

# 「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に係る研究開発」

## 2020年度分 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

パナソニックシステムソリューションズジャパン株式会社

2021年3月

# 本研究の経緯

研究名	2018年度以前	2018年度	2019年度	2020年度	来年度以降
<b>クラウド等を活用した信号情報提供に係る研究開発</b> [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] <b>(V2N)</b>	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	<ul style="list-style-type: none"> <li>海外事情を含めた基礎調査</li> <li>信号情報提供方式の提案</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機能要件の詳細化</li> <li>工場レベルの検証</li> <li>信号情報提供方式の選定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機能要件の詳細化</li> <li>課題への対応策の検討</li> <li>モデルシステムの構築・検証</li> <li>来年度以降の検証で構築するシステムの仕様書の策定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>信号情報センターの要件の検討</li> <li>他の情報との連携・統合に関する検討</li> </ul>
<b>【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)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>光ビーコンを活用したTSPSの実用化</li> <li>ITS無線路側機を活用したDSSSの実用化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>海外事情を含めた基礎調査</li> <li>次年度への準備</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機能要件の詳細化</li> <li>課題への対応策の策定</li> <li>工場レベルの検証</li> <li>他方式を含めた比較検討</li> <li>上記を踏まえた仕様化</li> </ul>	10月	<ul style="list-style-type: none"> <li>低コスト化等の推進による普及への継続的取り組み</li> </ul>

低コスト化等への期待

# テーマの分担

テーマ1 「クラウド等を活用した信号予定情報提供に係る研究開発(県警モデルシステム仕様書の見直し等)」

【一般社団法人UTMS協会】

テーマ2 「クラウド等を活用した信号予定情報提供に係る研究開発(提供手法案「管制方式」モデルシステムの構築等)」

【日本信号株式会社】

テーマ3 「クラウド等を活用した信号予定情報提供に係る研究開発(提供手法案「集中方式」モデルシステムの構築等)」

【日本信号株式会社】

テーマ4 「クラウド等を活用した信号予定情報提供に係る研究開発(提供手法案「制御機方式」県警モデルシステムの構築等)」

【オムロンソーシアルソリューションズ株式会社】

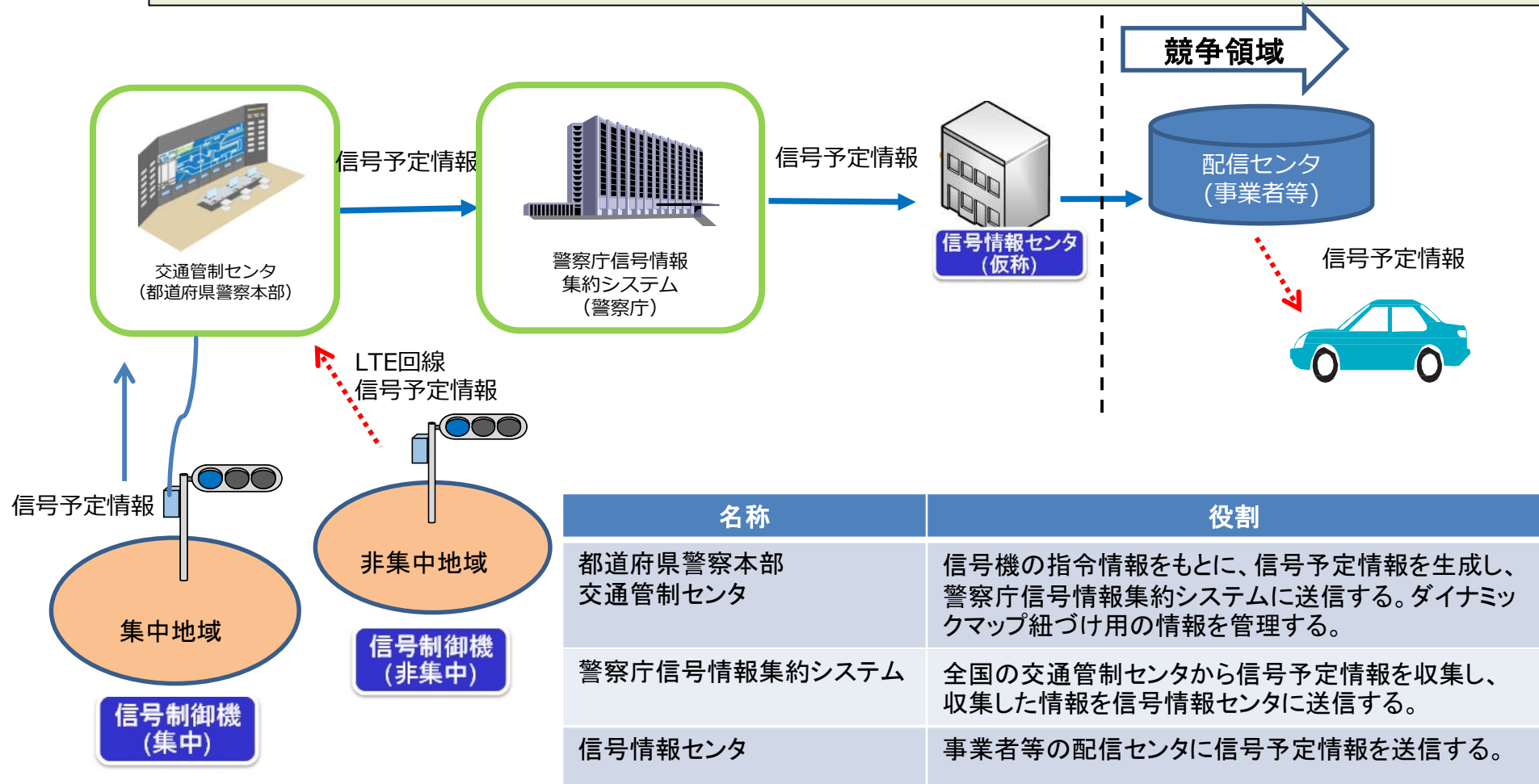
テーマ5 「クラウド等を活用した信号予定情報提供に係る研究開発(警察庁信号情報集約システムの仕様化等)」

【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】

# 研究開発の概要

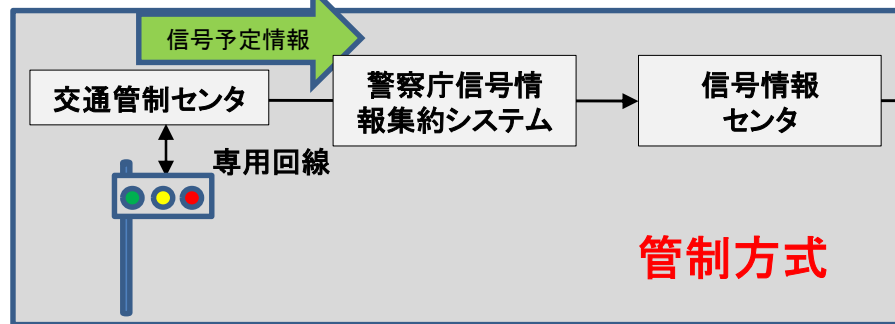
## 【概要】

クラウド等を活用した信号予定情報の提供の実現に資することを目的として、令和元年度に実施した検討結果を踏まえ、都道府県警察にモデルシステム(以下、「**県警モデルシステム**」という。)を構築し、自動運転に向けた**信号予定情報提供の検証**を行うとともに、令和3年度以降に構築を予定している警察庁に**信号予定情報を集約するシステム**(以下、「**警察庁信号情報集約システム**」という。)の仕様書案の検討・作成を行う。

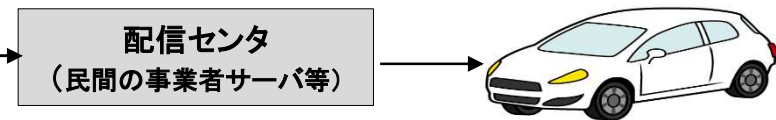


# 信号予定情報の提供手法

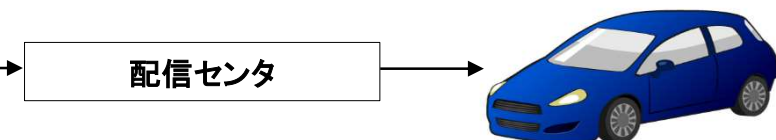
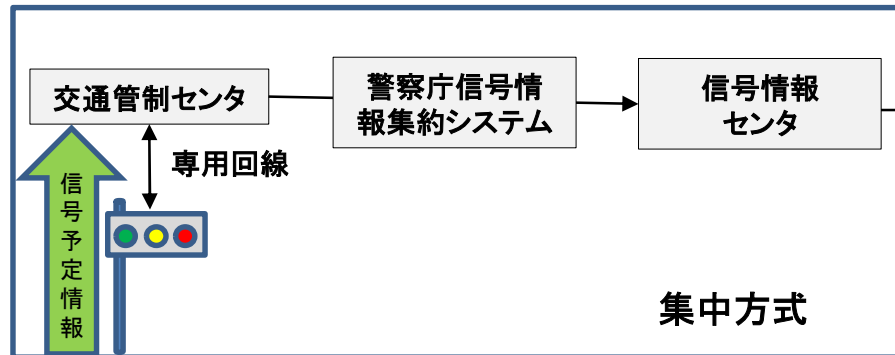
交通管制センタや信号制御機で生成される信号予定情報をLTE等の回線を介して警察庁信号情報集約システムに一旦集約した後、配信センタに送り出す提供手法等について研究開発を行う。令和元年度の検討の結果を踏まえて管制方式を軸に検討を進め、同方式を補完するために集中方式・制御機方式の検討を行う。



\* 信号情報センタ、配信センタは仮称。

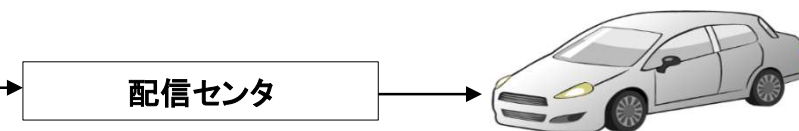
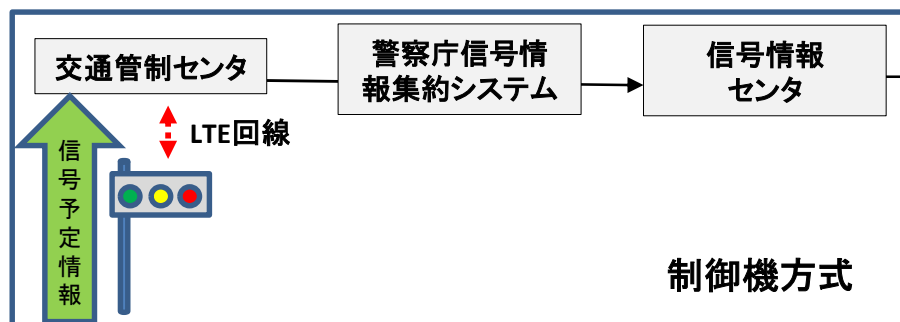


交通管制センタで信号予定情報を作成する方式



交通信号制御機で信号予定情報を作成する方式

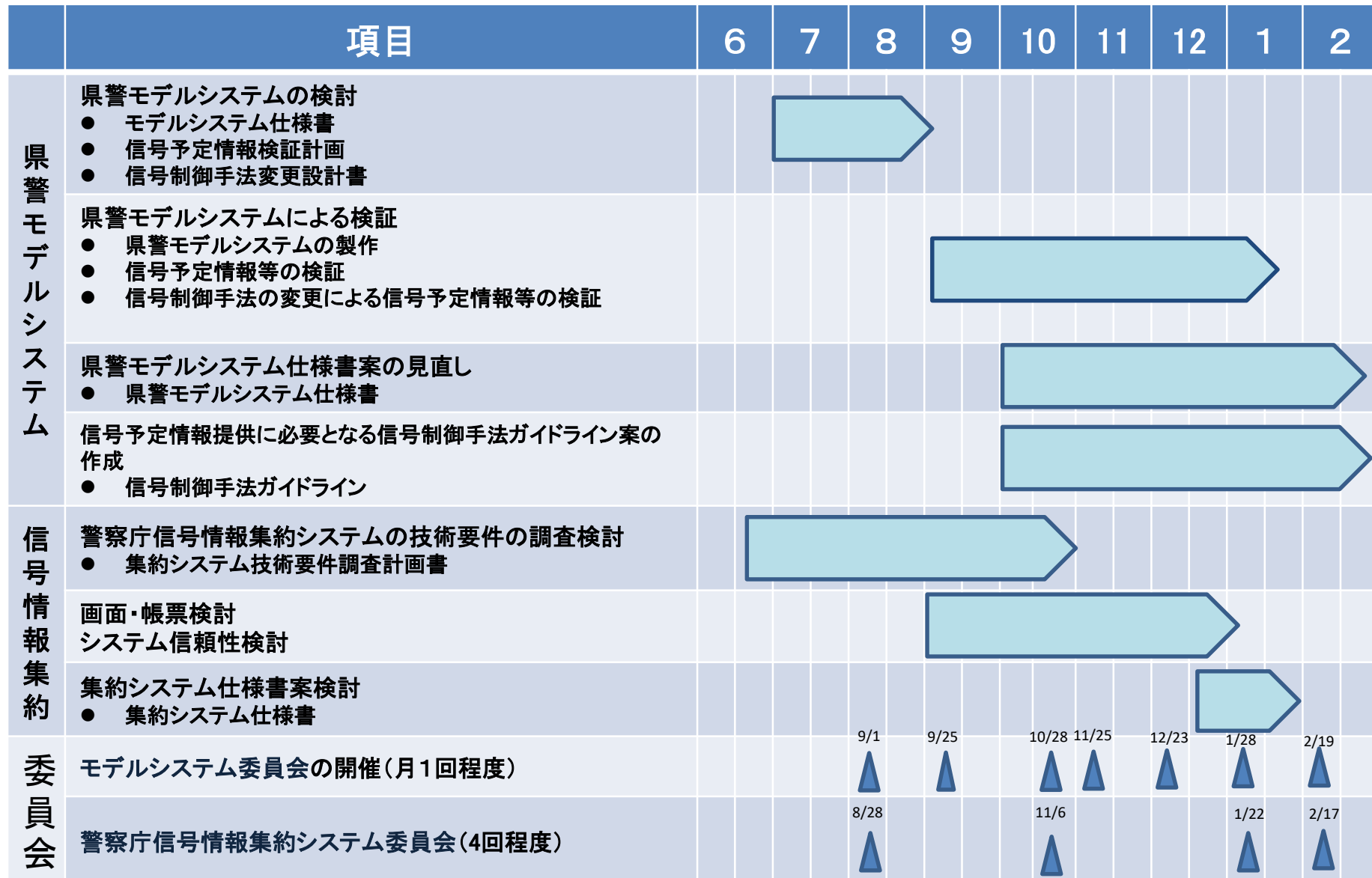
★交通管制センタから遠隔制御されている信号制御機が対象



各交差点の交通信号制御機で現在の灯色情報と信号予定情報を作成する方式

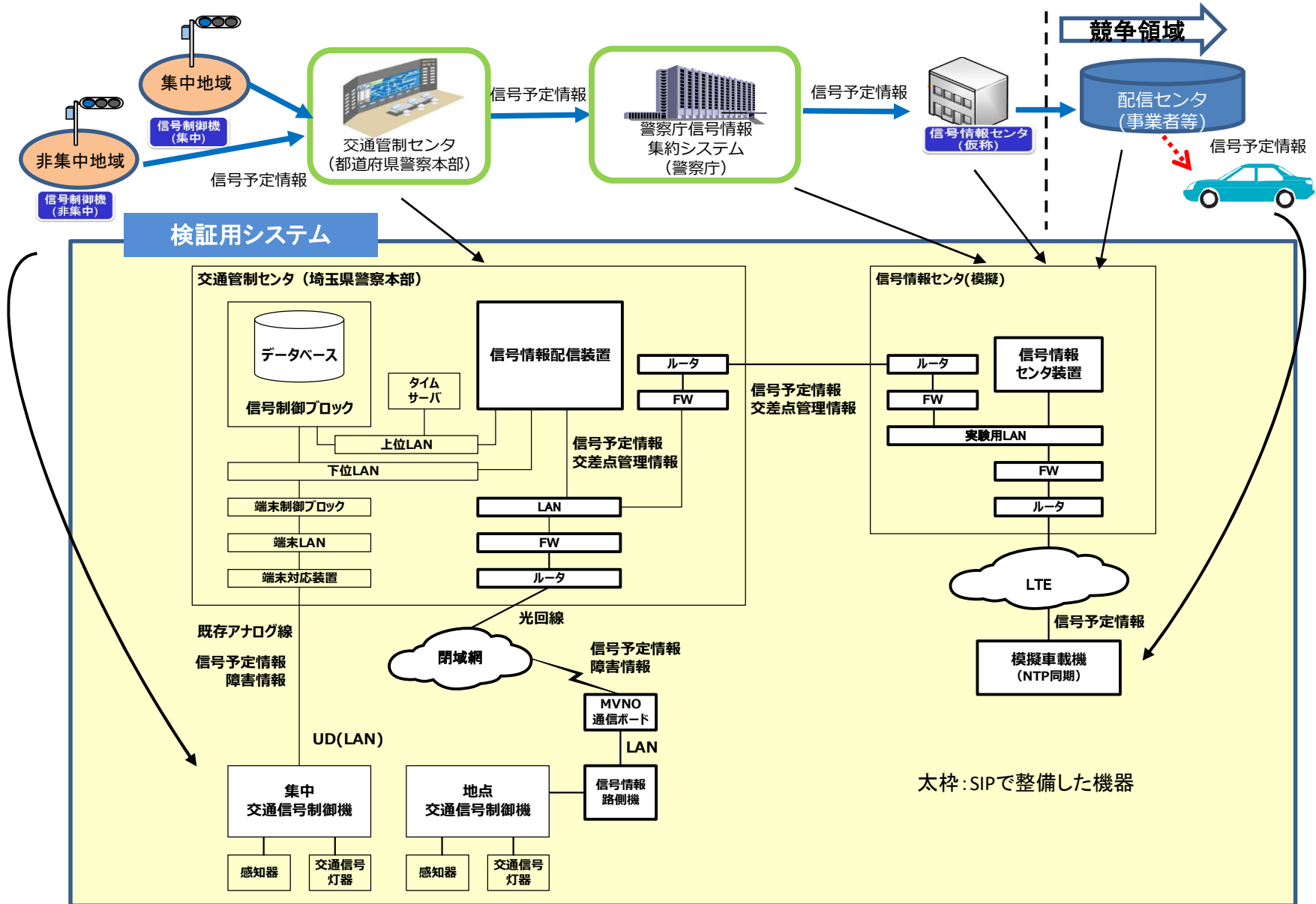
★単独で動作している信号制御機が対象

# 研究開発スケジュール(2020年度)



# I 県警モデルシステムの構築

# 県警モデルシステム(検証用)の構成





# 管制方式、集中方式 実験対象交差点

管制方式埼玉県  
全域約2700交差点



集中方式10交差点

番号	管理番号(県警)	場所
①	38-108	さいたま市緑区下野田
②	38-107	さいたま市緑区大門
③	27-213	さいたま市岩槻区釣上新田
④	27-212	さいたま市岩槻区釣上新田
⑤	27-211	さいたま市岩槻区釣上
⑥	27-210	さいたま市岩槻区釣上
⑦	29-299	越谷市北後谷
⑧	29-298	越谷市南荻島
⑨	29-297	越谷市南荻島
⑩	38-050	さいたま市緑区大門



## 管制方式、集中方式 検証項目等

県警モデルシステムを通して、以下の検証を行う。

No	検証項目	検証内容
1	共通検証	信号予定情報の時刻精度、誤差、通信遅延等の基本性能を検証する。
2	感応制御対応確認	感応制御においてジレンマゾーン発生を防ぐため、 $\Delta t$ 秒前に信号予定情報を確定することができるように信号制御方式の変更を行い、結果を検証する。
3	閃光時の信号予定情報提供確認 ※集中方式のみ	閃光(異常時等信号点滅)ステータス時の信号予定情報提供について、信号予定情報の精度を検証する。
4	システム構成確認	交通信号制御機で作成された自動運転用の信号予定情報が、セキュリティに配慮したシステム構成においても、模擬車載機まで提供できることを確認する。
5	時限表切り替わり確認	時限表の切り替わり前後において、階段の秒数が変化する場合の信号予定情報の誤差について検証する。
6	時刻同期データ収集	管制センタと交通信号制御機間で通信シーケンスにより同期している現行の時刻と、GPSにより同期を行った場合の時刻を比較する。
7	障害通知機能確認	障害復旧用として障害情報を保守・運用者に通知するため、障害情報を追加し、正しく通知できることを検証する。
8	連続提供確認	自動運転用の信号予定情報を複数の交差点(路線)で連続的に正しく提供できることを確認する。

# 管制方式・集中方式 検証結果

管制方式における認識誤差(一例)



集中方式における認識誤差(一例)



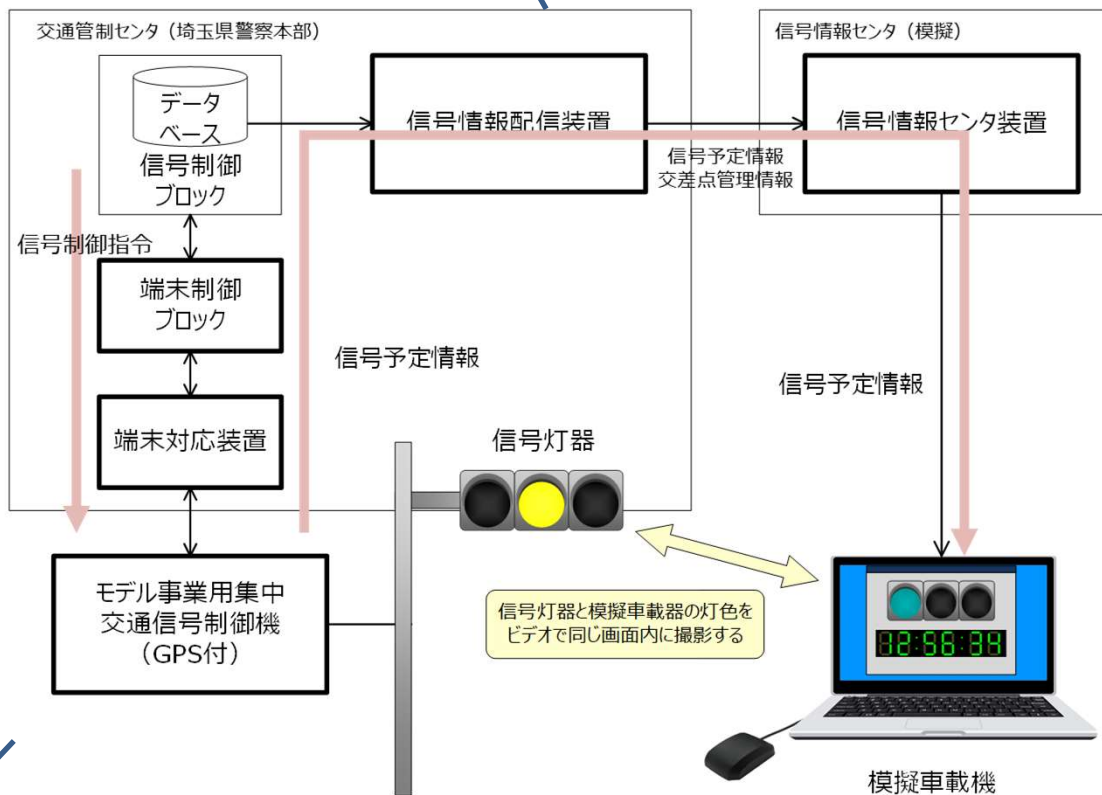
交通信号制御機にGPSをインストールし、時刻精度が向上していることを確認



テーマ2, 3  
:日本信号

交通信号制御機からの通信遅延(一例)

信号情報配信装置(msec)	信号情報センタ(msec)	模擬車載機(msec)
1,990	2,050	2,340
2,350	2,440	2,550
1,950	2,010	2,100



認識誤差 = 信号灯器の灯色が切り替わった時刻 - 模擬車載機の灯色表示が切り替わった時刻

- ・管制方式では、信号制御機の時刻精度向上後でも認識誤差が1秒超となることを確認。
- ・集中方式では、信号制御機の時刻精度向上後に感應制御等の変化がない状態においては、認識誤差±300msec以内で実現できることを確認。
- ・信号制御機から信号情報配信装置までの遅延時間は約2秒程度であった。

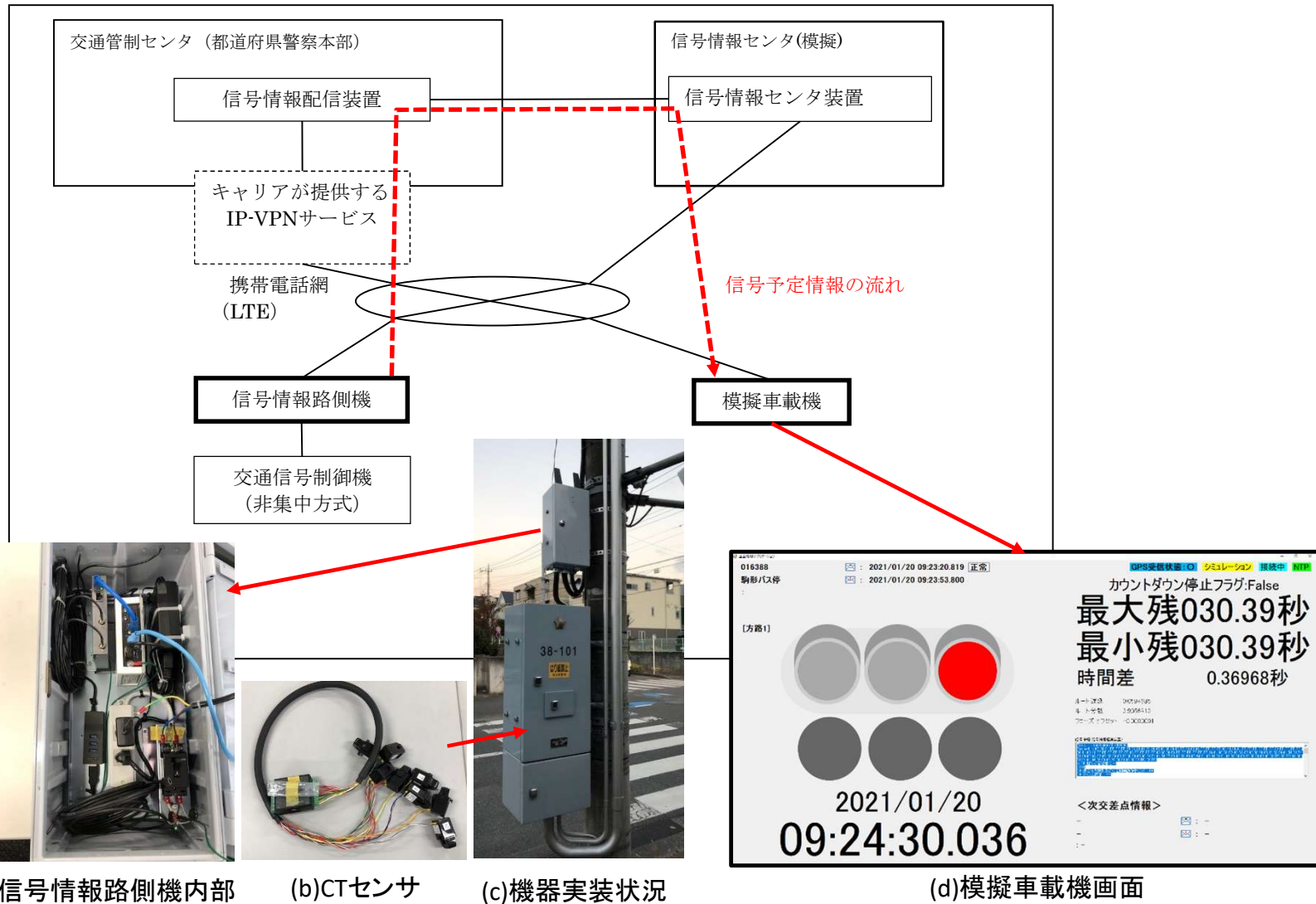
## 管制方式・集中方式 検証結果まとめ

1. 管制方式では、数秒程度の認識誤差(灯器の点灯と模擬車載機の認識のずれ)が発生した。信号制御機は100msec単位で制御を行っている一方、交通管制センター側は秒単位で処理を行っていることが主な要因として挙げられる。
2. 集中方式では、感応制御等(リコール・閃光を含む)の即時に制御内容が変わる場合を除いては、認識誤差が $\pm 300\text{msec}$ 以内となることを確認した。
3. シミュレーション上で、感応制御を行っている交差点に対して、 $\Delta t$ 秒前に信号予定情報を確定させるための制御方式の見直しを行い、問題なく制御が実行できること、信号予定情報の提供が行えることを確認した。  
→但し、実際に導入する際には、交通に与える影響等を鑑みて、判断を行う必要がある。また、 $\Delta t$ 秒の考え方については、集約システム委員会での検討結果、総務省担当施策での検討結果を踏まえ、システム全体での遅延時間を考慮したうえで、再度検討を行う必要がある。
4. 機能試験(システム構成確認、障害通知機能確認、連続提供確認)については、問題なく動作することを確認した。

管制方式においては、管制センター側も処理時間の単位を100msecとすることにより、認識誤差が改善する見込みはあるものの、自工会からの要望である $\pm 300\text{msec}$ 以内という性能を満足させるには、さらなる評価・検証、および要件定義の見直し等も視野に入れ、引き続き検討を行う必要がある。

# 制御機方式 モデルシステム

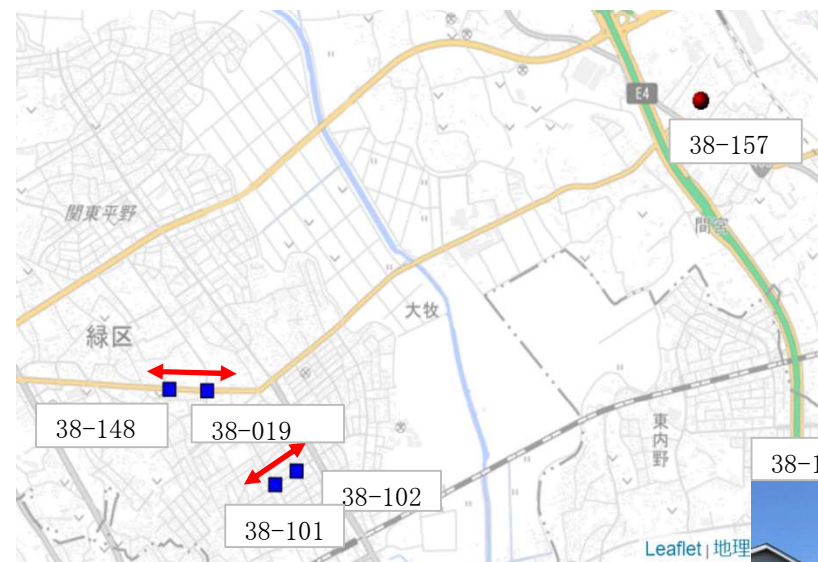
県警モデルシステムで整備した機器、及び模擬車載機の画面を示す。



# 制御機方式 実証実験対象交差点

実証実験対象交差点、及び機器設置状況を示す。

管理番号(県警)	場所	制御区分
38-019	さいたま市緑区東浦和	系統
38-101	さいたま市緑区東浦和	系統
38-102	さいたま市緑区東浦和	系統
38-148	さいたま市緑区東浦和	系統
38-157	さいたま市緑区大字大門	単独



地図出典: 国土地理院地図を以下のサイトから利用  
<http://ktgis.net/gcode/lonlatmapping.html>



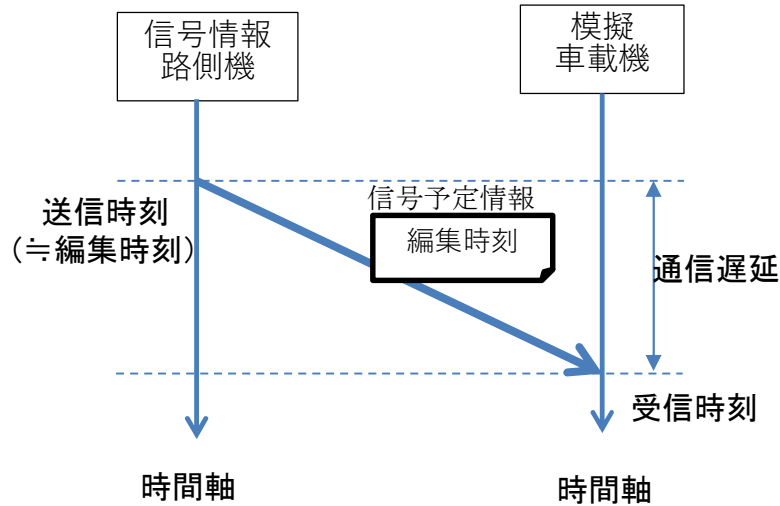
## 制御機方式 県警モデルシステム 検証結果

各検証項目を計画どおり実施し、概ね良好な結果を得ている。いくつか実機による検証で明らかになった課題があり、今後対応していくことが必要。

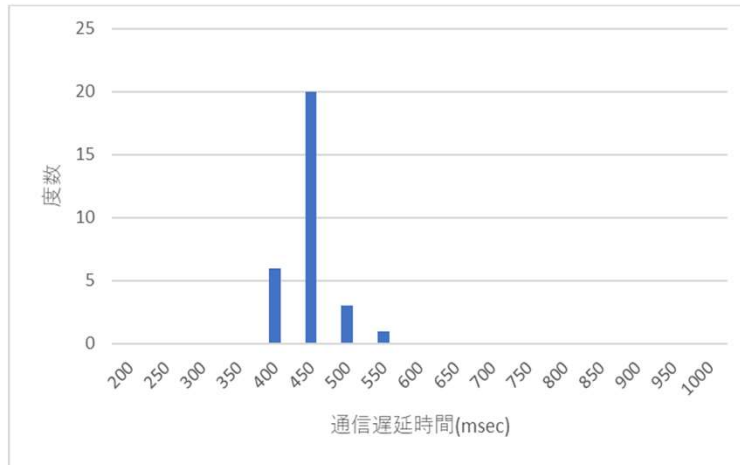
No	検証項目	内容	結果	結果に関する説明
1	時刻精度	絶対時刻との誤差50msec以下を検証	○	35msec以下の誤差で実現できることを確認。GPSを使うことなく、通信(ntp)で時刻同期が行えることを確認。通信(ntp)での時刻同期はコスト削減に有効と考える。
2	通信遅延	車載機までの通信遅延の実力値把握	○	5交差点の平均通信遅延は400msec程度であり、令和元年度評価より良好。システム構成により変わるため、今後も継続的な検証が必要。
3	認識誤差	±300msec以内の確認	○	動画撮影により、±300msec以内であることを確認。
4	システム構成確認	VPN、メッセージ暗号化	○	VPNによる仮想閉域網の構築、及び通信メッセージの暗号化によるセキュリティ対策を行ったシステムで検証し、問題がないことを確認。
5	時限表切り替わり確認	認識誤差±300msec以内の確認	△	系統制御交差点について切り替わり前後での信号予定情報提供を確認したところ、認識誤差が±1秒を越える場合があったため、性能改善が必要。定周期交差点については、切り替わり前後での信号予定情報の提供を行えていないところ、提供するためにはソフトウェア改善が必要。
6	障害通知機能確認	障害通知機能を追加、確認	○	障害通知メッセージを追加し、機器の障害に加えて、信号予定情報の認識誤差の度合いに応じた準正常、異常を通知できることを確認。自動運転車両側での活用を提案しているが、活用については未定。
7	連続提供確認	実走行での受信確認	○	交差点の連続通過において、交差点接近時に大きな遅延なく信号予定情報を受信できることを確認。

# 制御機方式 県警モデルシステム 結果詳細(参考)

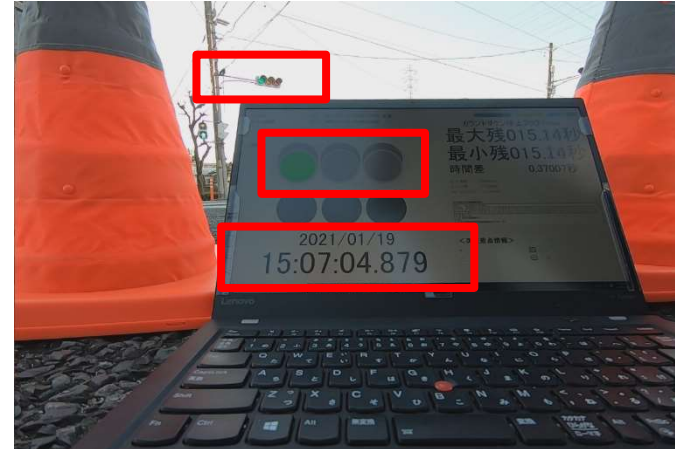
## ■通信遅延検証方法



## ■通信遅延分布例(30回計測) 38-157交差点

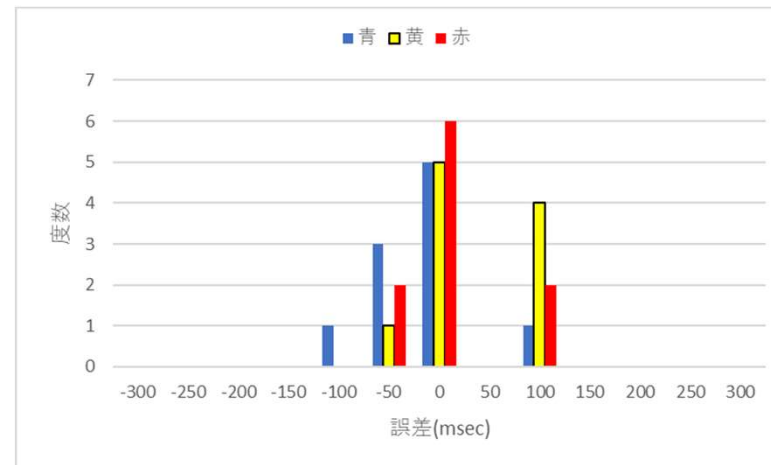


## ■認識誤差検証方法



認識誤差=信号灯器の灯色が切り替わった時刻－  
模擬車載機の灯色表示が切り替わった時刻

## ■認識誤差分布例(30回計測)38-102交差点:系統制御





## 制御機方式 工場検証 検証結果

各項目の検証を計画どおり完了。特殊な条件での信号予定情報提供の実現性確認ができつつある。信号予定情報の編集方法、利用方法については、いくつか課題が出ており、システム側のメーカー間、及び信号予定情報の利用者(自動車工業会殿)との議論が必要。

No	検証項目	内容	結果	結果に関する説明
1	リコール制御時の信号予定情報提供	押しボタン交差点での信号予定情報提供	○	3方法(歩灯器点滅、ダミー灯器、確認表示灯)によるリコール現示の判定によって、信号予定情報提供ができることを確認。信号予定情報の一部項目の編集方法、利用方法は議論必要。
2	感応制御時の信号予定情報提供	$\Delta t$ を確保できる信号予定情報提供	○	2方法(歩灯器点滅、固定ステップ+ダミー灯器点灯)による感応階梯終了を判定し、確定した信号予定情報提供を実施。 $\Delta t$ を確保できることを確認。信号予定情報の一部項目の編集方法、利用方法は議論必要。
3	感応制御時の信号予定情報提供	固定ステップ追加による交通流	○	シミュレーションによる検証実施。感応制御を止めるより、固定ステップを追加して感応制御を継続する方が、交通流への影響が少ないことを確認。
4	閃光時の信号予定情報提供	閃光前後を含む信号予定情報提供検証	△	閃光状態を検知できることを確認したが、手動閃光後を含めて、信号予定情報提供には課題があることが判明。検討を継続する。
5	LPWAによる信号予定情報提供	実現性の確認	○	市販のセルラーLPWA通信機器を用いて評価。通信遅延は大きい、認識誤差は $\pm 300\text{msec}$ 以下と良好。通信費用の削減に貢献できる可能性あり。ただし、信頼性に関して、要求仕様を明確にし、長期的な評価が必要。

# 自動運転向け地図と提供交差点の紐づけについて

## 【課題】

ダイナミックマップと提供交差点を紐づけるために必要な情報の定義と運用のしくみづくり

## 【実現に向けた基本方針】

- ダイナミックマップと紐づけるための定義情報は、維持管理、コストの面からも、可能な限り他と共用とする。
- 交差点の位置情報については、あくまで交差点と地図とを紐づけるものとする。

## 【他の公開されている交差点情報について】

1. SIP第2期「交通規制情報の活用による運転支援の高度化」の交差点情報

### <メリット>

自動運転向けの定義情報である。

### <問題点>

方路情報が存在しない。

2. (公財)日本交通管理技術協会が提供している交差点情報

### <メリット>

有償提供の仕組みを有している。

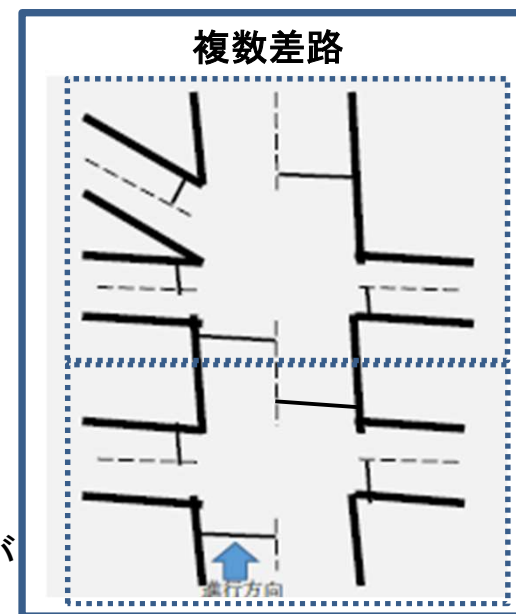
### <問題等>

対象の交差点が少ない。

## 【問題点】

信号予定情報提供用に求められる交差点の単位と各都道府県警が管理する交差点の単位が必ずしも一致しない。

社会実装に向けた検討の場を構築し、引き続き検討を行う。

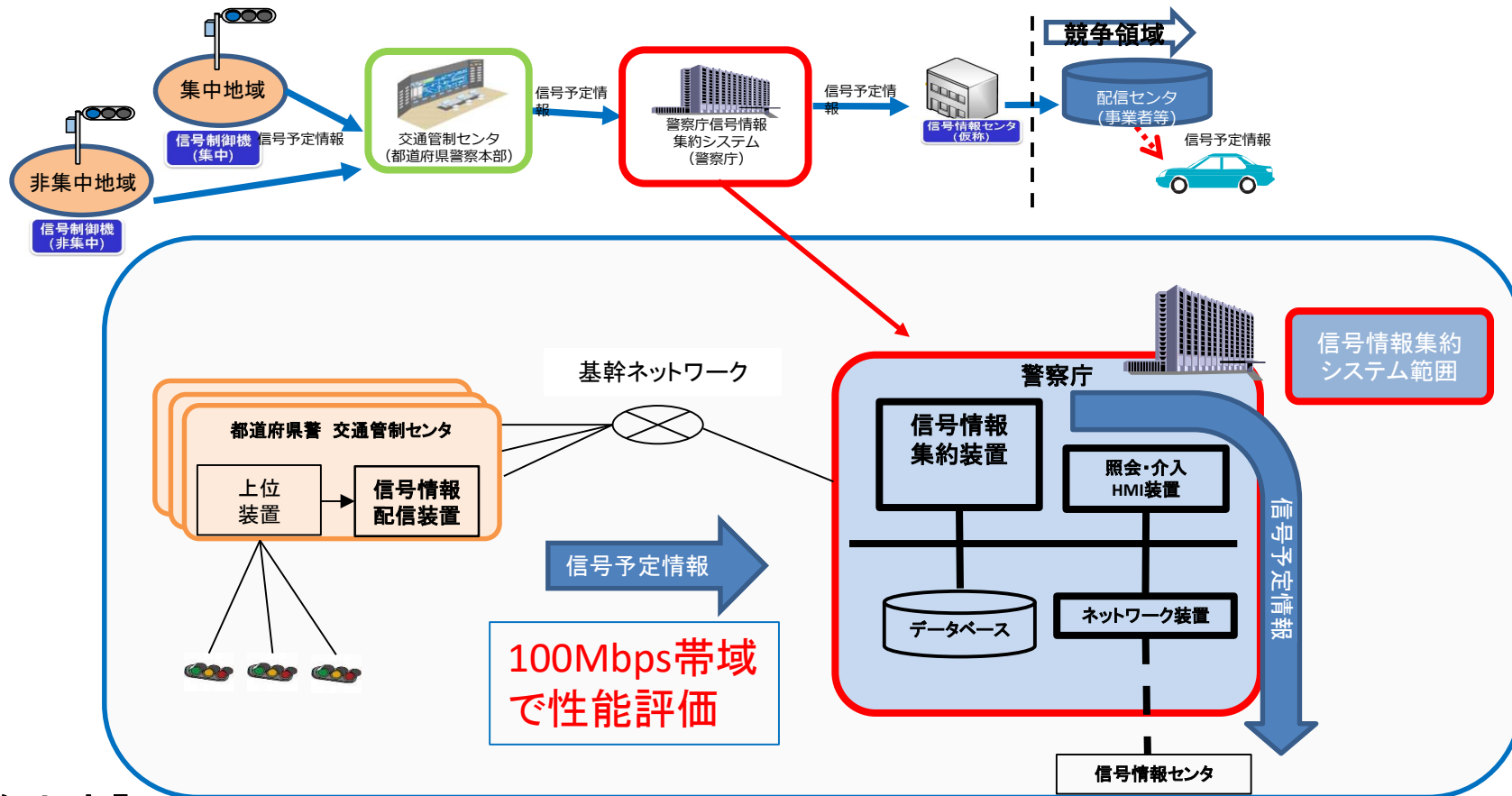


- 都道府県警が管理する交差点の単位
- ..... 信号予定情報提供用の交差点の単位

## Ⅱ 警察庁信号情報集約システムの検討

# 警察庁信号情報集約システムの概要

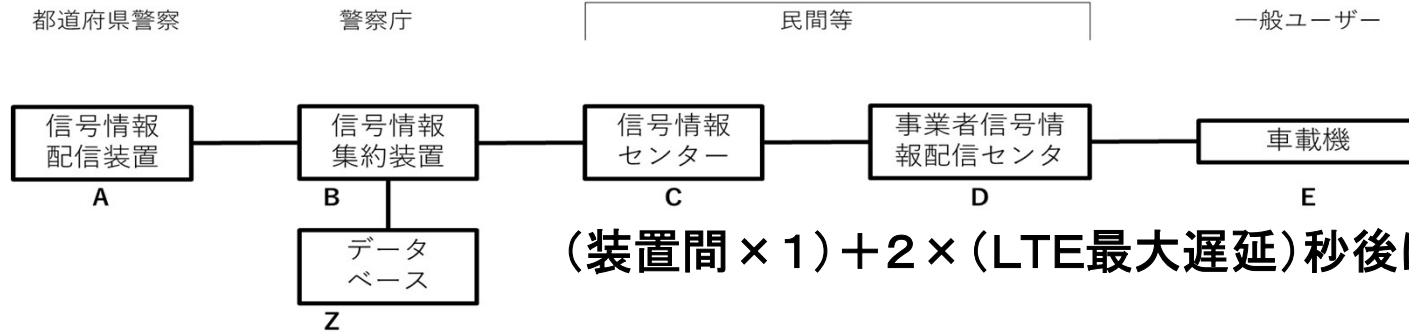
都道府県警察交通管制センタから信号予定情報を集約し、信号情報センタに送出するまでのシステム仕様化(今年度は自社環境で評価)



## 【実施内容】

- ・100Mbps(12.5Mbyte/s) NW効率を60%として7.2Kbyte/msecの通信能力の前提
- ・データベース性能評価も考慮して2.4kbyteのデータサイズを3msec間隔で処理できるかどうかの検証

# 信号情報集約装置 性能評価



集約装置の負荷を評価するためMQTT環境ならびにデータベース環境を構築して  
 信号機サイクル60秒交差点を対象として信号予定情報を逐次生成(24時間連続実行)  
 A→B→A(仮想C)の「通信時間+データベース処理時間」の最小、平均、最大値を測定。  
 1000交差点ならびに4000交差点対象で性能測定実施(Bはフォーマットチェックや範囲チェックを実施)  
 信号情報集約システムの過負荷試験を実施し、今後の設計のための基礎数値を得た。

交差点数	データサイズ (バイト)	最小秒数 (msec)	平均秒数 (msec)	最大秒数 (msec)	備考
1000	1024	864	2066	6520	車両用灯器、歩行者用灯器等標準(4) (単路部や標準2現示等)
1000	2048	917	2131	12855	車両用灯器、歩行者用灯器等数が最大数(12)
4000	1024	3269	5422	15135	車両用灯器、歩行者用灯器等標準(4) (単路部や標準2現示等)
4000	2048	3630	6925	13425	車両用灯器、歩行者用灯器等の数が最大数(12)

## 警察庁信号情報集約システム 取り組み内容

No	要件	作業内容
1	業務要件	システム構成を明確にして全国各県警からの集約対象の信号機の規模や各県警からのデータ量、データ送信間隔の検討を行い、信号情報集約装置側サーバーならびにデータベースに収容できる交差点数規模ならびに業務フローを明確にした。
2	機能要件	本集約装置に関連する装置とのデータ(情報)の流れを可視化して明確にした。データベースを活用するにあたり、登録、参照、統計、検索機能を整理した。また、信号予定情報の受信間隔や信号予定情報の配信履歴や提供状況等を確認手段を明確化し加えて、データ送受信やデータベース格納などにおける性能要件の洗い出しを完了した。
3	画面、帳票関係	信号予定情報を収集する対象交差点の検索、参照時の画面、帳票関係の整理を実施した。
4	システムの信頼性等の非機能要件	信号予定情報提供サービスの継続性という観点から、システム信頼性(可用性)に加え、継続性、拡張性等を含めた非機能要件についてセキュリティ設計をおこなうにあたっての通信経路の範囲を明確にして情報セキュリティ要件検討を行った。例えば 警察庁内装置から外部に接続されている装置からの不正アクセスやコンピュータウイルス感染に対する防止機能や予防措置について各特性に適したセキュリティの要件抽出を完了した。
5	仕様書関連	上記作業を通してまとめたものを仕様書(案)としてまとめた。