平成３０年度

戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第２期／

自動運転（システムとサービスの拡張）／

ITS 無線路側機等の路車間通信以外の手法による信号情報の提供

に係る調査

平成 31 年３月

一般社団法人ＵＴＭＳ協会

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、一般社団法人ＵＴＭＳ協会が実施した「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）／ITS 無線路側機等の路車間通信以外の手法による信号情報の提供に係る調査」の平成 30 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。

目　次

ページ
まえがき…… 1
研究開発の成果と達成状況…… 2
和文要約…… 3
英文要約…… 4
本文…… 5
1. はじめに…… 5
1.1 調査の背景と目的…… 5
1.2 調査の概要…… 5
1.2.1 信号情報の提供を可能とする路車間通信以外の手法の事例調査…… 5
1.2.2 手法の整理及び各手法における実現可能性等の検討…… 5
1.2.3 実現可能性等が高い手法の実現に向けた課題への対応策の検討…… 5
1.3 用語について…… 6

2. 信号情報の提供を可能とする路車間通信以外の手法の事例調査…… 8
2.1 国内外での路車間通信以外の手法による信号情報提供に係る実証実験事例…… 8
2.1.1 調査対象箇所…… 8
2.1.2 調査項目…… 10
2.1.3 神奈川県藤沢市（DeNA、日本信号）…… 11
2.1.4 アメリカ ラスベガス市（TTS 社）…… 13
2.1.5 オランダ 北ホラント州…… 15
2.1.6 公安部交通管理科学研究所（中国無錫市）…… 17
2.1.7 Huawei（中国無錫市）…… 22
2.2 国内でネットワークを通じたリアルタイムな行政情報提供事例…… 27
2.2.1 調査対象箇所…… 27
2.2.2 調査項目…… 27
2.2.3 国土交通省　気象庁リアルタイムレーダー情報…… 28
2.3 信号情報の提供に係るニーズや期待等アンケート調査…… 31
2.3.1 調査方法…… 31
2.3.2 調査項目…… 31
2.3.3 ニーズや期待等の調査結果…… 31
2.3.4 手法の整理…… 33

3. 各手法における実現可能性等の検討…… 38
3.1 自動運転で信号情報に要求される性能…… 38
3.2 誤差・遅延を最小限とする手法…… 38
3.3 セキュリティを確保するための手法…… 39
3.4 信号情報の提供方法…… 39

3.4.1 情報の作成元についての検討 ····· 39
3.4.2 経路についての検討 ····· 43

4. 実現可能性等が高い手法の実現に向けた課題への対応策の検討 ····· 45
4.1 実現可能性の高い手法 ····· 45
4.2 課題と対応策 ····· 46

5. おわりに ····· 48
付図 1～6　アンケート調査票 ····· 49
付表 1～4　自動車メーカアンケート結果 ····· 55
付表 5～11　信号機メーカアンケート結果 ····· 59
付表 12～15　その他メーカアンケート結果 ····· 66
付表 16～21　通信ＩＴ事業者アンケート結果 ····· 70

結び（統括及び結論） ····· 77
研究発表・講演、文献、特許等の状況 ····· 78

まえがき

本調査は、「戦略的イノベーション創造プログラム（ＳＩＰ）第２期 自動運転（システムとサービスの拡張）」のうち、「ＩＴＳ無線路側機等の路車間通信以外の手法による信号情報の提供に係る調査」において、自動運転に適した信号情報の提供手法の整理と、実現に向けた課題と対応策の検討のために実施したものである。

研究開発の成果と達成状況

1.　平成 30 年度の調査事項

平成 30 年度に実施した調査事項を示す。

(1)　国内で実施された信号情報提供の実証実験の事例調査

(2)　国外で実施されている信号情報提供の事例調査

(3)　国内におけるネットワーク等によるリアルタイムな行政情報提供の事例調査

(4)　自動運転に対するニーズや期待等の把握のための調査

(5)　路車間通信以外の信号情報提供の手法の整理と検討

(6)　路車間通信以外の信号情報提供の手法の実現に向けた課題と対応策の検討

2.　成果と達成状況

2.1　国内で実施された信号情報提供の実証実験の事例調査

神奈川県で実施された信号情報提供の実証実験について、実施主体へのアンケートによる調査を実施した。

2.2　国外で実施されている信号情報提供の事例調査

アメリカ、オランダ、中国を対象として、ネットワークを経由した信号情報提供を実施している事例について、現地調査及び実施主体へのヒアリングによる調査を実施した。

2.3　国内におけるネットワーク等によるリアルタイムな行政情報提供の事例調査

気象庁リアルタイムレーダー情報の提供を対象として、実施主体へのヒアリング等による調査を実施した。

2.4　自動運転に対するニーズや期待等の把握のための調査

自動運転車両を開発している自動車メーカ等に対してアンケートによる調査を実施した。

2.5　路車間通信以外の信号情報提供の手法の整理と検討

自動車メーカ、信号機メーカ、通信ＩＴ事業者等に対するアンケートによる調査の結果を基に、路車間通信以外の信号情報提供の手法の検討を実施した。

2.6　路車間通信以外の信号情報提供の手法の実現に向けた課題と対応策の検討

検討した路車間通信以外の信号情報提供の手法を複数の構成に整理するとともに、各手法を実現する際に想定される課題と対応策の検討を実施した。

和文要約

本調査では、路車間通信以外による信号情報の提供の実現に向けて、以下の調査を実施した。

路車間通信以外で信号情報やリアルタイムな行政情報の提供を実施している国内外の事例の調査として、国内においては、神奈川県における信号情報を用いた自動運転車両の制御の実証実験の事例に対する調査と、気象庁のリアルタイムレーダー情報の提供事例に対する調査を実施した。国外においては、アメリカ ラスベガスのＴＴＳ社、オランダ　北ホラント州、中国無錫市における信号情報提供の事例のヒアリング及び現地調査を実施した。

路車間通信以外の信号情報提供の手法の検討として、車両メーカに対する自動運転車両が必要とする信号情報についてのアンケート調査や、車両メーカ、信号機メーカ、通信ＩＴ事業者等へのアンケート調査の結果を基にして、手法の整理及び検討を実施した。

手法を整理した結果、以下の手法の可能性が高いという結果となった。

- 信号情報の作成元と車両の時計を同期させて、信号情報に時刻を付与することで、通信等の遅延による誤差を最小限とする。
- 信号情報の作成元は、交通信号制御機又は管制センターとする。
- 信号情報センターを全国又は地域単位に設置して、信号情報の管理を行う。

検討した手法に対して、実現に向けた課題と対応策の検討を実施した。一部の課題に対しては対応策を示したが、実現に向けては各課題と対応策に対して、更なる検討が必要である。

今後、本調査で検討した手法と実現に向けた課題・対応策を基に、路車間通信以外の手法により提供される信号情報の用途に応じた性能、コスト、整備等の面を考慮して、機能要件・技術要件の詳細化を行うとともに、各手法で提供する信号情報の自動運転での活用の可能性を検証することが必要である。

英文要約

The research conducted the following surveys with the aim of realizing the provision of traffic signal information through approaches other than vehicle-to-infrastructure communication.

Surveys on examples of the provision of traffic signal information and real-time administrative information through approaches other than vehicle-to-infrastructure communication, implemented at home and abroad, were conducted. Domestic surveys explored the example of a demonstration experiment for controlling automated driving vehicles using traffic signal information in Kanagawa Prefecture and the example of the provision of real-time radar information by the Japan Meteorological Agency. Surveys outside of Japan consisted of hearings and field surveys on the examples of the provision of traffic signal information implemented in Las Vegas, the U.S. by Traffic Technology Services Inc. (TTS), in North Holland Province, the Netherlands and in Wuxi City, China.

Approaches to providing traffic signal information other than vehicle-to-infrastructure communication were identified and examined based on the results of a questionnaire survey of vehicle manufacturers about traffic signal information required by automated driving vehicles, and on the results of questionnaire surveys of vehicle manufacturers, traffic light manufacturers, communication and IT service providers and others.

The results of the identification of alternative approaches concluded that the following approaches are highly potential.

・Errors caused by communication delay shall be minimized by adding time information to traffic signal information through synchronization between the clock of the traffic information generator and the clock in a vehicle.

・The generator of traffic signal information shall be a traffic signal controller or a control center.

・Traffic signal information centers shall be established nationwide or on a regional level to perform traffic signal information management.

Investigations were conducted on issues and solutions in realizing the examined approaches. Solutions were presented to some of the issues, but the realization of these approaches requires further investigation of each issue and solution.

In the future, based on the approaches examined, as well as on the issues and solutions investigated in realizing these approaches, detailed functional and technical requirements need to be developed and the potential use of traffic signal information provided through these approaches in automated driving need to be verified, taking into consideration the aspects of performance, costs and deployment according to applications of traffic signal information provided through approaches other than vehicle-to-infrastructure communication.

本文

1.　はじめに

1.1　調査の背景と目的

交通事故の低減や交通渋滞の削減、高齢者や移動制約者の方々の移動手段の確保、物流・移動サービスのドライバー不足の改善やコスト低減といった社会的課題の解決や、物流や移動に係る新たなサービスやビジネスの創出など、自動運転は社会に対して大きな変革をもたらすと期待されている。

戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第 2 期研究開発計画のテーマの一つとして自動運転（システムとサービスの拡張）があり、自動運転を実用化するための多岐に渡る技術的課題を克服するため、協調領域として自動運転車両が走行可能な環境の整備及び安全性確保に必要な基盤技術開発を進めるとともに、走行可能な環境の整備等の検討の中で、自動運転に必要な道路交通情報のフォーマットや通信要件の確定と標準化を目指した活動を行っている。

本調査では、路車間通信以外による信号情報の提供の実現に向けて、事例や技術動向に係る調査及び自動車メーカ等の意見・要望を踏まえ、実現可能性と自動運転車への適合可能性が高い手法の検討と、実現に向けた課題・対応策の検討を行う。

1.2　調査の概要

1.2.1　信号情報の提供を可能とする路車間通信以外の手法の事例調査

既に国内外で行われている信号情報の提供に係る実証実験や、ネットワーク等を通じてリアルタイムな行政情報を提供している事例について、それぞれ複数の対象に対して、実施主体へのヒアリングや現地調査等を実施する。実施に際しては、システム構成等の技術的事項についても調査を行う。

また、ニーズや期待等について把握するため、自動運転車両を開発している自動車メーカ等にヒアリングを実施し、活用可能性の調査を行う。

1.2.2　手法の整理及び各手法における実現可能性等の検討

事例調査の結果を踏まえて、信号情報が提供可能な手法を洗い出すとともに、各手法における実現可能性や自動運転車両への適用可能性について検討を行う。

実現可能性等の検討にあたっては、制度的課題、技術的課題、想定される遅延、提供可能な信号情報の精度等を整理し、自動車メーカ、信号機メーカ、通信ＩＴ事業者等へのヒアリング結果を踏まえる。

1.2.3　実現可能性等が高い手法の実現に向けた課題への対応策の検討

各手法の検討結果を踏まえ、実現可能性及び自動運転車両への適合可能性が高い手法を複数選定して、実現する場合に想定される課題への対応策について検討を行う。

なお、検討範囲は、自動運転車両との接続手法では無く、各都道府県警が構築する交通管制システムとの接続手法とする。

1.3　用語について

遅延や誤差等の用語は、本報告書では以下の意味で使用する。

(1)　遅延

信号情報の作成元が信号情報を送信してから、車両が受信するまでの時間とする。

(2)　誤差

実際に灯色の変化する時刻（真値）と、車両の認識する灯色が変化する時刻の差とする（図 1.1）。誤差が発生する要因としては、各装置での処理遅延、各装置間の通信遅延、丸め誤差等が存在する。

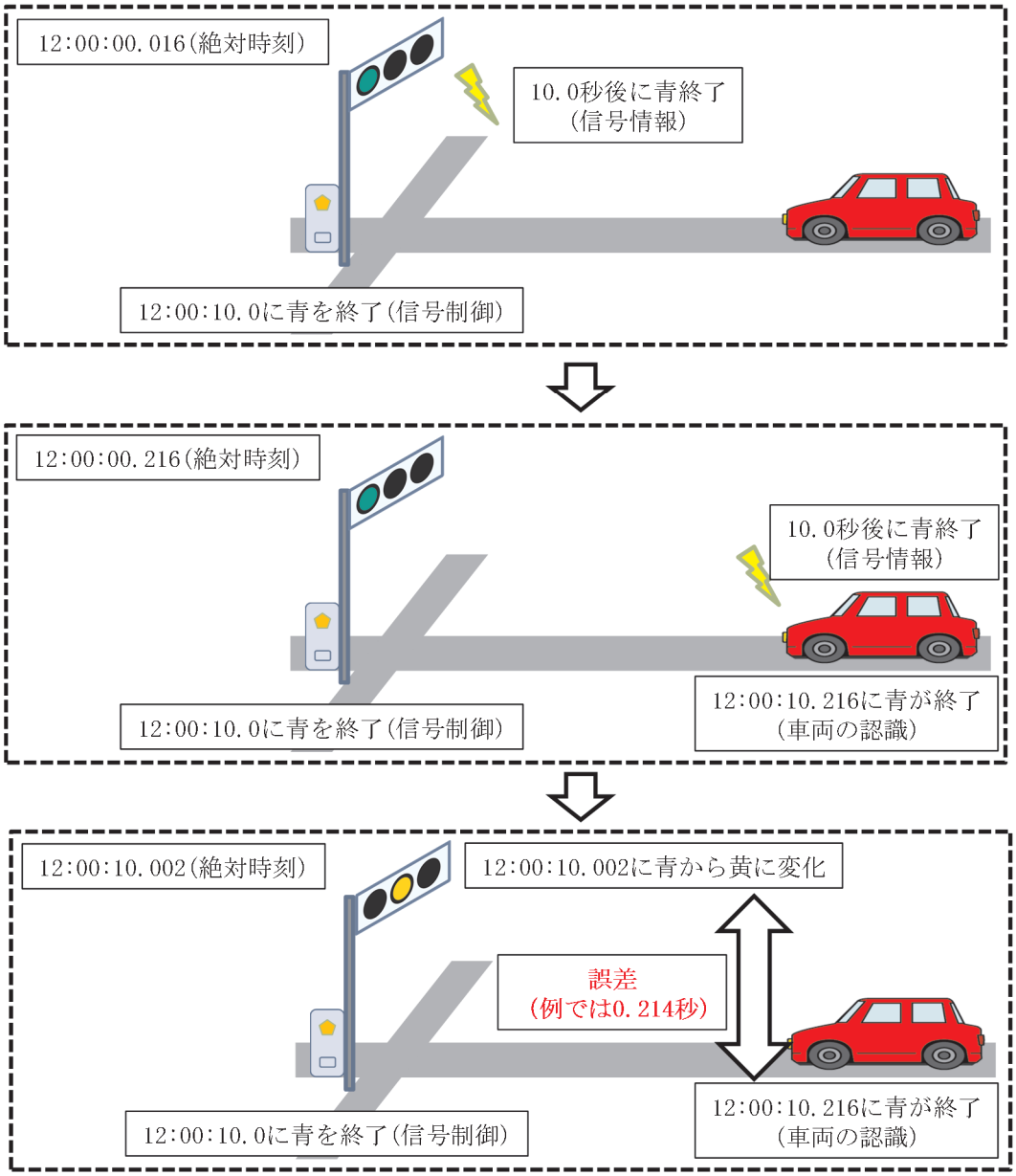


図 1.1　誤差のイメージ

(3)　信号情報センター

信号情報を収集して、車両や配信センターへ信号情報の提供を行う設備に相当する。

(4)　配信センター

信号情報センターから信号情報の提供を受けて、車両へ信号情報の提供を行う設備等に相当する。テレマティクスセンター等のサービスを提供する事業者の設備を想定しており、通信基地局等は含まない。

2.　信号情報の提供を可能とする路車間通信以外の手法の事例調査

本章では、路車間通信以外の手法を用いた信号情報（全ての信号制御方式を含む）の提供に係る検討に資するため、以下の 3 つを対象に調査を実施した。

・国内外での路車間通信以外の手法による信号情報提供に係る実証実験事例
・国内でネットワークを通じたリアルタイムな行政情報提供事例
・路車間通信以外の手法による信号情報の提供に係るニーズや期待等

2.1　国内外での路車間通信以外の手法による信号情報提供に係る実証実験事例

2.1.1　調査対象箇所

本件事例調査では、下表に示した事例を対象箇所とした。各箇所での取組み内容の概要と選定理由を以下に示す。

表 2.1　調査対象箇所（路車間通信以外の手法による信号情報提供に係る実証実験）

調査対象	概要	選定理由
神奈川県藤沢市（DeNA、日本信号）	次世代物流プロジェクトとして、大学構内での実験結果を受けて、公道上にて 2018 年 4 月に実証実験がなされ、サーバ経由の信号情報を用いて自動運転車両の運行制御の有効性を検証した。	国内において携帯電話網を用いた信号連携の先駆けであり、物流・ＩＴ・インフラメーカ等の複数の民間事業者が参画し自動運転技術の活用ビジョンと体制が構築され、検討が進んでいる。 また、これまでの大学構内での実験を経てデータや知見の蓄積が図られている。
アメリカ ラスベガス市（TTS 社）	Audi（車載）と Tts 社（インフラ）が分業している。Tts は管制センターから信号情報を収集、予測処理を施し、OEM に情報提供（Audi によってドライバーへの信号情報を提供サービスが実運用中）している。	民間事業者として、ラスベガスののみならず、米国内では 2250 交差点、さらに欧州でもサービスを展開しており、今後の事業拡大が予想される。
オランダ 北ホラント州	スマートモビリティの一環として信号情報提供に当たっても国策として民間事業者を活用した携帯電波網を活用した実験（Talking traffic、現在はドライバーへの信号情報提供が実験対象）を推進している。	オランダは欧州内でも自動運転・ITS 先進国であり、欧州の協調 ITS の連携に関するアムステルダム宣言の主軸となる国でもある。
中国 無錫市（公安部交通管理科学研究所,HUAWEI）	Audi, Ford, Huawei 等が参加し、GLOSA（交差点通過支援）等のユースケースを含む。	中国の主要国家 test bed に挙げられており、4G LTE を活用しながら今後の発展が見込まれる。 また、ITS 世界会議 2018 において、5GAA の Maxime Flament からも当該地点が紹介された。

2.1.2　調査項目

本件事例調査では、下表の項目を対象に調査票を作成し、関連資料の受領及びヒアリングにより情報収集を行った。

表 2.2　調査項目（路車間通信以外の手法による信号情報の提供に係る実証実験）

大項目	調査項目
信号情報提供システムの概要	システム構成概略（システム構成、機能概要、データフロー等）、信号制御概略、信号制御の特徴
信号情報提供プロジェクトの概要	対象エリア、目的と位置付け、プロジェクト期間、実施体制、予算、事業進捗状況、成果・課題、将来計画（次期フェーズ）
信号情報提供 P サービス内容	サービスレベル、ユースケース、整備状況、非集中交差点での信号情報提供手法、今後の整備計画
通信仕様	周波数・帯域、チャネル、送信電力、通信距離、プロトコル、国際標準対応、セキュリティ仕様
信号制御の運用状況	各制御方式の整備状況、提供データ（通信規格）、標準データサイズ、データ更新周期、提供遅延時間（最短～最長）、遅延を最小限にするための手法（手段）、フェールセーフ仕様、ジレンマゾーンの発生を抑制する手段
標準・運用・保守の仕組み	仕様化（信号制御機と無線路側機の国内標準化の仕組み）、整備予算、整備執行者、運用・保守の予算、運用管理者、セキュリティ管理者、これらに関連して官民の役割分担、法制度等、主な民間事業者
信号情報の提供についての問題点・課題、その対策	－
信号情報以外に使用している情報とその用途	－
自動運転に関する法制度	－

2.1.3　神奈川県藤沢市（DeNA、日本信号）

(1)　調査概要

国内での公道における携帯電話網を用いた信号連携の先駆的なプロジェクトである神奈川県藤沢市での株式会社ディー・エヌ・エー、日本信号らによる取組み事例を対象に以下のとおり調査を行った。なお、本事例に関してはアンケート調査票を配布し回答を得る形で調査を実施した。

表 2.3　調査概要

情報収集日	2019 年 2 月 18 日（月）
プロジェクト場所	神奈川県藤沢市
調査対象機関	株式会社ディー・エヌ・エー、日本信号株式会社

(2)　調査結果概要

アンケート調査票回答にて得られた情報について概要を以下に示す。

＜プロジェクト概要＞

・「来るべき自動運転社会を見据えた次世代物流プロジェクト」として、物流事業者、大学、IT 事業者、インフラメーカ等の連携のもと実施。

・大学構内での実験結果を受けて、藤沢市の公道上にて、2018 年 4 月に、自動運転車両への信号情報提供を含む実証実験がなされ、サーバ経由の信号情報を用いた自動運転車両の運行制御の有効性が確認された。

＜信号情報の提供＞

・世界的に広く実用化されている 4G LTE の携帯電波網を用いて、1 交差点（神奈川県日之出橋交差点）にて、自動運連車両への信号情報提供がされた。提供している情報は、現在から次に同じ灯色となるまでの灯色と秒数（残秒数）。

・システムとしては、集中／非集中で差異無く情報提供を行える。

・感応制御により送信した信号情報が変わる可能性があるため変動幅を持たせて情報を送信。

・LTE では現状の遅延（自動運転車両の認識までの遅延：700ms 程度、信号が赤から青に変わってから車両発進までの遅延：約 2 秒）が限界であるため 5G など、次世代の通信技術に期待。URLLC、エッジコンピューティング、セルラーV2X 等を検討中。

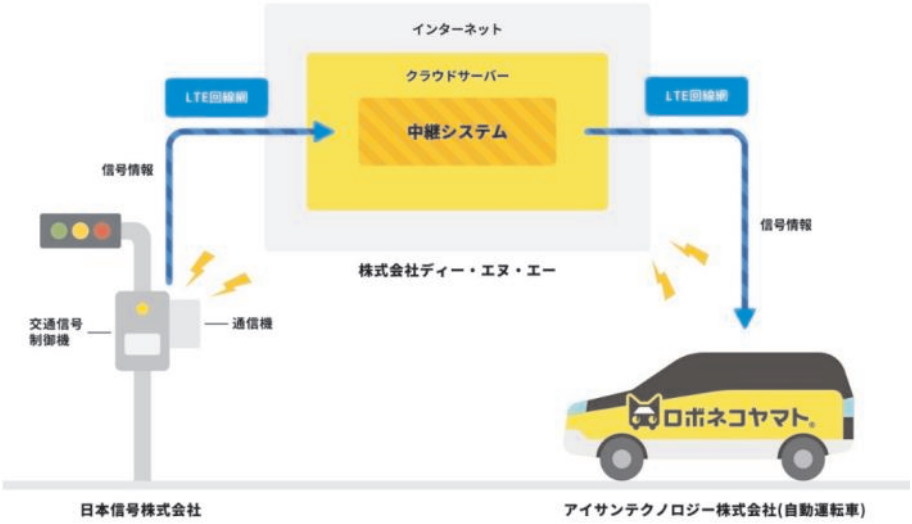
・フェールセーフの手法として、各装置における異常及びタイムアウト等の監視、異常発生時の情報提供の停止。

・誤差を最小限にするための手法として、信号情報の絶対時刻による管理、提供装置及び車両において高精度の時計を保持。

・セキュリティを確保するための手法として、データの暗号化、サーバに接続するクライアントの認証。

＜今後の展開＞

・今後は、信号情報提供における信頼性・秘匿性・リアルタイム性などについて検討予定。



出典　日本信号ニュースリリース 2018 年 4 月 24 日

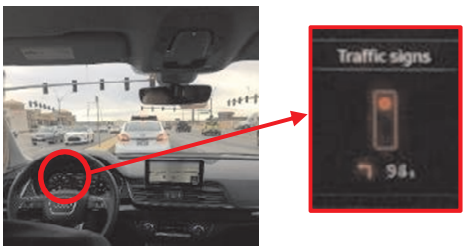
図 2.1　システム構成

2.1.4　アメリカ ラスベガス市（TTS 社）

(1)　調査概要

民間事業者ＴＴＳ（Traffic Technology Services）社がアメリカラスベガス市において、管制センターから信号情報を収集、予測処理を施し、ＯＥＭ（Audi）に情報提供している取組みを対象に以下のとおりヒアリング調査を行った。

表 2.4　調査概要

訪問日	2018 年 12 月 10 日（月）
訪問場所	アメリカネバダ州ラスベガス市 RTC-FAST オフィス
調査対象機関	Traffic Technology Services RTC-FAST(Regional Transportation Commission - Freeway Arterial System of Transportation) TMC
アジェンダ	・ＴＴＳ社プレゼンテーション ・警察庁プレゼンテーション（警察庁の概要、日本の信号情報提供プロジェクトの紹介） ・AUDI Traffic Technology Services デモンストレーション ・FAST Traffic Management Center 視察
調査状況	 図 2.2　ヒアリング・視察実施状況

(2)　調査結果概要

ヒアリングにて得られた情報について概要を以下に示す。

＜Traffic Technology Services 社の活動概要＞

ＴＴＳは主に、1)アメリカとカナダにおける交通信号情報（主力事業）、2)アメリカにおける踏切情報、3)ヨーロッパにおける高速道路情報に関する情報提供事業を展開。

＜アメリカとカナダにおける交通信号情報の提供＞

TTS は 2016 年より、Audi に対し交通信号予測情報をクラウドサービス・携帯電話電波網を用いて提供。

Audi は、情報を受けて、公道上において自社市販車両エンドユーザ向けの交通信号情報提供サービス（Audi connect® Traffic Light Information）を展開している。

TTS は、90 以上の交通管理機関と連携し、20,000 以上の交差点を対象に Audi 以外にも複数の OEM に対して交通信号情報提供を行っている。

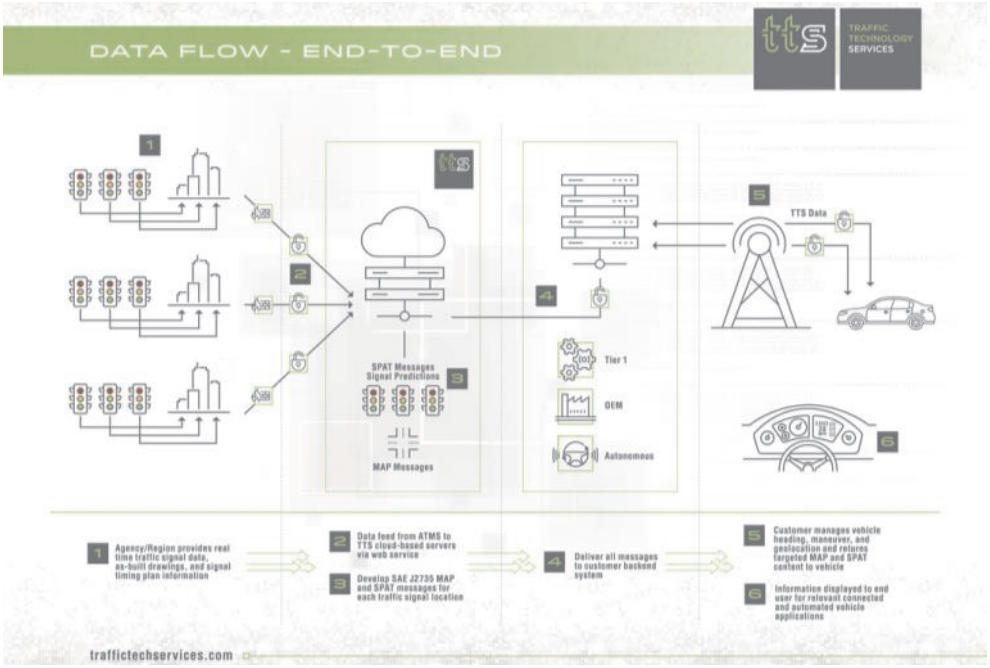
ラスベガスは、最初に交通信号情報提供を行った場所であり、RTC-FAST TMC との良好な

連携を保っている。

信号情報は SAE の J2735 に準拠している。

＜今後の展開＞

安定稼動・予測精度の向上を図るとともに、TTS から情報を提供する OEM を増やしていくことを目指す。



出典　Traffic Technology Services 社ホームページ

図 2.3　システム構成

2.1.5　オランダ 北ホラント州

(1)　調査概要

オランダは欧州内でも ITS 先進国であり、スマートモビリティの一環として信号情報提供に当たっても国策として民間事業者を活用した携帯電波網を活用した実験を推進しているオランダ国北ホラント州の取組みを対象に以下のとおりヒアリング調査を行った。

表 2.5　調査概要

訪問日	2019 年 1 月 7 日（月）
訪問場所	オランダハールレム市近郊
調査対象機関	北ホラント州 Traffic Management Center
アジェンダ	・オランダにおける SPaT/MAP とｉＴＣＬｓのプレゼンテーション ・警察庁プレゼンテーション（警察庁の概要、日本の信号情報提供プロジェクトの紹介） ・SPaT/MAP デモンストレーション・Traffic Management Center 視察
調査状況	 図 2.4　ヒアリング・視察実施状況

(2)　調査結果概要

ヒアリングにて得られた情報について概要を以下に示す。

＜交通管制センター（Traffic Management Center）概要＞

北ホラント州には１、オランダ全体では７～８の交通管制センターが存在する。

信号制御は、道路に設置されたセンサーで収集した情報を元に制御が行われる。制御方式は、過去には政府が定めていたが、現在は一定の管理の下で、民間に開発を委託している。

＜信号情報の提供＞

政府主導のプロジェクト（Talking Traffic）により、データチェーン及びプラットフォーム（Connected Ecosystem）が整備されている。Connected Ecosystem は、ｉＴＣＬｓとＴＬＥＸで構成される。

＜ｉＴＣＬｓ(intelligent Traffic lights controllers)＞

ｉＴＣＬｓは、信号情報提供のために標準化された交通信号機で、政府が管理を行っている。政府は、信号情報の送信までを管轄としており、そこから先は民間の競争領域としている。

＜ＴＬＥＸ(Traffic Live Exchange)＞

ＴＬＥＸは、信号情報の管理・提供を行う民間の事業者で、入札により一定期間（現状は５年)、業務を委託されている。

信号情報以外にも車両の位置情報などを収集して、情報提供会社、自動車産業、道路行政、道路利用者などに対して、情報提供を行っている。

ＴＬＥＸは、情報提供会社等から接続料の支払いを受けているが、信号情報の対価としては位置情報（プローブデータ）を受け取っている。

＜SPaT/MAP について＞

信号情報の送信は、クラウドを経由する場合（ＬＴＥ）と、路側通信機からの直接送信（ITS-G5）の２パターンあり、車載器が状況に応じて通信を使い分けている。

信号情報は、オランダは自転車道が多いので、それを考慮したものとなっている。

現状は、ドライバーへの信号情報提供のみで、アクセル、ブレーキ等はドライバーが操作する。

クラウドを経由するときの遅延は最大で 100msec 程度であり、また、信号情報は現在の表示内容と将来の両方を送信している。交通管制用の光ファイバー網が敷設されていることが、遅延に対して有利に働いていると考えられる。

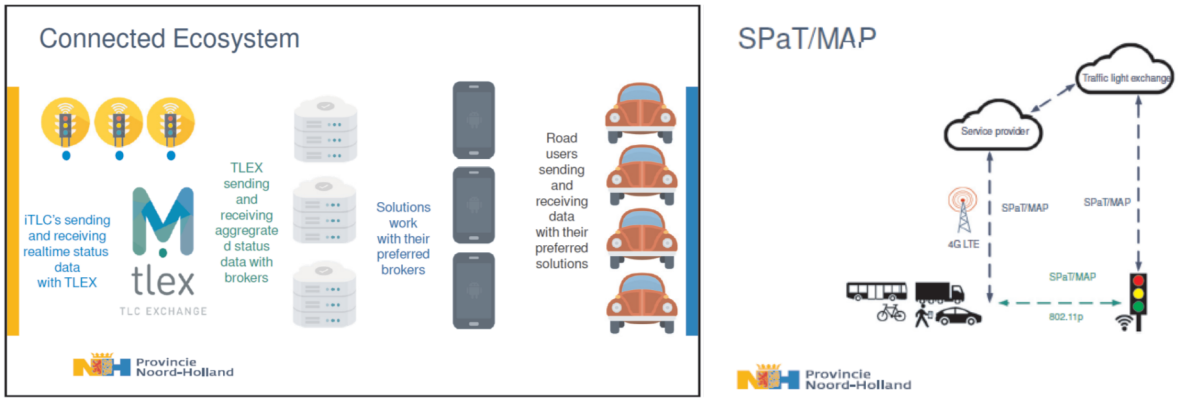
＜今後の課題＞

将来の交通管制は、交通管制、道路、自動車などすべてのものが相互につながると考えている。

セキュリティに関しては、直接通信の取扱いが難しく、フェイクカーの取扱いをどうするか、また、２つの情報源をどう処理していくのかが課題。

他にも、地図（静的情報）の更新や、自動運転車両の挙動などの課題がある。

ｉＴＣＬｓは信号機の更新に合わせて今後増やしていく予定であり、概ね７～８年程度かかる予定である。



出典　Provincie Noord-Holland, Traffic Management Center 提供資料

図 2.5　システム構成

2.1.6　公安部交通管理科学研究所（中国無錫市）

(1)　調査概要

中国の公安部直属の交通管理の専門研究機関であるとともに無錫市で関係企業（無錫交通警察、チャイナモバイル、HUAWEI 等）と連携しながら信号制御技術の開発を推進している公安部交通管理科学研究所を視察し、ヒアリング調査を実施した。

表 2.6　調査概要

訪問日	2019 年 3 月 7 日（木）
訪問場所	中国無錫市
調査対象機関	公安部交通管理科学研究所
アジェンダ	- 日本側：警察庁・UTMS 協会等の自動運転開発に関する概要及び調査背景・目的の説明 - 中国側：研究所概要、研究開発している信号制御・交通管制に関する説明、官民連携による研究開発・実験概要の紹介 - 研究所内実験中の信号制御機器、Connected Vehicle 実験環境の視察 - 質疑・意見交換
調査状況	 図 2.6　ヒアリング・視察実施状況

(2)　調査結果概要

ヒアリングにて得られた情報について概要を以下に示す。

1．公安部交通管理科学研究所の概要

当研究所は、1985 年に設立された中国公安部直属の交通管理専門の技術研究所で、建設当時は日本からの設備含めて援助があった。

全国で車両保有台数は 2.01 億台、2018 年の新規登録台数は約 3,100 万台あり 250 以上の都市に一定の機能を備えた交通管制センターがある。

中国では開発する自動車が公道上のテストコースを走行するためにはテストに合格し、公安部、工業・情報化部、江蘇省が共同で建設した試験場でテスト可能なライセンス資格を取得する必要がある。

無錫のテスト道路では沿線に通信設備を整備し、鋭意拡大中である。

２．信号制御の概要

＜中国の信号情報制御の概況＞

全国 31 省の 223 の地方レベルの市について、194 はエリア別の協調制御、25～26 は統一制御管理を実現（“統一”は中央と端末がネットワークで繋がっているという意味）。

全国の信号機制御は 8 万台で、国産 80％（20%が国外）である。

＜信号制御に関する研究開発の概要＞

信号制御については、路車間協調、自動運転技術を視野に入れたシステム開発を推進している。

新しい信号制御システムの開発理念としては、様々なデータを繋ぎ分析し、リアルタイムで最適化調整することだと考えている。

従来の信号システムでは路車間協調は難しい一方で、様々なデータを繋ぎ解析する基礎的な技術力があれば、自動運転の路車間協調も実現していけるのではと考えている。

また、カメラの映像解析による信号調整システム、バス交通優先システム、救急車両優先システム、カメラ映像・交通データ解析による複数交差点の信号調整システム、路面電車の信号と道路信号の調整等を実施している。

３．中国の V2X の取組み

国レベルでは、工業・情報化部、公安部等の 20 以上の部が国レベルの製造強国を目指した指導グループをつくり、その下に V2X 専門プロジェクト委員会を作った。

2018 年 4 月に交通部、公安部、工業・情報化部が一緒に V2X の車両が公道で実験するための管理規範（中国語；智能网联汽车道路测试管理规范（试行））を試行という形で公表した。

標準化については、工業・情報化部と国家標準化委員会が共同で、“国家 V2X 産業の標準体系整備ガイドライン”のファイルを公表した。

V2X の Direct（直接）通信については、2018 年 6 月に工業・情報化部が V2X の Direct 通信に使う 5.9GHz の管理規定（意見を求めるための原稿として、3 年間の行動計画）（中国語：车联网（智能网联汽车）直连通信使用 5905-5925MHz 频段的管理规定（征求意见稿））をつくった（視察した PC5 の 5.9GHz もこれに基づく）。

国家の改革発展委員会も、インテリジェント化のイノベーション発展戦略（意見募集版）（中国語：智能汽车创新发展战略）を作成した。

国の政策のもと、各市もテスト規定の地方細則を作成しており、2019 年 1 月までにテストライセンスを 100 枚以上発行してきた。

2015 年に工業・情報化部は安亭/上海（上海国际汽车城）を V2X 知能自動車の試験区としてはじめて許可した。

４．無錫における路車間協調の実験・研究開発について

＜無錫の V2X の取組みの概要＞

無錫市政府と工業・情報化局の取組みが、我々が実施している V2X プロジェクトに該当し、本研究所の他、China Mobile、Huawei、市の公安警察、中国通信院、自動車企業、通信企業等 23 社がメンバーになっている。

テストコースは、無錫市中心部、太湖新城区の 2 コース（エリア）がある。

無錫では、約 240 の交差点に路側機（RSU）を設置した。テスト用道路延長 280km、面積 170km^2 となっている。

＜路車間協調実験の概要・システム構成＞

無錫では路車間協調のテストは関係者共同（公安、通信、自動車メーカ、自動車部品メーカ等）で実施しており、LTE-V2X 技術を使っている。

路側機内にセンターからの情報のサーバがあり、双方向転送機能を持っている、路側機が様々な情報を解析処理し、信号制御情報を信号機にある通信アンテナに送り、そこから RSU で車に発信している。

信号は光ファイバーを介して交通管制センターに接続され、信号はネットワークポートを介して RSU に直接接続され、RSU は LTE と PC5 を介してセルラーネットワークと自動車に接続される。

無錫では、200 以上の交差点に情報提供用の路側機が設置されている。

路側機は、日本のように柱に設置するように小型化する予定はなく、機能が拡大しているため、今後大きくなる可能性の方がある。

交通警察の交通センター側のプラットフォーム機能について、路側機からいろいろ情報を発信するが、センターではビッグデータ処理技術を用いて多くのデータ分析を行う。計算処理能力がセンターは高く、センターは基本的に、事故があるか等の市全体の情報把握を行い、発信している。

＜V2X の設備とシステム構成＞

図 2.7 左上：交通警察のセンターのプラットフォーム、右上：カーメーカ、地図会社等が出しているモビリティサービスのプラットフォーム、真ん中は V2X のサービスネットワークシステム、左下は路側機、右下は車両。RSU は、V2X、路側機、車を結んでいる。

信号機と RSU（路側機）から車にダイレクトにいく情報は直接路側で作成して車に配信している。

RSU の情報は V2X のプラットフォームに上げ、右上のサービスプラットフォームに出している。

クラウドのレイヤーでは、プラットフォームと交通警察のプラットフォームで情報交換できる。

交通センターから信号機に直接送信し、RSU で介して、情報を送信できる。

情報種類によって送信方法を変えており、遅れても良い情報はインターネット経由で、厳しいケースはダイレクトに送っている。

RSU からの情報配信は、Uu、PC5 で、将来は Uu が 5G に変わる。

この構想は無錫の実験を踏まえたものである。

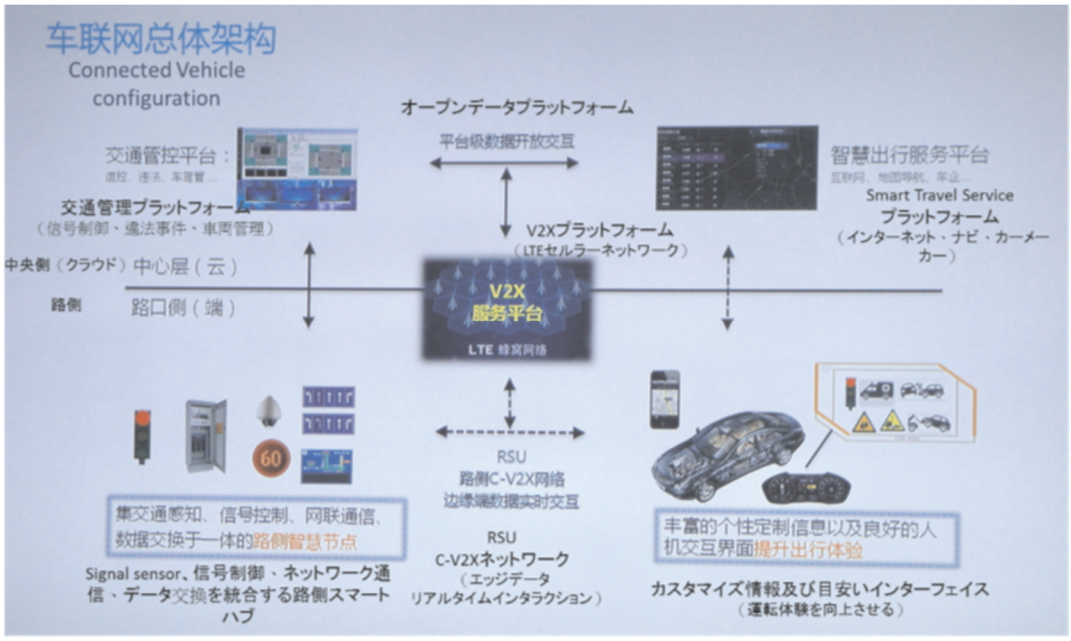


図 2.7　V2X の設備とシステム構成

＜車側の受信・情報表示機器＞

車のバックミラーとスクリーン画面に表示する方法をテストしている。

音声でドライバーに伝えることを行っており、ミラーに道が混んでいるかと話しかけることもできる。

通信機能を備えたバックミラーは、信号情報やイベント情報などを表示することができる。LTE（セルラーと同じ、Uu）で通信している。

通信データのフォーマットは検討している。

＜情報提供の内容＞

提供される主な情報は下表のとおりである。

表 2.7　検討されている情報提供の主な内容（ユースケース）

交通管制センターからの情報	路側機からの情報
交通管理情報（渋滞や方向）	信号現示と次の信号変化までの残り秒数（車線別）
Green Wave 実現（緑信号で通過）に必要な走行速度	規制速度案内
可変車線の状況	自動運転支援
緊急車両・バスの優先状況	車線ごとの隊列状況
交通規制・事故・故障者情報	工事状況
工事状況　等	横断歩道等のカメラ映像把握による

	歩行者の注意情報　等

センターも信号機からも工事状況など同じ情報送るが、信号機から送れなかった場合を想定し、同じ情報をセンターからも送っている。

信号機は、センターから情報をもらい転送する機能も持っている。

＜自動車 ID タグ＞

各車にデジタル ID タグを設置しており（無錫で 10 万台以上)、そこに車情報が全て入っている。

この車 ID によって、路車間通信、車車間通信において、まず自分（車）が誰か（ナンバープレート、車種等）を教えることができるようになっている。お互い（信号交差点等と車双方）の ID を確認することが必要である。

５．V2X の貢献と展望について

自動運転といっているが知能網連車（ICV: Intelligent Connected Vehicle）が中国でよく使う言葉である。これは中国の今の理解を示しており、繋がる技術の発展によってはじめて自動運転が実現できると考えられている。

まだ現時点では、車の方で提供される情報データを上手く受け取れない等の課題もあるが、それは必ず通過するステップで、テストによっていろいろ進歩させるべきだと考えている。

インフラ整備、誰が投資するかは、検討・協議しながら進めている。

2.1.7　Huawei（中国無錫市）

（1）　調査概要

無錫市の公道上のテストコースにおいて、V2X による信号情報等の提供実験を推進している Huawei 社のデモンストレーションを視察し、ヒアリング調査を実施した。

表 2.8 調査概要

訪問日	2019 年 3 月 8 日（金）
訪問場所	中国無錫市
調査対象機関	Huawei Technologies Co., Ltd.
アジェンダ	- 無錫市内テストコース（公道）におけるデモンストレーション視察 - 無錫における実験プロジェクトの紹介、ユースケースや日本側質問への回答について Huawei 社より説明 - 質疑・意見交換
調査状況	 図 2.8 ヒアリング・視察実施状況

（2）　調査結果概要

ヒアリングにて得られた情報について概要を以下に示す。

＜無錫の開発プロジェクトの概要（Wuxi City-wide C-V2X Project＞

Wuxi City-wide C-V2X Project は約 30 社（中心メンバー約 20 社）が参加するプロジェクトで、40 以上のユースケースの実験を行っている。

無錫市の約 1/3 に当たる 170km2、240 箇所の信号交差点に信号情報提供のための路側機を設置している。

参加企業は、車内受信・情報表示用のスマホ用アプリやバックミラー装置の開発、車載機（OBU：On Board Unit)、開発プログラム・ソフト等を持ち込んで実験を行っている。

路側機（RSU）が通信基地局の小型版のイメージで信号機の状況、周辺道路環境等の情報を集約し、車に情報発信している。

現在のテストコースは 2018 年 4 月に完成しており、目標としては 2019 年 10 月までに、実験対象交差点を 240 から 600 箇所まで拡大し、無錫市の全てのドライバーに対してサービス提供可能な環境を実現する予定でいる。

無錫市は人口 600 万人で 200 万台の車があり、全車にサービス提供は難しいが、最初はバックミラーの情報提供を中心に考えている。

自動車メーカの協力が必要で、徐々に様々なサービス考えていきたい。

中国においては無錫だけでなく、中国全土 200 箇所で同様の展開をしており、路車間通信、車車間通信によってより安全な現実的な社会を実現していくことを目指している。

図 2.9　無錫で Huawei が参加する企業連携プロジェクトの概要

＜信号情報提供方法及びシステム構成の概要＞

車内用にタブレット型車載機のモニター画面、携帯アプリによる携帯表示、LTE 通信機能内蔵のバックミラー型ディスプレイで信号情報を確認できるシステムを開発している。

車載機の受信経路は 2 つあり、PC5 を使ったダイレクトな信号情報提供と、Uu を使った信号機情報が通信キャリアに行き、そこからネットで配信される方法の両方を採用している。

RSU から車（車載機）への情報は、LTE のダイレクト通信（Device to Device (D2D)と呼ばれる）によって提供されており、PC5 のインターフェース（プロトコル）を使用している。

一方で、車内のバックミラー型ディスプレイ装置、スマートフォンアプリの情報は Uu のインターフェースである（路側機の信号情報がクラウドに遡り、通信事業者（携帯キャリ

ア等）のデータ処理ステーションとネットワーク回線を経由して端末機へ情報提供)。

技術の問題だけではなく、誰がステークホルダーかも重要で、中国では通信事業者が体制に入っており、Uu と D2D(PC5)の両方のインターフェースが利用可能になっている。

例えば山間部で当事者のみに D2D で信号情報提供が可能になる一方で、都市部ではイベント等による面的な渋滞情報等を多くの利用者に Uu で伝えることが可能になる。

Huawei が中国で感じたのは、たくさんの箇所を光ファイバーで全てを連絡することは難しいということである。そこで、通信事業者の Uu を利用することで細かいラストワンマイルの連結や、RSU そのものの運用・監視が可能になる。

各交差点の信号の状態を送信するだけでなく、交差点における監視カメラ映像、様々な周辺のセンサー情報も RSU を通じて送信できる。

クラウドからの信号情報では、目前の交差点に限らず、必要であれば全ての交差点の情報を得ることができる。

道路を横断する歩行者の情報は、ローカルで処理すべき情報で、クラウド等を介して通信費用をかけるのではなく、その交差点の RSU で解析して車に情報提供できるシステムとしている。

表 2.9 事前送付した質問に対する回答

質問事項	回答
SPaT データ更新周期	1 秒に 1 回（但し通信は ms 単位でチェック）
遅延時間	LTE: 20ms 以下の遅延（RSE と車載器の間）、5G: 数 ms 以下(特定条件下の無線インターフェース区間。3GPP では 5G-V2X 仕様についてまだ策定中)
遅延を最小限にするための手法	Edge computing のための MEC(Mobile Edge Computing)サーバを導入し、なるべくセンターに行かずローカルで解決するシステムとしている
周波数・帯域	LTE の直接通信に 5.9GHz 帯を利用している
チャネル	DSRC の概念であり、LTE の中にはこうした概念はない。
送信電力	中国では 29dBm
通信距離	通信距離：状況により異なるが目安は直進距離で 500m、100%通信を保つ場合 300m、再送信で対応できる場合 1000m。但し再送信の場合遅延が大きくなるため、通信する内容によって異なる。
プロトコル	3GPP R14

＜提供する信号情報の内容（ユースケース）＞

これまで 40 以上のケースが検討されているが、テストコース(6km)で実施されたデモンストレーションでは、V2I と V2V による以下のユースケースの信号情報提供を確認した。

技術的に可能でも、どのユースケースを採用するかは公安とともに検討しているところである。

表 2.10 デモンストレーションで確認したユースケース

V2I/V2N	V2V(車車間通信)
現在の信号の灯色と継続時間（変更までのカウントダウン）	見通しの悪い交差点における他の車接近による注意情報
赤信号による停止を促す注意情報	後方の死角方向から接近する車に対する注意情報
Green Wave (緑信号があと何秒で何km/h を維持すれば通行できるか)	前方の車への追突注意情報
歩行者注意情報（横断歩道設置のビデオカメラが歩行者の存在を解析し、路側機から発信）	
工事現場の接近による速度規制表示	
進行先の渋滞・イベント状況及び迂回の提案	

〈MEC サーバ/路側機（端末ユニット）の CPU 仕様〉

MEC サーバの必要な CPU 仕様について、現時点では定論がなく回答は難しい。どのような情報提供ケースを必要なものとして考えるかで異なる。

テストコースの路側機は Huawei 製品であり、MEC サーバの CPU はテストパートナーと共同開発したものだが、今後商用展開時の品質安定性と運用信頼性のために、Huawei が CPU を作ることを前提に考えている。

〈信号・地域・都市全体の階層別情報提供について〉

Edge computing の概念は階層になっている。末端レベルの情報提供に加え、例えばイベント等の影響を反映する地域レベルの Edge computing、さらに都市レベルのセンターの Edge computing があり、階層になっている。

＜遅延について＞

遅延の問題は認識しながら実験してきた。

今の遅延はどのレベルにおいても ms 単位で管理している。

遅延時間は、処理階層や応用ケースによって変わる面ある。

例えば、歩行者注意の情報は、低いレベルのレイヤーで対応し遅延を少なくするなどしている。

どのレイヤーで抑えて処理する必要があるか、ケースに応じて分類して考える必要がある。

5G の環境に限らず、Edge computing の階層等は、LTE の環境でも同様に実現することを目指している。

＜Cellular V2X（C-V2X）と DSRC について＞

世界的な視点では、C-V2X と DSRC の 2 つがある。

技術的観点では、安全性、ネットワークのカバー範囲、アプリケーションの豊富さが求められており、C-V2X の方が応用力やカバー範囲でリードしているところがあると認識し

ている。
　ネットワークシステムの観点からは、DSRC は参加者が多くなく、クローズした世界である。加えて技術と帯域幅の制限で映像送受信などの応用ケースをサポートしにくい。
　C-V2X は関連の OEM メーカ、交通のオペレータ（運輸事業者等）で 5GAA という組織ができ 100 社以上が参加している。
　そのため、中国は既に DSRC ではなく C-V2X を推進することを決めて走り出しており、世界に大きな影響があると思う。
　米国では DSRC の歴史は長いが、フォード等 16 社が米国政府に C-V2X を改めて考え直すように提言しているところである。

＜サイバーセキュリティについて＞
　サイバーセキュリティについて、通信では安全面に関わるため最重要課題として取り組んできている。
　システムではどのような通信がどの程度行われているのか、ローカルであっても常に管理記録されている。
　費用がかかることもあり、情報を受ける側と出す側で双方が合法的であることが大前提になる。
　既に実装している段階にあり、例えば CPU だけでなく車の通信ボックスには必ず安全性を確保するための安全制御チップが埋めてある。
　また、全ての情報を暗号化するようにしており、そのための様々なアルゴリズムを取り入れている。
　さらに技術のレベルだけでなく、行政、自動車メーカ、通信事業者等、それぞれのエンドツーエンドのセグメントにおいて責任は誰が持つのか、何をしなければいけないか、技術的サポートとともに決めて、ようやく現在の一つのスキームを形成してきた所で、今の仕組みに既に導入されている。
　まだ完璧ではないが、日々、改善を検討している。
　また、海外の成功事例を踏まえ、政府は C-V2X を取り込む初期段階から、法制度の整備を推進することになっていた。
　さらに、C-V2X は、国際的通信の 3GPP の枠組みの中でエンドツーエンド（端末、通信基地局、コアネットワーク、周波数、既存システムとの共存）で技術の標準化を進めており、その中で解決していける面もあると考えている。

＜事業主体について＞
　事業主体が誰かは、中国にとっても大きなチャレンジでまだ決まった体制はない。
　しかし無錫の例では、信号情報提供の仕組み・サービスは政府が主体となり、都市インフラの一部として整備・運営していく仕組みが想定される。

2.2　国内でネットワークを通じたリアルタイムな行政情報提供事例

2.2.1　調査対象箇所

本件事例調査では、下表に示した事例を対象箇所とした。各箇所での取組み内容の概要と選定理由を以下に示す。

表 2.11　調査対象箇所（ネットワークを通じたリアルタイムな行政情報提供事例）

調査対象	概要	選定理由
国土交通省 気象庁リアルタイムレーダー情報	日本全国に配置されている気象レーダー情報等についてネットワークを介してセンターで収集・分析し、リアルタイムの防災情報や、降水短時間予報や降水ナウキャスト等のサービスを提供している。	全国の気象レーダー情報から、リアルタイムに情報を収集・生成・提供し、広く民間企業や国民に活用されている事例として選定した。

2.2.2　調査項目

本件事例調査では、下表の項目を対象に調査票を作成し、ヒアリングにより情報収集を行った。

表 2.12　調査項目（ネットワークを通じたリアルタイムな行政情報提供事例）

大項目	調査項目
行政情報データ提供の経緯・目的、関連する法制度	データ提供の経緯、データ提供の目的、法制度
実施体制、予算（マネタイズ）	気象業務支援センターのビジネスモデル、負担金（利用料金）の内容
提供データ項目	気象業務支援センターのデータの提供方法、提供内容
提供システム構成の概略	気象データの情報取得の手法、アデスについて、サーバを中心としたシステム構成
データ更新周期、タイミング	1 パッケージの単位（時間）、ナウキャストの更新周期、エラー時の処理
データのリアルタイム性	処理時間
データ利用に当たっての規約、データ利用制限	気象業務支援センターのデータ利用規約、免責事項
セキュリティ対策	－
行政情報データ提供における現時点の課題と対策	データ通信の課題、観測データの課題、エラー原因、対策
行政情報データ提供により得られた効果、今後の展開	行政情報データ提供により得られた効果、今後の展開、民間協力による調査、ビジネス展開、気象ビジネス推進コンソーシアムについて

2.2.3　国土交通省　気象庁リアルタイムレーダー情報

(1)　調査概要

全国の気象レーダー情報からリアルタイムに情報を収集・生成・提供し、広く民間企業や国民に活用されている気象庁リアルタイムレーダー情報の取組みを対象に以下のとおりヒアリング調査を行った。

表 2.13　調査概要

訪問日	2019 年 1 月 18 日（金）
訪問場所	国土交通省 気象庁
調査部局	観測部 観測課

(2)　調査結果概要

ヒアリング及び WEB 調査等にて得られた情報について概要を以下に示す。

＜気象レーダーの概要＞

・気象レーダーは、アンテナを回転させながら電波（マイクロ波）を発射し、半径数百 km の広範囲内に存在する雨や雪を観測するものである。発射した電波が戻ってくるまでの時間から雨や雪までの距離を測り、戻ってきた電波（レーダーエコー）の強さから雨や雪の強さを観測する。また、戻ってきた電波の周波数のずれ（ドップラー効果）を利用して、雨や雪の動きすなわち降水域の風を観測することが可能。

＜行政情報データ提供の経緯・目的、関連する法制度＞

・1993 年 5 月、気象業務の健全な発達を支援し、気象情報の社会活動における利用の促進を目的とした、気象業務に関し国の定める基準に適合すると認められるものを、その申請により、民間気象業務支援センターとして指定することができるという制度が導入。1994 年に気象庁所管の財団法人として気象業務支援センターが情報化社会にふさわしい質の高い気象情報サービスの実現を目指し、官・民の役割分担による総合的な気象事業の展開を図るため、気象庁と民間気象事業を結ぶセンターとしての役割を担うという目的のもと設立され、2012 年に「公益法人制度改革」に伴い、一般財団法人となった。

・気象業務支援センターは、気象庁の保有する各種気象情報のオンライン・オフラインによる提供、気象予報士試験の実施、測器検定事務に加え、各種講習会等の実施、関連図書の刊行等の事業を実施している。

＜実施体制、予算（マネタイズ）＞

・レーダーは設置箇所の土地を含めすべて国が所有しており、具体の運用は一部 PFI 方式により、民間活力を利用して行っている。

・気象庁が収集した観測データやそれらを元にスーパーコンピュータを用いて作成した数値予報結果等、気象庁が保有する即時的または非即時的な気象情報は、気象業務法で定められている「民間気象業務支援センター」としての指定を受けた一般財団法人気象業務支援センターに提供されている。また、当該センターから、民間の気象事業者や報道機関などに対して、実費によるオンライン・オフラインでのデータ提供サービスを行っ

ている。

・そのビジネスモデルとして気象業務支援センターでは、賛助会員（当該センターの目的に賛同する個人又は団体）による賛助金（賛助会員による会費であるが収入の割合としては非常に小さい）の他、オンライン配信に要する実質的な利用料金をデータ利用の際に「負担金」として支払う形式になっている。負担金は、情報閲覧者ではなく、当該利用データを利用して情報提供を行う者（民間の気象事業者や報道機関など）が支払う。また、その金額は、情報提供業務に係わる実費相当になるよう計算されて、決定される。

＜提供データ項目＞

・気象業務支援センターでは、主に電文形式、ファイル形式、気象衛星観測データ、緊急地震速報、防災気象情報の５種類の方法でデータを配信。

＜提供システム構成の概略＞

・気象庁は全国 20 箇所に気象ドップラーレーダーを設置して、日本全国のレーダー雨量観測を行っている。そこで観測されたデータは、国内外の気象官署や「アメダス」等で観測された各種気象データとともに、気象庁本庁ビル内にある、さまざまな気象観測システムの運用監視を行っている気象庁本庁観測現業室と大阪にあるバックアップシステムに集約される。

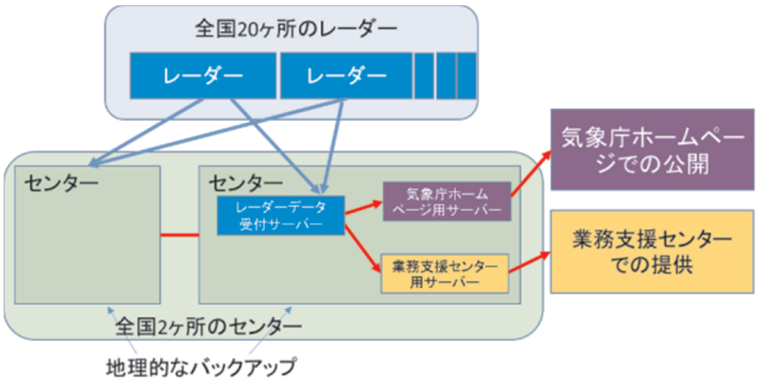
・データ通信としては、全国 20 箇所のレーダーがセンターに送られる。なお、センターは全国２箇所あり、地理的に離れた場所に置くことで地理的なバックアップとなるように工夫されている。センターに送られたレーダーデータの情報はそこで加工され、気象庁ホームページ用サーバ、業務支援センター用サーバを通じてそれぞれデータが提供される。

・レーダーデータの情報は５分単位での提供。

・セキュリティ対策としては一般的な対策を講じており、通信部分に関しては基本的には委託している通信事業者が対策を講じている。

＜今後の展開＞

・気象庁による更なる展開として、農業分野や清涼飲料等の食品業界や家電業界、アパレル、スーパーマーケット等民間企業に協力を受け、天候や気温と売上の関係等の気候リスク（気候によって影響を受ける可能性）管理に関する調査を行うとともに、気象、IoT、AI 等の専門家や幅広い産業分野の企業、気象事業者等を構成員とした気象ビジネス推進コンソーシアムを設立し、産学官連携による気象ビジネスの推進を目指している。



出典　気象庁ホームページ

図 2.10　システム構成

2.3　信号情報の提供に係るニーズや期待等アンケート調査

2.3.1　調査方法

路車間通信以外の手法による信号情報の提供に係るニーズや期待等に関する調査では国内の事業者を対象に、自動車関連メーカに加え、信号機メーカ、通信事業者を対象にアンケート形式にて実施した。

2.3.2　調査項目

路車間通信以外の手法による信号情報の提供に係るニーズや期待等に関する調査では、付図 1～付図 6 に示す調査票を用いて、アンケート形式による情報収集を行った。

2.3.3　ニーズや期待等の調査結果

信号情報の提供に係るニーズや期待等の調査結果より、実際に信号情報を利用する車両メーカの回答を中心に示す。

(1)　必要な信号情報はどのようなものか

車両メーカから回答のあった必要な信号情報の内容を整理した結果を表 2.14 に示す。異なった回答が複数ある場合は、全て記載している。

表 2.14　必要な信号情報

項　目	アンケート結果
信号情報の内容	・灯色、灯色の予定時間 ・感応制御の実施状況
どの時点までの信号情報	・現在と次のサイクル以降（２サイクル分以上） ・赤現示２回分以上
提供交差点数	・自車が次に通過する交差点及びその次に通過する交差点（２交差点分）
要求精度（許容誤差）	・100ms 以内 ・300ms 以内
許容遅延時間	・100ms 以内 ・固定遅延 100ms 以内かつ変動遅延 300ms 以内

(2)　信号情報の利用方法

信号情報の利用方法について得られた回答を整理した結果を表 2.15 に示す。

表 2.15　信号情報の利用方法

分類	利用方法
情報提供	・運転支援サービス（ＴＳＰＳなどの情報提供によるもの） ・事故防止のための情報提供・注意喚起 ・信号を考慮した最適なルートの案内
車両制御	・自動運転システムの制御 ・運転支援システムの制御

(3)　信号情報以外に求める情報

信号情報以外に求める情報について得られた回答を整理した結果を以下に示す。

ア　交差点形状情報（車線数・対応する信号灯色・停止線位置等）

イ　道路規制情報

ウ　ハザード情報(事故、故障車、落下物、冠水、積雪等)

エ　気象情報(豪雨、降雪等)

オ　路駐車情報

(4)　自動運転技術の開発目標

自動運転技術の開発目標としては、2020 年頃までに高速道路での自動運転、2020 年代前半～2025 年ごろまでに一般道路での自動運転の実現を目指した技術開発をおこなっているという回答が得られた。

2.3.4　手法の整理

(1)　信号情報の提供方法に関する整理

信号情報の提供方法に関する手法等について、アンケートを基に整理した結果を示す。

信号情報の提供方法を、構成要素から整理した結果を図 2.11 に示す。なお、手法間の比較を容易とするため、通信施設等は構成には含めないこととした。

アンケート結果には、路車間の直接通信や、管制センターと車両が直接通信する手法の提示もあったが、本調査の対象ではないことや、実現可能性が低いため除外した。

信号情報の提供方法の構成例を比較すると、差異があるのは「情報の作成元」及び「経路」となる。

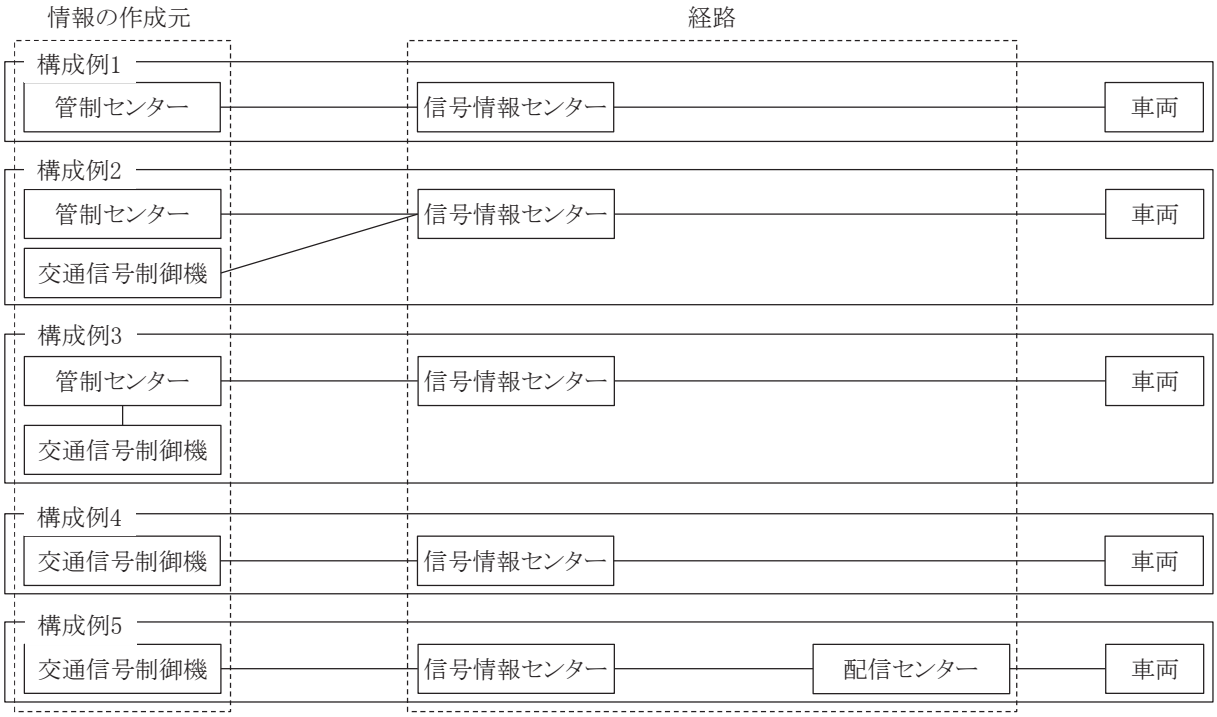


図 2.11　信号情報の提供方法

ア　構成例 1

管制センターが信号情報を作成する。

信号情報センターが、管制センターから信号情報を取得して車両に配信する。配信手段としては主に携帯電話網が想定されている。

イ　構成例 2

管制センター又は交通信号制御機が信号情報を作成する。

信号情報センターが、管制センター又は交通信号制御機から信号情報を取得して車両に配信する。配信手段としては主に携帯電話網が想定されている。

本構成例は、構成例 1 及び構成例 4 に含めた。

ウ　構成例３

交通信号制御機が信号情報を作成して、管制センターに送信する。

信号情報センターが、管制センターから信号情報を取得して車両に配信する。配信手段としては主に携帯電話網が想定されている。

エ　構成例４

交通信号制御機が信号情報を作成する。

信号情報センターが、交通信号制御機から信号情報を取得して車両に配信する。配信手段としては主に携帯電話網が想定されている。

交通信号制御機からの信号情報を取得するには、交通信号制御機に通信機器を接続することが想定されている。

オ　構成例５

交通信号制御機が信号情報を作成する。

信号情報センターが、交通信号制御機から信号情報を取得して、配信センター（テレマティクスセンター）経由で車両に配信する。

交通信号制御機からの信号情報を取得するには、交通信号制御機に通信機器を接続することが想定されている。

(2)　誤差・遅延に関する整理

誤差の要因としては、遅延や丸め誤差等が考えられる。アンケートの結果でも、手法については同一の回答が多く見られた。アンケートを基に整理した結果を以下に示す。

遅延を最小限にするための手法については、誤差を最小限にするための手法の中に含めて整理を行った。

ア　誤差を最小限にするための手法

誤差を最小限とするための手法としては、表 2.16 に示す 5 通りの回答が得られた。表 2.16 の項番 1 ～ 4 は、同時に行う必要性は低いと考える。表 2.17 に実施する場合の組み合わせを示す。

表 2.16　誤差を最小限にする手法

項番	手法	誤差要因	概要
1	灯色の開始／終了を時刻で指定する	遅延	灯色の開始／終了を絶対時刻で送信する
2	時刻で遅延を補正する	遅延	信号情報に作成時刻を絶対時刻で付与する。車両は受信時刻との差で通信遅延を求めて、通信遅延が考慮された信号情報にする。
3	遅延の変動幅を減らす	遅延	車両は固定値で遅延を補正する。遅延が固定値になるように、経由する装置での遅延を一定にする。
4	遅延を直接減らす	遅延	遅延を直接減らすことで、遅延による誤差を減らす。
5	情報作成時に発生する誤差を抑制する	精度	交通信号制御機などが情報を作成するときの、時刻のずれや、灯色の出力とのずれを減らす。

表 2.17　誤差を最小限にする手法の組み合わせ

ケース	灯色の開始／終了を時刻で指定する	時刻で遅延を補正する	遅延の変動幅を減らす	遅延を直接減らす	情報作成時に発生する誤差を抑制する
1	○	－	－	－	○
2	－	○	－	－	○
3	－	－	○	－	○
4	－	－	－	○	○

○：実施する、－：実施しない

（ア）　灯色の開始／終了を時刻で指定する

遅延による誤差を防止することを想定している。

時刻は、信号情報の作成元と車両の時計が同期していれば、同じ時点を指すことができる。

（イ）　時刻で遅延を補正する

遅延による誤差を補正することを想定している。

信号情報の作成元と車両の時計が同期していれば、作成時の時刻と受信時の時刻から、遅延を正確に求めることができる。そのため、遅延による誤差を、正確に補正することができる。

（ウ）　遅延の変動幅を減らす

遅延による誤差を補正することを想定している。

信号情報を作成している装置と車両の時計が同期していない場合は、時刻を用いて遅延を補正することができないため、車両は固定値で遅延を補正することになる。

実際の遅延が固定値になれば、車両は固定値で遅延を補正することができる。

（エ）　遅延を直接減らす

遅延による誤差を減らすことを想定している。

遅延を減らす手法としては、以下の手法が挙げられていた。

a　通信の高速化（５Ｇ化など）

b　中継する装置の数を減らす（車両との直接通信）

c　中継する装置での処理時間を減らす

d　通信経路の単純化（閉域網の利用、IP ルーティングのシンプル化）

e　通信距離の短縮（サーバの地域単位ごとに分散配置、車両との直接通信）

f　通信データを減らす

（オ）　情報作成時に発生する誤差を抑制する

遅延以外の要因の誤差を防止することを想定している。以下に例を挙げる。

a　交通信号制御機内部の処理の時間的なずれを最小限にする。

b　交通信号制御機と管制センター間のメッセージで使用している時間の有効桁数を上げる。

イ　想定する誤差

想定する誤差は、50～数百ミリ秒と各社で大きく異なる見解となった。信号機メーカに絞った場合は、100～300 ミリ秒であった。

ウ　どのような問題・課題と対策が考えられるか

誤差・遅延を最小限とする手法を実現する上で、どのような問題・課題と対策が考えられるかについては、アンケート結果を付表 1～付表 22 に示す。問題・課題と対策については、次章以降に手法と合わせて示すこととした。

(3)　セキュリティ確保に関する整理

セキュリティ確保に関する手法等について、アンケートを基に整理した結果を示す。

ア　セキュリティを確保するための手法

セキュリティを確保するための手法としては以下の回答が得られた。

（ア）　通信・情報の暗号化

（イ）　定期的な暗号化鍵の変更

（ウ）　サーバ・利用者の認証

（エ）　閉域網や仮想専用線（ＶＰＮ）の利用

（オ）　ファイアウォールの整備

（カ）　最新のセキュリティ技術の搭載

（キ）　既存システムからの物理的、論理的な隔離（片方向通信など）

（ク）　専用帯域（ライセンスバンド）の利用

（ケ）　なりすましの監視

イ　どのような問題・課題と対策が考えられるか

セキュリティを確保する手法を実現する上で、どのような問題・課題と対策が考えられるかについては、アンケート結果を付表 1～付表 22 に示す。問題・課題と対策については、次章以降に手法と合わせて示すこととした。

(4)　非集中交差点の信号情報に関する整理

非集中交差点の信号情報に関する手法等について、アンケートを基に整理した結果を示す。

ア　非集中交差点の信号情報を提供するための手法

非集中交差点の信号情報を提供するための手法としては、以下に示す３通りの結果が得られた。

（ア）　対象交差点を集中制御化する

（イ）　交差点の制御状況を管制センター等（管制センター、信号情報センター）で設定値等から推測して、信号情報を作成・送信する

（ウ）　交通信号制御機を信号情報センターに接続する

イ　どのような問題・課題と対策が考えられるか

非集中交差点の信号情報を提供する手法を実現する上で、どのような問題・課題と対策が考えられるかについては、アンケート結果を付表 1～付表 22 に示す。問題・課題と対策については、次章以降に手法と合わせて示すこととした。

3.　各手法における実現可能性等の検討

3.1　自動運転で信号情報に要求される性能

自動運転で必要な信号情報の要求は、アンケート結果より表 3.1 のとおりとした。本調査研究では、要求される性能が満たせるように、検討を実施した。

信号情報の内容、提供交差点数は、アンケート結果をそのまま要求とした。どの時点までの信号情報が必要かは、「現在と次のサイクル以降（２サイクル分以上）」と「赤現示２回分以上」の２つの意見があったが、現在と次のサイクルには必ず赤現示２回分以上の情報が含まれるため、「現在と次のサイクル（２サイクル分）」を要求とした。

許容遅延時間の検討に当たっては、「車両が信号情報を受信する何秒前までに秒数を確定した信号情報を送信する必要があるか」及び「異常の検出から、車両が異常の通知を受信するまで、何秒まで許容されるのか」を考慮する必要があるが、回答のあった遅延時間の値は、誤差に与える影響が主体となっている。遅延が誤差に与える影響も含めて要求精度（許容誤差）で要件を定義することとして、本調査では許容遅延時間は取扱わないこととした。

要求精度は、他の「自動運転に向けた信号情報技術の高度化」で検討されている値を考慮して、300ms 以内とした。

ここで定義する値は本調査の検討の前提として使用したものであり、今後、各装置の詳細な機能・要件の定義を実施する時には、実現性や想定する用途などを考慮した見直しが必要となる。

表 3.1　必要な信号情報

項　目	要　求
信号情報の内容	・灯色、灯色の予定時間 ・感応制御の実施状況
どの時点までの信号情報	・現在と次のサイクル（２サイクル分）
提供交差点数	・自車が次に通過する交差点及びその次に通過する交差点（２交差点分）
要求精度（許容誤差）	・300ms 以内

3.2　誤差・遅延を最小限とする手法

調査結果では、誤差・遅延を最小限とする手法を、4 つのケースに整理した（表 2.17）。

「情報作成時に発生する誤差を抑制する」手法は、全てのケースで実施する必要がある。

各ケースの差異は、遅延の影響による誤差をどのように最小限とするかである。「遅延の変動幅を減らす」手法と「遅延を直接減らす」手法は、遅延を一定に保つことや、誤差が許容される範囲まで遅延を減らすことが、技術的に困難であると考えるため、除外することとした。

「灯色の開始／終了を時刻で指定する」手法と「時刻で遅延を補正する」手法は、灯色の開始／終了時刻が「信号情報の作成時刻＋灯色の開始／終了までの時間」で表すことができるため、実質的に同じ手法となる。そのため、誤差を最小限とするための手法としては、「灯色の開始／終了を時刻で指定する」手法を選択することとした。なお、リアルタイムで制御される感応制御等では、正確な灯色の終了時刻を指定することができないため、別途、継続して検討が必要となる。

3.3　セキュリティを確保するための手法

セキュリティを確保するための手法は、主に通信手段に関与するものであった。通信手段の検討は規模やコスト等を含めて行う必要がある。今後、通信手段の検討に合わせて、セキュリティを確保するための手法を検討することとした。

3.4　信号情報の提供方法

調査結果より得られた信号情報の提供方法の構成例を比較すると、差異があるのは、「情報の作成元」及び「経路」となる（図 2.11）。「情報の作成元」及び「経路」について、それぞれ検討を行った。

3.4.1　情報の作成元についての検討

(1)　信号情報の作成方法についての検討

信号情報の作成元は管制センター又は交通信号制御機となるが、作成方法としては、「管制センターのみ（管制方式）」、「交通信号制御機のみ（制御機方式）」、「管制センターと交通信号制御機の組み合わせ（集中方式）」の３種類の方式が考えられる（表 3.2）。表 3.2 の方式ごとの特徴を表 3.3 に示す。

特徴を検討する上では、自動運転車両で使用するための精度等の要求を満たすためには、交通信号制御機等の仕様の変更が必要となるため、各装置の仕様変更を前提とした。

表 3.2　情報の作成元における信号情報の作成方法

項番	方式	信号情報の作成方法
1	管制方式	管制センターで予定信号情報を作成する。 管制センター → 予定信号情報 → 信号情報センター
2	集中方式	各交差点の交通信号制御機で現在の信号情報を作成し、管制センターで予定信号情報を作成する。 管制センター → 現在の信号情報 予定信号情報 → 信号情報センター 交通信号制御機（集中交差点） → 現在の信号情報 → 管制センター
3	制御機方式	各交差点の交通信号制御機で現在の信号情報と予定信号情報を作成する。 交通信号制御機（集中交差点） → 現在の信号情報 予定信号情報 → 信号情報センター 交通信号制御機（非集中交差点） → 現在の信号情報 予定信号情報 → 信号情報センター

表 3.3　情報の作成元の比較

項番	方式	特徴
1	管制方式	・信号情報センターと直接通信を行うため、集中方式と比べて遅延が抑えられる。 ・ＴＳＰＳと同等の次サイクル以降の予定信号情報を作成することができる。 ・自動運転に要求される精度を達成するためには、情報の最小単位を1秒から 100 ミリ秒単位にするなど、中央装置だけでなく交通信号制御機の改修が必要となる。交通信号制御機の更新時期に合わせた場合、全国に普及させるには時間がかかる。 ・管制センターで一括して情報の収集・作成を行うため、リアルタイム性が低くなる ・非集中交差点の信号情報を提供するためには、別の仕組みを検討する必要がある。
2	集中方式	・既存の回線を流用することで通信費用を抑制できる ・交通信号制御機で信号情報の作成を行うため、リアルタイム性が高い ・ＴＳＰＳと同等の次サイクル以降の予定信号情報を作成することができる。 ・中央装置、伝送装置、交通信号制御機等、関連する機器全てを改修する必要がある。 ・交通信号制御機から管制センターまでに経由する装置が多いため、遅延が大きくなる。 ・現在の信号情報を送ることで通信量が増えるため、既存の回線の種別によっては帯域が不足して、回線種別の変更が必要になる。 ・交通信号制御機の更新時期に合わせた場合、全国に普及させるには時間がかかる。 ・非集中交差点の信号情報を提供するためには、別の仕組みを検討する必要がある。
3	制御機方式	・交通信号制御機の改修のみで実現できるため、交差点単位では導入が容易である ・交通信号制御機で信号情報の作成を行うため、リアルタイム性が高い ・信号情報センターと直接通信を行うため、集中方式と比べて遅延が抑えられる。 ・集中交差点、非集中交差点の区別無く、同一の仕組みで信号情報の提供を行うことができる。 ・交差点ごとに回線を契約する必要があり、通信費用がかかる ・交通信号制御機の更新に合わせた場合、全国に普及させるには時間がかかる ・次サイクル以降の確度の高い予定信号情報を作成することができない

(2)　非集中交差点における信号情報の取得方法の検討

非集中交差点で信号情報提供を行うためには、以下の方法が考えられる。

ア　交差点を集中制御化して、集中交差点と同様の方式で実施する

イ　非集中交差点のみ制御機方式で実施する

ウ　管制センター又は信号情報センターで、非集中交差点の制御状況を交通信号制御機の設定値から推測して、信号情報を作成・送信する。この方法の課題と対応策を表 3.4 に示す。

ア及びイは、次項以降で信号情報の提供方法として課題と対応策の検討を行うが、ウは限的的な状況であるため信号情報の提供方法としての比較・検討は行わない。ウの手法における課題と対応策を表 3.4 に示す。

表 3.4　管制センター等による推測の課題・対応策

項番	課題	対応策
1	サイクル開始時刻を確定させる （サイクルがいつ開始したのか分からない）	・系統制御を行う。
2	時計を同期する （交通信号制御機と管制センターの時刻が異なると誤差が発生する）	・交通信号制御機に、管制センターのタイムサーバと同等の時刻補正を行える手段を設ける。（ＧＰＳ等）
3	信号情報の信頼性 （感応時の秒数、リコール制御時の動作、異常の有無、設定と異なった秒数での動作等が分からない）	・交通信号制御機の動作状態をオンラインで把握するための機器を設置する。

時刻補正の手段を設けて系統動作を行うこと（表 3.4　項番１及び２）で、感応制御やリコール制御を行っていない交差点であれば、信号情報の推測が可能となるが、それだけでは十分な信号情報の信頼性が得られないと想定される。

交通信号制御機の動作状態をオンラインで把握するための機器を設置することで信頼性を確保できるが、新たな機器の設置、通信回線の契約等が必要となることから、前述のア又はイよりもコストが高くなる可能性がある。

3.4.2　経路についての検討

(1)　配信センターの有無についての検討

調査結果より、経路については、表 3.5 の 3 通りの実施例が得られた。本調査は「路車間通信以外の手法」が対象で、車両への配信手段も検討対象には含まれていないため、車両への配信を行う施設等として、配信センターありの構成を想定した。ただし、今後の検討の中で、信号情報センターから車両への信号情報の配信を行うことを否定するものではない。

表 3.5　経路の方式

方式		経路　実施例
1	配信センターなし	信号情報センター
2	配信センターあり	信号情報センター　配信センター
3	車両への直接配信	

(2)　信号情報センターの設置単位の検討

信号情報センターは、3 通りの設置単位が考えられる。設置単位の考え方を表 3.6、設置単位毎の特徴を表 3.7 に示す。基本的には、設置単位を狭くするほど情報の取得先からの距離が短くなるため、遅延が小さくなる。

設置単位を「交差点単位」とした場合は、路車間の直接通信と等しくなるため、検討から除外する。

表 3.6　信号情報センターの設置単位

項番	設置単位	概要
1	単体	全国 1 箇所のみに信号情報センターを設置する
2	地域単位	エリア単位（数交差点）から県単位（数百交差点）に信号情報センターを設置する
3	交差点単位	交差点単位で、信号情報センターに相当する装置を設置する

表 3.7　信号情報センターの設置単位の比較

項番	設置単位	特徴
1	単体	・構成が簡素で、管理・運営が容易となる。 ・信号情報センターの１か所の規模が大きくなる ・機器の設置場所と信号情報センター間の物理的な距離が長くなるため、伝送距離が長い分、遅延が大きい
2	地域単位	・機器の設置場所と信号情報センター間の物理的な距離を短くできるため、遅延を小さくできる ・最適な規模の検討が必要となる。 ・地域単位で構築・運用の費用が必要となる

4.　実現可能性等が高い手法の実現に向けた課題への対応策の検討

4.1　実現可能性の高い手法

実現可能性の高い手法の前提として、信号情報は、現在から２サイクル分程度の灯色の開始／終了時刻が判断できる情報を含むものとした。

信号情報の作成元や、信号情報センターの設置単位は、表 3.3、表 3.7 に示した特徴に差異がある複数の方式が考えられるが、信号情報センターの設置単位による技術的な課題に方式毎の差異はないため、信号情報の作成元が異なる３種類の方式（表 4.1）を手法として、図 4.1 に示す。

表 4.1　信号情報の作成元

項番	方式
1	管制方式
2	集中方式
3	制御機方式

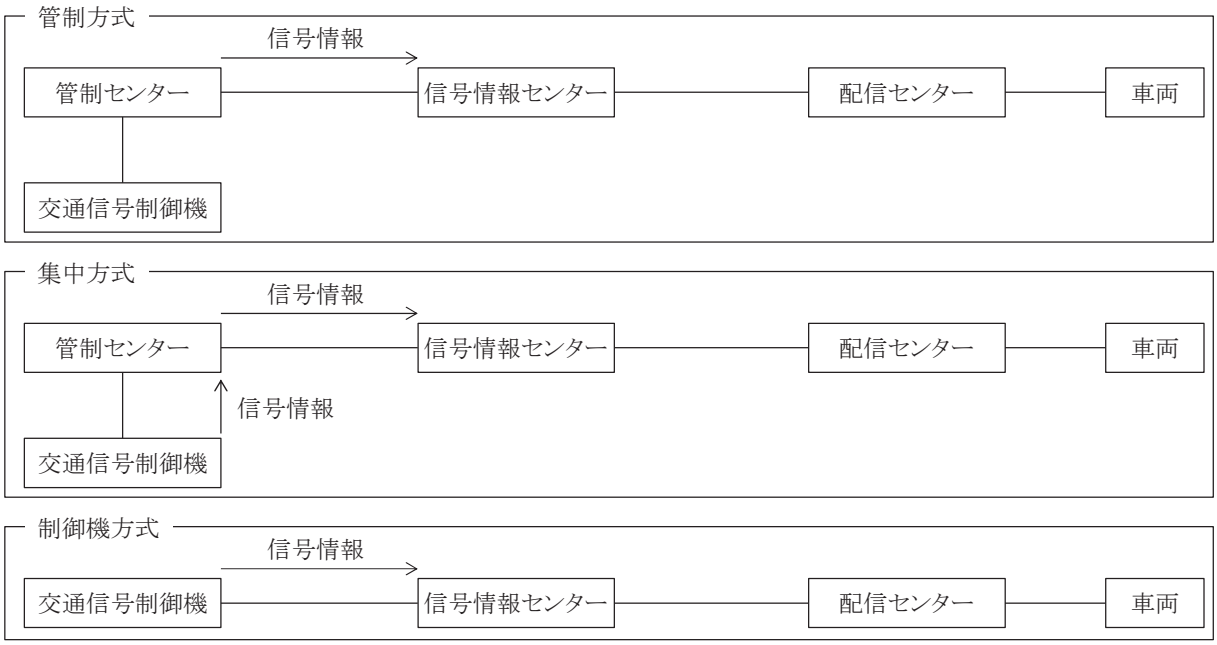


図 4.1　手法の構成案

4.2　課題と対応策

各構成案において現時点で考えられる課題及び対応案の一例を表 4.2、表 4.3 に示す。

表 4.2　課題・対応案の一例（信号情報の作成元）

項番	課題	対応案
1	車両と信号情報の作成元の時計をどのように同期させるか	車両及び信号情報の作成元（管制センター、交通信号制御機）で時計の精度を上げることで対応する。精度を向上させる手段としては、ＧＰＳやＮＴＰによる時刻同期が考えられる。
2	車両と信号情報の作成元の時計が非同期となる場合の動作をどうするか	信号情報の作成元の時計の精度を監視する。時計の精度が低下した場合は、信号情報の提供の停止又は精度の低下の通知を行う。
3	信号情報作成時に発生する誤差をどのように抑制するか	・交通信号制御機と管制センター間の通信アプリケーション規格を拡張して、取扱うことができる情報の精度を 10～100 ミリ秒単位にする。 ・交通信号制御機の仕様を見直して、許容誤差を 10～100 ミリ秒程度にする。
4	信号情報の時間が不確定となる場合（感応制御等）の動作をどうするか	ＳＩＰの「自動運転に向けた信号情報技術の高度化」において検討が行われている内容を反映させる。一例を以下に示す。 ・感応制御やリコール制御の制御状況の通知 ・リコール制御時やＦＡＳＴ制御時の信号情報の提供
5	各装置及び装置間における遅延の要件定義	「車両が信号情報を受信する何秒前までに秒数を確定した信号情報を送信する必要があるか」及び「異常の検出から、車両が異常の通知を受信するまで、何秒まで許容されるのか」から、システムとして許容される遅延を決定して、その後、システム内の各装置で許容される遅延時間を定義する。
6	信号情報と灯器の点灯状態の整合性をどのように保証するか	信号情報を作成する装置（交通信号制御機など）又は信号情報を受信して中継する装置（伝送装置など）等で、交通信号制御機の灯色出力と信号情報の一致を確認する。
7	信号情報の用途の検討	信号情報を利用する用途によって、許容される精度等が変化することが想定される。普及等の面などから、各構成案において想定する用途も含めた検討を実施する必要がある。

表 4.3　課題・対応案の一例（信号情報センター等）

項番	課題	対応案
1	セキュリティの確保をどうするか	機能・技術要件を明らかにする過程でセキュリティ要件を定める必要がある。以下にセキュリティ確保のための対応策の一例を示す。 ・通信の暗号化 ・定期的な暗号化鍵の変更 ・信号情報センター及び利用者の認証 ・閉域網や仮想専用線（ＶＰＮ）の利用 ・ファイアウォールの整備 ・最新のセキュリティ技術の搭載 ・既存システムからの物理的、論理的な隔離（片方向通信など）
2	信号情報の作成元と信号情報センター間の通信手段をどうするか	信号情報の作成元と信号情報センター間の通信手段としては、以下の分類が存在するため、要求される性能（遅延等）、運用コスト、セキュリティなどを考慮して適切な手段の検討を実施する必要がある。 ・有線、無線（携帯電話網、端末間無線） ・専用線、仮想専用線、公衆回線
3	信号情報センターの分割単位をどうするか	整備時の設置の容易さ、運用・保守時のコスト、距離による遅延や端末数の増加による処理遅延等の要素を考慮して、エリア単位（数交差点）から県単位（数百交差点）までで、どのような設置単位とするのか検討を実施する必要がある。

5. おわりに

今年度は、路車間通信以外の信号情報提供の手法の検討を実施して、実現可能性の高いと考えられる複数の手法と、各手法を実現する上での課題と対策案を整理した。一部の課題に対しては対応策を示したが、実現に向けては各課題と対応策に対して、更なる検討が必要である。

今後、路車間通信以外の信号情報提供の手法の実現のために必要な主な取組みを以下に示す。

- 想定される導入時期及び規模を考慮した普及シナリオの検討
- 普及シナリオに応じた信号情報の要件の見直しと妥当性の評価
- 普及シナリオの実現のための機器構成と機能要件・技術要件の検討及び仕様化
- 普及シナリオの実現のために必要な制度的な課題と対策案の検討
- 自動運転の実現に向けた信号情報提供技術等の高度化に係る調査における課題の取り込み
- ＩＴＳ無線路側機等の路車間通信との互いの位置付けの検討

信号情報の提供を可能とする路車間通信以外の手法等に関するアンケート調査票（案）

記入日		
組織名		
担当部署		
ご担当者様		
連絡先	TEL	
	Email	

本調査票での回答内容は、NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）による平成 30 年度「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第 2 期自動運転（システムとサービスの拡張）／ITS 無線路側機等の路車間通信以外の手法による信号情報の提供に係る調査」報告書（公表予定）に取り纏められます。取り纏めにあたっては、回答内容に対し組織名等回答者が特定されないよう加工されます。差し支えのない範囲にて、ご協力のほどお願いいたします。

なお、ご担当者、連絡先につきましては、追加質問のために記入頂いております。

また、本調査は、信号情報の提供を可能とする路車間通信以外の手法等に関して、現在、既に構築された当該手法ではなく、今後新たに開発すべき当該手法について検討するための情報を収集するため実施しています。

1. 必要な信号情報はどのようなものか？

(1) 信号情報の内容、対象交差点の範囲、どの時点（現在、1 サイクル～N サイクル先等）の灯色が必要等

(2) 求める信号情報の精度（誤差）、求めるデータ提供・取得頻度、受容可能な信号情報提供の遅延時間

付図 1　アンケート調査票(1/6)

2. 信号情報の利用方法

貴社では信号情報をどのように使うことを考えていますか？今後の計画や想定も含めてお教え下さい。（例：情報提供、注意喚起、警報、制御、ユースケースなど）

3. 信号情報の提供手法

(1) 信号情報をインフラ機器（交通管制センター、信号制御機）から車に提供するためにはどのような手法（手段）が考えられるか？（複数回答可）

・システム構成、機能概要、通信方式、データフロー等

(2) (1)を実現するための問題・課題、及び対策には何が考えられるか？

付図 2　アンケート調査票(2/6)

信号情報の提供を可能とする路車間通信以外の手法等に関するアンケート調査票（案）

以下、「4.遅延」、「5.誤差」の設問については次ページの定義をご覧の上ご回答ください。

4. 遅延

(1) 信号情報をインフラ機器から車に提供するに当たって、遅延を最小限にするためにはどのような手法（手段）が考えられるか？（複数回答可）

(2) また、遅延時間はどの程度を想定するか？(仮定や推定でも構いません)

(3) (1)を実現するための問題・課題、及び対策には何が考えられるか？

5. 誤差

(1) 信号情報をインフラ機器から車に提供するに当たって、誤差を最小限にするためにはどのような手法（手段）が考えられるか？（複数回答可）

(2) また、誤差はどの程度を想定するか？(仮定や推定でも構いません)

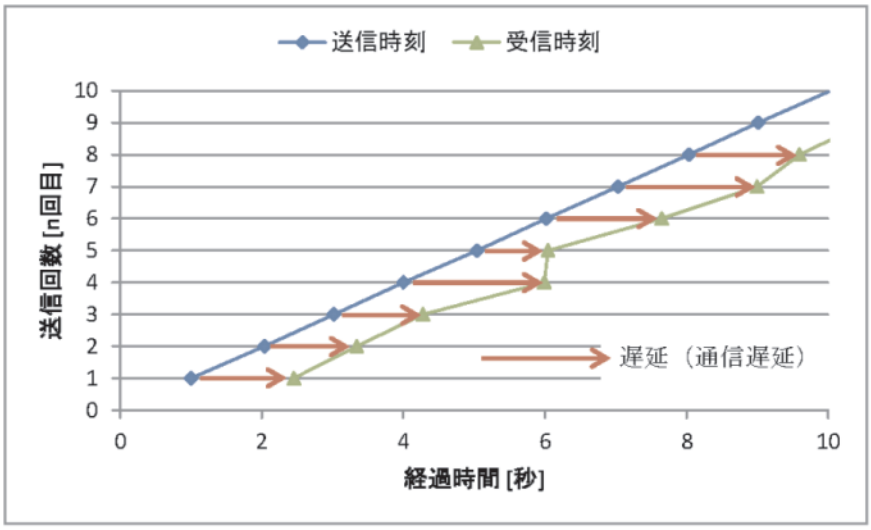
(3) (1)を実現するための問題・課題、及び対策には何が考えられるか？

付図 3　アンケート調査票(3/6)

信号情報の提供を可能とする路車間通信以外の手法等に関するアンケート調査票（案）

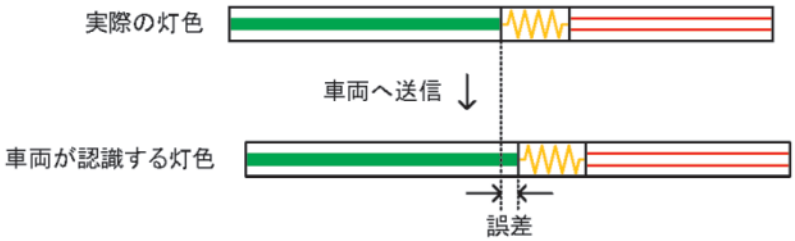
*遅延、誤差の定義は下記の通りとします。

- 遅延：情報の作成元（交通信号制御機など）が信号情報を送信してから、利用者（車両等）が受信するまでの時間（遅延＝受信時刻-送信時刻）



＜遅延のイメージ＞

- 誤差：実際に灯色の変化した時刻と、車両の認識する灯色が変化する時刻の差



＜誤差のイメージ＞

付図 4　アンケート調査票(4/6)

6. セキュリティ確保

(1) セキュリティを確保するためにはどのような手法（手段）が考えられるか？（複数回答可）

(2) (1)を実現するための問題・課題、及び対策には何が考えられるか？

7. 非集中交差点の信号情報

(1) 非集中交差点の信号情報を車に提供するためにはどのような手法（手段）が考えられるか？（複数回答可）

(2) (1)を実現するための問題・課題、及び対策には何が考えられるか？

8. 信号情報以外に求める情報について

❑ 信号情報以外に必要と思われる情報とその用途をお教え下さい。

※例：交通規制、工事、気象情報等

付図 5　アンケート調査票(5/6)

9. 貴社における自動運転技術の開発目標について

❑ 貴社における自動運転技術の開発目標について、「高速道路」と「一般道路」別に、Lv2 以下の技術開発と Lv3 以上の技術開発についてお教え下さい。
※例：XX 年までに〇〇が可能となる技術開発を目標に取り組んでいる、など。

a. 高速道路における自動運転技術の開発目標	
①Lv2 の技術開発（運転支援）	
②Lv3 以上の技術開発（自動運転）	
b. 一般道路における自動運転技術の開発目標	
①Lv2 の技術開発（運転支援）	
②Lv3 以上の技術開発（自動運転）	

質問は以上です。ご協力頂き、誠にありがとうございました。

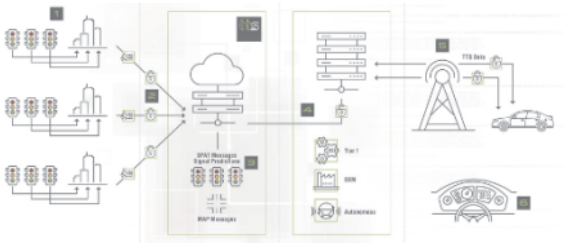
付図 6　アンケート調査票(6/6)

付表１　自動車メーカ(1/3)

	自動車メーカA	自動車メーカB
1. 必要な信号情報はどのようなものか？		
(1) 信号情報の内容、対象交差点の範囲、どの時点（現在、1 サイクル～N サイクル先等）の灯色が必要等	◆信号情報 ・現示、サイクル ◆対象交差点 ・自動運転での活用に向けて、線的・面的な連続性を確保した段階的なエリア展開の検討が必要。最終的には全ての交差点の信号情報を得られることが好ましい。 ・信号制御方式（例：感応or固定）等による「路車間通信」と「路車間通信以外の手法」の棲み分けの検討が必要。 ◆何サイクル分か ・各信号交差点を通過するために最低限必要なサイクルは、現在＋次の2サイクル分だと考える。（現在のITSConnectと同等） ・信号制御方式（感応or固定など）によって、配信可能なサイクルは異なると考える。	<信号情報の内容> 信号情報の内容： ・現在灯色、各灯色の予定時間（少なくとも現在から赤現示2 回分） －各車線（方向）別に全て ・感応の制御状態も含む（灯色変化の10 秒前程度には確定して欲しい） 対象交差点の範囲 ・次に到達する信号交差点と、その先の信号交差点（計２交差点分）
(2) 求める信号情報の精度（誤差）、求めるデータ提供・取得頻度、受容可能な信号情報提供の遅延時間	◆求める信号情報の精度 ・100msec単位 ◆受容可能な信号情報提供の遅延時間 ・（固定遅延）100msec未満、（ゆらぎ）±100msecがベター、±300msecがマスト。 ◆求めるデータ提供・取得頻度 回答なし	・信号情報の精度：100ms ・取得頻度：100ms ・遅延時間：100ms
2. 信号情報の利用方法		
貴社では信号情報をどのように使うことを考えていますか？今後の計画や想定も含めてお教え下さい。（例：情報提供、注意喚起、警報、制御、ユースケースなど）	・グリーンウェーブのような情報提供レベルでの運転支援サービス。 ・信号交差点での事故防止のための情報提供・注意喚起。（路車間通信の補完） ・将来的には、自動運転や運転支援システムの制御も想定。	・情報提供、注意喚起、警報、制御、自動運転など
3. 信号情報の提供手法		
(1) 信号情報をインフラ機器（交通管制センター、信号制御機）から車に提供するためにはどのような手法（手段）が考えられるか？（複数回答可） ・システム構成、機能概要、通信方式、データフロー等	携帯回線を使って、車載機に信号情報配する方法	（別紙参照）
(2) (1)を実現するための問題・課題、及び対策には何が考えられるか？	・実際の現示・サイクルと配信情報の一致性の担保（故障時も含む）。 ・実際の現示・サイクルと配信情報の時間的誤差の規定。	・通信コスト等のドライバー負担方法（ビジネスモデル） ・信号情報配信の遅延 ・通信の安定性

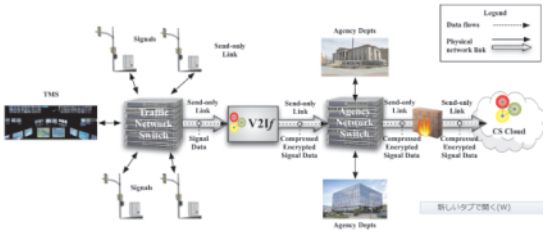
付表２　自動車メーカＢ（信号情報の提供手法　別紙）

・インフラ機器を携帯電話網経由で車両側に提供する



（US　TTS 社 HP より）

https://www.traffictechservices.com/how-it-works.html



（US CS 社 HP より）

https://connectedsignals.com/v2if-signal-feed-appliance/

付表 3　自動車メーカ(2/3)

	自動車メーカA	自動車メーカB
4. 遅延		
(1) 信号情報をインフラ機器から車に提供するに当たって、遅延を最小限にするためにはどのような手法（手段）が考えられるか？（複数回答可）	「●秒後に赤に変化」などの相対時刻表示ではなく、絶対時刻表示での信号情報提供が考えられます。（感応式信号では、該当する灯色を事前に配信する必要あり）	・絶対時間（GPS 連動など）を付与しての情報提供 ・通信の高速処理化（5G 化など）
(2) また、遅延時間はどの程度を想定するか？(仮定や推定でも構いません)	100msec未満（今のITS Connectと同等）	・誤差に含める（100ms 程度）
(3) (1)を実現するための問題・課題、及び対策には何が考えられるか？	インフラ側での検討をお願いしたい。	・絶対時間（GPS 連動など）を付与しての情報提供 ・通信の高速処理化（5G 化など）
5. 誤差		
(1) 信号情報をインフラ機器から車に提供するに当たって、誤差を最小限にするためにはどのような手法（手段）が考えられるか？（複数回答可）	インフラ側での検討をお願いしたい。	・絶対時間（GPS 連動など）を付与しての情報提供 ・通信の高速処理化（5G 化など）
(2) また、誤差はどの程度を想定するか？(仮定や推定でも構いません)	±100msec がベター、±300msec がマスト。	・誤差に含める（100ms）
(3) (1)を実現するための問題・課題、及び対策には何が考えられるか？	インフラ側での検討をお願いしたい。	・絶対時間（GPS 連動など）を付与しての情報提供 ・通信の高速処理化（5G 化など）
6. セキュリティ確保		
(1) セキュリティを確保するためにはどのような手法（手段）が考えられるか？（複数回答可）	（記載なし）	・通信の暗号化 ・ファイアウォールの整備
(2) (1)を実現するための問題・課題、及び対策には何が考えられるか？	（記載なし）	・インフラ設備のコストUP ・車載ECU の処理負荷上昇⇒高機能化
7. 非集中交差点の信号情報		
(1) 非集中交差点の信号情報を車に提供するためにはどのような手法（手段）が考えられるか？（複数回答可）	自動車メーカとしては、集中・非集中に関わらず、求める信号情報への要件は同じ（「1.」（２）と「３.」（２）を参照）。	・通常の交通管制センターへの接続を図る ・交通管制センターを介さず、セルラー経由でネットワークに接続する
(2) (1)を実現するための問題・課題、及び対策には何が考えられるか？	インフラ側での検討をお願いした。	・インフラコストUP ・インフラ整備予算の確保

付表 4　自動車メーカ(3/3)

	自動車メーカA	自動車メーカB
8. 信号情報以外に求める情報について		
・信号情報以外に必要と思われる情報とその用途をお教え下さい。	（記載なし）	※例：交通規制、工事、気象情報等 ・交差点形状情報（車線数・対応する信号灯色・停止線位置・道路規制等々） ⇒車両側で交差点の通過/停止を判断する上で、道路情報も必要なため
9. 貴社における自動運転技術の開発目標について		
・貴社における自動運転技術の開発目標について、「高速道路」と「一般道路」別に、Lv2以下の技術開発とLv3以上の技術開発についてお教え下さい。 ※例：XX年までに○○が可能となる技術開発を目標に取り組んでいる、など。		
a. 高速道路における自動運転技術の開発目標		
①Lv2の技術開発（運転支援）	2020年頃。（報道発表済み）	（記載なし）
②Lv3以上の技術開発（自動運転）	（記載なし）	2020 年 高速道路での自動運転技術の実現 2025 年ごろ パーソナルカーユースに向けたレベル４自動運転技術の確立（弊社ホームページ発表済み）
b. 一般道路における自動運転技術の開発目標		
①Lv2の技術開発（運転支援）	2020年代前半。（報道発表済み）	（記載なし）
②Lv3以上の技術開発（自動運転）	（記載なし）	（記載なし）

付表 5　信号機メーカ(1/5)

	信号機メーカA	信号機メーカB	信号機メーカC	信号機メーカD
1. 必要な信号情報はどのようなものか？				
(1) 信号情報の内容、対象交差点の範囲、どの時点（現在、1 サイクル～N サイクル先等）の灯色が必要等	原則として、直近の交差点の通過／停止の判断、とくにジレンマ回避のために必要な灯色および残秒数の予定情報が最低限必要と考えます。 ただし、信号制御の技術的、運用的な制約から、一部地点や状況によっては現在灯色のみ提供となることを許容し、その場合は車両側での対応を検討すべきと考えます。	（記載なし）	交通管制メーカのため回答しません。	■信号情報　サイクル、階梯表、現在灯色及び灯色切替までの残秒数 ■対象交差点　自動運転に向け最終的には一般交差点を含めた全ての交差点が対象 ■どの時点　現在サイクルは必須と考えます。車のサービス内容にもよると思いますが、現在サイクル＋次サイクル（予定）程度は必要と思います。 ※サービス毎に必要な情報が異なると思いますので、サービスする側の要求が重要と思います。
(2) 求める信号情報の精度（誤差）、求めるデータ提供・取得頻度、受容可能な信号情報提供の遅延時間	ジレンマ回避のためと考えれば、1 秒未満程度の精度が望ましいと考えますが、情報精度に応じて車両側で予備減速を行ったり、予定秒数が頻繁に変わりうる交差点ではITS 無線も併用するなど、システム全体での対策を検討することが望ましいと考えます。	（記載なし）	交通管制メーカのため回答しません。	■信号情報の精度　現状の灯色切替タイミングに従い100msec単位 ■データ提供・取得頻度　切替タイミングに合わせ100msecが理想
2. 信号情報の利用方法				
貴社では信号情報をどのように使うことを考えていますか？今後の計画や想定も含めてお教え下さい。（例：情報提供、注意喚起、警報、制御、ユースケースなど）	SAE の自動運転レベル０～４を想定した検討が望ましいと考えます。	（記載なし）	交通管制メーカのため回答しません。	車で実施するサービスが対象と考え、インフラメーカのため回答不可

付表 6　信号機メーカ(2/5)

	信号機メーカA	信号機メーカB	信号機メーカC	信号機メーカD
3. 信号情報の提供手法				
(1) 信号情報をインフラ機器（交通管制センター、信号制御機）から車に提供するためにはどのような手法（手段）が考えられるか？（複数回答可） ・システム構成、機能概要、通信方式、データフロー等	ITS 無線以外に専用の通信メディアを用いるのではなく、カーメーカ等のテレマティクスセンターから、絶対時刻の信号情報として配信するのが望ましいと考えます。 しかし、交通管制センター内はさまざまブロックに分かれて機器が構成されているため、１秒未満の遅延を実現するには大幅な改造が必要になると考えられます。 そこで、既存の交通管制センターとは別に、信号情報収集／配信用のセンター装置(以下、「配信センター」とします)を新設し、信号制御機と直接通信を行って信号情報を生成し、テレマティクスセンターに配信する構成が考えられます。	（別紙参照）	（別紙参照）	①信号機が感応動作等で100msec単位に灯色切替が発生する場合 ・信号機から直接、車に対し無線等で100msec単位に信号情報を提供 ②信号機が固定秒数で動作している場合 ・信号機が通常状態であれば、携帯網等で予定情報として管制センター又は信号機から信号情報を提供することが考えられる。
(2) (1)を実現するための問題・課題、及び対策には何が考えられるか？	上記の構成においても、感応制御交差点などでは通信遅延やそのゆらぎが要件を満たさない可能性があります。 そこで、上記構成による信号情報提供の対象は定周期制御など予定秒数がほとんど変わらない交差点とし、予定秒数が頻繁に変わりうる交差点ではITS 無線による信号情報提供を行うのが望ましいと考えます。 また、定周期交差点では、DSSS のように信号制御機からリアルタイムに残秒数を収集するのではなく、階梯表を予めセンターで持ち、灯色の切替り時間のみ監視する機能配置とするのが良いと考えます。 いずれにしても、モデルシステムおよび実フィールドによる実験を行い実用化に向けた検証が不可欠であると考えます。	（記載なし）	・複数交差点の先読み機能 交差点間距離が近い場合には、一般ドライバでもその先の交差点の信号情報も考慮して運転しているため、類似の機能が必要となります。 対策として、車両は、自車の判断で行先の複数の信号機の情報の先読みを行えるようにすることが考えられます。ＩＴＳ無線では実現の難しいが、５Ｇ等では対策が容易と思います。 ・提供する信号情報の品質確認 信号制御機から直接クラウド等にアップした場合、提供する信号情報の品質を確認できないことが課題と考えます。 その対策として、通管制センターでも、アップしたクラウド、ＯＥＭ等から信号情報を受信し、提供信号が妥当であることの検証を行う。障害等がある場合は、クラウド、ＯＥＭ等に提供停止指示を行うことが考えられます。	②については、 ・信号機が異常、追従動作中など固定秒数と異なる動作をした場合の車への通知方法が課題 ・車のサービス内容にもよると思いますが、灯色変化と信号情報提供の時間差が、どこまで許容されるか

付表７　信号機メーカＢ（信号情報の提供手法　別紙）

方式１）
＜機能概要＞
管制センターで信号情報を作成して、利用業者に直接配信する。
1)管制センター：信号情報を作成して、利用業者に対して情報を送信する。
2)利用業者、車両：管制センターから受信した信号情報を利用してサービスを行う。
＜通信方式＞
1)管制センター・利用業者間：高速、大容量な光回線等を利用する。

方式２）
＜機能概要＞
交通信号制御機が作成した信号情報を配信システム経由で車両に伝送する。
1)交通信号制御機：情報提供装置に信号情報を送信する。
2)情報提供装置：交通信号制御機から受信した信号情報を配信システムに対して送信する。
3)配信システム：各交差点から収集した信号情報を利用業者に対して送信する。
4)利用業者、車両：配信システムから受信した信号情報を利用してサービスを行う。
＜通信方式＞
1)交通信号制御機・情報提供装置間：S10 形 IF 等の端末回線を利用する。
2)情報提供装置・配信システム間：モバイル回線（LTE、5G 等）や光回線等によりインターネット等を経由した IP 通信を利用する。
3)配信システム・利用業者間：高速、大容量な光回線等を利用する。

方式３）
＜機能概要＞
情報提供装置が点灯状態(AC100V)から信号情報を作成して、配信システム経由で車両に伝送する。
1)情報提供装置：灯器の点灯状態より信号情報作成して、配信システムに対して送信する。
2)配信システム：各交差点から収集した信号情報を利用業者に対して送信する。
3)利用業者、車両：配信システムから受信した信号情報を利用してサービスを行う。
＜通信方式＞
1)情報提供装置・配信システム間：モバイル回線（LTE、5G 等）や光回線等によりインターネット等を経由した IP 通信を利用する。
2)配信システム・利用業者間：高速、大容量な光回線等を利用する。

付表８　信号機メーカＣ（信号情報の提供手法　別紙）

方法１）

１．システム構成

管制システムで把握している信号情報を、ＶＩＣＳセンター、クラウドもしくはＯＥＭのサーバに提供し、そこから車両に提供する。

２．機能概要

歩進制御交差点は、中央装置の制御情報を元に信号情報を編集する。

メリット：中央装置の改修により機能を実現できる。

デメリット：通信エラー等がある場合、提供内容に誤差が生じる。

テーブル制御交差点は、中央装置から信号制御機への指令情報と信号制御機からの動作情報により、信号情報を編集する。

メリット　：中央装置の改修により機能を実現できる。

デメリット：信号機の時刻同期が不十分であるため、精度の高い信号情報提供はできない。感応制御を扱えない。中央装置が編集することで、提供する信号情報の監視が行える。

３．通信方式

通信遅延が影響するため、どこまで許容できるかで通信回線を選択する（４G／５G）.

方法２）

１．システム構成

信号制御機に装置を付加し、負荷装置が信号情報を編集し、ＶＩＣＳセンター、クラウドもしくはＯＥＭのサーバに提供し、そこから車両に提供する。

２．機能概要

歩進制御交差点では残秒数を管理できないため、テーブル制御交差点に更新することを前提とする。

テーブル制御交差点は、ＩＴＳ無線路側機と同様の方法で編集する。メリットは、ＩＴＳ無線路側機の仕様を活用できる（信号制御機側のインタフェース等)。デメリットは、通信の遅延が大きく、許容できない場合は別途対策が必要。

３．通信方式

遅延の少ない５Ｇ回線を使うことで、ＩＴＳ無線と類似した方式を使う。通信頻度は100msec とする方法以外に灯色変化時、感応制御の内部状態変化時等のイベント発生時に限定することで通信量を削減する。

端末から直接クラウド、ＯＥＭ等に信号情報をアップし、そこから車両へ提供する。

付表 9　信号機メーカ(3/5)

	信号機メーカA	信号機メーカB	信号機メーカC	信号機メーカD
4. 遅延				
(1) 信号情報をインフラ機器から車に提供するに当たって、遅延を最小限にするためにはどのような手法（手段）が考えられるか？（複数回答可）	前述の通り、配信センター装置を新設して通信経路をシンプルにするのが良いと考えます。ま た、絶対時刻による情報提供とすることにより、通信遅延の影響は状態監視のみとすることが 可能です。	・伝送時間を減らす（伝送距離を短くする。経由するノードを減らす。伝送速度を上げる。通信データを減らす。）	・信号制御機の付加装置から、車両までの中継回数をできるだけ少なくする。 　可能であれば、５Ｇの直接通信で行う。実現できない場合は、中継するセンタを１つとするようなシステム構成をとる。 ・遅延時間が分かるように、編集時刻を100msecオーダーで作成し、車載機に提供する。 　車載機側で、時計が正確であれば、編集時刻と現在時刻を比較することで遅延時間が把握できる。	・信号制御機から信号情報を送信してから、車までの通信路に中継する装置が極力ないことが望ましい。
(2) また、遅延時間はどの程度を想定するか？(仮定や推定でも構いません)	検証は必要ですが、およそ1 秒未満とすることが可能と推測します。	本アンケートの3で回答した、別紙のシステム構成方式Bを例に回答。 　①：交通信号制御機 　②：情報提供装置 　③：配信システム 　④：情報利用業者 　⑤：車両 ① 交通信号制御機の出力遅延：300ms ①～②の伝送時間：100ms ② 情報提供装置の処理遅延：300ms ②～③の伝送時間：200ms ③ 配信システムの処理時間：1s ③～④の伝送時間：200ms ④ 情報利用者の処理時間：1s ④～⑤の伝送時間：200ms 合計　約３．４秒	エンドツーエンドで、100～200msec以下を想定する。	・車との通信手段が不定なので想定できない
(3) (1)を実現するための問題・課題、及び対策には何が考えられるか？	配信センターとの通信部や監視部を信号制御機に付加する必要があります。 いずれにしても、モデルシステムおよび実フィールドによる実験を行い実用化に向けた検証が不可欠であると考えます。	課題：伝送距離やノード数の低減、伝送速度の向上など 対策：各機器間の遅延時間を厳密に定義して設計する 課題：通信データの削減 対策：緊急性の高いデータ（量 少／頻度 高）と低いデータ（量 多／頻度 低）に分離する	絶対時刻を車両側で扱えるようにするような業界での共通の考え方が必要。	(2)と同じ

付表 10　信号機メーカ(4/5)

	信号機メーカA	信号機メーカB	信号機メーカC	信号機メーカD
5. 誤差				
(1) 信号情報をインフラ機器から車に提供するに当たって、誤差を最小限にするためにはどのような手法（手段）が考えられるか？（複数回答可）	定常的な誤差であれば、事前検証のうえ、それを考慮して絶対時刻による情報提供を行えば最小限に抑えられると考えられます。	①信号情報を絶対時刻基準とする ②情報作成段階で灯色情報との差を補正する（交通信号制御機や情報提供装置などで実施） ③通信時間の影響を各経由装置にて補正する（相対時刻基準の場合）	・誤差を許容すること、許容する誤差の数値を仕様化すること。 例えば、自動運転中に、赤信号になっても500msec以内であれば停止線を通過しても罰則とはしない。ただし、設計上の平均的な遅延を規定して、赤信号では停止線を通過しないようにすることが前提。この場合、信号のゆらぎ等があってもそれを考慮して設計しなくてもよいというメリットが生まれる。統計的には、自動運転車両の動きは予測可能であり、人が運転するものより安全である状態が想定できることが前提となる。	・信号機内で処理時間を短くし、灯色切替タイミングと信号情報の送信タイミングの差を極力短くする ・信号機から車までの通信時間を短くする通信手段とする
(2) また、誤差はどの程度を想定するか？(仮定や推定でも構いません)	100ms 未満に抑えられると考えられます。	情報作成時の精度（100ms）＋情報作成機器の時刻精度（100ms） ＋利用機器の時刻精度（100ms）　合計　約300ms	100～150msec	・信号機～車までの誤差は、通信による誤差が大きいと思われるため、想定できない
(3) (1)を実現するための問題・課題、及び対策には何が考えられるか？	実フィールド実験に先んじて、技術的な事前検証が必要と考えます。 また、車両と配信センターが持つ時刻に誤差がないかの確認も必要と考えます。	①課題：各装置の時計の精度 対策：低遅延のネットワークでのNTP等、GNSSを利用した時刻修正を行う。	・道路交通法の解釈の範疇か、変更が必要かの見極め ・自動運転車両の検査方法の検討（設計通りに動作するか）	(2)と同じ
6. セキュリティ確保				
(1) セキュリティを確保するためにはどのような手法（手段）が考えられるか？（複数回答可）	配信センターと信号制御機、配信センターとテレマティクスセンターはそれぞれ、閉域網を用いたり、VPN や認証機能を用いたりすることで、侵入やなりすましを防ぐことが考えられます。	①配信システムから、既存の信号制御システムに影響を与えない構成とする。 ②通信ネットワークを（仮想）専用線化する。通信データを暗号化する。 ③情報作成機器、配信システム、利用者を認証する。	・暗号化 ・定期的な暗号化キーの変更 ・なりすましの監視	（記載なし）
(2) (1)を実現するための問題・課題、及び対策には何が考えられるか？	配信センターと信号制御機、配信センターとテレマティクスセンターの間で考えられる通信手段(モバイル／有線等)について、どのようなセキュリティ機能があるか調査／比較が望ましいと考えます。	②問題：暗号化／複合化により伝送遅延が増加する 対策：通信の暗号化はネットワークの仮想通信線化で行い、 アプリケーションレベルでは暗号化を行わない。	・システムの複雑化：クラウド、ＯＥＭ等との通信接続時に認証し、メッセージ自体は暗号化 しない、または暗号強度を強くしない方法（盗聴は許容できる場合）。	（記載なし）

付表 11　信号機メーカ(5/5)

	信号機メーカA	信号機メーカB	信号機メーカC	信号機メーカD
7. 非集中交差点の信号情報				
(1) 非集中交差点の信号情報を車に提供するためにはどのような手法（手段）が考えられるか？（複数回答可）	前述の方法であれば、非集中交差点でも提供可能と考えます。ただし感応制御を行っている場合は、ITS 無線による提供が望ましいと考えます。	①管制センターにおいて非集中端末の動作をシミュレートして情報を作成する ②交差点毎に情報の作成・収集を行う機器を設置する	ITS無線路側機と同様に灯器情報を監視し、灯色情報を編集し、モバイル回線等を通じてクラウド、OEM等に提供し、そこから車両へ提供する。	・車のサービスを考えると、集中交差点と非集中交差点の区別はないように思います。上記１と３の設問と同じ
(2) (1)を実現するための問題・課題、及び対策には何が考えられるか？	配信センターとの通信が必要となりますが、通信量は多くないと考えられるため、IoT を主眼とした安価な契約プランを選択可能と思われます。	① 問題：管制センターで機器の動作状態が分からない 対策：管制センターにおいて、非集中端末の状態を確認出来るようにする	クラウド、ＯＥＭ等への送信を低コストかつ高信頼度で行うかが課題。５Gを使い、遅延の少ない回線を用いて送信する。	(1)と同じ理由で、上記１と３の設問と同じ
8. 信号情報以外に求める情報について				
・信号情報以外に必要と思われる情報とその用途をお教え下さい。	信号交差点と地図情報との紐付が必要です。	（記載なし）	※例：交通規制、工事、気象情報等 交通管制メーカのため回答しません。	※例：交通規制、工事、気象情報等 ・想定する回線インフラの仕様（通信速度、応答性能等）が不明なため、回答を控えさせて頂きます。
9. 貴社における自動運転技術の開発目標について				
・貴社における自動運転技術の開発目標について、「高速道路」と「一般道路」別に、Lv2以下の技術開発とLv3以上の技術開発についてお教え下さい。 ※例：XX年までに○○が可能となる技術開発を目標に取り組んでいる、など。				
a. 高速道路における自動運転技術の開発目標				
①Lv2の技術開発（運転支援）	弊社は対象外と思われるため回答は控えます。(以下同様)	（記載なし）	交通管制メーカのため回答しません。	インフラメーカですので回答を控えさせて頂きます。
②Lv3以上の技術開発（自動運転）	弊社は対象外と思われるため回答は控えます。	（記載なし）	交通管制メーカのため回答しません。	①と同じ
b. 一般道路における自動運転技術の開発目標				
①Lv2の技術開発（運転支援）	弊社は対象外と思われるため回答は控えます。	（記載なし）	交通管制メーカのため回答しません。	インフラメーカですので回答を控えさせて頂きます。
②Lv3以上の技術開発（自動運転）	弊社は対象外と思われるため回答は控えます。	（記載なし）	交通管制メーカのため回答しません。	①と同じ

付表 12　その他メーカ(1/4)

	その他メーカA	その他メーカB	その他メーカC
1. 必要な信号情報はどのようなものか？			
(1) 信号情報の内容、対象交差点の範囲、どの時点（現在、1 サイクル～N サイクル先等）の灯色が必要等	◆信号情報の内容 ・現在灯色情報(青矢含む)と残秒数情報(次の灯色変化まで) ・現在灯色が一巡するまで先の灯色情報と残秒数情報 ◆対象交差点の範囲 ・(最終的には)全ての交差点。(段階的には)ある地域内で連続する交差点。 ◆どの時点までの情報が必要か ・現サイクルと次サイクル	■信号情報の内容： (1)サイクル情報 ・青時間/赤時間/黄色時間 ・矢印信号時間（進入/退出道路別） (2)上記サイクル情報の起点時刻 (3)信号関連情報 ・信号機の種類（灯火色、矢印、点灯、点滅） ・信号機の位置、進入退出方向、道路属性(高架,側道等)（どの道路に対する信号か特定する為） ・信号機と道路/車線の紐付け情報（ダイナミックマップのリンクなどとの紐付け情報） ・矢印と対応する道路/車線の紐付け情報（進入/退出道路別） ・バージョン情報（信号情報の変更有無判別の為） ■対象交差点の範囲：広域の信号情報が必要 (1)サイクル情報：指定したエリア内の交差点全て（指定例：VICSメッシュ等） (3)信号関連情報：できる限り全整備エリア（少なくとも中央線がある道路レベルまで対象） ■どの時点まで必要か：現在～出来る限り先までのサイクル情報	（記載なし）
(2) 求める信号情報の精度（誤差）、求めるデータ提供・取得頻度、受容可能な信号情報提供の遅延時間	◆信号情報の精度 ・100msec単位 ◆データ提供頻度 ・100msec周期 ◆許容遅延時間 ・500msec以下(ばらつきは100msec以下)	■信号情報の精度 位置精度：同一交差点において各進入道路別の信号として見分けが付くレベルもしくはダイナミックマップで整備している精度相当 情報提供誤差：100msec 以内（一度に格納されている最後の信号情報の積算誤差を考慮） 情報有効時間の精度：100msec単位	（記載なし）

付表 13　その他メーカ(2/4)

	その他メーカA	その他メーカB	その他メーカC
2. 信号情報の利用方法			
貴社では信号情報をどのように使うことを考えていますか？今後の計画や想定も含めてお教え下さい。（例：情報提供、注意喚起、警報、制御、ユースケースなど）	・ドライバーへの情報提供(赤信号減速支援、発進遅れ防止支援) ・ドライバーへの注意喚起(赤信号見落とし防止支援) ・自動運転車の信号灯色認識補助 ・自動運転車の信号先読み予備減速(灯色切替り時、カーブ先の信号等) ★現状のDSSSの信号情報では、残秒数の最小値と最大値に幅がある場合があり、そういった場合では先読みに利用できる条件がかなり限定されます。出来るだけ幅のない情報で提供されることが望ましいと考えます。 ★通信で取得した信号情報を用いて車両制御し、情報が誤っていて仮に事故が発生した場合、責任は車両側にあると考えればよいでしょうか？その場合、自動運転車で利用する際の開発者向けガイドラインがあるとよいと考えます。	交差点内を安全かつ円滑に走行するため ・自動運転（走行経路計画、高精度地図） ・運転支援システム向け情報提供、注意喚起 ・カーナビゲーション利用	（記載なし）
3. 信号情報の提供手法			
(1) 信号情報をインフラ機器（交通管制センター、信号制御機）から車に提供するためにはどのような手法（手段）が考えられるか？（複数回答可） ・システム構成、機能概要、通信方式、データフロー等	(路車間通信以外で車に提供することを前提) ◆システム構成 ・交通管制センター/信号制御機－信号情報配信サーバーセルラ基地局－車載機 ◆機能概要 ・信号情報生成元となる交通管制センター/信号制御機が信号情報配信サーバに必要な周期で信号情報をアップロードする。車載機は必要な時点でセルラ通信経由で信号情報配信サーバにアクセスし、自車位置情報等を用いて必要な場所の信号情報をダウンロードする。 ◆通信回線 ・交通管制センター－信号情報配信サーバ間：有線回線 ・信号制御機－信号情報配信サーバ間：有線回線/セルラ回線 ・信号情報配信サーバーセルラ基地局間：有線回線/セルラ回線(エッジサーバの場合) ・セルラ基地局－車載機間：セルラ回線	・交通管制センターからサーバー、インターネット、専用回線などを経由して取得 ・信号制御機から無線通信で取得	・信号灯器の現示との遅延及び違いを最小にするため、信号制御器から携帯電話網を使用して、 提供。

付表 14　その他メーカ(3/4)

	その他メーカA	その他メーカB	その他メーカC
(2) (1)を実現するための問題・課題、及び対策には何が考えられるか？	◆課題 ・感応制御式信号機など信号スケジュールが変更される場合への対応 ・セルラ回線等の通信遅延ばらつきへの対応 ・配信サーバの維持コストなど運用を継続するためのビジネスモデル	・サーバー配置（共通か各社個別か等） ・広域信号情報取得時の非集中交差点混在に対する扱い（情報提供されないままの場合）	・信号制御器の改造が必要なため費用が膨大になる。
4. 遅延			
(1) 信号情報をインフラ機器から車に提供するに当たって、遅延を最小限にするためにはどのような手法（手段）が考えられるか？（複数回答可）	（記載なし）	（記載なし）	・車両が受信するまでに中継する機器をできるかぎり減らす。 ・中継機器は、変換する処理や付加処理を極力なくし時間を要しないものにする。
(2) また、遅延時間はどの程度を想定するか？(仮定や推定でも構いません)	（記載なし）	（記載なし）	・システムの許容時間内
(3) (1)を実現するための問題・課題、及び対策には何が考えられるか？	（記載なし）	（記載なし）	・単純なプロトコル変換が望ましいが、セキュリティが課題となる。
5. 誤差			
(1) 信号情報をインフラ機器から車に提供するに当たって、誤差を最小限にするためにはどのような手法（手段）が考えられるか？（複数回答可）	（記載なし）	（記載なし）	・データの発信側（信号制御機）で、発信の際に現示のデータ時刻、灯色が変わる予定時刻を付加する。
(2) また、誤差はどの程度を想定するか？(仮定や推定でも構いません)	（記載なし）	（記載なし）	・遅延がシステム許容（設計）範囲内であれば、予定時間により車載器は誤差ない取り扱いが可能。
(3) (1)を実現するための問題・課題、及び対策には何が考えられるか？	（記載なし）	（記載なし）	・データの発信側（信号制御機）、受信側（車載器）が正確なGPSによる時刻管理が必要。 ・灯色情報のメッセージ内容を変更する必要がある。

付表 15　その他メーカ(4/4)

	その他メーカA	その他メーカB	その他メーカC
6. セキュリティ確保			
(1) セキュリティを確保するためにはどのような手法（手段）が考えられるか？（複数回答可）	（記載なし）	（記載なし）	（記載なし）
(2) (1)を実現するための問題・課題、及び対策には何が考えられるか？	（記載なし）	（記載なし）	・通信相手を認証する等のセキュリティの仕組み等は必要だが、セキュリティの仕組みを複雑にすると、リアルタイム性がなくなる。
7. 非集中交差点の信号情報			
(1) 非集中交差点の信号情報を車に提供するためにはどのような手法（手段）が考えられるか？（複数回答可）	・信号スケジュールに変化がない信号機については、配信サーバに予めデータ登録しておく。 ・感応制御など信号スケジュールに変化がある信号機については、セルラ通信等により配信サーバへ信号情報を伝送することが考えられる。	（記載なし）	・3(1)と同様に、信号灯器の現示との遅延及び違いを最小にするため、信号制御器から携帯電話網を使用して、提供。
(2) (1)を実現するための問題・課題、及び対策には何が考えられるか？	・配信サーバの信号情報と信号制御機との同期ずれへの対応 ・感応制御信号機におけるセルラ回線コスト負担	（記載なし）	・信号制御器の改造が必要なため費用が膨大になる。 ・携帯電話網が整備されてないエリアは基地局の追加が必要。
8. 信号情報以外に求める情報について			
・信号情報以外に必要と思われる情報とその用途をお教え下さい。	◆信号情報以外の情報 ・道路規制情報 ・ハザード情報(事故、故障車、落下物、冠水、積雪等) ・気象情報(豪雨、降雪等) ・路駐車情報 ◆用途 ・ドライバーへの情報提供 ・自動運転車のルート変更/走行モード切替等	※例：交通規制、工事、気象情報等 運転支援用途として以下が有用 ・緊急車両のリアルタイム通行状況（位置情報） ・交通規制、工事、冠水、事故などの情報（種別、車線情報、位置情報）	（記載なし）
9. 貴社における自動運転技術の開発目標について			
・貴社における自動運転技術の開発目標について、「高速道路」と「一般道路」別に、Lv2以下の技術開発とLv3以上の技術開発についてお教え下さい。 ※例：XX年までに○○が可能となる技術開発を目標に取り組んでいる、など。			
a. 高速道路における自動運転技術の開発目標			
①Lv2の技術開発（運転支援）	（記載なし）	（記載なし）	（記載なし）
②Lv3以上の技術開発（自動運転）	（記載なし）	（記載なし）	（記載なし）
b. 一般道路における自動運転技術の開発目標			
①Lv2の技術開発（運転支援）	（記載なし）	（記載なし）	（記載なし）
②Lv3以上の技術開発（自動運転）	（記載なし）	（記載なし）	（記載なし）

付表 16　通信ＩＴ事業者(1/7)

	通信IT事業者A	通信IT事業者B	通信IT事業者C	通信IT事業者D
1. 必要な信号情報はどのようなものか？				
(1) 信号情報の内容、対象交差点の範囲、どの時点（現在、1 サイクル～N サイクル先等）の灯色が必要等	①自動運転車両制御の補助情報として ・対面している交差点における信号（信号そのものは対面・非対面問わず）において、どの灯色にどのタイミングで変わるか、という情報を1 サイクル先など、少し先の情報を余裕をもって車両に配信する ②車両の利用者（運転者・同乗者）に対する、より快適なドライビングの提供用として ・対面している信号の灯色が概ね何秒後に変わるのか	・必要な信号情報の内容：交差点の座標、方路、灯色パターン、各灯色の時間、サイクル開始の絶対時刻 ・対象交差点の範囲：路車間通信を補完する形での広域エリア（セルラー網の広域性を活かした、複数交差点情報の一斉配信）を想定 ・どの時点の灯色が必要か：現在～２サイクル先（既存システムを踏襲）、次回変更の灯色パターンとその絶対時刻（信号制御タイプに依存して要件が異なると想定） ※情報内容やサイクルについては、利用者である自動車メーカー様の要件を重視	信号出力：交通信号制御機（→クラウドサーバー） 送信間隔：1Hz（１秒 周期：交差点内の各灯器の信号情報が含むまれていること） 信号情報：交差点単位かつ以下の情報が含まれていること ① 情報作成時刻（信号情報を作成した時刻） ② 車両灯器の信号情報（灯色、矢印情報、最短秒数、最長秒数） ③ 歩行者灯器の信号情報（灯色、最短秒数、最長秒数） ④ 通信ID（通信開始、通信終了） ⑤ 交差点ID（信号情報を送信する交差点を示す） ⑥ 道路ID（交差点内で車両が通行する道路を示す ※信号情報は、現在の灯色が次に表示されるまで（約１周期分） 信号出力：クラウドサーバー（→車両） 送信間隔：10Hz（100ms周期） 信号情報：道路単位 ① 交差点ID（信号情報を送信する交差点） ② 信号ID（道路IDと紐づけられた値） ③ 現示灯色（現在の灯色を示す。青、黄、赤等） ④ 残秒数（現在の灯色が何秒継続するか。ミリ秒単位） ⑤ 切替時刻（現在の灯色が終了する時刻） 備考）欧州で使用されている「SPaT(Signal Phase and Timing)」の仕様も参考にしたい	静的情報：交差点の位置、灯器の位置、向き、サイクルパターン表 動的情報：現示信号機の色、1サイクル分の時間、感応・押し釦の作動状況

付表 17　通信ＩＴ事業者(2/7)

	通信IT事業者A	通信IT事業者B	通信IT事業者C	通信IT事業者D
(2) 求める信号情報の精度（誤差）、求めるデータ提供・取得頻度、受容可能な信号情報提供の遅延時間	①自動運転車両の制御用として ・誤差：1 秒～3 秒？ ・対面している信号のまさに次の灯色の提供ではなく、この先1 サイクルの程度の情報を、定期秒（毎秒とか5 秒に1 回といった具合に）ごとに提供。その情報をもとに車両側でリアルタイムな挙動を制御 ②車両の利用者（運転者・同乗者）に対する、より快適なドライビングの提供用として ・誤差：2～3 秒程度の誤差は許容範囲と思われる？ ・求めるデータ・頻度：定期秒（毎秒とか5 秒に一回といった具合に）ごとに、灯色とその変化タイミング	・求める信号情報の精度（誤差）：自動運転Level1や、自動車メーカー様の要件による ・求めるデータ提供・取得頻度：自動車メーカー様の要件による ・受容可能な信号情報提供の遅延時間：自動運転Level1や、自動車メーカー様の要件による	時刻同期の誤差としては50ms 以内が望ましい※ 以下の区間の通信マージン（安全係数）は3 秒程度が望ましい※ 信号機（制御盤、通信機）～NW（無線設備、コアNW 設備）～インターネット設備（クラウドサーバー）～NW（コアNW 設備、無線設備）～車両（通信機、処理CPU）間 ※色々なケースを想定しかつ十分な検証試験を実施して最適解を求める必要あり	全体として、情報の精度は９９．９９９％以上等高い精度を確保したい 頻度は、パターンが変わらないのであれば、一定程度。パターン変更時、感応時は瞬時。 遅延としては、数百ｍｓ以下
2. 信号情報の利用方法				
貴社では信号情報をどのように使うことを考えていますか？今後の計画や想定も含めてお教え下さい。（例：情報提供、注意喚起、警報、制御、ユースケースなど）	車両のリアルタイムな運行制御や安全安心といったクリティカルな用途に対して、モバイル網を用いた信号情報の提供は容易でない可能性があると考えられる。 信号情報をもとにしたリアルタイムな車両挙動制御は車両側で担われ、モバイル網経由で配信される信号情報は次のサイクルなど数秒の遅延を許されるレベルの情報となることを想定する。 あるいは、車両の利用者（運転者・同乗者）に対する、より快適なドライビングの提供用として、数秒の遅延が必ずしも問題とならない、補足情報としての活用が想定される。	・自動運転車(Level3 以降)における制御としての活用（カメラなど車両自律系との連携を想定） ・安全運転支援としての情報提供～注意喚起 -直前の大型車両や逆光などにより、ドライバーが信号認識し辛い場合のサポート -信号情報の先読みによるエコドライブ -青信号に変わる際の遅滞ない発進による交通流スムーズ化 -信号サイクルを加味した最適ルート案内	・スムースで安全な車両走行、乗り心地の向上、のために使用 ・自動運転車が円滑かつ安全に道路を走行するために使用	自動運転車両への情報提供 有人運転車両への注意喚起（警報含めて） 効率的なルート探索

付表 18　通信ＩＴ事業者(3/7)

	通信IT事業者A	通信IT事業者B	通信IT事業者C	通信IT事業者D
3. 信号情報の提供手法				
(1) 信号情報をインフラ機器（交通管制センター、信号制御機）から車に提供するためにはどのような手法（手段）が考えられるか？（複数回答可） ・システム構成、機能概要、通信方式、データフロー等	・信号制御機の情報を収集するサーバー（交通管制センターの既存システムがこの役割を担える？） ↓ 信号情報配信サーバー（新規構築されることを想定） ↓ インターネットor 閉域網でモバイルキャリアと接続 ↓ 車両 という構成で信号情報配信サーバーからプッシュ配信。 または車両側アプリケーションから定期ポリングによりリクエストし情報取得。	LTE などのセルラー網を利用したV2N 通信を想定。 ・システム構成：［交通管制センタ」－[配信センタ]－[セルラー網]－[車両] ・機能概要：配信センタが交通管制センタから取得した信号情報を、広域配信用に整形して配信 ・通信方式：個々の車両に対して定期的に情報提供を行うユニキャスト通信、または、同一エリアを走る複数車両へのマルチマルチキャスト(一斉同報)通信が考えられる	・NW 経由通信（NW-V2I） →既存LTE とクラウドサーバーを組み合わせた通信 ・C-V2I（PC5 インターフェース；4G/5G のブロードキャスト通信） ※直接通信以外の手法として列記した。直接通信の場合はライセンスバンドによる直接通信、光通信方式が考えられる	信号制御器へのIoT(LTE)ルーターの設置 クラウド上へ配信サーバの設置 車両側はコネクテッドモジュール（LTE）で受信
(2) (1)を実現するための問題・課題、及び対策には何が考えられるか？	・セキュリティの担保 インターネット経由での配信にセキュリティ上の懸念がある場合には、MNO/MVNO と閉域網での接続が必要。 ・利用者が乗る車両のメーカー、また契約する通信事業者の違いによる差異にどのように対応 するか	管制センタで管理されている信号制御機の場合 ・課題： 交通管制センタのデータ／配信センタのデータ／配信データ／実際の灯色の不一致やタイムラグ ・対策： 両センタ間(情報源であるセンタと、配信元となるセンタ)の同期処理、交通管制センタからの更新情報プッシュ通知など	課題 ① 仕組みを維持継続するためのビジネスモデルが作れるか ② 国際的に使える仕組み、機器構成（周波数含む）に出来るか（ガラパゴス化しない仕組み） ③ 安価かつ継続的に使用し続けられる機器構成に出来るか ④ システムのロバスト性（ロバストネス） ⑤ 信号機自体の撤去、移設に伴う情報更新をどの様に車両側に伝え対応させるか、の仕組み 対策案 ① 三方よしである仕組みを考える（提供者、利用者、世間）→課題①②③ ② 普及し易い様、市販品、流通品で安価かつ最新技術が利用出来る仕組み →課題②③ ③ 複数のシステム・技術要素で構築する →課題④⑤	信号制御器へのルータの設置そのもの 信号制御器の種類が多いことにより取得データに差異がある 管制で高頻度に制御している場合は、制御器でのデータでは不足する

付表 19　通信ＩＴ事業者(4/7)

	通信IT事業者A	通信IT事業者B	通信IT事業者C	通信IT事業者D
4. 遅延				
(1) 信号情報をインフラ機器から車に提供するに当たって、遅延を最小限にするためにはどのような手法（手段）が考えられるか？（複数回答可）	・信号～車両間でモバイル網を用いて信号情報を渡す際に物理的な遅延が発生する箇所として以下が想定される ・信号制御器－モバイル無線ネットワーク ・モバイルコアネットワーク ・固定網（インターネット/閉域網） ・交通管制センターサーバー内処理 ・交通管制センター－信号情報配信サーバー間 ・信号情報配信サーバー－固定網（インターネット/閉域網） ・モバイルコアネットワーク ・モバイル無線ネットワーク－車両 （車両からのポリングの場合には車両～信号情報配信サーバー間の経路遅延が2 倍） ・遅延の最小化の方法として、 ・途中経路のIP ルーティングのシンプル化 ・情報配信サーバーを地域ごとに分散	・インターネット網は遅延が増大・変動しやすいため、配信センタを閉域網内に設置する	・時刻同期による信号情報提供 ・無線による直接通信	信号制御器の発信側とサーバ、受信側の車両の時刻を同期させることにより、遅延を無くすただし、押し釦等では遅延が問題になるため、通信経路での遅延を考慮する必要あり
(2) また、遅延時間はどの程度を想定するか？(仮定や推定でも構いません)	・平均的に数百msec オーダーを想定	・ネットワークを経由する機器構成、トラフィック混雑度などに依存するため前提条件を議論した上で、実測方法などを検討させて頂きたい。	人が殆ど感じられない程度の遅延（人間の反応時間以内 100ms 程度であれば許容範囲では）	数１００ｍｓ
(3) (1)を実現するための問題・課題、及び対策には何が考えられるか？	・インターネットの遅延はコントロール困難 ・サーバー分散は一つの方法となりうるが、コストの問題 ・車両が他の用途で通信する場合はさらなる通信遅延が発生しうる ・送受信データサイズにより別の通信遅延が発生しうる	（記載なし）	・GPS、NTP サーバーを利用した時刻同期 ・日本独自にならない様な周波数帯（ライセンスバンド）および技術の選択 →総務省等、国の無線主管省庁への理解と働きかけおよび必要な改正 ・複数の技術を組み合わせた仕組み	感応時については、遅延が発生するため、課題となるため、５G、エッジコンピューティング等の対策が必要

付表 20　通信ＩＴ事業者(5/7)

	通信IT事業者A	通信IT事業者B	通信IT事業者C	通信IT事業者D
5. 誤差				
(1) 信号情報をインフラ機器から車に提供するに当たって、誤差を最小限にするためにはどのような手法（手段）が考えられるか？（複数回答可）	・デバイス側の通信の制御（例：信号情報送るときには他の通信をしない） ・インターネット経由でなく閉域網を使う	・インターネット網はゆらぎが増大・変動しやすいため、配信センタを閉域網内に設置する （遅延対策と同等と想定）	GPS、NTP サーバーによる時刻同期を確実に実施し続けること	信号制御器から送信機（ルータ）が受け取る際に遅延が発生するため、その遅延分を考慮した時刻設定を行う。 通信経路での遅延は、時刻同期でカバーする。 車両側も受け取りから実際の制御に移るまでに遅延が発生するため、処理方法等の考慮を行う。
(2) また、誤差はどの程度を想定するか？(仮定や推定でも構いません)	・数十msec 程度	・ネットワークを経由する機器構成、トラフィック混雑度などに依存するため前提条件を議論した上で、実測方法などを検討させて頂きたい。 （遅延対策と同等と想定）	50ms 以内	数100ｍｓ
(3) (1)を実現するための問題・課題、及び対策には何が考えられるか？	（記載なし）	（記載なし）	・時刻同期が崩れた時にどう対処するか、また崩れたことをどの様に検知して安全を維持させるかの仕組み	制御器内部でのデータの受け取り方等の検討が必要。 最終的な受け取り手（車両等）との連携することにより、全体としての誤差を検討できると考えている
6. セキュリティ確保				
(1) セキュリティを確保するためにはどのような手法（手段）が考えられるか？（複数回答可）	・途中経路を閉域網、最低でもインターネットVPN にする ・情報の暗号化	・モバイル網～交通管制センタまで、高速暗号化を施した閉域網で構成することにより、外部からの侵入リスクを回避	・ライセンスバンドに利用 ・最新のセキュリティ技術を搭載する	TLS による暗号化 信号制御器内に設置して、一般人が触れられないにする
(2) (1)を実現するための問題・課題、及び対策には何が考えられるか？	・自動車メーカー、通信事業者の接続をどうするか ・暗号化、複合化処理に新たな遅延	・同上	・セキュリティホールが見つかった場合の対応を如何に迅速に行い、不具合を波及させない様にするか ・セキュリティチェック、監視の仕組み／体制をどのように構築するか	特になし

付表 21　通信ＩＴ事業者(6/7)

	通信IT事業者A	通信IT事業者B	通信IT事業者C	通信IT事業者D
7. 非集中交差点の信号情報				
(1) 非集中交差点の信号情報を車に提供するためにはどのような手法（手段）が考えられるか？（複数回答可）	（記載なし）	・3(1)と同等	・通信で情報提供出来る仕組みにする	信号制御器への通信機器の設置
(2) (1)を実現するための問題・課題、及び対策には何が考えられるか？	（記載なし）	・課題：信号機故障時の検出・迅速な復旧対応 ・対策：簡易・安価な通信機の設置による信号機の状態監視、および、故障状態の配信	・機器の改造費が捻出できるか →例えば、自動運転バス等、自動運転車両が走行するルート上（ODD 範囲内）となる道路のみ対応することで必要投資を抑える。 国（省庁）、地方自治体および交通事業者と協議が必要。	設置における警察庁、県警による許可 設置費用
8. 信号情報以外に求める情報について				
・信号情報以外に必要と思われる情報とその用途をお教え下さい。	・道路標識等	・交通規制や工事などの道路占有情報 ・交通事故・災害発生情報 ・渋滞情報 など	※例：交通規制、工事、気象情報等 以下、自動運転車を意識した場合、ODD の設定に必要であると思われる 【天候条件】降雨、風速、河川水位、濃霧、災害警報（自治体からの警報含む） 【道路環境】勾配、信号機有無、信号機種別、車線有無、道路幅、路肩形状、センターライン形状、自動運転専用道路の有無、隧道有無、 【その他 】停電、事故、震災（予期せぬ事象）、複合事象による判断（ジオフェンスの一時制限解除含む）、信号機表示、工事等に伴う車線変更/規制（人による交通整理）	※例：交通規制、工事、気象情報等 交差点の走行車両の映像 対抗・交差車両への情報提供により、潜在リスクの顕在化が出来て、事前に対処出来る。 また、自動運転においては、可視化領域が増えることにより安全性が向上する

付表 22　通信ＩＴ事業者(7/7)

	通信IT事業者A	通信IT事業者B	通信IT事業者C	通信IT事業者D
9. 貴社における自動運転技術の開発目標について				
・貴社における自動運転技術の開発目標について、「高速道路」と「一般道路」別に、Lv2以下の技術開発とLv3以上の技術開発についてお教え下さい。 ※例：XX年までに○○が可能となる技術開発を目標に取り組んでいる、など。				
a. 高速道路における自動運転技術の開発目標				
①Lv2の技術開発 （運転支援）	（記載なし）	（記載なし）	弊社では自動運転技術は開発していないため未回答とします	弊社としては自動運転の開発は行っておりません。
②Lv3以上の技術開発 （自動運転）	（記載なし）	・自動運転がスムーズに運行できるよう、進行方向前方の地物など道路の先読み情報を配信する技術の開発に取り組んでいる。 ・車両の位置測位精度を向上するための、補強信号の配信技術の開発に取り組んでいる。 （実装時期は自動車メーカー様の要件による）	弊社では自動運転技術は開発していないため未回答とします	（記載なし）
b. 一般道路における自動運転技術の開発目標				
①Lv2の技術開発 （運転支援）	（記載なし）	（記載なし）	弊社では自動運転技術は開発していないため未回答とします	弊社としては自動運転技術の開発を行っておりません。
②Lv3以上の技術開発 （自動運転）	（記載なし）	（上記に加え） ・自動運転車の遠隔での運行状態監視や非常時の管制を可能とする、高信頼・低遅延伝送の技術開発に取り組んでいる。 （実装時期は自動車メーカー様の要件による）	弊社では自動運転技術は開発していないため未回答とします	弊社としては自動運転技術の開発を行っておりませんが、2022 年から23 年頃に一般的な実用化が出来ると想定しております。

結び（統括及び結論）

本調査を通じて、路車間通信以外の信号情報提供の手法を整理するとともに、各手法を実現する上での課題と対応策の検討を実施した。

本調査で検討した手法と実現に向けた課題・対応策を基に、路車間通信以外の手法により提供される信号情報の用途に応じた性能、コスト、整備等の面を考慮して、機能要件・技術要件の詳細化を行うとともに、各手法で提供する信号情報の自動運転での活用の可能性を検証することが必要である。

最後に、本調査に当たり、ご協力を賜った関係者各位に深く感謝申し上げる。

研究発表・講演、文献、特許等の状況

（記述なし）