
実環境を想定した自動走行支援通信の メッセージセット及びプロトコルに関する 調査検討

沖電気工業株式会社

実施の背景と目的

■ 背景

- これまで日本自動車工業会(以下、自工会)検討の通信活用ユースケースを参考に自動走行支援通信方式の検討が行われている
 - ▶ SIP: 自動走行システムに必要な車車間通信・路車間通信技術の開発【700MHz帯】
 - ▶ ITS Forum: 通信活用型自動運転の可能性検討【5.8GHz帯、700MHz帯、セルラー】
 - ▶ 総務省: 自動走行向けITS無線通信手順の検討【5.8GHz帯、700MHz帯】
- 上記の分析を前提に、通信を活用した自動運転を実現するため、**適正なデータサイズで通信するためのメッセージセット(通信内容)**の検討、**各種状況に対応したプロトコル(通信手順)**の策定が必要。

■ 目的

- 実験用ガイドライン(ITS FORUM RC-xxx)等の策定に向けた、**自動走行支援通信の仕様案**を検討し、各種実験へ展開する。

■ 成果目標

平成29年度: 理想的な通信状況における通信仕様素案の作成

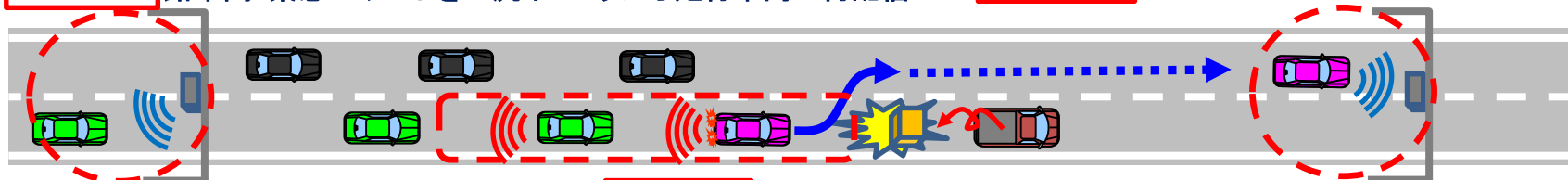
平成30年度: 実環境を想定した通信状況における通信仕様案の作成

ユースケース調査結果 ー自工会ユースケース概要ー

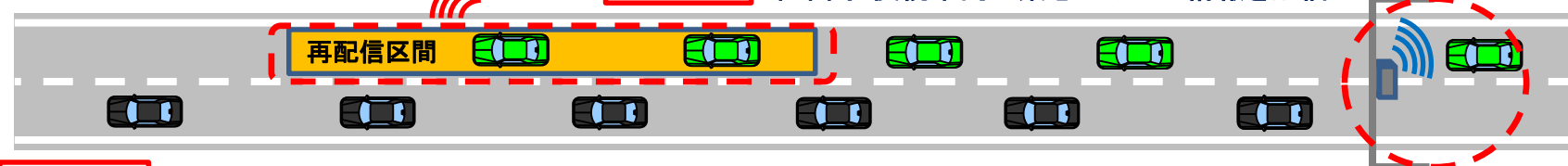
- H30年9月に改定された自工会ユースケースのうち、UC1-2-1～UC3の9つを検討対象としてH29年度調査結果の再整理実施
- 自工会、ITS情報通信システム推進会議(ITS FORUM)と連携して通信要件の見直しを実施

UC1-2-3 路車間: 緊急ハザードを上流インフラから走行車両へ再配信

UC1-2-2 車路間: 緊急ハザードを路側インフラへ伝達



UC1-2-1 車車間: 後続車両に緊急ハザード情報を配信



UC1-2-4 車車間: 対向車線の緊急ハザード情報を対向車に再配信

UC1-2-4 路車間: 対向車線の緊急ハザード情報を対向車に再配信

UC2-1-1 路車間: 本線車両の走行情報を合流車両へ伝達

UC2-1-2 車車間: 本線車両の走行情報を車車間通信で合流車両へ伝達

UC2-2 路車間: 合流車両の出現情報を本線車両へ伝達

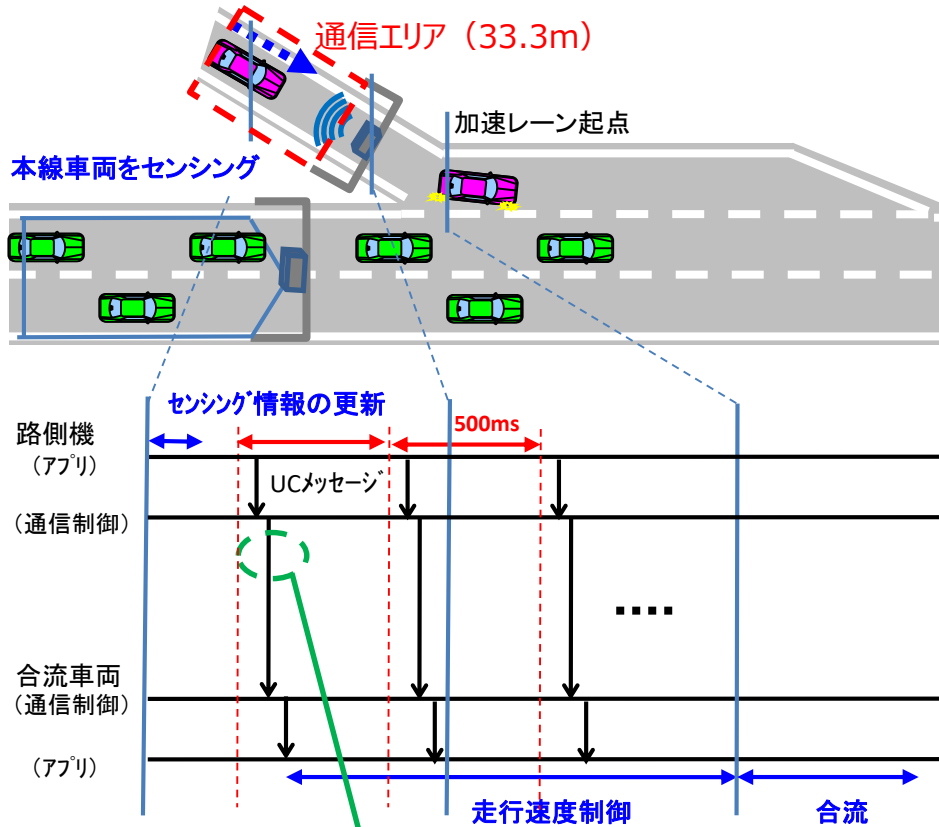
UC3 車車間: 車線変更の際に周辺車両の走行情報を交換



プロトコル検討結果 — 通信制御方式の概要 —

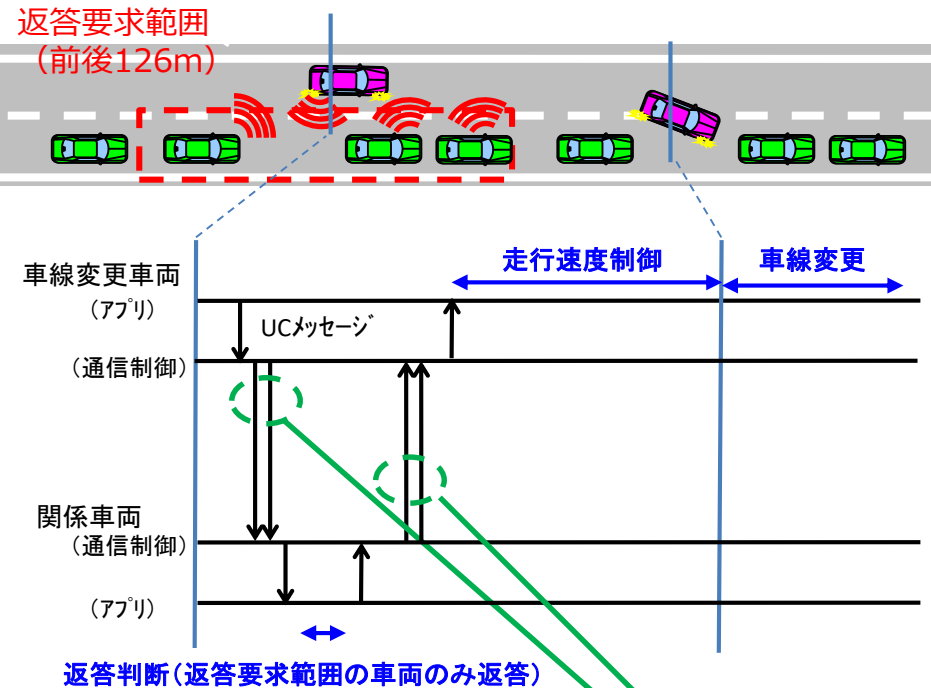
- 通信品質評価を行う上で必要なデータサイズをユースケース毎に見積もり実施
 - 今後のユースケースの追加変更を見据えて、自由領域の拡張性を考慮した検討を追加してまとめる
- 通信形態、必要通信距離、通信シーケンス等から、ユースケース毎にプロトコルを検討
 - 送信タイミング、連送等の通信制御をアプリケーションと連携して変更する必要があることを確認。ユースケース毎に通信制御パラメータを抽出

合流支援(UC2-1-1:路車間)



UCメッセージよりUCに応じた通信制御を実施: 連送適用なし

車線変更支援(UC3: 車車間)



UCメッセージよりUCに応じた通信制御を実施: 連送(2回)

通信適用フェーズ毎の制御方式の適用例(合流支援、車線変更支援)

プロトコル検討結果 –机上シミュレーションによる有効性検証–

- 実環境を模擬した電波伝搬モデルを適用してシミュレーション評価を実施。各通信方式が要件を満足するためのプロトコルのパラメータおよび追加機能を抽出した。

目標通信性能による判定

○: 最悪条件での回線マージン0dB以上、かつシステムレベルでの平均PER<1E-2、通信遅延が要件以下

△: 最悪条件での回線マージン0dB未満、システムレベルでの平均PER<1E-2、通信遅延が要件以下

UC(ユースケース)		通信形態	候補通信方式			
			ITS FORUM RC-005	ARIB STD-T109	ARIB STD-T75	
緊急 ハザード	1-2-1	車車間	△	△		
	1-2-2	路車間	○	○	○	
	1-2-3	路車間	○	○	○	
	1-2-4	簡易図形 情報あり	路車間	○	○	○
			車車間	△	△※3, ※4	
		簡易図形 情報なし	路車間	○	○	○
			車車間	○	○	
合流	2-1-1	路車間	○	○	○	
	2-1-2	車車間	△※1	△※1, ※3		
	2-2	路車間	○	○	○	
車線変更	3	車車間	△※2	○		

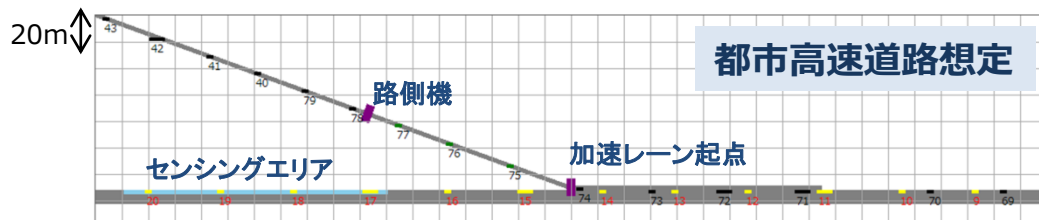
※1: 送信制御(返信タイミング調整+返信集約)の適用 ※2: 送信制御(返信タイミング調整)の適用

※3: 送信時間制限の見直しが必要 ※4: パケット分割機能の追加が必要

自動走行支援通信の効果検証結果 — 交通流シミュレーション評価 —

- 合流支援(UC2-1-1)に通信を適用した交通流シミュレーションにより**車両の挙動の安定化(最大加減速度の低減)**を評価し、インフラ設置条件の妥当性、自動走行支援通信の活用の効果を確認

効果検証結果例(都市高速道路想定、本線車両60km/h、合流車両(速度調整前)40km/h)



通信あり

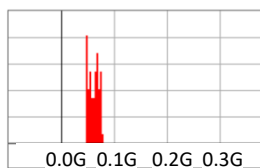
100[km/h]
80[km/h]
60[km/h]
40[km/h]
20[km/h]

速度

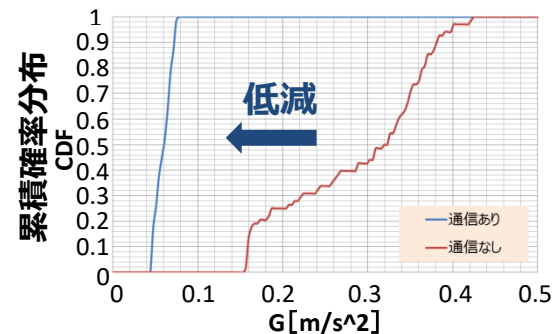
0.3G[m/s²]
0.2G[m/s²]
0.1G[m/s²]
0.0G[m/s²]
-0.1G[m/s²]
-0.2G[m/s²]

加減速度

各車両の最大加減速度の分布



最大加減速度の累積確率分布



合流完了までの最大加減速度

通信なし

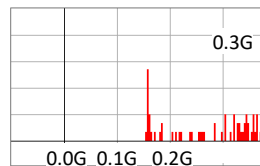
100[km/h]
80[km/h]
60[km/h]
40[km/h]
20[km/h]

速度

0.3G[m/s²]
0.2G[m/s²]
0.1G[m/s²]
0.0G[m/s²]
-0.1G[m/s²]
-0.2G[m/s²]

加減速度

各車両の最大加減速度の分布



通信仕様案のまとめ – 主な通信諸元 –

- 既存のITS無線通信仕様をベースに、実環境を想定した条件下においてUCを実現するためのメッセージセットおよびプロトコルを検討し、自動走行支援用の通信仕様案を作成した
 - 通信上位層またはアプリケーションにて必要となる追加機能を整理
 - ARIB STD-T109およびT75は、送信時間制限等の制約により必要な追加機能の適用が難しい場合、実現可能なユースケースが限定

項目		候補通信方式（既存ITS通信をベースとして機能の追加・見直しを実施）		
		ITS FORUM RC-005ベース +追加機能	ARIB STD-T109ベース +追加機能	ARIB STD-T75ベース +追加機能
実現可能UC	路車間	1-2-2, 1-2-3, 2-1-1, 2-2		1-2-2, 1-2-3, 2-1-1, 2-2
	車車間	1-2-1, 2-1-2, 3		–
	路車・車車協調	1-2-4		–
アプリケーション	中継制御	あり(UC1-2-1)		なし
	送信制御	あり(UC2-1-2, UC3)	あり(UC2-1-2)	なし
L7(通信上位層)	連送制御	あり(UCに応じて回数変更)	なし/あり(自動走行支援時)	なし/あり(自動走行支援時)
L2(データリンク層)	MAC方式	CSMA/CA (ランダムバックオフ制御)		TDMA (スロットALOHA)
	再送制御	なし		あり
	パケット分割・再結合	あり	なし/あり(自動走行支援時)	あり
L1(物理層)	中心周波数	5.8GHz帯	760MHz帯	5.8GHz帯
	空中線電力	10mW/MHz以下		基地局：300mW以下、 移動局：10mW以下
	占有帯域幅	9MHz		4.4MHz
	変調方式	QPSK/OFDM、16QAM/OFDM		n/4シフトQPSK
	誤り訂正	畳み込み符号 (符号化率1/2)		BCH符号(63,51)
	ダイバーシチ制御(受信)	なし/あり(自動走行支援時)		なし

※青字：ベースとなる既存ITS通信の仕様から追加変更部分

成果まとめ

- 今年度改定された**自工会ユースケース**(UC1-2-1~UC3の9つ)について、**通信要件のまとめ**をITS情報通信システム推進会議と連携して実施した
- 以下を候補通信方式として、**メッセージセットおよび通信プロトコル**を検討し、各UCにおける**通信性能を実環境を模擬した電波伝搬モデル**を適用した**計算機シミュレーション評価**により明らかにした
 - 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】
 - ARIB STD-T109【700MHz帯高度道路交通システム】
 - ARIB STD-T75【狭域通信(DSRC)システム】
- 上記通信性能評価より、**目標性能を確保するための条件**を明らかにした。また、その際の検討課題を抽出した
- 候補通信方式の**目標性能を満足する条件**を分析できた。これをもとに**自動走行支援通信仕様案**としてまとめた。また**実験用ガイドラインの策定**に向けた計画立案を、ITS情報通信システム推進会議にて開始した
- 自動走行支援通信仕様案をユースケースに適用することによる**車両挙動の安定化や交通流の円滑化等の改善効果**の机上および実機検証に本成果を活用していく