

### ⑥ GNSS(位置情報)等を活用した信号制御等及び緊急車両情報に係る技術開発

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

角建志 (コイト電工株式会社)

Kenji Sumi (KOITO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.)

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

キーワード：GNSS、信号制御、位置情報、緊急走行車両情報、公共交通

## 1 研究開発の概要

### 1.1. 背景

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

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

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

また、光ビーコンは定点感知となるため光ビーコン

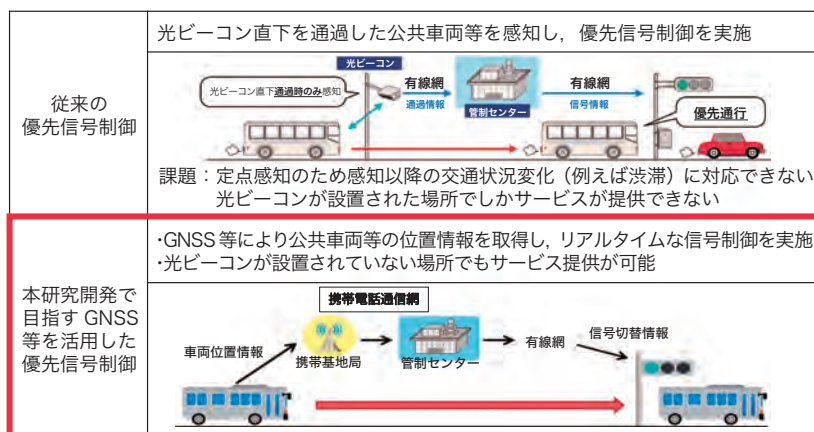


図1 従来とGNSS優先信号制御との比較

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

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

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

### 1.2. 目的

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

### 1.3. 概要

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

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

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

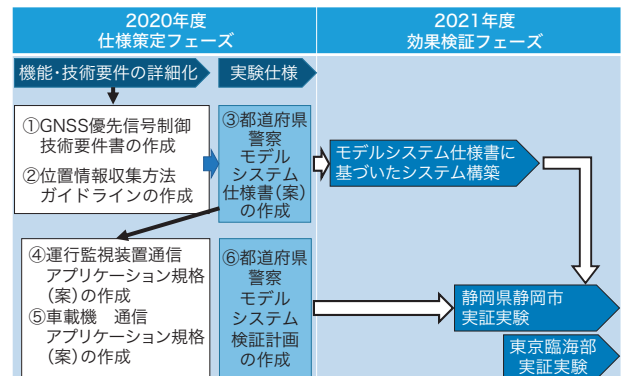


図2 本技術開発の全体工程

## 2 本技術開発における優先信号制御

### 2.1. 現状の優先信号制御

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

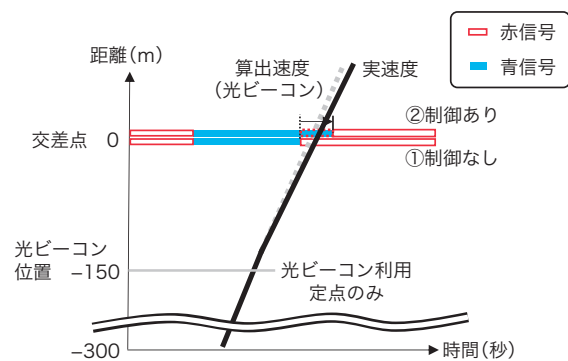


図3 従来の優先信号制御有無比較

### 2.2. 現状の課題

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

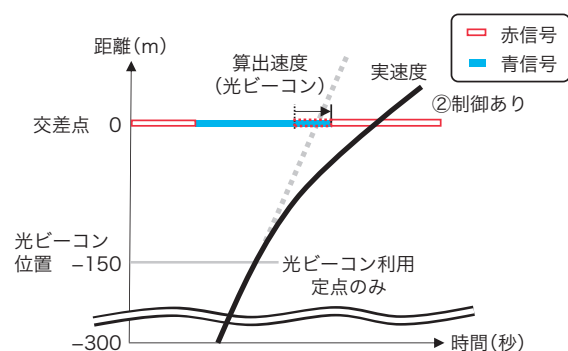


図4 従来の優先信号制御の課題

### 2.3. 本技術開発における優先信号制御

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

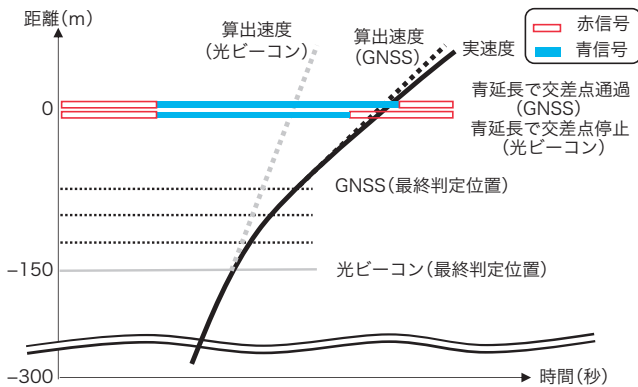


図5 本技術開発による優先信号制御

## 3 機能・技術要件の詳細化

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

### 3.1. 位置誤差の目標性能

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

### 3.2. 計測周期の目標性能

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

### 3.3. 測位方式

測位方式については、一般的に広く利用されている方式の中から、運用路線の外部環境に応じ、基準局を設置しその補正情報について携帯電話網等を介して使用するRTK方式、または衛星から配信される補強信

号をGNSS受信機にて受信し測位精度を高めるDGPS方式を採用するものとし、共存も可能なようにどちらか一方以上とした。

### 3.4. 位置補正方式

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

## 4 優先信号制御実証実験

### 4.1. 実験概要

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

表1 実験概要

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

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

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

具体的には図7に示すとおり、管制システムに運行

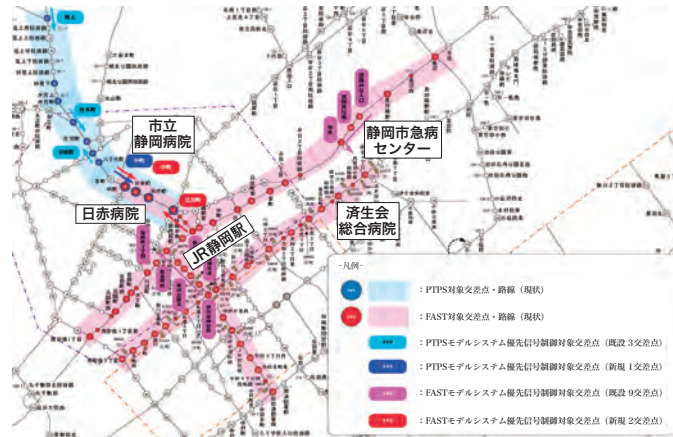


図6 実験路線及び交差点

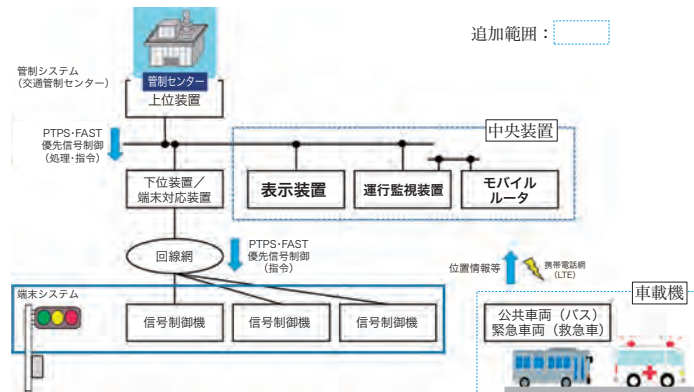


図7 実験システム構成図

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

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

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

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

なお，PTPSについては現在の運用実態と合わせて平日のみを実験日とした。

#### 4.2. 実験結果

基本動作，位置誤差，遅延時間等の確認及び制御効

果が光ビーコン制御と同等以上であることを表2のとおり確認した。

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

GNSS精度については，PTPS検証路線内は表3の

表2 検証項目と結果

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

表3 検証路線内の位置誤差検証結果

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

単位 m

表4 検証路線外の位置誤差検証結果

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

単位 m

とおり、目標とした位置誤差10m以下を満たしていることを確認した。

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

また、本技術開発特有の機能について検証した結果を以下に示す。

#### (1) 優先信号制御の追加動作機能

現状の光ビーコンによるバス位置は、路側に設置された光ビーコン直下通過時のみ感知する仕組みのため、

光ビーコン通過後にバス位置は不定となる。

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

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

#### (2) 優先信号制御の解除動作機能

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

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

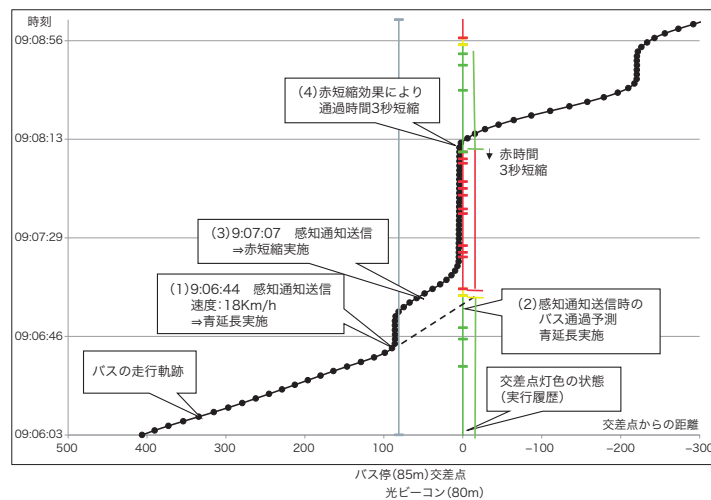


図8 本技術開発特有機能(優先制御追加動作)事例

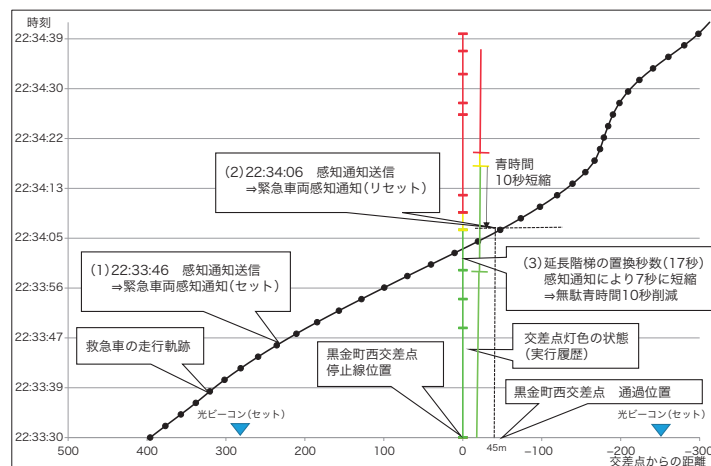


図9 本技術開発特有機能(優先制御解除動作)事例

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

## 5 緊急走行車両情報(模擬)配信実証実験

### 5.1. 実験概要

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

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

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

図10に実験構成図、表5に配信情報仕様を示す。

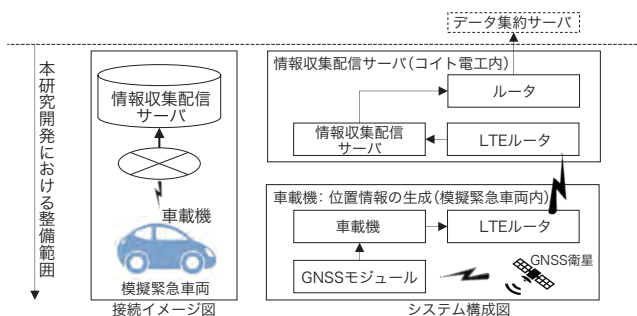


図10 東京臨海部実証実験における実験構成図

表5 配信情報仕様

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

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

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



図11 模擬緊急車両

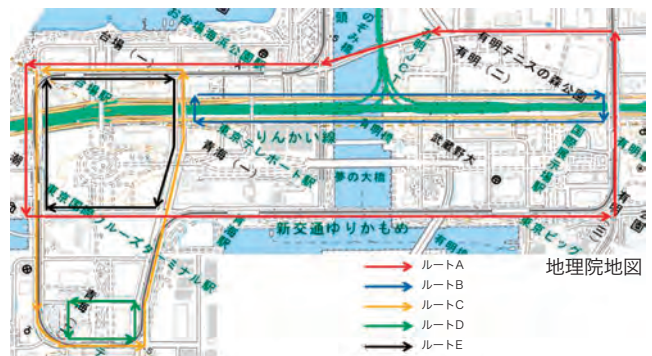


図12 走行ルート

### 5.2. 実験結果

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

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

東京臨海地区における評価地点を図13に示す。



図13 評価地点

位置誤差の評価結果を表6に示す。

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

あり、想定どおり位置誤差が最大値10m以下の5.12mであった。

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

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

表6 評価結果(その1)

単位:m

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

評価結果(その2)

単位:m

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

評価結果(その3)

単位:m

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

評価結果(その4)

単位:m

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

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

車両1と車両2の評価結果を、それぞれ表7と表8に示す。

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

結果として大きな誤差は見受けられなかった。

表7 車両別評価結果 車両1(その1)

単位:m

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

車両別評価結果 車両1(その2)

単位:m

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

表8 車両別評価結果 車両2(その1)

単位:m

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

車両別評価結果 車両2(その2)

単位:m

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

## 6 おわりに

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

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

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

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

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

今後は早期社会実装へ向け、社会インフラ設備としての標準化を進めていく。

### 【参考文献】

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

### 【本件問合せ先】

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

# 2 交通環境情報の構築と活用

(2) 交通環境情報の配信に係る技術開発

## 協調型自動運転のための通信方式の検討(概要)

Research for V2X Communication for Cooperative Driving Automation (Overview)

菅沼英明 (トヨタ自動車株式会社)

Hideaki Suganuma (TOYOTA MOTOR CORPORATION)

### 1 はじめに

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

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

グローバルな視点で見れば、多くの地域・国が5.9GHz帯をITS用の周波数として割り当てているが、5.9GHz帯を含む5GHz帯の電波は直進性が強く、見えない先の状態を検知したいITSには向かないのではないか、ETCをはじめとした他のシステムへの与干渉や無線LANの周波数拡張による被干渉などにより、

用途や場所が限られるのではないかと、何よりも5.9GHz帯は放送業者がFPU (Field Pickup Unit) として現在も利用中であり、業界を超えた周波数移行作業が必要になることから、日本の周波数事情に適さないのではないかとといった意見もあり、結論は見えていなかった。

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

### 2 活動概要

#### 2.1. 協調型自動運転の定義・目的・目標

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

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

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



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

## 2.2. 検討のステップ

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

Phase I：検討のベースとするユースケースの整理

Phase II：各ユースケースの通信要件の明確化

Phase III：通信要件を満たす通信方式の検討

及びロードマップの策定

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

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

日程	FY2019 Q3 Q4	FY2020 Q1 Q2	FY2020 Q3 Q4	FY2021 Q1 Q2	FY2021 Q3 Q4	検討メンバ
Phase I	ユースケースの選定					警察庁、総務省、経済産業省、国土交通省、内閣府(SIP)、自工会、大学通信有識者
Phase II	通信要件の明確化					Phase Iのメンバに加え UTMS協会、国総研、ITS-Forum、JEITA
Phase III	通信方式の検討 ロードマップ策定					

図1 TF検討メンバと大日程

スペースを考えるのではなく、世の中で提唱されているユースケースを集約・整理し、TFとして取り組むべきユースケースを選定するというやり方を採用した。実際のユースケースは、一般社団法人日本自動車工業会(以下、自工会)からの提案、及び2018年度に実施されたSIP自動運転における調査研究「自動運転システムにおけるV2X技術等を含む新たな通信技術の活用に関する調査」<sup>(2)</sup>の結果を用いた。自工会の提案は、自動運転車が走行可能となるために必須と考えられるユースケースであり、信号情報配信、合流支援、緊急車両存在通知などである。また、2018年度の調査研究には、欧・米・日本を含むアジアの協調型自動運転及び安全運転支援のプロジェクトで用いられたユースケースがまとめられている。

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

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

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

## 3 通信方式の検討

### 3.1. ユースケースの選定

協調型自動運転を対象とした通信活用に関しては、国内外問わず多くのユースケースが提唱されている。ただしその中には、車載センサの代わりに通信を使うなど、明らかに通信という手段が目的化されているものや、今時点で通信以外の要素技術に大きな課題が見えており、通信の適用だけでは実現困難と思われるものも多く存在している。本TFではこういったユースケース全てを実装することは現実的でないと考え、将来に向けて実現することが想定されるユースケースを定めることとした。ただし、本TFが新たに全てのユー

### 3.2. 通信要件の明確化

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

(2) 交通環境情報の配信に係る技術開発

協調型自動運転のための通信方式の検討(概要)

機能分類	a. 合流・車線変更支援			
ユースケース名	a-1-3. 路側管制による本線車両協調合流支援			
対象場所	高速道路+一般道	対象車両	オーナーカー	
概要	本線走行車両の位置や速度等、面的に計測した情報を、インフラから合流車両に提供するとともに、インフラから本線車両側に車間調整等を指示し、合流の支援を行う。			
ユースケースイメージ				
通信要件等 (留意事項)	通信	V2I	メッセージ	合流部到達時刻(本線車)、車間調整要求
	接続形態	1対多	データセンサデータ	速度、位置
	制御用途	速度調整、車間調整	リッチコンテンツ	-
	即応性	要	データ量	小

図2 合流支援のユースケース例

表1 通信要件の例

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

3.3. 通信方式の技術的検証

3.1節で選定したSIP-UCに対し、3.2節で定めた通信要件を適用することで、ユースケースの実現可否を通信の成立性の観点から評価した。評価では、SIP-UCの中で、明らかにV2N通信(V2N: Vehicle to Network)による広域への情報配信が適していると考えられる5

つを除いた20のユースケースについて、以下の2つの通信方式の適用可否を検討した。

- 1) 700MHz帯ITSの拡張
- 2) 新たな通信方式の例としてのC-V2X<sup>(※)</sup>適用

※5.9GHz帯周波数の活用事例として採用

C-V2X (Cellular V2X: Xはeverythingの意)

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

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

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

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

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

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

技術的検証結果をまとめると以下である。

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

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

## 4 ロードマップの策定

本TFが定めたSIP-UCは、自動運転車を走らせるために必須となるものと、より安全・快適な走行をサポートするものに分類される。また、安全運転支援の延長で実現できるものや高度な仕組みを要するもの、さらにはITS関連省庁をはじめとした国の施策として既に位置づけられているものなど、その実現時期は様々である。そこでPhase IIIでは、関係する各方面の情報をもとに、SIP-UCそれぞれの展開時期を整理し、概ね5年程度のスパンをもって定めた。さらには、ユースケース実現には、単に技術だけでなく、法制度、ビ

ジネスモデル、事業者間での役割と責任分担の明確化等、解決すべき課題は多岐にわたることから、本TFでは、SIP-UCの実現に必要な課題も同時に洗い出し、これらを含めた展開計画とした。

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

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

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

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

## 5 おわりに

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

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

(2) 交通環境情報の配信に係る技術開発

協調型自動運転のための通信方式の検討(概要)

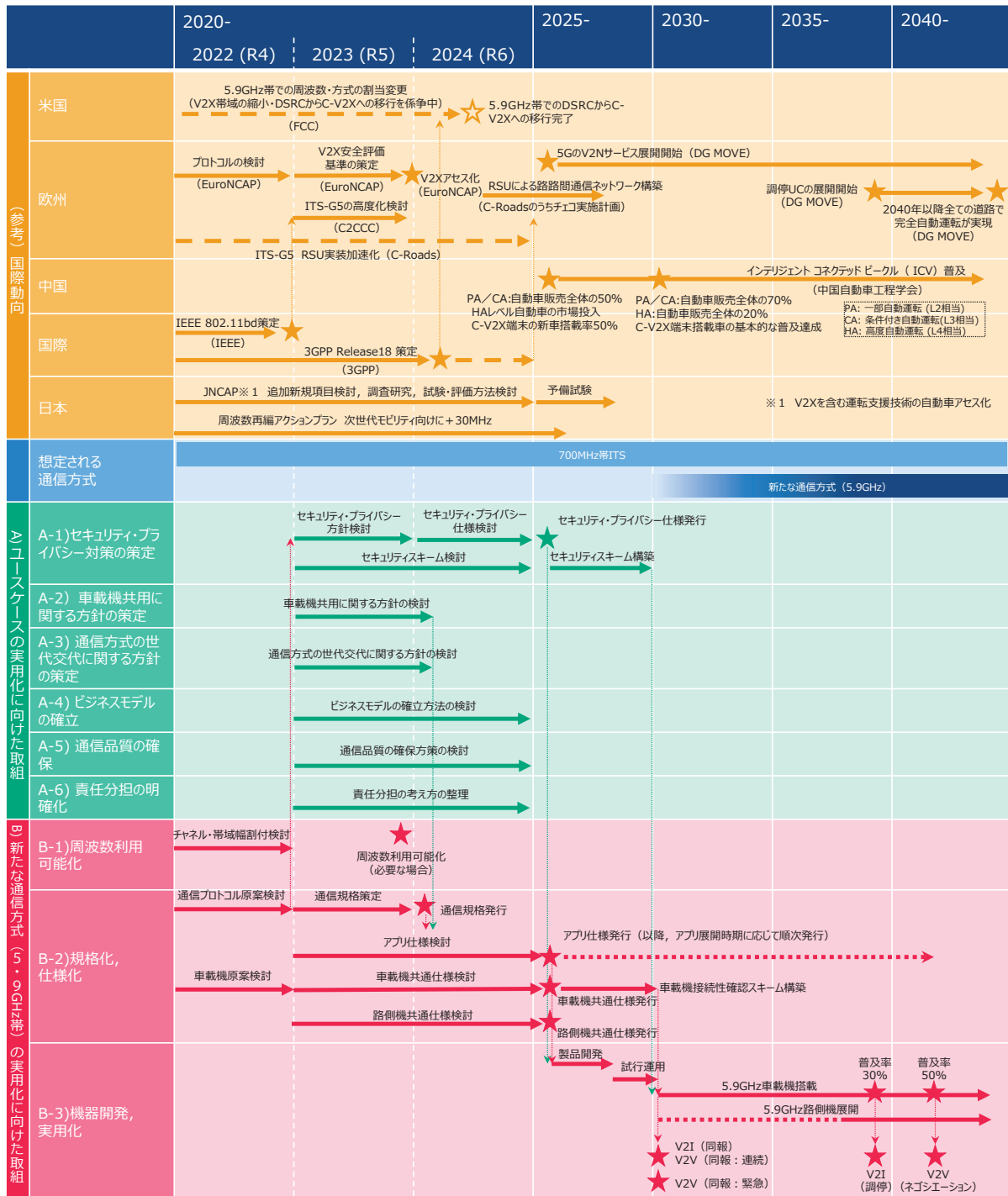


図3 協調型自動運転向け通信方式のロードマップ

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

【参考文献】

- (1) ARIB-STD T109 700MHz帯高度道路交通システム, [https://www.arib.or.jp/kikaku/kikaku\\_tushin/desc/std-t109.html](https://www.arib.or.jp/kikaku/kikaku_tushin/desc/std-t109.html), (参照 2022.10.25)
- (2) 自動運転システムにおけるV2X技術等を含む新たな通信技術の活用に関する調査, 2019, [https://www.sip-adus.go.jp/rdrddata/rd02/204\\_s.pdf](https://www.sip-adus.go.jp/rdrddata/rd02/204_s.pdf), (参照 2022.10.25)

- (3) SIP協調型自動運転ユースケース 第1版, 2020, <https://www.sip-adus.go.jp/rdrddata/usecase.pdf>, (参照 2022.10.25)
- (4) ITS Forum RC-017 SIP協調型自動運転ユースケースに関する通信シナリオ/通信要件の検討資料, 2022, [https://itsforum.gr.jp/Public/J7Database/p70/ITS\\_FORUM\\_RC-017\\_v10.pdf](https://itsforum.gr.jp/Public/J7Database/p70/ITS_FORUM_RC-017_v10.pdf), (参照 2022.10.25)

【本件問合せ先】

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