

**「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)／
クラウド等を活用した信号情報提供の社会実装に向けた研究開発」**

**2022年度 成果報告書
概要版**

一般社団法人UTMS協会
日本信号株式会社
オムロンソーシアルソリューションズ株式会社
パナソニック コネクト株式会社
(2022年4月1日社名変更、旧名パナソニックシステムソリューションズジャパン株式会社)

2023年3月

【2021年度テーマ一覧】

- a 信号情報センターの社会的な機能要件(必要性)に関する検討
- b 信号情報センターの技術要件に関する検討
- c 信号情報センターの実施主体に関する検討
- d 信号情報以外の情報(交通規制情報等)の統合的な配信に関する検討
- e 信号情報と高精度三次元地図の連携に関する検討
- f 信号情報の精度向上に関する検証
- g 信号情報の通信遅延の軽減に関する検討
- h 警察庁信号情報集約システムの機能の軽減に関する検討

* 以下の資料におけるa～hの記号で示す内容は上記の通り。

1 テーマの分担(2021年度)

テーマ1 「クラウド等を活用した信号情報提供の社会実装に向けた研究開発(信号情報センターの社会的な機能要件(必要性)に関する検討等)」

【一般社団法人UTMS協会】

a、c

テーマ2 「クラウド等を活用した信号情報提供の社会実装に向けた研究開発(信号情報センターの技術要件に関する検討等)」

【パナソニックシステムソリューションズジャパン株式会社】

b、h

(※)2022年4月1日にパナソニック コネクト株式会社に変更

テーマ3 「クラウド等を活用した信号情報提供の社会実装に向けた研究開発(信号情報以外の情報(交通規制情報等)の統合的な配信に関する検討等)」

【日本信号株式会社】

d、g

テーマ4 「クラウド等を活用した信号情報提供の社会実装に向けた研究開発(信号情報の精度向上に関する検証及び信号情報の通信遅延の軽減に関する検討等)」

【オムロンソーシアルソリューションズ株式会社】

f、g

1 テーマの分担(2022年度)

【以下契約変更による追加事項】

テーマ5 「2022年度実証実験に伴い対象県で整備される機器、ソフトに関する検討」
【オムロン ソーシャルソリューションズ株式会社・日本信号株式会社】

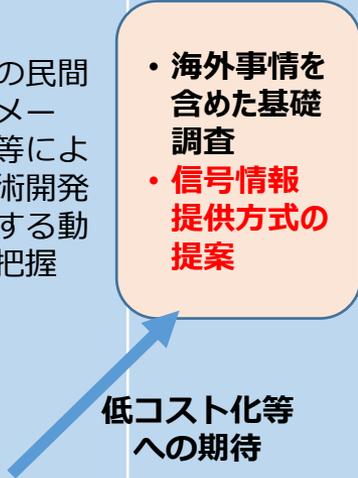
テーマ6 「警察庁信号情報集約システムと接続した信号情報提供検証環境の構築及び
検証実施等」
【パナソニック コネクト株式会社】

テーマ7 「警察庁～都道府県間ネットワークの構築及び都道府県警察システムにおける
信号情報提供検証環境の構築、検証実施等」
【日本信号株式会社】

テーマ8 「都道府県警察システムにおける信号情報提供検証環境の構築、及び検証
実施等」
【オムロン ソーシャルソリューションズ株式会社】

2 事業の経緯

研究名	2018年度以前	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度
<p>クラウド等を活用した信号情報提供に係る研究開発 [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]</p> <p>(V2N)</p>	<p>海外の民間車両メーカー等による技術開発に関する動向を把握</p>	<ul style="list-style-type: none"> 海外事情を含めた基礎調査 信号情報提供方式の提案 	<ul style="list-style-type: none"> 機能要件の詳細化 工場レベルの検証 信号情報提供方式の選定 	<ul style="list-style-type: none"> 機能要件の詳細化 課題への対応策の検討 モデルシステムの構築・検証 来年度以降の検証で構築するシステムの仕様書の策定 	<ul style="list-style-type: none"> 信号情報センターの社会的要件、技術的要件等の検討 他の情報との連携・統合に関する検討 課題への対応策の改善 	<p>モデル事業・検証</p>
<p>【参考】 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(V2I)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 光ビーコンを活用したTSPSの実用化 ITS無線路側機を活用したDSSSの実用化 	<ul style="list-style-type: none"> 海外事情を含めた基礎調査 次年度への準備 	<ul style="list-style-type: none"> 機能要件の詳細化 課題への対応策の策定 工場レベルの検証 他方式を含めた比較検討 上記を踏まえた仕様化 	<ul style="list-style-type: none"> 低コスト化等の推進による普及への継続的取り組み 		

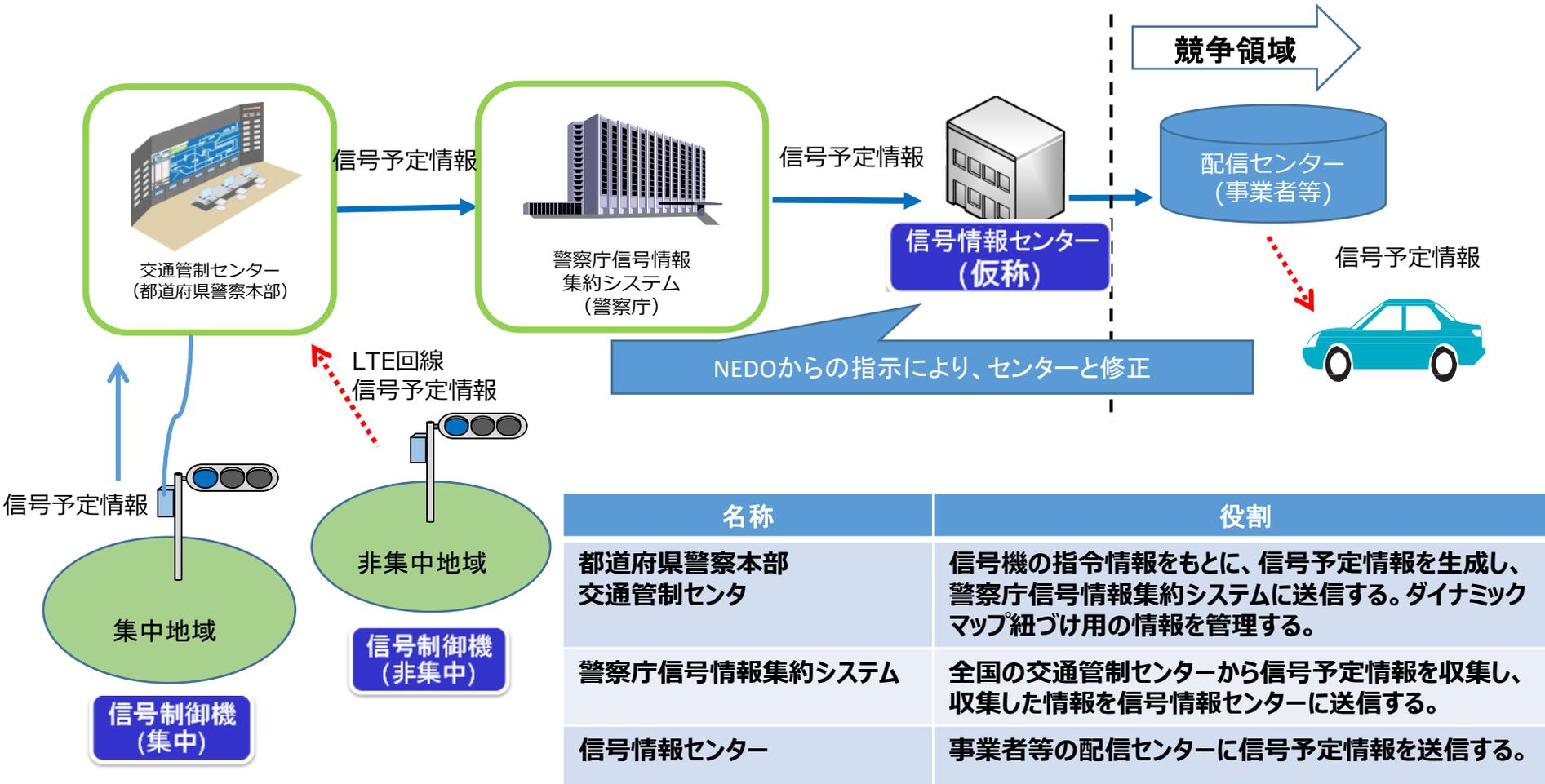


低コスト化等への期待

3 研究の概要

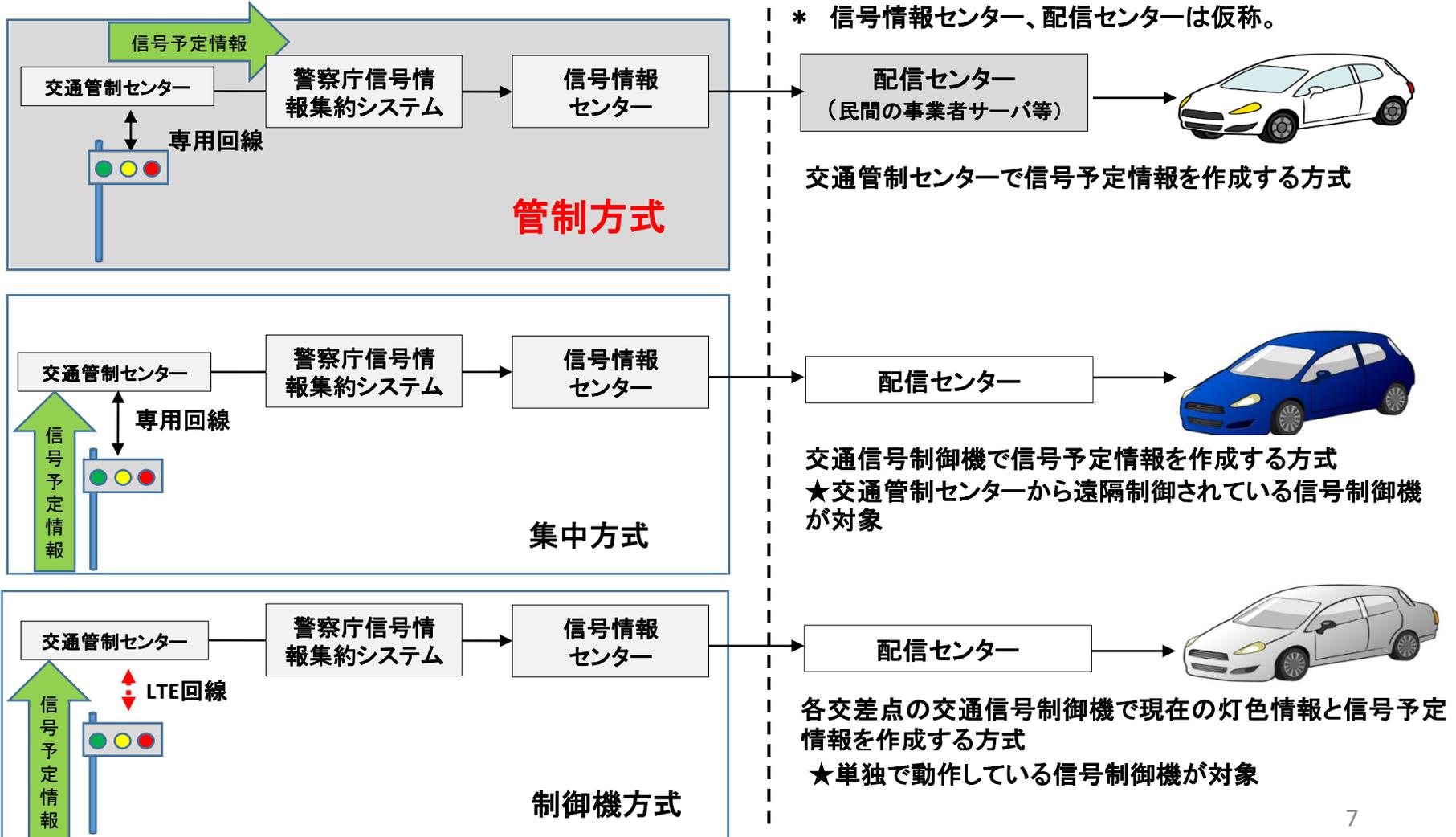
【概要】

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）においては、自動運転に係る激しい国際競争の中で世界に伍していくため、自動車メーカーの協調領域となる世界最先端のコア技術（信号・プローブ情報をはじめとする道路交通情報の収集・配信などに関する技術等）を確立し、一般道で自動運転（SAE レベル3相当）を実現するための基盤を構築し、社会実装することを内容としている。本事業では、その一環として、クラウド等を活用した信号制御提供の社会実装に向けた研究開発を行う。



4 信号情報提供の手法

交通管制センターや信号制御機で生成される信号予定情報をLTE等の回線を介して警察庁信号情報集約システムに一旦集約した後、配信センターに送り出す提供手法等について研究開発を行う。令和元年度の検討の結果を踏まえて管制方式を軸に検討を進め、同方式を補完するために集中方式・制御機方式の検討を行う。



5 実施体制(2021年度)

一般社団法人UTMS協会 a、c
(両委員会の運営を担当)

パナソニックシステムソリューションズ
ジャパン株式会社 b、h

検討結果、検証結果を提出

日本信号株式会社 d～g
管制方式、集中方式を検証

オムロンソーシャル
ソリューションズ株式会社 f、g
管制方式、制御機方式を検証

信号情報センター検討委員会

警察庁、交通インフラメーカー、車両メーカー、交通情報提供事業者、通信キャリア等

【審議課題】

- a 信号情報センターの社会的な機能要件(必要性)に関する検討
- b 信号情報センターの技術要件に関する検討
- c 信号情報センターの実施主体に関する検討
- h 警察庁信号情報集約システムの機能の軽減に関する検討

審議を通じて確認
オーバーラップ部分は双方で確認

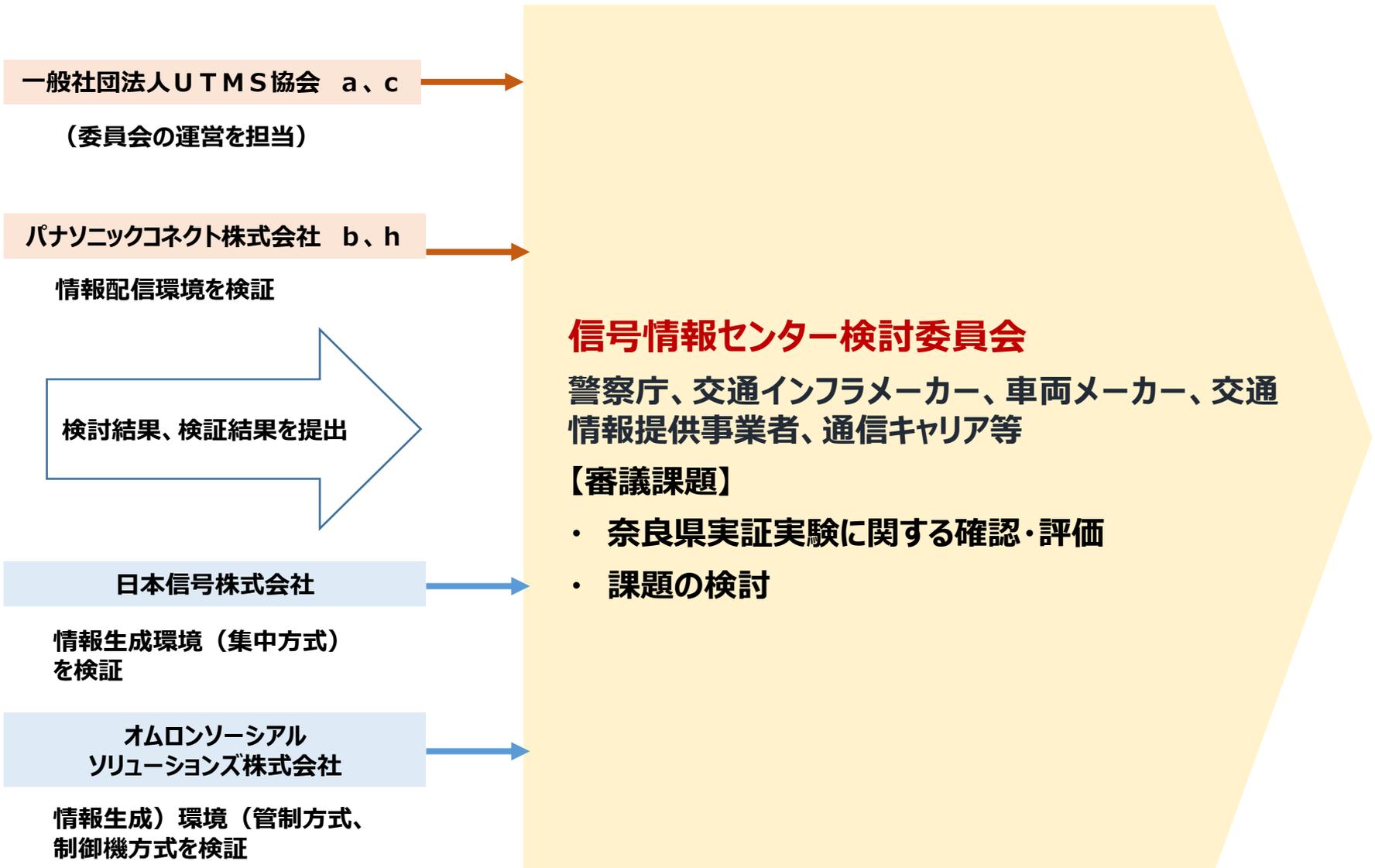
クラウド等活用信号情報提供技術検討委員会

警察庁、交通インフラメーカー、車両メーカー、地図関係企業、通信キャリア等

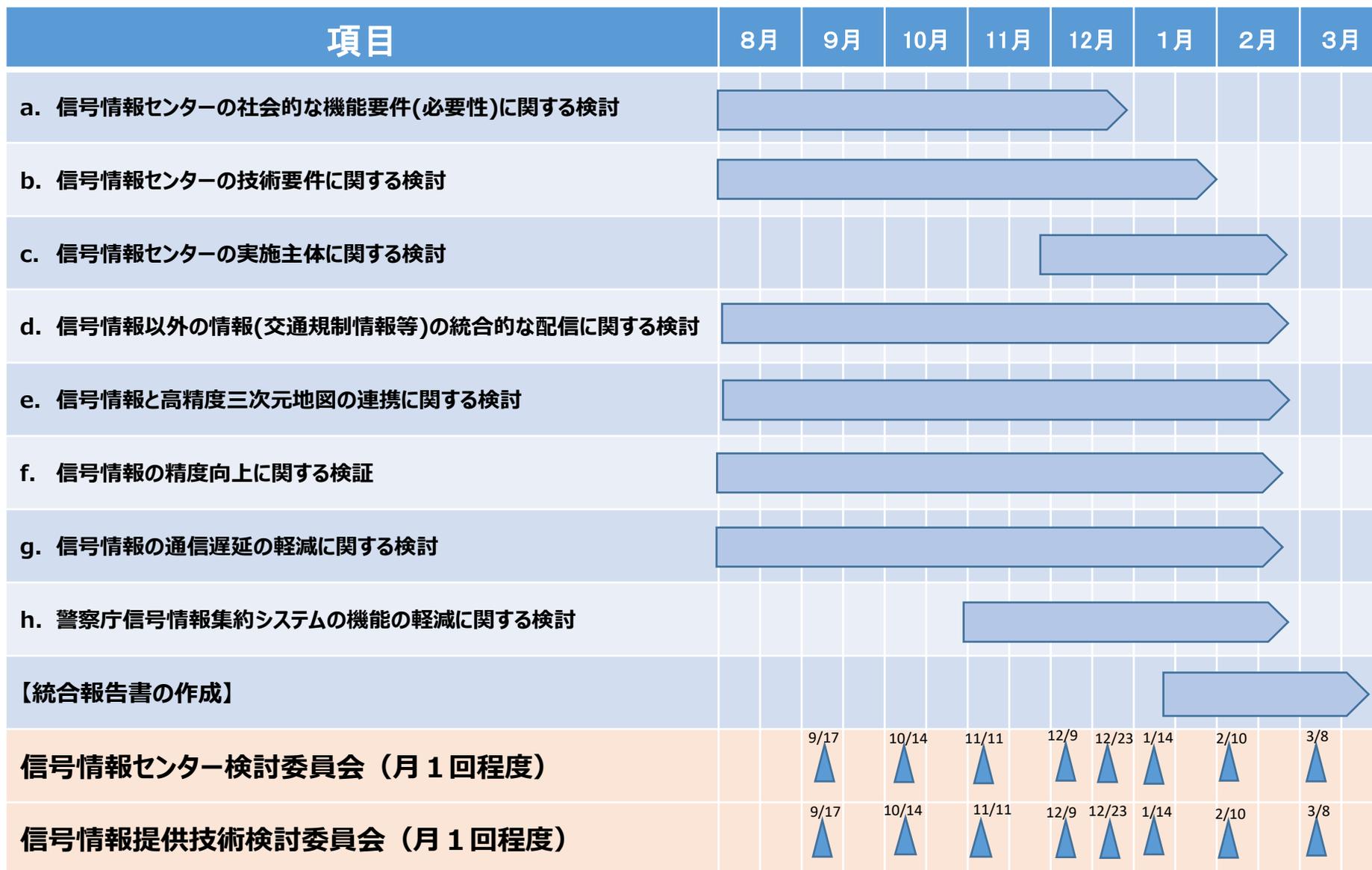
【審議課題】

- d 信号情報以外の情報(交通規制情報等)の統合的な配信に関する検討
- e 信号情報と高精度三次元地図の連携に関する検討
- f 信号情報の精度向上に関する検証
- g 信号情報の通信遅延の軽減に関する検討

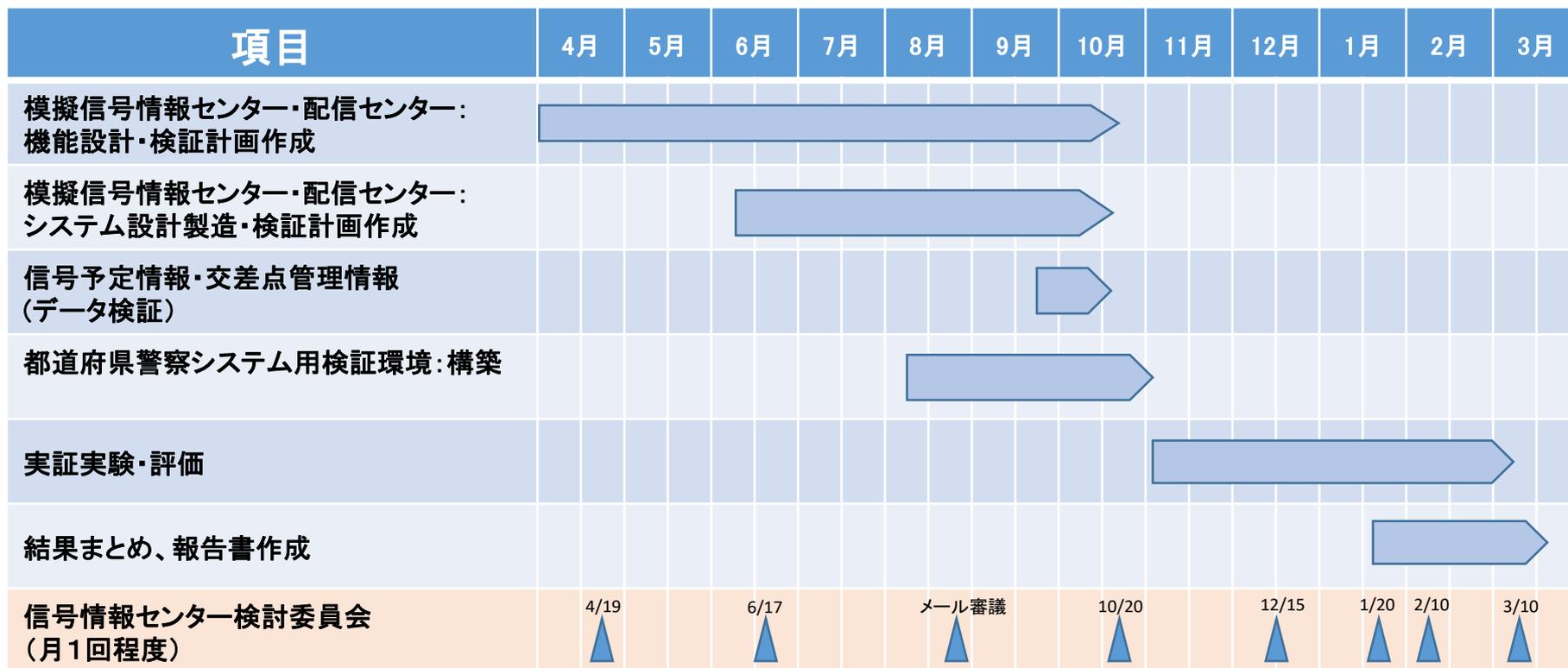
5 実施体制(2022年度)



6 研究開発スケジュール(2021年度)

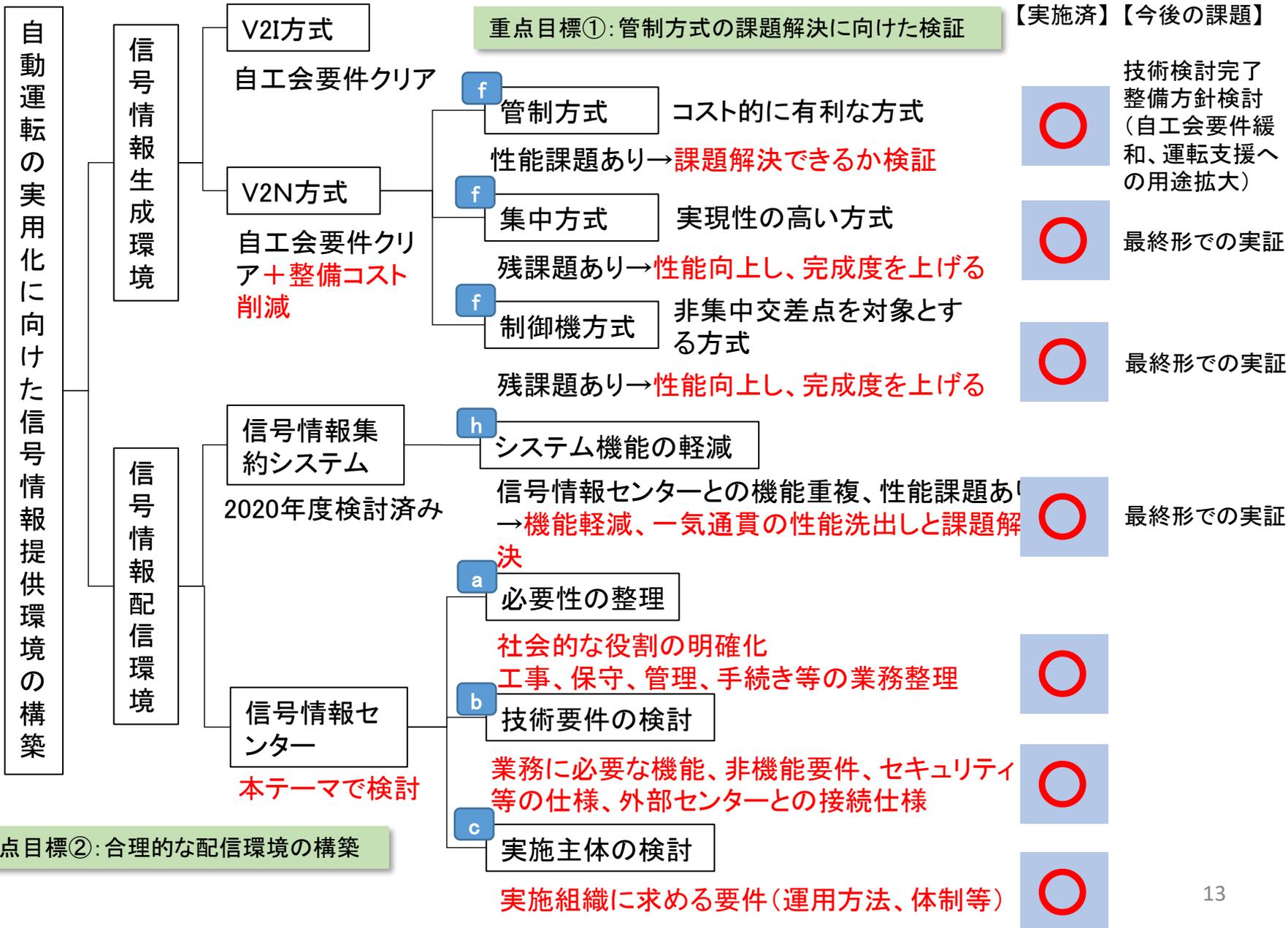


7 研究開発スケジュール(2022年度)

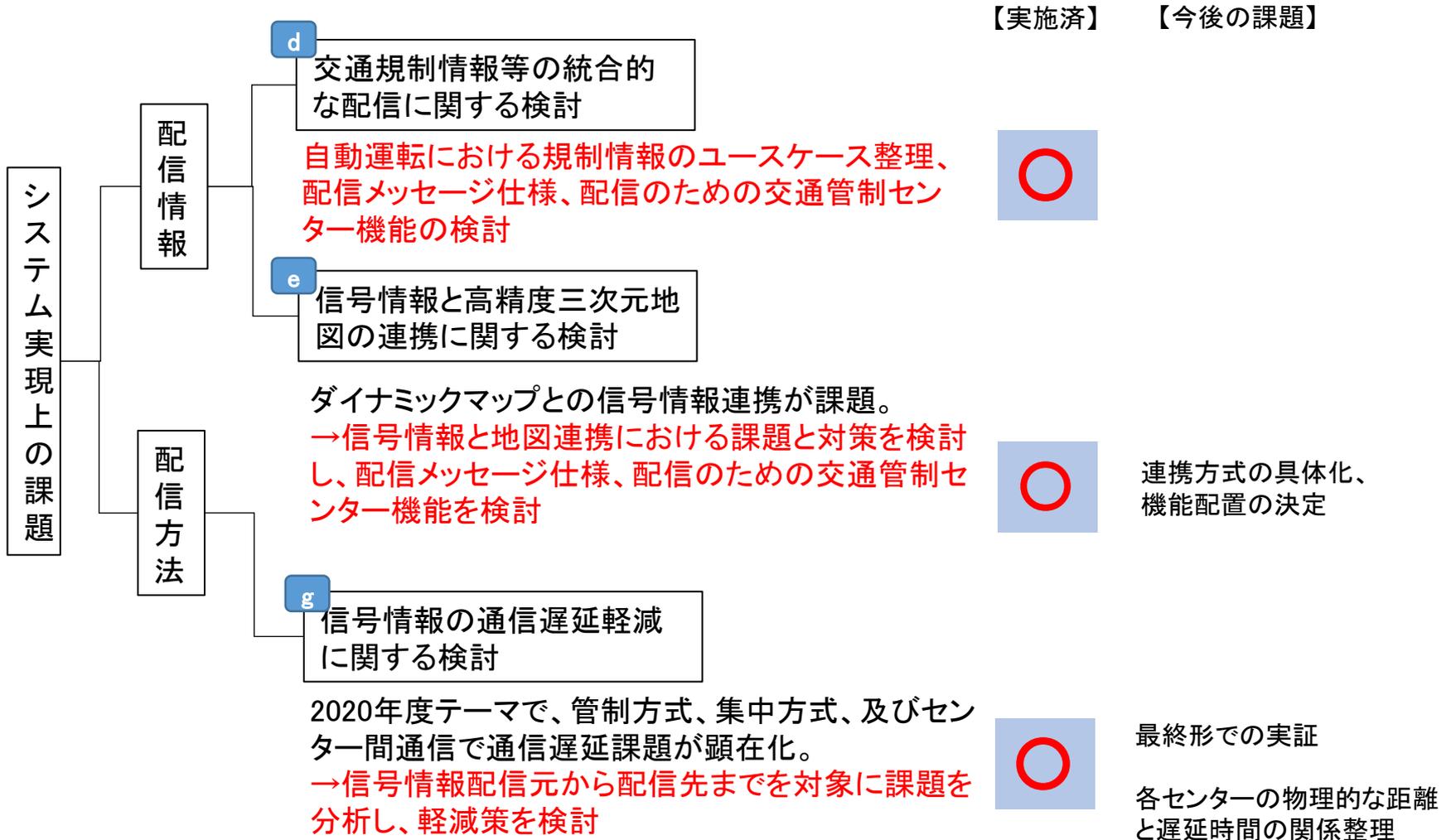


2021年度 各種検討及び工場レベル検証

7 研究開発の目標に対する成果と課題(1/2)



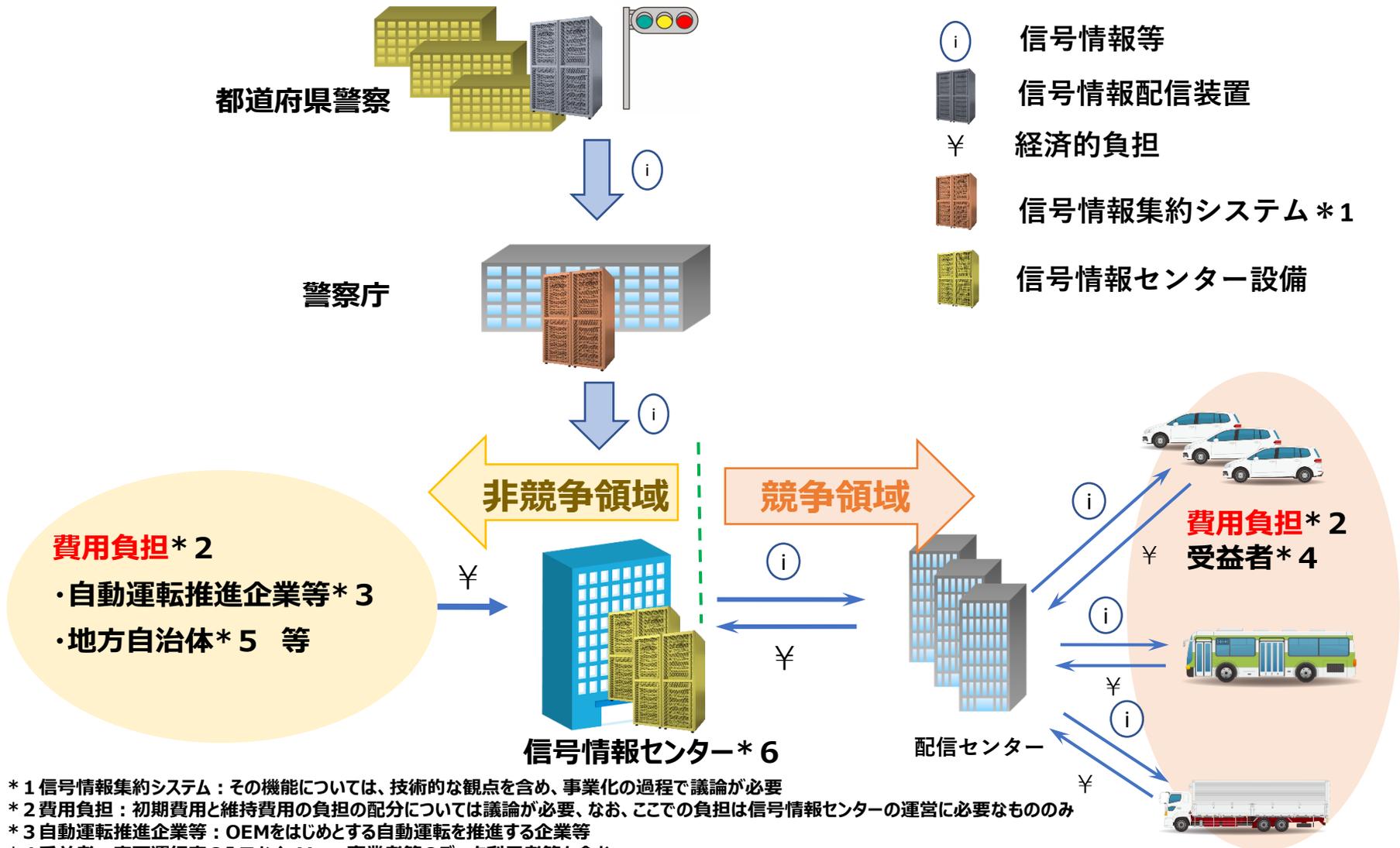
7 研究開発の目標に対する成果と課題(2/2)



8 信号情報センター事業全体像(想定)

(一般社団法人UTMS協会)

a



- * 1 信号情報集約システム：その機能については、技術的な観点を含め、事業化の過程で議論が必要
- * 2 費用負担：初期費用と維持費用の負担の配分については議論が必要、なお、ここでの負担は信号情報センターの運営に必要なもののみ
- * 3 自動運転推進企業等：OEMをはじめとする自動運転を推進する企業等
- * 4 受益者：車両運行車のみでなく、Maas事業者等のデータ利用者等も含む
- * 5 地方自治体：都道府県警察は含まない。例としては、バス等を運行する都道府県、市、町、村
- * 6 信号情報センター：理念的な位置付けの記載であり、機能の地域分散等については、今後議論が必要

8 信号情報センターが備える必要のある社会的要件

(一般社団法人UTMS協会)

a

項目	必要な社会的要件	課題
組織体の運営	<ul style="list-style-type: none"> ・経営企画機能 ・ファイナンスの確保機能 	<ul style="list-style-type: none"> ・人材確保（受益者負担の確保を含むファイナンス経験、公共的な観点で考え得る能力） ・関係機関との意思疎通の円滑性
信号情報の中継	<ul style="list-style-type: none"> ・中継に関するオペレーション機能 ・イベント発生時のリカバリー対応機能 	<ul style="list-style-type: none"> ・人材確保（オペレーション経験） ・類似業務の経験
信号情報センター施設の整備・維持・管理・保守・運用	<ul style="list-style-type: none"> ・信号情報センター施設の企画・設計及び関係する発注機能 ・セキュリティ管理機能 ・日常的な障害処理 ・配信センターへのサポート 	<ul style="list-style-type: none"> ・人材の確保（フィールドエンジニアリング、動的データベースの専門家） ・類似業務の経験 ・全国的な体制の確保
配信センターへの技術的な接続	<ul style="list-style-type: none"> ・接続用装置等の設置(信号情報センター施設の工事施行含)等実施機能 	<ul style="list-style-type: none"> ・人材確保（技術管理能力） ・類似業務の経験
配信センターへの手続的な接続	<ul style="list-style-type: none"> ・受付（条件の確認）機能 ・費用（受益者負担分）の徴収機能 	<ul style="list-style-type: none"> ・人材確保（カスタマーサービス経験） ・類似業務の経験
配信センターへの技術的なサポート	<ul style="list-style-type: none"> ・仕様、規格等の確認等の技術サポート 	<ul style="list-style-type: none"> ・人材確保（新規開発した信号情報提供技術に関する知見）

※ 赤字の人材は信号情報センターで確保することが必要。オペレーション、施設関係は外部依存も可能。 16

8 信号情報センターの実施主体の条件

(一般社団法人UTMS協会)

C

道路交通法との関係

従来の交通情報よりも高い信頼を要求される信号情報等を担うという観点から、少なくとも**道路交通法施行規則第38条の7第2項**を満足することが必要

「道路の交通に関する情報を提供することにより道路における交通の安全と円滑に寄与することを目的とする……同条第一項に規定する交通情報の提供に係る事務を行うのに必要かつ適切な組織、施設及び能力を有する」(道路交通法施行規則第38条の7第2項)

社会的要件の充足

必要な社会的要件を充足することが必要

- 機能要件のうち、施設整備、技術サポートその他技術的な解決を図ることが適当な項目については、他の組織に依存することが可能

考慮すべき事項

- 数の限定
- 既存組織の活用
- 経験組織の参画

- 警察と競争領域の間を中継するという事業の性格上、警察側の負担、セキュリティの維持、全国的な統一性、事業の成立性等の観点からは、**信号情報センターを担う組織はできるだけ少ない数とすることが適切**（可能であれば、中立・公正性を担保でき、地域的な機能分散を視野に入れつつもそれらを統合的に管理できる全国的な体制及び24時間体制を有する1組織）
- 自動運転を支えるという性格上、サステナビリティを担保する経営の確実性が重要であり、**一定の実績を保有する既存の組織体の事業を拡大することにより実現することは有力な方法の一つ**
- 企画、経営判断等に必要の人材確保の必要性から、**交通情報の分野において、経験を有する組織の参画が必要**

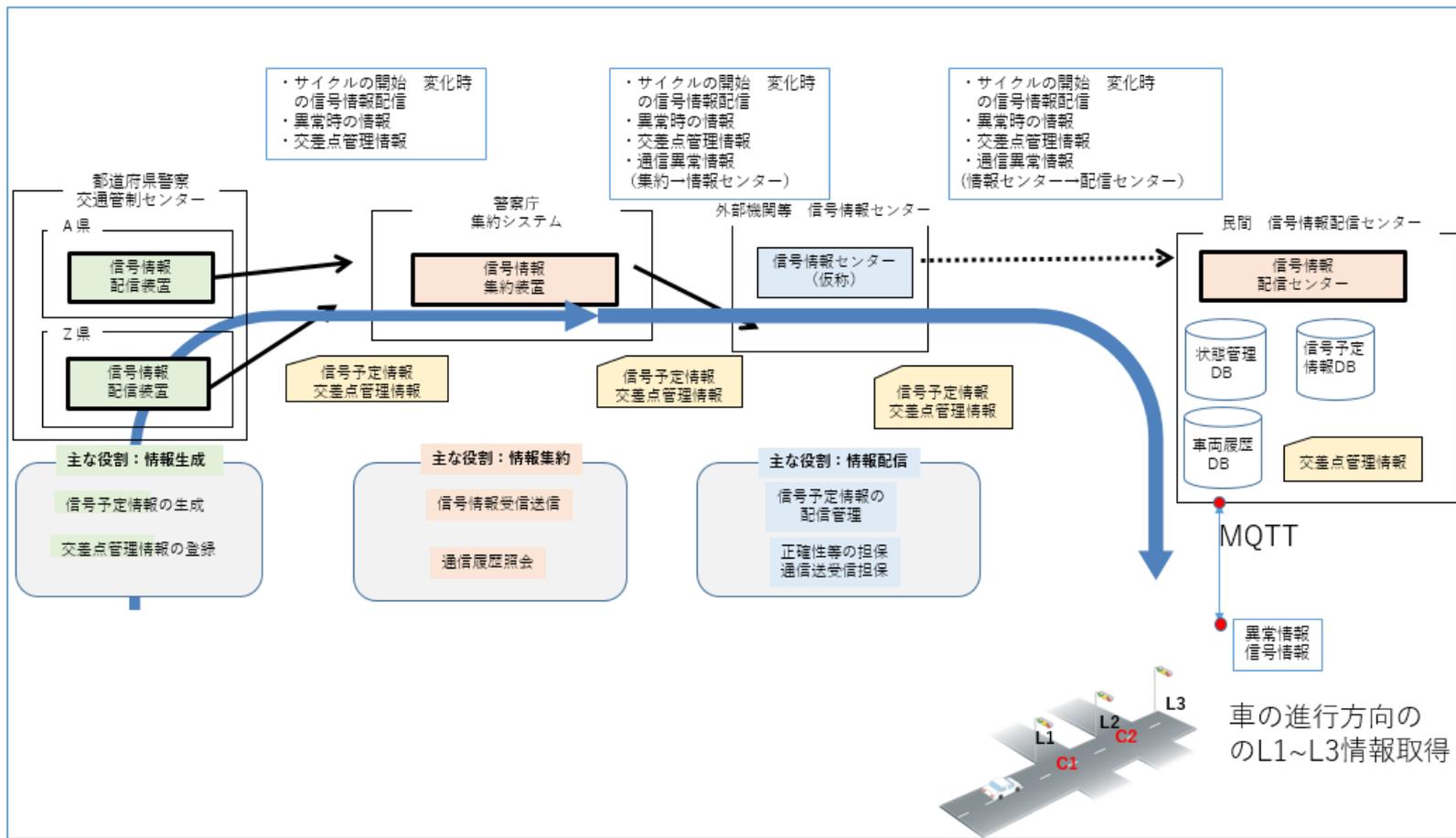
9 信号情報センターの技術要件のための全体構成や必要な機能

(パナソニック システムソリューションズジャパン株式会社)

b

【信号情報センター等の技術要件】

- ・都道府県警察交通規制センターから、提供された信号情報を警察庁信号情報集約システムで集約して、信号情報配信センターに送信する信号情報センターのシステムの仕様化 (2021年度に信号情報集約システムの仕様書作成済)
- ・上記各装置間の役割の再設計



9 信号情報センターの技術要件のための構成、機能配置検討

(パナソニック システムソリューションズジャパン株式会社)

b

(1) ハードウェア構成の検討

- ハードウェア構成の整理(各装置の役割)
- リソース容量(メモリ、ハードディスク)の算出(日単位、月単位)
- 信号情報集約装置と信号情報センターのシステム装置のハードウェア及びその機能要件
- 技術要件(性能)の検討

(2) システム構成(装置配置と機能の整合性)

- 必要最小限のシステム構成検証(監視、通信ログ保存、データベース)机上及び装置活用検討(以下の項目を考慮)
- 交差点管理情報の運用に合わせたデータ管理
- 信号予定情報と装置間のエラー情報の送信方法
- OS・ミドルウェア以外に必要なデータベース構築用ソフトウェアのシステム中立性要件を考慮した検討

(3) 帳票(参照系)の検討

(4) ネットワーク環境及び非機能要件

9 信号情報センターの技術要件の機能整理

(パナソニック システムソリューションズジャパン株式会社)

b、h

信号情報集約システムと信号情報センターの機能の検討と項目決定

システム機能上の役割分担

信号情報を提供するサービスを実現するうえで、信号情報集約システム及び信号情報センターシステムの要件検討の前提とするシステム機能の分担案である。

	協調領域		競争領域 (民間)
システム	都道府県警察 / 交通管制システム	警察庁 / 信号情報集約システム	信号情報センター / 信号情報センターシステム (仮)
主たる装置	信号情報配信装置	信号情報集約装置	信号情報提供装置 (仮) 信号情報配信サーバ (仮)
システム機能の分担	<ul style="list-style-type: none"> ● 信号予定情報の生成 ● 交差点管理情報の登録 	<ul style="list-style-type: none"> ● 全国情報集約・ルート1本化 	<ul style="list-style-type: none"> ● 信号情報等の規約整合性の確保 ● 信号予定情報の配信管理
	<ul style="list-style-type: none"> ● 通信等の管理 ● 履歴照会 	<ul style="list-style-type: none"> ● 通信監視 (通信異常対応) ● 履歴照会 	<ul style="list-style-type: none"> ● 配信の管理・照会
	<ul style="list-style-type: none"> ● 信号予定情報の提供管理 (信号予定情報の整合性の確保) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 実証実験の各種検証 (サービス立上げ時含む) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 提供情報の管理

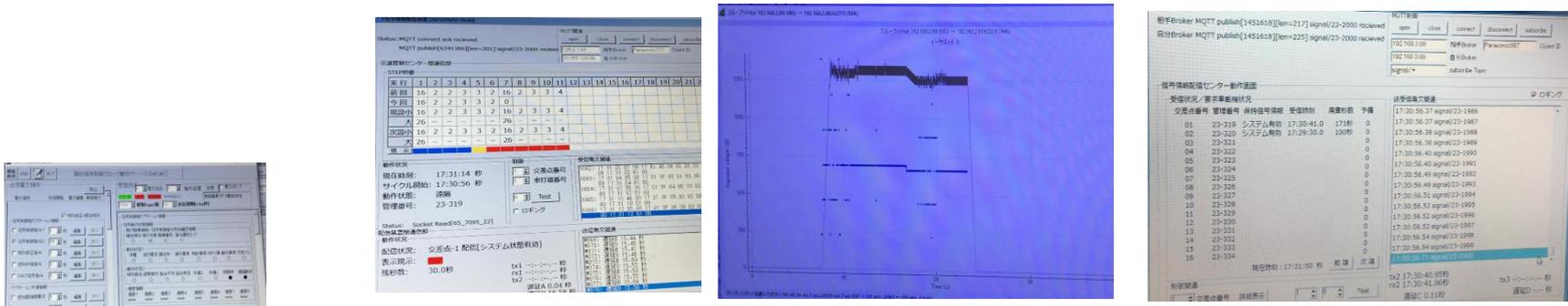
【凡例】

● 赤色: 機能がシフトするもの(2020年度仕様から)

NEDOからの指示により、昨年度を修正

10 性能測定(性能改善・ボトルネック要因)

(パナソニックシステムソリューションズジャパン株式会社)

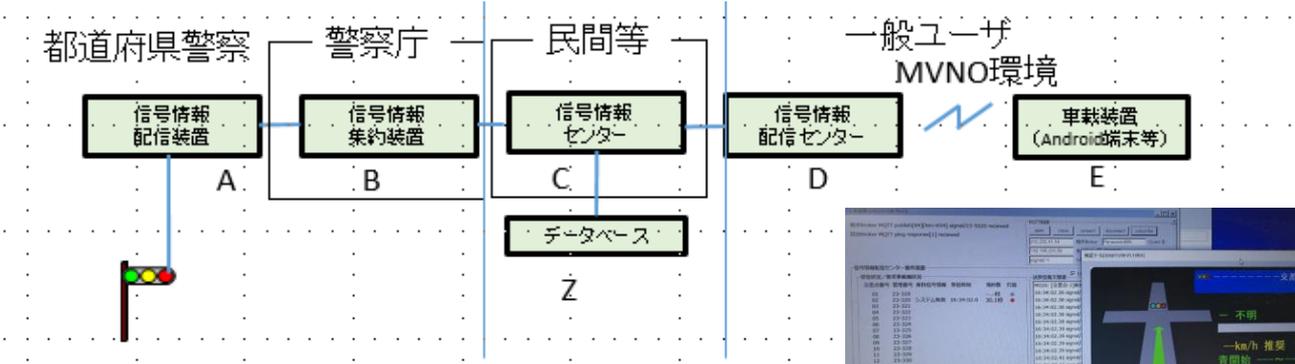


信号情報配信装置 USB-LAN等での12.5Mbps帯域 信号情報配信センター

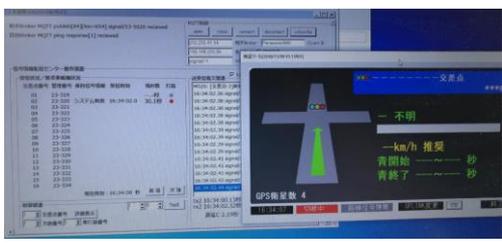


交通管制センター

端末対応装置



同時通信数をシミュレーション
4000交差点 60秒サイクル時
100交差点 (99.99%)



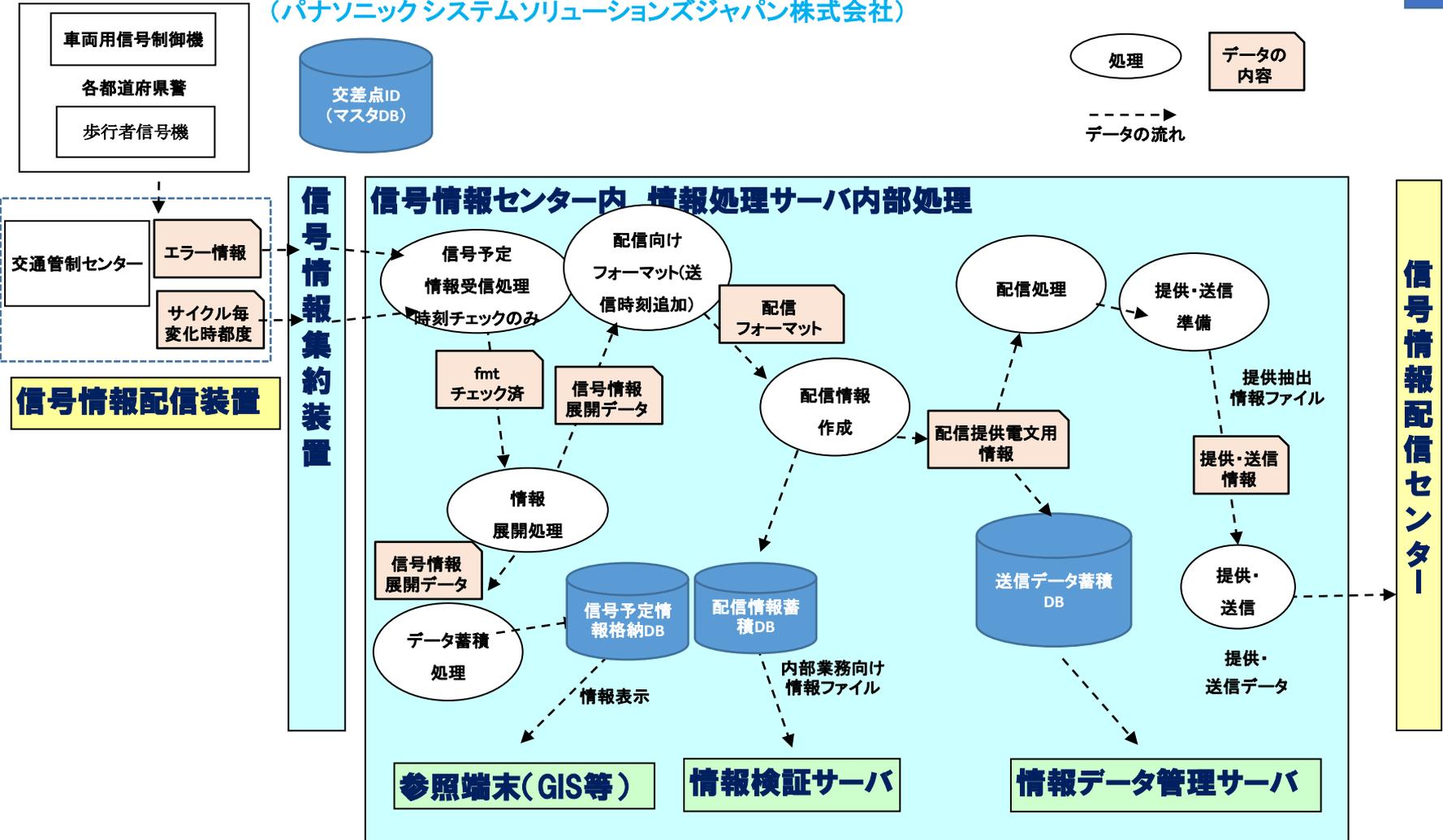
一般公衆回線でのパケット通信時のエージングデータ取得予定再送回数の取得

0.1秒対応疑似信号制御機

10 遅延軽減等のための内部処理検討



(パナソニックシステムソリューションズジャパン株式会社)



- ①ヘッダ負荷処理部の性能測定環境構築
- ②同時通信処理数の見直し
- ③時刻チェック処理
- ④再送処理なし

10 性能測定結果

(パナソニックシステムソリューションズジャパン株式会社)

測定環境

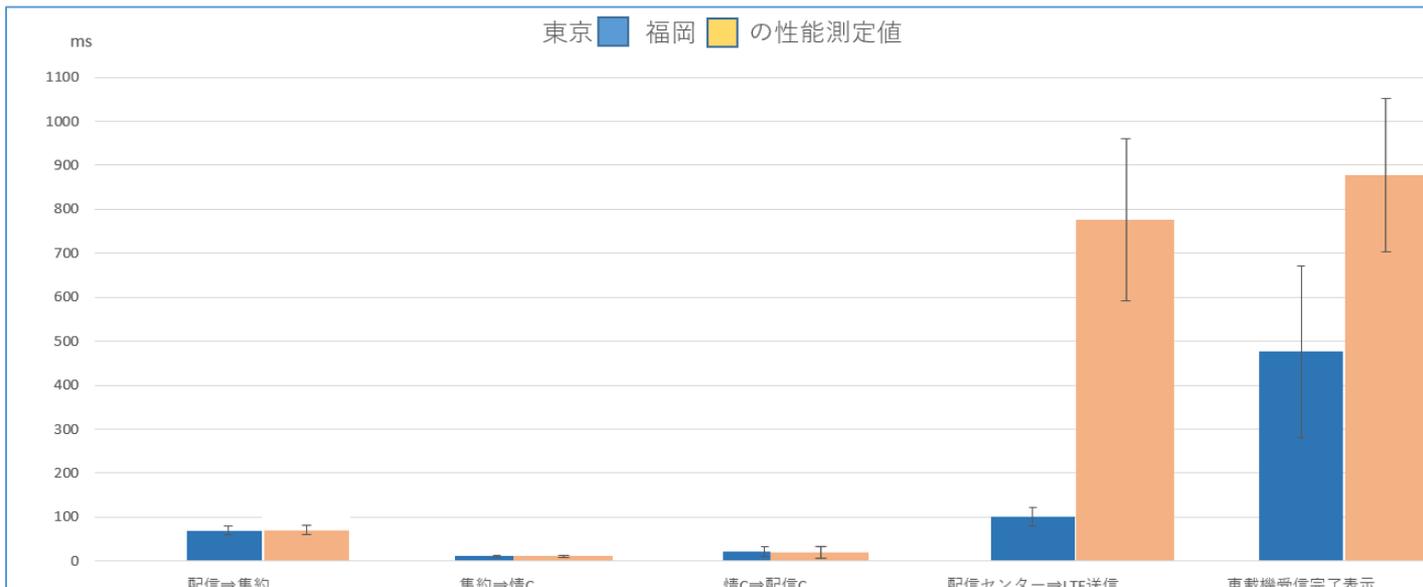
模擬信号情報配信装置(各県警)－模擬信号情報集約装置間 帯域12.5Mbps
サイクル長 100秒 信号予定情報サイズ 585バイト 同時通信数 256交差点
場所:福岡 東京 同時間帯で測定 17:00～19:30

・2020年度は2装置間で検証を行ったが、2021年度は4装置(生成装置、集約装置、信号情報センター、配信センター装置)を別セグメントに配置する等経路数を実環境に近い模擬環境を構築

結果

福岡 最大 2.63秒 平均0.87秒
東京 最大 1.57秒 平均0.47秒
(PULL通信での接続環境)

- ・信号情報センターの処理時間としては通信時間を含んでも30～60msで配信。
- ・センターを整備する都道府県と車載機の距離が離れると、通信遅延が拡大。

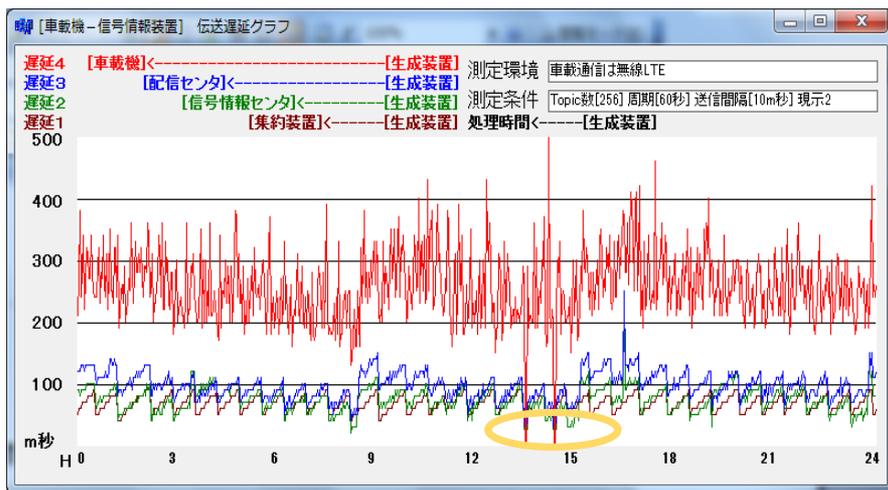


10 性能測定結果

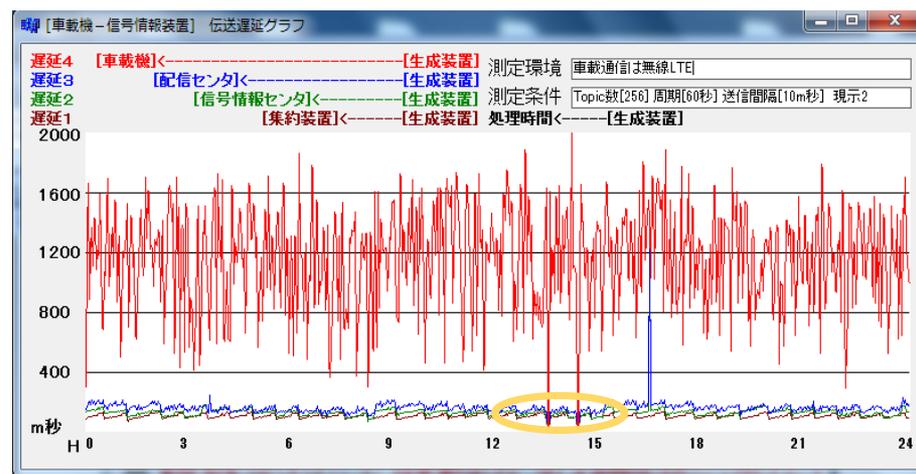
(パナソニックシステムソリューションズジャパン株式会社)

g

- ・2020年度はデータベースへの書き込みまでの遅延時間と配信センターから模擬車載機までの配信時間をそれぞれ評価して加え合わせて評価した。その結果、2秒から3秒程度の遅延という結果を得た。
- ・2021年度はデータベース書き込みと並行してデータ伝搬結果MQTT-PINGを1秒間隔で車載機とセンター間で通信してコネクションをはることで、200ms～500msに遅延が縮小した。



MQTT-PING 1秒での連続稼働



MQTT-PINGなしでの連続稼働

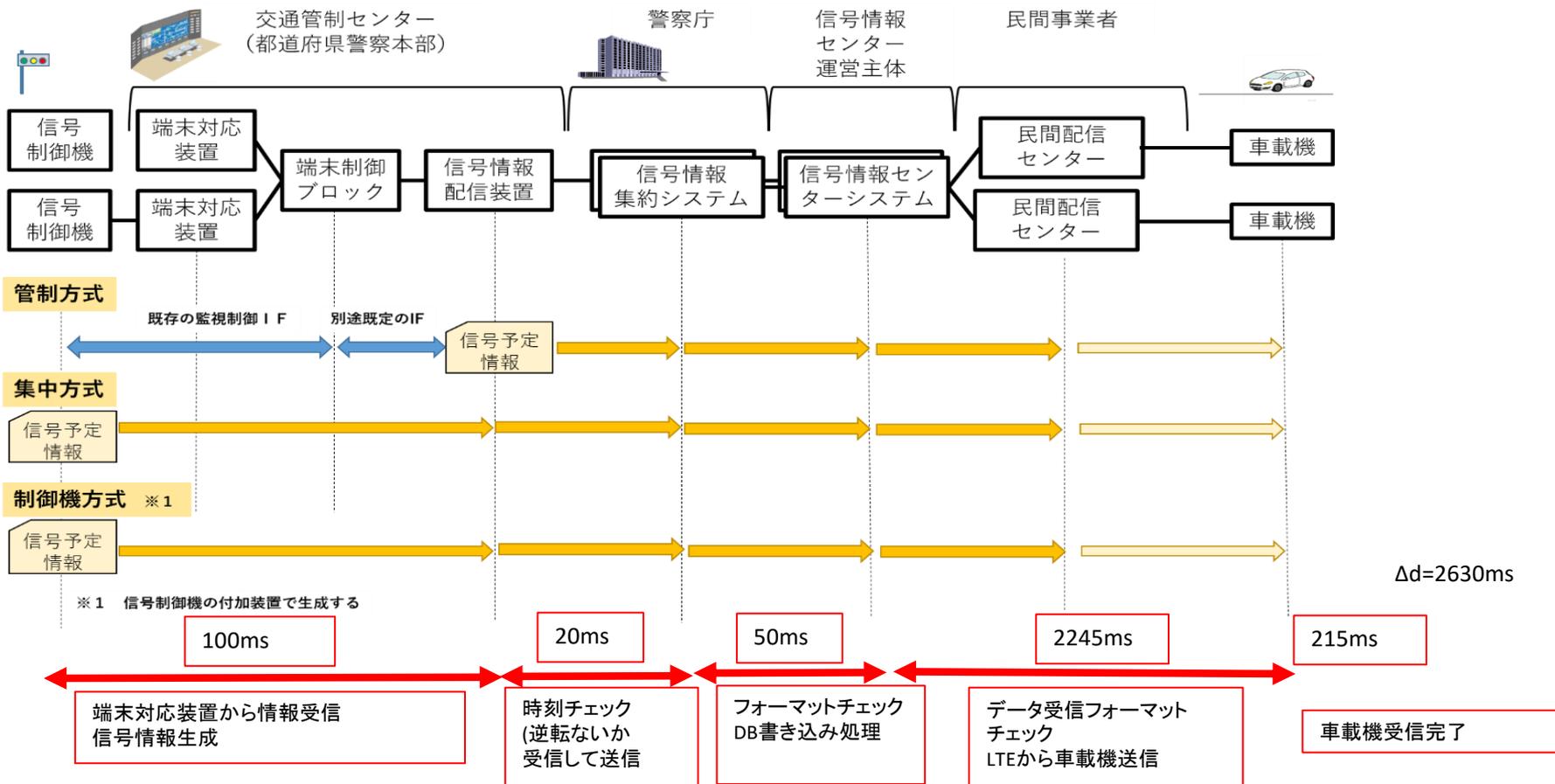
24時間連続稼働で2回 センターと車載機間で通信が切れて測定不能 リトライで復旧

10 Δt と Δd の考察

(パナソニックシステムソリューションズジャパン株式会社)



福岡 最大値2630msの場合



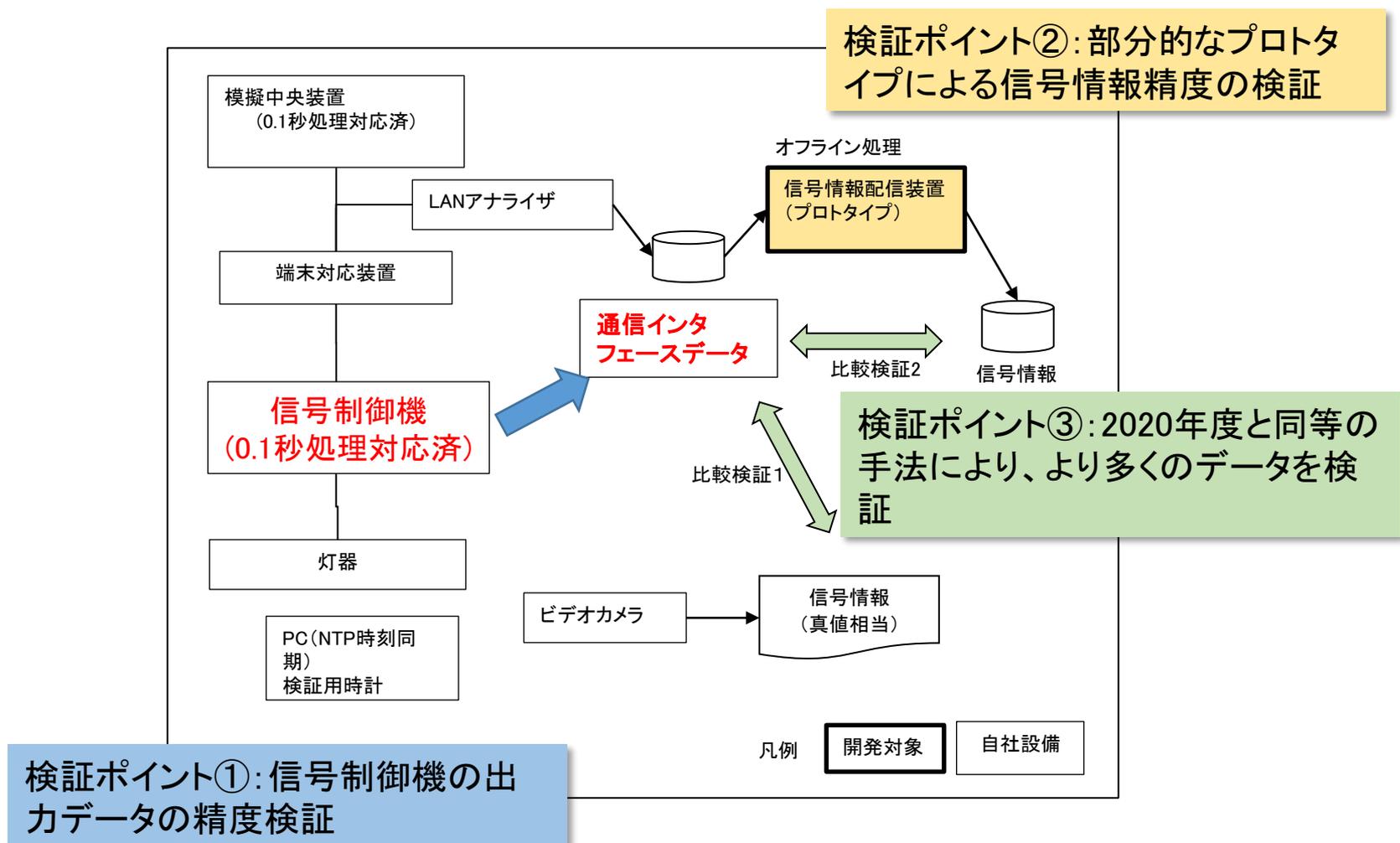
サイクル開始から青が終了するまでの時間 > 信号予定情報が車載機に届くまでの時間 + Δt を確認した

10 信号情報の精度向上に関する検証(管制方式)

(オムロンソーシャルソリューションズ株式会社)



信号制御機(0.1秒処理)の出力データに基づき、信号情報を編集するため、出力データの精度が必要な精度であることを確認する。短時間で有効な検証を行うため、オフライン処理のプロトタイプを開発。より多くのデータ(長期間)を対象に検証するため、ビデオカメラの他、データ同士の比較を実施。



11 信号情報の精度向上に関する検証(管制方式)

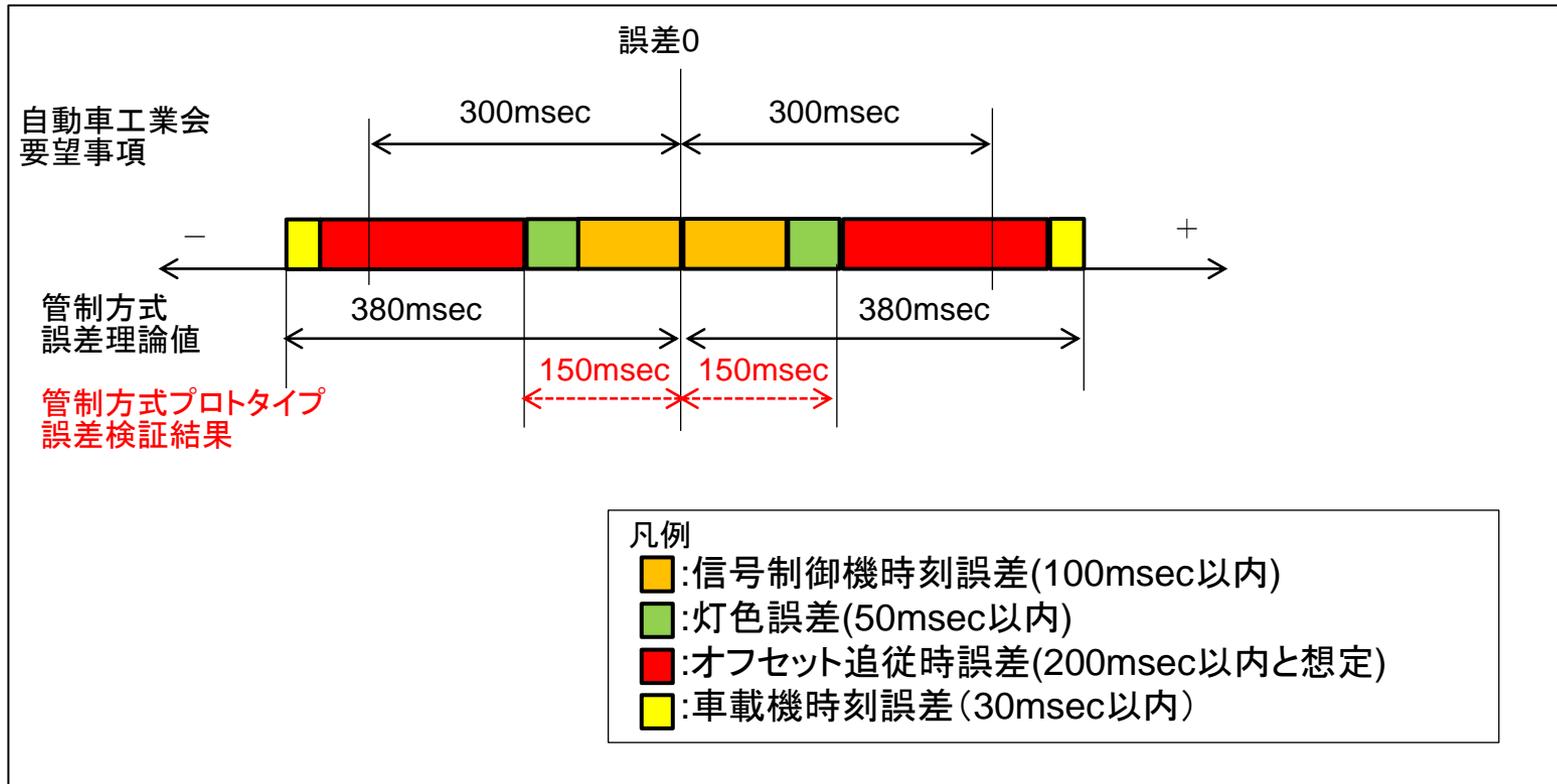
(オムロンソーシャルソリューションズ株式会社)

f

検証ポイント	検証結果	課題・見通し
信号制御機の出力行データの精度検証	GPSによる時刻精度向上を確認(誤差100msec未満)	通常時は問題なし。交差点でのGPS衛星捕捉状況の確認が必要。
	信号制御履歴の精度向上を確認(誤差150msec未満)	回線の精度向上を達成したため課題なし。
	リコール要求受付情報の精度を確認	これまで課題であった押ボタン(回転型)交差点での信号情報提供が可能となった。
部分的なプロトタイプによる信号情報精度の検証	自社製の信号制御機に対して、自工会要望事項を満たすことを検証。	他社製の信号制御機に対しては、オフセット追従時に性能低下が予測され、自工会要望事項を満たせない可能性あり。自工会要望事項の緩和を含めて、議論継続検討する予定。
	異常時動作仕様を実データを元に検討。	異常時の車載機側での動作を含めて課題有無を確認中。

補足資料: 管制方式の誤差分析モデル

他社製の信号制御機の場合、オフセット追従時誤差として最大200msecが加算され、トータルで380msecの信号誤差が生じる可能性あり。



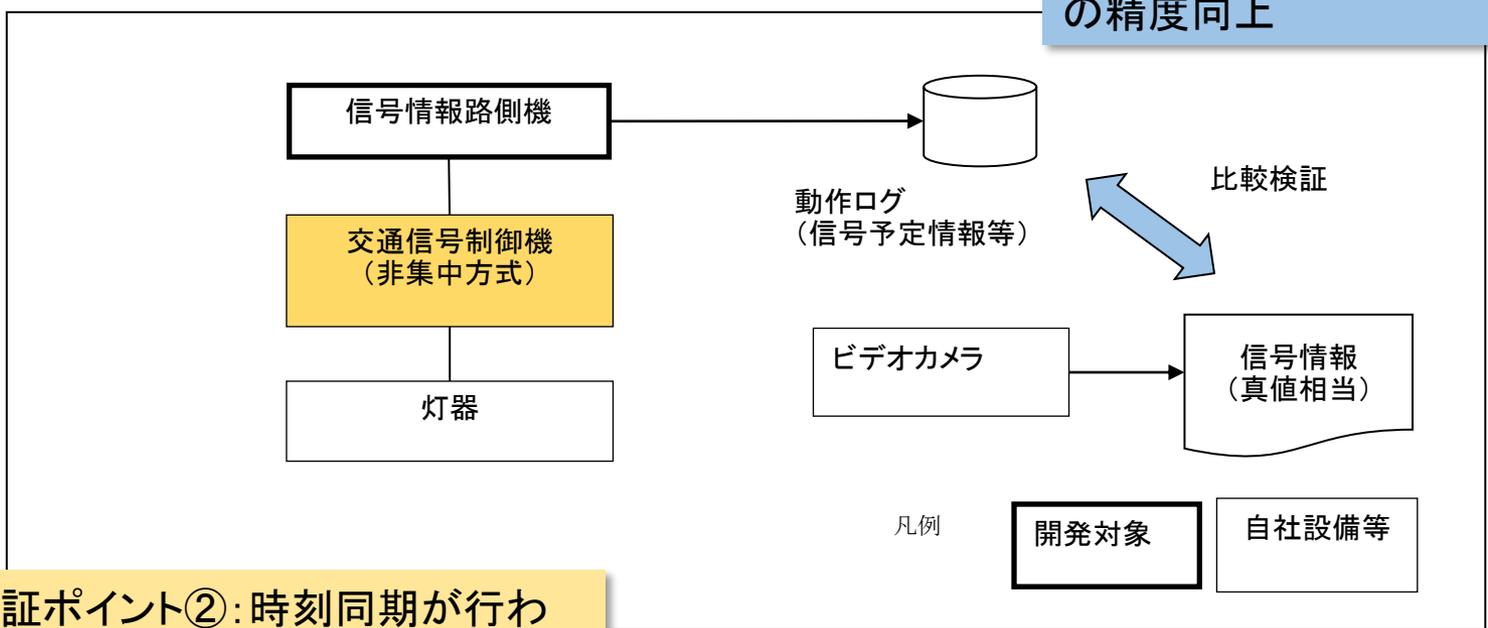
12 信号情報の精度向上に関する検証(制御機方式)

(オムロンソーシャルソリューションズ株式会社)



2020年度の県警モデルシステムにおける検証であきらかとなったオフセット追従時の精度低下に対する対策を行い、精度向上されることを検証する。また、2020年度、検証されていない時刻同期が行われない制御機の精度検証を行う。

検証ポイント①: オフセット追従時の精度向上



検証ポイント②: 時刻同期が行われない制御機の検証

補足: 制御機方式は、運用中の信号制御機に“信号情報路側機を付加する”本方式の他に、制御機方式に対応した信号制御機に更新する方式がある。

12 信号情報の精度向上に関する検証(制御機方式)

(オムロンソーシャルソリューションズ株式会社)

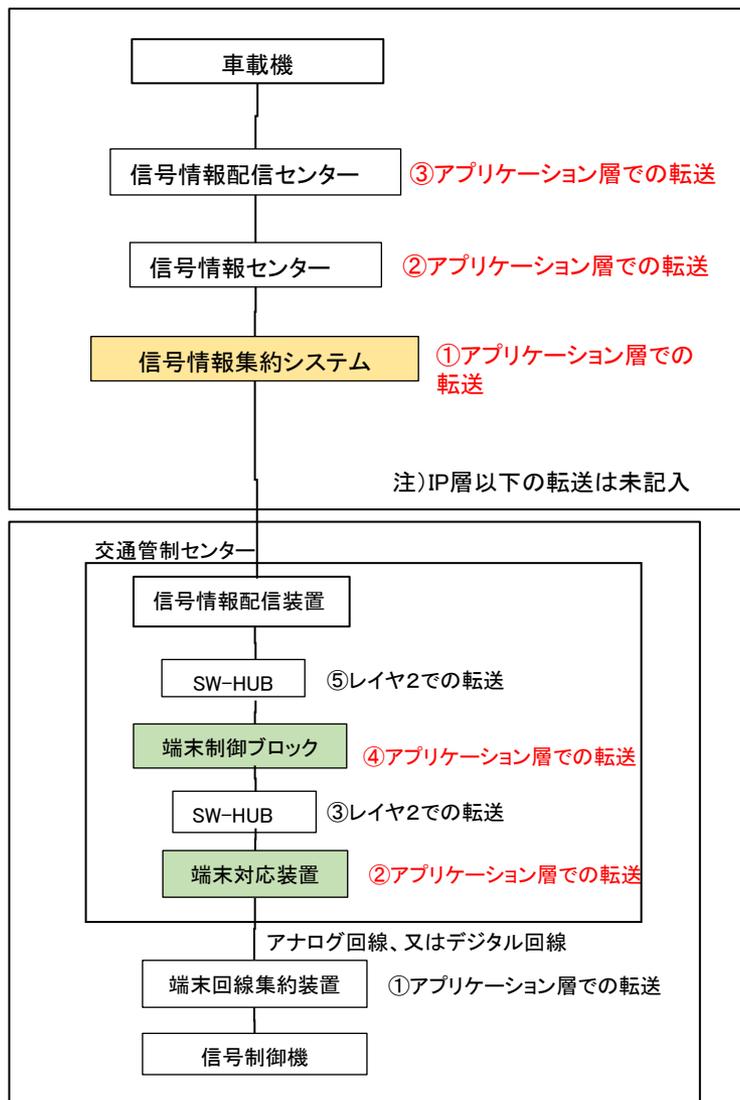
f

検証ポイント	検証結果	課題・見通し
オフセット追従時の精度向上	システム動作時、信号制御機メーカーによっては0.1秒単位のオフセット追従が発生することを確認。 0.1秒単位でオフセット追従を学習することで、自工会要望事項を満足することを確認。	交差点で運用される信号制御機を対象に長期間稼働で精度を検証することが必要である。 0.1秒でオフセット追従が行われるメーカーの信号制御機を用いた動作検証を行うことが望ましい。
交通信号制御機の時刻同期が行われていない場合の信号予定情報検証	交通信号制御機の時刻同期が行われていない場合でも、制御機の時刻推定により、信号予定情報を正しく生成できることを検証。	交差点で運用される信号制御機を対象に長期間稼働で精度を検証することが必要である。

12 通信遅延軽減

(オムロンソーシャルソリューションズ株式会社)

アプリケーション層での転送時間が通信遅延の要因と仮定し、装置毎の遅延時間を計測し、性能向上策を検討する。



検証ポイント①: 通信遅延の要因をアプリケーション層での転送と仮定

必要最小限の転送機能では、処理遅延は小さく課題なし。

検証ポイント②: センター間通信は、MQTTでの転送処理をプロトタイプで実装し遅延時間を計測、全体の通信遅延時間を見積もる

信号機数、または信号予定情報の同時生成数が増えると、数%の割合で遅延時間が増大

通信特有の遅延への対処検討中。

検証ポイント③: 既存インタフェースの転送時間を調査、性能向上策を検討する

仕様上1.4秒程度の遅延時間の発生を確認。今後、前提条件としてタイミング設計する。

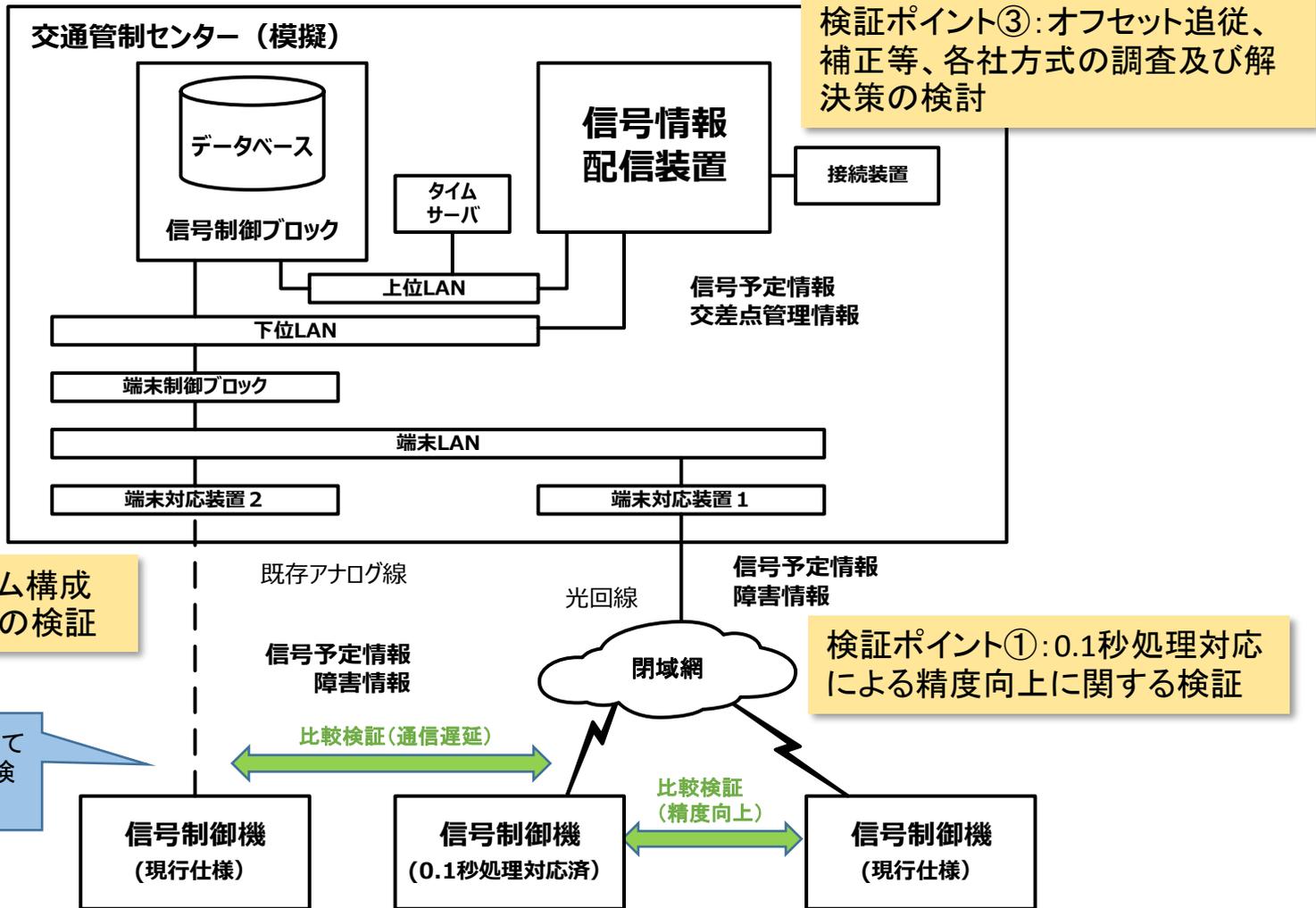
13 信号情報の精度向上に関する検証

(管制方式・集中方式) / 通信遅延軽減

f、g

(日本信号株式会社)

模擬の交通管制センターの環境を構築し、信号制御(0.1秒処理)を行った場合と現行仕様(1秒処理)との比較検証を行う。2020年度の実フィールドでのデータを有効活用しながら検証を行い、実フィールドに導入した際の効果を推測する。



13 信号情報の精度向上に関する検証

(管制方式・集中方式)／通信遅延軽減(検証結果)

f、g

(日本信号株式会社)

検証ポイント①:0.1秒処理対応による精度向上に関する検証

2020年度の埼玉で実証した交差点を構内で模擬し、管制方式・集中方式の両方式で検証を行い、2020年度(旧仕様での実験結果)との比較を行った。

2020年度実験結果との比較(管制方式)

単位(ミリ秒)

年度	交通信号制御機の版	計測回数	最大値	最小値	平均値	標準偏差
2020年度	版4	84	-3,073	-43	-2,066	645
	版4(GPS補正あり)	84	-2,191	-244	-1,366	631
2021年度	版5	114	267	-117	170	46

2020年度(版4)に比べ、2021年度(版5)のずれは大幅に減少し、精度の向上が見られた。

2020年度実験結果との比較(集中方式)

単位(ミリ秒)

年度	交通信号制御機の版	計測回数	最大値	最小値	平均値	標準偏差
2020年度	版4	170	1,312	7	476	481
	版4(GPS補正あり)	181	274	0	-12	75
2021年度	版5	236	-167	0	-71	34

2020年度(版4・GPS補正あり)に比べ、2021年度(版5)のずれは若干減少し、精度の向上が少しだけ見られた。

13 信号情報の精度向上に関する検証

(管制方式・集中方式) / 通信遅延軽減(検証結果)

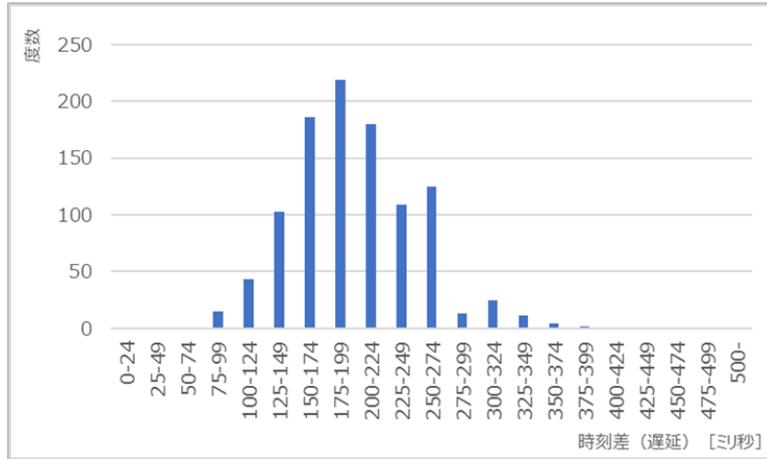
(日本信号株式会社)

f、g

検証ポイント②: システム構成の違いによる通信遅延の検証

交通信号制御機でのデータ作成時刻、端末対応装置および模擬車載機でのデータ受信時刻の時刻差を通信遅延として測定し、2020年度(現地でのアナログ回線を使った実験結果)との比較を行った。

交通信号制御機—端末対応装置間の通信遅延(集中方式)



- 交通信号制御機でのデータ生成～端末対応装置でのデータ受信までの時刻の差異(≒MVNO回線区間で発生した遅延)は90～390ミリ秒となった。
- これまでに経験のある他の実証実験でも、MVNO回線区間の実績値は平均100～200ミリ秒程度であり、それらと同等の結果となった。

2020年度実験結果との比較(交通信号制御機—模擬信号情報センター間 集中方式) 単位(ミリ秒)

年度	交通信号制御機の版	端末との通信回線	計測回数	最大値	最小値	平均値	標準偏差
2020年度	版4(GPS補正あり)	アナログ	105	4,720	1,350	2,307	855
2021年度	版5	MVNO	1,035	1,430	550	960	148

2020年度(アナログ回線)に比べ、2021年度(MVNO回線)の遅延は大幅に減少しているが、端末対応装置がⅡ→Ⅰになることで、経由する装置が減ることも影響していると考えられる。

13 信号情報の精度向上に関する検証 (管制方式・集中方式)／通信遅延軽減(検証結果) (日本信号株式会社)

f、g

検証ポイント③: オフセット追従、補正等、各社方式の調査及び解決策の検討

【背景】

管制方式においては、交通管制センターでオフセット追従による信号秒数変化を加味した信号予定情報を生成する必要があるが、**オフセット追従量を各スプリットに配分する際の配分方法等**において、交通信号制御機メーカー各社の計算方法に細かな違いがあると想定されており、交通管制センターでの計算結果と信号灯器の出力が合わない可能性がある。

【アンケート調査の実施】

実施期間: 令和3年12月23日から令和4年1月7日

対象者: 交通信号制御機を製造している5社

内容: オフセット追従量の決定・算出方法についてと、問題に対する解決策について

【結果】

アンケート調査の結果、オフセット追従量の決定・算出方法については、各社違いがあることがわかった。新仕様の交通信号制御機による実現を前提とした場合、オフセット追従時の認識誤差は最大で500msec程度となる可能性がある。

他の課題解決と合わせて、対応についてどうするか引き続き検討を行う必要がある。

<参考> オフセット: 信号機間の位相差(切り替わりタイミングのずれ)
オフセット追従: 交通状況や時間帯等でサイクル長、オフセットが変わるときに、交通への影響や安全性を考え、徐々に目標値に変更していくこと

13 信号情報の精度向上に関する検証まとめ(検証結果)

d、e

(日本信号株式会社)

交通信号制御機及び交通管制センター側の中央装置の新仕様化により、2020年度の課題であった管制方式における認識誤差が大きくなる件については、改善されることを確認した。また、集中方式についても、多少ではあるが、精度が向上することを確認した。

項目	内容	管制方式	集中方式	制御機方式 (路側機生成)	制御機方式 (制御機生成)	警A
信号情報 生成精度	通常動作 ^{注1}	○	○	○	○	○
	オフセット追従時	× ^{注2}	○	○	○	○
	端末感応制御	—	○	○	○	○
フェールセーフ	異常検出 (灯色との整合性)	×	○	○	○	○
運用	集中制御	○	○	—	—	○
	非集中制御	—	—	○	○	—

—：対象外

注1) 管制センターで決定した信号秒数で交通信号制御機が動作する状態

注2) 最大500msec程度の認識誤差が発生する可能性がある(自工会目標±300msec)

集中制御の交差点については、管制方式と集中方式の組合せにより、非集中制御の交差点については、制御機方式により、信号情報生成における精度は認識誤差±300msec以内を満足できると考える。但し、管制方式におけるフェールセーフ、また、V2Nによる各方式共通で通信遅延の問題があり、異常発生時や端末感応制御により制御秒数が切り替わった際に通知が遅れることへの対策については継続検討が必要である。

14 信号情報以外の情報(交通規制情報等)の統合的な配信に関する検討／信号情報と高精度三次元地図の連携に関する検討

(日本信号株式会社)

有識者と実現に向けた検討を行うとともに、いくつかの事例をもとに、シミュレート(机上検証)を行った。

項目名	属性	コード	備考
DE_提供点管理番号			
DE_都道府県コード	bin(8)	E-2	
DE_提供点種別コード	bin(1)	E-4	
DE_交差点 ID / 施設 ID	bin(16)	C-2	
子番	bin(8)		最上位ビット 1 の場合、施設種別であることを示す。
DE_施設種別フラグ	bin(18+32)		2バイト表現文字で32文字とする
DE_交差点名称	bin(18+32)		
DE_交差点 ID 中心位置座標(交差点識別情報の登録予備にサイズを合わせた)			
バージョン情報	bin(8)		登録情報のバージョン番号
DE_中心種別			
DE_種別 (8)	bin(8)	B-1	
DE_種別 (9)	bin(8)	B-2	
DE_種別 (9)	bin(16)	B-3	1/100 秒
DE_中心種別			
DE_種別 (8)	bin(8)	B-4	
DE_種別 (9)	bin(7)	B-5	
DE_種別 (9)	bin(16)	B-6	1/100 秒
DE_交差点情報(各方向情報など)			
運用モード	bin(1)	0:テスト 1:運用	
DE_方向数 (1)	bin(7)	方向数	
DE_方向別角度情報: 1			
方向別角度情報	bin(8)	真北を 0 度とした絶対方位 (1.5 度単位: 0~239 度を表す)	
DE_方向別角度情報: 1			

交差点管理データ (例)

検討ポイント①: 交通規制情報と統合できるか



検討ポイント②: 地図との紐づけに必要な情報とID等の付与ルールについて

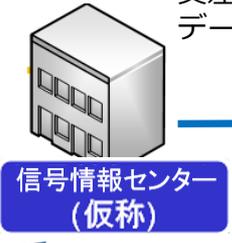
紐づけ



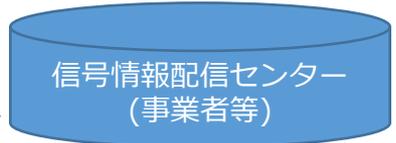
交差点管理データ



交差点管理情報



交差点管理データ



競争領域



NEDOからの指示により、センターに修正

システム構成 (例)

検討ポイント③: 機能配置と維持管理方法について

14 信号情報以外の情報(交通規制情報等)の統合的な配信に関する検討/信号情報と高精度三次元地図の連携に関する検討



(日本信号株式会社)

交通規制情報との統合(検討ポイント①)

各都道府県警察で高精度三次元地図との紐づけのために定義する交差点管理情報のうち、交差点IDと中心経度緯度情報については、既にオープンデータ化されている交通規制情報に合わせることにした。

大分類	フォーマット項目	属性	バイト数	注意点
県情報				
	都道府県コード	コード	2	【共通コード】都道府県コード参照
	警察署コード	コード	4	各都道府県警察で定義
	関連警察署コード1	コード	4	各都道府県警察で定義
	関連警察署コード2	コード	4	各都道府県警察で定義
	関連警察署コード3	コード	4	各都道府県警察で定義
	関連警察署コード4	コード	4	各都道府県警察で定義
	関連警察署コード5	コード	4	各都道府県警察で定義
	関連警察署コード6	コード	4	各都道府県警察で定義
	関連警察署コード7	コード	4	各都道府県警察で定義
	関連警察署コード8	コード	4	各都道府県警察で定義
規制種別情報				
	共通規制種別コード	コード	6	【共通コード】共通規制種別コード参照
	点・線・面コード	コード	2	【共通コード】点・線・面コード参照
	県別規制種別名称	文字	100	
年月日管理				
	規制決定年月日	日付	10	YYYY/MM/DD
規制番号管理				
	都道府県別ユニークキー	数値	12	都道府県別ユニークキー
	規制番号	数値	8	
	番号	数値	8	
規制情報 場所				
	規制場所の経度緯度	座標	無制限	世界測地系(WGS84) 可変長で度の小数値 経度、緯度、各々小数点を含んで最大で16バイト(16文字) "経度(X1) 緯度(Y1)" "経度(X2) 緯度(Y2)" "経度(Xn) 緯度(Yn)" 例: "135.22490 35.31567" "135.22411 35.31572" "135.24131 35.72572"
	規制場所始点	文字	200	
規制情報 路線名				
	1-路線1	文字	60	
	1-路線2	文字	60	
	1-路線3	文字	60	
	1-路線4	文字	60	
規制情報 方向				
規制情報 対象・除外 時間				
規制情報 規制種別項目				
	更新理由	文字	200	
	備考	文字	600	

各都道府県警察で整備する交差点管理情報

構成DF/DE	表現形式	備考
DF_提供点管理番号		
DE_都道府県コード	bin(8)	
DE_提供点種別コード	bin(1)	
DE_交差点ID/単路ID	bin(47)	
DE_重複差路フラグ	bin(8)	最上位ビット1の場合、複数差路であることを示す
DE_交差点名称	bin(16*32)	2バイト表現文字で32文字とする
DF_交差点情報		
バージョン情報	bin(8)	交差点管理情報の世代(1~)を表す。道路改良工事等で交差点の位置が変更となったり、方路数が増えた場合に、車両側で認識している静的情報と静的情報との不整合を防ぐための情報
DF_中心経度緯度		
DE_経度	bin(32)	位置の経度情報。測地系はWGS84(もしくはそれと同等のもの)。プラスは東経、マイナスは西経を示す。不定の場合は-2147483648(0x80000000)をセットする。単位は0.0000001度。範囲は-180~180。
DE_緯度	bin(32)	位置の緯度情報。測地系はWGS84(もしくはそれと同等のもの)。プラスは北緯、マイナスは南緯を示す。不定の場合は-2147483648(0x80000000)をセットする。単位は0.0000001度。範囲は-90~90。
運用モード	bin(1)	0:テスト 1:運用
DE_方路数(1)	bin(7)	方路数(最大8)
DF_方路角度情報: 1		
方路別角度情報	bin(8)	真北を0度とした絶対方位(1.5度単位:0~239)を表す
DF_方路角度情報: I		

JARTICWebサイト 交通規制情報(103種別)説明書から

【課題】 データの作成と管理方法について

14 信号情報以外の情報(交通規制情報等)の統合的な配信に関する検討／信号情報と高精度三次元地図の連携に関する検討

(日本信号株式会社)

1. 高精度三次元地図紐づけ調査結果まとめ (検討ポイント②)

東京臨海部実証実験では、高精度三次元地図と信号情報を紐づけるための対応テーブル(以降信号情報対応テーブル)を設けることで、高精度三次元地図上の灯器と信号情報の紐づけを実現している。従って、信号情報対応テーブルで定義された、**交差点ID(場所の特定含む)と方路を提供**することで、高精度三次元地図を用いた信号情報提供の実現が可能であると考える。

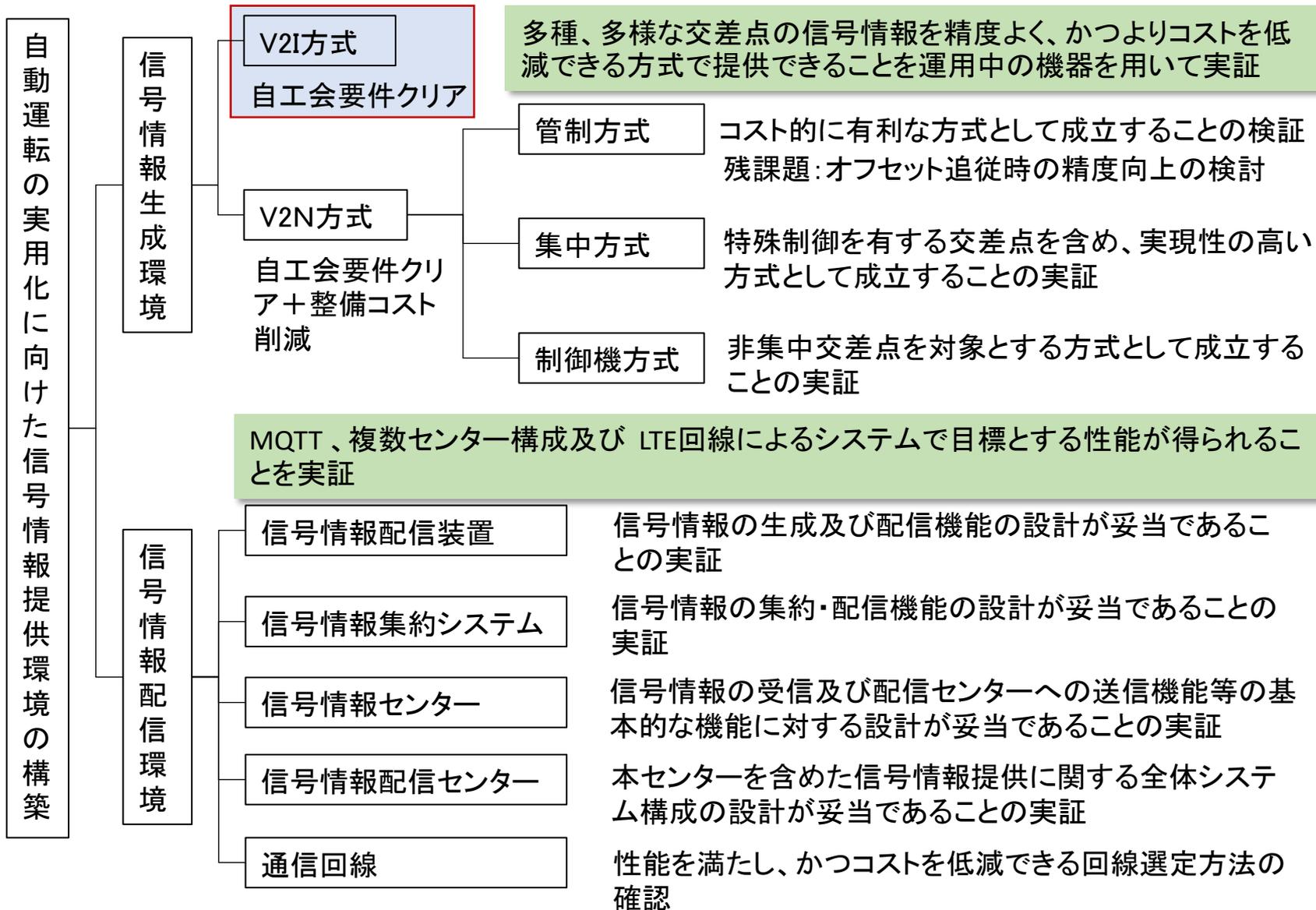
2. 機能配置案について (検討ポイント③)

東京臨海部実証実験では、模擬車載機で信号情報対応テーブルを管理していたが、社会実装を見据えた場合、各事業者が管理する情報ではなく、ダイナミックマップと同様に協調領域で管理すべき情報と考える。

都道府県警 (含警察庁)	信号情報提供における協調領域 (信号情報センター・地図ベンダー等)	競争領域 (自動車メーカー、自動運転事業者等)
以下の情報を提供 ・情報を特定するための交差点IDと地図上の場所を特定するための位置情報 ・方路IDと地図上の場所を特定するための情報	・信号情報 (交差点ID、方路) と高精度三次元地図 (停止線 (方路)、灯器) とを紐づけるための信号情報対応テーブルの管理 ・高精度三次元地図と信号情報の紐づけ	車両へ信号情報を配信

2022年度 奈良県実証実験

1. 2022年度 研究開発の全体像



2. 主な技術的目標

○: 目標達成を確認

信号情報生成

信号情報誤差 ±300m秒以内

① 信号灯色と信号情報の差異が仕様内であること

フェールセーフ機能: 故障検知

② 灯色信号監視、障害情報監視等の機能が実現されていること

提供できない時間帯をなくす

③ 長期間で、信号情報提供もれがないこと

歩行者信号情報の提供

④ 正しく提供されていること

ダイナミックマップとの紐付け情報

⑤ 正確な交差点管理情報が提供されていること

“緩やかな減速”のための Δt 秒前の配信

⑥ 1.3秒(仮目標)以内の情報配信ができること

提供する交差点数

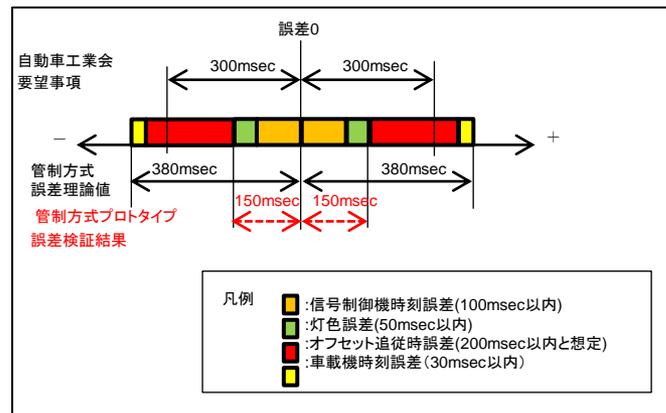
⑦ 512(当面の都道府県最大数) × 3で機能・性能を発揮すること

必要な装置性能

⑧ 装置ハード仕様が妥当であること

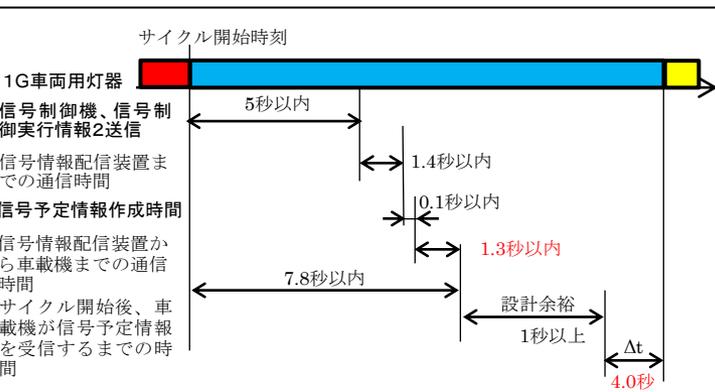
通信回線要件

⑨ 性能を満たす回線速度選定ができること
センター間通信(内部処理含む) 目標時間は20~30ms



管制方式の誤差分析モデル

信号情報配信



管制方式のタイムチャート

3. 都道府県警察システムにおける検証(テーマ7)

(担当 オムロン ソーシャルソリューションズ株式会社)

3-1 検証結果概要

検証項目	検証結果概要	上位目標
信号制御機の時刻精度の確認	時刻精度が高いことが、信号情報の前提。仕様通りであることを確認。	①信号情報誤差 ±300m秒以内
性能改善後の信号情報精度の確認	ビデオ映像、及び蓄積データにより、目標達成していることを確認。	②フェールセーフ機能:故障検知
リコール制御交差点	蓄積データにより、目標達成していることを確認。	③提供できない時間帯をなくす
異常時動作の確認	工場内で実施済。現場は通信異常、単独動作が発生。	③提供できない時間帯をなくす
通信遅延時間計測(タイムチャートの確認)	設計通りの通信遅延時間であることを検証。UD通信再送遅延(+5秒)の発生状況を確認。	⑥“緩やかな減速”のためのΔt秒前の配信
通信インターフェースの標準化の妥当性	3社の車載機で動作確認済。規格の解釈で一部メーカー間差異を確認。	
交差点定義情報の正確性確認	全国の交通規制情報(オープンデータ)調査。課題を抽出済。車載機で動作検証実施済。	⑤ダイナミックマップとの紐付け情報
信号情報集約システムとの接続確認	確認完了。MQTTを使うことで容易にかつ、小さい通信遅延を確認済。	⑥“緩やかな減速”のためのΔt秒前の配信
信号情報提供の長期稼働に関する動作確認	SIP整備の17交差点を含め、111交差点で信号情報提供を実施。約2か月で動作を確認。	③提供できない時間帯をなくす

3-2 検証環境(都道府県警察モデルシステム)



信号制御機(版5)(新設)

- ・集中制御
- ・管制方式



信号制御機(版5集中方式)(新設)

- ・集中制御
- ・集中方式

信号
制御機
(既設)



地点制御

信号情報路側機(新設)

- ・制御機方式
- ・LTE接続

信号制御機(版5)の特徴

- ・GPSによる正確な時刻同期(誤差0.1秒未満)
- ・情報の分解能向上(1秒⇒0.1秒)
- ・リコール要求(押ボタン等)の管制センターへの通知



信号情報配信装置(新設)

信号情報配信装置の特徴

- ・管制方式の信号予定情報生成
- ・3方式の信号予定情報の蓄積、配信、監視

信号情報路側機の特徴

- ・全メーカーの信号制御機と接続可能
- ・灯色信号とCTセンサーにより接続



模擬車載機
(新設)

- ・LTE接続
- ・GNSS

警察庁内

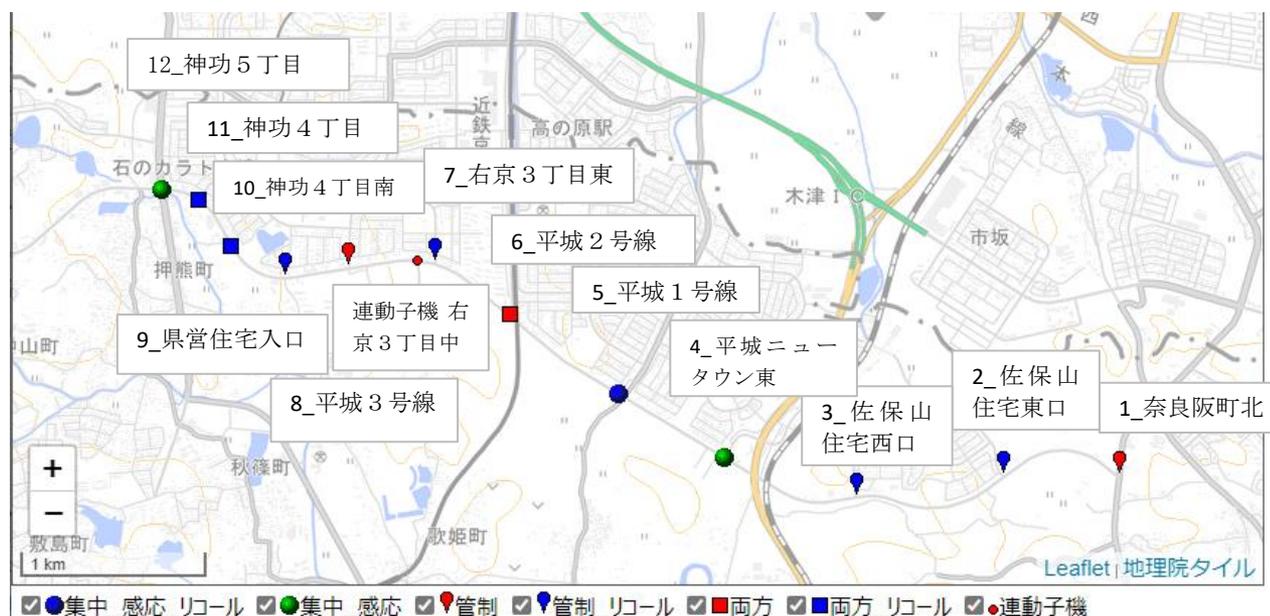
- ・集約システム(新設)
- ・模擬信号情報センター(新設)
- ・模擬信号情報配信センター(新設)
- ・キャリア網LTEルータ(新設)

3-3 検証環境(対象交差点)

- ・集中交差点は、奈良大学近くのならやま大通りの約6kmの区間。
- ・リコール制御、右折感応及び夜間閃光関する検証は、V2Nとして実フィールドでは初。課題であるオフセット追従時の精度に関する検証を全方式について実施。
- ・交差点の位置は、オープンデータである交通規制情報を可能な範囲で利用。

	交差点数	リコール制御 (押ボタン等)	右折感応制御	系統制御 (オフセット)	夜間閃光	交通規制情報に位置情報あり
管制方式	9注)	6	0	9	0	6
集中方式	6注)	3	3	6	0	4
制御機方式	5	1	0	4	4	0

注)3交差点で管制方式、集中方式の両方を実施。

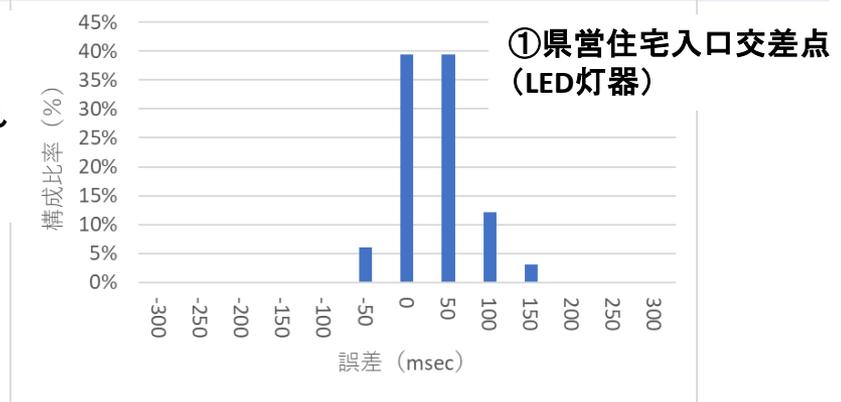
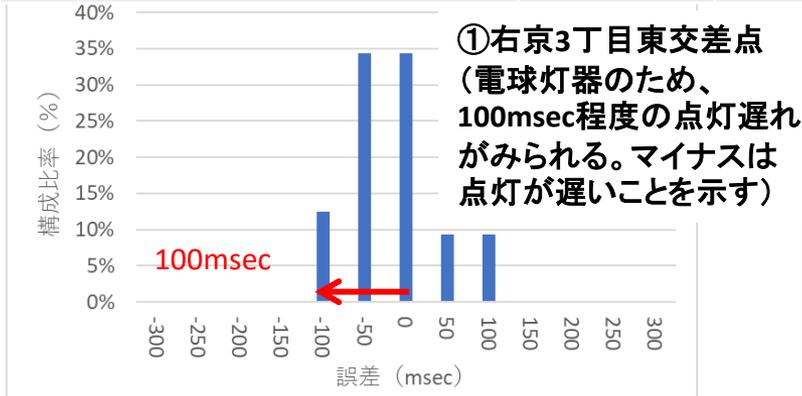


出典: 埼玉大学のサイト(国土地理院地図利用)。非集中交差点(制御機方式)は表示されていない。

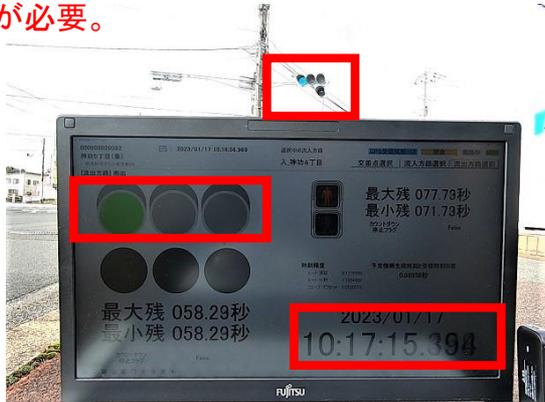
3-4 管制方式に関する検証結果(1)

- ① 管制センター内の信号制御機(版5)の蓄積データ(0.1秒単位)と灯器の灯色の誤差が仕様内であることを確認。
- ② 模擬車載機の信号情報と灯器の灯色を比較。誤差が仕様内であることを確認

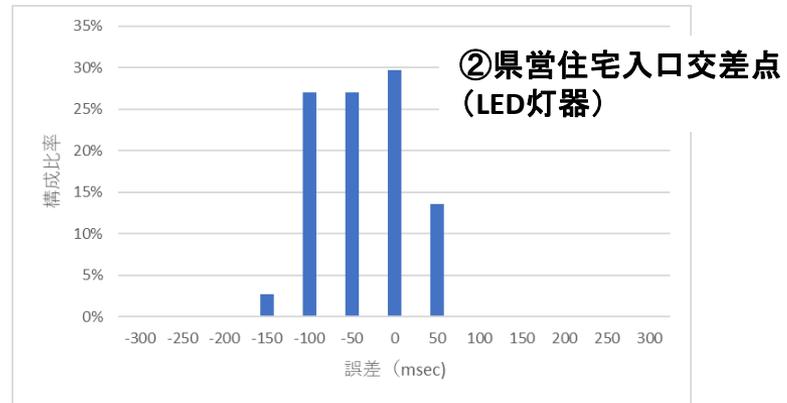
検証項目	結果	詳細
①信号制御機の時刻精度	○	誤差:-100~+200msec(ビデオによる確認) 計測誤差があるため、制御機内時計で再確認予定。
②信号情報精度	○	誤差:-150~+100msec(ビデオによる確認)



電球灯器の交差点では、検証時に点灯遅れの考慮が必要。



ビデオ撮影風景

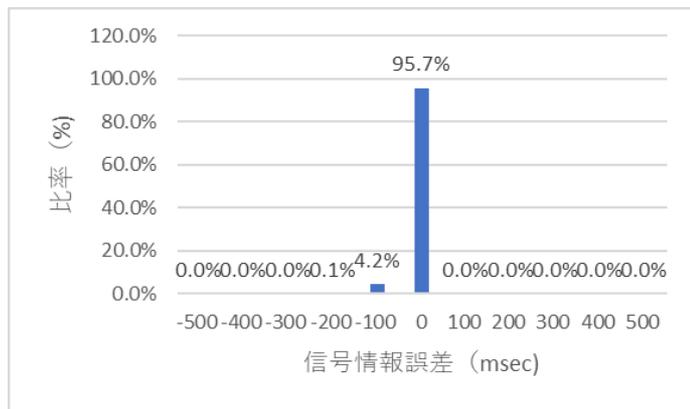


3-5 管制方式に関する検証結果(2)

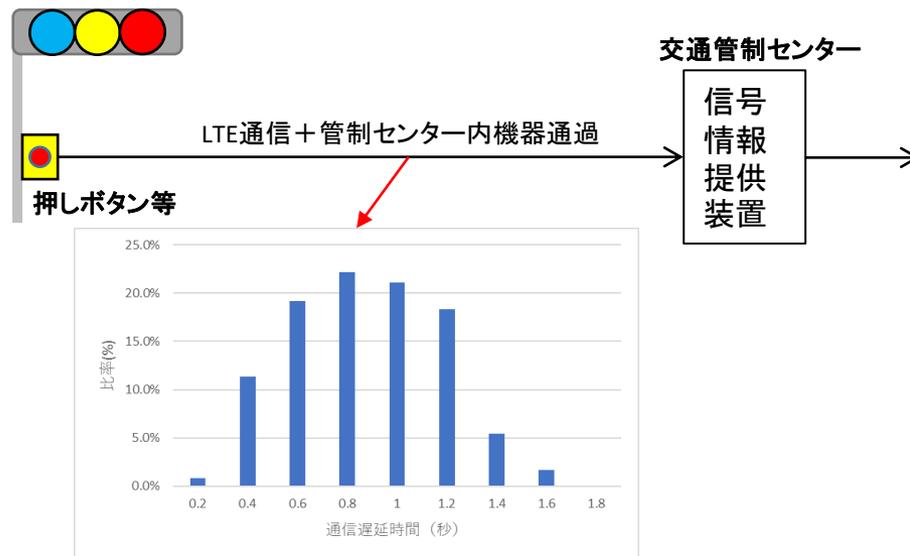
①信号情報誤差±300m秒以内

③提供できない時間帯をなくす

検証項目	結果	詳細
①信号情報精度(対象:6交差点)	○	誤差:-200~+100msec(蓄積データによる確認)
②リコール制御交差点の信号情報提供(対象:1交差点)	○	リコール要求有無、全てのタイミングで確認 リコール要求(押ボタン等)後、1.6秒内に提供
③通信遅延時間計測	○	信号制御機~信号情報配信装置 0.2秒~1.6秒(平均0.82秒)・・設計通り ただし、通信の再送時は、6.3秒



①奈良阪町北交差点 1月25日の信号誤差分布
(+方向は信号情報が実際より遅く変化することを示す)



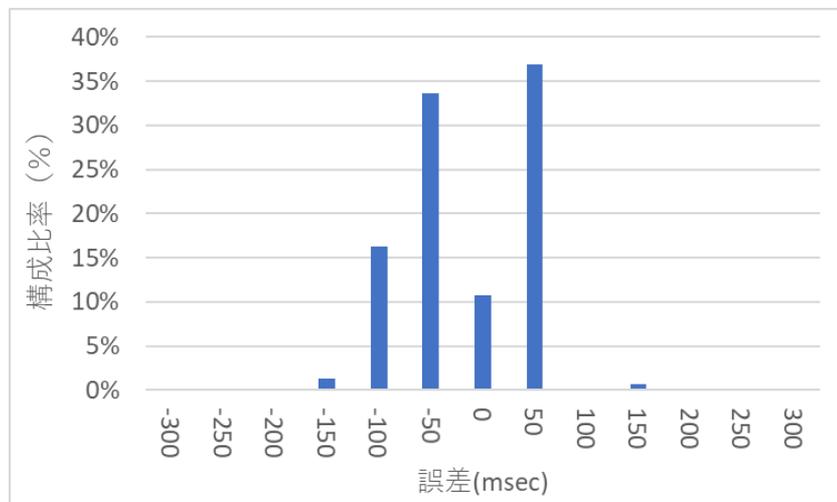
③通信遅延時間計測結果
(佐保山住宅東口交差点 1月13日)

3-6 制御機方式に関する検証結果

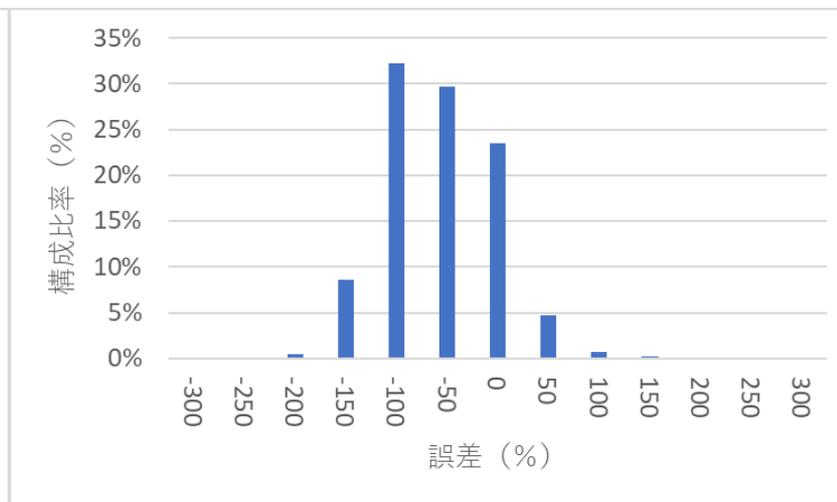
① 信号情報誤差±300m秒以内

・通信規格への対応、誤差が仕様内であることを確認

検証項目	結果	詳細
①信号情報精度	○	誤差:-200~+200msec(蓄積データによる確認)
②歩行者信号情報の提供	○	模擬車載機での提供確認



①神功4丁目東交差点(定周期)
5:00~24:00

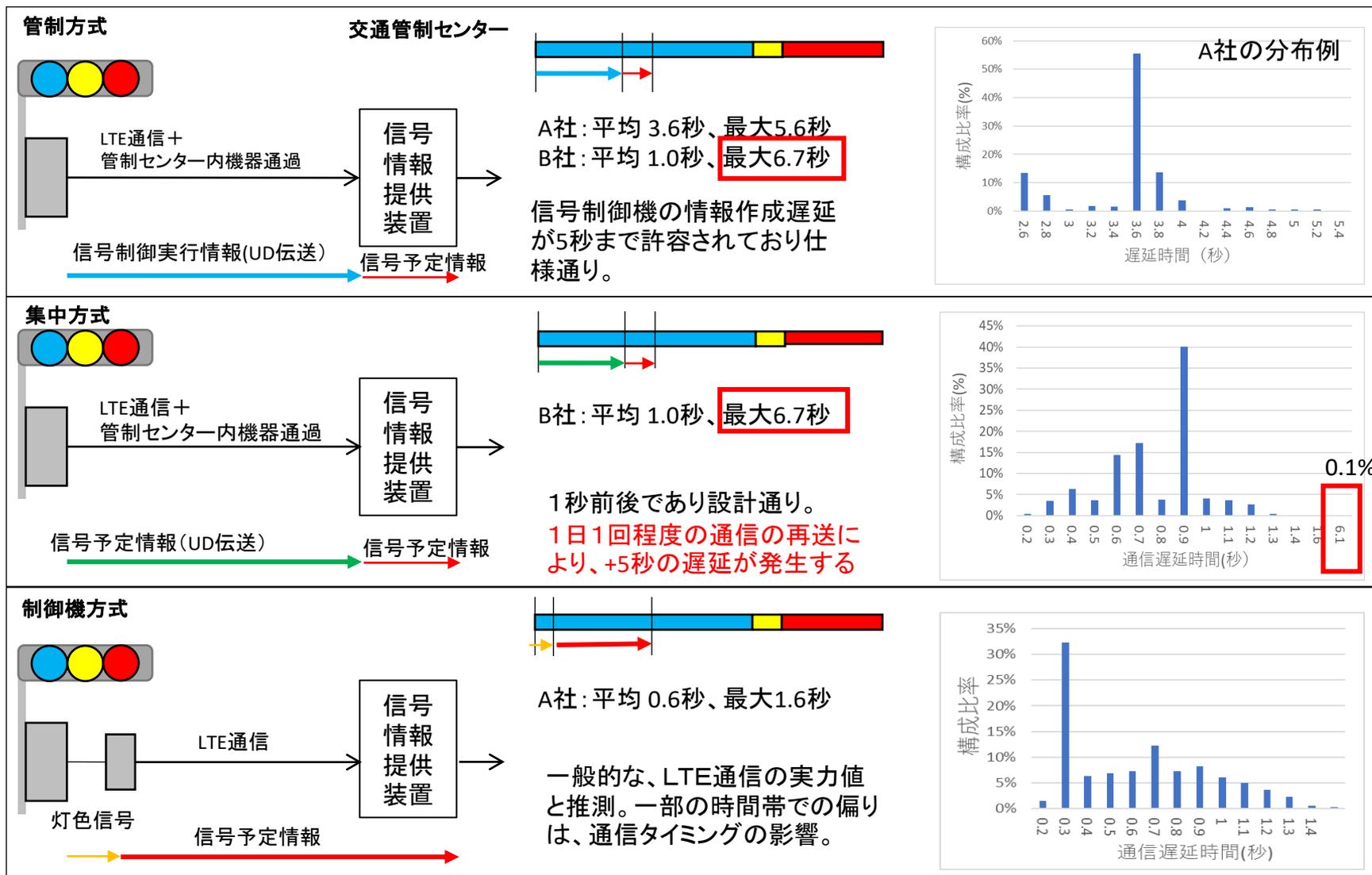


①右京3丁目東交差点(系統制御)
6:00~22:00

3-7 信号情報生成までのタイムチャートに関する検証

“⑥ 緩やかな減速”のためのΔt秒前の配信

- ・設計通りのタイムチャートであることを確認
- ・UD通信区間での通信再送時の通信遅延(+5秒)は、回避困難であり、全体の異常系の設計で考慮必要。



→ 細線部分の処理時間は、10msec未満。 → 細線部分の処理時間は、200msec未満。

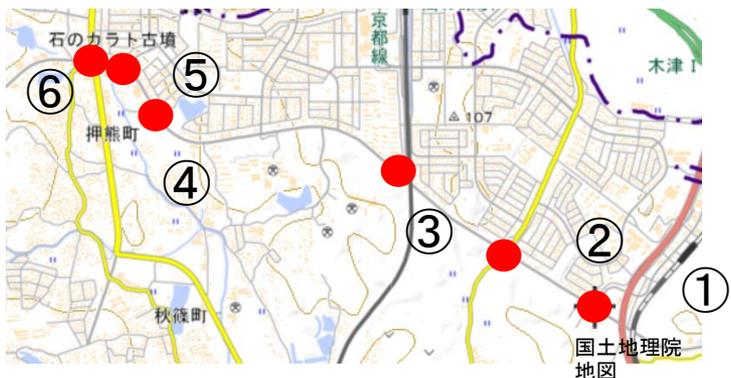
4. 都道府県警察システムにおける検証(テーマ8)

(担当 日本信号株式会社)

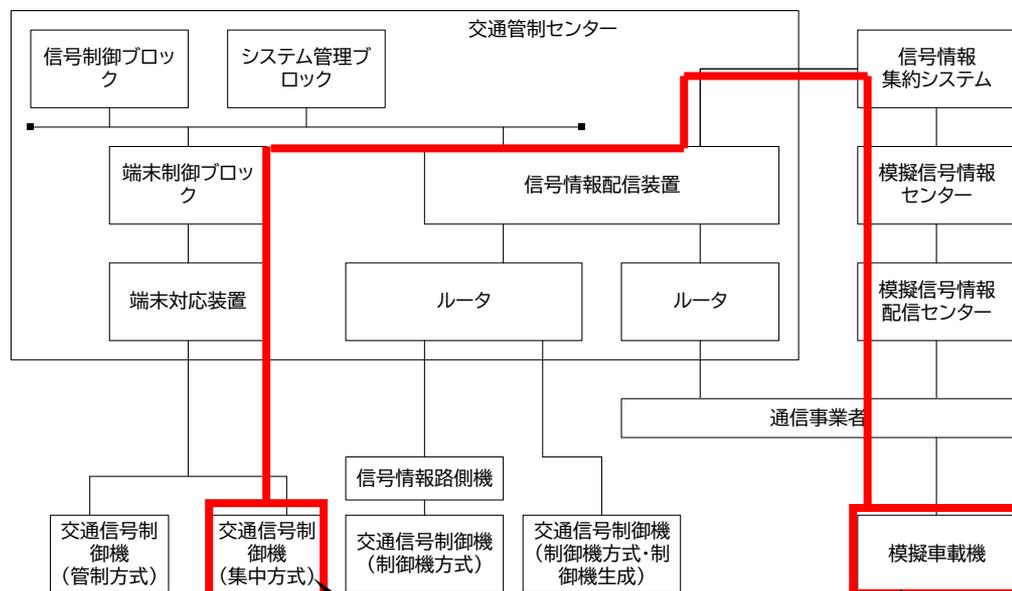
4-1 検証結果概要

検証項目	検証結果概要	上位目標
集中方式の信号情報精度の確認	ビデオ映像による検証により目標達成していることを確認済み。確認継続中。	①信号情報誤差 ±300m秒以内
集中方式の伝送遅延確認	模擬車載機の蓄積データを解析して検証し、目標を達成していることを確認済み。	⑥“緩やかな減速”の ためのΔt秒前の配信
集中方式のリコール制御交差点の確認	集中方式の信号情報精度、伝送遅延確認により目標達成見込み。	⑥“緩やかな減速”の ためのΔt秒前の配信
信号情報共通メッセージ規格の確認	管制方式、集中方式、制御機方式ともに共通の規格にて情報発信し、3社個別の模擬車載器で受信できることを確認済み。一部解釈の違いがあり規格案の見直し中。	

4-2 集中方式対象交差点と機器設置



- 1) 各交差点の制御機設置が完了
- 2) 制御機から信号情報の提供を確認。模擬車載機で信号情報を受信を確認。



No.	ID	交差点名	付加機能	設置工事	模擬車載器による信号情報配信
①	20297	平城ニュータウン東	ギャップ感応	完了	完了
②	20298	平城1号線	リコール1、ギャップ感応	完了	完了
③	20299	平城2号線		完了	完了
④	300384	神功4丁目南	リコール1	完了	完了
⑤	300375	神功4丁目	リコール1	完了	完了
⑥	20382	神功5丁目	ギャップ感応、連動親機	完了	完了

4-3 集中方式対象交差点の評価方法

①信号情報誤差±300m秒以内

⑥“緩やかな減速”のための Δt 秒前の配信

項目	評価項目
誤差	信号灯器の点灯状態と自動車にて認識する点灯状態の差
伝送遅延	信号情報生成から自動車にて受信するまでの時間差

<誤差の測定>



車両灯器と模擬車載機の画面が同じ画角に入るようにビデオで撮影する。
信号切り替わりのタイミングで模擬車載機と車両灯器の切り替わりの時間差を測定する

<伝送遅延の測定>

```
/signal/29/20297.2023/01/10 18:04:08.039.301,1D 00 00 00 00 4F 49 00 00 01 01 00 00 01 CB 20
23 01 10 18 04 06 90 01 04 03 02 03 03 01 80 40 00 7B 00 7B 00 7B 00 EF 01 0E FF FF 02 80 FF
00 A6 00 A6 00 A6 01 0E FF FF 01 0E 03 80 FF 00 4A 00 4A 00 4A FF FF 00 EF 01 0E 18 01 00
01 F3 01 F3 02 00 00 1E 00 1E 03 00 00 94 00 94 03 40 01 CB 01 CB 01 00 00 B4 09 60 02 00 00
0A 00 50 03 00 00 32 05 28 03 40 00 8C 09 60 27 03 40 02 A5 02 A5 01 00 01 8F 01 8F 02 40 00
1E 00 1E 03 40 01 0E 09 60 01 00 00 78 08 C0 02 40 00 0A 00 50 03 40 00 0A 00 50 3C 01 00 01
F3 01 F3 02 10 00 1E 00 1E 03 10 00 1E 03 14 00 26 00 26 02 00 00 1E 00 1E 03 00 01 FD
01 FD 01 00 00 B4 09 60 02 10 00 0A 00 50 03 10 00 0A 00 50 03 14 00 14 04 38 02 00 00 0A 00 50
03 00 00 96 09 60 16 01 01 8E 01 8E 02 00 3C 00 3C 03 02 A6 02 A6 01 00 A0 08 70 02 00 0A 00
50 03 00 D2 09 60 26 03 02 A5 02 A5 01 00 F0 00 F0 02 00 3C 00 3C 03 01 8F 09 60 01 00 64 04
38 02 00 0A 00 50
```

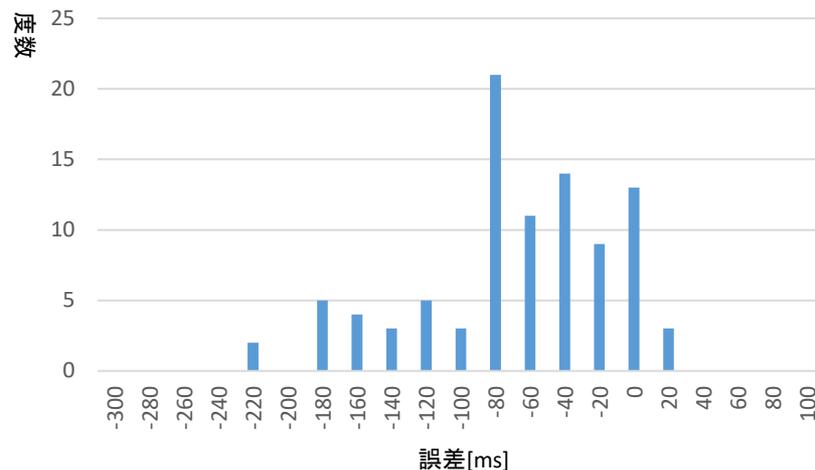
模擬車載機のログデータを解析して算出する。
信号情報に入っている情報作成時間と模擬車載機の受信時間の差分を計算する。

模擬車載機のログデータ

4-4 集中方式対象交差点の測定結果

<誤差の測定>

項目	計測結果
平均値	-77ms
最小値(絶対値評価)	0ms
最大値(絶対値評価)	-233ms
標準偏差	58ms



目標値である±300 ms以内の結果を得た。

1) 計算式

誤差 = (模擬車載機の灯色変化時刻) - (信号灯器の灯色変化時刻)

車両の灯色変化が早いとマイナス側の値となる。

2) 灯色変化は前述通り模擬車載機と信号灯器を一緒にビデオで撮影し、各々の変化した時間差を測定。

3) 評価対象の信号灯器は電球式であり点灯に時間を要する。

このため、ビデオによる確認では100ms程度の遅れがある。

よって、灯色変化時刻が遅くなり(数値として大きくなる)マイナス側に偏った。

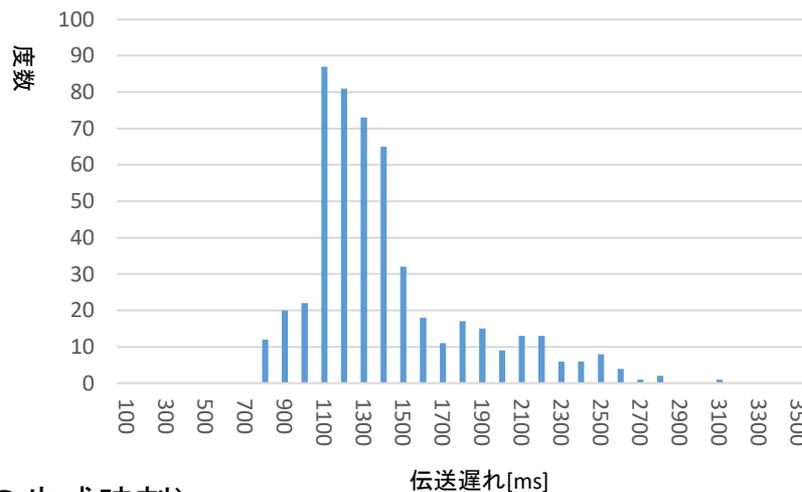
灯器の点灯遅れを考慮すると全体的に約100msプラス側に移行しても目標値である±300 ms以内を満足する。

4-5 集中方式対象交差点の測定結果

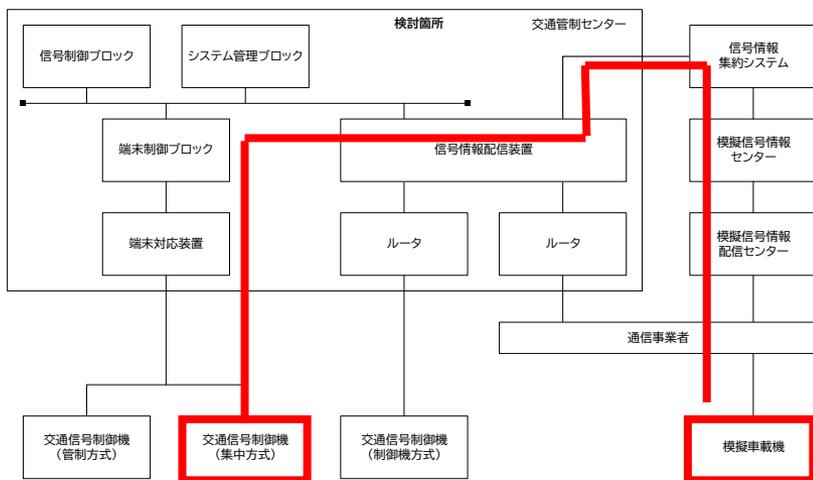
⑥“緩やかな減速”のためのΔt秒前の配信

<伝送遅延の測定>

項目	計測結果
平均値	1357ms
最小値	710ms
最大値	3042ms
標準偏差	406ms



伝送遅れ = (模擬車載器の受信時刻) - (信号情報の生成時刻)



平均値1357ms、標準偏差406msの結果より、概ね2秒以内の伝送遅れで車両まで情報が到達している。

昨年度の構内試験と同等の結果となった。実フィールドにおいても構内試験同様に警交仕規第1012号版5や回線をMVNOとした効果が得られている

<参考(年度の構内試験結果)>

平均値 : 1765ms
 最小値 : 780ms
 最大値 : 3020ms
 標準偏差 : 522ms

5. 警察庁信号情報集約システムと接続した検証(テーマ6)

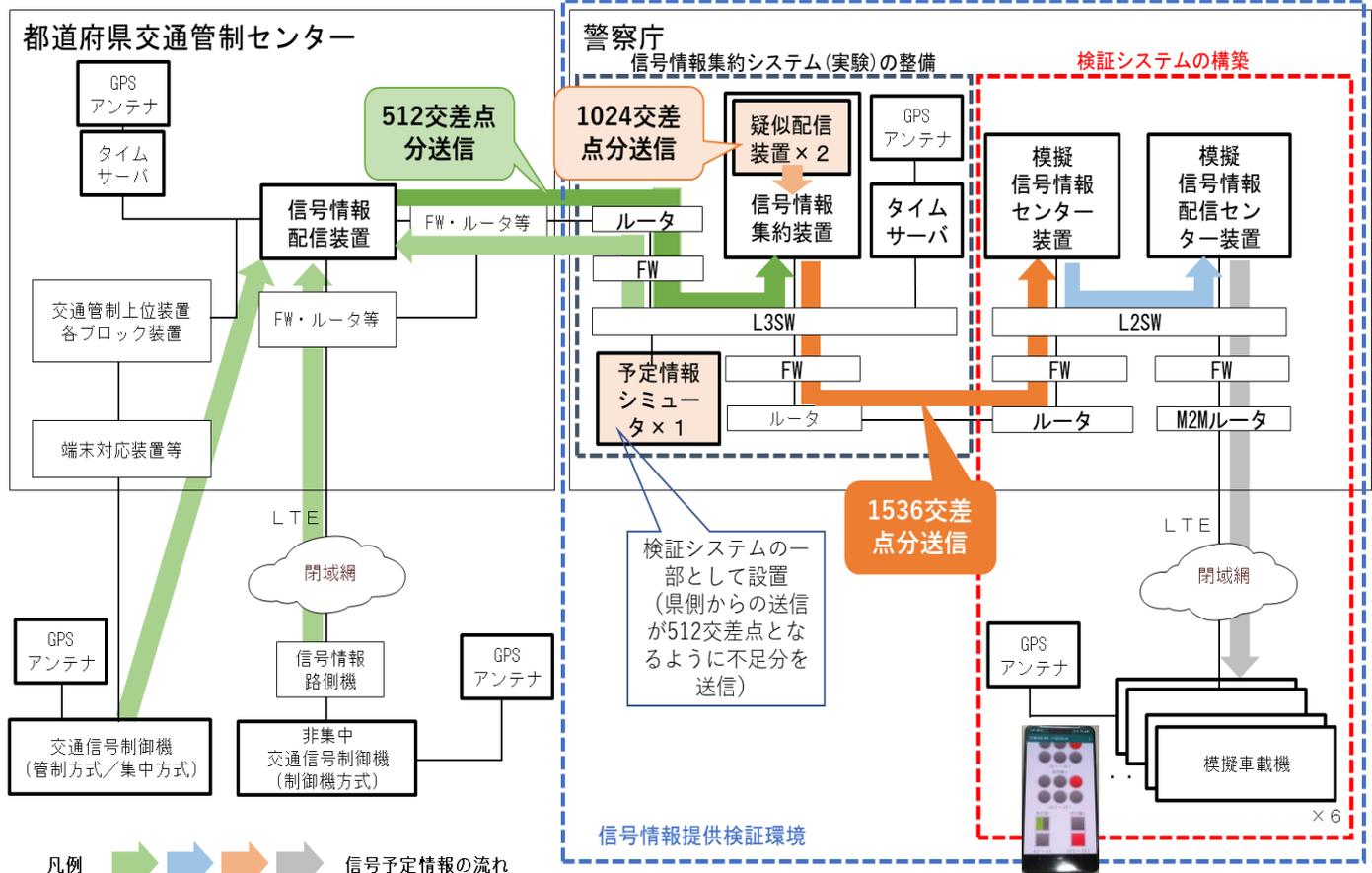
5-1 検証結果概要

(担当 パナソニックコネク株式会社)

検証項目	検証内容と結果	該当項目
時刻同期動作	信号情報集約装置と検証関連装置の時刻精度確認済	
セキュリティ動作検証	サーバ認証・クライアント認証をMQTT/SSLプロトコル上で実装し信号予定情報等を転送・配信確認。 またTLS1.2ならびにTLS1.3 相互接続を確認	システム構築検証
基本機能検証	システム検証のために準備したハードウェア環境の妥当性とソフトウェア機能の検証完了	負荷検証 ⑦ 提供交差点数 ⑧ 必要な装置性能
遅延時間の検証	信号情報集約装置⇒各検証センター⇒模擬車載機の各装置間の転送遅延の測定と検証をおこない目標性能を確認済(遅延時間 1.3秒以内)	⑥ 緩やかな減速Δt秒前の配信
規格適合度検証	信号予定情報(動的)に対してインタフェース規格適合度についてデータ仕様の規格適合検査と違反回数についてデータ収集完了(継続で精度向上をはかる)	広義の“② フェールセーフ機能故障検知”の位置づけ
信号予定情報の稼働率	模擬車載機利用可能時間(信号予定情報が有効であった時間(以下、「予定情報利用可能時間」)の計測完了	③提供できない時間帯検証
ネットワーク帯域の検証	集約-検証センター間 1Mbps,2Mbps,10Mbpsにシェーピング帯域検証を完了 最大負荷時ネットワーク帯域を2Mbpsとの見解抽出	⑨ 通信回線要件
異常時動作検証	システムとして想定される障害発生時においてシステム全体の挙動を確認する。特に、センター間障害情報による異常情報通知及び信号予定情報の早急な無効化が行われる動作を確認する。(継続して検証)	負荷検証 ⑦ 提供交差点数 ⑧ 必要な装置性能 広義の②フェールセーフ機能:故障検知の位置づけ

検証システム成果

⑥～⑨の検証結果のまとめ



集約装置仕様
 1県 最大512交差点
 対応県 最大3県
 1536交差点で検証実施

県-警察庁 20Mbps
警察庁内 20Mbps~100Mbps
LTE 10Mbps(ベストエフォート)

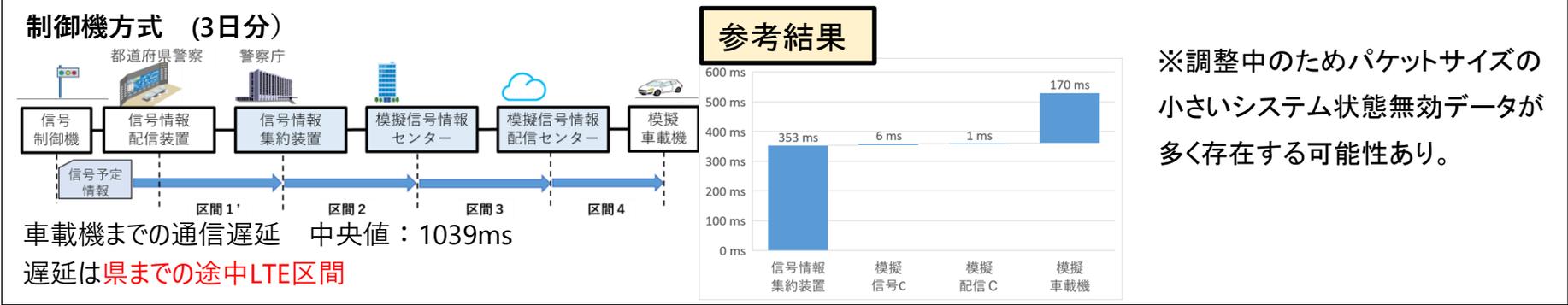
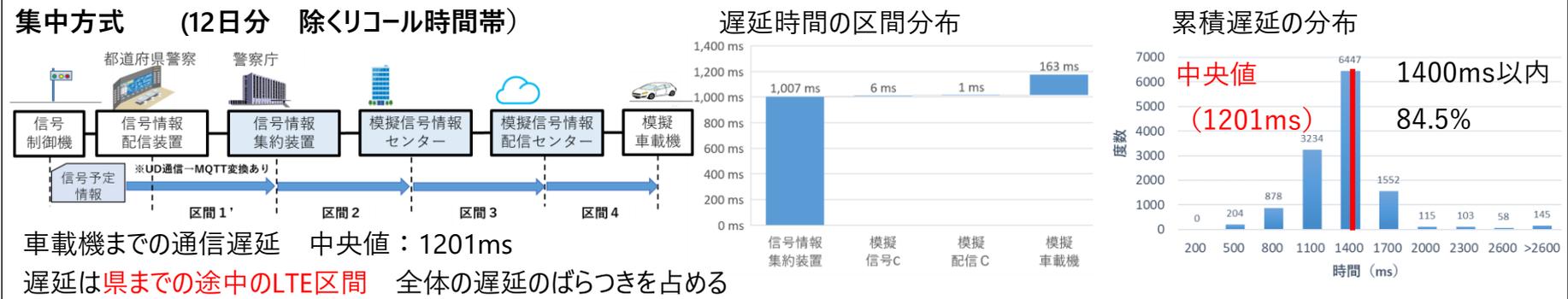
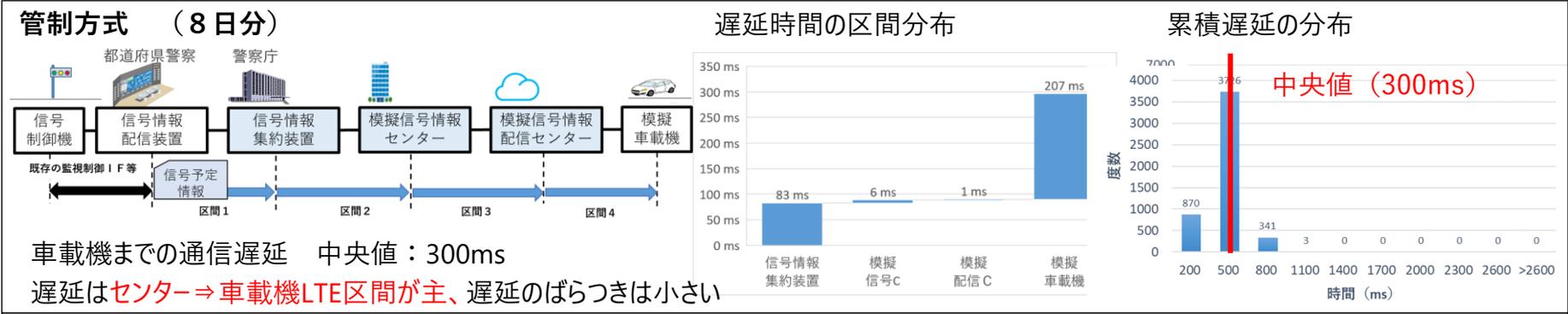
【成果】

- ・全国の信号情報を一括で管理し、配信するシステムを 県側と警察庁側に整備された装置及び検証側の模擬センター装置を用いて構築完了
- ・通常運用時、最大規模運用時での遅延時間等の性能確認(大差なく運用)完了
- ・検証を通したシステムスペックの見極め(NW帯域、CPU使用率、DB容量)完了
- ・実用化に向けた各種検証完了

5-3 累積遅延と度数

“⑥ 緩やかな減速”のための
Δt秒前の配信

・模擬車載機までの累積遅延については、概ね1400ms以内となり、想定された遅延秒となった。



管制方式 3交差点 延べ8日分 信号予定情報：7489データ取得 (感応なし リコールなし)

集中方式 4交差点 延べ12日分 信号予定情報：12736データ取得 (除く：リコール時間帯 22~6時)

制御機方式 1交差点 延べ3日分 信号予定情報：4398サンプル取得 (車載機区間除く)

5-4 【CPU使用率・データベース利用量】

負荷検証 ⑦ 提供する交差点数
⑧ 必要な装置性能

■CPU使用率(最大負荷時に70%以下であること(前回報告))

装置名称	CPU	備考
信号情報集約装置	インテル® Xeon® プロセッサ-E-2388G 3.2Ghz 8コア	本装置は、データ転送を扱う本装置のほかにデータベースサーバ装置を有する2台構成
模擬信号情報C 模擬信号情報配信C	インテル® Xeon® プロセッサ-Silver4208 2.1Ghz 8コア ストレージ:HDD1.2TB メモリ 16GB	

【暫定値】52交差点運用時(1月時点 5日平均値)

	平均使用率	最大使用率
信号情報集約装置	0.56(%)	46.49(%)
模擬信号情報C	0.61(%)	2.61(%)
模擬信号情報配信C	0.62(%)	3.18(%)

【暫定値】負荷状態時(12月時点)

	平均使用率	最大使用率
信号情報集約装置	0.76(%)	40.15(%)
模擬信号情報C	1.60(%)	9.00(%)
模擬信号情報配信C	1.47(%)	7.81(%)

➡ 最大規模を考慮しても、掲載スペックのCPUを実装すれば動作可能

■DB使用量(最大負荷時に50%以下であること(前回報告))

【暫定値】52交差点運用時(1月時点 5日平均値)

	3時間増分	1日増分
信号情報集約装置	6,300 (KB)	50,398 (KB)
模擬信号情報C	3,240 (KB)	26,033 (KB)

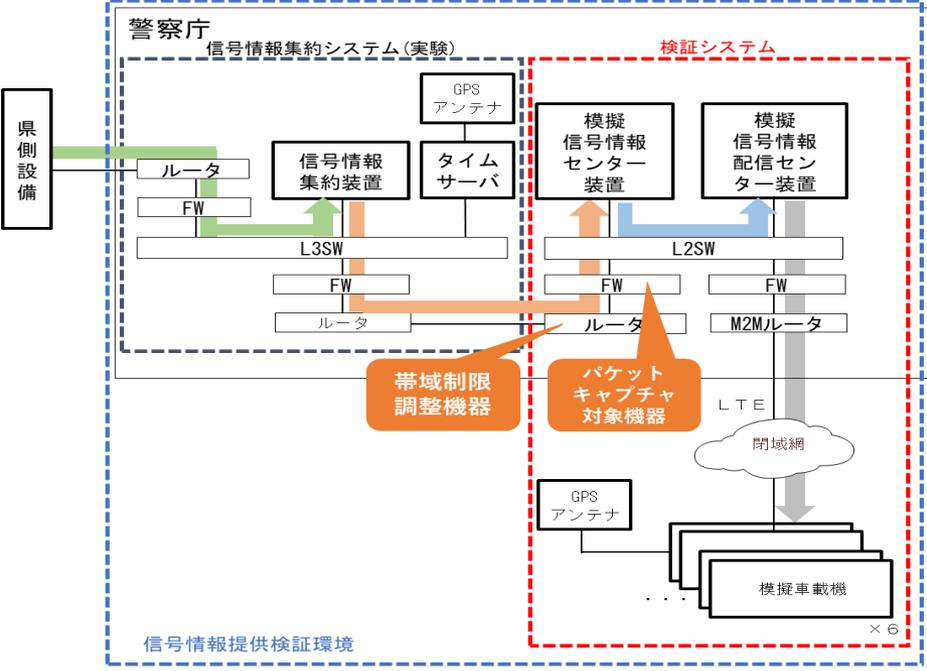
【暫定値】負荷状態時(12月時点)

	3時間増分	1日増分
信号情報集約装置	800,611 (KB)	6,404,884 (KB)
模擬信号情報C	517,268 (KB)	4,138,140 (KB)

➡ 必要規模と最大規模の乖離が大きいため、
交差点の情報提供計画に合わせて実装規模を決定する方が望ましい。

信号情報集約装置の試算値(10日蓄積) 通常時: 0.55GB 最大(1536交差点)時: 70.4 GB必要
 信号情報センターの試算値(31日蓄積) 通常時: 0.33GB 最大(1536交差点)時: 134.0 GB必要
 (365日蓄積) 通常時: 10.98GB 最大(1536交差点)時: 1.54 TB必要

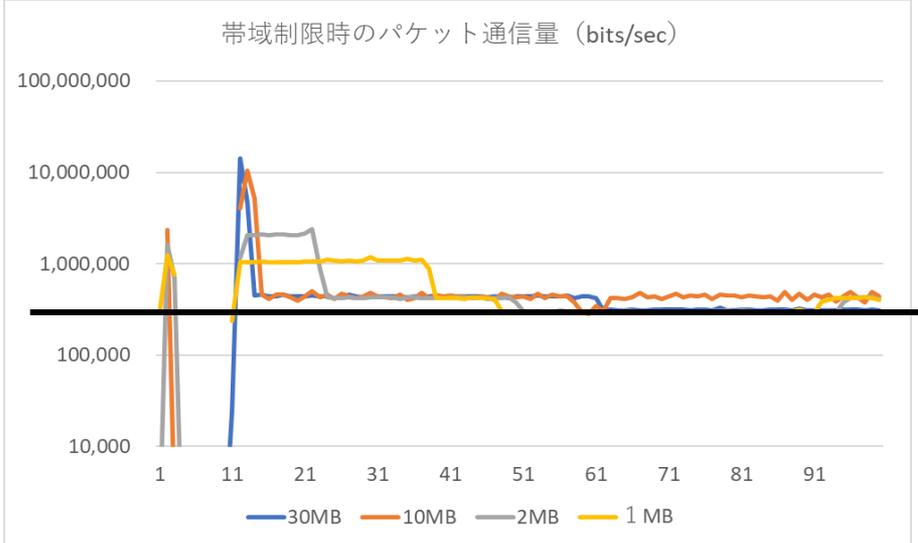
5-5 ネットワーク帯域絞り込み検証



ルータの帯域	備考
30Mbps	
10Mbps	検証時の設定
2Mbps	負荷動作時の4倍程度の通信容量
1Mbps	負荷動作時の2倍程度の通信容量

測定条件 1424交差点 データサイズ1429byte(最大)
 52交差点は県データ(300~400byte)
 定常状態 500kbps

凡例 → 信号予定情報の流れ



帯域制限時の信号予定情報の再接続時の情報取得
 最初の信号予定情報の遅延は左記
 10Mbpsの場合は **0.5秒**遅延
 2Mbpsの場合は **7.6秒**遅延
 1Mbpsの場合は**20.5秒**遅延

運用を考えると、センター間での接続・再接続許容範囲が望ましい。

今回の検証においては、接続時の大きな遅延を考慮して**2Mbps**程度以上は必要であると考えられる。

5-6 稼働率(管制方式)

③ 提供できない時間帯をなくす

・管制方式の交差点毎稼働率

	提供方式	管制方式	管制方式	管制方式
	制御種別	リコールなし・感応なし	リコールなし・感応なし	リコールなし・感応なし
	交差点名	平城2号線	奈良阪町北	神功4丁目
主要指標	ID	400379	20302	400375
	実施期間	01/20 10:16 ~ 01/23 10:36 ※21日除く	01/23 11:30 ~ 01/26 11:47	01/31 12:01 ~ 02/03 12:07 ※各種メンテナンス期間除く
	提供予定期間	175,019 秒	260,259 秒	237,679 秒
	未提供期間	5,658 秒	494 秒	3,311 秒
	信号予定期間送信数	2,434 回	2,361 回	2,541 回
	稼働率	96.767 %	99.810 %	98.607 %
	平均均提供期間 (≒MTBF)	24,194 秒	129,883 秒	18,301 秒
	平均未提供期間 (≒MTTR)	943 秒	494 秒	256 秒

・管制方式 98.59%

- ・システム状態無効による未提供の場合、未提供継続時間が5～15分程度要する。

平城2号線 6回、 奈良阪町北 1回 神功4丁目4回 未提供期間の99.8%以上を占める

- ・単純に情報期間が抜けてしまうケースは、神功4丁目 9回 合計23秒 全体の0.2%以上
⇒信号情報配信装置で無効判定ロジックの変更等で未提供時間の低減の可能性もある。

5-6 稼働率(集中方式)

③ 提供できない時間帯をなくす

・集中方式の交差点毎稼働率

主要指標	提供方式	集中方式	集中方式	集中方式	集中方式
	制御種別	リコールなし・感応なし	リコールあり・感応あり	リコールなし・感応あり	リコールなし・感応なし
	交差点名	平城2号線	平城1号線	神功5丁目	神功4丁目
	ID	20299	20298	20382	300375
	実施期間	01/20 10:16 ~ 01/23 10:36	01/23 11:30 ~ 01/26 11:46 ※リコール時間帯を除く	01/27 11:10 ~ 01/30 12:01	01/26 12:01 ~ 01/30 12:01
	提供予定期間	260,368 秒	173,984 秒	264,066 秒	345,651 秒
	未提供期間	0 秒	0 秒	0 秒	739 秒
	信号予定情報送信数	2,434 回	3,028 回	4,392 回	2,879 回
	稼働率	100.000 %	100.000 %	100.000 %	99.786 %
	平均提供期間 (≒MTBF)	260,368 秒	43,496 秒	262,274 秒	114,952 秒
平均未提供期間 (≒MTTR)	0 秒	0 秒	0 秒	370 秒	

・集中方式 稼働率 99.9%

リコール時間帯での情報提供方式について課題があるため除外している。

3交差点：稼働率100%

合計提供期間：289時間18分

6. 本研究開発に関する成果のまとめと課題

6-1 成果のまとめ

(1) 信号情報生成技術

検討対象としてきた3つの方式について、それぞれ課題は残っているが、日本自動車工業会の信号情報提供に対する要望事項を満足するという当初の目標について、一定の成果を収めることができた。

(2) 信号情報配信技術

自動運転車両(車載機)までの配信経路のうち、非競争領域である信号情報センターまでのシステムを検討した。

信号制御機から車載機までの一気通貫での性能検証を模擬環境で実施。

【システム構成】

・・・全国の信号機の信号情報を1箇所を集約して配信できることを確認

【機能分担】

・・・信号情報集約システムと配信センターの機能配分の実現性を検証

6-2 今後の課題

- V2Nの3方式及びV2Iを社会実装時に需要に応じてどのように適用するか
- V2Nは、V2Iに比べて方式の制約から、故障検出の遅れ、検出後の車載機への通知の遅れ等、フェールセーフ機能が劣る面があることから、社会実装時には、要求される水準、ユースケースに応じた仕様の具体化が必要
- 各種提供情報のための検証機関ならびに責任分界点の明確化
- メーカー毎に差異のある信号予定情報生成の考え方(作成ガイドライン必要)の整理
- 今後の社会実装を踏まえ、競争領域である車載機器側を含む総合的な検討が必要

6-3 課題への対応

- インフラメーカー、自動車メーカーの他、VICSセンター、JARTIC等の交通情報提供に関わる関係者から構成される委員会を構成して、幅広い観点で検討を実施し、V2I、V2N共通の課題を含め、実用化にむけた課題が残っていることを確認
- それらの課題に関する方向性を検討するため、UTMS協会内に作業部会を設け、検討をスタート
- 作業部会内の検討結果については、本事業の委員会メンバーに還元する予定

参考資料(各社)

補足資料

(担当 パナソニックコネク株式会社)

【1】第一現示余裕秒数

“緩やかな減速”のための Δt 秒前目標のための第一現示の余裕秒数を集計した資料。

【2】適合性検証内容

信号情報センターでの信号予定情報のデータ構造でのチェック項目と累計確認数を示す資料集計した資料。

【3】パケット再送率検証

データの再送についての方針をまとめた資料

【1】第一現示(φ)余裕秒数 リコール除く

“⑥ 緩やかな減速”のための
Δt秒前の配信

■ 管制方式の第一現示の残秒数

1/20~2/3(延べ187h)

ID:400379, 20302, 400375

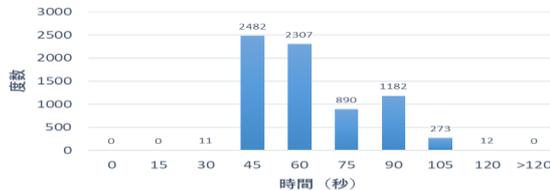
■ 集中方式の第一現示の残秒数

1/20~1/30(延べ290h)

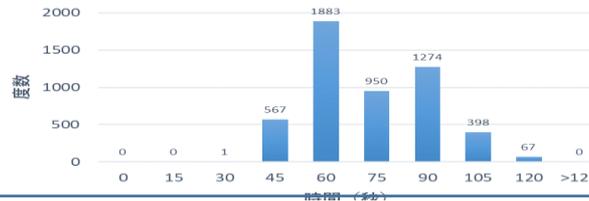
ID:20299, 20298, 20382, 300375

※リコール時間帯(22:00~6:00)除く

	車灯器 1		
	模擬 信号C	模擬 配信C	模擬 車載機
中央値	49.02 s	49.02 s	48.90 s
最大値	108.24 s	108.24 s	107.83 s
最小値	28.07 s	28.07 s	27.92 s
平均値	55.58 s	55.57 s	55.34 s
標準偏差	18.47 s	18.47 s	18.47 s
サンプル数	7157	7157	7157



	車灯器 1		
	模擬 信号C	模擬 配信C	模擬 車載機
中央値	61.86 s	61.86 s	61.63 s
最大値	114.08 s	114.07 s	113.96 s
最小値	27.00 s	27.00 s	26.69 s
平均値	65.18 s	65.18 s	64.98 s
標準偏差	17.27 s	17.27 s	17.27 s
サンプル数	5140	5140	5140



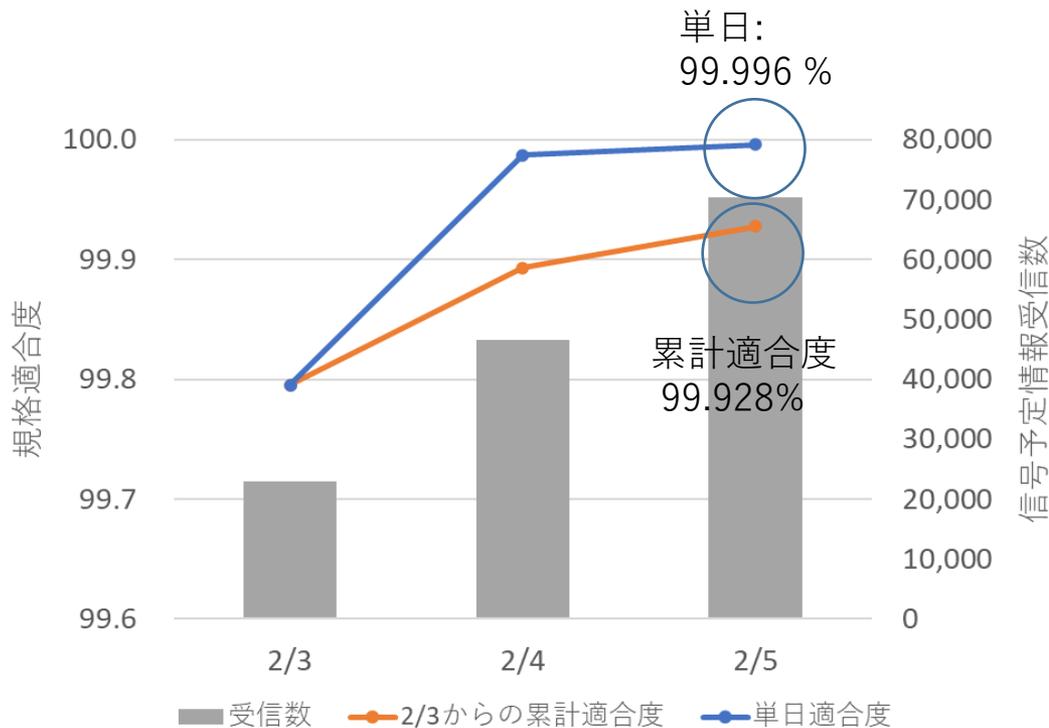
平城2号線
方式違い
交差点結果

管制方式	車灯器 1		
	模擬 信号C	模擬 配信C	模擬 車載機
中央値	59.99 s	59.99 s	59.75 s
最大値	108.24 s	108.24 s	107.83 s
最小値	36.62 s	36.62 s	36.48 s
平均値	64.67 s	64.67 s	64.45 s
標準偏差	16.80 s	16.80 s	16.81 s
サンプル数	2308	2308	2308

集中方式	車灯器 1		
	模擬 信号C	模擬 配信C	模擬 車載機
中央値	59.91 s	59.91 s	59.76 s
最大値	108.24 s	108.24 s	108.12 s
最小値	37.47 s	37.47 s	37.10 s
平均値	65.26 s	65.25 s	65.08 s
標準偏差	16.94 s	16.94 s	16.94 s
サンプル数	2435	2435	2435

【2】 規格適合検証

広義の“② フェールセーフ機能:故障検知”の位置づけ



情報項目	規格範囲
システム状態	0か1であること
作成日時:年	BCD形式で0000~9999、または0xFFFFであること
作成日時:月	BCD形式で01~12、または0xFFであること
作成日時:日	BCD形式で01~31、または0xFFであること
作成日時:時刻(時)	BCD形式で00~23、または0xFFであること
作成日時:時刻(分)	BCD形式で00~59、または0xFFであること
作成日時:時刻(秒)	BCD形式で00~59、または0xFFであること
作成日時:時刻(10ミリ秒)	BCD形式で00~99、または0xFFであること
車灯器数	0~12であること
歩灯器数	0~4であること
接続方路数(I)	1~8であること
サービス方路数(J)	0~8であること
方路ID	1~8であること
車灯器情報ポインタ	0~4000、または0xFFFFであること
歩灯器情報ポインタ	0~4000、または0xFFFFであること
車灯器ID	1~12であること
灯色出力変化数(K)/(L)	1~12であること
丸信号灯色表示	0~6であること
カウントダウン停止フラグ	0か1であること
最小残秒数(0.1秒)	0~2400、または0x7FFFであること
最大残秒数(0.1秒)	0~2400、または0xFFFFであること
歩灯器ID	1~4であること

模擬信号情報センター

- ・上記記載閾値チェック
- ・実データ格納個数不一致
- ・日付適合

主に3項目の規格適合チェック処理後

データ有効/無効判定を行い

模擬信号情報配信センターにデータ送信

- ・7万件を超える信号予定情報を受信し、適合検証を行った。
- ・2/3からの累計適合度99.928%となった。
直近単日では99.996%となり極めて高い適合度となり、目標としていた適合度99%をクリアした。
- ・調整中の制御機方式が頻発する交差点を除けば100%となった。
調整が終われば更なる規格適合度の向上が期待できる。

【3】パケット再送率

③提供できない時間帯検証

期間 対象交差点
1/20 10:16～1/23 10:33 20299 集中交差点

信号予定情報に関するカウント値を精査 2435個の電文に対して信号情報集約装置から模擬車載機受信のデータを検証したところ 抜けはなく2435個の電文を正常に受信した。

MQTTSのQoS=2の通信によりデータの取りこぼしがないことを確認

キャリア網については12/2～2/28の検証期間中

2023年2月3日 13時05分～23時10分

回線障害が発生し基地局からの通信遅延の事象あり(1秒ほどの遅延時間の差分発生)

キャリアサービス基盤内のネットワーク機器において原因LANポートが特定出来た為、該当ポートの閉塞による迂回を実施し通信遅延事象が改善している事を確認

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)が管理法人を務め、内閣府が実施した「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）」(NEDO管理番号：JPNP18012)の成果をまとめたものです。