

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）

／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

成果報告書

2021年5月

日本工営株式会社
パシフィックコンサルタンツ株式会社
一般財団法人道路新産業開発機構

「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、日本工営株式会社、パシフィックコンサルタンツ株式会社、一般財団法人道路新産業開発機構が実施した「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）／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」の2019～21年度成果を取りまとめたものです。

従って、本報告書の著作権は、NEDOに帰属しており、本報告書の全部又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。」

戦略的イノベーション創造プログラム（S I P）第2期／自動運転（システムとサービスの拡張）／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
成果報告書

— 目 次 —

第1章	業務概要	5
1.1.	業務目的	5
1.2.	実施フロー	5
1.3.	実施項目	6
第2章	リファレンス・アーキテクチャモデルの各層へのマッピング、および検討対象とすべきデータ等の抽出	25
2.1.	リファレンス・アーキテクチャモデルについての知見収集	25
2.2.	リファレンス・アーキテクチャモデルの各層へのマッピング	32
2.3.	検討対象とすべきデータの収集	33
第3章	実証実験に向けた事前準備と合意形成プロセスのとりまとめ	38
3.1.	利用が考えられるデータの詳細整理	38
3.2.	実証実験に向けた事前準備	53
3.3.	合意形成プロセスのとりまとめ	54
第4章	自動運転車両の運行データ仕様等のとりまとめ	57
4.1.	自動運転サービスに期待される機能の検討	57
4.2.	データ仕様の作成検討	63
第5章	API及びアプリの要件開発	66
5.1.	運行管理機能	66
5.2.	利用者管理機能	69
5.3.	予約管理機能	70
第6章	ユースケースで想定したサービス及びアプリの要件の実証実験における活用・評価	72
6.1.	システム導入時	72
6.2.	定着時	77
第7章	システム・サービスの運用延長と活用評価を踏まえたシステムの改修	84
7.1.	システム・サービスの運用	86
7.2.	活用評価を踏まえたシステム対策の検討・改修	92
第8章	地方での導入を支えるシステムパッケージの検討・設計及び開発	97
8.1.	システムパッケージの検討	97
8.2.	システムパッケージの設計・開発	105
8.3.	システムパッケージの実装	109
第9章	サービスの社会実装に向けた協議・サービスの適用	110
9.1.	社会実験に向けた協議支援	110

9.2. サービスの適用（3か所）	120
第10章 まとめ.....	127

第1章 業務概要

1.1. 業務目的

本研究（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）は、データ提供者とデータ活用者の双方にとって魅力のある情報交換の場を作り、その結果として企業の中に埋もれている様々なデータを、他の企業が積極的に活用できるデータ流通促進のためのしくみの構築、さらには社会実装可能なシステムの構築を目指すものである。本プロジェクトは、この研究のうち、課題 d「地方部における自動運転サービス」に位置付けられる。

現在社会実装に向けて取り組まれている「地方部における自動運転サービス」事業において、地域毎の固有の課題や導入目的の違いを超えて、サービスの導入や実装、運用がよりスムーズに円滑に行われるために、必要なシステムの基本要件やサービス要件、ツールの提供・支援等に資することを目指している。具体的には、高齢化やデジタルデバイド等の地方に共通した実情を踏まえて、対象としている全ての地域において適用できるサービス（運行管理、ロケーション提供、予約システム等）への寄与を想定し、有用な API やアプリの要件について検討を行い、簡易な運用システムを開発したうえで「地方部における自動運転サービス」実証実験中の 2 地区（秋田県上小阿仁村、島根県道の駅赤来高原）に実際に適用し評価を行う。

また、これらの結果・成果や得られた課題を踏まえ、地方の自動運転サービスの運行管理者が自動運転サービスの展開を図ることが可能なシステムパッケージの検討・設計及び開発を行う。実験的な利用ではなく、実サービスとして現場で実践できるよう、クラウドサービス環境下でのサービスプラットフォームを成立させる。そして、このシステムパッケージを「地方部における自動運転サービス」の実証事業を行う 3 地区において適用し、有効性を検証する。

本プロジェクトは、課題 a,b,c の受託者との検討会を定期的実施し、課題間の整合を図りながら、「地方部における自動運転サービス」の社会実装に資する支援情報・支援ツールの発信ができるよう取り組むものである。

1.2. 実施フロー

本プロジェクトは次頁に示す図 1-1 に基づき実施している。本プロジェクトは 2019 年 8 月より着手し、2019 年度に実施した事項は①～④及び⑤の一部、2020 年度に実施した事項は⑤の一部、⑥～⑦及び⑧の一部であり、2021 年度は 5 月末までに⑧の一部および⑨を実施し、全事項を取りまとめた。

本報告では、2019 年度から 2021 年度のプロジェクト全体の実施内容について述べる。

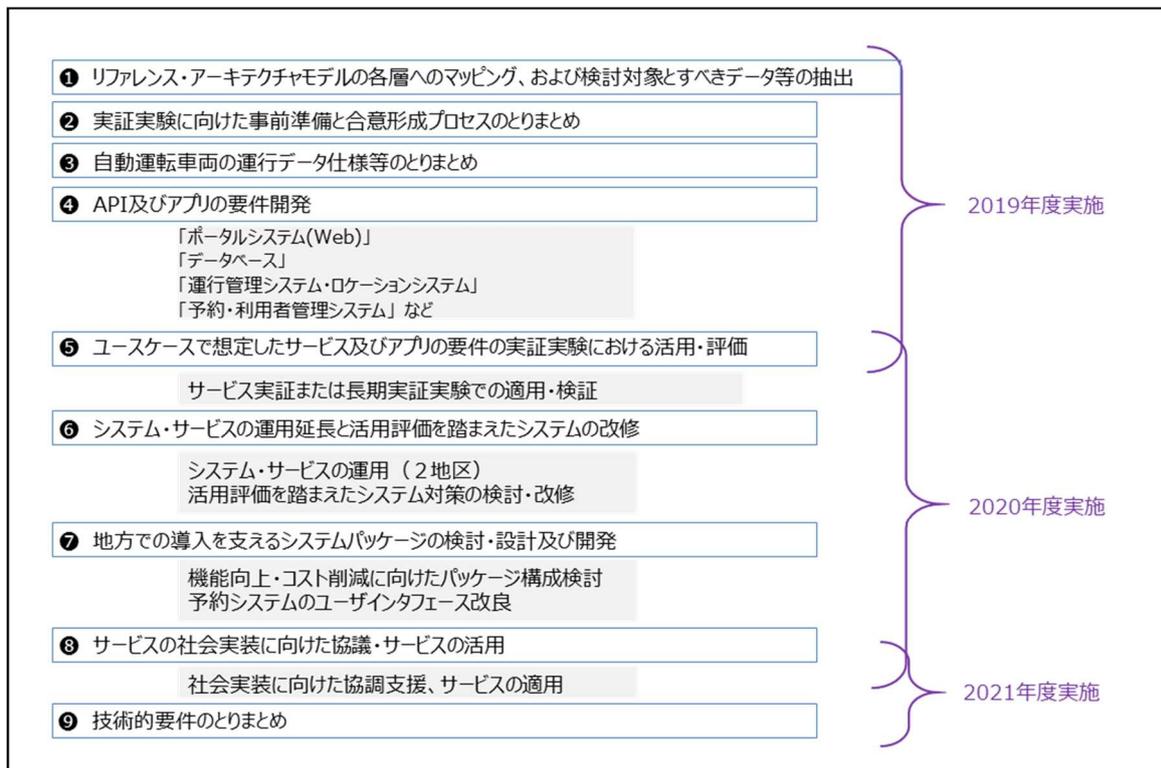


図 1-1 事業実施フロー

1.3. 実施項目

(1) 「リファレンス・アーキテクチャモデルの各層へのマッピング、および検討対象とすべきデータ等の抽出」

地方に共通した実情を踏まえ、対象としている全ての地域において適用できるサービス（運行管理、ロケーション提供、予約システム等）を想定し、「機能」、「データ」、「アセット」をリファレンス・アーキテクチャモデルへマッピングを行う。但し、実証に際しては、サービスを提供する各地域の実情に即し、具体的な出口サービスを想定して、これを実現するために、各要素に不足や重複がないかを検討し、検討対象とすべきデータ等を抽出する。

「地方部における自動運転サービス」事業として予定される地域を対象に検討を行う。対象地域を題材に、自動運転サービスを実施するために必要となる「機能」について検討・抽出したうえで、各機能がもたらす出口サービスを想定し、各機能の概要と機能を発揮するために必要なデータ項目を抽出する。

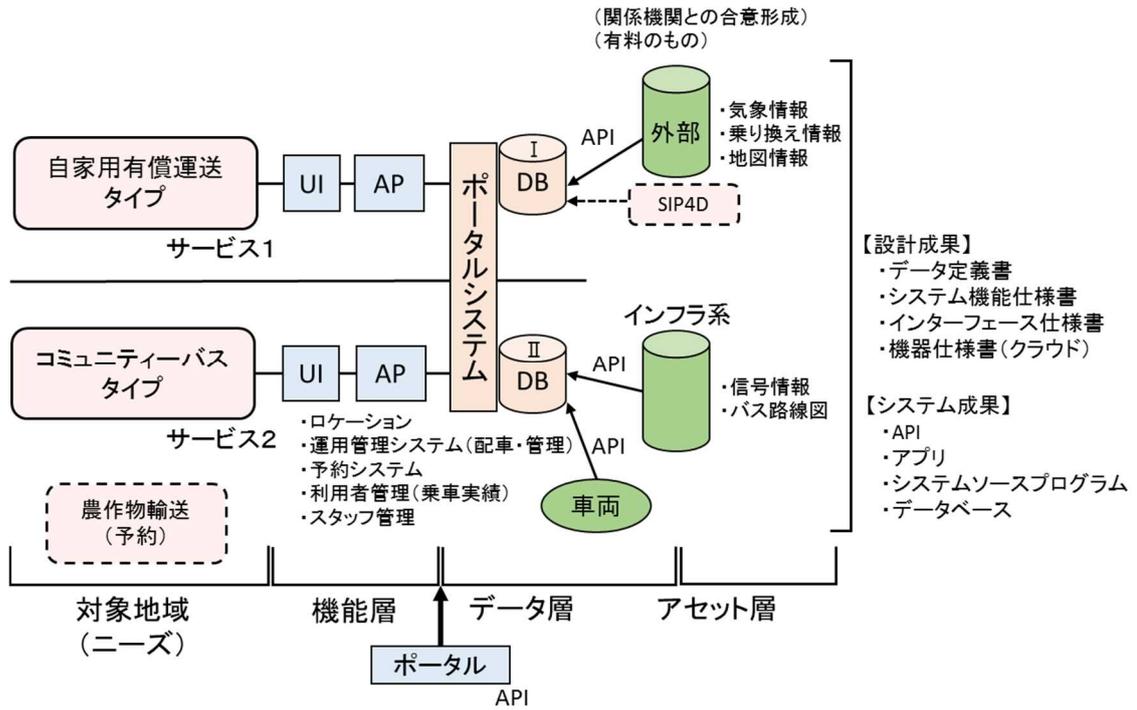


図 1-2 自動運転サービスの運行を支援する機能と関連データ・提供元

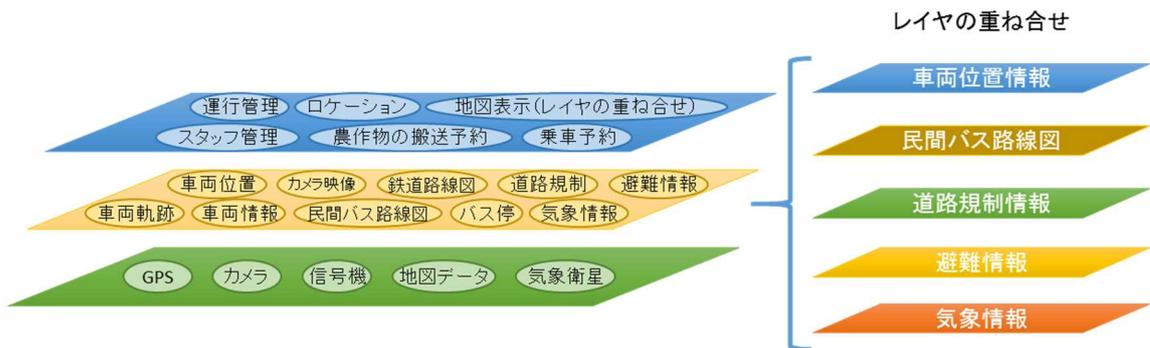


図 1-3 アーキテクチャモデルの例 (イメージ)

● アウトプット

No.	アウトプット	概要
1	要件定義書	利用目的、システム機能要件、機能概要等

(2) 「実証実験に向けた事前準備と合意形成プロセスのとりまとめ」

データ提供者が存在する場合にはその提供者を特定し、データの仕様、必要な費用、期間等の試算等実証実験に向けた事前準備として関係者に説明の上、合意形成のプロセスをとりまとめる。

表 1-1 運行に有効な別のデータ提供者が想定されるデータ項目（案）と提供元（一部を例示）

区分	データ項目	提供元	利用用途
地図	地図データ	国土地理院 (電子国土)等	背景地図、走行ルートの把握
位置	自動運転車両のバス停等	自動運転の各運営主体	バス停、停車位置の確認
	信号機・仮設信号器	各警察本部・施設管理者	安全な走行の支援
路線 図・ 駅	民間バス	地元バス会社	乗り継ぎ利用
	コミュニティバス	各自治体	乗り継ぎ利用、そのものの利用
	鉄道	JR各社、私鉄各社	乗り継ぎ利用
防災・ 規制	気象情報（警報等）	気象庁	運行可否の判断
	雨量・降雪・台風	気象庁	運行可否の判断
	避難情報	各市町村	運行可否の判断
	道路規制	各道路管理者	走行可能なルートの判断

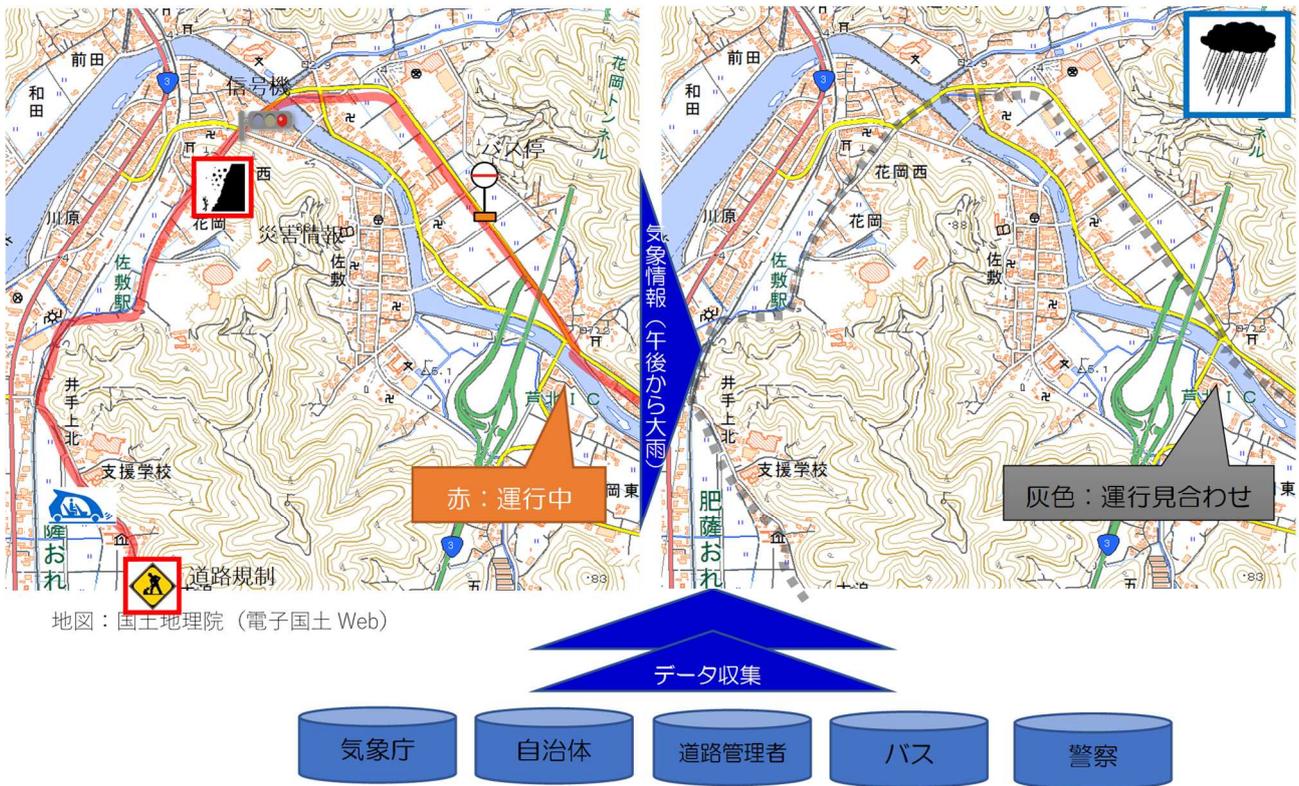


図 1-4 運行に資するデータの活用イメージ

● アウトプット

No.	アウトプット	概要
1	合意形成プロセスのフローチャート	合意形成の手順、実施方法を明文化
2	関係機関との協議内容の整理と説明・協議資料	システムの概要や機能等の協議資料
3	協議結果	協議結果の議事録
4	概算コスト	連携に当たっての概算コスト
5	合意形成に必要な説明資料	データの受渡方法、役割等の説明資料

(3) 「自動運転車両の運行データ仕様等のとりまとめ」

上記データについて、自動運転車両を運行することにより生じるデータについては、全ての地域において使用できるようにデータ仕様等を取りまとめる。

自動運転車両を運行することにより生じるデータや運行に必要となるデータについて、区分・データ項目・利用用途並びに取得方法やデータ形式などを整理し、データ仕様として取りまとめる。とりまとめる仕様が全ての地域で一定のサービスレベルの確保に寄与し、データが使用できるよう、データに一定の汎用性を持たせることに留意する。なお、車両位置情報については他の事業者への提供容易性等も考慮し、標準フォーマット(GTFS リアルタイム)での整理を想定している。

表 1-2 運行により生じるデータと利用するデータ (案) (一部を例示)

区分	データ項目	提供元	利用用途
位置・時刻	車両 (GPS)	自動運転運営主体	自動運転車両の位置の特定 [リアルタイム]
	時刻	自動運転運営主体	ある時刻の位置の特定 [リアルタイム]
	車両軌跡 (GPS)	自動運転運営主体	自動運転車両の軌跡の把握
配車・予約	車両情報	自動運転運営主体	複数台運行を見据えた配車管理
	利用者情報	自動運転運営主体	予約の管理 (2回目からの予約の円滑化) 等
	予約情報	自動運転運営主体	予約の管理 (登録、修正等) [リアルタイム]
	ツアー情報	自動運転運営主体	行動変容を促す旅行計画※の提示 (買物、病院等)
管理	スタッフ情報	自動運転運営主体	運行管理、スタッフ出勤管理
	乗車実績	自動運転運営主体	乗車人数管理
	売上実績	自動運転運営主体	収入管理
映像	走行映像	自動運転運営主体	走行映像 [リアルタイム]
	周辺映像	自動運転運営主体	走行車両周囲の状況 [リアルタイム]
	車内映像	自動運転運営主体	車内の様子、運転状況 [リアルタイム]

※旅行計画とは利用者の目的に沿った出発から帰宅までの行動を計画すること

表 1-3 データ定義書のイメージ

スキーマ	vehicle		テーブル種別	データ				作成日	2019/07/16		修正日	
論理テーブル名	T_乗車実績		テーブル概要	自動運転サービスの乗車区間、人数等の乗車実績データを格納する				作成者				
物理テーブル名	T_jyosha_jisseki											
No.	分類	論理名	物理名	データ型	IME	必須項目	主キー	権限		条件		備考
								一般	庁内	検索	表示	
1	識別ID	番号	no	integer	OFF	○	○	○	○	-	-	各乗車実績データに対して一意の番号
2	路線	路線コード	rosen_code	integer	OFF	○	○	○	○	-	-	コード定義書「C_路線コード」参照
3	区間	区間コード	kukan_code	integer	OFF	○	○	-	○	○	○	コード定義書「C_区間コード」参照
4	人数	乗車人数	jyosha_cnt	integer	OFF	-	-	-	○	○	○	
5	乗車1	氏名	jyosha_name1	character varying(20)	ON	-	-	-	○	○	○	
6		性別	jyosha_sei1	integer	OFF	-	-	-	○	○	○	コード定義書「C_性別」参照
7		年齢	jyosha_age1	integer	OFF	-	-	-	○	○	○	
8	乗車2	氏名	jyosha_name2	character varying(20)	ON	-	-	-	○	○	○	
9		性別	jyosha_sei2	integer	OFF	-	-	-	○	○	○	コード定義書「C_性別」参照
10		年齢	jyosha_age2	integer	OFF	-	-	-	○	○	○	
11	乗車3	氏名	jyosha_name3	character varying(20)	ON	-	-	-	○	-	-	
12		性別	jyosha_sei3	integer	OFF	-	-	-	○	○	○	コード定義書「C_性別」参照
13		年齢	jyosha_age3	integer	OFF	-	-	-	○	-	○	
14	管理用	登録日	registration_date	timestamp with time zone	-	-	-	-	○	-	-	
15	管理用	更新日	modified_date	timestamp with time zone	-	-	-	-	○	-	-	
16	管理用	削除日	delete_date	timestamp with time zone	-	-	-	-	○	-	-	削除日が入っているものは検索・表示の対象外
17	管理用	登録ユーザ名	registration_user	character varying(30)	-	-	-	-	○	-	-	
18	管理用	更新ユーザ名	modified_user	character varying(30)	-	-	-	-	○	-	-	
19	管理用	削除ユーザ名	delete_user	character varying(30)	-	-	-	-	○	-	-	

● アウトプット

No.	アウトプット	概要
1	ER 図	データ間の連携を表した ER 図
2	データ定義書	データの構成、テーブルやコードに関する定義書
3	システム機能仕様書（設計成果）	システムの機能を整理した仕様書

(4) 「API 及びアプリの要件開発」

「地方部における自動運転サービス」事業として予定される地域を対象に検討を行う。期間を限定し、上記(2)のデータのうち、重要性が高いデータを購入するとともに、サンプルデータとしてポータル機能上で閲覧できるよう API 及びアプリの要件を開発する。また上記(3)の表 1-2 運行により生じるデータと利用するデータ(案)(一部を例示)のデータについても、同様に閲覧できるようにする。さらに、それらを連携して用いることができるようにする。

限定する期間は「地方部における自動運転サービス」事業として予定される地域の実証実験期間とする。

1) データベースの作成

データベースは、運用コストの削減を目的にオープンソースソフトウェアを活用する（例：PostgreSQL 等）。

データベースには自動運転サービスを利用する乗客の個人情報が含まれるため、公開用と非公開用に区分する。非公開用は自動運転の運用主体等が ID と PW で認証された後に閲覧できるものとする。

2) サービス要件の仕様検討（設計）

地方部における自動運転サービスを円滑に行えるよう以下に示す運行管理等のシステムを構築する。

A) ポータルシステム・データベース（一般公開用・内部管理用）

ポータルシステムは、運行管理者や利用者がパソコンやスマートフォンで監視・閲覧できるように、各サービス（運行管理、ロケーション、予約システム等）を利用できる GUI ※を持つシステムと位置付ける。また、ポータルシステム上で各サービスは機能し、データベースはポータルシステムでリクエストする諸機能に必要なデータを出力する。

利用者向けのポータルシステムはパソコン、スマートフォンで閲覧できる画面構成を有する。ポータルシステムに関する機能は以下を想定する。

※GUI とは、基礎的な操作の大半をシステム画面上で行える仕組みのこと。

表 1-4 ポータルシステムに関する機能一覧と概要（案）

区分	機能名	機能概要	一般
表示	運行管理画面表示	自動運転車両のステータスを表示	△
	運行管理映像表示	自動運転車両で取得する映像を表示	
	ロケーション画面表示	自動運転車両自己位置や気象・台風等を表示	○
	予約システム表示	利用者からの予約情報等を表示	△
	ログイン制御	ログイン・ユーザの認証制御を表示	△
	管理画面表示	ユーザ管理を行う機能	
管理	データベース管理	収集したデータをデータベースに格納	
	ユーザ管理	スタッフや利用者のユーザ情報を管理する	
	運行情報管理	ID と PW によるログイン管理を行う	
	関連情報連携	外部サイト等の情報と連携・接続する	○
利用者 (PC/スマホ)	予約	利用者が配車要請や予約を行う	○
	運行情報等閲覧	運行状況・ツアー選択、車両位置確認を行う	○

※表中の「一般」の○は、一般利用者がインターネット上で操作・閲覧できる機能である。△は一部の情報と機能が操作・閲覧できることを指す。

また、サービスを発揮するために必要な内容の充実が有効であることが想定される外部のデータの連携・活用を検討する。ポータルシステムでの表示や付加サービスとしての活用を図る。検討対象とする想定情報は下表に示すとおりである。

表 1-5 連携・活用が想定されるデータ等の項目（案）

区分	データ項目	概要
気象・防災 【】は将来	気象情報（警報等）収集	気象情報の収集（API）
	雨量・降雪・台風情報収集	雨量・降雪・台風情報の収集（API）
	【避難情報】	避難情報の収集（API）
	【道路規制情報収集】	道路規制情報の収集（API）
モビリティ	バス停や駅の情報	民間バスや JR 等のバス停、駅等の収集
	バスや鉄道の路線情報	乗り継ぎ計画の基礎情報の収集
	自動運転・バス等の時刻表等	時刻表・運賃データの収集
管理	スタッフ・利用者情報	ID、PW、属性管理情報の収集

自動運転サービスポータルシステム



図 1-5 ポータルシステム・データベースのイメージ

B) 運行管理システム・ロケーションシステム（一般公開用・内部管理用）

運行管理システムは、運行ダイヤや運行ルートを利用者がインターネット上で確認できるシステムである。また、車両位置と気象情報等と重ね合わせを行い運休の可否の判断を分析する。

ロケーションシステムは、車両の位置や軌跡を地図上に表示するシステムである。主な機能は下表に示すとおりである。

表 1-6 運行管理・ロケーションシステムに関する機能一覧と概要（案）

区分	機能名	機能概要
共通 (レイヤ)	地図表示	国土地理院地図を背景とした地図を表示
	自動運転車両のバス停表示	自動運転車両のバス停を地図上に表示
	民間バスのバス停表示	ルート沿線の民間バスのバス停を地図上に表示
	コミュバスのバス停表示	ルート沿線のコミュバスのバス停を地図上に表示
運行管理 【】は将来	JR 各社、私鉄各社の駅表示	ルート沿線の電車の駅を地図上に表示
	運行ダイヤの検索・表示	ルート毎の運行ダイヤの検索と表示（運休計画） ※地図上の運行ルートから表示も可能
	気象情報表示	レーダー雨量等の気象情報を地図上に表示
	雨量・降雪・台風情報表示	雨量・降雪・台風の位置等を地図上に表示
ロケーシ ョン	【避難情報表示】	運行する自治体における避難情報を一覧で表示
	【道路規制情報表示】	道路規制の区間や箇所を地図上で表示
	車両の位置情報表示	自動運転車両毎の運行の現在位置を地図上に表示
	車両の軌跡情報表示	自動運転車両毎の運行の軌跡を地図上に表示
	車両の予定到着時間	自動運転車両毎の予定到着時間を地図上に表示

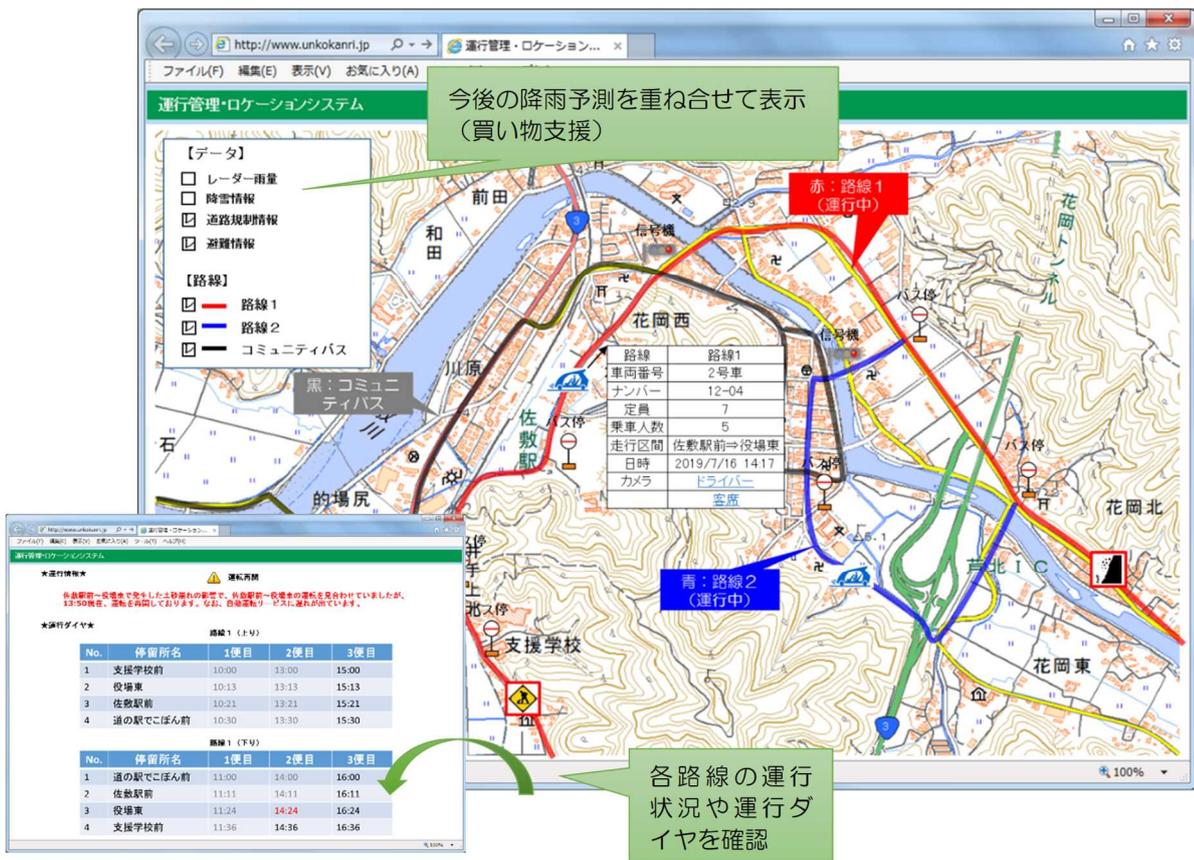


図 1-6 運行管理・ロケーションシステムのイメージ（素案）

C) 予約・利用者管理システム（一般公開用・内部管理用）

予約・利用者管理システムは、乗車希望者からの予約の登録や変更を行うとともに、利用状況を管理するシステムである。主な機能は下表に示すとおりである。

表 1-7 予約・利用者管理システムに関する機能一覧と概要（案）

区分	機能名	機能概要
予約	乗車予約登録	乗客やオペレーター※による乗車予約
	予約変更・削除	乗客やオペレーターによる予約の変更と削除
	予約状況一覧表示	日別の予約情報を一覧形式で表示
	予約検索	予約番号、予約日時等から予約を検索し結果を表示
利用者管理	利用者情報	<ul style="list-style-type: none"> ・予約時に入力された利用者の情報を管理 ・一度、登録されると二度目からは入力が不要
	利用実績	<ul style="list-style-type: none"> ・利用者の自動運転サービスの利用実績（利用日、支払った料金等）を一覧表で表示
管理	ログイン管理	<ul style="list-style-type: none"> ・ID と PW によるログイン管理を行う ・管理権限を有する者のみが個人情報を含む予約情報等を閲覧することが可能
	ユーザ管理	<ul style="list-style-type: none"> ・管理権限を有するユーザを設定

※オペレーターとは、運行管理センター等で電話による予約を入力するスタッフのことを指す。



図 1-7 予約・利用者管理システムのイメージ (素案)

D) その他

その他の機能として以下を検討する（将来機能として提案し、システム開発対象には現時点では含まない）。

表 1-8 その他の関連するシステムに関する機能一覧と概要 (案)

機能名	機能概要
農作物の搬送予約	農家から JA や道の駅などの販売先への農作物の搬送予約を行う
宅配サービスとの連携	宅配サービスとの連携を行う。
SIP4D との連携	各省庁等が保有する防災・気象・医療等の情報は省庁連携システム (SIP4D) を利用して収集する。
スタッフ管理	運行管理センターやドライバー等のスタッフの出勤状況、出勤予定等の管理を行う。

3) システムの開発

本システムの開発手順を下図に示した。システム開発に当たっては、H30年度の長期実証実験の結果等を踏まえて、機能や必要なデータに関するニーズを抽出、分析をし、全国の統一的なシステムとなるようシステム開発計画を立案する。

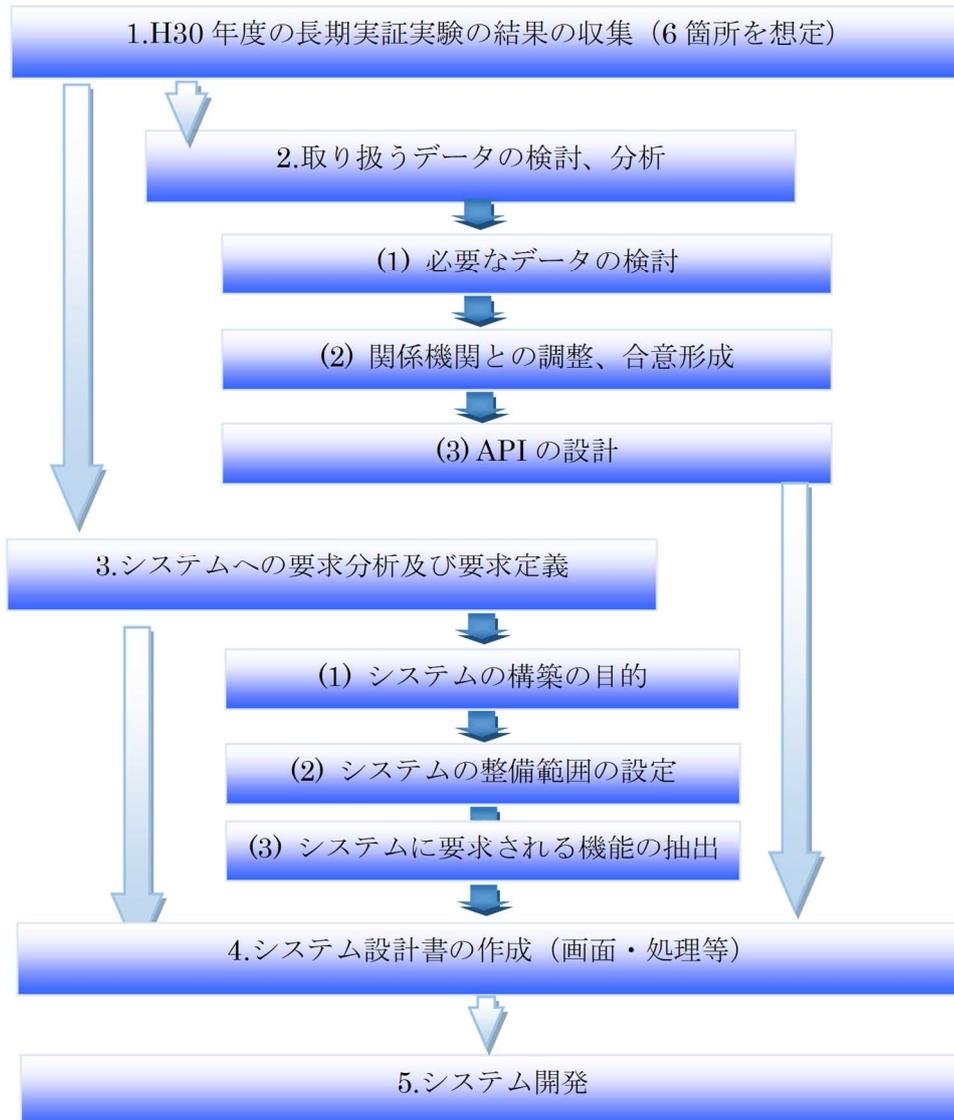


図 1-8 システム開発の手順

4) 実装・試験

本システムの実装・試験手順を下図に示した。本システムは、APIを開発して各種データを収集することから、関係機関との疎通試験が重要になる。このため、運行管理システム等の GUI 側のテストに加えて、API の接続試験、総合的な運用テストを以下のとおり実施する。

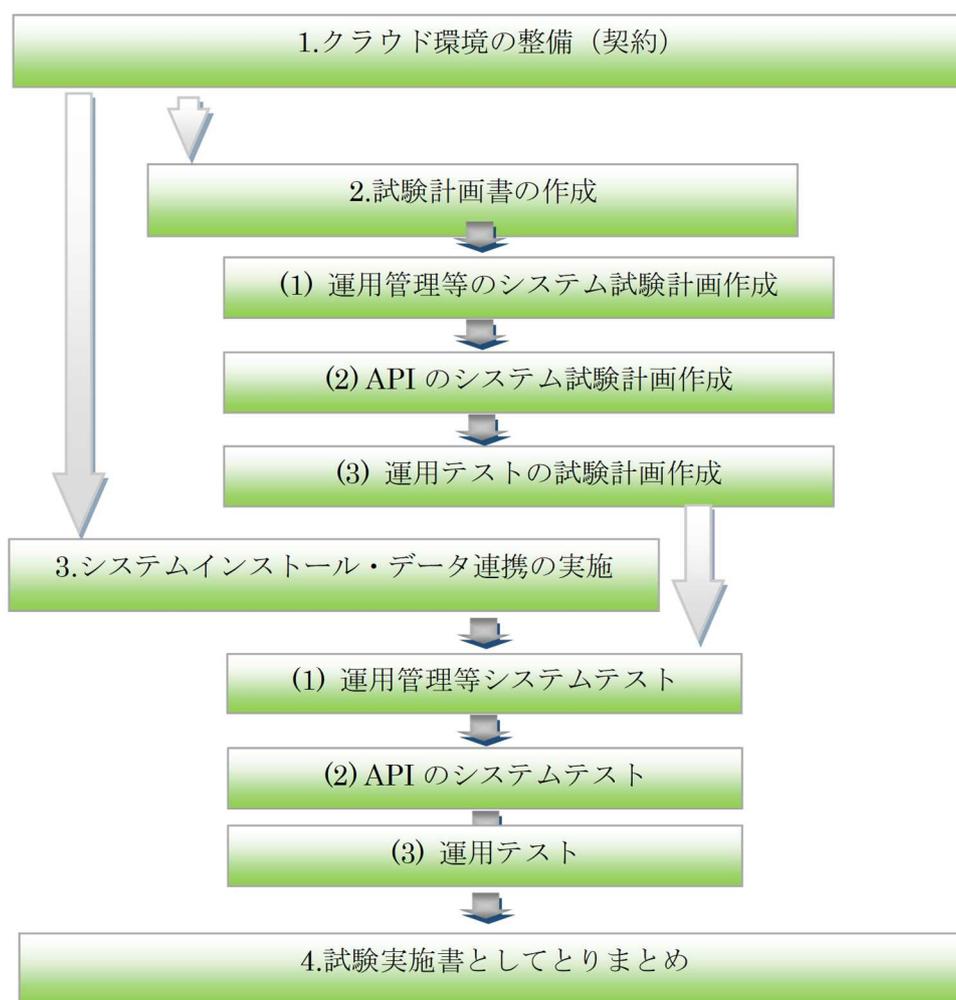


図 1-9 システム実装・試験の手順

● アウトプット

No.	アウトプット	概要
1	データベース	実走・試験で利用したデータベース一式
2	システム設計書	画面設計、処理設計等の設計書一式
3	インタフェース仕様書	データ収集・連携に関する仕様書一式 (API)
4	機器仕様書 (クラウド)	クラウド環境の導入に向けた機器仕様一式
5	システムソースプログラム等	API、アプリ及びシステムソースプログラム一式
6	試験計画書・試験実施書	導入に向けて実施した試験計画と実施結果一式

(5) 「ユースケースで想定したサービス及びアプリの要件の実証実験における活用・評価」

2019 年度に検討したユースケースで想定したサービス及びアプリの要件を、「地方部における自動運転サービス」社会実装および実証実験（図 1-10）において活用・評価する。

2019 年度に実施した図 1-1 の①から④の検討において、自動運転を支援するサービスの備えるべき機能層について、早期の必要性や汎用性などの普及要因に着目し、Stage1~3 の3段階に層別している。段階的なシステム化の機能実現項目を図 1-11 に示す。Stage1 は、特定の地方に特有ではなく、多くの地域で共通して、高齢者の必要度、自動運転サービスの実施に際し必要度が高いと思われる機能である。2020 年度に実施する活用・評価は、この Stage1 の機能を対象とする。

評価を行うための「地方部における自動運転サービス」の実証実験の実施スケジュールが、新型コロナによる緊急事態宣言や県外移動の自粛、並びに「令和2年7月豪雨」の影響によって実験開始の遅延または実験中の現地作業が滞ったこと等を勘案し、実証実験における活用・評価の対象地域、対象期間を以下のように変更した。

- ・道の駅かみこあに（秋田県上小阿仁村） 2020年2月~8月
- ・道の駅赤来高原（島根県飯石郡飯南町） 2020年9月~10月

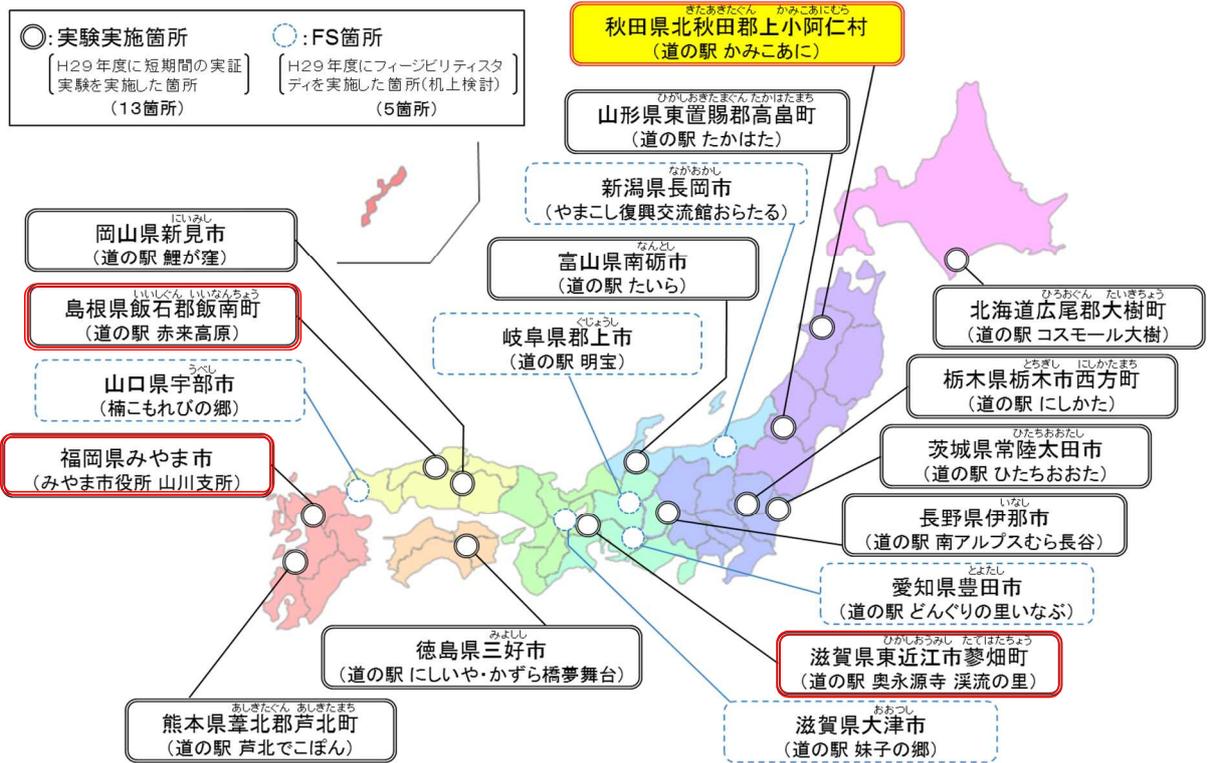


図 1-10 自動運転サービスの社会実装・実証実験地域 (国土交通省第5回ビジネスモデル検討会)

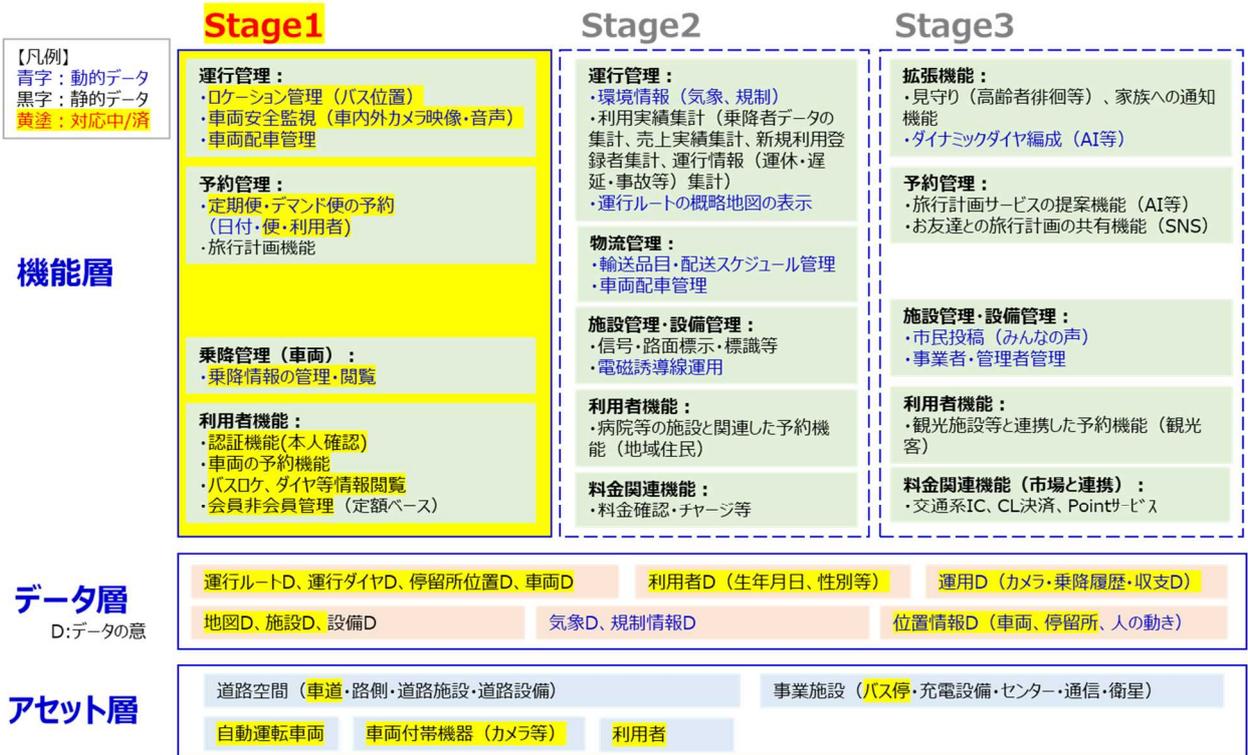


図 1-11 段階的なシステム化の機能実現項目

(6) 「システム・サービスの運用延長と活用評価を踏まえたシステムの改修」

開発・構築したシステム・サービスを、「地方部における自動運転サービス」の実証実験（上記 2 地区）ならびに履行期間中に行われることが予定されている以下の 2 地区において運用する。

- ・道の駅奥永源寺溪流の里（滋賀県東近江市）
- ・みやま市役所山川支所（福岡県みやま市）

運用に際しては、本研究が目指すシステム・サービスの実現に必要な評価を得るために、運用を通して課題や評価ポイント、他地域へ展開して汎用化する際に共通のものとなりうるかなどを明らかにしていかなければならないため、以下のプロセスで対応を進める。

A) システム・サービスの運用（3月～11月末）

開発・構築したシステム・サービスを、社会実装期間中運用する。

運用対象となるシステム・サービスは、図 1-1 の②～⑤までに計画・検討・設計構築したものを対象とする。なお、当初の 2 地区のほか本研究の履行期間中に予定されている追加の 2 地区については、システム・サービスの運用を想定するが、運用にかかる基本データの作成等は、社会実装を実行する側が担当することを想定している。

B) 活用評価を踏まえたシステム対策の検討・改修

2 地域での社会実装期間の運行を通して得られた課題や評価事項を踏まえ、対応策の検討や、喫緊に対応できる問題点については、その場で対応・改修等を図る。

(a) 対応策の検討

得られた課題や評価された点が、他地域への展開においても共通の課題や声、となる場合、対応策を検討する。

(b) アプリ・API 等の改修

「地方部における自動運転サービス」を地域が取り組む際に、システム側で最低限必要と考えられる基本アプリ・API の改修を行う。

（Stage1 として開発したアプリ・API の運用を通して得た課題の解消）

(c) 改修及び評価

改修した機能は、動作確認後同地域に再適用することで、(5)に示した 2 段階目の評価につなげる。

(7) 地方での導入を支えるシステムパッケージの検討・設計及び開発

図 1-1 の②～⑥までに取り組んだ結果・成果や得られた課題を踏まえ、地方の自動運転サービスを運行する運行管理者が自動運転サービスの展開を図ることが可能なシステムパッケージの検討・設計及び開発を行う。

実験的な利用ではなく、実サービスとして適用可能なシステムパッケージとして現場で実践できるよう、クラウドサービス環境下でのサービスプラットフォームを成立させるものとする。

以下に示す 3 地域での実装を想定してシステムを構築する。

- ・道の駅かみこあに（秋田県上小阿仁村）
- ・道の駅奥永源寺溪流の里（滋賀県東近江市）
- ・みやま市役所山川支所（福岡県みやま市）

本研究により以下のいずれかが実現することを目指すものであるが、①の実現を視野に研究を行う。②、③は実展開フェーズの事業に引き継ぐ。

- ① 標準仕様書に基づく地方部自動運転を支える「予約・運行・監視システムパッケージの頒布」
- ② 地域の公共交通事業への成果の提供「公的な支援サービスとしてのサービス開始」
- ③ 「民間が組み込み可能な支援ツールの提供」

A) システムパッケージの検討

標準システムとなるシステムパッケージの検討を行う。(2)～(5)の検討から得た Stage1～3 の展開スケジュールの見直しを行い、成果として開発するためのシステムパッケージの構成を取りまとめる。

B) システムパッケージの設計・開発

Stage1 の機能を主として、標準システムとなるシステムパッケージを構築する。複数自治体での運用・適用が可能なサービスとなるよう、低コスト・汎用性の高いものを構築すること。

C) システムパッケージの実装

B) で構築した標準システムを稼働させ、「地方部における自動運転サービス」の長期実証実験、社会実装エリアを対象に実装する。

図 1-12 に支援サービスの目指すシステム像（サービス実現イメージ）を示す。

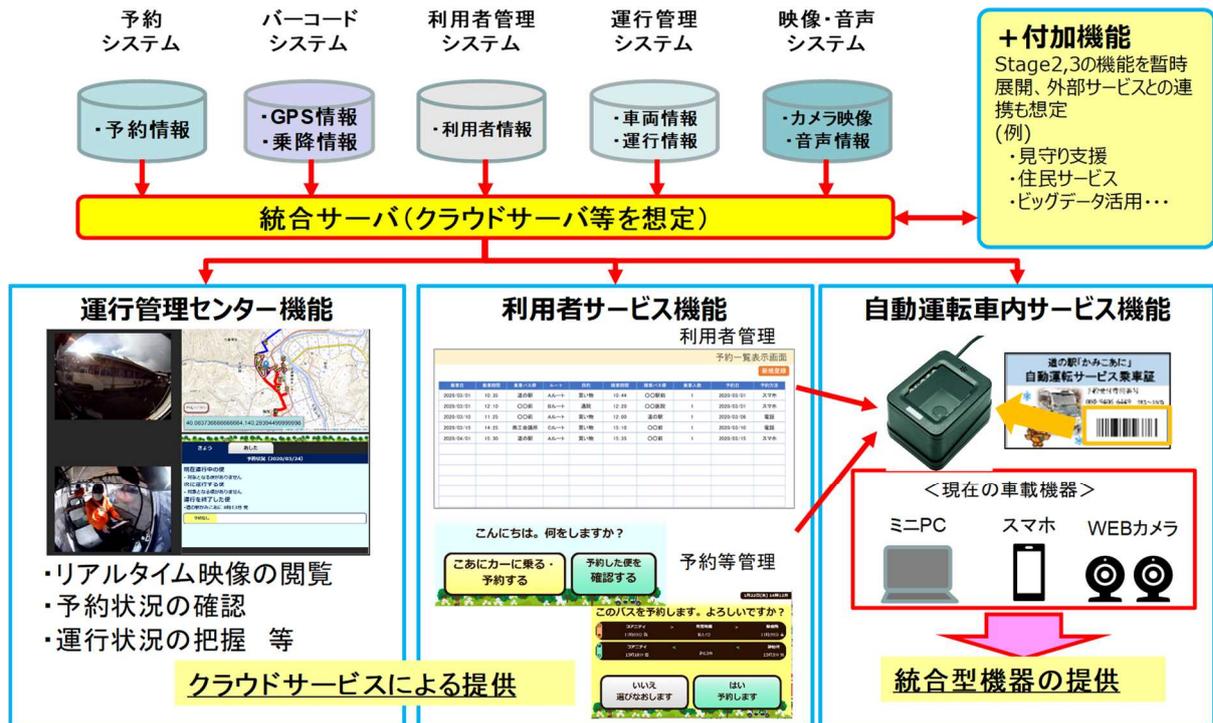


図 1-12 サービス実現イメージ

(8) サービスの社会実装に向けた協議・サービスの適用

各地域にシステムパッケージを実装していくために必要な調整・協議支援を行うとともに、各地方でシステムの実装や利用（オペレーション）が可能となるようにするための運用支援を行う。

調整・協議支援を行う対象は、「地方部における自動運転サービス」の長期実証実験、社会実装エリアを想定する。

A) 社会実装に向けた協議支援

別途行われる道の駅自動運転の実証事業と連携を図りながら、サービスを実装レベルに繋げるための関係各所との調整・協議を行う。

B) サービスの適用（3か所）

別途行われる道の駅自動運転の実証事業において開発システムを適用する。実験期間中の運用管理・支援を行う。想定される対象地は以下を想定する。

- ・道の駅かみこあに（秋田県上小阿仁村）（パッケージ化に伴うシステム環境の移行）
- ・道の駅奥永源寺溪流の里（滋賀県東近江市）
- ・みやま市役所山川支所（福岡県みやま市）

第2章 リファレンス・アーキテクチャモデルの各層へのマッピング、および 検討対象とすべきデータ等の抽出

地方に共通した実情を踏まえ、対象としている全ての地域において適用できるサービス（運行管理、ロケーション提供、予約システム等）を想定し、「機能」、「データ」、「アセット」をリファレンス・アーキテクチャモデルへマッピングを行った。但し、実証に際しては、サービスを提供する各地域の実情に即し、具体的な出口サービスを想定して、これを実現するために、各要素に不足や重複がないかを検討し、検討対象とすべきデータ等を抽出した。

2.1. リファレンス・アーキテクチャモデルについての知見収集

Society5.0 で提唱するアーキテクチャモデルについての把握を行った。

(1) Society5.0 とは

Society5.0 とは、内閣府の第5期科学技術基本計画において、日本が目指すべき未来社会の姿として提唱されたもので、「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。「Society5.0」という名前は、狩猟社会（Society1.0）、農耕社会（Society2.0）、工業社会（Society3.0）、情報社会（Society4.0）に続く、新たな社会を指すことに由来している（図 2-1）。

これまでの情報社会（Society4.0）では、

- ・ 知識や情報が共有されず、分野横断的な連携が不十分
- ・ あふれる情報から必要な情報を探索・分析する作業が負担
- ・ 年齢や障害などによる労働や行動範囲に制約がある
- ・ 少子高齢化や地方の過疎化などの社会的課題に対応困難

などの様々な課題や困難があった。Society5.0 の実現する社会では、IoT (Internet of Things) で全ての人とモノがつながり、様々な知識や情報が共有され、今までにない新しい価値を生み出すことで、これらの課題や困難を克服する。また、人口知能 (AI) によって、必要な情報が必要な時に提供され、ロボットや自動走行車などの技術で、少子高齢化、地方の過疎化、貧富の格差などの課題が克服される。社会の変革 (イノベーション) を通じて、これまでの閉塞感を打破し、希望の持てる社会、世代を超えて互いに尊重し合える社会、一人一人が快適で活躍できる社会となる。（図 2-2）

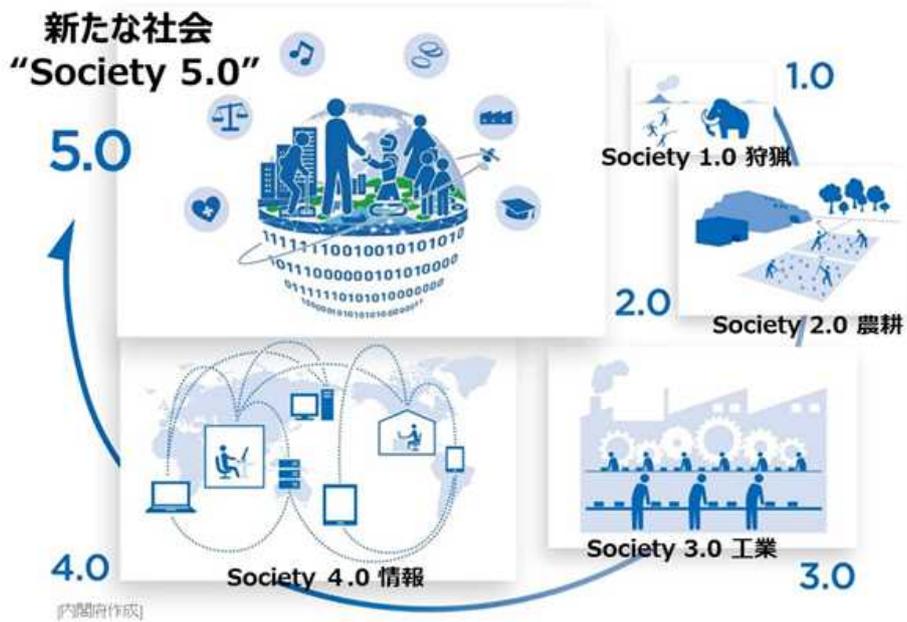


図 2-1 Society5.0 (出典 内閣府 HP)



図 2-2 Society5.0 で実現する社会 (出典 内閣府 HP)

(2) リファレンス・アーキテクチャモデルについての学習会の参加

本研究の開始時に内閣府の企画で実施されたリファレンス・アーキテクチャモデルの学習会に参加した。その概要を以下にまとめた。

- ・日時： 2019年10月3日（木） 10:00-15:00
- ・場所： 中央合同庁舎4号館 共用408会議室
- ・講師： 慶應義塾大学 白坂教授

【講義概要】

1) 今なぜ Society5.0 なのか？

- ・ ガバナンスイノベーション： 技術進化を含む環境変化の早さ、全てを理解することは困難→リバイアサンモデル（万能の政府）の崩壊、
⇒社会や産業の構造を見直し、デザインする必要性に迫られている。
- ・ **Cyber 空間**などでの規制： これまで Cyber 空間は自由 → Cyber 空間でも規制は必要 ⇒ 規制をデザインに埋め込むことで規制を守れる。
- ・ **アーキテクチャと法規制**： これまでは「法規制→アーキテクチャ」、
これからは、アーキテクチャから（同時に）法規制（例：自動運転における事故車、免許）⇒技術（デザイン）の進歩が先行し、法規制が追従。

2) 「システムアーキテクチャ」の基礎的知識

- ・ 「システム」の定義： 目的を達成するための相互に作用する要素（element）を組み合わせたもの。これには、ハードウェア、ソフトウェア、人、情報、技術、設備、サービスおよび他の支援要素を含む。
- ・ 「システム」の価値： 組み合わせることで「価値」が生まれる。
→「何と何をどのように組み合わせるか（つなげるか）」
＝「システムアーキテクチャ」

3) 「システムアーキテクチャ」のデザイン

- ・ 「アーキテクチャ」とは： 目的を実現するための、システムと外界との関係及びシステムを構成する要素と要素間の関係。
（事例）「人間がボールを打つ」という「目的」に対して
 - ・ サッカー、バレーボール＝「人間」と「ボール」が直接作用する。
 - ・ 野球、テニス＝「人間」が「道具」を使い「ボール」に間接に作用する。

（図 2-3）

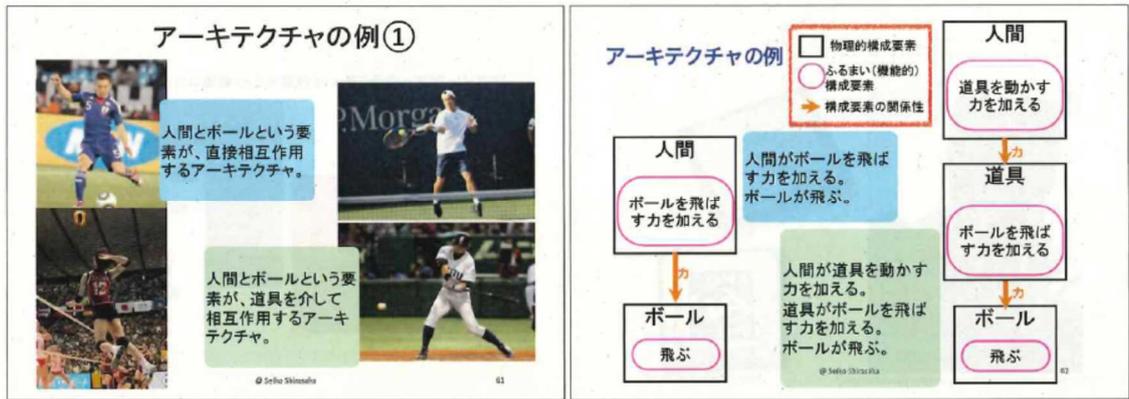


図 2-3 アーキテクチャの例 (出典 アーキテクチャ学習会資料)

- ・ 「アーキテクチャ」のデザイン： 設計者の”Will”の現れ
 - 目的は何か、目的をどの様に実現するのか？
 - ⇒ Willを「構造化」と「可視化」し、「議論」する必要がある。
- ・ 「視点」の分離： 視点を分離することで下位空間を広げることができる。
(目的の視点→機能の視点→物理の視点)
(擦り棒の例)

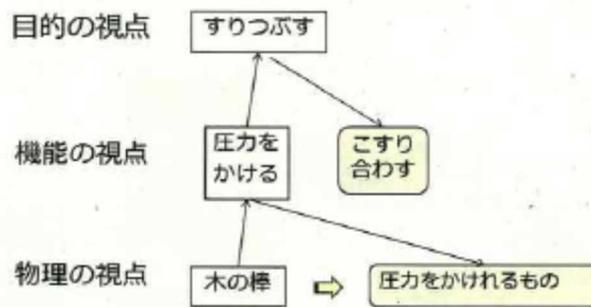


図 2-4 視点の分離 (出典 アーキテクチャ学習会資料)

- ・ 「機能」と「物理」の分離： 同じ「機能」を、違う「物理」で実現する
 - ⇒ “第一原理主義”の根幹 (イーロン・マスクの考え方)
 - ある複雑な問題に対して、「絶対に確実だとわかっていること」(第一原理)に分解し、より効果的な解決策に置き換える。
 - 作ろうとしているものの「形」にこだわらず、「機能」に注目し、目的達成に向けた完璧な最善策を見つけ出す。
 - ⇒System Engineering (上流設計) であるほどこの考え方が重要。

4) なぜ今システムアーキテクチャという考え方なのか？

- ・ **System of Systems** : 世の中の動き：つながりはじめたシステム
 (例) スマートシティ→スマートシティ同士の接続など
- ・ 相互接続性の担保：
 リファレンス・アーキテクチャを通じて、相互接続性を担保する
 (例) Smart Grid Architecture Model (SGAM)
 Reference Architecture Model Industry (RAMI) 4.0

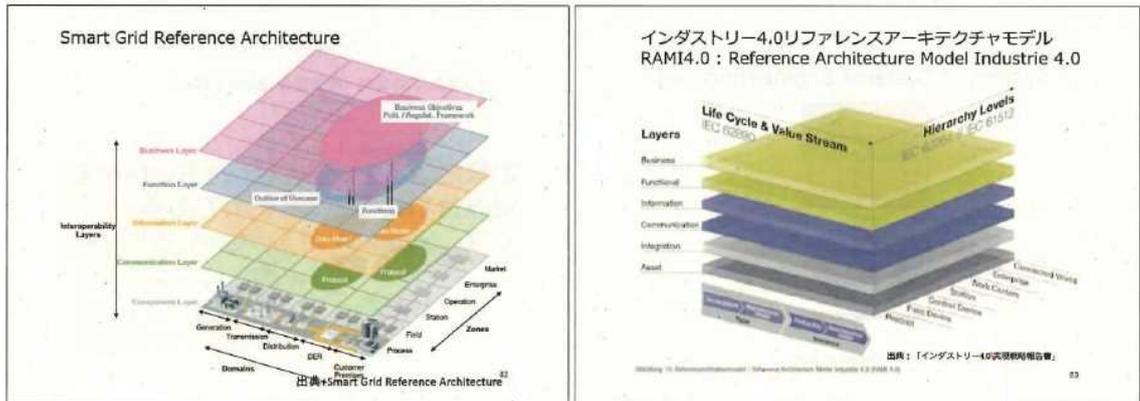


図 2-5 リファレンス・アーキテクチャの例 (出典 アーキテクチャ学習会資料)

5) システムアーキテクチャアプローチ

- ・ **新たなシステム (仕組み) を構築** : システムアーキテクチャ(SA)デザイン
 「機能設計」と「物理設計」の2つの作業
 機能設計 : システムの要求機能を分割し、その機能を構成する下位機能の集合に置き換える作業
 物理設計 : 分割された下位機能を、システムを構成する要素に割り付ける作業

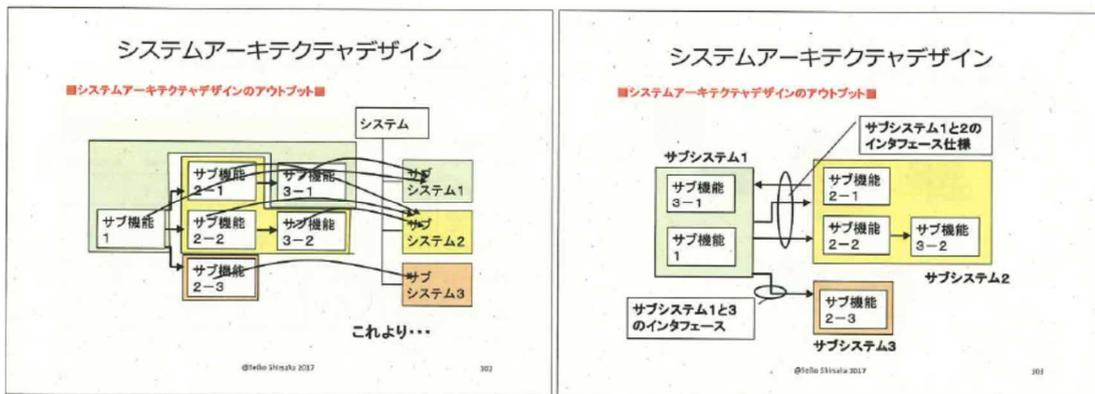


図 2-6 システムアーキテクチャ (SA) デザイン (出典 アーキテクチャ学習会資料)

今後、同様なシステム（仕組み）を構築しやすくなる：

システムアーキテクチャフレームワーク（AF）

⇒適用範囲を限定すると、その範囲で重要な視点がわかるため、それを事前にフレームワークとして用意すれば、熟練者以外でもあるレベルで対応が可能になる。

・ 他のシステムとの相互接続性を担保する：

相互接続性のためのリファレンス・アーキテクチャ

⇒どこをプラットフォームとしてクローズにし、どこを標準としてオープンにするか（オープン・クローズ戦略）をこの上で検討する。

→相互接続性の担保 ⇒これまでの”業”とは違う切り方を示す。

（＝”業”の再定義）

【所感】

Society5.0 のリファレンス・アーキテクチャモデルについて学ぶ貴重な機会であった。ただし、一般論だけで全てを理解するのは大変困難であり、実際に対象範囲を具体的な事例に限定した上で、開発を通じてリファレンス・アーキテクチャモデルの構築と見直しをして行く事の重要性を痛感した。

(3) リファレンス・アーキテクチャモデルの基本形の把握

Society5.0 のリファレンス・アーキテクチャモデルを図 2-7 に示す。これは、Society5.0 が目指す「Cyber 空間と Physical 空間の高度に融合」した、「人間中心の社会」を実現するために作成されたモデルであり、前項の図 2-5 に示した SGAM や RAMI4.0 と比較して、以下のような特徴を備えている。

1) 縦の階層（Layer）が多い

縦の階層は、「意味軸」を表しており、下位に行くほど具体的（物理的）で、上位に行くほど抽象的（概念的）な内容を表している。SGAM では Layer が 5 層、RAMI4.0 では Layer が 6 層で、最下位層は”Component”（SGAM）、”Asset”（RAMI4.0）であり、最上位層は両方とも”Business”となっている。すなわち、この2つのリファレンス・アーキテクチャモデルは、ある特定の業界・産業分野におけるアーキテクチャを表現するものになっている。一方、Society5.0 では縦の階層が 8 層で表現されており、「ビジネス」の上位に、「組織」「ルール」「戦略・政策」が配置されている。これは、特定の業界・産業に止まらず、政策や法律までを含む、まさに社会全体を表現し得るモデルであることを示している。

2) 奥行（分野等）が細かく分かれている

SGAM や RAMI4.0 では、一つの Layer は平面で表現され、横軸や縦軸には時間軸（例：生産工程から顧客）や空間軸（例：顧客周辺から広範囲）などが用いられ、各要素を各平面内に配置するよう設計されている。一方、Society5.0 では奥行方向が「分野等」に細分化され、時間軸・空間軸が横軸に集約されている。これは、異なる分野間でも相互接続性を担保することを表現するために、各分野の奥行方向を圧縮し、複数の分野を奥行方向に並べたものと理解できる。

例えば「自動車」と「電機」という異なる産業分野であっても、それぞれがこのリファレンス・アーキテクチャモデルに準じて要素を表現できれば、同じデータ階層にあるデータを他の産業分野でも活用できる可能性があることが分かる。したがって、本モデルを使えば、Society5.0 で期待される、「分野の壁を越えて、全ての人とモノが繋がり、新たな価値を生み出す社会」を表現することが可能になる。

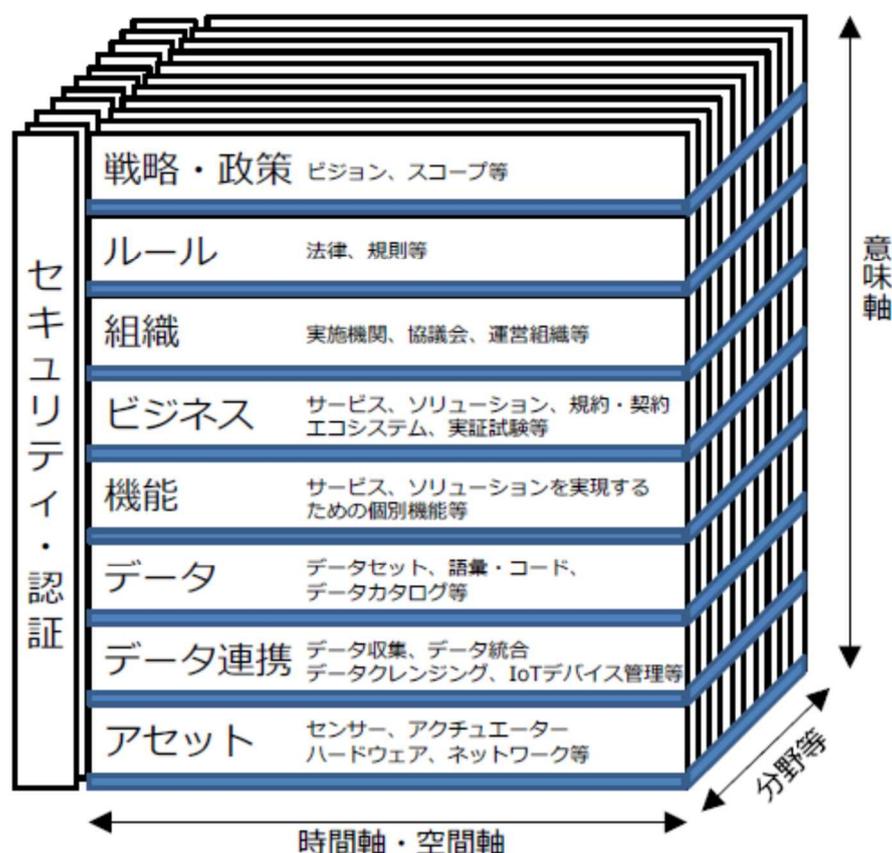


図 2-7 Society5.0 リファレンス・アーキテクチャモデル（出典 内閣府 HP）

2.2. リファレンス・アーキテクチャモデルの各層へのマッピング

前項で述べたように、Society5.0のリファレンス・アーキテクチャモデルは、戦略・政策からアセットまで、さらには複数の産業分野間の相互接続性まで考慮に入れる必要があり、正しく表現するには非常に高い技術と知識が必要になる。そこで、リファレンス・アーキテクチャモデル全体を考慮した各層へのマッピングは、課題 a~c を含むプロジェクト全体の成果が上がってから改めて行うものとした。

本研究（課題 d）で検討する「地域における自動運転サービスの運行管理システム」のリファレンス・アーキテクチャモデルへのマッピングイメージを図 2-8 に示す。本事業で実現を目指すシステムについて、想定した機能と、それを実現するためのデータ及びアセットをそれぞれの層に配置した。

本研究終了時点では機能層より上位の層については未検討である。また、機能層以下についても、想定される要素を配置したのみで、それらの検証には至っていない。これらについては、課題 a~c の成果を含め、さらなる検討が必要である。

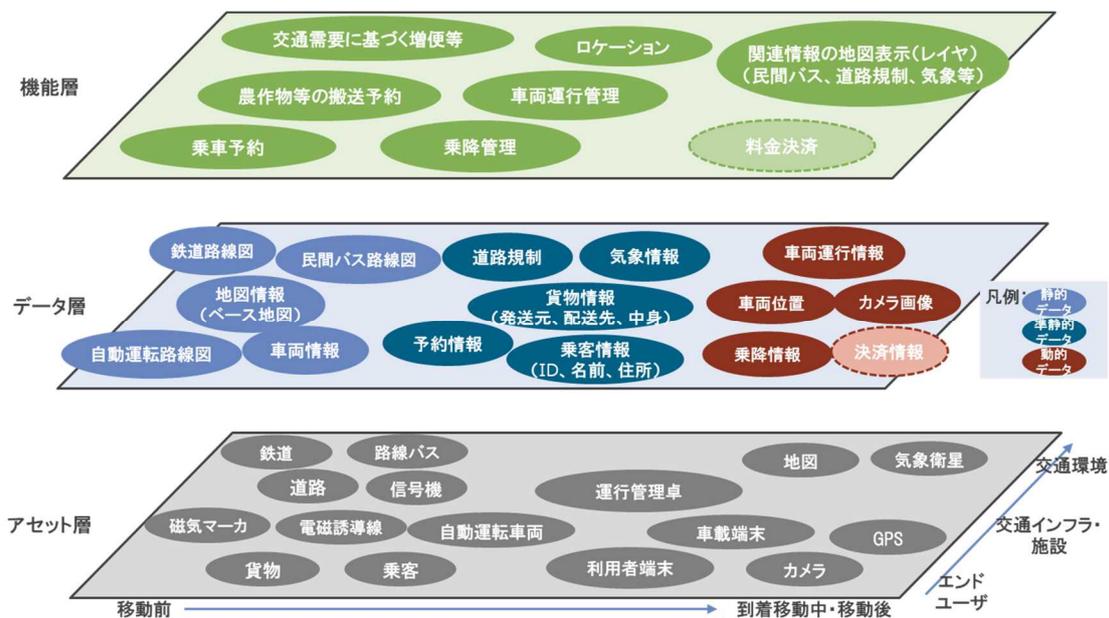


図 2-8 「地域における自動運転サービスの運行管理システム」
リファレンス・アーキテクチャモデルへのマッピングイメージ

2.3. 検討対象とすべきデータの収集

(1) アーキテクチャモデルの試行

前項で述べた通り、本研究開始時点で Society5.0 のリファレンス・アーキテクチャモデル全体にマッピングをすることは困難であるが、対象となるシステムやアプリケーションについて、モデルの一部、例えば機能層以下について各要素をモデル上にマッピングすることは可能である。また、一部であってもモデルの定義に沿った整理を行うことで、プロジェクト全体の終了時点でモデル全体を考慮したマッピングを行う事がより容易になると考えられる。

そこで今回は、「地方部における自動運転サービスを支援するためのシステムやアプリケーション」を対象に、研究開始時点で、機能層、データ層、アセット層についてアーキテクチャモデルの整理を一旦実施した。そして、これらを踏まえて、検討の進捗に応じモデルを微調整していくものとした。

地方部における自動運転サービスは、地方部の高齢者をはじめとした住民の「足」となることが求められることから、公共交通・モビリティ確保の意味合いが強い交通となることが想定される。そのため、地方部での適用が想定される交通モードも、現状では、自家用有償運送方式、コミュニティバス方式によるもの等の支援が期待されることから、下図のような機能及び構成を想定した。

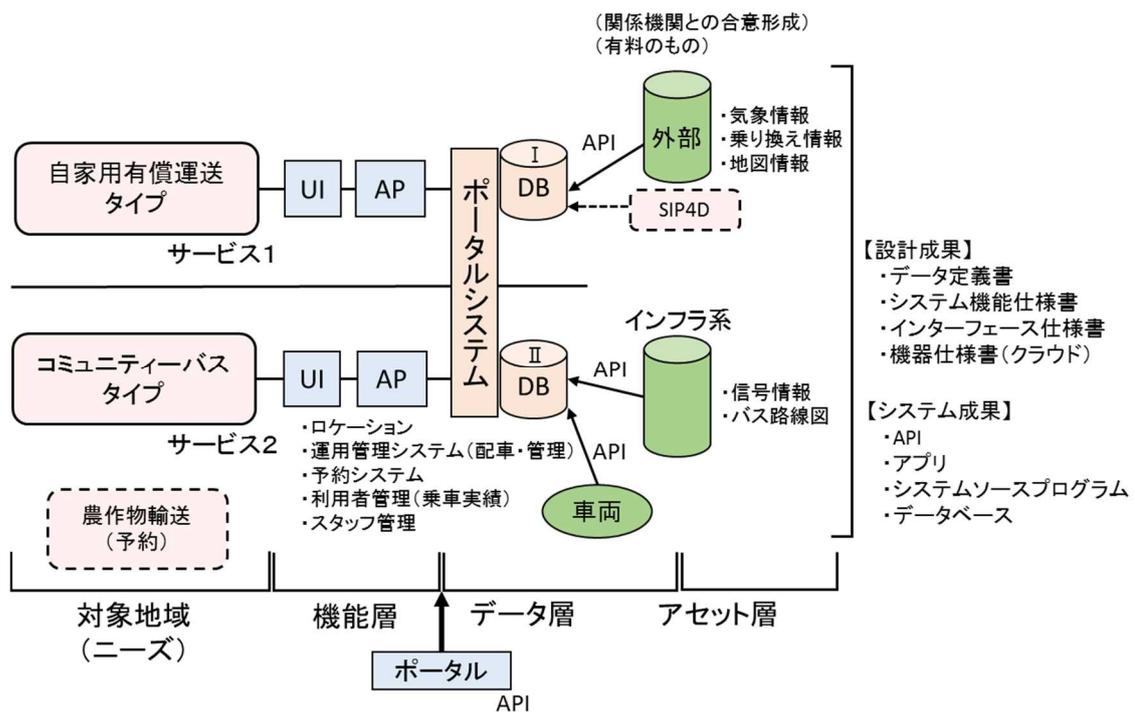


図 2-9 自動運転サービスの運行を支援する機能と関連データ・提供元

これらをモデル化した結果を下図に示した。その上で、様々な要件をはじめ、必要データ項目、データ収集に必要なインフラなどを整理抽出した。

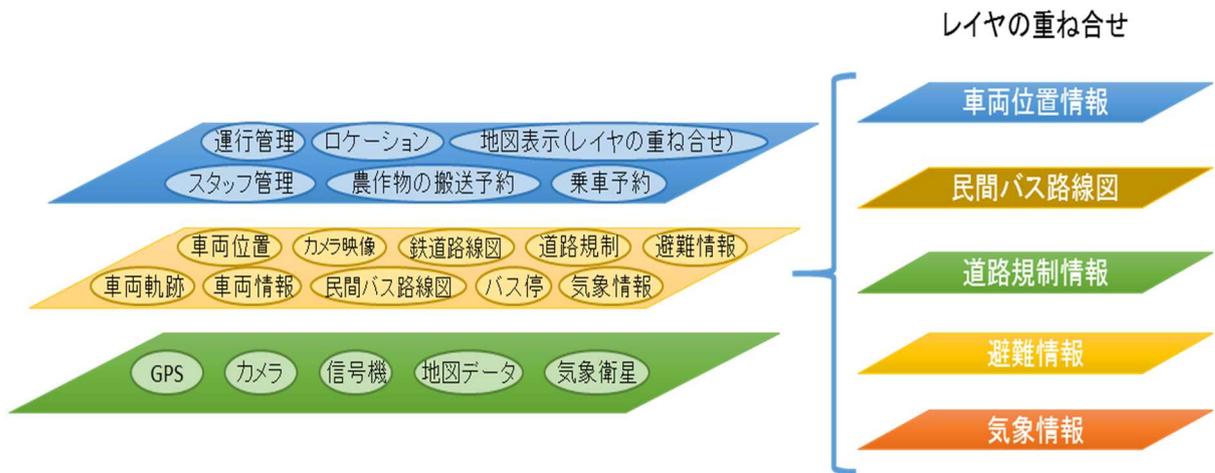


図 2-10 整理したアーキテクチャモデル

(2) モデルに対応するデータ項目の収集・整理

また、これらにかかわるデータ項目等についても抽出・列挙を行った。

なお、自動運転サービスの運行を支援するシステム・アプリケーションの要件の詳細やデータ項目の詳細は、次章以降にて言及する。

表 2-1 アーキテクチャモデル：想定されるデータ項目

No.	各階層	概要
1	アセット層	<ul style="list-style-type: none"> ・自動運転車両、車両付帯機器（カメラ等） ・道路空間（車道、路側、道路施設、道路設備） ・事業施設（バス停、充電設、管理事務所、通信、等） ・人（利用者、運営スタッフ、ステークホルダー）
2	データ層	<ul style="list-style-type: none"> ・車両関連（位置、車両状態、バッテリー残量、等） ・地図関連（地図データ、施設データ、設備データ） ・運行関連（運行ルート、運行ダイヤ、停留所位置、運賃等） ・利用者関連（生年月日、性別、住所・地域、予約等） ・運用関連（走行実績、乗降履歴、収支等） ・位置情報関連（車両（緯度・経度）、停留所、人の動き） ・公共サービス関連（気象情報、道路規制等）
3	機能層	<ul style="list-style-type: none"> ・運行管理（ロケーション管理（バス位置、地図上に表示） 車両安全監視（カメラ画像、音声）、 車両配車管理、環境情報（気象、規制）、 運行情報（運休・遅延・事故等）集計） ・予約管理（定期便・デマンド便の予約（日付、便、利用者）、 旅行計画機能（買物、通院など）、 旅行計画サービス提案（AI 等）、 友人との旅行計画共有（SNS 等） ・物流管理（輸送品目・配送スケジュール管理、配車管理） ・施設管理・設備管理 （信号・路面標示・標識等、電磁誘導線運用、 市民投稿（みんなの声）、事業者・管理者管理） ・乗降管理（車両）（乗降情報の記録・閲覧） ・利用者機能（会員登録、認証機能（本人確認）、予約機能、病院等の施設と関連した予約機能（地域住民）、観光施設等と連携した予約機能（観光客）） ・料金関連（料金確認・チャージ等、 交通系 IC、CL 決済、ポイントサービス） ・拡張機能 <ul style="list-style-type: none"> ・見守り（高齢者徘徊等）、家族への通知 ・ダイナミックダイヤ編成（AI 等）

(3) 地方部に望ましいシステムに対する要件

表 2-1 に列挙したデータ項目について、全ての項目を一挙に実現するのは、限られた期間や予算の中で容易ではない。また、「地方部での高齢者の足」となることや、「自動運転」という新しい交通の仕組みを導入することを考えた場合、想定される全ての機能やサービスは最初から必ずしも必要ではない。そこで、段階的な導入や発展的な進化を想定して、各層の実現を旨とする方針とした。

表 2-1 の機能層について、早期の必要性や汎用性などの普及要因に着目し、Stage1~3 の 3 段階に層別して整備優先度の整理を試みた。Stage1 は、特定の地方に特有ではなく、多くの地域で共通して、高齢者の必要度、自動運転サービスの実施に際し必要度が高いと思われる機能である。Stage2、3 と進むにつれ、普及度やニーズの変化が多様になり、またコストもかかる要素であるため、地域色や普及性・拡張性を考慮して検討を進めることとした。

段階的なシステム化の機能実現項目を図 2-11 に示す。運行管理については、最も基本的なロケーション（位置）管理、車両安全管理（車内外のカメラ映像、音声伝送）を実装し、管理事務所内に設置した運行管理卓上でリアルタイムに運行状況を把握可能とした。

予約機能については、利用者のタブレット・スマートフォンから当日、翌日の定期便・デマンド便を予約でき、その予約状況を同じ運行管理卓上で簡単に把握可能とした。高齢者はタブレットやスマートフォンの操作が不慣れな場合が多いため、予約システムのログインや予約操作はできる限りシンプルにして、高齢者にも使いやすいシステムの実現を狙った。

その他、乗降管理や、予約などの利用者の認証等の機能についても早期実現を要するものとして Stage1 に層別した。

運行管理について、気象状況や交通規制への対応、利用実績の自動集計などのいわゆる便利機能については Stage2 以降の実装とした。

予約機能については、システム単独で実行する基本機能は Stage1 での実装としたが、病院や観光施設など外部機関との連携した予約については Stage2 以降での実装とした。

Suica など交通系 IC やクレジットカードを用いた決済機能については、地方部での運行でも必要性は高いが、導入障壁、参入手続きに時間がかかることが想定されたため、Stage2 以降の実装とした。

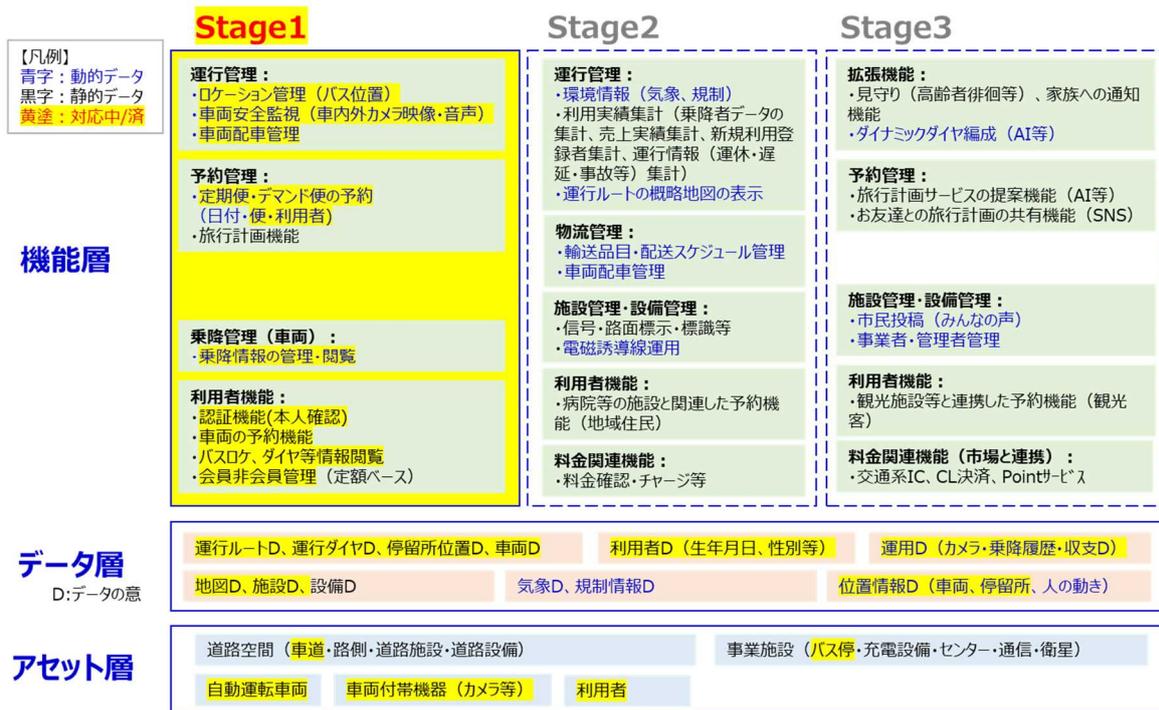


図 2-11 段階的なシステム化の機能実現項目

第3章 実証実験に向けた事前準備と合意形成プロセスのとりまとめ

第2章で抽出したモデルや想定されるデータについては、別のデータ提供者が存在する場合にはその提供者を特定し、データの仕様、必要な費用、期間等の試算等実証実験に向けた事前準備として関係者に説明の上、合意形成のプロセスをとりまとめた。

3.1. 利用が考えられるデータの詳細整理

地方部における自動運転サービスの実現に有効なデータについて検討を行い、データの収集元・想定ステークホルダーなどの整理を行った。

(1) 地方部における自動運転サービスを対象とする経緯

本研究の対象とする「地方部における自動運転サービス」は、平成29年度から国土交通省において進められた「中山間地域における道の駅を拠点とした自動運転サービス」(図3-1)、平成30年度から現在まで、SIPにて継続して進められている「地方部における自動運転サービス」の取り組みへ適用することとした。

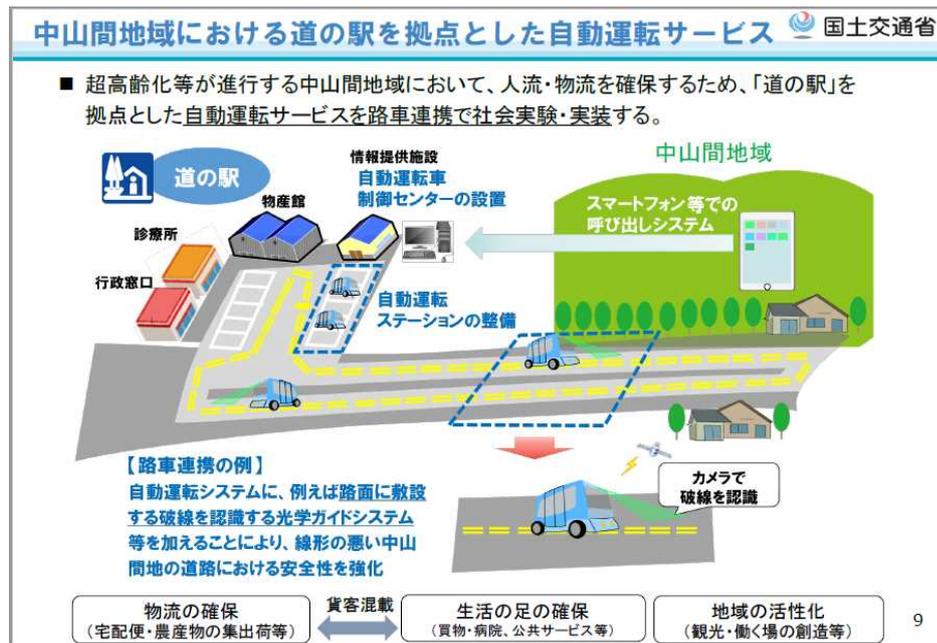


図 3-1 対象事業経緯（平成29年2月10日 内閣官房IT総合戦略室資料より）

平成 31 年度 (2019 年度) までに 多くの地域で社会実験が実施されており(図 3-1 図 3-2、図 3-4)、2019 年度は、短期実験、1-2 か月程度の長期実証実験を経て、以下の 2 地区が社会実装のスタートを予定していた(図 3-3)。

- ・ 秋田県上小阿仁村 (自家用有償運送による運行を想定)
- ・ 熊本県芦北町 (コミュニティバスを準用した運行を想定)

(※ただし、2019 年 7 月時点)

そのため、これら実際に運行が始まる地区に対して、本研究で検討するシステム・アプリケーションを適用し、標準化・汎用化に繋がる知見を得ることを目指すこととした。

(この連携は、実証実験・社会実装の運営を担う SIP 事業「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) / 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」、「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) / 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」とも連携を行いながら進めていくことで確認し実施した。)

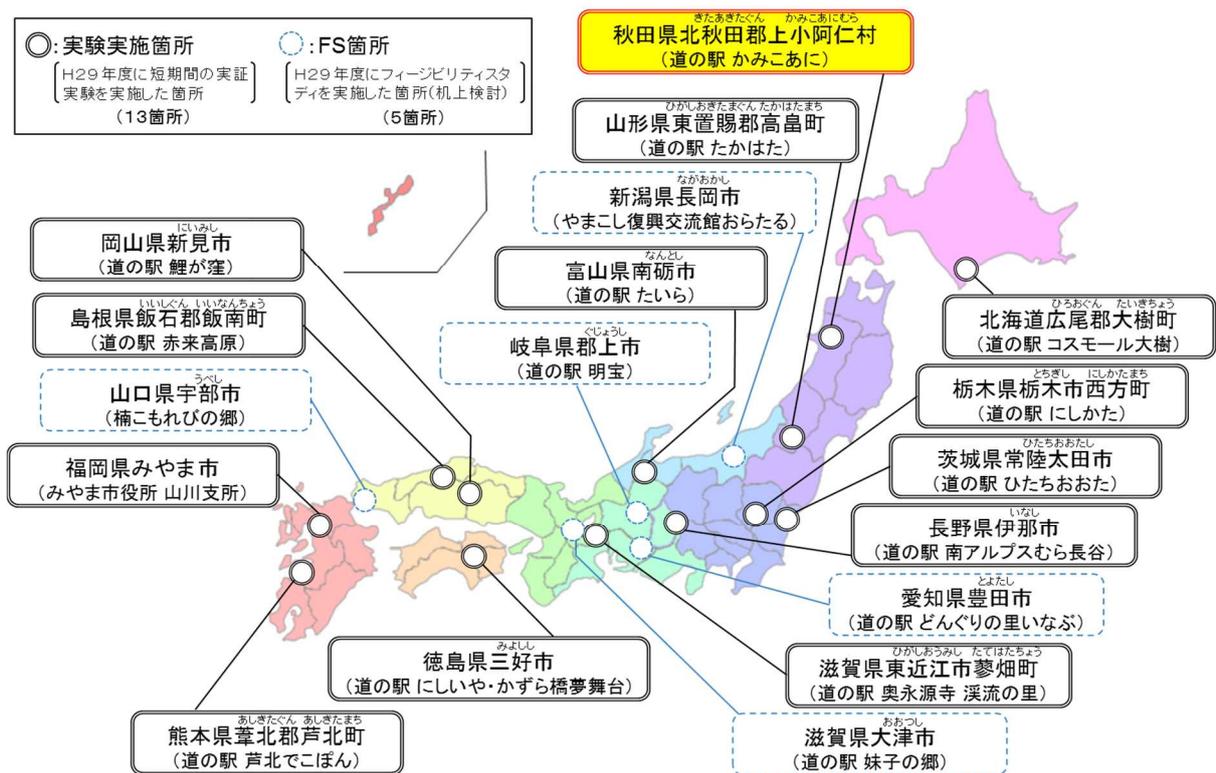


図 3-2 自動運転サービスの実証実験地域 (国土交通省第 5 回ビジネスモデル検討会)

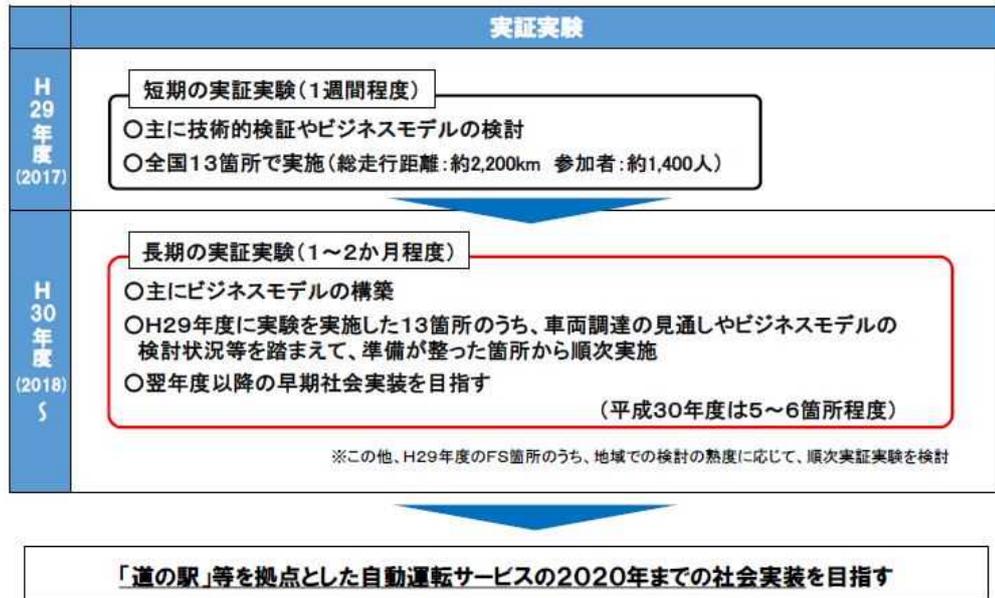


図 3-3 実施スケジュール (国土交通省第5回ビジネスモデル検討会)

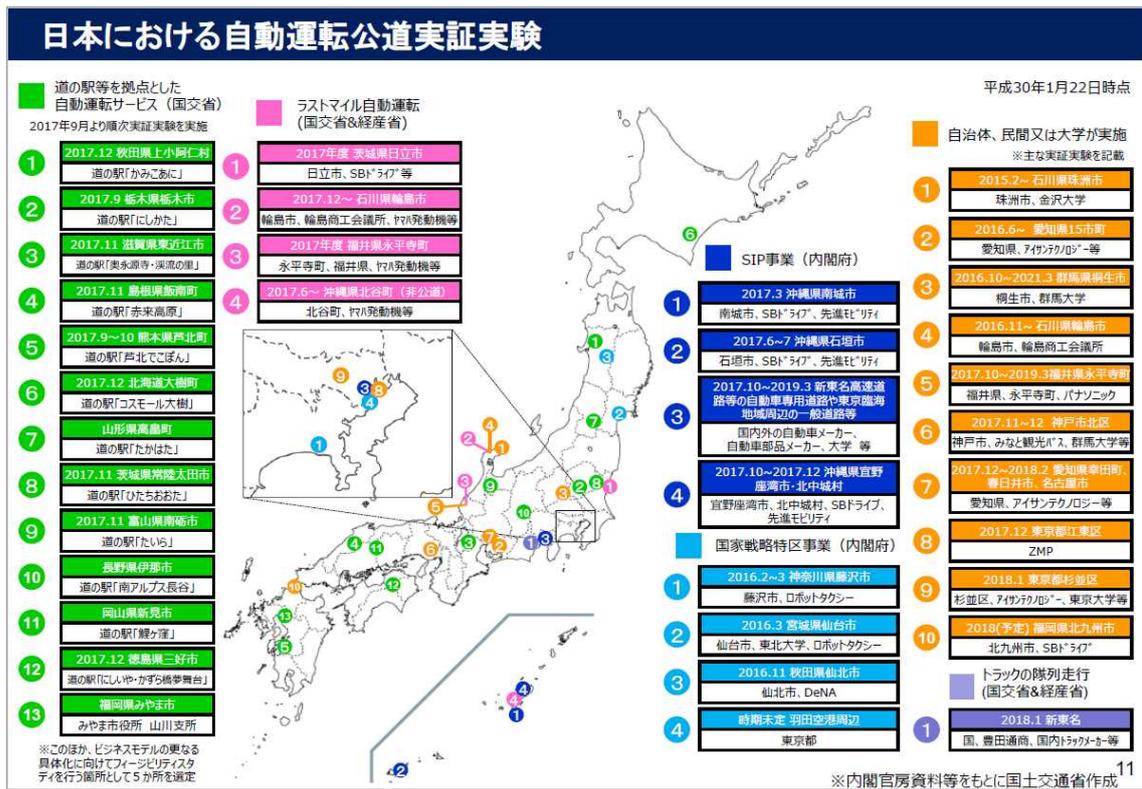


図 3-4 日本における自動運転公道実証実験 (平成30年1月 国土交通省)

(2) 地方部における自動運転サービスで想定されるサービスの整理

サービスの整理を行うために、2019年11月に社会実装を開始した秋田県上小阿仁村の自動運転サービスの計画を対象として、上小阿仁村の実証実験・社会実装の内容の検討進捗・検討情報を頂きながら、本研究が実現するためのサービスについて検討を進めた。

なお、もう一つの候補地区であった熊本県芦北町は、2020年2月の開始予定であったが、準備等の問題から、2020年4月～5月頃の開始予定に変更されたため、準備が整い次第取り組むこととした。

1) 上小阿仁村における自動運転サービスの計画概要、地域背景の把握

A) 地域的な背景の把握

(a) 公共交通機関との接続・交通状況

秋田県北部に位置する上小阿仁村は、現在、鉄道、空港などの主要な公共交通機関への接続がほとんどない状態である。主要な駅・空港等への距離は以下となっている。

- ・ JR 奥羽本線 鷹巣駅 L=27km
- ・ JR 奥羽本線 八郎潟駅 L=30km
- ・ 内陸縦貫鉄道 阿仁前田駅 L=12km
- ・ 内陸縦貫鉄道 阿仁合駅 L=19km
- ・ 大館能代空港 L=22km

また、村内を走る路線バスは、2路線あり、いずれも秋北バス株式会社（大館市）による運行である。2路線の主な経由地は、①米内沢経由鷹巣線（鷹巣駅～米内沢～上小阿仁役場～沖田面～ダム入口）②合川経由鷹巣線・北秋田市民病院線（鷹巣駅～北秋田市民病院～合川～上小阿仁役場～沖田面）であり、全てJR鷹巣駅方面へのアクセスルートとなっている。なお、病院や鷹巣市街を経由する②の路線については、1日7往復（土日祝は3往復）片道約70分である。

上小阿仁村への交通アクセス状況を図3-5に示す。仮に県庁所在地である秋田市（秋田駅）まで公共交通機関を利用して向かう場合には、上小阿仁村→（五城目）→八郎潟駅→秋田駅が効率的なルート（旧五城目街道、現国道285号）となるが、現在、上小阿仁村から八郎潟駅までの公共交通機関は無い（秋田中央交通株式会社（秋田市）がバス運行していたが、2008年に撤退）。

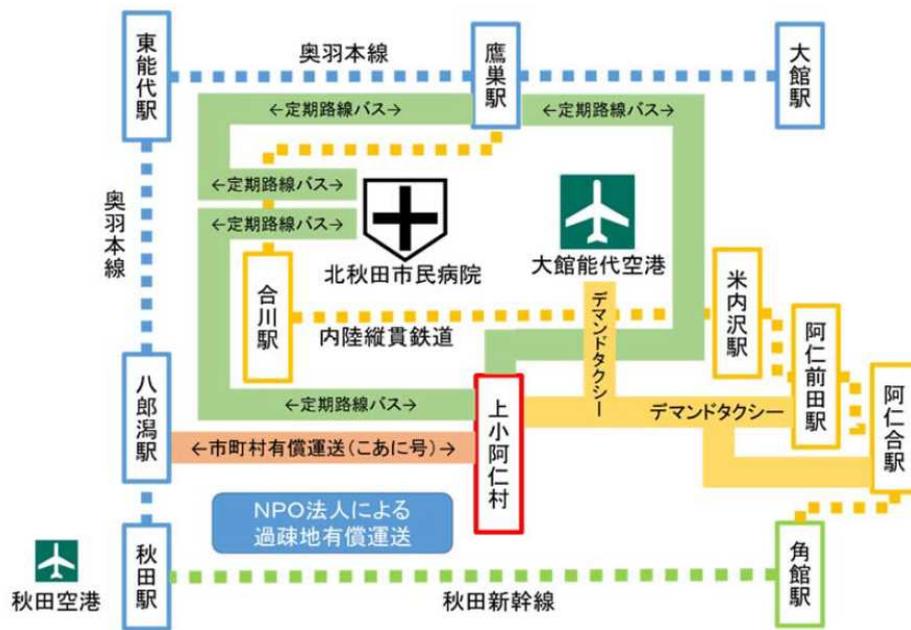


図 3-5 上小阿仁村への交通アクセス状況

そこで、上小阿仁村では、交通空白解消と利便性向上を図るため、「市町村有償運送（交通空白・福祉）」と空港・内陸縦貫鉄道の利用促進を目的とした「デマンド型乗合タクシー」等を実施している。

以下、有償運送等について紹介する。

(b) 現在の村内のモビリティサービスの現状

① 有償運送（交通空白地自家用有償運送）

上小阿仁村では運行管理をかみこあに村社会福祉協議会に委託し、7人乗りの乗用車を使用。こあに号の名称で（上小阿仁村～八郎潟駅）間を朝・昼・夕に1往復ずつ運行している。利用料金は、大人片道1,000円、小学生は半額500円、乳幼児は無料。電話予約により運行している。

② 有償運送（福祉輸送）

上小阿仁村では、事業の一部をかみこあに村社会福祉協議会に委託し、身体的な障害等により通常の交通機関を利用できないものに対して、移動の手段を提供している。上小阿仁村に居住し介護保険制度における介護認定を受けているもの、または身体障害者手帳を有する者の一部が利用可能。なお、病院、施設及び行事への参加等に限られている。運行地区および利用者負担金額は定額で定められている。（村内200円、北秋田市（旧森吉、旧阿仁）600円、北秋田市（旧鷹巣）1,000円、八郎潟町、五城目町1,000円、大館市2,000円）

③ NPO 上小阿仁村移送サービス協会（過疎地有償運送）

上小阿仁村内の高校生以上の人、通院者、障害者、妊婦及び同乗者、上小阿仁村住民の親族で村外居住者が対象に利用できる。登録ドライバーは10名程度（いずれも村民）で運行している。

利用者は、入会金（200円）、年会費（800円同一世帯2人目以降は200円）を負担し、目的地に応じた料金を支払う。主要な目的地は村内、大館能代空港、秋田空港、秋田市内、能代市内、大館市内など。

④ デマンド型乗り合いタクシー

事前予約制のサービス。全集落が対象で、自宅前から出発。利用料金は片道大人2,000円、こども1,000円、乳幼児無料で、2系統がある。

- ・ 大館能代空港方面：合川タクシー合資会社が運行。東京行2便が対象
- ・ 阿仁前田駅、阿仁合駅方面：米内沢タクシー合資会社が運行。秋田新幹線(角館駅)と内陸縦貫鉄道の接続電車が対象。

⑤ 診療所バス

診療所（村役場に近接）と各集落を結ぶバス。平日のみ1便運行。

B) 交通に関する上小阿仁村における課題

人口減少と高齢化問題による運転手不足・不在問題が最大の課題。1981年以降続く「社会減」の傾向に加え、1992年以降の死亡数の緩やかな増加と2000年以降の出生数の低下による「自然減」を要因に、減少が続いている。将来推計によれば、約25年後の2040年には現在の人口が半減（総人口 約1,200人）することが予想されている。

その中で、1998年4月から始まった「運転免許証自主返納制度」に基づき、運転免許証を自主返納する村民が増えた。2012年に制度が改正されてからは大幅に返納者が増えた（上小阿仁村関係者談）。図3-6は、上小阿仁村における免許返納者数の推移を表したものであるが、2017年度は7月時点のデータであるにも関わらず過去最高を記録している。

このような状況から、近年、人口減少・高齢化問題とともに、「運転手不足・不在」問題が顕著になってきた。特に前述の「NPO 法人による過疎地有償運送」に関しては、運転手を村内のボランティアから募っていることもあり、深刻な問題となっている。

一方、コスト面での課題も大きくなってきている。

- ・ 路線バス（秋北バス(株)運行）

⇒生活バス路線維持費として2015年度は、約2,000万円（1,848万5千円）を運行会社へ補助（2017年度村議会予算関連資料より）。

- ・ NPO 法人による有償運送

⇒2017年度からボランティア保険分を村から補助することを検討

- ・ デマンドタクシー（タクシー会社運行）

⇒利用料金は定額としているが、通常のタクシー料金との差額は村が負担している。

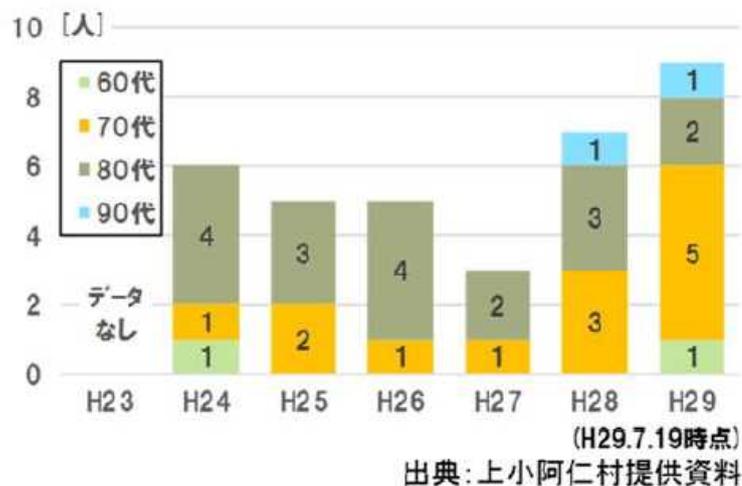


図 3-6 運転免許返納者数の推移

C) 自動運転サービスの計画概要

(a) 期間

2019年11月30日～

(b) 対象地区・走行ルート

道の駅「かみこあに」(秋田県北秋田郡上小阿仁村小沢田向川原66-1)を拠点とし、堂川集落、小沢田集落、福館集落を含む地域である小沢田・堂川ルート、小沢田・福館ルート、小沢田周回ルートの3ルートで運行する。対象地区と走行ルートを図3-7に示す。



図 3-7 対象地区と走行ルート

走行ルートと停留所を図 3-8 に示す。各ルートは、道の駅かみこあにを出発し、堂川、小沢田、福館の各集落を通り、役場、診療所、郵便局等の村の主要施設を巡回するように設定されている。停留所は利用者の利用状況と運行時間を管理するために 14 箇所設置するが、フリー乗降区間を設け、利用者は区間内で自由に乗降できる。

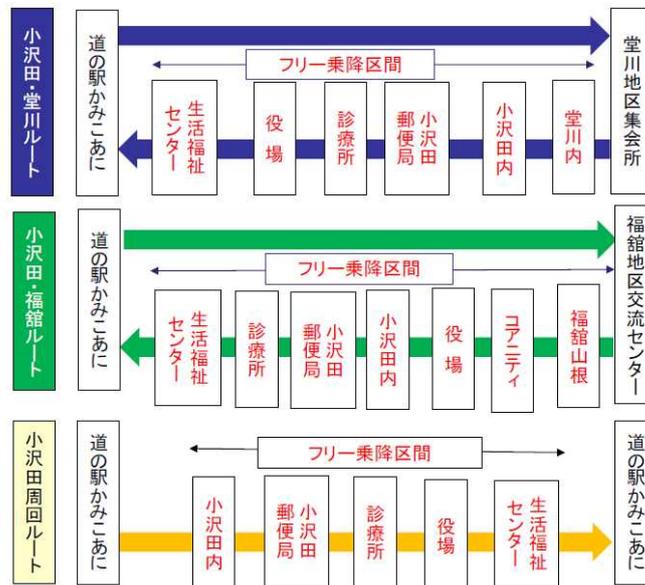


図 3-8 走行ルートと停留所

(c) 自動運転車両

ヤマハ製の電動カート（重要保安部品を取り付け、軽自動車としてナンバーを取得した車両）を使用している。道路に埋設された電磁誘導線上を自動運転で走行することが可能である。主な仕様を表 3-1 に示す。

表 3-1 自動運転車両 主な仕様

車両タイプ	カート
乗車人数	7人程度
全幅、全高、全長、車重等	
性能	<ul style="list-style-type: none">◆速度<ul style="list-style-type: none">・自動運転最高速度 12km/h (RFID タグ制御無、磁石制御無 8~10km/h)・手動運転最高速度 19km/h◆自動動作制御<p>埋設された「マグネット」または「RFID タグ」の上を走行すると、車両の「マグネットセンサー」または「RFID ユニット」に電圧が発生し、その信号をコンピュータが解析して車両の動作を制御する。</p>◆追突防止装置<p>自動運転時に、前方に停止している Mobility の約 3.5m 後方に接近すると、追突防止装置の作業により停止する。</p>◆effi-vision システム（障害物センサー）<p>前方の車両や歩行者などをカメラで検出。乗員に警告音（ブザー）で衝突の可能性を知らせるとともに、車両を自動的に減速または停止させる。</p>

出典：ヤマハ モーターパワープロダクツ株式会社資料より

自動運転車運行ルートと道路に埋め込まれた電磁誘導線の配置を図 3-9 に示す。電磁誘導線は第 1 ループと第 2 ループの 2 つのループが配置され、村役場横の倉庫内に設置された制御盤から電流を各ループに流して、自動運転に必要な磁界をループに沿って発生させる。さらに、一旦停止や速度制御のために、磁気マーカー（マグネット）や RF-ID が必要に応じて道路上に埋め込まれている。自動運転車は、車両下部に取り付けられたセンサでループの磁界を検知して操舵を行うとともに、磁気マーカーや RF-ID の情報に基づいて加減速を行うことで自動運転を行う。自動運転のレベルについては、以下の様に運用されている。

- ・ 「道の駅かみこあに」から各ルートを走行するためには、第 1 ループ、第 2 ループが交差する場所でループを切替える必要がある。また、デマンド運行等でルート変更する場合も、一旦ループから外れて再度ループ上に戻る必要がある。このため、一部区間で「手動運転」^{※1,3}を行う場合がある。
- ・ 堂川ルートの一部に自動運転車両専用区間を設置する。自動運転車両が専用区間を走行する場合は、バリケード及び誘導員により一般車両や歩行者の進入を規制し、あわせて看板等で注意喚起する。
- ・ 上記専用区間のみ、レベル 4 走行^{※2}を実施。レベル 4 走行時は、ドライバーは助手席に移動し、運転席に乗車しない。

※1：レベル 2（ドライバー乗車）：ドライバーが運転席に乗車した状態で加速、操舵、制動を全てシステムにより自動で走行するが、緊急時はドライバーが制御する。

※2：レベル 4（ドライバー無し）：ドライバーが運転席に乗車しない状態で加速、操舵、制動を全てシステムにより自動で走行するが、緊急時は助手席の乗務員が手動介入で緊急停止を行う。

※3：手動運転：ドライバーが運転席に乗車した状態で加速、操舵、制動を全て手動で操作し走行する。

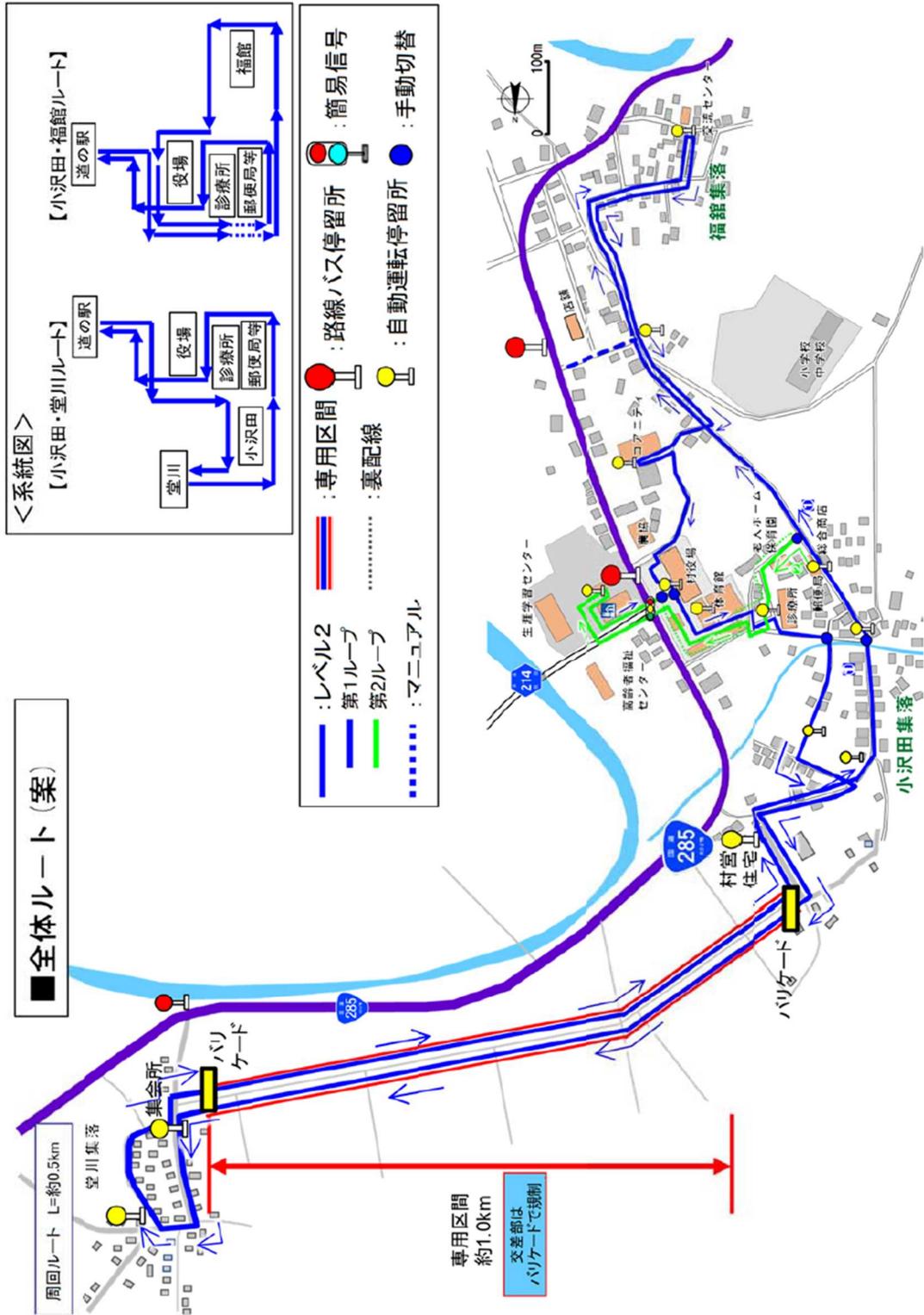


図 3-9 自動運転車運行ルートと電磁誘導線配置

(d) 運行ダイヤ

サービス開始当初の運行ダイヤは、表 3-2 の様に、平日は堂川ルート・福館ルートに 1 日置きに定期便を 3 便走行し残りはデマンド運行、休日は全てデマンド運行という計画であった。しかしながら、利用者の自由度を高めるため、12 月から急遽、表 3-3 の様に、朝 1 便のみ堂川ルートの定期便を走らせる以外は全てデマンド運行することとなった。

表 3-2 運行ダイヤ（平日、サービス開始当初）

【運行日】月・水・金：堂川ルート

	道の駅「かみこあに」	生活福祉センター	診療所	小沢田集落東	堂川集会所	堂川集落	小沢田住宅	交流センター	福館山根	コアニティ	役場	小沢田集落東	小沢田集落西	小沢田公民館前	小沢田郵便局	診療所	役場	生活福祉センター	道の駅「かみこあに」
1便	-	-	-	-	8:00	8:01	8:12	-	-	-	-	-	8:15	8:16	8:17	8:20	8:22	8:25	8:26
2便	9時～11時:デマンド運行																		
	充電(12時～13時)																		
3便	13時～14時:デマンド運行																		
4便	デマンド運行																		

【運行日】火・木：福館ルート

	道の駅「かみこあに」	生活福祉センター	診療所	ロイソン	堂川集会所	堂川集落	小沢田住宅	交流センター	ロイソン(希望者のみ)	福館山根	コアニティ	役場	小沢田集落東	小沢田集落西	小沢田公民館前	小沢田郵便局	診療所	役場	生活福祉センター	道の駅「かみこあに」
1便	-	-	-	-	-	-	-	8:00	8:05	8:04	8:06	8:08	8:11	8:14	8:15	8:16	8:19	8:21	8:24	8:25
2便	9:00	9:01	9:03	9:05	-	-	-	9:10	9:15	9:14	9:16	9:18	9:21	9:24	9:25	9:26	9:29	9:31	9:34	9:35
	10時～12時:デマンド運行																			
	充電(12時～13時)																			
3便	13時～14時:デマンド運行																			
4便	デマンド運行																			

表 3-3 運行ダイヤ（平日、12月変更後）

走行集落	道の駅「かみこあに」	小沢田集落東	小沢田住宅	堂川集会所	堂川集落	小沢田住宅	小沢田集落西	小沢田公民館前	小沢田郵便局	診療所	役場	生活福祉センター	道の駅「かみこあに」	交流センター	福館山根	コアニティ
堂川	8:13	-	-	8:30	8:31	8:42	8:45	8:46	8:47	8:50	8:52	8:55	8:56	-	-	-
小沢田	9:00	デマンド対応														
福館	11:00	デマンド対応														
堂川	12:00	車両充電														
小沢田	13:00	デマンド対応														
福館	16:00	デマンド対応														

(3) 地方部における自動運転サービスに必要なデータ仕様・収集元・費用等に関する整理

上小阿仁村を例として自動運転サービスの計画を前項(2)で説明したが、このサービスを支援する運行管理システムに必要となるデータについて、仕様、収集元、費用等について整理を行った。

運行管理システムに必要なデータのうち、別のデータ提供者が想定されるデータ項目の区分として、表 1-1 で示すように地図、位置、路線図・駅、防災・規制の 4 つがある。地方の運営主体は予算に余裕がない場合が多いため、実際にシステムを運用するにあたっては運用コストをできる限り低く抑える必要がある。従って、データ選定にあたっては、原則として無償で入手できるデータを優先して選定した。

1) 地図

運行管理システムでは、自動運転車両の位置をリアルタイムに表示するために地図データを活用する。一般に民間で提供されている地図データは有償であるため、今回は無償で利用できる国土地理院の地理院地図(電子国土)を利用することとした。

他に無償で利用できる地図としては、オープンストリートマップ(OSM)が挙げられるが、これは基本的に有志が自由に参加して作成されたデータであるため、利用にあたっては自動運転サービスを行う地域の地図が十分に整備されているかを事前に確認する必要がある。

2) 位置

位置データのうち、Stage1 のサービス実現に必要なデータは、自動運転車両のバス停位置である。これは、自動運転車両のリアルタイム位置情報と照らし合わせることで、バス停への到着や時間遅れの判断、乗降記録に利用される。バス停の位置情報は自動運転サービスの運営主体から無償で入手可能である。

前項で述べたように、今回の自動運転サービスでは、道路上に敷設した電磁誘導線や磁気マーカーを利用して走行するため、信号機等についてはドライバーが目視して確認するが、今後自動化がさらに進み、自動運転車が信号機や標識に基づいて走行する場合等は、信号機や標識の位置情報が必要になる。これらについては、各地の警察本部や道路管理者等と協議の上、データを入手することが必要になる。

3) 路線図・駅(乗り継ぎ利用)

自動運転サービスが、交通結節点を介して他の交通機関への乗り継ぎ利用を想定している場合、乗り継ぎ後の交通機関の路線図、駅・バス停、時刻表などのデータを入手する必要がある。実際、今回の事業で検討している各地域においても、以下のような乗り継ぎ利用が想定される。

表 3-4 想定される乗り継ぎ利用

地域	交通機関（方面）	交通結節点	利用用途
秋田県上小阿仁村	秋北バス（鷹栖）	上小阿仁役場前	病院、鉄道
熊本県芦北町	JR（八代、出水）	佐敷駅	買物等
島根県飯南町	備北交通（三次）	赤名駅	病院、買物等

Stage1 の予約管理機能では、移動目的（買物、病院など）に基づいて自動運転車の予約を行う「旅行計画」機能の実現を目指しているため、乗り継ぎ利用を含む旅行計画を実現するには、乗り継ぎ先の交通事業者の路線図・時刻表を利用する必要が生じる。そこで、これら路線図・時刻表を用いて乗換案内サービスを提供している事業者から、どのような条件で有償／無償になるかヒアリングを行った。

その結果、乗り継ぎ先の路線図や時刻表をシステム内で明示する場合は、これらの利用に対して対価を要求される可能性があるが、特に路線図や時刻表を明示せず、乗り継ぎが可能な時間に到着するよう自動運転車を予約するだけであれば、特に対価を支払う必要がない、との回答が得られた。このヒアリング結果に基づき、今回の Stage1 の開発においては、乗り継ぎ先の路線図や時刻表を明示しない方針で開発を進めることとした。今後、実用化を進める上で Stage2 以降の機能を実現する場合には、乗り継ぎ先の情報を明示する場合も考えられ、その際には提供元との調整が必要と考えられる。

4) 防災・規制

天候の急変等に対応して自動運転サービスの運行予定を変更したり運休したりする場合は、気象情報の入手が不可欠である。例えば、オンライン、リアルタイムに気象情報や通行規制情報を入手して、自動的に運行予定の変更を行うシステムを実現するためには多様な気象情報データの入手に加え、運行管理に関する高度な判断をシステムが行う必要がある。そのため、これらの機能については、Stage2 で実現を目指すこととし、今回の Stage1 の開発では対象としないこととした。

以上の検討結果から、今回の Stage1 では、有償の外部提供データを利用せずに開発を行う方針とした。また、今後 Stage2 以降の開発を行う際に必要となるデータについても整理を行った。今後、自動運転車の機能や運行管理システムのサービスや機能が高度化するにしたがって、外部から提供されるデータの重要性がより高まる可能性が高い。

3.2. 実証実験に向けた事前準備

前項で述べた上小阿仁村の自動運転サービスに運行管理システムを実装するため、サービスの情報を収集し、システムに反映させる準備を行った。

利用者情報については、自動運転サービス乗車時に利用者に記入してもらった乗車前登録用紙のデータから、村内利用者のみを抽出し利用者 DB に反映した。抽出項目は「氏名、年齢、生年月日、集落」であり、その他の情報はシステム導入後にアンケート、ヒアリングを通して収集した。また、この利用者が予約や乗降確認の際に使う乗車カードを作成した。

その他、運行管理システムを実装するため、表 3-5 に示す準備作業を行った。

表 3-5 準備作業

バス停位置座標収集*	運行ダイヤ作成
	
乗車カード作成	車両監視用 PC 検討
	

*出典：地理院地図

3.3. 合意形成プロセスの取りまとめ

関係者内で合意形成を図るために、各対応場面で説明資料を作成した。

(1) 課題間の合意形成

「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）／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」で挙げられる、

a. b. c. d 課題間の合意形成を、以下の会議を重ねることにより図った。

表 3-6 課題間での合意形成会議

日付	会議内容	参加者
2019. 9. 9	コンソーシアム間会議	NTT データ、三菱総研ほか
2019. 12. 11	葛巻 PD との合同会議	葛巻 PD、NTT データ、三菱総研ほか
2020. 1. 22	葛巻 PD との合同会議	葛巻 PD、NTT データ、三菱総研ほか
2020. 2. 25	葛巻 PD との合同会議	葛巻 PD、NTT データ、三菱総研ほか
2020. 4. 2	葛巻 PD との合同会議	葛巻 PD、NTT データ、三菱総研ほか
2020. 6. 3	葛巻 PD との合同会議	葛巻 PD、NTT データ、三菱総研ほか
2020. 6. 25	葛巻 PD、清水委員との合同会議	葛巻 PD、清水委員、NTT データ、三菱総研ほか
2020. 9. 14	葛巻 PD との合同会議	葛巻 PD、NTT データ、三菱総研ほか
2020. 12. 17	葛巻 PD との合同会議	葛巻 PD、NTT データ、三菱総研ほか
2021. 2. 15	葛巻 PD との合同会議	葛巻 PD、NTT データ、三菱総研ほか
2021. 5. 12	コンソーシアム間会議	NTT データ、三菱総研ほか
2021. 5. 21	葛巻 PD との合同会議	葛巻 PD、NTT データ、三菱総研ほか

進捗状況を定期的に確認し連携を図ることで、社会実装に繋がる改善点や、計画策定時の留意事項等、取り組みの品質を向上させる有意義な議論を行うことができた。

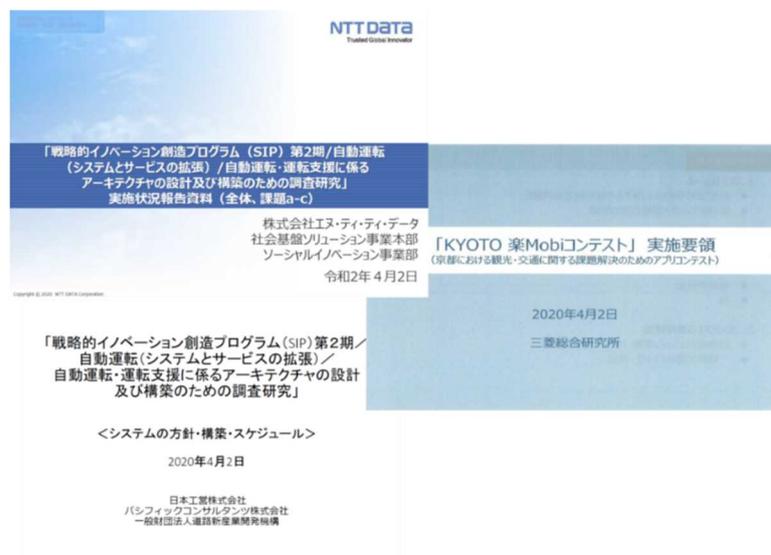


図 3-10 課題間会議の資料

(2) 自動運転プロジェクト間の合意形成

事業期間中は、SIP のサービス実装推進ワーキング、システム実用化ワーキングに出席し、事業の進捗を報告し、有識者や関係者等から時点の意見を伺い対応に結び付けた。

ワーキング会議を通して、本研究の改善の糸口となった指摘事項の一部を、以下に列挙した。(非公開協議の為、写真は割愛)

【システム実用化ワーキングにおける主な意見】

- ・ 住民のニーズを満たすための車両の大きさ、運行ルート、時刻表を評価できるようなシステムを考慮してほしい。
- ・ 運用が難しいエリアに対しては、地域の健康や見守り活動への効果といったシナジー効果も検討して入れてほしい。
- ・ システムを導入することが目的になってはいけない。ヒアリングを実施するなど、地域のニーズを的確に捉えて、システムをカスタマイズしていく必要がある。

【サービス実装推進ワーキングにおける主な意見】

- ・ 各種データの入力については、入力者を明確にするとともに、予約の登録の抜けや漏れ等がないようにすべきである。
- ・ 利用者のデータを集めてニーズを把握する必要があると考えている。ニーズの収集方法についても検討してほしい。
- ・ 本事業で構築するシステムは、どの程度の交通量の地域に対して、どの機能を重点的に構築するのかを明確にする必要がある。
- ・ 課題 a と課題 d の関係性を明確にする必要がある。課題 d のカタログや API がポータルに集約されるものとする。
- ・ 中山間地域の現場では、現地で運用、支援する方がムーブメントを作っていくことが重要である。

表 3-7 SIP 自動運転プロジェクト間の合意形成会議

日付	会議	場所等
2019. 9. 24	サービス実装推進ワーキング	於:内閣府
2019. 12. 11	システム実用化ワーキング	於:内閣府
2019. 12. 19	サービス実装推進ワーキング	於:内閣府
2020. 5. 13	サービス実装推進ワーキング	Web 会議
2020. 9. 17	サービス実装推進ワーキング	Web 会議
2021. 6. 9	システム実用化ワーキング	Web 会議

(3) その他の合意形成

構築したシステムを実証する際に、現地及び地域の関係者や住民とコミュニケーションをとり、評価や課題の抽出を行っていくことは必須条件となる。そのため、設計時、開発時、及び運用時に、現地に赴き、対話によるシステムのニーズや意向などを確認してきた。コロナ禍の影響で思うように現場を訪問できない期間もあったが、地域の関係者と協議を進めながら、可能な範囲で現場スタッフや利用者と直接対話を重ね、システム開発へのフィードバックを図った。



図 3-11 地域との合意形成の様子

第4章 自動運転車両の運行データ仕様等のとりまとめ

自動運転車両を運行することにより生じるデータについては、全ての地域において使用できるようにデータ仕様等を取りまとめた。

データ仕様を取りまとめるには、どのようなデータを何のために使用するのかを十分に把握議論する必要があるため、データ仕様を取りまとめるために、上小阿仁村や芦北町、またほかの地方部の自動運転の実証実験エリアの知見から、望ましい機能要件を抽出の上で、データ仕様を整えた。

4.1. 自動運転サービスに期待される機能の検討

(1) 運行管理システムの機能の抽出

2.3. (3) で前述した様に、本研究で実現を目指す「地方における自動運転サービスの運行管理システム」の機能は、図 2-11 の“Stage1”の部分に相当する。(図 4-1 に再掲)。



図 4-1 運行管理システムで段階的に実現すべき機能（Stage1）

前章で述べた自動運転サービスの経緯、上小阿仁村における地域背景や具体的なサービス内容を踏まえて、地方部における自動運転システムの運行管理システムに求められる機能をさらに検討した。

1) 運行管理機能

運行管理で要求される最も基本的な内容は、車両が運行ルート上のどこを走っているか、すなわちロケーション機能である。得られた位置情報（緯度経度情報）は自家用車におけるナビゲーションシステムと同様にドライバーに現在位置を示すだけでなく、管理事務所の運行管理者にも提供される。

地方における自動運転サービスの場合、自家用有償運送制度による運営形態となる場合があり、その場合、ドライバーはプロドライバーではなく、普通免許を所持する住民が共同で行う。同様に、運行管理者も必ずしも公共交通のプロではなく、住民が実施することを考えると、運行管理機能は単に位置を把握するだけでなく、事故や災害など万一の場合にも役立つ必要がある。

そのため、自動運転車に設置したカメラによって車内外の映像を管理事務所でもモニターできる運行監視機能を備える事が重要である。車内外の映像がリアルタイムで管理事務所と共有できれば、事故等が発生した場合でも、管理事務所側ですぐ状況を把握することができ、適切な対応をとることができる。また、車内と管理事務所ですぐ音声対話ができれば、ドライバーだけでなく乗客とも対話できるため、状況把握に加え、万一の場合の乗客の不安を抑えることが可能になる。

2) 予約管理機能

地方では人口減少や高齢化の影響で、利用者の減少が加速し、結果不採算路線が生じ、交通事業者の撤退や、自治体の負担が増加する自体が慢性的に陥っているところである。

その一方で、高齢化が進む地方部では、免許返納問題、自家用車を失ったら移動ができなくなる地域が多く、幹線バス路線が走っていても、バス停までちょっと距離がある、といった理由から、運行路線があっても利用者が利用しないケースも少なくない。そのため、本研究のような自動運転車両が、ラストワンマイル交通として集落の足を担い、地区内の移動の支援や、幹線バスとの接続を可能にする交通サービスの構築が、将来自家用車を扱えない地区ばかりになる高齢化・過疎の地方部を救うモビリティ手段となりうる可能性が期待される。

地方部で自動運転車が「ラストワンマイル交通」として住民の足となるためには、「広くて浅い」交通需要でも継続可能な、柔軟な運用ができることが重要であり、「デマンド運行」への対応はひとつの重要な要素となっている。

また、過年度までの実験で、自家用有償運送車両やコミュニティバスを利用する地区の傾向から、曜日や日時が決まった交通があり、それを利用する場合、住民はそれに合わせて行動する、ということもわかっている。こういった地域の方々の移動・交通行動に即したサービスの提供が、サービス提供の負担を抑えながら運用できる可能性として期待される。この場合、「定期便運行」の有効な運用も重要となる。

そのため、「デマンド運行」「定期便運行」への対応について検討を重ねて構築する方針とした。従来のデマンドバスは、時刻表で定められた「便」があり、乗客の予約がなければ運行しない、という運用である。この場合、予約が入った便は必ず運行しなくてはならないため、車両やドラ

イバーを常に準備しておく必要があり、事業者側にとって運行経費の削減に繋がらない。車両やドライバーの数を削減すれば、デマンド便であっても便の設定数を削減せざるを得ないため、乗客の利便性は向上せず、利用者数は増加しない。

従って、地域の足となる「ラストワンマイル交通」となるためには、単にデマンド便を運航する／しないだけでなく、便の時間を調整する、複数の路線で車両や乗務員を共用するなど、フレキシブルな運用で「広くて浅い」交通需要に対応することが必要であり、予約管理はその肝となる機能となる。

3) 乗降管理機能

通常バスであれば、乗降時に料金の支払いをすれば良いが、デマンド運行の場合は、予約を入れた利用者がちゃんと乗車したか、を確認する必要がある。例えば予約を入れた利用者が停留所に来る前に車両が通過してしまうと、利用者は既に通過したことが分からずに、停留所で待ち続けてしまう可能性がある。

乗降管理では、利用者に固有の ID を付与し、予約時に登録した ID を乗降時に照合を行う。利用者には ID を登録したカードを発行し、乗降時にカードに印刷したバーコードを車載端末で読み取って自動的に照合を行う。

4) 利用者機能

一定のサービスを地域・地区内で運用するには、その地域に住む住民のニーズにできるだけ寄り添って交通サービスを展開することが望ましい。また、既存の高齢者向けのサービスや、自家用有償運送、や福祉輸送の移動サービスにおいても、その利用者の特性に応じたサービスの展開が有効であることがわかっている。そのため、利用者管理機能は、サービスの有効性を高め、柔軟な対応を図る為にも望ましい機能となる。

個人情報の取り扱いについては十分な配慮が求められるが、ID やニックネームと年齢層のみの管理、など運用方法には工夫の余地がある。

デマンド便を中心としたフレキシブルな運用のためには、利用者が簡単に予約できること必要である。地方の特に高齢者の場合、パソコン、スマートフォンやタブレットなどの IT 機器に慣れていない方も多いため、表示する文字や図形を大きくする、操作回数を少なくするなどの工夫が必要である。また、単に指定した便を予約するだけでなく、利用者の目的（買物、通院、役場など）に応じて、往復の予約を自動的に行う旅行計画機能を備え、高齢者でも簡単にデマンド便を予約できる様にして、外出促進や健康増進に役立てるなど、サービスの拡張にも期待ができる。

運行管理システム機能の全体イメージを図 4-2 に示す。各機能は管理事務所の管制卓 (PC) に表示され、管理者は運行状況や予約状況を簡単に把握することができるようにするなど、扱い情報の管理方法についても配慮した。



図 4-2 運行管理システム機能の全体イメージ

(2) 「アーキテクチャシステム」の設計

(1)で示した運行管理システムの機能を実現するため、2.1. (2) 5) で説明したシステムアーキテクチャデザインの手法、すなわち

- ・ 「機能設計」(機能の細分化と下位機能への置き換え)
- ・ 「物理設計」(分割された下位機能を、構成する要素に割り付け)

を行って、運行管理システムのアーキテクチャ設計を行った。これを以後「アーキテクチャシステム」と呼ぶこととする。

「アーキテクチャシステム」を図 4-3 に示す。

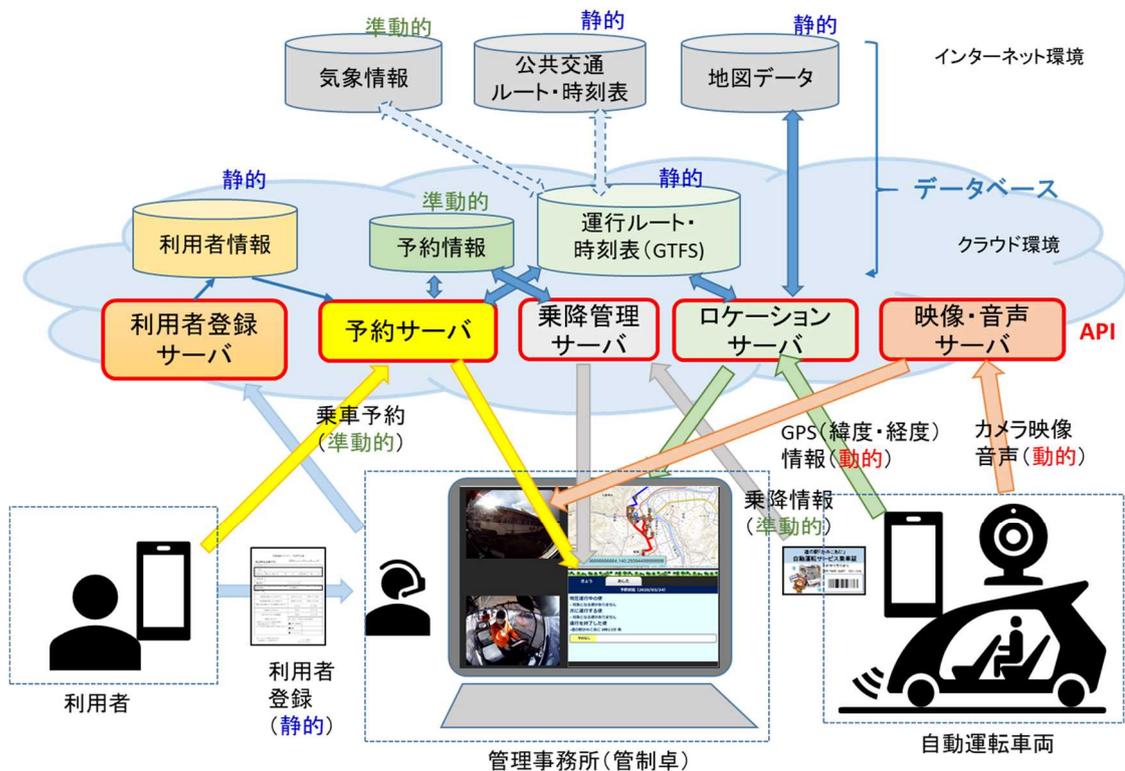


図 4-3 アーキテクチャシステム

アーキテクチャシステムでは、利用者やサービス提供者が情報を閲覧したり操作したりする端末やセンサ（＝アセット）は、「利用者」「管理事務所（管制卓）」「自動運転車両」に存在するが、システムの「機能」を実現するのは、端末上ではなく、クラウド上に存在する各サーバの API（web 上で実行されるアプリケーション）である。利用者やサービス提供者は、各端末の web ブラウザを通して API を操作し、必要な機能を実行できる。

各端末上のアプリではなく、サーバ上の API で機能を実装することによって、

- ・ 端末の種類（PC、タブレット、スマートフォン）や OS（Windows, Linux, Android, iOS）が異なっても、一つの API で動作できる
- ・ 最新版に更新するのに、端末側でダウンロード等を行う必要がないため、高齢者など IT 機器に不慣れな利用者でも常に最新版が利用できる

などのメリットがある。

一方、デメリットとしては、

- ・ 利用者数が増えた時に、アプリ端末と比較して動作が重くなる可能性がある
- ・ インターネット環境がない場所で利用できない

などが考えられるが、現在のクラウドやネットワークの性能では、問題になることは少ないと思われる。上小阿仁村の自動運転サービスにおけるアーキテクチャシステムの実装については、次章にて詳細に説明する。

アーキテクチャシステムの「データ」については、個々のサービス固有のデータベースとして、「利用者情報」、「予約情報」、「運行ルート・時刻表」の3つをクラウド上に備える。この3つのデータベースの「フォーマット」を共通にすれば、複数の地域のサービスを共通の API で提供できる。例えば、「上小阿仁村」、「芦北でこぼん」、「赤来高原」など複数の地域で自動運転サービスを提供する場合、共通フォーマットでそれぞれのデータベースを作成すれば、一つの API で全ての地域にサービスが提供可能である。また、クラウド上のセキュリティ設定を適切に行えば、共通の API であっても他の地域のデータベースにアクセスすることはできないので、セキュリティ上の問題も発生しない。

このように、アーキテクチャシステムを全国展開するには、データベースのフォーマットの「共通化」が非常に重要である。そこで、次項では、特に重要な「運行ルート・時刻表」の共通化について述べる。

4.2. データ仕様の作成検討

(1) GTFS (General Transit Feed Specifications)の活用

GTFS とは、公共交通機関の時刻表と地理的情報に関するオープンフォーマットで、国際的に広く活用されている。我が国でも、国土交通省が「標準的なバス情報フォーマット」として、静的情報の「GTFS-JP」と動的情報の「GTFS リアルタイム」の2つを策定し、2017年3月に公開した。特に中小バス事業者（コミュニティバスを含む）を対象として、積極的に普及を推進している。

GTFS を利用するメリットは、現在広く普及している経路探索アプリケーションでの利用が可能になる点である。GTFS で自動運転サービスの運行ルート・時刻表データを整備し、オープンデータとすることで、世界中の経路探索サービスから、自動運転サービスの停留所を対象とした経路探索が可能になる。

アーキテクチャシステム側からの視点で見ると、運行ルート・時刻表データを GTFS という共通フォーマットに従って整備することで、全国の複数の異なる地域の自動運転サービスを、一つの API で動作することが可能になる。さらに、同じ API で自動運転サービスと接続する公共交通機関への乗り継ぎを考慮した予約や旅行計画が可能になり、地域住民の利便性を大幅に向上させることができる。

(2) GTFS の構成

GTFS のデータは、複数の CSV 形式（カンマ区切り）のテキストファイルに記述され、一つの ZIP ファイルにまとめられる。GTFS の構成ファイルと、ファイル間の関係を表すクラス図を図 4-4 に示す。

ファイル名(.txt)	内容	必須○ 省略可能-
agency	交通機関の基礎的な情報	○
stops	停車地。駅やバス停などに関する情報	○
routes	ルート	○
trips	旅程	○
stop_times	停車時刻	○
calendar	運行日の曜日による定義	○
calendar_dates	運行日の日付による定義	-
fare_attributes	「料金クラス」	-
fare_rules	料金の適用ルール	-
shapes	運行経路を地図上に描画するためのシェイプ情報	-
frequencies	運行時間。時刻表がなく運行間隔だけが定まっている交通機関で使用	-
transfers	乗り換えに関する補足情報	-
feed_info	GTFSフィード自体に関する情報	-

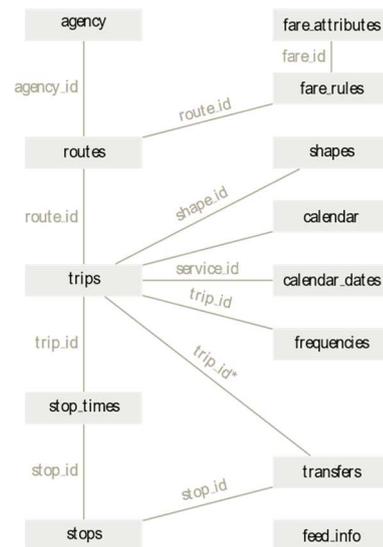


図 4-4 GTFS 構成ファイルとクラス図（出典：Wikipedia）

GTFS では 13 個 (GTFS-JP では拡張のため 17 個) の CSV ファイルを用いて、ルートや停留所、運行ダイヤや料金、他の交通機関への乗り換えなど、経路探索に必要なデータを定義している。

個々のファイルはテキストファイル形式なので、ファイルの作成や編集はテキストエディタやエクセルなどの表計算ソフトで容易に行える。しかし、クラス図に示す通り、相互のファイルには複雑な依存関係があるため、設計者が自力で複数のファイル間で矛盾の無い様にデータを設定するのは非常に困難である。そのため、矛盾のない様に GTFS を簡単に作成するためのツールが幾つか開発され、公開されている。

本研究では、今回、一般公開されている GTFS 作成ツールを活用させていただき、上小阿仁村の自動運転サービス向けの GTFS データを定義した。ツールは、正式名称：標準的なバス情報フォーマット出力ツール、といい、東京大学空間情報科学センターの西沢特任教授が開発したもので、西沢ツールと呼ばれている。Microsoft Excel のマクロ機能を使って GTFS-の各テキストファイルを、自動的かつ矛盾なく作成できる。西沢ツールの実行画面の一例を図 4-5、図 4-6 に示す。

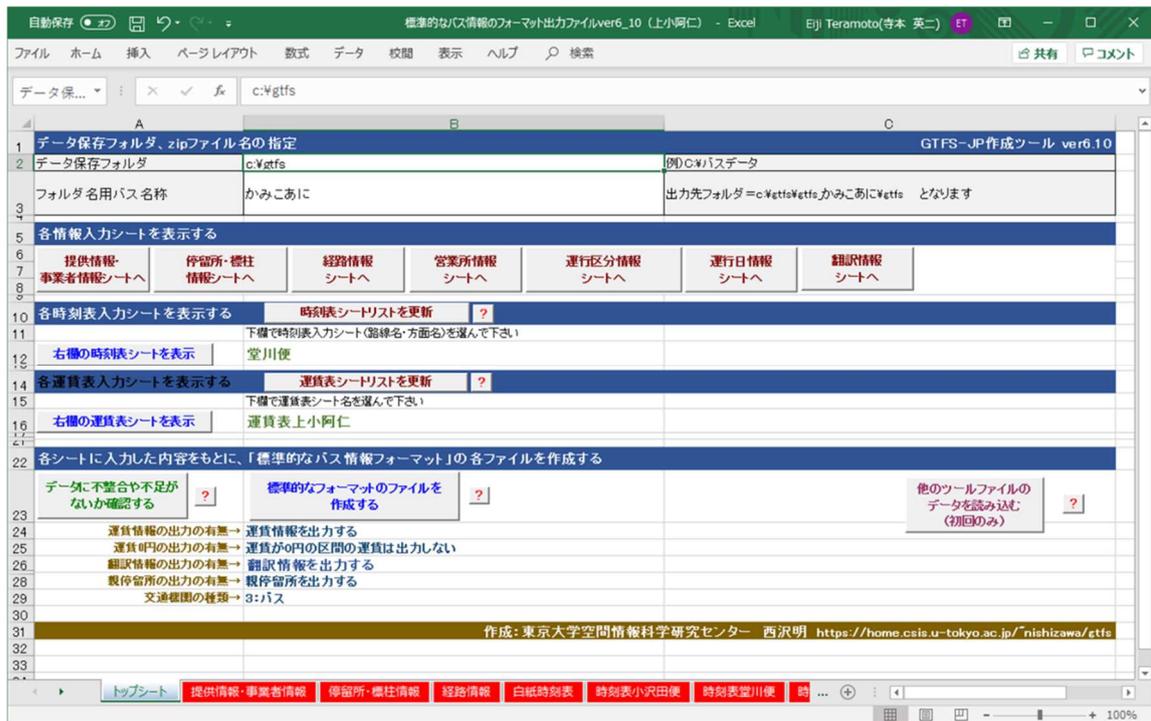


図 4-5 GTFS 作成ツール (西沢ツール) トップシート

通過順位	運賃区間ID	標柱ID	停留所名 (セルをクリックすると バス停一覧が表示される)	同名停留所 の区分	上り、下り、路 線、乗り場番 号等	発着	1:乗降可 2:乗のみ 3:降のみ 任意	標準所要時分 [分] 自動 入力 標準?→	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
21	stop_sequence	stop_id																
23	自動入力	自動入力	IDから自動入力						0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	1	35_1	ローソン				2	1	808	915	930	945	1000	1015	1030	1045	1100	1115
25	2	11_1	道の駅「かみこあに」				5	1	813	920	935	950	1005	1020	1035	1050	1105	1120
26	3	18_1	生活福祉センター				1	1		921	936	951	1006	1021	1036	1051	1106	1121
27	4	17_1	村役場				1	0		921	936	951	1006	1021	1036	1051	1106	1121
28	5	16_1	診療所				1	2		923	938	953	1008	1023	1038	1053	1108	1123
29	6	15_1	小沢田郵便局				1	1		924	939	954	1009	1024	1039	1054	1109	1124
30	7	12_1	小沢田集落東				1	1		925	940	955	1010	1025	1040	1055	1110	1125
31	8	23_1	小沢田住宅				1	3		928	943	958	1013	1028	1043	1058	1113	1128
32	9	21_1	堂川集会所				1	9	830	937	952	1007	1022	1037	1052	1107	1122	1137
33	10	22_1	堂川集落				1	1	831	938	953	1008	1023	1038	1053	1108	1123	1138
34	11	23_1	小沢田住宅				1	11	842	949	1004	1019	1034	1049	1104	1119	1134	1149
35	12	13_1	小沢田集落西				1	3	845	952	1007	1022	1037	1052	1107	1122	1137	1152
36	13	14_1	小沢田公民館前				1	1	846	953	1008	1023	1038	1053	1108	1123	1138	1153
37	14	15_1	小沢田郵便局				1	1	847	954	1009	1024	1039	1054	1109	1124	1139	1154
38	15	16_1	診療所				1	3	850	957	1012	1027	1042	1057	1112	1127	1142	1157
39	16	17_1	村役場				1	2	852	959	1014	1029	1044	1059	1114	1129	1144	1159
40	17	18_1	生活福祉センター				1	3	855	1002	1017	1032	1047	1102	1117	1132	1147	1202
41	18	11_1	道の駅「かみこあに」				1	1	856	1003	1018	1033	1048	1103	1118	1133	1148	1203
42	19	35_1	ローソン				3	5	901	1006	1023	1038	1053	1108	1123	1138	1153	1208

図 4-6 GTFS 作成ツール（西沢ツール）時刻表作成シート

(3) GTFS の課題

GTFS を「地方部における自動運転サービス」に適用した場合の課題は、「デマンド便」への対応である。現在の GTFS フォーマットでは、時刻表に定義した便が定期便かデマンド便かを表すフラグが用意されているが、それ以外にデマンド便がどのように運行するかについては定義されていない。従って、上小阿仁村で行っているような「フルデマンド」、すなわち特に時刻表が定義されておらず、利用者の予約が入った日時に運行するという運行形態には対応できない。

この課題に対して、上小阿仁村の場合、暫定的な方法として、「デマンド便」を非常に密な間隔で定義する、という方法を試行している。図 4-6 に示す時刻表では、一つの列（縦方向）が一つの便に対応しており、列の上にフラグが 0 の場合に定期便、1 の場合にデマンド便を表している。ここで、各便の出発時間の間隔に注目すると、デマンド便の間隔は昼休み等を除き 15 分間隔に設定されている。一つの便が出発してからも出発地点に戻るまでの時間は約 50 分であり、自動運転車両は 1 台であるため、あるデマンド便が運行すると、その運行時間にかかる前後の便は運行できなくなる。そこで、予約サーバ側（API）で運行できない前後の便を「満席」扱いとし、予約の検索対象から外すことで、デマンド便の機能を実現している。

第5章 API 及びアプリの要件開発

前章で述べたように、「アーキテクチャシステム」では、運行管理（ロケーション、運行監視など）、利用者管理（ユーザ登録など）、予約管理の各機能は、クラウド環境上のサーバに実装されたアプリ（API）で実現されている。本章では、アプリ（API）の要件開発と実装について述べる。

5.1. 運行管理機能

運行管理機能は、①運行監視、②ロケーション（車両位置情報）の2つのシステムから構成される。図 5-1 に示すように、管理事務所の管制卓の画面に同時に表示することで、車両の位置と周辺状況を一目で確認でき、円滑で安全な運行を支援する。



図 5-1 運行管理機能

(1) 運行監視システム

車両の前方と車内の映像をリアルタイムに配信し、管理事務所にて走行の様子を遠隔で視聴確認することができる。また、車内のドライバーや乗客と音声通話も可能である。

1) システム構成

運行監視では、開発初期には映像・音声の伝送サーバとして、既存の商用 TV 会議システム (KDDI ウェブコミュニケーションズが提供する Twilio Programmable Video サービス) を利用した。運行監視システムの構成を図 5-2 に示す。車載カメラからの映像は、車載の映像伝送用 PC からクラウド上の TV 会議サーバシステム (映像中継サーバ) を経由して管理事務所の遠隔監視用 PC で受信し、「ロケーション」「予約管理」の画面と統合して表示する。

車載カメラはフロントガラス上に、車外（前方）用と車内（後方）用の2つを装着している。TV 会議システムには、2つのカメラをそれぞれ別の参加者として登録することで、2画面の同時伝送を行っている。

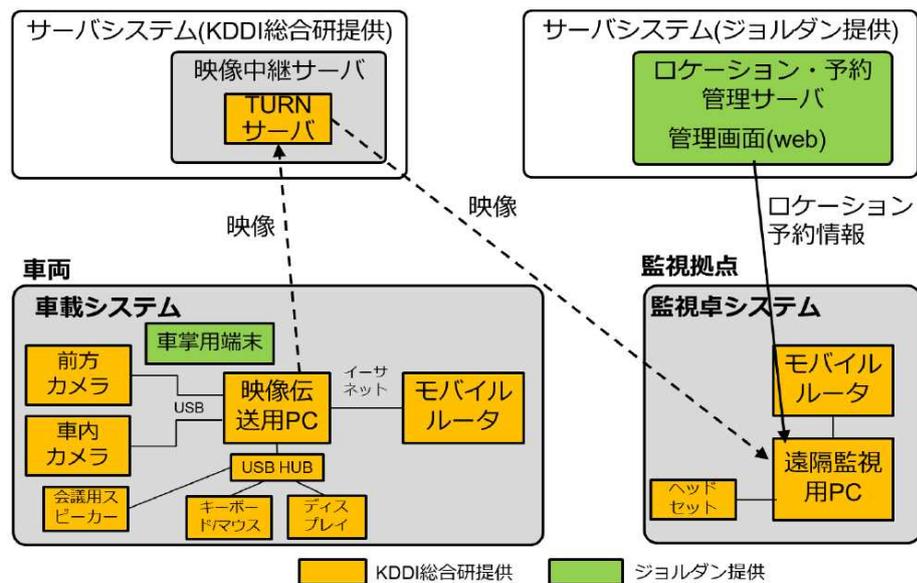


図 5-2 運行監視システム構成

2) 上小阿仁村での運用状況

2019年12月から上小阿仁村にて運行監視システムを試験導入したところ、豪雪地帯という厳しい環境下での低温や結露、積雪による悪走路での振動などで、様々な不具合が発生した。そのため、車載器の搭載場所を、座席下の荷物スペースから、防水ケースに入れて後部ラックに移動するなどの対策を行った（図 5-3）。また、システムの起動時にTV会議システムへの接続手順が複雑で、現場のドライバーだけでは対応が難しいとの指摘を受け、起動時の接続手順を自動化する等の改良を行った。

2020年3月時点では、導入当初よりは不具合が少なく安定してきたが、時折TV会議システムへの接続に失敗し画像が映らないという不具合が発生した。通信回線の不安定さが原因と推測された。

これらの結果から、設置機器の簡略化や操作性の向上、通信コストを低減可能なシステム構成について、引き続き検討する必要があると判断した。

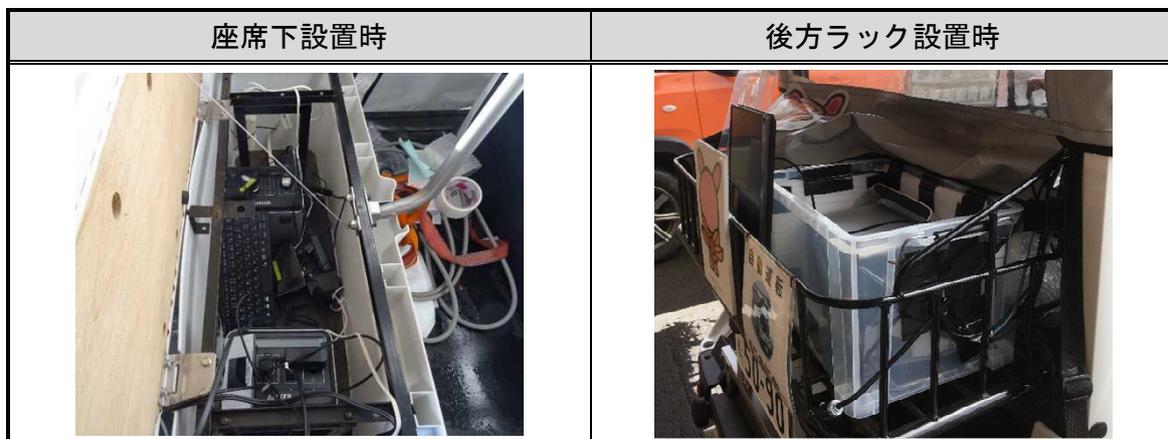


図 5-3 運行監視システム 車両搭載状況

(2) ロケーションシステム（車両位置情報システム）

位置情報取得アプリを搭載したスマートフォンを自動運転車両に搭載し、クラウド上の位置情報サーバに GPS 位置情報（緯度・経度）を送信する。

クラウド上の位置情報サーバでは、受信した位置情報を地図上にリアルタイムに載せ、自動運転車両の運行ルートや停留所位置も併せて管理事務所の監視卓（PC）画面に表示することで、自動運転車両が今どこにいるのか、スムーズに走行できているかを一目で判断できる。

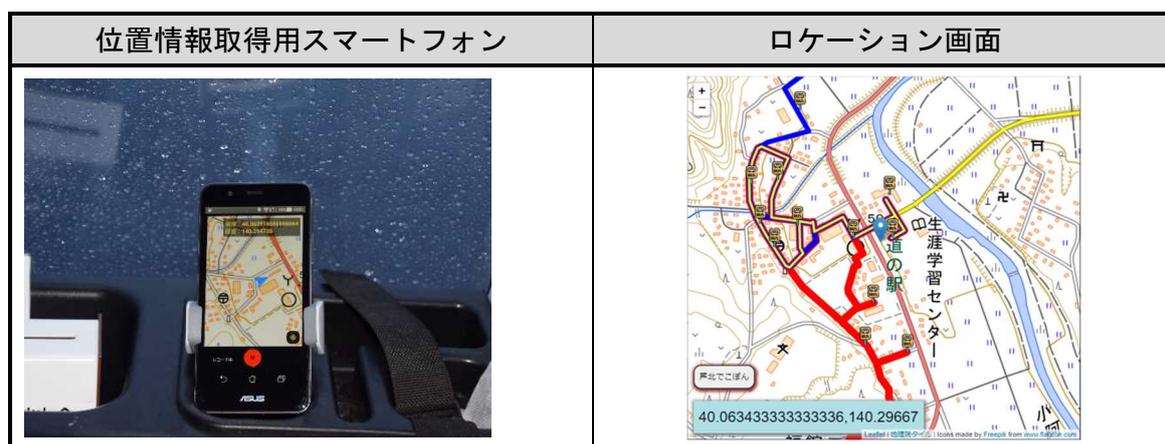


図 5-4 ロケーションシステム

5.2. 利用者管理機能

利用者管理機能は、自動運転車両の利用者をデータベースに登録し、利用者カードを発行する。そして利用者カードを使って予約や乗降管理を行う。利用者管理機能の構成を図 5-5 に示す。

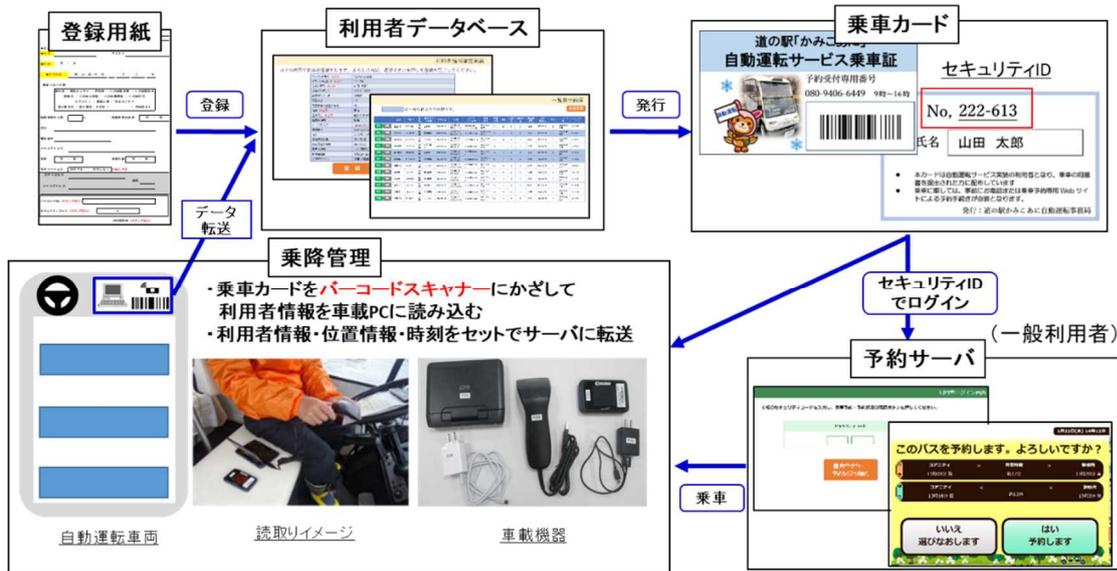


図 5-5 利用者管理機能

(1) 利用者登録

自動運転サービスの利用者は、最初に利用する際に登録用紙を記入し管理事務所に提出する。管理事務所では、この情報を元に利用者データベースに登録する。利用者データベースには、住所、氏名、性別、生年月日、最寄りの停留所などの情報を登録するとともに、個別に「セキュリティID」が付与される。利用者データベースの情報は個人情報であるため、セキュリティ確保のために利用者データベース情報は所定の管理者以外がアクセスできない様にする。

(2) 乗車カード発行

利用者情報を登録したら、管理事務所は乗車カードを発行し利用者に手渡す。乗車カードには、利用者の氏名とセキュリティコード、セキュリティコード情報を記号化したバーコード、予約システムの URL および URL を表す 2 次元コード、管理事務所の電話番号が記載されている。

利用者は、利用者端末（スマートフォン、タブレット、PC など）から乗車カードに記載された URL あるいは 2 次元コードを用いて予約サーバにアクセスし、セキュリティ ID を用いてログインして予約を行う。

(3) 乗降管理

自動運転車両にはバーコードリーダーを装着した小型 PC を助手席近辺に搭載し、利用者の乗降時に乗車カードのバーコードの読み取りを行う。小型 PC では、乗降カード読み取り時に、セキュリティ ID と読み取った場所（緯度、経度）、時刻をクラウド上のサーバに転送する。このデータを用いて、予約した利用者が実際に乗車したかどうかの確認を行う。

また、この乗降データを蓄積することで、利用者全体の OD 情報を収集し、それを分析することで、路線や旅行計画を見直し、利用者の利便性を高めることができる。

5.3. 予約管理機能

予約管理機能は、利用者が自動運転車の予約を行うとともに、予約情報を管理事務所の監視卓(PC)の予約管理画面に表示する機能である。予約管理機能の構成を図 5-6 に示す。

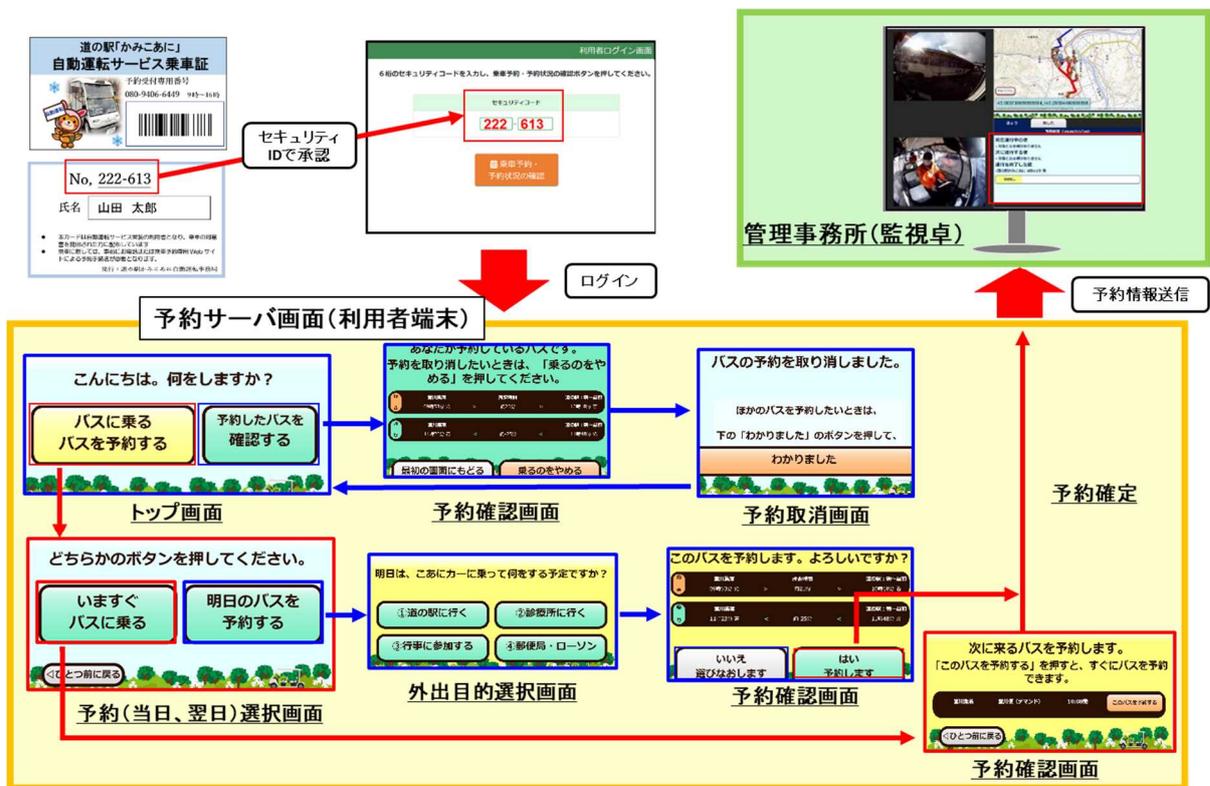


図 5-6 予約管理機能

(1) 予約サーバへのログイン

利用者は乗車カードに記載されたセキュリティ ID を使って予約サーバ画面にログインする。利用できる端末は PC、スマートフォン、タブレット等で、web ブラウザを使用する。

(2) 乗車予約

PC やスマートフォンの操作に不慣れな高齢者でも簡単に予約できることを目指して、予約サーバのメニュー構成はできるだけシンプルに、階層が浅くなるように配慮した。

現在の予約サーバ仕様では、利用者は当日と翌日の予約が可能である。当日の予約は「いますぐバスに乗る」ボタンで行い、これを押すだけで、最も早く最寄りの停留所に到着する便を予約できる。定期便、デマンド便のどちらでも予約可能である。

翌日の予約は、「旅行計画」方式を採用している。自動運転車両に乗って出かける「目的地」（例：道の駅、役場、診療所など）と出かける時間帯の組み合わせの中から一つ選ぶだけで、行きと帰りの便が一度に予約できる。

予約を行うと、出発時間、到着時間を含む予約確認画面が表示される。誤って予約した場合や、予約後に予定が変わった場合は、自分が行った予約を取り消すことができる。

(3) 予約の通知

利用者の予約が完了すると、管理事務所の予約管理画面に、予約者名と乗車場所、自動運転車の拠点出発時刻などが表示される。運行管理者はこの情報を見てドライバーに指示を出し、予約に対応した運行を行うことができる。また、予約の見落としを防ぐために、予約設定時に管理者宛にメールを発信する機能も備えている。

第6章 ユースケースで想定したサービス及びアプリの要件の実証実験における活用・評価

2019年度に開発したサービス及びアプリの要件を、「中山間地域における道の駅利活用調査業務」サービス実装において自動運転利用者、現地運営スタッフを通して実際に活用・評価した。本調査では、調査員が現地に赴き運営方法、操作方法を指導した。実際に使用してもらった後にアンケート、ヒアリングを実施し、課題・問題点、要望等を取りまとめた。

システムの導入・評価は、まず2020年2月から「道の駅かみこあに」（秋田県上小阿仁村）で開始した。アンケート、ヒアリングは【システム導入時】【定着時】の2段階で実施し、1段階目の評価の課題の一部を2段階目で解消できるような工程とした。

当初の計画では、定着時評価は2020年度の4月から開始予定であったが、コロナ禍による緊急事態宣言のため4月～5月の現地での評価ができなかった。そのため、4月以降、システム導入時の評価結果から得られた知見に基づいて第1回目のシステム改修を行い、緊急事態宣言終了後の8月から改修後のシステムで定着時評価を行った。

また、当初計画では、2つ目の対象地域として、「道の駅芦北でこぼん」（熊本県芦北町）へのシステム導入も予定されていたが、実証実験の着手遅れおよび「令和2年7月豪雨」で現地が被災したため、対象地域を、「道の駅赤来高原」（島根県飯石郡飯南町）に変更し、評価時期は2020年9月～10月とした。「道の駅赤来高原」におけるシステムと評価については、次章で述べる。

6.1. システム導入時

道の駅かみこあには、本プロジェクトで開発した運行管理システム（以降アーキテクチャシステムと呼ぶ）の最初のシステム導入の場であり、各システムの導入は以下のように段階的に行われた。

- ・ 運行監視システム： 2019年12月下旬
- ・ ロケーションシステム： 2020年1月上旬
- ・ 利用者管理・予約管理システム： 2020年2月上旬

2020年2月時点のアーキテクチャシステムの全体構成を図6-1に示す。これらのシステム導入時に、現地にて調査員によるアンケート、ヒアリングを実施した。ヒアリング時の様子を図6-2に示す。アンケート、ヒアリング結果について以下に述べる。



図 6-1 アーキテクチャシステムの全体構成 (2020年2月)



図 6-2 システム導入時 (2月) のヒアリングの様子

(1) 運行監視システム

運行監視システムは2019年12月下旬から導入を開始したが、低温や振動などの耐環境性能や操作性の問題が指摘された。設置位置の改善や一部操作の自動化により幾らか改善はされたが、依然として動作の不安定さが残っており、抜本的な改善が必要と判断された。

表 6-1 運行監視システム 評価結果（導入時）

不具合	原因	解決	対応状況
車内監視システム通信不良	確認中	△	現地PC再起動を指示
アクセス制限（6時間で切れる）	TV会議システムサーバの 上限時間が6時間	×	システム構築を再検討
車載環境による不良	低温や走行中の振動	○	設置位置を変更し強化
システム立上げが複雑	—	○	自動立上げ、接続に再構築
音声通話でハウリングが発生	—	△	車載側でミュート操作を指示

(2) ロケーションシステム

ロケーションシステムは2020年1月から導入を開始した。低温のためのバッテリー消耗等や端末の不具合などハードウェアの信頼性不足に伴う問題が散見されたが、ソフトウェア（APKファイル）の更新や交換等で解決しており、2020年2月時点では、大きな問題はないと判断された。

表 6-2 ロケーションシステム 評価結果（導入時）

不具合	原因	解決	対応状況
端末バッテリー消耗	低温環境の為	○	携帯バッテリーの購入
運行中に不定期に電源が落ちる	端末不具合	△	端末交換を検討中
GPS不良	システム不具合	○	APKファイルを更新⇒正常

(3) 利用者管理・予約システム

予約・利用者管理システムは2020年2月から導入を開始したが、ルート追加や各種ニーズの把握不足、ソフトウェアの不具合などが多く指摘されるなど、残念ながら利用者に十分使ってもらえる状態ではなかった。3月末までソフトウェアの修正等で幾つかの問題は解消されたが、コロナ禍による2020年4月からの緊急事態宣言のために現地訪問が不可能になったため、緊急事態宣言終了後の定着時評価で、利用者の声を改めて聞くこととした。

表 6-3 利用者管理・予約システム 評価結果（導入時）

詳細	原因	解決	対応状況
【明日の予約】現在は表示されるが、端末や時間帯によって表示されない	・残席数が0 ・予約された便と運行期間が被った便のため、残席数が0 ・レスポンスの問題で、データ取得が完了していなかった	△	レスポンスによる不具合であれば、API改修により改善されると考察。
【明日の予約】「予約できる便がありません」と表示	予め「予約できる便がありません」を表示し、予約可能な便情報を取得後、画面内容を更新する処理になっていたため。	○	対応済（レスポンス改善のためAPI改修）
【管理画面】「対象となる便がありません」と表示	同上（予め「対象となる便がありません」を表示し、予約情報取得後、画面内容を更新する処理になっていたため）	○	対応済（API追加）
【管理画面】今日の運行を終了した便のところで、表示されていた名前が表示されない	再現しなかったため、原因調査が出来ていなかった	△	—
【当日予約】「今乗るボタン」を押すと時間が過ぎた初便が予約される	再現しなかったため、原因調査が出来ていなかった	×	現在、再現不可。
【予約画面】全体に、レスポンスが非常に遅く（重く）なっていて10秒以上かかる	表示に必要な情報を取得するために実行するAPIの数が多いため。	○	対応済（レスポンス改善のためAPI改修/API追加）
【明日の予約】再ログインして予約の確認をすると「予約がありません」と言われる。一予約が取り消せない	端末側の予約情報管理がCookieを利用しているため、一度ログアウトしてしまうと予約情報を復旧できない 一ログアウト機能を隠すことで端末側での現象発生を抑える 一管理画面側での予約削除を実装する	○	対応済（API改修）
【当日予約】「いますぐバスに乗る」を押すと、「本日の運行は終了しました」と表示	1時間以内にバスがないときに表示されてしまう。 表示を「1時間以内に乗車できる便はありません」に変更	○	2/17時点までに対応済み。
【管理画面】ユーザ画面のレスポンスは5～10秒程度だが、管理画面のレスポンスは30秒以上かかる	表示に必要な情報を取得するために実行するAPIの数が多いため。	○	対応済（API追加）

表 6-3(続き) 利用者管理・ユーザ予約システム 評価結果 (導入時)

詳細	原因	解決	対応状況
【予約全体】スマホのアプリ化		×	対応予定なし
【予約画面】バス表記をこゝにカーに変更		×	書き換えるべき箇所の特定を行い、対応を検討。
【管理画面】文字を大きく表示		×	現行システムでは対応困難。
【当日予約】予約時点よりも前に出発するデマンド便が予約されてしまう	乗車停留所の発時刻を基準に判定しているため。 予約時点では始発停留所の発時刻は過ぎていたが、乗車停留所の発時刻前であったため、予約が可能	×	現状、以下の仕様で予約可能。仕様変更の要件を検討。 ・当日予約に表示する便の条件、初期設定の停留所に停車し、残席がある便を1時間以内で検索、直近の便を表示している。
【明日の予約】マイナスの所要時間が表示される	1便に2つ存在する停留所の場合、どちらを表示するか判定が正しく機能していなかったため。	○	対応済 (API追加)
【明日の予約】所要時間が長く表示される	1便に2つ存在する停留所の場合、どちらを表示するか判定が正しく機能していなかったため。	○	対応済 (API追加)

6.2. 定着時

道の駅かみこあにのアーキテクチャシステムに関する定着時評価は、コロナ禍による緊急事態宣言が解除された後の2020年8月上旬に実施した。現地訪問ができなかった4月から7月の間は、導入時評価を行った2月および3月に得られた知見を踏まえてシステム改修を行い、改修後のシステムを用いて定着後評価を実施した。改修後のかみこあに向けアーキテクチャシステムの構成を図6-3に示す。以下、主なシステム改修内容について述べる。



図 6-3 アーキテクチャシステムの全体構成 (2020年8月、かみこあに)

(1) 運行監視システム

導入時の運行監視システムの構成を図 6-4 に示す。導入時のシステムでは、自動運転車に搭載した映像伝送用の PC からクラウド上の TV 会議システム (Twilio Programmable Video) に接続して、管理事務所の遠隔監視用 PC で車載カメラの画像を受信していた。しかし、2 月の導入開始から約 5 か月間使用する間に、以下のような問題が明らかになった。

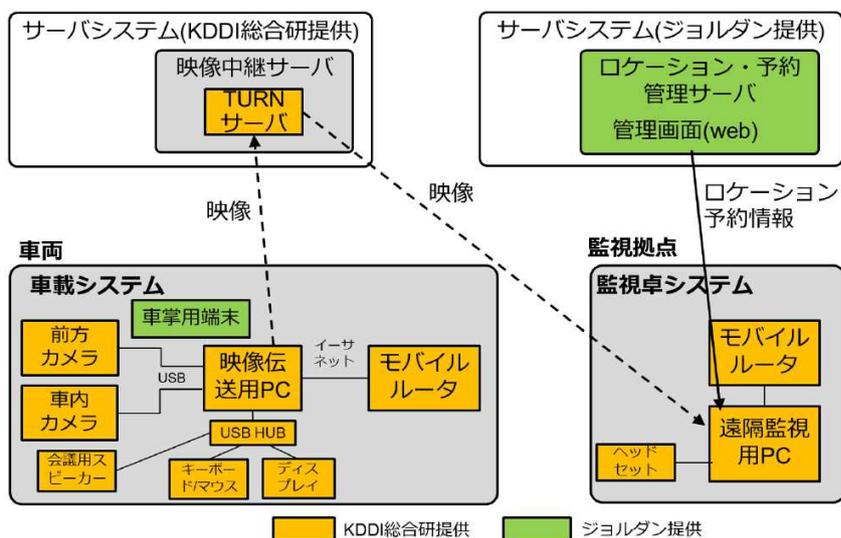


図 6-4 運行監視システム構成 (導入時)

① 画面が映らなくなる

自動運転車と TV 会議システムの接続は、携帯電話回線を使っているが、中山間部での電波状況悪化や回線混雑によって接続が切れ、画像が映らなくなる場合が発生した。一旦接続が切れると車載の映像伝送用 PC から再接続する必要があり、現地の運行担当者にとって非常に煩わしい作業になった。

② 通信費用が高額

監視システムとしては、前方カメラと車内カメラの2つの画像を TV 会議システムにアップリンクするだけで十分であったが、TV 会議システムでは車両側へのダウンリンクが自動的に発生してしまい、通信量が当初見込みの約2倍となり通信料金が想定よりも高額になることが判明した。

③ 耐環境性が低い

秋田県上小阿仁村では冬季は氷点下 10°C程度の低温になる上、車載時の振動によって車載用 PC や周辺機器にとって非常に厳しい環境となり、今回の評価期間中に PC が故障して動作しなくなる事態が発生した。

これらの問題を解決するため、今回のシステム改修で、運行監視システムとして汎用のセキュリティカメラに変更した。使用したカメラと画像の例を図 6-5 に示す。

このセキュリティカメラへの変更により、電源投入だけで自動的に事務局への画像伝送を開始するようになり、また通信状況が悪化した場合も自動的に通信を再開することで、現地の担当者の負担は著しく減少した。また、画像伝送が車両からのアップリンカー一方になることや、事務局側からカメラを ON/OFF することによって、通信量が半分以下に減少し、通信コストを抑えることが可能になった。



図 6-5 運行監視システム（セキュリティカメラ）と前方・車内画像

(2) ロケーションシステム

ロケーションシステムは、2月の導入開始時点から概ね良好に動作してきたが、7月までの間に、時々スマートフォンの位置情報収集アプリが立ち上がらない、位置表示がスムーズでなく飛び飛びになることがある、との報告があった。現地からの情報から、作業者のアプリ起動時の操作手順によって現象が発生しやすい場合があると判断し、作業者はアプリを起動するだけで他の操作を一切しないように位置情報アプリを改修した。

(3) 利用者管理・予約システム

予約システムについては、2月の導入時評価以降に発生した不具合について個別に対処し、徐々に品質を高めてきた。8月の定着時評価では、不具合については一通り解消した状態で評価を実施した。

(4) 定着時評価まとめ

定着時評価の結果を表 6-4 に示す。導入時以降に進めたシステム改修によって、不具合は解消しつつある。一方、利用を重ねることで、使い勝手、ユーザの利便性などについての課題が徐々に明らかになってきた。これらについては、9月からの「道の駅赤来高原」向けシステムで実装後、かみこあに向けに改めて適用することとした。

表 6-4 定着時評価 (2020年8月時点、かみこあに)

分類	抽出された課題(~'20/8)	原因・対応
運行監視 (画像)	<ul style="list-style-type: none"> カメラ画像が時々映らない(不安定) 通信料金が想定より非常に高い 画像伝送用PCが故障(起動しない) 	<ul style="list-style-type: none"> 通信品質低下時にTV会議が切断 TV会議システムで不要なトラフィック発生 耐環境性不足 → セキュリティカメラ導入で改良
予約画面 (利用者)	<ul style="list-style-type: none"> 「すぐ乗る」予約時の到着時刻がおかしい システムが重い(表示まで時間がかかる) 「バス」ではなく「こあにカー」と表示すべき 「すぐ乗る」以外(時間指定)予約が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ソフトウェア改修(対応済) 同上 表示対応済 (赤来高原で対応後に反映)
予約画面 (事務局)	<ul style="list-style-type: none"> 所要時間・停留所名がおかしい 予約/キャンセルが入ったのを見落とす 電話予約時の「代理入力」手段が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ソフトウェア改修(対応済) 予約通知メール、プッシュ表示を検討 (赤来高原で対応後に反映)
位置情報	<ul style="list-style-type: none"> ユーザ誤操作で位置表示がおかしくなる 	<ul style="list-style-type: none"> 対応済み(操作をよりシンプルに変更)
乗降管理	<ul style="list-style-type: none"> バーコード読み取り時の表示改良 予約と乗車・降車実績の照合が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ドライバが確認しやすくする 「消し込み」を自動化

(5) 評価メンバーによるシステム評価

これまで説明したユーザ評価（運営管理者や利用者による評価）とは別に、開発メンバーとは別の評価メンバーが現地を訪問して、詳細なシステム評価を実施した。これは、開発メンバーと違う目線で、利用者が通常意識しない点まで評価メンバーがきめ細かくチェックすることで、システムの問題点を早期に発見しようとするものである。

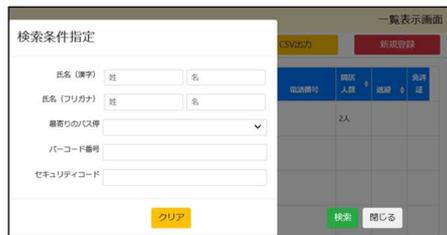
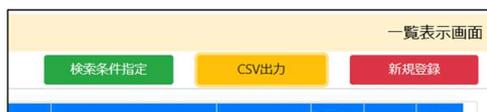
かみこあにで行ったシステム評価の概要を以下に示す。かみこあにはシステムリリース後、最初に現地へ導入した箇所であるため、各システムにおいて多くの改善点が挙げられた。

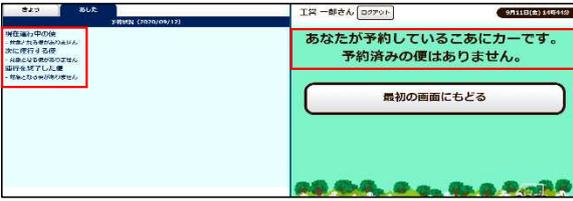
表 6-5 かみこあにでの評価概要

項目	内容
評価内容	以下について、現地で実際に利用者予約を行いつつ、画面遷移、UI、要件どおりに機能が実装されているか等を評価した。 ①ユーザ管理システム全般 ②ユーザ予約システム全般 ③乗車予約・予約状況確認機能 ④ロケーション表示機能
日付	2020年8月19日
現地確認要員	HIDO 加藤、須賀原

評価項目は非常に多岐にわたるため、ここでは各システムの評価結果の一部を以下に示す。このシステム評価で発見された課題や不具合はすぐに修正対応し、直後の赤来高原の実験時にはほぼ解消した。

表 6-6 ①ユーザ管理システム_利用者一覧表示 評価結果 (一部)

番号	チェック項目	チェック結果	画面
1	スクロールして、登録内容を確認できるか。	登録内容を確認。 (個人情報のため一部のみ表示)	
2	「検索条件指定」より、利用者の検索が可能か。	「セキュリティコード」はハイフンも入力しなければならない。 「電話番号」や「見守」の有無などでの検索は不要か？	
3	「CSV出力」より、利用者一覧のCSV出力は可能か。	CSVデータが出力されたことを確認。 形式(文字列、数値など)の設定について、エクセル側のチュートリアルが必要。	
4	「新規登録」より、新規登録が可能か。	新規登録のページに移動することを確認。	
5	「修正」より、登録内容の修正が可能か。	新規登録のページ(登録内容は既に入力済)に移動することを確認。	
6	「削除」より、登録内容の削除が可能か。	「削除」ボタンで削除できた。 削除履歴データ(バックアップDB)は残っているか？ (誤って消した際のデータ復元は可能か？)	
7	「トップに戻る」より、トップ画面に移動するか。	移動することを確認。	①へ

	<p>ケーススタディ： 2-3 駅行きと診療所行きを予約した後、ユーザ画面で「乗るのをやめる」を選んだ場合</p>	<p>・予約システム側は、診療所行きの往復分の予約が消え、ユーザ側は、診療所復路分の予約が消えた。 (道の駅行きの予約は削除もしくは非表示されたと想定)</p>	
	<p>上記の状態から、「乗るのをやめる」を選んだ場合</p>	<p>予約システム側は、道の駅往路分の予約が消え、ユーザ側は、診療所往路分の予約が消え、復路分の予約が表示された。</p>	
	<p>上記の状態から、「乗るのをやめる」を選んだ場合</p>	<p>予約システム側・ユーザ側どちらも予約は削除された。</p>	
	<p>ケーススタディ： 2-4 「いますぐこゝにカーに乗る」を予約後、「あした」分の「①道の駅に行く」「②診療所に行く」を予約した場合</p>	<p>・予約システム側は、すべて反映されているが、ユーザ側は、「あした」分の「①道の駅に行く」分の予約が非表示である。 (「きょう」は予約があることを確認)</p>	
	<p>上記の状態から、「乗るのをやめる」を選んだ場合</p>	<p>・予約システム側は、「あした」分の「②診療所に行く」分の予約が消え、ユーザ側は、「いますぐこゝにカーに乗る」分の予約が消えた。 (「きょう」の予約もキャンセルされていることを確認)</p>	
<p>3 その他意見</p>		<p>・場所の表示順は、ルート順？ ・各ページ (○/●) があると良い。 ・定期便の運行ルート・運行ダイヤが分からない。</p>	

表

6-7 ③乗車予約・予約状況の確認 評価結果 (一部)

第7章 システム・サービスの運用延長と活用評価を踏まえたシステムの改修

前章で述べたように、2019年度に開発・構築したシステム・サービスを「道の駅かみこあに」の社会実装にて実施し、実際の運用を通して運行管理者・運転補助者・利用者から意見を聴取した。これらの活動を通して得られた評価、改善課題、指摘事項を集約し、2020年9月から行われた「道の駅赤来高原」（島根県飯南町）を拠点とした自動運転サービスの長期実証実験に向けて、システムの改修・再構築を行った。「かみこあに」のシステムへの反映は「赤来高原」での長期実証実験後、順次再構築を行ったシステムを更新した。「赤来高原」の長期実証実験の概要を表 7-1 に示す。

表 7-1 「赤来高原」長期実証実験 概要

「道の駅赤来高原」（島根県飯南町）を拠点とした自動運転実証実験	
実験期間	2020年9月1日（火）～10月10日（土）
実験区間	「赤名宿」周回ルート（予約制：平日9便、休日4便） 「リンゴ園」ルート（予約制：休日2便）
ルート延長	赤名宿ルート：約2.7km リンゴ園ルート：約1.5km
使用車両	カートタイプ（ヤマハ）：6人乗り1台 *速度 自動時～12km/h程度、手動時20km/h未満
実施内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ 飯南町による自家用有償旅客運送を基本とし、運行管理は飯南町観光協会で実施。 ・ ドライバーや受付スタッフは地元のボランティアを募集して運営した。 ・ 安全性・円滑性を考慮して赤名宿ルート上の国道54号路肩部の約80mにおいて、自動運転車両の専用空間を確保し、柵と手動ゲートで車道と専用空間を物理的に分離した。 ・ 社会受容性を高めるための説明会や試乗会を開催し、地元の保育所や小学校の子供たちに自動運転サービスの先進技術やそれに携わる仕事があることを体験してもらった。 ・ 利用ニーズに合わせて、回数券や1月定期券といった多様な料金体系を設定し、利用状況を調査した。

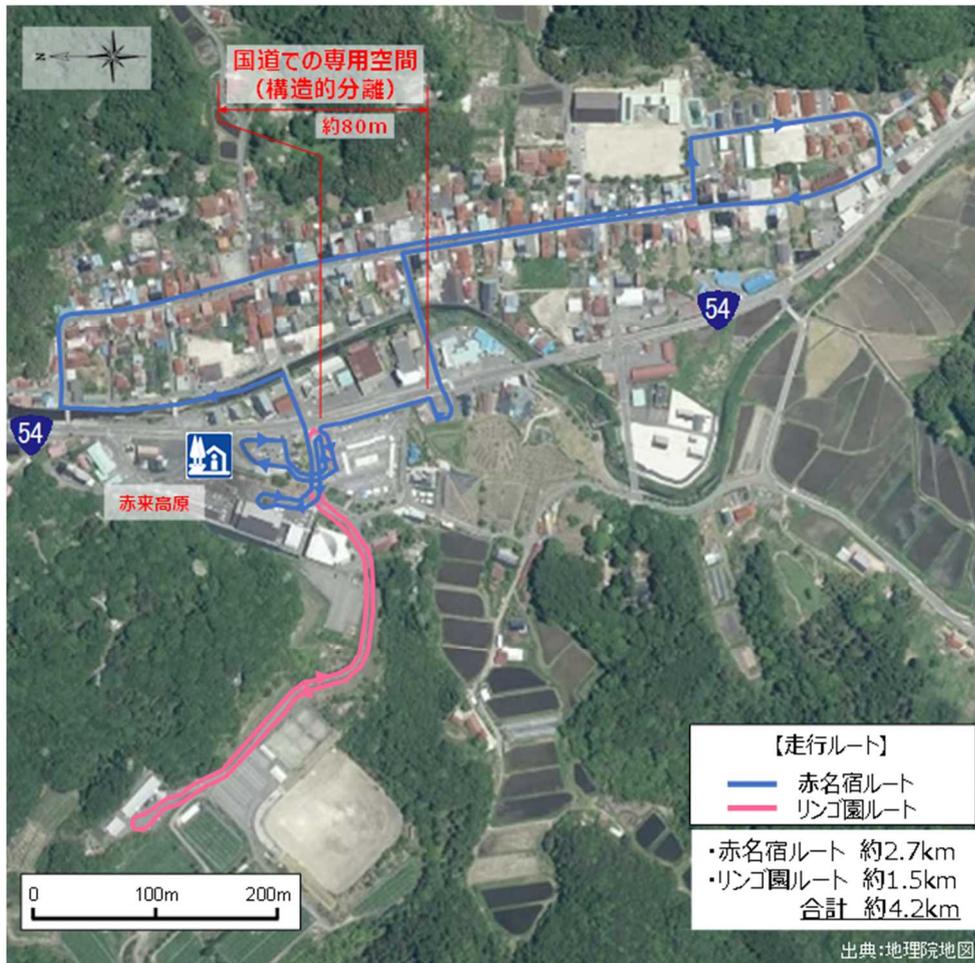


図 7-1 「赤来高原」長期実証実験 走行ルート



図 7-2 専用走行区間 (国道 54 号線 路肩部)

7.1. システム・サービスの運用

道の駅赤来高原の実証実験で使用するアーキテクチャシステムは、前章で述べた道の駅かみこあにの定着時評価（2020年8月）向けに改修したシステムをベースに、赤来高原のルート・運用形態に合わせて開発したものである。運用対象となるシステム・サービスは、既存のシステムに加え、現場担当者との調整を行い、計画・検討・設計し構築した。

また、道の駅かみこあにで稼働しているシステムのヒアリングを基に、不具合の改良や要望への対応を、かみこあに向けより先行して導入した。以降、赤来高原向けに追加した機能について説明する。

「赤来高原」にて運用するシステム・サービスを表 7-2 に示す。また、赤来高原向けシステムの全体構成を図 7-3 に示す。

表 7-2 「赤来高原」で運用するシステム・サービス

サービス	各種システム
① 運行監視システム	<ul style="list-style-type: none"> ロケーションシステム 既存のシステムを使用 車両監視システム（カメラ） TV 会議システム（Twilio Programmable Video サービス）から安価かつ取扱いが容易なセキュリティカメラへ変更。
② 利用者管理システム	<ul style="list-style-type: none"> 利用者登録・予約管理データベース 既存の機能に加え、 <u>スマホによる予約以外に電話による予約に対応する為、管理システム側からの代理予約機能を追加</u> <ul style="list-style-type: none"> 乗車カード発行 現場担当者が作成を行う為、我々は作成方法のマニュアルを作成。 <ul style="list-style-type: none"> 乗降管理 既存のシステムを使用
③ ユーザ予約システム	<ul style="list-style-type: none"> 予約機能の高度化 当初の2パターン（すぐ乗る、旅行計画）に加え、 <u>乗降バス停の個別指定、当日の便の選択</u> を可能にした。

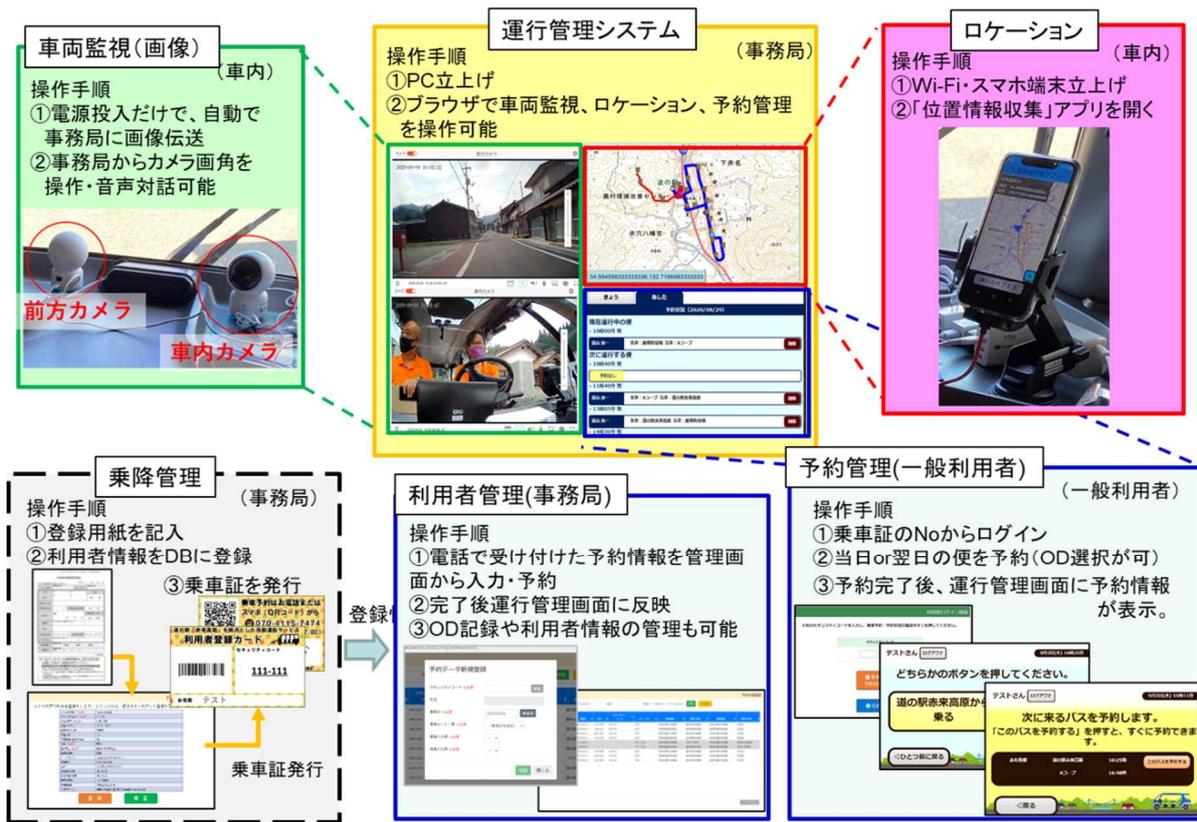


図 7-3 アーキテクチャシステム全体構成 (2020年9月、赤来高原)

(1) 利用者管理システム（代理予約機能の追加）

前章で述べた「道の駅かみこあに」の定着時評価において、高齢者の多い地域ではスマートフォン等によるユーザ予約機能の利用者数は少なく、多くの予約は事務局への電話、もしくは窓口での直接予約であることが指摘されていた。また、「道の駅赤来高原」についても同様に、事前予約は事務局への電話が大多数を占めていた。

これまで、電話予約についてはアーキテクチャシステムとは別に事務局内で管理されていたため、場合によっては予約が重なりオーバースタッキングが発生する可能性があった。そこで、今回の赤来高原向けシステムでは、「代理予約機能」を利用者管理システム（事務局）に追加した。

代理予約機能の表示画面を図 7-4 に示す。予約管理画面に新たに追加された「新規」ボタンを押すと、このポップアップ画面が表示される。事務局が電話で利用者から聞いたセキュリティコード（利用者カードに記載された6桁のID番号）と乗車日を入力し、プルダウンから乗車ルート・便、乗車バス停、降車バス停を選択することで、簡単に予約の代理入力を行うことが可能になった。

予約データ新規登録

セキュリティコード ※必須 検索

氏名

乗車日 ※必須 2020/09/02 便検索

乗車ルート・便 ※必須 (乗車日を指定) ▼

乗車バス停 ※必須 - ▼

降車バス停 ※必須 - ▼

登録 閉じる

図 7-4 代理予約機能（利用者管理システム（事務局）画面）

(2) ユーザ予約システム（予約機能の高度化）

「道の駅かみこあに」の場合、走行ルートが道の駅を中心に放射状に設定されており、利用者の目的地となる施設（役場、診療所、買い物）が道の駅周辺に集中していた。そのため、利用者の出発地（自宅の最寄りのバス停）が分かれば、目的地を道の駅として予約の設定が可能であった。

しかし、「道の駅赤来高原」（赤名ルート）の場合、走行ルートが環状であり、目的地となる施設もルートのあちこちに分散しているため、乗車バス停、降車バス停を明示的に入力する必要が高まった。そのため、図 7-5 のようにユーザ予約システム（一般利用者向け）のインターフェースを改良し、乗車バス停、降車バス停、さらに、どの便に乗るかを選択可能にした。

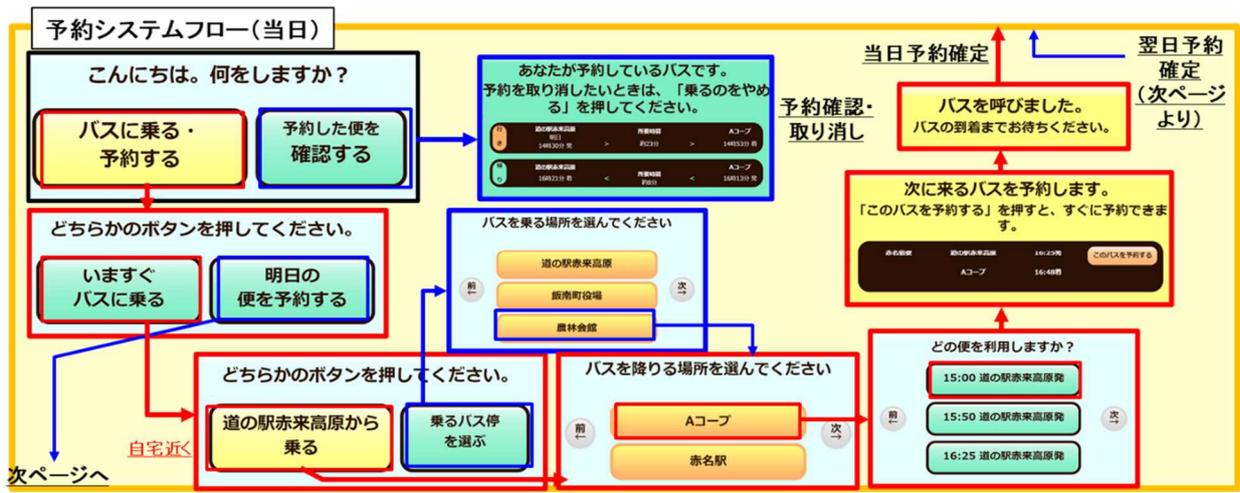


図 7-5 予約機能の高度化（ユーザ予約システムフロー）

(3) 評価メンバーによるシステム評価

かみこあにと同様に、赤来高原でも評価メンバーによるシステム評価を実施した。システム評価の概要を以下に示す。

表 7-3 赤来高原での評価概要

項目	内容
評価内容	以下について、現地で実際に利用者予約を行いつつ、画面遷移、UI、要件どおりに機能が実装されているか等々を評価した。 ①乗車予約・予約状況確認機能
日付	2020年10月8日
現地確認要員	HIDO 光安、椎谷

表 7-4 赤来高原での評価結果 (1/2)

番号	チェック項目	チェック結果	担当	状況 (リスト選択)	赤来高原対応案 (リスト選択)	対応案理由・コメント (自由記入)	画面
1	利用者登録後、セキュリティコードを入力した後の画面	・表示された。内容も特に問題ないと感じた。	ジョルダン	-	-	-	
2	前の画面でバスに乗るを選択後の画面 (利用の準備)	・少し文字が小さいと感じた。	ジョルダン	-	-	-	
3	前の画面で道の駅赤来高原を選択した後の画面 (利用の準備)	・選択しているバス停が小さくて気づきにくい。というより相対的に間違っているので・・・というボタンが大きすぎる？ ・"間違い"という表現はどうか。一瞬、何か間違ったのかと思いきった。	ジョルダン				
4	前の画面で間違いがないを選択した後の画面 (これが2回目以降のTOP画面という位置づけ)	・表示された。内容も特に問題ないと感じた。	ジョルダン	-	-	-	

表 7-5 赤来高原での評価結果 (2/2)

5	前の画面で道の駅赤来高原から乗るを選択した後の画面	<ul style="list-style-type: none"> ・バス停名、時刻が小さすぎて読みづらい ・現在時刻と表記を揃えるべき ・あと何分後に発車するかを記載すべき 	ジョルダン				
6	前の画面でこのバスを予約するを押下した後の画面	<ul style="list-style-type: none"> ・あと何分後に発車するかを記載すべき ・予約したバスの情報を確認するというボタンを用意してもよいのではないか ・乗車に必要なものを掲載してもよい。(乗車カード：バーコード付き等) 	ジョルダン				
7	最初の画面で予約した便を確認するを押下した後の画面	<ul style="list-style-type: none"> ・バス停名、時刻が小さすぎて読みづらい ・現在時刻と表記を揃えるべき ・あと何分後に発車するかを記載すべき ・全体的に、バスという表現と便という表現が混在。使い分けのポリシーはあるか？そもそもバスではない？ 	ジョルダン				

赤来高原では、かみこあにでの評価結果を改善し反映したシステムバージョンをベースに実装しているため、かみこあにほどの確認された課題・不具合は多くなかった。

7.2. 活用評価を踏まえたシステム対策の検討・改修

道の駅赤来高原での長期実証実験では、実施期間中に運行管理者、運転補助者、利用者に対してヒアリングやアンケート調査を行い、課題の抽出や評価を実施した。喫緊に対応が必要な問題点については、その場で対応・改修を図ったが、他の地域に共通する課題については、一旦整理を行った上で、改めて対応策を検討することとした。

また、道の駅かみこあにでは、社会実装としてシステムが導入され継続運用しているため、赤来高原向けに実施した改良（代理予約機能、ユーザ予約機能の高度化）を反映するシステム改修を2020年10月に実施した。そして改めて事務局スタッフやユーザに対するヒアリングを行い、課題の抽出や評価を実施した。

赤来高原、かみこあにでの事務局での意見聴取の様子を図 7-6 に示す。



図 7-6 事務局での意見聴取の様子（左：赤来高原、右：かみこあに）

(1) 対応策の検討

上記意見聴取から得られた評価や改善課題、厳しい指摘等を集約し、得られた知見・結果を表 7-6 にまとめた。得られた知見の中には、自動運転車両を地域で走らせること自体に関することや、システムの仕様・操作方法に関わる細かな部分まで、重要で幅広い知見を得ることができた。

これらの中で、特にシステムに関連する部分で注目されたのは、特に地方に住む高齢者が、どれだけスマートフォン等の IT 機器を使いこなすことができるか、という点である。研究開始当初より、地域の高齢者はスマートフォンを使いこなすのが難しいため、スマートフォンによるユーザ予約は操作を極力簡単にするように心掛けてきたが、実際にはそのような高齢者はそもそもスマートフォン自体を所有しておらず、殆どが事務局へ電話して予約してしまう。そのため、事務局の作業軽減のために利用者管理機能に代理予約入力機能を追加したが、スマートフォンによるユーザ予約数は伸びておらず、結果として事務局に常にオペレーターが必要な状況が続いている。

表 7-6 長期実証実験・社会実装から得られた知見・結果

分類	知見・結果
一般車両との共存	・地域内道路では総じて自動運転車両による混雑等の問題はなく、地域で一定の理解が得られている。次段階として、 サービスの周知活動(予約方法、利用促進などの広告)展開 があってもよい
システム全般	・IT機器の操作に不慣れな方(高齢者を含む)に対するきめ細やかな フォローが必要 (文字を大きく、入力しやすくなど)。 ・一方で高齢者の スマホ利用者も増えている ことを確認
予約の方法	・スマホによる予約よりも今は電話による予約が多くを占める。 予約のオペレーターが必要な状況にはある 。 ・予約のGUIにまだ不評な意見が多い。 GUIの改善が必要 。
乗務員	・自動運転走行時、乗務員によるきめ細やかな右左折、停止、始動等の声掛けが安全な運行上重要。この知見をシステムに生かせないか。
運行管理センター	・運行管理センターのスタッフは、地域住民からの問合せに的確に回答できるよう、システムの操作に加えて、 自動運転サービスの背景、経緯、運用方法 等の状況の把握が重要。 説明機能の必要性あり 。
運行時刻等の表示	・運行に関する情報(出発時間:特にデマンド予約)、現在の運行状況等を リアルタイムで広く周知 することが重要。
レベル4の導入	・レベル4区間の走行時の何らかの情報提供サービス等があると良い。(ガイド的な機能、取り組みの説明や将来性など)
車両の運行台数	・上小阿仁では3ルートが整備されており、それを1台の車両で運行。 ・3ルートを1台の車両で運行しているため、複数の同時デマンド予約が 困難 。 複数車両の配置 が課題。 ・ 予約システムが複雑になってしまう 点が課題
運行管理	・上小阿仁村は冬季の気温がマイナスになり、車両に搭載した監視カメラの適用性能を超えたため、映像の遮断が発生する課題が生じた(冬季の仕様にも耐え、かつ安価なカメラが必要)。
システムの総合運用	・IT機器に不慣れな運行管理センターのスタッフが問い合わせできる アーキテクチャシステムの総合窓口 が必要。 ・ 遠隔での管理はおおむね可能 なことが確認
ルート	・運用開始後に住民からのニーズによりルート(バス停)が追加されることがあるため、 柔軟なシステム運用・改良 が必要。

一方で、スマートフォンを使いこなせる高齢者も着実に増加している。これらの人々にとっては、現在の簡単な GUI (グラフィカルユーザインタフェース) では、きめ細かい予約操作 (複数人予約、1週間先までの予約、複数予約の個別解約など) ができず、使いにくいという声も上がっている。利用者の IT 機器に関する知識 (IT リテラシー) をどの程度に想定するかが重要な課題である。

また、利用者だけでなく、事務局スタッフの IT リテラシーも重要な課題である。今回の場合、赤来高原の事務局スタッフの中に年齢の若い IT リテラシーの高い、PC 操作に慣れた方がいたため、利用者管理など事務局側のシステム操作を比較的スムーズに行うことができた。一方で、かみこあにて事務局を担当された方は、PC 操作の経験が殆どなく、一連の操作を習得するのにかなり時間がかかった。実際、使用開始後も何度も問合せが来ており、今後全国展開を行う場合など、アーキテクチャシステムのサポートを行う「総合窓口」の必要性が感じられた。

その他の気になる課題として、運行開始後に住民からのニーズによって停留所、ルート、時刻表が変わったり、運行形態が定時運行からデマンド運行に変わったりした場合の対応方法が挙げられる。アーキテクチャシステムでは、これらのデータは GTFS によって定義されており、変更する場合は、西沢ツールなどの GTFS 作成用ソフトウェアを使用してデータを再定義する必要があるが、運行管理者の IT リテラシーが求められるため、地域に任せるにはかなり難しいのでは

ないかと思われ、今後の対応方法を検討する必要がある。

(2) アプリ・API等の改修

A) ユーザビリティに配慮したWEBデザインの改善

IT機器に不慣れな地方のユーザや事務局スタッフにとって使いやすくなるように、WEB画面のデザインを改善した。

事務局で運行管理者が使う利用者管理、予約管理機能については、メニューボタンの文字を大きく、アイコンや色使いを工夫することにより、直感的に選択できるように改良した。一方、利用者向けのスマートフォン用予約システムの画面について、元々横長のタブレットを想定して作られており、縦長の画面では文字が小さくなる問題があったため、画面表示を再設計し、文字を大きくして高齢者にも読みやすくなるようにした。



図 7-7 WEBデザインの改善

B) 運行管理／乗降管理の改善

これまで自動運転車には、位置情報を取得するためのスマートフォンと、乗降管理を行うためのミニPCの2台の端末が搭載されていたため、運転席回りが混雑し、配線も複雑になっていた。また、今後全国展開を図るためには、導入時の機器コストを下げる必要があるため、車内搭載機器の統合化を図り、1台のタブレットで位置情報収集と乗降管理の両方が実行できるようにした。

車載されたタブレットで収集した位置情報（緯度、経度）はクラウド上のサーバに送られ、事務局や利用者の位置情報画面で自動運転車の位置を把握することができる。また、タブレットに接続したバーコードリーダーで利用者カードに印刷されたバーコードを読み込むことで、利用者がどのバス停で乗車、降車したかを把握することができる。また、現在の位置情報と運行ダイヤを比較することで、次のバス停の表示や遅れ時間を表示するなど、運行管理者やドライバーを支援する機能を備えている。



図 7-8 運行管理／乗降管理の改善

C) 利用者機能の改善

①サブスク型の利用形態への対応

これまでに実施された自動運転サービスの社会実装、長期実験における利用形態は地域毎に異なっており、一回乗車券、回数券に加えて、定期券などのサブスク型を設定する地域も現れた。そのため、システム側でもこれらの利用形態に対応した。

事務局で利用者が購入した乗車券情報を設定すると、乗車時にバーコードリーダーで利用者カードを読みとった時に購入済み乗車券情報と照合し、回数券ならば減算処理を、定期券なら利用日と期限を照合し、不足があればドライバーに通知して、乗降時に料金を徴収することが可能になる。

②利用者予約インターフェースの改善

前述したように、赤来高原からは当日予約時の乗車／降車バス停、便（時間）の選択が可能とされていたが、利用者のニーズに合わせ、以下の機能を追加することとした。

- ・ 当日と翌日のみの予約を、一週間先まで予約可能に変更
- ・ 1回1人だけの予約を、複数人（上限4人）まで予約可能に変更
- ・ 便を個別に指定することも、あらかじめ設定された予定で往復予約することも可能
- ・ 往復など複数の予約がある場合、個別に予約をキャンセル可能

これらの機能追加により、利用者のきめ細かいニーズに応えた予約が可能になった。一方、選択できる項目を増やすため、予約のためにボタンを押す回数が増えたことで、高齢者にとって使いにくくなっていないかを、今後慎重に確かめる必要がある。

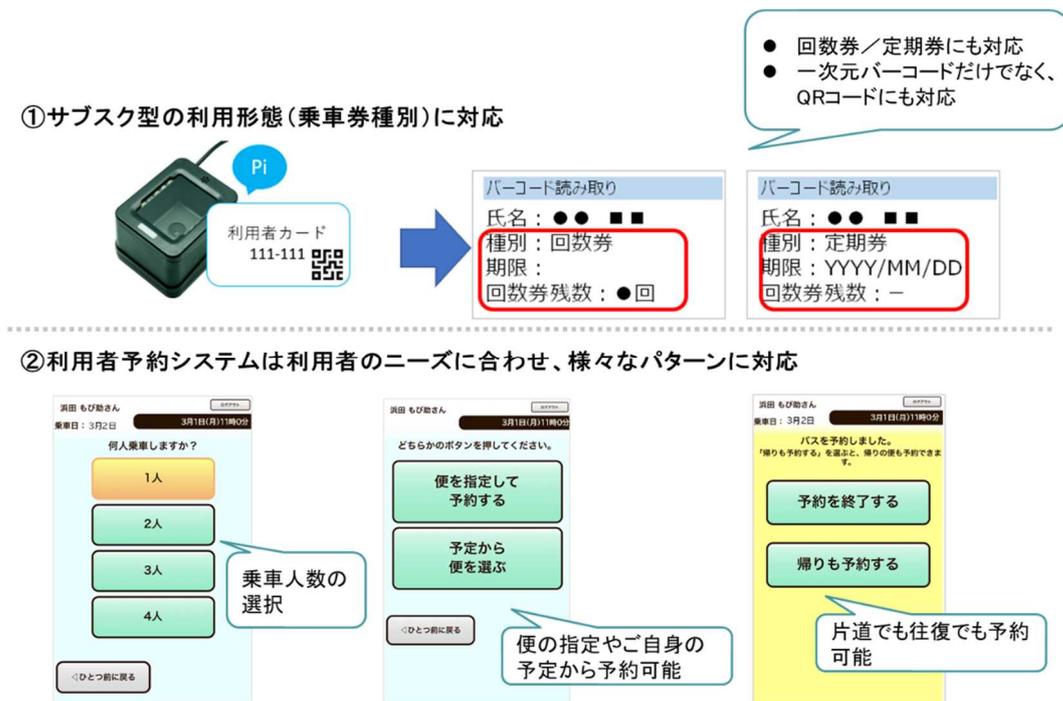


図 7-9 利用者機能の改善

第8章 地方での導入を支えるシステムパッケージの検討・設計及び開発

前章までで取り組んだ成果や得られた課題を踏まえ、地方の自動運転サービスを運行する運行管理者が自動運転サービスの展開を図ることが可能なシステムパッケージの検討・設計及び開発を行った。

実験的な利用ではなく、実サービスとして適用可能なシステムパッケージとして現場で実践できるように、クラウドサーバ上に機能を実装し、車載器、事務局、利用者の各端末側はブラウザ上でシステムが動作するようにした。これによりシステムの更新や保守を遠隔で行うことができ、全国どこでも常に最新のシステムを利用することができる。また、車載器や監視カメラを統合型とし、汎用のタブレットやネットワークカメラを用いて導入時やランニング時のコストを抑えて、コスト制約が大きい中山間地の自動運転サービスであっても導入可能となるよう配慮した。

8.1. システムパッケージの検討

標準システムとなるシステムパッケージの検討を行った。図 1-1 事業実施フローの②から⑥の検討から得た展開スケジュールの見直しを行い、成果として開発するためのシステムパッケージの構成を取りまとめた。

(1) システムパッケージの検討方針

アーキテクチャシステムは、中山間地域における自動運転サービスの運用を支援するための重要なツールの一つである。本システムは、クラウド環境で一括して動作しており、システムパッケージ化を行うことで、メンテナンスの効率化と迅速化が図れる。また、各地域でシステムを構築する場合に比べて、クラウド環境のリソースの最適化が図れるため、運用コストの削減が見込まれる。一方で、システムパッケージには、一般的に様々な考え方があることから明確な定義を示しておく必要がある。

以上を踏まえて、システムパッケージを検討する際の基本方針を以下に示す。

【検討方針】

方針①：各地域が共通して利用できる標準システムを構築する。

方針②：標準システムに対して、各地域のニーズをカスタマイズする運用とする。

方針③：標準システムはドキュメントとして書面化し、カスタマイズの必要性を書面から各地域が確認、把握できるようにする。

(2) システムパッケージ化に関する検討

1) システム機能に関するパッケージ化の検討

本システムは、下図に示す利用者情報、予約情報、乗降情報等の各種情報を登録、管理する機能を有している。



図 8-1 本システムが有する機能のイメージ

これまでに秋田県上小阿仁村、島根県赤来高原において本システムが利用された。この2地域では以下のような運用の特徴を有していた。

このように2箇所の地域でも運用方法が大きくことなることから、今後、他の地域へのシステム展開を考えると、システムパッケージ化を図り、そのうえで、地域のニーズに合致したカスタマイズを実施することが望ましいと考えた。次頁にパッケージ化のイメージを示した。

【上小阿仁村の事例】

- ・デマンド運行と定時運行の2種類の運行方法を採用。
- ・ルートは3ルートでそれぞれデマンド運行、定時運行がある。

【赤来高原の事例】

- ・定期便のみの運行を採用。
- ・完全利用者登録制。
- ・ルートは1ルートのみ。

システムパッケージでは、上述したように各地域で求められる機能要件が異なるため、標準的な機能を構築することにした。標準的なシステムの定義は以下の通りである。

【標準的なシステムの定義】

定義①：運行ダイヤは定期便とする。運行日、運休日は予め決めておく。

例：平日のみ運行等。

定義②：利用者は事前登録制とするが、視察、観光用に臨時カードを発行する。

定義③：料金は回数券、定期券、都度払いとする。代理支払いは行わない。

定義④：予約制とする。予約がない利用者が乗車する場合は、予約者優先とする。

定義⑤：予約は利用者が自らインターネット上で本システムから実施する方法と、運行管理センターで電話などによる代理予約とする。

定義⑥：運行ルート、バス停は予め決められた箇所とする。

上述した標準的なシステムの定義に記載されていない以下の要件は、基本的にカスタマイズとなる。

【カスタマイズとなり得る機能要件】

要件①：デマンド運行。運行日が季節や月等で変動する場合。

要件②：利用者の事前登録を行わない場合。

要件③：キャッシュレス、チャージを行う場合。代行支払いを行う場合。

要件④：複数人予約を行う場合で、予約時に各利用者を特定する必要がある場合。

要件⑤：ルート、バス停がフリーの場合。

要件⑥：自動運転車両とコミュニティバス、電車等の他の公共機関との乗り継ぎ。

下表に標準的なシステムとして構築、展開される機能と地域毎にカスタマイズが望ましい機能を示した。標準とカスタマイズの両方に「○」が記載されている機能は、標準では上述した機能が利用できるが、カスタマイズによりデマンド運行や利用者カードを不要としたその都度現金払い等で運用するイメージである。

表 8-1 本システムの標準機能とカスタマイズ機能の一覧 (1/2)

システム区分	大項目	画面名	機能名	標準	カスタマイズ
運行管理システム	管理者ユーザ管理	トップ画面	管理者認証機能	○	
		管理者ユーザ管理画面	管理者ユーザ登録機能	○	
			管理者ユーザー一覧表示機能	○	
	利用者管理	利用者情報登録画面	利用者登録機能	○	
		一覧表示画面	利用者一覧表示機能	○	
			一時保存確認機能	○	
			利用者検索機能	○	
			利用者一覧出力機能	○	
			定期券・回数券の発行機能	○	
			定期券登録機能	○	
			回数券登録機能	○	
	チャージ機能（予定）	-	○		
	運行管理	地図表示画面	地図表示機能	○	
			地図操作機能	○	
			最新情報表示機能	○	
			レイヤ設定機能	○	
			車両の位置情報取得機能	○	
			ロケーション管理機能	○	
			車両情報表示機能	○	
			バス停情報表示機能	○	
			バス停到着判定機能	○	
			車両の予定到着時刻表示機能	○	
			車両の遅れ時間表示機能	○	
	カメラ表示	カメラ映像表示画面	ネットワークカメラ映像表示機能	○	○
	乗降管理	乗降管理画面	乗降情報登録機能	○	
			乗降情報一覧表示機能	○	
			乗降情報検索機能	○	
乗降一覧出力機能			○		
乗車情報取得機能			○		
乗降バス停判定機能		○			
	—	見守りサービス機能	○	○	
予約管理	予約管理画面	代行予約登録機能	○	○	
		予約情報一覧表示機能	○	○	
		予約情報検索機能	○	○	
		予約一覧出力機能	○	○	
		予約情報取得機能	○	○	
利用者システム (予約管理)		予約状況表示機能（きょう・あした）	○	○	
		運行状況表示機能	○		

表 8-2 本システムの標準機能とカスタマイズ機能の一覧 (1/2)

システム区分	大項目	画面名	機能名	標準	カスタマイズ
バーコードシステム	車両選択	ログイン画面	車両選択機能	○	○
		運行便選択画面	運行便選択機能	○	○
			運行開始バス停選択機能	○	○
	利用者認証	バーコード番号読取画面	バーコード認証機能	○	
	乗降管理		乗降情報取得機能	○	
			乗降情報送信機能	○	
	運行情報表示	地図表示画面	位置情報送信機能	○	
			利用者情報取得機能	○	
		運行状況表示画面	利用者情報表示機能	○	
			バス停位置表示機能	○	
			車両の現在位置表示機能	○	
			便情報表示機能	○	○
			予約情報（乗降人数）表示機能	○	○
	運行ダイヤ表示機能	○	○		
バス停到着判定機能	○	○			
利用者システム （一般公開）	運行情報	地図表示	遅れ時間表示機能	○	○
			現在の停留所表示機能	○	○
	次の停留所表示機能		○	○	
	地図表示機能		○		
	地図操作機能		○		
	最新情報表示機能		○		
	レイヤ設定機能		○		
	ロケーション管理機能	○			
	乗車情報表示機能	○			
	バス停情報表示機能	○			
停留所設定	乗車停留所の設定画面	乗車停留所の設定機能	○	○	
乗車予約	バスに乗る・予約する画面	車両の予定到着時刻表示機能	○	○	
		車両の遅れ時間表示機能	○	○	
	予約確認画面	乗車日の選択機能	○	○	
車両監視システム	利用者認証	ログイン機能	利用者認証機能	○	
	車内カメラ映像	—	車内カメラ映像表示機能	○	○
	車外カメラ映像	—	車外カメラ映像表示機能	○	○
	音声通話	—	音声通話機能	○	○

2) 車載器のパッケージ化に関する検討

自動運転車両（ヤマハのカートタイプを想定）は、小型のため多くの機器を置くことが困難である。また、多くの機器を設置することは、電力を多く必要とし、乗務員等の設置の負担が増大する問題が発生する。そこで、車載器のパッケージ化について以下で検討をした。なお、前提条件を以下に示す。

〔前提条件〕

- 多くの機能を有するタブレット端末を利用する（耐候性が高い機種が望ましい）。
- タブレット端末にバーコードリーダーを接続し、利用する。
- バーコードは、現状の1次元バーコードのほか、2次元バーコード（QRコード）も利用するため、どちらも読み取り利用可能とする。
- 位置情報は、車両の位置把握及びバーコード読み取り時に位置情報を取得し、当該利用者の乗降管理も行う。
- 表示する地図は、低コスト化のため無料で利用できる「地理院地図」等を使用する。なお、地図は表示／非表示を選択できるようにする。
- 運行管理システムと同様に遅れ時間を表示する。
- 乗り換え情報（自動運転サービスから路線バスに乗り換える、駅で電車に乗り換える等）は、静的なデータのみ取り扱うこととし、予め各地域からデータを収集する。



図 8-2 車載器のパッケージ化のイメージ

(3) セキュリティ対策の検討

アーキテクチャシステムは、全国の中山間地域の自治体や地域に導入を目指す。一方で、昨今のセキュリティインシデントは多岐に亘り、複雑化、巧妙化しているため、全国展開にあたり、本システムのセキュリティに関する考え方、方針、対策を検討した。

【検討方針】

- ◆独立行政法人情報処理推進の「安全なWebサイトの作り方」に基づき、ソフト対策を実施。
- ◆機密レベルを設定し、レベル毎の運用方法を明確化。
- ◆情報リテラシーが低いと考えられる地域、年齢層の方が運営する場合には堅牢なセキュリティ対策を講じる。

セキュリティ対策を検討するにあたり、本システムが保有する情報項目に対する機密レベルの定義を行った。機密レベルは、下表に示す通り、4つのレベルで区分した。

機密レベルに対して、情報を管理していく必要がある。

次頁にこれまでの導入実績から得られた想定されるリスクと解決策を示した。

表 8-3 機密レベル定義表

機密レベル	定義	管理方法	中山間地域での課題
レベル4 【極秘】	重要事項でかつ機密に属するもので、最小限の管理者	データベースの暗号化 ※管理者のパスワード	— (コンソスタッフのみが対象)
レベル3 【秘】	開示範囲外に情報が流出した場合、アーキテクチャ事業等に影響を与える情報。	データベースのセグメントを分離 紙面の場合は施錠された場所に保管 ※利用者の個人情報	・情報リテラシーの低いスタッフによる持ち出し、置き忘れ等 ・PWの使いまわし、パソコン等に貼るなどの行為
レベル2 【組織外秘】	原則として、運行管理センタースタッフ以上のレベルの権限を有する者のみが利用可能な情報。組織外に漏らすことを禁じる。	IDとPWで認証されたコンソスタッフ、運行スタッフのみが利用可能 ※見守りサービスの利用状況（乗車したことがわかると、留守がばれる）	・上記に加えて、住民間の世間話などでの情報漏えい
レベル1 【公開情報】	機密情報以外の一般に開示した情報または公知の事実として推定される情報。	運行のスタッフが適宜保管	—

現状におけるリスクと解決策を下表に整理したが、今後も継続してリスク分析と解決策を整理していく必要がある。特に留意すべきことは、本システムの活用地域が中山間地域を想定しているため、個人により情報リテラシーが大きく異なることである。

表 8-4 想定されるリスクと解決策

No.	想定されるリスク	解決策
1	【利用者情報が漏洩する（紙面から）】 スタッフへの定期的な教育訓練を行ったとしても、紙面からの漏洩が発生する可能性がある。	利用者情報はシステムで管理する（電子化） シュレター等の紙面を残さない運用を徹底
2	【車内映像から個人が特定】 運行状況を把握するために車内映像をインターネット上で確認するが、もし一人暮らしの高齢者が乗車していることが判明すると、不在がわかり窃盗につながる可能性がある。	車内映像は事業主体のみが閲覧できるようにする
3	【システム不具合（連携ミス等）で自動運転の運行が停止】 車内にパソコンもしくはタブレットを設置して乗車管理を行うが、冬季は機器が故障する可能性がある。その際、予備器を導入するが、その保管状況が煩雑になり、紛失の恐れがある。	日々の運用開始時、終了時にチェックリストで機器の有無を管理する。
4	【利用者カードの偽造による不正乗車】 バーコードカードは誰でも作成可能な反面、不正に偽造できる	バーコードカードからQRコードへの変更する
5	【車内機器の盗難による情報漏洩】 車内にはパソコン等を設置するが、おき忘れによるサーバへの不正アクセスが懸念される	盗難防止チェーンの設置と未運行時は運行管理センターに持ち帰る運用を徹底する
6	【見守りサービス利用者の乗車が周知される（留守になる）】 見守りサービスを利用している高齢者が乗車したことが判明すると、留守であることがわかり、窃盗に発展することが懸念される	利用者情報はシステムで管理する（電子化） シュレター等の紙面を残さない運用を徹底
7	【住宅が少ない地域で個人宅が判明】 見守りサービスを利用している高齢者が乗車したことが判明すると、留守であることがわかり、窃盗に発展することが懸念される	利用者情報はシステムで管理する（電子化） シュレター等の紙面を残さない運用を徹底

8.2. システムパッケージの設計・開発

Stage1 の機能を中心に、標準システムとなるシステムパッケージを構築した。特に地方の複数の自治体で幅広く運用・適用が可能なサービスとなるよう、低コストで汎用性の高いものを構築することを目指した。

(1) システムパッケージの設計・開発

前項まで検討したシステムパッケージの構築を行った。本システムは下図に示すように予約、利用者登録、運行管理等の様々なサブシステムから構築されている。各地域では、運用方法、情報管理方法等を踏まえて、必要な機能を活用することができる。

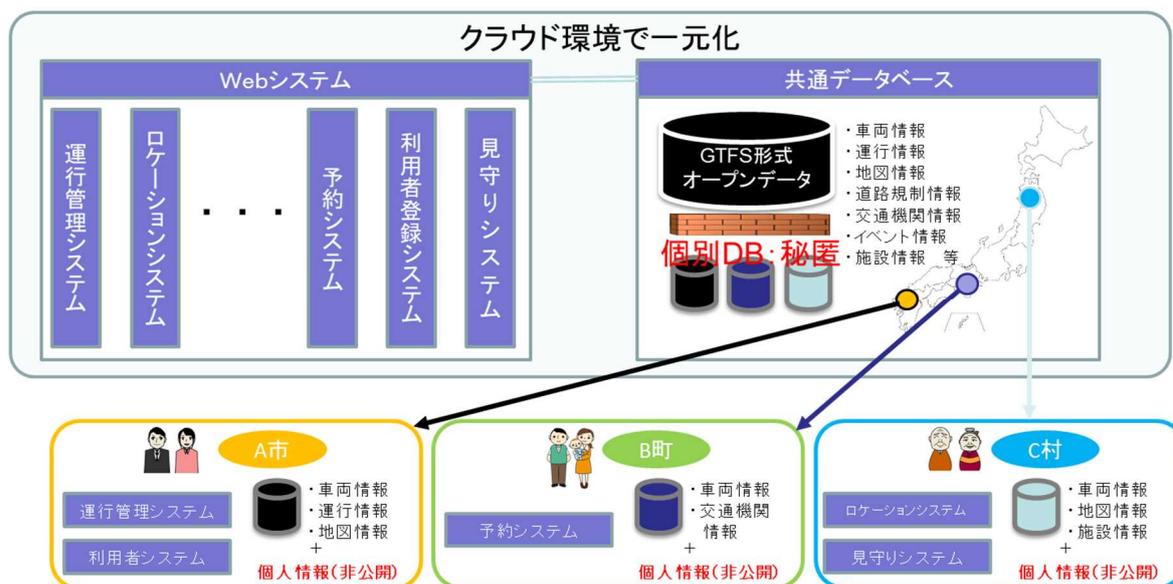


図 8-3 システムパッケージのイメージ

また、次頁以降に構築したシステムの主な画面イメージを記載した。

【運行管理システムのトップ画面イメージ】

- 情報リテラシーが高くない方、高齢者でも一目でわかるようにボタンや名称をわかりやすく明示。



図 8-4 運行管理システムのトップ画面イメージ

【運行管理システムの利用者一覧画面イメージ】

- 一画面で支払い方法、最寄りのバス停等、利用者の情報が一目でわかるよう工夫。

The screenshot shows a user list page with a table of users. Above the table are buttons for '検索条件指定', 'CSV出力', and '新規登録'. A note says 'は一時保存された情報です。'. The table has columns for '氏名', 'フリガナ', '性別', '最寄りのバス停', '年齢', '電話番号', '定期券有効期間', '回数券', 'バーコードNo.', 'セキュリティコード', '登録日', and '更新日'. The table contains 15 rows of user data.

	氏名	フリガナ	性別	最寄りのバス停	年齢	電話番号	定期券有効期間	回数券	バーコードNo.	セキュリティコード	登録日	更新日
修正 削除	テストテスト		男性		56	0987654321		新規	1122334455667	567-890	2021/03/11	2021/03/11
修正 削除	山田 太郎	ヤマダ タロウ	男性	道の駅赤米裏	56	0924180001		新規	1234567890124	000-002	2020/12/21	2021/02/22
修正 削除	辻 健太郎	ツシケン タロウ	男性	農村会館	42		2021/02/25~2021/04/24	新規 延長	2222222222233	222-222	2021/01/24	2021/02/08
修正 削除	ああああ いいいい		男性		56		2022/02/28~2022/04/27	新規 延長	1111122223333	111-111	2021/02/05	2021/02/05
修正 削除	中瀬 中心	ナカハラ チュウヤ	男性	郵便自動車	112		2021/01/25~2021/04/24	新規 延長	1927102219271	999-123	2021/01/25	2021/02/03
修正 削除	赤米 太郎	アカギ タロウ	男性		56			新規	1234567890122	690-351	2020/12/21	2021/01/28
修正 削除	aaaaaaaaaaaaaaaaaaaa		男性		56			新規	111111111111111	111-111	2021/01/25	2021/01/25
修正 削除	三山 響子	ミヤマ ヒルコ	女性	飯岡町役場	58		2021/02/16~2021/03/15	新規 延長	4567890123456	835-019	2020/12/21	2020/12/22
修正 削除	テスト 太郎		男性		56		2020/02/01~2021/04/30	新規 延長	1234567890123	000-001	2020/12/22	2020/12/22
修正 削除	芦北 次郎	アシキタ ジロウ	男性		59		2021/02/05~2021/05/04	新規 延長	5678901234567	869-544	2020/12/21	2020/12/21
修正 削除	奥永源寺 花子	オクエイゲンジ ハナコ	女性		55			新規	2345678901234	527-020	2020/12/21	2020/12/21
修正 削除	高島 一郎	タカハタ イチロウ	男性		57			新規	3456789012345	992-030	2020/12/21	2020/12/21
修正 削除	試験 利用者		男性	福島駅前	56			新規	9999999999123	999-123	2020/12/08	2020/12/08

図 8-5 利用者一覧画面のイメージ

【運行管理システムの地図表示画面イメージ】

- 車両の位置、バス停、ルートを明示。バス停をクリックすると遅れ時間等を表示。



図 8-6 地図表示画面のイメージ

【運行管理システムの予約修正画面イメージ】

- 予約された情報は運行管理センターで簡単に修正可能。



図 8-7 予約修正画面のイメージ

(2) タブレットシステムの設計・開発

車載器のパッケージ化で検討した内容に基づき、タブレット端末に機能を集約したシステムを構築した。下図は車載器の機器の統合化のイメージである。

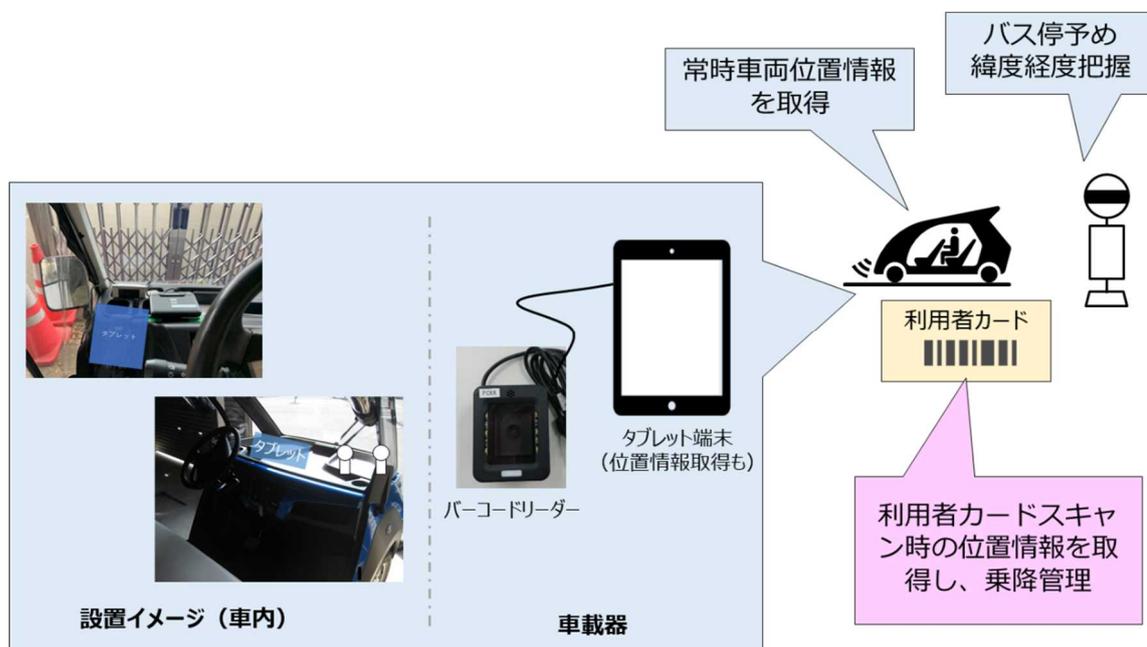


図 8-8 車載器の機器の統合化のイメージ

タブレットシステムでは、自動運転車両の乗務員が次のバス停の位置、運行ダイヤとの時間差、予約の状況を確認するための重要な情報を確認することができる。このため、地図とダイヤを2画面で表示するものとした。以下にタブレットシステムの画面イメージを示す。



図 8-9 タブレットシステムの画面イメージ

8.3. システムパッケージの実装

(1) 各種マニュアルの作成

パッケージシステムの実装にあたり、円滑な運用を目的に下表に示すマニュアルを作成し、実装地域のスタッフ等に配布をした。

表 8-5 作成した各種マニュアル一覧

No.	資料名	概要
1	運行管理システムマニュアル	利用者登録、乗降管理等のシステム全体の操作マニュアル
2	代行予約機能利用マニュアル	運行管理システムで代行予約をするための操作マニュアル
3	車載器利用マニュアル	車載器の利用方法を記述した操作マニュアル
4	利用者カード作成マニュアル	利用者カードの作成方法を記述した操作マニュアル
5	予約機能マニュアル	利用者がインターネットを介して予約システムにアクセスして、予約を行う際の操作マニュアル

(2) システムパッケージの実装

8.2 で構築した標準システムを稼働させ、「地方部における自動運転サービス」の長期実証実験、社会実装エリアを対象に実装した。システムパッケージのサービス実現イメージを以下に示す。

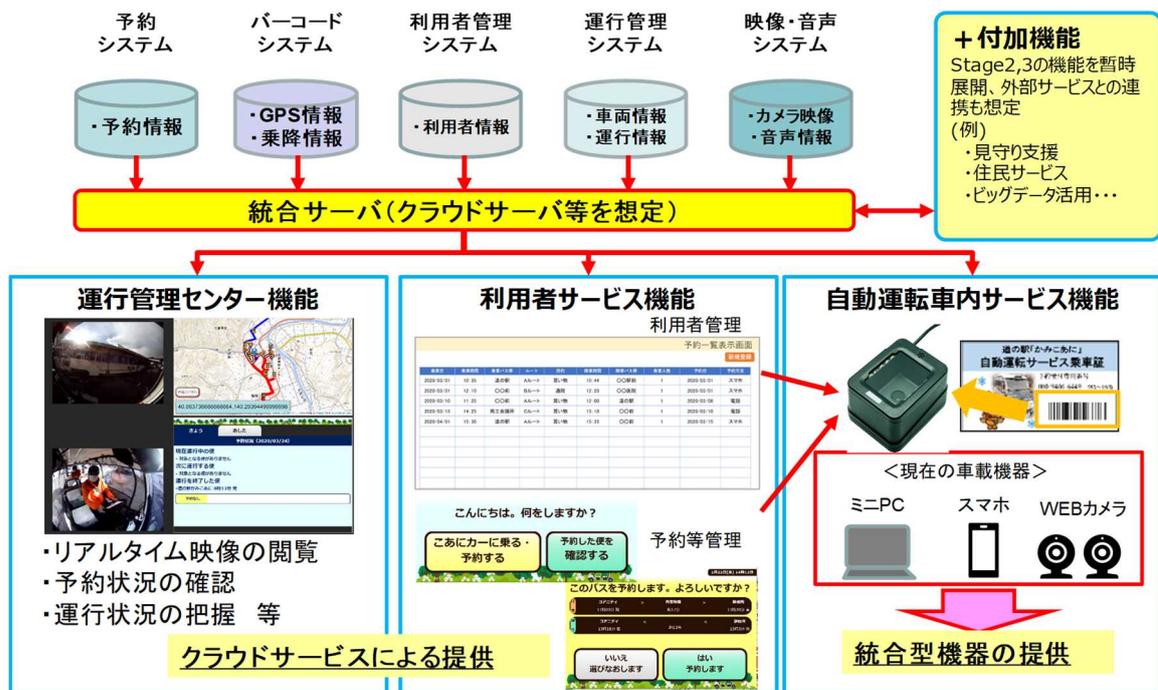


図 8-10 サービス実現イメージ

第9章 サービスの社会実装に向けた協議・サービスの適用

各地域にシステムパッケージを実装していくために必要な調整・協議支援を行うとともに、各地方でシステムの実装や利用（オペレーション）が可能となるようにするための運用支援を行った。

9.1. 社会実験に向けた協議支援

別途行われる道の駅自動運転の実証事業と連携を図りながら、サービスを実装レベルに繋げるための関係各所との調整・協議を行った。具体的には、関係各所（本研究開発メンバー＋自動運転現地対応メンバー）との調整・協議の場として、月 2-3 回の定例会を設置することで対応を図った。

以下に、これまで実施した定例会（サービス WG）の開催概要と主要議題を示す。

表 9-1 定例会（サービス WG）の開催概要と主要議題

回	日付	主要議題
1	2020/12/1	<ul style="list-style-type: none"> ・イントロダクション ・各箇所がアーキテクチャシステムに求めるもの
2	2020/12/8	<ul style="list-style-type: none"> ・ダッシュボタン、TV システムとの連携等について ・奥永源寺、みやま、でこぼんなどの検討状況の共有
3	2020/12/15	<ul style="list-style-type: none"> ・恒久化事業との連携（一部内容を吸収）することについて ・各種外部システムとの連携方針について ・かみこあにの観光連携案について
4	2020/12/22	<ul style="list-style-type: none"> ・赤来高原システムのデモ ・JCOMM 会議の情報共有
5	2021/1/19	<ul style="list-style-type: none"> ・上小阿仁視察（奥永源寺チーム）からの課題共有 ・東急 TV プッシュシステムのヒアリング結果 ・奥永源寺の旅行計画について
6	2021/1/26	<ul style="list-style-type: none"> ・利用者向けシステム、管理者向けシステムに関する試用意見の集約 ・奥永源寺、みやま、赤来高原に関する予定サービス内容の共有
7	2021/2/9	<ul style="list-style-type: none"> ・システム試用意見に対するアーキチームからの方針説明 ・東急 TV プッシュシステムの費用感等の共有、意見交換 ・SIP 成果発表会で放映する動画の作成に関して
8	2021/2/16	<ul style="list-style-type: none"> ・システム試用意見に対するジョルダン見解の共有 ・奥永源寺向けシステム構成について ・明日以降の予約や予約取り消し機能の実装に関して
9	2021/3/2	<ul style="list-style-type: none"> ・乗車カード、セキュリティ番号の扱いについて ・みやまのダイヤ、ルート、サービス内容等について ・システム名称の募集について
10	2021/3/9	<ul style="list-style-type: none"> ・運行、運休日の設定について ・ライトニングトークでの発表内容について

上記の議論に加えて、サービス実装に向けた各種協議を進める上で、他の先進事例も参考にしつつ、サービス WG の場において、各地域でのサービス提供のあり方を検討した。システム導入事例として収集した事例を以下に示す。

1) クルクル（南花台における地域住民移送プロジェクト）

No.	01
サービス名称	クルクル
キーワード	乗車フリー、デマンド機能、ドライバーへの情報提供
事業主体	住民中心の組織（映つく南花台.com サポート事務局）
関係者	大阪府、河内長野市社会福祉協議会、南花台自治協議会、関西大学、株式会社コノミヤ、株式会社 NTT ドコモ、関西電力株式会社
サービス提供地域	大阪府河内長野市（南花台）
サービスの特徴 （スキーム面、ビジネス面、体制面等）	<ul style="list-style-type: none"> ● サービス導入のステップが着実かつ地元ニーズ在りき、の好例 ● “地域住民が住み慣れた場所で多世代でふれあいながら住み続けられるまち”をコンセプトに、様々な企業の協力、公的支援を活用し、まず、地域の拠点整備を行い、地域活動を活性化させた。 ● その後、地域内で必要な移動サービスとしてグリーンスローモビリティの導入実証実験を開始した。移動サービスに関する具体的特徴は以下参照。 <div style="text-align: center;">  </div> <p>【特徴1】 地域住民主体で社会福祉協議会支援による運行</p> <p>【特徴2】 AIを活用した予約システムによる効率的な運行</p> <p>【特徴3】 地域内の電柱342本を乗降ポイントとしたデマンド運行</p> <p>【特徴4】 地域に愛される商業店舗との連携による運行 (運行拠点・電気の提供)</p>
サービス概要	<ul style="list-style-type: none"> ● 人口減少・高齢化が進む中で、高齢者の移動支援や免許返納への不安解消を図るため、市、府、市社会福祉協議会、南花台自治協議会など

AI アーキテクチャ
事業において参考
になる点(システム
構成、運用方法、デ
ザイン・UI 等々)

〔スマートフォンの画面〕



目的地を選んで予約

アプリ・WEB予約



＼ ご乗車の際はアンケートにご協力をお願いします ＼

- 運行日 月・木曜日 (12/30・1/2・1/6を除く)
*天候・その他の事情により運休する場合があります
- 運行時間 9:30～16:00
- 乗車予約可能時間 アプリ・WEBでの予約 ⇒ 9:00～16:00
電話での予約 ⇒ 9:15～16:00
- 乗車予約・乗り降りの流れ



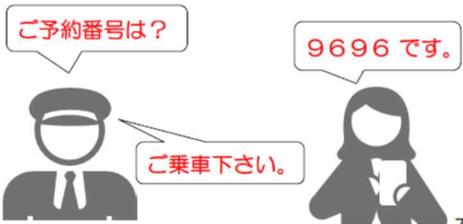
ポイント：明日乗るとか○時間後に乗る選択肢はない（確実に乗りたい人向けではない）

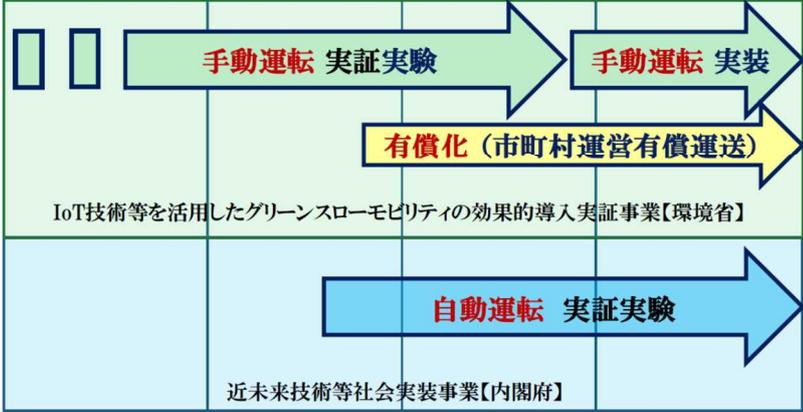
運転席側

運行管理画面がダッシュボードにあるとよい ⇒ドライバーが確認できる

次の目的地は南花台小学校です！

車載タブレット



<p>今後の予定</p>	<ul style="list-style-type: none"> 今後の予定は以下の通り <p>段階的な検証を重ねながら、着実に価値ある移動支援の実装モデルを構築する。</p> <p>2019年度 2020年度 2021年度 2022年度～</p> 
<p>参考 URL</p>	<ul style="list-style-type: none"> クルクル概要 (http://nankadai.com/kurukuru)
<p>備考</p>	

2) 浜松自動運転やらまいかプロジェクト

No.	02
サービス名称	浜松自動運転やらまいかプロジェクト（第2回実証実験）
キーワード	予約・運行管理システム、定期便、WEBと位置情報を活用したドアの開閉
事業主体	浜松市（浜松自動運転やらまいかプロジェクト）
関係者	浜松市、スズキ、遠州鉄道、SBドライブ
サービス提供地域	静岡県浜松市庄内町（運行ルート図参照）
サービスの特徴 （スキーム面、ビジネス面、体制面等）	<ul style="list-style-type: none"> ● 実証実験の目的は、浜松市の交通課題を解決し、持続可能な公共交通のあり方を探るため、将来の自動運転の実用化を見据えた車両の予約・運行管理システムの検証及び、使い勝手等の面におけるユーザーニーズを収集すること。 ● 本サービスは事前登録制で、登録いただいた住民にIDを発行。登録情報は、氏名、年齢、住所など（スマホを持っていない方には、スマホを貸出し。料金収受は無し。） ● 主な体制は以下の通り。 ⇒浜松市：地元調整、関係機関どうしのつなぎ役 ⇒スズキ：車両提供（3台） ⇒遠州鉄道：ドライバー（2種免許保有）、基地の提供（舘山寺営業所） ⇒SBドライブ：ディスペッチャー（運行管理システム）の管理および遠隔監視員の配置（順風路に声をかけ、システムを連携） ● 各社、手弁当でプロジェクトを実施。
サービス概要	<ul style="list-style-type: none"> ● WEBより予約。利用者の予約確認方法は、MYページより確認可能。 ● スマホに慣れていない方に対しては、説明を行い、機器を貸し出し。 ● 遠隔監視センターおよび車内に設置したタブレット（図1）から予約が確認可能。 ● 乗車前の人の動きについては、特に管理していない。 ● 利用者OD（乗った停留所・降りた停留所）はSBドライブが一式管理。 ● 乗車時においては、利用者のスマホとディスペッチャーの位置関係および車両の停止が確認された際、スマホ側（WEB上）でドアを開けることができる。閉めるのは手動。



図1 車内に配置したタブレット（予約確認用）

- ・ 運行ルート：旧遠州鉄道白洲線を基準としたルートで、遠州鉄道株式会社館山寺営業所と桜台ショッピングセンター往復。（図2）
- ・ 実験のための交通規制はしていない
- ・ 距離：片道約 13km 所要時間：片道約 25 分
- ・ 定期便であるが、予約があった場合のみ運行
- ・ フリー乗降は無しで、廃止路線と同じ停留所を活用



図2 運行ルート

- ・ ダイヤについて、遅延情報を管理している
- ・ 停留所ごとの時刻表の時間と、車両到着時間より遅れを算出（1分単位）。
（位置情報での計算処理は行っていない。）（図3）
- ・ 利用者への伝達手段は、現状ではなし。



図3 遅延情報

- ・ 車内モニタリングの方法は、遠隔管理センターからカメラでモニタリング。(図4、5)
- ・ AIによる監視はなし(遠隔監視員が監視)。
- ・ 通信やGPSに異常があった場合はアラームが鳴り、遠隔監視員が対応。



図4 車両に設置された車内カメラ



図5 遠隔管理センターの画面

AI アーキテクチャ事業において参考になる点（システム構成、運用方法、デザイン・UI 等々）

・ 予約システムのシステム構成は以下の通り。

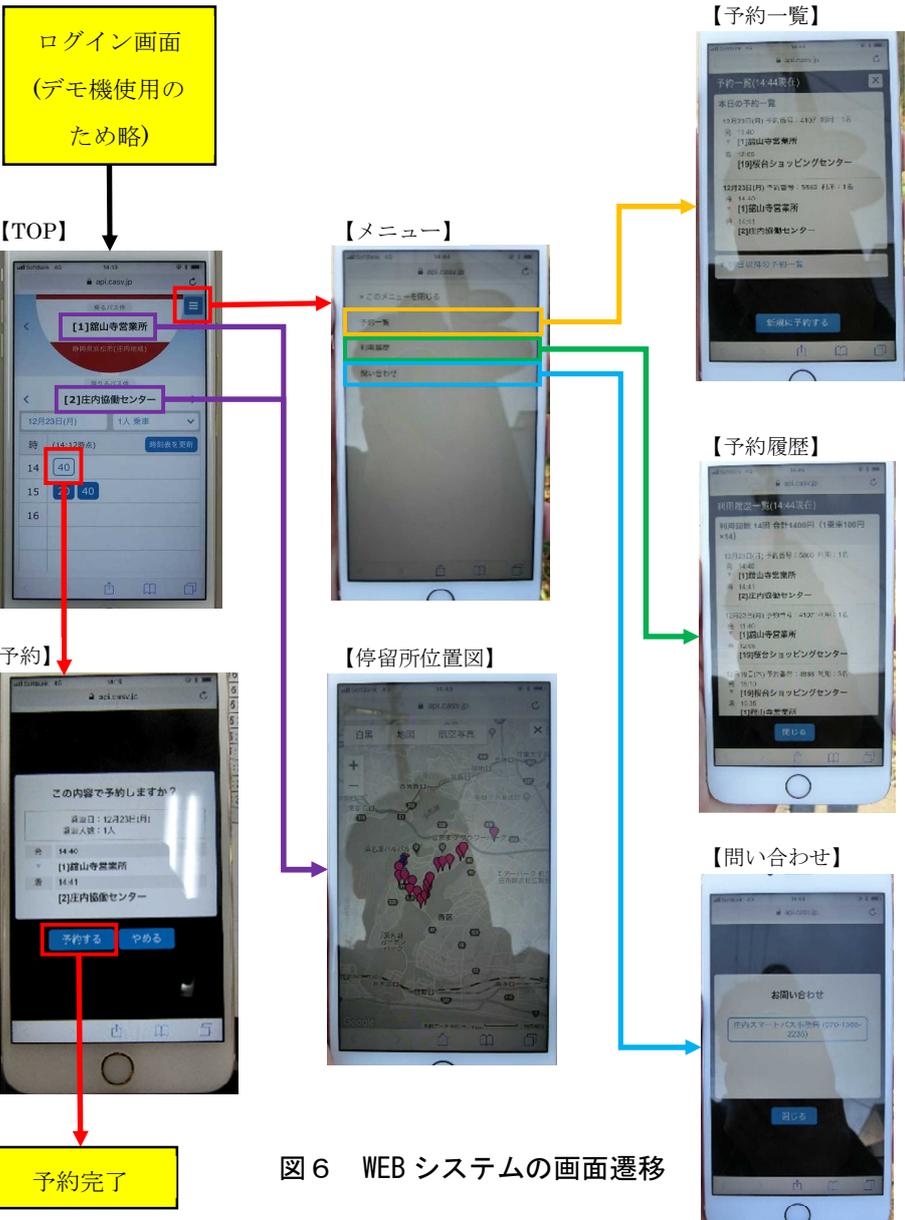


図6 WEBシステムの画面遷移

今後の予定

参考 URL

備考

- ・ 今後、庄内地区の住民と共に、やらまいかプロジェクトのコンセプトに共感していただいた方々と協力して、持続可能な自動運転サービスの実用化に向けて取り組む予定（詳細なスケジュール未定）
 - ・ 11/19 に、HIDO・NK・PCKK とスズキで、システムに関する打合せを実施予定
- ・ 浜松自動運転やらまいかプロジェクト
 (https://www.city.hamamatsu.shizuoka.jp/sangyoshinko/yaramaikaproject.html)

9.2. サービスの適用（3か所）

これまで開発してきたアーキテクチャシステムを、定例会（サービス WG）の場で自動運転サービスの現地対応メンバーと調整を取りながら適用を進めてきた。現在のアーキテクチャシステムの利用状況と、今後の予定について以下にまとめる。

（1）道の駅かみこあに（秋田県上小阿仁村）

かみこあにでは、アーキテクチャシステムを 2020 年 2 月に最初に導入して以来、現在まで継続してシステムを利用している。導入当初は課題が多くあったが、その都度改善しながら現在に至っている。

1) 利用状況

- ・ 2021 年 3 月末に現地訪問し、システムパッケージの最新版に更新し運用開始。
- ・ 運行監視（カメラ、位置情報）のシステムは最新バージョンに更新。
予約管理システムは現地ニーズ（デマンド運用）に沿ったカスタマイズを検討中。

2) 評価状況

- ・ 2020 年 10 月に実施したシステム講習会、アンケート調査で得られた現場からの声を最新のシステムパッケージに反映。
 - ・ 明日の予約
 - ・ 複数人予約
 - ・ 代行予約時間指定
 - ・ バーコードスキャン、他

3) 備考

- ・ 厳冬期（2020 年 12 月～）、車載カメラ、位置情報スマホの故障が続けて発生（交換にて問題解決済）。豪雪、氷点下等の厳しい自然環境での信頼性確保が重要。



図 9-1 かみこあにでの利用状況（左：厳冬期の走行、右：現地でのシステム講習会）

(2) 道の駅奥永源寺溪流の里（滋賀県東近江市）

奥永源寺では、2021年4月の社会実装開始に合わせてアーキテクチャシステムを適用した。4章で述べたシステムパッケージをフル導入する最初の事例である。奥永源寺の社会実装の概要を表 9-2 に、ルート図を図 9-2 示す。

表 9-2 道の駅「奥永源寺溪流の里」 自動運転社会実装 概要

道の駅「奥永源寺溪流の里」（滋賀県東近江市）を拠点とした自動運転社会実装	
実装開始日	2021年4月23日
サービス区間	道の駅「奥永源寺溪流の里」から、黄和田町・枉葉尾町の集落内を經由し銚子ヶ口入口までを往復するルート
ルート延長	往復 約4.4km
使用車両	カートタイプ（ヤマハ）：6人乗り1台 ※速度 自動時～12km/h程度、手動時20km/h未満
実施内容	<ul style="list-style-type: none"> 道の駅に運行管理センターを設置し、地域住民による運営体制（ドライバー、オペレーター）で実施。 ピクトや看板などにより自動運転車両走行空間を確保 鈴鹿十座の登山口（銚子ヶ口）と道の駅を結ぶ運行による観光需要への対応 道の駅への農作物（根菜類、加工品等）の出荷や商品輸送に活用 利用頻度が高い住民に対して多様な乗車チケットを販売し、ニーズに即した運賃体系を導入

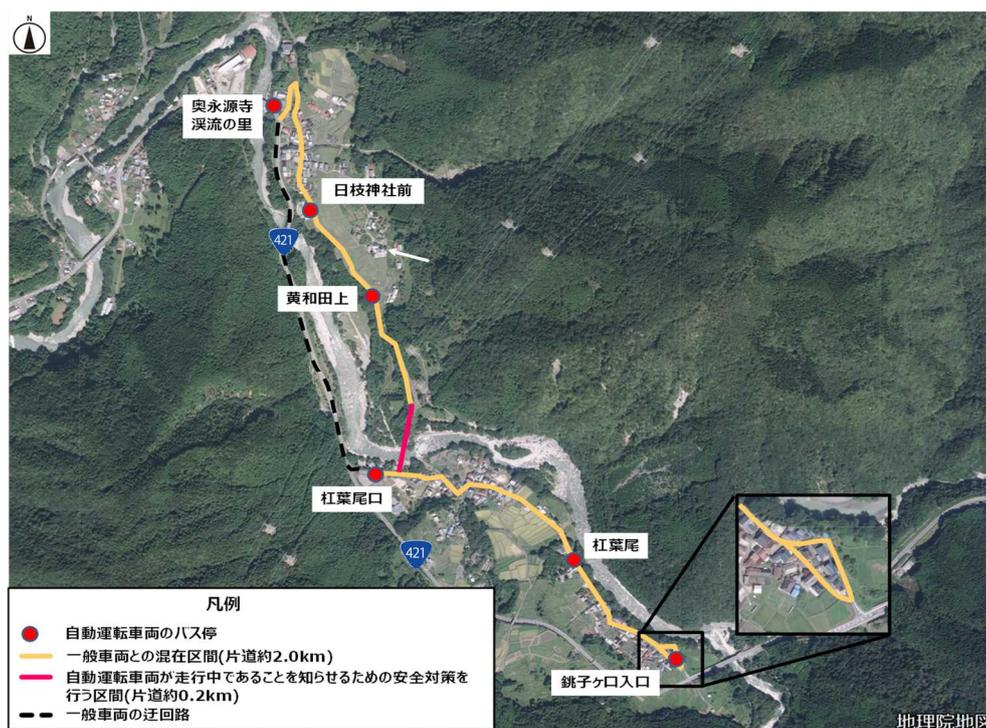


図 9-2 道の駅「奥永源寺溪流の里」 自動運転社会実装ルート図

1) 利用状況

- ・ 2021年4月23日より社会実装事業を開始。運行日は毎週水・金・土・日曜日（道の駅の営業日）。GWは毎日運行。現地ニーズに対応した臨時運行も実施。
- ・ 最新のシステムパッケージを適用し、運行開始初日から社会実装事業を支援。奥永源寺で初めて実装したシステムパッケージの機能は以下の通り。
 - ユーザ予約システムのインタフェース改良
 - ◇ 1週間先までの予約
 - ◇ 明日以降の予約に「便を指定」「目的で選ぶ（旅行計画）」を追加
 - ◇ 運休日の表示・操作改良（色をグレイにして入力不可）
 - ◇ 往復予約（復路の入力を簡略化）
 - ◇ 複数人予約（4人まで）
 - ◇ 複数予約時の個別予約キャンセル
 - 運行管理システム（事務局）改良
 - ◇ チケット種別対応（1回／1日／定期）
 - ◇ 電話予約時の代理予約機能強化（ユーザ予約連携等）
 - 統合型車載器（タブレット）搭載
 - ◇ 位置情報取得と乗降管理（バーコードスキャン）を1台の端末に統合
 - ◇ 現在位置／次停留所／予約情報をドライバーに提示
 - 新カメラシステム搭載
 - ◇ セキュリティ確保のため、画像サーバを車載器内に搭載
 - ◇ 通信コスト削減のため、解像度／更新頻度を任意に設定可能

2) 課題

- ・ 山間部のため、一部電波状況の悪い区間があり、位置情報、車載カメラ画像の途切れが発生する。
→キャリア選定、通信方式の改良を検討中。

3) 評価メンバーによるシステム評価

かみこあに、赤来高原と同様に、奥永源寺でも評価メンバーによるシステム評価を実施した。システム評価の概要を以下に示す。

表 9-3 奥永源寺での評価概要

項目	内容
評価内容	以下について、現地で実際に利用者予約を行いつつ、画面遷移、UI、要件どおりに機能が実装されているか等を評価した。 ①運行管理システム全般 ②ユーザ予約システム全般 ③乗車予約・予約状況確認機能
日付	2021年4月25日
現地確認要員	HIDO 光安、金井

表 9-4 ①運行管理システム 利用者新規登録の評価結果（一部）

番号	チェック項目	チェック結果	画面
1	入力項目は十分か	十分	
2	入力項目のチェック機能は働いているか	<ul style="list-style-type: none"> 電話番号が10桁、11桁以外でも登録できてしまう 桁数が違う場合は登録できない、エラーメッセージがでるなどの対応が取れると良い。 	
3	入力項目のチェック機能内容は適切か	<ul style="list-style-type: none"> バーコード番号、セキュリティコード等のチェック機能が正常に作動した。 	

表 9-5 ①-4 運行管理システム 位置情報の評価結果

番号	チェック項目	チェック結果	画面
1	カメラ映像が更新されているか	<ul style="list-style-type: none"> カメラ映像は2～3秒程度のラグがあるが、更新されていることを確認 カメラ映像はコマ送りになる。 iOS版、android版、ともに同じ状況 	
		<ul style="list-style-type: none"> 紅葉尾口以南でカメラ映像が止まる カメラ映像が止まる間は「休止中」と表示される 	
2	地図情報が正しく表示されているか	③-2 ユーザ予約画面 位置をみる (ロケーションシステム) 参照	

表 9-6 ③乗車予約管理画面の評価結果 (一部)

番号	チェック項目	チェック結果	画面
1	「③-1乗車予約・予約状況の確認」 1- 「きょう」で予約した内容が反映されるか。	「きょう」の便が予約されていることを確認。	
2	「③-1乗車予約・予約状況の確認」 2- 「あした」で予約した内容が反映されるか。	「あした」の便が予約されていることを確認。	
3	予約した便をキャンセルした時、その内容が反映されるか。	予約が取り消されたことを確認。	

奥永源寺では、上下小阿仁での評価結果を改善し反映したシステムをベースに実装しているため、管理者側・利用者側の双方で大きな不具合はみられなかった。また、管理者・利用者の双方が確認できる自動運転車両の位置情報についても不具合はみられなかった。

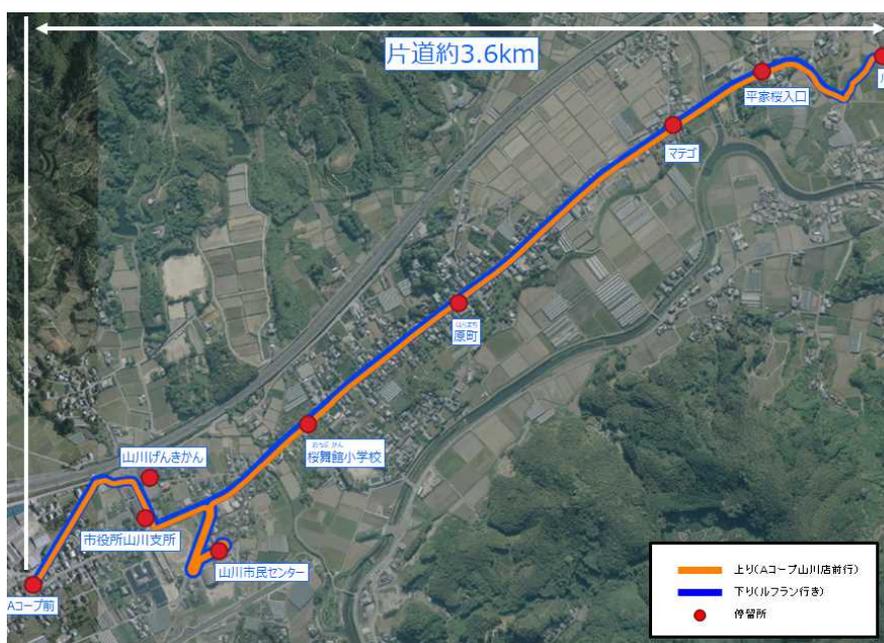
(3) みやま市役所山川支所（福岡県みやま市）

みやま市役所山川支所では、2021 年夏頃の社会実装開始に合わせてアーキテクチャシステムを適用する。8 章で述べたシステムパッケージをフル導入するとともに、奥永源寺の社会実装での改善及びサービス内容に合わせて一部機能追加を行う。

みやま市の社会実装の概要を表 9-7 に、ルート図を図 9-3 に示す。

表 9-7 みやま市役所山川支所 自動運転社会実装 概要

みやま市役所山川支所（福岡県みやま市）を拠点とした自動運転社会実装	
実装開始日	2021 年夏頃予定
サービス区間	A コープ山川店前から国道 443 号を經由し、バイオマスセンター「ルフラン」までを往復するルート
ルート延長	片道 約 3.6 km
使用車両	カートタイプ（ヤマハ）：6 人乗り 1 台 ※速度 自動時～12km/h 程度、手動時 20km/h 未満
実施内容	<ul style="list-style-type: none"> 既存のコミュニティバスの一部として運行 「交通事業者協力型自家用有償旅客運送」制度を活用しつつ、運行主体としてのみやま市、運行管理者としての交通事業者、ドライバー・オペレーターとして運営を行う地元住民が連携した運行体制 路車協調表示システムを設置し、安全対策を実施 既存のコミュニティバスのダイヤを補完するよう運行するとともに、コミュニティバスとの連携機能を検討 利用頻度が高い住民に対して多様な乗車チケットを販売し、ニーズに即した運賃体系を導入



みやま 図 9-3 みやま市役所山川支所 自動運転社会実装ルート図（出展：地理院地図）まで

る。(2021年5月時点でサービス内容は未定のため、掲載は割愛する)

1) 状況

- ・ 社会実装事業準備中 (7月頃開始予定)
- ・ 路線図、バス停、時刻表等の基本情報を入手し、GTFSデータを作成
- ・ 地元自治体とともに、コミュニティバス連携等の新機能の導入を検討中

2) 課題

- ・ コミュニティバス連携の具体的なサービス内容の調整

3) 備考

- ・ 緊急事態宣言による社会実装開始時期の遅れ

第10章 まとめ

「地方部における自動運転サービス」事業において、地域毎の固有の課題や導入目的の違いを超えて、サービスの導入や実装、運用がよりスムーズに行われるための運行管理システムについて、以下のように研究開発を行った。

(1) 機能実現項目の抽出

アーキテクチャモデルを整理し、機能層について早期の必要性や汎用性などに着目し、Stage1～3の3段階に層別した。Stage1として、位置管理、車内外映像による安全管理、予約機能および乗降管理機能を抽出した。

(2) システムの開発と評価

抽出した機能を実現するためシステムの要件検討および開発を行い、2020年3月～8月に道の駅かみこあに（秋田県上小阿仁村）で実際に運用し多くの課題を収集した。これら課題を解決するためにシステムを改良し、道の駅赤来高原（島根県飯南町）の長期実証実験（2020年9月～10月）で運用した。

(3) システムパッケージの設計・開発

上記(1)、(2)で取り組んだ成果を踏まえ、地方の自動運転サービスの管理者が容易に展開可能なシステムパッケージを開発した。クラウドサーバ上に機能を実装し、車載器、事務局等の端末側ではブラウザ上で動作することで、新しい地域への展開や保守を容易にした。また、車載器や監視カメラを統合型として導入時やランニング時のコストを抑えるよう配慮した。

(4) 地域への導入

開発したシステムパッケージを2021年4月から道の駅奥永源寺溪流の里（滋賀県東近江市）で運用を開始した。さらに2021年6月にサービス開始予定の福岡県みやま市に加え、他3地域にも導入予定である。

さらに、今回の研究開発において検討した運行管理システムについて、今後の普及や発展に役立つ技術的資料として、標準仕様書（案）を取り纏めた。本仕様書（案）は本報告書の別添資料として提示する。

今回開発したシステムは、研究開発メンバー間の協議によって、愛称を「もびすけ」と命名された。これは「モビリティ運行管理（Mobility Scheduling）」の略称であるとともに、地域の移動を「たすける」システムになって欲しい、という期待が込められている。

今後は、本研究の成果である「もびすけ」を、自動運転や各種モビリティサービスに活用するとともに、「もびすけ」の一層の発展や、継続運用するための体制づくりを進めて行く所存である。

以上

