また，S字成長曲線モデルは構造が極めて単純なため，政策措置やOEMの市場投入策が，自動運転車の普及率に及ぼす影響をシミュレートする際には利用し難い．このため，本研究では，乗用車を対象として独自の普及シミュレーションモデルを構築することとした.

自動運転車の普及を考えた場合，すでにSAEレベル１～４は，導入時期が議論されているが，一般道路全体においてSAEレベル４の自動走行が可能な自動運転車やSAEレベル５の自動運転車は，実現可能性や実現時期を予測することはできない．こうした点を踏まえ，本研究の普及シミュレーションモデルは，市場投入時期がある程度見通せるSAEレベル４までの自動運転車を対象としてそれらの普及を推計するモデルと，ドライバ不要の自動運転車（SAEレベル４／５相当）の普及を推計するモデルとの２つに分けて構築した．前者は，年次を示しながら自動運転車の普及プロセスを捉える動学モデルとし，後者は，ドライバ不要の自動運転車が実現した際の，定常状態における自動運転車の普及率を推計する静学モデルとした.

動学モデルでは，自動運転車を表１のように分類している．前半PJでは，SAEレベルとそれが実現可能な道路の組合せから自動運転車を分類していたが，後半PJではこれを全面的に見直している.

表１の「列」は，自動運転の機能を示している．ここでは，自動運転の機能を大きく安全運転支援（S），運転支援（D），システム運転（A）の３つに分けたうえで，その機能が実現できる道路等の観点から，機能を更に細かく分類している．なお，S20，D20，A25等で示している機能の下２桁の数値は，当該機能が市場に投入される見込み年を示している．一方，表１の「行」は上述した機能の組合せで構成される自動運転車のカテゴリを示している．ここでは，自動運転車のカテゴリは，大きく「運転支援車」「限定的な自動運

表1　動学モデルにおける自動運転車の分類

		安全運転支援		運転支援			システム運転					市場投入時期
		S20	S25	D20	D25	D30	A25	A30	A35	A40	A45	
		前方近距離センシング(注1)	**全方位遠距離センシング**(注2)	**専用道** ACC・LKAS	**専用道** ACC・車線変更支援, **一般道** LKAS	**一般道** ACC・LKAS・車線変更支援	**専用道** 渋滞時 レベル3	**専用道** レベル3	**専用道** レベル4	**専用道** レベル4, **一般道** レベル3	**一般道** レベル4	
安全運転支援機能無	**S0**											既存
安全運転支援機能のみ搭載	**S1**	△										既存
運転支援車	**D1**	✓		✓								既存
	D2	✓	✓	✓								2025
	D3	✓	✓	✓	✓							2025
	D4	✓	✓	✓	✓	✓						2030
限定的な自動運転車	**R1**	✓	✓	✓	✓		✓					2025
	R2	✓	✓	✓	✓		✓	✓				2030
	R3	✓	✓	✓	✓	✓	✓					2030
	R4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				2030
高度な自動運転車	**A1**	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			2035
	A2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		2040
	A3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2045

(注1)ペダル踏み間違い時加速抑制, 車線逸脱警報, 車間距離警報, 対車両AEB (前方近距離), 対歩行者AEB, 対横断自転車AEB
(注2)対車両AEB (全方位遠距離), 対自転車AEB (全方位遠距離自転車)
✓:搭載　△:一部機能搭載

転車」「高度な自動運転車」の３種類に分類されている．「運転支援車」は，すでに市販されている車（S0やS1）に運転支援機能が加わった車である．「限定的な自動運転車」は，「運転支援車」にSAEレベル３の機能が加わった車である．「高度な自動運転車」は，「限定的な自動運転車」に，SAEレベル４の機能が付加された車である．これら３種類のそれぞれにおいて，実現可能な機能の組合せとして，自動運転カテゴリを設定している．

一方，静学モデルでは，自動車の種類として，人間が車の運転の主体となるSAEレベル２を全ての道路で実現する自動運転車と，ドライバ不要の自動運転を実現した自動運転車の２つを設定してシミュレーション分析の対象としている．

(1) 動学モデル

動学モデルは，乗用車のほか，物流サービス（トラック），移動サービス（バス）を対象に，2025年以降2050年までの５年ごとの，表１に示す自動運転各カテゴリの普及台数や走行量を推計するものである．この３つのそれぞれで，推計方法が異なるが，ここでは，乗用車の推計方法を紹介する．なお，乗用車の推計モデルは，後半PJで実施した自動運転車カテゴリの見直しを受けて全面的に再構築している．

乗用車のシミュレーションでは，まず，各年に必要となる車の保有台数から，前年の台数のうちの残存台数を控除し，その差を各年の新車台数とする．そして，各年の新車台数の自動運転車カテゴリ別の構成は，図２に示すような消費者の自動運転車カテゴリ選択モデルによって決定される．この選択モデルでは，外生的に与えられる自動運転車各カテゴリの価格のもとで，第一段階として，「運転支援車」「限定的な自動運転車」「高度な自動運転車」の３つのグループの新車構成比率が決定される．第二段階では，第一段階で選んだグループ中での自動運転車カテゴリ別構成比率が決定される．この自動運転車カテゴリ選択モデルは，多肢選択ロジスティック回帰モデルによって表現されているが，このモデルのパラメータは，消費者約7,500人を対象とする消費者選好意識調査（Webアンケート）を実施して設定している．

一方，自動運転車カテゴリ選択モデルに外生的に与えられる自動運転車各カテゴリの価格は，生産の経験曲線効果が働いて決定される．経験曲線効果とは，累

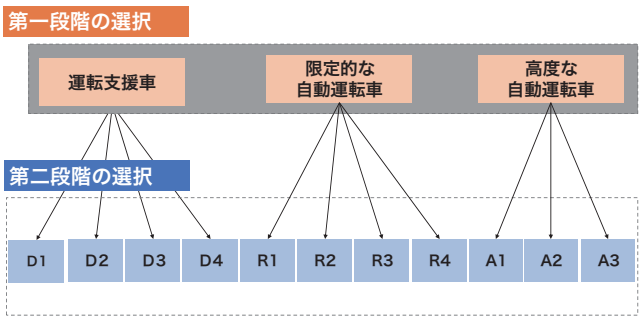


図2　消費者の自動運転車カテゴリ選択モデル

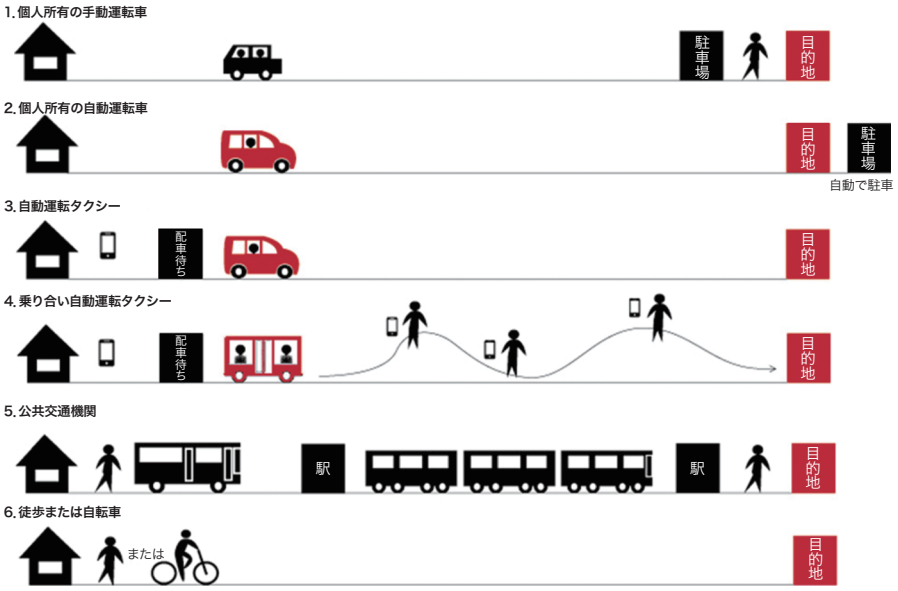


図3　静学モデルにおける交通モード

積生産量が増加することによって，生産技術が向上し，製品コストが低下する現象を指し，ここでは，自動運転技術についても同様の関係が成立すると仮定している．

(2) 静学モデル

静学モデルは，動学モデルとは異なり，乗用車のみを推計対象としており，ドライバ不要の自動運転車（レベル４／５相当）が実現した際の，定常状態における自動車の保有や利用の状況を推計するモデルである．

このモデルでは，自動運転車を利用した自動運転タクシーのほか，乗合により料金が安価になる乗合自動運転タクシーの導入を想定し，それらの料金や待ち時間等の様々な要因によって，各交通モードの利用がどのような影響を受けるのかを推計することができる．

このモデルは，「交通サービス分野への影響分析」のうちの「車の所有と利用，移動に関する消費者の選択構造の変化」で実施した消費者選好意識調査（Webアンケート）の結果を利用して構築した．このアンケートでは，図３で示すように６つの交通モードを設定し，平休日別，移動目的別，移動距離帯別に，各交通モードの移動時間や移動費用，乗合を含む自動運転タクシーの配車までの待ち時間が，生活者のモード選択にどのような影響を与えるのかを調査している．静学モデルは，この調査結果を用いて構築した交通手段選択モデルを，そのコア部分として活用している．

3　社会経済インパクト分析

3.1. 道路交通への影響分析

(1) 交通事故削減効果

交通事故削減効果については，２つの分析手法を開発した．第１は，前半PJで用いた手法で，SIP自動運転の別施策「自動運転及び運転支援による交通事故削減効果の見える化」から自動運転車普及による交通事故件数，死傷者数の低減効果の推計結果の提供を受け，ITARDA交通事故マクロデータを利用してこれを補正する方法である．この別施策では，エージェントベースドシミュレーションの手法を用いて交通事故削減効果を推計している．

第２は，後半PJで用いた手法で，自動運転車各カテゴリの普及率推計結果からAEBやLKAS等の安全運転支援機能の普及率を計算し，この数値と先進安全自動車（ASV）推進計画第６期報告書[(3)]が設定している各安全運転支援機能の事故回避率を参考に，交通事故削減効果を推計する方法である．このASV報告書の事故回避率は理想的な条件のもとで算出されたものであるため，この方法で算出された効果は，自動運転の事故削減ポテンシャルとして理解すべきものとなるが，推計対象とすることのできる事故類型が第１の方法よりも多いことが長所となっている．

いずれの方法を用いた場合でも，交通事故加害者の非金銭的損失を含めて交通事故削減効果を金銭価値化している点が本研究の特徴である．

アクティブセーフティ技術（安全運転支援システム・自動運転等）とパッシブセーフティ技術（エアバッグシステム等）は，社会に生じる便益において大きな２つの違いがある．第１は，両技術共に「自身の人体損傷程度の軽減」をもたらす点は共通しているが，アクティブセーフティ技術には，これに加え，外部経済として，事故の相手方当事者の人体損傷程度の軽減ももたらすという違いがある．第２は，アクティブセーフティ技術利用者には，事故の相手方当事者の人体損傷程度の軽減の裏返しとして，加害者としての心理的な負担（非金銭的損失）も軽減されるという違いがある．第１の便益は，内閣府調査[(4)]から得られる交通事故被害者１名あたりの経済的損失額と，自動運転車普及による交通事故被害者数の低減量を用いれば推計することができる．一方，第２の便益については，そもそも，「交通事故被害者１名あたりの加害者の経済的損失額」の数値が存在しないために，推計することができない．しかし，加害者になることを回避できるというのは，自動運転の価値を評価するうえで極めて重要である．このため，本研究では，加害者としての心理的な負担（非金銭的損失）を，Webアンケート調査により新たに推定した．

このWebアンケート調査は，加害者調査と被害者調査で構成されている．加害者調査では，四輪車同士の事故で，自身の運転ミス（自身の過失割合は10を想定）によって相手方（１名を想定）を死亡させる確率を50％（または90％）軽減させるデバイスに対するWTP（１年間の利用料金）を２段階２肢選択方法で聞いている．一方，被害者調査では，四輪車同士の事故で，事故の相手方の運転ミス（自身の過失割合は０を想定）によって自身が死亡する確率を50％（または90％）軽減させるデバイスに対するWTPを聞いている．この分析の結果，WTPの中央値は加害事故回避デバイスと被害事故回避デバイスとの間で大きな差はないことがわかった．本研究では，この調査結果も取り入れたうえで自動運転による交通事故削減効果の金銭価値化を実施している．

(2) 交通渋滞削減効果及びCO_2排出削減効果

自動運転車の追従時や自由走行時，車線変更条件・判断，反応遅れ時間等の挙動特性等の前提条件を設けたうえで，普及シミュレーション（動学モデル）で算出された自動運転車の普及率を考慮して，道路上での交通シミュレーションを実施するとともに，EV車も含めて考慮できる先行モデル[(5)]の係数を活用し，交通渋滞削減効果とそれによるCO_2排出削減効果を推計した．

具体的には，自動運転の普及を考慮した交通シミュレーションを実施し，渋滞削減量及びCO_2排出削減量の原単位を推計したうえで，全国拡大推計を行う二段階の構成としている．

原単位の推計にあたっては，高速道路と一般道を対象とし，高速道路についてはサグ部での渋滞削減を主に見込むものとして，該当する片側２車線区間及び３車線区間において交通シミュレーションを実施した．特に３車線区間の選定にあたっては，SIP第１期の「地域交通CO_2排出量可視化技術の開発及び実証」で多くの知見が得られた区間を選定した．また，CO_2排出削減効果の推計にあたっては，EVの普及についても考慮した推計を試行している．

3.2. 交通サービス分野への影響分析

(1) 交通制約者及び過疎地等の交通不便地域でのモビリティ確保

中山間地域では住民の少子高齢化や若者の都会への流出，企業の経営悪化とそれに伴う撤退などによって，本来は企業や住民が行うサービスを行政が担っている例が散見される．例えば，交通安全の啓発・広報や防犯パトロールといった業務は，都市部では町内会や地元の住民団体によって行われるが，中山間地域では行政サービスとして実施されていることも多い．このような行政サービスには多くの労働力や費用が伴うが，行政においても人材不足が深刻化しているため，現在行政が担っているサービスの持続可能性は高いとは考えられない．そのため労働力と費用を節約し，いかに行政サービスを維持するかが中山間地域における最重要課題の一つであるといえる．本研究では，行政サービスの視点から，中山間地域において自動運転技術がどの分野のどの用途に導入可能であり，どのように活用が期待されるかを，行政サービスのために利用されている自動車の利用実態から検討している．さらに，中山間地域の自治体職員との対話により自動運転技術の導入効果とその課題について考察している．

(2) 物流サービスのドライバ不足への対応

将来時点のトラックドライバの供給人数，需要人数

を複数のGDP推移前提条件のもとで推計し，その差分として物流サービスのドライバ不足数を算出したうえで，その不足数が，仮定する自動運転車の導入・普及シナリオのもとでどの程度解消できるのか推計している．

具体的には，まず，物流サービスを担う将来のドライバ供給人数を，年齢階層別トラックドライバ数，ドライバを継続する人の割合（継続率）や，若年層で新規に就労する人の割合（新規ドライバ雇用率）を用いて推計した．次に，将来のトラックドライバ需要人数について，将来GDPから品目計及び品目別の生産額＋輸入額を求め，この生産額＋輸入額を用いて生成貨物量を推計し，そこから，将来の貨物車輸送トン数，貨物車走行台キロを推計することで推計した．

そのうえで，物流業界関係者へのヒアリング結果を踏まえ，図４に示す物流サービスにおけるレベル４自動運転車運行許可シナリオを設定し，自動運転置き換え可能走行量と自動運転によるドライバ削減可能人数の推計を行った．

高速道路の25%カバーケース
- 東京–名古屋間，名古屋–大阪間で設定
- ただし首都高のように路肩不整備の箇所を除く
- 総延長で全体の6.3%

高速道路の50%カバーケース
- 東京–福岡間と，関東周辺の主要高速道路を中心に設定
- 総延長で全体の17.6%

高速道路の75%カバーケース
- ネットワークも考慮し，許可区間を拡張した設定，中央道等も対象区間
- 総延長で全体の34.8%

高速道路の50%カバーケース（ダブル連結トラック参考）
- ダブル連結トラックの対象路線を参考に設定
- 遠隔地を繋ぐことができる
- 総延長で全体の17.7%

図4　物流サービスにおけるレベル4自動運転車運行許可シナリオ

3.3. 産業・社会分野への影響分析

(1) 自動車の保有構造等の変化による自動車産業並びに産業全体への影響

自動運転車の実現には，多くのセンサやソフトウェアなどの搭載が必要であり，生産に必要な投入物は，従来車とは異なる．本研究では，自動運転化に必要な自動車の構成部品の変化が，自動車産業や日本経済全体にどのような影響を与えるかを，電動車を対象にした先行研究[(6)]の手法を参考に，産業連関表を用いて分析している．

具体的には，まず，自動運転化に必要な部品とその部品の産業部門を特定したうえで，自動運転車カテゴリ別・投入産業部門別に部品コストの増加額を推計した．次に，この部品コストの情報と普及シミュレーション（動学モデル）から得た自動運転車カテゴリ別の新車台数から，将来の自動運転化を考慮した産業連関表の投入係数表を導出した．そして，この投入係数表を用いて，「乗用車部門」「自動車部品・同付属品部門」，そして，日本の全産業部門を対象にして，自動運転化の生産額や雇用者数に与える影響を分析している．さらに，自動運転化のコストが変化した場合の感度分析も併せて実施している．

(2) 生産性の向上への貢献

人口減少時代に持続的な成長を達成するためには労働生産性を持続的に高める必要があり，そのためには技術進歩あるいはイノベーションが重要である．

労働生産性を高めるためには，経済学では，資本装備率（労働者１人あたりの資本量）を増加させるか，あるいは，技術進歩やイノベーションにより，全要素生産性（TFP：Total Factor Productivity）を上昇させるかのどちらかが必要とされる．ここでは，自動運転が，日本経済の労働生産性，全要素生産性を高める効果を分析している．一般的に全要素生産性の上昇率を高める要因は，「資本の質の向上」「労働の質の向上」「経営効率の向上」等の変化に分類されるが，自動運転が，全要素生産性向上に及ぼす主な要因は，「資本の質の向上」によるものと考えられる．3.2節 (2)「物流サービスのドライバ不足への対応」に示すように，SAEレベル４の自動運転の導入によって，不足するドライバを自動運転へ代替が可能となれば，これは，まさしく「資本の質の向上」の効果に相当する．本研究では，3.2節 (2) の結果を用いて，営業用と自家用に分けて，自動運転導入による労働生産性，全要素生産性の上昇を推計している．

一方，「経営効率の向上」の例としては，自動運転タクシーによる貨客混載などが挙げられる．仮に，制度面の条件が整い，旅客運送と貨物運送の双方を提供できるとすれば，自動運転タクシーは，高度な配車システムを利用することによって，人の移動と物の移動を，同一車両で効率的に実現できるようになる．この結果，主に「経営効率の向上」によって，全要素生産性が上昇することになる．

4 おわりに

本稿では，「自動運転による交通事故低減等へのインパクトに関する研究」並びにその成果を踏まえて実施した「自動運転による社会・経済に与えるインパクト評価と普及促進策に関する研究」の概要を紹介した．

２章及び３章において概要を紹介した分析については，その前提条件等を，自動車メーカや物流業界等の関係者との議論に基づいて設定するとともに，自動運転に対する社会的受容性の醸成や，企業経営及び政府の政策形成へ活用するための対外発信に用いることを想定し，幾つかの普及シナリオを設定して推計を行った．

また，定量的に評価することは難しいものの，将来，自動運転が人々の生活や社会のあり方をどのように変化させるのかについてありうる例を抽出すべく，SIP-adus Workshopの併催イベントとして「モビリティを活用したビジネス・イノベーション・コンテスト(M-BIC) 2022[(7)]」が開催され，この場を通じて，本研究の取組に関する対外発信を行った．

本研究の成果は，今後，国際会議や国際学会での発表，あるいは，国際ジャーナルへの投稿・発表を通じて，世界に発信していく予定である．

【参考文献】

(1) Litman T., Autonomous Vehicle Implementation Predictions: Implications for Transport Planning, Victoria Transport Policy Institute, 2018, https://www.vtpi.org/avip.pdf,（参照 2019.02.02）
(2) Trommer S., V. Kolarova, E. Fraedrich, L. Kröger, B. Kickhöfer, T. Kuhnimhof, B. Lenz, P. Phleps, Autonomous Driving: The Impact of Vehicle Automation on Mobility Behavior, Institute for mobility Research, 2016,https://www.ifmo.de/publications.html?t=45 (参照 2021.06.25)
(3) 国土交通省自動車局 先進安全自動車推進検討会「先進安全自動車 (ASV) 推進計画第６期報告書」, 2021,https://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/01asv/report06/index.html, (参照 2022.08.24)
(4) 内閣府政策統括官 (共生社会政策担当)「交通事故の被害・損失の経済分析に関する調査」, 2017,https://www8.cao.go.jp/koutu/chou-ken/h28/index.html (参照 2021.05.25)
(5) 安士光男，et al. “EV の走行可能範囲を予測するナビシステム”, Pioneer R&D 20，pp.1-7，2011.
(6) 間瀬貴之「産業連関表における電動車部門の推計と電動車の生産台数シェア上昇のシミュレーション分析」一般財団法人電力中央研究所社会経済研究所ディスカッションペーパー (SERC Discussion Paper)，SERC18001, 2019, https://criepi.denken.or.jp/jp/serc/discussion/download/18001dp.pdf（参照2021.06.21）
(7) M-BIC事務局：公式Webサイト，http://webpark5061.sakura.ne.jp/2022/,（参照 2022.08.21）

【本件問合せ先】
東京大学 生産技術研究所，〒153-8505 東京都目黒区駒場４-６-１，03-5452-6680，担当：鈴木彰一

③社会的受容性の醸成に向けた活動

Projects to Foster Public Acceptance

廣田匡（株式会社電通名鉄コミュニケーションズ），木村洋（株式会社住商アビーム自動車総合研究所）
Tadashi Hirota (DENTSU MEITETSU COMMUNICATIONS INC.), Hiroshi Kimura (SC-ABEAM AUTOMOTIVE CONSULTING)

（概要）わが国においては，高齢化の進む過疎地等での移動手段の欠如や，物流業界におけるドライバ不足等，モビリティ課題が山積しており，自動運転技術の社会実装による解決への期待が大きくなっている．社会実装にあたっては，自動運転の技術的な研究開発や，制度面の整備と並んで，社会的受容性の醸成も最重要課題の1つである．このため，SIP自動運転では，第１期より社会的受容性の醸成活動として，一般市民・地方自治体関係者・交通事業者等との自動運転を巡る対話や発信を通じ，社会における自動運転の正しい理解促進に努めるとともに，自動運転の社会実装に向け取り組む自治体や事業者の活動を広く共有し，オールジャパンとして課題や好事例を学びあう連携を推進してきた．本稿ではこの活動について概説する．

キーワード：社会的受容性，市民，対話，地域，試乗会，展示会

1 情報発信・メディア活動動画

1.1. Webサイト構築･運営:SIP-café

自動運転の社会的受容性を醸成することとは，自動運転に関する公平で客観的な情報を広く生活者に届け，認識を高めることであるとの考えから，活動の大きな幹としてWebサイトの構築を行ってきた．Webサイトの構築は，公開されたものが情報発信の役割を果たすとともに，そこにコンテンツが集められ整理されることと，蓄積されたものがあとに残される意味でも役割を果たすからである．

ここで公開したホームページは「SIP-café」と名付けられ，広く一般生活者から親しみを持って読まれることを期待し，人や情報が行き交う「カフェ」をモチーフとして構成したものである．(https://sip-cafe.media/)

トップページにはイラストによるアニメーションを採用し，ダイナミックな動きで目を惹きつけることを意図している．イラストの内容は自動運転が社会実装された時に人々の生活がどう変わっていくのかということをイメージさせるものとなっている．ただしイラストのタッチは柔らかくほのぼのとした絵と色調で，あくまでも一般生活者に親しんでもらいやすいことを目指している．（図１）

ページ構成は当初「SIP-adusインフォ」「自動運転ニュース」「自動運転ガイド」「自動運転用語集」「コラム」の５つのコーナーに分かれており，2021年度からは「自動運転見聞録」のページも加えられた．

「SIP-adusインフォ」のページは自動運転の実用化に向けた実証実験や，市民参加イベントの情報など，SIPに関連した関連府省庁の動向や情報を伝えており，このサイト設置の主目的である情報発信機能を担っている．

「自動運転ニュース」のコーナーでは必ずしもSIP関連に範囲を限定せず，安全運転支援技術や自動運転技術や，それを搭載した新型車（乗用車，トラック，バス）の情報まで幅広く情報発信を行ってきた．

「自動運転ガイド」「自動運転用語集」のコーナーでは，自動運転に関する基礎知識や専門用語などの言葉を説明するページを用意し，専門的知識を持たない人のリテラシー向上に役立つように「図鑑」「辞書」の役割を果たすことを目指した．

「コラム」のコーナーでは自動運転にまつわる話題を取り上げて，興味を持ちやすい視点から読みやすく執筆された文章を掲載し，関心喚起を図った．

途中から加えられた「自動運転見聞録」のコーナー

は連載モノのルポルタージュの体裁で，地方部実証の話題を各地取材によるリアリティある表現で作成したコンテンツを提供してきた．

これらの記事公開は，2019年度108本，2020年度203本，2021年度174本，2022年度は７月までに62本ですでに500本を優に超えるボリュームとなっている．また月間のビュー数は毎月ほぼ10,000ビューを超えて視聴されており，広く情報を発信する役割を果たしていると言えよう．

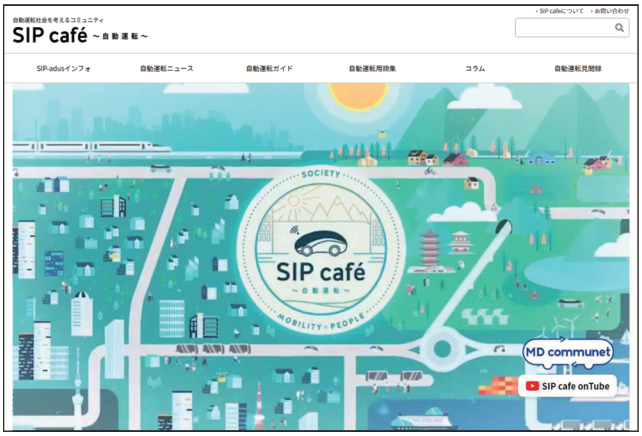


図1　SIP-café トップページ画像

1.2. SIP-café on Tubeでの自動運転の技術開発・社会実装に向けた取組の紹介

産学官による自動運転の技術開発や社会実装に向けた様々な取組を，動画形式で一般の市民にわかりやすく伝える活動に2019年度から取り組んだ．いつでもどこでも幅広い層に気軽に視聴してもらえることに主眼を置き，動画は動画交流サイトYouTubeの「SIP-café on Tube」で一般公開している．後述の「自動運転見聞録」や「市民ダイアログ」「東京都臨海部実証実験」といったSIP自動運転が主体となった取組だけでなく，図２のように，自動車メーカやサプライヤによる関連技術開発・新製品の紹介動画も含め，144本の動画（2022年８月末現在）を制作・掲載した．

図2　先進安全運転支援技術・試乗レポート：
トヨタ MIRAI アドバンストドライブ（2022年6月20日掲載）

1.3. 自動運転見聞録

自動運転の社会実装に向け実証実験に取り組む自治体や事業者が増えるなか，できる限り多くの地域における市民・自治体・事業者の生の声や，実装に向けたリアルな課題を把握し，知りえた情報を広く社会に発信することで，より一層の自動運転に対する社会的受容性醸成に繋げることを目的とした「自動運転見聞録」の活動を2021年度より開始した．具体的には，表１に示すとおり，自動運転の実証実験に取り組む各地域のキーパーソンを取材し，結果をまとめたレポート及び動画を，SIP自動運転のWebサイト「SIP-café」に掲載し発信した．取材先では，図３のように社会実装に向け奮闘する現場の生々しい苦労話や創意工夫を聞き出すようにし，実装に取り組む他地域への参考になるよう心掛けた．

表1　自動運転見聞録 取材レポート（2022年10月1日時点）

2021年度取材レポート
滋賀・東近江／「奥永源寺渓流の里」を拠点とした自動運転サービス体験
福岡・みやま／クリーンエネルギーとコミュニティ施設を拠点とした自動運転サービス
秋田・上小阿仁／自動運転サービスが定着した秋田県「かみこあに」
島根・飯南（赤来高原）／未来を築く子どもたちが鍵を握る自動運転サービス
山形・高畠／高畠町の中心地区で自動運転サービスの実証実験
沖縄・北谷／観光地での自動運転サービスの先行モデル「美浜シャトルカート」の乗車体験
東京・西新宿／「未来の東京」戦略-2025年の自動運転バス実用化に向けて西新宿エリアで実証実験
福井県・永平寺／「移動空間サービス実現へ」自動運転レベル4への期待　鉄道廃線跡地を活用した福井県永平寺町
愛知・春日井／春日井市高蔵寺ニュータウンの課題解決に気軽に乗れる自動運転サービスを
神奈川・横浜／日本の救世主!? 超小型EVショートタイムレンタル「C＋podヨコハマ」体験
2022年度取材レポート
神奈川・藤沢／「ヘルスケアMaaSの未来」湘南アイパークでの実証実験
東京・西新宿／「未来の東京」戦略-大成建設らによるインフラ協調の自動運転実証実験
栃木・那須塩原／“類を見ない計画性”ユニークな栃木県の自動運転バスの取り組み

1.4. 自動運転実装に向けた技術の現在地レポート（ウェビナー）：技術セミナー

社会的受容性を醸成するためには最終的には一般生活者の認識やリテラシーを高めていくことが必要であるが，これを直接的に高めることは難しい．現時点では，マーケティングでいう「アーリーアダプター」を狙って社会的受容性の醸成の活動を展開してきた．

自動運転という新しい仕組みが社会の中に定着されていくうえで，技術的なテーマだけではなく様々な周辺課題が想定されている．それらについて「こういう

自動運転見聞録

“類を見ない計画性”ユニークな栃木県の自動運転バスの取り組み

2022/1/27

2025年度の本格導入に向けて，県，市町，事業者が一体となって進めている地域がある．栃木県だ．どのような考え方なのか，ロードマップ，全体計画，組織などの詳細について，

栃木県県土整備部交通政策課 主査 安生真人氏，那須塩原市市民生活部生活課 課長 鈴木正宏氏，那須塩原市市民生活部生活課交通対策係 主査 山田慎太郎氏，那須塩原市市民生活部生活課交通対策係 主査 平野純氏に聞いた．

県下でのノウハウ共有のために

楠田　栃木県ABCプロジェクトとは何ですか？

栃木県　自動運転システム（Autonomous）の「A」，路線バス（Bus）の「B」，挑戦（Challenge）の「C」の頭文字からとっています．「無人自動運転移動サービス導入検証事業」のことで，県民が親しみやすいように命名しました．

図3　自動運転見聞録：栃木県の自動運転バスの取組
（2022年7月27日掲載）

課題が想定されている」ということと，どのように解決を図ろうとしているか，その現在地をアーリーアダプターの方々に知ってもらうための機会を創出するために，技術セミナーを企画，実施してきた．

第１回は「自動運転時の責任問題」をテーマに，2020年４月に施行された改正道路交通法のポイントや倫理問題，刑事責任など法的な立場からの講演を行った．登壇者は警察庁牧野氏と法政大学今井教授．

第２回は「HMIとドライバーの過信」をテーマとして，進化する技術に対してドライバはどのように意思疎通を図るべきか，自動運転技術はドライバの意思をどこまで理解してくれるのか，次世代のクルマのあり方について解説をした．登壇者は東京大学平岡特任教授とマツダの栃岡氏．

第３回は「ソフトウェアアップデートとサイバーセキュリティ」に焦点を当て，今日のソフトウェアアップデートを取り巻く環境変化，重要性，課題と取組，それに伴うサイバーセキュリティ問題について解説を行った．登壇者はトヨタ自動車旭氏と交通安全環境研究所の新国氏．

第４回は「モビリティデータの利活用とデータ提供の協調領域」をテーマとして，コネクテッドカー普及に伴い膨大なデータを共有したり連携，利活用することで期待される新たなサービス創出など，データ利活用の最前線について講演を行った．登壇者は住友ゴム工業の松井氏，パシフィックコンサルタンツの市川氏，エヌ・ティ・ティ・データの儀氏．

1.5.「視野障害ウェビナー」による視野障害と運転の関係性の啓発

2021年度に，一般には広く知られていない視野障害と運転の関係や，自動運転・高度運転支援技術での貢献が期待されること等について，この分野の研究者・専門家を招いた全３回のウェビナーを開催し，この課題に関する啓発活動に取り組んだ．

■第１回実施概要（2021年７月８日）

テーマ：「視野障害と自動運転の交叉点」

討議の概要：視野障害とは何か，運転にどのような影響を与えるのか，一般ドライバに求められる対応や，社会課題として今後どのような取組が必要か等について，討議を実施．

■第２回実施概要（2021年９月２日）

テーマ：「運転免許と視野障害～有病者の運転と就労を考える」

討議の概要：視野障害を持つ社員への対応をすでに始めている企業の例を紹介し，視野障害を踏まえた運転免許制度の在り方，視野障害を持つ従業員や企業に求められる工夫などについて図４のように討議を実施．

■第３回実施概要（2022年１月11日）

テーマ：「視野障害と運転支援システム ～技術の現

図4　視野障害ウェビナー第2回での討議の模様

在地と未来〜」

討議の概要：運転寿命の延伸等の研究や，予防安全・運転支援・自動運転技術の開発状況等について解説．また後半のパネルディスカッションでは，ユーザから見た技術への期待や課題についても討議を実施．

1.6.「自動運転LIVEニュース」を通じたより幅広い世代への発信

2022年度は，自動運転に関するホットトピックについて毎月ライブ配信する「自動運転LIVEニュース」を全10回（2022年８月末現在の見通し）実施した．2022年度はSIP自動運転の最終年度となることから，出口戦略として，今後のモビリティ社会の担い手となるZ世代を含め幅広い方々にご覧いただけるよう，一般ユーザや若者世代の視点を意識したコンテンツ制作及び運営を心掛けた．

■第１回実施概要（2022年５月６日）

テーマ：「まち・みち・クルマが会話する世界―自動運転のインフラ協調交通システム―」

討議の概要：自動運転を支えるインフラ協調や通信技術について，専門家による政策や最新の実証実験事例の解説と，若手論壇による座談会を実施．

■第２回実施概要（2022年７月４日）

テーマ：「モビリティデータ×○○で実現する未来―交通環境情報ポータルサイトMD communet®と京都を舞台にした取組―」

討議の概要：2022年４月に一般公開されたMD communet（様々な交通環境情報を公開し，データ利用者とのマッチングやビジネス創出を促すポータルサイト）や，京都市における移動課題と，京都における観光・交通課題を解決するアプリやアイデアを競う“KYOTO楽Mobiコンテスト”の紹介をもとにした討議を実施．

■第３回実施概要（2022年７月21日）

テーマ：「高齢家族の移動と向き合う―視野障害や認知機能低下にみられる高齢者の運転問題―」

討議の概要：「視野障害と運転」について，運転行動による対処や早期発見の重要性，運転支援技術がもたらす可能性や，認知症などの認知機能低下も考慮した高齢者の運転問題への取組について，図５のように専門家による解説と討議を実施．

図５　自動運転LIVEニュース第３回の討議の模様

2 展示会・シンポジウム

2.1.「市民ダイアログ」を通じた市民との対話

自動運転技術を活用したサービスや車両の社会実装に向け，市民との意見交換や理解促進を主目的とした対話の場「市民ダイアログ」を表２に示すとおり2017年度から継続して実施した．対話の場には，地域の老若男女を問わず様々な属性にわたる市民のほか，公共交通事業者，学識経験者，行政関係者など種々のステークホルダーを招き，多様な視点に基づく議論が行われるよう配慮した．2020年度実施分からは，新型コロナウイルス感染症への対応を考慮に入れ，Web会議システムを活用したオンライン上での討議・配信や，視聴者との質疑応答も行った．また，2020年度末には，図６のようにこれまでの活動の中間報告として，自動運転車両の運行実証実験に取り組んでいる全国の様々な地域の自治体や，交通事業者・スタートアッ

表２　市民ダイアログ開催実績（2022年10月１日時点）

開催年度	形式	開催地域
2017年度	シンポジウム	東京都江東区（東京モーターショー）
	シンポジウム	東京大学生産技術研究所
2018年度	シンポジウム	東京都江東区（東京国際交流館）
	市民ダイアログ	香川県小豆島
	シンポジウム	東京都江東区（TFTホール）
2019年度	市民ダイアログ	長野県伊那市
	シンポジウム	東京都江東区（東京モーターショー）
2020年度	市民ダイアログ（オンライン）	群馬県前橋市
	地域自動運転サミット（ハイブリッド）	全国各自治体（秋田県上小阿仁村，福井県永平寺町，沖縄県北谷町等）
2021年度	市民ダイアログ（オンライン）	神奈川県横浜市
2022年度	市民ダイアログ（ハイブリッド）	栃木県（※）

※県が主体となり，県内10の市町で実証実験を実施

図６　地域自動運転サミット（2021年３月25日開催）での討議の模様

プ企業を登壇者として招き，それぞれの活動を共有し，また課題について討議する「地域自動運転サミット」を開催した．

また，ディスカッションの内容は，グラフィックレコーディングを活用し，誰にでも直感的にわかる形での可視化を行い，SIP-café等のWebサイトで公開したほか，開催地の自治体等にも共有し，イベント開催後でも市民への告知活動等に広く活用いただけるようにした．（図７）

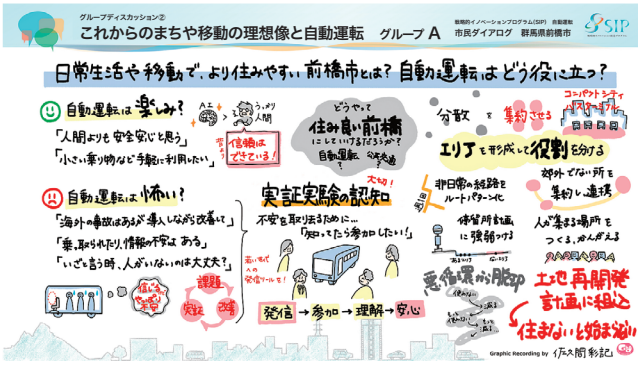


図7　前橋市での市民ダイアログ(2021年1月27日開催)での
グラフィックレコーディング成果物

2.2. 研究成果の発表:合同試乗会

社会的受容性の醸成に向け，一般生活者の目に触れるメディアに自動運転の話題を乗せるための活動の一つとして，メディアの記者やジャーナリストへの自動運転車の体験機会の提供が重要である．もともとSIP第２期自動運転では東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会の開催に際し会場となる臨海副都心を舞台に，自動車工業会と連携し，OEM各社の協力を得て試乗会と展示会を行っていくことを計画していた．ところがコロナ禍の影響で東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会が延期されたため，展示会と試乗会も2021年に延期となった．また当初は一度の開催を予定していたが，直接的なコミュニケーションが減りメディアを通しての情報発信の重要度が社会全体で高まるなか，記者やジャーナリストへの訴求に力を入れる考えから３回目の開催までを予定に入れている．

内容的には自動車工業会との連携は見送りSIPで独自の開催とし，自動車メーカ各社に個別に出展を打診するところから始まった．東京モーターショーなどの自動車メーカが集まるイベントの開催が見送られるなか，自動車メーカ，サプライヤ，ソフトウェア開発企業，大学が集まるイベントとして取材する価値のある場を提供することを目指した．

第１回合同試乗会は，2021年４月20日（火），21日（水）の２日間，東京臨海副都心にある温浴施設「大江戸温泉物語」の駐車場の一部を借りて開催した．対象はメディア，ジャーナリストとし，メディア各社へのリリース，日本自動車ジャーナリスト協会への告知などにより取材を促した．

出展参加者はヴァレオ，金沢大学，コンチネンタル，スバル，ティアフォー，トヨタ，日産，ホンダの計８社で試乗車と展示車を合わせて18台が会場に集められた．また，羽田空港地域において実証実験を進めるトヨタ自動車と日野自動車に協力を仰ぎ燃料電池バス「SORA」をベースにした自動運転バスを会場までけん引して展示を行った．

タイミング的には新型コロナウイルス感染者数の増減状況が懸念されていたが，幸いにもやや収まってきた時期に開催でき，会場での感染対策や緊急時連絡先の確認などを行うことで円滑に実施できた．

メディア，ジャーナリストの参加者は２日間で合計106名に上り，試乗枠は全て埋まっていた．特に自動車メーカによる市販車を使用した試乗は人気がある一方でひと枠が90分を要するため１日５回転が上限になることから事前調整に苦慮したところである．

予定外の出来事として，内閣府の井上信治特命担当大臣（科学技術政策，当時）が試乗会を視察され，各社のブースを回って説明に耳を傾けるといった一幕もあった．

参加した記者やジャーナリストからの評判はおおむね良いもので「各社それぞれではなく，A社の次は，B，C社と乗り比べができたので，各社の開発ポリシーや特徴が，よく理解できた」，「サプライヤ系の自動運転技術に触れることができたのは良かった」，「実験車両

図8　第１回会場での記念写真

だけでなく，運転支援，自動運転技術を搭載した最新の市販車が出展されていたので，現実感があった」など，この新しい試みが意義あるものであったことの手ごたえを感じさせるものであった．

日本テレビ，テレビ朝日で放映されたほか，共同通信や日経クロステックなどWebニュースでも取り上げられ，広く生活者の目に触れる機会を作ることができた．（図８）

第２回合同試乗会は，2021年10月18日（月）から20日（水）の３日間，東京国際クルーズターミナルと同施設の第２駐車場と近隣の都有地である青海F1-S区画を使用して開催された．19，20日は第１回同様メディアを対象とした試乗会だが，初日はちょうどこのタイミングに予定されていたSIP推進委員や評価WG委員の会議の場を設け，試乗も含めて併せて開催となった．

このタイミングは2021年11月から始まる東京臨海部実証実験を前に新たなるシーズンに向けた活動としての位置づけだった．また４月の道交法・道路運送車両法の改正に続き，11月からの世界に先駆けたWP29新基準AEB新車義務化を踏まえ，「日本の世界をリードする安全思想」を訴求していくのに絶好のタイミングでもあった．

出展参加社はスズキ，ダイハツ，トヨタ，日産，ホンダ，コンチネンタル，ヴァレオ，ティアフォー，BMWの９社で試乗車，展示車合わせて20台が集められた．（図９）

図9　第2回会場での記念写真

また青海F1-S区画会場にはプレスルームを設置した．これは来場した記者やジャーナリストの方々が休憩したり軽食をとったりするための便宜を図るためと，１日に２回のブリーフィングを導入したためである．１回あたり１時間のブリーフィングではSIP自動運転のプレゼンテーションや新基準AEB義務化・法整備動向などに関するセミナーを国土交通省から担当部局の方をお招きして実施するなどの新しい試みも行われた．

さらに，これも新しい試みとして，プレスルームの一角に視野障害体験コーナーを設け，試乗やブリーフィングの間の空き時間を使ってドライビングシミュレータによる視野障害体験を来場者にしていただいた．

衝突被害軽減ブレーキ（AEB）と踏み間違い加速抑制システムの体験コーナーを設けたのもこの回の新しい試みであった．70m×18mと大きなスペースを体験コーナーに充て，トヨタの踏み間違い加速抑制システム，スズキ，ダイハツのAEBの体験試乗を行った．（図10）

図10　AEB体験試乗

メディアを対象とした２日間に参加した記者やジャーナリストは104名，自動車専門のWebメディアである「Ahead」「clicccar」などやビジネスメディアである「ITメディアWeb」をはじめとする24のメディアに記事が掲載された．

第３回合同試乗会は，2022年９月29日（木）から10月１日（土）の３日間の日程で東京臨海副都心青海R区画を舞台に開催された．SIP第２期自動運転の集大成と橋渡しの時期と位置づけを意識し，「日本が世界をリードする，多様性を尊重するこれからの共生社会の交通安全」をテーマに企画し，実施した．

土曜日を会期に含めたのは大学生や大学院生など，より一般生活者に一歩近い存在で，また自動運転が実装されるごろに社会の中心となる年代の参加を目指したためである．

また主催者からの展示や説明を充実させ，リアルな性能評価の場としての日本自動車研究所（JARI）とバーチャルな性能評価の場を実現しようとしている

DIVP®の展示を核に，臨海部での実験を進めてきているV2Nに関する展示や地方部での実証実験を行っている道路新産業開発機構（HIDO）の展示などを行い，試乗体験に加え，見て話しを聞くだけでもためになる場を提供した．

2.3. 研究成果の発表:成果発表会とムック本（仮）

合同試乗会の項でも触れたとおり，東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会の会場となる臨海副都心を舞台に，SIP第２期自動運転の成果を広く発表することを計画していた．これを試乗会とは切り離して2021年３月に実施したのが，「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）未来を変える自動運転ショーケース～SIP第２期自動運転中間成果発表会」である．

目的は，SIP自動運転が進める自動運転の実用化に向けた最新の研究成果をわかりやすく展示し，研究の成果が現実化された自動運転の現在地を体験いただくことに置いていた．そのためまずは各研究内容の分類・整理を行い，展示内容の流れを検討した結果，大きなブロックとして５つのゾーンを設定した．

入口から始まる「ウェルカムゾーン（Society5.0と自動運転）」では，自動運転社会の実現を通して目指すSociety5.0の社会像と，SIP自動運転が進める取組の概要についての紹介を行い，プロジェクターを用いた大画面で葛巻プログラムディレクターからのメッセージを流し，来場者を迎え入れた．

「01 自動運転社会の実現を目指す技術」では，インフラ協調型自動運転の実現に向けた東京臨海部実証実験を中心とした交通環境情報の構築や仮想空間における自動運転車の安全性評価環境の構築，車両へのサイバー攻撃に対する侵入検知システムの調査研究など，自動運転に関わる先端技術を中心に紹介するコーナーとした．ここでは実際の研究で使われた実車やインフラ設備の展示，臨海部実証実験を大画面でわかりやすく説明したシンボル展示などを行い，来場者の興味関心を喚起しながら理解を深めてもらえた．

「02 自動運転の社会実装」のコーナーでは，過疎化が進む中山間地域における自動運転移動サービスの社会実装に向けた実証実験と持続可能なビジネスモデルの検討に関する展示と，自動運転の普及拡大を見据え，交通環境に関する地理系データを多用途に展開するためのポータルサイト「MD communet®」の構築についての展示を行った．ここでも地方部実証実験で用いられているカート型の自動運転車の実車展示を行うとともに，離れた地域で行われている研究の映像を放映することで，わかりやすい展示を行った．

「03 人と親しむ自動運転」のコーナーでは，自動運転車や普及が進む運転支援車について人が習得すべき知識や効果的な教育方法の検討や，視野障害者への高度な運転支援システムの有効性検証等を通して，全ての人が安全安心に移動できる社会に関する展示を行った．

最後に「04 社会を見据えたSIP自動運転」のコーナーでは，自動運転社会の実現のため，SIP自動運転が行っている社会的受容性醸成のための活動を紹介する情報発信や，産学官連携の推進，海外との連携活動に関する展示を行った．

図11　会場内の様子

交通環境情報の構築と発信，仮想空間での安全性評価環境の構築，サイバーセキュリティ（侵入検知システム）の評価手法の確立，地理系データの流通ポータルの構築の４つの重点ポイントのほか，合流支援情報，車両プローブを活用した道路交通情報等の交通環境情報の構築と発信に係る技術開発，東京臨海部実証実験や中山間地域における自動運転サービスの実証実験，社会的受容性の醸成，国際連携の強化などの取組を紹介した．

図11のように展示には実車や実機を用いたり，説明映像でわかりやすく見てもらう工夫を行うなど，壁面の図や文字を補完する様々な方法を活用するとともに，それぞれ説明員の方に実験の内容などを解説いただくことで，双方向性のある展示を実現した．また図12のように全体を50分程度で案内するガイドツアーを用意し，ツアーガイドが10人程度のパーティを誘導し，各コーナーの説明員の解説に繋げるなど，理解

を深める工夫を行った．

コロナ禍の中での開催となるため，いくつかの工夫を行った．会場では入場者の連絡先確認や手指消毒，検温を実施するとともに，会場内人員数の常時確認を行った．また来場を忌避する企業や個人を想定し，ホームページを開設．3Dウォークスルーのバーチャル会場の仕組みを採用．また会場内の全ての壁面グラフィック，テキスト，映像をオンライン上で見られるようにした．さらに，ガイドツアーにもオンラインで参加できるよう，「バーチャルガイドツアー」も用意した．これはオンライン会議システム上でツアーガイドと会場の映像を展開し，説明員との会話も実現するものだった．(図12)

またホームページ上には会場内を司会者が案内して回るテレビ番組のような動画や，会場のライブ感をオンラインで発信するためのライブカメラが定期的に会場内を巡回したりするなど，バーチャルでの参加を促す様々な工夫を行った．これらのコロナ禍対策施策は，遠隔地からの参加も可能となるため，今後も有効な方法と考えられる．

図12　ガイドツアーの様子

イベントへの参加者数は現地とオンライン合わせて，1,097名となった．メディアの取材の結果，レスポンス，clicccar，carview!，日刊工業新聞，NEXT MOBILITY，Yahoo!ニュース等への記事掲載が行われた．また研究者・関係者の来場や説明員同士のコーナーなども行われ，相互コミュニケーションも促進されたと考えられる．

SIP第２期の最終期となる2023年３月を目指して，「最終成果発表会」を現在計画中．SIP自動運転の研究成果の集大成となる位置づけを意識し，計画を進めていく．現在その会場での配布を想定し，SIP自動運転の活動を総括した書籍を制作している．

制作の狙いは，SIP創設時の狙い・大義を実現に繋げたプロジェクトとしてSIP自動運転を自己評価し，その成果を導き出した「要因」を解き明かし，広くイノベーションを志す読者の気づきに資すること，また，成果の実現を目指す「人」の強い志が，産学官連携，府省庁連係の効果を着実に広げていった事例として全体を体系化することを目指している．

SIP始動前から2022年度までの，SIP自動運転及び関連する国内外のトピックをピックアップし体系可視化し，主なトピックを主導した省庁・企業・大学のキーマンに，ファクトの背景について取材を行う．そのうえで，本事業の背骨となる考え方が２期にわたりどう進展したかをストーリーとして紐解いていくことで，物語性を持った記録として残していく．

3　おわりに

これまで述べてきた様々な取組は，多くの一般市民の方々に視聴・参加いただき，また数多のメディア報道でも記事化されたことで，自動運転の社会的受容性醸成に一定の貢献ができた．しかし，社会的受容性醸成はSIP自動運転による取組だけで完結するものではなく，今後も自動運転に携わる研究者や専門家が継続的に追究していくべき課題である．また，自分達のライフスタイルと移動がどうあるべきか，そこに自動運転がどのように貢献ができ，またリスクは何なのかといったことは，我々市民１人１人も持続的に考え，行動していくべき課題である．このような認識のもと，SIP自動運転での取組から感じられた，社会的受容性醸成に向けた活動で，今後も重視すべきと思われる点を以下に述べる．

3.1. デジタルメディア活用による間口の拡大

社会的受容性の醸成には情報発信が重要との考え方に基づき始められたSIP-caféは，情報の集約，発信，蓄積の場として自動運転の情報交流の活性化に寄与したと考えている．取材から短い期間で公開まで行い，写真を多用したり動画と連携したりと，デジタルメディアの利点を活用した効果的な情報発信ができた．

また，2020年春ごろより日本のみならずグローバルで見舞われたコロナ禍をきっかけに，当活動においてもデジタルメディアの活用によるリモート対応を進

めることとなった．具体的には，上述した「市民ダイアログ」や「自動運転LIVEニュース」「視野障害ウェビナー」といった対話イベント，また本来なら集客イベントである「成果発表会」といった展示イベントでのWeb配信システムの活用や，リアルな対面イベントとのハイブリッド開催が可能になり，リモートでもリアルとそん色ないといっても過言ではないような経験を提供できるようになった．このように「リモート視聴」という新たな顧客接点を獲得したことで，従来の対面型イベントでは参加が難しかった方々にも「自動運転」への間口を提供でき，社会的受容性醸成に少なからぬ寄与ができたと考える．

3.2. 地域一丸となった“ワンチーム”による検討

上述した「自動運転見聞録」や「市民ダイアログ／地域自動運転サミット」の取組を通じて見えてきたことは，市民が自分たちの住む地域における移動課題をわが事として認識し，市民・行政・事業者などが協力し合って街の移動のあり方を考え，議論し，実際にサービスを運用し，結果を見ながら改善していくという，地域一丸となった“ワンチーム”の重要さである．お仕着せの移動サービスとして市民に提供・利用してもらうのではなく，市民も街の一員として積極的に移動サービスのあり方に意見・関与する仕組みを構築し継続することで，市民のコミットメントが高まり，街の暮らしやすさ向上に向けた理想的な移動の実現を目指す共創関係が生まれるという“ベストプラクティス”を，いくつかの地域で見ることができた．自動運転の社会実装には，技術の進化や制度の整備が必要となるのは論を待たないが，上述のような市民・行政・事業者による率直な対話の場を仕組みとして継続することが，地域の持続可能な移動サービスの実現をより確かなものにしていくと確信する．

【本件問合せ先】
株式会社電通名鉄コミュニケーションズ 統合プランニング局 東京プロデュース部，〒104-0061 東京都中央区銀座２-16- 7 恒産第１ビル ４F，03-5565-4331，担当：廣田匡 (t.hirota@dmc.dentsu.co.jp)

株式会社住商アビーム自動車総合研究所，〒100-8601 東京都千代田区大手町２-３-２ 大手町プレイス イーストタワー，03-6285-4600，担当：木村洋 (kimura@sc-abeam.com)

④交通制約者に優しいバスに係る検討

Research for Automated Driving Bus Friendly to Persons with Disabilities or Reduced Mobility and Orientation

足立圭司，柴田創一郎，池永藍，太刀川遼（株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所）
Keiji Adachi, Soichiro Shibata, Ai Ikenaga, Ryo Tachikawa (NTT DATA INSTITUTE OF MANAGEMENT CONSULTING, Inc.)

(概要) これまでは必ずしも十分に社会参加できるような環境になかった障がい者等が，積極的に参加・貢献していくことができる「共生社会」の実現が目指されている．路線バスについては，1990年代のノンステップバスの登場や，車椅子乗降用スロープの電動化の検討等がなされてきた．近年では，自動運転による交通事故低減や交通渋滞緩和等が期待されているが，自動運転バスが普及した世の中においても，障がい者や高齢者等の交通制約者が，取り残されることなく，安心して自動運転バスを利用できる姿を目指すことが必要である．そこで，自動運転バスが備えるべきデザインの要件と留意点を整理することを目的に調査を実施した．調査は，当事者，及びバス運転士の困り事に関する行動観察，解決案を形にした“モノ”の体験を経て評価を得る評価会等，当事者参加型の形式をとった．その結果，困り事には，バスへの乗降に関するものや，車椅子の固定に関するもの等があげられ，それに対し，自動スロープや車椅子固定装置等を実用化・社会実装するために必要な要件や留意点を整理した．

キーワード：交通制約者に優しい自動運転バス，共生社会，障がい者，バリアフリー，当事者参加

1 調査概要

1.1. 調査の背景と目的

路線バスは，障がい者，高齢者，ベビーカー利用者等の移動に制約がある人（以下，交通制約者）にとって重要な移動手段である．そのため，従来より交通制約者のバス利用における安全性，利便性を向上するための取組がなされてきた．1990年代前半には，車椅子用のリフト付きバス等が検討され[(1)]，1990年代後半には，メーカ各社からノンステップバスが販売された．当時のノンステップバスは，車内に段差のないフルフラットタイプであり，車椅子用の電動スロープを備えたものもあったが，車体価格が高価であること，座席が少ないこと等から普及が進まなかった．[(2)]

これを受けて国土交通省は，ノンステップバスの製造コスト低減，安全性・利便性の高いバスの普及を目指し，ノンステップバス標準仕様の策定[(3)]と認定制度の創設[(4)]を行った．その後も，交通制約者に優しいバスを目指し，標準仕様の改正がなされている．[(5)]

SIPにおける「自動運転（システムとサービスの拡張）」領域においても，交通制約者のモビリティを確保し，全ての人が質の高い生活を送ることができる社会の実現を目指すことがうたわれている．

そこで，交通制約者のニーズや国内外の動向調査，分析を行ったうえで，交通制約者が安心して利用できる自動運転バスの車内レイアウトに係る実装要件と留意点を策定することを目的として調査を実施した．

1.2. 本調査の進め方

交通制約者へのインタビューや行動観察にて，バス利用の価値，バス利用における困り事を交通制約者タイプごとに収集・整理した．次にこれらをもとに，有識者インタビューとワークショップにてバスのレイアウト案に関するアイデアを検討した．ここで出たアイデアの一部を，バスのモックアップ，VR（バーチャルリアリティ），イラストの３つの手段により形にし，評価会を実施（図１）し交通制約者及び専門家に体験いただいた．

ここで得たフィードバックを踏まえて「デザインの要件と留意点」をとりまとめた．なお本調査では，交通制約者及びバス関連業界団体等の有識者からなる検討委員会を設置し，調査全般へのご助言をいただいた．

図1　評価会の様子
(左:VR評価(杖・短下肢装具利用者, 右:モックアップ評価(弱視))

本報告書では，各デザインの要件の概要と，バス運営事業者・当事者から得たフィードバック，それを踏まえた具体的な要件と留意点を記載する．

2　困り事のまとめ

前述の当事者，有識者に対するインタビュー・行動観察にて，交通制約者タイプ別のバス利用における困り事，及びバス運営事業者の困り事を抽出した．詳細は表1のとおり．

なお，インタビューにおいてはバス利用時の困り事のみではなく，交通制約者にとってのバス利用の価値についてもお話を伺った．交通制約者にとってバスを利用することは，「日常生活の貴重な足」「活動範囲を広げる世の中への扉」という2つの価値があることがわかった．以降は，上記の困り事と価値を踏まえ検討したアイデアのうち，評価会を通じて得られた意見をブラッシュアップしたものを一部紹介する．

3　デザインの要件と留意点

3.1. 自動スロープ

3.1.1. 概要

車椅子利用者が乗降する際，運転士が手動でスロープの出し入れを行い，時間を要していることに対し，

表1　交通制約者及び運転士のバス利用における困り事(一部抜粋)

種別		バス利用における困り事の内容
肢体不自由者	電動車椅子利用者	・乗降の際に運転士がスロープの設置や車椅子を固定するのに時間がかかるため，乗客等に対して申し訳なさを感じてしまう．時間がかかることで，乗るのをためらう ・現状の折りたたみ式座席の横に車椅子を固定すると，通路を狭くしてしまう ・移動中の急停車やカーブの遠心力が怖い
	杖・短下肢装具利用者	・乗降の際に，地面とバスの床まで距離がある場合，昇り降りが大変 ・バスが停車する前から装具を固定する必要があり，焦ることがある ・座席前のスペースが狭いと装具の固定を外すために足を伸ばすことができない
	上肢障がい者	・指に力が入らず降車ボタンを押しづらいことがある ・荷物があると手すりにつかまることが大変 ・運賃の支払い準備など座って行わなければ難しい
視覚障がい者	全盲・白杖利用者	・点字ブロックがない場合，バス停を見つけるのが大変 ・停車の理由が，バス停に着いたからなのか，赤信号によるものなのかわからない ・バスによって前乗り・後乗り，前払い・後払いなど違うため混乱する
	全盲・盲導犬利用者	・混んでいると椅子を探しづらい．席を譲ってもらうと申し訳ないと思う ・周囲の方の妨げにならない立ち位置がわからない ・降車ボタン等はどこにあるかわからないため，手探りで場所を探している
	弱視(ロービジョン)	・空いている席がわからない ・特に夕方は，降車ボタンの色と手すりの色が同系色で押しづらい ・目的地に到達するバスなのかわからない
聴覚障がい者	ろう者	・停車の理由が，バス停に着いたからなのか赤信号によるものなのかわからない ・情報は表示を頼りにしているが，後ろの方に座ると表示が見えにくい ・音が聞こえないため，ICカードにて支払いができているかわからないことが不安
	難聴者	・次のバス停までの時間，距離がわからず降車準備ができない ・アナウンスが聞き取りづらい ・緊急時に状況を理解するための情報が入りにくい
知的障がい者／発達障がい者		・ディスプレイの表示内容と実際のバス停がずれると対応ができない ・前乗り・後乗りというように乗車方法が変わると混乱して対応できない ・漢字にルビがないため停留所の表示などが読めない
精神障がい者		・体調が悪くなった時は，車内で横になって休むとマナーが悪いと思われるため，バスを降りて休むが，休憩する場所がわからないので困る ・アナウンスは，早い声，機械音や大きな音は心理的負担が大きい
高齢者		・アナウンスの声が聞きとりにくい ・段差があるとバスの乗り降りが大変．また，バスの揺れで体がふらつく ・降車に時間がかかるため，焦りがある．車両が止まる前に立ち上がってしまい，転びそうになったことがある
ベビーカー利用者		・ベビーカー専用のスペースがわからない．使っている人も見たことがない ・ベビーカーの持ち運びや子供の対応で，すぐに座ったり降りたりできないため焦ってしまう．また，周囲の人に申し訳ないと感じる
バス運転士		・バス停の到着前に乗客が立ち上がり転倒する事故が多発しており，運転中不安である ・座席の折りたたみ，車椅子の固定，スロープの出し入れ操作に時間がかかってしまい焦る．車椅子用安全ベルトの装着を敬遠される方が少なくないが危険に思う ・アナウンスや乗客の問合せ対応は，停車中にできると運転に集中できる

運転士も車椅子利用者も改善の必要性を捉えている．スロープをボタン一つで出し入れできる自動スロープを設置（図２）することで，これらの困り事を解決する．

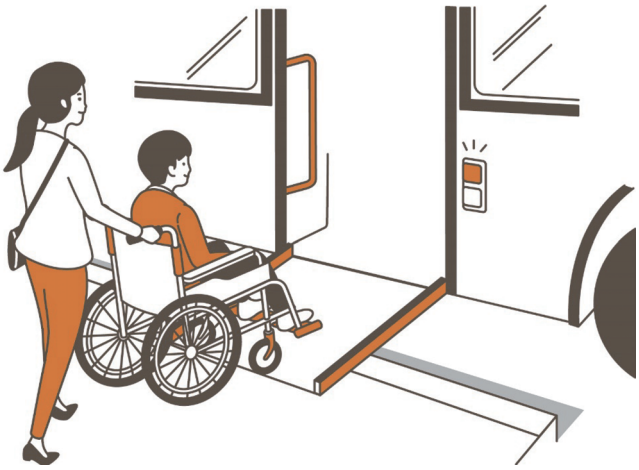


図２　自動スロープのイメージ

3.1.2. 事業者･当事者等から得られたフィードバック

スロープの出し入れに係る時間が短縮されることはメリットだとする一方，スロープの傾斜が気になる，出し入れの際に視覚・聴覚に届く情報が必要といった意見もあった．

3.1.3. 具体的な要件例

(1) スロープの傾斜をより緩やかに

今後の自動運転バスにおいて運転士などの乗務員が乗車しなくなった場合には，乗務員以外の介助者が車椅子の乗降サポートを行うようになる可能性があるため．

(2) 自動スロープの出し入れを音や光で表現

視覚障がい者や聴覚障がい者は特に，自動スロープが出し入れされている最中なのか，出し入れが完了したのかわからないことがあり危険であるため．

(3) １枚の板によるスロープ

自動スロープが２枚重ねとなっていると，車椅子が途中で段差に詰まってしまう可能性があるため．

(4) スロープ面に歩行に支障がない凹凸等をつける

視覚障がい者にとって，現在のように段差を乗降する形ではなく，スロープにより乗降する形となると，バスの内側と外側の境界がわからなくなってしまうため．

3.1.4. 留意点

(1) 自動スロープ使用の業務ルールの設計が必要

自動スロープを安全に使うためには，自動スロープを全ての乗客に対して出すのか，特定の乗客に対してのみ出すのか，業務ルールが必要となる．自動スロープが車椅子利用者のみでなく高齢者にとっても有効なものであること，自動スロープを出すか否かを都度運転士やシステムで判断を行うとなると混乱を招く可能性があることから，全ての乗客を対象に出し入れすることが望ましいと考えられる．

(2) バス停（乗降場）の改善

移動等円滑化基準では，乗降場を，乗降場に接して停留するバス車両に車椅子利用者が円滑に乗降できる構造のものにすることが求められてはいる．しかし実際には，物理的制約等によって，歩道のないバス停や排水溝等のために道路や歩道が傾斜しているバス停も存在する．自動スロープの利用が普及するためには，自動スロープが安定した地面に着地できるよう，バス停側の改善も必要となる．

3.2. シンプルな折りたたみ式座席

3.2.1. 概要

車椅子利用者が乗降する際，運転士が折りたたみ式座席を折りたたむ必要があり，その対応に時間を要している．また時間が掛かるため，利用者からは「周りの乗客や運転士に対して申し訳なさを感じる」といった意見があり，運転士も当事者も改善の必要性を捉えている．

折りたたみ式座席をシンプルにする（図３）ことでバス内にスペースを作り出し，車椅子やベビーカーの乗降を容易にする．

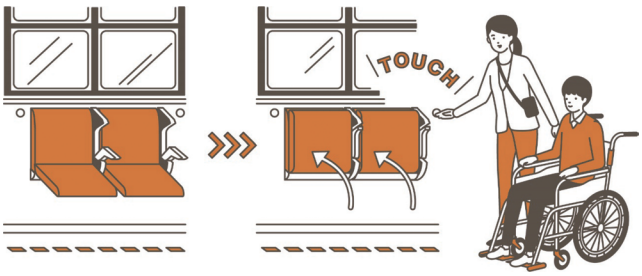


図３　シンプルな折りたたみ式座席のイメージ

3.2.2. 事業者･当事者等から得られたフィードバック

当事者から，スペースと座席を同時に確保でき，車椅子やベビーカーが乗車しやすい一方，白杖で座席を探しにくい，折りたたみ式座席を手で押さえながら座ることが難しいといった意見もあった．

3.2.3. 具体的な要件例

(1) 折りたたみ式座席は進行方向に対して横向きに

折りたたみ式座席が進行方向に対して縦向きの場合，背もたれの位置の都合上，座席を折りたたんでもスペースを広くとることができないため．

(2) 未使用時は座面が下がっている状態に

白杖を利用する視覚障がい者は，白杖から手に伝わ

る感触によって，座席が空いているかどうかを判断している．また，盲導犬は空いている座席に頭を乗せるよう訓練されている．そのため，乗客が折りたたみ式座席を使用していない状態においては，座面が下がっていることが望ましい．

(3) ボタンタッチで開閉する

椅子が重かったり，閉じる際に力が必要となると，椅子を折りたたみ，スペースを活用することが億劫になってしまうおそれがあるため．

3.2.4. 留意点

(1) 指の挟み込み等のリスクの最小化

これまで運転士が安全確認をしながら座席の折りたたみを行っていたが，今回の案では乗客が自身でボタン押下により座席を折りたたむ．指などが挟まれ怪我をしないような設計にする必要がある．

(2) 手すりの減少

折りたたみ式座席によりスペースを確保できるようになることはメリットである一方，スペースを確保するためには，縦握り棒の設置を減らすことが必要となり，立って乗車している方がつかまる場所が少なくなってしまう．混雑の緩和に向けた取組や，吊革や天井部の手すりの設置の工夫が必要となる．

(3) 安全面への配慮

杖や短下肢装具の利用者は横向きの座席に座った場合，他の乗客が杖や短下肢装具に躓き，自身や他の乗客が怪我をする懸念がある．車内アナウンスで注意喚起するなど，他の乗客も含めた安全に配慮する必要がある．

3.3. 車椅子固定装置

3.3.1. 概要

車椅子利用者が乗降する際，運転士は前述のスロープの出し入れ，座席の折りたたみを行った後に，３点ベルトで車椅子を床に固定する必要があり，時間を要している．

固定・解除が容易な車椅子固定装置（図４）をバスの床面に設置する．固定の解除は，固定装置の横の壁面に取り付けるボタン押下により行う．

3.3.2. 事業者･当事者等から得られたフィードバック

事業者からは，車椅子の固定時間の短縮や車椅子の固定に要する運転士の負担軽減を期待する意見があった．また，当事者からは固定位置に導くガイド線が欲しい，床に設置された固定装置に躓く，杖が巻き込まれてしまうといった意見があった．

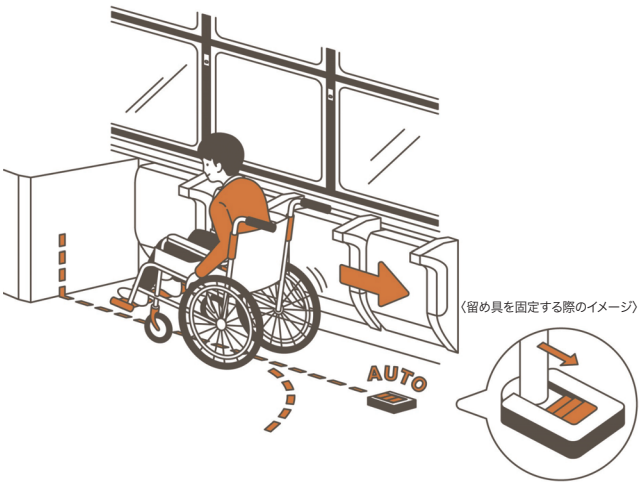


図４　車椅子固定装置のイメージ

3.3.3. 具体的な要件例

(1) バスの床に車椅子利用者のためのガイド線を引く

ガイド線を付けることで車椅子利用者が車椅子の固定を行いやすくなるため．

(2) 固定装置は折りたたみ式座席の下に蓋つきで設置

視覚障がい者の利用する白杖や，高齢者等が利用する杖が車椅子固定具の中に挟まってしまう危険性やその他の乗客が躓いてしまう危険性を回避するため．

3.3.4. 留意点

(1) 車椅子側への留め具の設置

車椅子固定装置を使用するためには，車椅子側に留め具を設置する必要がある．車椅子固定装置がバスへ実装された社会においては，車椅子の種類によらず，留め具を取り付けられるよう，制度設計，及び車椅子・留め具の仕様設計が必要となる．

3.4. 車内ディスプレイの表示内容

3.4.1. 概要

降車に時間がかかる交通制約者が乗り慣れない路線バスに乗る場合，今どこにいるのか，あとどのくらいで目的地に着くのかわからないことで，余裕を持って降車準備をすることができず，目的のバス停に着いた際に焦ってしまう．また，体調に変化をきたしやすい精神障がい者等にとっては，バスの乗車中に気分が悪くなった時，どのバス停で降りると休憩することができるかわからないために，バスの利用に対して不安感を抱いてしまう．ベビーカー利用者は，乳幼児の世話が必要であるため，バス停周辺の情報がないことに不便さを感じている．車内ディスプレイに情報を詳しく表示（図５）することで，これらの困り事を解決する．

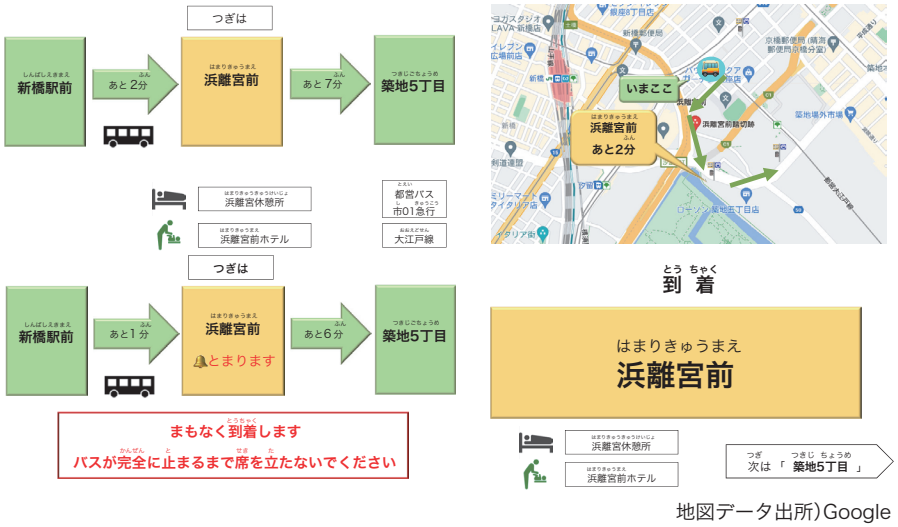


図5　車内ディスプレイの表示内容のイメージ

3.4.2. 事業者･当事者等から得られたフィードバック

事業者からは，問い合わせ対応が減り運転に集中できるといった意見があった．当事者からは，現在地や次の停車駅に関する不安が解消されるといった意見があった一方，タブレット等から情報を得る方がより良いといった意見もあった．

3.4.3. 留意点

(1) 表示情報の選択・アプリ等での情報伝達

ディスプレイを通じ様々な情報を得られると良い一方，情報量が多すぎると一つ一つの情報をゆっくり正確に受け取ることが難しくなるため，乗客が持つアプリを使った情報提供などと併せた検討が必要となる．

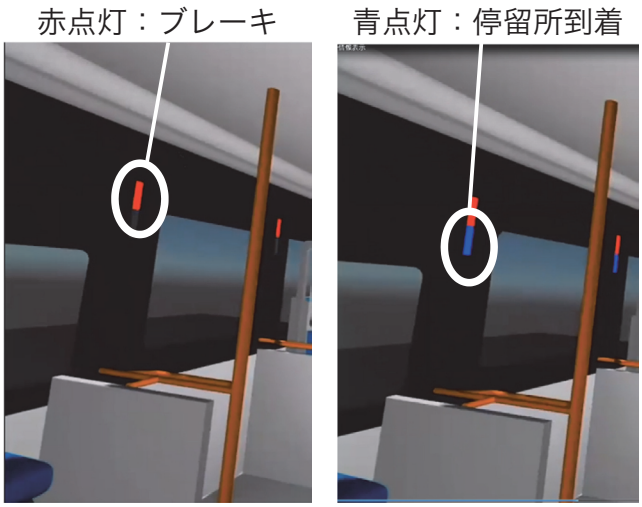


図6　車内の光表示のイメージ

3.5. 車内の光の色で停車理由を表示

3.5.1. 概要

聴覚障がい者や高齢者等は，車内アナウンスを聞くことができない，または聞き取りにくいことによって，停車理由がわからない場合がある．このような困り事を解決するため，バス車内に設置した光の色で停車の理由を表現（図6）する．

3.5.2. 事業者･当事者等から得られたフィードバック

当事者からは，停車理由がわかりやすく安全性が高まる一方で，色や明るさの配慮が必要という意見があった．

4　調査研究の成果・まとめ

4.1. 交通制約者の困り事と運転士の困り事双方の解決に向けたデザインレイアウト案の設計

今回の調査事業では，交通制約者の困り事のみでなく，運転士の困り事の解決にも焦点を当てている．

バス運営事業者はこれまでもノンステップバスの導入や継続的な改善検討・取組により，交通制約者が利用しやすいバスの普及に向けて尽力してきているが，特に車椅子利用者のよりスムーズな乗降と，車内転倒事故の防止に対して，改良の必要性を感じている．そのため，本調査では車椅子利用者等のよりスムーズな乗降に対しては，①自動スロープ，②シンプルな折りたたみ式座席，③車椅子固定装置について交通制約者からのフィードバックの取得を行った．

また，車内転倒事故の防止に対しては，バス運営事業者や運転士は車内アナウンスでの周知徹底を行っている．それにもかかわらず，車内転倒事故が起きてしまう要因を，特に高齢者や交通制約者には「降車への焦り」があるためと捉えた．本稿で紹介した3.4節「車内ディスプレイの表示内容」，3.5節「車内の光の色で停車理由を表示」は，交通制約者に対する情報伝達を

強化するものであり，降車への焦りの軽減及び車内での転倒事故の防止に寄与するものと考えられる．

本事業では，将来自動運転バスが普及して運転士が常に乗客のサポートを行えるわけではない状況を想定し，デザインの要件と留意点を検討した．これらは将来の自動運転バスのみでなく，現行の路線バスが持つ課題の解決にも適用可能なものとなった．

4.2. ユニバーサルデザインを考慮したデザイン要件

1つの困り事を解決するデザイン案が，他の交通制約者にとって新たな困り事にならないよう留意した．

例えば，視覚障がい者にとっては，自動スロープは車内と車外の境界がわかりにくくなる，折りたたみ式座席が閉じていると空席を認識できない，車椅子固定装置に杖が挟まる危険があるなどの例が見受けられた．このように物理的なレイアウトの変更により，空間の把握が難しい視覚障がい者に不都合が生じるのは容易に想像できる．本調査で提示した要件や留意点のように，床面の素材や凹凸，音による注意喚起，危険な露出の除去等，視覚に障がいがあっても，安全に利用できるよう配慮した設計が必要となることがわかった．

4.3. 今後の検討について

検討委員会では，一般社団法人日本自動車工業会より，本事業で作製したモックアップ（自動スロープ，車椅子固定装置，折りたたみ式座席）を用いて作業性や安全性の計測を始めること，他のアイデアについても，事業者への提案を見据え，記載された要件を踏まえ新たな意見も取り入れながら継続して検討したいとの意向が確認された．

5 最後に～本調査研究事業 川本雅之委員長より～

将来公共交通が完全自動運転化され，運転士などの乗務員が乗車しなくなったときに交通制約者の方々を含む全ての利用者が自立して公共交通を利用するにはどうしたらよいのか，という問題意識のもとに本調査は始まった．自動運転技術の導入においては，いきなり完全自動運転に移行するわけではなく，多くの慎重なステップを経ていくことになるが，その途中段階において人が運転操作を行う場合においても，交通制約者の方々が極力支障なく公共交通を利用できるようにすることと，路線バスなどの公共交通機関の運転者が運転そのものに集中し安全運転を遂行することを両立させていくことは重要な視点である．

さらに今回の調査を通して再認識したことは，自動運転の導入とは関係なく，既存の公共交通を含む全ての公共交通に交通制約者への合理的配慮が必要であり，現状ではまだまだ改善の余地が多いということである．もちろんこれまで様々な施策と多くの先人たちの尽力により，車椅子利用者などの公共交通機関利用の敷居を低くしてきたことは確かである．ただ，その多くがハードウェア的な対策であるのに対し，近年普及が著しいIoTを利用した対策の遅れが感じられる．多くのバス交通事業は大変厳しい経営環境にあり，大きな投資を必要とする新設装備を導入することは難しい．一方で，近年スマートフォンを持つ交通制約者も多く，それを活用することも無謀な前提条件ではなくなりつつある．もちろんその種のアプリも使いやすさ，わかりやすさには多くの挑戦があり，「AIを使えば解決」などということはほとんどない．重要なことは提供者目線ではなく，利用者目線で地道に真のニーズをくみ取り，改善を繰り返していくことと思う．今回の調査がその長い道のりの一つの道標となればと願う次第である．

【参考文献】
(1) バスギアターミナル：いま振り返る「ノンステップバス」の歴史 (1)「欧州視察」が時代を変えた，https://www.bus-gear.com/terminal/busgear_contents_detail.htm?L=BCSDetail&BCD=P65&ID=A10208465176,（参照 2022.08.05）
(2) バスギアターミナル：いま振り返る「ノンステップバス」の歴史 (3) なぜ「国産フルフラットバス」は普及しなかったのか，https://www.bus-gear.com/terminal/busgear_contents_detail.htm?L=BCSDetail&ID=A10309749413,（参照 2022.08.05）
(3) 国土交通省：平成14年度次世代普及型ノンステップバスの標準仕様策定報告書，https://www.mlit.go.jp/jidosha/topics/nsbus/nsbushome.htm,（参照 2022.08.01）
(4) 国土交通省：標準仕様ノンステップバスの認定制度を創設します，https://www.mlit.go.jp/kisha/kisha04/09/090119_.html,（参照 2022.08.01）
(5) 国土交通省：標準仕様ノンステップバス認定要領の一部改正について，https://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha07_hh_000185.html,（参照 2022.08.01）

【本件問合せ先】
株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所 先端技術戦略ユニット Healthcare Implementation グループ，〒102-0093 東京都千代田区平河町2-7-9 JA共済ビル10階，03-3221-7011（代表），担当：柴田創一郎（マネージャー）

5 Society5.0実現に向けたデータ連携・活用

地理系アーキテクチャの設計と構築（概要）

Building and Designing a Geographic Architecture (Overview)

平岡雷太，木村裕明（内閣府）
Raita Hiraoka, Hiroaki Kimura (Cabinet Office)

1 背景

我々がSociety5.0として目指すべき社会では，サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させ，ビッグデータとAIの活用から生まれたイノベーションにより，新たなビジネスモデルが誕生し，様々な分野で新たな価値が創出され，経済社会システムのパラダイムシフトが起こることが期待されている．こうしたイノベーションの創出を実現するためには，これまでのように分野ごとのデータのみならず，分野の垣根を越えてデータを連携させることが重要である．

SIP「ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術」では，「分野間」及び「分野ごと」のデータ連携基盤の整備と，これら基盤間の相互運用性の確保も含めた，全ての関係者の見方・理解を深め，相互に連携・協調可能な技術開発や標準化するためのフレームワーク（以下，Society5.0リファレンスアーキテクチャ）（図1）に基づくアーキテクチャの構築と実証を2019年から開始した．本取組は，スマートシティ，地理情報関連分野（自動運転，農業，防災，インフラ），パーソナル関連分野にも展開され，SIP自動運転では地理系データに関してアーキテクチャの構築に着手した．[1]

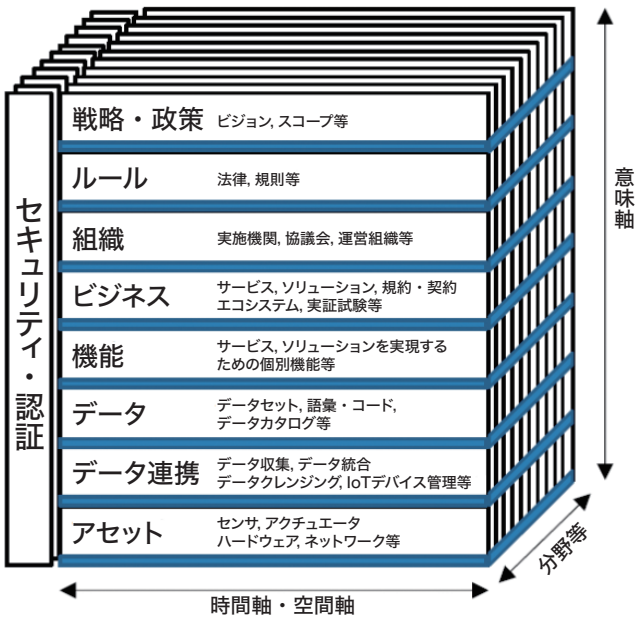


図1　Society5.0リファレンスアーキテクチャ

2 SIP自動運転での取組

SIP自動運転では，Society5.0リファレンスアーキテクチャを参照しつつ，地理系データに係る自動運転分野のアーキテクチャ（以下，自動運転アーキテクチャ）（図2）をまとめた．

SIP自動運転では，第1期から自動運転に必要な高精度3次元地図や動的な交通環境情報の生成と配信に取り組んでいるが，普及に向けてはコストダウンが大きな課題である．一方で，これら交通環境情報を生成するためのデータ層である3次元点群データや車両プローブデータを他分野でも活用することによってコストダウンできる可能性は高い．

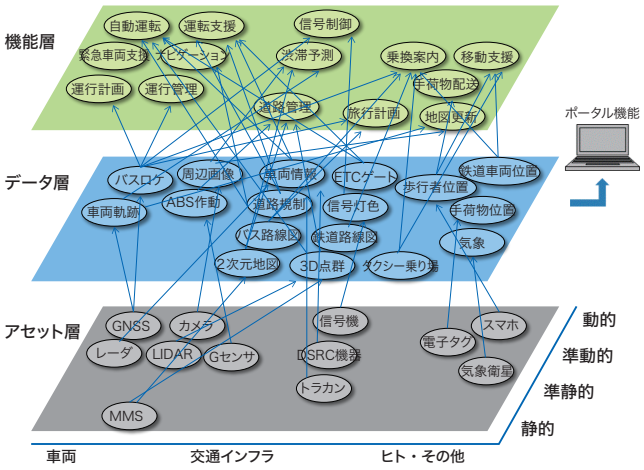


図2　自動運転アーキテクチャ

課題は，データ利用者はデータの存在を知らず，データ提供者はデータのニーズがわからないというアンマッチではないかと考え，“データカタログ機能”と“データ検索機能”を有する地理系データのポータルサイトの構築に取り組むことにした．

加えて，このポータルサイトを使ったデータ利活用の事例を作ることも重要であることから，「観光都市である京都の交通に係る課題を解決するアプリコンテスト」を開催し，データ活用に関する取組の裾野を広げるとともに，ポータルサイトの利便性の向上に向けた意見を収集した．

また，車両プローブ情報活用による物流効率化や道路管理業務支援などSIPの他施策と連携し，地理系データの利活用拡大を推進した．

また，2020年には，国内外におけるモビリティ関連データ利活用の取組事例を調査・分析し，データ提供者，サービス提供者，情報収集者，学識経験者からのヒアリング結果をもとに，有識者で構成される検討会の議論を行い，モビリティ分野におけるデータ取扱いに関するガイドライン案及び官民データ連携提案書をとりまとめた．

2.1. 交通環境情報ポータル「MD communet®」の構築

交通環境情報ポータルの構築に際しては，自動運転アーキテクチャに基づき機能層におけるサービスを想定しつつ，データ提供者とデータ利用者とのマッチングのトリガーとなるために，交通環境情報データ等のデータ層を集約して可視化・カタログ化することで，ワンストップで閲覧可能とすることを目指した．（図3）

さらに，キーワードだけでなくエリアや利用目的を鍵とした高度なデータ検索機能や機械学習による類似データの検索，サジェスト機能，ニーズとシーズのマッチングを促す機能等を具えている．

本ポータルは，オープン化されたAPIで多様な利用者が交通環境情報を様々なサービスに利活用できるようにし，情報流通の促進と新たなサービスの創出を支援するポータルサイト「MD communet」として，まず，2020年10月に普及展開のためのWebサイト（https://info.adus-arch.com/）（図４）を開設，公開した．その後データ提供者を中心にユーザの拡大を図り，2021年４月に，11の参加企業・参加団体を得て，一般公開を開始した．

図3　データのマッチングサイトMD communet

利用促進に向けて，「MD communet」ユーザの意見を反映し，ユーザインタフェースの改善を図り，よりわかりやすいポータルサイトの構築に取り組んだほか，2021年11月には「アイデア創出イベント」，2022年３月には「ビジネスマッチングイベント（MDコムマッチ）」「アイデア創発ワークショップ」などのマッチングを活性化するイベントを開催し，多くのポータル活用事例の創出を図った．2022年７月末時点で43の企業・団体が参加登録し，カタログデータ掲載数も7,316件となった．【詳細 第５章①】

海外の動向を見てみると，EUではモビリティデータの収集・活用を促すために，2017年に加盟国に対しNAP（National Access Point）を設置することを義務化し，2030年末までに交通・旅行に関するデータがNAPを通して提供されなければならないとしている．またドイツでは，交通デジタルインフラ省が

NAPの役割を果たす予定のMobilithekというモビリティデータプラットフォームを2022年７月から運用を開始した．これは「MD communet」と同じくデータのカタログ機能と検索機能を持つポータルサイトである．

このように海外でも交通データの利活用を推進する取組が活発化しており，日本でも「MD communet」の取組を発展させていく必要がある．なお，「MD communet」はSIP終了後もNTTデータにより運営され，使いやすさの向上，サービス・コンテンツの充実，認知度の向上，事例の創出に取り組む予定であり，その活用が進むことが期待される．

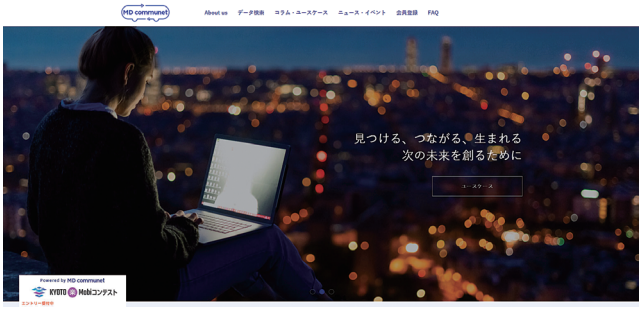


図4　MD communetのWebサイト

2.2. アプリコンテストの開催

交通環境情報やモビリティ関連データを活用することによって，交通に関する課題を解決するユースケースを創出するため，世界的な観光都市である京都が抱える観光や交通に関する課題を解決するアプリやアイデアを募るコンテスト（第１回「観光・交通に関する課題解決のためのアプリコンテスト（愛称：KYOTO楽Mobiコンテスト）」を2020年10月に実施した．コンテストの実施にあたっては，京都市交通局をはじめとする事業者の協力を得て，バスや鉄道等の公共交通システムの駅，停留所，路線，ダイヤ，運賃データ，物流における手荷物一時預かり・配送サービス及び店舗データ，観光施設に関する混雑予想，観光スポット情報，拠点案内サービスAPI，混雑統計データ等を整備・提供した．第１回KYOTO楽Mobiコンテストでは優秀なアプリ（図５）やアイデアがあったものの，コンテスト後も継続してデータの配信ができなかったこともあり，これらが実用化されることはなかったが，本コンテストを通して，京都市交通局を中心にバス情報をオープン化していこうという機運と第２回開催に対する期待が高まった．京都市内の市営及び民営バス会社がバス情報をGTFS-JPフォーマットで作成し，「MD communet」に登録いただくとともに，物流業者やタイヤメーカからの車両プローブ情報などの情報も「MD communet」上に準備し，第２回「観光・交通に関する課題解決のためのアプリコンテスト」を2022年12月に開催を予定している．このコンテストを通じて，交通環境情報ポータルの認知度向上を図るとともに，コンテストにエントリーしたデータ利用者からのフィードバックを得てポータルの改良に繋げていく．【詳細第５章②】

図５　KYOTO楽Mobiコンテスト
SIP自動運転賞　受賞アプリ

2.3. 地域の自動運転サービスの支援システム開発

地方部における自動運転サービスの社会実装にあたって，共通的な課題を明確化し，高齢者等を含む誰にでも優しいインタフェースを有する共通的な予約・運行管理システム「もびすけ」（車両位置のロケーション管理，車内外カメラ映像による安全監視，予約管理，乗降情報管理等）を開発した．開発にあたっては，SIP自動運転において自動運転サービスの社会実装を進めている秋田県上小阿仁村や島根県飯南町に加え，滋賀県東近江市，福岡県みやま市，山形県高畠町における取組と連携して実証実験を行い，サービスの提供者及び利用者の声を反映して，機能改善等を図ってきた．

今後は，この「もびすけ」を安価で便利なシステムとして提供しつつ，地域間連携を強化する観点から，交通環境情報ポータルにおけるコミュニケーション機能の活用等も視野に，システムを含む支援サービスの事業化を目指していく．

2.4. 車両プローブ情報を活用した物流効率化

物流業界が求められている運送業務の荷待ち時間の改善，車両・プローブ情報などからの日常点検項目確認による作業時間等の改善，及び積載重量・タイヤ情報のリアルタイム把握による運行スケジュール等制御の改善等を目指し，物流トラックから得られるデータを活用した物流効率化等将来のデータ連携／活用に向けたアーキテクチャを整理した．

荷待ち時間の改善については，運送事業者の実稼働車両からの取得したデータを把握・分析し，運送事業者と荷主企業，双方が荷待ち時間の発生状況に係る認識を共有するとともに，荷待ち時間発生要因の分析と改善策の検討を行った．（図６）

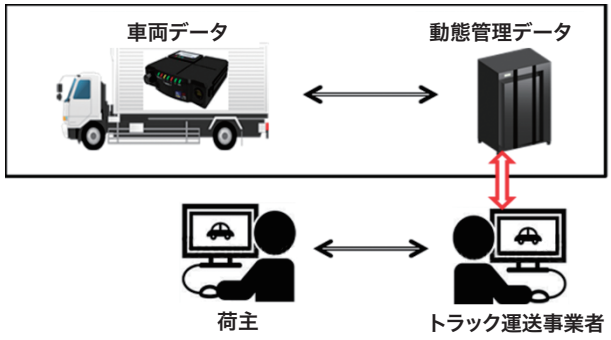


図6　車両・動態管理データ収集・共有イメージ図

日常点検項目確認による作業時間等の改善については，トラックメーカ保有車両を活用し，車両・プローブ情報等から日常点検項目確認に資するイベントデータを吸い上げ，リモート状態で日常点検項目に係るトラックの状態の確認を行った．また，プローブ等車両情報における協調領域について，データフォーマット等に関する標準化提案を行ったほか，「MD communet」へ情報（データカタログ）を提供するなど，将来の更なるデータ利活用に向け積極的に取り組んだ．【詳細 第５章③】

2.5. 車両プローブ情報の道路管理業務への活用

車両から収集されるプローブ情報の活用事例として，降雨等の悪天候による滑りやすい路面状況や路上冠水等の発生地点を検出して注意喚起情報として提供することや，路面の水膜量検出からわだち掘れ量等を推定して道路維持管理への活用に関する検討に取り組んだ．

OEM及びタイヤメーカと連携し，ABS作動情報，車両の横滑り抑制機能作動情報，タイヤ空転抑制機能作動情報，ワイパー作動状態，タイヤのグリップレベル情報等を走行中の車両から収集し，統計的な処理に基づく検出情報の生成につき，実道での実証実験によりその検出精度の確認を行った．【詳細 第５章④】

【参考文献】

（1）戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）自動運転（システムとサービスの拡張）研究開発計画，https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/keikaku2/4_jidosoko.pdf，（参照 2022.06.30）

【本件問合せ先】

内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）自動運転担当，〒100-8914 東京都千代田区永田町１-６-１，03-6257-1334，担当：平岡雷太，木村裕明

①地理系データのアーキテクチャの設計―交通情報環境ポータルサイトの構築・普及

Design of Geographical Data Architecture — Building and Promoting a Traffic Environment Data Portal Site

礒尚樹（株式会社エヌ・ティ・ティ・データ）
Naoki Iso（NTT DATA Corporation）

（概要）自動運転の実現に向けて整備される高精度地図データや道路交通，車両プローブ等の収集データは，交通環境情報として自動車産業以外にも様々な産業での活用が期待できるとし，これらの情報がより安全に使いやすい形で流通できるための仕組みづくりが重要と考えられる．この仕組みを実現するため，モビリティ分野のデータを集約し他の分野との連携を行う交通環境情報ポータルサイト「MD communet®」を構築し，一般公開した．MD communetの持続的な運用を目指し，会員企業の獲得や各種プロモーションによる認知度の向上，オフライン／オンラインでのマッチングの場づくり等の普及促進活動を進めた．さらに，本仕組みを社会実装するうえで重要な鍵となる交通環境情報を，他の分野の情報とも組み合わせて有効利用するサービス事例づくりを行い，サービス開発に必要なサポート機能についても検討を行った．

キーワード：交通環境情報，Society5.0，データ連携，ビジネスマッチング，データ活用サービス創出

1 交通環境情報ポータルサイト「MD communet」の構築・公開

1.1. ポータルサイトの提供価値

本プログラムの目標として，「自動運転を実用化し普及拡大していくことにより，交通事故の低減，交通渋滞の削減，交通制約者のモビリティの確保，物流・移動サービスのドライバ不足の改善・コスト低減等の社会的課題の解決に貢献し，全ての人が質の高い生活を送ることができる社会の実現」とあるように，自動運転の実用化に貢献することによって安全安心な社会の実現と社会課題の解決及びそのための新たなビジネス価値の創出が求められるものと考える．

本プログラムの目標達成に寄与するために，人や情報，データが集まり，様々なアイデアやサービスを創出するための場として，交通環境情報ポータルサイト「MD communet」を構築した．本ポータルサイトでは，図１のように世の中に散在するモビリティ分野の多種多様な交通環境情報を一元的に集約するとともに，ユーザ同士のコミュニケーションの場を様々な形で形成することで，ポータルサイトを通じた，データの利活用及び新たなビジネス創出の促進を狙いとしている．

そのため，ポータルサイトに実装する機能としては，カタログ検索サイトとしての機能を具備したうえで，ビジネスマッチングを促進するための機能，データ拡充を行うための機能，ユーザからのフィードバックに基づくUI／UX向上の大きく３つにフォーカスをあて，ポータルサイトの開発を進めた．

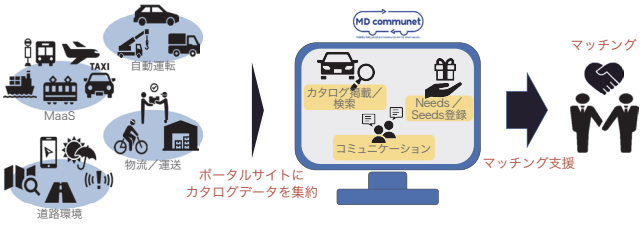


図１　ポータルサイトを通じたビジネス創出のイメージ

1.2. ポータルサイトにおけるビジネスマッチング

上述のとおり，本ポータルサイトの機能としては，プロアクティブな検索機能やビジネスマッチングを促進するためのコミュニケーション機能に注力して開発を実施した．

ポータルサイトが提供する機能の全体像を図２に示す．また，主なポータルサイトの提供機能を以下に示す．

(1) データカタログ登録・検索機能

ユーザがカタログを登録して他のユーザに公開する機能及び目的とするデータに容易にたどりつくことを可能とするために，多様な検索方法を提供する機能で

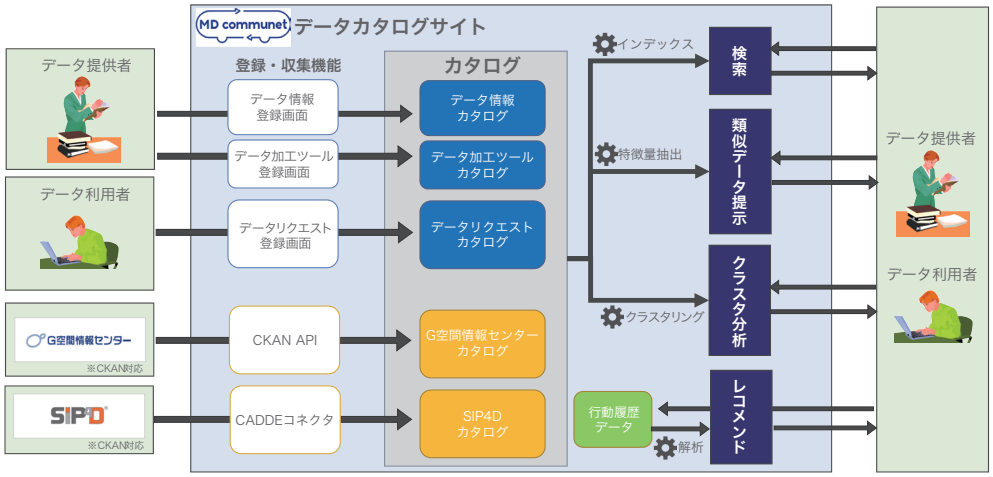


図2　ポータルサイトが提供する機能の全体像

ある．

具体的には，トップ画面ではキーワード検索，条件指定検索，エリア検索機能を実装し，検索結果画面においては再検索，ファセットによる絞り込み検索機能を実装した．

(2) コミュニケーション機能

データ提供者，活用者が直接繋がることにより，新たなデータ利用方法の発掘や直接的なビジネスマッチングを促進するための機能である．

具体的には，掲載されているデータを評価する機能や，直接ユーザ間でコミュニケーションをとることを可能とするメッセージ機能を実装した．

(3) レコメンド機能

ユーザに思いがけない発見を提供するために，システムからカタログデータをレコメンドする機能である．

具体的には，ユーザのアクセス情報からレコメンドを提示する機能や，機械学習を用いた類似データ機能及びクラスタリング機能を実装した．

(4) 検索語の連想語支援機能

検索語に対して連想される単語を関連キーワードとしてユーザに提示する機能である．

具体的には，検索語に対して外部リポジトリ(DBpedia) から関連キーワードを取得できるようにすることで，関連語情報を内部に持たない，かつ取得先を柔軟に設定できるようにした機能を実装した．

(5) 企業プロフィール

企業としての実績や取組を公開し，掲載カタログ以外の視点からのマッチングに期待して，カタログを掲載している企業自体の情報をユーザに提供する機能である．

具体的には，企業の取組紹介や普及促進HPに掲載されるコラム，ユースケース等の掲載が可能な機能を実装した．

(6) Linked Data化

運営側がユーザの行動ログやデータの関連性から会員企業への情報発信のソースとなる情報を取得できる機能である．

具体的には，登録されているカタログデータのメタデータやログイン中のユーザの行動ログをLinked Data化し，それを運営が検索できるようにすることで，会員企業へのレコメンド情報を通知できるような機能を実装した．

1.3. ポータルサイトにおけるデータ拡充

ポータルサイトによるビジネスマッチングをより促進していくためには，データの拡充も必要不可欠となる．データの拡充の対応として，登録されるデータの量と種類の両面からデータ拡充を実施した．

データの量の観点では，G空間情報センター，SIP4Dといった，既存のデータプラットフォームとの連携も実施した．また，図3のようにSIP分野間データ連携におけるCADDEのコネクタを実装することで，他分野のデータカタログを効率的に取得することが可能となっている．

データの種類の観点では，データ情報，データリクエストに加えて，データ加工ツールを掲載できるようにすることによって，新規サービス創出に係るステークホルダーを増やしながら，データを拡充した．

データ拡充が進み，データやログの関連性の高いものが結びつくことでマッチングの確率も上がるため，双方を強化していくことで相乗的にビジネスマッチングの促進が期待される．

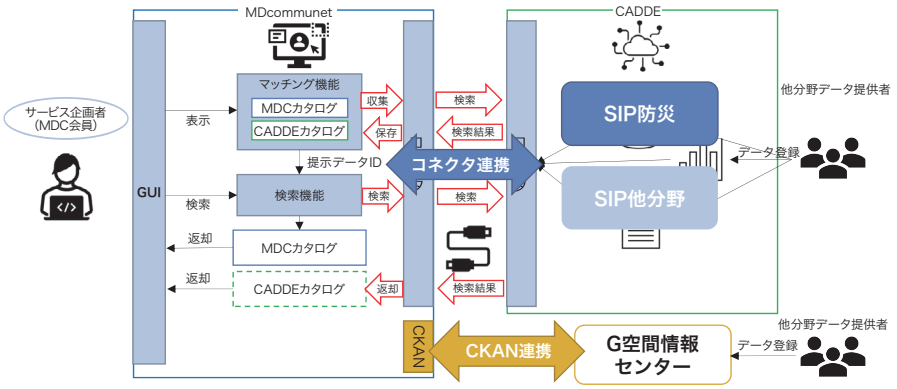


図3　機能充実のための追加開発例
～メタデータの定期ハーベスト機能イメージ～

1.4. ポータルサイトにおけるUI／UX改善

ポータルサイトの一般公開以降，会員企業の拡大やそれに伴うデータカタログの拡大等によりビジネスマッチング創出機会が増え，より多くのデータや人，情報があつまる場として，ポータルサイトの役割はより重要になっていくものと想定している．このほかにも，会員企業の更なる獲得を目的として，図4のように普及促進活動HPから，ポータルサイトへ連携するためのシステム導線の最適化を検討するなど，普及促進活動とも連動して継続的にUI／UX改善を実施した．

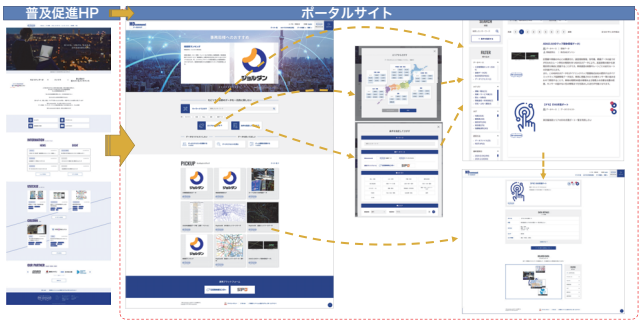


図4　普及促進HPとの導線最適化

2 MD communetの普及促進に向けた取組

2.1. 取組概要

MD communetを継続的に運営していくためには，広く認知してもらい仲間を作っていくことと，マッチングによるデータ利活用の促進をすることで，新しいサービスや価値を創出していくことが大切である．仲間づくりにおいては，MD communetの取組に賛同し，共に創っていくことができるパートナーを見つけるだけでなく，利用者が円滑に取引を行えるような運用や推進体制を構築することが必要である．データ利活用の促進においては，広く交通環境情報を収集するだけでなく，官民双方が持つ特徴的なデータを掲載することで，知らなかったデータとの出会いをつくり，新しいサービスや価値の創出に繋げていくことが必要である．そこで，2019年度，2020年度においては，特に仲間づくり及び掲載データ拡充，認知度向上に焦点を当てた．

2.2. MD communetの仲間づくり

ポータルサイトの継続的な運用のためには，各プレーヤとの人的リレーションを含めた「マッチング」が大前提かつ最重要であると考え，本事業への仲間づくりを目指した．まずはじめに，仲間づくりをするうえで重要となるMD communetの訴求ポイントを洗い出すため，本事業の目的やコンセプトに基づき，図5のように目指す世界観や提供価値の整理を実施し，本事業で形成したいエコシステムについて定義した．

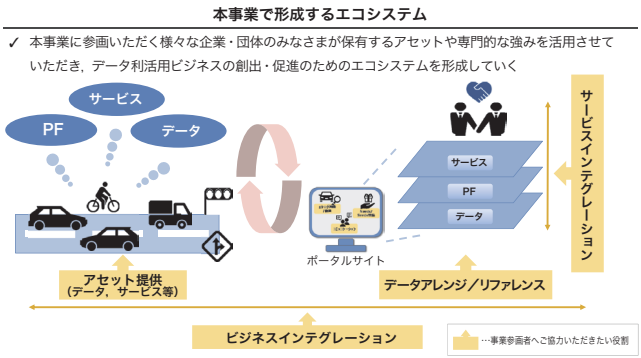
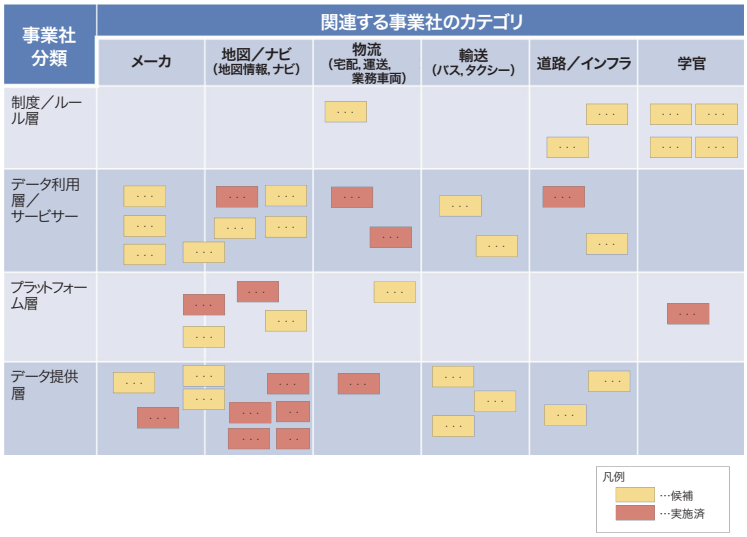


図5　本事業で形成するエコシステム

次にエコシステム実現のために必要なステークホルダーについて官・民それぞれ調査／整理を実施した．まず，道路上での車，人の流れを可視化し，交通環境情報が使われるユースケースを想定し，それらのデータの収集や配信の流れについて調査を実施した．そこから見えてきたステークホルダーを図6に示すとおり

※具体的な事業社名は割愛



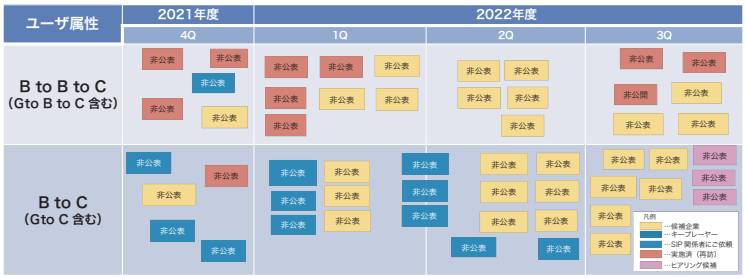


図6　候補事業者のマッピング

官と民でそれぞれ分類した．官においては，交通環境情報を保有もしくは管轄する官公庁，公益社団法人等の外郭団体を想定．民間においては，テレマティクスサービスを行うような事業者やサービス事業者を想定した．それらのステークホルダーの関係性について整理し，候補事業者の選定を行った．

2019年度においては，マッピングした候補事業者に対して，今後の普及促進活動やポータルサイトの機能等へ活用することを目的として，ポータルの目指す世界観やサービス内容に対する興味・共感度や自社でのポータルを活用したビジネスへの関心・確度，またポータルサイトの機能や取扱いデータの要望等を把握するためのヒアリングを実施した．ヒアリングを通じて，今後のポータルの機能開発やポータルサイト運営等の普及促進活動に係る示唆も得ることができ，ポータルサイト開発へフィードバックするとともに，次年度の検討課題とした．2020年度においては，様々な企業から交通環境情報を集約し，カタログデータとして掲載することが重要と考え，データ提供者候補事業者にアプローチを行うこととした．その結果，MD communetの取組に賛同する９社＋２団体の事業者の会員を得ることができた．2021年度の一般公開以

※50音順

図7　MD communet会員一覧（一部）

降は，MD communetのプロモーション活動と並行して，特徴的な交通環境情報を所有するデータ提供者やサービス創出に必要となるデータ活用者やデータ加工者に対して積極的にアプローチした．各種プロモーションの成果もあり，その結果，60社を超える会員の拡大をすることができた．（図７）

会員からのカタログデータ提供により，7,000件を超えるカタログデータを取得することができた．また，継続的な事業者への働きかけを行うことで，車両プローブ等の先進的なデータの取得見込みを得ることができた．多種多様な車両プローブデータや警察庁が提供する断面交通量等の官民が持つ特徴的なカタログデータを掲載することができた．

2.3. 認知度向上に向けた活動

2020年度はポータルサイトの公開に向けてMD communetを広く認知・興味関心を持ってもらうためのコンテンツの制作や各種プロモーション活動も積極的に実施した．

まず，2020年10月の情報公開に合わせ，MD communetを候補事業者へ紹介するほか，今後の普及展開において，広く認知・興味関心を得ることができるツールとして普及促進HPを制作し，公開した．（図８）この普及促進HPは，HP訪問者へポータルサイトの価値や機能を周知し，会員登録への動機付けを行うことを目的としたものである．そのためデータカタログの入口として，提供サービスの概要や掲載カタログ情報，ユースケース，サポート内容，会員登録方法等の各種情報を掲載し，サービスについて理解していただき，興味を持っていただいたうえで会員登録やお問い合わせに誘導できるような導線設計を行った．また，設計をするうえではMD communetの認知者／非認知者双方にとって煩わしくないUIの実現を目指したサイト構成を設計し，制作を行った．公開後は，各種プレスリリースやSIP自動運転関連のWebサイトとの連携により，認知度の向上に取り組んだほか，普及活動を実施する際の紹介ツールとして活用することができた．

図８　普及促進HP

次に，MD communetについての理解を促進するためのコンテンツとして，プロモーション動画を制作した．（図９）各種イベントで放映するほか，SIP-caféのHPにて公開し，興味関心を引いて普及促進HPへ誘導するような導線を設計した．これによりSIP-caféからのサイト流入も増え，認知度向上に繋がった．

図９　SIP-caféニュースリリース

上記コンテンツ制作だけでなく，イベントを通じたMD communetの認知度向上を目的とした活動も行った．（図10）MD communetの認知及びモビリティデータの利活用の可能性の訴求のため，セミクローズな環境でのアイデア創発を通じて，モビリティデータの価値の再発見，アイデア発想手法の体感，今後のパートナー企業になりうる企業との出会いを作るためのイベントを開催した．当日は，慶應義塾大学システムデザインマネジメント研究科の協力のもと，広くモビリティ業界に関わる企業が，講義及びワークショップを通じて様々なアイデアを出し合った．またイベントを通じて企業同士の交流も生まれ，イベントにおける企業同士のマッチングの可能性を得ることができた．

図10　過去実施したイベント例

2.4. 2023年度以降の社会実装に向けて

MD communetにおいて，データドリブンによる新たなビジネス創出を継続して促進するために，会員が抱えるデータ利活用によるサービス創出における課題・関心事項に対して，サイバー／リアル両面でのアプローチを行い，サービス化に必要なマッチングやテクニカル面でのサポート等を実施していく．あわせてデータ利活用のイメージをしやすくするためのユースケースを共有したり，MD communetの提供価値をわかりやすく伝えたりすることで，会員拡大やデータ利活用の促進を継続して実施していく．そして，交通環境情報の流通・サービス活用を更に広く促進させられる仕組みを，官民連携で推進できるプラットフォー

ムの位置づけとして，継続的に運用・成長させていく．

3 実証事業推進

3.1. 概要

自動運転分野における地理系データに係るアーキテクチャに基づき，2019年度に「物流事業者向けサービス分野」及び「End to Endのマルチモーダルナビゲーションサービス分野」についてSIP第1期の事業の検討成果を踏まえて抽出した社会課題を解決するためのユースケースを設定した実証実験を行った．その結果，利用者同士がデータを出し合うことで，新たな付加価値あるサービスが成り立つ可能性を見出すことができた．

さらに2020年度には，業界共通の社会課題解決に繋がる協調データの物流分野での連携・活用に向けて，物流業界が抱える課題等の調査を踏まえ，物流事業者の取組や課題等に関連する協調領域化可能なデータ候補を抽出した．

また，車両プローブ等の情報を活用したアーキテクチャに基づく物流効率化のための調査・実証事業の受託者とのディスカッションに基づき，上記データ候補の有用性及び提供性に係る課題及び課題解決の方向性を踏まえたポータルを活用したサービス創出イメージを検討した．

2021年度からは，秘匿性の高さから提供性に係る課題があった車両プローブデータにおいて連携・活用可能な範囲を模索した．その結果，データ提供者に車両プローブデータを生成するデジタコメーカ，サービス提供者にサービス創出を企画する商社，サービス利用者に業務課題を持ちデータ所有者である配送事業者の組合せにより，データの連携・活用を行えるスキームが構築でき，サービス創出実現に向けた実証実験を行った．またデータ連携・活用を更に促進するために，民間企業の課題解決だけでなく，地方自治体が抱える課題解決に寄与する実証も行った．

3.2. 実証概要

(1) 実証事業者主体のデータ活用によるサービス創出

SIP第1期の事業の検討成果を踏まえて抽出した社会課題を解決するためのユースケースを設定し，実証事業者を中心に実証実験を行った．

社会課題としては，「物流事業者向けサービス分野」については安全走行を考慮した際の危険ルート回避の必要性等を含む，トラック運転者にとっての安全安心な運転環境の提供を設定した．また，「End to Endのマルチモーダルナビゲーションサービス分野」については，天候や混雑状況等の変化に臨機応変な，ユーザ属性にマッチした交通手段及びルート案内を含むパーソナライズされた移動手段（自動運転含む）を組み合わせたストレスフリーな移動支援を設定した．

「物流事業者向けサービス」では，交通環境情報ポータル を利用することで，データ利用者が認知していないデータや，これまでに気づかなかったデータ活用方法によって，安全安心な運転環境の提供や労働環境の改善等の提供といった価値をどの程度提供できそうかを検証することを目的とした．この目的に沿って，図11のようにユーザ間で交通環境情報の地理系データを協調的に提供・活用するためのアプリケーションのデモンストレーションを実施した．ヒアリング調査はトラック運転者及びトラック運転経験のある運行管理者，交通情報サービス業者を対象とした．

「End to Endのマルチモーダルナビゲーションサービス」では，交通環境情報ポータルを利用することで，データ利用者が認知していないデータや，これまでに

図11　物流事業者向けサービス分野

図12　End to Endのマルチモーダルナビゲーションサービス分野

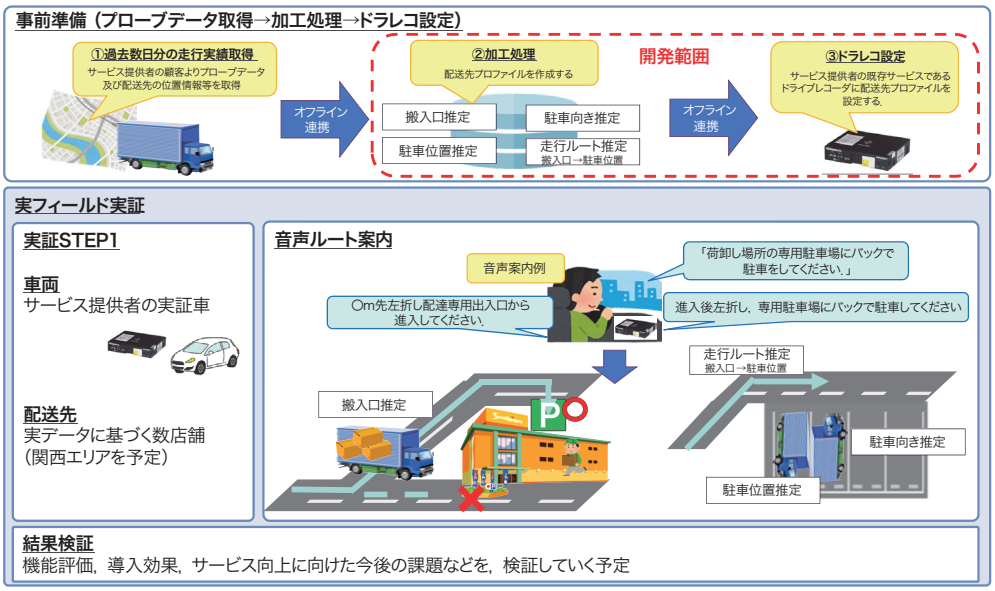


図13　配送先プロファイル作成実証概要

気づかなかったデータ活用方法によって，動的情報の提供による，従来よりもパーソナライズされた移動手段（自動運転含む）を組み合わせたストレスフリーな移動支援ができることを検証することを目的とした．この目的を達成するために複数のユースケースを組み込んだ実証実験シナリオを設定し，図12のように全ユースケースを実装したサービスアプリケーションを実験参加者が利用して機能評価及び課題抽出を実施した．

実証実験の結果，「物流事業者向けサービス」の実証では，トラック運転者にとって安全安心な運転環境の提供，搬入口や休憩所，道路情報，交通標識等，特に不慣れなルート／道路環境が変更されたルートでの静的情報を考慮したルート案内は改善に寄与することを確認した．また，協調領域データの有用性及び範囲については，公共目的の用途であれば協調領域として有用であるほかデータの性質によっては共有するメリットが大きいケースがあることを確認した．

「End to Endのマルチモーダルナビゲーションサービス」の実証では，ユーザの属性情報等を考慮した，天候や混雑状況等の動的情報の変化に臨機応変な交通手段やルート案内の機能を実装した．また，アプリ経由で収集できる行動実績及び滞在時間等の情報は，マーケティングなどに有効活用できる情報となり得るため，ポータルを介して流通する協調領域のデータとして，他分野でのデータ活用の可能性を見いだした．

(2) 民間企業間の車両プローブデータ連携・活用実証

デジタコメーカ・商社・MD communet運営３社が協業して，デジタコメーカの直接の顧客である配送事業者（データ所有者）に対して，配送事業者業務の効率化を目的として車両プローブデータを活用したサービス創出を提案した．秘匿性の高さから提供性に係る課題があった車両プローブデータであったが，顧客業務効率化での利用目的のみで使用することでデータ利用の許諾を得た．

配送事業者の課題の設定は，デジタコメーカや商社が認識していた配送事業者の課題の中で，車両プローブデータと親和性の高い「配送先の搬入口位置や駐車位置などが整理されておらず，駐車のやり直し・周囲のうろつき運転がされている」といった業務効率性に関わる課題を選定した．

実証の内容は，車両プローブデータを解析／加工することで，配送先の店舗ごとの，搬入口位置，駐車位置，駐車向き，搬入口から駐車位置までのルートを検出し，配送先プロファイルとして管理を行い，ドライバへの情報提供により業務効率性に寄与できるかどうかを実証した．（図13）車両プローブデータの解析／加工については，MD communet運営の役割の一つであるサービス開発支援者という立場で実施をした．

実証の結果，一定の業務効率化への寄与と実用化に向けた課題を確認し，車両プローブデータ活用の有用性を確認できた．また，MD communet運営として，サービスが創出されるまでの流れの中で，企画立案支援やデータ加工支援などが有用であったことも確認できた．

(3) 地方自治体が抱える課題の解決

データ連携・活用を更に促進するために，民間企業

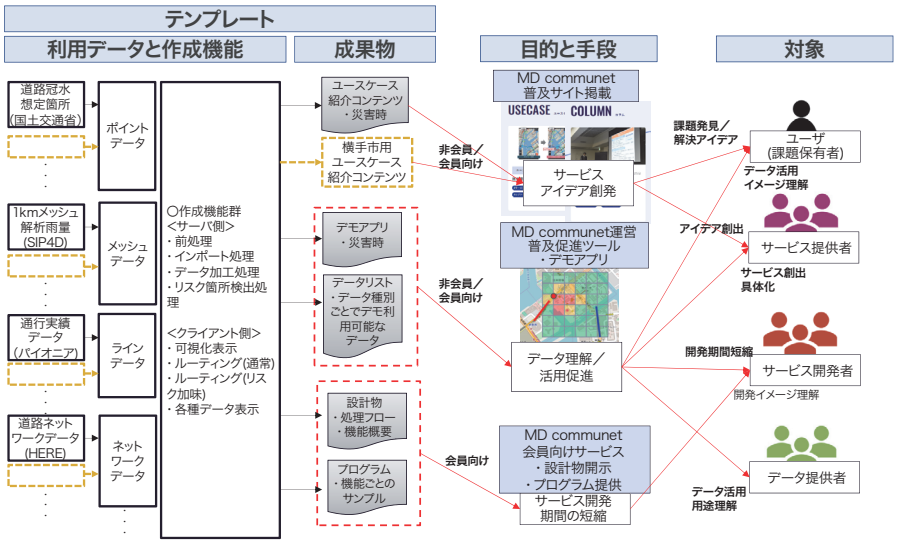


図14　地理系データ活用テンプレート化検討

だけでなく地方自治体を巻き込み，地方自治体が抱える課題についても地理系データが活用できないかを検討した．データ活用の特性から，地方自治体のEBPM（客観的な根拠や証拠に基づく政策立案）における活用をテーマに課題選定し，複数の地理系データを組み合わせることで客観的根拠の生成と活用を狙った企画を検討した．

具体的には，秋田県横手市と雪国が共通して抱える除雪／排雪に関する課題，京都府京都市と観光地が共通して抱えるタクシーの違法駐車の課題について深掘りを行い，地理系データを活用して解決するためのユースケースを設定し，実証を行った．

3.3. 実証を通じた共通的な取組

実証を通じて，地理系データを複数組み合わせてサービス創出をしていく際に，形式の異なるデータを同時に扱うため，技術的なノウハウが必要となることが課題となっていた．

今後継続してサービス創出を行っていくためには，上記のハードルを下げる必要があると考え，図14のように形式の異なるデータを同時に扱うための取込・加工などの処理を汎用機能としてテンプレート化することで，次年度以降のデータ活用に関わる開発スピード・コスト削減が可能であると考え，設計物及びプログラム作成を行った．

またユーザが地理系データの活用のイメージが湧かず，データ活用に踏み出せないケースもあったため，データ活用のイメージを体験できるデモアプリケーションを作成した．

4　今後の取組

2022年度はSIP第２期最終年度として，社会実装に向けた準備を中心とした活動を行った．SIP第２期終了後の2023年度以降はMD communetが社会実装される予定であるが，社会実装後も継続して官民連携のハブとなり，SIP期間中に実施してきた様々な活動を継続的に実施する．それにより，より多くの仲間が増え，更なるデータの利活用及び新たなサービス創出の促進，社会課題の解決が期待できる．

【本件問合せ先】
株式会社エヌ・ティ・ティ・データ 社会基盤ソリューション事業本部 ソーシャルイノベーション事業部 スマートビジネス統括部，〒135-8671 東京都江東区豊洲３-３-９ 豊洲センタービルアネックス８F，050-5546-2450，担当：中島紋衣

②観光都市における社会課題解決に向けた取組

Resolving Social Issues in Cities Popular with Tourists

林典之，小宮山直久，外山友里絵，柏貴裕，小津宏貴，内田航（株式会社三菱総合研究所），
野口和博，盛田太郎，牧野夏葉，密原大豪（エム・アール・アイ リサーチアソシエイツ株式会社）
Noriyuki Hayashi, Naohisa Komiyama, Yurie Toyama, Takahiro Kashiwa, Hiroki Ozu, Wataru Uchida (Mitsubishi Research Institute, Inc.), Kazuhiro Noguchi, Taro Morita, Natsuha Makino, Taigo Mitsuhara (MRI Research Associates, Inc.)

（概要）交通環境情報を活用し，都市部における交通に関する課題を解決するユースケースを創出する観点から，多くの観光資源を擁する世界的な観光都市である京都市が抱える観光や交通等に関する社会課題を解決するためのアプリケーションやアイデアを募るコンテスト（「観光・交通に関する課題解決のためのアプリコンテスト（KYOTO楽Mobiコンテスト）」）を実施した．コンテストの実施にあたっては，京都市交通局をはじめとする交通・物流・観光に関わる事業者の協力を得て，バスや鉄道等の公共交通機関の駅・停留所・路線・ダイヤ・運賃データや，物流分野における手荷物一時預り・配送サービスや店舗データ，観光分野における施設・スポット情報，過去の混雑統計データや将来の混雑予想，地図API等を整備・提供した．コンテストの実施を通じて，交通環境情報ポータルサイトの認知度向上を図るとともに，様々な関係者との協議・調整によりポータルサイト（MD communet®）に掲載するデータの収集・活用を実現した．

キーワード：公共交通データ，GTFS-JP，観光都市，アプリコンテスト，MD communet

1 取組の概要

SIP自動運転では，自動運転社会の実現に向けて，自動運転に不可欠な交通環境情報の生成，配信等に取り組んでいる．本事業は，観光都市である京都を舞台に，交通環境情報を多様な利用者が様々なサービスに利用できるよう，情報所有者と情報活用者のマッチングを促進するエコシステムの構築を目指すものである．具体的には，２回にわたる「観光・交通に関する課題解決のためのアプリコンテスト（KYOTO楽Mobiコンテスト）」の企画・実施，またコンテストに活用する交通環境情報データの整備・調達を通じたデータ利活用の機運醸成に向けた調整を実施した．

2 第1回KYOTO楽Mobiコンテスト

2.1. 企画・準備～開始（2019年度）

都市部における人の移動や物流に関する課題解決に係るユースケースをいくつか想定したうえで，特に観光・交通に関する課題を抱える京都市を対象とし，交通環境情報（交通・物流・施設に関する様々なデータ）を用いた課題解決のためのアプリコンテスト「KYOTO楽Mobiコンテスト」の企画を検討した．

ユースケースの検討にあたっては，都市部を対象とした移動・物流に関するサービスとして，様々な属性の主体（居住者，観光客，行政・交通事業者等）を対象とし複数のユースケースを検討した．具体的には，例えば観光客を対象としたユースケースでは，①生活者の動線を避けた観光ルートの案内，②荷物を預けて観光できる「手ぶら観光」の推奨，③混雑予想を加味した目的地の提案，④混雑状況や交通機関の運行状況を考慮した案内サービス等を検討した．（図１）

ユースケースの検討を踏まえ，観光都市京都における移動・物流に係る課題解決に関すると考えられる様々なデータを「交通」「物流」「施設」の３分類で整理し，これらのデータを保有する主体など，関係者に対し，事業の主旨説明，データ提供の依頼，必要となるデータの調達を行った．

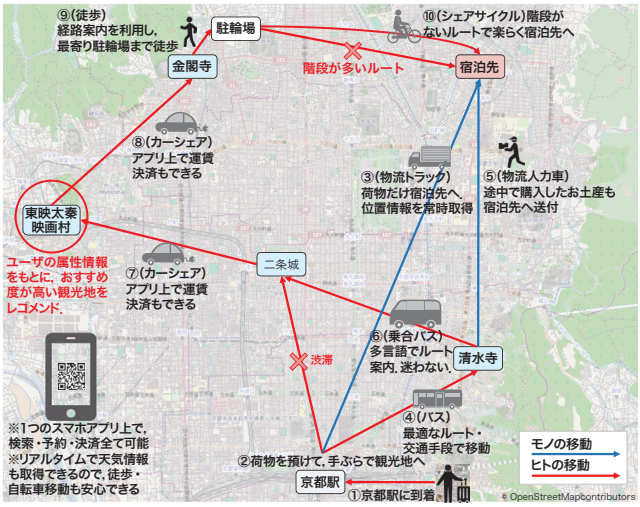


図1　ユースケースの検討例(観光客の場合)

2.2. コンテスト運営~審査・表彰等(2020年度)

以上の検討を踏まえ，京都市における観光・交通の課題解決に資するアプリケーションやアイデアを募る「KYOTO楽Mobiコンテスト」を企画し，2020年２月～11月にかけて実施した．コンテスト参加者に対し交通環境情報のデータやAPIを提供するとともに，これらのデータの内容・仕様等の説明，京都市の抱える交通・観光に関する課題のレクチャーや意見交換，個別のコンテスト参加者に対するメンタリング等を行った．

「KYOTO楽Mobiコンテスト」は，アプリ開発部門，アプリアイデア部門の２部門構成により，京都の課題解決に資するアプリケーション作品またはアイデアを募集した．応募された作品に対し，書類審査やモニタユーザによる実証・評価を経たうえで，2020年10月17日（土）に最終審査会，2020年11月７日（土）に表彰式を開催し，７つの賞を選定・授与した．

アプリ開発部門の最優秀賞「歩くまち・京都賞」は，事務局から提供した「標準的なバス情報フォーマット」(GTFS-JP) に基づくデータをはじめ，様々な交通環境情報を活用し，京都来訪者の観光行動を支援するアプリ「(仮) 京都観光アシスト」(図２) が，アプリアイデア部門の最優秀賞「SIP自動運転賞」は，手ぶらで歩き観光地の新たな価値を発見・提供するアプリアイデア「手ぶらで歩きたくなるアプリ-Teburan-」(図３) が受賞した．その後，アプリ開発部門の最優秀賞「歩くまち・京都賞」作品の制作者と打合せ等を実施し，社会実装に向け，アプリ完成に係る業務委託を行った．

図2　「(仮)京都観光アシスト」[1]

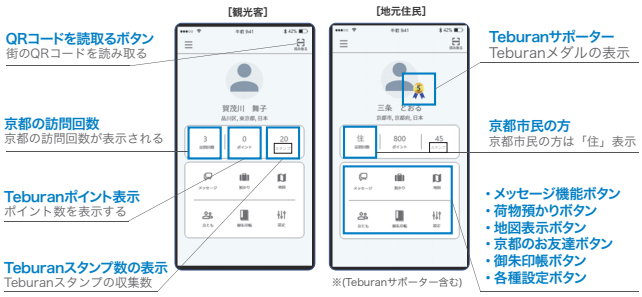


図3　「手ぶらで歩きたくなるアプリ-Teburan-」[2]

3　第2回KYOTO楽Mobiコンテスト

3.1. 企画・準備(2021年度)

2021年度以降，交通環境情報に関するデータの検索やマッチングが行えるポータルサイト (MD communet) の構築・利用が始まっている．交通環境情報を用いた地域課題解決の一例として，観光都市・京都におけるデータ提供・活用のエコシステム形成を目指し，MD communetを活用したデータ利活用を促進するコンテスト「第２回KYOTO楽Mobiコンテスト」の企画を検討した．

本コンテストでは，地域住民・観光客や，物流・交通・観光等に関する事業者，地方自治体を対象に，コンテスト参加者自身で解決が期待される課題を設定・具体化し，それを解決するためのアプリやアイデアを提案してもらうこととした．後述のとおりコンテストで提供する交通環境情報の種類が拡大していることから，第１回と異なり解決が期待される課題 (ユースケース) を特定のものに限らないかたちとした．本コンテストに関わる地方自治体や事業者に，公共交通・地域・観光・物流等の各観点から「課題の例」を提案いただき，コンテスト参加者に情報発信することとした．

第２回コンテストで提供するデータは，第１回と同様，データを「交通」「物流」「施設」の３分類で整理したうえで，更にデータの種類を拡大すべく，データ

を保有する主体などとの調整・調達を実施した．

このうち交通データについては，京都市と連携し，交通事業者のデータを，標準データ形式（GTFS等）で提供できるよう整備した．交通事業者が将来のバスデータのオープン化に向けて，試行的に整備したGTFS-JPを活用するとともに，バスや鉄道の車両位置等の動的データを試行的に整備・配信することとした．（図４）

交通分野		
データ内容	データ提供者	
京都市営地下鉄駅，路線（系統），時刻，運賃データ等	京都市都市計画局	GTFS
叡山電車駅，路線（系統），時刻，運賃データ等	叡山電鉄株式会社	GTFS，GTFS-RT
京都市バス停留所，路線（系統），時刻，運賃データ等	京都市都市計画局	GTFS-JP
京都市バス車両位置情報API	「歩くまち・京都」バス・鉄道乗換情報発信システム・コンソーシアム	
京都バス停留所，路線（系統），ダイヤ，運賃	株式会社JTB京都支店	GTFS
ヤサカバス停留所，路線（系統），時刻，運賃データ等	株式会社ヤサカバス	GTFS-JP，GTFS-RT
京都市バス車両位置情報等データ	「歩くまち・京都」バス・鉄道乗換情報発信システム・コンソーシアム	
京都市パークアンドライド駐車場データ	京都市都市計画局	

図４　第２回コンテストで事務局から提供する交通環境情報（交通データ）

物流・施設・観光のデータについても，事務局より提供できるよう調整を実施した．特に物流分野のデータは，MD communetに掲載済のデータ提供者と連携し，提供データを拡充することとした．（図５）

物流分野			
データ内容	データ提供者	データ形式	データ提供場所
京都市主要地域100平方キロメートルにおける物流自動車の位置情報データ（個車点列データ）及び物流自動車の出発地・到着地データ	矢崎エナジーシステム株式会社	CSV	MD communet
センシングコア（京都事業所）	住友ゴム工業	（今後公開）	（今後提供予定）
自動車走行データ（統計）	あいおいニッセイ同和損害保険株式会社	CSV	MD communet
施設・観光分野			
データ内容	データ提供者	データ形式	データ提供場所
京都市内観光スポット情報	公益社団法人京都市観光協会（DMOKYOTO）	XLSX	MD communet
人気観光スポット周辺の混雑度予測情報	公益社団法人京都市観光協会（DMOKYOTO）	XLSX	MD communet
京都市内Wi-Fiスポット情報	公益社団法人京都市観光協会（DMOKYOTO）	XLSX	MD communet
京都市内観光地周辺の人流データ（推計値）（第2回　KYOTO楽Mobiコンテスト）	ヤフー株式会社	CSV	MD communet
拠点案内サービスAPI	株式会社ゼンリン	API	その他データ
手荷物の一時預かり・配送サービス店舗及びコインロッカースポットデータ	「第2回　KYOTO楽Mobiコンテスト」事務局	CSV	その他データ

図５　第２回コンテストで事務局から提供する交通環境情報（物流・施設データ）

第２回コンテストでは，参加者がMD communetを認知・利用するようサイト及びコンテンツの設計を実施した．NTTデータと連携して，本コンテストWebサイトにMD communetへのリンクを配置するほか，MD communet内の「イベント」「コラム」にて，参加者の参考情報となる関連コンテンツを掲載した．また，コンテストで提供する交通環境情報については，

図６　コンテストとMD communetの連携[3][4]

コンテスト期間中原則MD communetカタログ上に掲載する方針で調整を実施した．（図６）

また，第１回コンテストに引き続き，地元におけるデータ提供者・地方自治体等の関係主体のコンテストへの巻き込み等を図るべく調整を実施した．京都市を協力主体としたほか，京都地元の事業者を中心に協賛企業を拡充した．

3.2. コンテスト開始～運営～審査・表彰等（2022年度）

以上の検討を踏まえ，「第２回KYOTO楽Mobiコンテスト」を企画，実施した．第１回コンテストと同様，アプリ開発部門，アプリアイデア部門の２部門構成により，京都の課題解決に資するアプリケーション作品またはアイデアを募集した．

第２回コンテストに関するプレスリリースの発信，エントリー受付は2022年４月25日（月）から開始した．コンテスト参加者への交通環境情報提供，メンタリング等を実施し，コンテスト参加者にて作品応募に向けた検討を促した．

2022年10月24日（月）にエントリーを，10月31日（月）に作品応募を締め切った．書類審査を実施し，2022年12月11日（日）に最終審査会・表彰式を開催する予定である．第１回と同様，アプリ開発部門の最優秀賞「歩くまち・京都賞（京都市長賞）」，アプリアイデア部門の最優秀賞「SIP自動運転賞（内閣府科学技術・イノベーション推進事務局長賞）」ほか各賞を表彰のうえ，「歩くまち・京都賞」受賞作品に対しては，2022年度内に社会実装に向けた業務委託を予定している．

4　本取組の成果

本コンテストを通じたアプリケーションやアイデア

は，コンテスト参加者による交通環境情報を活用した具体的な課題解決の一歩となった．本コンテストにおける応募作品の知的財産権等は，原則として当該発明等を創作した者（コンテスト参加者）に帰属するとしているため，コンテスト終了後も参加者が継続して社会実装に向けた取組を進めることが可能である．

また本取組を通じ，京都における交通環境情報データの流通・利活用に向け，地方自治体やデータ提供者と協議を進め，動的データ（GTFS-RT等）を含めた標準形式におけるデータ整備・提供に向けた機運の醸成に繋げることができた．今後，コンテスト終了後も地域において継続的にデータの整備・流通が進められるよう，関係主体における協議の促進が求められる．

【参考文献】

(1) 松岡輝樹：KYOTO楽Mobiコンテスト 提出資料.
(2) チームTeburan：KYOTO楽Mobiコンテスト 提出資料.
(3) 三菱総合研究所：第2回KYOTO楽Mobiコンテスト，https://web.contest.adus-arch.com/，（参照 2022.08.29）
(4) NTTデータ：MD communet，https://info.adus-arch.com/，（参照 2022.08.29）

【本件問合せ先】

株式会社三菱総合研究所 スマート・リージョン本部，〒100-8141 東京都千代田区永田町二丁目10番3号，03-6858-2722，担当：林 典之

③車両プローブ情報を活用した物流効率化の調査研究

Research to Realize More Effective Logistics System with Probe Vehicle Data

赤尾幸彦，金澤匡晃，佐藤大二郎（株式会社NX総合研究所）
Yukihiko Akao, Masaaki Kanazawa, Daijiro Sato (NX Logistics Research Institute and Consulting, Inc.)

（概要）この調査研究は，車両・プローブ情報等に係る各種データをトラック物流の業務効率化や安全性確保に役立てていくことを狙いとして，「①荷待ち時間発生状況把握と関係者間共有」「②車両データを用いての日常点検項目の確認」「③法令遵守・安全確保のための積載重量／タイヤデータの計測」の３つのユースケースについて，データ取得・活用の実証実験を行ったうえで，実装に向けての課題整理と対策検討を行うものである．実証実験による仮説検証と，実験結果を踏まえて行った運送事業者や関係事業者との協議を通して，各ユースケースはトラック運送業務の効率化や安全性確保等における有用性の観点から高く評価された．一方で各ユースケースは，実装に向けては検討の緒に就いたコンセプトレベルの段階にあるため，今後の具体化検討に際しては技術面，事業面，法整備面等様々な観点の課題が存在し，実用化には相当の期間を要すると思料される．今後，実用化に向けての環境整備や機運づくりを図るため，各ユースケースの認知促進と，推進役となる関係団体や事業者が必要である．

キーワード：トラック運送業務効率化，運送業務の安全性，荷待ち時間，日常点検，積載重量，タイヤ，車両信号データ

1 当調査研究事業の概要

1.1. 当調査研究の内容

この調査研究は，将来のトラック物流における自動運転技術の実用化を見据え，車両・プローブ情報をはじめとする各種データをトラック物流の業務効率化や安全性確保に役立てていくことを狙いとして，３つのユースケースについて，車両・プローブ情報等を活用する実証実験を行ったうえで，実装に向けての課題整理や今後の推進の担い手等の検討を行うものである．

３つのユースケースは，「①荷待ち時間発生状況把握と関係者間共有」「②車両データを用いての日常点検項目の確認」「③法令遵守・安全確保のための積載重量／タイヤデータの計測」である．これらのユースケースに係る実証調査を通し，車両等各種データの取得と活用について，現時点でどこまでのことができるかを確認した．そのうえで，今後これらの取組の実用化を目指すにあたってのゴールイメージや取組課題の整理，及び今後の実装推進役の検討等を行っている．

なお，当調査研究業務は2022年12月末までの完了予定で，本編の原稿作成時点では未だ考察・検討途上にある．本編は2022年８月末時点までの実証実験結果及び検討内容をもとにまとめたものである．

1.2. 当調査研究の背景

トラック物流業界では，長時間労働等の労働環境問題に起因するトラックドライバ不足が深刻化している．これにより，今後貨物輸送需要に物流が十分対処できなくなり，わが国経済に悪影響を与えることが懸念されている．この問題への有効な解決策の一つとして，将来的にはトラック物流への自動運転の実用化が期待されているところである．

一方，トラックドライバの労働環境問題の背景には，荷積み・荷卸し前の長時間の荷待ち時間発生等を典型例とするトラック物流業務の非効率性の問題が存在する．この非効率性の問題は自動運転によって本質的な解決につなげられるものではなく，自動運転とは別に要因分析や対策が検討されるべきものである．

また，トラック物流における自動運転実用化に対しては安全や整備面への懸念があることも事実であり，自動運転による省人化を前提とした新たな時代の整備対策や安全性確保策の検討も必要となっていく．

これらの課題への対応を考えるにあたり，車両・プ

ローブ情報を活用することによって，具体策につなげていくことができないかという問題意識を持った．そのうえで，トラック物流業務の非効率性是正や安全確保を狙いとした３つのユースケースを検討し，実証実験を行ったものである．

1.3. 実装を見据えての当調査研究の位置づけ

３つの実証実験は，いずれもユースケースに係るコンセプトについて，現時点で技術的に実施可能な事項を確認するとともに，運送事業者からの意見聴取を通して運行業務実務上の有用性を評価するものである．よって３つのユースケースに係る実証実験や考察等には，技術的に検討の緒に就いた段階の取組もあるほか，今後の具体化や実装に向けては様々な課題が考えられる．今回の調査研究ではそれぞれの実用化に向けての主要課題を示すこととする．あわせて，それらへの対応策検討や実用化推進をお願いしたい事業体や官公庁に各ユースケースについて説明し，推進に向けた取組実施のはたらきかけを行う予定である．

2 3つのユースケースに係る実証実験内容

2.1. 荷待ち時間発生状況把握と関係者間共有

2.1.1. 実証実験の企画内容

物流現場の生産性向上及び長時間労働の改善に向けて，トラック運送事業者の所有するトラックに搭載する情報端末や社内システム等から得られる情報の活用により，荷待ち時間の短縮方策の検討に向けた情報収集，分析を行う取組である．具体的には，実稼働トラックの運行管理データを集計，分析することで，車両・稼働日・集荷先及び納品先拠点ごとに荷待ち時間の発生状況を確認し，長時間荷待ち（１か所につき30分以上の荷待ちをいう）の多発する車両や拠点を特定する．そして，このような荷待ち時間の実態解明資料を運送事業者と荷主企業が共有することで，長時間荷待ちの抑制や改善に向けての取組活動を推進するうえでの有用性を検証したものである．

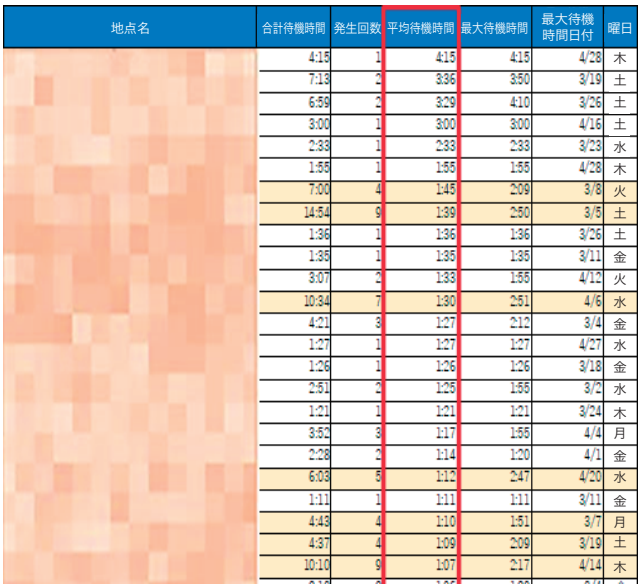
国土交通省「トラック輸送状況の実態調査」(令和３年）によれば，運行業務中に荷待ちが生じているドライバの１運行あたり荷待ち時間は94分（１運行時間中構成比12.6％）であった．年200日稼働と仮定すると，年間荷待ち時間は約310時間になると推定される．ドライバの長時間労働是正には，このような非生産的な荷待ち時間の削減が不可欠である．

そのためには「長時間荷待ちが，どの集荷・配送先で何回生じているか」等，荷待ちの発生実態について，荷主企業と運送事業者が認識を共有したうえで，発生要因を協議し，改善策を行う取組が必要である．しかし荷主企業は，自社貨物を運ぶトラックの荷待ち発生状況を認識していないのが一般的である．一方で運送事業者側も，集貨先や配送先での荷待ち発生時間を正確に把握，記録していないケースも多く，荷主企業に荷待ちの発生実態を伝達できていない．

そこで，まずは荷待ちの発生実態を数値として「見える化」し，運送事業者と荷主企業が共通認識を持つことが，荷待ち時間抑制の第一歩として必要と考えた．この考えに基づき今回の実証事業では，実稼働トラックのデジタルタコグラフ（以下「デジタコ」と表記）の運行管理データから荷待ち時間発生状況を分析し，このデータ分析資料を運送事業者とその荷主企業に提示して，荷待ち時間発生状況に関する運送事業者・荷主企業双方の認識共有を図るとともに，荷待ち発生要因や改善策を検討する協議を行うこととした．このような取組の普及により，究極的には各拠点で発生する荷待ち時間を30分以内に抑制することを目指すものである．

実証調査にあたっては，特に荷待ちの長さが顕著な加工食品を対象とした．そのうえで，取扱貨物の大半が加工食品である運送事業者と，その最大顧客である荷主企業の承諾を得て，当該荷主企業の貨物輸配送に係る運行管理データを取得し，このデータより長時間荷待ちの発生状況を分析した．分析の結果，対象車両の２か月ののべ運行車両台数656台のうち374台（57％）で荷待ちが発生しており，平均荷待ち時間（荷待ち時間が発生している車両の平均）は43分/台・日，車両によっては１日のうち最大で５時間46分の荷待ちが発生していたことが確認された．また，157台（24％）で長時間荷待ちが発生しており，それらの車両の平均荷待ち時間は１時間23分/台・日であった．さらに平均荷待ち時間が１時間以上である納品先を列挙したうえで（図１），荷待ち発生回数が特に多い拠点について，荷待ちの発生日や発生時間等を明らかにした．

これらをはじめとする分析データ内容を，データ提供元の運送事業者とその発側荷主企業に説明したうえ



地点名	合計待機時間	発生回数	平均待機時間	最大待機時間	最大待機時間日付	曜日
	4:15	1	4:15	4:15	4/28	木
	7:13	2	3:36	3:50	3/19	土
	6:59	2	3:29	4:10	3/26	土
	3:00	1	3:00	3:00	4/16	土
	2:33	1	2:33	2:33	3/23	水
	1:56	1	1:56	1:56	4/28	木
	7:00	4	1:45	2:09	3/8	火
	14:54	9	1:39	2:50	3/5	土
	1:36	1	1:36	1:36	3/26	土
	1:35	1	1:35	1:35	3/11	金
	3:07	2	1:33	1:55	4/12	火
	10:34	7	1:30	2:51	4/6	水
	4:21	3	1:27	2:12	3/4	金
	1:27	1	1:27	1:27	4/27	水
	1:26	1	1:26	1:26	3/18	金
	2:51	2	1:25	1:55	3/2	水
	1:21	1	1:21	1:21	3/24	木
	3:52	3	1:17	1:55	4/4	月
	2:28	2	1:14	1:20	4/1	金
	6:03	5	1:12	2:47	4/20	水
	1:11	1	1:11	1:11	3/11	金
	4:43	4	1:10	1:51	3/7	月
	4:37	4	1:09	2:09	3/19	土
	10:10	9	1:07	2:17	4/14	木

図1　荷待ちの多い拠点，曜日，時間の分析資料

で，荷待ち発生実態や対象現場について意見交換を行い，長時間荷待ちの要因分析や対策検討に活用しているところである．

2.1.2. 実証実験結果と今後の課題

今回の実証事業の協力を得た運送事業者と荷主企業に，このようなデータをトラック運送事業者が発側荷主企業と共有することの有用性等について意見を求めたところ，「荷待ち発生状況を数値で確認できるとともに，新たな気づきも得られる」「こうした荷待ち時間発生の全体像が理解できるデータを双方が共有し，意見交換することには非常に意味がある」等といった高評価が得られ，こうした物流現場の見える化が運送事業者と発側荷主企業の荷待ち時間解消に向けた協議の促進に繋がることが検証された．とりわけ発側荷主企業にとっては，荷待ちの発生場所が自社施設ではなく顧客側，着側荷主企業の施設であるため，ドライバの長時間労働について主体的に取り組むことが困難であるという課題があった．これが，運送事業者とデータを共有することにより，発側荷主企業が具体的なデータに基づいて着側荷主企業に対して改善のアプローチが可能となれば，発着の両サイドからの改善取組に繋がるという意味で，その有効性は非常に大きいと考えられる．

一方で，この取組の実装や普及に向けては，運行管理データのクリーニング補正や分析・資料化を運送事業者ができるのかが問題となる．すなわち，運行管理データの補正や分析には管理者側で相当の時間を要し，別の負担が運送事業者側に生じることとなる．また，データ分析の経験やスキルのない運送事業者の管理者も多いものと考えられる．この点が，このユースケースの実装・普及に向けての課題である．

2.2. 車両データを用いての日常点検項目の確認

2.2.1. 実証実験の企画内容

法令で運送事業者に義務づけられている運行業務開始前の日常点検について，運転者による確認に替えて，トラックの車両・プローブデータをもって点検項目の確認を行うことの可能性や有用性，及び課題を検証する取組である．

運送事業者に義務づけられる日常点検等の所要時間は，１運行あたり25分，年間では約83時間と推定される．車両データでは確認不能である項目も複数あるが，運送事業者側では，日常点検の所要時間の一部でも効率化できることに期待する意見は多い．それ以上に，日常点検内容のレベルのドライバ間のばらつき是正や，ドライバの精神的負担軽減等といった定性的なメリットを期待する意見を多数聞く．さらには将来の自動運転実装後を見据えると，日常点検方法の省人化検討も進められるべきである．以上の問題意識から，このユースケースに係る実証調査を行った．

日本自動車工業会では，「車両・プローブデータの提供データ項目」と「利用者が大型トラックメーカのバックエンドからのデータ取得に用いるAPIの制作ルール」を共通化し，同一利用者の同一サービスメニューであれば，データ利用者はトラックメーカ各社から共通のデータ項目を同一のAPIを用いて取得，利用できる仕組みの整備を進めている．これを踏まえ，当該APIの利用を想定した場合，車両・プローブデータ等から日常点検項目確認に資するイベントデータをどのように吸い上げできるかについて検討した．

検討にあたり，まず車両・プローブ情報を活用しての確認可能性が期待できる日常点検項目を抽出した．これら項目のうち，実証実験の協力を得られたトラックメーカの試験用大型トラックの車両型式から取得できる車両信号により確認できる項目を，今回の実証実験の対象項目とした．具体的には以下の８項目である．

①駐車ブレーキ信号
②エンジン回転数信号
③アクセルペダル開度信号
④ウィンドウォッシャスイッチ信号
⑤ワイパースイッチ信号

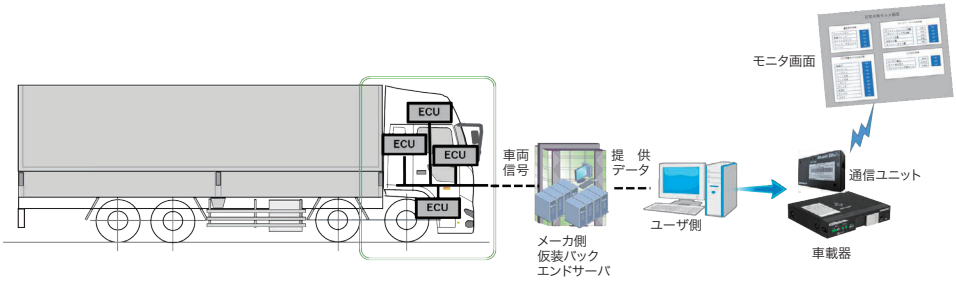


図2　車両データ取得と日常点検項目の画面表示のイメージ図

⑥エアタンク圧力信号
⑦冷却水量低下信号
⑧灯火類信号（車幅灯，前照灯，尾灯，番号灯，方向指示器，非常点滅表示灯，後退灯）

実証実験では，トラックメーカから上記項目の車両信号データの提供を受けた．図２はその一連の流れを示すものである．

これら車両信号データを用いて，実証実験に係る項目を図３に示すモニタ画面上に表示することにより，トラック車両信号データが関係する日常点検項目の確認に活用できる可能性を検証した．

図3　モニタ画面サンプル

2.2.2. 実証実験結果と今後の課題

実証実験で用いた車両から取得した車両データにより，モニタ画面上で状況を目視で確認し，該当する日常点検の適否を判断することができた．また，不具合時を意図的に再現した制動灯の断線状態についても，同様にモニタ画面上で不灯火状況を確認することができた．したがって，車両・プローブデータの活用とAPIの制作ルールが確立され，提供されるデータ項目がモニタ画面により遠隔地で活用できるようになれば，ドライバや整備管理者等の労働時間短縮と負担軽減に繋がるものといえる．

当社調べによれば，日常点検総所要時間に占める，今回の対象８項目の所要時間の割合は約40％で，この実装による１人あたり年間削減期待時間数は約32時間と試算される．今後，実証実験で把握できなかった他の日常点検に係る項目を含めて，トラックメーカ各社がAPI制作ルールに基づいたデータ（日常点検項目によってECU信号及びアクチュエーター信号の両方が求められる場合がある）を提供することができれば，車両データに基づく日常点検が可能な項目の範囲が拡がり，日常点検所要時間の削減時間数の拡大も期待される．

さらに，車両データから日常点検の結果の適否を自動的に判定できるアルゴリズムが確立され，かつ当該結果が電子的に記録されることになれば，目視による点検から車両・プローブデータによる点検に代替できる可能性がある．これにより，日常点検の未実施，点検ミスや確認不十分等に起因する事故の未然防止に役立つものと推測されることから，技術の確立に合わせて，法令・告示等の整合性を確認のうえ，必要に応じて改正検討への議論も望まれる．

2.3. 法令遵守・安全確保のための積載重量／タイヤデータの計測

2.3.1. 積載重量測定の実証実験の企画内容

積載重量計を用いて実際の運行業務の荷積み・荷卸時にドライバが計測操作を行って積載重量を測定し，運転席で積載重量データを確認するとともに，営業所管理者の端末で当該データを把握することで，過積載運行の防止を図るうえでの有用性を検証した取組である．

過積載運行は，ブレーキやハンドル操作などの安全な運転に支障をきたす，非常に危険な行為である．そ

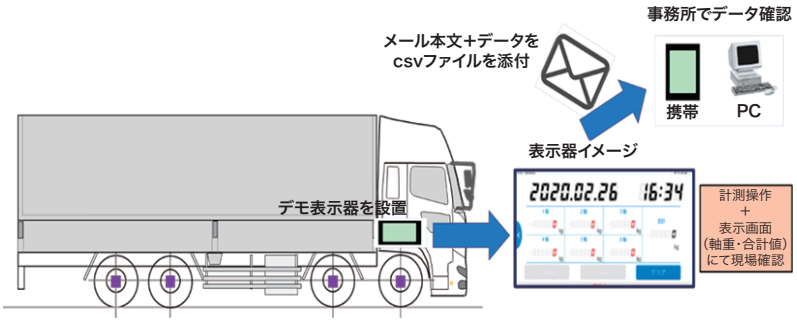


図4　積載重量の測定と確認のイメージ図

のため運送事業者は，一般的に貨物積載時には過積載とならないよう留意して積込・積卸し作業を行っているが，荷主企業によっては積載重量を把握せずに運送事業者に貨物を引渡し，結果として過積載運行となってしまう場合もある．一方で運送事業者は，過積載となることを把握していなければ，荷主などに対して貨物の受入を拒否することができない．

これを踏まえ，運送事業者が積載重量計を活用して，納品先での貨物積込時に積載貨物重量や車両総重量等を把握するとともに，その結果を記録として残すことにより，過積載の防止につなげる可能性を検証した．この取組により，運行途上で意図せず生じてしまう過積載運行の発生を防止することを目標とするものである．

実証にあたっては，４台の実稼働大型トラックに，積載重量を測定する軸重センサと，積載重量データの確認・送信用機材を設置した．そして，運行業務中の荷積み・荷卸都度，ドライバが積載重量の計測操作を行って積載重量を測定，確認した．測定された積載重量データは，営業所にもメール送信されて運行管理者が把握できるようにした．（この一連の概要を図４に示す）以上の積載重量の測定とデータ送信，及びドライバや運行管理者による確認を繰り返し行った．

2.3.2. 積載重量測定の実証実験結果と今後の課題

上記の実証調査により，積載重量計で概ね正確な積載重量を計測可能であることを確認した．また，ドライバは貨物の積込・積卸し都度，積載重量データを確認でき，運行管理者にも適宜データが送信されることを検証した．

実験終了後，運送事業者（運行管理者及びドライバ）へヒアリングを実施したところ，積載重量計に対して下記の内容等の良い評価を得た．

・積載重量計により，自社にとって，過積載運行防止などの安全運行に役立つ．
・自社にとって，荷主との料金交渉に使える可能性がある．
・各軸の軸重が把握できることは有効である．

一方で，デジタコ等の機器と連携を図ることで操作の省力化，データの共有化を図る必要があるとの指摘があった．また，ドライバの労働時間削減のためにも，データ共有は協業に繋がると想定されるので，その際にはマッチングや共同輸配送等の効率化に結びつくと良いとの意見が挙げられた．その他，積載重量のデータが蓄積されることで，荷主や車両別の管理に結びつくほか，車両情報から取得できる燃料消費量や走行距離と連携できれば，実車重量に応じた燃費が把握できるのではないかとの意見が挙げられた．特に機器操作の省力化，運行管理者が確認すべき情報の取得先端末の一元管理化，及び燃料消費量や走行距離等との連携によるデータの有効活用等の観点から，デジタコとの連携を望む意見が多く，今後に向けての主要課題と言える．

2.3.3. タイヤデータ測定の実証実験の企画内容

積載重量計同様，運送事業者４社の実稼働大型トラックにTPMS装着タイヤを設置し，タイヤの空気圧データや温度データの把握と，タイヤメーカのサーバに取得されるこれらデータをトラック運送事業者の運行管理者が共有確認することの可否を確認した取組である．

車両故障発生件数中，タイヤ起因のものは最多を占め，運送事業者もタイヤの整備状況には非常に強い問題意識を有している．一方でタイヤの状況に関し，信号データ等を活用して把握可能な事項は，現状では空気圧やタイヤ内温に限られるため，まずは空気圧整備不良に起因するタイヤ故障（突発事象や不可抗力によるものを除く）のゼロ化を目指すものである．

実証調査期間中，基本的にはタイヤ空気圧，温度の数値とも異常なく推移していたが，実験協力車両の一車でタイヤのパンクが発生し，図５に示すようにタイヤ空気圧が閾値を超えて減圧したことでアラートが発報され，運行管理者にメール通知された．メールに気づいた運行管理者からトラック運転者に連絡し，車両を停止させて現場でタイヤ交換処置が行われた．一つ対応を誤ると，タイヤ片飛散による車両破損や周囲への被害拡大のおそれがあったが，そのような被害を防ぐとともに，運送時間ロスを最小限に抑えることができた．

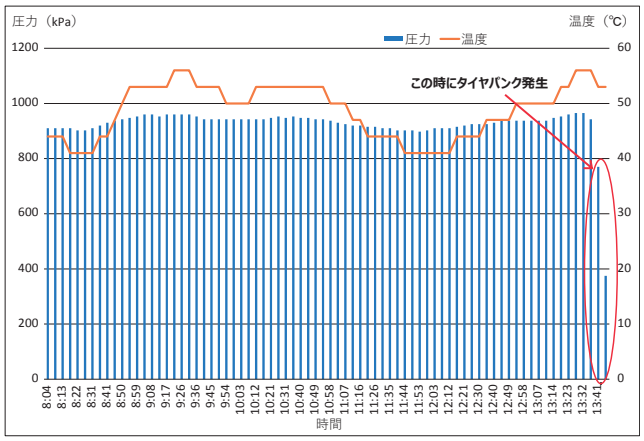


図５　タイヤパンク時の空気圧減圧を示すデータ

2.3.4. タイヤデータ測定の実証実験の企画内容

トラック運送事業者への積載重量測定に関するヒアリング時に，タイヤデータ測定についても聴取したが，事故防止のためにはタイヤ整備は最重要と考える事業者が多く，走行中データでタイヤの状況が確認・管理されることの有用性評価は極めて高かった．また，将来的なタイヤデータ取得項目として，タイヤ摩耗や脱輪予兆のデータ活用を期待する意見が多数聞かれた．

一方で積載重量計同様，タイヤデータについてもデジタコとの連携やデジタコから取得できる仕組みを望む意見が多かった．また，異常発生情報は運転者に直接送信される仕組みを求める意見や，データの頻繁な送信は不要で，異常発生時のみの通知や数か月に一度の定期的情報提供で十分との意見も聞かれた．

3　実用化推進に向けた課題

3.1. 実証実験コンセプト実用化への課題

冒頭に記したとおり，各ユースケースは検討の緒に就いた取組であり，その実用化に向けては今後対処されるべき様々な検討課題が存在する．

主な課題としては以下が挙げられる．

3.1.1. 荷待ち時間発生状況把握と情報共有

分析のための基礎データ整理やデータ分析資料作成の担い手を創出する必要がある．荷待ち時間分析にあたっては，基礎データとなる運行管理データに関連データを突合させて所要時間や発生位置を補正することが必要となるが，このような作業や，荷待ち時間発生状況の分析資料作成が難しい運送事業者も多いものと思われる．このため，運送事業者に代わってデータ整理・分析を担う事業者（有償を想定）の創出促進が必要となる．また，運送事業者がこのようなデータ分析を担う事業者に対して，荷待ち時間発生実態の分析資料作成を依頼できる環境の整備も必要である．

3.1.2. 車両データを用いての日常点検項目の確認

前述のとおり，日本自動車工業会は「車両・プローブデータの提供データ項目」と「大型トラックメーカのバックエンドからのデータ取得に用いるAPIの制作ルール」を共通化し，同一利用者の同一メニューであれば，データ利用者がトラックメーカ各社から共通のデータ項目を同一のAPIを用いて取得，利用できる仕組みの整備を進めている．当ユースケースはこの仕組みが確立されることを前提としたものであり，まずはこの仕組みの具体化に期待するところである．そして，今回の実証実験対象としなかった項目も含め，日常点検項目に関する車両信号データ項目が，トラックメーカ各社共通の提供データ項目として幅広く選定されることが強く望まれる．

また，日常点検は，国交省が定める「自動車点検基準」「自動車の点検及び整備に関する手引」に基づいて行われる必要がある．これらの規定と，車両データ信号を活用した日常点検項目確認方法との整合性を確認のうえ，必要に応じて改正検討への議論も望まれる．

将来的には，日常点検結果の適否を自動判定できるアルゴリズムの確立や，その判定結果の電子的に記録されることも望まれる．これらは長期的な技術開発テーマであるが，各社がその研究開発に取り組む環境整備のためにも，トラック車両信号データ取得のための手順の制定と実用化，及び先々自動車点検基準等の改正が行われることに期待したいところである．

3.1.3. 法令遵守・安全確保のための積載重量／タイヤデータの計測

いずれについても，情報が独自に入手されるのではなく，デジタコから一元取得でき，他データと関連付けができるようになることが，運送事業者から強く求められている．その際，特定メーカのデジタコのみでなく，国内どの会社のデジタコでもデータ取得連携が可能となることが望まれている．

また，タイヤデータについては，トラックの車両信号データとの連携等を通して，タイヤ摩耗や脱輪リスク等の情報が得られる研究開発の取組が行われている．前項に記した日本自動車工業会によるトラック車両信号データ取得のための手順の制定と実用化は，この研究開発テーマに関しても重要な課題となる．

3.2. 実用化に向けての今後の推進役創出の必要性

「荷待ち時間発生状況把握と情報共有」は，基礎データ整理や分析資料作成を担う事業者づくりの方策を検討するとともに，トラック運送事業者団体にこのユースケースの認知促進への協力を求める予定である．「日常点検項目の確認」「積載重量データ及びタイヤデータの測定」は，経済産業省が推進する「物流MaaS」の具体化検討項目の一環として取り上げられるよう，関係事業者と意見交換を行っている．

いずれのユースケースについても，民間事業者や事業者団体と，官公庁等行政側の双方から，具体化に向けての取組の後押しが行われることが期待される．

【本件問合せ先】
株式会社NX 総合研究所，〒101-0024 東京都千代田区神田和泉町２
（全体，タイヤデータ測定）
リサーチ＆コンサルティング ユニット１，03-5829-1423，担当：赤尾幸彦
（荷待ち時間発生状況把握と情報共有）
同ユニット２，03-5829-1405，担当：金澤匡晃
（日常点検項目の確認，積載重量測定）
同ユニット３，03-5829-1420，担当：佐藤大二郎

④車両プローブ情報の道路管理業務への活用

Utilization and Application of Probe Data to Road Maintenance and Management

市川博一，竹之内篤，内山直浩，祢津伸一，徳永和貴（パシフィックコンサルタンツ株式会社）
Hirokazu Ichikawa, Atsushi Takenouchi, Naohiro Uchiyama, Shinichi Nedu, Kazuki Tokunaga (Pacific Consultants Co., Ltd.)

（概要）本取組は，車両プローブ情報から，悪天候や路面状況に係る情報等，自動運転車の走行に有益な情報や，道路維持管理にも活用可能な情報の生成可能性を検討することを目的とし実施するものである．検討対象とする車両プローブ情報として，現段階でも取得可能な，ABS，トラクションコントロールシステム，横滑り防止機能，ワイパー作動情報及び今後取得が可能になると考えられる，路面グリップレベル情報及び水膜厚推定値を取り上げる．それら車両プローブ情報と，降雨状況が把握できる各種気象データを，区間ごとなどの同一単位に整理したうえで相関性を把握することで，情報生成の可能性及び自動運転の走行支援や道路管理へ活用することの有効性を検証する予定である．

キーワード：車両プローブ情報，道路管理，水膜厚，路面状況，車両制御履歴

1 実施目的

第３章③「車両プローブによる車線別道路交通情報に係る技術開発」の検討の中で，ウインカー情報の活用により，車線別の渋滞末尾の検知精度が向上した．このように，車両プローブ情報の活用には更なる可能性があるものと考えられる．一方で，降雨情報や降雨時の路面状況の情報は，悪天候における自動運転の判定や，余裕を持ったTake-over Request の発出等のための自動運転車の走行に対する情報提供及び道路管理業務支援に活用できる可能性を秘めている．現状リアルタイムで提供されている気象情報である，高解像度降水ナウキャストにおいては250mメッシュ単位の解像度であり，OEM等の市販車両から得られる車両プローブ情報から降雨情報や路面状況を把握できれば，より詳細な情報として活用が可能であると考えられる．

本取組は，車両プローブ情報から，悪天候や路面状況に係る情報等，自動運転車の走行に有益な情報や，道路維持管理にも活用可能な情報の生成可能性を検討することを目的とする．

2 検討概要

降雨状況や降雨による水膜発生状況，水膜発生による走行危険性，冠水や舗装面の荒れを検出できる可能性のある車両プローブ情報を抽出し，検討対象とした．具体的には，検討対象とする車両プローブ情報として，ABS（Anti-lock Braking System），トラクションコントロールシステム（Traction Control System：TCS），横滑り防止機能（Electronic Stability Control：ESC），ワイパー作動情報といった現段階でも取得可能な情報に加え，路面グリップレベル情報及び水膜厚推定値といった今後取得が可能になると考えられる情報についても取り上げる．それら車両プローブ情報と，降雨状

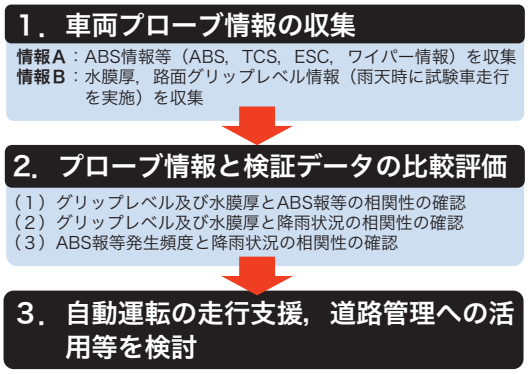


図1　検討手順

況が把握できる各種気象データや路面状況等との相関性を検証することで，活用可能性を検討する．（図１）

なお，車両プローブ情報等を収集し，活用可能性を検証する範囲は，首都高速区間として，１号羽田線及び湾岸線（図２），一般道区間として国道357号（江東区新木場～船橋市）（図３）とした．

また，ユースケースとしては，表１に示した，自動運転車両の走行や道路維持管理に対する支援が想定される．

出典）©NTT インフラネットに加筆

図2　対象路線（首都高速区間）

出典）©NTT インフラネットに加筆

図3　対象路線（一般道区間）

表1　ユースケースの想定

自動運転走行支援	・悪天候や路面状況を早期に把握し，運行設計領域（ODD）内／外を判定・安全措置を実施（速度低下，早めの手動介入要求を実施させるなど）
道路管理支援	・舗装修繕の必要性を検討（歩行者等への水撥ね防止，急カーブ等滑りやすい箇所の抽出） ・情報板等による，冠水等の注意喚起

3　車両プローブ情報・気象情報の収集

車両プローブ情報活用の有効性を検証するために必要となるデータの概要や，収集方法及びデータ整理例を示す．

3.1. 車両プローブ情報

(1) 車両制御履歴情報（ABS，TCS等）

降雨や路面水膜状況によって発生回数が変化すると考えられる，ワイパー，ABS，TCS，ESC動作情報（表２）を収集し，降水量等との相関性を把握し，道路管理への活用可能性を検討する．以下の期間，場所，データ内容を取得する．

・データ取得期間：2022年８月から11月まで４か月
・データ取得箇所：首都高２路線（羽田線，湾岸線）
・データ内容：100m区間における，ワイパー，ABS，TCS，ESCの作動回数，各種データが収集可能な車両の通行台数

表2　車両制御装置の概要

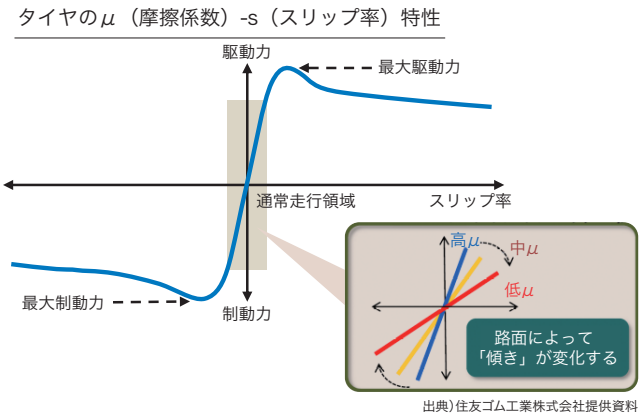
ABS	ブレーキのかかり具合をすばやくコントロールし，雪道や雨で滑りやすくなった道路でのスリップやスピンを防ぐ
TCS	滑りやすい路面で車を急加速させたときに起こる，タイヤのスリップを防ぐ
ESC	カーブを曲がるときに車がカーブの外側へふくらんだり，内側へ巻き込んだりする挙動を防ぐ

(2) 路面グリップレベル情報

タイヤ回転信号等を解析することで，路面とのグリップ状況を判定可能である．路面の滑りやすさによって，スリップ率と力の関係（傾き）が異なる（図４）．この傾きをタイヤ回転信号等から導出し，路面の滑りやすさ（路面グリップレベル）を検知する．降雨によって路面に水膜が生じると，路面が滑りやすくなることから，ハイドロプレーニング現象が生じる危険性を把握することができる．この情報の活用性を検討する．

以下の期間，場所，データ取得方法により取得する．

・データ取得期間：2022年８月から９月まで２か月



出典）住友ゴム工業株式会社提供資料

図4　路面グリップレベルの推定イメージ

・データ取得箇所：首都高２路線（羽田線，湾岸線）及び国道357号
・データ取得方法：車輪速信号等の必要データを取得できる機器を搭載した自動車を雨天時に走行させることにより，路面グリップレベル情報を取得する．

(3) 水膜厚推定値

路面を走行する自動車の駆動力の情報を用いて，水膜厚を推定する．推定の可能性を確認するとともに，推定された水膜厚と降水量等との相関性を把握する．以下の期間，場所，データ取得方法により取得する．
・データ取得期間：2022年８月から９月まで２か月
・データ取得箇所：首都高２路線（羽田線，湾岸線）及び国道357号
・データ取得方法：駆動力，走行抵抗等の必要データを取得できる機器を搭載した自動車を雨天時に走行させることにより，水膜厚を推定する．

3.2. 気象情報

(1) 高解像度降水ナウキャスト

高解像度降水ナウキャストは，気象業務支援センターが提供する気象情報であり，局地的な大雨の監視・予測能力の強化を目的としている．詳細かつ高精度なレーダ画像と降水量予測を提供するものである．なお，高解像度降水ナウキャストのデータには，降水強度と５分間降水量の２種類があり，両者を活用し，車両プローブ情報との関係を把握する．
・データ取得期間：2022年８月から11月まで４か月
・データ取得箇所：国道357号区間に存在する雨量計（６か所）
・データ内容：降水強度（mm/h），５分間降水量（mm）

(2) 路側雨量計

道路管理者が安全かつ円滑な道路交通の確保のために設置している雨量計によって取得される雨量データを収集し，車両プローブ情報との関係を把握する．以下の期間，場所，データ内容を取得する．
・データ取得期間：2022年８月から11月まで４か月
・データ取得箇所：国道357号区間に存在する雨量計（６か所）
・データ内容：時間雨量（mm/h），連続雨量（mm）

4 車両プローブ情報と気象情報との比較・評価

収集される車両プローブ情報と気象データを，区間ごと等の同一単位に整理したうえで，相関性を把握する．具体的には，以下の検証を行う（図５）．
①グリップレベル情報及び水膜厚とABS，TCS，ESCの発生頻度の相関性の検証
②グリップレベル情報及び水膜厚と降雨状況の相関性の検証
③ABS，TCS，ESCの発生頻度と降雨状況の相関性の検証

上記に加え，ドラレコやCCTV映像を活用し，水膜の生成状況を確認し，実際の水膜生成状況に対する水膜厚推定の妥当性を把握する．

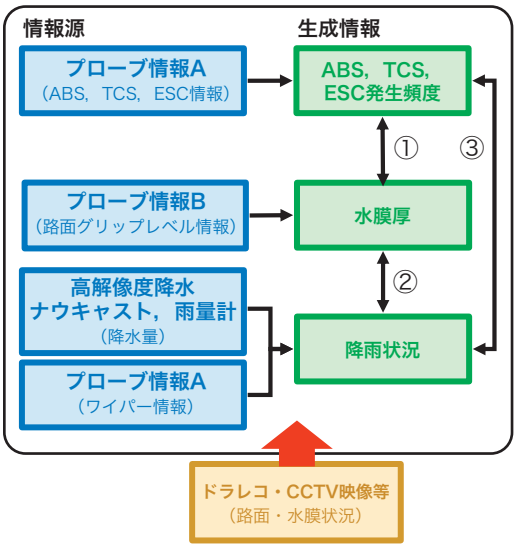


図５　情報源と生成情報

図６は雨が降った2022年８月13日（土）での，１号羽田線及び湾岸線を走行していた車両における，10分ごとのワイパー作動検知率と降水量の関係を示したものである．この場合，高速作動したワイパー作動検知率と降雨量の間に一定の相関が見て取れる．ただし，

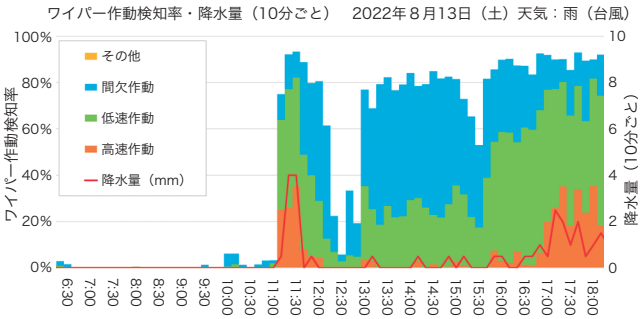
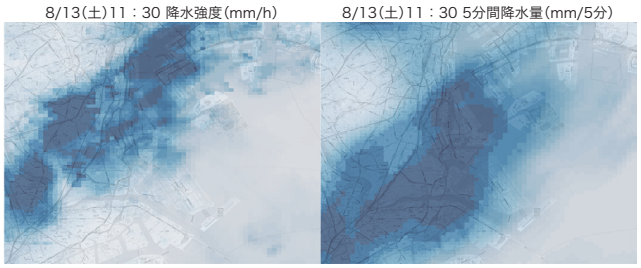


図６　ワイパー作動検知率／降水量の関係例（2022年８月13日（土））

ここでのワイパー作動検知率は全対象区間を対象とした数値であり，降雨量はアメダス羽田観測所で観測された数値である．一定の範囲でのワイパー作動検知率と降雨量が相関する可能性は示されたが，今後は，図７に示した高解像度降水ナウキャスト等のデータを用いて，他のプローブ情報も含め局地的な相関性について検証を行っていく．



出典）© OpenStreetMap contributors
https://www.openstreetmap.org/copyrightの基図に，気象業務支援センター・高解像度降水ナウキャストのデータを追加して作成

図7　高解像度降水ナウキャストの解析データ例
（2022年8月13日(土),11時30分, 左:降水強度, 右:5分間降水量）

5　おわりに

今後，取得される車両プローブ情報と気象データを100m区間単位への整理を実施する．そのうえで，車両プローブ情報の雨天時と晴天時の取得状況の差異を把握するとともに，観測された気象データとの相関性を確認し，情報生成の可能性や，車両プローブ情報によって検出可能な事象，検出精度，分解能等の把握を試みる．それらの結果を踏まえ自動運転の走行支援や道路管理へ活用可能性を整理する予定である．

【参考文献】
(1) 一般社団法人 日本自動車工業会：より安全なクルマづくり…事故を起こさないための予防安全技術…，https://www.jama.or.jp/library/children/encyclopedia/encyclopedia5.html,（参照 2022.08.30）
(2) 気象庁予報部：配信資料に関する技術情報第507号～高解像度降水ナウキャストの改良について～，平成31年２月27日．
(3) 気象庁：国際気象通報式 第８版 第23号，平成２年３月（平成30年12月12日改訂）
(4) 気象庁：国際気象通報式・別冊 第36号，平成９年３月（令和４年１月12日改訂）

【本件問合せ先】
パシフィックコンサルタンツ株式会社 デジタルサービス事業本部 DX事業推進部 交通システム室，〒101-8462 東京都千代田区神田錦町三丁目22番地，03-6777-4476，担当：内山直浩

6 国際連携の推進

全体概要

Overview

梅田学（東京大学，SIP-adus国際連携コーディネーター）
Manabu Umeda (The University of Tokyo, Collaborative Research Coordinator for SIP-adus)

1 国際連携活動の取組

自動運転に関する技術は，既存の自動車メーカのみならず，情報サービス関連企業やスタートアップ含め多様な業種が参画し，劇的に進化してきている．日本の自動車メーカは車両の生産，販売を含め日本のみならず世界市場で活動し，車両技術やインフラストラクチャ，標準化，法的課題，実証実験など様々な活動を世界各地で行っている．

わが国において重要な産業の一つである自動車産業及びその関連企業の国際競争力を維持し続けるためには，自動運転の標準化・基準化活動においてイニシアティブを発揮し，国際的な調和を図っていく必要がある．そのため，SIP第２期自動運転では国際連携の強化を活動の４本柱の一つとして掲げ，その研究成果を積極的に海外に情報発信していくとともに，議論が活性化するような国際的にオープンな研究開発，社会実装の場を創出していくため，必要な調査研究等の活動を行ってきた．

SIP第２期自動運転では，SIP第１期から開始された日独連携活動に加えて，日EU連携活動にも取り組み，定期的な意見交換を実施するとともに，米国とも国際会議等で継続的に情報交換を行い，連携の可能性を模索してきた．こうした自動運転に関する国際連携活動を推進するため，日本国内の大学・公的研究機関との連携・情報共有を文理を問わず幅広く推進し，欧米の研究機関との共同研究を支援した．さらに，これらの国際連携活動の推進体制をSIP第２期自動運転終了後も継続できるような新たな法人組織の立上げについて調整を図った．

2 国際連携重点テーマと国際連携体制の構築

2.1. 国際連携重点テーマの設定

SIP自動運転では，国際連携活動の推進にあたりSIP第１期で取り組んできた国際連携テーマを発展させ，以下2.1.1.～2.1.7.項に示す７つの重点テーマを設定し，その分野での国際連携活動を推進する国際連携テーマリーダーをアサインした．

2.1.1. Dynamic map（ダイナミックマップ）

道路ネットワークを表現した階層構造からなるデジタル地図データベースは，道路構造や周辺環境の精密な再現を含めた拡張性を有している．デジタル地図データベースは車両センサシステムからのリアルタイム情報や，V2X通信による準リアルタイム情報と動的にリンクし，これらのデータベースは産業界と公共事業者の連携を通じて開発が可能となる．【詳細 第６章③】

2.1.2. Human Factors（ヒューマンファクタ）

自動運転における自動化レベルのシフトは作動中の

運転環境や運転者の状態に左右される．運転者の状態認知が維持され，自動化レベルのシフトが正しく行われるように運転者との効果的なコミュニケーション方法を設計することが自動運転システムにとって重要となる．【詳細 第6章④】

2.1.3. Safety Assurance（安全性評価）

自動運転技術を社会実装するためには，どのように安全性を担保するかが非常に重要な要素となる．自動運転に求められる安全性評価のために，信頼できる効率的な試験手法が必要となる．複雑な電子システムとソフトウェアの安全性を確保するため，仮想空間での試験環境が求められており，これらの検証，モデリング，シミュレーションを適用するための評価手法の開発が行われている．【詳細 第6章⑤】

2.1.4. Connected Vehicles（コネクテッドビークル）

高レベルの自動化は運転環境の幅広い状況観察を必要とするため，コネクテッド技術の展開は自動運転システムにとって有益である．近接物は車両に搭載されたセンサによって検知され，遮蔽物により検知困難な車両は車車間通信（V2V）により検知可能となる．また，V2I通信による信号情報等インフラ情報の自動運転車両への提供は，よりスムーズで安全な自動走行を実現するうえで有効である．【詳細 第6章⑥】

2.1.5. Cybersecurity（サイバーセキュリティ）

コネクテッドカーは，DSRCやセルラー通信により利便性や安全性の向上等，様々なサービスを提供できるようになる．一方で，これらのコネクテッドカーはサイバー攻撃のリスクを抱えており，車両のサイバーセキュリティに関して，新たなサイバー攻撃手法がBlackHatをはじめとする国際会議等で継続的に報告されている．サイバーセキュリティ対策は将来にわたりシステムを安全に維持するうえで向上策が取られ続ける必要があり，業界の壁を超えて産業界と政府間の連携を促進し，情報共有することが必要となる．【詳細 第6章⑦】

2.1.6. Impact Assessment（社会経済インパクト）

自動運転技術が社会に広く受け入れられるためには，自動運転技術がもたらす経済的，社会的効用を明らかにするとともに，自動運転がもたらす潜在的なリスクについても正しく社会に認知されることが重要となる．自動運転の技術レベルや普及状況等の動向を踏まえ，日本としての長期ビジョンを整理したうえで，交通事故低減，CO_2排出量の削減，交通渋滞への影響等，インパクトの整理・定量的提示を行い，自動運転がもたらす効用と潜在的リスクについてオープンな議論を行うことが必要である．【詳細 第6章⑧】

2.1.7. Service and Business Implementations（サービス実装推進）

高密度の移動需要がある大都市の都心部では，歩行者中心のマルチモーダルな移動システムが，効果的で持続可能なモビリティとして期待されている．自動運転技術やオンデマンド方式を活用した革新的な移動システムは移動時間を減少させ，乗客の移動時の快適性を改善するとともに，より効率的な運行を促進させる．一方で，個人使用目的の高度な運転支援機能を有した小型車両をお年寄りや交通制約者に提供することが，彼らの積極的な社会活動への参画を促進するために期待されている．

このような自動運転技術を活用した新たなモビリティサービスや移動の変革に関する様々な取組が世界各地で行われている．【詳細 第6章⑨】

2.2. 国際連携体制の構築

SIP第2期自動運転では，上述した重点テーマの各専門家に加え，SIP自動運転における国際連携活動の全体窓口として活動する国際連携コーディネーターを推進委員会の下に配置した．さらには，SIP第2期自動運転終了後を見据えた海外研究機関との長期的・継続的な国際連携体制の構築を目指し，モビリティ・イノベーション連絡会議を開催し，図1に示すような国際連携体制を構築した．この連絡会議は，国内の各大学・研究機関に属する研究チーム・センター等が相互に情報交換，意見交換を行い，学術分野における研究開発活動を推進・連携する場となっている．

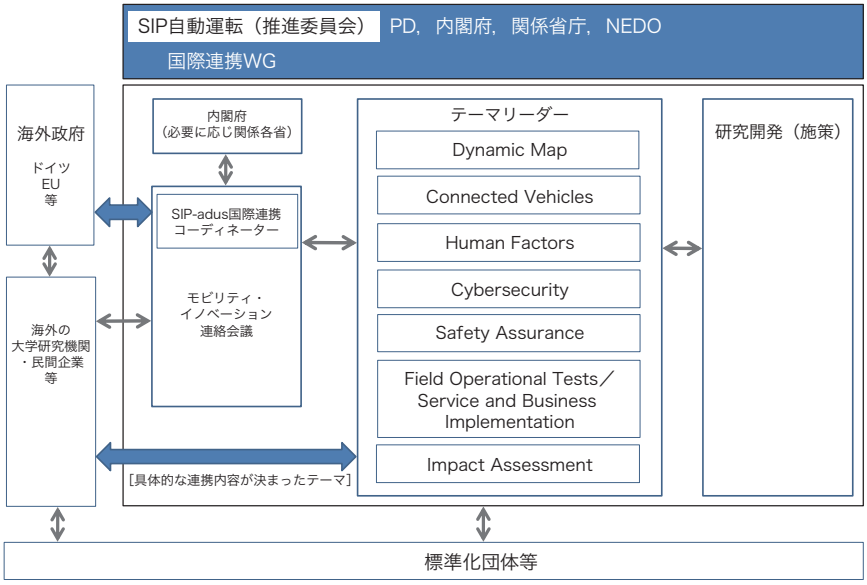


図1　SIP自動運転 国際連携活動体制図

3 国際連携の強化に向けた取組の概要

3.1. 国際会議を通じた専門家のネットワーキング構築と国際動向の情報収集

SIP自動運転の国際連携テーマリーダーは，ITS世界会議や米TRB (Transportation Research Board)，欧州EU-CAD (Connected Automated Driving) といった国際会議に積極的に参加し，海外の専門家と継続的に意見交換を行うことで，彼らが持つ専門家ネットワークの維持・強化を図るとともに，欧米を中心とした最新の国際動向について情報収集を行った．加えて，国際連携コーディネーターが米国運輸省 (USDOT) や欧州委員会研究・イノベーション総局 (DG-RTD) といった政府関係者とのコネクションを持つことにより，欧米政府の自動運転関連の研究プロジェクトに関する最新情報を入手するとともに，各専門家からの国際連携に関する要請に対し欧米政府関係者経由で専門家や研究プロジェクトリーダーを紹介してもらうといった，新たなネットワーキングを構築する体制を整備した．

3.2. 日独，日EU連携活動

日独連携活動は，2017年1月の「自動走行技術の研究開発の促進に関する日独共同声明」に基づき，内閣府とドイツ連邦教育研究省 (BMBF) との間で具体的な連携活動の検討が行われてきた．結果，2019年にHuman FactorsとImpact Assessmentの2領域，2020年には新たにSafety AssuranceとCybersecurityの2領域について日独共同研究の開始が合意され，合計4領域で日独共同研究が行われた．日独連携活動は，一部標準化活動への打ち込みや，研究成果をまとめた日独共同出版，ワークショップ等を通じた若手研究者の人材交流等，各研究領域で様々な成果が出され，自動車産業を基盤とする日独両国で連携することの重要性が示された．これらの成果概要をまとめた日独共同brochureが後日発行される予定である．

日EU連携活動は，欧州の研究・イノベーション枠組み計画であるHorizon 2020のプロジェクトとSIP自動運転研究プロジェクトの間で，既存プロジェクト間同士での連携を検討していくことを欧州委員会研究・イノベーション総局 (DG-RTD) と合意し，連携の可能性を検討してきた．結果，Horizon 2020傘下の3つのプロジェクトで合同ワークショップ開催等の連携が行われた．欧州では2021年から新たな研究・イノベーション枠組み計画であるHorizon Europeがスタートし，本枠組みのもとで立ち上がる自動運転関連研究プロジェクトとの連携が望まれている．【詳細第6章②】

3.3. SIP-adus Workshopの開催

自動運転の研究開発におけるわが国のイニシアティブ向上，わが国発の技術の訴求，国際標準化等に向けたハーモナイゼーション，共同研究等による国際連携

の促進を目的とした情報発信のため，SIP-adus Workshopと冠した国際会議をSIP第1期より行っている．（図2）本ワークショップは2014年より毎年11月に継続的に開催され（2022年のみ10月に開催），現在では日本が主催する自動運転研究に関する国際会議として認知されている．

本ワークショップは一般公開されるPlenary Sessionと，招待された専門家間による深い議論の実施を目的としたBreakout Workshopからなり，国際連携重点テーマに基づき各セッションが構成されている．2020，2021年はCOVID-19の影響によりオンライン形式による開催となったが，2022年は京都を会場として3年ぶりに対面形式のワークショップが開催された．【詳細 第6章①】

図2　2022年SIP-adus Workshopでの記念撮影

3.4. 国際的にオープンな大規模実証実験環境の提供

交通量が多い高速道路や交通環境が複雑な一般道において，本線合流支援情報や渋滞情報，信号情報等を用いたインフラ協調型の情報活用による技術課題の解決に加え，自動運転車開発の促進，国際的な協調／標準化の推進，社会的受容性の醸成，優れた技術の訴求を目指して，東京臨海部副都心地域，羽田空港地域，羽田空港と臨海副都心等を結ぶ首都高速道路等の東京臨海部において大規模実証実験を実施した．

東京臨海部実証実験の実施にあたっては，国際的にもオープンな実験環境を整備することにより，海外からも自動車メーカや部品メーカが実証実験に参加し，公道の実交通環境下において，自動運転実用化に向けた基盤技術の検証等が行われた．

3.5. 国際標準化活動

国際標準化活動については，グローバル市場における製品やサービスの円滑かつスピーディーな市場化のために，標準化団体との連携を強化している．一般社団法人日本自動車工業会（自工会）や公益社団法人自動車技術会（自技会）に加え，一般社団法人日本自動車部品工業会（部工会），一般社団法人電子情報技術産業協会（JEITA），一般社団法人UTMS協会，一般社団法人電波産業会（ARIB），ITS情報通信システム推進会議（ITS Forum）等とも連携し，ISO，IEC，ITU等におけるデジュール標準と国際的に影響力のある業界標準化団体との連携によるデファクト標準の両面で標準化を進めている．

4 持続的な国際連携活動の推進に向けた今後の取組

SIP自動運転では，国際連携活動を重要な取組と位置づけ，重点テーマの国際連携リーダーや国際連携コーディネーターの配置等を含め，専門家レベル・政府レベルでの国際連携体制を構築し活動を行ってきた．

自動運転の社会実装に向けた取組は，米国，欧州，中国を中心に世界各地で行われているが，まだ実証実験段階のものがほとんどであり，今後社会に実装され，普及していくためには，世界各地で行われている様々な取組を通じて得られた課題や経験を共有し，協調領域において標準化を含めた国際調和を図っていくことが重要となる．

国際連携活動を推進していくうえで，海外の政府・研究機関との信頼関係の構築は必要不可欠であり，SIP自動運転の国際連携活動を通じて構築した海外政府機関，専門家との信頼関係をSIP第2期自動運転終了後も継続・発展させていくことが望まれる．実際に，日独連携，日EU連携活動を行ってきたドイツ連邦教育研究省，欧州委員会研究・イノベーション総局は，SIP第2期自動運転終了後もわが国との連携活動の継続を強く要望している．

SIP自動運転では，第2期の活動当初からこのような継続的な国際連携体制の構築を目指し，モビリティ・イノベーション連絡会議を中心とした学学連携体制を有効活用しつつ，海外の産官学が連携した研究組織等とも対等に対話し，またわが国における自動運転関連の国際連携活動の窓口となるような組織の設立に向けた検討，調整を行ってきた．その結果，SIP自動運転にて構築したモビリティ・イノベーション連絡会議の枠組みを引き継ぎ，日本におけるモビリティ・イノベーションに関する取組を連携・促進し，社会経済及び学術研究の発展に貢献する組織として，一般社

団法人モビリティ・イノベーション・アライアンスが2022年７月に新たに設立された.

一般社団法人モビリティ・イノベーション・アライアンスは，2022年10月に京都で開催されたSIP-adus Workshopを内閣府，NEDO，同志社大学と共催した.また，本ワークショップの併催イベントとして学生を対象にした「モビリティを活用したビジネス・イノベーション・コンテスト2022」を東京大学モビリティ・イノベーション連携研究機構，同志社大学モビリティ研究センターと共催した.

今後は関係府省庁から自動運転等に関する海外との国際研究活動のワンストップサービス的な窓口としての位置づけを得るとともに，学学連携体制を拡充していくことで産官と学との連携の架け橋としての役割を担いつつ，新たな国際共同研究テーマの検討・提案を行って国際連携活動を推進していくことが期待される.

【本件問合せ先】
東京大学 モビリティ・イノベーション連携研究機構，〒153-8505
東京都目黒区駒場４-６-１，03-5452-6801，担当：梅田学

①SIP-adus Workshop

SIP-adus Workshop

舟橋恵（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）
Megumi Funahashi (New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO))

（概要）SIP-adus Workshop 2022が10月11日から京都で開催された．2014年から数えて9回目，SIP自動運転として最後のワークショップである．3年ぶりに会場で研究者同士が直接顔を合わせて議論を繰り広げた．日本国内外への情報・研究成果の発信，海外研究者とのネットワーク構築，国際的に活躍できるリーダーの育成を目的に発足した日本が主催するこの国際会議は，回を重ねるごとにその存在感を高め，SIP自動運転の国際連携活動推進の一翼としてその役割を果たして来た．このワークショップを通して築かれた国内外の研究者同士の連携や，新たにできた若い世代との繋がりは，これからの自動運転技術の発展や社会実装の過程に引き継がれるものである．

キーワード：SIP-adus Workshop，国際連携，国際会議，日独連携，日EU連携

1 SIP-adus Workshopとは

1.1. SIP-adus Workshopの目的

SIP-adus Workshopの開催の目的は大きく５つある．日本の自動運転技術の研究開発における成果を海外へ発信すること．海外での同技術開発における最新情報を共有すること．国内外で自動運転開発に関わる者同士のネットワークを構築すること，国内の関係者へもこれらの情報を発信すること，そして国際的に活躍のできるリーダーをこの活動を通じて育成することである．

SIP自動運転の活動の４本柱の一つに，国際連携の強化が挙げられている．自動車の市場は国内外に広がり，その広大な市場の中でより商品を普及させ，更に競争力を強化する必要がある．自動運転技術も日本国内だけでなく海外でも受け入れられる技術としていくために，日本からも積極的に開発技術の国際標準化活動を進め，また国際的に情報発信をすることが重要となる．そのためにSIP自動運転では，国際連携を重点的に推し進めるべきテーマを設定，あわせて国際連携を推進する国際連携コーディネーターを配し，国際的に共通する自動運転の課題について国境を越えて情報交流し，これらの課題について日本から国際標準化を推し進め，活動や成果を積極的に情報発信していくこととした．この活動を促進するものとして，冒頭に挙げた５つの目的を掲げ，日本が主催する形でSIP-adus Workshopという国際会議を発足させた．

SIP-adus Workshopは2014年に第１回を開催．以来，毎年秋に国内外からの専門家を集め，SIP-adusとしての最終年度である2022年度まで，回を重ねるごとにその国際認知度を上げてきた．自動運転分野の専門家が一堂に会し，研究開発とサービスの実用化の領域について，ディスカッションによる意見・情報交換等を通じてより広く情報発信と国際ネットワークの充実を図り，この目的の達成に努めてきた．

1.2. SIP-adus Workshopの構成

このワークショップは一般公開されるPlenary Sessionとそれに続いて行われる招待された専門家間での議論の場となるBreakout Workshopで構成されている．[(1)(2)] Plenary SessionではSIPを担当する内閣特命大臣，米国，欧州の政府代表とSIP自動運転のプログラムディレクターのスピーチに始まり，研究領域ごとにその分野の専門家がプレゼンテーションを行う．関係各省庁もそれぞれの担当分野における日本としての取組方針を紹介する．これらの共有，発信された情報をベースに，Breakout Workshopでは専門領域ごとの分科会として専門家がより深く議論と意見交換を行う．３日間のプレゼンテーション，ディスカッションのモデレー

ターを務めるのは，SIP自動運転の国際連携コーディネーターと，国際連携の重点テーマの各リーダーである．彼らが年ごとに築き上げた国内外研究者との繋がりを活かし，講演者やディスカッションメンバとしての参加を調整し，この場をリードする役割を担う．

2 SIP-adus Workshopの歩み

2.1. 2019年度までの会場開催

2014年11月に第１回のSIP-adus Workshopが開催された．それ以来，認知度の向上に伴い参加者は年々増加．参加者の国籍もバラエティーに富むようになり，９か国420名の参加で始まったワークショップも，2019年には23の国と地域から500人を超える人が会場に集まった．Plenary Sessionの講演は毎年50人から60人が登壇するが，その約半数は海外からこの会のために来日する．国際連携コーディネーターと国際連携重点課題の各テーマリーダー達がそれぞれの分野での日EU・日独研究連携や国際標準化活動，海外で開催される国際会議への積極的な参加を通じてSIP-adusの存在感を高め，関係を構築した成果でもある．

取り扱う分野は，その年のSIP自動運転の国際連携の重点テーマである．第１回目はDynamic Map，Human Factors，Next Generation Transport，Connected Vehicles，Impact Assessmentの５テーマであった．その後プログラム全体の活動や研究開発の動向に合わせる形で，Security，Connected Vehicles，FOTs（Field Operational Tests）などの技術テーマのほか，欧米を中心とした各国・地域の動向について紹介するRegional Activitiesが加えられるなど進化を続けてきた．Plenary Session以外でも，会場では分野ごとの成果を紹介するポスターセッションを行い，開催年によっては自動運転車への試乗会（図１）を併催するなど，日本の自動運転開発やSIP自動運転の活動成果について発信する場も設けた．

図1　2015年度開催試乗会の様子

2.2. COVID-19による変化

2020年度，2021年度は世界中を見舞ったCOVID-19の影響により日本国内外で人の往来が制限されるなか，Web形式での開催を決断した．Plenary Sessionの２日間，日英２か国語で，日本だけでなく米州・欧州の時間帯に合わせた配信をし，より参加者がアクセス，視聴しやすい方法を採用した．また，開催から１か月後にオンデマンド配信を１か月間行った．この２回のWeb開催では，会期中だけでも視聴者は1,000人を超え，２度目の2021年（図２）でもその約45％がワークショップへの参加が初めての人たちであった．顔を合わせての交流は叶わなかったものの，SIP自動運転からの発信がより多くの人々へ届く結果となった．これまで興味がありつつも会場へ来ることのできなかった人達の潜在的なニーズを掘り起こすことができたとも言うことができる．その一方で，Plenary Sessionのみの構成であった2020年の開催後に，専門家同士で踏み込んだ議論ができるBreakout Workshopの重要性が改めて認識された．また，オンラインネットワークを通じてコミュニケーションは可能であるものの，Face-to-Faceでの相互理解のスムーズさや深さには及ばないということも参加者から共通して指摘された点であった．

図2　SIP-adus Workshop 2021（Web開催）講演者一同

2.3. 2022年SIP第2期最終年度開催

2022年度は，まだ生活の中にCOVID-19による影響はあるものの，『with コロナ』に向けて各種イベントの開催方法が見直されつつあった．SIP自動運転でも対面式での議論を復活させるべく，３年ぶりとなる会場での開催を決定．これまで会場としてきた東京で

はなく，日本を代表する国際都市の一つである京都へ集まり，会期中は会場での参加を基本として直接に交流することを重視する形でPlenary SessionとBreakout Workshopを実施した．（図3）２度にわたるCOVID-19影響下での開催経験より専門家同士のコミュニケーションを重視したものであるが，それだけではなく，Plenary Sessionは後日Web配信することで来場が叶わなかった人々へもより広く講演を届けることとした．

Human Factors，Impact Assessment，Dynamic Map，Connected Vehicles，Cybersecurity，Safety Assurance，Service and Business Implementationの７テーマに加え，SIP第２期の最終年度として自動運転開発約10年の歩みの総括と今後について米・欧・日研究者の代表が議論をするパネルディスカッションをプログラムに加えた．また，モビリティを活用したビジネス・イノベーション・コンテスト（M-BIC）2022[(3)]中間大会の併催と相互告知，会場である同志社大学の学生にも来場者への案内サポートとして参加してもらうことなどを通して，自動運転とこれから関りを深める世代へも新たに繋がりを築くことができた．

3 SIP-adus Workshopの成果とその継承

SIP第１期の2014年からSIP第２期2022年の全９回の開催を通じて，日本における自動運転に関する国際会議としてSIP-adus Workshopは広く海外でも認知されるものとなり，社会の動きなどに合わせて開催の形態や構成を見直しつつ，毎年最新の研究開発の動向を共有，SIP-adusの活動成果の発信を続けた．それぞれのテーマリーダーは各議論テーマに求められる研究者を招集しそれぞれの議論を主催し，ディスカッションを通して築いた関係は翌年以降の研究とワークショップのための新たなネットワークとなった．これらは，SIP-adus Workshop発足当時からの目的を十分達成できたということである．

SIP-adusとしてのワークショップ開催は2022年度で最後となるが，積み重ねて来たこれらの成果は，会議という形に限らず，各研究者同士の関係や今後の日本の自動運転分野の技術研究の中に引き継がれるものである．

【参考文献】
(1) SIP-adus Webサイト，https://www.sip-adus.go.jp/，（参照 2022.10.21）
(2) 田中孝浩ほか：SIP-adus Workshop，SIP第２期「自動運転（システムとサービスの拡張）」中間成果報告書（2018～2020），pp.179-182，2021.
(3) M-BIC Webサイト，http://webpark5061.sakura.ne.jp/2022/，（参照 2022.10.21）

【本件問合せ先】
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 ロボット・AI部 モビリティグループ，〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310 ミューザ川崎セントラルタワー15階，044-520-5241（部直通），担当：田中孝浩（プロジェクトマネジャー），舟橋恵

図3　SIP-adus Workshop 2022開催の様子

②日独連携，日EU連携

Japanese-German and Japanese-European Cooperation

梅田学（東京大学，SIP-adus国際連携コーディネーター）
Manabu Umeda (The University of Tokyo, Collaborative Research Coordinator for SIP-adus)

（概要）SIP第2期自動運転における政府間の国際連携活動として，SIP自動運転に対し日独連携やEUプロジェクトという枠組みでの共同研究のオファーが寄せられ，日独連携，日EU連携としてドイツ連邦教育研究省（BMBF）及び欧州委員会研究・イノベーション総局（DG-RTD）と連携活動を行った．日独連携では，自動運転分野に関する日独連携活動の意思決定を行うステアリング委員会にて，自動運転に関するヒューマンファクタ，社会経済インパクト，安全性評価，サイバーセキュリティの4つの研究分野で共同研究計画が承認され，連携活動が行われた．日EU連携では，欧州委員会が進める研究開発枠組みプログラムであるHorizon 2020のプロジェクトとの連携活動についてオファーがあり，Horizon 2020傘下の3つのプロジェクトを中心に連携活動が行われた．

キーワード：日独連携，日EU連携，Horizon 2020

1 背景

SIP第２期自動運転では，柱となる４つの取組領域の一つとして「国際連携の強化」を掲げ，世界各地で行われている自動運転の実証実験や様々な国際的議論に対して，自動運転分野における海外研究機関との国際的な共同研究等の連携活動を促進している．

欧州においては，ドイツ政府が進める研究開発プロジェクトのPEGASUSや，欧州委員会が進める研究開発枠組みプログラムであるHorizon 2020のもとで，Connected and Automated Drivingに係る多数の研究プロジェクトが進められ，SIP自動運転に対して日独連携やEUプロジェクトという枠組みでの共同研究のオファーが寄せられた．こうした状況を受け，SIP自動運転では政府間で連携活動をサポートする体制を構築し，日独連携，日EU連携として国際連携活動を行った．

2 日独連携活動の概要

自動運転に関する日独連携については，内閣府とドイツ連邦教育研究省（BMBF）との間で，2017年１月12日に「自動走行技術の研究開発の推進に関する日独共同声明（Joint Declaration of Intent）」が締結されたのを機に活動が進められてきた．

日独連携による自動運転の研究開発を促進するため，内閣府，経済産業省，BMBF，ドイツ経済・エネルギー省及び日独関係省庁等の関係者や専門家等により構成され，自動運転分野に関する日独連携活動の意思決定を行うステアリング委員会が設置された．また，ステアリング委員会の下に専門家間の意見交換を行う専門家ワークショップ，及びそれらの活動を調整・サポートする調整事務局を設置した図１のような日独連携体制を構築し，活動を行った．

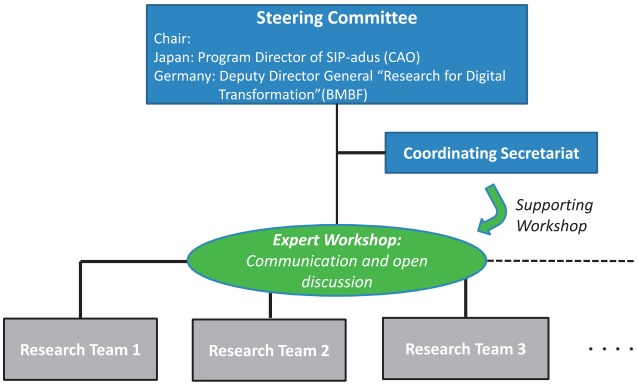


図１　日独連携体制図

具体的な連携研究項目を論議する日独連携専門家ワークショップは，SIP-adus Workshopの開催に合

わせて2017年11月に第１回が開催された．以降，年１回のペースで開催され，2022年10月まで計６回の専門家ワークショップが開催された．ワークショップでは，自動運転に関するヒューマンファクタ，社会経済インパクト評価，安全性評価等，様々な研究分野の専門家が参加し，専門家間の議論が行われた．

日独連携の具体的な連携研究テーマの論議，連携研究活動の承認を行う日独連携ステアリング委員会は，2019年１月に第１回が開催され，以降2022年度末までに計６回開催された．

また，日独連携活動を進めるにあたり，各連携研究テーマ間のコミュニケーションを円滑に行うため，各研究テーマの窓口担当者リストを2019年11月に日独双方で作成し，共有した．

日独連携活動は，一部標準化活動への打ち込みや，研究成果をまとめた日独共同出版，ワークショップ等を通じた若手研究者の人材交流等，各研究領域で様々な成果が出され，自動車産業を基盤とする日独両国で連携することの重要性が示された．これらの成果概要をまとめた日独共同brochureが後日発行される予定である．

2.1. ヒューマンファクタ，社会経済インパクト評価の日独連携活動

2017年11月及び2018年９月に行われた日独連携専門家ワークショップにて，自動運転に関するヒューマンファクタ，社会経済インパクト評価の研究開発について議論が行われ，2019年１月に行われた第１回日独連携ステアリング委員会にてこれら２分野の共同研究計画が承認された．

自動運転に関するヒューマンファクタでは，自動運転車にとって必要不可欠な外部環境とのコミュニケーションに関し，日独間でコミュニケーションの合図に対する解釈の違いが存在するかどうか，存在する場合はどのように対処するか等について，日独の学術研究者により共同で調査が行われた．

社会経済インパクト評価では，自動運転の実現によりもたらされる，より安全で効率的な交通流，交通渋滞の削減，交通死亡事故の低減等について，それらの影響を定量的に算出するための科学的な手法開発を行うとともに，自動運転に対する社会的受容性の醸成に関する日独の違いについても研究が行われた．

2.2. 安全性評価，サイバーセキュリティの日独連携活動

上述したヒューマンファクタ，社会経済インパクト評価の共同研究活動に続き，更なる連携研究テーマとして安全性評価，サイバーセキュリティの２分野について，連携に向けた検討を進めることが2019年11月に行われた第２回日独連携ステアリング委員会にて合意され，2020年５月に開催された第３回日独連携ステアリング委員会にて，両分野の新しい共同研究計画の開始が承認された．

安全性評価では，自動運転に求められる最大限の安全性評価のために，検証，モデリング，シミュレーションを適用するための評価手法の開発が行われた．

サイバーセキュリティでは，開発プロセス段階で既に開始されている初期段階における現代の自動車の潜在的なセキュリティの脅威を検出し，排除する手法の開発が行われた．

3 日EU連携活動の概要

日EU連携活動は，欧州委員会が進める研究開発枠組みプログラムHorizon 2020において，日本を含む米国，アジア・オセアニア等海外との連携を推奨していることを踏まえ，2018年４月のSIP自動運転と欧州委員会研究・イノベーション総局（DG-RTD）間での意見交換会を機に，具体的な日EU連携について検討を行ってきた．

その後，2019年11月の欧州委員会DG-RTDとの会合にて，欧州Horizon 2020のプロジェクトとSIP自動運転研究プロジェクトの既存プロジェクト間での連携をベースに検討していくことが合意され，以降，後述する３つのHorizon 2020プロジェクトを中心に連携活動が行われた．

日EU連携は日独連携と異なり，共同研究の形で新たなプロジェクトを立ち上げるのではなく，Horizon 2020とSIP自動運転の既存プロジェクト間での連携をベースとして活動している点が特徴である．

日EU連携活動の推進にあたり，日EU各プロジェクト間での連携をベースとし，調整事務局間でプロジェクト間の連携状況をモニタ・サポートする図２のような連携体制を構築し，活動を行った．

調整事務局間の会合は2020年５月より開始され，以降数か月に１回の頻度で定期的に会合を行い，プロ

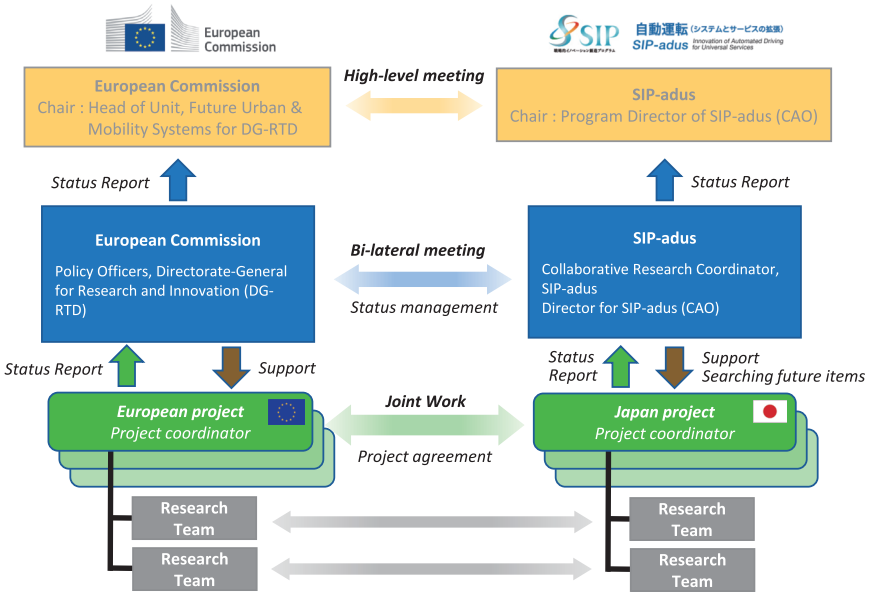


図2　日EU連携体制図

ジェクト間の連携活動の状況について確認するとともに，新たな連携の可能性について議論を行った．また，政府関係者を含むハイレベルミーティングは，2020年の日EU連携活動内容を取りまとめた連携活動レポート（Annual Status Report）の報告と併せ，2021年３月に第１回が開催され，2022年７月に第２回が開催された．なお，連携活動レポートは2020年以降毎年発行している．

また，日EU連携活動を広く対外に発信すべく，ITS世界会議にて欧州委員会との日EU共同セッションを企画，開催した．本共同セッションは2021年の独ハンブルグ，2022年の米ロサンゼルスと２年続けて行われ，SIP自動運転の取組内容を紹介するとともに，日欧双方から日EU連携について紹介を行った．

3.1. 欧州HADRIANプロジェクトとの連携活動

自動運転の安全性を高めるためのHuman Machine Interface（HMI）の研究開発分野において，欧州HADRIANプロジェクトと，SIP自動運転ヒューマンファクタ研究プロジェクトの専門家間での定期的な情報交換を行った．2022年９月には共同のワークショップが開催され，専門家間での意見交換が行われた．

3.2. 欧州HEADSTARTプロジェクトとの連携活動

安全性評価の研究分野では，欧州委員会DG-RTDの仲介により，欧州HEADSTARTプロジェクトとの連携活動が行われた．なお，2020年９月以降は，経済産業省施策のSAKURAプロジェクトと合同で打ち合わせを行い，安全性評価に係る情報交換や具体的な連携内容の議論を行った．

本連携の成果として，2021年12月に自動運転の安全性評価の調和に向けたWhite paperを欧州HEADSTARTプロジェクト，SAKURAプロジェクト，SIP自動運転の３者共同で発行し，公表した．

3.3. 欧州SHOWプロジェクトとの連携活動

都市部における自動運転サービス実用化研究に関し，東京大学モビリティ・イノベーション連携研究機構（UTmobI）とITS Japanが，都市部を中心としたモビリティサービスの大規模実証を行う欧州SHOWプロジェクトと2020年９月にNDA（秘密保持契約）を締結し，連携活動を行った．2021年10月にはMOU（研究連携協定）が締結され，現在も継続して連携活動が行われている．

2022年６月と７月には共同ワークショップを開催し，自動運転レベル４モビリティサービスの実用化に向けた課題について専門家間で意見交換が行われた．

4　今後に向けて

SIP第２期自動運転の日独連携，日EU連携活動は，COVID-19の影響による渡航規制により対面会議が実施できない難しい状況の中，オンライン会議等を活用し共同ワークショップの開催等，多くの専門家間の交流・連携活動が行われ，研究データの交換や共同出版，

White paperの発行等，様々な成果が得られた．

実際に日独連携，日EU連携活動を行ってきたドイツ連邦教育研究省，欧州委員会研究・イノベーション総局からは，SIP第２期自動運転終了後も連携活動の継続を強く要望されており，これまでの活動を通じて構築したわが国との信頼関係を維持し，SIP第２期自動運転終了後も日独連携，日EU連携活動を継続・発展させていくことが望まれている．

欧州では，上述したHorizon 2020の研究開発枠組みプログラムが2020年で終了し，2021年から新たな研究開発枠組みプログラムであるHorizon Europeが立ち上がった．Horizon EuropeでもHorizon 2020と同様に日本を含む海外との連携が推奨されており，2022年６月以降，Horizon Europeの枠組みで自動運転分野に関する様々な研究開発プログラムが立ち上がっている．今までの日EU連携活動で構築した関係を活用し，Horizon Europeプロジェクトとの新たな連携活動が期待されている．

SIP第２期自動運転の終了に伴い現在の連携体制は終了となるものの，日独連携・日EU連携の活動継続に向け新たな枠組みの構築が期待される．

【本件問合せ先】
東京大学 モビリティ・イノベーション連携研究機構，〒153-8505
東京都目黒区駒場４-６-１，03-5452-6801，担当：梅田学

③ダイナミックマップ

Dynamic Maps

中條覚（東京大学）
Satoru Nakajo（The University of Tokyo）

（概要）ダイナミックマップの国際連携活動は，国内におけるSIP-adus研究開発成果をもとに行っている．活動の主たる目的は，SIP-adus，特にその中でもダイナミックマップに関する活動及び研究開発成果を海外に周知するとともに，それらに関するフィードバックを得ること，及び国際標準との整合を確保することである．具体的な活動は，各種国際会議での発表等，国際標準化活動，業界標準活動，日米欧三極連携活動に大別できる．SIP第２期の活動においては，ITS世界会議をはじめとする複数の国際会議での発表とともに，ISO17572-1,4（位置参照手法），ISO20524-1,2（地理データファイル）の4つの国際標準成立，デジタル地図に関する業界標準活動であるOADF（Open Auto Drive Forum）へのステアリングメンバとしての正式な参画，またOADF参加団体であるADASIS（Advanced Driver Assistance Systems Interface Specification Forum）の仕様を活用したうえでのSIP-adus実証実験の実施といった成果を得ている．

キーワード：交通環境情報，位置参照手法，デジタル地図，国際標準，OADF（Open Auto Drive Forum）

1 取組の全体像

ダイナミックマップの国際連携活動の主たる目的は，SIP-adus，特にその中でもダイナミックマップに関する活動及び研究開発成果を海外に周知するとともに，それらに関するフィードバックを得ることである．

具体的には，①各種国際会議での発表等，②国際標準化活動，③業界標準活動，④日米欧三極連携の４つの活動を実施した．

各種国際会議での発表は，ITS世界会議での発表をはじめ，複数の国際会議での発表等を行っている．国際標準化活動は，これまでにSIP-adusが支援してきた複数のアイテムが国際標準成立となった．具体的には，ISO17572-1,4（位置参照手法），ISO20524-1,2（地理データファイル）の４つである．さらには，TS22726-1,2（自動運転システムのアプリケーションのための準動的情報及び地図データベース仕様）について，新たな標準化アイテムとして提案を行った．業界標準活動においては，年複数回開催されるOADFイベントに継続的に参加し，SIP-adus の進捗状況を参加者に説明するとともに，月１回程度で開催されるOADFステアリングコミッティに参加し，OADF運営の方向性議論に参加している．また，参加団体の一つであるADASISと覚書を締結し，SIP-adus実証実験へ向けた仕様開示を受け，ADASIS仕様を用いた実証実験を行い，その結果のフィードバックを行った．日米欧三極連携活動においては，当該活動の一つである，Physical and digital Infrastructure SWGにおいて，欧米の窓口担当者と共に，定期的な情報交換を行った．

2 国際会議での発表等

SIP第２期前半においては，以下の国際会議での発表等を行った．各回の発表では，SIP-adusにおけるダイナミックマップの位置づけとともに，これまでの研究開発成果，及び第２期活動における取組概要を説明した．

特に第２期の活動においては，ダイナミックマップは動的情報連携に力点を置いていることを踏まえ，説明においても，静的な地図のみならず動的な情報も一体的に取り扱うことを念頭に様々な実証実験等を行っていることを強調した．

・2018年ITS世界会議（コペンハーゲン）
・2019年AVS（サンフランシスコ）
・2019年ITS世界会議（シンガポール）
・2020年International Conference on HD Maps for Autonomous Vehicle（台北：ビデオ参加）
・2021年ITS世界会議（ハンブルグ：ビデオ参加）
・2022年ITS世界会議（ロサンゼルス）

3 国際標準化活動

3.1. SIP第2期の活動概要

ダイナミックマップの国際連携活動では，SIP第1期から継続的にISO/TC204/WG3（ITS地理情報）に関わってきた．ISO/TC204/WG3は，ITSにおける国際標準を検討しているTC204において，主にデジタル地図及び空間情報に関する国際標準を検討している．これまでのSIP-adusの活動により，ISO17572-1,4（位置参照手法），ISO20524-1,2（地理データファイル）の4つの国際標準が成立した．さらには，TS22726-1,2（自動運転システムのアプリケーションのための準動的情報及び地図データベース仕様）について，新たな標準化アイテムとして提案を行った．以下に，それぞれの国際標準の概要を述べる．

3.2. ISO17572-1,4（位置参照手法）

位置参照手法とは，異なったアプリケーションや地図データベース間で情報交換をする場合の位置の表現方式に関する標準である．交通情報等を異なったシステム間で交換する場合に，どの場所でのことなのかを異なった地図データベースを使っていてもわかるようにすることが目的である．

過去の活動において，Pre-coded方式（ISO17572-2），Dynamic方式（ISO17572-3）の標準は成立していた．Pre-coded方式は，あらかじめ皆で共通で用いるID（道路リンク等）を定めておき，これをもとに位置参照を行う方式である．VICS（Vehicle Information and Communication System）や欧州等で用いられているRDS-TMC（Radio Data System, Traffic Message Channel）などで用いられている．Dynamic方式は，緯度経緯度＋αの情報を伝達することにより，位置参照を行う方式である．

上記に加え，2016年4月に協調／自動運転システムのための高精度な位置参照を可能とする第4のプロファイル「高精度相対位置参照手法」の追加が承認され，NP 17572-4として作業を開始した．本提案は，SIPadusにおける検討などを踏まえ，日本が提案を行った．その後，標準検討・審議の過程を経て，2020年4月にISO（ISO17572-4）が発行された．

高精度相対位置参照手法においては，図1に示すとおり2つの方式を規定している．方式1はレーン番号カウントであり，レーンが存在する道路部位に適用し，レーンを特定するために活用する．方式2は，参照ポイントからの差分計測であり，明確なレーンを定義しにくい道路部位（交差点内や料金所前後など）などで適用する．正確な位置を表現するために，参照ポイントから概ね200m以内でのエリアで適用することとしている．ISO17572-4は，2020年4月にISO発行となった．さらには，本標準の成立等を踏まえ，位置参照手法の基本的な考え方と参照すべき文書を定めたISO17572-1の改定を行い，高精度相対位置参照手法を国際標準で定める位置参照手法の一つに明示的に位置づけた．ISO17572-1の改訂版は，2022年7月に発行された．

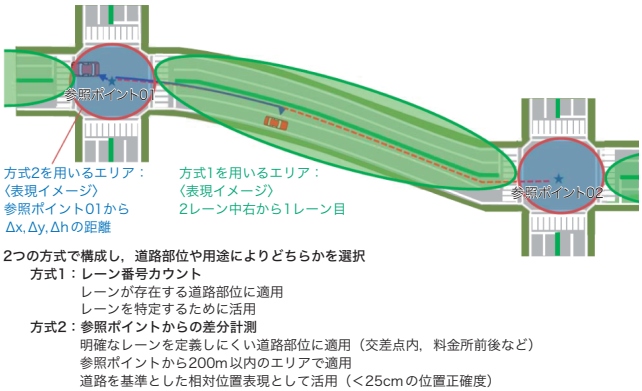


図1　高精度相対位置参照手法の基本概念図[1]

3.3. ISO20524-1,2（地理データファイル）

地理データファイル（GDF：Geographic Data File）は，これまでカーナビゲーションシステムを主要対象とした地理データを扱ってきた．その後，協調ITS，マルチモーダルナビゲーション，自動運転システム等の新規アプリケーションの出現に呼応し，改訂のニーズが高まってきた．これを踏まえ，2014年10月にPWI 20524が承認されGDF 5.0を改訂する作業が開始された．このうち，自動運転システムについては，日米欧からのインプットを踏まえ，日本リードで議論を進めてきた．最終的に，パート1は2020年4月にISOが発行され，パート2は2020年10月にISO発行となった．

3.4. TS22726-1,2（自動運転システムのアプリケーションのための準動的情報及び地図データベース仕様）

TS22726は，様々な地理データについて，自動運転での活用を念頭に，静的な情報と準動的な情報を一体的に取扱い可能とするための仕様である．SIP-adusにおける検討成果等を踏まえ，日本が提案を行った．2022年９月時点では，いずれもWD（working draft）をとりまとめている段階である．

4 業界標準活動

SIP-adusは，自動運転に関するデジタル地図に関する業界標準団体であるOADFに継続的に参加してきた．OADFは2015年より開始された，標準化団体間での情報共有を目的としたフォーラムである．SIP-adusは，2016年に行われた第５回会議（北京）に参加し，議長と個別会談を行うとともに，第６回会議（ブリュッセル）から継続的に発表を行っている．2017年には，SIP-adus Workshopと合わせて第８回会議を東京でホストした．そうした活動を経て，2019年よりステアリング会議のメンバとなり，活動を行った．

現在，OADFには，正式メンバとして，図２に示す以下の６団体が参加している．

- ADASIS：Advanced Driver Assist Systems Interface Specification
- NDS：Navigation Data Standard
- SENSORIS：Sensor Interface Specification
- SIP-adus
- TISA：Traveler Information Services Association
- TN-ITS：Transport Network Intelligent Transport Systems

さらには，ASAM（Association for Standardization of Automation and Measuring Systems）が主導するOpenDRIVE及びOpenSCENARIOといわれるシミュレーション標準とも継続的な議論を行っていた．

OADF自体では標準は定めず，あくまで参加する各団体の情報交換を主目的に活動している．SIP-adusは標準化団体ではないが，各種業界標準に参考となる実験成果を提供する位置づけで参加していた．

OADFにおける継続的な議論を踏まえ，SIP-adusは，

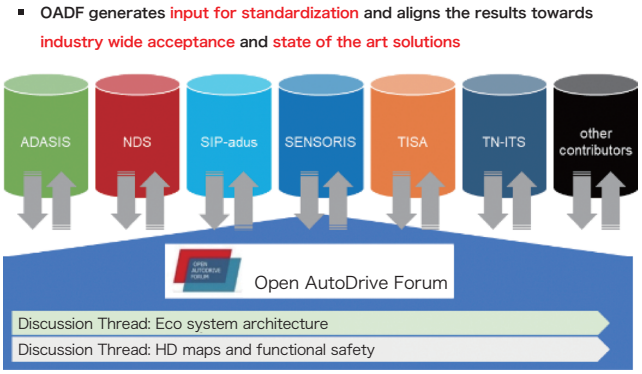


図２　OADFにおけるSIP-adusの位置づけ[2]

2019年にADASISと覚書を交わし，SIP-adus実証実験での活用可能性検討へ向けて，ADASIS仕様（version 3）の開示を受けた．その後，適宜ADASISと個別の意見交換を実施しつつ，SIP-adus実証実験でADASIS仕様を活用し，評価及び評価結果のADASISへのフィードバックを行った．

5 日米欧三極連携活動

日米欧三極連携活動は，2009年に欧州委員会と米国運輸省で交わされた覚書，2010年及び2011年に日本の国土交通省が，日米及び日欧のITS分野における協力に関する覚書を締結したことをもとに行われている，政府主導による国際連携活動である．

これまでSIP-adusは，自動運転に関する取組に参加し，欧米の関係者との定期的な意見交換を実施している．自動運転に関する取組の一つに，Physical and digital Infrastructure SWGがあり，この活動において，欧米の窓口担当者に対して，定期的なSIP-adusにおけるダイナミックマップ関連の動向を報告するとともに，欧米における活動状況の情報提供を受けた．

過年度は，ITS世界会議のほか，三極で行われる様々な国際会議と合わせ会議が開催されてきた．2019年以降は，年に数回オンラインでの会議を行った．

6 おわりに

SIP-adusにおける国際連携活動を通じ，継続的に国際標準化団体や業界標準団体に働きかけを行い，わが国の活動及び成果を周知し，結果として複数の国際標準に対しわが国の成果を盛り込めたことは，今後の

わが国の自動運転産業の発展に向けて，非常に大きな成果であったと考える．

SIP-adusの活動はここで一旦の区切りとはなるが，構築した関係等は後続のプログラムにおいても必要に応じ活用可能としておくことが望ましい．今後，自動運転はモビリティサービスの一つとして，他の交通モードや様々な都市活動等との情報連携が更に強まるものと考えられる．自動運転を活用する幅広い分野において，SIP-adusの成果が更に活用されることを期待したい．

【参考文献】
(1) 自動車技術会：ITSの標準化2021，(2021)，https://digitalbook.jsae.or.jp/its_2021_jp/book/index.html，(参照 2022.09.02)
(2) OADFホームページ，https://www.openautodrive.org/，(参照 2022.09.02)

【本件問合せ先】
東京大学 空間情報科学研究センター，〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1 Ce-508，03-5452-6408，担当：中條覚 (snakajo@csis.u-tokyo.ac.jp)

④ヒューマンファクタ

Human Factors

北﨑智之（国立研究開発法人産業技術総合研究所）
Satoshi Kitazaki (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST))

（概要）自動運転のヒューマンファクタは，自動運転の安全性や社会的受容性に関わる重要な側面である．また人を理解することは，基盤研究と位置づけることもでき，いわゆる協調領域を多く含む．SIP第1期，第2期を通して，積極的な海外連携により，SIPヒューマンファクタ関連プロジェクトの課題設定や研究方法，結果の妥当性を検証するとともに，成果を国際的に発信してきた．また国際標準への成果の織り込みに積極的に取り組んできた．本稿では，その具体的な活動を紹介する．

キーワード：ヒューマンファクタ，HMI（ヒューマンマシンインタフェース），国際連携，三極連携，日EU連携，日独連携，国際標準化

1 背景

自動運転のヒューマンファクタは，自動運転の安全性や社会的受容性に関わる重要な側面である．レベル2，3においては，自動走行中もドライバは一定の役割を担っており，ドライバが何らかの原因でこの役割を実行できないときには，不安全な状況が発生しうる．またレベル3以上の自動運転車が他の交通参加者と道路を共有する場合（混在交通），自動運転車の意図が他のドライバや歩行者に理解されないと，交通の円滑性が損なわれたり，不安全な事象が発生しうる．そしてこれは自動運転車の社会的受容性の醸成を妨げるものとなりうる．

自動運転のヒューマンファクタ研究開発は，自動運転技術の基盤領域（協調領域）と捉えられる部分が多く，SIPを通じたオールジャパン体制での取組だけでなく，海外の産学における研究開発主体と積極的な連携や情報交換を行い，研究テーマ設定や研究方法，結果の妥当性を常に検証しながら進めてきた．また得られた成果を国際的に発信するとともに，国際標準化に積極的に関わり貢献してきた．本章では自動運転のヒューマンファクタに関わる国際連携と国際標準化活動の具体的事例を紹介する．

2 国際連携

2.1. 日米欧三極連携

日米欧政府間合意に基づく三極連携下のAutomated Road Transport Working Group（ART-WG）の下に位置するHuman Factors sub-Working Group（HF-subWG）として活動してきた．HF-subWGは，米国

表1　三極連携　ヒューマンファクタ　サブWGメンバ

United States	
Stacy Balk, co-chair	NHTSA
Brian Philips	FHWA
Bobbie Seppelt	Ford
Dan McGehee	University of Iowa
Johan Engström	Waymo
Chuck Green	MIT
John Lee	University of Wisconsin
European Union	
Natasha Merat, co-chair	University of Leeds
Emma Johansson	Volvo trucks
Andreas Keinath	BMW
Anna Schieben	DLR
Klaus Bengler	TU Munich
Ludgrer Rogge	EC, DG R&I
Japan	
Satoshi Kitazaki, co-chair	AIST
Makoto Itoh	University of Tsukuba
Tatsuru Daimon	Keio University
Keisuke Ishii	Honda, JAMA
Observers	
Joanne Harbluk	Transport Canada
Peter Burns	Transport Canada
Mike Regan	University of New South Wales, Australia
Mandi Mees	National Transport Commission, Australia

が Stacy Balk (NHTSA)，欧州が Natasha Merat (University of Leeds)，日本が北崎智之 (AIST) の３人の共同議長のもとに，各地域産学官領域の数人の専門家メンバから構成される．(表１)

連携の目的は，①自動運転におけるヒューマンファクタに関わる知見や情報の共有，②新たなヒューマンファクタ課題の抽出，③研究連携の機会創出，④論文共同執筆などである．サブワーキング会議は３か月に１回程度の頻度で実施され，①②③について情報交換と議論を行っている．また，日米欧の主要国際会議において，ワークショップやオーガナイズドセッションを企画し，各地域の専門家を交えて様々な情報共有や議論，成果の発信を行ってきた．④については2019年に連携成果として自動運転における Out-of-the-Loop コンセプトについての論文を発表した．[(1)] 現在は自動運転のメンタルモデルについての論文を共同執筆中である．

2.2. 日独連携

日独政府間合意に基づく自動運転に関する日独連携のもとに，ヒューマンファクタについては2019年より連携を開始した．日本側は SIP-adus「自動運転の高度化に則した HMI の設計及び安全教育方法に関するデータ検証と評価プロジェクト」に関わる，産総研，筑波大学，慶應義塾大学，東京大学，熊本大学の５研究機関からなるコンソーシアム，ドイツ側はミュンヘン工科大学，ケムニッツ工科大学，ウルム大学，ドレスデン工科大学，DLR の５研究機関からなるコンソーシアム間の連携とした．連携コーディネーターは日本側が北崎智之 (産総研)，ドイツ側が Klaus Bengler (ミュンヘン工科大学) である．研究連携テーマは，SIP の３つの研究課題 (路上コミュニケーションと外向き HMI，ドライバとシステムのインタラクション，ドライバ教育とトレーニング) に合わせて，ドイツ側コンソーシアムも同じ３つの課題を設定し，分担して取り組んできた．(表２)

2019年11月に第１回ワークショップを東京で開催以降，年２回のワークショップを日独が交互に主催し，2022年10月に東京にて第６回 (最終) ワークショップを開催した．連携内容は，共通の３つの課題に対する双方の研究成果を共有し，課題に対する理解を深めただけでなく，研究計画や進捗の共有を通して，双方の計画を検証し適宜修正を行ってきた．加えてテーマ１，２において，いくつかの共同実験を実施した．成果は共著論文として発行予定である．

研究連携に加えて，ウェビナーを日独双方で実施してきた．ウェビナーにおいては，連携研究テーマ以外にも範囲を広げ，ヒューマンファクタに関する教育を目的として，学生や若手研究者を招いて実施してきた．また，連携活動をアピールするために，2021年６月に国際人間工学会 (IEA，on-line) にてオーガナイズドセッションによる双方の研究成果の発信を行った．

表２　日独連携の研究テーマと実施組織

研究テーマ		日本側 コンソーシアムメンバ	ドイツ側 コンソーシアムメンバ
1	路上コミュニケーションと外向き HMI	慶應義塾大学	ケムニッツ工科大学 ドレスデン工科大学 ウルム大学 ミュンヘン工科大学 DLR
2	ドライバとシステムのインタラクション	産総研 東京大学	ミュンヘン工科大学 ウルム大学
3	教育とトレーニング	筑波大学 熊本大学	ドレスデン工科大学 ミュンヘン工科大学

2.3. その他の国際連携

その他の国際連携としては，EU Horizon 2020のヒューマンファクタ関連プロジェクト２件との連携を図ってきた．MEDIATOR プロジェクトは，ドライバと自動運転システムの，より安全な新しいインタラクションを研究開発するプロジェクトであるが，SIP-adus「自動運転の高度化に則した HMI の設計及び安全教育方法に関するデータ検証と評価プロジェクト」のプロジェクト代表者である北崎智之が，アドバイザリーボードメンバを務めており，SIP での研究成果をベースにアドバイスを行ってきた．また HADRIAN プロジェクトは，道路交通環境とドライバ状態に応じて，自動運転の安全性を高めるために流動的に変化する Human Machine Interface (HMI) を研究開発するプロジェクトであるが，同 SIP プロジェクトとの関連が深く，これまでプロジェクトリーダー間の情報交換を定期的に行ってきた．また2022年９月にワークショップを開催し，両プロジェクト関係者間で意見交換を行った．

3　国際標準化活動

自動車のヒューマンファクタや HMI についての標準化活動は，ISO/TC22/SC39/WG8で実施している．日

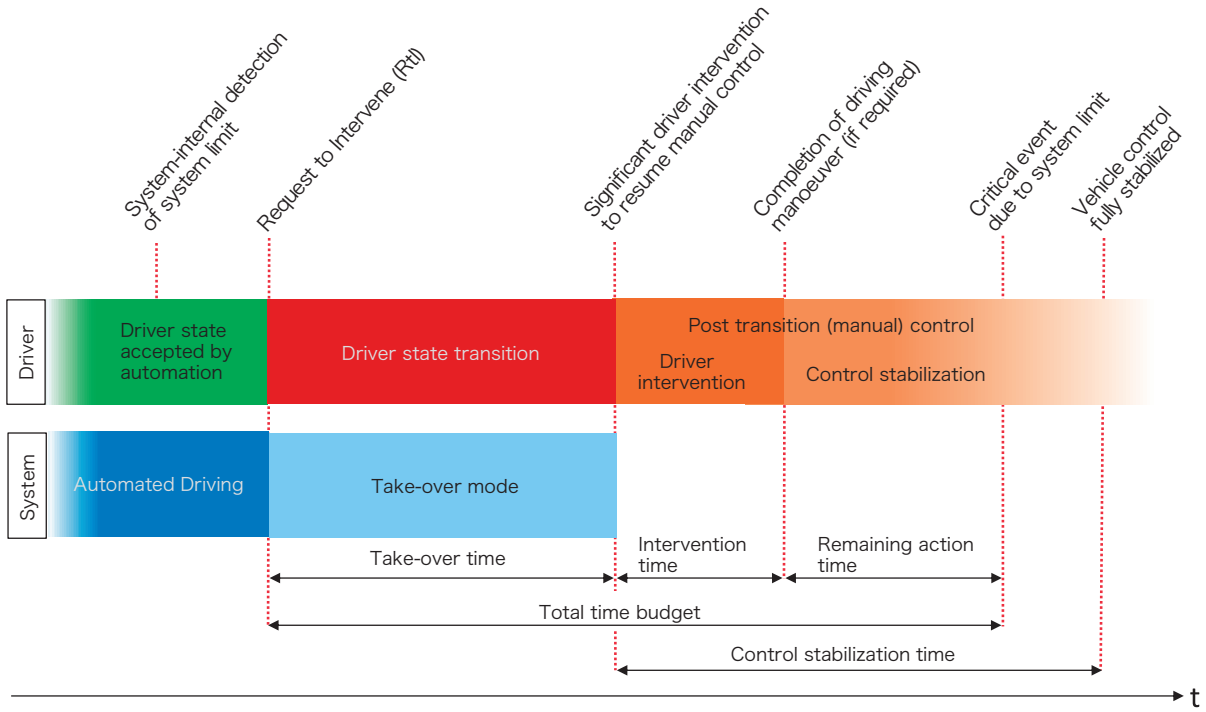


図1　ISO TR21959-1で定義されているTransition process model（system-initiated transitionの場合）

本は自動車技術会ヒューマンインタフェース（HI）分科会がWG8への代表組織となっているため，SIP-adus「自動運転の高度化に則したHMIの設計及び安全教育方法に関するデータ検証と評価プロジェクト」の主メンバがHI分科会の委員としてWG8で活動している．

自動運転については，これまでドライバとシステムとのインタラクション，特に安全上重要な運転引継ぎに関して，TR（Technical Report）21959-1 [2]，TR21959-2 [3] が2018年，2020年に発行されている．TR21959-1は，システムとドライバそれぞれの遷移プロセスを定義したほか（図1），自動運転のヒューマンファクタに関するコンセプトをまとめたものである．またTR21959-2は，ドライバの運転引継ぎパフォーマンス評価の実験計画における配慮事項として，運転引継ぎに影響を及ぼすと考えられるヒューマンファクタやシステムパラメータ，実験シナリオ構築の考え方，パフォーマンス評価のための計測指標，実験環境選択時の配慮事項などを含むものである．TR21959-1，TR21959-2共に日本がプロジェクトリーダー，米国との共同リーダーを務め，主にSIP自動走行第1期のヒューマンファクタ研究開発プロジェクトの成果を織り込んだ．現在はドライバモニタリングの人間工学的側面について，2020年8月に開始されたTS5283 [4] において，日本が英国と共に共同プロジェクトリーダーとして取り組んできた．24か月プロジェクトとしてスタートしたものであるが，メンバの共通理解に時間を要したため，2022年5月に新たにTR5283にカテゴリを変更し，24か月プロジェクトとして再スタートした．

一方，自動運転車の路上コミュニケーション及び外向きHMIに関しては，そのコンセプトについてTR23049 [5] が2018年に米国のリーダーシップのもとに発行された．現在は外向きHMIの設計に関わるTR23735 [6] が米国のプロジェクトリーダーのもとに進められている．また2022年にプロジェクトはTRからPAS（Publicly Available Specifications）にカテゴリを変更し，より拘束力の強いものとしてのドキュメント作成が行われている．日本としては，SIP第1期，第2期ヒューマンファクタ関連プロジェクトで得られた知見を織り込み中である．

新たなプロジェクトとしては，自動運転車の遠隔オペレーションにおけるヒューマンファクタに関するプロジェクト [7] がカナダと米国のリーダーシップのもとに，スタートした（2022年10月）．

4　まとめ

SIP第1期，第2期 ヒューマンファクタ関連プロジェクトにおいては，国際連携を通して，研究テーマ設定や研究方法，結果についての妥当性を常に検証しなが

ら進めてきた．また成果を広く世界に発信するとともに，国際標準化に貢献してきた．加えてこれらの活動を通して，海外とのネットワークを構築することができ，この分野の日本のプレゼンスを向上することができた．

【参考文献】

(1) Natasha Merat, Bobbie Seppelt, Tyron Louw, Johan Engström, John D. Lee, Emma Johansson, Charles A. Green, Satoshi Kitazaki, Chris Monk, Makoto Itoh, Daniel McGehee, Takashi Sunda, Kiyozumi Unoura, Trent Victor, Anna Schieben, and Andreas Keinath: The “Out-of-the-Loop” concept in automated driving: proposed definition, measures and implications. Cognition, Technology & Work 21: pp.87-98 , 2019.
(2) International Organization for Standardization: ISO TR21959-1, Road vehicles-Human Performance and State in the Context of Automated Driving: Part 1—Common underlying concepts, 2018.
(3) International Organization for Standardization: ISO TR21959-2, Road vehicles-Human Performance and State in the Context of Automated Driving: Considerations in designing experiments to investigate transition processes, 2020.
(4) International Organization for Standardization: ISO TS5283, Road Vehicles: Ergonomic aspects of driver monitoring and system interventions in the context of automated driving, (under development).
(5) International Organization for Standardization: ISO TR23049, Road Vehicles: Ergonomic aspects of external visual communication from automated vehicles to other road users, 2018.
(6) International Organization for Standardization: ISO TR23735, Road vehicles—Ergonomic design guidance for external visual communication from automated vehicles to other road users, (under development).
(7) International Organization for Standardization: ISO TS17691, Road vehicles : Principles for human remote support of automated systems, (under development) .

【本件問合せ先】

国立研究開発法人産業技術総合研究所 ヒューマンモビリティ研究センター，〒305-8566 茨城県つくば市東 1 - 1 - 1 中央第 6，029-861-3924，担当：北崎智之

⑤安全性評価

Safety Assurance

佐藤秀亮（トヨタ自動車株式会社）
Hideaki Sato (TOYOTA MOTOR CORPORATION)

（概要）より安全，効率的で自由なモビリティ社会の実現のために，自動運転車両の実用化と展開が期待されるなか，『どのような考え方で社会的受容性のある安全性判断を行うか』という安全性評価基準と，『多様な交通状況における安全性をどのように包括的に評価するか』という安全性評価手法の整備が急務である．国内においては安全性評価仮想環境構築を推進する内閣府支援のDIVP®[(1)]と，安全性評価シナリオデータベース構築を推進する経済産業省支援のSAKURA[(2)]を立ち上げ，一般社団法人日本自動車工業会（自工会）がこれらのプロジェクトの横串を通す形で技術戦略を示しながら産官学で連携して安全性評価基準と安全性評価手法を支える安全性評価基盤技術の構築を行っている．各国でも多くの安全性評価の研究プロジェクトが活発に立ち上がっており，国内だけでなく国際も含めてプロジェクト間で密に連携し，国際基準・標準，共通基盤技術の確立に向けたテコとなる連携体制の構築・運営が重要である．

キーワード：安全性評価，シナリオベース，UN-R157，ISO21448，ISO34502

1 安全性評価手法の課題

自動運転車両が人の運転を代替するうえで遭遇する数多の危険な状況について，実交通環境で長距離・長時間の試験評価により安全性評価を行い，ブラックボックス的に改善を繰り返していくことで一定以上の確率的な信頼性を保証する安全性保証は，評価結果が開発会社・プロジェクトから公表されず市場にとって透明性が低く，審査当局が監査を行う場合にもその十分性について絶対的な判断を行うことが難しいことから，評価プロセスとして評価範囲の十分性・透明性に課題がある．また，認可試験としてあかじめ定められた試験条件をコントロールされたテストコース上で実施するのでは，数多存在する運転状況を包括的にカバーして十分な安全性評価を行うことが難しい．この自動運転車両の安全性評価技術の課題に対応するため，国内においては次の２つの大きな柱となる共通基盤要素技術を構築するプロジェクトを立ち上げ，対応にあたっている．①安全性評価の条件を論理的に構造化して評価シナリオに落とし込み，これをシナリオデータベースとして維持改善していく『シナリオベーステスト』を検討するプロジェクト．②実世界では危険で実行できない評価条件や効率面において現実的な期間ではやり切れないような数の評価パターンをカバーするための仮想環境技術を構築するプロジェクト．

1.1. 安全性評価の国内合同推進と国際協調

①のシナリオデータベース構築については経済産業省が実施するSAKURA（Safety Assurance KUdos for Reliable Autonomous Vehicles）②については本SIP下の検討としてDIVPを立ち上げ認識仮想評価環境の検討を実施している．2021年度には，自動運転の安全性評価技術開発を加速し，日本の自動運転技術の安全性・開発効率の向上及び国際競争力の確保を目的として，両プロジェクトが連携し合同で推進するタスクフォースとステアリング委員会を立ち上げた．（図１）

図1　自動運転安全性評価合同推進体制

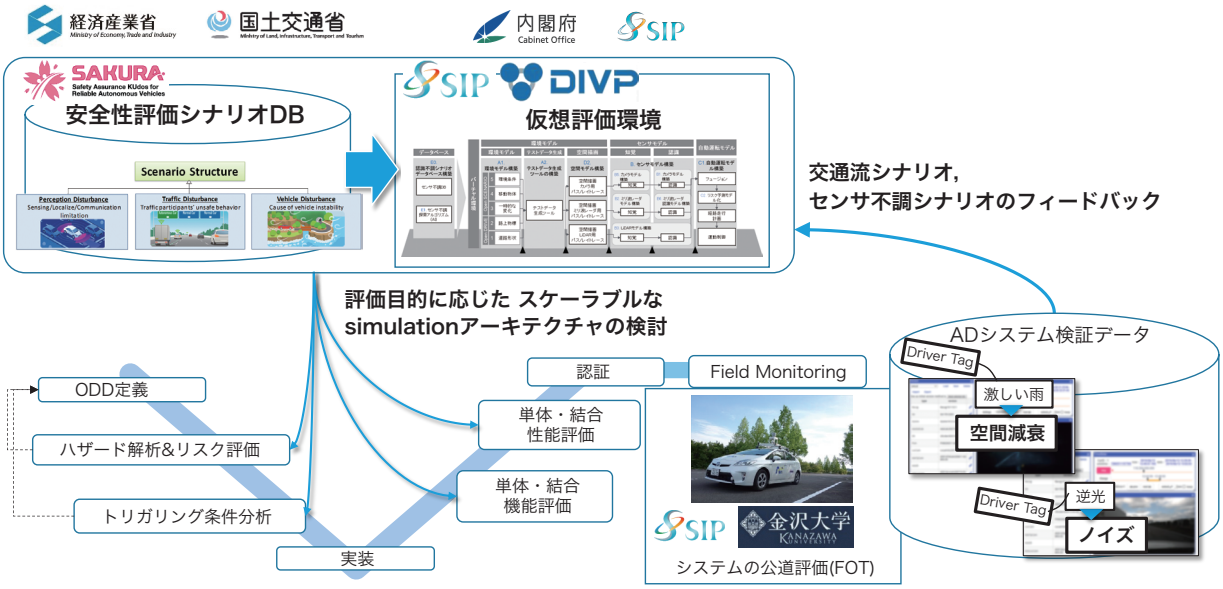


図2　自動運転安全性評価合同推進の狙い

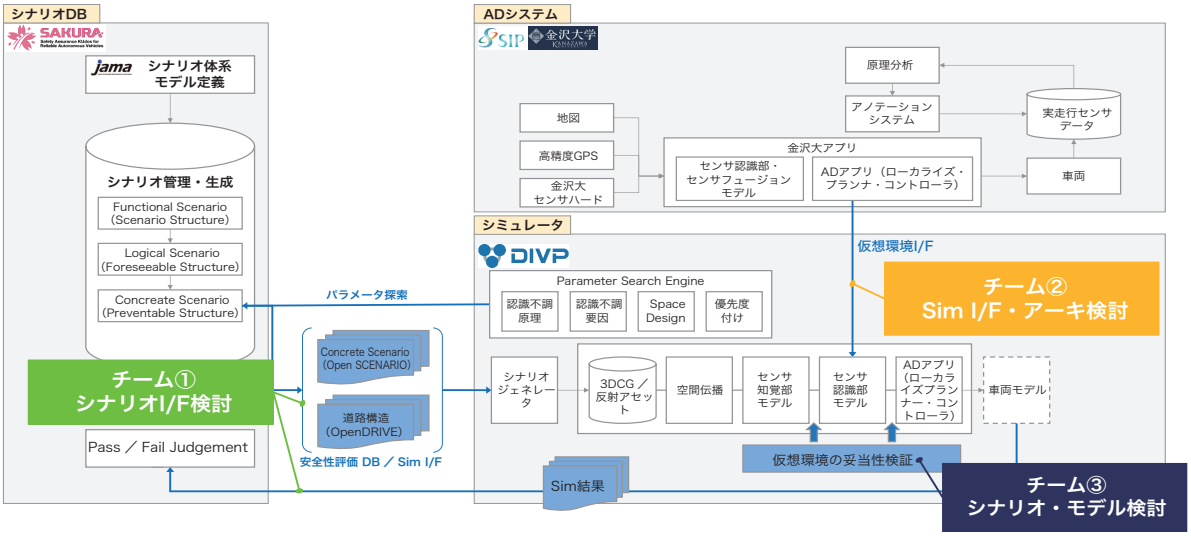


図3　安全性評価基盤の全体像

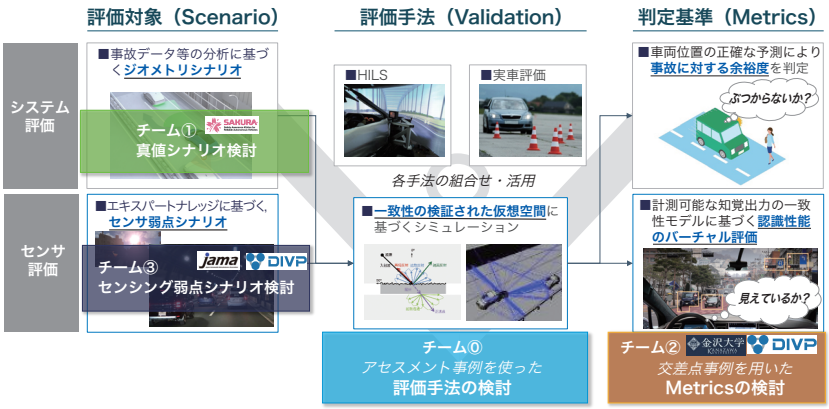


図4　安全性評価基盤による検討課題

この合同推進体制の狙いは，自動運転システムが有すべき安全性能に関する，論理的な網羅性・実行性・透明性を具備した安全性評価共通基盤を構築し実際の自動運転車両開発へ適用することで，日本の自動運転技術の安全性・開発効率の向上と国際競争力の確保に繋げることである．（図２）

合同推進のタスクフォースでは，SAKURAのシナリオデータベースとDIVPの認識仮想環境を結合して

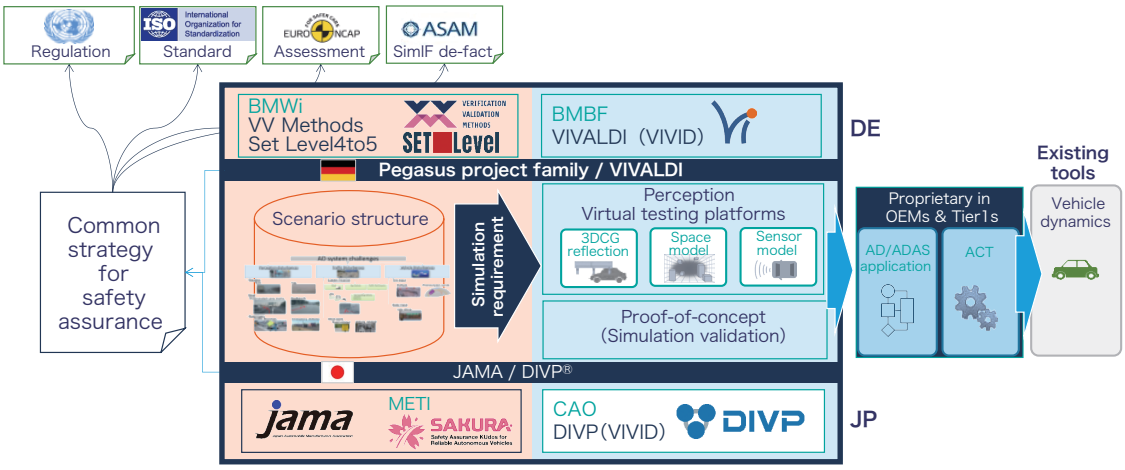


図5　合同推進による日独連携の強化

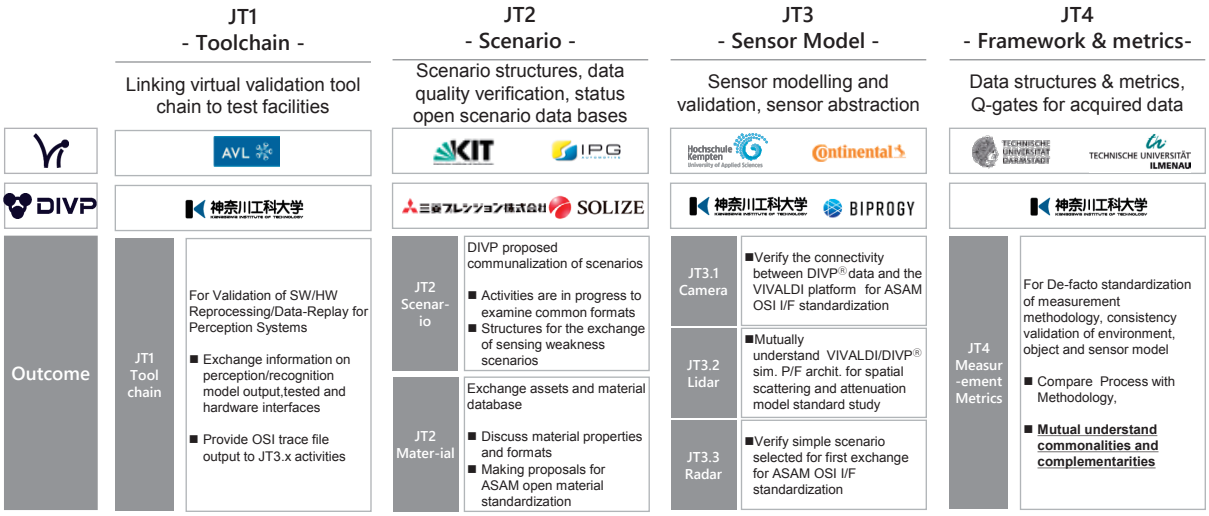


図6　安全性評価仮想環境の日独連携VIVID体制

実際の自動運転車両開発へ適用するために必要な技術課題に対し，プロジェクト横断でチームを編成し技術課題へ取り組んでいる．（図３）

また，評価手法の組合せの検討，metricsの検討を研究テーマに加え，安全性評価体系の研究を推進している．（図４）

また，国際連携としてこれまでシナリオ観点でPegasus，仮想環境観点でVIVALDIとそれぞれ日独連携を進めていた体制を，同合同推進の体制で統合し，日独連携についても強化を行っている．（図５）

特にVIVALDIとの間での連携（VIVID：Virtual Validation methodology for Intelligent Driving systems）では，図６に示すように専門家タスクフォースに活動を分割してISOやASAM等での自動運転の安全性評価体系やシミュレーションインタフェースの標準化への提言を強化し，国内でしか使用できない技術にならないよう，海外のセンサシミュレーション環境とも容易に結合できる形を目指している．

専門家タスクフォースごとの定期ミーティングやSIP-adus WorkshopのBreakout Workshopで技術連携を進めており，2022年６月にはベルリンで日独政府機関Pegasus[(3)] family，自動車開発・評価に関するツールチェーンの標準化を推進する非営利団体であるASAM（Association for Standardization of Automation and Measuring Systems）等の標準化団体を交えた面着でのシンポジウムを実施した．VIVID活動に対して，VIVID外の専門家からの関心も高く，日独連携をより一層強化する好機となった．特にDIVPのレイトレ出力I/Fに関するASAM OSI4.0への提案は即時承認され，成果として結実した．

2　安全性評価基準における国際連携

2.1. 国際基準調和の背景

安全性評価基準については倫理・法規の専門家も含

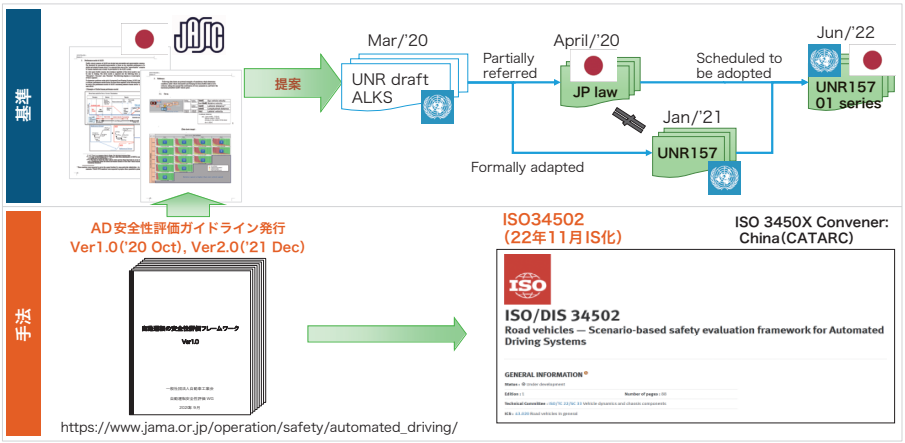


図7　日本の国際標準化と国際基準への取組

めて活発な議論が行われている．自動運転車に関する国際基準の策定においては，国連の自動車基準調和フォーラム（WP29）配下に専門家会議（GRVA／VMAD）が2018年に発足され，2020年には初のレベル3自動運転車の型式認証法規であって自専道低速車線維持を対象とした国連法規としてUN-R157[4]が合意された．この国際基準調和で議論されている安全性判断の考え方として，『社会的に許容可能なリスクレベルを下回っているか』という指針が自動車産業以外も含めて技術イノベーションを社会実装する際の判断基準として実績があり，自動運転領域での許容可能なリスクレベルを具体化する議論が進められている．WP29配下での議論を経て2019年6月に採択された自動運転のフレームワークドキュメント[5]では『設定されたODDの範囲内において，自動運転システムが引き起こす人身事故であって合理的に予見される防止可能な事故が生じないことを確保する必要がある』という考え方が示された．この議論において日本としてJASIC下で国土交通省，交通安全環境研究所，自工会で連携して提言を行うなかで，『合理的に予見される防止可能なレベル』を『システムの性能が人間のドライバの能力を超えたかどうか』という解釈を行い，この人間ドライバ能力のリファレンスとして『competent and careful human driver』というレベルを想定する[6][7]ことをUN-R157 5.2.5.に規定し，計量可能かつ包括的な安全性評価シナリオに対する安全性評価基準としてUN157 Annex4 - Appendix3 Guidance on Traffic disturbance critical scenarios for ALKSに織り込んでいる．

2.2. 国際基準調和を支える国際連携

この議論の背景として国際標準ISO TC22/SC33/WG9として安全性評価シナリオのプロジェクトが中国CATARCのコンビナーで発足され，日本のVMAD議長からSC33/WG9コンビナーに対してISO側からの技術インプットの期待が示された．これに対して，自工会としては安全性評価ガイドライン[8]をISOとVMADの両方に提案を行うことで，国際基準と国際標準を調和しながら進める支援を行った．さらにこの国際標準SC33/WG9下のシナリオベース安全性評価フレームワークを定めるISO34502の推進体制は日本leader，ドイツco-leaderでleader／co-leaderの緊密な連携により順調に進捗し2022年11月にIS（International Standard）発行に至った．この背景にはPegasus 1期目から日独間で密に技術協調を継続してきた信頼関係が結実した形である．以上のようにUN-R157が1年程度の議論で一定の技術的成熟を迎え世界初のレベル3自動運転車両の国際基準調和に繋がった原動力は，国内の産官学間の密接な連携に支えられた戦略的な国際協調の努力であり，これらの成果は今後の国際基準調和議論においても継続的な日本の国際貢献の礎になるものである．（図7）

2.3. 新たな国際協調の取組

これまで独・仏・中・米と個別にプロジェクト間で連携を行うことで技術検討の加速を狙ってきたのに対して，今後は乱立する国際標準の活動を調和させていくために各種連携の統合を進めていく必要がある．この打ち手の一つとして日EU連携として欧州自動運転プロジェクトHEADSTART[9]と合同で安全性評価フレームワークのsate of the artを集約するwhite paper[10]を編纂する活動を立ち上げ，2021年12月に発行した．

3 結び

自動運転技術により運転者が原因の交通事故が大幅に削減され，またより自由で便利なモビリティの社会実装が期待されるなか，まだまだその安全性能についての十分性・透明性の課題は大きい．引き続き産官学が連携して共通基盤技術の構築と国際連携を通じた基準・標準の整備を進め，安全な交通社会の実現に向けた健全な競争環境を実現することが重要である．

【参考文献】

(1) DIVP PROJECTホームページ，https://divp.net/，（参照 2022.09.01）
(2) SAKURA PROJECTホームページ，https://www.sakura-prj.go.jp/，（参照 2022.09.01）
(3) PEGASUS RESEARCH PROJECT ホームページ，https://www.pegasusprojekt.de/en/home，（参照 2022.09.01）
(4) UN-R157，https://unece.org/sites/default/files/2021-03/R157e.pdf，（参照 2022.09.01）
(5) WP29：Framework document on automated/autonomous vehicle，https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2019/wp29/WP29-177-19e.pdf，（参照 2022.09.01）
(6) 国土交通省：自動運転車の安全技術ガイドライン，https://www.mlit.go.jp/common/001253665.pdf，（参照 2022.09.01）
(7) SIP-café～自動運転～：自動運転車に要求される安全性の程度とは？，https://sip-cafe.media/column/1210/，（参照 2022.09.01）
(8) 日本自動車工業会：自動運転の安全性評価フレームワーク，https://www.jama.or.jp/operation/safety/automated_driving/pdf/framework_ver_2_0.pdf，（参照 2022.09.01）
(9) HEADSTART PROJECTホームページ，https://www.headstart-project.eu/，（参照 2022.09.01）
(10) SAKURA，SIP-adus，HEADSTART 合同ホワイトペーパー，https://www.sakura-prj.go.jp/Portals/0/images/Publications/HEADSTARTSAKURA_WP.pdf，（参照 2022.09.01）

【本件問合せ先】

トヨタ自動車株式会社 自動運転・先進安全開発部，〒471-8572 愛知県豊田市トヨタ町1番地，担当：佐藤秀亮

⑥コネクテッドビークル

Connected Vehicles

三角正法（マツダ株式会社）
Masanori Misumi (Mazda Motor Corporation)

（概要）通信を利用する協調型自動運転について，SIP-adus Workshopや関係する国際会議への参加を通じ，SIPからの情報発信，海外動向の情報収集，並びに海外専門家との関係構築を進めた．特にSIP-adus Workshopでは，海外の専門家にSIPの活動紹介を行い，その理解を促進するとともに，海外の活動の実態を専門家の生の声として知ることができた．欧米開催の国際会議では，各国の行政の取組や，企業活動に関する幅広い情報を入手した．本稿ではこれらの概要を紹介する．

キーワード：協調システム，ITS，V2X，DSRC（専用狭域通信），セルラーV2X（C-V2X）

1 活動概要

コネクテッドビークル関連では，自動運転への無線利用に関する日本からの情報発信，及び欧米の動向調査とその国内関係者への情報展開を行った．

2 SIP-adus Workshop

2.1. 2018年度SIP-adus Workshop

1) Plenary Session

米欧の専門家より最新のコネクテッドビークルに関する情報が紹介された．以下に概要を示す．

Kevin Dopart 氏（米国運輸省）：

米国運輸省発行のAutomated Vehicle ガイドライン3.0の概要が紹介された．また，V2Xの展開として安全運転支援通信パイロットプロジェクト，並びに全米70か所の実証実験に関する解説が行われた．

John Kenney 氏（TOYOTA IT Center）：

5.9GHz 帯DSRC（専用狭域通信）に関し，FCC（米国連邦通信委員会）の技術要件，米国市場展開状況（5,315か所の路側機），DSRC，セルラーV2X（C-V2X），WiFiの周波数に関する話題が示された．

Christian Rousseau氏（RENAULT）：

欧州連合（EU）のプロジェクト，SCOOP，C-ROADSにおけるV2X実証実験の概要，欧州5.9GHz ITS周波数帯域50MHzの分配（道路交通30MHz，鉄道20MHz），などのトピックスが紹介された．

Maxime Flament氏（5G Automotive Association）：

最新の通信技術としてネットワークスライシングやエッジコンピューティングの活用が紹介された．

日本からはITS通信によるV2Xアプリケーションの実用化に向けた可能性検証や，SIPの臨海副都心への通信インフラ導入と実証実験概要を紹介した．

2) Breakout Workshop

15名（米国２名，欧州３名，日本10名）の参加者により各地域の動向を共有化した．

米国からは5.9GHz帯域の利用に関する技術の中立性と各州／各機器相互の通信互換性などが検討課題となっている状況が紹介された．

欧州からはEUプロジェクトHEADSTART，ICT4CART，5GCroCo，5G-MOBIX，5G-CARMENの紹介とV2XのDelegated act（委任法令）の概要が説明された．

日本からは信号情報提供，高速道路合流に関する技術要件の検討が始まったことを紹介した．

2.2. 2019年度SIP-adus Workshop

1) Plenary Session

最終的に日本を含め３名の登壇となった．

Kevin Dopart 氏（米国運輸省）：
協調型自動運転開発プラットフォームであるCARMA（Cooperative Automation Research Mobility Application）の詳細が解説された．
朱 厚道氏（Huawei）：
江蘇省無錫でのC-V2Xを用いた大規模実証実験について概要が紹介された．
日本からはSIP第１期の通信活用施策の要点と第２期で実施する東京臨海部実証実験の計画を紹介した．
2) Breakout Workshop
米国１名，中国２名，日本７名によりコネクテッドビークルに関する情報共有を行った．
米国からは前述のCARMAの説明と，SAE J3216“協調型自動運転の分類と用語定義”が紹介された．
中国からは無錫での実証実験に関し，バス，商用車での実用化が先行するとの補足説明があった．
日本からは警察庁，総務省の施策，SIP実証実験，自動車メーカの取組，日本が幹事国を務めるISO/TC204/WG14（高度道路交通システム／走行制御）の活動状況などを説明した．

2.3. 2020年度SIP-adus Workshop

2020年度はCOVID-19の影響でWeb開催となり，Plenary Sessionのみの開催となった．
Kevin Dopart 氏（米国運輸省）：
前出のSAE J3216による協調型自動運転の分類や，CARMA並びにトラック隊列走行の紹介があった．
John Kenney 氏（TOYOTA IT Center）：
FCC（米国連邦通信委員会）のITS周波数の再割当，次世代DSRC-IEEE802.11bdの概要が解説された．
Christian Rousseau氏（RENAULT）：
フランスにおける協調型高度道路交通システム（C-ITS）実証実験プロジェクトPACV2XとInDiDの取組が紹介された．
日本からは総務省の周波数アクションプランや，SIPによる信号情報のV2I，V2Nによる配信検討，協調型自動運転ユースケースなどの紹介が行われた．

2.4. 2021年度SIP-adus Workshop

2021年度もCOVID-19の影響でWeb開催となった．
1) Plenary Session
以下の海外専門家の参画を得た．
John Kenney 氏（TOYOTA IT Center）
Tom Schaffnit氏（米国運輸省）
Niels Peter Skov Andersen氏（Car2Car-CC）
Martin Böhm氏（Austria Tech）
米国ではFCCにより，5.9GHz帯域のITS無線周波数が従来の75MHz幅から30MHz幅に制限し，残りの45MHzがWiFiに開放するとともに通信方式をDSRCからC-V2Xに変更する提案が出された．
さらに，米国各州の実証プロジェクトの概要が紹介された．既に143の地区で約6,000の路側機と18,000台の車が稼働している．大半はDSRCのシステムであるが，C-V2Xに置き換えられる動きもある．
欧州では2019年に近距離用にITS-G5（DSRC）と長距離用にモバイルネットワークを使ったハイブリッド通信の市場導入が始まった．既に50万台以上の車が走っており，インフラもDSRCが2,000km，モバイルネットワークが10万kmにわたり整備されている．
日本からは２名の専門家によりSIPの東京臨海部実証実験における通信利用実験の紹介に加え，協調型自動運転通信方式検討TFによる将来の通信方式の検討状況が紹介された．
2) Breakout Workshop
Plenary Sessionの講演者に加え以下の専門家が加わりパネル討議と質疑応答が行われた．

司会	小山 敏　氏	（電波産業会）
パネラー	Justin McNew　氏	（JMC Rota Inc.）
	Bettina Erdem　氏	（Continental AG）
	井出 真司　氏	（総務省）
	坂井 康一　氏	（国土交通省）

日本時間23時の開催であったが，134名の一般参加者に加え，海外からも32名の参加があった．
米国からはC-V2Xの展開と標準化，欧州からはC-Roadsプロジェクトの官民連携の状況が紹介された．
日本からは総務省よりITS周波数の検討状況，国土交通省よりETC2.0の新たな活用，SIPから東京臨海部実証実験，協調型自動運転通信方式検討TFの活動が紹介された．

2.5. 2022年度SIP-adus Workshop

2022年は３年ぶりに対面での開催となった．
1) Plenary Session
2021年度と同じ４名の海外専門家による講演を実施．米国，欧州の最新情報に関する講演が行われた．日本からはSIPの通信利用実証実験の結果などが報告された．

2) Breakout Workshop

2022年度は非公開のワークショップとし，コネクテッド自動運転の本格普及を図るための課題について専門家同士による掘り下げた議論を行った．

3 情報収集 国際会議への参画

3.1. ITS America デトロイト／CV-Pilot／スマートコロンバス（2018.06）

ITS America年次会議：GMが次期キャデラックへのITS無線搭載を公表．また，米国運輸省はDSRCとC-V2Xの対立に関し，技術中立の立場を示した．

CV（コネクテッドビークル）パイロット：

ニューヨーク市の交通管制センターを訪問，路側機の導入状況など，コネクテッドビークルパイロットプログラムの実施状況を調べた．

スマートコロンバス：オハイオ州コロンバスにてスマートシティの実証実験を視察．公共交通とパーソナルな交通の融合を図る計画が進められている．

3.2. 自動運転シンポジウム サンフランシスコ（2018.7.9~12）

米国：DSRCとC-V2Xの推進団体双方より，それぞれの通信方式の技術面，運用面の優劣が主張された．

FHWA（連邦道路局）はミシガンで13か所，テキサスで15か所の交差点に路側機を設置，青信号通過支援やCACC（協調型車間制御）の優先通行などによる交通流最適化の試みが紹介された．

欧州：EUプロジェクトのICT4CARTではC-ITS，C-V2Xなどを用いてレベル4自動運転実現を目指している．実証実験はオーストリア，ドイツ，イタリアの試験サイトとイタリア-オーストリアの国境を越えるコースを用い，相互接続性が検証される．

3.3. ITS世界会議コペンハーゲン（2018.9.17~21）

欧州委員会よりV2Xに関する委託法令（Delegated Act）が提案されており，その概要と認証方法，プライバシーの問題などが報告された．

米国ではCVパイロットの実証実験が開始された．ニューヨークのビル街での自車位置測位精度，データ収集の問題など，実用化を進めるうえでの課題が示された．また，実証用ではあるが，DSRC用の路側機が全米で5,000台を超えたことも紹介された．

3.4. Transportation Research Board ワシントンD.C.（2019.1.13~17）

米国運輸省からはCARMA プラットフォームの構築やアプリケーション開発が紹介された．

欧州からはAUTOCITS（2016～2019）が紹介された．

C-ITSの自動運転への応用，安全性向上を狙ったもので，ポルトガルからスペイン（10kmの高速道路），フランスをまたぐ街道で実証実験が行われている．

5G関連プロジェクトでは5GCroCo，5G-CARMEN，5G-MOBIXがスタートした．道路1,000km，8か国にまたがる実証実験が行われる．

欧州委員会からはC-ITS委任法令が発行され，パブリックコメント公募の後，最終化が図られる．

3.5. 自動運転シンポジウム フロリダ州オーランド（2019.7.15~18）

5.9GHz帯域の一部WiFiへの開放を含むFCC長官の周波数割当見直し発言に対し，FHWA長官は5.9GHz帯域を交通安全のために死守すると宣言．

3.6. ITS世界会議シンガポール（2019.10.21~25）

欧州ではC-ITS委任法案が議会で否決され，C-ITSは民間主導で進めざるを得ない状況となった．

米国では5GAAによる5.9GHz帯域（75MHz）上側20MHzのセルラーV2Xへの割当要求が紹介された．

3.7. Transport Research Board ワイントンD.C.（2020.1.12~16）

CV-パイロットのセッションでは3地区（ニューヨーク，タンパ，ワイオミング）の3地区の進捗報告に加え，FCCによる5.9GHz帯再配分に対し，設備改修費用やプロジェクトの遅れなど反対意見が出された．

3.8. 自動運転シンポジウム カリフォルニア州ガーデングローブ（2022.7.19~21）

3年振りに対面会議として開催された．米国でも歩きスマホ等による歩行者事故が増えている模様で，FWHA（連邦道路局）によるV2Xを利用した歩行者／自転車保護技術，及び通信を使って車載／路側センサ情報を共有化し，視野外の事物を認識するCooperative Perception（協調認識）などが注目に値する．

また，欧州では200団体近くが参加するCCAM（Connected, Cooperative & Automated Mobility：通信機付協調型&自動化モビリティ）パートナーシップのロードマップが示された．2030年に欧州全域30以上のサイトで大規模実証が計画されており，2030年以降の本格的な実用化が想定されていることが窺える．

2022年度は上記に加え，ITS世界会議2022ロサンゼルス（2022. 9），Transportation Research Arena 2022リスボン（2022.11），Transportation Research Board ワシントンDC（2023. 1）などでの情報収集を予定している．

4 情報発信

SIP-adus Workshop以外の情報発信について記す．

4.1. 自動車基準調和世界フォーラム（WP29 ITS IWG）Web 開催（2020.11.6）

WP29のITSインフォーマル・グループでSIPの活動を紹介する機会があり，SIP協調型自動運転通信方式TFの活動や協調型自動運転ユースケースの検討状況などが紹介された．

4.2. Future Network Car Web 開催(2021.3.25)

上述WP29参加者からの要請を受け，ITU（国際電気通信連合）主催の会議（参加者約150名）に参画．SIPの協調型自動運転通信方式の検討状況とユースケースが紹介された．

5 おわりに

国際連携活動を通じた海外専門家との直接的な交流は日・米・欧の活動状況の相互理解促進，認知度向上に貢献したと認識している．

国際連携WGの活動は今年度で終了するが，５年間の活動で築かれた知見は今後の日本の自動運転に関わる活動に対しても貴重な財産となると思われる．

【本件問合せ先】
マツダ株式会社 商品戦略本部，〒730-8670 広島県安芸郡府中町３-１，担当：三角正法（070-7575-0653）

⑦サイバーセキュリティ

Cybersecurity

平井康雅（トヨタ自動車株式会社）
Yasumasa Hirai（TOYOTA MOTOR CORPORATION）

（概要）自動走行システムの基盤となる高度な地図情報や地図上にマッピングされる自動車，人，インフラ設備等の情報は，主に外部ネットワークから取得することが想定されている．

これらの情報は，自動走行システムによる車両制御に活用する目的で，車両の制御系／情報系の機器に送られるが，従来の自動車にはなかったサイバーセキュリティ問題を引き起こす要因にもなっている．また，UNECE[1] WP29におけるUNR155／R156の合意に伴い，法規観点からもサイバー攻撃への対策が必要となっている．

このような問題を解決するために，「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第２期／自動運転（システムとサービスの拡張）」では，出荷後のサイバー攻撃への対策技術として，侵入検知システム（IDS：Intrusion Detecting System）に着目，既製品を活用するOff-the-Shelf型の開発を対象に，IDSを選定するうえでの評価観点やテスト実施方法などを検討，実機ベンチを用いた検証を実施し，IDS評価ガイドラインとしてまとめた．

また，新たな脅威が顕在化した際の初動対応の迅速化に向け，コネクテッドカーの脅威情報を迅速に提供するための仕組みの検討，及び潜在的な脅威情報のプロアクティブな収集方法の検討を実施している．先行するIT業界での脅威インテリジェンス活動などを解析し，仕組みを構築，実現性を検証するとともに，ハニーポットの検討及び観測実験を実施し，その効果の検証を行っている．また，これらの取り組みについては，日独連携ワークショップを通じて，日独の大学の専門家も加わり知見の共有，活用を進めている．

キーワード：サイバーセキュリティ，IDS（侵入検知システム），脅威情報，ハニーポット，プレイグラウンド

1 国際法規動向

自動車基準調和世界フォーラム（WP29）において，自動運転に係る国際基準である，UNR155（サイバーセキュリティ），UNR156（ソフトウェアアップデート）が策定された．また，日本は，WP29 GRVA共同議長の立場でサイバーセキュリティを推進していたこともあり，レベル３の自動運転車両を筆頭に各国に先行して法制化されている．

これに伴い，各自動車メーカは，2022年７月以降に市場にリリースする全ての新型乗用車・商用車に対して，UNR155に基づくプロセス認証に準拠しなければ，型式認証を得ることができない（継続生産車両は2024年７月以降より適合が必要）．UNR155では，サイバーセキュリティマネジメントシステムを持つことや，新たな，あるいは進化するサイバー脅威及び脆弱性に適切に応じるプロセスを持つことが必要になり，これらのプロセスは３年ごとの審査を受ける．

OEM及びサプライヤは，国際標準であるISO/SAE 21434を参照し前述のプロセス構築を進めている．ISO/SAE 21434は2021年８月31日に正式発行され，UNR155の要件を満たす一例として参照されている．

本事業では，こうした背景を踏まえ，特に車両の生産以降に顕在化するサイバー攻撃の検知技術や脆弱性を含むサイバー脅威の取集，共有の仕組みについて調査研究を実施し，その成果の各業界団体への移管，活用を目指して活動を進めている．

1　UNECE：国際連合欧州経済委員会．

2 現状の課題と調査研究状況

2.1. IDS評価ガイドラインの策定

法規面からWP29 UNR155にてサイバー攻撃を検知し適切に対処することが求められており，車両自体がサイバー攻撃を検知・対処できることを説明する必要がある．しかしながら，どのような攻撃をどの程度まで検知すればよいかについては，既存の法規やガイドライン等では明確に示されておらず，各社で判断する必要がある．本テーマでは，「出荷後のセキュリティ対策」に貢献することを目的とし，各OEMにおいて，車載IDSを選定・検証・運用する際のベースラインとして活用いただくための，「IDS評価ガイドライン」の策定及び業界団体への成果の移管を目標としている．

また，作成したガイドラインは，業界全体での車両出荷後のセキュリティ品質の向上を目的とし，特に車載IDS導入の検討を始めたばかりのOEMを主な想定読者としている．

本活動では，実際の攻撃事例を踏まえて，IDSが検知するべきセキュリティイベントを導出している．導出にあたっては，2017年～2020年に開催されたカンファレンスや脆弱性情報を対象に調査を実施した．

これらの結果から，さらに車両制御に至っているものを，車両に直接関係のある事例として絞り込みを行い，詳細に分析することで，ネットワークで発生，観測し得る事象をセキュリティイベントとしてそれぞれ抽出した．（表1）

本テーマでは，これまでの調査結果に基づき，既知の具体的な攻撃事例から類似した攻撃を検知するための攻撃事例のシナリオ化手法と検知機能要件の導出方法を構築した．また，これらの検知機能要件のテスト項目を導出し，OEM及びIDSベンダ協力のもと，実機ベンチでの実験を通じて，テスト項目の実現性や妥当性を検証し，基本テストケースとして，ガイドラインへフィードバックしている．

また，社会実装に向けては，想定する利用者にとって有用なものとなるよう，各ステークホルダーとの定期的な検討会での議論を実施し，成果を構築してきた．

これらの調査，実験の結果を「IDS評価ガイドライン」という1つの成果としてまとめ，業界団体への成果移管を完了している．

表1　調査事例から抽出したセキュリティイベント

イベント	概要
不正なメッセージID	バスに存在しないメッセージID
不正なデータの範囲	単一のメッセージについて信号値の範囲が不正
不正な送信周期	メッセージIDが同一のメッセージの送信周期が不正
不正なメッセージ量	車載NW上のメッセージが仕様より多い／少ない
不正な送信順序	複数のメッセージの受信シーケンスが不正
不正なデータの変化量	直前に受信したメッセージのデータ値との差分が不正
コンテキスト違反のデータ	複数のメッセージのデータ値の相関関係が不正
不正な送信元／送信先	メッセージの送信元が不正（CANでECUの特徴量やMAC等を利用して判断） メッセージの送信先が不正（TCP/IPの場合）
UDSプロトコル違反	UDSプロトコルの仕様違反
OBDプロトコル違反	OBDプロトコルの仕様違反
DoCANプロトコル違反	DoCANプロトコルの仕様違反
規定回数以上の診断msgのエラーレスポンス	規定回数以上の診断系メッセージのエラーレスポンスの受信

2.2. コネクテッドカーの脅威情報と初動支援の調査研究

コネクテッドカーの脅威情報の収集・蓄積手法，脅威インテリジェンスを活用した初動支援のためのシステム基本仕様書を策定し，2023年に業界団体への運用移管を目標として活動を進めている．

脅威インテリジェンスとは，サイバー攻撃などの脅威への対応を支援するために，収集・分析・蓄積された情報のことで，一部の産業では，企業横断的にインテリジェンスを共有する活動が行われている．(1)

脅威インテリジェンスを共有することで，類似のサイバー攻撃による連鎖的な被害を防ぐなどの効果が期待できるが，現在共有されている脅威インテリジェンスはIT領域のものが中心となっている．ITシステムでは，汎用的なOSが利用されるなど，利用組織やユーザ間で共通のプラットフォームが使用されていることもあるが，自動車では車種ごとにアーキテクチャが異なっている．そのため，IT領域で共有されるような脅威インテリジェンスの形式のみでは対策に活用できないおそれがある．これは，自動車は，「車両制御」という観点においてハードウェア，ソフトウェアや通信プロトコルがOEMに依存しているためであり，ITとの大きな違いと言える．

一方で，車両制御に至るまでの「一連の攻撃の流れ」については，OEMに依存しない手法が用いられる場合があり，OEM間での共通の脅威として，共有する価値のある情報となる可能性が期待できる．

また，出荷後に新たに顕在化する脅威への対応としては，前述した脅威情報の共有だけでなく，いかにプロアクティブに脅威情報を把握できるかが初動の迅速化において鍵となる．

このようなプロアクティブな脅威情報の収集方法の

一つとしてハニーポットが知られている．例えば，ハニーポットにおける現状の脅威情報収集実験の観測結果としては，IoT製品同様にtelnetに対してIDと弱いパスワードを送り付けるIoTマルウェア（Mirai等）の特徴と一致するアクティビティの観測（図1）などがあげられる．これは，同マルウェアに感染した機器からの自動化攻撃であり，当該ハニーポットを車載機器として認識したうえでの攻撃ではないものと考えられる．

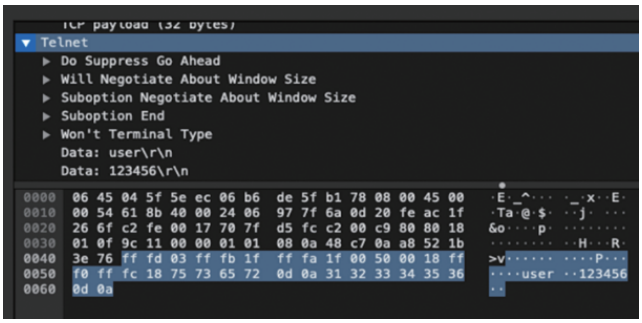


図1　観測したパケットの例

本テーマは，2023年2月までの計画となっており，2022年9月現在では，脅威情報収集実験及び収集した情報を業界内でのインシデント対応に活用するための共有方法について検討を実施している．今後は，脅威情報の記述方法を活用し，想定する脅威情報共有システムの仕組みを構築，PoCを通じた実現可能性の検証を進めていく予定である．

また，プロアクティブな情報収集については，ハニーポットを設置し，脅威情報の観測実験を進めるとともに，ホワイトハッカーやベンダ等が攻撃を試行するプレイグラウンドを開催し，その際のアクティビティを観測していく予定である．

3　日独連携

ドイツでは，連邦教育研究省（BMBF）主導のもと，コネクテッドカー（自動運転）のセキュリティ研究開発支援を行っており，現在，4つのプロジェクトが進行している．SIPは，これらのうち「SecForCARs」プロジェクト[(2)]と連携し，4つの研究テーマ（#1：ECUやそれを構成するLSIなどハードウェアと車載ネットワークのセキュリティ，#2：セキュアなサブシステムで構成される車両システムが全体としてセキュアであるために必要な要件と確認手法，#3：サイバー攻撃を観察，捕捉し，分析するための方法論，#4：想定される各攻撃ベクトルについて実際の車両と仮想システム（ハニーポット）を使用してサイバー攻撃を監視する手法）を掲げ，日独の大学の専門家も加わり双方の知見の共有，活用を進めている．研究状況及び成果をワークショップ（2022年末までに5回 開催を予定，1回目は2021年7月，2回目は2021年12月，3回目は2022年4月に開催）を通じ共有している．

4　まとめ

自動車のサイバーセキュリティの確保は，自動車の安全安心に直結していると言っても過言ではなく，最低限満たすべきセキュリティ水準や業界共通の脅威について業界全体の協調領域とする，あるいは積極的に共有することが適切であり，これによりコネクテッドサービスの開発や運用効率の改善を図ることも可能となり，日本企業の国際的な競争力維持にも繋がる．

また，セキュリティ対策や情報共有のための仕組みは，国内の業界における共有にとどめるのではなく，自動車セキュリティ開発における国際標準に提言するなどで，日本企業の強みとして活用できるよう，戦略的に標準化団体に働きかけることも重要である．

自動走行システムにおける，サイバーセキュリティは必要不可欠なものであるが，そのコネクテッドカーも含め，現時点ではまだ発展段階であり，セキュリティ上の脅威も今後増加してくるものと予想される．今後，社会実装が進み，実際の脅威が顕在化してくるなかで継続的に評価，改善を進めていくことが重要である．

【参考文献】
(1) 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）重要インフラ等におけるサイバーセキュリティの確保（b2）情報共有プラットフォーム技術「情報共有デザインガイド 構築編」，株式会社日立製作所，https://www.nedo.go.jp/content/100904081.pdf，（参照 2022.08.12）
(2) SecForCARs, https://www.secforcars.de/,（参照 2022.08.12）

【本件問合せ先】
トヨタ自動車株式会社 制御電子プラットフォーム開発部，〒471-8572 愛知県豊田市トヨタ町1番地，担当：平井康雅

⑧社会経済インパクト

Socioeconomic Impacts

大口敬（東京大学）
Takashi Oguchi (The University of Tokyo)

（概要）社会経済インパクトに関する国際連携の取組は，主に日独連携の枠組みのもとで推進された．具体的には，ドイツ宇宙研究所（DLR）とカールスルーエ工科大学（KIT）の研究者を中心とするドイツ側の研究プロジェクトCADIAと，日本のSIP第2期で東京大学・同志社大学が受託した2プロジェクト，「自動運転による交通事故低減等へのインパクトに関する研究」並びに「自動運転による社会・経済に与えるインパクト評価と普及促進策に関する研究」とが連携している．2019年１月開催の日独・二国間連携運営会議（Steering Committee）でこの連携活動が認められた．両国間では頻繁なオンライン会議を行うとともに，2019年10月にドイツ，2022年５月に日本にて両国の専門家が集まる会合を持ち，自動運転普及モデル，自動運転による新しい交通サービスの社会的受容性などについて，国際的な共通認識や国や文化の違いによる相違などを議論し，その成果は日独共同執筆書籍として2023年初頭に出版予定である．また毎年のSIP-adus Workshopや日米欧三極会議でも，社会経済インパクトに関して，日独のみならず国際的に幅広い関係者で情報交換・意見交換を実施した．

キーワード：自動運転普及モデル，社会的受容性，国際共通認識，国や文化による相違，国際共同出版

1 経緯と取組概要

自動運転に関する日本とドイツの連携については，内閣府とドイツ連邦教育研究省（BMBF）との間で，2017年１月12日に締結された「自動走行技術の研究開発の推進に関する日独共同声明（Joint Declaration of Intent）」に基づいて，活動が進められた．

日独双方から，連携して推進する研究開発テーマについて意見交換がなされ，社会的なインパクト評価（Social Impact Assessment）については，日本のSIP第２期自動運転（システムとサービスの拡張）における「自動運転による交通事故低減等へのインパクトに関する研究」並びに「自動運転による社会・経済に与えるインパクト評価と普及促進策に関する研究」として実施されており，ドイツ側でもドイツ宇宙研究所（DLR）が中心となったコンソーシアムがBMBFの支援を受けたプロジェクトとして採択されて2019年度から連携活動が開始された．日本側からは，筑波大学・谷口綾子教授を中心とする研究プロジェクトメンバにもボランティアで協力いただいた．最後には，これを共同出版として2023年初頭に刊行予定である．

一方，ITS分野における日米欧の三極会議の場でも，デジタルマップやヒューマンファクタなどと共に，インパクト評価（Impact Assessment：IA）も三極連携のサブテーマとして設定されており，三極で相互に調和した形で，自動運転による交通社会全般に与える影響を評価するフレームを高い次元で実現することを目指して，情報提供・共有と議論が進められている．

ここでは，社会経済インパクトに関する国際連携の取組として，この２つの取組を紹介する．

2 日独連携における取組

2.1. プロジェクト形成までの経緯

自動運転の社会インパクトに関する日独連携については，まず，SIP-adus「自動運転による交通事故低減等へのインパクトに関する研究」の研究メンバが，2018年秋にカールスルーエ工科大学（KIT）のInstitute for Technology Assessment and Systems Analysis（ITAS）を訪問し，日独の連携の可能性について意見

交換を行ったのがきっかけである．その後，2019年度に入って両国の専門家同士で議論を重ね，以下の２点が両国での連携事項として双方にメリット・興味があることが同意された．

1) Diffusion of Connected and Automated Driving in a Future Vehicle Stock：自動運転の普及に影響する要因とその関連性を整理したうえで，自動運転普及を量的にシミュレートするモデルを構築．これを用いて，今後数十年でのあり得る普及シナリオを描く
2) Social Acceptance of Automated Driving Explored：自動運転に対する社会的受容性とは何かを定義するとともに，先行実証研究調査を通じて，自動運転に対する社会的受容性について，国を跨がる類似点と社会的文化的環境による相違点を分析するとともに，自動運転に関する国家的イノベーション戦略上の論点，自動運転とその関連技術に関する（標準化を含む）国際協調上の課題を抽出する

2019年１月に，ドイツBMBFと日本の内閣府SIP-adusとで開催された日独・二国間連携運営会議（Steering Committee）において，上記の２つのテーマを１つのプロジェクトにまとめて，日独連携研究として実施することが決定され，定期的に合同のミーティングを開催するとともに，連携の成果として，合同成果報告シンポジウムの開催と書籍の出版を目指すことが合意された．

2.2. 日独連携研究の進捗概要

2019年度は，オンライン会議で事前準備を進めた後，10月７日・８日に，日本側の専門家がドイツへ訪問し，ドイツ国ベルリン市内のドイツ宇宙研究所（DLR）ベルリン事業所にて，第１回会合を実施した．

第１回会合の主たる目的は，相互のプロジェクトの概要説明とともに，それぞれの関心事項を提示し，連携の方向性などを決定することにあった．討議の結果，次回の会合は，自動車の所有と共有の観点から議論することが合意された．第２回会合は，2020年３月に日本で開催を予定していたが，2020年の新型コロナウイルス感染症の世界的流行に伴い，大きく予定が変更となり，オンライン会議主体に切替えて連携活動を推進することとなった．

2020年11月25日開催の日独連携第４回専門家会議，2021年12月６日開催の日独連携第５回専門家会議において，社会インパクト評価に関する日独の専門家がオンラインで参集し，ドイツBMBFと日本の内閣府，SIP-adusプログラムディレクター（PD）に対する活動進捗報告を行った．

2021年４月以降，頻繁にオンライン会合を行いながら，共同での取組の成果として実施する書籍出版の方針，内容，構成などの検討を進め，2022年の上半期には具体的な執筆に取り組んだ．そんな中，新型コロナウイルス感染状況の間隙を縫って，2022年５月に第２回会合を京都で開催し，日独双方が準備してきた原稿内容を相互に確認し，記述内容のすり合せ・調整を行うとともに，議論を踏まえて，両国の相似点・相違点などの共通理解を深めるセッションを開催した．このセッションでの議論内容をもとに，共同出版の最終章の原稿を起こすこととし，７月以降は相互に読み合わせや外部による査読・校閲などを経て，2023年初頭の刊行に向けた作業を共同で実施した．

2.3. SIP-adus Workshopにおける活動

2020年11月10～12日に開催されたSIP-adus Workshop 2020の一環として，インパクト評価（Impact Assessment）に関する日独連携活動の専門家を中心にオンラインシンポジウムを11月９日に開催し，これを録画したものを配信することにより，インパクト評価（IA）に関する日独連携活動内容を広く発信した．講演者は，Torsten Fleischer（カールスルーエ工科大学）・谷口綾子（筑波大学）・中尾聡史（京都大学）・田中晧介（東京理科大学），三好博昭・渡辺昭次（同志社大学）・紀伊雅敦（香川大学），Christine Eisenmann（ドイツ航空宇宙研究所），Bart van Arem（デルフト工科大学）である．

また，これら４件の研究活動の取組報告が行われたことを良い機会として，セッション終了後に有志でそのままオンライン接続を継続し，自動運転車の普及や人間が運転の車の残存予測，自動運転を用いた交通サービスの社会的受容性と日常行動・習慣に与える影響，自動運転車専用車線確保の困難性，などに関する意見交換が活発に行われた．

2021年11月９～10日には，SIP-adus Workshop 2021のPlenary Sessionが完全録画配信にて実施され，インパクト評価（Impact Assessment）のテーマで実施されたセッションでは，Christian Winkler（ドイツ航空宇宙研究所），三好博昭・渡辺昭次（同志社大学）・紀伊雅敦（香川大学），Torsten Fleischer（カールス

ルーエ工科大学)，谷口綾子・宮谷台香純 (筑波大学)，Scott Smith (米国連邦運輸省Volpeセンター) が講演した．さらに現地とオンラインによるハイブリッド型でBreakout Workshopも開催し，Plenary Session登壇者に加えてBart van Arem (デルフト工科大学) や日独連携プロジェクト関係者も参加し，自動運転普及モデルと社会インパクトに関する情報交換や議論で約３時間のセッションを実施した．

2.4. 日独共同執筆による共同出版

2021年から検討が進められ，2022年上半期には日独連携メンバにより執筆に取り組んだ．Japanese-German research cooperation on connected and automated driving: Socio-economic impact assessment (和訳：自動運転に関する日独研究連携：社会経済インパクト評価) と題する書籍の構成は以下のとおりである．

1. Introduction (はじめに)
2. Characteristics and trends of the Japanese and German mobility systems (日独の交通システムの基本特性と時系列傾向)
3. Policy process with respect to CAD in Japan (日本における自動運転に関する政策決定過程)
4. Industry analyses and prognoses regarding CAD ride-hailing market (自動運転乗合サービス市場に関する分析と予測)
5. Detailed evaluations of the empirical material on acceptance of CAD (自動運転の社会的受容に関する実証検討)
6. Transportation effects of CAD in Germany (ドイツにおける自動運転の交通領域への影響)
7. Transportation effects of CAD in Japan (日本における自動運転の交通領域への影響)
8. Overall Comparison between Germany and Japan (日独間の比較考察)

なお，2022年５月に開催したセッションでの議論内容は，この書籍の８章の中で整理して記述している．具体的には，Social expectations affecting CAD diffusion (社会的な期待による自動運転普及への影響)，Common expectations of groups and individuals in Germany and Japan (日独における集団と個人による共通の期待)，Attitude of the car industry (自動車産業の動き)，Mobility services expected to be realized (モビリティサービス実現への期待)，Differences in forms of residence (日独における都市形態の違いの影響)，Decision-making toward diffusion (普及へ向けた政策)，Expectations for the type of CAD initially introduced (最初に導入される自動運転の種類に対する期待)，Forming a correct understanding of CAD by citizens (市民による正しい自動運転の理解の醸成)，Risks that may affect expectations (自動運転への期待に影響を与えるリスク要因) の９項目の論点を挙げて整理している．

3 日米欧三極連携による取組

日米欧の三極で，自動運転を含むITS全般に関して情報交換，意見交換に関する定期的な会合が行われている．この中の一つに，自動運転のインパクト評価 (Impact Assessment) に関するサブグループがあり，米国から，米国DOT・Volpe研究センターのDr. Scott Smith，欧州から，フィンランドVTTのDr. Satu Innamaa，及び日本から，現在は筆者が，それぞれ各極の連名代表となり，このサブグループを運営している．年に２～３回程度のサブグループでの会合が開かれ，それぞれの地域での取組内容が情報交換され，自由な意見交換を継続している．欧州では，Horizon 2020や各国で支援するプロジェクトがあるので，それらの取組を通じた研究が紹介され，一方で米国DOT・Volpeセンターでは，システムダイナミクスモデルによるインパクト評価 (Impact Assessment) のフレームワーク作りが継続的に実施されており，その経過が逐次報告されている．日本からも，適宜，SIP-adusにおける「自動運転による交通事故低減等へのインパクトに関する研究」並びに「自動運転による社会・経済に与えるインパクト評価と普及促進策に関する研究」の取組を報告することとしている．

【本件問合せ先】
東京大学 生産技術研究所 人間・社会系部門，〒153-8505 東京都目黒区駒場４-６-１，03-5452-6419，担当：大口敬

⑨サービス実装推進

Service and Business Implementation

外山友里絵（株式会社三菱総合研究所）
Yurie Toyama (Mitsubishi Research Institute, Inc.)

（概要）自動運転の実用化に向けて，自動運転を活用したサービスの社会実装に向けた議論は重要である．国内外において，自動運転を活用したサービスの実証実験は行われているものの，実証実験から実装に向けたステップアップの際に生じる課題とその対応策等については，世界中で様々な検討や議論の途上段階である．そこで，国際連携活動においてもサービス実装推進という観点において，諸外国における自動運転の実装に向けた情報交換を行ってきた．本稿ではその取組状況を紹介する．

キーワード：社会実装，事業モデル，サービス実装，サービスカー，モビリティサービス

1 はじめに

自動運転を活用したサービスカー（注：ここでは，マイカーに対して，旅客や物流を輸送するサービスのために活用する車両をいう）の実装については，SIP第1期より「次世代都市交通ワーキンググループ」の活動のもと，国際連携においても，“Next Generation Transport”として筑波大学・川本雅之教授（当時）のリーダーシップにおいて推進されてきた．

SIP第2期においては，より一層実装という観点を意識し，「次世代都市交通ワーキンググループ」は「サービス実装推進ワーキンググループ」となり，国際連携活動においても，2020年度SIP-adus Workshopより，“Service and Business Implementation（SBI）”という領域名に改称し，活動を行った．また，国際連携活動においては，FOTs（大規模実証）のトピックもSBIと連携して取り組んだ．

2 SIP-adus Workshopにおける取組

自動運転の実用化に向けて，自動運転を活用したサービスのユースケースやビジネスモデル等の検討は重要であるものの，国内外において，実証実験から実装に向けたステップアップの際に生じる課題とその対応策等については議論の途上である．そこで，SBIではワークショップを通じて国内外の専門家とサービス実装に関する議論を行った．

2.1. 2021年度SIP-adus Workshop

2021年度のSIP-adus Workshop[(1)]は，Plenary Sessionについては，ヒューマンファクタとのジョイントセッションとして開催を行った．自動運転の実用化が近づくなか，「技術」と「都市活動・人」の繋ぎ方，サービスデザインの仕方，ビジネスモデルの考え方について，ヒューマンファクタとの関連領域が多いため，一体的に議論ができるよう，セッション企画や人選，プレゼンテーションのテーマ設定などを合同で行った．

図1に示すように，自動運転の社会実装に向けては，ヒューマンファクタ，サービスデザイン，ビジネスモデルの観点の検討が不可欠であることから，技術その

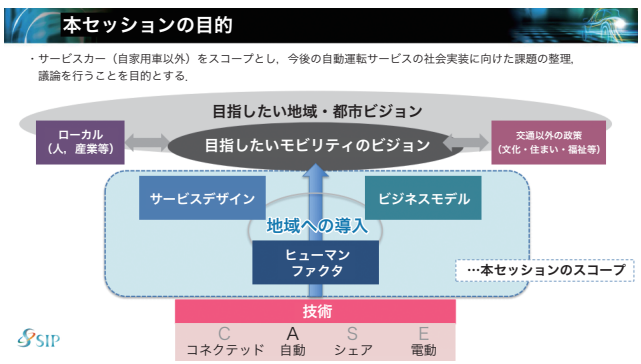


図1　2021年Plenary Sessionにおける議題

ものではなく技術と都市・地域を繋ぐ領域を本セッションでのスコープとし，セッションの企画を行った．

Plenary Sessionは，ヒューマンファクタと合同で合計８名のスピーカーを招聘した．2021年度に初めてSIP-adus Workshopに招聘する顔ぶれも含め，米国及び欧州から幅広い分野の専門家にご登壇いただいた．

登壇者からの発表として，世界中の様々な地域・都市において，自動運転の技術開発・公道実証（Field Operational Test）が行われているなか，登壇者からは，各国での取組から実装に向けた議論にフォーカスして話題提供をいただいた．SIPでも「社会実装」を意識して取組がなされるなか，実地域でのサービス導入に繋げるためには，それぞれの地域・都市のビジョンを踏まえ，どのようなビジネスモデルやサービス設計の観点に基づいて自動運転サービスを導入するか，という観点での議論を行うことができた．

また，後日，オンライン形式でBreakout Workshopを実施した．Breakout Workshopでは，Plenary Sessionにおける登壇者のうちSBI領域にて招聘した関係者と共に以下の観点から議論を行った．

・自動運転のメリットとは（市民，運行事業者，地元政府それぞれの視点で）
・経済的に自立可能な自動運転サービスの実現に向けたアイデア
・地元としてどのように自動運転を受け入れ，マネジメントしていくべきか（政策，サービスデザインの両面から）

初めてSIP-adus Workshopにお呼びする方を複数含み，またオンライン開催であることから実際に登壇者同士でのクロスディスカッションが難しい環境であったが，Plenary Session登壇者間での顔合わせ，双方向の意見交換・質疑応答の場所となった．

2.2. 2022年度SIP-adus Workshop

３年ぶりに対面開催となった2022年度SIP-adus Workshop[(2)]は，SBI単独で招聘活動を行った．

SIP-adus最後のワークショップとなることから，SIP-adusとしてサービス実装の事例として中山間部における自動運転サービス実証に関する話題のほか，米国から３名，欧州から１名のスピーカーを招聘した．

自動運転サービスの実装のためには，サービスデザイン，行政との連携，法制度への順守など，非技術領域にも様々な論点が存在する．それらの論点について，米国及び欧州における取組状況をもとに話題提供をいただいた．

さらに，2022年度はBreakout Workshopも対面で行った．海外から招聘したPlenary Session登壇者に加え，国内の研究者・実務者と共に15名程度のメンバにて，議論を行った．中には技術者のみならず，法制度の専門家にも参加いただき，今後のサービス実装に向けた技術面・非技術面の課題を議論することができた．

3 国際会議における情報収集

3.1. ITS European Congress 2022

(1) 会議概況

2022年５月30日（月）～６月１日（水）まで仏トゥールーズにて開催された．トゥールーズはAIRBUS社，EasyMile社が拠点を置く．

テーマは「Smart and Sustainable Mobility for all」であり，全体を通じ全ての議論が環境問題への意識を発端としているところに欧州における気候変動への関心及び危機感を強く感じた．

Plenary，SIS（Special Interest Session）等の個別セッション等に出席し，今回3日間で多く見聞きしたキーワードとしては，Sustainable，Multimodal，Digitalization（Data），Connected，Acceptance，Ecosystemが挙げられる．これらのキーワードと全体テーマを掛け合わせた文脈としては，気候変動対策（Sustainable）としての過度なマイカー依存脱却を目指したく，そのためには代替交通手段が便利である必要があるためマルチモーダル対応（Multimodal）が必要であり，実現のためにはデータ（Data）がデジタル化（Digitalization）され，繋がっている（Connected）ことが重要，なおかつ，さらにその考え方を市民に受け入れてもらう（Acceptance）必要があり，交通モードあるいは都市としてのエコシステム（Ecosystem）を考えていく必要がある，と解釈する．

(2) サービス実装推進に関するPlenary Session議論概要

ITS European Congressにおいては，「自動運転」を公共交通などのサービスユース（自家利用ではない）に活用することを見据えた議論を行うセッションを中心に情報収集した．主にPlenary Session等において

議論のあったポイントをまとめる．

1) サステナブル

ITS European Congressのテーマどおり，サステナブルは，現在の欧州においてあらゆる社会問題の中で最も関心が高いものといえる．Plenary Sessionでは，欧州議会からの代表者のスピーチによると，デジタル化とサステナブルへの対応が急がれるが，そのためにはモビリティの分野としてもよりスマートなソリューションを提供する必要があると宣言している．

2) 都市空間の活用

会議では，都市空間の活用に関しても議論がなされていた．例えば，この数年のCOVID-19の経験を踏まえ，人々は他人との距離の取り方や，公共交通の活用機会・スタンスが大きく変わってきている．また，電動キックボードなどの新たなパーソナルモビリティなども登場してきた昨今，これらを都市空間の中にどう当てはめるか，は課題である．さらに，ドローンなど空飛ぶモビリティサービスの実用化を見据え，都市のエアスペースの活用についても欧州では議論が始まっているという．

3) モビリティ・アズ・ア・サービス（MaaS）

ITSとデジタル化を掛け合わせたMaaSは，マルチモーダルの可能性を広げるものであり，欧州においても大いに期待されている．Plenary Sessionでは，サステナブルのためにはマルチモーダルは必要不可欠であり，唯一の方法とまで議論があった．MaaSの発展に向けたキーワードとして，ハーモナイズ，コラボレーションなどが挙げられるが，加えて，フレームワークの透明性，女性・障がい者など全ての人を考慮したアクセシビリティなども挙げられた．

3.2. ARTS（Automated Road Transportation Symposium）2022

(1) 会議概況

ARTS2022は米国・カリフォルニア州ガーデングローブにて2022年７月18日から同月21日まで開催された．AVS（Automated Vehicles Symposium）として開催していた３年前の会議から，全体的に会議規模を縮小した開催となった．具体的にはセッション数の減少，かつ一つ一つのセッションの長時間化（双方向議論重視），デモやポスタースペースの廃止などの変更があった．

(2) サービス実装推進に関する議論概要

ITS Europe Congressにおいては，テーマが“Sustainable”ということもあり，議論のおおよそが移動による環境負荷を課題意識として捉えることからスタートしており，環境負荷低減のためのマルチモーダル，自家用車依存脱却，さらにそれらを可能にするデータ活用推進，という議論が活発だった．一方，今回米国で行われていたARTSにおいては，環境問題への危機感などはそれほど前面に出ておらず，交通事故死者数の増加，国際競争力，Equityへの対応など，米国が抱える別の社会課題の側面から自動運転の議論がなされていたことが象徴的であった．

また，バイデン政権にて成立したInfrastructure Investment and Jobs Act（IIJA）に基づく運輸部門への今後の投資，政策立案等も様々な議論の中で触れられていた．

米国内では，様々な自動運転に関するサービスの実証実験が取り組まれている．

USDOT Federal Transit Authority（公共交通局）としては，アクセシビリティを強調し，American Disabilities Actの自動運転サービスへの適用を宣言しており，各地方政府の取組においても車いす対応の乗降車技術（昇降リフトやスロープ）など，アクセシビリティは開発上重要な観点になっている．

4 おわりに

自動運転の社会実装の動きが加速するなか，サービス実装やビジネスモデルのヒントとして，自動運転技術，自動運転サービス単独に着眼した検討のみならず，サステナビリティや交通安全など自動運転サービスを必要とする社会課題や，自動運転である必要性に関するニーズを明確にしたうえで，他のモビリティサービスや都市内での様々な政策（環境，福祉，その他都市計画）との連携を意識したモデル作りが各地域で求められる．

【参考文献】
(1) 内閣府：SIP-adus Workshop 2021 Webサイト，https://en.sip-adus.go.jp/evt/workshop2021/，（参照 2022.11.02）
(2) 内閣府：SIP-adus Workshop 2022 Webサイト，https://en.sip-adus.go.jp/evt/workshop2022/，（参照 2022.11.02）

【本件問合せ先】
株式会社三菱総合研究所 スマート・リージョン本部，〒100-8141 東京都千代田区永田町二丁目10番３号，03-6858-0241，担当：外山友里絵

7 その他の成果と取組等

その他の成果と取組等

Other Achievements and Activities

田中孝浩（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）
Takahiro Tanaka (New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO))

1 他の実施施策

本章では，中間成果報告書の本文や同書第７章「その他の成果と取組等」，あるいは本書の第２章～第６章で紹介されていないが，SIP第２期に実施した施策について，今後の自動運転の研究や開発の際に参考としていただくために紹介する．

1.1. ニュータウン地域における自動運転による移動サービス実用化に向けた環境整備に係る調査

2019年，東京都多摩市と兵庫県三田市のニュータウン地域において，自動運転を活用した公共交通サービスの導入に向けた課題を整理するために，国土交通省や自治体，地元の交通サービス提供者等の協力を得て，調査事業[(1)]を行った．ニュータウンを選定した理由は，ニュータウンの多くは，昭和40～50年代に開発が進み，住民の多くは高齢化し，かつ丘陵地に位置しているため公共のモビリティサービスの提供が喫緊の課題となっているためである．１週間程度の短期実証であったが，実際にニュータウン地域の住民の方に試乗いただき，アンケートやヒアリングを通じて自動運転に対するニーズや期待，不安要素等，生の声を吸い上げた．一方で，ステークホルダーを交えた検討会を通じて，社会実装に向けて都市空間の設計，ビジネスモデル，社会的受容性における課題を整理した．

1.2. 混在交通下における交通安全の確保等に向けたV2X（Vehicle-to-everything）情報の活用方策に係る調査

一般車両と自動運転車両が混在して走行する場合の交通安全施策の立案や交通管理業務等への活用を目的に，自動運転車両が一般自動車に与える影響や交通流に与える影響について調査検討を行った．

東京臨海部実証実験内に観測箇所を決め設置した定点カメラにて，現状の交通流と自動運転車の走行時の交通量及び車両挙動データを取得し，これらのデータをもとに交通流シミュレーションにて，混在交通下における自動運転車両の影響度についてまとめ，交通安全に係る施策立案，交通管理業務への活用方策の検討を行った．

1.3. BRT（Bus Rapid Transit）への自動運転による正着制御技術等の導入に向けた調査

バスがバス停に隙間なく停車する正着はバリアフリー化の一要素として重要性が認識されており，SIP第２期自動運転では東京臨海部実証実験の羽田地域において磁気マーカを用いた正着制御技術に取り組んだ．一方，SIP第１期の中で，東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会での活用を目指したバスには，開発日程の都合上，海外での導入実績のある誘導線をカメラで読み取る誘導線方式が採用されており，この誘導線方式の天候や照度等のシステム使用条件や誘導線の耐久性等の技術検証が必要となった．本施策では，

これにバリアフリー化効果，乗降時の時間短縮，乗降時及び停車・発車時の転倒防止などの効果検証を併せ取り組んだ．

1.4. 交通環境情報に係る国際協調に向けた海外動向等の調査

SIP自動運転では，第１期よりダイナミックマップの構築に取り組み，第２期では高精度３次元地図情報に紐付ける動的な交通環境情報の利活用の仕組み構築に取り組んだ．これら交通環境情報に関する国際標準化の推進のために，国内外の標準化動向の調査を行うとともに国際標準化活動を支援してきた．

特に，高精度３次元地図情報及び交通環境情報の業界標準化を推進する海外の組織（OADF：Open Auto Drive Forum[(2)]等）との交流を中心に，日本の各種団体や専門家との検討会を実施した．

また，近年欧州においてモビリティデータの流通管理のための仕組みづくり（欧州委員会のNational Access PointをコーディネーションするNAPCORE[(3)]やドイツ連邦交通デジタルインフラ省のMobilithek[(4)]等）が活発化しており，これらのモビリティデータの流通管理の仕組みを追加調査し，交通環境情報のポータルサイトであるMD communet®[(5)]の展開推進の参考にした．

2 SIPの成果や資産の取扱いについて

最終年度にあたり，知財委員会にてSIP第２期を通じて得られた知的財産の取扱いについて議論し，以下のように整理した．また，SIP第２期終了後のWebサイト，研究開発設備や実験データ等の保管並びに閲覧方法についても記述する．

2.1. 知的財産の取扱い

受託者とNEDOとの間に締結される委託業務契約約款において，知的財産権とは産業財産権（特許権，実用新案権，意匠権，回路配置利用権及び著作権）を受ける権利，産業財産権及び著作権，及びノウハウと規定している．ここでは特許と著作権の取扱いについて説明する．

(1) 特許

日本版バイ・ドール制度（産業技術力強化法第17条）（以下，バイ・ドール制度）[(6)]では，「一定の条件を受託者が約する場合に，各省庁が政府資金を供与して行っている全ての委託研究開発（国立研究開発法人等を通じて行うものを含む）に係る知的財産権について，100％受託者（民間企業等）に帰属させうる」としている．よってSIPの成果として得られた特許については「バイ・ドール制度」に基づき受託者に権利が帰属するものとする．

(2) 著作権

NEDOの成果報告書データベース[(7)]に登録されている施策ごとの成果報告書については，その著作権はNEDOに帰属するものとする．それ以外のワーキンググループやタスクフォースで発表された施策の進捗報告資料，各種イベントでの発表資料等については，著作権はそれぞれの作成者に帰属するものとし，NEDOは著作権を主張せず，著作者人格権も行使しない．ただし，SIP第２期自動運転（システムとサービスの拡張）の成果を他の資料の中で引用する場合には，その成果がSIP事業によるものというクレジットを記載するものとする．

クレジットの例

> 本［論文／報告書／発表資料等］には，国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が管理法人を務め，内閣府が実施した「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第２期／自動運転（システムとサービスの拡張）」（NEDO管理番号：JPNP18012）の成果が含まれています．

2.2. Webサイトの種類及びSIP第2期終了後の対応

SIP第２期自動運転では，Webサイトを利用して積極的な情報発信を行ってきた．各々のWebサイトの内容とSIP第２期終了後の対応を示す．

(1) SIP-adusホームページ[(8)]

内閣府及びNEDOが管理，運用しているWebサイトであり，施策ごとの成果報告書やSIP-adus Workshopをはじめとしたイベントの発表資料，東京臨海部実証実験の走行計画等が掲載されている．SIP-adusホームページはSIP第２期終了後も数年間はアクセス可能

とする予定である．

(2) SIP-café [9]

SIP-caféは自動運転社会を考えるWebコミュニティであり，社会的受容性の醸成施策の一環としてNEDOからの調査委託に基づき受託者に運営，管理されているWebサイトである．SIP-caféでは一般市民を対象として自動運転関連のニュース，インタビュー記事，専門家によるコラム，社会的受容性の醸成関連のイベントの告知や報告等が掲載されている．SIP-caféの継承先については，本最終成果報告書作成段階では，検討中であるため最新状況はSIP-adusホームページにてご確認いただきたい．

(3) それぞれの施策で管理・運営しているWebサイト

NEDOからの研究開発業務委託に基づき，受託者にて運営・管理されているWebサイト（地方部実証におけるジドサポ [10]，交通環境情報のポータルサイトMD communet®等）は，それぞれの受託者に権利が帰属し，SIP第２期終了後もそれぞれの受託者にて管理，運営される予定である．

2.3. 研究開発設備や実験データ等

研究開発において取得した固定資産や経費購入物品は受託者とNEDOとの間の業務委託契約約款に基づき，契約終了後も継続して使用されるか，もしくは廃棄されることを前提として受託者の所有となる．東京臨海部実証実験で用いられた設備や機器については後続プロジェクトへの引継ぎについて検討中である．

実証実験で得られたデータについては実施者に帰属するものとして実施者がデータマネジメントプランに基づき適切に管理する．東京臨海部実証実験で得られた実験データについては特別のデータ利用規約を策定し，希望者に対してデータの提供を行った．具体的には，狭域無線通信と路側インフラを利用するV2I (Vehicle to Interface) を活用した実証実験の実験データの提供については，2021年５月21日より開始し，広域公衆ネットワークを利用するV2N (Vehicle to Network) を活用する実証実験で得られたデータについても2022年５月31日より提供を開始した．[11] V2Nでは，ドライブレコーダの映像データ等に加え，４つの実証実験（車線別道路交通情報，降雨情報，信号予定情報，模擬緊急車両位置情報）の実験用車載器のデータを提供した．データの申込み方法は東京臨海部実証実験データ利用規約に同意のうえ，東京臨海部実証実験NEDO窓口に申請する．データ利用期間はV2I, V2Nデータともに SIP第２期事業が終了するまでとしている．

研究開発活動の過程で作成されたソフトウェアやプログラムについては「バイ・ドール制度」に基づき作成者が著作権を持つことになる．

3 施策ごとの成果報告書

SIP第２期自動運転では，施策別の成果報告書を以下の２つのレポジトリで公開している．中間成果報告書あるいは本最終成果報告書を閲覧し，より詳細な情報を入手したい場合に活用いただきたい．

3.1. SIP-adusホームページ

施策別，年度別の成果報告書は，SIP-adusのホームページの「研究開発」のタブで指定されるWebページからダウンロードが可能となっている．このWebページには，ワード形式の詳細な報告書とプレゼンテーション形式の概要報告書が掲載されている．SIP-adusホームページの英語のサイトには英語版の概要報告書が掲載されている．閲覧希望者はPDF形式のファイルを自由にダウンロードすることができる．

また，本最終成果報告書と中間成果報告書，SIP協調型自動運転ユースケースのPDF版 [12] や協調型自動運転の通信方式ロードマップのPDF版 [13] も本サイトに登録されており，一部または全部をダウンロードすることができる．

3.2. NEDOの成果報告書データベース

SIP-adusホームページ施策別の最終成果報告書は，NEDOの成果報告書データベースにも登録されている．こちらは詳細版のみとなる．NEDOの成果報告書データベースはNEDOのホームページの「刊行物・資料」タブからアクセスが可能であるが，データベースの利用規約への同意とユーザ登録が必要となる．このデータベースにはNEDOの全事業の成果報告書が登録されているため，キーワードを指定して絞り込みを行う必要がある．プロジェクト番号として「P18012」を指定すればSIP第２期自動運転の最終成果報告書の絞

り込みができる．NEDOの成果報告書データベースには詳細版しか登録されていないが，より長期にわたって閲覧が可能となっている．

4 講演や論文発表による情報発信

大学や研究機関等を中心にして引き続き学会やSIP外のイベントでのSIPの研究成果の発表や講演が行われている．主な研究発表や講演の実績を表1に示す．

表1　施策ごとの他の学会等での発表（抜粋）

施策名	主な発表先・投稿先
仮想空間での自動走行評価環境整備手法の開発	安全工学シンポジウム2021 群馬大学次世代オープンイノベーション協議会 FAST-zero '21 自動運転機能安全カンファレンス 2021/2022 学術の動向 2022年2月号 CAEフォーラム2022招待講演 IEEE ICCVE2022 自動車技術会　学術講演会　2022年秋季大会
自動運転技術（レベル3，4）に必要な認識技術等に関する研究	Journal of TRB IEEE ITSC2021 IEEE IV2021 FAST-zero '21 ICAM2021 IEICE journal
自動運転の高度化に則したHMI及び安全教育方法に関する調査研究	ICICT2020/2021 HCI International 2020 TRANSLOG2020/2021 IEEE TALE2020 ITSシンポジウム 日本教育工学会2021 IEA2021 IEEE IV2021/2022 FAST-zero '21, HFES2021
自動運転による社会・経済に与えるインパクト評価と普及促進策に関する研究	日本学術会議2019 日本ITS推進フォーラム オートモーティブ・ソフトウェア・フロンティア CICV 2022
社会的受容性の醸成に向けた戦略策定と評価に関する調査	「人生100年時代のモビリティを考える―自動運転の普及と消費者意識―」と題して，共同通信や地方新聞社と連携して，全国で講演

5 まとめ

SIP第2期では様々な調査活動や研究開発活動を行ってきた．と同時に成果の国内外への情報発信にも注力してきた．成果は中間成果報告書や本書に加え，施策別の詳細な成果報告書にもまとめてある．是非参照いただき今後の自動運転関連の研究開発に役立てて，「デジタルを活用した交通社会の未来2022」[14]で目指している自動運転社会の実現に向けて役立てていただきたい．

【参考文献】
(1) 国土交通省報道発表資料，https://www.mlit.go.jp/report/press/toshi08_hh_000043.html，（参照 2022.10.22）
(2) Open Auto Drive Forum（OADF），https://www.openautodrive.org，（参照 2022.10.22）
(3) National Access Point Coordination Organisation for Europe（NAPCORE），https://napcore.eu，（参照 2022.10.22）
(4) Mobilithek，https://mobilithek.info/ABOUT，（参照 2022.10.22）
(5) MD communet®，https://info.adus-arch.com，（参照 2022.10.22）
(6) 日本版バイ・ドール制度（産業技術力強化法第17条），https://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu_kakushin/innovation_policy/bayh_dole_act.html，（参照 2022.10.22）
(7) NEDO成果報告書データベース（ユーザ登録が必要），https://www.nedo.go.jp/library/database_index.html，（参照 2022.10.22）
(8) SIP-adus 成果報告書，https://www.sip-adus.go.jp/rd/，（参照 2022.10.22）
(9) 自動運転社会を考えるコミュニティSIP-café，https://sip-cafe.media/，（参照 2022.10.22）
(10) ジドサポ，https://www.hido.or.jp/jidosapo/，（参照 2022.10.22）
(11) 東京臨海部実証実験において取得したデータの提供について，https://www.sip-adus.go.jp/fot/fot01_05.php#f05_03，（参照 2022.10.22）
(12) 協調型自動運転ユースケース，https://www.sip-adus.go.jp/rd/rddata/usecase.pdf，（参照 2022.10.22）
(13) SIP協調型自動運転の通信方式ロードマップ―2021年度協調型自動運転通信方式検討TF活動報告―，https://www.sip-adus.go.jp/rd/rddata/roadmap.pdf，（参照 2022.12.06）
(14) デジタルを活用した交通社会の未来2022，https://www.digital.go.jp/news/22791050-006d-48fd-914d-e374c240a0bd/，（参照 2022.10.22）

【本件問合せ先】
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 ロボット・AI部 モビリティグループ，〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310 ミューザ川崎セントラルタワー15階，044-520-5241（部直通），担当：田中孝浩（プロジェクトマネジャー）

①SIP自動運転の振り返り（マネジメントにおける工夫点など）

Looking Back upon SIP-adus History

葛巻清吾（SIP 第2期自動運転プログラムディレクター，トヨタ自動車株式会社）
Seigo Kuzumaki（SIP-adus Program Director, TOYOTA MOTOR CORPORATION）

1 はじめに

本『最終成果報告書』発行の目的は，SIP自動運転の活動及び成果をまとめ，今後の技術開発や産学官連携プロジェクト推進の参考となることである．そのために技術的な内容だけではなく，マネジメントにおける工夫点なども記録に残していくべきとの結論となり，本章にまとめた．また，SIP第２期でのマネジメントに関しては，SIP第１期での経験をもとに工夫した点も多いので，最初にSIP第１期について簡単に振り返ることにする．

2 SIP第1期『自動走行システム』振り返り

SIPが開始されたのは，2014年６月からであるが，その前の2013年末に各テーマのPD（プログラムディレクター）が決まり，『自動走行システム』はトヨタ自動車株式会社の渡邉技監（当時）がPDに選出され，2014年初から立ち上げのための準備委員会が設立された．この準備委員会は推進委員会と３つのワーキンググループ（以下，WG）からなり，多い時は月７回の会議を行った．SIP自体，民間のPDがリーダーとなり，内閣府が取りまとめ府省連携を進めるというこれまでにない試みであったので，正直この時の各省の反応は“疑心暗鬼”というものに近かったと思う．ただ渡邉PDのリーダーシップもあり，会議には参事官クラスが毎回出席された．

一方で，各会議体に対応する“民間意見交換会”というミラー会議を作り，毎週打合せを行った．この会議には，ほぼ全ての自動車OEMから参加いただいたが，この会議の決まりとして「各社の代表としてではなく，個人として自由に意見をのべる」会であり，誰でも参加可能，議事録なども一切取らないことを決めた．このような自由な議論は，業界としてのコンセンサスの醸成に大きく役立った．この“民間意見交換会”で，ダイナミックマップやHMI（Human Machine Interface）など自動運転に必要な技術開発テーマのアイデアが出され，その進め方を議論した．これらの内容を準備委員会で提案し，研究開発計画書に織り込む事が承認された．これら民間提案の施策は，初年度は全体約25億円の予算のうちのトータル１億円弱程度のスモールスタートで始まった．

SIP『自動走行システム』が正式に発足した後も，月７回の会議は続けるとともに，また各省との個別のミーティングや民間での飲みにケーションも頻繁に行った．

2015年に入ると渡邉PDが体調を崩され，私（葛巻）がPD代行となった．秋に総合科学技術・イノベーション会議にて，SIP『自動走行システム』を説明できる機会をいただき，安倍首相（当時）から「2017年に大規模実証実験を行う」と発言いただいたことで，各省からの支援も得やすい環境が整えられた．

３年目を迎えるにあたり，ダイナミックマップなど民間提案の重要テーマを早急に強化すべきと考え，テーマの改廃に取り組んだ．当然，現受託者にとっては，当初計画の変更になるため抵抗もあったが，何とか各省の理解を得ることができ，2016年度からはテーマを統廃合し，ダイナミックマップ，情報セキュリティ，HMI，歩行者事故低減，次世代都市交通を重点５課題と位置づけ，予算を重点配分することができた．この年（2016年３月）に渡邉前PDが志半ばでご逝去され，私（葛巻）が正式にPDに選出された．

第１期SIPの中で特筆すべき成果として，『ダイナミックマップ基盤株式会社』の設立がある．高度な自動運転システムには高精度３次元地図が必要となる．

この地図を自動車OEMが独自に持つことは，自動車OEMにとっても，地図会社にとっても負担が大きい．一方で，地図会社にとっては地図データの提供は競争領域そのものであり，ビジネスの根幹に関わる問題である．そこで自動運転を実現するために必要最小限の“地物”は何か？を議論し，それを“図化”するところまでは協調領域とすることを決めた．その結果，測量機器メーカ，地図ベンダ，測量事業者らと自動車OEMが出資する『ダイナミックマップ基盤株式会社』が2017年に設立された．同2017年に東名高速道路にてダイナミックマップを使った大規模実証実験をSIPで行い，その結果のフィードバックも入れ2018年から全自動車専用道路約３万kmの商用配信がスタートしている．その後ホンダから発売された世界初のレベル３自動運転車両や，日産，トヨタの高度安全運転支援システム搭載車にもこの地図が採用された．

3 SIP第2期の振り返り

3.1. 立ち上げとチームビルディング

SIP第２期は補正予算によって開始されたため，2018年の１年間はSIP第１期と重なることになった．Society5.0の実現に向け自動運転の実現の重要性が認められ，第２期でも12テーマの一つとして採択された．ただしガバニングボード（以下，GB）からは「第１期の積み残しではなく新たな課題に取り組むよう」強い念押しがあったことと，自動運転という名称が一般化してきたこともあり，第２期のテーマ名は『自動運転（システムとサービスの拡張）』に変更した．

SIP第１期の活動を通して，お互いの信頼感も生まれ民間及び省庁間の風通しも良くなり，第２期の立ち上げはスムーズに進んだと言える．一方で，第１期はどちらかと言うと有志による活動であったため，関係団体との関係は弱かった．第２期からは関係団体からの代表者という位置づけで推進委員会や各WG等に参加要請し，特に自動車工業会からは専門家がWGや受託者との議論に積極的に参加することになり，連携強化が一気に進んだ．また，第１期においてGBからは，「産主導で学の関わりが弱い」との指摘も受けたこともあり，WG等の構成員や委託先そして実験参加者や評価のためのレビュアーとして，広く大学や研究機関から専門家に参加いただくようにした．これらの変更により，第２期から本格的に産学官連携体制ができたと思っている．

3.2. 日程管理・予算管理・人の管理

２章でも述べたとおり，第１期では途中で研究開発テーマの改廃を行ったが，それに先立つ軌道修正に向けた議論も含め，多くの労力を要した．この経験から，第２期では５年間を３年間＋２年間と考え，３年終了時のマイルストーンを設定することで，テーマの見直し並びに開発自体のスピードアップを目指した．あわせて３年目終了時点で実用化・事業化の見込みのあるテーマに，予算の重点配分を行った．

もう一つ気をつけたことは，関係者と施策の“目的”を意識合わせすることである．よく“目標”の達成が“目的”に置き換わってしまうことが多い．本来は“目的”が先にあり，アウトプットがそれに合致していなければ軌道修正や中止を検討すべきである．このために「何のためにこの研究開発をするのか？」について，施策の初期にしっかりと議論するように心掛けた．

予算管理に関しては，SIP第１期では各省との合意が取れなかったこともあり，当初管理法人を置かず，予算決定後，毎年内閣府が各省へ予算を再配分するとともに，民間提案については公募の事務作業を行っていた．この単年度の管理は大変非効率であった．2017年からNEDOが管理法人になることで合意ができ，「委託先と複数年度契約を結び，進捗等に応じ，年度末に次年度予算を確定していく」スタイルに変更できたメリットは大きかった．これにより，開発に割ける時間が増えるとともに，開発のフレキシビリティの確保にも繋がった．

一方，産学官連携プロジェクトでは，“人”の管理が最も難しい問題である．良いアウトプットを出すためには，優秀な技術者が必要であるが，当然そのような人材は各社内でも必要不可欠な存在である．プロジェクトに人を出していただくためには，まず各社のマネジメント層にプロジェクトの意義を理解してもらう必要がある．加えて，プロジェクト発足後も技術者の上司等に，経過及びアウトプットを見えるようにしておかないと，貴重な人材を途中で引き上げるという事態になりかねない．これらの対策として重要なのは“情報発信”である．PD自身が色々な機会に説明することももちろん必要であるが，関係者自身が自社内で説明できるように，積極的に資料をシェアしていくこ

とが肝要である．

また省庁の担当者の任期は短く，かつ引継ぎ期間も短い．この対策として，毎月開催するWGや数か月ごとの推進員会は，連続性・慣性力の維持に有効であった．

3.3. 協調領域の技術開発の進め方

SIP自動運転では協調領域の技術開発を行ってきたが，競争領域と協調領域は最初からきれいに整理できるものでもなく，その境界線は各社ごとに異なることが多い．よって「協調領域だから皆で一緒に開発しましょう」と掛け声をかけるだけでは，賛同を得るのは困難である．「協調も大事だが，競争も大事」という前提で，各社にとってどうしても譲れない境界線を理解するとともに，協調するメリットを示し関係者に説明しなければならない．

また開発をいざ始めると総論賛成・各論反対という事態に陥りやすい．このため概念的な議論とか枠組みの議論に長い時間をかけず，並行してスモールスタートで具体的なアウトプットを見せ，それをもとに技術者に意見を言ってもらうようにする方が上手くいく場合が多い．技術者は，具体的なアウトプットに対してはキチンと技術的観点から意見することが多く，その意見を取り入れながら，改善を繰り返していくアプローチが有効である．

3.4. 重点テーマの決定と工夫点

SIP第２期を始めるにあたり，何をメインのテーマにするか？については非常に悩んだ．第１期で高精度３次元地図の構築と配信に取り組んだこともあり，その上に乗る動的な交通環境情報の構築に取り組むことは自然な流れであった．そのような中で，できるだけ多くのステークホルダーを巻き込むために，東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会を活用することを決めた．結果的に実現できなかったが，自動車工業会と東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会で大規模な合同試乗会を開催することを目標に活動できたことは，競争領域も含めた開発を加速できたとともに，制度整備との同期化にも繋がった．このような“現場”を持つことは，標準化の議論を促進できるとともに，情報発信の場としての活用にも有用である．

一方で，自動運転の実現に向けては安全性の確保が喫緊の課題であり，これに対する取組が必要と感じていた．ヒアリングを行った結果，各社安全性の証明に多くの公道実験を繰り返しており開発のボトルネックになっていることがわかったため，複数のセンサを同時に評価可能なシミュレーションの開発に着手することを決めた．最初は空転する場面もあったが，関係者間でアウトプットイメージを共有できてからは，成果が見え始め，オールジャパン体制ならではの化学反応が起き開発が加速し，最終的に事業化まで至ることができた．[1]

これら含め重要課題を進めるにあたっては，必要に応じて特定の活動期間を決めてタスクフォース（以下，TF）を設置し議論を深めた．TFは必要な専門家をフレキシブルに集められ有用であった．

4 全体を通して

これまで述べた以外にいくつか良かった点や気をつけた点を書き記しておく．

その一つは『官民ITS構想・ロードマップ』を取りまとめているデジタル庁（旧内閣官房）との連携である．内閣府のSIPという研究開発とデジタル庁のロードマップが両輪となって動くことで，技術開発と制度整備がシンクロして進むことができた．特に2018年４月に当時の内閣官房から出された『自動運転に係る制度整備大綱』が道路交通法や道路運送車両法の改正に繋がり，2021年３月に世界初の自動運転レベル３の車両が日本で発売できたのは連携の産物と言える．

もう一つは，SIP第１期発足当初に「何のために自動運転の開発を行うのか？」について関係者間で十分議論し，「安全な移動手段実現のため」という合意ができたことである．このことで，自動運転の実現だけでなく，高度安全運転支援システムの進化とセットで考えるという骨太の方針ができ，プロジェクトを通して一貫性を持って取り組むことができた．

また，評価WG等から“社会的受容性の醸成”を強化すべきとのアドバイスをいただき，長期的な視点にたった広報活動ができたことも，“発信強化”に繋がり，

1　2020年７月にBIPROGYが100％出資し，V-Drive Technologies社を設立．三菱プレシジョンと業務提携し，同年９月からDIVP®の製品の販売を開始した．

プロジェクトの求心力の維持に大きく役立ったと思う．

最後になるが，私自身が特に気をつけたことは“スピード感”である．協調領域の技術開発は合意形成のために時間がかかる．企画側で少しブレーキがかかると“サグ渋滞”のように後ろの方では完全に止まってしまうという事態にもなりかねない．このため，意思決定を早くするとともに，施策は小さく素早く回しつつ，随時修正していくという進め方を心掛けるようにした．また，プロジェクトの基本である日程管理表の作成と関係者間での共有を徹底するようにお願いした．

5 終わりに

人によりプロジェクトのマネジメントスタイルは異なり，取り巻く環境も違うので，私の経験が全て参考にはなることはないが，この中の一例でも皆さんの今後のプロジェクトの一助になれば幸いである．

②SIP自動運転とSTI政策

SIP-adus and Mission Oriented STI policy

有本建男（政策研究大学院大学）
Tateo Arimoto (National Graduate Institute for Policy Studies)

1 はじめに

筆者は，SDGs（国連が世界の持続可能な開発目標として2015年に決議した）の達成のために科学技術の役割について議論しガイドラインを作成する国連フォーラムに発足時（2016年）から参加してきた．また，OECDのミッション志向型イノベーション政策（MOIP）に関する国際比較研究[(1)]に運営委員として参加している．この項では，これらの経験と知識を踏まえて，SIP自動運転プログラム（SIP-adus）が何故，STI政策の国際的コミュニティから注目されているのか．その状況を紹介するとともに，今後のモビリティ関連プログラムや，わが国の科学技術イノベーション（STI）政策一般を検討するうえでの教訓を探りたい．

2 ビジョンを打ち出す重要性：SIP-adusの原点

SIP-adusは，準備を含めて10年余の政産学官地域市民を巻き込んだユニークなプログラムである．その原点を訪ねてみよう．まず，2014年11月に開催された第1回国際ワークショップ．主テーマは「ユニバーサルサービスのための自動運転イノベーション（SIP-adus）―人々に笑顔をもたらす交通社会を目指して」．英語では「Innovation of Automated Driving for Universal Services（SIP-adus）―Mobility Bringing Everyone a Smile」．その開催趣旨は「多様な人々が多様なコミュニティで積極的に価値創造に参加するインクルーシブな社会は，個人の幸福と経済の発展を両立させることができます．社会イノベーションと融合した自動運転技術は，誰もがその能力を十分に発揮できるモビリティを提供し，社会の持続的発展を可能にするはずです」というものであり，現在でもインパクトのあるメッセージである．２つ目は，第２期SIP-adusのスタート（2018年）にあたって，プログラムの名称を第１期の「自動走行システム」から「自動運転（システムとサービスの拡張）」に意志を持って変更したことである．システム開発だけでなく，それを活用して物流／移動など社会課題の解決，多様なサービス，ビジネス展開へ向かうビジョンを強く打ち出したのである．

SIP-adusが，SDGsやSociety5.0に先行して，早くからこうした明確なビジョンを打ち出し，長期の活動の指針として来たことは重要と思う．

3 歴史観の重要性：STI政策は社会変革型／ミッション志向型へ移行中

ここで，第２次世界大戦後の国際的なSTI政策の変遷をみておく．戦後各国は，科学技術振興に力を入れてきたが，その目的と制度体制は，安全保障，産業競争力，社会的課題解決など，時々の政治・社会・経済的要請や新技術の発達状況，国際情勢などを反映して変化しており，大きく４期に区分できる．[(2)] 第１，２，３期は，それぞれ，国家主導による大規模技術開発型（1950年代～），産業技術開発型（1970年代～），国家イノベーションシステム型（1980年代～）であり，2010年ごろからは，前の３つの期の型が重畳しながら，第４期として社会変革型／ミッション志向型イノベーション政策（MOIPと略称する）に移行しているといわれる．SIP-adusはこの第４期に位置するプログラムとみなせる．

OECDは昨年，コロナパンデミック後の時代のSTI政策を次のように特徴付けた．「過去30年間の各国のSTI支援の主な根拠は経済競争力だった．今後はこれに加えて，持続可能性，包摂性，強靭性，安全保障が重要な

優先順位になるだろう」.[4][5] これは，気候危機，コロナパンデミック，米中対立，エネルギー・食料危機，デジタル革命など，近年の環境・経済・技術・市民生活の急激な変化を反映しているといえる．国連のSDGs，OECDのMOIP，EUのHorizon Europe，ドイツやイギリス等の近年のイノベーション政策は，OECDが示した方向へ大きな潮流を形成しつつある．

その中で，日本のSTI政策にも変化が始まっている．2020年に科学技術基本法が25年振りに大改正され，目的として，「科学技術の水準の向上」に加えて「イノベーションの創出」が追加され，人文学・社会科学の推進と理工系との連携が強調された．これを受けて決定された第６期STI基本計画（2021年３月）は，持続可能で強靭な社会への変革と，一人一人の多様な幸せ（well-being）の実現という従来とは異なる社会的目標や価値観を掲げている．これらは，SIP-adusが10年前からビジョンに掲げてきたものである．

4 社会変革型／ミッション志向型イノベーション政策(MOIP)の方法論の枠組み：OECDの国際共同研究の成果

世界の科学技術イノベーション政策において，時代の潮流になりつつあるMOIPの具体化のためには，ビジョンの設定，政策形成のプロセスから，推進体制とマネジメント，資金支援制度，分野や組織・業界の壁を越える調整と連携，社会的受容性とビジネス展開，人材の育成と評価方法まで，従来のSTIシステム全般の見直しが必要になる．このために現在各国は様々な取組を進めているが，まだ共通する方法論や評価方法等は確立していない．そこで，OECDは日本を含む13か国と共同して，各国のMOIPの取組，グッドプラクティスの収集分析を進めている．この検討の過程で，わが国の幾つかの取組も対象となり，SIP-adusは重要な実践事例として注目されている．

ここで，OECDが各国と共同してまとめたMOIPの３つの枠組みを紹介する．[1][2][3]

(1) MOIPの定義：「社会的課題に対応するために研究・イノベーションの政策手段の調整された組合せ（パッケージ）」.

(2) MOIPプログラムの設計と実施の５原則：①具体的な目標設定，②実現期間の明確化，③異なる政策領域（各省，組織）の連携，④多様な手段の活用（供給サイドと需要サイド，トップダウンとボトムアップ），⑤技術開発から実証，市場展開までの道筋を繋ぐ仕組みと人材の確保と養成.

(3) MOIPプログラムを効果的に実施するために３層構造の形成：①戦略的方向付け，②政策調整，③政策実施．この多層構造をマネジメントできる人と体制の強化.

5 SIP-adusの実践活動とOECDのMOIP枠組みの関係性

ここで，上で紹介したOECDのMOIPの枠組みに沿って，SIP-adusの具体的実践活動とガバナンスと階層構造を整理し，俯瞰図（図１）を作成した.[1] これをもと

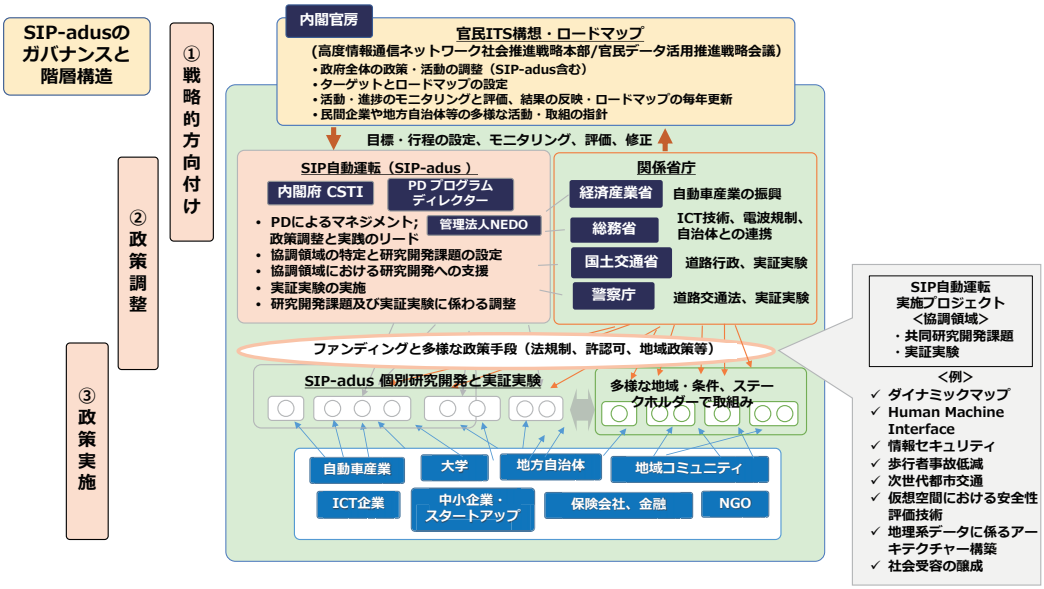


図１　SIP-adusのガバナンスと階層構造の俯瞰図

に以下解説する．

①第１層：戦略的方向付けレベル

SIP-adusが解決を目指す社会経済的課題は，交通事故の低減，渋滞の削減，安全性向上に加えて，モビリティを巡る国際競争環境の激変，並びに少子高齢化や過疎化による地域の社会，経済，生活，移動の困難への対応である．これらをもとに，内閣官房が官民ITS構想・ロードマップを策定し，自動運転システムの実現時期の明確な設定と具体的な目標と行程表を作ってきた．これをSIP-adusの「戦略的方向付け」として，関係組織が共有し連携をとって個々の活動を進めるとともに，進捗状況をモニタリングし分析して毎年更新し活動の修正を行う．官民ITS構想・ロードマップは，戦略の方向付けであるとともに多様な活動を束ねる推進力でもある．

②第２層：政策調整レベル

SIP-adusの政策調整レベルで重要な役割は，自動運転システムの開発及び実証実験と成果の社会実装の加速のために，官民ITS構想・ロードマップに基づいて，内閣府，経済産業省，総務省，国土交通省，警察庁，関連企業，地方自治体等が，研究資金，法制度，許認可，技術基準，ファイナンス，人材などのそれぞれの政策／戦略手段を組み合わせつつ協調しタイムリーに行動するようにマネジメントすることである．このためには水面下の協議，調整作業も重要になる．次に重要な役割は，産学官地域が協議し活動の協調領域と競争領域を設定し，③の政策実施レベルでの多様な活動を効果的に促進すること．さらに，産学官が連携して国際的なインテリジェンス機能を強化し，国際協力と国際標準活動を進めるとともに，激変する国際競争環境への洞察を深めることである．

こうした多様な活動と組織を，総合的にマネジメントし調整するプログラムディレクターの役割と責任は極めて重い．

③第３層：政策実施レベル

②で協調領域が設定され公的資金が投入されると，関係機関が組織，分野を越えて推進体制を構築し，研究開発や実証実験，社会的受容性の醸成活動などを協働して進めることができる．さらに，ファイナンスや人的動員を促すとともに，多様なニーズの取り込みや新しいビジネス展開が可能になる．SIPの枠組み以外にも，全国で地域固有のニーズや自然・社会条件などを踏まえて，自治体や多様な業種が取り組んでいるが，官民ITS構想・ロードマップとSIP-adusは，これらの活動の道標であり，事例の共有や事業促進にとって触媒的役割を果たしている．

6 SIP-adusの実践活動の次の世代への継承

SIP-adusは今年度（2022年度）で終わる．この成果を引き継いで，「RoAD to the L4」，次期SIPの課題候補「スマートモビリティプラットフォーム」などの新しいプログラムが進み始めた．国全体としても，2050年のカーボンニュートラルの実現，デジタル田園都市国家構想など，社会変革型のイノベーションの具体化が始まっている．SIP-adusは，それらの重要な先行実践例として世界に認められている．この10年の経験と知識，ガバナンス体制，協調と人のネットワーク，信頼の形成，社会的受容性の醸成などの実績と方法は貴重であり，次の世代にできるだけナラティブに伝えたい．[(6)] 今後の国家と地方レベルのイノベーション政策と実行それに基づく社会課題解決とビジネス展開にとって多くの示唆を与えるものと期待する．

【参考文献】

(1) The Design and Implementation of Mission-oriented Innovation Policies—A New Systemic Policy Approach to Address Societal Challenges, OECD Science, Technology and Industry, February 2021.
(2) 科学技術振興機構・研究開発戦略センター：「ミッション志向型科学技術イノベーション政策と研究開発ファンディングの推進」戦略プロポーザル，2022.04.
(3) 科学技術振興機構・研究開発戦略センター：「社会的課題解決のためのミッション志向型科学技術イノベーション政策の動向と課題」調査報告書，2021.03.
(4) Science & Technology Policy 2025—Enabling transitions through STI; Concept and project proposal-a scoping note, Committee for S&T Policy, OECD, October 2021.
(5) 有本建男：OECD科技政策—持続可能な社会経済への移行，科学技術の潮流，日刊工業，2022.08.12.
(6) 清水和夫監修：SIP自動運転～イノベーションはどうやって起きたのか（仮称），SIP-café，2023.03発行予定.

【本件問合せ先】
政策研究大学院大学 科学技術イノベーション政策プログラム，〒106-8677 東京都港区六本木７-22-１，03-6439-6339（代表），担当：有本建男（t-arimoto@grips.ac.jp, arimoto@jst.go.jp）

③SIP自動運転の成果継承と次に目指すもの RoAD to the L4

SIP-adus Achievement as Heritage and Next Step RoAD to the L4

横山利夫（国立研究開発法人産業技術総合研究所）
Toshio Yokoyama (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST))

1 RoAD to the L4の概要

本プロジェクト「自動運転レベル４等先進モビリティサービス研究開発・社会実装プロジェクト（Project on Research, Development, Demonstration and Deployment of Automated Driving toward the Level 4 and its Enhanced Mobility Services）」は，経済産業省と国土交通省が開催する自動走行ビジネス検討会において，わが国におけるMaaS（Mobility as a Service）の実用化に向けて取り組むべき方向性を，「自動走行の実現及び普及に向けた取組方向と方針Version5.0」として取りまとめられたのを受け，その提言内容に沿った形で2021年度から事業を開始した．

(1) 意義

本プロジェクトは，CASE（Connected, Automated, Shared&Service, Electrification），カーボンニュートラルといった自動車産業を取り巻く大きな動きを踏まえ，持続可能なモビリティ社会を目指すものであり，レベル４等の先進モビリティサービスを実現・普及することによって，環境負荷の低減，移動課題の解決，わが国の経済的価値の向上に貢献することを期待されている．

(2) 目標・KPI（Key Performance Indicator）

①無人自動運転サービスの実現及び普及

・2022年度を目途に限定エリア・車両での遠隔監視のみ（レベル４）での自動運転サービスを実現する

・2025年度までに多様なエリア，多様な車両に拡大し，40か所以上に展開する

②IoTやAIを活用した新しいモビリティサービス（MaaS）の普及

・地域の社会課題解決や地域活性化に向けて，全国各地でIoTやAIを活用した新モビリティサービスを社会実装する

③人材の確保・育成

・ハードやソフトといった技術者，地域課題と技術をマッチングする者など，多岐にわたる分野の人材を確保する

④社会的受容性の醸成

・ユーザ視点のわかりやすい情報発信やリアルな体験機会の提供，民事上の責任の整理を通じて自動運転等の正確な理解・関心等を高め，行動変容を促す

(3) 実施方針

技術開発，調査分析，実証実験にとどまらず，上記に掲げた意義，目標等を踏まえ，レベル４等先進モビリティサービスの社会実装を目指した取組とする．

(4) 取組状況

RoAD to the L4は，2021年度から2025年度の５年間のプロジェクトであり，ユースケースの設定，走行環境等の整理・評価，車両・システムの開発，持続可能なビジネスモデルの検討等を推進している．旅客輸送については，限定空間（低速），限定空間（中速），混在交通空間の３種類に大別して検討を行っており，貨物輸送については，高速道路上の限定空間について検討を行っている．

2 具体的な取組テーマ

テーマ１：遠隔監視のみ（レベル４）で自動運転サービスの実現に向けた取組

2022年度を目途に，福井県永平寺町の永平寺参ろーどでの低速自動運転車両を用いた遠隔監視のみ（レベル４）による無人自動運転移動サービスの実現に向け，

事業モデルの整理，遠隔監視者のタスク検証等を実施している．

また，レベル４の移動サービス用に量産化を目指した自動運行装置や車両の開発，複数車両の遠隔・管制システムや通信システムの開発に着手し，技術検証を実施している．（図１，図２）

図１　永平寺町での移動サービス車両

図２　永平寺町での遠隔監視システム

テーマ２：対象エリア，車両を拡大するとともに，事業性を向上するための取組

茨城県日立市のひたちBRT（Bus Rapid Transit）における無人自動運転移動サービスの実現に向けて，ODD（Operational Design Domain：運行設計領域）設定に応じた自動運転システム（車両・遠隔監視システム等）の開発や安全性評価等を開始している．2022年度中には，現地での実証実験を予定している．また，無人自動運転サービスに関わる多様な事業者で構成されるタスクフォースを設置し，ODDの類型化等に関する検討を開始しており，2022年度中にODD類型に基づく各種指針まとめを予定している．（図３）

図３　日立BRTの実証実験

テーマ３：高速道路における隊列走行を含む高性能トラックの実用化に向けた取組

2025年度ごろの高速道路での自動運転トラック（レベル４）の実現を目指し，主に事業モデル検討や走行環境・運行条件等の検討を開始している．

具体的には，主要物流事業者へのヒアリングを踏まえた事業モデルの検討，及び走行環境・運行条件の検討を通じたリスクの抽出等を実施している．（図４）

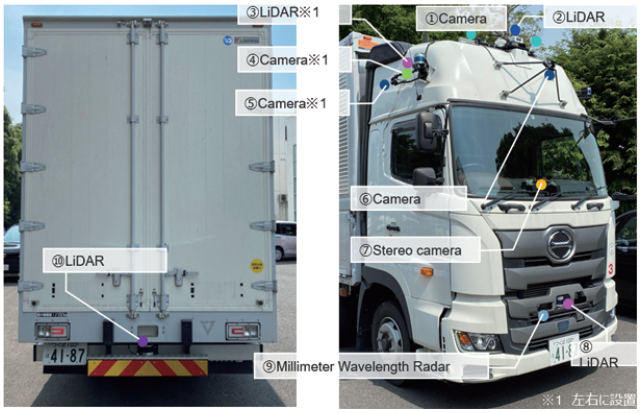


図４　各種センサを搭載した実証実験用トラック

テーマ４：混在空間でレベル４を展開するためのインフラ協調や車車間・歩車間の連携などの取組

協調型自動運転サービス実現のために，協調型システムが求められるユースケースの整理や協調型システムに求められるインフラ側・車両側の要件やデータ連携スキームの検討を開始している．

レベル４のみならず，歩行者や自転車等の多様な利用者に対しても安全な移動を提供するための協調型システムの要件を検討するため，千葉県柏の葉において実証に向けた性能試験を開始している．（図５）

図５　インフラ側に設置された各種センサ

3　今後の取組

RoAD to the L４では，本事業の先行実施事例として，2023年度からテーマ１の成果を社会実装し，自動運転サービスとして開始することを目標としている．

その他のテーマについても，前半の２年間で必要な検討や準備を行い，３年目から実証実験を開始し，その後，様々な基準の審査を経て社会実装を実現する計画である．

これらの計画に対して，SIP第２期で取り組んできた東京臨海部信号情報提供実証実験，協調型自動運転を実現する通信方式の検討，社会的受容性検討等の事業の成果を，最大限活用し，早期のレベル４等の自動運転移動サービスの社会実装を目指していく予定である．

【本件問合せ先】
国立研究開発法人産業技術総合研究所 デジタルアーキテクチャ研究センター招聘研究員，〒305-8568 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第２，029-861-5022（代表），担当：横山利夫（toshio.yokoyama@aist.go.jp）

③SIP自動運転の成果継承と次に目指すもの 次期SIP

SIP-adus Achievement as Heritage and Next Step Next Phase of SIP

植木健司（内閣府）
Kenji Ueki (Cabinet Office)

1 次期SIPの検討

1.1. 背景･意義

SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）は，総合科学技術・イノベーション会議（以下，CSTI）の司令塔機能を生かし，府省連携・産学官連携により，基礎研究から社会実装までを見据えて一気通貫で研究開発を推進するプログラムとして，平成26年度に内閣府に創設されたもの．

５年間を事業期間として，第１期は平成26年度から平成30年度まで，第２期は平成30年度から令和４年度まで実施されてきた．

例えば，第１期の「自動走行システム」で開発された「高精度３次元地図」は事業化され，高速道路全線で整備が進み，関係省庁による自動運転レベル３に係る法整備や，世界初のレベル３自動運転車（ホンダ・レジェンド）の発売に繋がるなど，SIPは革新的技術の社会実装に寄与してきた．

このため，産学官の関係者から，社会実装に向けた研究開発プログラムとしてSIPに対する期待は引き続き高く，令和５年度からの次期SIPについて，検討がなされた．令和２年度に実施されたSIP第２期中間制度評価においても，研究開発計画の立案のための準備期間を設けるなど，制度面の改善を行ったうえで，次期SIPを実施することとされた．

これを受けて，「第６期科学技術・イノベーション基本計画」（第６期基本計画．令和３年３月26日閣議決定）において，「次期SIPの課題候補については，CSTIの司令塔機能を強化するため2021年末に向けて検討を行う．

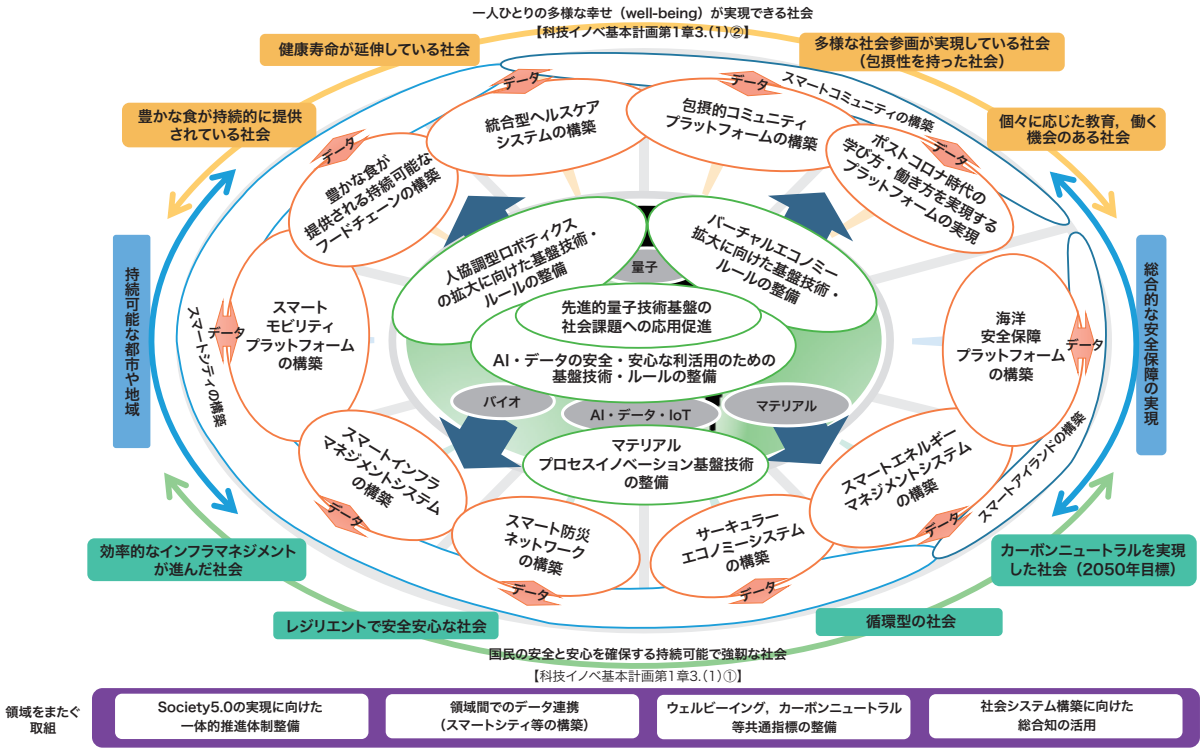


図1　次期SIPの課題候補

具体的には，（中略）CSTIが中長期に取り組むべき社会課題の見極めを行い，その社会課題の中で府省横断的に取り組むべき技術開発テーマについて『総合知』を活用しながら，調査・検討を行う」ことが決定した．

1.2. 課題候補の設定

次期SIPでは，取り組む課題についてあらかじめ十分な検討を行うため，CSTIのガバニングボードは，第６期基本計画において，わが国が目指す「Society5.0」として挙げられる10の社会像に対応した10の領域と，AI・データ，量子などこれらの基盤となる技術に対応した５の領域を課題候補として設定した．（図１）

一方，各領域について，関係省庁や産業界，アカデミアでの関連する取組が存在するところであり，次期SIPでは，網羅的に取り組むのではなく，省庁・産学官連携のハブとなって，ボトルネックとなる基盤技術の開発，共通システムの構築，ルールの整備などに取り組むこととした．

また，各領域について独立して取り組むのではなく，Society5.0の実現に向けて，一体的な推進体制の整備，領域間でのデータ連携，ウェルビーイングやカーボンニュートラルなど横断的な社会課題に係る共通指標の整備，社会システム構築に向けた総合知の活用などに取り組むこととした．

表１　次期SIPの課題候補に係るRFI結果

主領域	件数	うち			
		大学	国研	企業	団体
豊かな食が提供される持続可能なフードチェーンの構築	68	36	18	12	2
統合型ヘルスケアシステムの構築	98	45	7	30	16
包摂的コミュニティプラットフォームの構築	16	9	1	6	0
ポストコロナ時代の学び方・働き方を実現するプラットフォームの構築	16	6	0	7	3
海洋安全保障プラットフォームの構築	80	11	54	10	5
スマートエネルギーマネジメントシステムの構築	67	35	12	16	4
サーキュラーエコノミーシステムの構築	77	29	12	31	5
スマート防災ネットワークの構築	191	56	59	71	5
スマートインフラマネジメントシステムの構築	217	103	41	57	16
スマートモビリティプラットフォームの構築	43	13	4	24	2
人協調型ロボティクスの拡大に向けた基盤技術・ルールの整備	17	9	2	6	0
バーチャルエコノミー拡大に向けた基盤技術・ルールの整備	12	5	2	5	0
先進的量子技術基盤の社会課題への応用促進	26	9	10	7	0
AI・データの安全・安心な利活用のための基盤技術・ルールの整備	21	8	4	8	1
マテリアルプロセスイノベーションの基盤技術の整備	22	10	9	2	1
計	971	384	235	292	60

1.3. 研究テーマのアイデア募集（RFI）の実施

令和４年１月から２月までの期間で，15の課題候補について，研究テーマのアイデア募集（RFI）を実施したところ，産学官の幅広い関係者から，合計971件，うち大学384件，国立研究開発法人等235件，企業292件，職域団体60件の情報提供があった．

課題によって情報提供の数や範囲に違いはあるが，様々な大学，国立研究開発法人，企業等から多面的な視点のアイデアが集まった．（表１）

また，RFIの結果を踏まえ，各課題候補に係る全体の方向性やサブ課題の構成を整理するとともに，各課題候補のFSでの検討をリードするPD候補に求められるスキルを整理した．

1.4. PD候補の選定と事業化調査（FS）の実施

RFI結果を踏まえ，PD候補に求められるスキルを整理したうえで，４月１日から22日までの期間で，各課題候補のPD候補の公募を実施した．応募があった者について，ガバニングボードメンバにより，書面審査（１次），面接審査（２次）を行い，それらの結果を踏まえ，５月26日のガバニングボードで15名のPD候補を選定した．

あわせて，ガバニングボードのもとに，各課題候補について，PD候補を座長として，関係するアカデミア，産業界，省庁，研究推進法人等のメンバで構成する検討タスクフォース（以下，TF）を設置した．

現在，TFのもとで，RFIで情報提供があった研究テーマを参考として，事業化調査（FS：Feasibility Study）を実施しており，技術面・事業面からのインパクトや実現性等を踏まえ，研究テーマを絞り込み，課題の内容や構成を整理し，令和４年末を目途として，研究開発計画案を作成する予定である．

その後，ガバニングボードの審議，パブリックコメントを経て，研究開発計画を決定するとともに，研究開発計画に基づき改めてPDを公募・選定し，令和５年度から次期SIPを開始する予定である．

2 次期SIP課題候補「スマートモビリティプラットフォームの構築」に係るFS

2.1. 課題候補のコンセプト及びRFI結果の整理

令和３年末のガバニングボードでの課題候補の設定にあたって，「スマートモビリティプラットフォーム

の構築」は社会像に対応した領域の一つとして課題候補となった．また，「移動する人・モノの視点から移動する人・モノの視点から，移動手段（小型モビリティ，自動運転，MaaS，ドローン等），交通環境のハード，ソフトをダイナミックに一体化し，安全で環境に優しくシームレスな移動を実現するプラットフォームを構築する」ことがコンセプトとして示された．

これに基づき，令和４年１月から２月にRFIを実施したところ，評価指標から，モビリティによるQoL向上から，モビリティ関連データ基盤，交通環境シミュレータ，マルチモーダルMaaS，道路空間のダイナミックな利活用などの要素技術・サービス，革新的センシング技術まで合計43件の情報提供があった．（図２）うち大学13件，国研等４件，企業24件，職域団体２件であった．

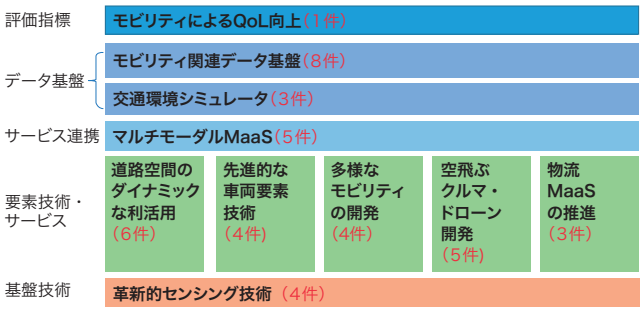


図2　RFI結果の整理

RFI結果の整理を踏まえ，PD候補に求められるスキルとして，「道路・車両・物流を含むモビリティ分野全体を俯瞰し，都市・地域の特性に応じたモビリティの機能，役割を踏まえた全体ビジョンやアーキテクチャを描くことができる知見や経験，ネットワークを有すること」とされた．

2.2. FSの検討体制

令和４年５月26日にガバニングボードにおいて筑波大学名誉教授・日本大学交通システム工学科客員教授の石田東生氏がPD候補として選定され，６月10日には石田東生PD候補を座長とするTFが設置された．

TFには，サブPD候補として選定された東京大学大学院情報学環教授の越塚登氏，東京大学大学院新領域創成科学研究科特任教授の中村文彦氏，日本自動車工業会次世代モビリティ委員会コネクティッド部会道路交通分科会分科会長の樋山智氏，WILLER株式会社代表取締役の村瀬茂高氏のほか，関係する有識者，省庁，研究推進法人であるNEDOが参加し，内閣府自動運転担当が事務局を務めることになった．（図３）

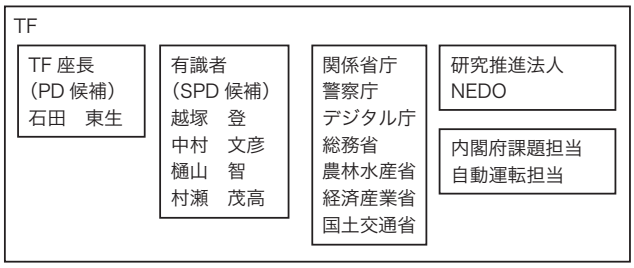


図3　FSの検討体制

2.3. FSの検討状況

令和４年６月27日に，TFにおいて，FS実施方針ver1.0が作成された．この中で，「カーボンニュートラルや，安全性（交通事故死者ゼロ），経済活力／地域再生，リアルとサイバーの結合，well-beingを追求し，海外との連携などの社会課題に対応するため，RFI結果の整理を踏まえ，以下の４つをサブ課題として，検討を行う」こととされた．

①モビリティサービスの再定義と社会実装戦略
②モビリティサービスを支えるデータ基盤（スマートモビリティデータ基盤2.0）
③モビリティサービスを支えるインフラ戦略
④モビリティサービスの社会実装戦略

今後，基礎的調査やRFIの応募者からのヒアリング等を通じて，各サブ課題において個別に検討すべき中核的な研究テーマを抽出し，技術実現性等調査を行う予定である．

検討にあたっては，これまでのSIP自動運転の成果を生かしつつ，自動運転以外の多様な移動手段や交通環境との有機的・機動的な連携も含む，スマートモビリティ社会に向けた発展した取組とすることが期待されている．

【参考文献】
(1) 第６期科学技術・イノベーション基本計画，閣議決定，https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/6honbun.pdf，（参照 2021.03.26）
(2) 次期SIPのプログラムディレクター（PD）候補（各課題候補の検討タスクフォースの座長）の決定について https://www8.cao.go.jp/cstp/stmain/20220527sip_pd.html，（参照 2022.05.27）

【本件問合せ先】
内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局 SIP総括担当，〒100-8914 東京都千代田区永田町１-６-１ 中央合同庁舎８号館，03-6257-1336

④SIP自動運転の最終総括 ～次世代の技術者の皆さんへ～

Final Summary of SIP-adus Program ～For the Next Generation of Engineers～

葛巻清吾（SIP 第2期自動運転プログラムディレクター，トヨタ自動車株式会社）
Seigo Kuzumaki（SIP-adus Program Director, TOYOTA MOTOR CORPORATION）

SIP自動運転のプロジェクトを終えるにあたり，次世代の技術者の皆さんへのメッセージという形で総括させていただきます．

ご存じのとおり，“プロジェクト”ではミッション達成のために必要なスキルや能力を持った人が，一時的に組織の壁を越えて集まり，ミッションが終われば解散し組織はなくなります．知らない者同士が出会い，課題認識の共有から始まり，チームを形成しゴールを決め，研究開発を通してお互いが刺激し合い，１＋１以上の力となって，成果にしていく．“プロジェクト”とは，技術的にも人間的にも成長できる貴重な機会であり，人的ネットワークという財産を得る大きなチャンスです．

SIPというプロジェクトでは，自動運転の実現という目標に向け徐々に府省の壁，産学官の壁を越えた連帯感が生まれ，最終的に様々な結果を出すことができました．

若い技術者の皆さんが，いきなり国のプロジェクトを推進するというような役割を持たれることはないと思いますが，現在のように技術が発達し複雑化するなかで，自部署内だけで完結できるような技術開発はありません．全ての研究開発は“プロジェクト”と考えることができます．重要なのは，自分自身で垣根を作らず，仲間と共に目の前の課題に全力で取り組むことだと思います．それを続けていれば，たとえ何度か失敗しても次にチャンスが来た時に，きっと多くの支援者が得られ上手くいくはずです．

これにてSIP自動運転は“解散”となりますが，次世代の技術者皆さんが，次なる日本発のイノベーション創出に果敢にチャレンジすることを期待しております．

最後になりますが改めまして，SIP自動運転をご支援いただいた皆さま，本当にありがとうございました！

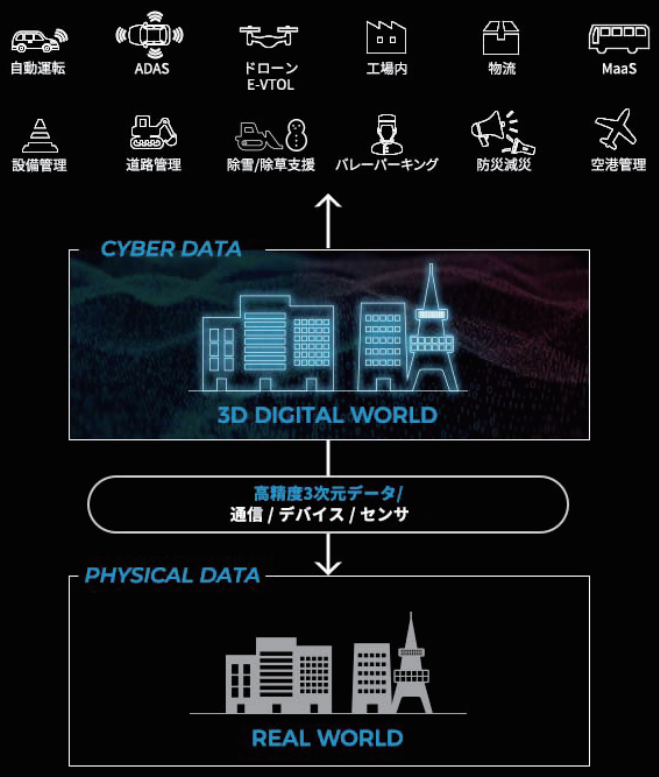
DYNAMIC MAP PLATFORM

Modeling The Earth

当社は現実の世界をデジタル空間に複製する
高精度3次元データのプラットフォーマーとして、
様々な産業分野におけるイノベーションを支えています。

新たな世界の扉をひらく
3D DIGITAL WORLD

現実世界をデジタル空間に再現して行う未来のシミュレーションや、現実世界をもとに構成されるメタバース、そしてモビリティの自動運転や先進運転支援システムなどの実現においては、そのベースに高精度且つリアリティのある3D DIGITAL WORLDが求められます。



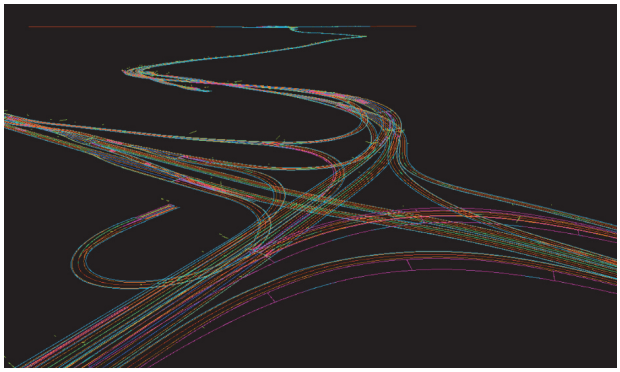
DYNAMIC MAP PLATFORM

ダイナミックマップ基盤株式会社
https://www.dynamic-maps.co.jp/

高精度3次元地図データ(HDマップ)を活用したアプリケーション

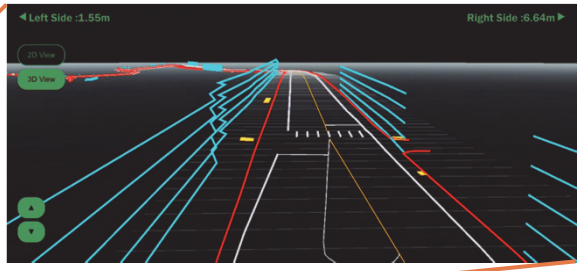
様々な産業分野で社会課題の解決に貢献しています

自動運転システムやADASの高度な「自己位置推定」と「周辺環境認知」に貢献



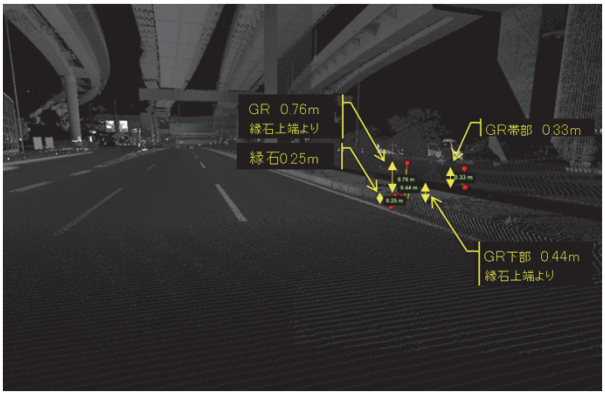
自動運転の普及促進

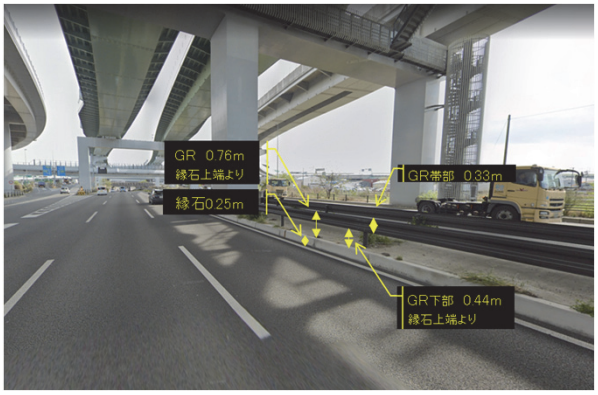
HDマップを転用した除雪支援システムの開発により、
除雪作業者の高齢化等の社会課題を解決



熟練技能の伝承

交通事故現場における現況調査のDX化を実現





安全性向上・渋滞削減

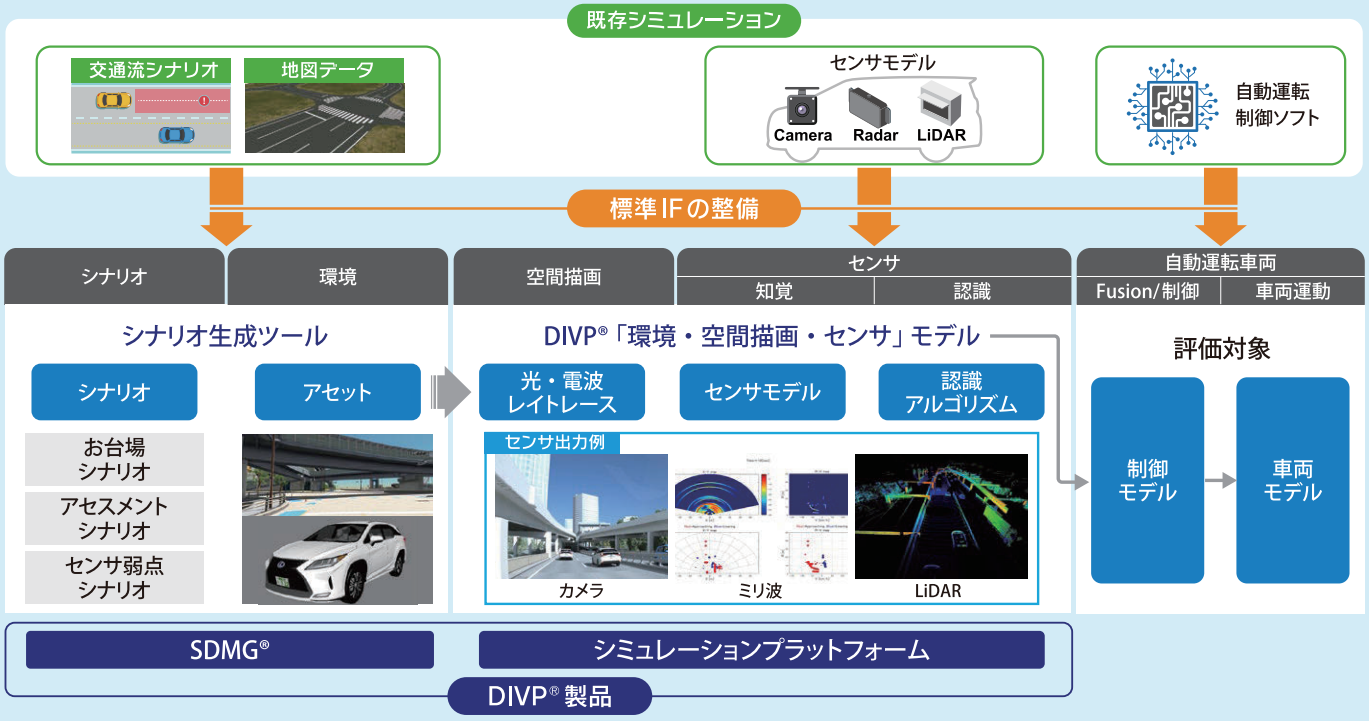
自動運転シミュレーションプラットフォーム

～信頼され安全に貢献する自動運転社会を加速する仮想空間シミュレータ～

DIVP® 成果を製品化し、ユーザー

Our Product

様々な交通環境下で、現実空間の実車評価を再現する実現象との
一致性の高いセンサシミュレーションを実現



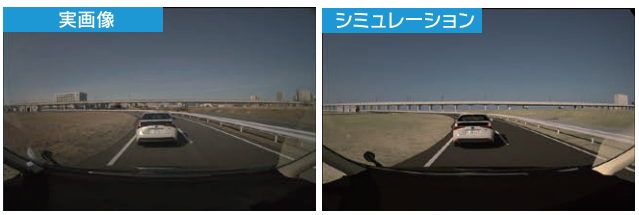
Special Feature

実現象と一致性の高いシミュレーションモデル

センサ出力を精緻に再現するため、センサ検出原理、使用電磁波帯域における物理現象を、
反射物性原理に基づきモデリングし、実車試験結果と比較して一致性を検証。

カメラ出力例と実画像の比較

テストコース再現



逆光シーンの再現

Source : Kanagawa Institute of technology, AD-URBAN　2021年度_研究成果報告

https://www.vdrive-tech.com

DIVP® とは

2018年末より、各センサメーカ、ソフトウェア企業、大学からなる産学10機関（現在）が協力してコンソーシアム形式の研究開発であるDriving Intelligence Validation Platform（以下、DIVP®）プロジェクトを開始。
実現象と一致性の高いセンサモデルに着目した仮想空間での自動運転安全性評価シミュレーション基盤の構築を目指している。

ニーズに合わせてワンストップ提供

Way to use

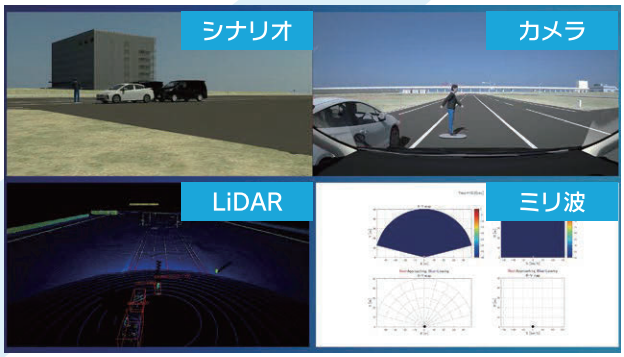
センサユニットや自動運転システムの企画・開発から、評価・適用までの一貫したプロセスを支援

仮想空間上に現実環境を精緻に再現。モデルベース開発におけるセンサユニットや自動運転システム企画・開発の初期工程から、実車同等のシステムの評価・適用までを支援。

企画 → 開発 → 評価 → 適用

センサ弱点シーン

NCAP評価例



各工程におけるシミュレーションの適用イメージ。

Structures

販売形態（クラウド＆オンプレ）

クラウド販売
必要なモジュールを
クラウドで構築し
シミュレーション結果を参照。

BIPROGY

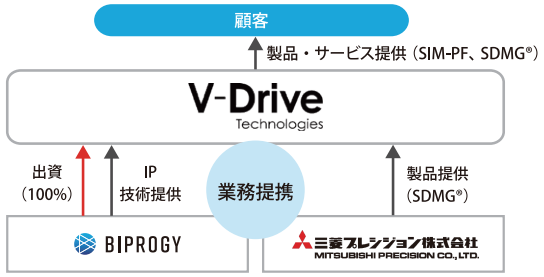
オンプレ対応のモジュール販売
必要なモジュールを購入して自社環境に
インストールし接続。

モデルベース開発の
標準的プラットフォーム
Simulink® のToolbox* として稼働。

他シミュレーションSW、HILSと連携

事業推進体制と提供製品

V-Drive Technologiesを設立し、三菱プレシジョンとの業務提携の上、DIVP® 製品とサービス第一弾のワンストップ提供を開始。
以降、順次製品とサービスに関し、追加と強化を実施して行きます。



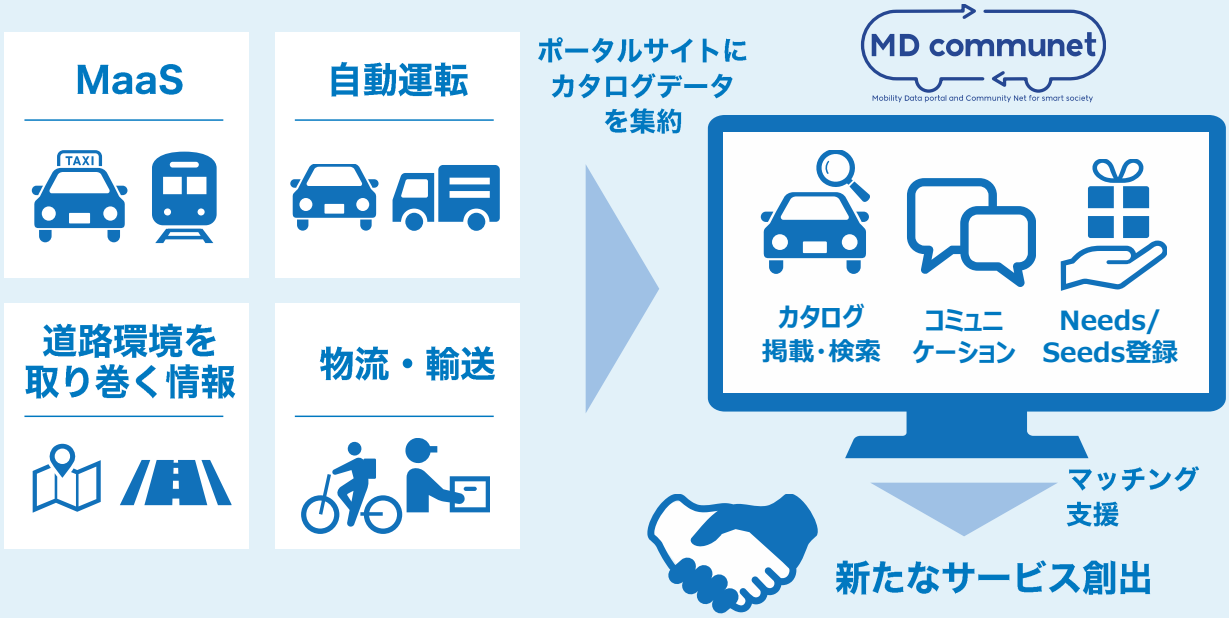
連絡先 V-Drive Technologies 担当：木村 聡輔 Mail：sosuke.kimura@vdrive-tech.com

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務の結果得られた成果を活用しています。

MD communet®とは&目指す世界感

モビリティ分野関連のデータを一元的に集約した、官民連携でのサービス創出のためのマッチングサイト

MD communet®は、世の中に散在するモビリティ分野の多種多様な交通環境情報をポータルサイト上で一元的に集約するとともに、サービス創出のためのコミュニケーションの場を様々な形で形成することで、利用者の新たなサービス創出、そのための官民連携のマッチングを支援しています



MD communetの提供価値

MD communetは、データ提供／サービス創出においてユーザが抱える課題を解決するための支援を行い、データ利活用による社会課題解決や新たなサービス創出を目指します

官民の交通環境情報を掘り起こし情報提供

7000件を超える交通環境情報を掲載。ユーザごとのデータレコメンドや機械学習による類似データの表示等、キーワード検索以外での検索により、気付かなかったデータとの出会いを実現します。

提供者／利用者のマッチングを促進、サービス創出を支援

ユーザが抱えるニーズやシーズに対して、マッチングしそうな企業／団体をご紹介します。知らなかった or 今まで繋がりのなかった企業／団体との出会いによるサービス創出を支援します。

データ加工などのテクニカル支援でサービス化を後押し

データを販売やサービス開発においてサポートが必要だが困っている。そんな時には、MD communetが企業紹介含めテクニカル支援でサービス化に向け支援します。

MD communetの活用事例

MD communetで実現できること

交通環境情報／
サービスのカタログ集約

MaaS

自動運転

道路環境を
取り巻く情報

物流・輸送

データを活用し
サービス実現

サービス/データ
をポータルへ
フィードバック

サービス01

動的情報を加味した
最適配送ルート提案

雪道で車両が立ち往生。
このままだと、配達時間に遅れてしまう！

トラック
プローブ
データ

タイヤ
センシング
データ

車載カメラ
データ

気象
データ

これらのデータを活用し、あらかじめ降雪を予測し、
除雪されていない道路を迂回するルートを案内

大幅に遅れることなくお客様に配達できた！

サービス02

旅行者の行きたい
場所の最適ルート提案

MD communet
Mobility Data portal and Community Net for smart society

テクニカル

直感的
俯瞰的UI

レコメン
デーション

テクニカル
サポート

リレーション

出会いの場

企業連携

サービス開発

ビジネス検討

PoC

実証実験01

東京臨海部
物流事業者向けサービス

道路の詳細な構造や走行実績、突発的な災害情報に基づいたダイナミックなルーティング情報をドライバーに提供し、安心・安全な車両の運行をサポート

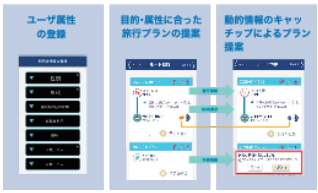
高精度3次元地図 × リアルタイム防災情報 × トラック向け情報

実証実験02

東京臨海部
パーソナルナビゲーション

道路の詳細な構造や走行実績、突発的な災害情報に基づいたダイナミックなルーティング情報をドライバーに提供し、安心・安全な車両の運行をサポート

気象情報 × スポット情報 × 混雑情報 × 鉄道運行情報



MD communetの会員（一部）

様々な企業/団体からご賛同頂き、MD communetの会員として参画いただいています。今後も更に参画いただける企業／団体を拡大していくため、様々なプロモーション活動を行っていきます

MS&AD あいおいニッセイ同和損保
ITS Japan
unerry
S.RIDE
NTTInfraNet
NTTタウンページ
NTT DATA
兼松株式会社 KANEMATSU CORPORATION
京都市観光協会 KYOTO CITY TOURISM ASSOCIATION
GeoTechnologies
G空間情報センター
ジョルダン
住友ゴム工業株式会社 SUMITOMO RUBBER INDUSTRIES, LTD.
ZENRIN
ZENRIN DataCom
損保ジャパン
PACIFIC
DYNAMIC MAP PLATFORM
東京海上日動
docomo InsightMarketing
JARTIC 日本道路交通情報センター
Pioneer
Pacific Consultants
パーソルR&D
here
HALEX HAPPY LIFE EXPERT
防災科研 NIED
HONDA
MS&AD 三井住友海上
YAZAKI

お問い合わせ

https://info.adus-arch.com

一般社団法人
モビリティ・イノベーション・アライアンス

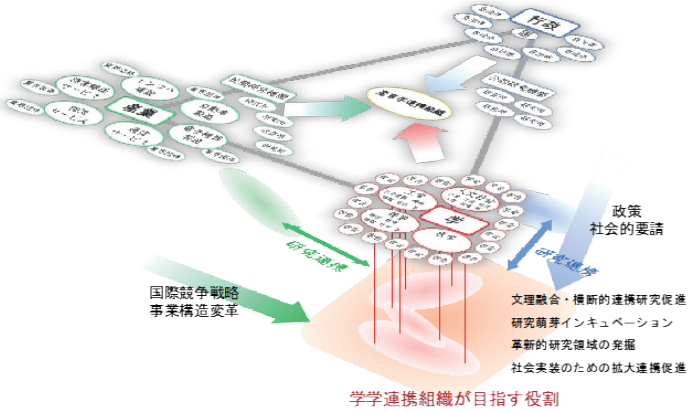
経緯

SIP第1期・第2期を通じて培われた自動運転に関する産官学の連携促進と、国際連携・国際協調の窓口機能を担う組織が今後も必要、との府省庁・産業界などの共通認識の下、研究者が中心となって2022年7月に当社団法人を設立した。

目標

『移動の革新に関する技術開発や社会実装を起動する会員主導の団体』を目指す

- 人口減・偏在、エネルギー問題、気候変動・災害激甚化等の課題への対応
- 自動運転をはじめとする新たなモビリティの社会実装や多様なデータ連携・活用の実現
- 生産性の向上、新産業創出、国際競争力の強化、人々の日々の生活における幸せの実現



活動

- 文理融合の学術ネットワーク承継・発展　「モビリティ・イノベーション連絡会議」を承継
- 分野横断型政策や取り組みを検討・提案
- 多様な産官学連携機会を生み出すワンストップ窓口
- 国際会議の企画・運営を通じた国際連携研究の促進
- 研究・技術開発を社会の行動変容へつなげる広報活動等
- 若手人材の育成を狙いとしたコンテスト等の開催

M-BIC

一般社団法人 モビリティ・イノベーション・アライアンス

設立日:　令和4年(2022年)7月1日
所在地:　〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1 東京大学生産技術研究所内
理事長:　天野 肇(前ITS Japan専務理事、元東京大学客員教授)
副理事長: 須田 義大(東京大学モビリティ・イノベーション連携研究機構 機構長、教授)
https://mobilityinnovationalliance.org/

SIP 戦略的イノベーション創造プログラム

道路交通法の一部を改正する法律について

The Act for Partial Amendment of the Road Traffic Act

池内久晃（警察庁）
Hisaaki Ikeuchi (National Police Agency)

1 特定自動運行の許可制度

第208回通常国会において，道路交通法の一部を改正する法律（令和４年法律第32号）（以下，改正法）が成立し，特定自動運行の許可制度の創設に係る規定等が整備されるとともに，公布の日（令和４年４月27日）から１年以内に施行することとされた．本稿においては，特定自動運行の許可制度（図１）に係る規定を概観することとしたい．

1.1.「特定自動運行」の定義

「特定自動運行」とは，道路において，SAEレベル４に相当する自動運行装置をその使用条件で使用して，当該自動運行装置を備えている自動車を運行することをいう（「運転」に該当する場合は除かれている．）．

SAEレベル４に相当する自動運行装置を使用する場合には，使用条件を満たしている間においては運転者の運転操作に係る義務に違反せず自動車を運行することが可能となるとともに，使用条件を満たさないこととなった場合等においても，直ちに自動的に安全な方法で自動車が停止するため，運転者がいない状態で自動車を運行することが可能となる．これを踏まえ，改正法による改正後の道路交通法（昭和35年法律第105号）（以下，新法）では，「特定自動運行」を，運転者が必要となる「運転」とは異なる概念として規定することとした．（新法第２条第１項第17号の２）

1.2. 特定自動運行の許可

SAEレベル４に相当する自動運行装置を使用する場合には，運転者がいない状態で自動車を運行することが可能となるが，使用条件を満たさないこととなったこと等により自動車が安全に停止した後に警察官等の指示や緊急自動車の接近状況等に即して臨機応変に対応したり，交通事故が発生した場合に警察に報告したりするための措置等が講じられていなければ，道路交通の危険と障害を生じさせるおそれがある．

このため，改正法では，都道府県公安委員会による許可を受けた者に限り，特定自動運行を行うことができることとした．（新法第75条の12第１項）

1.2.1. 特定自動運行の許可基準等

特定自動運行を行おうとする者は，特定自動運行を行おうとする場所を管轄する都道府県公安委員会に，後述する特定自動運行の許可を受けた者（以下，特定自動運行実施者）の義務の履行のための体制等を記載した特定自動運行計画を含む申請書を提出し，その許可を受けなければならないこととした．（同条第２項）

1.2.2. 特定自動運行の許可基準等

特定自動運行に係る許可制度は，運転者がいない状態で自動車を運行する場合であっても，運転者がいる場合と同様に道路交通の安全と円滑が確保されることを担保するための制度であることから，許可にあたっては，特定自動運行実施者の義務の履行のための体制や措置を講じているか否かなどを判断することを目的として，特定自動運行計画が次の基準に適合するかどうかについて，都道府県公安委員会が審査することとした．（新法第75条の13第１項）（図１）

(1) 特定自動運行計画に係る特定自動運行に使用する自動車（以下，特定自動運行用自動車）が特定自動運行を行うことができるものであること．（第１号）

(2) 特定自動運行計画に従って行われる特定自動運行が当該特定自動運行用自動車の自動運行装置に係る使用条件を満たすものであること．（第２号）

(3) 法の規定等により特定自動運行実施者及び特定自動運行のために使用する者（以下，特定自動運行業務従事者）が実施しなければならない措置の円滑かつ確実な実施が見込まれるものであること．（第３号）
(4) 特定自動運行計画に従って行われる特定自動運行が他の交通に著しく支障を及ぼすおそれがないと認められるものであること．（第４号）
(5) 特定自動運行計画に従って行われる特定自動運行が人又は物の運送を目的とするものであって，当該運送が地域住民の利便性又は福祉の向上に資すると認められるものであること．（第５号）

都道府県公安委員会は，提出を受けた特定自動運行計画が上記の許可基準に適合しているかどうかを審査し，国土交通大臣等及び市町村（特別区を含む．）の長の意見を聴いたうえで（同条第２項），特定自動運行の許可をすることとなる．

1.3. 特定自動運行実施者の遵守事項

特定自動運行実施者に対しては，次の義務を課すこととした．

(1) 特定自動運行計画及び特定自動運行の許可に付した条件に従って特定自動運行を行うこと．（新法第75条の18）
(2) 特定自動運行業務従事者に対し教育を行うこと．（新法第75条の19第１項）
(3) 特定自動運行主任者及び現場措置業務実施者を指定すること．（同条第２項及び第３項）
(4) 次のいずれかの措置を講ずること．（新法第75条の20第１項）
  (a) 遠隔監視をする場所に遠隔監視装置を備え付け，かつ，特定自動運行主任者を配置する措置（第１号）
  (b) 特定自動運行主任者を当該特定自動運行用自動車に乗車させる措置（第２号）
(5) 特定自動運行中には，特定自動運行用自動車の見やすい箇所に特定自動運行中である旨の表示を行うこと．（同条第２項）

1.4. 特定自動運行主任者等の義務

運転者の運転操作に係る義務のうち，現場での個別具体的な対応が要求されるものについては，レベル４に相当する機能，性能等を有する自動運行装置によっても対応することができない場合が想定されるほか，運転者の運転操作に係る義務以外の義務，例えば，交通事故時の対応等については，自動運行装置によって対応されることが前提とされていない．

そこで改正法では，このような自動運行装置により

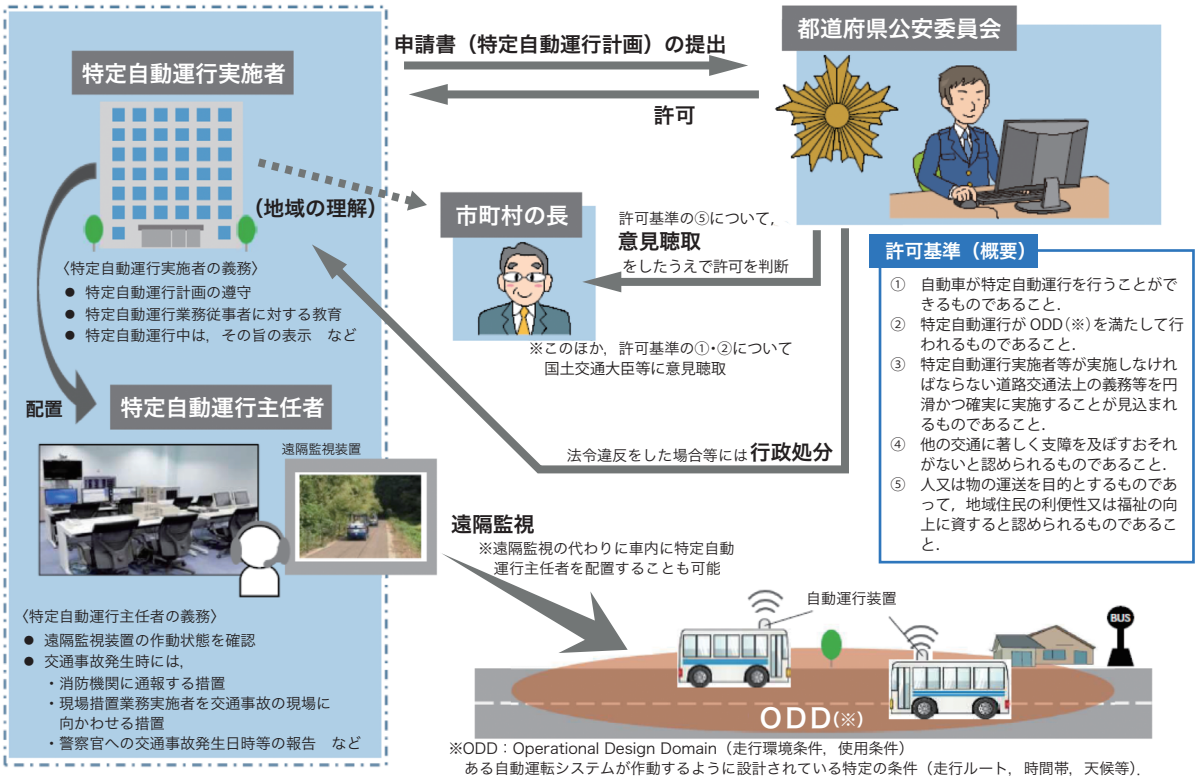


図１　特定自動運行の許可制度のイメージ

対応することができない場合が想定される義務について，これに相当する特定自動運行を行う場合の義務を次のように個別に定め，特定自動運行主任者（(7) については，現場措置業務実施者）にこれを課すこととした．

(1) 特定自動運行を行っているときは，遠隔監視装置の作動状態を監視すること（特定自動運行主任者が当該特定自動運行用自動車に乗車している場合を除く．）．また，遠隔監視装置が正常に作動していないことを認めたときは，直ちに，当該特定自動運行を終了させるための措置を講ずること．（新法第75条の21第１項）

(2) 特定自動運行が終了したときは，直ちに，特定自動運行主任者が実施しなければならない措置を講ずべき事由の有無を確認すること．（同条第２項）

(3) 特定自動運行が終了した場合に，警察官等による交通整理（手信号等）等が行われている場合には，直ちに，当該特定自動運行用自動車を当該交通整理等に従って通行させるため必要な措置を講ずること．（新法第75条の22第１項）

(4) 特定自動運行が終了した場合に，緊急自動車等が接近している場合等には，直ちに，当該緊急自動車等の通行を妨げないようにするため必要な措置を講ずること．（同条第２項）

(5) 特定自動運行が終了した場合に，特定自動運行用自動車が違法駐車と認められる場合には，直ちに，駐車の方法を変更し，又は当該場所から移動するため必要な措置を講ずること．（同条第３項）

(6) 交通事故発生時には，交通事故の現場の最寄りの消防機関に通報する措置及び現場措置業務実施者を当該交通事故の現場に向かわせる措置を講ずるとともに，交通事故の現場の最寄りの警察署の警察官に交通事故発生日時等を報告すること（特定自動運行主任者が乗車している場合を除く．）．（新法第75条の23第１項）

(7) (6)の場合には，交通事故の現場において，道路における危険を防止するため必要な措置を講ずること．（同条第２項）

1.5. 行政処分

特定自動運行が許可を受けた特定自動運行計画に従って行われなければ，特定自動運行による交通の危険や交通の妨害を生じさせるおそれがあること等から，特定自動運行実施者又はその特定自動運行業務従事者が，特定自動運行に関し新法の規定に違反した場合等において，特定自動運行実施者に対して次のとおり行政処分をすることができることとする規定を整備した．

(1) 都道府県公安委員会による必要な措置（措置をとるまでの間，特定自動運行を行わないことを含む．）の指示（新法第75条の26）

(2) 都道府県公安委員会による許可の取消し又はその効力の停止（新法第75条の27）

(3) 警察署長による許可の効力の仮停止（新法第75条の28）

1.6. 施行に向けて

冒頭で述べたとおり，改正法は，公布の日から１年以内に施行することとされているところである．

特定自動運行の許可制度に係る規定に関しては，特定自動運行に関与する者に対する教育の内容，遠隔監視を行う者に必要な適性，遠隔監視装置の性能等が下位法令に委ねられており，今後は，事業者が許可申請の準備を行う必要性にも配慮し，下位法令等の策定作業を１年以内のできるだけ早い時期に終える必要がある．

【本件問合せ先】
警察庁 交通局 交通企画課 自動運転企画室，〒100-8974 東京都千代田区霞が関２丁目１番２号，03-3581-0141

道路法等の一部を改正する法律について

The Act for Partial Amendment of the Road Act

国土交通省道路局
Road Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

1 はじめに

道路法（昭和27年法律第180号）は，道路網の整備を図るため，道路に関して，路線の指定・認定，管理，構造，保全，費用の負担区分等に関する事項を定める基本法として昭和27年に成立・施行された．

近年，多様化・高度化する道路利用のニーズに対応するため，

・地方管理道路の災害復旧等の直轄代行
・事業用車両専用の停留施設の整備
・歩行者中心の道路空間の構築
・自動運転を補助する施設の整備
・特殊車両の新たな通行制度の創設

を柱とした「道路法等の一部を改正する法律」が令和２年５月20日に成立し，同月27日に公布された（令和２年法律第31号）．ここでは，自動運転に関係する改正について概要等を紹介する．

2 改正の概要

自動運転の実用化は，高齢者に関わる交通事故の削減，渋滞の緩和，中山間地域等での移動手段の確保，物流サービス等における運転手不足の解消等の道路交通に関する様々な課題の解決に寄与するものであることから，政府方針として「自動運転に係る制度整備大綱」（平成30年４月IT総合戦略本部）が決定された．

ただし，当面，自動運転を行う自動車の装置として実用化されるものは，いかなる時間や場所であっても安全に運行可能なもの（レベル５）ではなく，特定の走行環境条件下で使用される場合にのみ安全に運行可能なもの（レベル３または４）となる見通しである．

そのうえで，走行環境条件には，決められた速度以下に抑える，走行範囲を決まったルートのみに限定する，走行する天候・時間等を限定する，必要な通信条件を整えるなどのほか，「道路に設置される設備や通信等のインフラ」の整備・利用の状況等も含まれている．

同大綱においても，「自動運転の安全を補完するために道路に設置される設備や通信等のインフラ（路車協調を含む）について，運行形態，技術進展，実証実験の結果，利用者・事業者の意見を踏まえ，必要となる事項の検討を行う」べき旨提言されたところであり，自動運転の実用化に向けては，これらのインフラを整備していく必要がある．（図１）

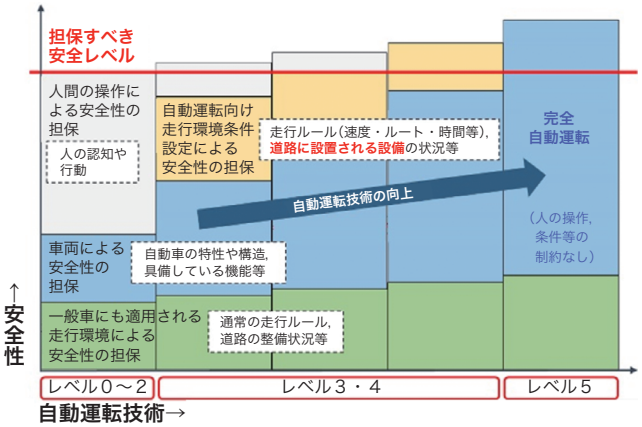


図１　自動運転の実用化に向けた段階的な進め方のイメージ
（「自動運転に係る制度整備大綱」から一部加工して掲載）

国土交通省では，「道の駅」等を拠点とした自動運転サービスの実証実験を，平成29年から全国18か所で行ってきた．当該実証実験において，車両の技術だけでは降雪等の天候や山間部等の地形により安定した走行に課題が生じることが明らかとなり，これに対し，磁気マーカ等インフラ側に設置した施設からの補助が，安定した走行の確保に有効であることも確認されたところである．

上記を踏まえ，自動運転の実用化に対応するため，

道路法において自動運転車の走行を補助するための施設を「自動運行補助施設」として定義したうえで，

・道路管理者が設置する自動運行補助施設について，道路の附属物として追加
・道路管理者以外の者が設置することを想定して，自動運行補助施設を占用物件に追加したうえで，無余地性の要件を緩和

することにより，自動運転の実用化に向けた官民の取組を推進することとした．

また，自動運転技術については，急速に進展している途上であり，わが国としても，自動運転のためのインフラに係る技術を国際標準に着実に反映していくことを目指している．そのため，自動運行補助施設の整備も，国際的に協調しつつ，全国統一的に整備していく必要があり，道路管理者の設ける自動運行補助施設について，

・国土交通省令で定める性能の基準等に従うこと
・設置した場合には国土交通大臣に報告（市町村の場合は都道府県に報告し，都道府県が国土交通大臣に報告）すること

とした．

〈参照条文〉

○道路法施行規則（昭和27年建設省令第25号）（抄）

（自動運行補助施設の性能の基準等）

第四条の八の二　法第四十五条の二第一項の国土交通省令で定める道路の附属物である自動運行補助施設の性能の基準は，自動運行補助施設が次の各号のいずれかに該当することとする．

一　自動運行補助施設が設置された道路を通行する自動運行装置（道路運送車両法（昭和二十六年法律第百八十五号）第四十一条第一項第二十号に規定する自動運行装置をいう．）を備えている自動車その他の自動運転に係る技術により運行する自動車（以下この項において「自動運行車」という．）の位置を補正するため，当該自動運行車の運行時の状態を検知するためのセンサーに検知されるよう，磁界，電波その他これらに類するものを発するものであつて，国土交通大臣が定める基準に適合するものであること．

二　自動運行補助施設が設置された道路又は当該道路と交差し，若しくは接続する道路を通行する自動運行車の位置を補正するため，当該自動運行車の運行時の状態を検知するためのセンサーに検知されるよう，当該自動運行補助施設の位置を示す情報を表示し，又は発信するものであつて，国土交通大臣が定める基準に適合するものであること．

三　自動運行補助施設が設置された道路又は当該道路と交差し，若しくは接続する道路において自動運行車の安全な通行を確保するため，当該自動運行車の周囲の状況を検知するためのセンサーを補完するものとして，当該センサーに検知されるよう，これらの道路の構造，他の車両若しくは歩行者の通行の状況，障害物の有無その他の当該道路の状況に関する情報を表示し，又は発信するものであつて，国土交通大臣が定める基準に適合するものであること．

2　自動運行補助施設は，道路の構造又は交通に支障を及ぼさないと認められるものでなければならない．

3　おわりに

創設された自動運転を補助する施設の整備が自動運転の実現を促進し，道路の安全・円滑な交通や利便性の向上に寄与することを期待するとともに，引き続き，道路施策の推進に向けて，道路管理に携わる方々，国民の皆さま方のご理解・ご協力をお願い申し上げたい．

【本件問合せ先】
国土交通省 道路局 道路交通管理課 高度道路交通システム（ITS）推進室，〒100-8918 東京都千代田区霞が関2-1-3，03-5253-8111

国内関連法規情報

道路運送車両法の一部を改正する法律について

The Act for Partial Amendment of the Road Transport Vehicle Act

多田善隆（国土交通省自動車局）
Yoshitaka Tada (Road Transport Bureau, Ministry of Land, infrastructure, Transport and Tourism)

国土交通省においては，道路運送車両法に基づき自動車の設計・製造段階から公道での使用段階にわたり，安全性を一体的に確保している．具体的には，安全基準の策定，型式認証，点検・整備，検査，リコール等の対策に取り組んでいる．

一方で，同法は1951年に作られたものであり，その当時はシステムが車両の操作をするということは想定していなかった．このため，自動運転車（レベル３及びレベル４）に対応するべく2019年５月に同法を改正した．

1 保安基準対象装置への自動運行装置の追加

保安基準の対象装置に，プログラムにより自動的に自動車を運行させるために必要な装置として「自動運行装置」を追加した．（図１）また，自動運行装置が使用される条件（走行環境条件）を当該装置ごとに国土交通大臣が付すこととした．

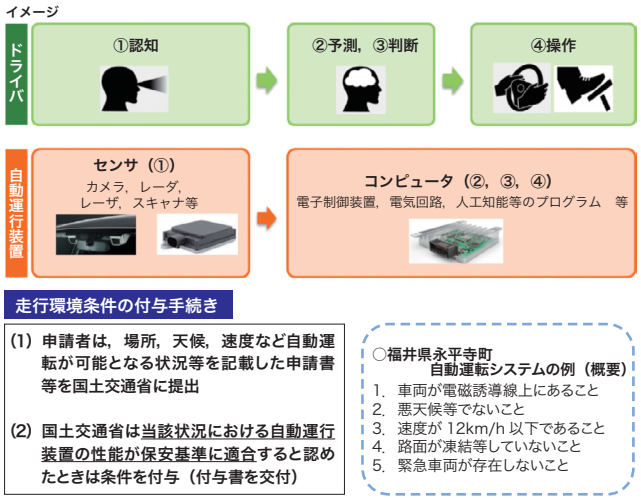


図１　自動運行装置の定義

○道路運送車両法（昭和二十六年法律第百八十五号）（抄）

第四十一条

自動車は，次に掲げる装置について，国土交通省令で定める保安上又は公害防止その他の環境保全上の技術基準に適合するものでなければ，運行の用に供してはならない．

二十　自動運行装置

２　前項第二十号の「自動運行装置」とは，プログラム（電子計算機（入出力装置を含む．この項及び第九十九条の三第一号項第一号を除き，以下同じ．）に対する指令であつて，一の結果を得ることができるように組み合わされたものをいう．以下同じ．）により自動的に自動車を運行させるために必要な，自動車の運行時の状態及び周囲の状況を検知するためのセンサー並びに当該センサーから送信された情報を処理するための電子計算機及びプログラムを主たる構成要素とする装置であつて，当該装置ごとに国土交通大臣が付する条件で使用される場合において，自動車を運行する者の操縦に係る認知，予測，判断及び操作に係る能力の全部を代替する機能を有し，かつ，当該機能の作動状態の確認に必要な情報を記録するための装置を備えるものをいう

○道路運送車両の保安基準（昭和二十六年運輸省令第六十七号）（抄）

第四十八条

自動車（二輪自動車，側車付二輪自動車，三輪自動車，カタピラ及びそりを有する軽自動車，大型特殊自動車，小型特殊自動車並びに被牽引自動車を除く．）には，自動運行装置を備えることができる．

2　自動運行装置を備える自動車は，プログラムによる当該自動車の自動的な運行の安全性を確保できるものとして，機能，性能等に関し告示で定める基準に適合しなければならない．
3　法第七十五条の三第一項の規定によりその型式について指定を受ける自動運行装置は，当該装置を備える自動車を前項の基準に適合させるものでなければならない．

2　自動運行装置の告示の概要

自動運行装置の告示で定める基準の概要は以下のとおりである．
(1) 走行環境条件内において，乗車人員及び他の交通の安全を妨げるおそれがないこと
(2) 走行環境条件外で，作動しないこと
(3) 走行環境条件を外れる前に運転操作引継ぎの警報を発し，運転者に引き継がれるまでの間，安全運行を継続するとともに，引き継がれない場合は安全に停止すること
(4) 運転者の状況監視のためのドライバモニタリングを搭載すること
(5) 不正アクセス防止等のためのサイバーセキュリティ確保の方策を講じること　等

3　自動運行装置等に組み込まれたプログラムの改変による改造等に係る許可制度の創設

自動車技術の進展に伴い，自動車製作者等において，通信を活用して使用過程時の自動車の電子制御装置に組み込まれたプログラムを改変し，性能変更や機能追加(改造)を大規模かつ容易に行うことが可能となっている．
このため，自動運行装置等に組み込まれたプログラムの改変による改造であって，自動車が保安基準に適合しなくなるおそれのあるものを電気通信回線の使用等によりする行為等（特定改造等）(図２）をしようとする者は，あらかじめ，国土交通大臣の許可を受けなければならないこととした．

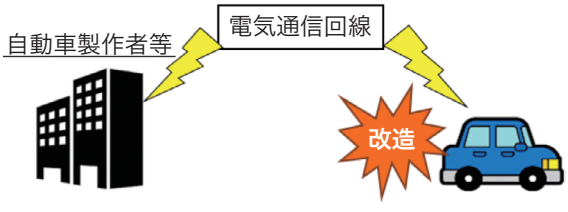


図2　特定改造等のイメージ

これまでの道路運送車両法では，通信を活用した自動車の電子的な改造が大規模に行われることは想定されていなかったことから，サイバーセキュリティの確保を含め，機能及び性能に関し告示で定める基準への適合が求められる．（図３）

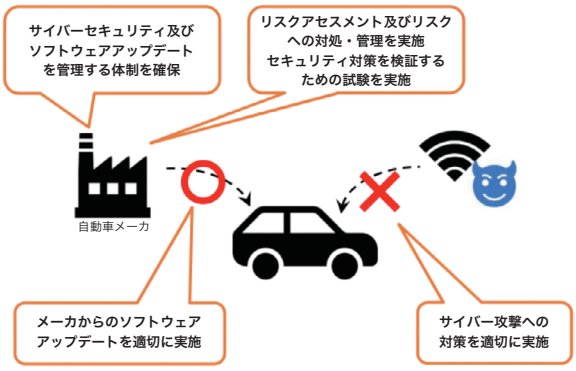


図3　サイバーセキュリティの概要

4　分解整備の範囲の拡大

「分解整備」の範囲に先進技術に係る整備・改造が含まれず，安全性が確保されないおそれがあることから，当該範囲を拡大する必要があった．
認証を要する「分解整備」について，対象装置に「自動運行装置」を追加するとともに，対象装置の作動に影響を及ぼすおそれのある整備・改造までに定義を拡大し，名称を「特定整備」に改めた．（図４）あわせて，自動車製作者等に対し，点検整備に必要な型式固有の技術情報の特定整備を行う事業者等へ提供することを義務づけた．

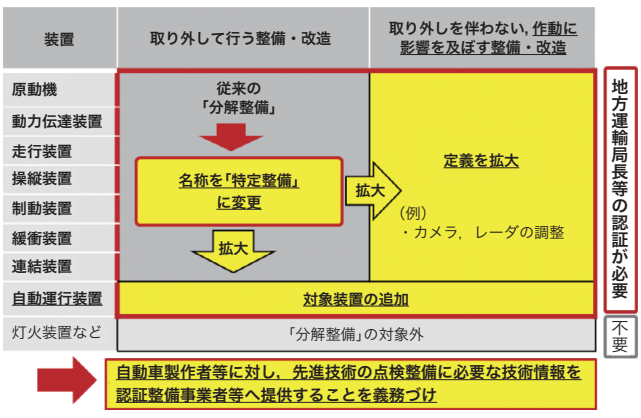


図4　特定整備のイメージ

【本件問合せ先】
国土交通省 自動車局 技術・環境政策課，〒100-8918 東京都千代田区霞が関２- 1 - 3，03-5253-8111

SIP第2期自動運転（システムとサービスの拡張）施策一覧及び報告書掲載状況

SIP第２期自動運転（システムとサービスの拡張）の研究開発及び調査の全一覧を以下に示す．あわせて，中間成果報告書[1]及び最終成果報告書[2]（本報告書）での各施策の掲載有無と掲載箇所を記載した．「○」は成果報告書に掲載があるもの，「－」は掲載がないもの，「＊」は成果報告書の作成業務そのものを表している．

各施策の更に詳細な情報は，本報告書の第７章で紹介している「施策ごとの成果報告書」を参照されたい．

施策番号	施策名	事業期間（2022.12.01時点の情報）	報告書掲載有無・掲載箇所	
			中間成果報告書	最終成果報告書
［Ⅰ］	自動運転システムの開発・検証（実証実験）			
F001	2020東京臨海部実証実験に向けた交通流への影響・効果についての調査事業	2018.07.19 ～ 2019.03.20	○ 54～79ページ【第３章(1)】	○ 41～46ページ【第２章(1)①】
F003	2020東京臨海部実証実験に係る企画の検討及び評価	2018.11.01 ～ 2019.06.28		
F005	東京臨海部実証実験に係るインフラ整備，事前検証及び維持・管理	2019.03.08 ～ 2022.05.31		
F006	東京臨海部実証実験の実施	2019.04.12 ～ 2023.02.28		
F009	東京臨海部におけるネットワーク経由での信号情報提供の実験環境の構築	2021.08.05 ～ 2023.02.28		
F002	地方部における自動運転による移動サービス実用化に向けた環境整備	2018.10.12 ～ 2019.08.30	○ 117～123ページ【第４章(1)】	○ 153～160ページ【第４章(1)①】
F007	自動運転移動サービスの実用化並びに横展開に向けた環境整備	2019.09.09 ～ 2020.12.28		
F008	地方部における自動運転サービスの社会実装の実現並びにその恒久的実施に係る調査研究	2020.10.22 ～ 2023.02.28		
F004	ニュータウン地域における自動運転による移動サービス実用化に向けた環境整備に係る調査	2018.12.14 ～ 2019.04.30	－	○ 259～262ページ【第７章】
［Ⅱ］	自動運転実用化に向けた基盤技術開発			
R001	自動運転システムにおけるV2X技術等を含む新たな通信技術の活用に関する調査	2018.09.13 ～ 2019.02.28	○ 39～42ページ【第２章(2)】 210～213ページ【第７章】	○ 85～93ページ【第２章(2)①】
R016	自動運転システムのための通信技術に関する調査	2019.09.20 ～ 2020.03.19		
R027	協調型自動運転のユースケースを実現する通信方式の検討	2020.11.25 ～ 2022.02.28		
R028	協調型自動運転のユースケースを実現する通信方式の検討のうち，700MHz帯ITSに係る評価	2021.04.27 ～ 2022.02.28		
R033	協調型自動運転のユースケースを実現する5.9GHz帯V2Xシステムの通信プロトコルの検討	2022.04.07 ～ 2023.02.28	－	○ 94～98ページ【第２章(2)②】
R017	狭域・中域情報の収集・統合・配信に係る研究開発	2019.08.19 ～ 2021.05.31	○ 43～49ページ【第２章(2)】	○ 99～103ページ【第２章(2)③】
R002	自動運転の実現に向けた信号情報提供技術等の高度化に係る調査	2018.09.20 ～ 2019.03.20	○ 16～23ページ【第２章(1)】	－
R009	自動運転の実現に向けた信号情報提供技術等の高度化に係る研究開発	2019.05.28 ～ 2020.10.30		
R003	ITS無線路側機等の路車間通信以外の手法による信号情報の提供に係る調査	2018.09.20 ～ 2019.03.20	○ 16～23ページ【第２章(1)】	○ 47～53ページ【第２章(1)②】
R010	ITS無線路側機等の路車間通信以外の手法による信号情報の提供に係る研究開発	2019.05.22 ～ 2020.02.28		
R021	クラウド等を活用した信号情報提供に係る研究開発	2020.06.22 ～ 2021.02.26		
R029	クラウド等を活用した信号情報提供の社会実装に向けた研究開発	2021.07.07 ～ 2022.03.31		
R004	混在交通下における交通安全の確保等に向けたV2X情報の活用方策に係る調査	2018.09.13 ～ 2019.03.20	－	○ 259～262ページ【第７章】
R012	混在交通下における交通安全の確保等に向けたV2X情報の活用方策に係る調査～自動運転車両による交通流への影響評価に係るシミュレーション等～	2019.05.28 ～ 2020.02.28		
R023	GNSS（位置情報）等を活用した信号制御等に係る研究開発	2020.07.02 ～ 2022.02.28	－	○ 73～79ページ【第２章(1)⑥】
R025	交通規制情報のデータ精度向上等に関する調査研究	2020.09.16 ～ 2021.03.12	－	○ 67～72ページ【第２章(1)⑤】
R030	交通規制情報のデータ精度向上等に係るモデルシステムに関する調査研究	2021.07.06 ～ 2023.02.28		
R005	仮想空間での自動走行評価環境整備手法の開発	2018.12.14 ～ 2023.03.31	○ 91～97ページ【第３章(2)】	○ 108～119ページ【第３章①】
R006	自動運転技術（レベル３，４）に必要な認識技術等に関する研究	2018.12.06 ～ 2023.02.28	○ 80～87ページ【第３章(1)】	○ 120～128ページ【第３章②】

1 『SIP第２期「自動運転（システムとサービスの拡張）」中間成果報告書（2018～2020）』（ISBN：9784904056882），https://www.sip-adus.go.jp/rd/rd_page03.php
2 『SIP第２期「自動運転（システムとサービスの拡張）」最終成果報告書（2018～2022）』（ISBN：9784904056929），https://www.sip-adus.go.jp/rd/rd_page04.php

施策番号	施策名	事業期間 (2022.12.01時点の情報)	報告書掲載有無・掲載箇所	
			中間成果報告書	最終成果報告書
［II］	自動運転実用化に向けた基盤技術開発（前ページからの続き）			
R008	車両プローブ情報等による高精度３次元地図更新に関する研究開発	2019.02.15 ～ 2021.02.26	○ 31～38ページ 【第２章(1)】	―
R013	プローブ情報を活用した車線レベル道路交通情報の生成 及び提供の仕組み作り等に向けた企画・検討会運営	2019.04.22 ～ 2023.02.28	○ 24～30ページ 【第２章(1)】	○ 54～60ページ 【第２章(1)③】
R020	車線別プローブ等を活用した自動運転制御の技術検討及び評価	2020.01.16 ～ 2023.02.28	―	○ 217～220ページ 【第５章④】
R011	観光都市における交通環境情報基盤の構築と活用に向けた調査	2019.04.25 ～ 2019.08.30	○ 168～171ページ 【第５章(1)】	○ 206～209ページ 【第５章②】
R018-a	自動運転・運転支援に係るアーキテクチャの設計及び構築のための調査研究／ 地理系データ流通促進ポータルサイト構築,「東京臨海部実証実験」地域 及び移動・物流サービス連携等のための都市部における地理系データ整備・構築	2019.08.30 ～ 2023.03.31	○ 161～167ページ 【第５章(1)】	○ 198～205ページ 【第５章①】
R018-b	自動運転・運転支援に係るアーキテクチャの設計及び構築のための調査研究／ 「地方部における自動運転サービス」地域における 運行管理等システム構築に必要な要件定義等に向けた調査・研究	2019.08.30 ～ 2021.05.31	○ 124～128ページ 【第４章(1)】	○ 153～160ページ 【第４章(1)①】
R026	モビリティ関連データの利活用促進に向けた環境整備	2020.09.30 ～ 2021.03.12	○ 172～175ページ 【第５章(1)】	―
R014	新たなサイバー攻撃手法と対策技術に関する調査	2019.07.16 ～ 2020.03.19	○ 98～102ページ 【第３章(2)】	○ 129～133ページ 【第３章③】
R024	新たなサイバー攻撃手法と対策技術に関する調査研究	2020.08.07 ～ 2023.02.28		
R015	自動運転の高度化に則したHMI及び安全教育方法に関する調査研究	2019.08.19 ～ 2022.08.31	○ 103～112ページ 【第３章(2)】	○ 134～148ページ 【第３章④～⑥】
R019	高精度３次元地図における位置参照点（CRP）のあり方に関する調査検討	2019.08.19 ～ 2021.02.28	○ 210～213ページ 【第７章】	―
R022	プローブ等車両情報を活用したアーキテクチャに基づく物流効率化のための調査・実証	2020.07.02 ～ 2021.04.30	―	○ 210～216ページ 【第５章③】
R032	プローブ等車両情報を活用したアーキテクチャに基づく物流効率化のための実証・評価	2021.12.03 ～ 2022.12.31		
R031	合流支援（本線隙間狙い）システム検証のためのシミュレーション環境構築および分析	2021.09.15 ～ 2023.02.28	―	○ 61～66ページ 【第２章(1)④】
［III］	自動運転に対する社会的受容性の醸成			
P001	視野障害を有する者に対する高度運転支援システムに関する研究	2018.12.25 ～ 2021.02.28	○ 139～144ページ 【第４章(2)】	―
P002	自動運転による交通事故低減等へのインパクトに関する研究	2018.12.28 ～ 2021.05.31	○ 145～151ページ 【第４章(2)】	○ 172～178ページ 【第４章(2)②】
P010	自動運転による社会・経済に与えるインパクト評価と普及促進策に関する研究	2021.07.02 ～ 2023.02.28		
P003	自動運転技術に対する社会的受容性の醸成に向けた調査	2019.04.04 ～ 2020.03.19	○ 210～213ページ 【第７章】	○ 179～187ページ 【第４章(2)③】
P004-a	社会的受容性の醸成に向けた戦略策定と評価に関する調査／ 総合的な戦略の策定，Web等の情報発信に関する企画及び実施	2019.09.13 ～ 2023.03.31		
P009	展示会等による社会的受容性の醸成効果測定に関する調査	2020.09.09 ～ 2023.03.31		
P004-b	社会的受容性の醸成に向けた戦略策定と評価に関する調査／ 社会的受容性の醸成に向けた取組に関する評価	2019.09.13 ～ 2023.02.28	○ 132～138ページ 【第４章(2)】	○ 165～171ページ 【第４章(2)①】
P005	自動運転及び運転支援による交通事故削減効果の見える化	2019.10.08 ～ 2021.03.01	○ 152～158ページ 【第４章(2)】	―
P006	BRT（Bus Rapid Transit）への自動運転による正着制御技術等の導入に向けた調査	2020.02.28 ～ 2021.12.28	―	○ 259～262ページ 【第７章】
P008	交通制約者に優しい自動運転バスに係る基礎調査	2020.06.02 ～ 2021.09.30	○ 210～213ページ 【第７章】	○ 188～193ページ 【第４章(2)④】
［IV］	国際連携の強化			
G001	自動走行システムの実現に向けた情報発信力の強化に係る調査事業	2018.07.20 ～ 2019.03.20	○ 179～182ページ 【第６章(1)】	○ 226～228ページ 【第６章①】
G003	自動運転の実現に向けた情報発信力の強化に係る調査	2019.04.05 ～ 2021.05.31		
G007	自動運転の実現に向けた情報発信力の強化に係る動向調査	2021.05.24 ～ 2023.03.31		
G002	自動運転に係わる海外研究機関との共同研究の推進に向けた基礎調査	2018.08.24 ～ 2019.02.28	○ 183～185ページ 【第６章(1)】	○ 229～232ページ 【第６章②】
G004	自動運転に係る海外研究機関との共同研究の推進に向けた連携体制の構築	2019.05.27 ～ 2023.02.28		
G005	交通環境情報に係る国際協調に向けた海外動向等の調査	2019.07.04 ～ 2023.02.28	―	○ 259～262ページ 【第７章】
G006	知財戦略の構築に向けた立案に関する調査	2020.05.28 ～ 2021.03.12	○ 210～213ページ 【第７章】	―
G008	研究開発成果を効果的に訴求する中間成果報告の検討・実施業務	2021.04.19 ～ 2022.02.28	＊ 中間成果報告書の作成業務	―
G009	研究開発成果の効果的な取りまとめ及び発信について	2022.05.11 ～ 2023.03.31	―	＊ 最終成果報告書の作成業務

本報告書掲載タイトルと各施策の対応関係（施策一覧の逆引き）

本報告書の掲載タイトルごとに，対応する研究開発及び調査の施策番号を以下に示す．施策番号に対応する施策名については，本報告書292～293ページ「SIP第２期自動運転（システムとサービスの拡張）施策一覧及び報告書掲載状況」を参照のこと．

SIP最終成果報告書 掲載タイトル	対応する施策番号
第１章　SIP第２期「自動運転（システムとサービスの拡張）」	
第２章　交通環境情報の構築と活用	
（1）交通環境情報の生成に係る技術開発	
① 臨海副都心地域における実証実験	F001，F003，F005，F006，F009
② インフラ協調型自動運転のための信号提供技術（V2N）の開発	R003，R010，R021，R029
③ 車両プローブによる車線別道路交通情報に係る技術開発	R013，R020
④ 合流支援のためのシミュレーション環境の構築及び技術開発	R031
⑤ 交通規制情報のデータ精度向上	R025，R030
⑥ GNSS（位置情報）等を活用した信号制御等及び緊急車両情報に係る技術開発	R023
（2）交通環境情報の配信に係る技術	
① 協調型自動運転のユースケースを実現する通信方式の検討	R001，R016，R027，R028
② V2X技術等を含む新たな通信技術開発	R033
③ 中域情報の収集・配信に係る研究開発	R017
第３章　自動運転の安全性の確保	
① 仮想空間における自動走行評価環境整備手法の開発	R005
② 自動運転（レベル３，４）に必要な認識技術等に関する研究	R006
③ 新たなサイバー攻撃手法と対策技術に関する調査研究	R014，R024
④ 自動運転の高度化に則した安全教育方法に関する調査研究	R015
⑤ 低速走行の自動運転移動・物流サービス車両と周辺交通参加者とのコミュニケーションに関する研究	R015
⑥ 自動運転の高度化に則したHMIに関する調査研究	R015
第４章　自動運転のある社会	
（1）地域社会における自動運転移動サービス	
① 自動運転による移動サービスの実用化に向けた環境整備	F002，F007，F008，R018-b
（2）自動運転の社会的受容性	
① 社会的受容性の醸成に向けた調査と評価	P004-b
② 交通事故低減等への社会経済インパクト評価手法の開発	P002，P010
③ 社会的受容性の醸成に向けた活動	P003，P004-a，P009
④ 交通制約者に優しいバスに係る検討	P008
第５章　Society5.0実現に向けたデータ連携・活用	
① 地理系データのアーキテクチャの設計－交通情報環境ポータルサイトの構築・普及	R018-a
② 観光都市における社会課題解決に向けた取組	R011，R018-a
③ 車両プローブ情報を活用した物流効率化の調査研究	R022，R032
④ 車両プローブ情報の道路管理業務への活用	R020
第６章　国際連携の推進	
① SIP-adus Workshop	G001，G003，G007
② 日独連携，日EU連携	G002，G004
③ ダイナミックマップ	
④ ヒューマンファクタ	
⑤ 安全性評価	
⑥ コネクテッドビークル	
⑦ サイバーセキュリティ	
⑧ 社会経済インパクト	
⑨ サービス実装推進	
第７章　その他の成果と取組等	F004，R004，R012，P006，G005
第８章　SIP自動運転の総括と成果継承	

SIP第2期

― 自動運転（システムとサービスの拡張）―

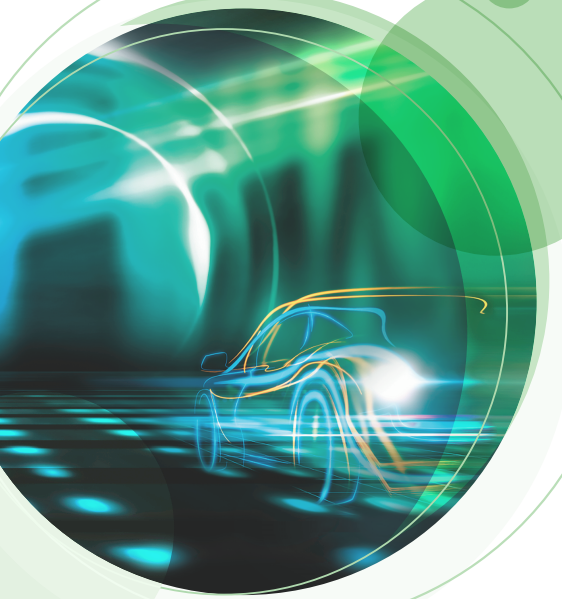
最終成果報告書（2018～2022）

企　画　内閣府

発行者　国立研究開発法人新エネルギー・
　　産業技術総合開発機構

編　集　SIP第2期「自動運転（システムとサービスの拡張）」
　　最終成果報告書 編集委員会
　　公益社団法人自動車技術会

発行日　2022年12月26日　初　版第１刷発行
　　2023年 3 月 6 日　第２版第１刷発行

本報告書は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務として実施した「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期／自動運転（システムとサービスの拡張）」の2018年度から2022年度までの成果を取りまとめたものです。したがって、本報告書の著作権は、NEDOに帰属しており、本報告書の全部または一部の無断複製等の行為は、法律で認められたときを除き、著作権の侵害にあたるので、これらの利用行為を行うときは、NEDOの承認手続きが必要です。

ISBN　978-4-904056-92-9