



自動運转向け無線通信システムの検討



ITS情報通信システム推進会議 高度化専門委員会 無線方式検討タスクグループ主査 はまぐち まさはる
沖電気工業株式会社 情報通信事業本部 IoT アプリケーション推進部 部長 浜口 雅春

1. 検討概要

自動運転は、交通事故削減、交通流円滑化など、従来からの道路交通課題へのさらなる対策としての期待に加え、高齢者等の移動手段の確保、物流トラックや長距離バス等の商業ドライバー不足への対応など、広く社会的課題の解決に資するために、官民挙げて取組みが進められている。その中で、車車間通信・路車間通信等の無線通信は、自動運転の高度化に不可欠なものとして期待されている。

ITS情報通信システム推進会議（以下、推進会議）では、2013年度より自動運转向け通信に関する技術調査に本格的に着手し、2015年度からは一般社団法人日本自動車工業会（以下、自工会）と連携した検討を開始している。本稿では2015年度から2016年度までの検討の進捗を紹介する。

(1) 目的

自工会が想定する自動運转向け通信活用ユースケースを分析し、ユースケースを満足する具体的な通信方式を検討する。最終的には自動運转向け通信仕様案を実験用ガイドラインとしてまとめることを成果目標としている。

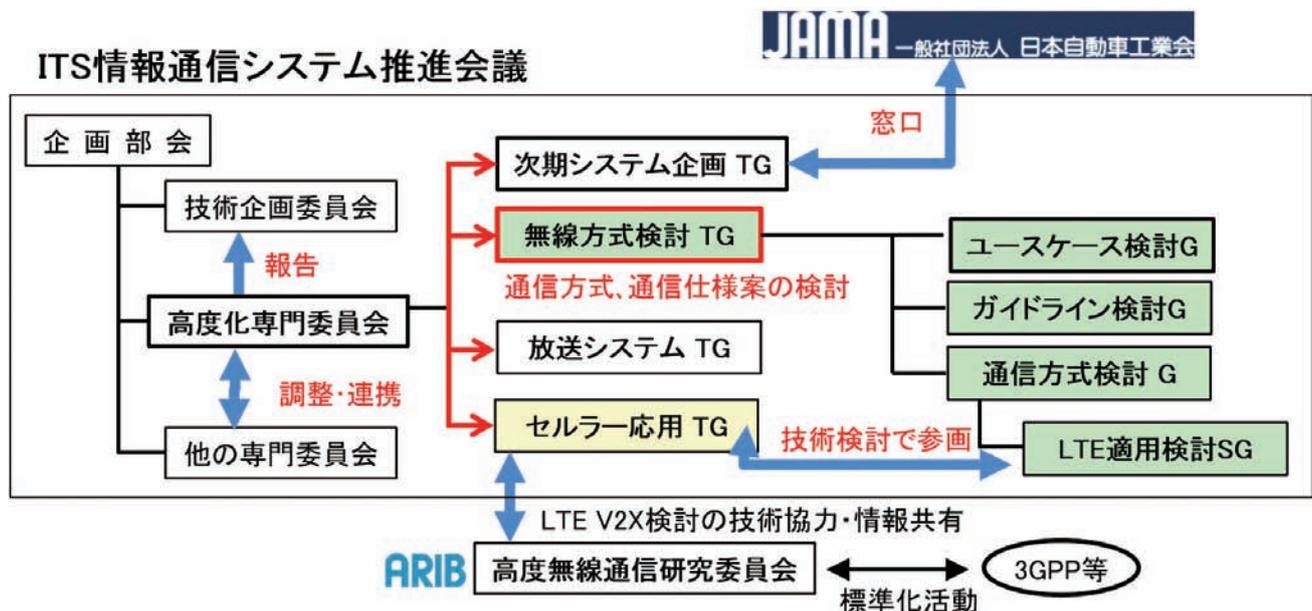
(2) 検討方針

これまで推進会議にて検討してきたITS通信方式が自動運転に適用可能かを見極めることから開始している。その中で課題を明確にし、対策技術とその適用方法の検討を進めている。ITS通信方式として以下の①～③を候補としている。さらにLTE V2Xを2016年度より検討対象に追加した。

- ①ITS FORUM RC-005 2.0版：5.8GHz帯を用いた車車間通信システムの実験用ガイドライン
(欧米DSRC方式であるIEEE802.11pと同等の通信方式)
- ②ARIB STD-T109 1.2版：700MHz帯高度道路交通システム
- ③ARIB STD-T75 1.5版：狭域通信（DSRC）システム
- ④LTE V2X：3GPP Release14

(3) 検討体制

推進会議では、自工会からの検討依頼を高度化専門委員会にて受け、主検討はその配下の無線方式検討タスクグループ（以下、無線方式検討TG）にて対応している。図1にITS



■図1. ITS情報通信システム推進会議の検討体制



情報通信システム推進会議の検討体制を示す。2016年度末現在、無線方式検討TGは、自動車メーカー、通信機器メーカー、通信キャリアなど、21社／団体から50名の構成員にて活動中である。

2. 実施内容

(1) 実施フロー

図2に無線方式検討TGにて実施している自動運转向け無線通信の検討フローを示す。自工会ユースケースをインプットに、ユースケースごとの通信要件の抽出を進めた。この結果を踏まえて、候補となる既存のITS通信方式をベースに、机上検証による課題抽出、対策技術の検討を進め、通信仕様案としてまとめる流れとした。

(2) ユースケース

図3に検討対象のユースケース (UC) 一覧を示す。自動運転での特徴的なITS電波活用事例として、自工会が想定する自動運转向け通信活用ユースケースより4ケースをまずは検討対象とした。いずれも高速道路自動運転の際の判断の迅速性や確実性を高めるケースとして位置付けられているものである。

3. 実施成果

(1) 通信要件の整理

ユースケース1~4について、道路環境、通信環境などの前提条件を整理した上で、機能実現のために必要な動作シナリオの検討を実施し、通信要件を抽出した。表1にユースケース (UC) ごとの通信要件 (案) を示す。道路環境は都市間高速道路の想定である。UC1は合意形成期、車間確保期、合流実施期の3フェーズに分けて整理している。UC2~4は、いずれも緊急ハザード情報に関わるユースケースである。なお通信要件は現在も継続して精査を実施している。

(2) 机上検証

表1の通信要件及びユースケースシナリオの分析から、通信シーケンスを検討し、それをもとにコンピュータシミュレーションによる通信性能の総合検証を実施した。図4にユースケース1の通信シーケンス検討例を示す。合流動作の合意形成期は、合流車両から見た受入車両を通信相手として400ms以内に特定するための通信シーケンスを検討した。ここでは連送を適用することで目標性能を確保した。車間確保期及び合流実施期は、通信相手特定後のため、連送を適用せずに通信シーケンスを構築している。

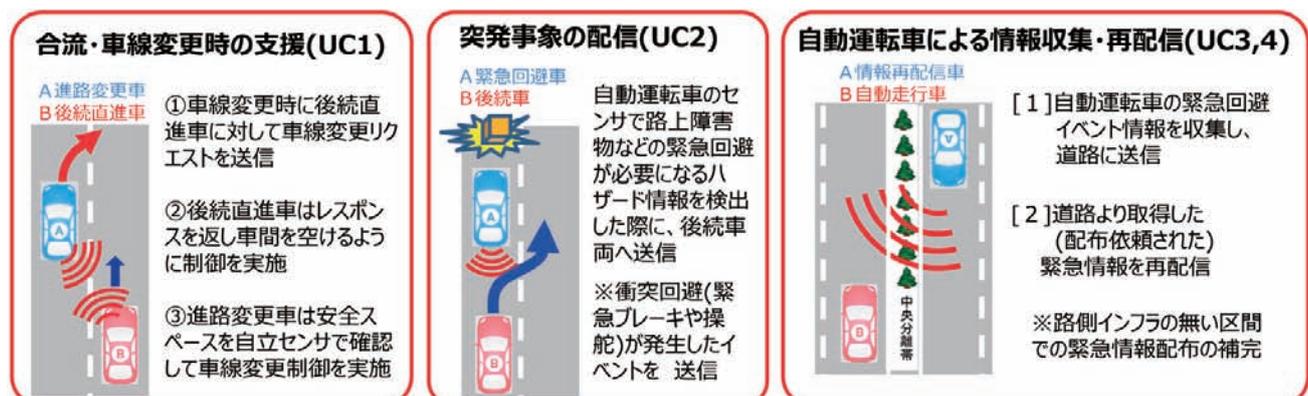
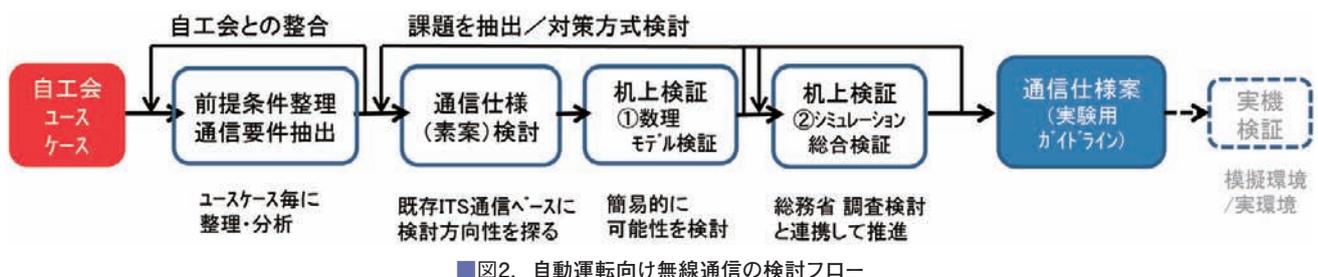
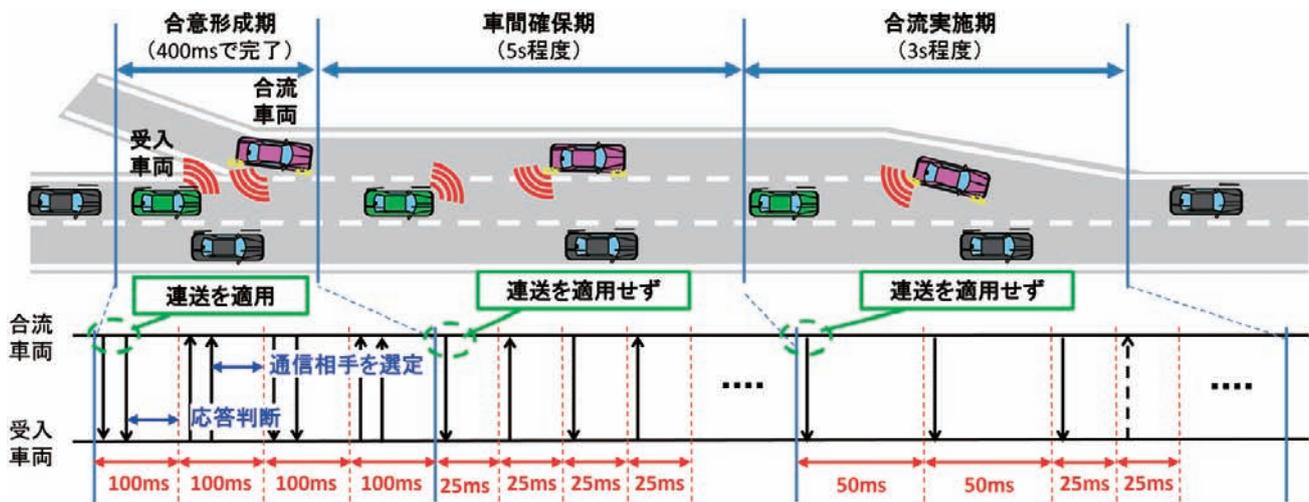


表2にユースケース (UC) 1～4の総合検証結果を示す。シミュレーションは電波伝搬環境を想定した通信品質特性に、アクセス制御、車両の移動等の時間的・場所的変動を考慮して実施している。また候補通信方式は、車車間通信と路車間通信の両方に対応可能な通信方式であるITS FORUM RC-005 (5.8GHz帯を用いた車車間通信システムの実験用ガイドライン) とARIB STD-T109 (700MHz帯高

度道路交通システム) を取り上げた。両方式とも6Mbpsと12Mbpsの動作モードを評価した。表2より、両方式とも対策技術として連送を条件に応じて適用することで、UC1～4全ての通信要件を達成する可能性があることが分かった。実現のための新たなプロトコル検討が課題となる。なお、総合検証は、総務省平成28年度「自動走行向けITS無線通信手順についての調査検討」における成果を参照した。

■表1. ユースケース (UC) ごとの通信要件 (案)

ユースケース	UC1			UC2	UC3	UC4	
	合意形成期	車間確保期	合流実施期	緊急ハザード配信	緊急ハザード収集	緊急ハザード配信	緊急ハザード再配信
通信形態	車車間通信			車車間通信	路車間通信 (UL)	路車間通信 (DL)	車車間通信
通信品質	PER<1E-2 (仮)			PER<1E-2 (仮)	PER<1E-2 (仮)	PER<1E-2 (仮)	PER<1E-2 (仮)
必要通信距離	106.2m ~ 2m			410m ~ 2m	27.8m (暫定)	車車間相当	111.52m ~ 3.5m
通信容量	1.8995Mbps			0.02224Mbps	0.001572Mbps	0.0034Mbps	0.00112Mbps
データサイズ	320byte	320byte	320byte	289byte	655byte	375byte	280byte
通信頻度	200ms	50ms	50ms	20ms	1秒間隔	1秒間隔	20ms
送信台数	4台	28台	8台	4台	3台	1台	1台以上
通信遅延	送信周期以下			1sec以下	1sec以下	1sec以下	2sec以下
通信相手	非特定車両	特定車両	特定車両	非特定車両	路側基地局	非特定車両	非特定車両
走行速度	受入:100km/h 合流:40km/h	受入:100km/h 合流:40→100km/h	受入:100km/h 合流:100km/h	配信:0km/h 再配信:100km/h	100km/h	100km/h	200km/h (100km/h対向)



■図4. ユースケース1の通信シーケンス検討例

■表2. ユースケース (UC) 1～4の総合検証結果

候補通信方式	通信要件達成可否				対策技術 連送	備考 条件
	UC1	UC2	UC3	UC4		
ITS FORUM RC-005	6Mbps (QPSK)	×	○	×	○	・受信ダイバーシチ適用 (最大比合成) ・連送条件は以下 -6Mbps: UC1は合意形成期のみ2連送必要 UC2、3、4は2連送にて達成 -12Mbps: 全UC、3連送にて達成 ・IEEE802.11-2012準拠にて検討 (RC-005のみ) ・送信時間制御機能の制限非適用 (T109のみ)
	12Mbps (16QAM)	○	×	×	○	
	12Mbps (16QAM)	○	○	○	○	
ARIB STD -T109	6Mbps (QPSK)	×	○	○	○	
	6Mbps (QPSK)	○	○	○	○	
	12Mbps (16QAM)	○	×	○	○	
12Mbps (16QAM)	○	○	○	○	○	



4. まとめと今後の計画

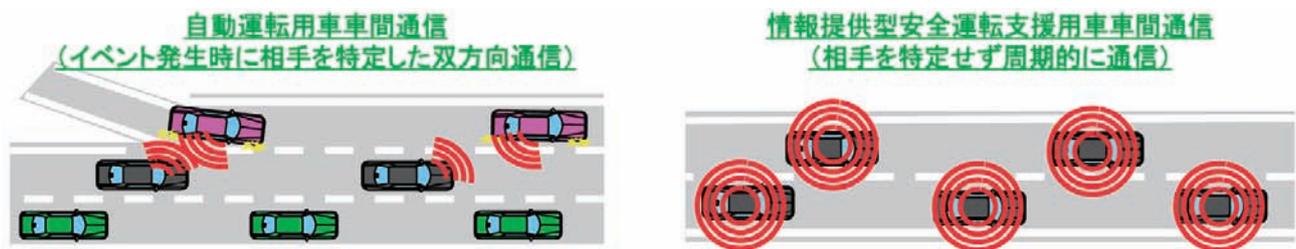
2015年度から自工会ユースケースをターゲットに開始した検討により、自動運转向け通信の実現には、通信品質確保の観点から、従来方式 (ITS FORUM RC-005、ARIB STD-T109) の課題をクリアする新たな通信方式の検討が必要であることが分かった。自工会の自動運转向け通信の要件は、従来の情報提供型安全運転支援用通信の要件と比べ、対象車両台数は少ないが、データサイズと送信頻度は大きく、要求通信品質も高い。表3に自動運転用車車間通信

通信と情報提供型安全運転支援用車車間通信の通信要件比較を、図5に車車間通信の形態比較を示す。

2016年度はコンピュータシミュレーションによる総合検証を実施し、その結果、通信品質向上策として連送を通信シーケンスに応じて適用したリクエストレスポンス型の新たな通信方式の必要性を確認できた。今後は通信要件の精査、検証結果の分析を継続推進し、自動運转向け通信仕様案の策定に向けて、さらに議論を進める計画である。

■表3. 自動運転用車車間通信と情報提供型安全運転支援用車車間通信の通信要件比較

サービス	通信形態	車両台数	データサイズ	送信頻度	目標通信品質
自動運転用車車間通信	リクエスト-レスポンス型 (イベントドリブン)	40台 (UC1)	320byte (UC1) ※最大1280byte	最小50ms間隔 (UC1)	パケット到達率99%以上
情報提供型安全運転支援用車車間通信	ブロードキャスト型	200~300台規模	100byte程度	100ms間隔	パケット到達率78%以上 (5m積算@70km/hにより95%以上確保)



■図5. 車車間通信の形態比較