

「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)
／自動運転の実現に向けた信号情報提供技術
等の高度化に係る研究開発」

2019年度分 成果報告書

概要版

一般社団法人UTMS協会
住友電気工業株式会社

2020年4月

1. 研究開発の概要

1.1 研究開発の目的・概要

【目的】

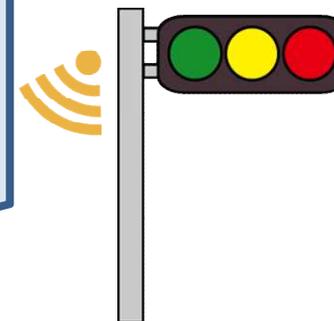
SIP第2期自動運転（システムとサービスの拡張）においては、自動運転を実用化し普及拡大していくことにより、

- 交通事故の低減、交通渋滞の削減
- 交通制約者のモビリティの確保
- 物流・移動サービスのドライバー不足の改善・コスト低減等の社会的課題の解決

に貢献し、すべての人が質の高い生活送ることができる社会の実現を目指す。



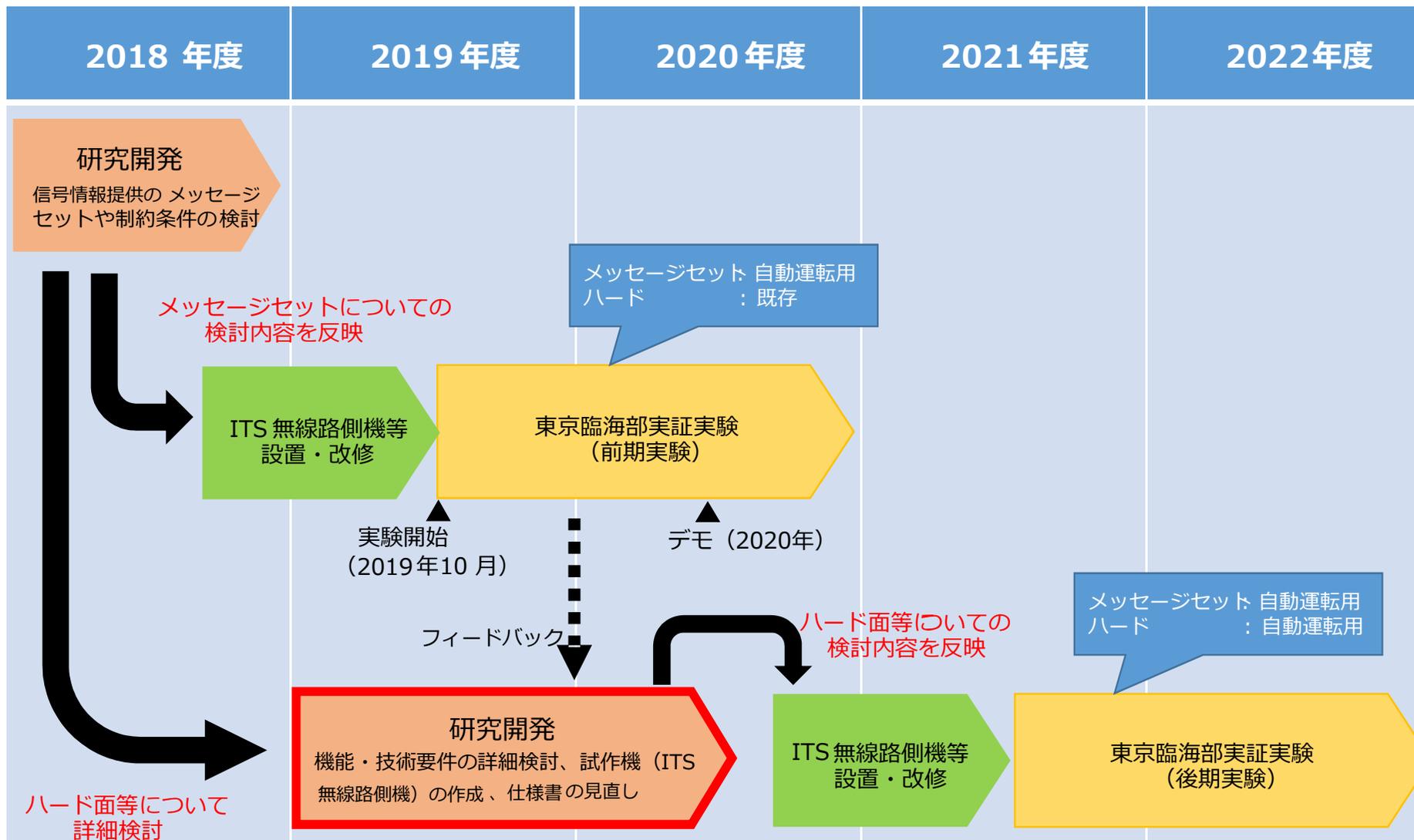
自動運転の実用化に向けて
信号情報提供を
路車通信で実現



【概要】

H30年度に実施した調査研究成果を踏まえ、**自動運転の実用化に向けた信号情報提供に資する路側インフラの機能・技術要件の詳細化、試作機の作成・検証を実施し、自動運転を実現する信号情報提供インフラの技術仕様を決定する。**

1.2 SIPにおける本研究開発の位置付け



1.3 調査研究項目の概要

【想定アウトプット】 自動運転向け信号情報提供路側インフラ仕様書の見直し・最終決定

東京臨海部実証
実験参加者



【東京臨海部実証実験結果の反映】

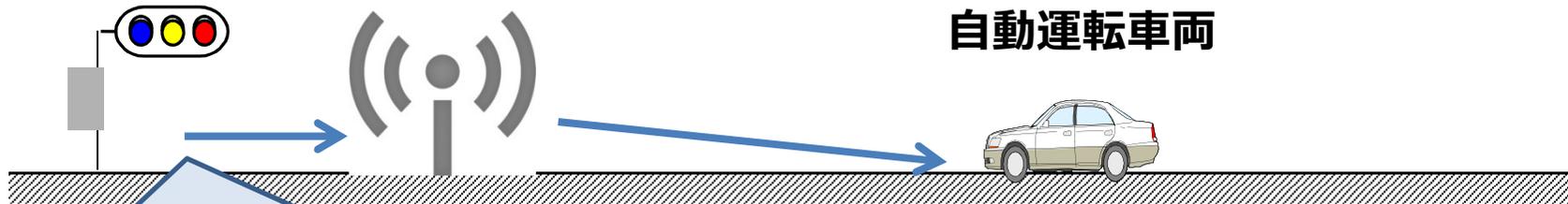
・ 自動運転用メッセージセットに係わる実証実験結果のフィードバック

ex. ダイナミックマップとの紐付け方式の妥当性検証・仕様見直し等

信号制御機

ITS無線路側機
(760MHz帯ITS無線)

自動運転車両



【前年度調査研究の継続】

- ・ 路側機故障時フェールセーフ機能の試作・検証
⇒ 試作機作成、機能評価、検出遅延時間計測等
- ・ 感応制御等における信号情報提供方法の決定
⇒ 運用対策の整理、信号制御機仕様の見直し等
- ・ その他、特殊な信号制御モードの扱い
⇒ 緊急車優先制御実行中における信号情報の要否評価等

【インフラ要求仕様の妥当性検証】

信号情報提供遅延の許容可否検証、
ジレンマを回避するための信号情報の要件検証等（テストコース等）

2. ITS無線路側機の機能・技術要件の詳細化

2.1 信号情報への主な要望事項（自工会より）

- ・ 2018年度の調査研究において、信号情報への主な要望事項として4項目を抽出
- ・ 1項及び2項については、要求される機能要件を満足していることを確認済み
- ・ 本調査研究においては、「3.信号情報の信頼性確保」及び「4. 信号情報の可用性確保」について検討を主として実施

No.	項目	概要	要件	対応方針
1	信号灯色情報精度	信号灯色切り替わりにおける誤差（提供遅延のゆらぎ時間）の許容時間	誤差±300ms以内	誤差±100msを確認（2018調査研究・実験結果より）
2	信号残秒数確定タイミング	青信号時の予備減速を不要とするため、黄色開始Δt秒前に青残時間を確定（注1）	一般車両、規制速度60km Δt=8.9秒（黄3秒） Δt=4.9秒（黄4秒）	信号機の設定変更による運用で対応可能
3	信頼性確保	信号灯色と配信情報の一致を確認し、異常を即時に通知するフェールセーフ機能の実装	不一致を検出できること（許容される検出遅延時間は未確定）	2019：フェールセーフ試作仕様を決定し、一次試作機による検証実験を実施 2020：インフラ最終仕様に反映
4	可用性確保	多様な信号制御方式において、信号情報を提供可とする	緊急車優先制御、押しボタ制御等、DSSSでは提供対象外となっている信号制御においても、信号情報が提供できること	2019：要件定義 2020：二次試作仕様書作成と二次試作機による機能検証

注1 一般車の場合、規制速度50km以上でジレンマゾーンが発生

2.2 信号情報の信頼性確保について

【路側機故障時のフェールセーフ機能仕様検討方針】

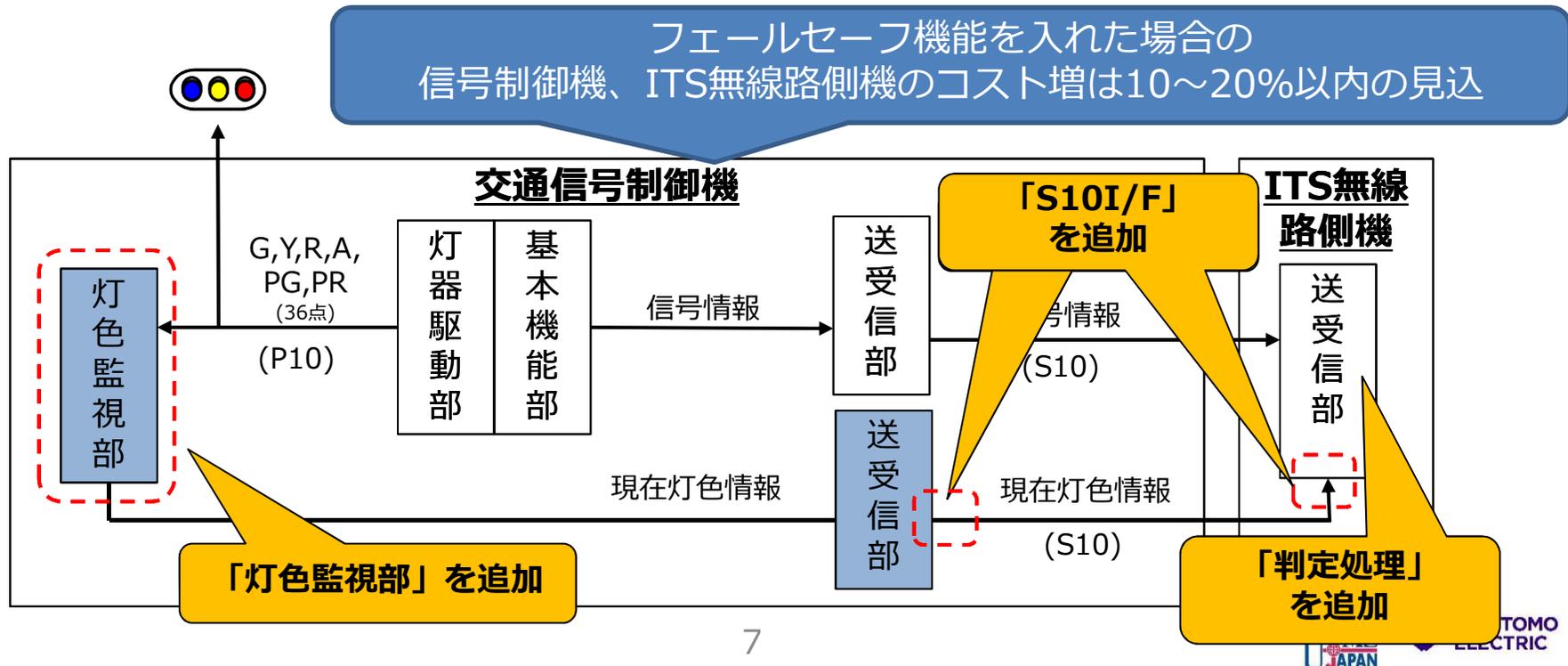
信号情報生成機能とは独立に、全ての信号灯器を対象に出力状態（電圧）を監視。監視結果を現在灯色情報としてITS無線路側機に送信。ITS無線路側機において両情報の整合を判定

【今年度の研究成果】

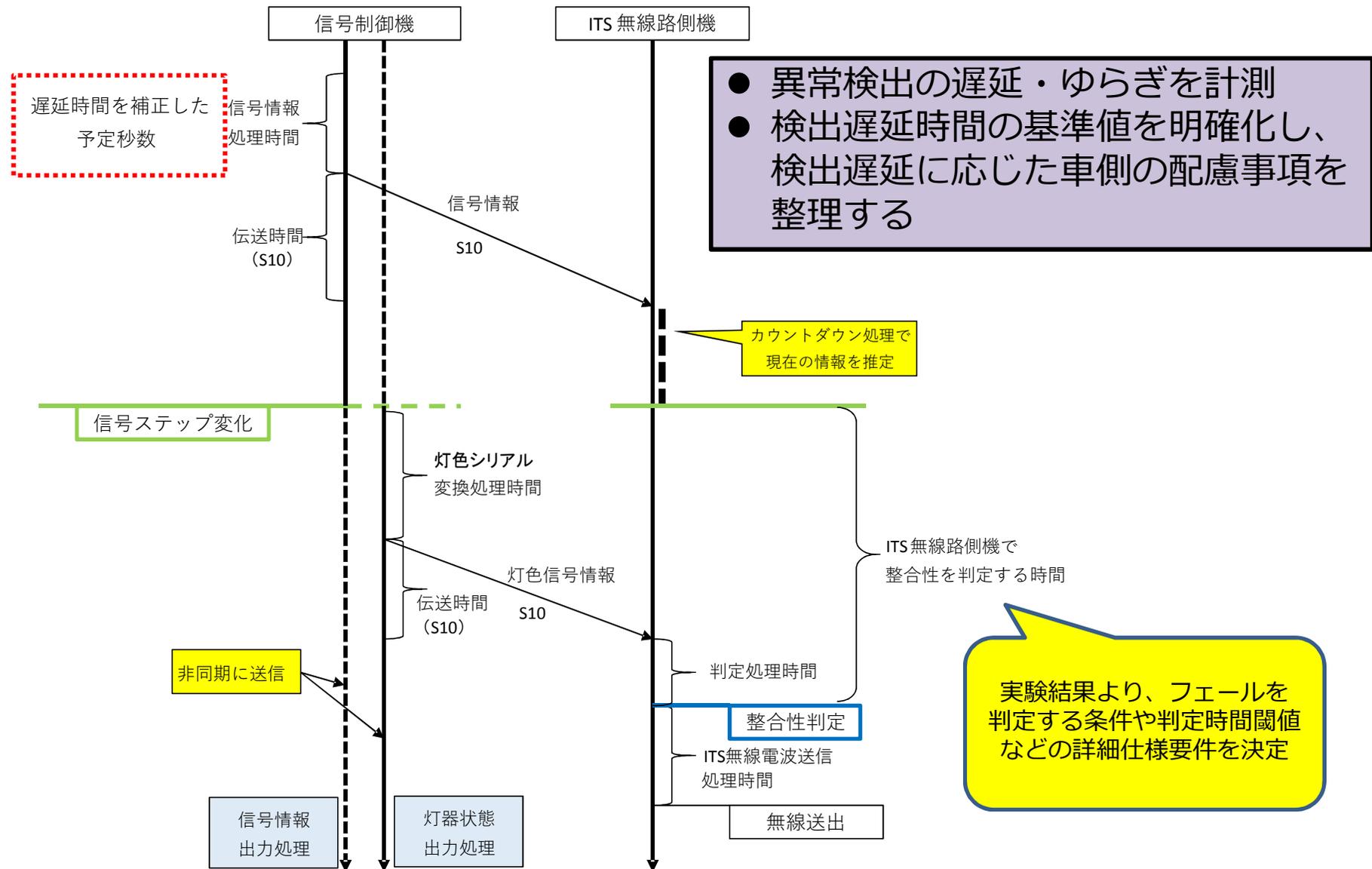
フェール判定処理ロジックの詳細を委員会で合意し、一次試作用仕様書を作成完了
一次試作機による動作確認、検出遅延時間の測定、課題抽出までを完了

【最終目標：2020年度】

自動運転用インフラ最終仕様として、①フェールセーフ仕様の最終確定、②フェール検出遅延を考慮した車側における留意事項の整理等を実施



(参考) 整合性確認におけるタイミングチャート



2.3 信号情報の可用性向上について

【可用性向上に向けた検討内容】

既存のD S S S仕様を分析対象として、信号情報提供に影響がある事象を抽出
機能面、運用面の両方の観点から、委員会メンバーへのヒアリングの実施により対策方針を検討

【今年度の研究成果】

運用面での要望項目と運用変更によるメリット・デメリットの整理を完了
機能面では追加機能が必要な項目として、下記の2項目を抽出

①緊急車優先制御実行中の信号情報提供機能 ②押しボタン制御交差点における信号情報の提供機能

【最終目標：2020年度】

二次試作機を作成し、追加機能①、②の動作検証を実施
自動運転用インフラ最終仕様として、信号情報提供の拡張機能として①、②を追加

【ヒアリング結果の例（抜粋）】

No	項目	現状の課題	要望事項等
1	黄色信号	標準の3秒ではジレンマゾーン発生 交差点毎に異なる運用	所定の規制速度以上の交差点は、黄色時間を4秒以上あるいは一律4秒とする
2	感応制御 (共通事項)	黄色開始を事前に確定できないため ジレンマゾーンが発生	所定の規制速度以上の交差点は、感応対象の青信号と黄信号の間に青時間を確保 (黄開始を事前通知可能にする)
3	押しボタン制御	信号情報提供不可	信号情報提供対象交差点に追加
4	緊急車両 優先制御	感応実行中は現在灯色のみ提供	感応実行中にも信号残秒数を提供
5	情報公開	特殊な信号制御を実行している交差点 などの運用状況がわからない	信号制御の運用情報を公開 路車間メッセージに信号制御モード通知 を追加等

2.4 緊急車優先制御中における信号情報提供の検討

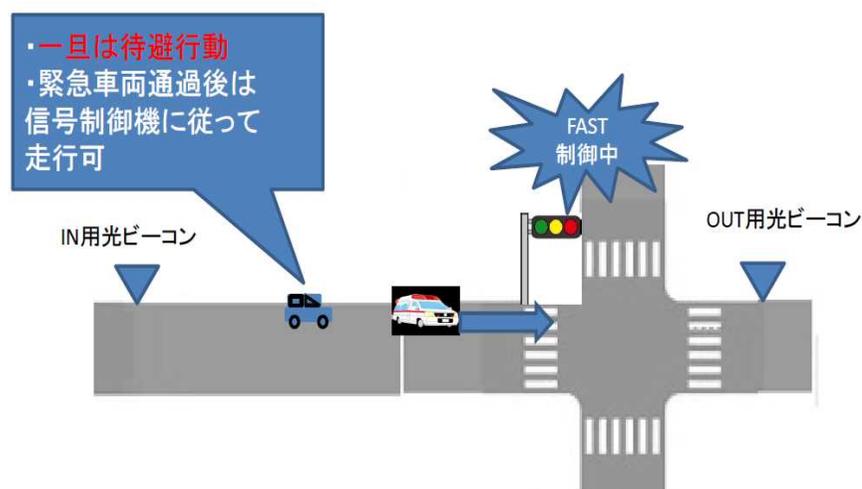
検討結果より、技術的な課題は小さいと見込まれる。これより、主に緊急車両接近中の信号情報の

必要性、用途について検討実施

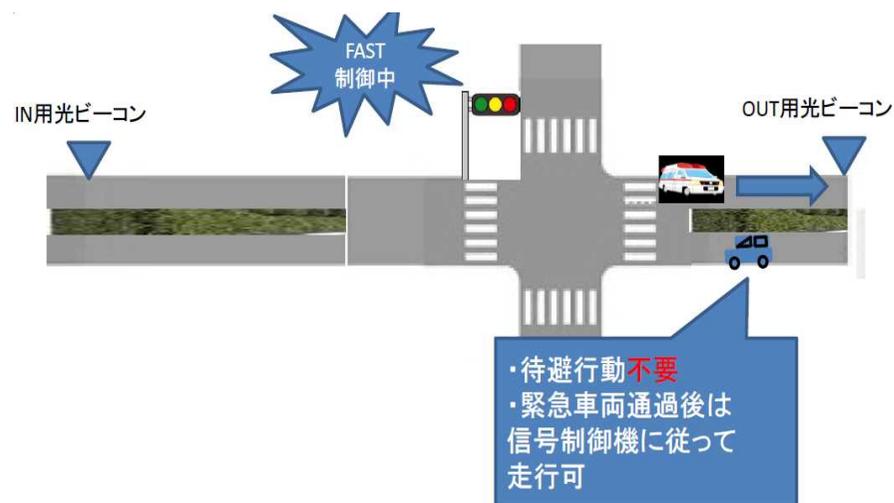
【調査研究の方針】

- ①2020年度の二次試作において緊急車優先制御中における信号情報提供の機能検証を実施
- ②想定シーンの妥当性についての継続検証をカーメーカに依頼（本調査研究範囲外）

【カーメーカより提示された信号情報の活用シーン案】



緊急車両が待避している自動運転車両を追い越した時点以降であれば、青時間残秒数と自車位置の情報により交差点通過可否を判断し、速やかに発進することができる



緊急車両の走行方向対向方向等、退避行動が不要な場合、緊急車両が交差点通過完了を確認でき次第、青時間残秒数と自車位置の情報により交差点通過可否を判断し、速やかに発進することができる

2.5 押しボタン制御中における信号情報提供の検討

押しボタン制御は、様々な制御方式が国内で運用されているため、警察庁殿の協力の下で現状の運用実態調査を実施。

調査結果より、運用箇所数の大多数を占める「リコール1機能」を優先対象として信号情報提供仕様について検討を実施することとした。

【調査研究の方針】

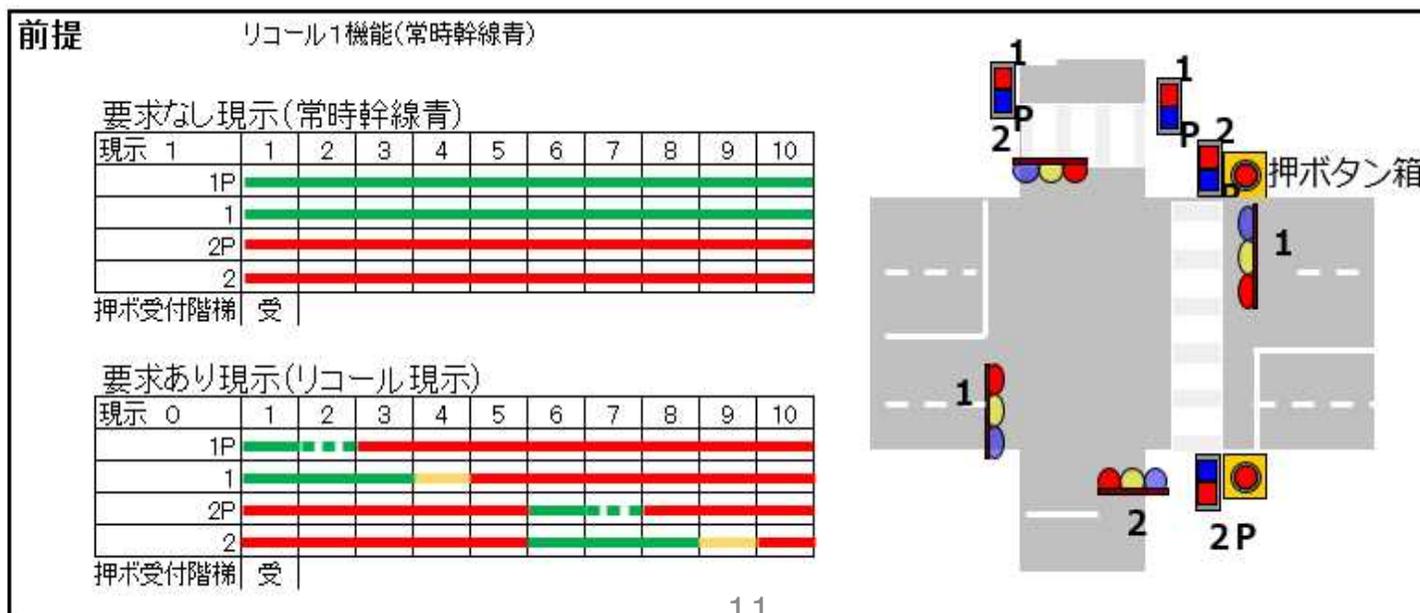
2020年度の二次試作にて、リコール1対象交差点中における信号情報提供の機能検証を実施

【リコール1における信号動作の概要】

通常は幹線側に常時で青現示を表示

押しボタンによる要求信号があった場合、従道路側に青信号現示（リコール現示）を表示

→ 状態遷移に応じた信号情報仕様の整理を完了

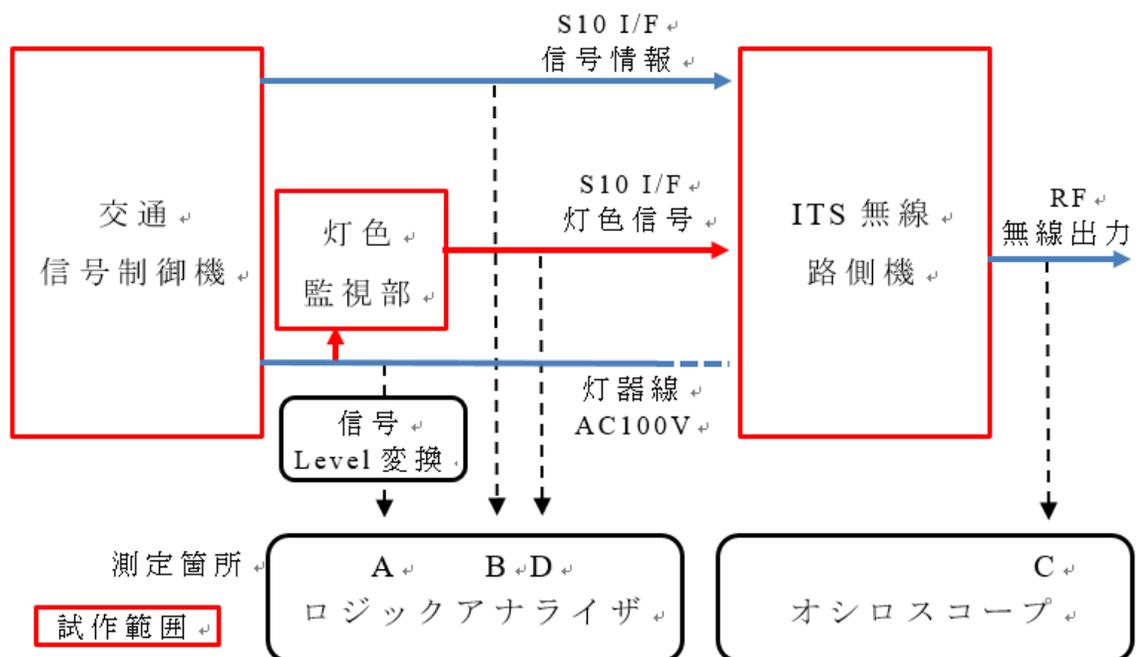


3. 試作機の作成・検証

3.1 一次試作機によるフェールセーフ機能検証実験

- 一次試作仕様書に基づいてフェールセーフ機能の試作を実施
- 試作した交通信号制御機、ITS無線路側機の情報入出力I/Fの各所における情報の送受信タイミングをロジックアナライザ等により測定し、信号情報や灯色信号情報の伝送における遅延、ゆらぎ時間の測定を実施

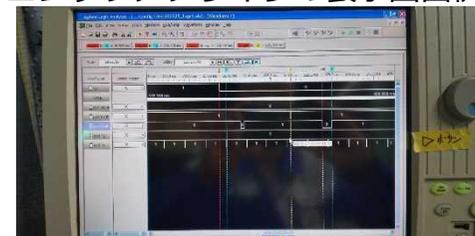
信号機
(下部の基板が灯色監視部)



【測定箇所】

- A : 交通信号制御機の灯色変化タイミング
- B : ITS無線路側機への信号情報送信タイミング
- C : ITS無線機から無線による信号情報送信タイミング
- D : (新規I/F) 灯色信号情報の送信タイミング

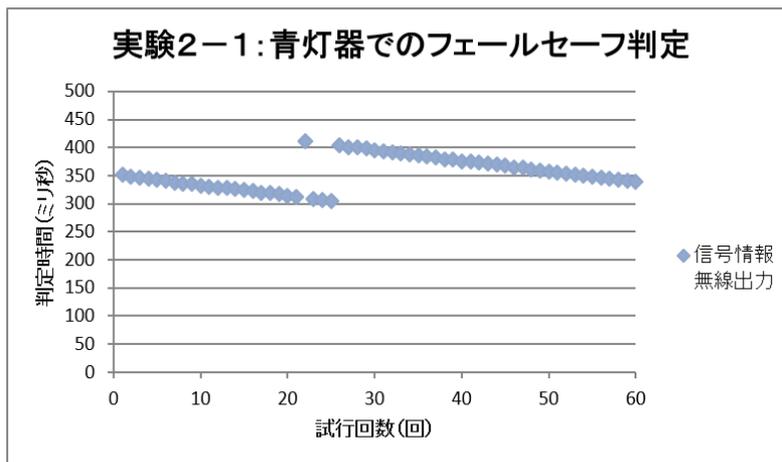
ロジックアナライザの表示画面例



3.2 フェール検出遅延時間測定結果（例）

- ・灯色監視部において、テストツールを用いて実際の灯色とは異なる情報を送信
- ・不整合の発生時点（前頁A）を基準として、信号情報がフェールセーフ機能によって無効化された信号情報が出力されるまで（前頁C）の経過時間を測定

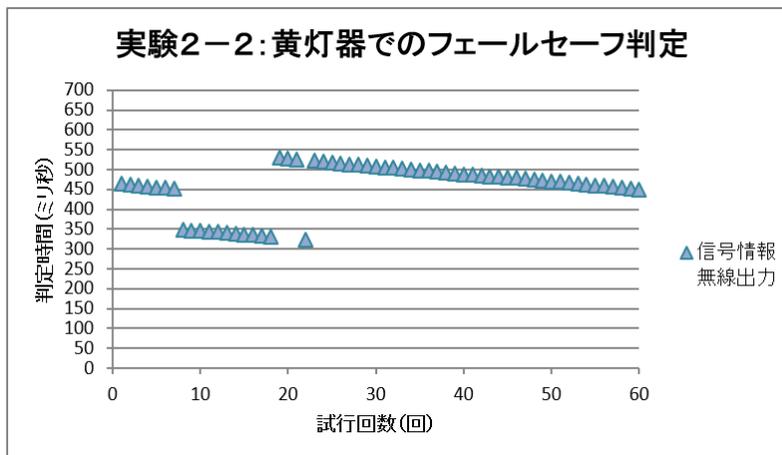
【信号情報は赤→青信号に変化、灯色情報は赤継続のケース】



試行回数 (60回)	遅延時間 (ミリ秒)		
	平均値	最小値	最大値
フェール 判定時間	354.4	304.6	411.1

・黄灯色判定は、「青灯色の滅灯」をトリガ条件として判定
 ・灯色信号（電圧検出）は、「点灯」よりも、「滅灯」への状態遷移に時間を要するため、判定時間が大きくなった

【信号情報が青→黄信号に変化、灯色情報は青継続のケース】



試行回数 (60回)	遅延時間 (ミリ秒)		
	平均値	最小値	最大値
フェール 判定時間	455.4	323.7	529.2

3.3 テストコース実験（信号情報内容が変動する状況の評価）

住友電気・横浜製作所テストベッド

【実験実施方法】

- 実道路を模擬した屋外にインフラシステムを構築（図参照）
- 様々な条件での信号制御を実施し、信号情報がどのような変化するかを実験機器で履歴収集
 - 感応制御による青信号確定タイミング変化時
 - 信号表示順序切替制御の実施前後 等
- 解析結果から、委員（自工会殿を中心）に課題抽出を依頼中

【実験日時】

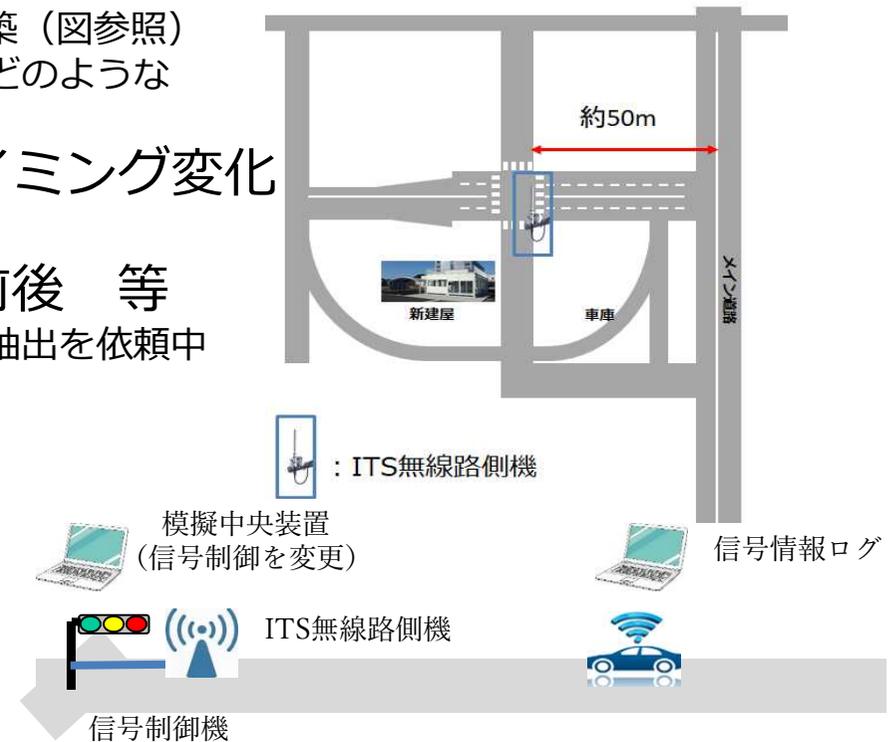
2020年2月13日 13:15-16:30

【実験場所】

住友電気・横浜製作所テストベッド

【実験参加者】

自工会4名、警察庁4名、NEDO2名、U協1名



実験状況



データ測定装置



テストベッド概観



4. 臨海部実験を踏まえた仕様書見直し

4.1 東京臨海部実証実験からのフィードバック-1

臨海部実証実験におけるITS無線路側機の課題を共有

→ UTMS協会内の対象作業部会に仕様見直し等の詳細検討を依頼

	課題	警 a よりの検討依頼内容
1	ITS無線路側機を密に設置した場合の電波干渉対策	事前のロット設計、設置時の留意事項等、既存の「ITS無線路側機 運用ガイドライン」の改訂要否の確認
2	GPS同期異常対策	GPS同期～エア同期への動作遷移における条件や機能要件の整理
3	その他	既存仕様・規格における曖昧な記述の抽出

4.2 東京臨海部実証実験からのフィードバック-2

【実施内容案】

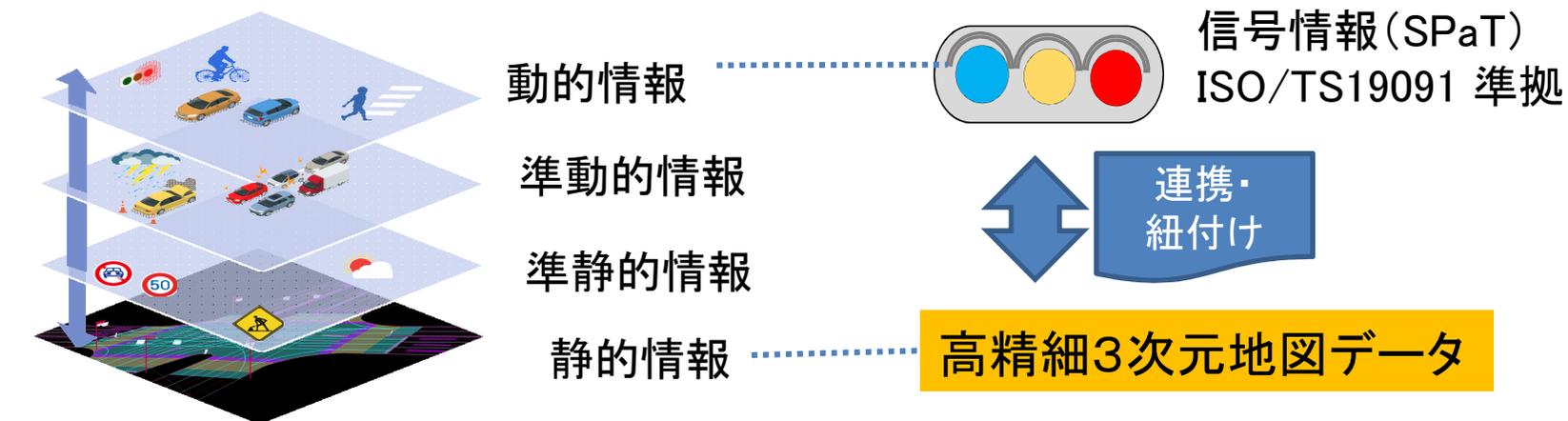
実証実験インフラ仕様（路車間メッセージセット）の課題抽出を目的として、委員会メンバーのカーメーカ並びに臨海実証実験参加者へのヒアリング等を想定

【ヒアリング内容案】

- 2019年度実施：信号情報仕様の見直し
信号残秒数や灯色表示順序が不連続に変化するような特殊な信号制御モードと信号情報の異常を識別することを目的とした「信号動作モード通知データ」追加の修正仕様を検討
- 2020年度予定：ダイナミックマップと信号情報の連携に用いた対応テーブル方式の妥当性や課題についてヒアリングを実施

【想定アウトプット】

自動運転用路車間メッセージセット（二次試作向け）最終仕様書



ダイナミックマップの概念

5. 2020年度実施内容

5.1 2020年度実施項目

◆ 第一次検証結果及び東京臨海部実証実験を踏まえた機能・技術要件の詳細化 (継続)

フェールセーフ機能検証結果、テストコース実験結果などを踏まえ、自動運転用インフラとしての機能・技術要件の詳細について、委員会において検討する。また、東京都臨海部実証実験についてのヒアリングを行い、必要に応じて路車間メッセージセットの見直し等について検討する。

◆ 第二次検証のための仕様書等の作成

緊急車優先御実行中の信号情報提供、リコール1実施対象交差点における信号情報の提供、路車間メッセージへのデータ項目追加について、交通信号制御機及びITS無線路側機を対象として二次試作仕様書を委員会において作成する。

◆ 第二次試作機作成と機能検証

二次試作仕様書に基づいて試作機を作成し、その機能検証を実施する。

◆ 自動運転用インフラ仕様書の見直し

上記検討結果を踏まえ、自動運転を実現する信号情報提供インフラの最終技術仕様を委員会において決定し、本調査研究の成果物として仕様書案を策定する。

◆ 信号情報提供手法の比較検討

2019年度に実施された調査研究「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研究開発」の結果と当研究開発の結果を基に、信号情報提供手法のメリット・デメリットについて、比較検討する。

