

株式会社 KDDI 総研

〒102-8460 東京都千代田区飯田橋 3-10-10

電話 03-6678-1950

Fax 03-6678-0339

<http://www.kddi-ri.jp>

研究成果報告書

2015 年度

I C T を活用した次世代 I T S の確立 II 歩車間通信技術の開発

Web 技術を活用した情報収集・配信技術の開発

2016 年 3 月 31 日

株式会社 KDDI 総研

目次

1. はじめに	1
2. 研究開発の目的および目標	3
2-1. なぜ交通事故削減に Web 技術が有効なのか	3
2-1-1. 交通事故統計	3
2-1-2. 危険予知と危険回避	4
2-1-3. プローブデータの種類	7
2-1-4. 携帯電話ネットワーク利用型 Web プラットフォーム	8
2-2. 開発目標	9
2-2-1. 最終目標	9
2-2-2. 2014 年度の達成状況と、2015 年度の年次目標	9
2-2-3. 2015 年度の実施内容	11
2-3. 研究開発の概要	11
2-3-1. システム構成の概念	11
2-3-2. 取り組むべき技術課題と開発内容	12
2-3-3. テストカー用実験システム	14
3. 研究開発体制	15
4. 研究成果	16
4-1. 次世代プローブデータ開発	17
4-1-1. Vehicle API 利用データ項目拡張	17
4-1-2. WebRuntime ネイティブ版開発	19
4-1-3. プライバシー保護機能インタフェース開発	22
4-1-4. 次世代プローブデータ開発テスト結果	23
4-1-5. 性能評価	24
4-2. プライバシー保護機能開発	29
4-2-1. システム概要	29
4-2-2. 粒度変更の基本機能	30
4-2-3. システム検証	32
4-2-4. テストケースの考察	45
4-2-5. レイテンシの考察	45
4-3. 歩行者交通情報の開発	50

4-3-1. システム概要	51
4-3-2. システム全体構成と開発内容	52
4-3-3. テスト走行による検証	59
4-4. 2015 年度開発に向けての課題	65
4-4-1. 次世代プローブデータ開発における課題	65
4-4-2. プライバシー保護機能における課題	67
4-4-3. 歩行者交通情報開発における課題	68
5. 持ち込み機器との接続機能の検討（ガイドライン）	72
5-1. ガイドラインの目的と範囲	72
5-1-1. 目的	72
5-1-2. 対象範囲	73
5-1-3. IoT 向け機器連携技術の動向	75
5-2. システム構成	75
5-3. インタフェースの標準化	76
5-3-1. インタフェース・ポイント	76
5-3-2. 物理的要件	78
5-3-3. インタフェース仕様	78
5-4. 機器・サービスの発見機能	79
5-4-1. シナリオ例	79
5-4-2. 実現手段の例	80
5.5 セキュリティ	81
5-5-1. ブラウザとデータブローカ間の関係	82
5-5-2. Web アプリケーションとブラウザ間の関係	83
5-5-3. Web アプリケーション、ブラウザの各単体	83
5-6. その他	85
5-6-1. 電源	85
5-6-2. 本ガイドラインにおける参考文献	85
6. 委員会活動	86
6-1. Web プラットフォーム委員会	86
6-2. プローブデータ・プライバシー検討委員会	89
7. 研究発表などの成果	95
7-1. 出願特許リスト	95
7-2. 誌上発表リスト	95

7-3. 口頭発表リスト	96
7-4. 国際標準提案リスト	96
7-5. その他	97
8. その他研究活動（ビジネスプロデューサによる動向調査）	98
<hr/>	
8-1. 早期普及に向けた課題	98
8-2. 普及に向けた活動	99
8-3. プライバシーの課題	99
8-4. 処理能力の課題	102
8-5. 標準化の課題	103
8-5-1. W3C Automotive の現況	103
8-5-2. W3C における標準化の課題	105
付録 プローブデータ実データ例	107
<hr/>	

1. はじめに

自動走行システムには、①交通事故の削減、②交通渋滞の緩和、③環境負荷の低減という効果が期待され、特に超高齢化社会を迎える中、世界一安全な道路交通社会を目指す我が国にとって、関連技術の開発やその普及に向けた環境整備は極めて重要である。自動走行システムを実現するためには、従来の自動車単体での運転支援技術（自律型）の更なる高度化に加え、車と車、インフラ、歩行者等をつなぐ高度な無線通信技術を活用した運転支援技術（協調型）の早期実用化が不可欠である。

平成 25 年に閣議決定された「世界最先端 IT 国家創造宣言」において、「車の自律系システムと車と車、道路と車との情報交換等を組み合わせ、2020 年代中には自動走行システムの試用を開始する。これらの取組などにより、2018 年を目途に交通事故死者数を 2,500 人以下とし、2020 年までには、世界で最も安全な道路交通社会を実現する（交通事故死者数が人口比で世界一少ない割合になることを目指す）」とされている。

この国家目標を実現するために、内閣府における SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）が創設された。『ICT を活用した次世代 ITS の確立 II 歩車間通信技術の開発』（以下、「次世代 ITS 歩車間」と称す）は、SIP・自動走行システムに係わる研究開発の一部として実施されるものである。

上記のような背景から、「次世代 ITS 歩車間」においては、歩行者等と近接する自動車との間で位置情報等を交換することにより衝突等を回避するための歩車間通信システムの研究開発を行う。ここで、歩車間通信システムは、車載システムと直接通信できる専用端末を利用した直接通信型歩車間通信技術と、普及している携帯電話ネットワークを利用した携帯電話ネットワーク利用型歩車間通信技術の 2 通りの研究開発を行う。これら 2 通りの技術を実用化することにより、行動予測が難しく、自動車に比べ移動の自由度が高い自転車なども含む広義の歩行者の情報を車に伝えることで、事故の低減につなげることが期待できる。

「次世代 ITS 歩車間」では、上記 2 つの技術に対して、下記の（1）及び（2）中の技術課題と目標を定め開発を行うことにより、自転車なども含む広義の歩行者の情報を車に伝える有効な手段を開発し得ると考えた。

以上より、見通しの悪い交差点等で発生する歩行者・自転車事故の低減（基本計画書における政策目標：交通事故死者数 2500 人以下/年）に向けて、これらの諸技術を確立することを本研究開発全体の目的とする。

(1) 専用端末を利用した直接通信型歩車間通信技術の開発

目標：多数の車両、歩行者、自転車が混在する実際の道路環境下において、基本計画書技術課題 II(1)専用端末を利用した直接通信型歩車間通信技術の開発における要求条件を達成する歩車間通信システムを実現する。

(2) 携帯電話ネットワーク利用型歩車間通信技術の開発

【技術課題】

- ア) 携帯電話ネットワーク利用型アプリケーション動作検証技術の開発
(当研究提案外)
- イ) 携帯電話ネットワーク利用型情報収集・配信技術の開発

【目標】

上記アと連携する形で上記イの研究開発を行い、多数の車両、歩行者、自転車が混在する道路環境下において、有効な情報提供が行われる歩車間通信システムを実現する。

さらに、上記(2)イの携帯電話ネットワーク利用型情報収集・配信技術の開発においては、『電動車椅子による歩道・車道での高精度歩車検知システムの実現』、『Web技術を活用した情報収集・配信技術の開発』の2つの開発プロジェクトに分かれ、本報告書は、後者の『Web技術を活用した情報収集・配信技術の開発』(以下、「本研究開発」と称する)における2015年度の研究開発の内容、結果、課題等を報告するものである。

2. 研究開発の目的および目標

自動車への ICT の適用は、欧米を中心に急速に進んでおり、世界的なスマートフォンの普及、LTE などモバイルブロードバンドの整備、クラウドコンピューティングの発達などを背景に、新たなビジネス創出が期待されている。

自動走行や交通事故防止の観点では、走行情報や路面状況、さらには、運転者や周囲の歩行者状況など様々な情報の活用が必要となる。これらを活用する方策として、「次世代 ITS 歩車間」(2)イ-2) では、Web プラットフォームを基本として情報の収集・配信を行う技術の開発・実証を行う。

本研究では、(2)アで研究するリアルタイムでの注意喚起とは異なり、Web プラットフォームを使って情報を収集し、それらを統合・分析の上、歩行者飛出し等の走行・歩行危険箇所等の配信を可能とする。これらの技術を確立することを通じて、W3C 等での Web 技術の国際標準化に貢献すると同時に、ソーシャル型 ITS 情報プラットフォームとして活用される社会基盤の構築を促進する。

次節では、Web 技術が交通事故削減に有効な理由を説明する。

2-1. なぜ交通事故削減に Web 技術が有効なのか

2-1-1. 交通事故統計

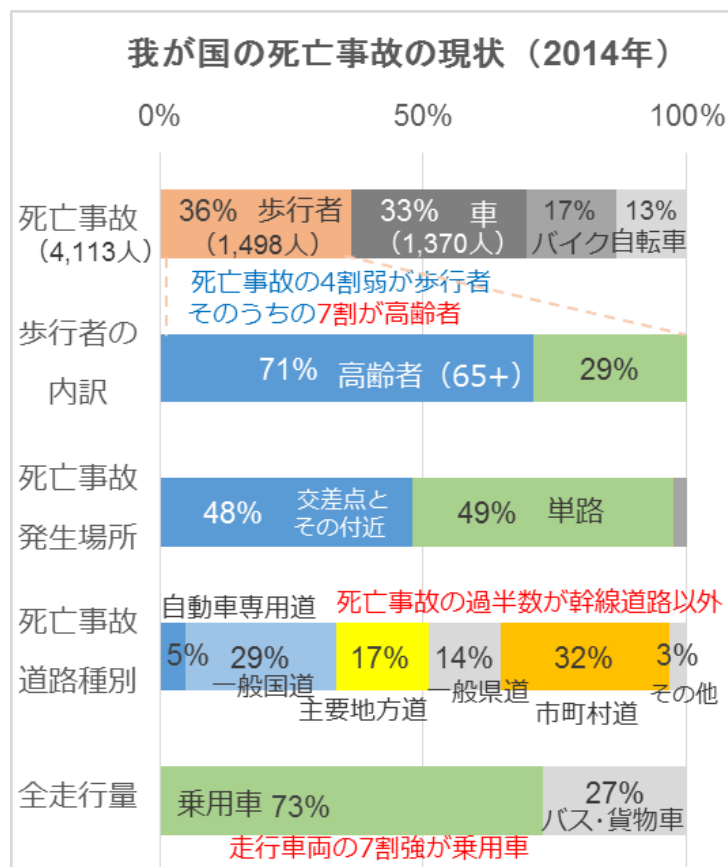
「次世代 ITS」の政策目標（アウトカム）である交通事故志望者数 2,500 人／年以下を実現する方策を考えるにあたって、死亡事故の実態を確認する。

図 2-1-1 は交通事故総合分析センター（ITARDA）の平成 26 年度交通統計をもとに、死亡事故の現状をグラフにしたものである。死亡事故は、この 1 年間に 4,113 件発生しており、36%が歩行者である。その歩行者の 71%が高齢者（65 歳以上）となっている。

したがって、歩車間通信技術による死亡事故の削減策を考えるにあたって、高齢者が大半であることを前提とすると、「間近に迫った危険に対して警報を鳴らす」よりも「行動に余裕のある時間をもって注意を促す」ことが効果的であると考えられる。「危険に対する警告」は歩行者よりもハンドルを握っているドライバーに対して発することが事故削減に効果的であると考えられる。

死亡事故の発生場所については、高速道路や一般国道のような幹線道路が約 3 割であるが、残りの約 7 割は、幹線道路以外の一般道路である。一般道路は ITS 設備の普及が幹線道路に比して遅れており、設備コストを考えると、ITS 設備の普及にはまだしばらく時間がかかる。そのため、既存の ITS の仕組みに頼らず、一般道路からの交通

情報等の収集する方策が必要であり、携帯電話ネットワーク利用型の情報収集配信基盤はその要請にこたえるものである。走行車両の7割は乗用車であることを踏まえ、「全国津々浦々の一般道路を走る乗用車から、携帯電話ネットワークを介して、交通情報や歩行者の情報を収集し、ドライバーや歩行者に注意喚起し事故を未然に防ぐ」、こうした考え方がより多くの死亡事故削減につながる方策として有力であると考えられる。



(出典：ITARDA の平成 26 年版交通統計をもとに KDDI 総研にて作成)

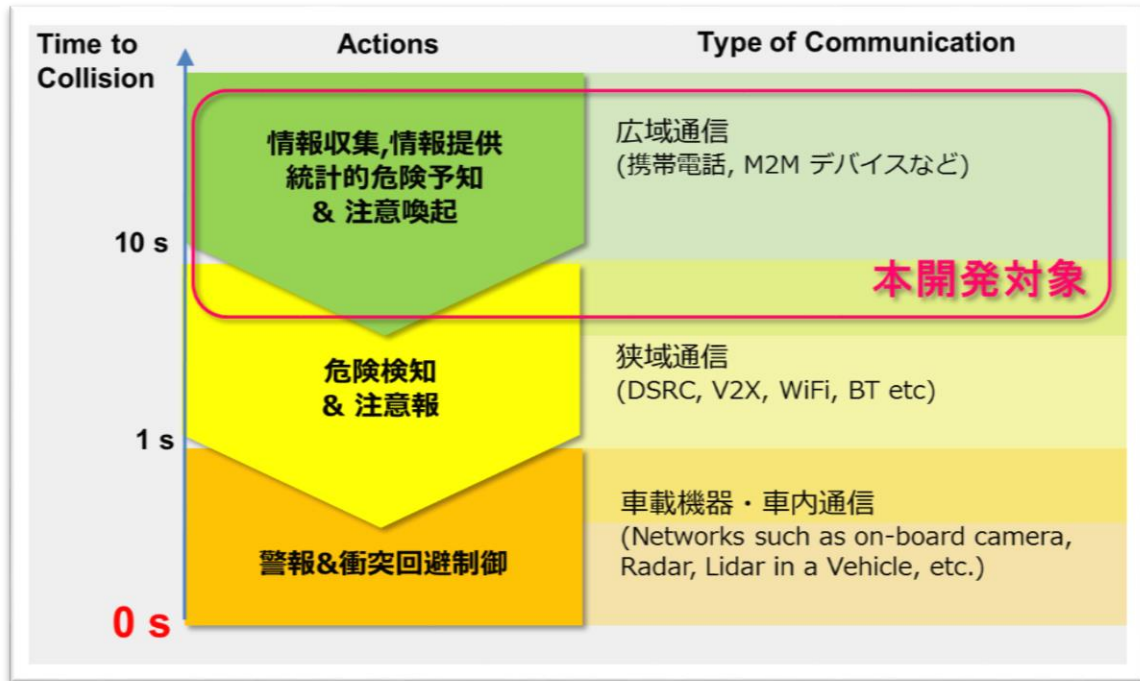
図 2-1-1 我が国における死亡事故の現状

携帯電話やスマートフォンを活用した交通情報収集の仕組みは、ドライブレコーダ等の専用機器に比べ、コスト負担の少なく設定が容易であることから、早期普及全国展開が期待できる。

2-1-2. 危険予知と危険回避

死亡事故の防止には、危険予知と危険回避が重要だが、高齢者の歩行者が多い現状を考えると、ドライバーや車が危険を回避せざるを得ないところが多いと言える。ただ、ドライバーが危険回避行動をとるにしても、時間的に適切な余裕が必要となる。

図 2-1-2 は、事故発生時点を 0 秒時点とし、その何秒前までにどのようなアクション（危険予知、危険回避のための情報提供や機器の制御）を行うことができるか、また、そのアクションを実現するための情報通信技術を表したものである。



(出典：KDDI 総研にて作成。ITS 講演会発表資料より。)

図 2-1-2 危険予知・危険回避を実現する情報通信技術

図の一番下の層「警報&衝突回避制御」は、衝突を目前にして、ドライバーに緊急警報を発したり、自動制御の技術を用いたりすることによって事故を回避するケースである。これらを実現するのは車載機器の制御技術や、車内の機器同士の通信技術である。

図の中間層「危険検知&注意報」は、1 秒～10 秒の範囲で行うものであり、そのまま進行すると、事故に至る可能性が高く、速やかに危険回避の行動をとるように注意を与えるものである。ここでは、車両と当該車両外の対象物（相手車両や歩行者など）との通信により危険を検知し、注意喚起する。これを実現する通信機能は DSRC, V2X, WiFi, BT といった狭域通信の技術である。

図の上位層「情報収集、情報提供、統計的危険予知&注意喚起」は、事故の当事者となる車両等同士のインタラクションだけでなく、たとえば、過去の事故発生率の高い場所といった統計情報や、天気等の環境情報、同じ経路を数分前に走った車両によ

る走行情報（たとえば、凍結路でスリップした）や周囲の環境情報（たとえば、下校時間帯で多くの子供が道路周辺にいる）を後続車に伝える、といった「危険予知・危険回避」のための情報提供である。

こうした「危険予知・危険回避」の情報提供を行うことにより、ドライバーがより注意深く運転する、また、危険な状況を避けるルートを選択するといった対応により、事故の可能性を減ずることが期待される。

歩行者の交通事故に関連する状況把握としては、図 2-1-3 のようなケースが想定され、どのような先読み情報がどのようなタイミングで配信されることが有効となるか見極めていくことが望まれる。

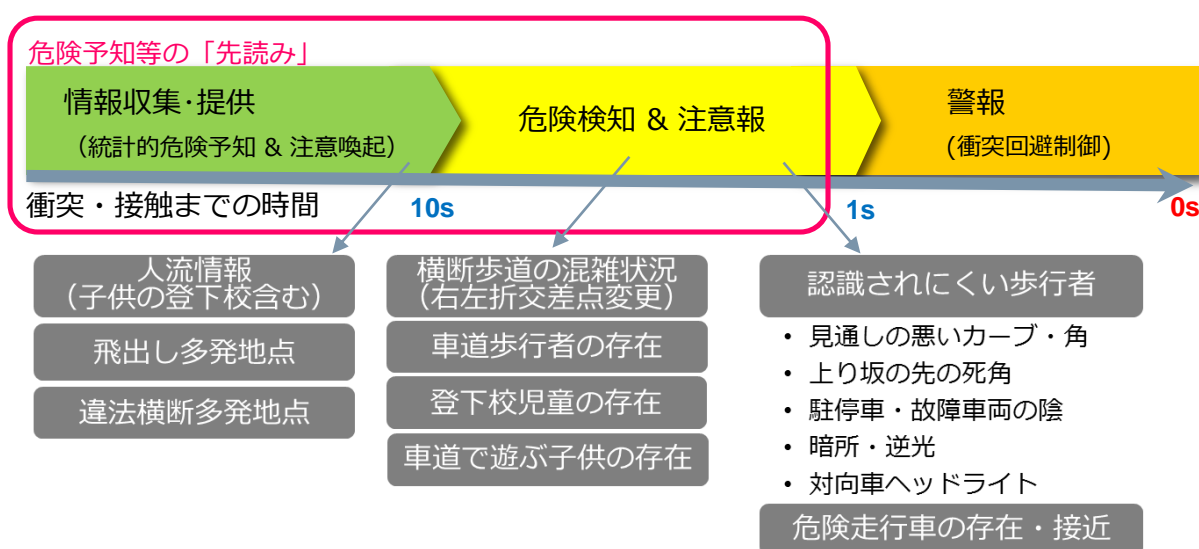


図 2-1-3 歩行者に関する先読み情報の候補

例えば、横断歩道上の歩行者が多い場合には、高齢者が制限時間内に渡り切れないこともあれば、無理な横断をする人の存在・挙動が確認しにくいこともあるほか、右折・左折車両が進行できないこともあるため、このような情報を活用し、走行ルートとして、このような交差点を避けるなどの回避行動が選択できる。

本研究開発では、この「危険予知・危険回避」のための情報提供を研究開発の対象とし、「適切なタイミングで事前の注意喚起」のための技術を開発することが目標である。

2-1-3. プロブデータの種類

プロブデータとは、一般に車両の位置や速度など車両からアップロードされるログデータの意味で使われることが多いが、ここでは、国際標準である ISO22837¹に基づき、以下のように定義する。

車両内部・外部の状態、或いは運転者の行動に関する情報であり、データ要素或いはそれらを含むメッセージとしてフォーマットされ、運転環境を収集・監視するセンターへ送信されるもの

本研究の政策目的である交通事故削減には、危険予知・注意喚起が必要であることを前節で述べたが、プロブデータとして危険予知・注意喚起に有効な情報源として表 2-1-1 のような情報項目が考えられる。

表 2-1-1 危険予知のための検知情報

車両データ
車両位置、車速、進行方向
急ブレーキ
エアバッグ展開
車両点検結果
運転環境
道路線形 (傾斜角、曲率、交差点、歩道、ガードレール)
交通信号、道路・交通標識
運転経路
気象条件 (豪雨, 降雪など)
路面状況 (滑走, 凍結, 冠水)
歩行者数・歩行速度
運転者状況
運転行動・癖
眠気・視線
認知的負荷

(出典：KDDI 総研にて作成。ITS 講演会発表資料より。)

¹ ISO22837 : “Vehicle probe data for wide area communications”

Vehicle sensor information, formatted as probe data elements and/or probe messages, that is processed, formatted, and transmitted to a land-based centre for processing to create a good understanding of the driving environment

これらの情報項目から、たとえば、急ブレーキが頻繁に発生する場所、事故多発スポット、交通渋滞、歩行者による混雑など、危険予知・注意喚起をドライバーに通知することが有用である。

ただし、これらの情報は、その対象となる地点に向かって進む車両・人を対象に通知されることが重要であり、対象外の車両・人には通知されない（情報が配信されてもドライバーには通知されない）仕組みづくりが必要となる。

2-1-4. 携帯電話ネットワーク利用型 Web プラットフォーム

前述のとおり、プローブデータを全国の道路・車両から収集するだけでなく、車や人に適切に通知するという側面においても、広く一般に普及しているスマートフォン等のモバイルデバイスを利用して、走行車両の情報を収集・分析し、情報提供してもらうことが、有効かつ現実的な方法と考えられる。

さらに、現在、Web 技術の標準化団体である W3C で標準化検討が進められている自動車用 Web API（W3C Vehicle Data API）を利用すれば、車からの情報収集が、自動車の車種や年式、スマートフォンの機種、OS の違いに依らず取り扱え、早期展開・普及が可能となる。

以上の観点から、携帯電話ネットワークを利用した ITS 用 Web プラットフォームを構築し、社会実装することを本研究の基本コンセプトとする。



（出典：KDDI 総研にて作成。ITS 講演会発表資料より。）

図 2-1-4 携帯電話ネットワーク利用型 Web プラットフォーム

2-2. 開発目標

本研究開発の開発目標と開発計画について述べる。

2-2-1. 最終目標

本研究開発では、交通事故死亡者数 2,500 人以下/年 の政策目標を見据え、「交通事故回避のための様々な運転環境・状況の情報収集と注意喚起情報の配信を実現する社会システムの確立」を最終目標とする。

2-2-2. 2014 年度の達成状況と、2015 年度の年次目標

本研究開発提案時点での 3 カ年で実施・遂行する成果目標は以下のように設定する。

1. W3C 等国際標準化活動への貢献
2. ソーシャル型 ITS プラットフォーム構築の促進

これに基づき、2014 年度の年次目標を以下のように設定した。

[2014 年度]

- Vehicle Data API を用いた車両・走行情報の収集
- 車両前方の歩行者検知
- プライバシー保護機能の設計・開発

詳細は 2014 年度の成果報告書²を参照。表 2-2-1 に達成状況を要約する。

表 2-2-1 2014 年度年次目標達成状況

目標	開発内容	検証方法
Vehicle Data API を用いた車両・走行情報の収集	WebRuntime への Vehicle Data API の実装。 車両と WebRuntime 間の接続機能の開発。	タクシー（延べ 100 台）に、左記の開発を実装したスマートフォンを搭載し、公道で実証

² http://www.sip-adus.jp/ps_rd/rd_results/general/pdf/sec2/doc3.pdf

車両前方の歩行者数の検知	ビデオカメラの映像から人物を検知する仕組みの開発。	ビデオ映像の各フレーム単位で人物を検出。
プライバシー保護機能の設計・開発	全体設計を完了。 ユーザプリファレンス設定画面の開発を実施。	要求条件についてはプロ ーブデータ・プライバシ ー委員会でレビュー。

続いて、2015年度の年次目標を以下に示す。

[2015年度]

- ① 次世代プローブデータ開発
 - ・ Vehicle Data 項目の拡張
- ② プライバシー保護機能開発
 - ・ プライバシー・バイ・デザイン原則³に準拠した保護機能の開発
- ③ 歩行者交通情報の開発
 - ・ ダイナミックマップ連携も考慮した歩行者交通情報インタフェースの開発
- ④ 持ち込み機器との接続機能等
 - ・ 車両内への持ち込み機器との接続機能の検討

W3Cにおいて Automotive Working Group が2015年2月3日に発足し、2015年3Qには、Vehicle Data API仕様案と相互運用性を含めた総合試験（Conformance Test）手法を策定するとともに、2016年3月末までに総合試験を開始することが確定したため、日本のITS関連機関・企業での規制・ガイドラインや技術的動向と整合をとることが急務となった。また、我が国の個人情報保護法の改正の動きや、米国での車両から取得される情報に対するプライバシー訴訟が始まる等、プライバシー保護技術の重要性も増大している。

これらの状況を踏まえ、Vehicle Data API仕様案の検証・見直しとプライバシー保護技術の開発にリソースを集中させ、上記①～④を定めた。

³ Privacy by Design(PbD)は、カナダ、オンタリオ州のプライバシー・コミッショナーを務める Ann Cavoukian 博士が提唱する概念で、プライバシー保護における技術や制度設計のデファクトスタンダード（実質標準）となっている。PbDは、「技術」「ビジネス・プラクティス」「物理設計」のデザイン仕様に当初よりプライバシーの考え方を埋め込むことで、プライバシーを保護するアプローチをとる。（<https://www.privacybydesign.ca/>）

2-2-3. 2015 年度の実施内容

2015 年度のシステム開発は、2014 年度に開発したプローブデータ収集システムをベースに車両から取得する情報項目の拡張（年次目標①）と、収集に際してプライバシーを保護する機能を組み込むこと（年次目標②）である。また、同じく 2014 年度に開発した歩行者検知機能を応用し、スマートフォンのカメラで撮影したビデオ映像から歩行者検知し、これを歩行者交通情報として抽出する機能（年次目標③）を開発する。これらのシステムを開発するにあたっては、自動車開発の専門家、Web 技術の専門家など有識者の意見を求めるために、「Web プラットフォーム技術委員会」を構成し、2 回の委員会を開催した。

さらに、プローブデータはプライバシーの取り扱いにも十分配慮が必要であるため、「プローブデータ・プライバシー検討委員会」を構成し、法学者、弁護士、自動車関係者、Web 関係者等を交えた委員会を 3 回開催した。

委員会での検討内容については 6 章で詳述する。

2-3. 研究開発の概要

本節では、2015 年度に機能拡張するプローブデータ収集システム（年次目標①～③に相当）の概要を説明する。

2-3-1. システム構成の概念

図 2-3-1 には、本研究におけるシステム構成の概念と開発対象を示している。

左から、車両内のデータ通信ネットワークである CAN からゲートウェイを通じて、車両が生成する走行状態などの情報項目を「Data Broker」というサブシステムで収集する。ここでは、車種や年式などによる情報項目の相違を吸収し、WebRuntime に対して標準的なフォーマットに変換して転送する。

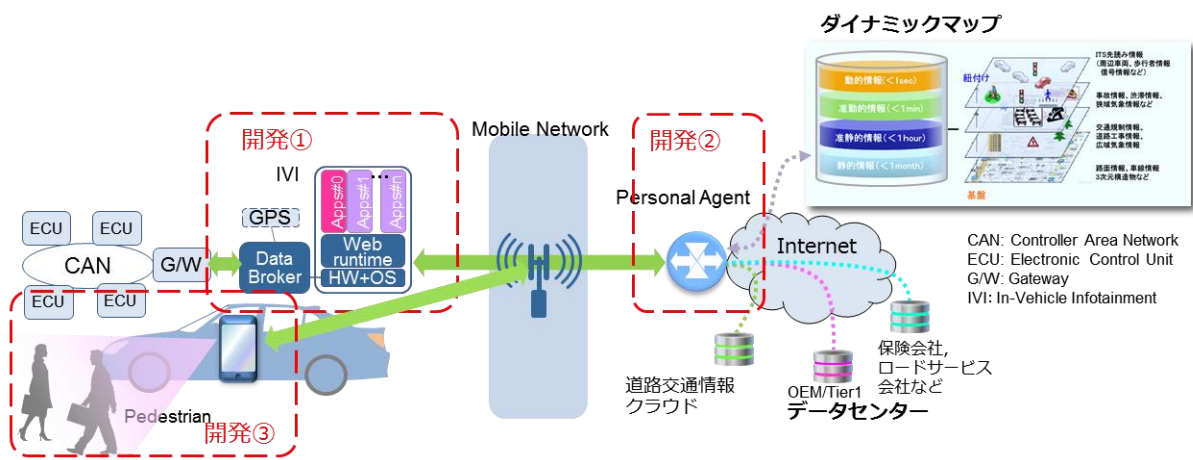
WebRuntime は Data Broker から受け取った情報項目を W3C Vehicle Data API として走行情報等を利用するウェブアプリケーションに対して提供する。

2015 年度年次目標①は、この Data Broker ならびに WebRuntime において、新たな情報項目に対応すべく機能拡張するものである。

プローブデータをクラウドサーバにアップロードする機能は、ウェブアプリケーションのひとつとして構築される。このウェブアプリケーションは、ブラウザ（Web Runtime）上で動作する 1 ページとして動作するイメージである。

プローブデータの送出先となるのは、図 2-3-1 では一例として道路交通情報クラウド、OEM データセンター、保険会社などとしているが、プローブデータを使って何らかのサービスを提供するシステムである。

プローブデータを送出するウェブアプリケーションとクラウドサーバの間に位置するのが「パーソナルエージェント」である。パーソナルエージェントは、利用者の意思に基づき、プローブデータを活用するサービスプロバイダーとの間で、プローブデータを適切な粒度（匿名化の度合い）に調整する機能を持つ。2015 年度の年次目標②は、このパーソナルエージェントの基本機能を開発することである。



(出典：KDDI 総研にて作成)

図 2-3-1 携帯電話ネットワーク利用型 Web プラットフォームの概念図

2-3-2. 取り組むべき技術課題と開発内容

各開発テーマにおける技術課題を以下に示す。

年次目標① 次世代プローブデータ開発

Web アプリケーションが W3C 標準化の Vehicle Data API により車両情報にアクセスできるようにするためには、ブラウザの中核である WebRuntime に車両情報を扱えるようにする機能拡張が必要となる。その実装方式には、Polyfill と呼ばれる技術と、Native と呼ばれる技術の 2 方式がある。2014 年度開発は Polyfill 方式で開発したが、2015 年度は Native 方式を開発し、両方式の比較検討を行う。

また、2014 年度は 10 項目の Vehicle Data を収集可能とした。2015 年度は、DataBroker-WebRuntime に機能追加し、新たに 12 項目の Vehicle Data の収集を可能とする。

さらに、プローブデータをサービス提供者（サービサー）に配信するにあたって、ユーザのプライバシー選好（プリファレンス）に応じた粒度変更を行うことがプライバシー保護基本機能である。プライバシー保護機能（パーソナルエージェント）と対向して通信ための機能をプローブデータアプリに実装する。

年次目標② プライバシー保護機能開発

ネットワーク側ゲートウェイにおいて車両から送信される情報を、利用者が設定したプライバシープリファレンスに従ってリアルタイムに加工する。2015 年度の開発においては、速度や位置の粒度変更機能を開発し、実車走行データに適用し、基本動作の検証を行う。

年次目標③ 歩行者交通情報の開発

2014 年度は歩行者交通情報取得のためにビデオカメラを使って映像を取得したが、全国の道路の歩行者交通情報を取得するという課題を考えると、スマートフォンのカメラで撮影するビデオ映像を利用して歩行者交通情報を生成できる技術を開発することが早期の普及に有効である。

2015 年度は、スマートフォンカメラによる歩行者交通情報の収集機能を開発し、画質、ネットワーク負荷、スマートフォンの安定性など実用性について検証する。

歩行者の交通状況をどのように数量化することが有効であるかという課題に対して、ビデオカメラを使って映像から歩行者の交通量を数量化する基本機能を開発し、検証する。また、数量化のインターフェースの考察にあたっては、ダイナミックマップとの連携も考慮する。

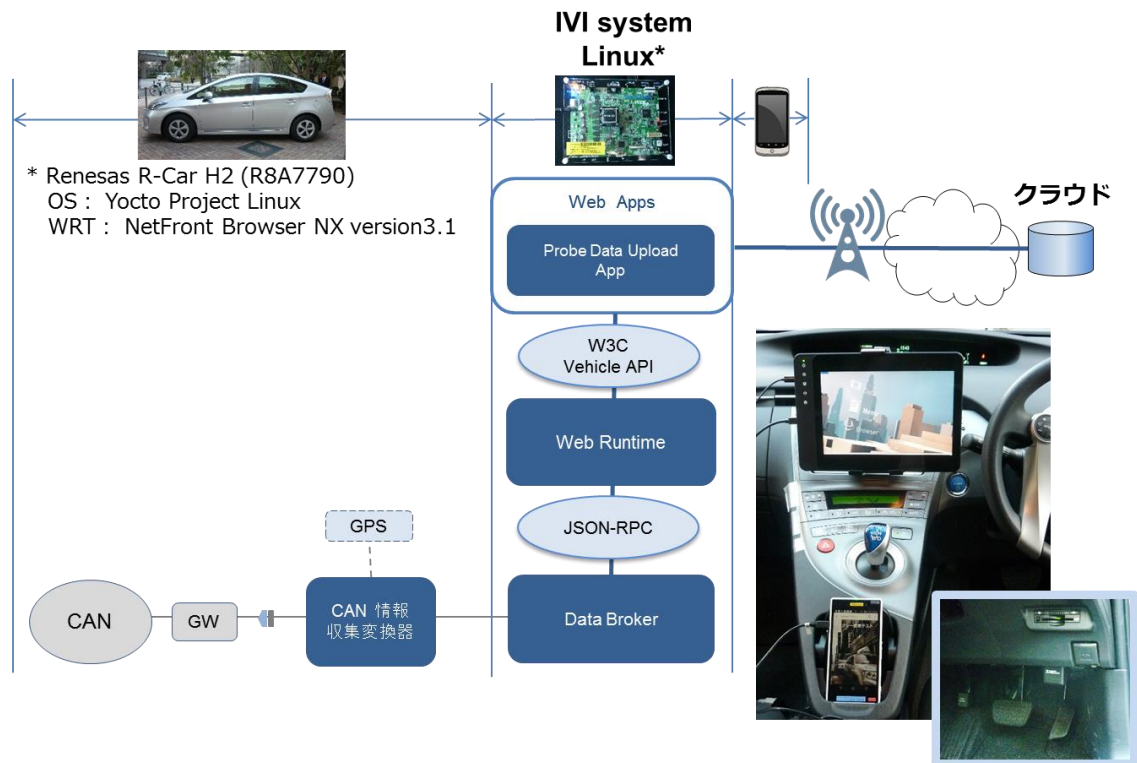
年次目標④ 持ち込み機器との接続機能等

持ち込み機器であるスマートフォンを車載器と接続する手段は、図 2-3-1 では簡略に示しているが、実際には、有線／無線という接続方法や、スマートフォンと車載器との機能分担においても、様々なバリエーションが存在する。そのため、アプリケーションやサービスが、特定メーカーや特定機種に限定され、本格的な普及の前段階とい

う状況にある。誰もが利用し、市場に参入できるように、接続構成パターンごとにインタフェース設計を考察しガイドラインを策定する。

2-3-3. テストカー用実験システム

テストカー環境では、車載器のリファレンスボード^{*}（ルネサス社 R-Car H2）を車内に持ち込み、自由度の高い開発・検証を行う。



(出典：KDDI 総研にて作成。ITS 講演会発表資料より。)

図 2-3-3 テストカー実験システムの概要

3. 研究開発体制

[研究責任者] 平林 立彦

[経理責任者] 磯部 雅洋

[ビジネスプロデューサ] 泉 健太郎

[研究開発分担]

開発チーム	担当研究者
① 次世代プローブデータ開発	藤原正弘（リーダー） 羽田野太巳 浦田真次郎 石坂淳 森口泰行
② プライバシー保護技術開発	加藤尚徳（リーダー） 嶋田実 高崎晴夫 清本晋作 森口泰行 橋本隼一 川田亮一
③ 歩行者交通情報開発	藤原正弘（リーダー） 三原寛司 石坂淳 高木悟
④ 持ち込み機器との接続機能等検討	嶋田実（リーダー） 酒澤茂之

4. 研究成果

実施計画書の年次目標として掲げた項目に即して達成状況を下表にまとめる。いずれも当初計画通り達成している。

表 4-1 実施計画書の年次目標に対する達成状況

目標	達成	説明
①次世代プローブデータ開発 基本 API 以外の、車両及び各種センサから取得される多種多様なデータ、運転者コンテキスト情報等、W3C BG 草案 API を次世代プローブデータとして拡張する。	開発完了	基本 API 項目として 12 項目を追加し、次世代プローブデータとして、歩行者飛び出しによる緊急停止情報のプローブデータを収集。
②プライバシー保護機能開発 プライバシーに配慮した伝送・配信方式においては、プライバシー・バイ・デザインの原則 ⁴ に準拠した手法を開発する。	開発完了	パーソナルエージェントを開発し、実車走行データを使用して検証。 位置情報、速度情報の粒度変更を確認。
③歩行者交通情報の開発 歩行者交通情報については、グローバルダイナミックマップとの連携も考慮し、歩行者交通情報インタフェースの開発に着手し、歩行危険マップ構築に向けて準備する。	開発完了	スマートフォンカメラの映像により、歩行者検知、歩行者交通情報の作成を実施。収集した情報を地図上に反映。
④持ち込み機器との接続機能等 自動車の情報を実車レベルで利用できるようにするために、最新の IoT 機器連携技術を含め持ち込み機器との接続機能の検討を行う。	検討終了	持ち込み機器との接続ガイドラインを作成。

⁴ Privacy by Design(PbD)は、カナダ、オンタリオ州のプライバシー・コミッショナーを務める Ann Cavoukian 博士が提唱する概念で、プライバシー保護における技術や制度設計のデファクトスタンダード（実質標準）となっている。PbD は、「技術」「ビジネス・プラクティス」「物理設計」のデザイン仕様に当初よりプライバシーの考え方を埋め込むことで、プライバシーを保護するアプローチをとる。（<https://www.privacybydesign.ca/>）

以下、上記①～③にかかわる開発実証について説明する。④については、「x. 持ち込み機器の接続ガイドライン」にて説明する。

4-1. 次世代プローブデータ開発

2015 年度は以下 3 つの項目を開発した。

1. Vehicle API 利用データ項目拡張
車両及び各種センサから取得されるデータとして、新たに 12 項目のデータを取得し、W3C Vehicle Data API を開発
2. WebRuntime ネイティブ版開発
性能面に優れると想定されるネイティブ実装版の開発
3. プライバシー保護機能インタフェース
プローブデータクライアントアプリと、プライバシー保護機能のパーソナルエージェントとのインタフェースの開発

4-1-1. Vehicle API 利用データ項目拡張

2014 年度開発において開発した、DataBroker、VehicleAPI Polyfill ライブラリについて、使用可能とする走行データ項目を拡張する。

2015 年度新たに開発した W3C Vehicle Data を表 4-1-1 に示す。

※W3C Vehicle API について

W3C Automotive Business Group 及び Working Group において、自動車向けの Web API として、W3C Vehicle Information Access API と W3C Vehicle Data という 2 つの仕様がドラフト版として公開されてきた。

本研究開発では、複数あるバージョンの内、Working Group が公開した FPWD(First Public Working Draft)を参照する。仕様検討が進行中の仕様のため、あえて最新版には追従しない。

なお本文書では簡略化のため 2 つの仕様をまとめて W3C Vehicle API、Vehicle API と記載する。

- ・ W3C Vehicle Information Access API First Public Working Draft 16 June 2015

<https://www.w3.org/TR/2015/WD-vehicle-information-api-20150616/>

表 4-1-1 2015 年度開発で追加サポートするデータ項目（着色部分）

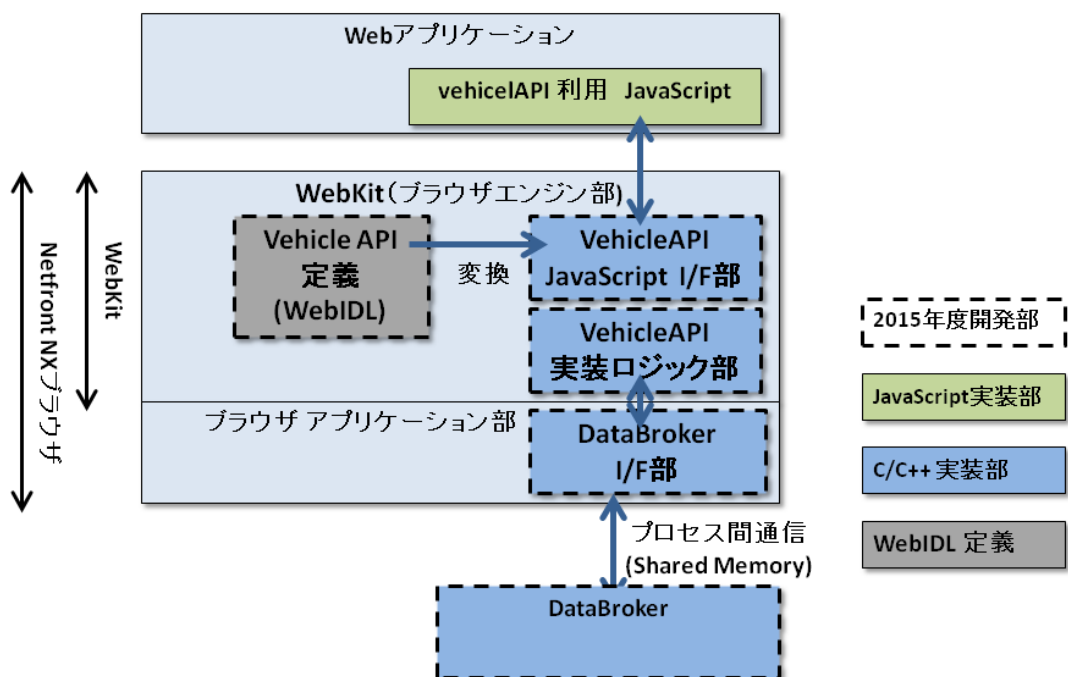
項目	プローブデータ項目
車速	VehicleSpeed
エンジンスピード	engineSpeed
イグニッション位置	VehiclePowerModeType
アクセルペダル	acceleratorPedalPosition
ギア	Transmission
ライト	LightsStatus.: head, brake, parking,
燃費	Fuel.instantConsumption
燃料残量	Fuel.level
エンジン冷却液	EngineCoolant.temperature
ハンドル角度	steeringWheel.angle
ブレーキペダル	BrakePedalDepressed
走行距離	Odometer.distanceTotal
ドライブモード	DriveMode
ドア	Door.status
シートベルト	Seat.seatbelt
室内温度	Temperature.interiorTemperature
パーキングブレーキ	ParkingBrake.status
加速度	Acceleration. x , y, z
角加速度	Gyro.x, y, z
GPS 位置情報	LocationInf.latitude, longitude, altitude
GPS 方位	Heading
GPS 速度	Speed

4-1-2. WebRuntime ネイティブ版開発

2014 年度開発では W3C Vehicle API を Polyfill (JavaScript で記述したライブラリ) として実装したが、2015 年度開発として、同 API のネイティブ実装版を作製する。ここでネイティブ実装版とは、C/C++言語により開発したものを指す。ネイティブ実装版は C/C++言語をコンパイルすることで CPU がそのまま解釈できる機械語に変換されるため、実行速度、メモリ、CPU 消費の割合において Polyfill 実装より有利となることが想定される。

図 4-1-1 に Vehicle API ネイティブ版の構造概要図を示す。比較のため図 4-1-2 に 2014 年度開発の Polyfill 版についても示す。

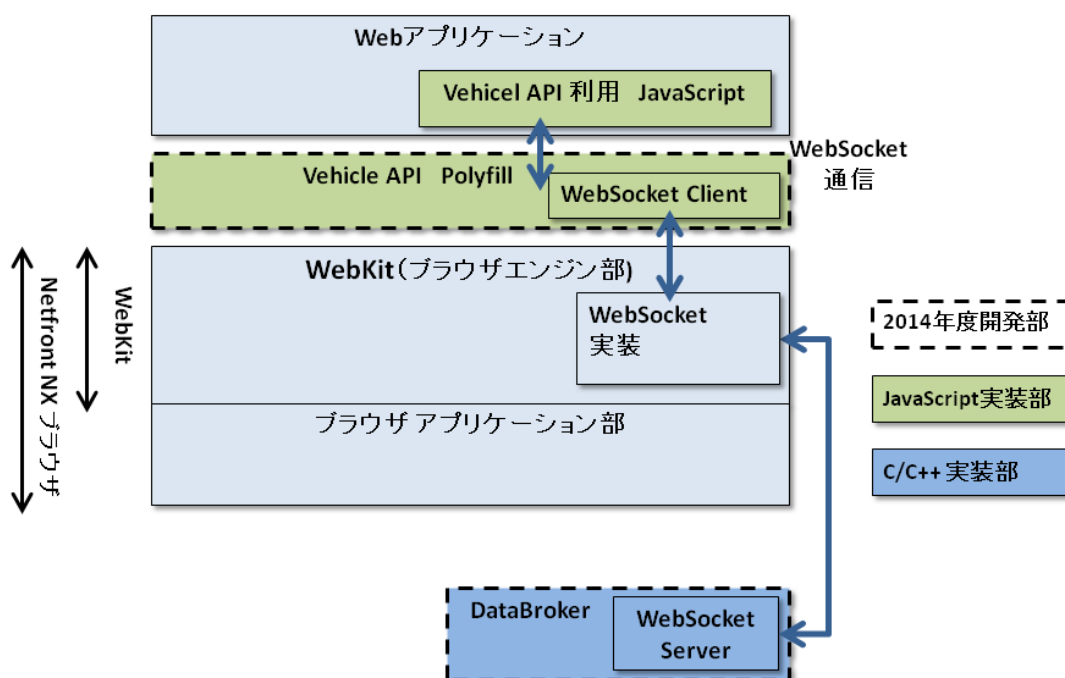
2015年度 Vehicle API ネイティブ版



(出典：KDDI 総研にて作成)

図 4-1-1 2015 年度開発 Vehicle API ネイティブ版 構造図

2014年度 Vehicle API Polyfill版



(出典：KDDI 総研にて作成)

図 4-1-2 2014 年度開発 Vehicle API Polyfill 版 構造図

4-1-2-1. WebKit

WebKit (ウェブキット) とは、主に米国 Apple Inc.が中心となって開発しているオープンソースの HTML レンダリングエンジン群の総称である。複数のメジャーな HTML ブラウザで採用されており、今回の研究開発で WebRuntime として使用している株式会社 ACCESS の NetfrontNX ブラウザも同エンジンを採用している。

WebKit が提供するものはブラウザのコア機能のみで、画面への表示、キーボード、マウス入力の取り扱い、外部とのネットワーク通信、など外部機能との連携はブラウザエンジンに対して外部から提供する必要がある、図 4-1-1 でブラウザアプリケーションと記載した部分がこの機能を担う。

本研究開発で実装を行う W3C Vehicle API のような JavaScript API は通常 WebKit に追加実装される。2014 年度開発では WebKit に手を加えない Polyfill という方式で Vehicle API を実現したが、2015 年度開発では、主流の方式である C/C++ 言語による WebKit への追加実装を行った。

4-1-2-2. Web IDL

WebIDL とは W3C API 仕様策定の活動において仕様の定義に用いられる仕様記述言語 (Interface Definition Language : IDL) である。

W3C にて策定された API 仕様は多くの場合 WebIDL によるインタフェース定義を含む。

ブラウザがその API をサポートするためには、WebIDL の定義に合致したインタフェースで API を利用可能にすることが必要である。

本研究開発では、W3C Automotive Working Group が公開した W3C Vehicle API FPWD(First Public Working Draft)の仕様書に定義された WebIDL に従って実装を作成した。

4-1-2-3. ネイティブ実装

WebIDL により定義された API をブラウザに実装することで、そのブラウザがその W3C 定義の API をサポートしたということになる。

WebIDL 自体はブラウザのソースコードコンパイルの過程で、スクリプトにより C++ のプログラムコードに変換され、そのまま JavaScript から利用可能なインタフェースとなる。(図 4-1-1 の Vehicle API JavaScript I/F 部)

ただし、ここで実現されるのはインタフェースのみで、そのインタフェースで利用可能となった API の内部動作は、別途 C++により記述することが必要となる。(図 4-1-1 の VehicleAPI 実装ロジック部)

以上の部分が VehicleAPI のネイティブ実装に当たる開発対象であるが、その他に自動車からの情報を受け取り、WebKit に引き渡す機能が必要であり図 4-1-1 では DataBroker I/F 部としてその機能を表している。

4-1-2-4. DataBroker I/F 部

図 4-1-1 の DataBroker I/F 部は、車両情報をブラウザに供給する DataBroker (2014 年度開発済み) から走行データを受け取り、Vehicle API のネイティブ実装を持つ WebKit に引き渡す。

WebKit とブラウザアプリケーションを合わせた NetfrontNX ブラウザは、プラットフォーム内で 1 つのプロセスとして実行され、DataBroker も別の 1 つのプロセスとして実行される。2 つの異なるプロセスの通信には一般にプロセス間通信と呼ばれる方

法が使用される。プロセス間通信には複数の実現方式があるが、今回の実装では共有メモリという方式を採用した。

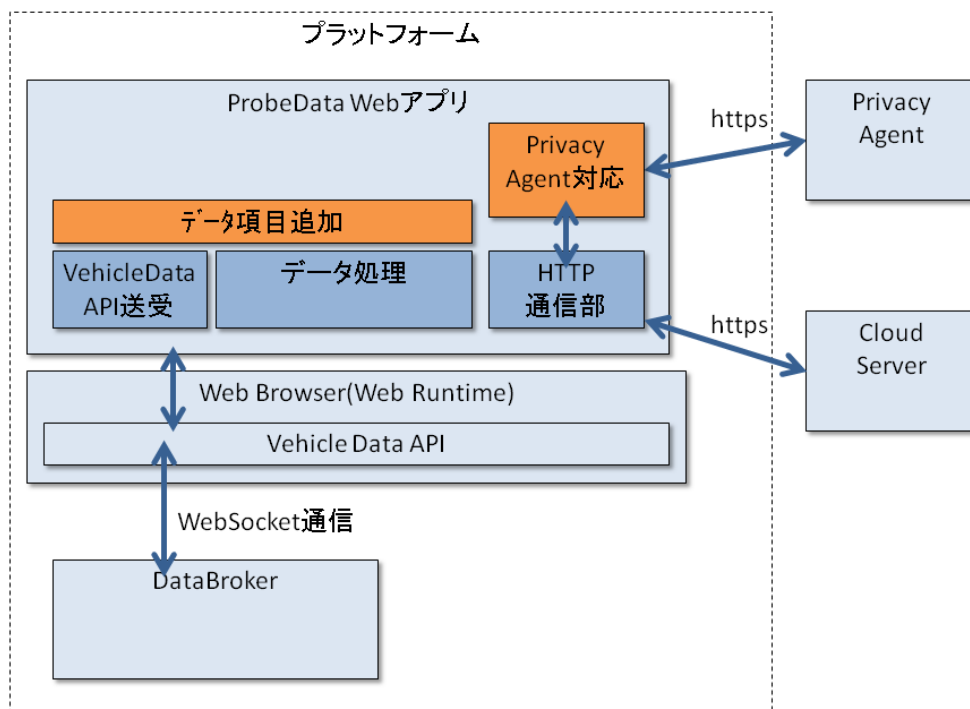
2つのプロセスから利用できる共有メモリを準備して、その領域上に DataBroker プロセスが走行データを書き込み、ブラウザプロセスが走行データを読み取って Vehicle API 実装に引き渡す構造とした。

4-1-3. プライバシー保護機能インタフェース開発

4-1-3-1. システム構成

プローブデータクライアントアプリ（PD）のデータ送信先となるパーソナルエージェント（PA）との間のインタフェースを構築する。インタフェースの詳細は、4-2 節のプライバシー保護機能の説明で行う。

図 4-1-3 にプローブデータクライアントアプリの構造を示す。



(出典：KDDI 総研にて作成)

図 4-1-3 プローブデータクライアントアプリ 構造図

4-1-4. 次世代プローブデータ開発テスト結果

4-1-4-1. テスト環境

図 2-3-3 に示したテストカー実験システムにより、実車公道走行により機能検証を行った。ただし、パーソナルエージェントとのインタフェース接続については、実車での接続は行わず、プローブデータクライアントアプリのシミュレーション環境とパーソナルエージェントとの接続により検証した。

テスト車両；Toyota Prius ZVW30

車載システム；Renesas R-Car H2(R8A7790)

車載 OS；Yocto Project Linux

WebRuntime；NetFront Browser NX

テスト期間；2015 年 12 月～2016 年 1 月

4-1-4-2. 新規 Vehicle Data 項目

2015 年度に追加サポートした項目の検証データを表 4-1-2 に示す。付録に実際のテストデータ形式を添付する。

表 4-1-2 2015 年度開発で追加サポートするデータ項目

項目	プローブデータ項目	取得データ例
イグニッション位置	VehiclePowerModeType	"value":"running"
ギア	Transmission	"mode":"drive"
ライト	LightsStatus.: head, brake, parking,	"head":"false", "brake":"false", "parking":"false"
燃料残量	Fuel.level	"instantConsumption": "0.043", "level": "83"
エンジン冷却液	EngineCoolant.temperature	"temperature":"68"
ドライブモード	DriveMode	"driveMode":"eco"
シートベルト	Seat.seatbelt	"seatbelt":"true"
室内温度	Temperature.interiorTemperature	"interiorTemperature":"24. 0"
パーキングブレーキ	ParkingBrake.status	"status":"inactive"
GPS 方位	Heading	"altitude": "67.5", "heading": "200.78", "latitude": "35.706362", "longitude": 139.482183",
GPS 速度	Speed	"speed": "9.62"

4-1-5. 性能評価

WebRuntime ネイティブ版開発を、2014 年度開発の polyfill 版と比較することで、性能の違いを評価する。まず、メモリと CPU の負荷について評価する。

評価方式は以下の通り。

- A) Vehicle API の vehicleSpeed, engineSpeed, steeringWheel, acceleratorPedalPosition について subscribe() を実行する JavaScript サンプルプログラムで比較
- B) DataBroker から 100Hz でデータを送信、subscribe() のイベントが 100Hz で発生する。
- C) ps コマンドにより、ブラウザプロセスの CPU 使用率、メモリ使用量(RSS 値)を計測。

【メモリ使用量の比較】

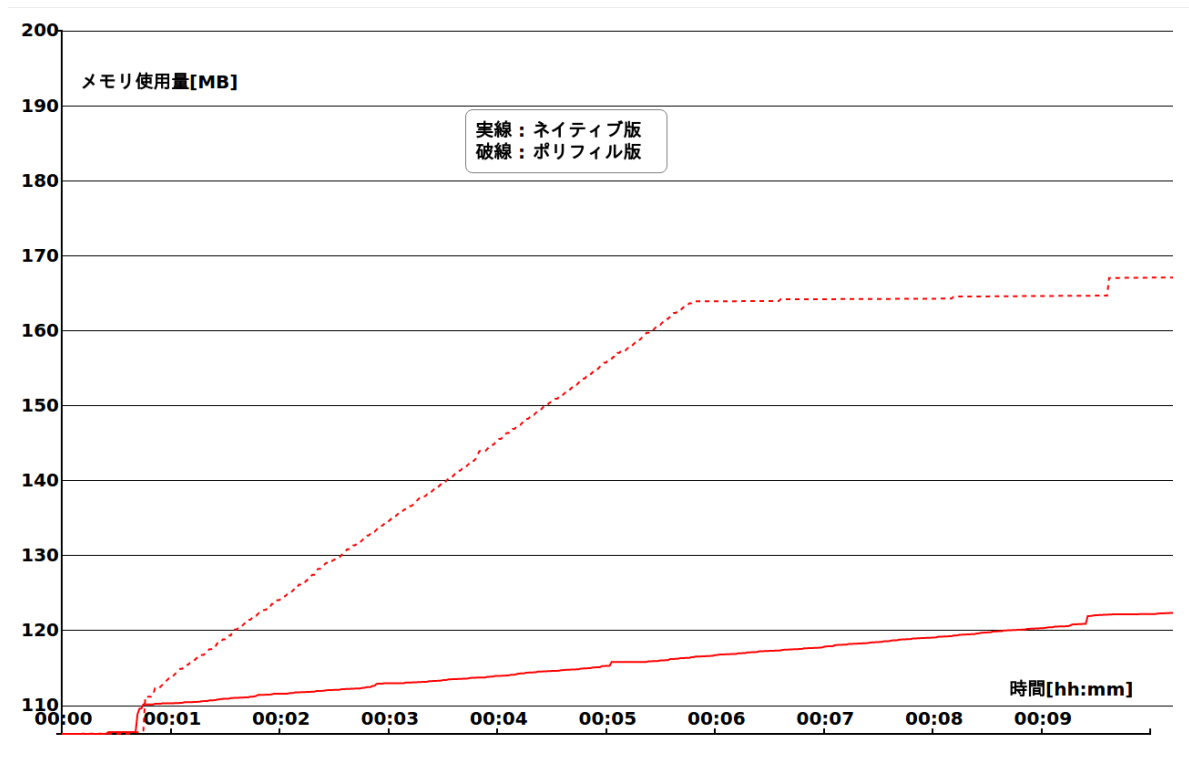


図 4-1-4 メモリ使用量の比較

図 4-1-4 に処理を開始してから 10 分間のメモリ使用量をネイティブ版（実線）、Polyfill 版（点線）で示す。

メモリ使用量については、Polyfill 版の方が、増加ペースが速く、より大量のメモリを消費した。これはネイティブ版のテストで使用される JavaScript コードがわずかなのに比べて、Polyfill 版では VehicleAPI の実装が全て JavaScript で書かれており、単純に実行される JavaScript の量が多いことによる。

JavaScript ではオブジェクトが生成されるときにメモリを消費し、オブジェクトの使用後どこからも参照されない状態になると削除の候補となり、その後 JavaScript エンジンによりガベージコレクションが実行されることで削除候補のオブジェクトのメモリが解放され、再度利用できる状態になる、というメモリ利用のサイクルがはたらく。

今回メモリ計測に使用している ps コマンドの RSS という値は、プロセスが実際に使用している物理メモリの量を表すが、この値は一度使用メモリとカウントされるとガベージコレクションでメモリが解放されても減ることはない。

Polyfill 版では開始から約 5 分 30 秒の位置でメモリ消費のペースが緩やかになっているが、これは JavaScript 用に割り当てられているメモリの全体が少なくとも一回使用され、割り当てメモリが全て RSS にカウントされたためと判断できる。それ以降は使用済みメモリが解放され、再度空きメモリとして別オブジェクトに使用されるという動作になり、RSS の値がほぼ増加しなくなる。

ネイティブ版のメモリ使用量の増加分も同様に JavaScript の割り当てメモリの消費を表し、消費のペースが異なるが一定時間後には同様に割り当てメモリの上限に到達し、消費ペースが緩やかになる。

Polyfill 版では、Vehicle API を使用するだけで一定程度の JavaScript の負荷となるため、JavaScript で他にメモリ使用、CPU 負荷の重い機能を使用する場合（アニメーション UI のような高頻度の画面更新、CPU を占有するループ処理など）、動作がスムーズでなくなる、メモリ不足で JavaScript の実行が止まる、といった現象が起きやすくなると考えられる。

その点、ネイティブ版の Vehicle API を使用した場合、Vehicle API 自体の負荷が少ないため、JavaScript エンジンの動作に余裕があり、メモリ不足、CPU 過負荷による不具合が起きにくいと想定される。

【CPU 使用率の比較】

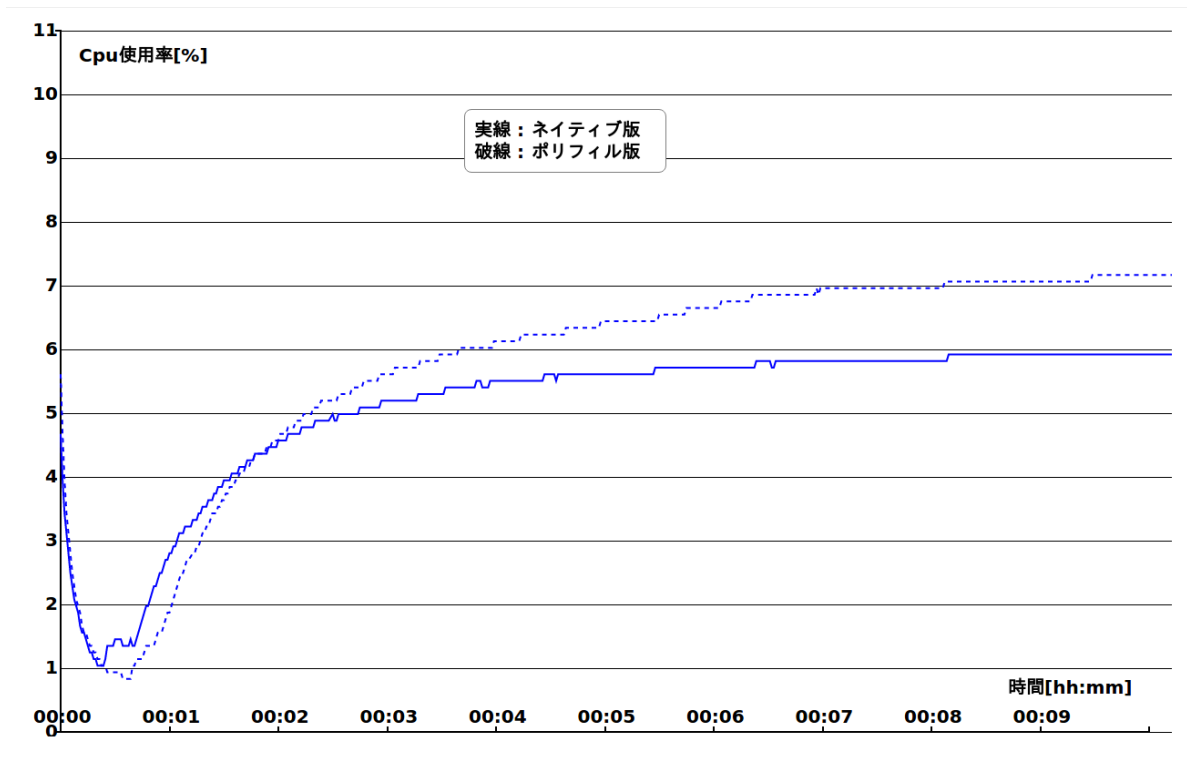


図 4-1-5 CPU 使用率の比較

図 4-1-5 に処理を開始してから 10 分間の CPU 使用率をネイティブ版（実線）、Polyfill 版（点線）で示す。

CPU 使用率についても Polyfill 版の方がより負荷が大きく、ネイティブ版に改善効果があった。ただし、メモリ使用量ほどの違いは見られなかった。差が少なかった理由の一つは JavaScript エンジンの JIT(実行時コンパイル)機能によるものと推定される。

JIT とは、実行時に JavaScript のコードをコンパイルして CPU が直接理解できる機械語に置き換える機能である。JIT により、負荷が大きい、実行回数が多いといった JavaScript コードが機械語に変換されパフォーマンスが向上することはよく知られている。ただし、JIT の効果は実行するプラットフォーム（CPU、OS 等）により異なり、環境によっては大きな効果が見られない場合もある。

そのほか、今回のネイティブ版の実装では開発期間の制約により、チューニングが不足しており、この点も CPU 使用率のはっきりした差が見られなかった理由の一つと考えられる。

【追従性の評価】

次に追従性について評価した。ここでいう追従性とは、DataBroker からのデータ更新に対する Vehicle API 実装の追従性を意味している。評価方式は以下の通り。

- A) 追従性の定義：DataBroker がある頻度 X Hz でデータをブラウザに送付したときに、Vehicle API による画面更新が頻度 Y Hz で発生する。通常 $Y \leq X$ となるが、 Y の値が X に近いほど良好な追従性である。
- B) Vehicle API の vehicleSpeed の subscribe() により評価した。

表 4-1-3 WebRuntime における追従性の比較

DataBroker 更新頻度	10Hz	50Hz	100Hz
Native 版	10Hz	48Hz - 50Hz	85Hz - 90Hz
Polyfill 版	10Hz	49Hz - 50Hz	90Hz - 100Hz

高頻度更新のユースケースとして速度計の更新などが考えられるが、通常 60fps(60Hz)の画面更新が実現されれば十分なことから、今回のテストでは余裕をみて 100Hz までを比較した。結果としてネイティブ版と Polyfill 版に大きな違いは見られなかった。

ネイティブ版の追従性が若干低くなっているが、これはネイティブ版の DataBroker とブラウザの通信方式によるものと推定される。

通信方式として共有メモリによるプロセス間通信を使用しているが、今回の実装ではブラウザのエンジンスレッドが共有メモリをポーリングし、変更を監視する方式を採用した。

この方式では、エンジンスレッドが html のレンダリング、JavaScript の処理など重い処理の合間に共有メモリにアクセスするため、更新頻度が高くなるとブラウザエンジンのメイン処理の重さに引きずられて追従性が低下するものと考えられる。

共有メモリの監視用に専用スレッドを作成すると、共有メモリの監視がブラウザのエンジンスレッドの影響を受けにくくなり改善が見込めるはずであるが、開発期間の制約から今後の課題とした。

Polyfill 版では DaraBroker との通信に WebSocket を使用しているが、WebSocket は onmessage ハンドラによるイベントドリブンな方式のため、一定間隔でタイマを回し続けるポーリング方式に比べ CPU に余分な負荷がかかりにくいという点で有利である。

一方で onmessage ハンドラによるイベントドリブンの方式は、メッセージ通知がキューに蓄積されるため取りこぼしは発生しにくいですが、Vehicle API 側の処理が間に合わない場合は、メッセージがキューに溜まり過ぎて遅延が起きる可能性がある。

4-2. プライバシー保護機能開発

プライバシー保護機能では、車両から送信されるプローブデータを、利用者が設定したプライバシープリファレンスに従ってリアルタイムに加工する。2015 年度の開発においては、速度や位置の粒度変更機能を開発し、実車走行データに適用し、基本動作の検証を行う。

4-2-1. システム概要

本研究開発では、プライバシー保護機能の基本機能を開発するにあたって、動作環境の依存性を低くするため Java により開発を行った。開発環境を表 4-2-1 に示す。

表 4-2-1 プライバシー保護機能の開発環境

開発言語	Java SE 7, Java EE 7
OS	CentOS 7 (64bit)
動作環境	JRE 1.7.0 以降

図 4-2-1 にモジュール構成を示す。

モジュールの役割はプローブデータの粒度変更である。サーバーからの要求に応じて自動車から収集するプローブデータを適切に粒度変更してから渡す。ユーザは予めプライバシーポリシー設定を行う事でサーバーからの要求の度に逐一承認をすることなく自動的に適切なデータのみをサーバーに提供できる。なお、ポリシー設定システムのユーザインタフェースについては、2014 年度開発において開発に着手したものである。

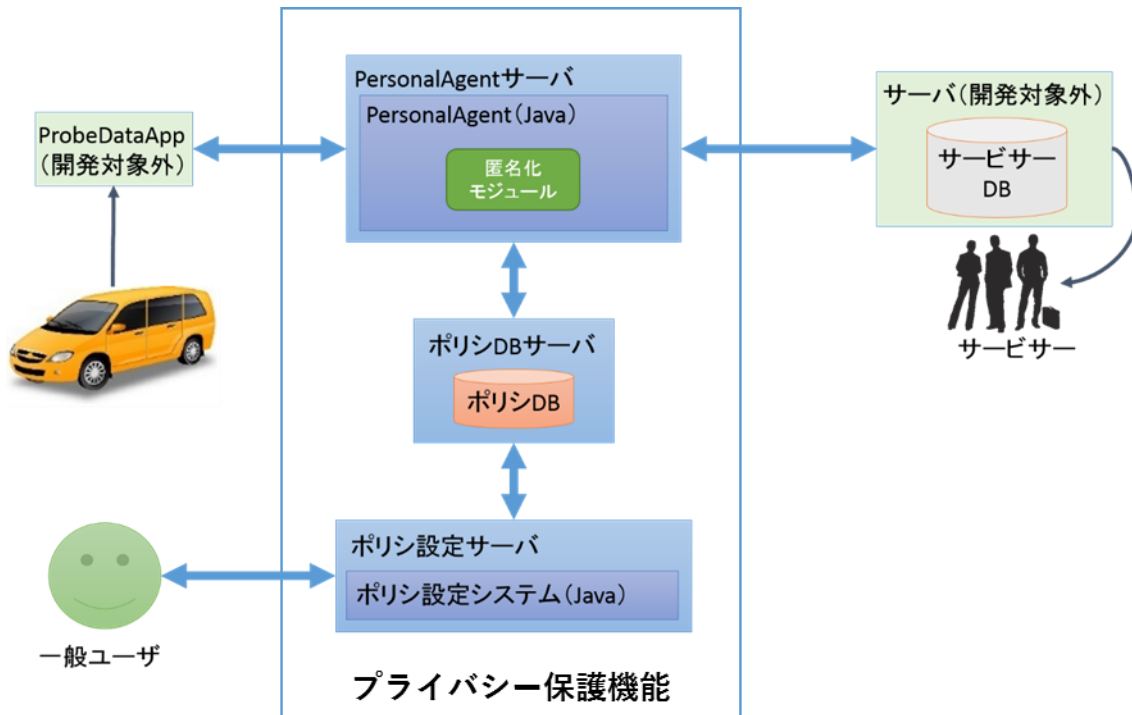


図 4-2-1 プライバシー保護機能のシステム概要

4-2-2. 粒度変更の基本機能

パーソナルエージェントでは、さまざまなユースケースに対応できるべく汎用的な粒度変更の型を提供する。その方法は以下の7つである。

1. Rounding 型
2. AdditiveWhiteNoise 型
3. AdditiveUniformlyNoize 型
4. Threshold 型
5. IsWithin 型
6. NonAnonymize 型
7. Hidden 型

今回、基本機能として検証したのは、Threshold 型、IsWithin 型、NonAnonymized 型、Hidden 型の4つの型となる。これらについて説明する。

Threshold 型

Threshold 型は数値に関する型である。閾値を設定し、対象となる数値が閾値を上回る場合は数値を閾値に置き換える。閾値以下の場合には粒度変更処理を行わない。各項目・属性に対してレベル2、レベル3の閾値の値 threshold を別途定義する。

レベル 2 の threshold 50、レベル 3 の threshold 40 における整数値 72 の場合は以下のように Threshold 型の粒度変更を行う。

72 → (匿名化レベル 2) → 50 → (匿名化レベル 3) → 40

今回のテストでは、速度に関するユースケースで検証を行う。

IsWithin 型

IsWithin 型は位置情報に関する粒度変更の型である。基準点および範囲半径を設定し、対象となる位置情報が基準点から範囲半径内にある場合は位置情報の緯度及び経度の小数点 3 位で切捨てを行う。基準点から範囲半径外の場合は粒度変更処理を行わない。

今回のテストでは、知られたくない場所のユースケースで検証を行う。

NonAnonymized 型

NonAnonymized 型は数値または階層データに関する型である。この型は一切の粒度変更を行わない。基本的に 2 値のいずれかを取る真偽値型のような場合を想定している。また、プローブデータを提供する側が提供を拒否した場合は提供側の意向を優先とする。

今回のテストでは、粒度変更しない提供先のユースケースで検証を行う。

Hidden 型

Hidden 型は数値または階層データに関する型である。この型は任意の値を Hidden に置き換える粒度変更を行う。基本的に 2 値のいずれかを取る真偽値型のような場合を想定している。サービスがプローブデータの項目を受け取らない場合を想定している。

今回のテストでは、通常時は情報提供しない提供先のユースケースで検証を行う。

4-2-3. システム検証

本研究開発における、プライバシー保護のための粒度変更ユースケースを表 4-2-2 に示す。これらのユースケースを実際の走行データを使用して検証する。

表 4-2-2 プライバシー保護機能検証のユースケース

No	ユースケース	確認内容
1	粒度変更されないケース (サーバーA)	サーバーが受信したプローブデータについて、速度、位置情報が粒度変更されていないことを確認
2	位置情報の粒度変更ケース (サーバーB)	サーバーが受信したプローブデータについて、特定の条件を満たしたときに、位置情報が粒度変更されていることを確認
3	緊急時に粒度変更が解除されるケース (サーバーC)	サーバーが受信したプローブデータについて、緊急時のデータに対しては、粒度変更されていないことを確認
4	緊急時に粒度変更が解除されないケース (サーバーB)	サーバーが受信したプローブデータについて、緊急時のデータに対しても、通常時と同様に粒度変更されていることを確認
5	情報提供を許可していないユーザのケース (サーバーD)	サーバーが受信したプローブデータについて、速度、位置情報が HIDDEN であることを確認
6	速度の粒度変更ケース (サーバーB)	サーバーが受信したプローブデータについて、特定の条件を満たしたときに、速度が粒度変更されていることを確認

これらのユースケースを含む走行データとして、「スカイツリー周辺」、「高速道路」の2つの走行データを利用してパーソナルエージェントの粒度変更の動作を検証した。

「スカイツリー周辺」のデータでは、スカイツリーを『知られたくない場所』として、スカイツリーから半径1 km以内に入ったときに、IsWithin 型の粒度変更が適用される様子が主な確認内容となる。合わせて、同事態において領土変更が適用されないケース NonAnonymized 型についても確認する。

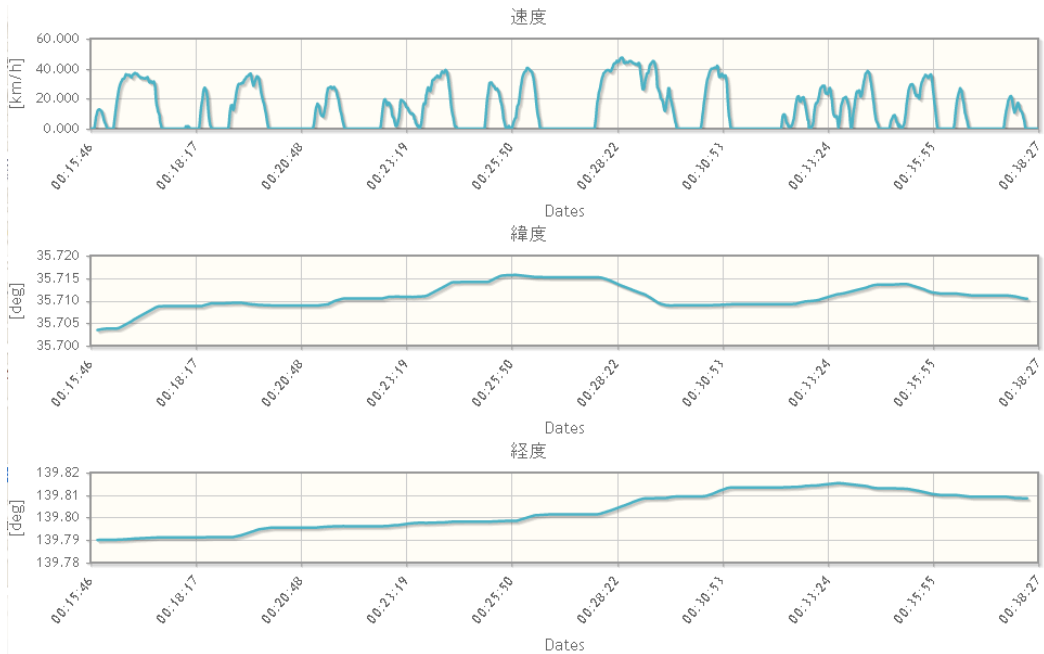
さらにこのデータでは、走行中のある時点で、模擬的に緊急事態を発生させ、緊急時には粒度変更が解除されるケースを確認する。合わせて、同事態において解除されないケースについても確認する。

また、走行過程を通じて情報提供が許可されないケース Hidden 型についても確認する。

一方「高速道路」の走行データでは、速度の粒度変更 Threshold 型について確認する。合わせて、速度の粒度変更が適用されない提供先のケースについても確認する。

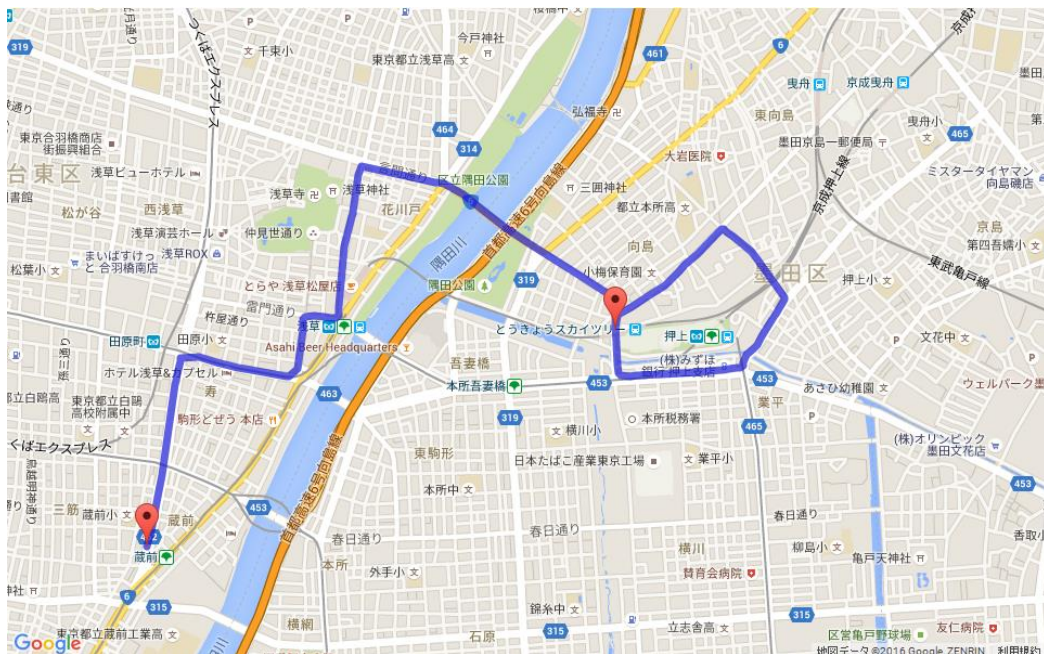
「スカイツリー周辺」の走行データ

■ 走行データの速度、経度、緯度の推移



グラフ 4-2-1 走行データ（生プローブデータ）

■ 走行データの車の位置



地図 4-2-1 走行経路（生プローブデータ）

テストケースにおけるプローブデータの流れ

サービスのイメージを図 4-2-2 に示す。

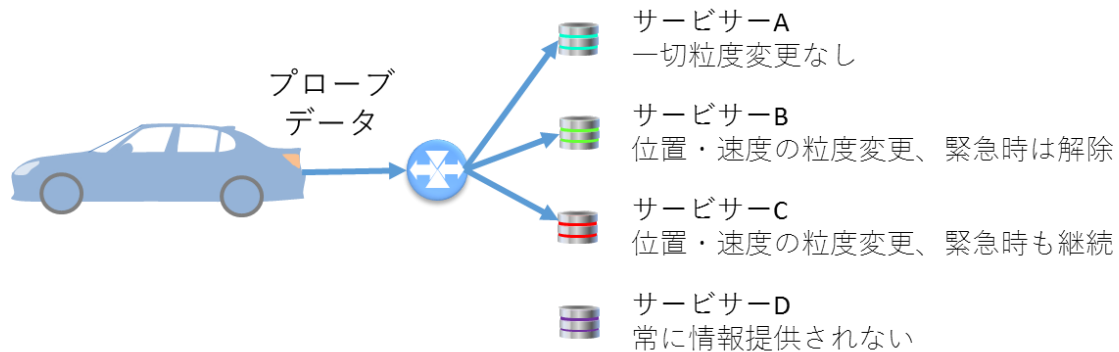


図 4-2-2 テストケースにおけるプローブデータの流れ

粒度変更されないケース

ここではサーバーA の受信状況を確認する。

■ 粒度変更の設定値

	速度	位置情報
粒度変更方法	粒度変更なし	粒度変更なし

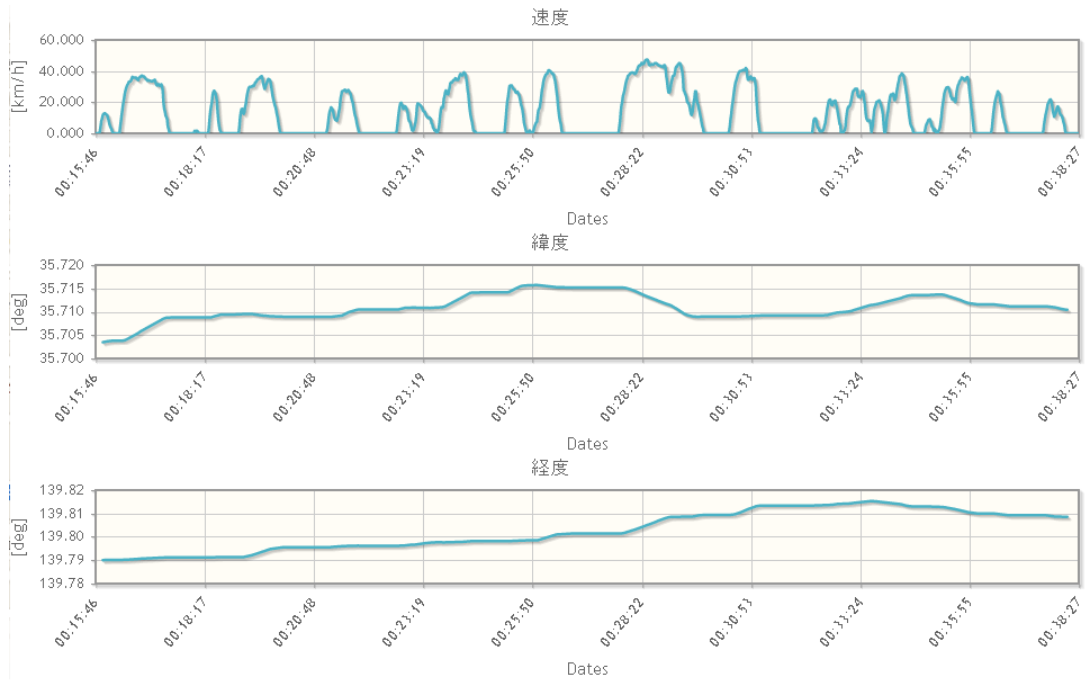
■ テスト結果

以下のように、サーバーが受信したプローブデータが粒度変更されないため、本テストケースは確認された。

No	日時	車から送信された プローブデータ	サーバーA が受信した プローブデータ
1	1/22 14:19:39	速度：31570 緯度：35.70917 経度：139.7938	速度：31570 緯度：35.70917 経度：139.7938
2	1/22 14:28:45	速度：44180 緯度：35.71238 経度：139.8068	速度：44180 緯度：35.71238 経度：139.8068
3	1/22 14:31:28	速度：0 緯度：35.7092 経度：139.8134	速度：0 緯度：35.7092 経度：139.8134
4	1/22 14:35:47	速度：35660 緯度：35.71231 経度：139.8111	速度：35660 緯度：35.71231 経度：139.8111

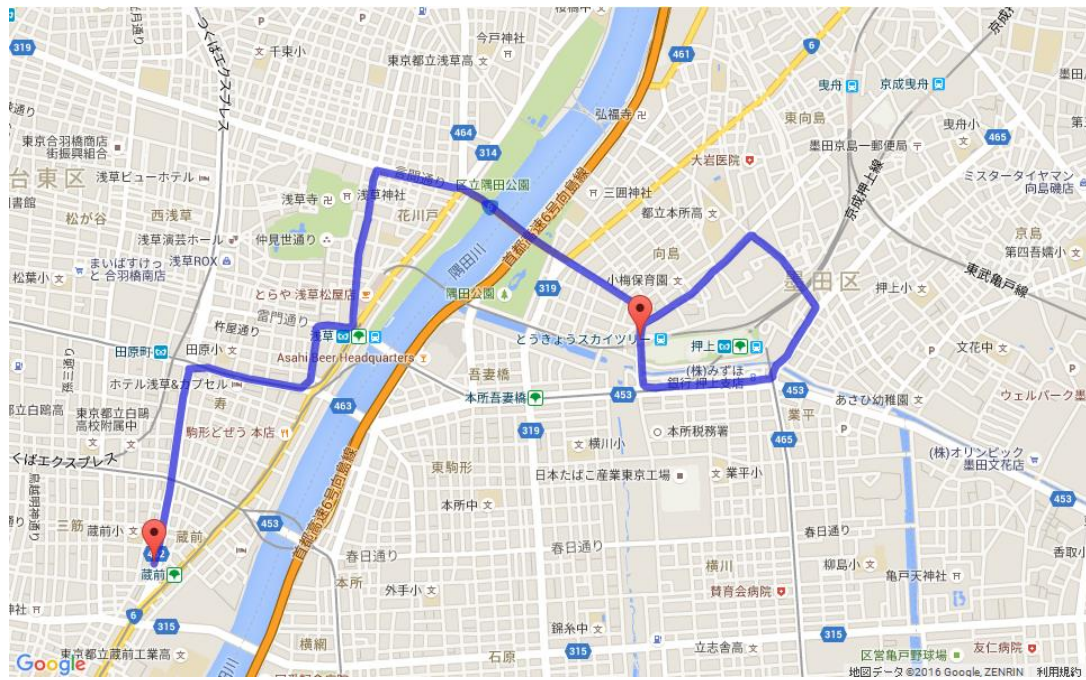
※ 速度の単位は m/時

■受信データの速度、経度、緯度の推移



グラフ 4-2-2 走行データ (サービサーA)

■受信データの車の位置



地図 4-2-2 走行経路 (サービサーA)

位置情報、および、速度の粒度変更ケース（緊急時は粒度変更解除）

ここではサービサーBの受信状況を確認する。

また、ユースケースの No.4 緊急時に粒度変更が解除されないケースについても確認できる。

■粒度変更の設定値

	速度	位置情報
通常時の粒度変更方法	40Km/時未満 粒度変更なし 40Km/時以上 一律 40Km/時とする	スカイツリー（緯度：35.710139、緯度：139.710833）の半径 1Km 以内 小数点以下 3 桁を切り捨て 上記以外 粒度変更なし
緊急時の粒度変更方法	粒度変更なし	粒度変更なし

■テスト結果

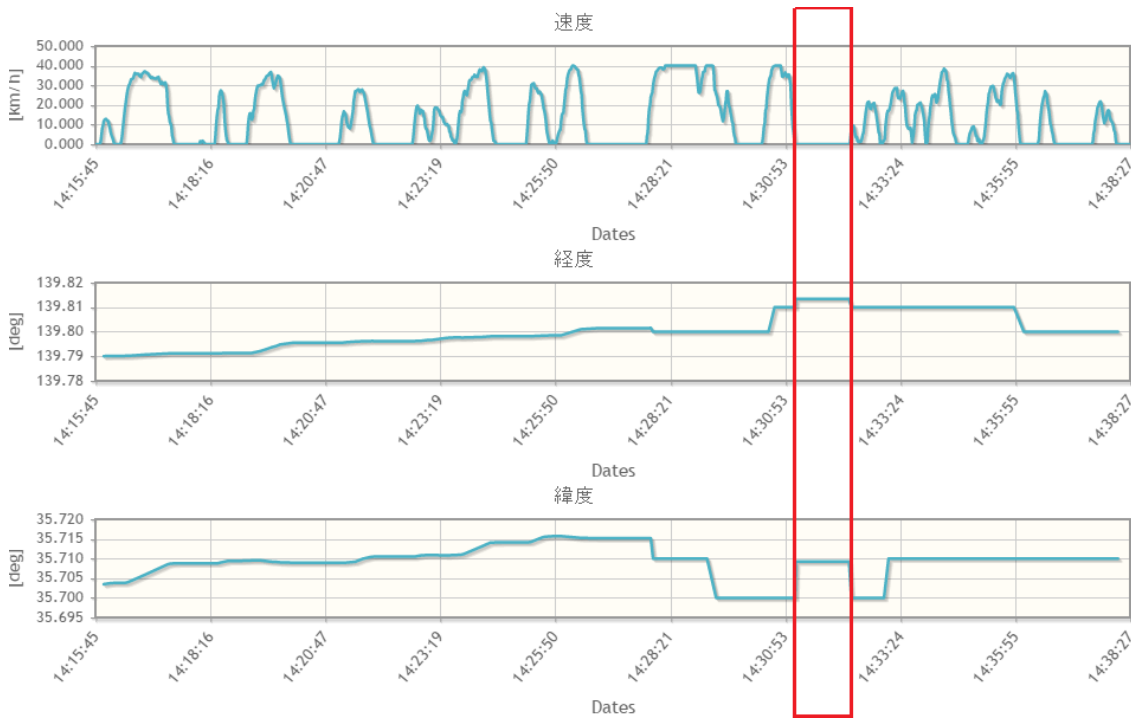
以下のように、コンテキストが通常時は、サービサーが受信したプローブデータが粒度変更されている（赤字）ため、本テストケースは確認された。

さらに、コンテキストが緊急時に、サービサーが受信したプローブデータが粒度変更されていない（青字）ため、本テストケースは確認された。

No	日時	車から取得された プローブデータ	サービサーBが受信した プローブデータ
1	1/22 9:19:39	コンテキスト：通常 速度：31570 緯度：35.70917 経度：139.7938	速度：31570 緯度：35.70917 経度：139.7938
2	1/22 9:28:45	コンテキスト：通常 速度：44180 緯度：35.71238 経度：139.8068	速度： 40000 緯度： 35.7100 経度： 139.8000
3	1/22 9:31:28	コンテキスト：緊急 速度：0 緯度：35.7092 経度：139.8134	速度： 0 緯度： 35.7092 経度： 139.8134
4	1/22 9:35:47	コンテキスト：通常 速度：35660 緯度：35.71231 経度：139.8111	速度：35660 緯度： 35.7100 経度： 139.8100

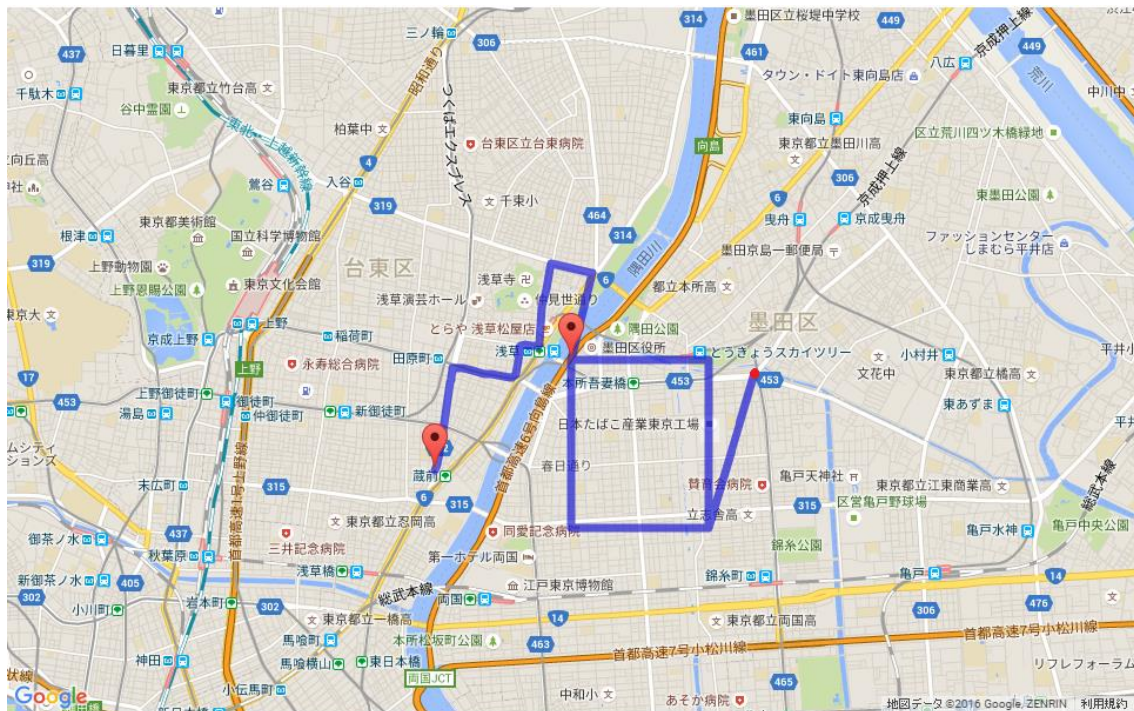
※ 速度の単位は m/時

■受信データの速度、経度、緯度の推移（赤い部分が緊急時）



グラフ 4-2-3 走行データ（サービサーB）

■受信データの車の位置（赤い丸が緊急時）



地図 4-2-3 走行経路（サービサーB）

緊急時に粒度変更が解除されないケース

ここではサービサーCの受信状況を確認する。

■粒度変更の設定値

	速度	位置情報
通常時の粒度変更方法	40Km/時未満 粒度変更なし 40Km/時以上 一律 40Km/時とする	スカイツリー（緯度：35.710139、緯度：139.710833）の半径1Km以内 小数点以下3桁を切り捨て 上記以外 粒度変更なし
緊急時の粒度変更方法	40Km/時未満 粒度変更なし 40Km/時以上 一律 40Km/時とする	スカイツリー（緯度：35.710139、緯度：139.710833）の半径1Km以内 小数点以下3桁を切り捨て 上記以外 粒度変更なし

■テスト結果

以下のように、コンテキストが緊急時に、サービサーが受信したプローブデータが粒度変更されている（赤字）ため、本テストケースは確認された。

No	日時	車から取得された プローブデータ	サービサーCが受信した プローブデータ
1	1/22 14:19:39	コンテキスト：通常 速度：31570 緯度：35.70917 経度：139.7938	速度：31570 緯度：35.70917 経度：139.7938
2	1/22 14:28:45	コンテキスト：通常 速度：44180 緯度：35.71238 経度：139.8068	速度： 40000 緯度： 35.7100 経度： 139.8000
3	1/22 14:31:28	コンテキスト：緊急 速度：0 緯度：35.7092 経度：139.8134	速度：0 緯度： 35.7000 経度： 139.8100
4	1/22 14:35:47	コンテキスト：通常 速度：35660 緯度：35.71231 経度：139.8111	速度：35660 緯度： 35.7100 経度： 139.8100

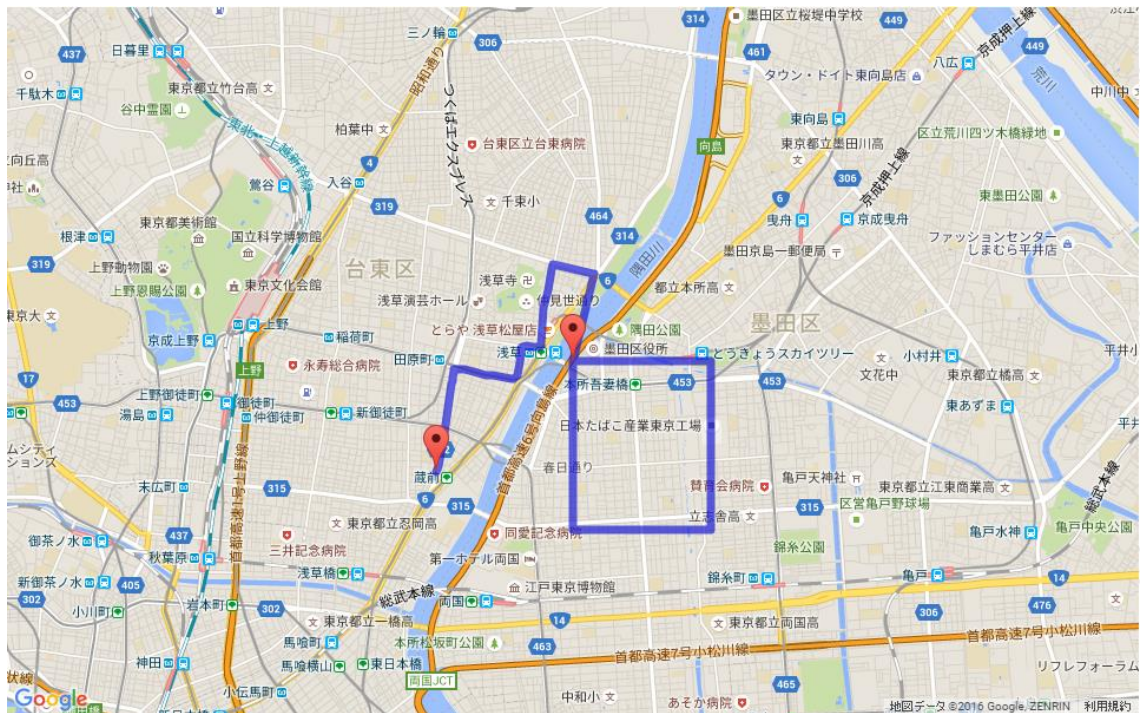
※ 速度の単位は m/時

■受信データの速度、経度、緯度の推移（赤い部分が緊急時）



グラフ 4-2-4 走行データ（サービサーC）

■受信データの車の位置



地図 4-2-4 走行経路（サービサーC）

情報提供を許可していないユーザのケース

ここではサービサーDの受信状況を確認する。

■粒度変更の設定値

	速度	位置情報
粒度変更方法	情報提供なし	情報提供なし

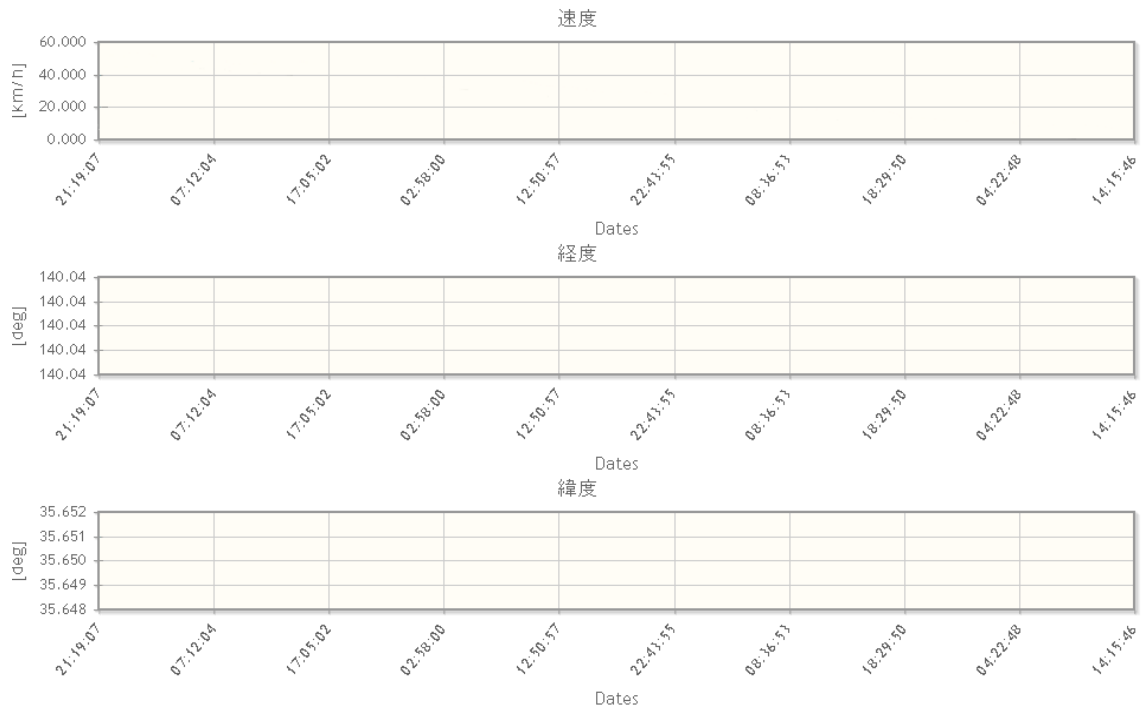
■テスト結果

以下のように、コンテキストが緊急時に、サービサーDが受信したプローブデータがHIDDENとなっているため、本テストケースは確認された。

No	日時	車から取得された プローブデータ	サービサーDが受信した プローブデータ
1	1/22 9:19:39	速度：31570 緯度：35.70917 経度：139.7938	速度：HIDDEN 緯度：HIDDEN 経度：HIDDEN
2	1/22 9:28:45	速度：44180 緯度：35.71238 経度：139.8068	速度：HIDDEN 緯度：HIDDEN 経度：HIDDEN
3	1/22 9:31:28	速度：0 緯度：35.7092 経度：139.8134	速度：HIDDEN 緯度：HIDDEN 経度：HIDDEN
4	1/22 9:35:47	速度：35660 緯度：35.71231 経度：139.8111	速度：HIDDEN 緯度：HIDDEN 経度：HIDDEN

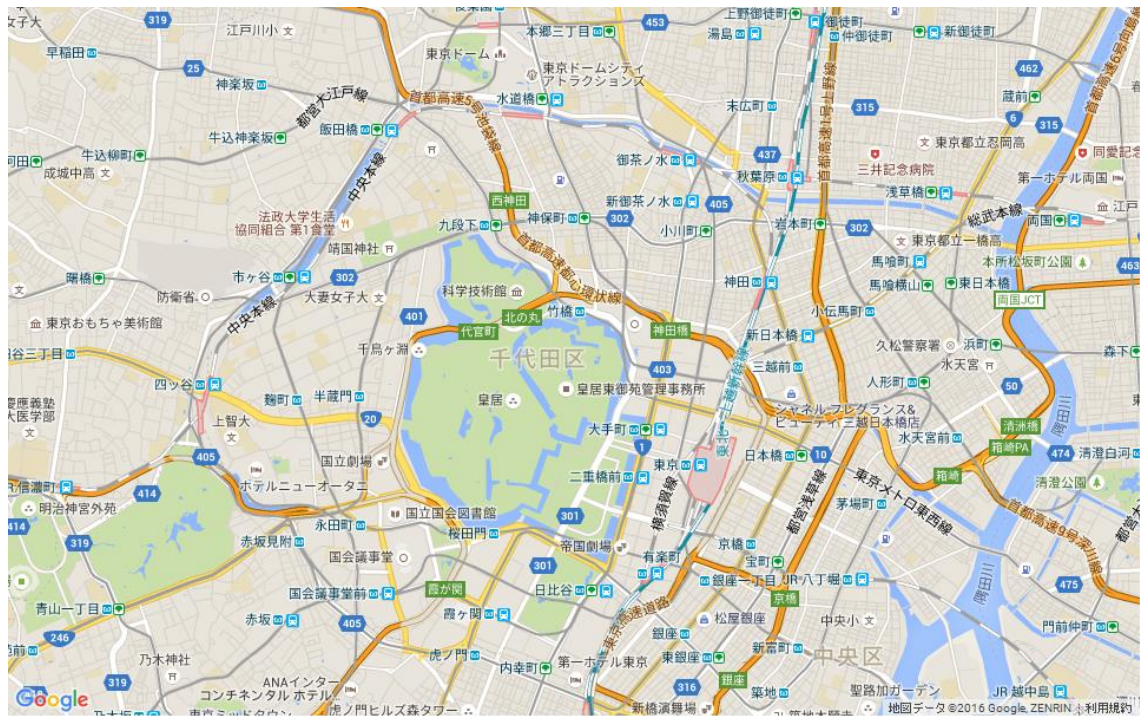
※ 速度の単位は m/時

■受信データの速度、経度、緯度の推移



グラフ 4-2-5 走行データ (サービサーD)

■受信データの車の位置



地図 4-2-5 走行経路 (サービサーD)

速度の粒度変更ケース

ここではサービサーBの受信状況を確認する。先の例でも速度の粒度変更が行われているが、一般道路の走行のため、やや分かりづらい。ここでは高速道路の走行データで検証する。

■粒度変更の設定値

	速度	位置情報
粒度変更方法	40Km/時未満 粒度変更なし 40Km/時以上 一律 40Km/時とする	粒度変更なし

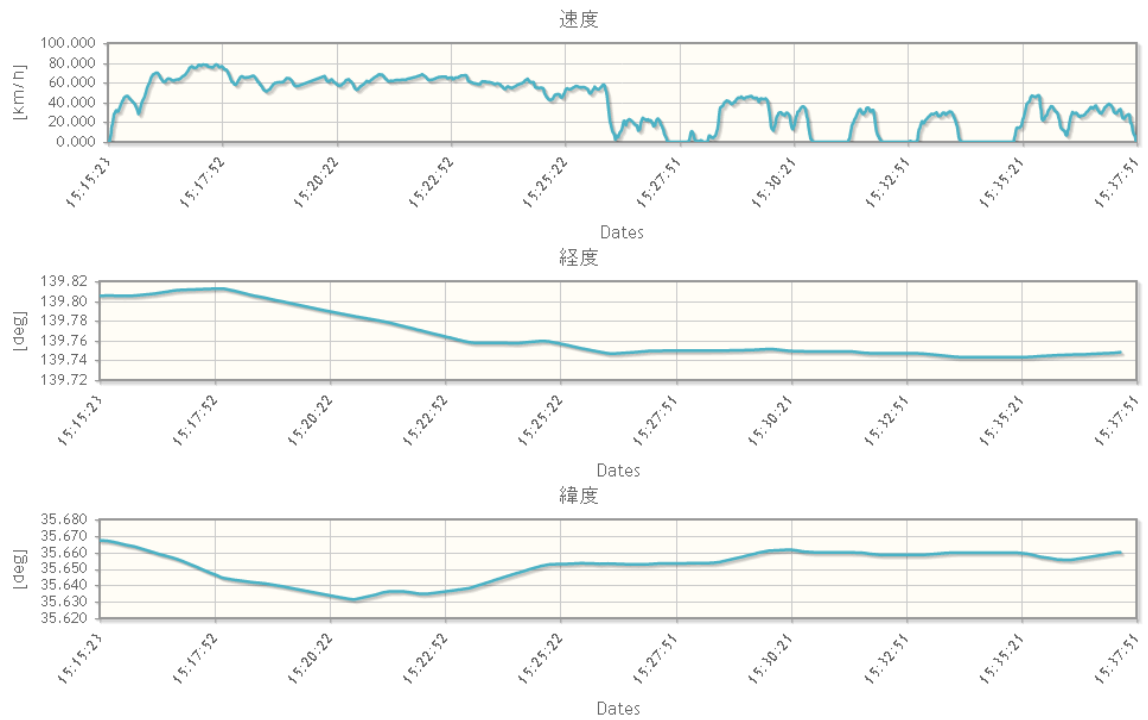
■テスト結果

以下のように、サービサーBが受信したプローブデータが粒度変更されているため、本テストケースは確認された。

No	日時	車から取得された プローブデータ	サービサーBが受信した プローブデータ
1	1/22 15:15:58	速度：39120 緯度：35.66442 経度：139.8053	速度：39120 緯度：35.66442 経度：139.8053
2	1/22 15:18:01	速度：70310 緯度：35.64496 経度：139.8126	速度：40000 緯度：35.64496 経度：139.8126
3	1/22 15:24:13	速度：54660 緯度：35.64542 経度：139.7576	速度：40000 緯度：35.64542 経度：139.7576
4	1/22 15:27:18	速度：16450 緯度：35.65281 経度：139.7495	速度：16450 緯度：35.65281 経度：139.7495

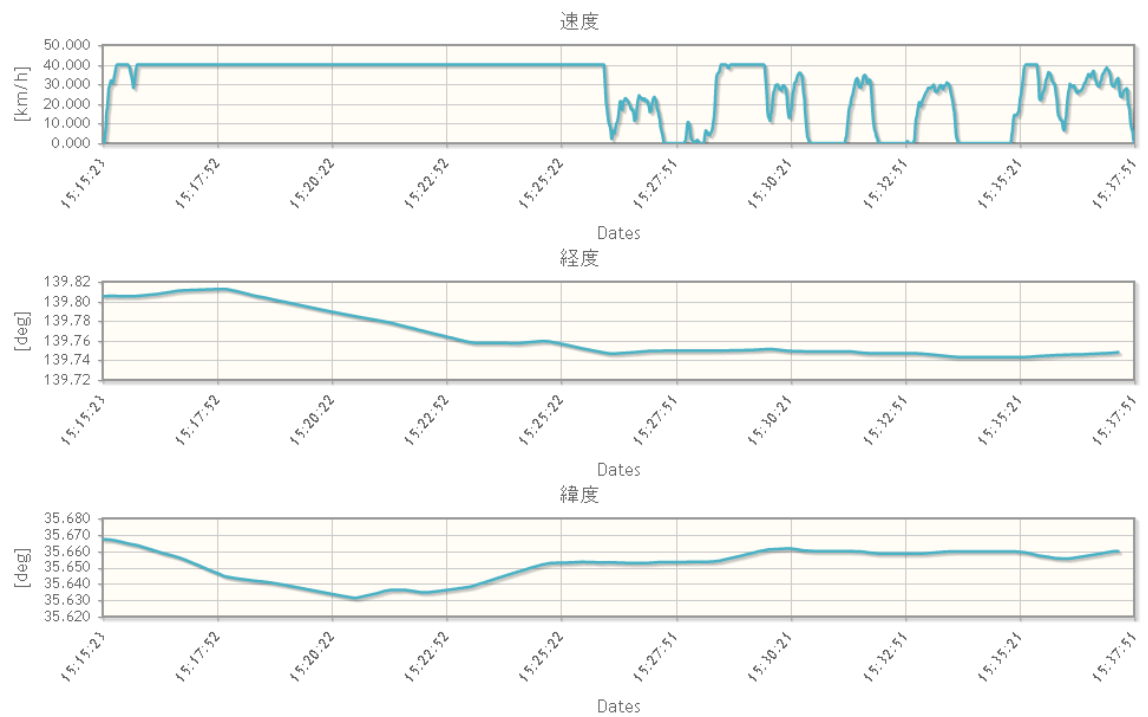
※ 速度の単位は m/時

■ 走行データの速度、経度、緯度の推移（粒度変更のないデータ）



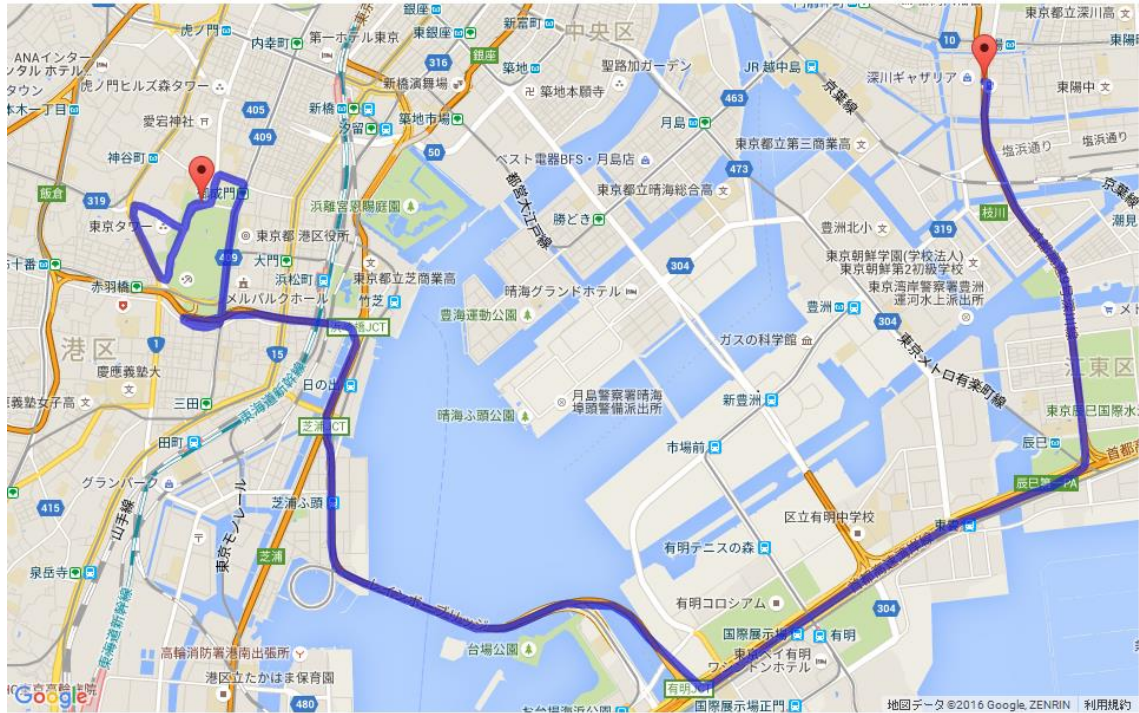
グラフ 4-2-6 走行データ（高速道路サービサーB）

■ 受信データの速度、経度、緯度の推移



グラフ 4-2-7 走行データ（高速道路サービサーB）

■受信データの車の位置



地図 4-2-6 走行経路（高速道路サービサーB）

4-2-4. テストケースの考察

1. 各ケースともに想定した内容通りの結果となった。
2. 速度の粒度変更については問題なく動作している。
3. 位置情報の粒度変更について、今回は「基準点から半径 1Km 以内ならば緯度及び経度の値を小数点以下 3 桁切り捨て」という方法を採用したが、多数の走行データをつき合わせた結果、中心である基準点の存在が明らかになる可能性があり、粒度変更方式について、さらに検討が必要である。

4-2-5. レイテンシの考察

PA サーバが ProbeDataApp からプローブデータを受け取り、ProbeDataApp へ結果を返却するまでの時間を測定する（図 4-2-3）。測定箇所は PA サーバが ProbeDataApp からプローブデータを受信した時点からサーバーへの送信が完了したことを通知するレスポンスを返す時点を対象とする（図中の青い帯の部分）。4-2-3 節で使用した走行データ「スカイツリー周辺」「高速道路」に基づいて基本統計量、度数分布を導出し、ヒストグラムを作成する。

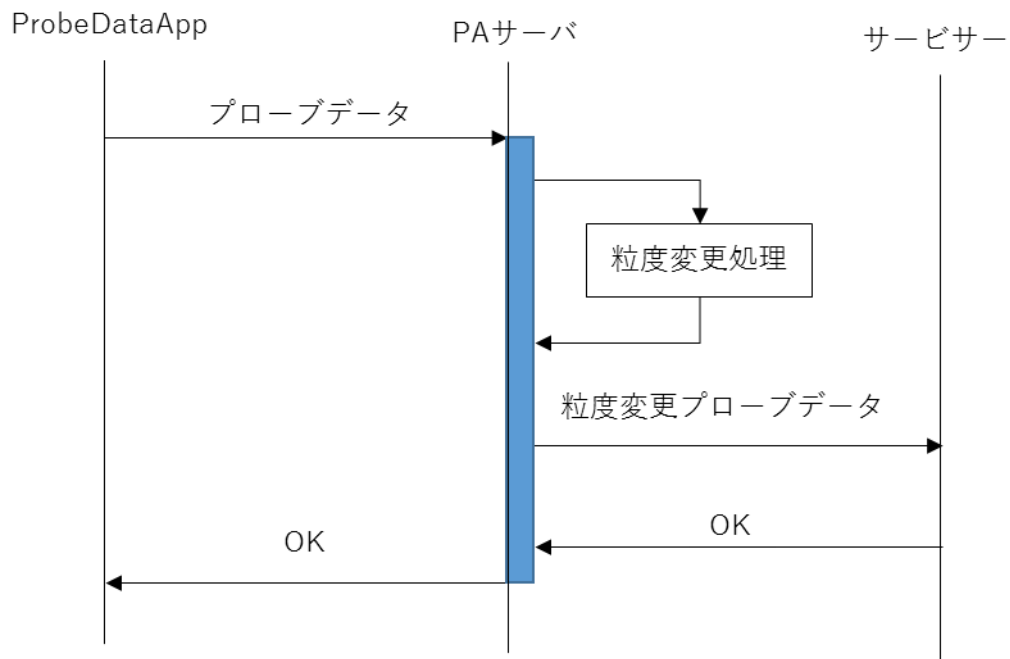


図 4-2-3 パーソナルエージェントのレイテンシ

4-2-5-1. レイテンシの基本統計量

各走行データについて測定を行い、基本統計量を求めた。

表 4-2-4 走行データ「スカイツリー周辺」におけるレイテンシ基本統計量

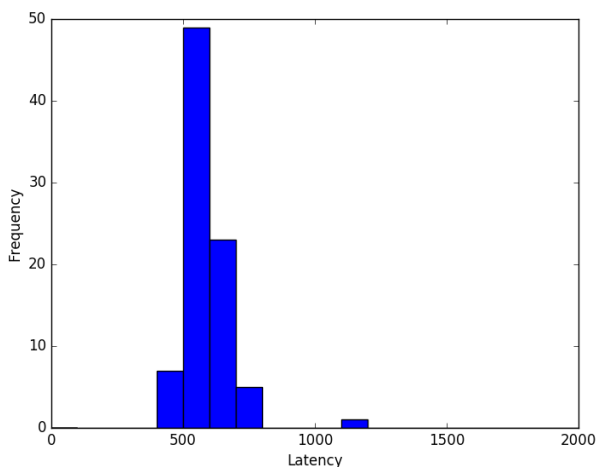
ケース	平均[ms]	中央値 [ms]	標準偏差 [ms]	分散	観測数
粒度変更なし（通常）	593.61	577.00	94.87	9000.00	85
位置情報粒度変更（通常）	792.35	782.50	91.28	8331.59	84
粒度変更なし（緊急）	691.21	682.00	76.04	5781.61	19
位置情報粒度変更（緊急）	692.13	678.00	42.10	1772.56	15

表 4-2-5 走行データ「高速道路」におけるレイテンシ基本統計量

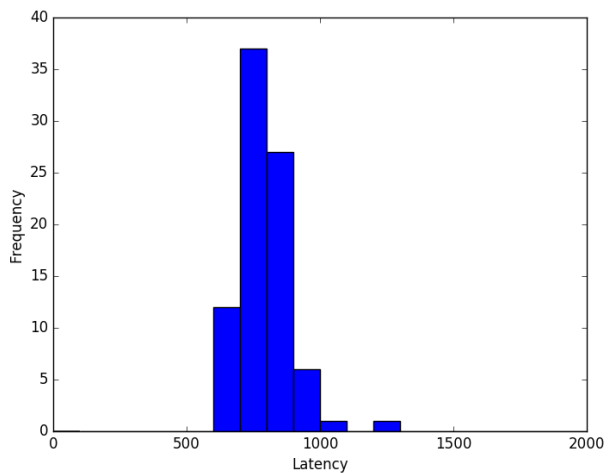
ケース	平均[ms]	中央値 [ms]	標準偏差 [ms]	分散	観測数
粒度変更なし	719.92	716.00	118.49	14040.09	647
速度の粒度変更	605.75	576.00	125.15	15663.38	843

4-2-5-2. レイテンシのヒストグラム

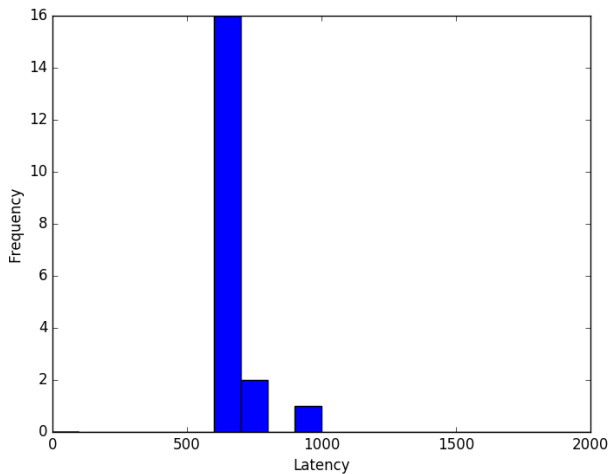
上記6つの場合それぞれに、レイテンシ 100ms 幅として、度数分布表およびヒストグラムを作成した。



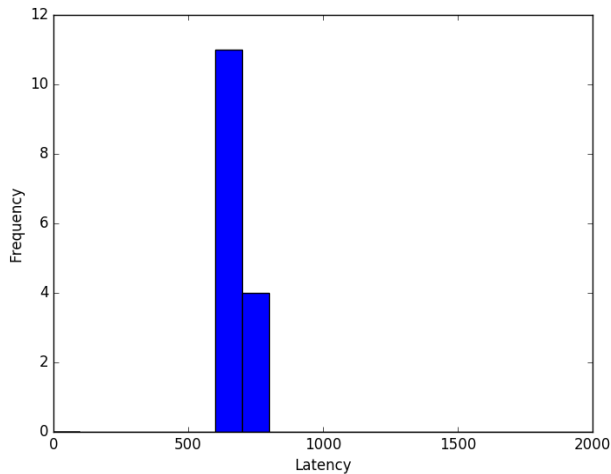
グラフ 4-2-8 通常・粒度変更なし



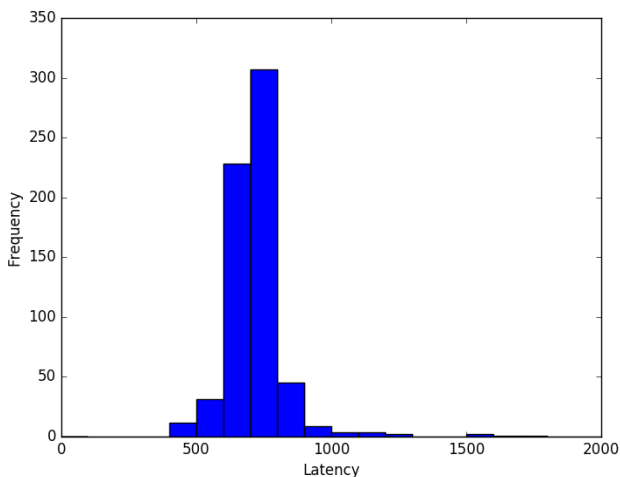
グラフ 4-2-9 通常・位置粒度変更



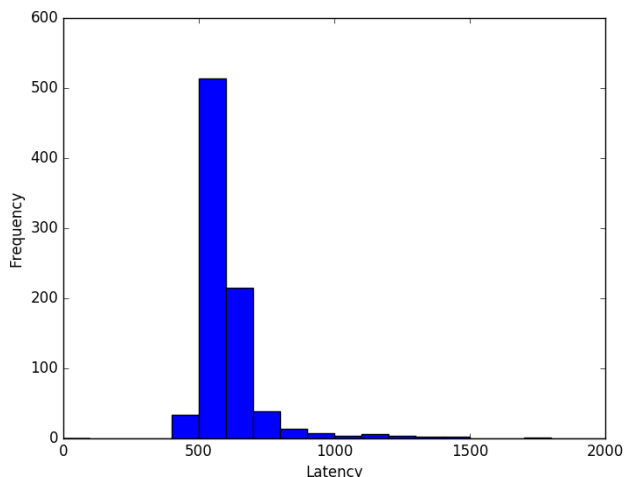
グラフ 4-2-10 緊急・粒度変更なし



グラフ 4-2-11 緊急・位置粒度変更



グラフ 4-2-12 高速・通常・粒度変更なし



グラフ 4-2-13 高速・通常・速度粒度変更

スカイツリー周辺の走行データによる位置の粒度変更に関してはグラフ 4-2-8～4-2-9 に見えるように、約 200ms 右側にシフトした形を示しており、これが粒度変更処理の処理負荷のように見えるが、一方、スカイツリー周辺の緊急時、高速道路のグラフでは、レイテンシの差は認められない。

そこで、図 4-2-3 のパーソナルエージェントの粒度変更処理だけの処理時間を計測し、度数分布を作成する（表 4-2-6,4-2-7）。対象は、件数の多い、高速道路の走行データとした。

表 4-2-6 走行データ「高速道路」における
粒度変更処理のみの処理時間の基本統計量

ケース	平均 [ms]	中央値 [ms]	標準偏差 [ms]	分散	観測数
速度の粒度変更	1.76	2.00	0.52	0.27	685

表 4-2-7 走行データ「高速道路」における
粒度変更処理のみの処理時間の度数分布

処理時間 [ms]	頻度	累積 %
0	0	0.00%
0.5	0	0.00%
1	123	17.96%
1.5	72	28.47%
2	136	48.32%
2.5	325	95.77%
3	28	99.85%
3.5	1	100.00%
4	0	100.00%
4 以上	0	100.00%

これを見ると、粒度変更処理そのものに要する負荷は 4ms 以下であり、パーソナルエージェント（サービサー応答を含めた）の処理時間の 1%以下となっており、粒度変更機能自体がボトルネックになっていないことがわかる。

4-2-5-3. レイテンシの分布の検定

各テストケースの測定結果に対して Shapiro-Wilk 検定を行った。「測定結果が正規分布に従う」を帰無仮説とし、有意水準 5%で検定を行った。検定には R 言語の `shapiro.test` を利用した。結果は次の通りである。

「スカイツリー・緊急・粒度変更なし」以外のケースにおいては検定統計量 W の値は十分大きくなく、正規分布に従うという仮説は棄却される。唯一、「スカイツリー・緊急・粒度変更なし（グラフ 4-2-10）」のみ正規性が仮定されるが ($p>0.05$) 観測数

が 19 と少なく、今回のテスト結果全体としてレイテンシが正規分布しているとは評価できない。

表 4-2-8 レイテンシ分布の検定⁵

ケース	検定統計量 W	p 値
スカイツリー・通常・粒度変更なし	0.0216	2.20E-16 以下
スカイツリー・通常・位置情報粒度変更	0.4569	2.20E-16 以下
スカイツリー・緊急・粒度変更なし	0.9103	0.1368
スカイツリー・緊急・位置情報粒度変更	0.5228	8.05E-07
高速道路・粒度変更なし	0.8745	7.21E-07
高速道路・速度の粒度変更	0.7618	2.02E-10

⁵ Shapiro-Wilk 検定における検定統計量 W の定義は以下の通りである。

$$W = \frac{\left(\sum_{i=1}^n a_i x_{(i)}\right)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

ただし、

- ・ $x_{(i)}$ は標本の中で i 番目に小さい数値である。
- ・ $\bar{x} = (x_1 + \dots + x_n)/n$ は平均である。
- ・ 定数 a_i は、次の式によって与えられる。

$$(a_1, \dots, a_n) = \frac{m^T V^{-1}}{(m^T V^{-1} V^{-1} m)^{1/2}}$$

- ・ $m = (m_1, \dots, m_n)^T$ は、標準正規分布からサンプリングされた独立同分布の確率変数の順序統計量の期待値である。
- ・ V は順序統計量の分散共分散行列である。

(<https://ja.wikipedia.org/wiki/シャピロ-ウィルク検定> より引用)

4-3. 歩行者交通情報の開発

本研究では歩行者に関する情報を収集/解析し、ドライバーおよび関連するシステム（例:ダイナミックマップ）に対して提供することにより事故発生を低減するためのシステムについて研究開発を行う。具体的には、歩行者の数、動きなどを時間および空間的に広範な範囲で収集/解析し、事故発生率が高くなることが予想される地点、時間帯などの交通事故発生率低減につながる情報を配信する。これにより、ドライバーや歩行者の事故回避行動が極力容易かつ円滑になることである。

2015年度の研究開発では、歩行者に関する情報収集のデバイスとして広く一般に普及しているスマートフォンを利用することとした。スマートフォンを車両に設置し、設置したスマートフォンから車両に関する情報や車両の周囲の情報（映像データ、位置データ、時刻データ、Gyro センサデータ）などを収集する。収集されたデータはクラウド上にアップロードされ、前述の交通事故発生低減につながる情報を得るために分析される。分析によって得られた情報はドライバーや関連するシステムへ提供される。

こうした基本的な考えのもと、2015年度開発では、以下2つのユースケースを想定した。

■ 交差点付近の歩行者の数量化

歩行者を含む交通事故発生頻度が高い、一般道の交差点付近における歩行者に関する情報をドライバーに伝える。具体的には、交差点における車両停止前後の映像データを付随データ（位置データ、時刻データ、Gyro センサデータ）とともにクラウドサーバにアップロードする。クラウドサーバ上では、アップロードされた映像データを分析し、付随データと紐づく形で歩行者を数量化する。数量化された情報はクラウドサーバ上で永続化される。永続化された情報は地図などと紐付けた形で参照される。

■ 走行車両の危険挙動の検出

クラウドサーバ上では、前述の歩行者の数量化だけでなく付随データから車両の急加速/急減速などの危険挙動に関する情報が付随データと紐づく形で検出できる。つまり、「歩行者の飛び出し等により急停止した」と想定できる。検出された情報はクラウドサーバ上で永続化される。永続化された情報は地図などと紐付けた形で参照される。

4-3-1. システム概要

ハードウェア仕様

本研究で使用するハードウェアが満たすべき仕様を以下に示す。

スマートフォン

- ① OS : Android 5 以上
- ② ブラウザ : Google Chrome バージョン 44 以上
- ③ カメラ : 録画解像度 720×480 ピクセル以上、フレームレート 24FPS 以上
- ④ その他 : クレードルなどを用いて車両に取り付け可能であること

歩行者認識用 PC (2014 年度開発)

- ① OS : 64bit Linux Mint 14/Ubuntu 12.10
- ② GPU 開発環境: CUDA 5.0 以上
- ③ Google Chrome バージョン 44 以上搭載

機能要求

本研究で開発するソフトウェアが満たすべき機能を以下に示す。

クライアントソフトウェア

- ① スマートフォンに搭載された GPS 装置、Gyro センサ、カメラを用い車両前方の映像を取得する可能とすること
- ② スマートフォンに搭載された GPS 装置、Gyro センサを用いて車両の停止や危険挙動(急加速、急減速、急ハンドルなど)を検出可能とすること
- ③ 前述の車両の停止や危険挙動を検出した際、その発生時刻前後の映像データや付随データをクラウドサーバへアップロード可能とすること
- ④ 車両への取り付け位置に応じたキャリブレーション機能を有すること

サーバソフトウェアおよび歩行者認識システム

- ① クライアントソフトウェアからアップロードされたデータ(映像データおよび付随データ)を蓄積(永続化)可能とすること
- ② 蓄積されたデータ(映像データおよび付随データ)を分析し、歩行者数や車両の挙動など意味づけされた情報を抽出する可能とすること
- ③ 前述の情報をリストの形や地図へマッピングした形で参照可能とすること

4-3-2. システム全体構成と開発内容

システムは、映像データおよび付随データを取得するスマートフォン、データの蓄積/参照のためのクラウドサーバ、映像データを分析する歩行者認識用 PC から構成される。構成図を図 4-3-1 に示す。



図 4-3-1 歩行者交通情報開発システム構成図

スマートフォン(クライアントソフトウェア)

クライアントソフトウェアを動作させるスマートフォンを車両のダッシュボードに設置し、映像データおよび付随データを取得する。図 4-3-2 取り付け状況を示す。データの取得にあたって長時間クライアントソフトウェアを稼働させるため、スマートフォンは USB ケーブルによる給電を行いながら利用する。



図 4-3-2 車載スマートフォン

クライアントソフトウェアの機能を表 4-3-1 に示す。

表 4-3-1 クライアントソフトウェア機能一覧

No.	項目	機能詳細
1	車両位置情報取得機能	スマートフォンの GPS を利用し、位置情報を取得する。
2	センサ情報取得機能	スマートフォンの Gyro センサを利用し、加速度情報を取得する。
3	撮影制御機能	スマートフォンのカメラの撮影開始や停止を行う。
4	歩行者情報アップロード 制御機能	取得した映像データ、位置データ、Gyro センサデータをクラウドサーバへアップロードする。

撮影制御機能の処理フローを「図 4-3-3」に示す。

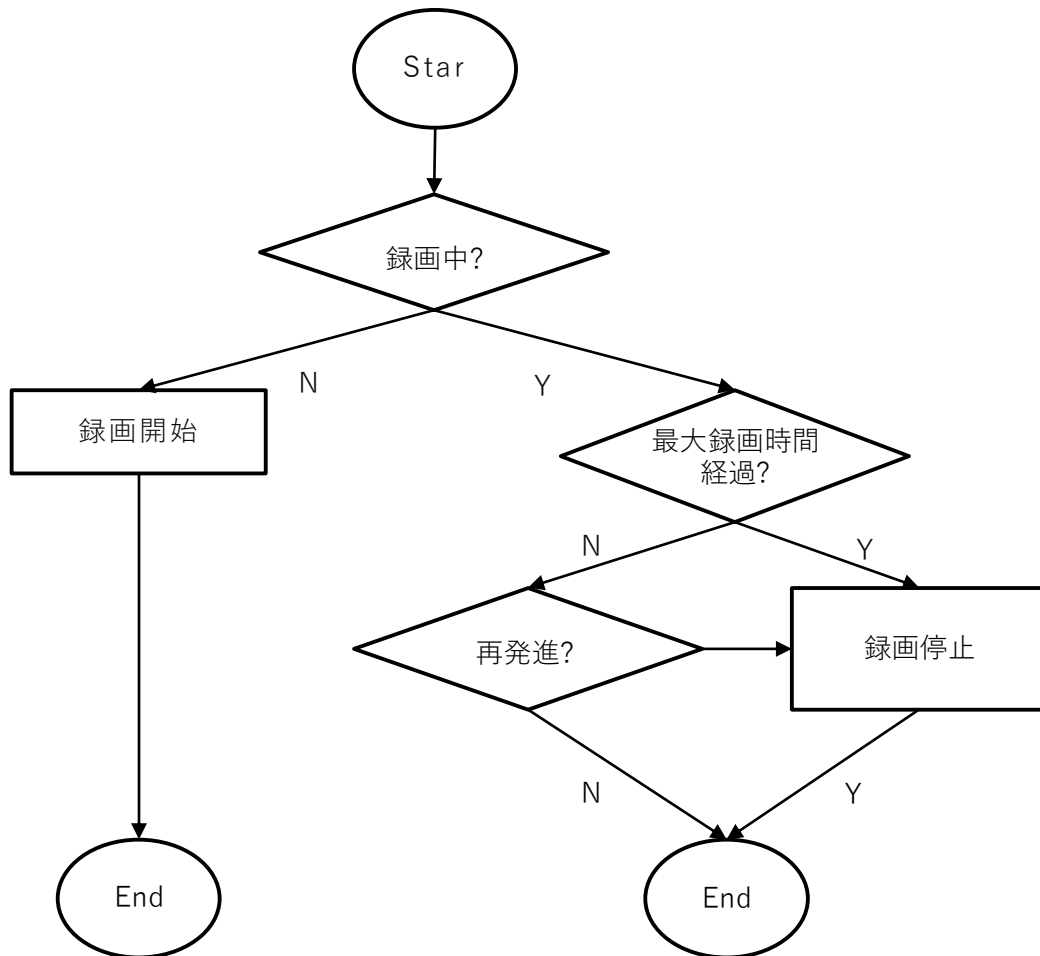


図 4-3-3 撮影制御機能の処理フロー

歩行者情報アップロード制御機能の処理フローを図 4-3-3 に示す。

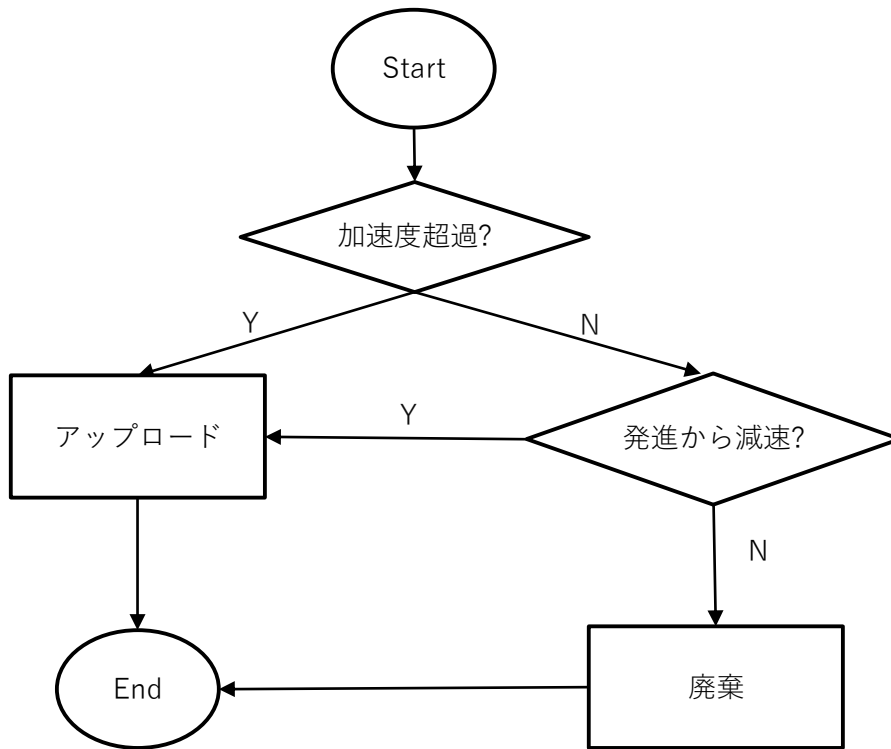


図 4-3-4 歩行者情報アップロード制御機能の処理フロー

クライアントソフトウェアからアップロードされる項目を「表 1-4-1 2」に示す。

表 4-3-2 アップロード項目

No.	分類	小項目/詳細
1	映像データ	停止時や危険挙動時前後の映像データ
2	位置データ	緯度、経度、緯度と経度誤差、高度、高度の誤差、進行方向、速度、時刻
3	センサデータ	X,Y,Z 軸の加速度と角速度

クラウドサーバ（サーバソフトウェア）

クライアントソフトウェアから受信したデータ（表 4-3-2）をクラウド上のストレージに格納し、永続化する。後述の歩行者認識用 PC により数値化されたデータなども同様に格納し、永続化する。

格納し、永続化されたデータはリスト表示や地図上にマッピングした形などいくつかの形態で参照可能となる。

ブラウザの地図上のマッピングしたものを以下に示す。

図 4-3-5 は、受信データをそのまま地図上に展開したものである。

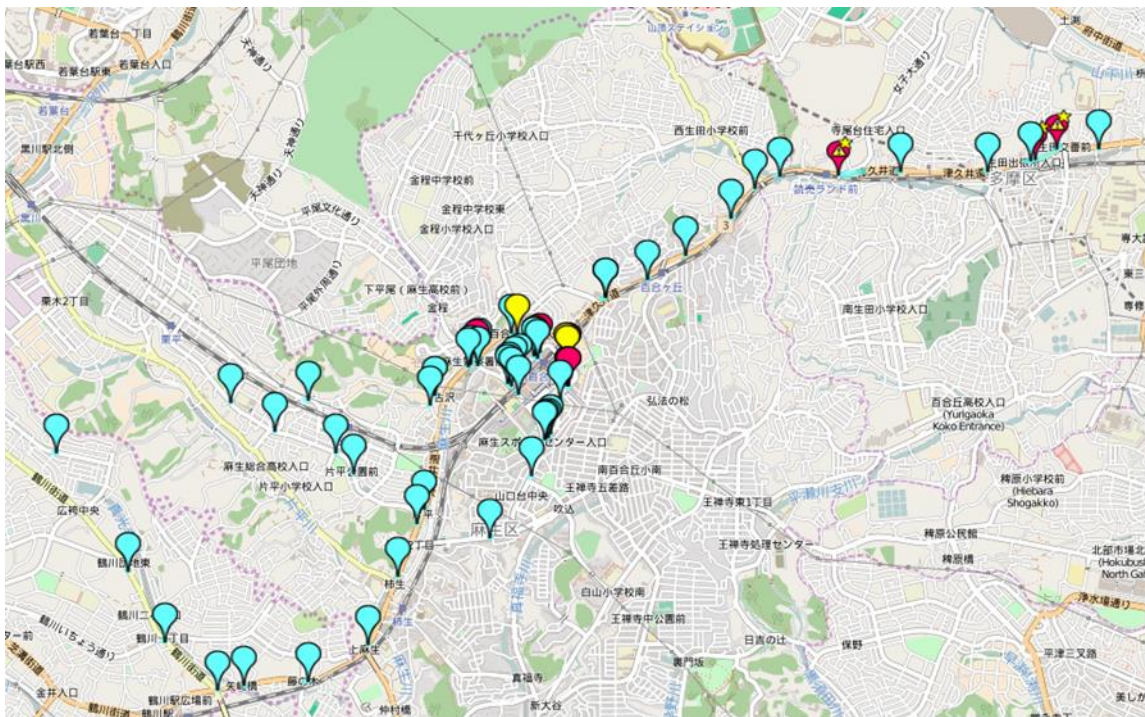


図 4-3-5 受信データマッピング

図 4-3-5 に示されるマーカの意味を表 4-3-3 に示す。

表 4-3-3 マーカの意味





No.	マーカー	意味
1		危険挙動を検出した映像データ
2		車両停止を検出し、歩行者認識システムにより歩行者数が「少」の映像データ
3		車両停止を検出し、歩行者認識システムにより歩行者数が「中」の映像データ
4		車両停止を検出し、歩行者認識システムにより歩行者数が「多」の映像データ

図 4-3-5 の各ピンをクリックすることにより、図 4-3-6 に示す当該位置、当該時刻の映像の再生や付随データの参照も可能となっている。

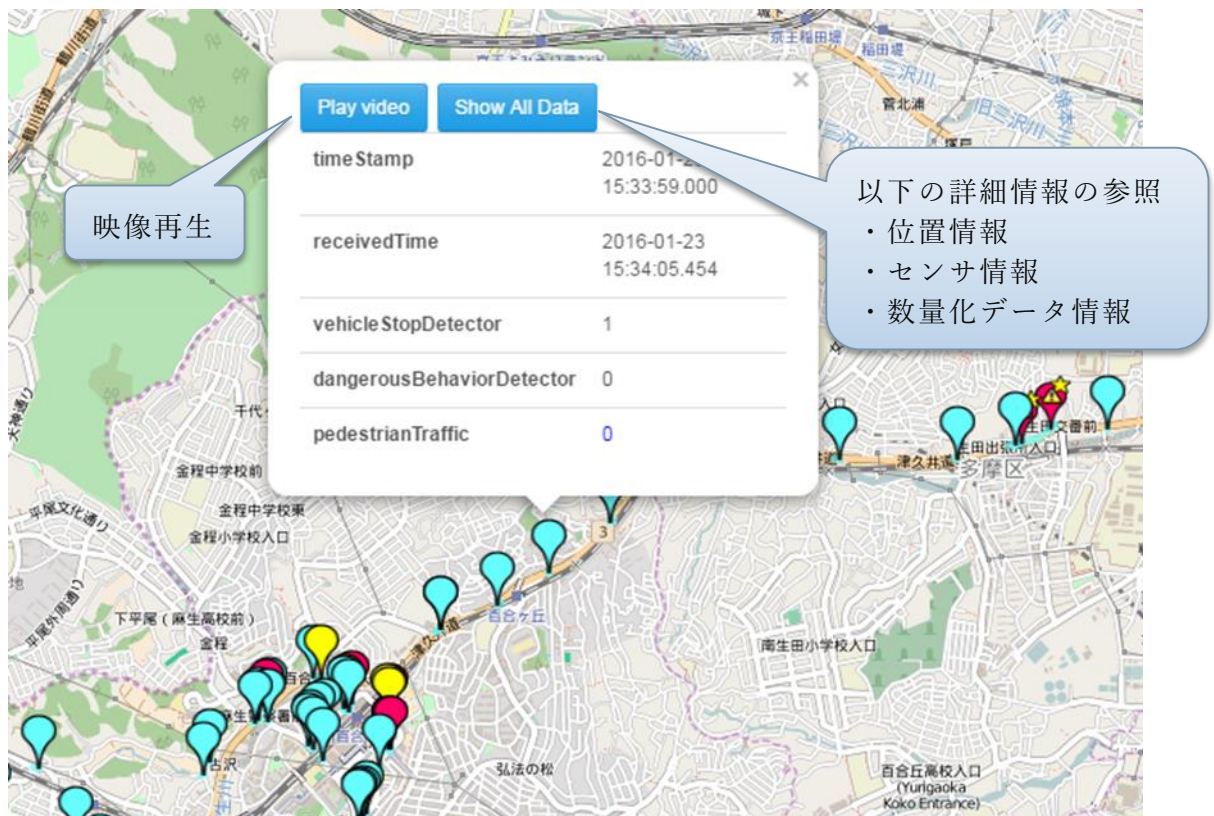


図 4-3-6 受信データ詳細情報参照

図 4-3-7 は、受信データを整理・集約した形で地図上に表記したものである。

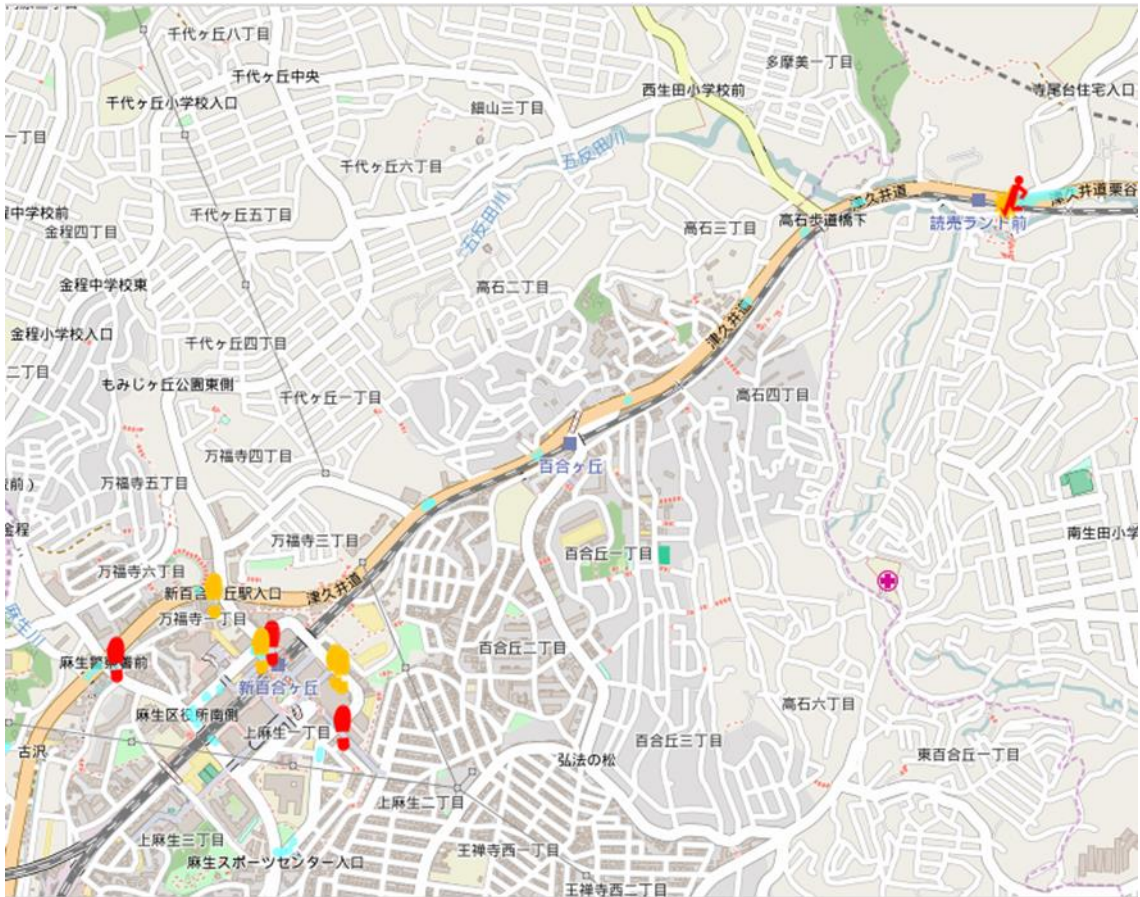





図 4-3-7 受信データ加工情報表記

図 4-3-7 に示したマーカの意味を表 4-3-4 に示す。

ハードウェア仕様

表 4-3-4 マーカの意味（足跡アイコン）

No.	マーカー	意味
1		車両の危険挙動が検出された場所を示す。
2		歩行者数 = 中を集約して表記。
3		歩行者 = 多を集約して表記。

このように、スマートフォンカメラの映像から、歩行者交通情報として数量化し、交通量の多い地点としてドライバーへ通知する基本的な技術要素については検証でき

た。今後、運転するドライバーへの注意喚起としてユーザインタフェースを工夫する必要がある。たとえば、「この先、○○○m 前方の○○交差点は歩行者が多くいます」と音声で通知などが考えられる。

歩行者認識用 PC

歩行者認識用 PC では、歩行者認識システムを用いて、スマートフォンで撮影したビデオ映像から歩行者の数量化を行う。なお、このシステムは、2014 年度開発にて採用したシステムである。

歩行者認識システムで歩行者認識する際の画面例を「図 1-4-3 1」に示す。



図 4-3-8 歩行者認識画面例

このシステムでは、ビデオフレーム（静止画）から「人」を認識するものであるが、2015 年度開発では、これを数量化し、歩行者交通情報として数値情報へ変換する機能の開発を行った。

数値情報へ変換するにあたっては、進行するクルマにとっての歩行者の意味から、歩行者の存在する場所により重みづけを行い、それにより総合的な歩行者交通情報を算出した。歩行者存在する場所として、表 4-3-5 に示す 4 か所に分けて歩行者数をカウントする。

表 4-3-5 歩行者認識における場所の分類

No.	分類	意味
1	横断 (Closed)	横断歩道などを通行し車道を横断する歩行者
2	車道通行 (OnStreet)	走行車線や対向車線内を通行する歩行者
3	左側通行 (LeftSide)	左側の歩道/路側帯のみを通行する歩行者
4	右側通行 (RightSide)	右側の歩道/路側帯のみを通行する歩行者

表 4-3-5 の分類により歩行者をカウントし、次に示す評価方法に従って、走行するクルマにとって歩行者事故につながりやすい交通情報としての歩行者交通量を算出した。

[計算式]

$$\text{Crossed} * 1 + \text{OnStreet} * 1 + \text{LeftSide} * 0.5 + \text{RightSide} * 0.2$$

[数量化の評価]

上記の計算式の結果が 5 未満の場合：歩行者数 少

上記の計算式の結果が 5~10 の場合：歩行者数 中

上記の計算式の結果が 10 超過の場合：歩行者数 多

4-3-3. テスト走行による検証

歩行者交通情報の算出にあたり、期間として約 1 ヶ月、日数としては 13 日の映像データおよび付随データの取得を行った。データ取得のための走行状況を表 4-3-6 に示す。

表 4-3-6 歩行者交通情報算出のためのテスト走行

No.	走行日	走行エリア
1	2016/1/9	神奈川県藤沢市周辺
2	2016/1/10	神奈川県横浜市周辺
3	2016/1/11	東京都町田市、八王子市周辺
4	2016/1/16	神奈川県藤沢市、横浜市周辺
5	2016/1/17	神奈川県横浜市周辺
6	2016/1/22	神奈川県横浜市周辺
7	2016/1/23	神奈川県横浜市周辺
8		東京都狛江市、神奈川県川崎市麻生区周辺
9	2016/1/24	神奈川県藤沢市、横浜市周辺
10	2016/2/6	神奈川県藤沢市、横浜市周辺
11		神奈川県川崎市麻生区周辺
12	2016/2/7	神奈川県横浜市周辺
13		千葉県八千代市周辺

データ分析結果

スマートフォンカメラで撮影した映像データおよび付随データは車両の挙動をトリガとしてクラウドサーバへアップロードされる。アップロードされたデータのトリガによる分類結果を図 4-3-9 に示す。

アップロードされたデータは全部で 601 件、車両停止によるものが 573 件（全体の 95%）、危険挙動検出によるものが 28 件（全体の 5%）であった。

映像データおよび付随データのサイズについて調べてみると、1 回あたりの平均データサイズは 2.4MB であり、また、アップロードが発生するのは、ほぼ車両停止時のみと離散的であるため、携帯電話ネットワークに対する負荷は問題ないといえる。（表 4-3-7）

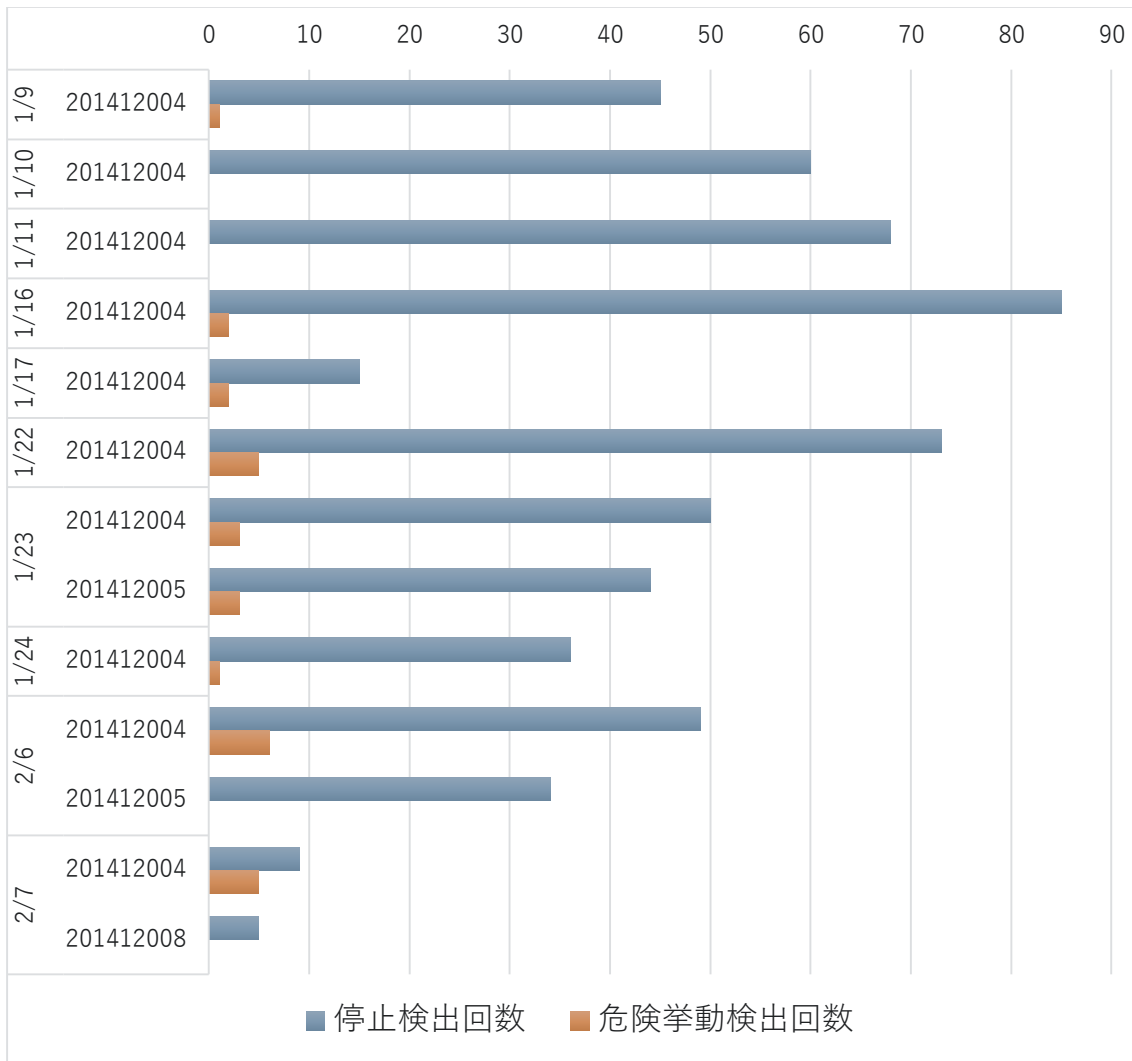


図 4-3-9 停止、危険挙動検出による集計

表 4-3-7 映像および付随データのデータサイズ

アップロード件数(*)	629 件
映像データ総サイズ	1506MB
付随データ総サイズ	18MB
一回アップロード平均サイズ(通信量)	2.4MB
一回アップロード最大サイズ(通信量)	9.2MB
一回アップロード最小サイズ(通信量)	0.2MB

(*) アップロード件数には、重複（再送）映像や車両に取り付ける際に誤って撮影されたデータなど、アップロードされた映像全件を含むため、図 4-3-9 の合計値とあっていない。

また、映像データおよび付随データの取得場所について、映像データの目視により確認した。調査結果を図 4-3-10 に示す。交差点付近が 76%、渋滞等による減速や停止が 20%、その他(駐車場での停車)が 4%程度となっていた。

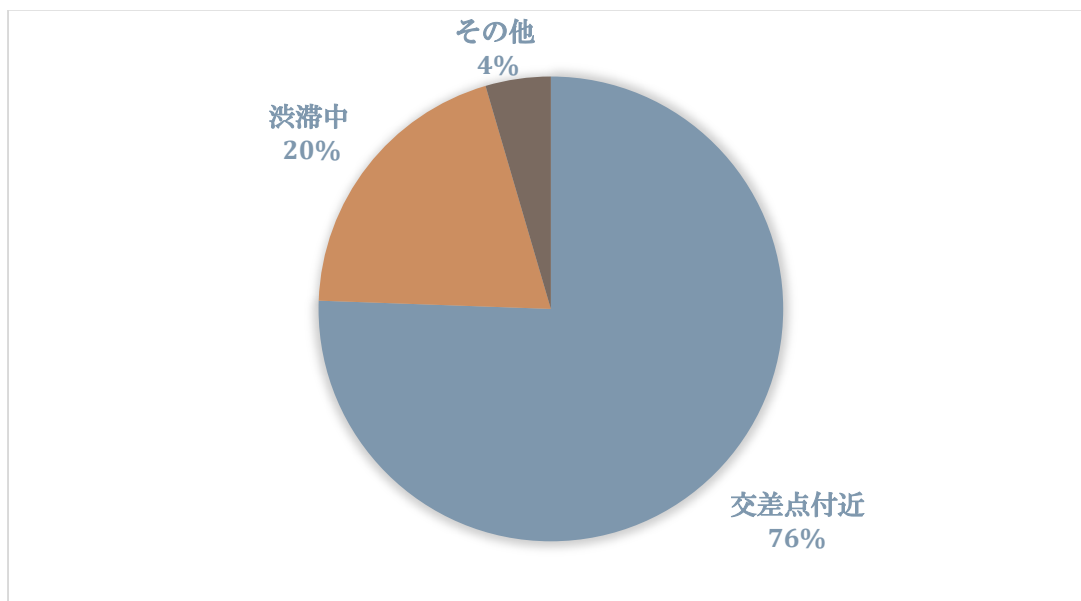


図 4-3-10 データ取得場所

歩行者数量化

テスト走行により、歩行者交通情報として数量化したデータを検証した。受信データをマッピングした図 4-3-11、そのデータを集約してマッピングした図 4-3-12、危険挙動検出のみ抽出してマッピングした図 4-3-13、それぞれテスト走行で撮影したビデオを映像から歩行者交通情報として生成されることが確認された。

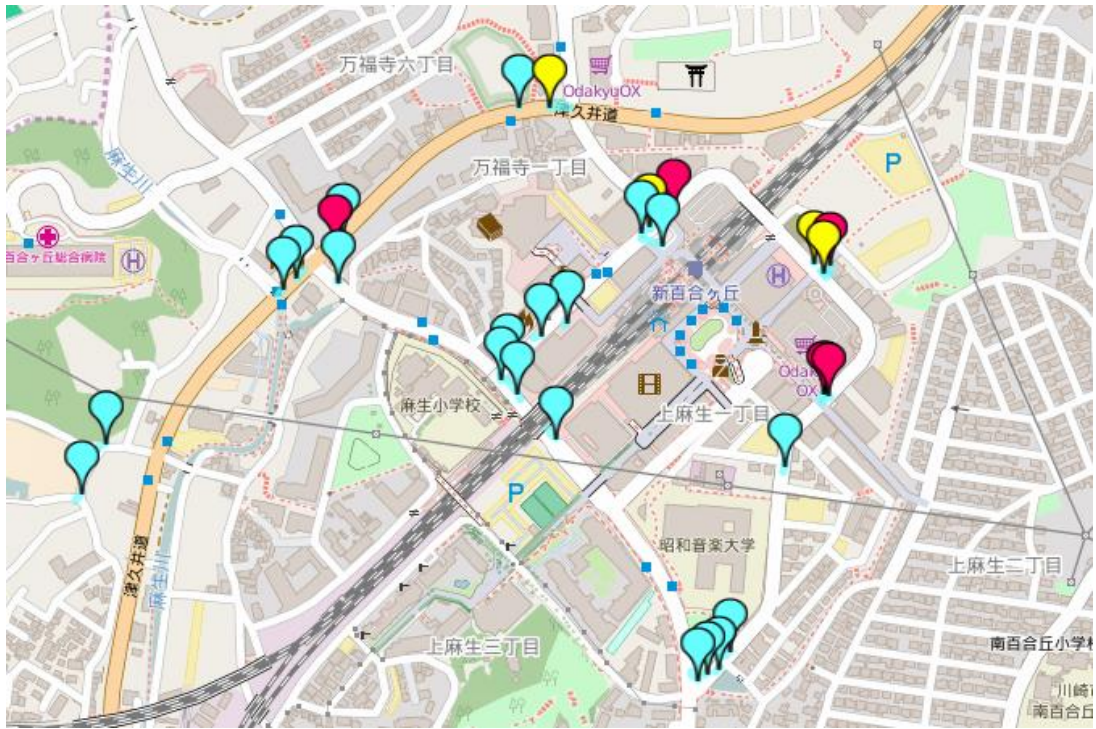


図 4-3-11 テスト走行による、受信データマッピング

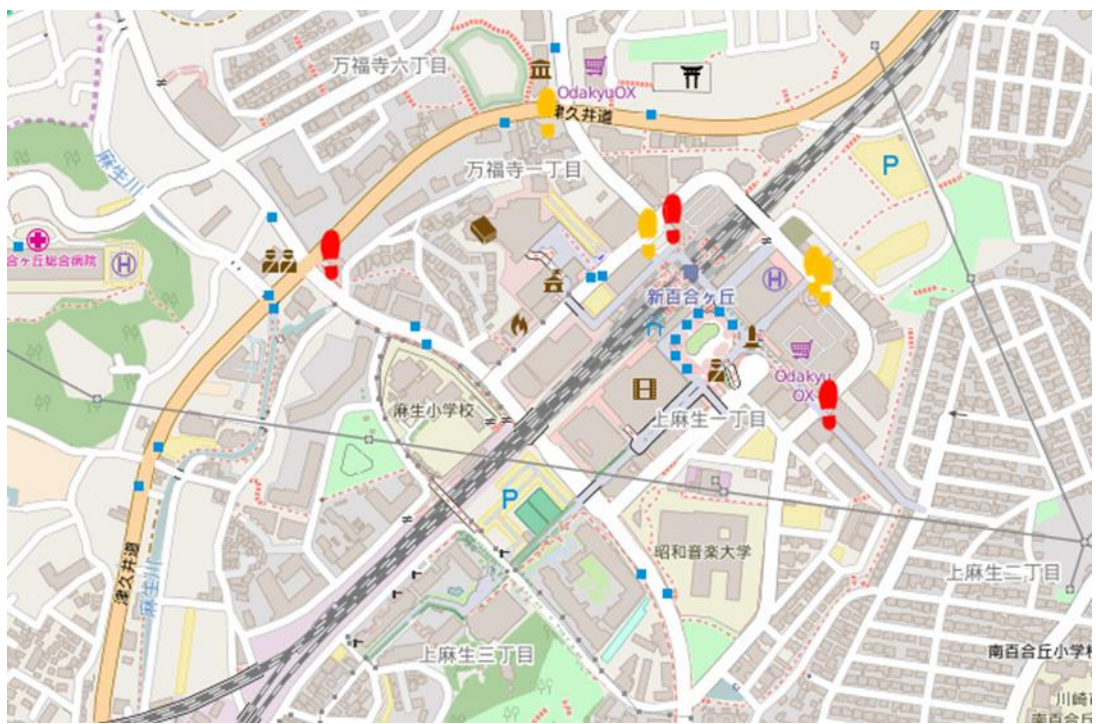


図 4-3-12 テスト走行による、数量化データ集約マッピング

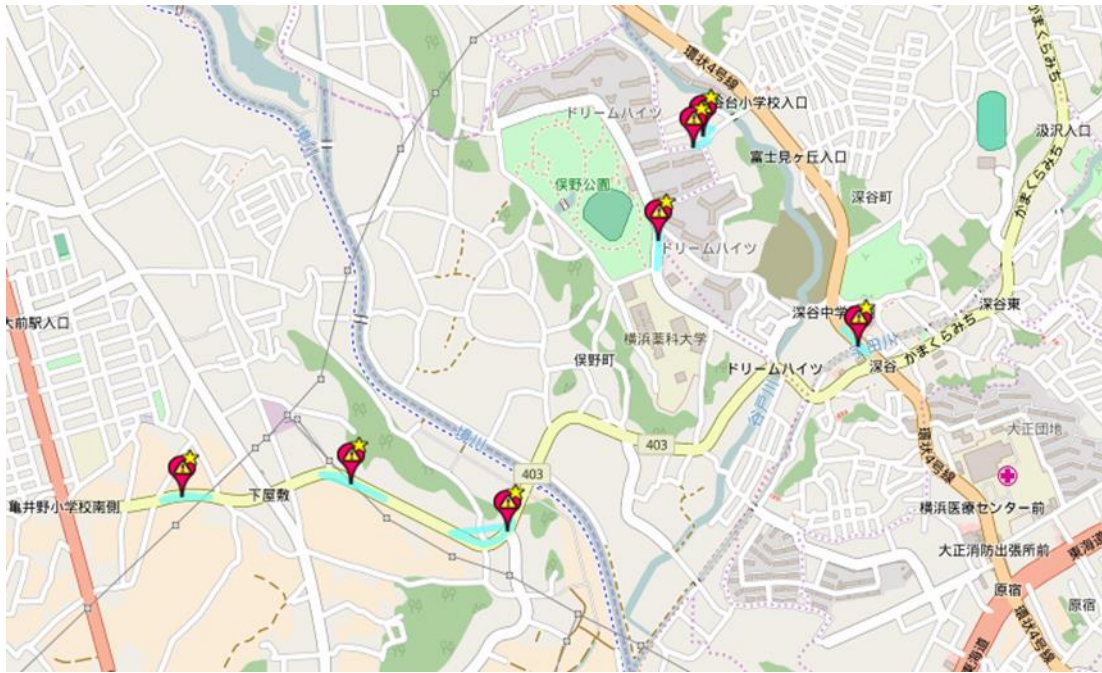


図 4-3-13 テスト走行による、危険挙動検出のみマッピング

図 4-3-14 の集計値から、右側通行の検出数が極めて少ないが、これは日本の交通法規上、車両は左側通行でありスマートフォンに搭載されたカメラの画角を考慮した場合、右側の映像が取得しづらいことに起因していると考えられる。

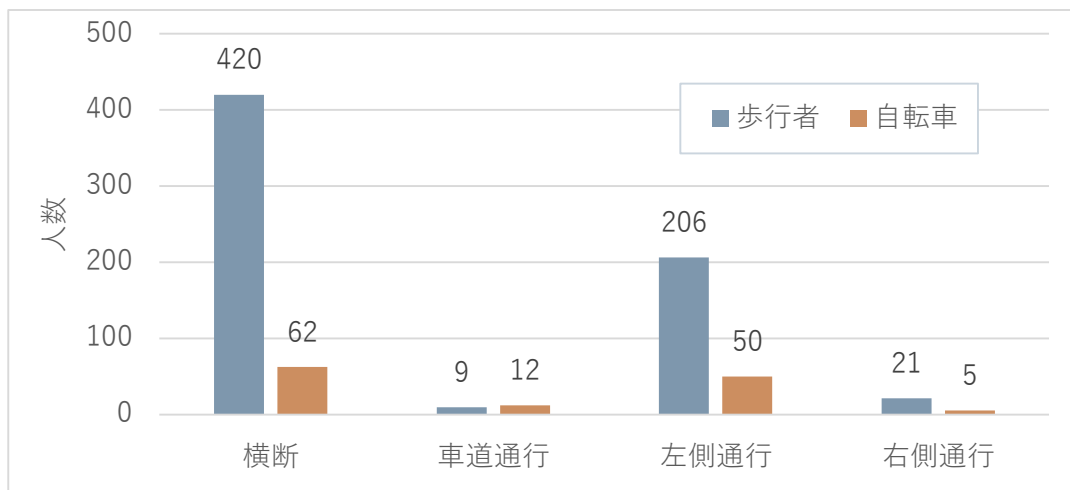


図 4-3-14 歩行者の場所による分布

4-4. 2015 年度開発に向けての課題

2015 年度の開発をとおして、来年度以降の開発実証において考慮すべき事項を開発項目ごとに説明する。

4-4-1. 次世代プロトタイプデータ開発における課題

4-4-1-1. Vehicle API について

今回の実装は W3C Automotive Working Group の成果物である FPWD(First Public Working Draft) に基づいて行っている。

ただし FPWD はあくまでドラフトであり、正版の仕様については W3C Automotive Working Group で継続検討中であり、今後の変更の可能性を考慮しておく必要がある。

4-4-1-2. ネイティブ版のデータ項目拡充

2015 年度の Vehicle API ネイティブ版開発作業においてはデータ項目のサポート範囲が限定的なため、データ項目の拡充が必要である。ただし、前記のとおり W3C Automotive Working Group での仕様策定作業は継続中のため、方針変更があった場合の追従しやすさも考慮して実装を行う必要がある。

4-4-1-3. WebSocket 的 API について

最近の W3C Automotive Working Group の活動では、FPWD に定義したような JavaScript API の形式ではなく、WebSocket に類似したインタフェースを持ち、車両上の車両情報サーバから走行データをブラウザに配信するという形式の API を定義する方向で議論が進行しており、WebSocket 的 API 等と呼ばれている。

参考のために、JavaScript API と WebSocket 的 API の違いを図 4-4-1 に示す。

この方針修正には、WebSocket 的 API が持つ以下の利点が理由として挙げられている。

- ・ブラウザのネイティブコードを修正せず、JavaScript による Polyfill としての実装が可能である(本研究開発で作成した Polyfill による Vehicle API と同様)。

- ・カスタマイズが容易である。

- ・より抽象度の低い WebSocket 的 API を定義しておけば、JavaScript API 形式の API はラッパー関数として、一般の Web アプリケーション開発者が独自に作成することができる。

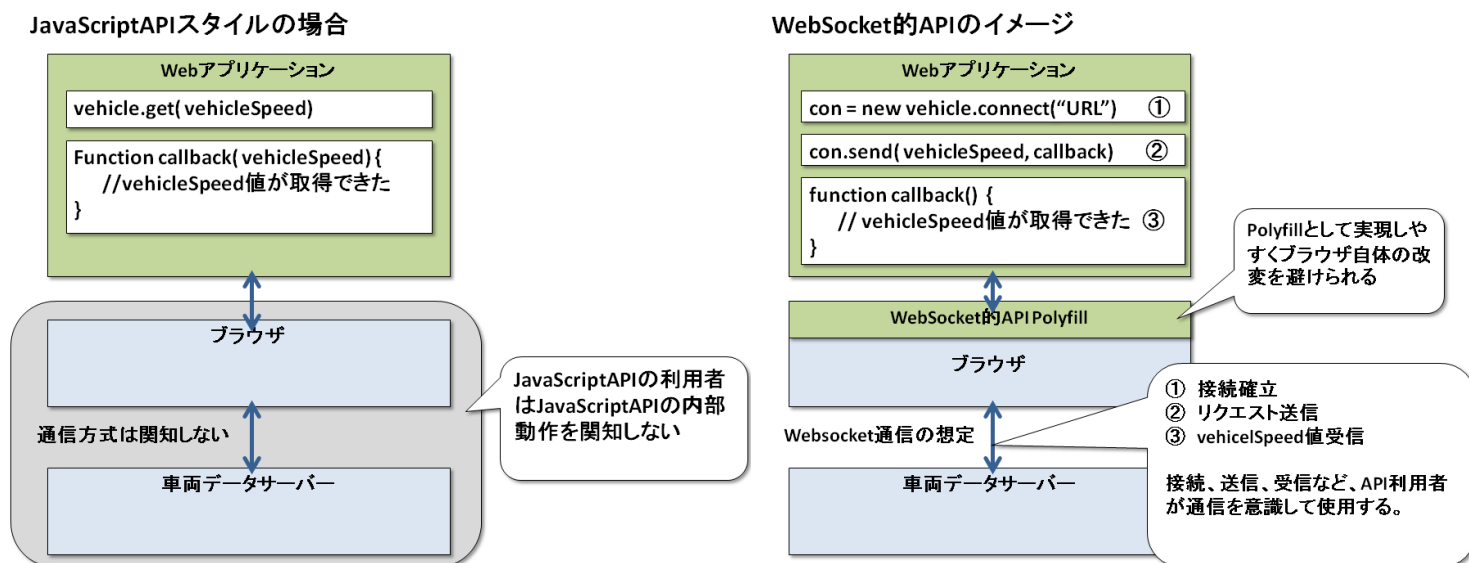


図 4-4-1 JavaScript API と WebSocket 的 API の違い

一方で WebSocket 的 API は、JavaScript API と比較して使用するための手間が多く、また開発者が具体的な通信の状態を意識する必要があり利用しやすさが劣る。そのため API が広く利用されるようになると多くの開発者が JavaScript API 形式の API を求める可能性が想定され、WebSocket 的 API と JavaScript API の両方を低レベル/高レベル API という位置づけとして、両方とも仕様定義するべきという見方もある。

WebSocket 的 API は 2014-2015 年度の開発では考慮していないが、標準 API サポートの観点から議論の進展を注視する必要がある。

4-4-1-4. テストスイーツについて

W3C Automotive Working Group ではもう 1 つのテーマとして、API のコンFORMANCE テスト用のテストスイーツの準備が必要な段階となっている。

2014-2015 年度の研究開発の活動の中で、テストに使用できそうな走行データの収集を行っているため、Working Group のテストスイーツ開発に貢献できる可能性がある。

4-4-1-5. プロブデータ仕様の必要性

本研究開発では W3C Vehicle API のフォーマットをベースに、独自に定義したプロブデータのフォーマットを使用しているが、将来的に標準化されたプロブデータ

仕様が普及すると統計、ビッグデータ処理を利用することで交通安全、渋滞回避その他、幅広い領域での活用が見込まれる。

自動車メーカー各社の独自仕様が乱立すると、データの相互利用が困難になりプローブデータ活用の妨げとなるため、W3C またはその他の標準化団体が、自動車メーカー他、関係者の理解を得られるような標準仕様を早期に提示することが有用と考えられる。

4-4-1-6. 車両データの取得方法

次世代 ITS のユースケースを考えた場合、車両からの走行データの供給は必須なものであり、多種多様なデータの利用、セキュリティの確保のためには専用ゲートウェイによるインタフェースが車両に搭載されることが期待される。

4-4-2. プライバシー保護機能における課題

4-4-2-1. 粒度変更における課題

2015 年度は基本的な粒度変更として走行データ（プローブデータ）における位置情報と速度情報の粒度変更機能を確認した。来年度にむけては、車両情報を一般化した場合に必要不可欠の機能開発に取り組む必要がある。

道路を走る車は多種多様であり、車両ごとに出力されるプローブデータは異なる。また、サービスサーごとに、必要となる、または、利用者が提供してもよいと考える情報は異なる。それに加えて、それら情報提供のプリファレンスはコンテキストに応じて動的に変化する。これらに対応するために、クルマに搭載されたプローブアプリ、利用者のプライバシー保護のプリファレンスを理解しているパーソナルエージェント、サービスの 3 者の間で、どの項目を出力するかという調整機能が必要となる。

4-4-2-2. プリファレンス設定における課題

2014 年度開発において、プリファレンス設定のユーザ画面の開発に着手したが、これをコンテキストに応じた設定を可能とするような機能拡張を行う必要がある。

4-4-2-3. レイテンシの考察

粒度変更にかかる処理時間を集計した結果、いずれも 4ms 以下に収まった。すなわち、テストケースのレイテンシーの大部分は粒度変更処理ではなく ProbedataApp-PA 間、PA-サービス間間のデータ IO 及び PA 内部のデータベース IO がネックになっていると考えられる。粒度変更処理自体がボトルネックとならないことが確認できた。今後、社会実装に向けて PA のパフォーマンス面を改善するためには IO 部分の改善から着手することが効果的である。

ただし、今回の粒度変更処理は、数式により一意に写像が特定できる条件であり、外部情報を元に粒度変更の場合など今後検証を行う必要がある。たとえば、速度の粒度変更において、その道路の制限速度を加味して判断するような粒度変更方式などである。

また、レイテンシが正規分布に従うか否かを Shapiro-Wilk 検定を用いて検定したが、ほぼ全てのケースで棄却され、唯一 5%で統計学的に有意となったケースもサンプル数が少ない、正規分布には従わないという結果となった。プライバシー保護機能全体の性能設計やパーソナルエージェントの性能設計を行う場合に、レイテンシの期待値を仮定する必要があるが、その際、指標となる数値モデルを構築する必要がある。今回得られたヒストグラムを見る限りにおいては、正規分布の形に近いものと中央部の凸性が高く、周辺（処理時間の長い部分）部にもデータが散見される。処理時間の長い部分の実態について性能改善等を図ることで実用可能なレイテンシの数値モデルが構築できるものと考えられる。

4-4-3. 歩行者交通情報開発における課題

4-4-3-1. 歩行者情報収集、数量化に関する課題

一般道の交差点付近の歩行者に関する情報のドライバーへの伝達は、本研究が目的とする交通事故削減の代表的なユースケースである。

しかし、実際にスマートフォンを車内に設置し、撮影したところ、以下のような課題が見いだせた。

- ・ 停車地点が交差点か否か
- ・ 交差点の場合でも最前列に停車しているか否か

これを判定するにはスマートフォン側で判定する必要がある。2015 年度の開発では撮影した映像をクラウドへアップロードする方式であったため、この判定はできなかった。

事後的ではあるが、実際にアップロードされた「交差点付近」のデータ（573 件）を交差点直前、交差点直前以外、に区分し集計した。（表 4-4-1）

表 4-4-1 交差点付近で停車をトリガとするデータの件数内訳

交差点直前	204 件 (交差点付近データの 35.6%)
交差点直前以外	369 件 (交差点付近データの 64.4%)

つまり、全データの約 1/3 が交差点直前での映像で、その他 2/3 は、歩行者の数量化には使用できないデータということである。システム全体の効率性を考えると、停車時の映像取得は交差点直前の場合だけ作動する仕組みが有効であり、スマートフォン側での判定・フィルタリングが今後の課題である（交差点直前判定）。

また、交差点で最前列に停車しても、停車位置、車線、道路状況などにより交差点付近の歩行者に関する映像を取得できない場合も散見された。図 4-4-2 では、歩道が画角に収まっておらず「左側通行」、「右側通行」の数量化が行えない例である。



図 4-4-2 両側の歩道が写せない場合の例

スマートフォンの取り付け位置の自由度向上、複数台のスマートフォン(カメラ)による映像データの取得への対応などが今後の課題といえるが、データ量の増加やコスト面との兼ね合いを含め検討する必要がある（スマートフォン撮影条件）。

4-4-3-2. 課題解決に向けて

交差点直前判定

➤ 解決案 1:

交差点付近か否か、交差点の最前列に停車しているか否かの検出を、スマートフォン(エッジ部分)の画像認識で行う(例えば、映像にナンバープレートが映っていると判定できれば直前でないと判断)。これにより不要なデータをアップロードすることによる通信帯域の浪費低減やクラウド側のストレージ消費量の低減などが見込める。

➤ 解決案 2:

スマートフォン側(エッジ部分)で位置情報から交差点付近に停車しているか否かを判断し、交差点であるとみなした場合のみデータをアップロードする。

条件として、交差点付近という抽象化されたデータ(以降、交差点位置データ)と組み合わせる必要があるが、交差点位置データさえ利用可能となれば前述の解決方法(案)1 に比べてより少ない実装コストで実現可能と思われる(交差点位置データには限らないが、いわゆるダイナミックマップといわれる地図データや関連する API の整備が待たれる)。

なお、現時点ではスマートフォンに搭載されている GPS の精度を考慮した場合、交差点位置データの精度を高くしても交差点の最前列に停車しているか否かの判別も加えることが望ましい。

➤ 解決案 3:

上記の解決案が難しい場合でも、スマートフォン側(エッジ部分)で行わずにクラウド側で行う場合、通信帯域の浪費低減などは見込めないが、クラウド側での作業の効率化は見込める。この場合、エッジ部分で行う場合に比べ CPU やメモリなどのリソースに余裕があるため、クラウド側での実装コストの低減が可能である。

スマートフォン撮影条件

➤ 解決案:

スマートフォンの取り付け位置の自由度向上、画角の広いレンズの利用、複数台のスマートフォンによる映像データの取得への対応とそれに合わせた歩行者認識アルゴリズムの改良などが考えられる。複数のスマートフォンを利用する場合は、スマート

フォン側（エッジ部分）で映像データをマージするなどを行うことでデータ量の増加をある程度抑えることが見込める。

また、前述の課題（交差点直前判定）に関する解決方法と組み合わせることでさらにデータ量の増加を抑えられる。

4-4-3-3. 歩行者情報利活用視点からの API の開発対象

歩行者に関する先読み情報は、車両からの情報提供が重要な手段であり、車両で歩行者検知する場合やクラウドで歩行者認識する場合があるが、最終的には、運転者や歩行者に危険を知らせることに変わりはない。

人流・歩行者挙動から危険を抽出・判定するソフトウェア或いはエンティティにおいては、歩行者認識情報を有するところから、必要なタイミングで、容易に入手できることが望まれるところであり、そのための API が定義されると、これら情報の流通性が向上するものと期待される。

すなわち、今回の実証システムでは歩行者認識を行うクラウドと危険抽出・判定を行うクラウドが同一であったが、情報の流通性を高めるために、両者の間に歩行者データ API の要素を明らかにした。

今後は、2章の図 2-1-3 に示すようなすべてのケースについて、API 定義要素として過不足がないか検証していく必要がある。

5. 持ち込み機器との接続機能の検討（ガイドライン）

本章では、年次目標の4番目、持ち込み機器との接続機能等の検討について報告する。2015年度は、車両内への持ち込み機器との接続機能の検討し、接続機能のガイドラインを作成することが目標であった。

2015年度の達成状況について、表5-1にまとめ、以降、詳細な内容を報告する。

表5-1 「持ち込み機器との接続機能の検討」達成状況

	項目	達成目標	状況
1	持ち込み機器との接続機能の検討	ソーシャル型 ITS の社会実装に向けて、一般の利用者が、スマートフォン等の端末を次世代 ITS に対応した自動車に持ち込んで、プローブ情報を手軽に、かつ安全に特定のクラウドに転送できる仕組みを実現するために、考慮すべき事項をガイドラインとして取りまとめる。	達成

5-1. ガイドラインの目的と範囲

5-1-1. 目的

本ガイドラインは、2-1-4 節「携帯電話ネットワーク利用型 Web プラットフォーム」に記載したソーシャル型 ITS（以降、5 章では「次世代 ITS」と表記）の社会実装に向けて、一般の利用者が、スマートフォン等の端末を次世代 ITS に対応した自動車に持ち込んで、プローブ情報を手軽に、かつ安全に特定のクラウドに転送できる仕組みを実現するために、考慮すべき事項を記載する。

なお、次世代 ITS は、近年注目される IoT⁶の一形態と考えられることから、現在仕様策定が進められている IoT 向け機器連携技術の動向を踏まえながら、検討を行った。なお、IoT 向け機器連携技術との関連については、5-1-3 節で説明する。

⁶ Internet of Things（モノのインターネット）の略であり、自動車、家電、ロボット、施設などあらゆるモノがインターネットにつながり、情報のやり取りをすることで、モノのデータ化やそれに基づく自動化等が進展し、新たな付加価値を生み出すという考え方。

5-1-2. 対象範囲

本ガイドラインは、以下に示す次世代 ITS において想定するタイプ 1～タイプ 3 の社会実装モデルのうち、次世代 ITS を早期に社会実装することを可能にするモデルとして、既に社会に広く存在している車載器を持たない自動車からのプローブ情報の収集を実現する、タイプ 2 を対象とした。

【タイプ 1】 Web ベース IVI + スマートフォンカメラ 及び 付属センサー

- ・車両に搭載された IVI 機器に、通信機能を提供するデバイスとしてスマートフォンを持ち込んで接続する方式。(IVI には通信モジュールが組み込まれていない場合)
- ・プローブデータは IVI アプリケーションにより転送し、道路交通情報やアラートもナビ等 IVI アプリケーションで表示・アナウンスする。
- ・ブレーキ時の歩行者・障害物画像や生体センサー情報をスマートフォンにより収集・転送する。

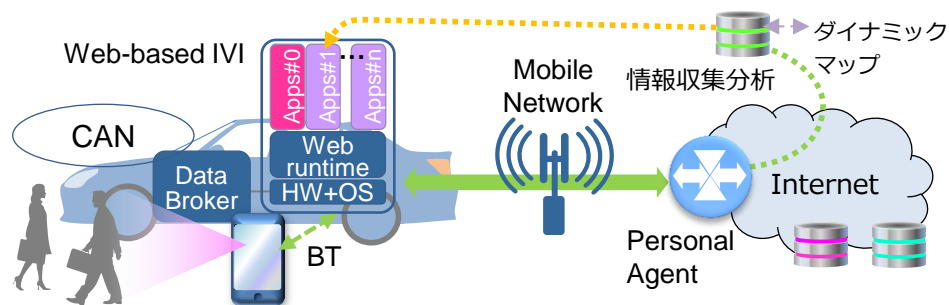


図 5-1-1 次世代 ITS モデル タイプ 1

【タイプ 2】 CAN 情報収集装置 + スマートフォン

- ・車両に持ち込むスマートフォンを、車両の車両情報収集インタフェースに接続し、スマートフォン自身が IVI 機能と通信機能の双方を提供する方式。
- ・プローブデータはスマートフォンの Web アプリケーションにより転送し、道路交通情報やアラートもスマートフォンナビ等の Web アプリケーションで表示・アナウンスする。
- ・スマートフォンカメラによる画像データのアップロードや歩行者・障害物認識情報は将来の拡張機能とする。

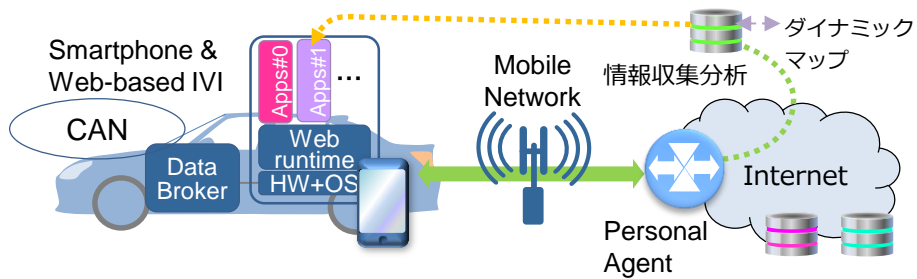


図 5-1-2 次世代 ITS モデル タイプ 2

【タイプ 3】 CAN 情報収集装置 + 歩行者・障害物検知用カメラ + スマートフォン

- ・タイプ 2 のケースで、歩行者・障害物検知用カメラ等は別ユニットで補強する。タイプ。
- ・すでに設置しているドライブレコーダのカメラを活用する場合や、タイプ 2 のケースでスマートフォンの能力的な問題で、歩行者・障害物検知用カメラ等を別デバイスとするケースが想定される。
- ・ただし、タイプ 3 については、持ち込み機器との接続性という点では、車両とスマートフォンとの接続性はタイプ 2 と同様なので、タイプ 2 の検討に含まれる。

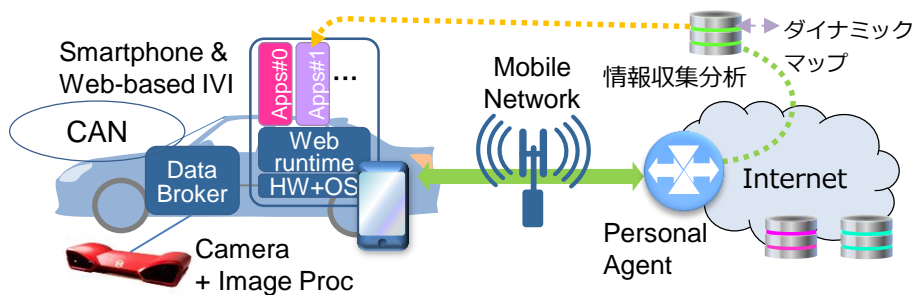


図 5-1-3 次世代 ITS モデル タイプ 3

タイプ 1 に関しては、車載 IVI とスマートフォンとの接続性については、テザリングとなるため、接続性の検討の余地はなく、タイプ 2 における、自動車とスマートフォンとの車両走行データの収集に関わる機能を対象とした（図 5-1-4 の点線の部分）。

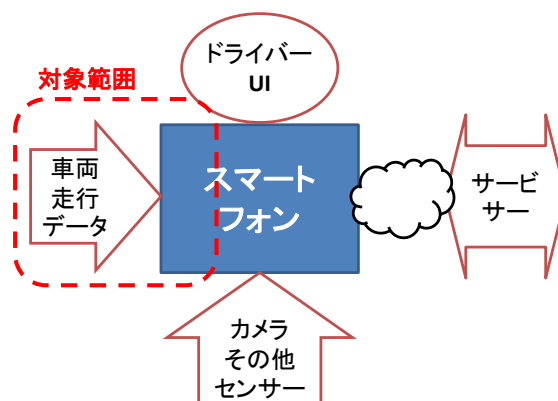


図 5-1-4 持ち込み機器接続機能の検討対象範囲

5-1-3. IoT 向け機器連携技術の動向

IoT 向け機器連携技術として、有力機器メーカー等により推進され、普及への影響が大きいと考えられる、AllSeen Alliance (ASA) による「AllJoyn」、および、Open Interconnect Consortium (OIC) による技術仕様を中心に検討した。機器連携の基本的な仕組みとして、前者は、ローカルネットワーク上に仮想 BUS を張り機器間を繋げるもの、後者は、各機器にサーバとクライアントの役割をもたせて連携するもの (RESTful アーキテクチャ) である。ただし、両者ともホームネットワーク向け仕様が先行し、自動車向けはこれからの段階であり、ユースケースが次世代 ITS の想定とは異なるため、参考にとどめた。

なお、2016 年 2 月 19 日、OIC は OCF (Open Connectivity Foundation) と改められ、ASA の中心メンバーがこれに参加を表明し、両陣営は協調する方向である。

5-2. システム構成

図 3 は、2014 年度の本研究開発で開発した、スマートフォンを活用した次世代 ITS のシステム構成である。自動車に接続した CAN 情報収集装置⁷から Bluetooth 経由で送られてくる車両走行データを、スマートフォンに組み込んだデータ送受信機能 (以下、「データブローカ」) により、W3C Vehicle API に準じて成形して、スマートフォンのブラウザに渡すものである。データ収集・処理・転送の基本的な流れは、このような構成になると考えられる。なお、スマートフォン側と自動車側との機能分担の在り方は後述する (5-3-1. インタフェース・ポイント)。

⁷現在、ZMP 社の「カートモ」、aptpod 社の「Visual M2M」、等が製品化されている。

ここで、W3C Vehicle API を利用して、プローブ情報を特定のクラウドに転送する Web アプリケーションを「UPLOADER」としている。

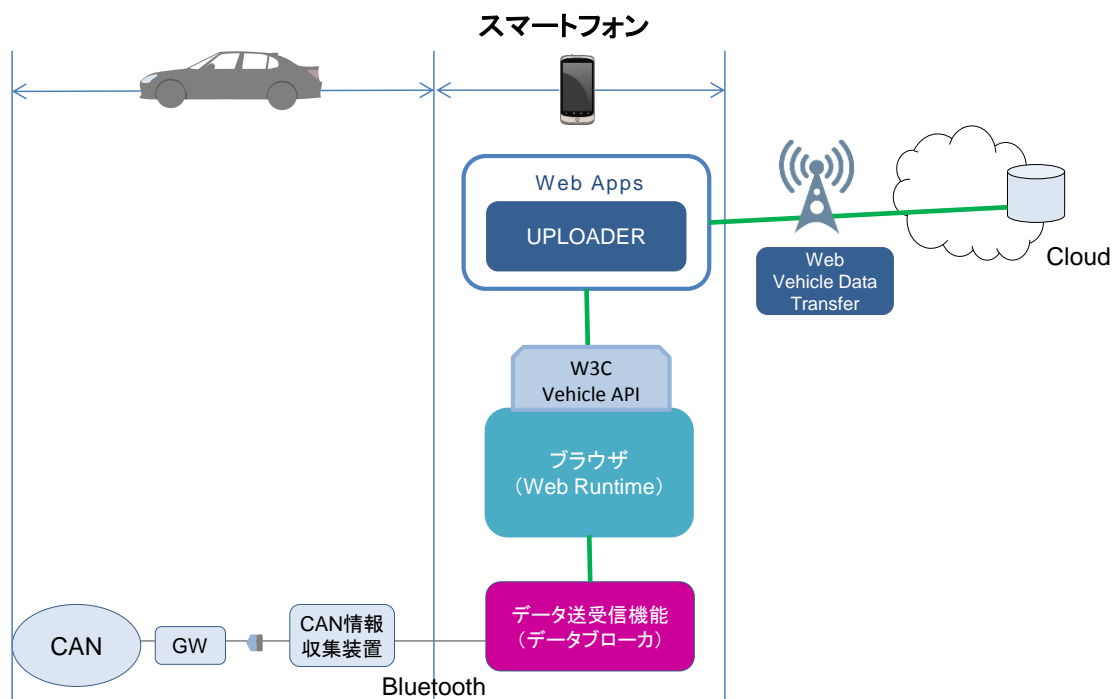


図 5-2-1 CAN 情報収集装置を利用したスマートフォン接続構成

5-3. インタフェースの標準化

次世代 ITS の普及のために、様々なプレーヤが次世代 ITS に関わるビジネスに参加できるように、自動車側装置と持ち込み端末との間のインタフェースを検討する必要がある。

5-3-1. インタフェース・ポイント

インタフェース・ポイントを定めるうえで、様々な端末（スマートフォン）を、様々な自動車に持ち込むことを想定し、持ち込み端末と自動車側装置との機能・役割分担、標準化しやすさ等を考慮する必要がある。

まず、ユーザ所有のスマートフォンを利用して次世代 ITS を実現するには、車種等により様々な異なる車両走行情報を標準的な形式に整える機能（データブローカ）が必要であり、自動車側にそうした機能を実装するアダプタを取り付けるか、スマートフォン側に、そうした接続機能を具備するかのいずれかが必要となる。し

かし、スマートフォンは携帯電話をベースとして汎用機器であるため、すべての車種に対応した接続機能を具備するのは現実的ではない。一方、CAN 情報収集装置は、物理的、電氣的に自動車と接続するコネクタとして、車種に応じて開発されるほかなく、必ず必要となる機器である。そのため、データブローカ機能は、理想的には、CAN 情報収集装置の側に置くことが望ましいと考えられる。同機能はまたスマートフォン上のブラウザと車両走行データの送受信を行う機能も具備するものとし⁸、インタフェース・ポイントとしては図 5-3-1 に示す位置が望ましいと考えられる。ただし、CAN 情報収集装置にデータブローカ機能を組み込む際に、必要となるコンピュータ能力についてはこのガイドラインでは検討していない。

なお、W3C Vehicle API が標準化されることを前提に、スマートフォンのブラウザが、W3C Vehicle API に対応している必要がある。スマートフォン標準搭載ブラウザに W3C Vehicle API が実装されるか、W3C Vehicle API に対応したサードパーティのブラウザをスマートフォンにインストールして利用することになる。

ただし、次世代 ITS を早期に導入・普及させる方策として、W3C Vehicle API の機能を、W3C Vehicle API が実装されていないブラウザで利用する Polyfill 方式を暫定的に活用することが有用である。Polyfill 方式は、容易にインタフェースを開発できる反面、似たような Polyfill モジュールが乱立し、API 仕様が不安定となる可能性もあるため、過渡的な方策として位置づけられる。

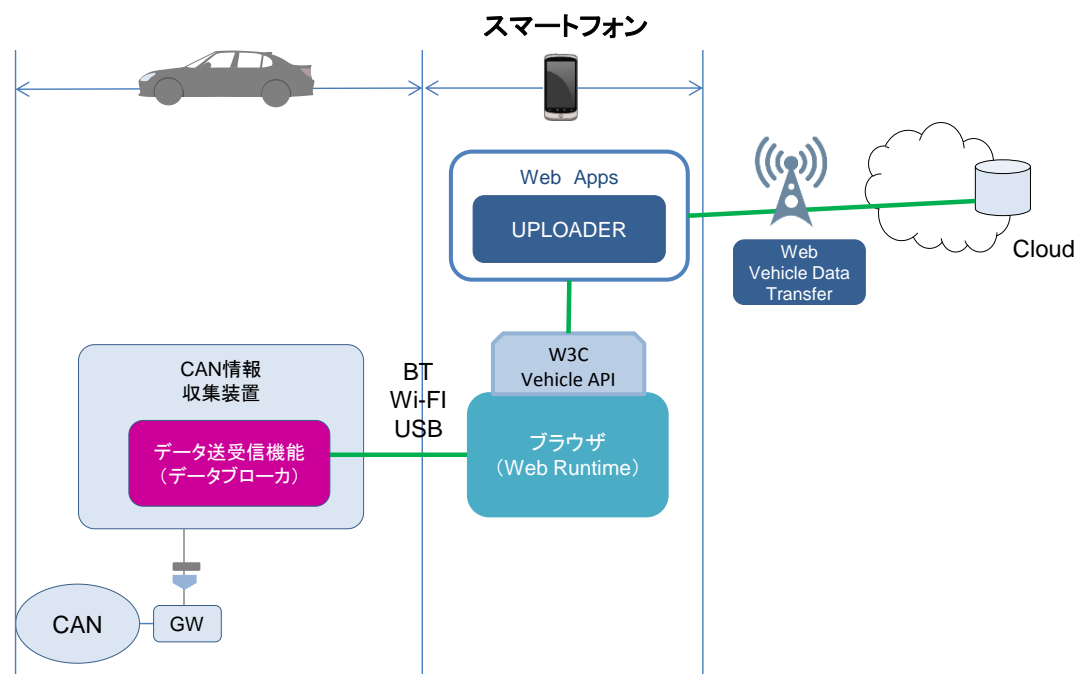


図 5-3-1 ブラウザと対向するデータブローカを CAN 情報収集装置の側に搭載する場合

⁸データブローカに Web サーバ機能を具備することを想定。

5-3-2. 物理的要件

持ち込み端末と自動車との接続には、運転操作上、有線接続よりも、無線接続が望ましい。

無線接続とする場合は、利用する方式により伝送速度が制約を受けるため、ユースケースの検討を通じて、収集するデータの種類や、サンプリング周期、データ形式等から、必要なデータ量を見込み、所要の伝送速度を確保できる方式を選定することが必要である⁹。

一方、高速伝送を可能にする広帯域無線方式は消費電力が増加する傾向がある。USB 接続の場合は通信と同時に CAN 情報収集装置側からの電力の供給も期待できるが、無線接続ではこれができないため、自動車を運転中、車両走行データの収集を継続するために、後述するように（5.6.1 電源）、他の手段による電力供給を行うか、可能な限り消費電力の少ない無線方式を採用する必要がある。

無線方式の候補としては、既に様々なスマートフォンに実装され普及している Bluetooth や Wi-Fi が考えられる。

近年、IoT 向けに低消費電力に対応した Bluetooth 規格である BLE (Bluetooth Low Energy) や高速通信に対応した Wi-Fi の新規格である IEEE802.11ah などの標準化が進んでおり、今後の IoT の普及に向けた無線方式として将来のスマートフォンがどのように対応していくかその動向を注視しながら、通信速度や消費電力などの特徴を考慮して採用する無線方式を検討していく必要がある。

5-3-3. インタフェース仕様

前節の物理的伝送路上に構築する TCP/IP 上位レイヤのインタフェース仕様として、データ伝送スキームとして WebSocket を、データフォーマットとして JSON 形式を提案する。

WebSocket を採用する理由は、車両走行情報は、断続的に、自動車側装置から端末 (IVI スマートフォン) に転送されるため、たとえば http/https では伝送上非効率であり、セッションを継続する WebSocket が相応しいと考える。また、JSON 形式は、W3C

⁹ 例えば、ST Microelectronics 社が提供する Bluetooth 3.0 モジュールでは、SPP (Serial Port Profile) の最大通信速度は仕様上 560kbps となっている。なお、市販の CAN 情報収集装置を用いた実証実験では、通信速度を 115kbps に制限した場合、データ欠損が生じて十分なデータサンプル数が収集できなかったが、通信速度の制限を 230kbps に緩和したことで改善した例があった。

Vehicle Data に準じたデータ形式を採用することが、WebRuntime（またはブラウザエンジン）側での開発期間の短縮や処理負荷の軽減につながるものと考えられる。

ただし、本ガイドラインで推奨するインタフェース・ポイントは、スマートフォンと外部のデータブローカとのリモート接続が前提であることを考慮する必要がある¹⁰、無線区間の通信速度・通信料、セキュリティなど検討を重ねる必要がある。

なお、W3C の標準化作業は現在も継続中であり、今後の動向を注視し、整合を図っていく必要がある。

5-4. 機器・サービスの発見機能

将来、様々な自動車が次世代 ITS に対応する場合、レンタカーやカーシェアリングなど、不特定多数の自動車に対し、ユーザが特に意識しなくても、持ち込んだスマートフォンがその自動車の次世代 ITS 対応可否を自動的に検知してユーザに利用を促し、クラウドサーバにプローブデータの送信を開始できるようにする必要がある。そのため自動車と持ち込み端末において、機器及びサービスの発見機能を具備する必要がある。

この場合のシナリオとしては、以下のような例が考えられる。

5-4-1. シナリオ例

不特定の自動車にドライバーや同乗者所有の複数のスマートフォンを持ち込み、CAN 情報収集装置と無線接続するケースを想定すると、次のようなシナリオが考えられる。

- ① 自動車のエンジンをかけると CAN 情報収集装置の無線接続部が起動し、ビーコンを送出し、接続相手先のスマートフォンから探索できるようにする（機器の発見）。
- ② ドライバーが持ち込んだスマートフォンから UPLOADER（Web アプリ¹¹）を起動すると、ビーコンを認識して、当該自動車が次世代 ITS に対応しているか問い合わせる（サービスの発見）。
- ③ 次世代 ITS に対応していることを検知したスマートフォンは、接続要求を送信す

¹⁰ WebSocket 通信として、ws よりも、セキュリティを考慮して wss を用いるなど。

¹¹ 車両走行データを利用する Web アプリ。「UPLOADER」は代表例として表記。

る¹²。接続要求を受信した CAN 情報収集装置の無線接続部は、当該スマートフォンに接続権限があることを確認できると、接続応答を送信する。

- ④ CAN 情報収集装置の無線接続部から接続応答を受信したスマートフォンの画面に「プローブ情報アップロード開始」ボタンを表示する。
- ⑤ ドライバーが同ボタンを押すと、無線接続が確立し、UPLOADER は CAN 情報収集装置のデータブローカから車両走行データを受信し、プローブ情報に加工して特定のクラウドサーバへのアップロードを開始する。
- ⑥ UPLOADER を起動していない同乗者のスマートフォンは、CAN 情報収集装置からのビーコンに反応しない。

5-4-2. 実現手段の例

以下では、Wi-Fi Direct を利用する場合の接続手順の例を示す（図 5-4-1 参照）。

- ① スマートフォン上で UPLOADER を起動する。
- ② スマートフォンは、mDNS を用いてサービスの探索をすると、CAN 情報収集装置は、Wi-Fi Direct の接続情報を含むサービス情報をスマートフォンに送る。
- ③ スマートフォンは、得られた Wi-Fi Direct 接続情報を用いて CAN 情報収集装置に接続要求を出すと、CAN 情報収集装置に接続許可を求めるダイアログ等が表示される（PBC¹³）。ユーザが CAN 情報収集装置から許可を行うと Wi-Fi Direct での無線接続が確立され、互いに通信可能となる。
- ④ スマートフォンのブラウザと CAN 情報収集装置のデータブローカ間で、車両走行データの送受が行われる。

¹²レンタカーやカーシェアリングの利用の際、あらかじめドライバのスマートフォンを登録しておくことができない場合は、レンタカーやカーシェアリングの事業者から発行されたパスワード等でスマートフォンの認証を行う方法も考えられる。

¹³ここでは、Wi-Fi Direct の認証方法を PBC（Push Button Configuration）としている。CAN 情報収集装置のサイズの制約からダイアログ表示等の UI 機能を搭載できない場合はスマートフォンの画面から PIN コードを入力する認証方法も取りえる。この手順は、Wi-Fi Direct と NFC を組み合わせて NFC をサービス発見と認証の手段として用いて、認証操作を簡略化できる（参考文献 Wi-Fi Alliance, “Wi-Fi Peer-to-Peer (P2P) Technical Specification Version 1.5 等）。ただし、ドライバ以外の NFC 対応スマートフォンからタッチしても接続できないようにするには、ドライバのスマートフォンを識別する別の仕組みが必要となる。

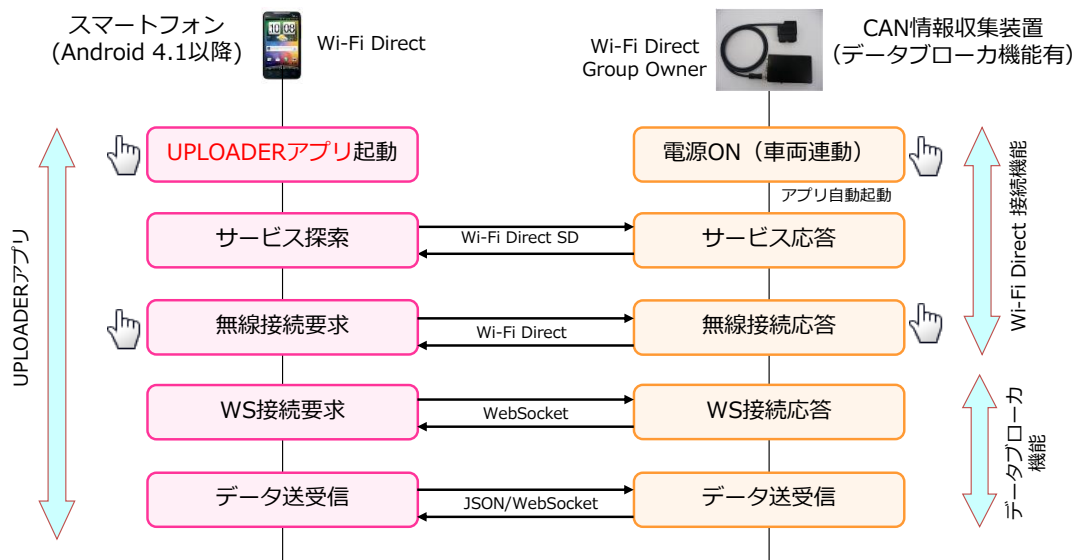


図 5-4-1 Wi-Fi Direct による接続手順の例

5.5 セキュリティ

自動車から収集される車両走行データの不適切な利用を防ぐために、セキュリティ対策が必要である。基本的な要件について記載する¹⁴。

セキュリティを検討するに当たって、Web アプリケーション、ブラウザ、データブローカ、クラウドに大別したモデルで考える（図 5-5-1）。セキュリティ対策としては、各要素が単体として信頼できるものであること。また、それぞれの要素間において、各要素が相互に信頼できるものにする、要素間の通信路における盗聴や改ざんの余地をなくすことが求められる。

図 5-5-1 のクラウド、および、Web アプリケーションとクラウド間の通信路は、大手通信事業者等のサービスを利用することが想定され、セキュリティが十分確保されていること、またデータブローカ機能をもつ CAN 情報収集装置は、自動車メーカーや公的な第三者機関による型式認定等を受けて提供され、十分に信頼が担保されていることを前提とし、本ガイドラインでは、図 5-5-1 の点線で囲った枠、すなわち、Web アプリケーション、ブラウザの各要素単体、及びブラウザとデータブローカ間、Web アプリケーションとブラウザ間の関係を検討対象とする。

¹⁴ セキュリティの検討にあたっては、W3C Automotive WG と Automotive and Web Platform BG のジョイントタスクフォースとして、Security and Privacy Task Force for Automotive が 2015 年 6 月に設立された。ここでの検討内容を注視し、整合を図っていく必要がある。

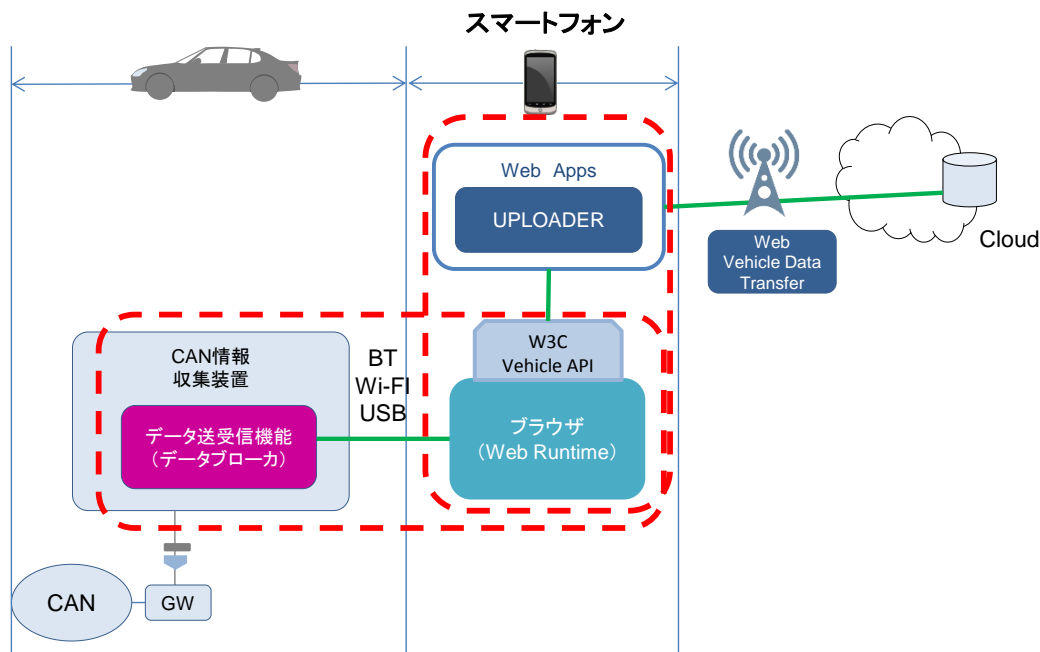


図 5-5-1 セキュリティについての検討対象

5-5-1. ブラウザとデータブローカ間の関係

(1) ブラウザ側に対する信頼担保

【権限の無い持ち込み端末の接続制限】

- ・プローブデータの帰属等を考慮し、プローブデータのクラウドへのアップロードに利用するスマートフォン等の持ち込み端末について、CAN 情報収集装置への接続を制限する必要がある。
- ・プローブデータが、ハンドル操作やブレーキ操作、車速、位置情報といった情報を扱うことから、プローブデータはドライバーに帰属するものと仮定する場合、ドライバーがデータのアップロードをコントロールできるよう、アップロードのためのスマートフォンは基本的にドライバー所有の、あるいはドライバーが許諾した他者（主に同乗者を想定）所有のスマートフォンを利用すべきである。
- ・この場合、複数持ち込まれたスマートフォンのうち、ドライバー、または許諾者の所有するスマートフォンを識別し、それ以外のスマートフォンとの接続を制限する認証機能を CAN 情報収集装置に具備する必要がある¹⁵。

¹⁵ あらかじめ CAN 情報収集装置に設定されたパスワードを、スマートフォンのブラウザ画面から入力することでユーザ認証する方法が考えられる。この場合、パスワードを解読されにくいものにする、パスワードの管理、等の脆弱性への対策が必要になる。なお、Wi-Fi 等の無線接続の場合は、その認証機能を利用し、接続手順に必要な PIN コードの配布先を管理すること等により、接続

(2) データブローカ側に対する信頼担保

- ・データブローカ機能をもつ CAN 情報収集装置は、十分に信頼が担保されていることを前提としているため、省略する。

(3) 通信路における盗聴や改ざん等の防止

- ・Wi-Fi や Bluetooth 等の無線伝送区間で送受信されるデータの漏洩を防ぐために暗号化が必須となる。暗号化方式としては、それぞれの無線方式で仕様化されているペアリングや WPA 等の標準的な方式が利用できる。

5-5-2. Web アプリケーションとブラウザ間の関係

- ・Web アプリケーションや Polyfill はスマートフォンのブラウザ上でローカルに（スマートフォン内部で）実行されることから、その間に改ざんされるとは考えにくく、5-5-3 で、Web アプリケーション、ブラウザの単体としての信頼が担保されることで、この間の信頼も担保されると考えられる。

5-5-3. Web アプリケーション、ブラウザの各単体

(1) Web アプリケーションに対する信頼担保

- ・ドライバーの意図に反して勝手に大量のデータを特定のクラウドサーバに吸い上げたり、スマートフォンへの不正侵入等のクラッキングやウィルス感染を目的としたり等の不適切な Web アプリケーションの利用を防ぐ必要がある。
- ・まず、ユーザが不適切な Web アプリケーションをダウンロードしないように、Web アプリケーションの入手先 Web サーバを正当で信頼できるものに限定する必要がある。
- ・さらに、認証された Web サーバを利用するだけでなく、信頼における事業者が管理・運営する Web サーバに限定するための仕組みを検討することも必要と考えられる。
- ・なお、5.3.1 節で述べたように、W3C Vehicle API をスマートフォンの標準搭載ブラウザ上で Polyfill モジュールを追加して実現する場合には、Polyfill の入手先も同様に信頼における Web サーバに限定する必要がある。

権限を管理することもできる。また、スマートフォンの MAC アドレス等の機器個体の識別符号が利用できる場合は、データブローカ側にアクセスコントロールリスト (ACL) を持たせ、登録されたスマートフォンの識別符号により、アクセス可能なスマートフォンを管理する方法も考えられる（参考文献 Open Interconnect Consortium, “OIC SECURITY SPECIFICATION (V1.0.0)” 等）。

- ・上記のような Web サーバを限定する仕組みとして、十分な信頼が担保されている前提のデータブローカに管理機能をもたせる方法が考えられる。Web アプリケーションが、ブラウザを介してデータブローカに車両走行データのリクエストを行う際、ブラウザはその Web アプリケーションの入手先の認証データをデータブローカに通知し、データブローカはその認証データが許容できる場合のみデータを提供するなどである。
- ・その他、不審な通信や処理に対してアラートを出したり、ログとして保持したりする仕組みをスマートフォンや CAN 情報収集装置に具備することも考えられる。

(2) ブラウザに対する信頼担保

- ・(1)で見た不適切な Web アプリケーションの利用を防ぐのと同様に、ブラウザにおいても、ドライバーの意図に反して勝手に大量のデータを特定のクラウドサーバに吸い上げたり、データブローカへの不正侵入等のクラッキングやウイルス感染¹⁶を目的としたり等の不適切なブラウザアプリケーションの利用を防ぐ必要がある。
- ・スマートフォン標準搭載のブラウザ以外のサードパーティのブラウザをダウンロードしてスマートフォンにインストールする場合は、ブラウザの入手先サーバへのアクセスは、信頼のおける事業者が管理・運営するサーバに限定する仕組みを検討する必要がある。
- ・また、ブラウザに、認定機関・団体等による認定コードを付与して、プログラム認証を行うことも有効と考えられる¹⁷。
- ・ただし、上記のような不適切なブラウザの利用を制限する方法は、全てのスマートフォンに適用できるとは限らないため、データブローカ側で、不要なポートを開けない、不適切な（例えば高頻度の）リクエストを受理しないといった対策も必要と考えられる。
- ・その他、不審な通信や処理に対してアラートを出したり、ログとして保持したりする仕組みをスマートフォンや CAN 情報収集装置に具備することも考えられる。

¹⁶ ウィルスに感染したスマートフォンの車内への持込みに関する脅威については、(独)情報処理振興協会「自動車の情報セキュリティへの取組ガイド」(2013.3)等で指摘されている。

¹⁷ iOS のアプリケーションマーケット等で利用されているコードサイニング証明書 (Code Signing Certificates) を利用する方法が考えられる。これはソフトウェアを流通させる際に付与する電子署名の一種で、発行元の身元や、そのソフトウェアが、確かに発行元が作成したものであることを証明するためのものである (参考文献 Symantec, “Roots of Trust for the Internet of Things”)。

5-6. その他

5-6-1. 電源

5-3-2 節で触れたように、スマートフォンを自動車に持ち込んで手軽に利用できるようにするためには、スマートフォンと自動車を無線で接続する必要があるが、自動車の運転中に車両走行データの継続的に収集するため、スマートフォンへ自動車から電力を供給する必要がある。シガーソケット等からケーブルで接続することも考えられるが、車内に持ち込んで容易に接続できるという無線接続のメリットを生かすため、スマートフォンをホルダー等に設置するだけで利用できるワイヤレス給電システムが利用できることが望ましい。ワイヤレス給電システムの規格として、スマートフォン向けに「Qi (チー)」が標準化されている¹⁸。

5-6-2. 本ガイドラインにおける参考文献

- AllJoyn, “System Description”, Release version 15.04
(<https://allseenalliance.org/framework/documentation/learn/core/system-description>)
- Open Interconnect Consortium, “OIC CORE SPECIFICATION V1.0.0”
- BLUETOOTH SPECIFICATION, “SERIAL PORT PROFILE”, 2012-07-24
- Wi-Fi Alliance, “Wi-Fi Peer-to-Peer (P2P) Technical Specification Version 1.5
- Symantec, “Roots of Trust for the Internet of Things”
- Open Interconnect Consortium, “OIC SECURITY SPECIFICATION V1.0.0”
- (独) 情報処理振興協会「自動車の情報セキュリティへの取組ガイド」(2013.3)
- Wireless Power Consortium, “System Description Wireless Power Transfer, Volume I: Low Power, Part 1: Interface Definition, Version 1.1.2 June 2013

¹⁸ Qi は、パナソニックやTIなど約200社が参加する Wireless Power Consortium によって2008年12月に策定されたワイヤレス給電システムのフォーラム標準である。ARIB等の日本国内での標準化は行われていない。(参考文献 Wireless Power Consortium, “System Description Wireless Power Transfer, Volume I: Low Power, Part 1: Interface Definition, Version 1.1.2 June 2013)

6. 委員会活動

研究開発を円滑に進め、より広い視野から技術仕様を検討するため、「Webプラットフォーム委員会」「プローブデータ・プライバシー検討委員会」の2つの委員会を定期的に開催した。委員会では、関連する要素技術間の調整、成果の取りまとめ方等、研究開発方針についての幅白い観点から助言を頂くとともに、実際の研究開発の進め方について適宜指導を頂くため、学識経験者、有識者、企業の実務者の参加を得て開催した。

6-1. Webプラットフォーム委員会

本委員会は、本プロジェクトで扱う Vehicle API によるプローブ情報収集システム等の開発における方向性や課題、解決策検討のため開催した。

①委員会メンバー

氏名	所属	役職
芦村 和幸 (主査)	W3C / 慶應義塾大学 政策メディア研究科	特任准教授
野辺 継男	インテル株式会社 戦略企画室 オートモーティブ・ユニット	チーフ・アドバイザー・サービス・ アーキテクト兼ダイレクター
三原 寛司	株式会社 ZMP	取締役
長野 宏輔	株式会社 ACCESS スマートデバイス 事業部 開発部 開発2課	課長
酒澤 茂之	株式会社 KDDI 研究所 スマートホ ーム・ロボット応用 G グループ	グループリーダー
高木 悟	KDDI 株式会社技術戦略部	マネージャー

オブザーバー：総務省通信規格課、総務省移動通信課、国土交通省自動車局技術政策課、トヨタ自動車、日産自動車、本田技術研究所

事務局：KDDI 総研

②開催日時・場所

開催数	日時	場所
第 1 回	2015 年 9 月 16 日 (水) 13 時～14 時 30 分	KDDI 本社ビル 28 階プレゼン室 A
第 2 回	2016 年 2 月 17 日 (水) 10 時～12 時 00 分	KDDI 本社ビル 28 階プレゼン室 A

③主な議論内容

[第 1 回委員会]

2015 年度委員会の初回であることから、2014 年度の活動報告を行うとともに、2015 年度開発仕様の内容および開発スケジュール、内閣府主導で行われている地図構造化タスクフォースとの連携等について、研究責任者より説明が行われ、委員他から主に以下の助言・意見があった。

- Vehicle API を扱う際の車内位置情報との連携も W3C では議論となっている。あるべき区分や精度など、ユースケースに応じてどの位置情報が良いのか等議論が進めることができると良い。
- 開発によりクラウドは 2 個（プローブ、歩行者映像）あるが、最終的にはどうつながるのか？そのセキュリティやプライバシーは？ 2 つを連携し、マッシュアップ的デモができると良い。
- 直接クルマを外部とつなぐとことは、自動車メーカーはリスクが高いと考えている。どう安全を担保するのが課題。Vehicle API を標準化したとして、どういったセキュリティがあると良いのか、という議論もしてほしい。

[第 2 回委員会]

2015 年度研究活動成果の報告、同成果を活用したハッカソン実施報告、社会実装に向けた課題の 3 件について、研究員から報告を行い、委員他から主に以下の助言・意見があった。

- ITS 成果報告の中で、全体から見てこの報告の位置づけは触れないか。最初に 1~2 枚あると誤解を生まないかもしれない。また、Web ランタイムという言葉は一般的には知られていないので、補足が必要。

- ・ ハッカソンについては、Vehicle API の記述形式に関して同ハッカソン参加者から否定的な意見はなく、方向性としては間違っていないと感じた。なお、参加者アンケートに API への要望などがあれば、本委員会や W3C へフィードバックできると良い。
- ・ 若い開発者が試す機会として良かった。また、各チームある程度動くものを開発しており、隔世の感があると感じた。継続性を考えると Facebook ページなどを作りコミュニティを盛り上げていくと良い。
- ・ 社会実装に向け究極の課題は、車から如何にして情報を出してもらい、このシステムが社会的に貢献していけるのか、になる。新規販売者以外に今すでに普及している車をどうコネクテッドカーにするのか？何かインセンティブや市販アダプタの活用なども重要な要素かもしれない。

14. プライバシー保護機能の動作実証例

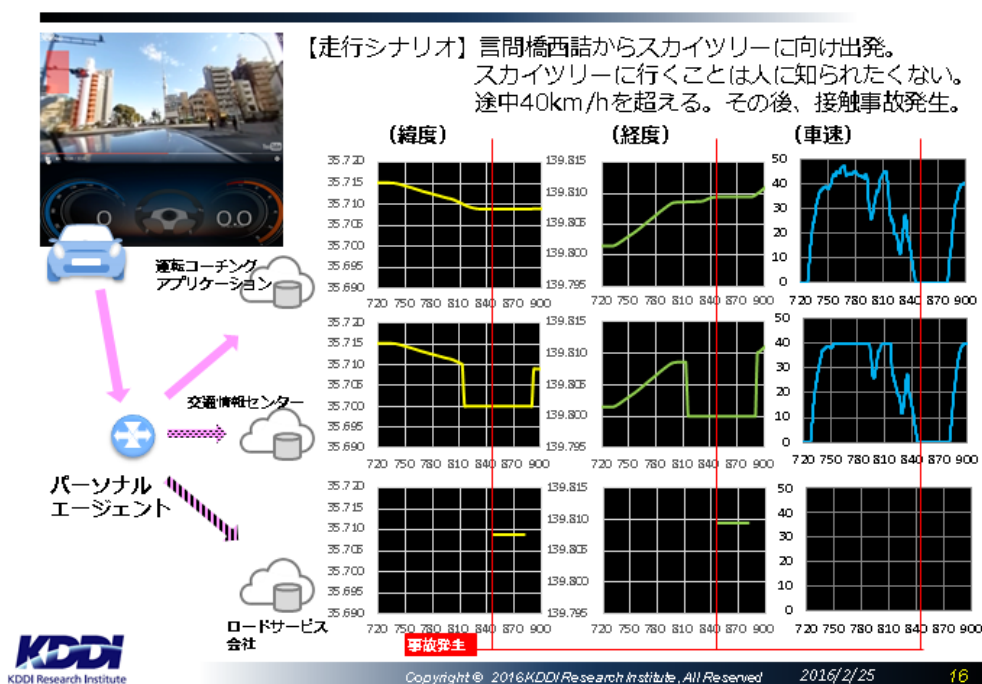


図 6-1-1 講演会「情報通信が支える次世代の ITS」資料（プライバシー保護機能）



図 6-1-2 Web プラットフォーム委員会の様子

6-2. プローブデータ・プライバシー検討委員会

本委員会は、本プロジェクトで扱うプローブデータにおけるプライバシーの取扱いについて、特に、法制度における開発における考慮点や課題について有識者も交えて議論を行うために開催した。

①委員会メンバー

氏名	所属	役職
新保 史生 (主査)	慶應義塾大学総合政策学部	教授
森 亮二	英知法律事務所	弁護士
穴戸 常寿	東京大学大学院法学政治学研究科	教授
伊藤 寛	日本自動車研究所 I T S 研究部 標準化グループ	主席研究員
野辺 継男	インテル株式会社 戦略企画室 オートモーティブ・ユニット	チーフ・アドバンストサービス・ アーキテクト兼ダイレクター
清本 晋作	株式会社 KDDI 研究所	マネージャー

オブザーバー：総務省消費者行政課、総務省通信規格課、総務省移動通信課、トヨタ自動車、日産自動車、本田技術研究所

事務局：KDDI 総研

②開催日時・場所

開催数	日時	場所
第 1 回	2015 年 7 月 3 日（金） 10 時～12 時	KDDI 本社ビル 28 階プレゼン室 A
第 2 回	2015 年 10 月 1 日（木） 15 時 30 分～17 時 50 分	KDDI 本社ビル 28 階プレゼン室 A
第 3 回	2016 年 3 月 25 日（金） 13 時～15 時	KDDI 本社ビル 28 階プレゼン室 A

③主な議論内容

[第 1 回検討委員会]

主査挨拶、メンバー自己紹介の後、研究責任者から 2015 年度取組みの説明が行われ、続いてプライバシー保護技術に対する各国法制度からみた要求条件について、担当者から説明が行われた。委員他から主に以下の助言・意見があった。

- ・ 商法の状況を参照すると、米国では州法によって法律が異なり、それらのハブとなるようなデラウェア州の弁護士が実務では活躍しているような状況がある。各国の制度を調査する場合でも、どこにどういう具体的な支障が出てくるのかを明確にすることが重要だ。おそらく、EU からの越境データ取引が今後の課題になるだろうから、その点に着目すると良いのではないか。
- ・ 今後の現実的に起こりうる問題として、EU とは交渉ができないという問題がある。EU のデータ保護においては、EU 域外へのデータ移転を EU が評価するだけであり、交渉の余地はない。日本企業の活動に現実の支障が生じているかどうかについて、調査をしていく必要がある。日本企業は支障がないと言っているところが多いが、ほんとうなのだろうか。特に欧州で自動車を販売している日本企業にとっては問題になるのでは。
- ・ 置とソフト的措置の準備も重要となってこよう。

- 今まで、自動車や ITS を通した各国制度の比較というのはあまりやれていないと思う。特に、ドイツのメーカは非常に厳しい環境にある。具体的なケースとしては、自動運転やブレーキアシストのカメラ映像について、どのように処理しているかが参考になりそう。原則、撮影される側の同意が必要になるからこの辺りをどのようにしているか。
- 個々の車両情報データについて、他のデータと結びついたときにどのようなプライバシーリスクがあるのか、それを検討していくことは重要。それぞれのリスクと有用性との関係を洗い出す作業をすると良いのではないか。
- 情報提供がなされない場合、サービス提供をしないことがどこまで認められるかについては、どこまでが本質的に付随する利用者の義務であるか、消費者法、競争法の両面から検討する必要がある。最後は社会通念のようなところに収斂していったら、それをどう形成するかの問題になる。



図 6-2-1 プローブデータ・プライバシー検討委員会の様子

[第 2 回委員会]

平林研究責任者から、冒頭 2015 年度研究実施計画について特にプライバシーに配慮したプローブデータ収集・配信機能開発の説明が行われた後、プライバシー保護対象とその課題について加藤研究員から説明が行われ、委員他から主に以下の助言・意見があった。

(2015 年度研究実施計画について)

- ・ ドライバー（ユーザー）の同意をどうやってとっているのか、プローブデータの取扱いの説明などを行っているか、次回以降具体的に教えてほしい。歩行者情報の場合には、同意取得や利用目的を提示することが困難。コンビニの監視カメラなども同様に、そのような問題意識を持っている。
- ・ IoT を Internet of Devices としてユビキタスの延長線上だけで議論するのは難しくなってくるのではないかと。そうすると、プローブデータを誰が持って、誰が管理するのか、また誰のモノなのか、なども解決しなければならない。

(プライバシー保護対象とその課題)

- ・ エージェントがどこにあるかが問題になる。ユーザ側にないと駄目なのではないか。事業者が「取得しない」と言い切るのは難しいと思う。実際にはプライバシーマークの審査等は、アクセスできることをもって「取得した」というように判断している。
- ・ スマホはシングルユーザーで管理が簡単だが、車は、タブレットやパソコンと同様にマルチユーザーであり管理が困難になる。また、無人タクシーなどが出ると、管理者がどこを走っているかを記録していて、犯罪の起きた場所をその車が通った場合に、データを出してほしいということが警察からあるという話実際にすでにある。自動運転、無人運転が進むと、そういう課題が表出化してくると思われる。
- ・ プローブデータがエージェントのところまでは行くけれども、そこから先は同意がない限りは出さない、事業者側が個人情報を取得した、パーソナルデータを取得したというかたちにせず、同意があった場合にのみ影響するという仕組みで進めるのは、画期的であり、あるべき姿だと思うので追及してほしい。複数の主体がいる場合に、他の人の同意がない場合はどうすべきか、同意がないところの工夫が可能か。引き続き同意スキームで対応して頂ければと考える。
- ・ 同意原則の例外事由について、捜査のために警察に情報提供を求められることがある。携帯電話事業者では警察署長権限で提出していたり、裁判所の令状が必要だったり、いろいろな基準がある。合理的な必要性について、ケース分けが可能だと良いのではないかと。
- ・ テキストセンシティブデータは、プライバシー権利章典の考え方にも沿った内容と考えられる。現在、ISO29100 の日本語化も進んでいるが、定義の部分な

ど今までと変わってくるので注意が必要だ。本日の議論を踏まえ、引き続きプローブデータを通じたプライバシー問題を検討頂きたい。

[第3回検討委員会]

平林研究責任者から2015年度研究成果報告が行われ、続いて一般ドライバーのプライバシー選好に関するアンケート調査結果、2016年度研究開発計画について、担当者から説明が行われた。委員他から主に以下の助言・意見があった。

(2015年度成果について)

- ・ パーソナルエージェント機能のユーザインタフェースは、できるだけ分かりやすい形で提供してほしい。アメリカはFTC法5条に基づいて執行がし易いため、同国を市場と考える企業は特に重要である。
- ・ プライバシー保護という観点では課題は今後やればやるほど出てくる。一般的な車へのプローブデータ収集拡大、プローブデータログに基づく事故等は誰が責任を持つのか、事故が防げない環境で誰が犠牲になることをどう判断して許容するのか、など。

(一般ドライバーのプライバシー意識調査)

- ・ 企業／団体の信用よりもサービスやプラットフォームの信頼性が重要と感じた。顕示選好は実際にサービスを利用した後に変化することがある。パーソナルエージェント機能をどれだけ信用できるかとプライバシー意識との掛け合わせで検討して欲しい。
- ・ 自分にメリットがあるか否かが重要だろう。
- ・ 本調査から今後の調査や開発の視点を3つほど提示したい。①情報の取り扱いに関する説明責任の果たし方（透明性の確保とアカウントビリティ等）、②その説明方法（通知、明示、同意のどのような方法を選択するか）、③信頼性確保のための取り組み。

(2016 年度開発計画)

- ・ 事故削減に向けてはリスク回避、リスクの顕在化、クライシス対応の 3 つの仕組みを追求することになるだろうが、実際に情報収集にあたって、情報取得とリスク回避への寄与度、情報提供方法とリスク回避の因果関係なども検討して欲しい。

7. 研究発表などの成果

特許・論文等の発表においては、国際標準化提案、口頭発表は予定数を上回ったが、特許出願・論文発表については作業が遅れており、当初計画した進捗には至っていない。

表 7-1 研究発表成果

年度 目標	2014 年度 実績	2015 年度 実績	2015 年度 目標	2016 年度 目標	実施期間 終了後	合計
特許取得数	0	0	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	4 件 (2 件)	4 件 (2 件)
特許出願数	0	1 (0)	2 件 (1 件)	2 件 (1 件)	1 件 (1 件)	6 件 (3 件)
査読付き誌上発表 論文数	0	0	2 件 (1 件)	2 件 (1 件)	2 件 (1 件)	7 件 (4 件)
査読付き口頭発表 論文数 (印刷物を含む)	0	0	2 件 (1 件)	2 件 (1 件)	2 件 (1 件)	8 件 (4 件)
その他の誌上発表 数	0	2 (2)	2 件 (1 件)	2 件 (1 件)	2 件 (1 件)	8 件 (4 件)
口頭発表数	3 (1)	12 (3)	3 件 (3 件)	3 件 (3 件)	2 件 (2 件)	10 件 (10 件)
報道発表数	1 (0)	0	1 件 (1 件)	1 件 (1 件)	0 件 (0 件)	3 件 (3 件)
国際標準提案数	0	4 (4)	1 件 (1 件)	0 件 (0 件)	1 件 (1 件)	2 件 (2 件)

注：() 内は海外での発表数

7-1. 出願特許リスト

[1] 平林立彦、清本晋作、「通信システム、端末装置、プライバシー保護装置、プライバシー保護方法、及びプログラム」

7-2. 誌上発表リスト

[1] 青山恭弘、南田智昭、坪谷寿一、平林立彦、「歩車間通信技術の開発」、『ITU ジャーナル 7月号』、平成 27 年 7 月 1 日

[2] Yasuhiro Aoyama, Noriaki Minamida, Hisakazu Tsuboya, Tatsuhiko Hirabayashi, 「Development of Vehicle -to - Pedestrian Communication Technology」、『New Breeze 7月号』、平成 27 年 7 月 22 日

7-3. 口頭発表リスト

- [1] 浦田真次郎、「Vehicle API 開発環境に関するデモ展示」、Genivi All Member Meeting (Stuttgart,Germany)、平成 27 年 4 月 22 日
- [2] 浦田真次郎、「Vehicle API に関する実装事例紹介」、W3C Automotive & Web Platform Business Group 会合 (Stuttgart,Germany)、平成 27 年 4 月 24 日
- [3] 平林立彦、「IoT 時代における Connected Car ビジネス」、PTC ジャパンフォーラム 2015 (主婦会館,東京都)、平成 27 年 6 月 15 日
- [4] 平林立彦、「プライバシーに配慮したプローブ情報の要求条件」、2015 年度春季 (第 32 回) 情報通信学会大会 (青山学院大学,東京都)、平成 27 年 6 月 21 日
- [5] 平林立彦、「W3C Automotive BG/WG の現状と動向等について」、2015 年度第 1 回 W3C 日本会員会議 (慶応義塾大学,東京都)、平成 27 年 6 月 18 日
- [6] 藤原 正弘、「Web 技術によるクルマ共生社会」、第 3 4 回 社会経済システム学会 (法政大学,東京都)、平成 27 年 10 月 24 日
- [7] 平林立彦、「コネクテッドカーにおけるプライバシー保護について」、第 1 回 改正個人情報保護法を踏まえたプライバシー保護検討タスクフォース (総務省,東京都)、平成 27 年 11 月 05 日
- [8] 長野宏輔、「W3C TPAC 展示」、TPAC 2015 (W3C Technical Plenary/Advisory Committee Meetings Week) (札幌市)、平成 27 年 10 月 26 日
- [9] 羽田野太巳、「Embedded Web で加速する Web of Things」、Firefox Developers Conference 2015 (北青山 TEPIA ホール)、平成 27 年 11 月 15 日
- [10] 羽田野太巳、「HTML5 関連の API の現状とこれから」、Developers Festa Sapporo 2015 (札幌市)、平成 27 年 12 月 1 日
- [11] 橋本隼一、「Automotive BG/WG と Security & Privacy TF の活動」、2015 年度第 2 回 W3C 日本会員会議 (東京都港区)、平成 27 年 12 月 21 日
- [12] 藤原 正弘、「Web とクルマのハッカソン 展示」、Web とクルマのハッカソン (東京都千代田区)、平成 28 年 1 月 30 日

7-4. 国際標準提案リスト

- [1] W3C・Automotive WG シュツットガルト会合、車両用 Web ランタイムと API 技術、平成 27 年 4 月 23 日
- [2] W3C・Automotive WG シアトル会合、車両用 Web ランタイムと API に関するセキュリティとプライバシー対策 (2 件)、平成 27 年 7 月 28 日
- [3] W3C・Automotive & Web Platform BG ソウル会合、車両用 Web ランタイムと API に関するセキュリティとプライバシー対策、平成 27 年 10 月 22 日
- [4] W3C・Automotive WG 札幌会合、車両用 Web ランタイムと API に関するセキュリティとプライバシー対策、平成 27 年 10 月 26 日

7-5. その他

2016年1月30日～31日にかけて東京都千代田区において「Web とクルマのハッカソン (<http://www.kddi-ri.jp/hackathon>)」が開催され、本研究開発の成果の一部をハッカソンの開発環境構築に活用した。

具体的には、本研究開発のシステムをテストカーに搭載し、公道走行による車両走行データを収集した。収集したデータをサーバに格納し、ハッカソン参加者のPCより、車両にアクセスして車両情報を収集する仕組みをシミュレートするサーバ環境を構築し、車両走行情報を活用するプログラムの開発を競うというものである。

51名が計10チーム分かれて競い、多様なWebアプリケーションが開発・実行された。

こうしたイベントに参加することにより、本研究開発システムが実社会でどのように活用されうるかの検証という点で意義深いものであった。

8. その他研究活動（ビジネスプロデューサによる動向調査）

研究開発成果の社会実装に向け、ビジネスプロデューサによる関連市場の動向調査を行った。調査結果の概要を以下に記す。

8-1. 早期普及に向けた課題

「車両－歩行者」間の通信を早期に導入・普及させるためには、具体的な利用シーンに基づく検討および効果が必要である。以下に主な課題を挙げる。



図 8-1-1 衝突までの危険予知と危険回避

情報収集・提供

横断歩道の混雑状況を情報収集することにより、車道に残っている歩行者や登下校児童、車道で遊ぶ子供の存在についても把握することができるため、交通弱者がそのような状態で危険な状態を把握する。

統計的危険予知&注意喚起

人流情報（子供の登下校を含む）に基づいて、飛び出し多発地点や違法横断多発地点を把握する

危険検知・注意報

歩行者を認識しにくい状況として、以下のようなシーン・状況における歩行者の存在が挙げられる。

- ・ 見通しの悪いカーブ

- ・ 上り坂の先の死角
- ・ 駐停車・故障車両の陰
- ・ 暗所・逆光
- ・ 対向車ヘッドライトの路面反射

8-2. 普及に向けた活動

プローブデータのアップロードに対するインセンティブ

一般に自動車を運転する人々によるプローブデータのアップロードが技術的に可能になったとしても、一般消費者が積極的に参加する動機がなければ、継続的かつ広範囲での社会実装は困難となる。それ故プローブデータの情報提供者へのインセンティブ（例：金銭補償、料金割引、等）を準備する必要がある。一般消費者にとっては、自分の車両でプローブしたデータをアップするためのインセンティブとなるものについて引き続き検討が必要である。

消費者向けアプリとのシナジー

プローブデータの一方的な収集には、機材準備などの物理的なハードルに加え、プライバシー面での心理的なハードルなども懸念される。このような心理的懸念を払拭するためにも、一般の運転者が運転時に利用するアプリケーションとして導入され、背後でプローブデータの収集が行われる仕組みを実現し、収集アプリをわざわざ個別に導入する作業や心理的障壁を除外することで、社会実装をスムーズにできる可能性がある。

アフターマーケットへの実装

前述の課題を克服できるとしても、新車販売を契機とした社会実装を前提とする場合、我が国における新車販売は年間約 500 万台程度と登録台数約 8,000 万台の 6%強であり、普及には 10 年以上を要することとなり、そのスピードには限界がある。そのため、アフターマーケットで簡易に実装できること、または中古車流通に伴った社会実装の機会が準備されていること等が、早期の普及拡大には不可欠となる。

8-3. プライバシーの課題

続いてプローブデータにおけるプライバシー保護の対象とその検討課題については下図のように整理される。

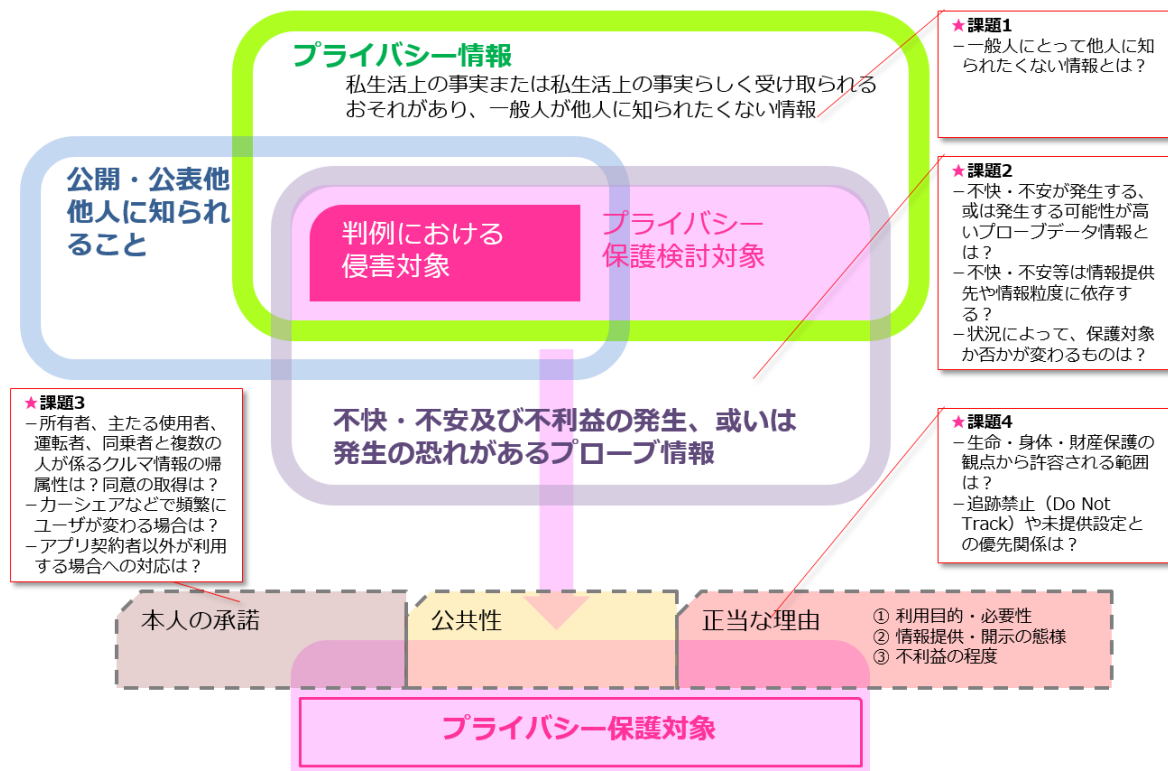


図 8-2-1 プライバシー保護対象と課題整理

(出所)『プライバシー保護対象と課題についての検討』(KDDI 総研)
「2015 年度第 2 回プロープデータ・プライバシー検討会」資料 4

◆プライバシー情報

私生活上の事実または私生活上の事実らしく受け取られる恐れがあり、一般人が他人に知られたくない情報

課題 1)

- ・ 一般人にとって他人に知られたくない情報をどう定義するか?
- ・ 個々人により相違しがちな前提をどう扱うか?

◆プロープ情報 (データ)

不快・不安および不利益の発生、或いは発生の恐れがある運転状況および運転履歴情報

課題 2)

- ・ 不快・不安が発生する、或は発生する可能性が高いプローブデータ情報をどう定義するか？
- ・ 不快・不安等は情報提供先や情報粒度に依存するのか？
- ・ 状況によって、保護対象か否かが変わるものはどのような情報か？

◆本人の承諾の在り方

走行データ等の個人行動履歴の情報を収集・保存・活用・第三者提供する場合は、原則いずれも何等かの本人の承諾が必要

課題 3)

- ・ 所有者、主たる使用者、運転者、同乗者と複数の人が係るプローブデータの帰属性はどうあるべきか？
- ・ その場合の同意の取得はどうあるべきか？
- ・ カーシェアなどで頻繁にユーザが変わる場合はどうあるべきか？
- ・ アプリ契約者以外が自動車を利用する場合への対応はどうすべきか？

◆正当な理由の定義と扱い

通常はプローブデータの収集について非許容のユーザであっても、緊急時など一定の条件下では許容扱いとする

課題 4)

- ・ 生命・身体・財産保護の観点から、プローブデータの収集および利用が許容される範囲は？
- ・ 追跡禁止（Do Not Track）や未提供設定との優先関係はどうあるべきか？

以上のように、プライバシー保護の観点からプローブデータ収集とその利用については多くの課題が存在する。昨今我が国や諸外国でもこれらの議論が行われ、法整備が進みつつあるものの、最終的には個人の受容度や選考に依存するケースも多い。米国などでは自動車業界が自動車における個人情報情報を適切に保護していないとして訴訟

を起こされるケースも生じている。こうした背景からプローブデータの利活用を促進するために、適切な個人情報保護機能を具備することが重要な課題となる。

また、車両から収集されるデータについては、そのような各ユーザのプライバシー選考を考慮した上で、リアルタイム性をもって処理しなければならないが、そのような技術は現状確立されておらず、この機能の実現が大きな課題である。

8-4. 処理能力の課題

一方、本実証開発による技術が確立されたとして、実際の社会実装にあたっては以下のような技術課題があると想定される。前提としては走行する全車両からプローブデータ（ビデオ映像含む）がアップロードされることを念頭に置いている。

◆端末側リソースの課題

本実証のようなスマートフォン映像を活用して走行データや歩行者情報を収集する場合、スマートフォンは一般的に広く普及した端末で利用しやすい反面、大量のデータを常時アップロードすることを目的で設計されている訳ではない。その際、端末側のリソース（CPU、メモリ、等）や発熱によるスローダウンといった制約を受ける可能性もあり、普及している端末のスペックに普及が左右される可能性がある。

◆携帯電話ネットワークの課題

スマートフォンを活用した走行データや歩行者情報検知が本格的に普及する場合には、これまでのスマートフォンの用途以上のトラフィックをネットワーク側で処理する必要が生じる。携帯ネットワーク側の処理を高速化・大容量化する、または、端末側からアップロードするデータ容量を減少させる工夫が必要となる。

◆クラウド側の処理能力

一方で各車両からアップロードされた走行データ、歩行者情報を処理するクラウド側についても、全国から一斉に集まる情報を高速処理する必要があり、その容量や設備の設計が課題となる。プライバシー保護機能を導入する場合など、クラウド側の処理性能、もしくは、処理能力を実現するためのコストが問題となる可能性がある。

8-5. 標準化の課題

W3C Automotive and Web Platform BG における API 統合最終案を受けて発足した Automotive WG では、2016 年後半に向けて約 2 年弱の歳月をかけて同 API 仕様（第 1.0 版）を標準化する目標（Charter）が定められた。標準化作業の第 1 弾として、2015 年 6 月には WG としての仕様草案（First Public Working Draft）としてホームページ上で公開され、広く関係者からその記述方式やデータ項目の定義に関する意見募集が行われた。

1st バージョンの勧告時期としては、以下のようになっており、2016 年内に勧告することを目標としている。

表 8-5-1 W3C Vehicle API 標準化プロセス

プロセス	時期
草案（Working Draft: WD）	2015 年 Q2
勧告候補（Candidate Recommendation: CR）	2016 年 Q1
勧告案（Proposed Recommendation: PR）	2016 年 Q3
W3C 勧告（Recommendation）	2016 年 Q3

初期バージョン以降の検討課題としては以下のような点が挙げられている。

- ・ 社会実装上、標準化することが普及促進となる標準化対象は何か？
- ・ ビデオ映像
- ・ ドライバーの生体情報

8-5-1. W3C Automotive の現況

W3C では自動車内で生成される走行情報や自動車の各部の状態を、Web 技術によりアクセスできるようにするためのインタフェース（Vehicle API）を策定することを目標に、2013 年 2 月に Automotive and Web Platform Business Group（以下 Automotive BG）が設立された。同 BG では 4 つの API 提案を統合する形で仕様草案が議論されるとともに、ユースケース、他団体との連携などが議論された。

2014 年夏には API 提案の統合に目途がついたことから、本格的な W3C 勧告化をめざし Working Group 設立の動きが本格化し、2014 年 12 月に W3C 内の AC（Advisory Committee）にて Automotive Working Group（以下 Automotive WG）設立が承認され、2015 年 2 月 3 日にプレスリリースが発出され、正式に設立されることとなった。

W3C では、Web 技術を自動車にも活用することを目的に、Automotive & Web Platform BG（以下、Automotive BG）に続いて 2015 年 2 月に Automotive Working Group（以下、Automotive WG）を発足させ、標準化に向けた活動が行われている。

メンバー会員（2016/2 月末 現在）

- BG 136 名（47 組織+7 個人）
- WG 44 名（18 組織）
- WG/BG とも議長は同じ 2 人
 - インテル（米国）
 - OpenCar（米国）

表 8-5-2 W3C Automotive の主な参加者

自動車メーカー	JLR, VW/Porsche, GM, Hyundai, Ford
Tier 1 等	Continental, Intel, LGE, Obigo, OpenCar, ClearChannel, Visteon, Harman, 三菱電機, BlackBerry/QNX, BSQUARE, Pandora
通信事業者	KDDI, Vodafone, Nokia, Orange
ブラウザベンダー	ACCESS

Charter（活動計画）

(1)BG

- Genivi Alliance、Tizen-IVI、QNX、Webinos の 4 団体から提案された API 仕様案を統合する形で、W3C Vehicle API 仕様試案の作成が完了している。
- 今後は、これまで洗出した新たな課題に関するユースケースや技術的要求 条件等に取り組む（Charter文面は現在、再考中）

(2)WG

- Vehicle API および Vehicle Data 仕様の勧告化
- API メソッドは、subscribe、get などリードオンリーが基本（車両への制御なし）

(3)Task Force 等

- Security & Privacy TF（WG・BG 合同）モデレータ：KDDI
- BG Media Tuner TF（BG）モデレータ：Clear Channel
- BG LBS サブチーム（BG）

表 8-5-3 2014 年度以降の W3C Automotive WG 動向

時期	内容
2015 年 2 月 3 日	W3C Automotive WG 発足のプレス発表
3 月 17 日 (日米)	WG ・ 電話会議
3 月 24 日 (欧米)	・ 第 1 回 WG ・ f2f 会合に向けた課題等の議論
4 月 23 日 ~ 4 月 24 日	WG ・ f2f 会合 (ドイツ・シュトゥットガルト) BG ・ f2f 会合 (同上) ・ Media Tuner に関する議論 ・ API ドラフト仕様 ・ Security ほか
6 月 16 日	WG 仕様草案 (First Public Working Draft) の公開 ・ 第一次意見募集 (～11 月まで)
7 月 28 日～29 日	WG ・ f2f 会合 (米国・シアトル) ・ API ドラフト仕様の議論 ・ Security/Privacy に関する議論 ほか
10 月 23 日	BG ・ f2f 会合 (韓国・ソウル) ・ GENIVI との意見交換 ほか
10 月 26 日～27 日	WG ・ f2f 会合 (日本・札幌市) ・ API 仕様案に関する議論 ・ Security/Privacy タスクフォース報告 ・ Geolocation WG との連携 ほか

(出所) W3C Automotive Working Group ホームページ等より KDDI 総研作成

8-5-2. W3C における標準化の課題

1.0 版勧告にあたっての実装事例

W3C では Vehicle API 仕様が標準化される過程で、今後 API 勧告候補 - CR (Candidate Recommendation) 段階において 2 件以上の実装が条件となっていることから、本研究開発を含めた実装事例の創出が当面の課題となる。

2.0 版勧告に向けた標準化項目

2016 年後半に Vehicle API 1.0 版が勧告された場合、その後の Automotive WG では 2.0 版の議論が開始されることになる。歩行者情報などの映像情報（他に車両混雑度、標識、工事情報、等）やドライバー自身の生体情報（心拍数、脈拍、血圧、アルコール、等）などは、ドライバーの安全や外部情報と連携した交通安全情報として活用が期待される。Vehicle API 2.0 版においてはこれら情報項目の API として取り扱うメリットを議論し、次期標準化へ盛り込んでゆく活動を展開することが必要である。

付録 プローブデータ実データ例

実際の走行データから生成されたプローブデータの例を示す。

```
{
  "command": "storeProbeDataList",
  "param": {
    "errCode": "0",
    "errMsg": "",
    "policyChange": "False",
    "result": "SUCCESS",
    "sentData": {
      "command": "storeProbeDataList",
      "param": {
        "context": "0",
        "probeDataList": [
          {
            "probeData": {
              "DrivingSafety": {
                "AirbagStatus": {
                  "activated": "true",
                  "deployed": "false"
                },
                "AntilockBrakingSystem": {
                  "enabled": "true",
                  "engaged": "false"
                },
                "Door": {
                  "frontLeft": {
                    "status": "closed"
                  },
                  "frontRight": {
                    "status": "closed"
                  }
                },
                "Seat": {
                  "frontRight": {
                    "seatbelt": "true"
                  }
                }
              },
              "Gps": {
                "LocationInf": {
                  "altitude": "67.5",
                  "heading": "200.78",
                  "latitude": "35.706362",
                  "longitude": "139.482183",
                  "speed": "9.62"
                }
              },
              "Climate": {
                "Temperature": {
                  "interiorTemperature": "24.0"
                }
              },
              "VisionAndParking": {
                "ParkingBrake": {
                  "status": "inactive"
                }
              },
              "Maintenance": {
```

```
    "Odometer": {
      "distanceTotal": "11802000"
    }
  },
  "Personalization": {
    "DriveMode": {
      "driveMode": "eco"
    }
  },
  "RunningStatus": {
    "Acceleration": {
      "x": "-0.009",
      "y": "-0.18",
      "z": "1.075"
    },
    "AcceleratorPedalPosition": {
      "value": "0"
    },
    "Transmission": {
      "mode": "drive"
    },
    "LightStatus": {
      "head": "false",
      "brake": "false",
      "parking": "false"
    },
    "BrakeOperation": {
      "brakePedalDepressed": "true"
    },
    "EngineSpeed": {
      "speed": "1301"
    },
    "VehiclePowerModeType": {
      "value": "running"
    },
    "Fuel": {
      "instantConsumption": "0.043",
      "level": "83"
    },
    "Gyro": {
      "x": "-0.9",
      "y": "2.3",
      "z": "-2.8"
    },
    "EngineCoolant": {
      "temperature": "68"
    },
    "SteeringWheel": {
      "angle": "-20"
    },
    "VehicleSpeed": {
      "speed": "10100"
    }
  }
},
"timestamp": "1450768077645"
},
],
"serial": "12345678"
}
}
}
```

株式会社 KDDI 総研

〒102-8460 東京都千代田区飯田橋 3-10-10

電話 03-6678-1950

Fax 03-6678-0339

<http://www.kddi-ri.jp>

