

戦略的イノベーション創造プログラム（S I P）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

## 成果報告書

2021年2月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

委託先 一般社団法人UTMS協会  
日本信号株式会社  
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  
オムロンソーシアルソリューションズ株式会社

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）の委託業務として、一般社団法人UTMS協会が実施した「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）／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2020年度の成果を取りまとめたものです。従って、本報告書の著作権は、NEDOに帰属しており、本報告書の全部又は一部の無断複製等の行為は、法律で認められたときを除き、著作権の侵害に当たるので、これらの利用行為を行うときは、NEDOの承認手続きが必要です。

# 目 次

## <第1章 総括>

1. 要約	1
2. 実施体制	4

## <第2章 県警モデルシステムの検討>

1. はじめに	6
1.1 研究開発の目的	6
1.2 本年度研究開発の位置づけ	7
1.3 研究開発の概要	8
1.3.1 県警モデルシステムの構築	8
1.3.2 県警モデルシステムによる信号情報の検証	8
1.3.3 信号制御手法の変更による信号情報等の検証	9
1.3.4 県警モデルシステム仕様書案の見直し	9
1.3.5 信号情報提供に必要となる信号制御手法ガイドライン案の作成	9
1.4 研究開発体制	10
2. 実証実験	11
2.1 管制方式	11
2.1.1 概要	11
2.1.2 実験内容	11
2.1.3 検証結果	22
2.1.4 結果まとめ	27
2.2 集中方式	28
2.2.1 概要	28
2.2.2 実験内容	28
2.2.3 検証結果	32
2.2.4 結果まとめ	36
2.3 制御機方式	37
2.3.1 概要	37
2.3.2 実験内容	37
2.3.3 検証結果	40
2.4 制御機方式（日本信号自主研究）	49
2.4.1 概要	49
2.4.2 実験内容	49

2.4.3 検証結果	51
2.4.4 結果まとめ	53
3. 信号制御方式見直し	54
3.1 信号制御手法変更検討	54
3.2 制御機方式における信号制御手法変更検討	59
3.2.1 リコール動作交差点における信号情報提供検討	59
3.2.2 感応制御交差点における信号情報提供検討	61
4. 運用に向けた課題	67
4.1 機能配置と検証	67
4.1.1 概要	67
4.1.2 信号予定情報提供サービス開始までのフロー案	67
4.1.3 検証機能	67
4.2 信号情報提供対象交差点と地図との紐づけについて	68
4.2.1 概要	68
4.2.2 基本方針	68
4.2.3 交差点管理データの管理について	68
4.2.4 交差点管理データのフォーマット案	69
4.2.5 定義情報の内容について	69
4.3 通信回線費用削減	71
5. 課題	73

### <第3章 信号情報集約システムの検討>

1. はじめに	75
1.1 本研究開発の目的	75
1.2 本研究開発の位置づけ	75
1.3 本研究開発の実施内容	76
1.4 実施スケジュール	77
1.5 実施体制	78
1.6 用語の定義	78
2. システム要件	80
2.1 業務機能要件	80
2.1.1 システム形態の方式検討	80
2.1.2 システム機能	82

2.2 画面の機能要件	89
2.2.1 デジタル道路地図上の信号予定情報表示（稼働情報表示）	89
2.2.2 デジタル道路地図上の信号予定情報表示（リアルタイム情報表示）	89
2.2.3 管理情報照会（接続装置状態情報表示）	89
2.2.4 信号予定情報照会（信号予定情報稼働情報表示）	89
2.2.5 信号予定情報照会（信号予定情報 詳細履歴データ表示）	90
2.2.6 信号予定情報照会（信号予定情報の受信・稼働履歴表示）	90
2.2.7 信号予定情報照会（信号予定情報の配信・稼働履歴表示）	90
2.2.8 信号予定情報表示（リアルタイム表示）	90
2.2.9 信号予定情報停止介入及び状況表示	90
2.3 帳票等に関する要件	92
2.3.1 信号予定情報 詳細履歴データ抽出	92
2.3.2 信号予定情報 受信・稼働履歴抽出	92
2.3.3 信号予定情報 配信・稼働履歴抽出	92
2.4 情報・データ・規模に関する要件	92
2.5 外部インタフェースに関する要件	93
2.6 性能指標に関する要件	94
2.7 情報セキュリティに関する要件	94
2.7.1 共通的事項	94
2.7.2 実運用時の留意事項	96
2.8 その他非機能要件	97
2.8.1 可用性（共通事項）	97
2.8.2 可用性（実運用時の留意事項）	97
2.8.3 継続性（共通事項）	97
2.8.4 継続性（実運用時の留意事項）	97
2.8.5 拡張性（共通事項）	98
2.8.6 拡張性（実運用時の留意事項）	98
2.8.7 中立性（共通事項）	98
2.8.8 中立性（実運用時の留意事項）	98
2.8.9 運用・保守性（共通事項）	98
2.8.10 運用・保守性（実運用時の留意事項）	98
3. システムの稼働環境の要件	99
3.1 全体構成	99
3.2 ハードウェア構成	99
3.2.1 ハードウェア機能	99
3.3 ソフトウェア構成	107
3.4 ネットワーク構成	119

4. 結言	121
5. 付録	122
5.1 機能関連図	122
5.2 信号情報集約装置負荷検証環境と結果考察	123
5.2.1 通信負荷およびデータベース書き込み評価	123
5.2.2 考察	124

## まえがき

本研究開発は、「戦略的イノベーション創造プログラム（S I P）第2期 自動運転（システムとサービスの拡張）」のうち、「クラウド等を活用した信号情報提供に係る研究開発」において、2019年度に実施された「I T S 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」の成果を踏まえ、管制方式を軸として、対応が困難な交差点へは集中方式及び制御機方式により補完する都道府県警察モデルシステムを構築し、自動運転に向けた信号情報提供の検証を行うとともに、来年度以降に構築を予定している警察庁に信号情報を集約するシステムの仕様書案の検討・作成を実施したものである。

# 第1章 総括



## 1. 要約

### (1) 和文要約

本研究開発では、クラウド等を活用した信号情報の提供の実現に向けて研究開発を実施した。

具体的には、2019年度の調査において工場内で検証された、適用可能性が高い信号提供手法である、管制方式、集中方式及び制御機方式の3方式について、埼玉県下にモデルシステムを構築し、精度、遅延等について技術検証を行い、所要の仕様書その他技術文書を策定するとともに、警察庁に整備される信号情報集約システムの機能要件、技術要件を検討し仕様書としてまとめた。また、現状の交通管制の状況との調和を図るため、感応制御をはじめとする信号情報提供のハードルとなる信号制御が存在する場合でも、信号情報提供が円滑に実施される方策を案出した。なお、検証方法や機能要件の検討などにあたっては、自動車メーカー、インフラメーカーおよび通信キャリアなどの有識者からなる委員会を立ち上げ、モデルシステムでの実証実験は、モデルシステム委員会(第1回:2020年9月1日~第7回:2021年2月19日)、信号情報集約システムについては、集約システム委員会(第1回:2020年8月28日~第4回:2021年2月17日)にて審議を行った。

主な結果は次の通りである。

管制方式については時刻精度を向上させた場合の検証をおこなうものの、1秒を超える認識誤差が生じた。集中方式では感応などの場合を除き±300msec以内の認識誤差を実現した。制御機方式も信号パターン変更時間帯を除き±300msecを実現した。

2019年度の自工会等の要望を踏まえ、感応秒数や灯色順序等に関しては、自動運転車両が判断できる程度の時間猶予を確保し事前に決定する制御方法の検証を交通流シミュレーターを用いて実施した。また、管制方式、集中方式では、データが経由する機器の処理周期の見直し等の課題に対して改善を行い、通信遅延時間の短縮を図った。

成果としては以下の4点があげられる。

- ・各都道府県向けモデルシステム及び信号情報集約システムの仕様書案を作成した。
- ・感応制御交差点、リコール制御交差点等に対し、交通流への影響を抑えて、信号情報提供を行うための信号制御手法のガイドライン案を作成した。
- ・信号予定情報を活用するための定義情報(地図との対応)の設計と運用方法を検討した。
- ・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。

## (2) 英文要約

This research and development was conducted to realize the provision of signal control using the cloud and other technologies.

Specifically, a model system was constructed in Saitama Prefecture for three highly applicable signal provision methods, namely the control center method, the centralized method, and the controller method, which were verified in the factory in the FY2019 survey.

The technical verification of accuracy, delay, etc. was conducted, and the necessary specifications and other technical documents was formulated. In addition, the functional and technical requirements for the signal information aggregation system to be developed in the National Police Agency were studied and summarized in a specification document. In addition, in order to harmonize the system with the current traffic control situation, we proposed measures to ensure the smooth implementation of signal information provision even when there are signal information that pose a hurdle to the provision of signal information, such as the spot sensitivity control.

In order to examine the verification method and functional requirements of the model system, the Model System Committee (1st meeting: September 1, 2020 - 7th meeting: February 19, 2021) was established and deliberated by experts from automobile manufacturers, infrastructure manufacturers, and communication carriers. As for the signal information aggregation system, the aggregation system committee (1st meeting: August 28, 2020 - 4th meeting: February 17, 2021), consisting of experts from infrastructure manufacturers and companies with expertise in system construction, was established to deliberate on the issue.

The main results are as follows.

For the control center system, the verification of the case where the time accuracy was improved was conducted, but an error of more than one second was found. For the centralized system, an error of less than  $\pm 300$  msec was achieved except in the case of the spot sensitivity control. The controller method also achieved an error of  $\pm 300$  msec, except during signal pattern change periods.

Based on requests from the JAMA and other organizations in FY2019, a traffic flow simulator was used to verify a control method that allows enough time for the automated vehicle to make decisions about the number of seconds to respond and the order of light colors, etc., and to make decisions in advance. In addition, for the control and centralized systems, improvements were made to address issues such as reviewing the processing cycle of devices through which data is transmitted, and communication delay times were reduced.

The following four points were achieved.

- A draft specification of the model system and signal information aggregation system for prefectures was prepared.
- Proposed guidelines for signal control methods to provide signal information at the spot sensitivity controlled intersections and recall controlled intersections with minimal impact on traffic flow.
- The design and operation method of the definition information (correspondence with maps) to utilize the signal schedule information was studied.
- We conducted an overload test of the signal information aggregation system and obtained basic figures for future design.

## 2. 実施体制

5つのテーマに分類し、研究開発を実施した。

表 2-1 テーマと担当について

	テーマ	担当
テーマ1	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	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	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	提供手法案「制御機方式」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	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

## 第2章 県警モデルシステムの検討

## 1. はじめに

### 1.1 研究開発の目的

戦略的イノベーション創造プログラム（S I P）第2期では、自動運転を実用化するための多岐に渡る技術的課題を克服するため、協調領域として自動運転車両が走行可能な環境の整備及び安全性確保に必要な基盤技術開発に重点を置き開発を進めている。また、走行環境の整備等の検討の中で、自動運転に必要な道路交通情報のフォーマットや通信要件を決め、それらの標準化を目指している。





本研究開発では、2019年度に実施した、「戦略的イノベーション創造プログラム（S I P）第2期／自動運転（システムとサービスの拡張）／I T S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」（以下「2019年度施策」という。）の検討結果を踏まえ、管制方式を軸として、補完的に集中方式及び制御機方式の都道府県警察モデルシステムを構築し、自動運転に向けた信号情報提供の検証を行う。具体的には、下記5項目を実施する。

- ① 県警モデルシステムの構築
- ② 県警モデルシステムによる信号情報の検証
- ③ 信号制御手法の変更による信号情報等の検証
- ④ 県警モデルシステム仕様書案の見直し
- ⑤ 信号情報提供に必要なとなる信号制御手法ガイドライン案の作成

## 1.2 本年度研究開発の位置づけ

S I P 第2期研究開発計画のテーマの一つである自動運転（システムとサービスの拡張）の実用化に向けて、信号情報の提供手法についてモデルシステムによる検証を通じて検討するものであり、本研究開発は、その3か年目にあたる。

表 1-1 研究開発の全体計画

<p>2018年度 (実施済)</p>	<p>事例調査及び実現可能性が高い手法の課題検討</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 信号情報の提供を可能とする路車間通信以外の手法の事例調査</li> <li>・ 路車間通信以外の信号情報提供手法の整理</li> <li>・ 実現可能性等が高い手法の実現に向けた課題への対応策の検討</li> </ul>
<p>2019年度 (実施済)</p>	<p>模擬システムによる検証及びモデルシステムの仕様書案作成</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 信号情報提供手法に対する機能・技術要件の詳細化</li> <li>・ 4つの信号提供手法案の模擬システムによる検証</li> <li>・ 2020年度事業において構築するモデルシステムの仕様書案の作成</li> </ul>
<p>2020年度 (今年度)</p>	<p>単一都道府県でのモデルシステム実証及び信号情報集約システムの仕様検討</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 単一都道府県警察での信号情報提供モデルシステムの整備・検証</li> <li>・ 警察庁信号情報集約モデルシステム※仕様の検討</li> </ul> <p>※交通管制センタや交通信号制御機から送信される信号情報を集約するシステムのこと。警察庁の広域交通管制システムの活用を検討している。</p>
<p>2021年度 (予定)</p>	<p>社会実装に向けた信号情報センタの在り方の検討</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 信号情報センタの要件の検討</li> <li>・ 他の情報との連携・統合に関する検討</li> </ul>
<p>2022年度 (予定)</p>	<p>都道府県警察システム、警察庁信号情報集約システムの構築及び検証</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 都道府県警察での信号情報提供システムの構築・効果検証</li> <li>・ 警察庁信号情報集約システムの構築・効果検証</li> </ul>

### 1.3 研究開発の概要

#### 1.3.1 県警モデルシステムの構築

2019年度施策の成果である、「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モデル事業仕様書」に基づき、埼玉県下にモデルシステムを構築する。

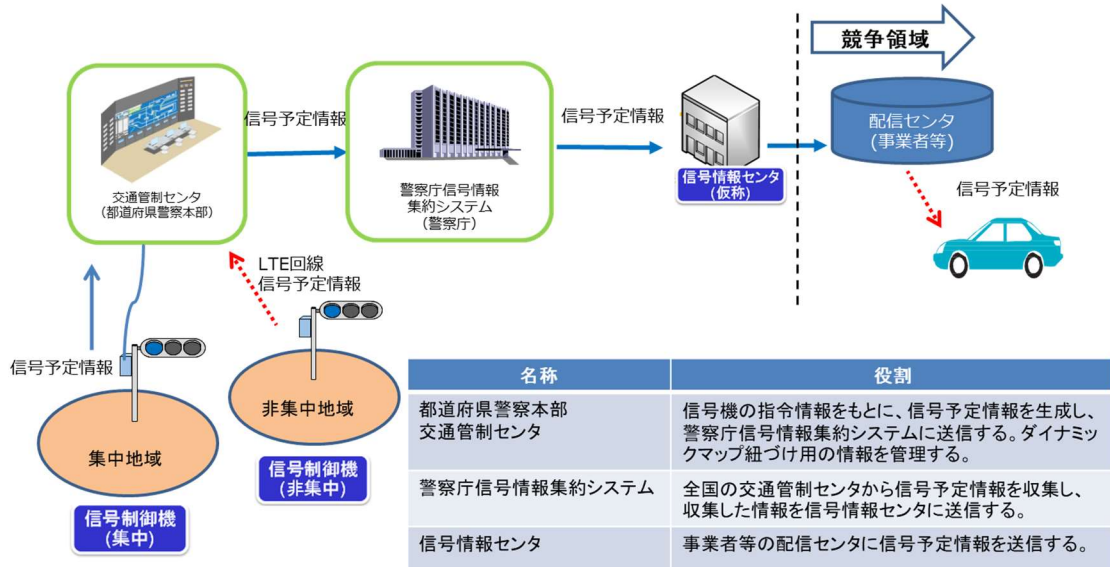


図 1-1 システム構成図

#### 1.3.2 県警モデルシステムによる信号情報の検証

「管制方式」、「集中方式」、「制御機方式」の3種類の提供手法について、自動運転に必要な信号予定情報提供の要件を満たすことができるかの検証を、他方式との比較のための共通の検証項目を設定し実施する。検証項目の設定については、2019年度施策の報告書において、今後の課題とした課題の解決状況を確認するための検証、及び実用化にあたって必要な項目を設定する。

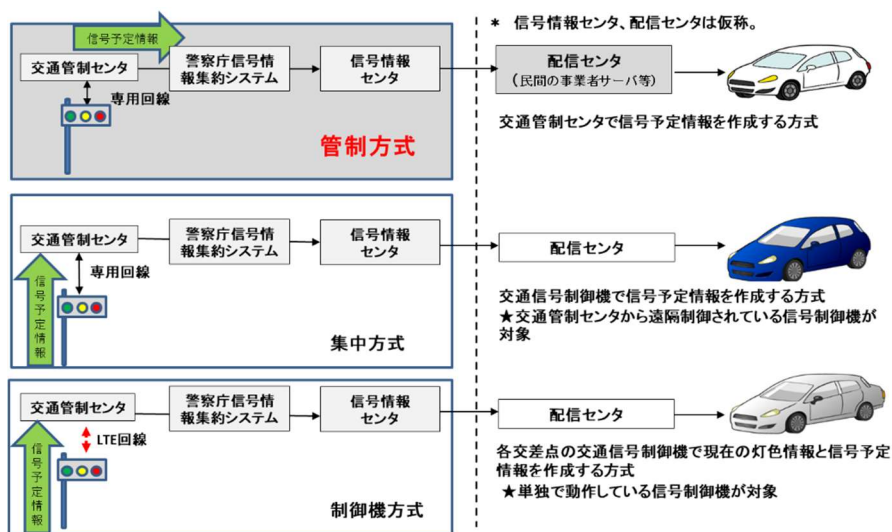


図 1-2 提供手法



### 1.3.3 信号制御手法の変更による信号情報等の検証

一般社団法人日本自動車工業会（以降、自工会とする）からの要望事項の中に、ギャップ感応制御等で階梯秒数が変化する場合であっても、灯色切り替わりの  $\Delta t$  秒前には確定秒数を提供して欲しいとの要望がある。そこで感応階梯の次に同灯色の固定階梯を追加するように信号制御方式の見直しを行い、交通流に与える影響及び課題を、机上検討により検証する。

### 1.3.4 県警モデルシステム仕様書案の見直し

1.3.2 の検証を通じて得られた知見を基に、2019年度施策の成果である、「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モデル事業仕様書」に対して必要な修正を行い、県警モデルシステム仕様書（案）を作成する。

### 1.3.5 信号情報提供に必要な信号制御手法ガイドライン案の作成

1.3.3 の検討結果を踏まえ、信号制御手法ガイドライン案を作成する。

#### 1.4 研究開発体制

警察庁、信号機等のインフラメーカー、車両メーカー、電気通信事業者等の参画を得た委員会(以下「委員会」)を一般社団法人UTMS協会(以下「協会」)内に設置し、委員からの提案、ヒアリング等を通じて研究開発を行った。

表 1-2 研究開発委員会

インフラメーカー	住友電気工業株式会社 オムロンソーシアルソリューションズ株式会社 株式会社京三製作所 コイト電工株式会社 日本信号株式会社 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
車両メーカー等	トヨタ自動車株式会社 日産自動車 本田技研工業株式会社 株式会社デンソー 一般社団法人日本自動車工業会 京セラ株式会社 日本電気株式会社
電気通信／ サービス事業者	BOLDLY株式会社 KDDI株式会社 株式会社NTTドコモ 株式会社Mobility Technologies
行政機関 業界団体	一般社団法人UTMS協会 警察庁交通局 公益財団法人日本道路交通情報センター

## 2. 実証実験

### 2.1 管制方式

#### 2.1.1 概要

管制方式は、交通管制センタに接続されている交差点を対象として、管制センタで信号予定情報を生成する方式である。埼玉県交通管制センタに接続されている全ての交差点を対象として、自動運転に必要となる信号情報提供の要件を満たすことができるかの検証を行う。

#### 2.1.2 実験内容

##### (1) システム構成

管制方式の県警モデルシステム構成を下図に示す。

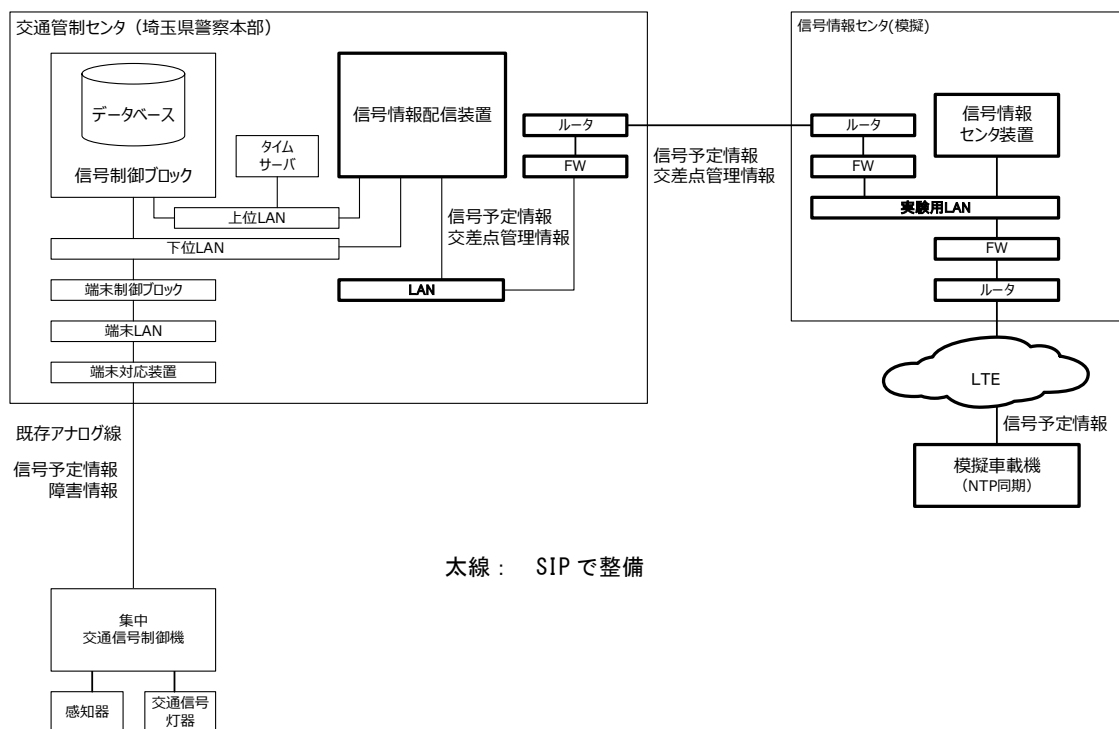


図 2-1 管制方式システム構成

(2) 機器仕様

信号情報配信装置及び信号情報センタの機器仕様を以下に示す。

表 2-1 信号情報配信装置機器仕様

項番	項目	内容
1	処理部	Xeon Silver 4208 2.1GHz 1P8C 16GB メモリ ホットプラグ 8SFF(2.5 型) P408i-a/2GB 500W 電源 366FLR NC GS モデル
2	ハードディスク	300GB 15krpm SC 2.5 型 12G SAS DS ハードディスクドライブ
3	OS	Red Hat Enterprise Linux Server; Standard (1-2 sockets) (Up to 1 guest) 1Y

表 2-2 信号情報センタ機器仕様

項番	項目	内容
1	処理部	Xeon Silver 4208 2.1GHz 1P8C 16GB メモリ ホットプラグ 8SFF(2.5 型) P408i-a/2GB 500W 電源 366FLR NC GS モデル
2	ハードディスク	300GB 15krpm SC 2.5 型 12G SAS DS ハードディスクドライブ
3	OS	Windows Server 2019 Standard 16 コアライセンス ROK

(3) ネットワーク構成

ネットワーク構成を下図に示す。

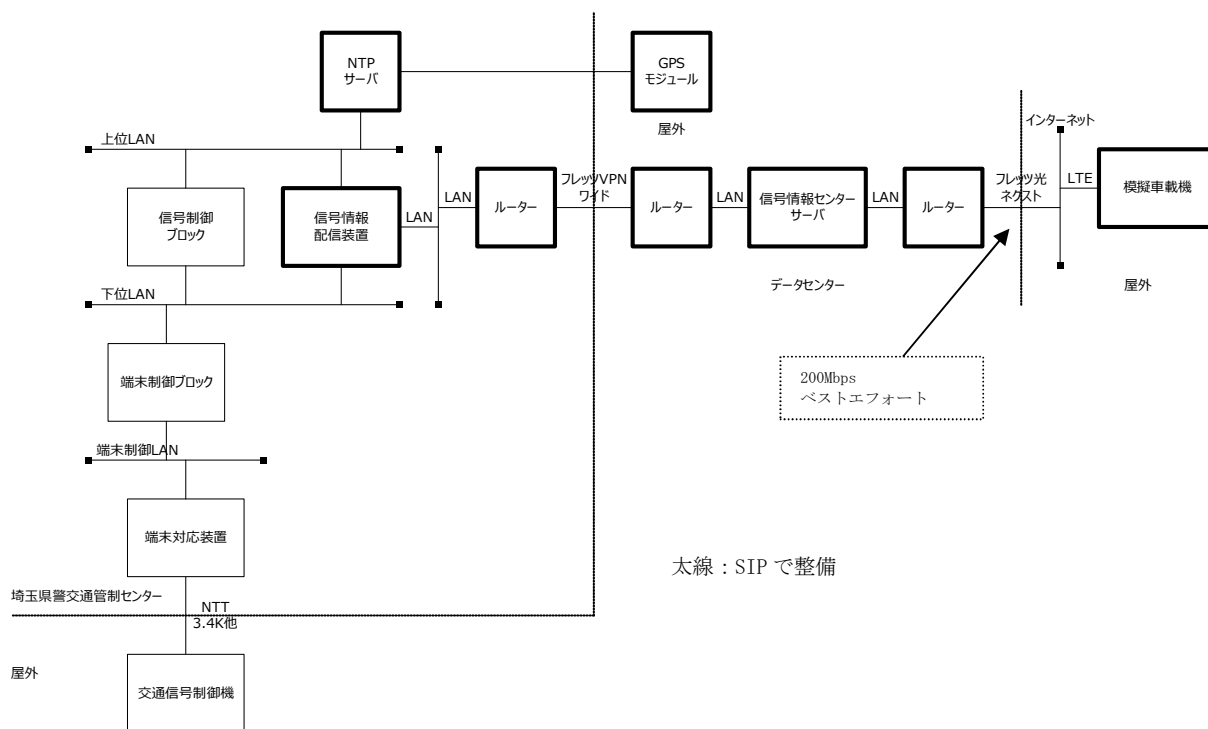


図 2-2 管制方式ネットワーク構成

(4) 検証項目

検証項目を表 2-3 に示す。

表 2-3 管制方式検証項目

No	検証項目	検証内容
1	時刻精度	各装置の時刻精度を検証する。
2	認識誤差	信号予定情報の認識誤差を検証する。
3	遅延時間	信号予定情報の遅延時間を検証する。
4	システム構成確認 <sup>(注1)</sup>	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 <sup>(注1)</sup>	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と実行情報のずれについて検証する。
6	障害通知機能確認 <sup>(注1)</sup>	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、交通管制センタ障害情報及び交差点異常情報を追加し、信号情報センタ装置で正しく受信できることを検証する。
7	連続提供確認	複数の集中交差点で連続的に自動運転用の信号情報を正しく提供できることを確認する。

注<sup>(1)</sup> 昨年度の報告書において、今後の課題とした項目。

(5) 時刻精度検証方法

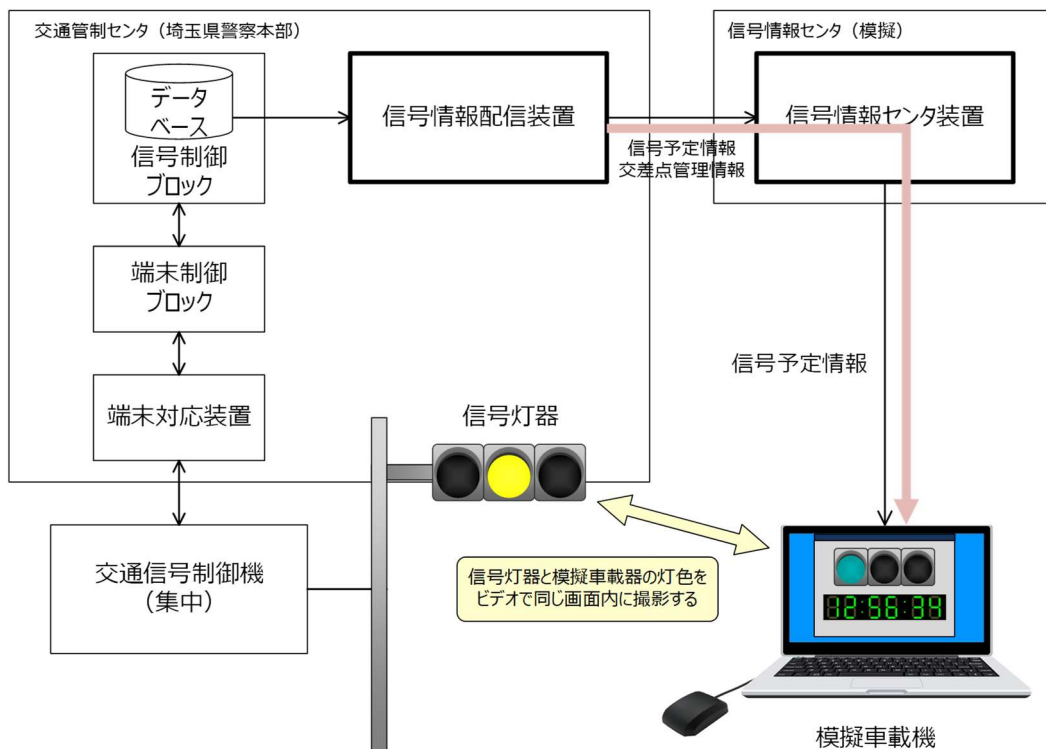
時刻精度検証では、信号予定情報を生成しているモデル事業用交通信号制御機が計時している時刻情報の精度を検証する。モデル事業用交通信号制御機の時刻精度の検証は、交通信号制御機の時計とNTP同期を行っているPCの時計を同時にビデオカメラで撮影して、時刻の切り替わりタイミングをフレーム数の差異から計測して検証する。信号情報配信装置、信号情報センタ装置について、埼玉管制センタタイムサーバとの時刻のズレをログに記録して検証する。時刻同期は埼玉管制センタタイムサーバ→信号情報配信装置→信号情報センタ装置の順でNTPにより同期を行う。

表 2-4 各装置の時刻同期方式

時刻同期方式	同期元	装置名称
NTPによる時刻同期	タイムサーバ（電波時計同期） ※埼玉交通管制センタ内	信号制御ブロック
		端末制御ブロック
		DB（信号制御ブロック）
		信号情報配信装置
	信号情報センタ装置	模擬車載機
時刻修正指令による時刻同期	端末制御ブロックからの時刻修正指令	端末対応装置
GPSによる時刻同期	GPSモジュール	交通信号制御機

(6) 認識誤差計測方法

信号予定情報精度検証では、模擬車載機で表示される信号予定情報の各灯色と、実際の灯器で表示される灯色をビデオで撮影して、その切り替わりタイミングをフレーム数の差異から計測して検証する。



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

図 2-3 信号予定情報提供の精度検証の構成

(a) 対象交差点

選定した3地点で計測を行う。対象交差点を表 3-2 に示す。

表 2-5 対象交差点一覧

県警管理番号	伝送方式	ギャップ	備考
23-213	UD伝送	○	
27-212	UD伝送		
27-211	UD伝送		

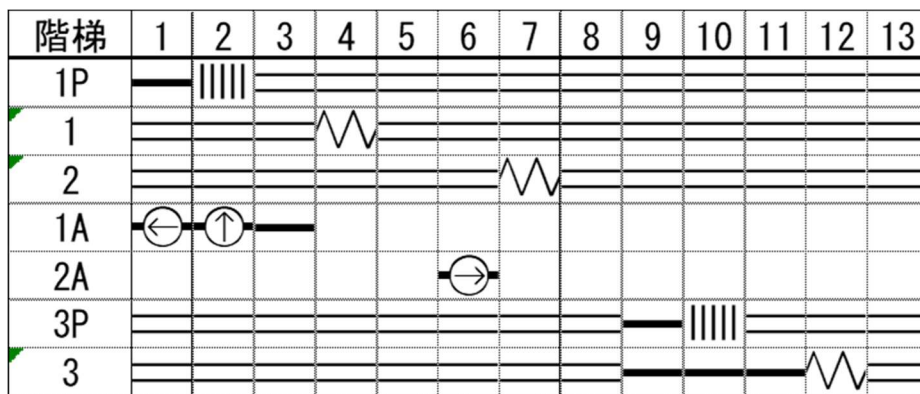


図 2-4 現示階段図 (23-213)

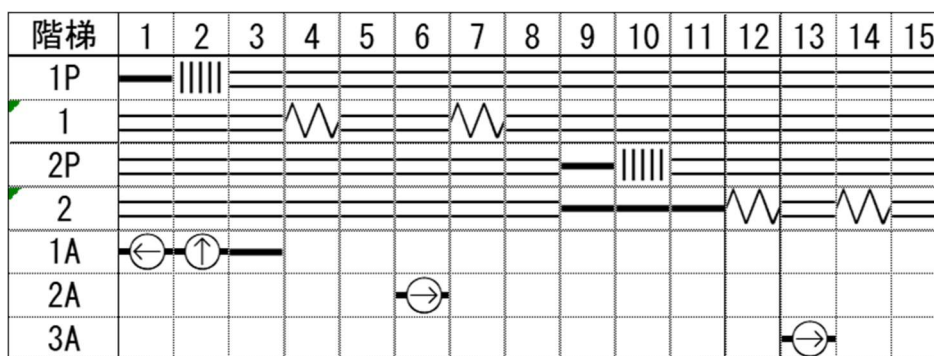


図 2-5 現示階段図 (27-212)

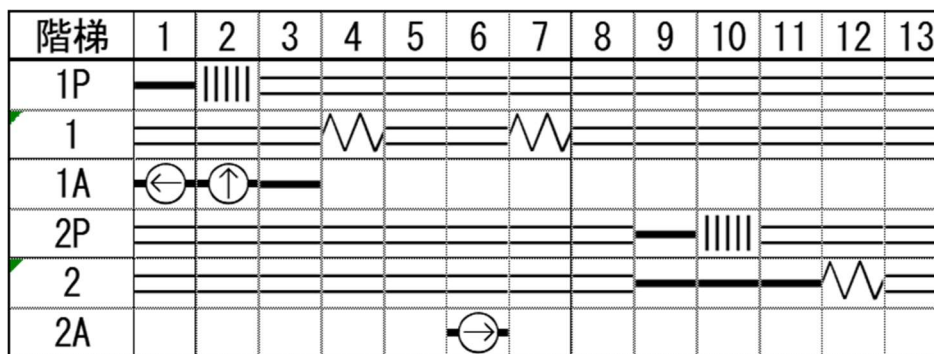


図 2-6 現示階段図 (27-211)

(b) 計測方法

映像のフレーム数（1フレーム≒1/60 秒）で比較することで得られる信号灯器と模擬車載機の切り替わりタイミングのずれを認識誤差とし、認識誤差の最小値、最大値、平均値、標準偏差を算出する。

(c) 計測条件

同一条件で 30 回以上計測する。



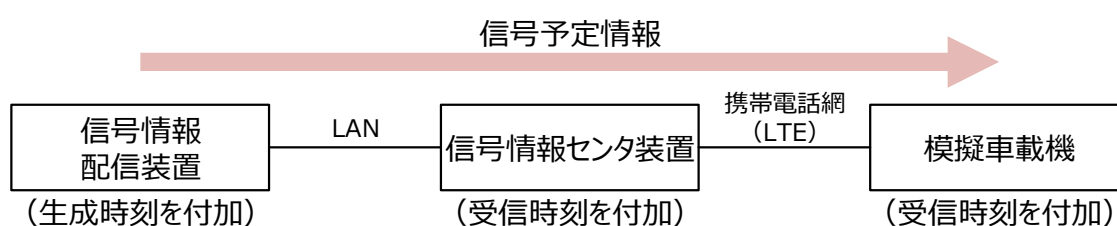
## (7) 遅延時間計測方法

遅延時間は、信号情報配信装置での信号予定情報の生成時刻と（信号情報センタ装置、模擬車載機）での信号予定情報の受信時刻を比較して算出する。各時刻はそれぞれの装置の内部時計を用いて記録されるため、検証時には時刻精度検証も同時に行い、時刻誤差が相対的に大きく無視できない場合は、時刻誤差を加味して遅延を算出する。

### (a) 計測方法

信号予定情報を算出する信号情報配信装置で、信号予定情報内にデータ作成時刻を付加する。信号情報センタ装置、模擬車載機で、信号予定情報を受信したタイミングで受信時刻を付加する。遅延時間は、各装置の受信時刻とデータ作成時刻の差分とする。

図 2-7 に計測方法の概念図を示す。



※ 遅延時間 = 受信時刻（各装置） - 生成時刻

図 2-7 遅延時間の計測方法

### (b) 計測時間

計測は 24 時間で行い、時間帯毎に最小値、最大値、平均値、標準偏差を算出する。

### (c) 計測区間

計測区間は以下について計測する。

信号情報配信装置 - 信号情報センタ装置

### (d) パタン 1

端末制御ブロックが現行のタイミング（30 秒ごとの定時処理）で取り込んだ実行情報をもとに信号予定情報を生成した場合について、遅延時間の計測を行う。

(e) パタン2

信号予定情報の入力情報となる端末からの実行情報を、可能な限りリアルタイムに取り込めるよう端末制御ブロックを改良した場合について、遅延時間の計測を行う。信号予定情報の生成の仕組みについての詳細を以下に示す。

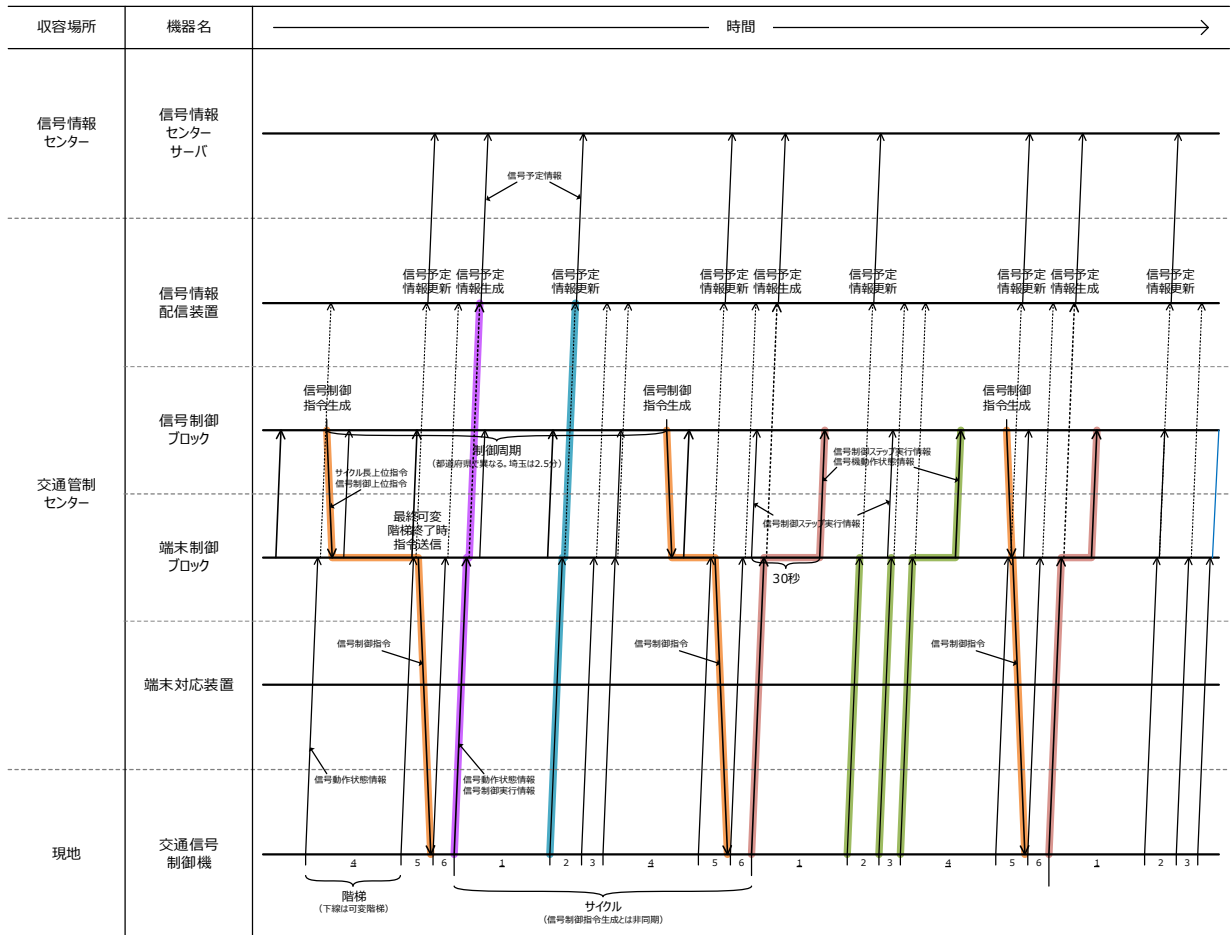







図 2-8 管制方式における情報生成のタイミングと流れ

表 2-6 各通信に係る処理の概要

通信内容	各通信に係る処理の概要
<p>信号制御指令の流れ</p> 	<p>① 信号制御ブロックにて、処理間隔（埼玉県警の場合 2.5 分）毎に、新しい指令（サイクル長・スプリット・オフセット）が生成され、端末制御ブロックに「サイクル長上位指令」、「信号制御上位指令」として送信される。</p> <p>② 端末制御ブロックでは、端末からの信号動作状態情報の現在階段を参照し、最終可変階段が終了したら（次の階段になったら）、新しい指令を「信号制御指令 1」もしくは「信号制御指令 2」として交通信号制御機に送信する。</p> <p>③ 交通信号制御機は、サイクル開始時に受信している最新の有効な</p>

	<p>指令を元に、当該サイクルの秒数を決定する。(感応等を実施している場合は、この時点では、階段の秒数は最大値・最小値しか決定しない。)</p>
<p>信号動作状態情報の流れ (従来)</p> 	<p>① UD伝送の場合は階段番号変化時等に、U伝送の場合は1秒毎に、交通信号制御機(TTR)から信号機の状態を「信号動作状態情報」として端末制御ブロックに送信する。この情報には階段番号が含まれる。</p> <p>② 端末制御ブロックでは、1分毎に、各信号機から送られてきた「信号動作状態情報」を、信号制御ブロックに「信号機動作状態情報」として送信する。最新の階段が送信されるため、1分以内に複数の階段を進んだ場合、送信される現在階段は番号が飛ぶことになる。</p>
<p>信号制御実行情報の流れ (従来)</p> 	<p>① サイクル終了時、終了したサイクルの実行内容を、交通信号制御機から「信号制御実行情報」として端末制御ブロックに送信する。この情報には、サイクル開始時刻と各階段の実行秒数が含まれる。</p> <p>② 端末制御ブロックでは、30秒毎に、30秒間にサイクルが終了した交差点の「信号制御実行情報」を、「信号制御ステップ実行情報」として、まとめて送信する。</p>
<p>信号動作状態情報の流れ (今年度の実験)</p> 	<p>① UD伝送の場合は階段番号変化時等に、U伝送の場合は1秒毎に、交通信号制御機(TTR)から信号機の状態を「信号動作状態情報」として端末制御ブロックに送信する。この情報には階段番号が含まれる。(従来と同じ)</p> <p>② 端末制御ブロックでは、各信号機から階段番号変化時等に送信されてくる「信号動作状態情報」を受信する度に、信号情報配信装置に転送する。</p>
<p>信号制御実行情報の流れ (今年度の実験)</p> 	<p>① サイクル終了時、終了したサイクルの実行内容を、交通信号制御機から「信号制御実行情報」として端末制御ブロックに送信する。この情報には、サイクル開始時刻と各階段の実行秒数が含まれる。(従来と同じ)</p> <p>② 端末制御ブロックでは、各信号機からサイクル終了時に送信されてくる「信号制御実行情報」を受信する度に、信号情報配信装置に転送する。</p>

【信号制御実行情報の受信時(サイクル開始時)の信号予定情報生成】

- ① 信号制御実行情報に含まれる「サイクル開始時刻」と「各階段の実行秒数」から、前回サイクルの最終可変階段終了時刻、今回サイクルの開始時刻を算出する。
- ② 前回サイクルの最終可変階段終了時刻から、今回サイクルに適用される信号制御指令を特

定する。

- ③ 今回サイクル開始時刻を基準に、今回サイクル～次回サイクルまでの各階段の秒数を算出する。可変階段で感応動作が実施される場合は、当該階段については最小値・最大値を算出する。
- ④ 2サイクル分の信号予定情報を信号配信センタに送信する。

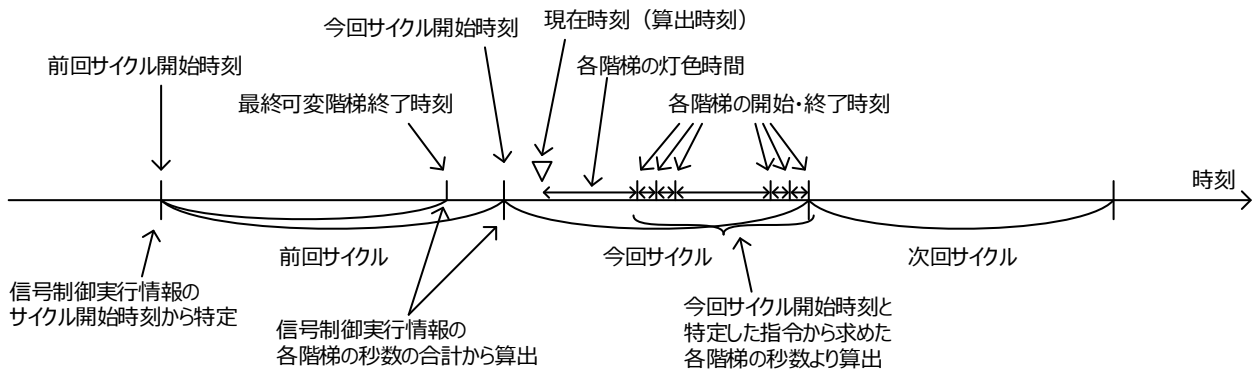


図 2-9 サイクル開始時の時刻算出の考え方

【信号動作状態情報の受信時（階段番号変化時）の信号予定情報生成（更新）】

- ① 信号情報配信装置で、元の階段が可変階段であって、階段番号が変化した信号動作状態情報を受信した場合、信号予定情報を作成する。
- ② 現在時刻を算出時刻、新しい階段の灯色を現在灯色として、その後の灯色時間を再計算する。
- ③ 再計算した内容を信号予定情報として信号情報センタに送信する。

(8) システム構成確認

交通管制センタと信号情報センタ(模擬)間はファイアウォールを設けることで、セキュリティに配慮したシステム構成とする。この構成にて、信号情報配信装置で生成された信号予定情報が交通管制センタを経由して、模擬車載機まで提供できることを確認する。

(9) 時限表切り替わり確認

モデル事業用交通信号制御機の時限表の切り替わり前後における、階段の秒数が変化する信号予定情報の提供について、模擬車載機で表示される灯色と、実際の灯器で表示される灯色のズレを検証する。

(10) 障害通知機能確認

何等かの原因により信号情報提供に異常が発生した際に、保守・運用者に障害が発生したことを通知することを確認する。

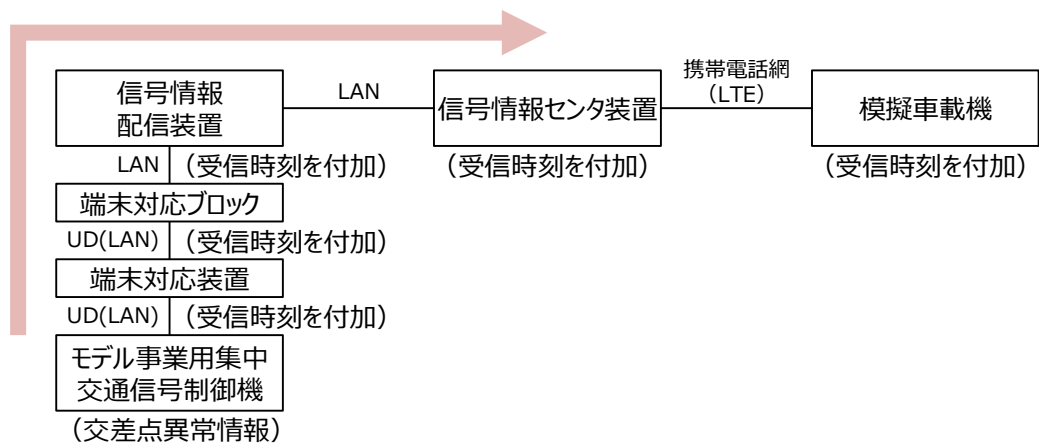


図 2-10 障害通知機能

(11) 連続提供確認

自動運転車両の走行に合わせて、連続する複数の集中交差点の信号予定情報を提供できるか確認するために、模擬車載機から複数の集中交差点を連続的に要求して、要求した全交差点の信号予定情報が受信できることを確認する。

表 2-7 計測地点一覧

	住所	県警 管理番号	ギャップ	リコール
①	さいたま市緑区下野田	38-108		
②	さいたま市緑区大門	38-107	○	○
③	さいたま市岩槻区釣上新田	23-213	○	
④	さいたま市岩槻区釣上新田	27-212		
⑤	さいたま市岩槻区釣上	27-211		
⑥	さいたま市岩槻区釣上	27-210		
⑦	越谷市北後谷	29-299		
⑧	越谷市南荻島	29-298	○	
⑨	越谷市南荻島	29-297	○	



出典： Google

図 2-11 計測地点

### 2.1.3 検証結果

#### (1) 時刻精度検証

##### (a) 信号情報配信装置

時刻ずれ 0 msec

##### (b) 信号情報センタ

時刻ずれ 0 msec～1 msec

##### (c) 模擬車載機

時刻ずれ 20msec～30msec

##### (d) 交通信号制御機

G P S 実装後、時刻ずれは±30msec 程度となっていることを確認した。計測例を表 2-8 に示す。

表 2-8 GPS による時刻精度向上後の時刻誤差

県警管理 番号	方式	P C	交通信号制御機	時刻差
27-213	集中方式	2021/1/29 18:22:13:031	2021/1/29 18:22:13:000	-0.031
27-212	集中方式	2021/1/29 18:22:35:983	2021/1/29 18:22:36:000	+0.017

(2) 認識誤差計測

① 23-213

表 2-9 信号予定情報の精度結果 (23-213)

	日時	個数	最大値	最小値	平均値	標準偏差
時刻精度向上無	2/2 15 時台	91	-2,780	-759	-1,709	504
時刻精度向上有	1/29 11 時台	50	-1,864	-101	-665	384

単位：ミリ秒

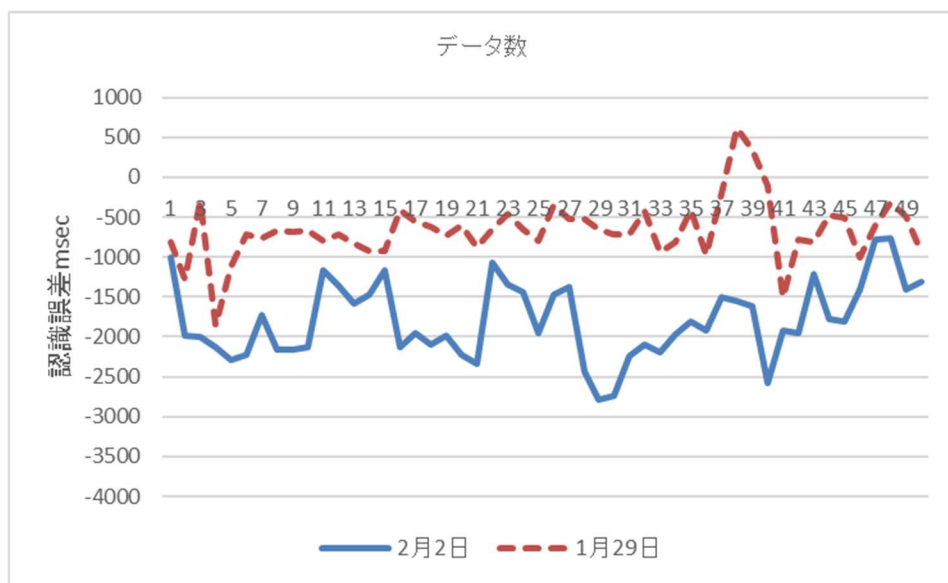


図 2-12 信号予定情報の精度結果 (23-213)

② 23-212

表 2-10 信号予定情報の精度結果 (23-212)

	日時	個数	最大値	最小値	平均値	標準偏差
時刻精度向上無	2/2 12 時台	149	-3,516	-666	-2,380	647
時刻精度向上有	1/31 12 時台	74	-1,710	-69	-569	351

単位：ミリ秒

③ 23-211

表 2-11 信号予定情報の精度結果 (23-211)

	日時	個数	最大値	最小値	平均値	標準偏差
時刻精度向上無	2/2 16 時台	84	-3,073	-43	-2,066	645
時刻精度向上有	1/29 13 時台	84	-2,191	-244	-1,366	631

単位：ミリ秒

(3) 遅延時間の計測

① パタン1 (現行の受信タイミング)

日付 : 2021年1月25日(月)

対象端末 : 2,643交差点

対象装置 : 信号情報配信装置—信号情報センタ

表 2-12 遅延時間 (パタン1)

時間	データ数	最小値	最大値	平均値	標準偏差
0時台	115,341	10	4,890	942	766
1時台	113,111	10	4,000	887	698
2時台	114,123	10	4,020	888	692
3時台	116,214	10	4,050	903	699
4時台	114,715	10	3,950	914	711
5時台	115,149	10	4,040	866	690
6時台	115,016	10	4,080	892	707
7時台	115,417	10	4,110	883	703
8時台	115,157	10	4,090	884	710
9時台	115,013	10	4,070	859	690
10時台	109,814	10	3,990	834	680
11時台	115,139	0	4,400	895	774
12時台	113,181	0	4,340	870	763
13時台	115,409	0	4,400	874	766
14時台	114,618	0	4,390	870	764
15時台	114,322	0	4,520	886	776
16時台	114,528	0	4,380	895	774
17時台	112,251	0	4,430	899	785
18時台	113,771	0	4,460	893	773
19時台	114,023	0	4,410	869	761
20時台	114,305	0	4,370	879	768
21時台	112,943	0	4,420	881	774
22時台	113,888	0	4,430	859	775
23時台	113,894	0	4,540	853	756

単位 : ミリ秒



② パタン2 (改良後の受信タイミング)

日付 : 2021年1月25日 (月)

対象端末 : 40 端末

対象装置 : 信号情報配信装置—信号情報センタ

表 2-13 遅延時間 (パタン2)

時間	データ数	最小値	最大値	平均値	標準偏差
0 時台	4,294	10	220	90	37
1 時台	4,404	10	190	91	36
2 時台	4,370	10	180	92	38
3 時台	4,408	10	190	91	35
4 時台	4,293	10	190	86	34
5 時台	4,522	10	200	88	36
6 時台	4,474	10	210	92	35
7 時台	4,563	10	190	88	37
8 時台	4,563	10	180	87	37
9 時台	4,769	10	180	89	38
10 時台	5,564	10	1,480	83	55
11 時台	7,364	0	1,030	79	64
12 時台	7,507	0	1,080	79	74
13 時台	7,528	0	1,120	74	60
14 時台	7,291	0	1,020	74	57
15 時台	7,092	0	1,130	76	69
16 時台	7,082	0	1,070	77	71
17 時台	7,110	0	1,070	79	72
18 時台	6,967	0	1,190	77	67
19 時台	7,493	0	990	78	76
20 時台	7,953	0	1,010	74	67
21 時台	8,148	0	1,010	73	56
22 時台	8,435	0	980	75	56
23 時台	8,454	0	920	76	62

単位 : ミリ秒

(4) システム構成確認

図 2-1 及び図 2-2 の構成において、正常に信号情報が提供されることを確認した。

(5) 時限表切り替わり確認

認識誤差の確認を行ったタイミングでは、大きな時限表の切り替わりは発生しなかったため、交通管制センタの制御実行履歴と生成した信号予定情報が合っているかについて、確認を行った。

日時： 2021年1月25日（月）

対象端末： 管理 No 34-150

表 2-14 制御実行履歴

サイクル開始時間	サイクル長	主道路青時間	主道路黄開始時間
19:48:05	120 秒	75 秒	19 時 49 分 20 秒
19:49:35	94 秒	55 秒	19 時 50 分 30 秒

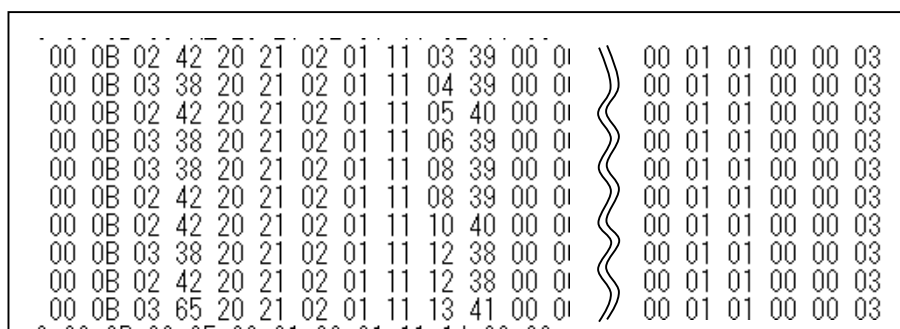
上記の制御実行履歴に対し、サイクル長が 120 秒から 94 秒へ変化した場合の信号予定情報は以下であった。

表 2-15 サイクル長変化時の信号予定情報

	開始時刻	秒数
主道路青	19:49:34:27	55 秒
主道路黄	19:50:30:14	4 秒

(6) 障害通知機能確認

障害を検出し、障害情報を通知することを確認した。



```
00 0B 02 42 20 21 02 01 11 03 39 00 01 00 01 01 00 00 03
00 0B 03 38 20 21 02 01 11 04 39 00 01 00 01 01 00 00 03
00 0B 02 42 20 21 02 01 11 05 40 00 01 00 01 01 00 00 03
00 0B 03 38 20 21 02 01 11 06 39 00 01 00 01 01 00 00 03
00 0B 03 38 20 21 02 01 11 08 39 00 01 00 01 01 00 00 03
00 0B 02 42 20 21 02 01 11 08 39 00 01 00 01 01 00 00 03
00 0B 02 42 20 21 02 01 11 10 40 00 01 00 01 01 00 00 03
00 0B 03 38 20 21 02 01 11 12 38 00 01 00 01 01 00 00 03
00 0B 02 42 20 21 02 01 11 12 38 00 01 00 01 01 00 00 03
00 0B 03 65 20 21 02 01 11 13 41 00 01 00 01 01 00 00 03
```

図 2-13 障害通知情報ログ出力

(7) 連続提供確認

計測地点を車両で走行し、走行中の車両の中から模擬車載機で当該交差点の信号情報が正常に提供されることを確認した。

【走行回数】

- ・ 2021年1月20日 17:00 2往復
- ・ 2021年1月21日 17:00 2往復



図 2-14 連続提供確認 (38-107)

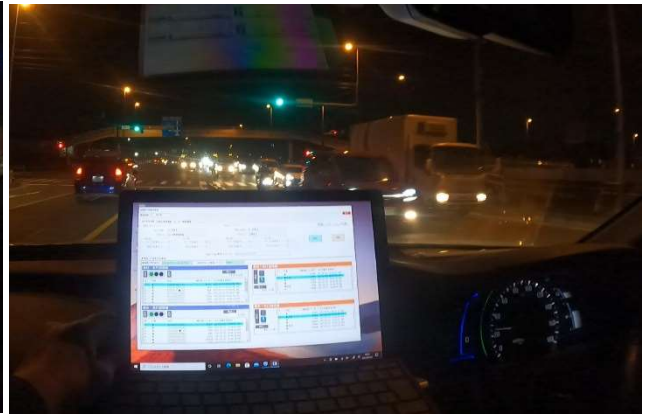


図 2-15 連続提供確認 (38-108)

#### 2.1.4 結果まとめ

(1) 管制方式では、数秒程度の認識誤差が発生した。主要因としては、以下があげられる。

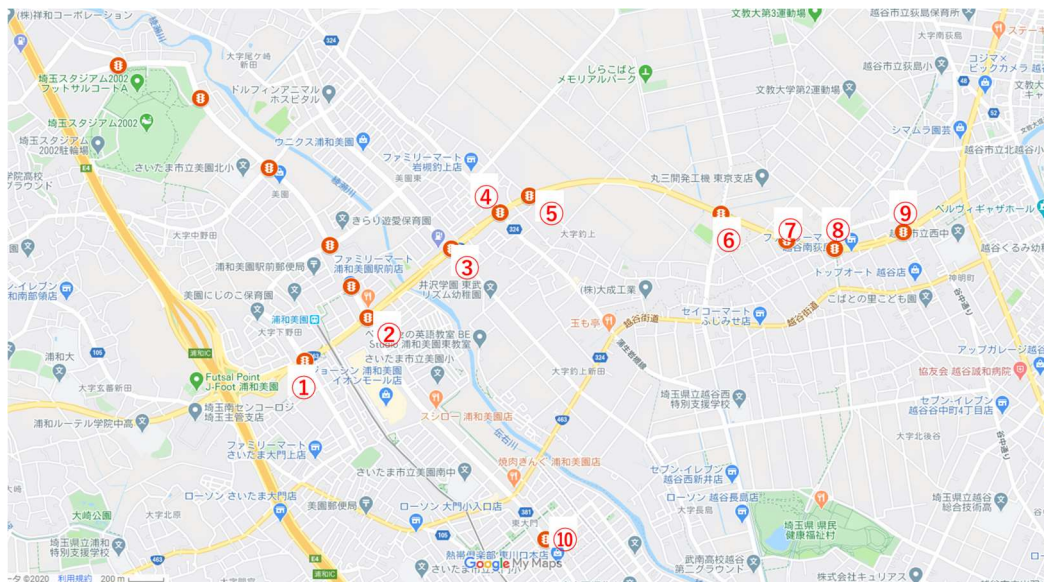
- ・ 信号制御機からの実行情報をもとに信号予定情報を生成しているため、伝送遅延の影響を受ける。
- ・ 信号制御機は、100msec 単位で制御を行っているが、交通管制センター側は秒単位での処理となっている。

(2) 遅延時間について、全ての端末の情報を定時で同じタイミングで処理するパターン1においては、4秒を上回る場合があった。これは処理遅延によるものであると考える。パターン2の処理方式の導入により、改善が図れると推測する。

## 2.2 集中方式

### 2.2.1 概要

集中方式は、交通管制センタに接続されている交差点を対象として、交通信号制御機で信号予定情報を生成する方式である。10 交差点を対象として、自動運転に必要な信号情報提供の要件を満たすことができるかの検証を行う。



出典： Google

図 2-16 集中方式対象交差点

表 2-16 集中方式対象交差点一覧

	住所	県警 管理番号	ギャップ	リコール
①	さいたま市緑区下野田	38-108		
②	さいたま市緑区大門	38-107	○	○
③	さいたま市岩槻区釣上新田	23-213	○	
④	さいたま市岩槻区釣上新田	27-212		
⑤	さいたま市岩槻区釣上	27-211		
⑥	さいたま市岩槻区釣上	27-210		
⑦	越谷市北後谷	29-299		
⑧	越谷市南荻島	29-298	○	
⑨	越谷市南荻島	29-297	○	
⑩	さいたま市緑区大門	38-050		

### 2.2.2 実験内容

#### (1) システム構成

集中の県警モデルシステム構成を下図に示す。

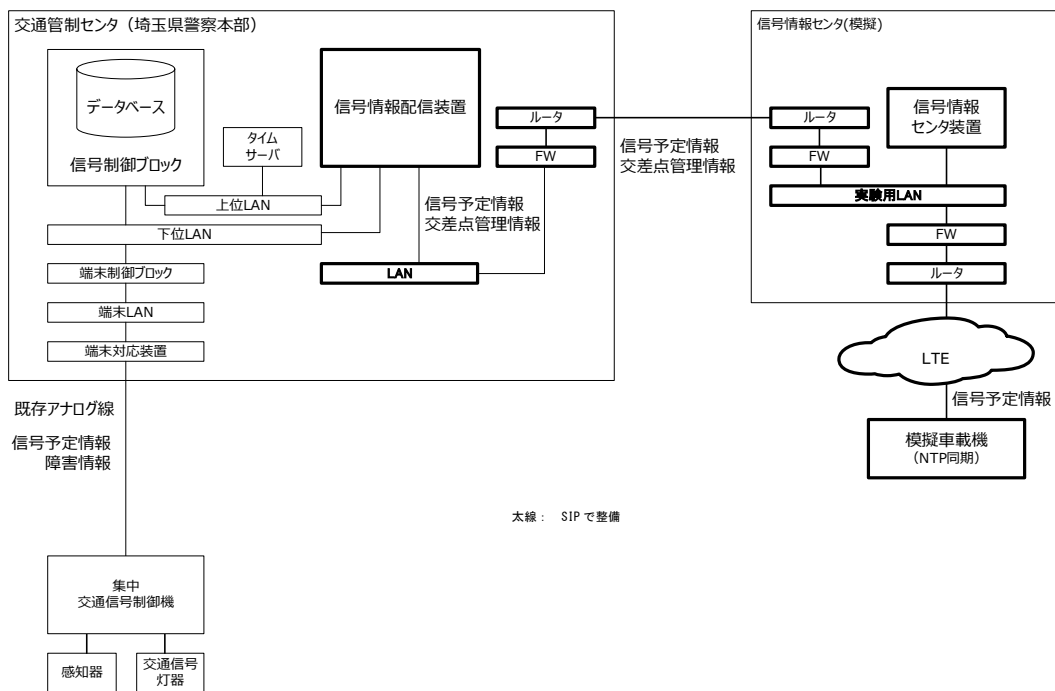


図 2-17 集中方式システム構成

(2) ネットワーク構成

ネットワーク構成を下図に示す。

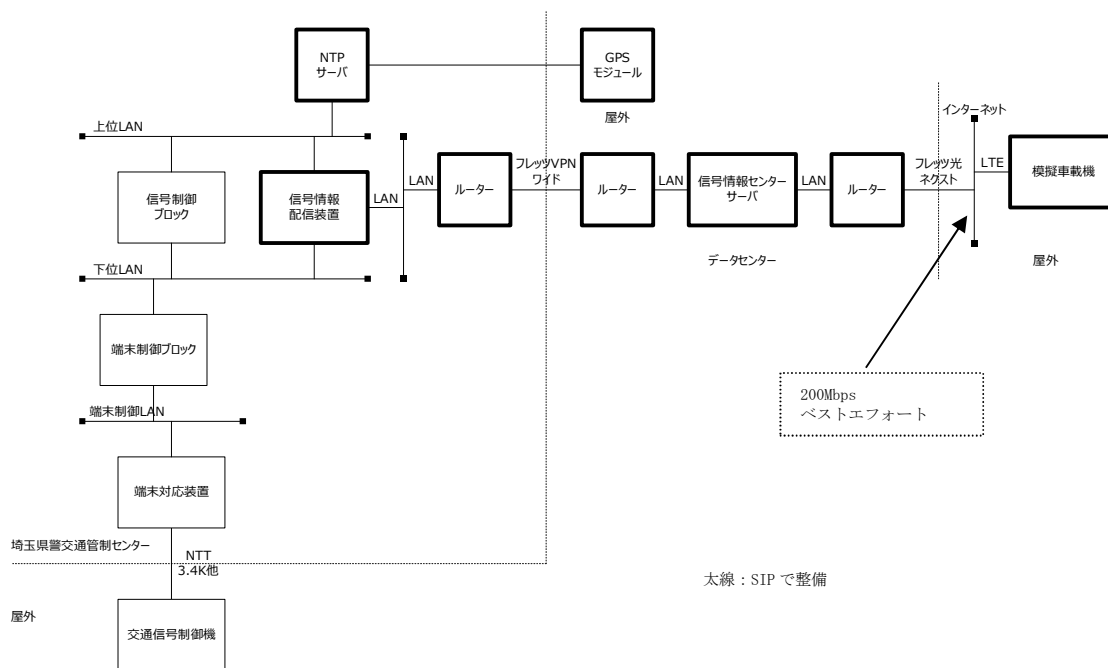


図 2-18 集中方式ネットワーク構成

(3) 検証項目

検証項目を以下に示す。

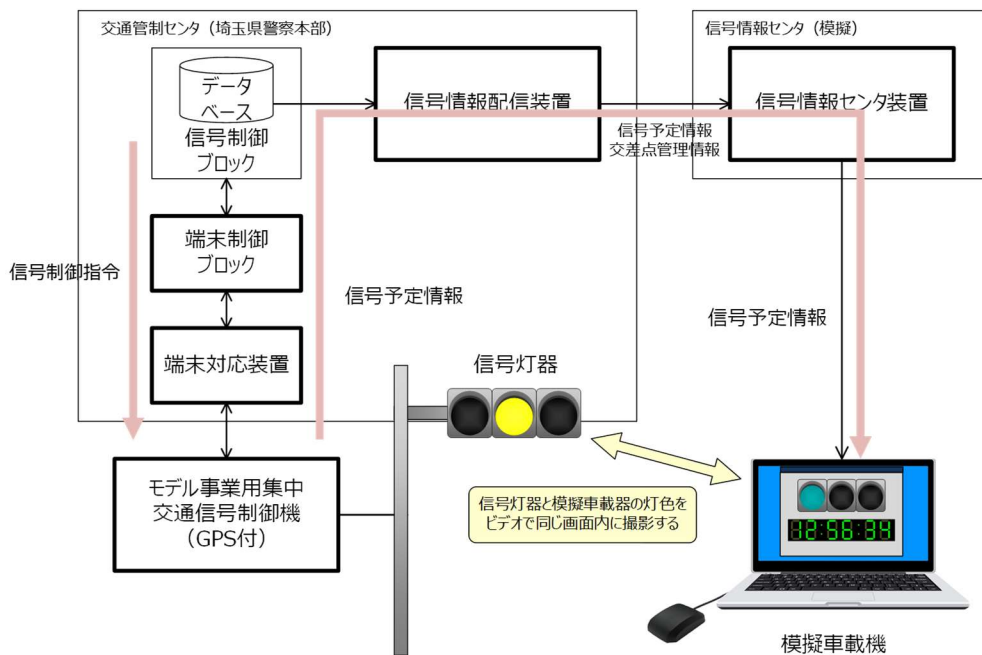
表 2-17 集中方式検証項目

No	検証項目	検証内容
1	認識誤差	信号予定情報の認識誤差を検証する。
2	遅延時間	信号予定情報の遅延時間を検証する。
3	システム構成確認 <sup>(1)</sup>	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。
4	閃光時の信号情報提供確認 <sup>(1)</sup>	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。

注<sup>(1)</sup>昨年度の報告書において、今後の課題とした項目。

(4) 認識誤差の計測

信号予定情報精度検証では、模擬車載機で表示される信号予定情報の各灯色と、実際の灯器で表示される灯色をビデオで撮影して、その切り替わりタイミングをフレーム数の差異から計測して検証する。



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

図 2-19 信号予定情報提供の精度検証の構成

(a) 対象交差点

選定した2地点で計測を行う。対象交差点を以下に示す。

表 2-18 対象交差点一覧

管理番号	伝送方式	ギャップ	備考
27-210	UD 伝送		
29-297	UD 伝送	○	

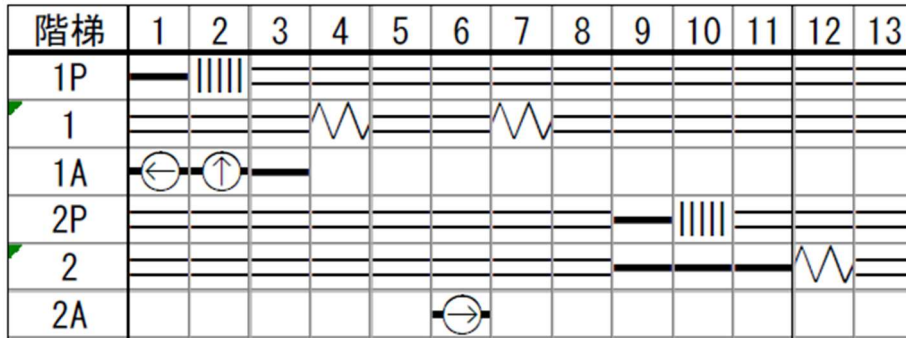


図 2-20 現示階梯図 (27-210)

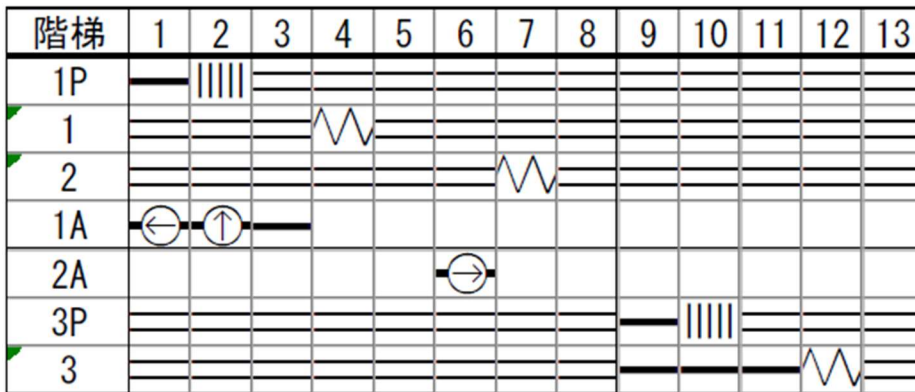


図 2-21 現示階梯図 (29-297)

(b) 計測方法

映像のフレーム数 (1 フレーム≒1/60 秒) で比較することで得られる信号灯器と模擬車載機の切り替わりタイミングのずれを認識誤差とし、認識誤差の最小値、最大値、平均値、標準偏差を算出する。

(c) 計測条件

同一条件で 30 回以上計測する。

(5) 遅延時間の計測

遅延時間の計測は、交通信号制御機での信号予定情報の生成時刻と (信号情報配信装置、信号情報センタ装置、模擬車載機) での信号予定情報の受信時刻を比較して算出する。各時刻はそれぞれの装置の内部時計を用いて記録されるため、検証時には時刻精度検証も同時に行い、時刻

誤差が相対的に大きく無視できない場合は、時刻誤差を加味して遅延を算出する。

(a) 計測方法

信号予定情報を算出する交通信号制御機で、信号予定情報内にデータ作成時刻を付加する。端末対応装置、端末対応ブロック、信号情報センタ装置、模擬車載機で、信号予定情報を受信したタイミングで受信時刻を付加する。遅延時間は、各装置の受信時刻とデータ作成時刻の差分とする。

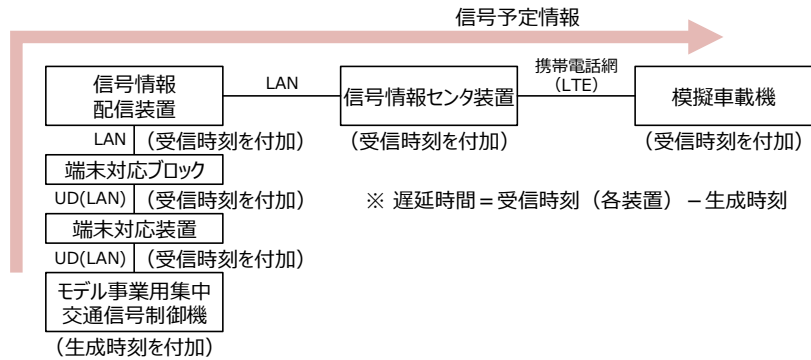


図 2-22 遅延の計測方法

(b) 計測時間

時間帯毎に最小値、最大値、平均値、標準偏差を算出する。

(c) 計測区間

計測区間は以下について計測する。

交通信号制御機－信号情報センタ装置

(6) システム構成確認

交通管制センタと信号情報センタ(模擬)間はファイアウォールを設けることで、セキュリティに配慮したシステム構成とする。この構成にて、モデル事業用交通信号制御機で生成された信号予定情報が交通管制センタを経由して、模擬車載機まで提供できることを確認する。

(7) 閃光時の信号情報提供確認

閃光ステータスの開始・終了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。模擬車載機で表示される信号予定情報の各灯色と、実際の灯器で表示される灯色をビデオで撮影して、その切り替わりタイミングをフレーム数の差異から計測して検証する。

2.2.3 検証結果

(1) 認識誤差の計測

① 27-210

表 2-19 信号予定情報の精度結果 (27-210)

	日時	個数	最大値	最小値	平均値	標準偏差
時刻精度向上無	1/30 11 時台	170	1312	7	476	481
時刻精度向上有	1/29 11 時台	181	274	0	-12	75



単位：ミリ秒

② 29-297

表 2-20 信号予定情報の精度結果 (29-297)

	日時	個数	最大値	最小値	平均値	標準偏差
時刻精度向上無	1/28 11時台	86	804	171	-488	180
時刻精度向上有	1/30 7時台	38	400	0	104	138

単位：ミリ秒

(2) 遅延時間の計測

① 時刻精度向上前

日付 : 2021年1月25日(月)

対象端末 : 10交差点

対象装置 : 交通信号制御機—信号情報センタ

表 2-21 遅延時間 (信号情報センタ)

時間	データ数	最小値	最大値	平均値	標準偏差
0 時台	204	-300	3,210	1,252	716
1 時台	220	-210	2,360	1,105	674
2 時台	220	880	2,640	1,647	380
3 時台	213	890	3,280	1,700	541
4 時台	213	-130	3,020	1,153	694
5 時台	193	-140	3,010	710	636
6 時台	196	20	3,090	1673	856
7 時台	194	40	2,910	1,574	587
8 時台	190	160	3,050	2,041	496
9 時台	217	-190	3,320	1,200	872
10 時台	196	-240	5,490	715	950
11 時台	269	-150	6,030	1,686	1,349
12 時台	330	-220	3,680	1,797	815
13 時台	343	-230	4,190	1,738	713
14 時台	395	-240	5,980	1,553	1,290
15 時台	437	-140	5,290	1,606	1,044
16 時台	420	760	3,730	1,828	656
17 時台	404	30	3,190	1,776	591
18 時台	406	-20	3,200	1,700	706
19 時台	467	690	3,310	1,720	517
20 時台	492	680	4,110	1,941	577
21 時台	459	130	3,790	1,644	733
22 時台	450	-290	3,350	1,346	612
23 時台	506	-250	3,680	1,753	775

単位：ミリ秒

② 時刻精度向上後

(ア)27-210

日付 : 2021年1月28日(木)  
対象端末 : 管理番号 27-210  
対象装置 : 交通信号制御機—信号情報センタ

表 2-22 遅延時間 (21-210)

データ数	最小値	最大値	平均値	標準偏差
105	1350	4720	2307	855

単位：ミリ秒

(イ)29-297

日付 : 2021年1月30日(土)  
対象端末 : 管理番号 29-297  
対象装置 : 交通信号制御機—信号情報センタ

表 2-23 遅延時間 (29-297)

データ数	最小値	最大値	平均値	標準偏差
217	1580	3070	2167	250

単位：ミリ秒

(3) システム構成確認

図 2-17 及び図 2-18 の構成において、正常に信号情報が提供されることを確認した。

(4) 閃光時の信号情報提供確認

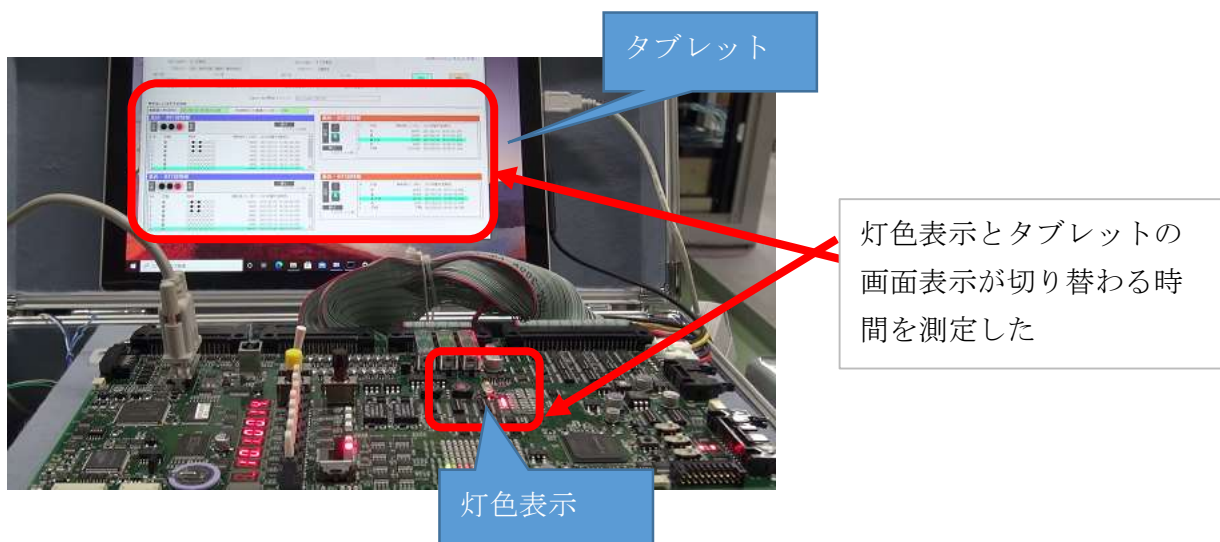


図 2-23 通信回線の遅延の計測方法

閃光時の認識誤差を表 2-24 に示す。

表 2-24 閃光時の認識誤差

	標準→閃光[sec]	閃光→標準[sec]
G P S時刻同期有	2.72	1.96

#### 2.2.4 結果まとめ

- (1) 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（灯器の点灯と模擬車載機の認識のずれ）が±300msec以内となることが確認できた。
- (2) 数秒程度の遅延時間が発生する結果となった。即時に制御内容が変わるような制御の場合は、この遅延時間の影響を受けることになる。（遅延時間分遅れて、交通信号制御機で発生した状況の変化を認識することになる）

## 2.3 制御機方式

### 2.3.1 概要

図 2-24 に制御機方式の県警モデルシステム概要を示す。制御機方式は、非集中方式の交通信号制御機（以下信号制御機と略す）において、信号予定情報を自動運転車両の車載機に配信するため、信号情報路側機を設置する。非集中方式の信号制御機は、通信回線と接続されていないため、新たに携帯電話網と接続を行い、VPN通信等でセキュリティを確保し、交通管制センタと接続する。信号予定情報は、交通管制センタを経由して、信号情報センタに送信され、信号情報センタから各車載機に配信される。

信号情報路側機と信号制御機の接続は、灯色信号線を用いる。そのため、信号制御機の機種、メーカーを問わず、信号情報路側機を増設することで、信号情報提供ができることを特徴とする。

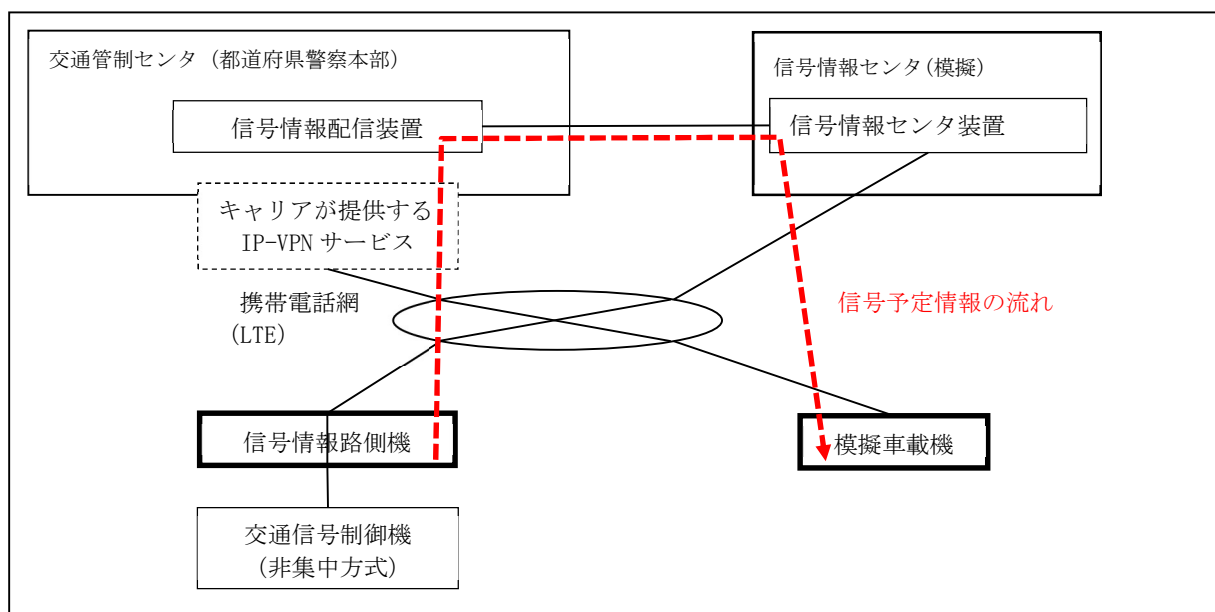


図 2-24 制御機方式の県警モデルシステム概要

昨年度の研究開発では、管制方式、集中方式、及び制御機方式から方式選定のため工場内で基本性能比較を主として実施したが、本年度は、実用化が可能な信号情報提供ができることを構築した県警モデルシステムを用いて検証する。モデルシステム委員会において、実用化にむけた課題を整理し、課題解決に向けた検証項目の設定を行った後、県警モデルシステムを用いて検証を行う。

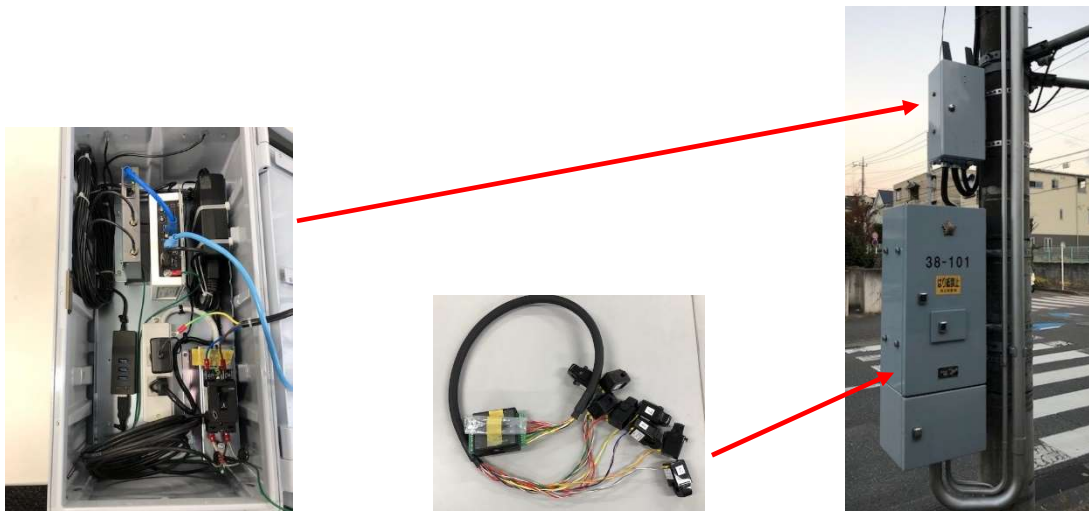
### 2.3.2 実験内容

ここでは、実験に用いた機器、実験場所、及び検証項目について説明する。

#### (1) 信号情報路側機

県警モデルシステムで整備した信号情報路側機を図 2-25 に示す。信号情報路側機は、本体、CTセンサ、及び無線通信部（写真なし）で構成される。CTセンサは、信号制御機本体内に格納し、灯色信号と接続する（CTセンサのリングに灯色信号線を通す。電気的な接続は不要）。信号

情報路側機本体は、信号制御機上部に設置し、CTセンサ出力をAD変換し、USBケーブルで接続する。無線通信部は信号柱上部に設置し、信号情報路側機とLANケーブルで接続する。

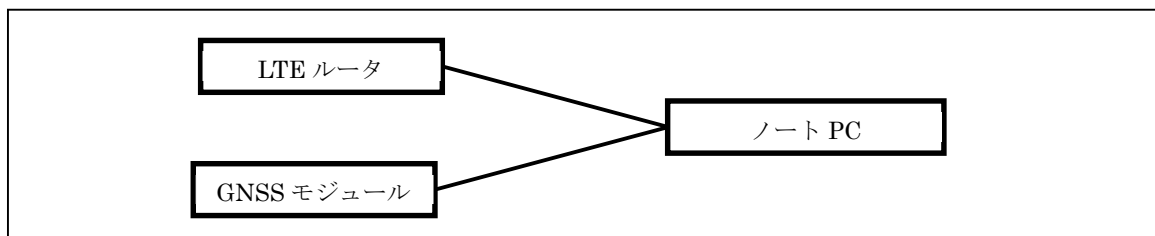


(a) 信号情報路側機本体内部 (b) CTセンサ (c) 機器整備状況

図 2-25 信号情報路側機整備状況

(2) 模擬車載機

図 2-26 に模擬車載機の機器構成と画面例を示す。模擬車載機はGNSSから得られる位置情報を元に交差点への方位、及び交差点までの距離を算出し、交差点接近時に信号情報センタにLTE回線を用いて信号予定情報の配信要求を行う。信号予定情報を受信後、走行する方路の信号の灯色、及び残秒数をカウントダウンしながら表示する。



(a) 機器構成



(b) 画面例

図 2-26 模擬車載機の機器構成と画面例

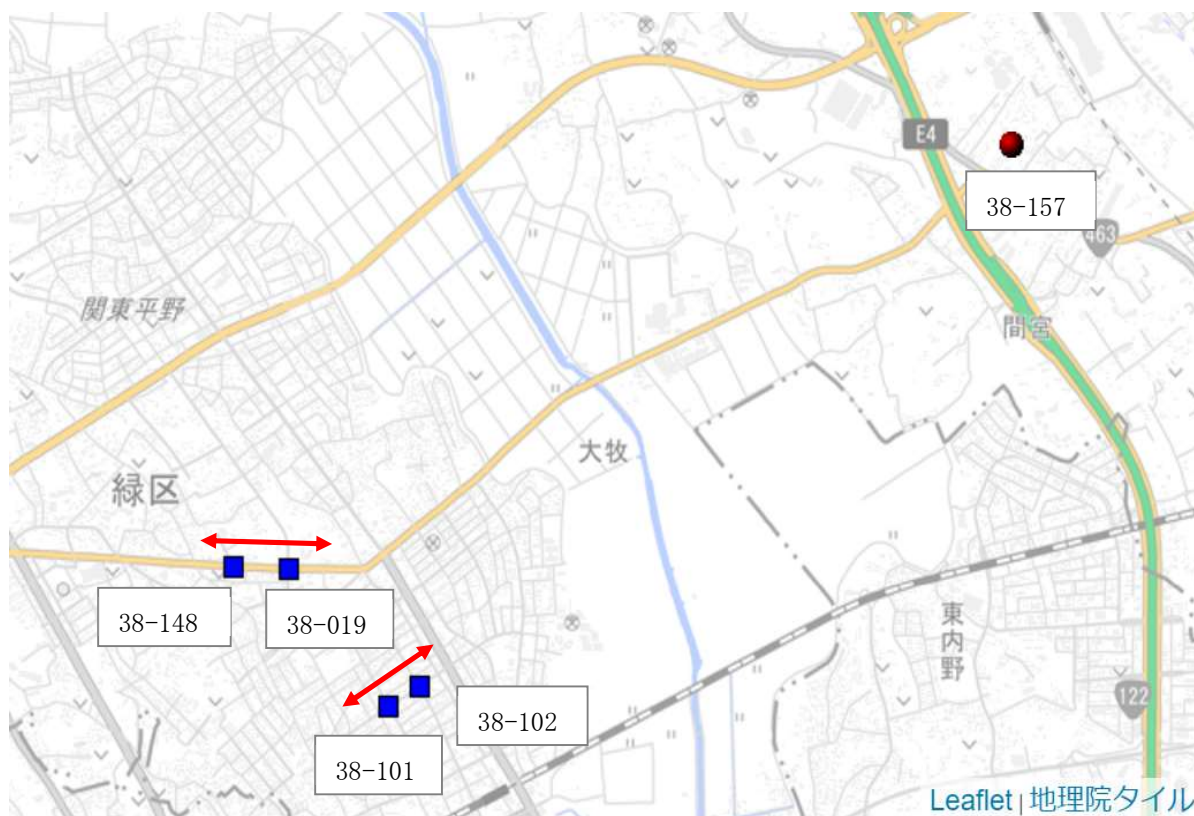
(3) 検証対象交差点

表 2-25 に、実証実験対象交差点を示す。系統制御を実施している交差点と単独制御の交差点を選定した。灯器は、LED 灯器と電球灯器があり、夜間閃光はいずれの交差点も実施されていない。

表 2-25 実証実験対象交差点一覧

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

対象交差点の位置を図 2-27 に示す。



注<sup>(1)</sup> 国土地理院地図を次のサイトから利用 (<http://ktgis.net/gcode/lonlatmapping.html>)

注<sup>(2)</sup> ■は、系統制御交差点、●は、単独制御交差点であることを示す。

注<sup>(3)</sup> ↔ は、系統方向を示す。走行確認時のルートとする。

図 2-27 対象交差点位置

#### (4) 検証項目

表 2-26 に制御機方式検証項目を示す。

表 2-26 制御機方式検証項目

No	検証項目	検証内容
1	時刻精度	信号予定情報の精度の前提となる各装置の時刻精度を検証する。 時刻精度要求仕様を提案するため、実システムにおける各装置の実力値を計測する。
2	通信遅延	信号情報路側機から模擬車載機までの通信遅延時間を検証する。 今後のシステム構成変更による通信遅延への影響について考察できるよう、昨年度とシステム構成等の違いによる差異を分析する。
3	認識誤差	信号灯器の変化タイミングにおける信号予定情報の認識誤差が、要望事項の±300msec 以内であることを検証する。
4	時限表切替	信号情報路側機を連続して運転し、時限表の切り替わり前後における信号予定情報の提供について検証する。
5	連続提供	実走行におけるネットワーク環境において複数の非集中交差点で連続的に自動運転用の信号予定情報を正しく提供できることを確認する。
6	信号情報監視	提供した信号予定情報と信号情報路側機に引き込んだ灯色信号の整合性確認が行えていることを検証する。
7	セキュリティ	交通管制センタを経由する通信経路でセキュリティに配慮したシステム構成により、信号予定情報を提供できることを確認する。
8	通信アプリケーション仕様確認	管制方式、集中方式の信号予定情報を受信し、DSSS 信号情報に追加したデータ項目の不一致点を明確にし、共通化にむけた課題を明確にする。
9	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、障害通知メッセージを送信する機能を検証する。

#### 2.3.3 検証結果

ここでは、検証結果の概要を示す。

##### (1) 時刻精度検証

制御機方式は、NTP (Network Time Protocol) を用いて信号情報センタと時刻同期を行う。5 交差点に対する検証において、時刻誤差に相当するフェーズオフセットを計測し、35msec 以内であることを確認した。表 2-27 に一日分のフェーズオフセットの変動範囲を示す。また、装置起動後、5 分以内に時刻が同期することを確認し、装置起動時に信号情報提供できない時間は短いことを確認した。



表2-27 1日分のフェーズオフセットの変動範囲

県警管理番号	最小(msec)	最大(msec)
38-019	-8 <sup>(1)</sup>	33 <sup>(1)</sup>
38-101	-11	1
38-102	-20	2
38-148	-8	0
38-157	-2	13

注<sup>(1)</sup> 7時間分の計測。

(2) 通信遅延検証

信号情報路側機は信号予定情報に現在時刻を編集時刻としてセットして送信し、模擬車載機は信号情報の受信時刻と編集時刻の差をとって通信遅延時間とする。

モデルシステムでは、通信は安定しており、通信遅延時間のばらつきは小さいことを確認した。表 2-28 に通信遅延時間を 30 回計測した結果を示す。また、図 2-28 に示す通り、1 日のなかでトラフィックの多いと推測される朝、正午、夕方などの時間帯でも、大きな変化は見られなかった。

昨年度の通信遅延時間は、160msec から 1343msec の範囲、平均値は 673msec あり、平均値、ばらつきとも小さくなっている。昨年度はクラウド上の商用サーバーを用いていたが、今年度は専用サーバーを用いていること、及び通信経路が異なることが差異の要因と推測する。最終的なシステムでは、信号情報センタや配信センタが追加されるため、通信経路が複雑化する可能性があり、通信遅延時間の検証は継続的に実施することが必要と考える。

参考までに、信号情報路側機から信号情報センタに対して ping コマンドを実行し、応答時間状況（24 時間）を計測した。24 時間の応答時間の状況を図 2-29 に示す。ping コマンドにおいて、データサイズとして 256 バイトを指定した。このサイズは、検証環境で送信される信号予定情報と同等のサイズである。ping コマンドが 1 パケットの往復であるのに対し、信号予定情報は、複数パケットの通信が発生する。ping 応答時間の平均は、通信遅延時間の 3 分の 1 以下となっていることから、データ量より複数パケットの通信が通信遅延を大きくする可能性が高いと推測する。

表 2-28 信号情報路側機・模擬車載機間の通信遅延時間（30 回計測）

県警管理番号	平均(msec)	最小(msec)	最大(msec)	標準偏差(msec)
38-019	343	232	393	31
38-101	375	285	496	43
38-102	351	305	471	31
38-148	366	338	428	21
38-157	421	383	502	29

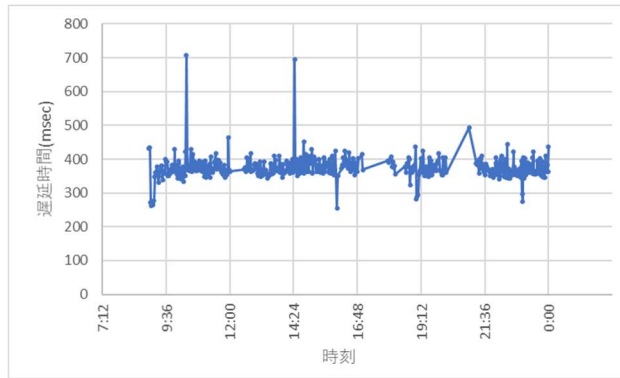


図 2-28 38-148 交差点の通信遅延時間推移

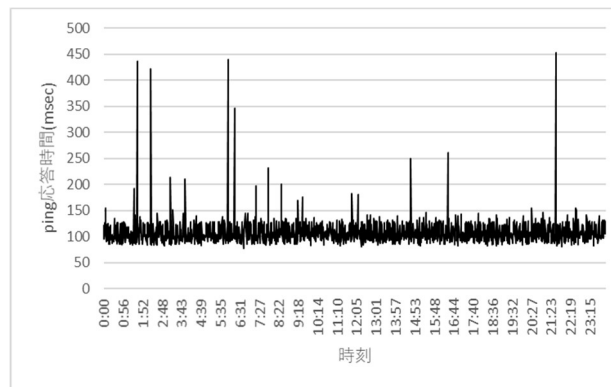


図 2-29 38-102 交差点の ping 応答時間状況 (24 時間)

### (3) 認識誤差検証

模擬車載機と信号灯器を動画撮影し、幹線側灯器の青、黄、赤の認識誤差を計測した。表 2-29 に示す通り、時限表切替のない時間帯で、 $-150 \sim +150$  msec の認識誤差に入っていることを確認した。

系統動作交差点はオフセットが安定している状態でも  $\pm 100$  msec の予測できないオフセット追従があり、単独動作交差点に比べて認識誤差のばらつきが大きくなっている。また電球灯器は、点灯時に最大輝度になるまで 200 msec 程度の時間を要し、画像での判定が難しいため、認識誤差にずれが出やすいことを確認した。

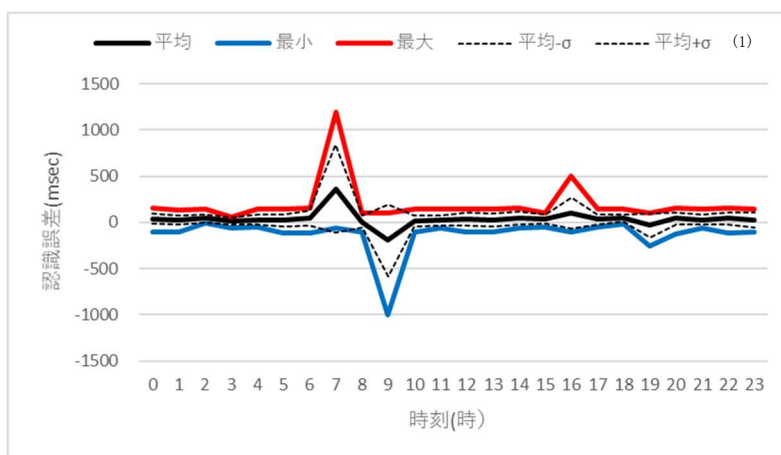
表 2-29 時限表切替のない時間帯における動画による認識誤差(10 サイクル評価、値はすべて msec)

県警管理番号	動作	平均	最小	最大
38-019	系統	31	-57	135
38-101	系統	24	-55	110
38-102	系統	15	-132	66
38-148	系統	42	0	127
38-157	単独	46	0	86

#### (4) 時限表切替時の検証

今回の評価対象交差点の時限表では、朝、夕を主として正時に、少ない交差点で6回、多い交差点で8回のパターン切替が行われている。この切替前後における認識誤差を確認するため、毎時55分から10分までに送信された信号予定情報を対象に検証を行った。

図 2-30 に系統動作交差点において時限表のパターン切替の影響を受ける時間帯の認識誤差グラフを示す。系統動作交差点では時限表切替時も信号情報提供は継続できているが、オフセット追従時に1秒を超える認識誤差が生じている。信号制御機は、100msec 単位でオフセット追従を行うが、信号情報路側機は信号予定情報を1秒単位で編集していることが誤差要因である。信号予定情報を100msec 単位で編集することにより、この認識誤差は改善できると考えられる。



注<sup>(1)</sup>  $\sigma$  は標準偏差を示す。

注<sup>(2)</sup> 青終了時の認識誤差を評価

図 2-30 時限表のパターン切替の影響を受ける時間帯の認識誤差(38-102 系統動作交差点)

単独交差点は、外部から信号制御機内の時刻を取得することが難しく、正確なパターン切替の判定が難しい。そのため、パターン切替の可能性のある時間帯を特定し、パターン切替前後の設定値から残秒数を幅付きで生成する。本検証では、信号情報提供ができていないことを確認した。信号予定情報の未提供期間を表 2-30 に示す。パターン切替の可能性のある時間帯の判定はできているが、機能追加時の機能干渉が原因で信号予定情報が提供できていない。方式上は、この未提供期間に対しては幅付きの残秒数生成は可能であると考えられる。

表 2-30 単独動作交差点における信号予定情報の未提供時間(38-157 交差点)

開始時刻 <sup>(1)</sup>	終了時刻 <sup>(1)</sup>	未提供時間 (秒)
4:59:22	5:02:17	175
5:59:17	6:02:27	190
6:58:47	7:02:12	205
8:58:53	9:02:13	200
15:59:18	16:02:43	205
18:58:53	19:02:13	200
20:59:13	21:02:18	185
22:59:18	23:02:08	170

注<sup>(1)</sup> 時刻は、絶対時刻。信号制御機の時刻は、25 秒のずれがあった。

(5) 連続提供検証

模擬車載機は、交差点接近時に信号予定情報の配信要求（サブスクライブ要求）を信号情報センタに対して行い、交差点通過後に配信要求解除（サブスクライブ解除）を行う。走行試験において、連続した交差点で信号予定情報を受信できることを確認した。図 2-31 に信号予定情報の受信状況を示す。



注 国土地理院地図を次のサイトから利用 (<http://ktgis.net/gcode/lonlatmapping.html>)

図 2.31 信号予定情報受信状況 (38-148 交差点、38-019 交差点)

表 2-31 にサブスクライブ要求に対して信号予定情報を受信するまでの応答時間を示す。応答時間は 1 秒未満であり、交差点から十分遠方で信号予定情報を受信できることから、応答時間に関

する実用上の課題はないと考える。

表 2-31 サブスクライブ要求に対する応答時間

項目	38-148 交差点、38-019 交差点	38-101 交差点、38-102 交差点
回数	41	45
平均(msec)	246	214
最小(msec)	106	88
最大(msec)	555	527
標準偏差(msec)	158	132

(6) 信号情報監視

表 2-32 に信号情報監視機能の検証結果を示す。実装されているソフトウェアは、認識誤差算出方法が各灯色の継続時間の認識誤差となっているため、灯色変化時の認識誤差に比べて、異常と判定できない傾向がある。

表2-32 信号情報監視機能検証結果

灯色ログ+信号情報送信 ログより算出した認識誤 差	信号情報受信ログ		検証結果
	システム状態	信号状態情報	
300msec以下	有効	正常	システム状態を有効、信号状態情報を正常で送信できている。
1秒以下	有効	準正常	システム状態を有効、信号状態情報を準正常で送信できている。 認識誤差算出方法に誤りがあり、準異常とできていないケースがある。
1秒超え	無効		異常検知時、信号予定情報を送信できていない。 認識誤差算出方法に誤りがあり、準異常とできていないケースがある。

(7) セキュリティ

表 2-33 にセキュリティ対策と実施内容について示す。新しい装置構成であること、路側機担当会社と中央装置担当会社が異なっていることから、事前に対向試験を実施した。その結果、実機において、接続障害等は発生しなかった。

表 2-33 セキュリティ対策と実施内容

対象区間	仕様	実施内容
信号情報路側機・携帯キャリア間	暗号化方式：AES128bit ユーザー認証：CHAP方式	日本信号製MVNO通信装置 携帯キャリアがユーザーID、パスワードを配布。
信号情報路側機・交通管制センタ間	GRE over IPSec	日本信号製MVNO通信装置 識別番号、事前共通鍵、トンネルインタフェース用IPアドレス等を交通管制センタ側で生成し、路側機側に配布
信号情報路側機・信号情報センタ間	Secure MQ Telemetry Transport (MQTT over SSL)	信号情報センタ側がユーザーID、クライアント証明書、秘密鍵、認証局証明書を作成し、路側機側に配布

(8) 通信アプリケーション仕様確認

各方式の動作している通信メッセージを確認した結果と、モデルシステム委員会で議論した結果を踏まえてまとめた結果を表 2-34 に示す。ITS無線を用いて連続通信を行う場合と、携帯電話網を用いてイベント型で通信を行う場合の違いにより検討が必要な仕様上の課題と、各方式の実装上の課題がある。

表 2-34 通信アプリケーション仕様確認結果

項目	管制方式、集中方式	制御機方式	課題
編集時刻	実装：問題なし	実装：問題なし	なし
サイクル開始からの経過秒		予備領域として実装。 模擬車載機では未使用のため、削除可能。	なし
信号状態情報	未確認	実装している。	実装
システム状態	“無効”時の送信について未確認。	“無効”時の送信ができていない。ソフトウェア実装上の課題。	実装
イベントカウンタ	カウントアップ条件を委員会で確認。	カウントアップ未実施。カウントアップの必要性を委員会で確認。検討を継続する。	仕様
カウントダウン停止フラグ	未使用	使用。使い方について委員会で確認。検討を継続する。	仕様
歩行者用信号情報	送信	未送信	実装
信号通行方向情報	実装	信号通行方向情報有無フラグを0で実装。	仕様

(9) 障害通知機能確認

表 2-35 に障害通知機能検証結果を示す。対象とした3つの異常について、障害通知メッセージ

を模擬車載機で受信していることを確認した。

表2-35 障害通知検証結果

異常	説明	検証結果
信号情報精度異常1	信号情報精度±0.3秒以内を保証できない。	通知あり
信号情報精度異常2	信号情報精度±1.0秒以内を保証できない。	通知あり
時刻同期異常	時刻同期に関する統計情報で判定した結果、時刻精度が規定の範囲に入っていない。	通知あり

#### 2.3.4 結果まとめ

表 2-36 及び表 2-37 にモデルシステムによる検証結果と今後の課題をまとめる。

表 2-36 モデルシステムによる検証結果と今後の課題 (1/2)

検証項目	検証結果	課題
時刻精度	フェーズオフセット(時刻誤差に相当)は35msec以内であることを確認した。装置起動後、5分以内に時刻が同期することを確認した。	仕様書への時刻精度の記載として、35msec以内とするか、余裕を持たせた値(例えば、50msec以内)とするかの検討が必要である。
通信遅延	モデルシステムでは、通信は安定しており、通信遅延時間のばらつきは小さいことを確認。1日のなかでも、大きな変化は見られなかった。データ量より複数パケットの通信が通信遅延を大きくする可能性が高いことを確認した。	モデルシステムでは問題ないことを確認した。今後は、信号情報集約システム、配信センタ等を含めた最終的なシステム構成での通信遅延時間検証を行う段階と考える。
認識誤差	動画検証では、時限表切替のない時間帯で、-150~+150msecの認識誤差に入っていることを確認した。システム動作交差点はオフセット安定している状態でも±100msecの予測できないオフセット追従があることを確認した。電球灯器は、点灯時に最大輝度になるまで200msec程度の時間を要し、画像での判定が難しいため、認識誤差が大きくなりやすいことを確認した。	認識誤差±300msec以内の要望事項に対し、基本的な条件では問題ない。ただし、100msecの予測できないオフセット追従は、認識誤差を大きくする要因であり、注意が必要である。  電球灯器は、信号情報提供時には、LED灯器への更新を推奨としており、特に課題はない。

表 2-37 モデルシステムによる検証結果と今後の課題 (2/2)

検証項目	検証結果	課題
時限表切替	<p>系統動作交差点では、時限表切替時にも信号情報提供は継続できているが、オフセット追従時に1秒を超える認識誤差が生じている。</p> <p>単独交差点では、時限表切替前後の時間帯は認識しているが、信号情報提供ができていない。</p>	<p>オフセット追従時の認識誤差原因は判明しており、ソフトウェア改善を行い、検証を行うことが必要である。</p> <p>単独交差点では、実装上の課題を解決し、提供上の課題有無を確認することが必要である。</p>
連続提供	<p>模擬車載機を用いた走行確認で連続した交差点の信号情報を受信できることを確認した。応答時間も最大で600msec以下であることを確認した。</p>	<p>車載機への信号情報配信は、配信センタの役割である。今回の検証は、一つの実現例として検証し、問題がないことを検証したものであり、配信センタ設計時の参考情報となる。</p>
信号情報監視	<p>提供した信号予定情報に対してCTセンサで検知した灯色変化時刻を元に、認識誤差を判定し、異常検知が行えることを確認した。</p> <p>ソフトウェア実装において、認識誤差算出方法に誤りがあり、改善が必要である。</p>	<p>ソフトウェア実装上の課題はあったが、制御機方式では信号情報監視機能の実現が可能である。管制方式、及び集中方式では、信号情報監視機能について検討されておらず、必須機能かどうかの検討が必要である。</p>
セキュリティ	<p>現状実施可能なセキュリティ対策を行い、問題なく、動作することを検証した。</p>	<p>左記セキュリティ対策は、UTMS協会のインタフェース規格として規定されていないものを含む。今後、UTMS協会において、インタフェース規格として検討されることが必要である。</p>
通信アプリケーション仕様確認	<p>通信アプリケーション仕様を共通するための課題をモデルシステムでの実装状況を踏まえて確認し、3項目の仕様上の課題、3項目の実装上の課題を抽出した。</p>	<p>仕様上の課題については、車載機側での使い方に加え、信号予定情報の編集側の実装の容易性を考慮しながら検討することが必要である。</p> <p>実装上の課題については、課題解決を行い、完成度を高めていくことが必要である。</p>
障害通知機能確認	<p>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、障害通知機能を検証した。</p>	<p>路側機側での機能実現については、概ね課題なし。今後は、交通管制センタのHMI機能、及び障害発生時の運用上の対応等について検討することが必要である。</p>



## 2.4 制御機方式（日本信号自主研究）

### 2.4.1 概要

制御機方式（日本信号自主研究）は、交通管制センタに接続されていない非集中交差点を対象として、交通信号制御機で信号予定情報を生成する方式である。集中方式と同様に、交通信号制御機で信号予定情報の生成を行うことで、制御機方式が実現できるのではないかと考え、日本信号の自主研究として検証を行った。

### 2.4.2 実験内容

#### (1) システム構成

システム構成を下図に示す。

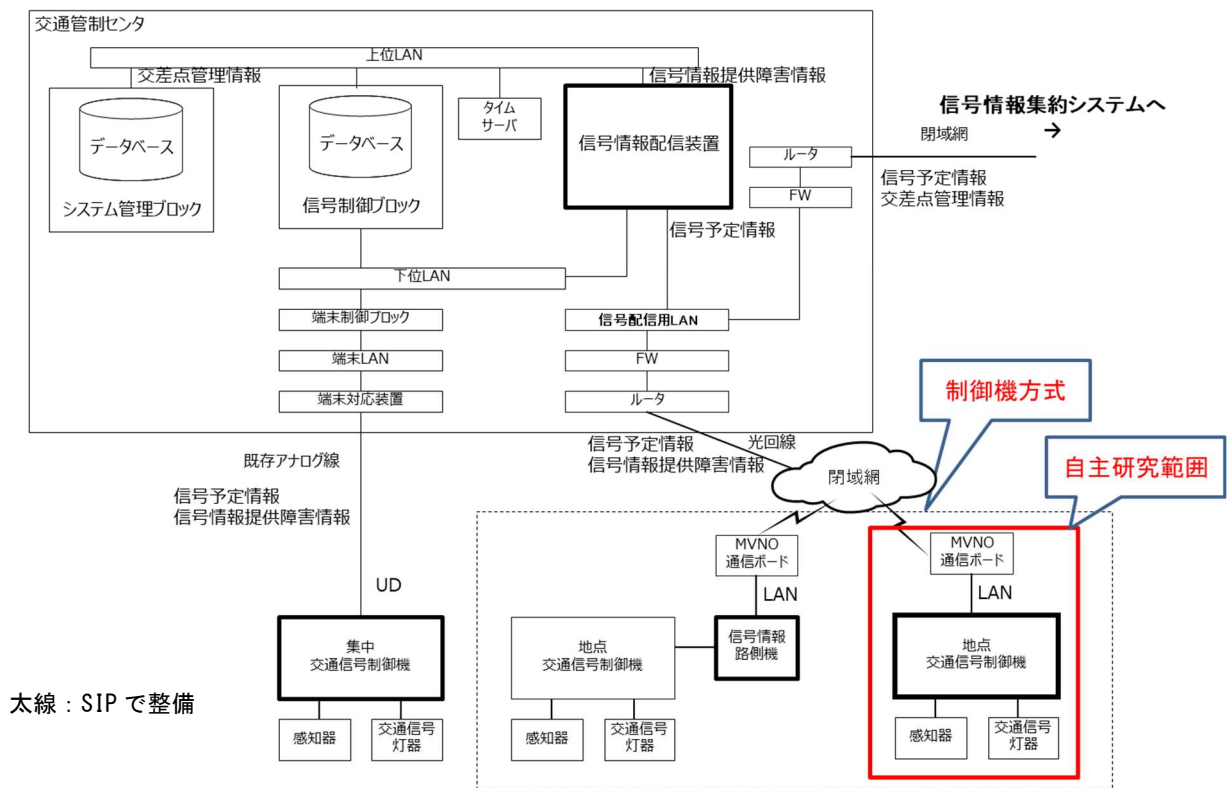
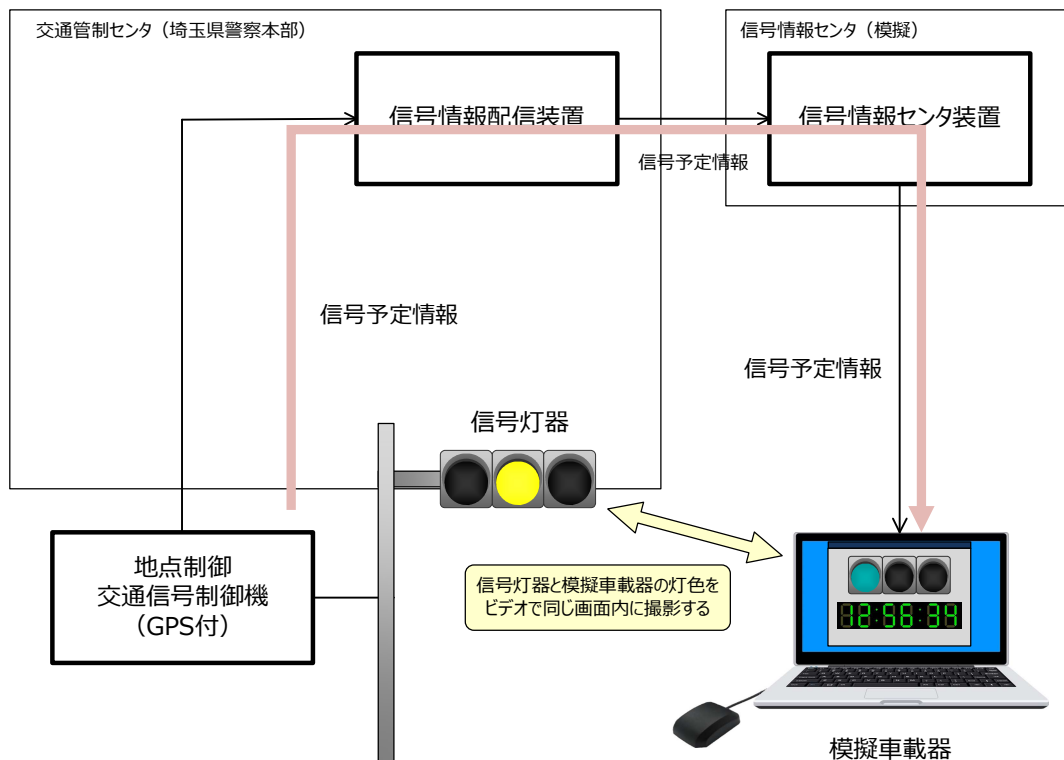


図 2-32 システム構成図（制御機方式（日本信号自主研究））

(2) 認識誤差の検証

信号予定情報精度検証では、模擬車載機で表示される信号予定情報の各灯色と、実際の灯器で表示される灯色をビデオで撮影して、その切り替わりタイミングをフレーム数の差異から計測して検証する。



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

図 2-33 信号予定情報提供の精度検証の構成

(a) 対象交差点

管理番号：38-153

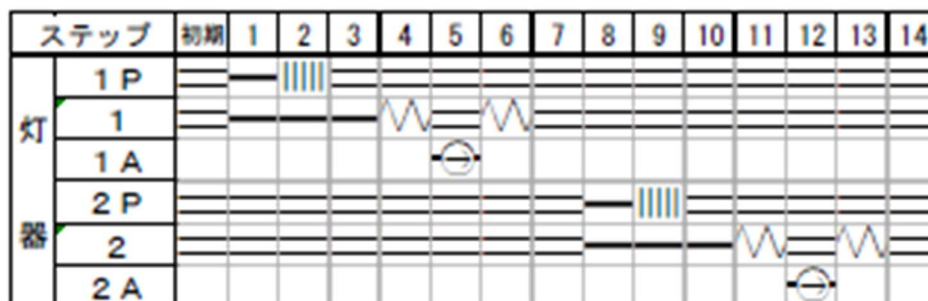


図 2-34 現示階梯図 (38-153)

(b) 計測方法

映像のフレーム数（1 フレーム ≒ 1/60 秒）で比較することで得られる信号灯器と模擬

車載機の切り替わりタイミングのずれを認識誤差とし、認識誤差の最小値、最大値、平均値、標準偏差を算出する。

(c) 計測条件

同一条件で 30 回以上計測する。

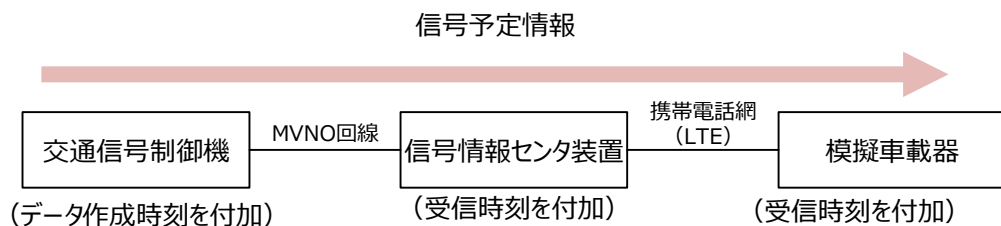
(3) 遅延時間の計測

通信回線の遅延時間は、交通信号制御機での信号予定情報の生成時刻と（信号情報センタ装置、模擬車載機）での信号予定情報の受信時刻を比較して算出する。各時刻はそれぞれの装置の内部時計を用いて記録されるため、検証時には時刻精度検証も同時に行い、時刻誤差が相対的に大きく無視できない場合は、時刻誤差を加味して遅延を算出する。

(a) 計測方法

信号予定情報を算出する信号情報配信装置で、信号予定情報内にデータ作成時刻を付加する。信号情報センタ装置、模擬車載機で、信号予定情報を受信したタイミングで受信時刻を付加する。遅延時間は、各装置の受信時刻とデータ作成時刻の差分とする。

図 2-35 に計測方法の概念図を示す。



$$\text{※ 遅延時間} = \text{受信時刻 (各装置)} - \text{データ作成時刻}$$

図 2-35 計測方法

(b) 計測時間

1 時間以上計測を行い、最小値、最大値、平均値、標準偏差を算出する。

(c) 計測区間

計測区間は以下について計測する。

- 交通信号制御機－信号情報センタ装置
- 交通信号制御機－模擬車載機

2.4.3 検証結果

(1) 信号予定情報の精度検証

信号予定情報の精度検証結果を下表にしめす。

表 2-38 信号予定情報の精度結果

	日時	個数	最大値	最小値	平均値	標準偏差
時刻精度向上後	1/30 7:45-8:05	54	276	0	-128	87

単位：ミリ秒

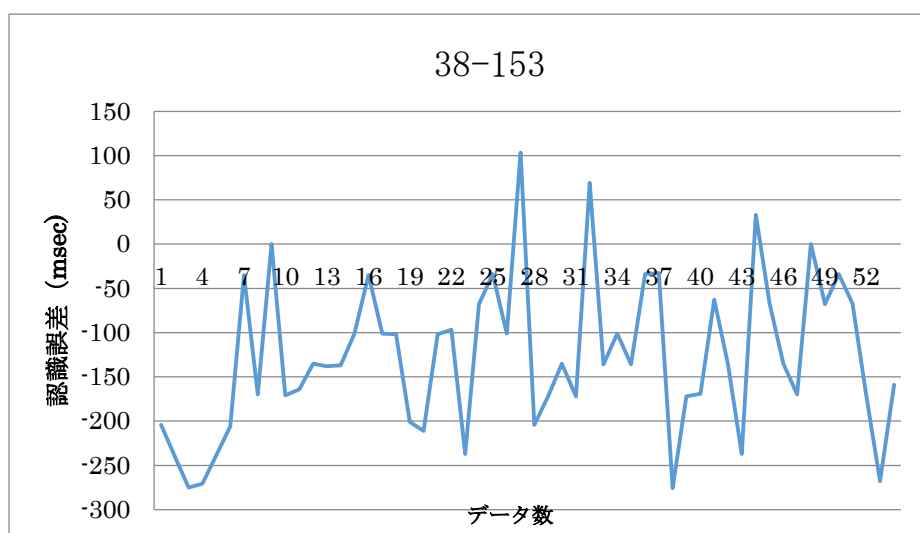


図 2-36 認識誤差 (38-153)

(2) 遅延時間の検証

日付 : 2021年1月30日(土)

表 2-39 遅延時間

計測区間	データ数	最小値	最大値	平均値	標準偏差
信号情報センタ	126	320	410	337	11
模擬車載機	126	110	5,310	1,354	761

単位：ミリ秒

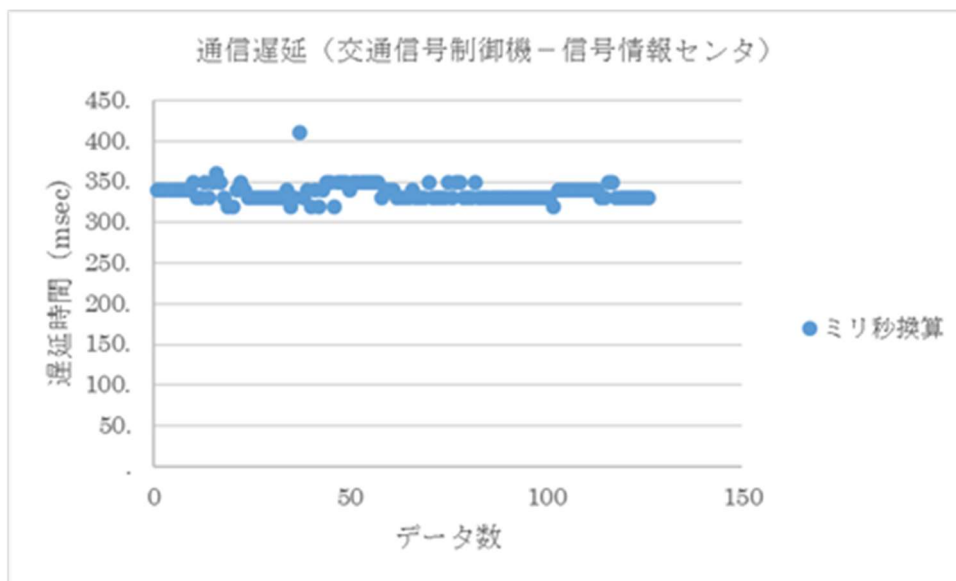


図 2-37 遅延時間 (交通信号制御機 - 信号情報センタ))

#### 2.4.4 結果まとめ

- (1) 交通信号制御機にGPSを実装し、時刻精度を向上させることにより、認識誤差が±300msec以内となることを確認した。
- (2) 交通信号制御機と信号情報センタのネットワークには今回MVNOを導入したが、遅延時間はほぼ350msec前後の値となっており安定した結果であった。
- (3) 今回、閃光制御等、即時処理に対する検証は行っていないが、当該方式は実際に制御を行っている交通信号制御機で信号予定情報を生成しているため、提供情報生成に関する遅れはない。そのため、即時処理に対する課題は遅延時間となるが、今回の実験環境(MVNO)においては、遅延時間が安定しており、変化があった場合でも400msec程度で信号センタに伝達できると推察する。

### 3. 信号制御方式見直し

#### 3.1 信号制御手法変更検討

車灯器の黄ステップの直前のステップが感応ステップとなる現示階梯図の場合、感応ステップと黄ステップの間に、固定ステップを追加するよう現示変更を行うか、感応制御を実施しないように変更することが必要である。

固定ステップの追加するよう現示変更を行った場合の交通流に与える影響について、シミュレーション評価を実施した。以下に、十字路交差点、主道路方向延長のケースについての評価結果を示す。

図 3-1 に、シミュレーター上に作成した道路ネットワークを示す。また、道路ネットワーク内の車線構成について、略図を図 3-2 に示す。

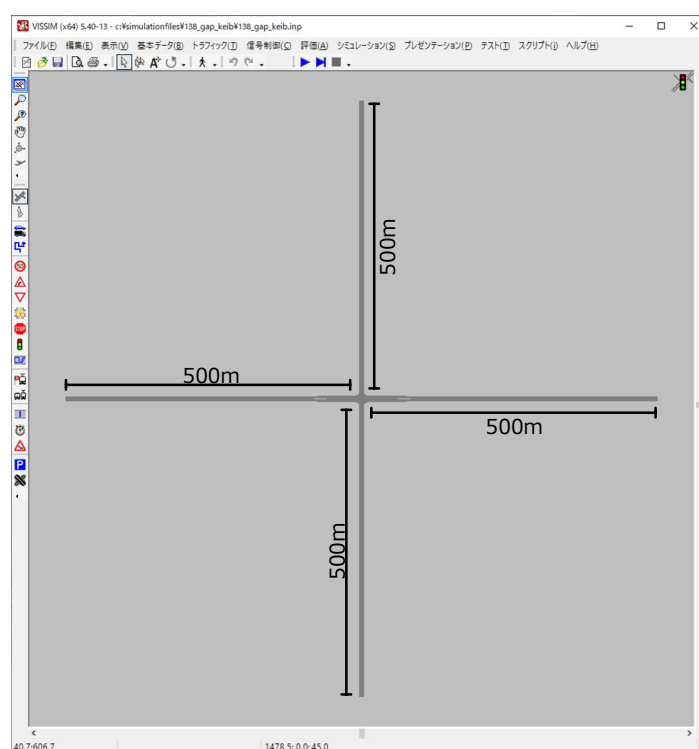


図 3-1 道路ネットワーク

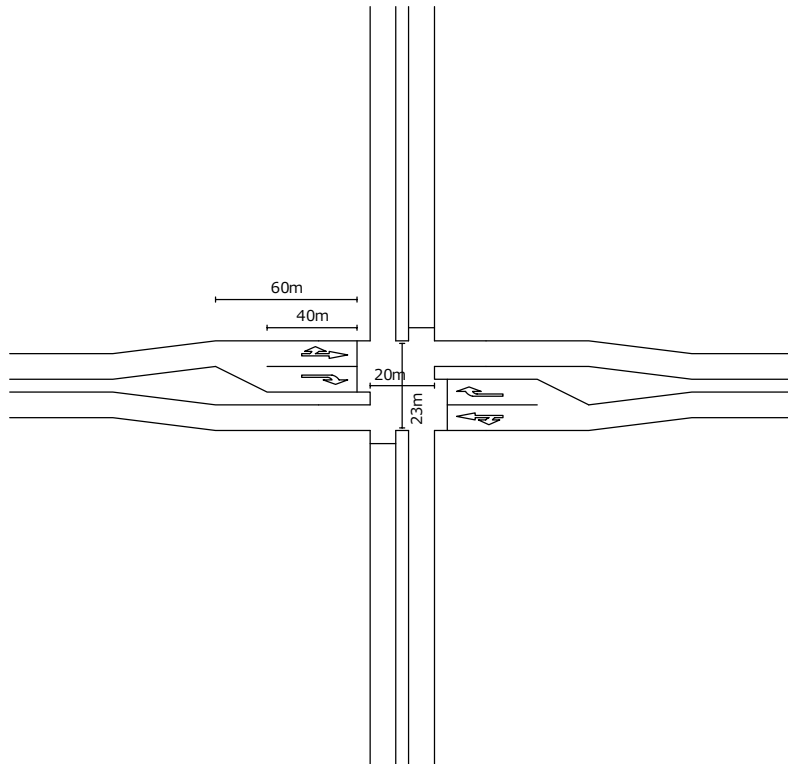


図 3-2 車線構成略図

シミュレーション対象交差点では、第 3 階梯の主道路歩行者赤信号（PR）において、ギャップ感応を実施させた。第 3 階梯の初期値を 3 秒とし、ギャップ感応で 5 秒の延長を行うこととした。このときの現示階梯図を図 3-3 に示す。

また、固定階梯付加時は第 4 階梯に固定階梯を挿入し、その後の階梯を後ろにずらす。固定階梯付加後の現示階梯図を図 3-4 に示す。

ステップ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
スプリット	1		2		3			4				
1P	[Solid bar]		[Vertical lines]		[Wavy line]			[Horizontal lines]				
1G	[Solid bar]		[Wavy line]		[Wavy line]			[Horizontal lines]				
1A	[Horizontal line]		[Horizontal line]		[Circle with arrow]			[Horizontal lines]				
2P	[Horizontal lines]		[Horizontal lines]		[Horizontal lines]			[Vertical lines]				
2G	[Horizontal lines]		[Horizontal lines]		[Horizontal lines]			[Wavy line]				
流動図												
固定秒数	可変	5	可変	3	可変	3	3	可変	5	3	3	3

図 3-3 現示階梯図

ステップ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
スプリット	1		2			3			4				
1P	[Bar]		[Bar]			[Bar]			[Bar]				
1G	[Bar]		[Bar]			[Bar]			[Bar]				
1A	[Bar]		[Bar]			[Bar]			[Bar]				
2P	[Bar]		[Bar]			[Bar]			[Bar]				
2G	[Bar]		[Bar]			[Bar]			[Bar]				
流動図	[Diagram]		[Diagram]			[Diagram]			[Diagram]				
固定秒数	可変	5	可変	8	3	可変	3	3	可変	5	3	3	3

図 3-4 固定階梯付加後の現示階梯図

シミュレーション対象交差点の主道路は、規制速度を 40km/h に設定している。ギャップ感応を実施している歩行者赤信号後の黄が 3 秒であるため、黄色の予定時間が車両に伝わった時の減速度を 0.03G、灯色が黄色へ変化した後の減速度を 0.15G（共に大型車を想定）とすると、 $\Delta t$  は計算上 5.67 秒となる。しかし、警Bの各方式においては、固定階梯には  $\Delta t$  の値に加え、通信遅延分の秒数を含まなければならない。

今回のシミュレーションでは、管制方式あるいは集中方式の通信遅延が、2019 年度の実験で最大 2.5 秒程度であった点を考慮して、可変階梯後の固定階梯を 8 秒とした。

$$\begin{aligned}
 \text{付加する固定階梯} &= \Delta t \text{ (40km/h で試算)} + \text{通信遅延分} \\
 &= 5.67 \text{ 秒} + 2.5 \text{ 秒} \\
 &\approx 8 \text{ 秒}
 \end{aligned}$$

本シミュレーションでは、2 通りの固定階梯の付加方法を含め、3 パターンの比較を行うこととした。

- ① 事前運用定数（表 3-1）
- ② 主道路歩行者赤（ギャップ感応対象）の可変階梯の次に 8 秒の固定階梯を設け、主道路青信号を 8 秒減らした定数（表 3-2）
- ③ 主道路歩行者赤（ギャップ感応対象）の可変階梯の次に 8 秒の固定階梯を設け、他の全てのスプリットを対象にスプリット比で 8 秒減らした定数（表 3-3）

表 3-1 ①事前の現示の運用秒数

スプリット	1		2		3			4				CYC	OFS	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			12
階梯	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
秒数	30	5	3	3	10	3	3	9	5	3	3	3	80	0
+変動値			5											
-変動値			0											



表 3-2 ②固定階段付加後の現示の運用秒数（主道路青を減らすパターン）

スプリット	1			2		3			4					CYC	OFS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
秒数	22	5	3	8	3	10	3	3	9	5	3	3	3	80	0
+変動値			5												
-変動値			0												

表 3-3 ③固定階段付加後の現示の運用秒数（全スプリットを減らすパターン）

スプリット	1			2		3			4					CYC	OFS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
秒数	25	5	3	8	3	9	3	3	7	5	3	3	3	80	0
+変動値			5												
-変動値			0												

- ① 直進方向のギャップ感応で、可変階段後に固定階段を設けると、その秒数を、主道路青から秒数を削った場合、全スプリットからスプリット比で秒数を削った場合ともに、主道路（直進）に与える影響が発生する結果となった。
- ② 今回の実験条件では、固定階段を設けない場合を 100 としたとき、主道路青から秒数を削った場合、全スプリットからスプリット比で秒数を削った場合で、旅行時間、停止回数、滞留長は、それぞれ表 3-4 のような変化が見られた。

表 3-4 事前・事後の評価指標の変化

評価指標	東進			西進		
	事前	事後		事前	事後	
		主道路青 削減	全スプリ ット削減		主道路青 削減	全スプリ ット削減
旅行時間	104.45 秒	104.00 秒	102.48 秒	104.52 秒	103.94 秒	101.81 秒
	100.00%	99.57%	98.12%	100.00%	99.44%	97.40%
停止回数	0.58 回	0.56 回	0.54 回	0.58 回	0.58 回	0.50 回
	100.00%	96.54%	93.08%	100.00%	100.35%	86.85%
滞留長	90.3m	87.3m	80.2m	85.4m	83.8m	75.5m
	100.00%	96.68%	88.84%	100.00%	98.16%	88.38%

- ③ 全スプリットからスプリット比で青時間を削減し、感応階段後の固定秒数にする方法では、事前に比べ、主・従のスプリット比が変化し、主道路方向により青が割り当てられることになるため、評価指標全体で主道路方向の交通状況が改善した。なお本結果は、今回のシミュレーションの設定条件に依存した結果である可能性ある。

- ④ 主道路青時間の秒数を削減して感応階梯後の固定秒数とする場合では、事前と比べ主・従のスプリット比は変化しないが、ギャップ感応打ち切り確定後に表示される青時間が異なるため、各指標が変化している。ただし、感応打ち切り後の青時間が、無駄青時間となる場合と、そのタイミングで車両が停止線に到着する場合とがあると考えられ、指標の変化も、改善方向となる場合と悪化方向となる場合とに分かれた。
- ⑤ 全スプリットからスプリット比で青時間を削減した場合、主道路青以外のスプリットでは青時間が減っており、当然、交通状況も悪化することが想定される。固定階梯を入れる場合、他の方向に影響を与えたくない場合（他方向も混雑している場合など）は、固定階梯の秒数は、主道路青から削減したほうがよいと考えられる。

主道路の青時間を削減する場合では、固定階梯を設けると、感応制御自体の意義（そのタイミングで到着した車両を通過させる）が薄れ、効果が感応打ち切り確定後に車両が到着するかどうかによってしまうことから、他方式による情報提供や、感応制御の停止の可能性等を検討すべきであると考ええる。

### 3.2 制御機方式における信号制御手法変更検討

ここでは、制御機方式における信号制御手法変更検討結果の概要を示す。

#### 3.2.1 リコール動作交差点における信号情報提供検討

##### (1) リコール動作

リコール動作とは、指定された現示要求信号により、現示を呼び出す動作をいう。表 3-5 に示す通りリコール機能として、3種類が定義されているが、ここでは呼び出し現示数が1のリコール1機能を対象に、信号情報提供が実現できるか検証する。リコール動作は、系統動作を行っているか否かで挙動が異なる。前者を回転形と呼び、第1ステップ終了時にリコール要求がない場合、第1ステップの灯色が保持され、内部的なステップは時間経過とともに進む。後者は停止形と呼び、第1ステップの時間経過後はその状態で停止し、リコール要求後即座に第2ステップに遷移する。

表 3-5 リコール動作における信号情報提供の対象機能

機能	信号情報提供
リコール1機能	○
リコール2機能	×
リコール3機能	×

##### (2) リコール現示呼び出し判定方法

現示要求信号により、リコール現示が呼び出されたことは、第1ステップから第2ステップに遷移したことを判定することで可能となる。歩灯器の実装有無（単路に設置される押ボタン信号機では、主道路側に歩灯器は設置されない）、回転形/停止形の種別により、第2ステップへの遷移検知方法は異なる。表 3-6 に第2ステップへの遷移検知方法を示す。

























表 3-6 第2ステップへの遷移検知方法

接続	方法	通常交 差点	押ボタ ン信号	左記 以外
歩灯器	CTセンサ等により歩灯器の青点滅を検知し、第2ステップ開始を判定する。	○	—	—
確認表示灯	確認表示灯の点灯と車灯器の青経過時間により、第2ステップ開始を判定する。停止形に限られる。	—	○	—
ダミー灯器	灯色信号の空端子に抵抗を追加接続し、第2ステップにおいて点灯するよう設定を行い、CTセンサ等により第2ステップ開始を判定する。	—	—	○

### (3) リコール動作時の信号情報の送信

リコール動作を行う交差点の代表的な現示階梯表を表 3-7 に示す。信号情報は、サイクル開始時、及び残秒数が確定する第 2 ステップ開始直後に編集、送信する。そのため、この例では第 2 ステップと第 3 ステップの合計が自動車工業会要望事項である  $\Delta t$  を満たすための時間となる。この合計値が小さい場合は、秒数変更を行うことが必要である。残り青時間を確定できる第 2 ステップ、第 3 ステップに相当するステップがない場合は、追加することが必要である。ダミー灯器として抵抗を使用する場合、抵抗の発熱が懸念されるが、第 2 ステップの時間を短くし、第 3 ステップで必要な時間を確保することで、点灯時間を減らし、発熱を抑えることができる。

表 3-7 リコール動作の現示階梯表と信号情報送信タイミング

ステップ 灯色	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
1 P										
2										
2 P										
押ボタン <sup>(1)</sup>	△									
信号情報送信 <sup>(2)</sup>	○	●								

注<sup>(1)</sup> 押ボタン欄の△は入力例を示す。

注<sup>(2)</sup> 信号情報送信欄の○は残秒数が幅付き情報、●は残秒数が確定情報であることを示す。

### (4) 工場検証におけるリコール動作時の信号情報検証結果概要

表 3-8 に、リコール動作時の信号情報検証結果概要を示す。第 2 ステップへの遷移検知は、歩灯器、確認表示灯、ダミー灯器のいずれの方法でも行えることを確認した。

回転形の時限表切替り前後の認識誤差を表 3-9 に示す。P G ステップ以外が固定ステップである条件の下、時限表切替り前後を含めて、信号情報を正しく提供できることを確認した。

停止形で押ボタンが長く押されなかった後の押ボタン入力時の認識誤差を表 3-10 に示す。G ステップ以外が固定ステップである条件の下、時限表切替り前後を含めて、信号情報を正しく提供できることを確認した。

模擬車載機において、信号残秒数のカウントダウン動作を検証した結果、カウントダウン停止フラグの使い方、及び最小残秒数の設定に課題があることが分かった。

表 3-8 リコール動作時の信号情報検証結果概要

条件 接続	回転形			停止形		
	サイクル 開始時	第 2 ステップ <sup>o</sup> 開始時	時限表切 替り前後	サイクル 開始時	押ボタン 押下時	時限表切 替り前後
歩灯器	試験省略 (1)	部分試験 (1)	試験省略 (1)	試験省略 (1)	試験省略 (1)	試験省略 (1)
確認表示灯	実現困難	実現困難	実現困難	OK	OK	OK
ダミー灯器	OK	OK	OK	試験省略 (2)	試験省略 (2)	試験省略 (2)

注<sup>(1)</sup> 第 2 ステップ開始の検知方法を歩灯器で行うか、ダミー灯器で行うかの違いであり、個別条件の試験は省略。歩灯器の青点滅検知を第 2 ステップ以外で実施。

注<sup>(2)</sup> 確認表示灯に比べてこれらの方法がより確実に実現できる方法であり、回転形で試験済のため停止形では試験を省略。

表 3-9 時限表切替り前後の認識誤差 (回転形)

条件	計測タイ ミング	信号予定情報		灯色変化時刻		認識誤差 (ミリ秒)
		時刻	ミリ秒	時刻	ミリ秒	
パタン 2	青終了	15:44:58	570	15:44:58	435	135
	黄終了	15:45:01	670	15:45:01	435	235
	赤終了	15:45:27	870	15:45:27	436	434
パタン 1	青終了	16:09:08	610	16:09:08	427	183
	黄終了	16:09:11	680	16:09:11	427	253
	赤終了	16:09:42	880	15:45:27	429	451

表 3-10 押ボタンなし継続時の認識誤差 (停止形)

条件	計測タイ ミング	信号予定情報		灯色変化時刻		認識誤差 (ミリ秒)
		時刻	ミリ秒	時刻	ミリ秒	
第 1 ステッ プ秒数経過 後に押ボタ ン入力	青終了	13:56:45	39	13:56:45	70	31
	黄終了	13:56:48	39	13:56:48	70	31
	赤終了	13:57:19	42	16:28:57	70	28

### 3.2.2 感応制御交差点における信号情報提供検討

感応制御は、信号制御機に接続された車両感知器や歩行者感知器等の感知情報に基づき、信号灯色を即時に変更する制御である。青灯色の場合に即時に青信号の打ち切りが行われた場合、自

動車工業会要望事項である $\Delta t$ を満足することができない。そのため、感応ステップの後ろに同じ灯色の固定ステップを追加することで $\Delta t$ を確保する方式について検証する。

(1) 感応制御における制御手法変更について

感応制御は、信号情報提供の観点では歩灯器が青信号のステップを延長・短縮するいわゆるPG感応と、それ以外の感応に分けられる。PG感応の場合は、感応ステップの確定後、車灯器が黄信号に遷移するまで、歩灯器青信号の点滅時間等があり、 $\Delta t$ を容易に確保できる。また、歩灯器の青信号の点滅検知により、感応確定の検知も可能であるため、通常、制御手法の変更は不要である。一方、PG感応以外の場合は、感応階梯と黄信号の間に $\Delta t$ を確保するための固定ステップを追加することと、固定ステップに遷移したことを検知するためのダミー灯器の追加が必要である。表3-11に時差現示の場合の固定ステップ追加後の感応制御の現示階梯表と信号情報送信タイミングを示す。

表 3-11 固定ステップ追加後の感応制御の現示階梯表と信号情報送信タイミング

灯色 \ ステップ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1													
ダミー灯器													
1 P													
3													
2													
2 P													
感応ステップ					○								
秒数例	20	9	4	4	2	8	4	3	23	12	4	4	3
信号情報送信 <sup>(1)</sup>	○					●							

注<sup>(1)</sup>：信号情報送信欄の○は残秒数が幅付き情報、●は残秒数が確定情報であることを示す。

感応ステップの終了判定方法を表3-12に示す。PG感応かPG感応以外かにより、方法を選択する。

表 3-12 感応ステップの終了判定方法

接続	方法	PG 感応	PG 感応以外
歩灯器	PGステップの終了をCTセンサ等により歩灯器の青点滅を検知し判定する。	○	—
ダミー灯器	感応ステップの次に固定ステップを追加する。灯色信号の空端子に抵抗を追加接続し、CTセンサ等により感応ステップの終了を判定する。	—	○

## (2) 信号情報提供の対象とする感応制御

表 3-13 に信号情報提供の対象とする感応制御と固定ステップ追加の有無を示す。固定ステップを追加できない感応制御は、制御機方式においては信号情報提供の対象としない。なお、制御機方式が対象とする交差点で信号情報を提供できない感応制御を実施する交差点はごくわずかである。

表 3-13 信号情報提供の対象とする感応制御と固定ステップ追加の有無

感応制御の種類	感応ステップ	信号情報提供	感応後の固定ステップ	備考
歩行者感応	P G ステップ	可	不要	P F ステップがあるため
高齢者等感応	P G ステップ	可	不要	P F ステップがあるため
ギャップ感応	黄信号の直前	可	必要	
高速感応	P G ステップ	可	不要	P F ステップがあるため
	黄信号の直前	不可		感応効果が得られなくなるため、固定ステップを追加できない。
ジレンマ感応	黄信号の直前	不可		感応効果が得られなくなるため、固定ステップを追加できない。
バス感応	P G ステップ	可	不要	P F ステップがあるため
	黄信号の直前	不可		感応効果が得られなくなるため、固定ステップを追加できない。
地点感応	黄信号の直前	不可		動作が複雑なため対応しない。
F A S T 感応				地点制御には存在しない

注<sup>(1)</sup> P G ステップとは、現示階梯表において歩灯器が青のステップ（階梯）を指す。P F ステップとは、歩灯器が青点滅のステップを指す。

## (3) 固定ステップの秒数設計

固定ステップの秒数は、固定ステップに遷移後に行われる信号情報生成時間、車載機までの通信時間、規制速度及び黄信号の時間に応じて決まる  $\Delta t$  を考慮して設計する。固定ステップの秒数設計例を図 3-5 に示す。

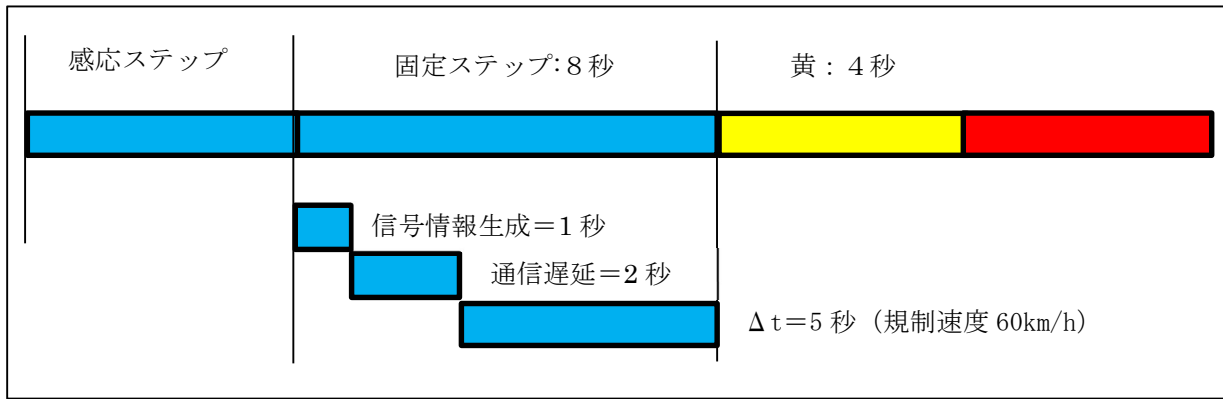


図 3-5 固定ステップの秒数設計例

#### (4) ギャップ感応制御交差点の信号情報提供検証

ダミー灯器により、感応ステップの終了を検知し、確定した信号予定情報を送信していることを確認した。信号予定情報の検証結果の詳細は割愛し、ここでは、固定ステップの秒数設計の妥当性について、表 3-14 に示す設計値と検証結果を比較により確認する。模擬車載機で確認した  $\Delta t$  は、設計値より大きい値を示しており、 $\Delta t$  の要件を満たしている。信号情報生成時間の検証結果は設計値より小さい値であり、設計値の見直しが可能である。通信遅延時間は、本検証環境では小さいが、最終的なシステム構成での通信遅延時間は大きくなる可能性があり、現時点では設計値見直しは不要と考える。

表 3-14  $\Delta t$  設計値との検証結果の比較

項目	設計値	検証結果	備考
$\Delta t$	5	6.5~7.6	注 <sup>(1)</sup>
信号情報生成時間	1	0.21~0.23	CTセンサ検知遅れ含む
通信遅延時間	2	0.15~0.35	今後大きくなる可能性あり
固定ステップ設定値	8	8	1秒単位の設定

注<sup>(1)</sup> 模擬車載機のログは1秒単位のため、確定後の信号情報の残秒数は実際より小さく算出される傾向がある。

#### 3.2.3 固定ステップ追加による信号制御への影響評価

固定ステップ追加による信号制御への影響評価を行うため交通流シミュレーションを行う。固定ステップを大きくすると渋滞等の発生が懸念されるため、ジレンマ回避が可能な固定ステップと、自工会要望の  $\Delta t$  を満たす固定ステップの2種類で検証を行った。

感応ステップでは、直進と右折の通行を前提とする（右折だけの場合は、速度が遅くジレンマゾーンの発生が少ないため）。

##### (1) シミュレーション条件

図 3-6 に示す道路ネットワーク、表 3-15 の流入路の構成、及び表 3-16 の現示階段図を用い



て、時差現示において、ギャップ感応制御を実施する交差点の交通流シミュレーションを行った。

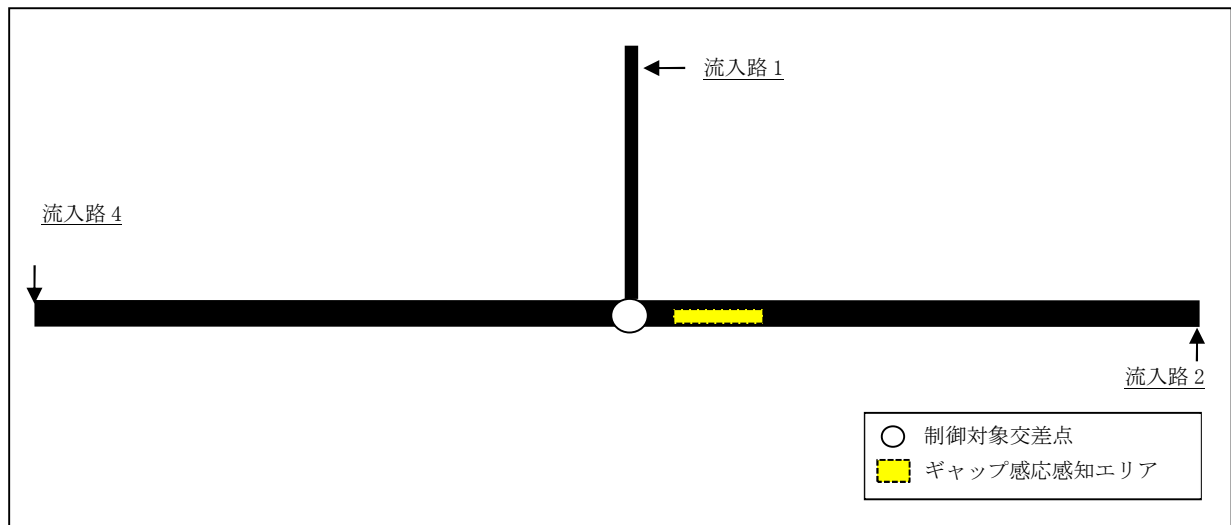


図 3-6 道路ネットワーク

表 3-15 流入路の構成

流入路	流入路 1	流入路 2	流入路 4
流入方向	南行き	西行き	東行き
	従道路	主道路・下り	主道路・上り
車線数	1	2	2
右折用付加レーン	約 50m	約 50m	
ギャップ感応感知エリア		10~30m	

シミュレーションで用いた制御パラメータを表 3-16 に示す。この他、シミュレーションには交通量、時限表等を設定しているが、詳細な情報となるためここでは割愛する。

表 3-16 制御パラメータ

No	概要	ステップ 5	ステップ 6	短縮 限度	延長 限度	備考
1	感応制御あり、固定ステップなし	11		6	2	比較元
2	感応制御を止める	11				
3	固定ステップ追加、 $\Delta t$ 満たさず	7	4 <sup>(1)</sup>	6	2	
4	固定ステップ追加、 $\Delta T$ 満たす	3	8	2	5	

注<sup>(1)</sup> 信号情報生成時間 1 秒、通信遅延時間 2 秒、ジレンマゾーン回避用 1 秒で 4 秒とした。

## (2) シミュレーション結果

現状と固定ステップを追加した場合を、渋滞が発生しない交通量、渋滞が発生する交通量においてシミュレーションを行い、総遅れ時間と総停止回数を比較した結果を表 3-17 に示す。本シミュレーション結果では、感応制御を止めた場合は、固定ステップを追加した場合より、総遅れ時間、総停止回数が大きくなっている。固定ステップを追加した場合、渋滞ありのケースの方が総遅れ時間、総停止回数への影響が大きく、7%前後の影響がある。Δtは満たさないがジレンマゾーンを回避できるだけの固定ステップを追加した場合は、総遅れ時間、総停止回数への影響を4.5%前後に抑えることができる。

表 3-17 時差現示に固定ステップを追加した場合のシミュレーション結果

交通量	シナリオ	総遅れ時間(時間)	総遅れ時間への影響	総停止回数(回)	総停止回数への影響
渋滞なし	現状	35.58	(基準)	3575.9	(基準)
	感応制御を止める	36.63	-3.0%	3645.5	-1.9%
	固定ステップ追加、Δt 満たさず	36.11	-1.5%	3579.4	-0.1%
	固定ステップを追加	36.08	-1.4%	3565.1	0.3%
渋滞あり	現状	76.77	(基準)	7497.4	(基準)
	感応制御を止める	103.81	-35.2%	12455.7	-66.1%
	固定ステップ追加、Δt 満たさず	80.21	-4.5%	7852.6	-4.7%
	固定ステップを追加	81.68	-6.4%	8043.3	-7.3%

現状の感応ステップの秒数が小さい場合は、固定ステップ追加による影響が大きいことが想定される。現状、感応ステップ8秒の交差点を感応ステップ3秒、固定ステップ8秒とした場合についてもシミュレーションを行っている。結果として総遅れ時間が2割近く増加する結果であった。Δtを確保することは、自動運転車の安全性を向上するためのものであるが、必須であるとは定義されていない。そのため、円滑性を損なう場合、どのような対応をとるかの判断基準が必要となる。

#### 4. 運用に向けた課題

##### 4.1 機能配置と検証

###### 4.1.1 概要

交差点毎に信号予定情報提供サービスする場合のサービス開始までのフローを想定し、現状の機能配置に関する検討を行う。

###### 4.1.2 信号予定情報提供サービス開始までのフロー案

ある交差点で信号予定情報提供サービスするまでのフロー案を以下に示す。ここでは集約システムが、信号予定情報を収集するまで検討する。工事後に交通管制センタ内で動作確認を行い、その後、集約システムに信号予定情報提供交差点の増設の連絡を行うフローを想定した。集約システムとの連携については、集約システムの機能により、変わるものとする。

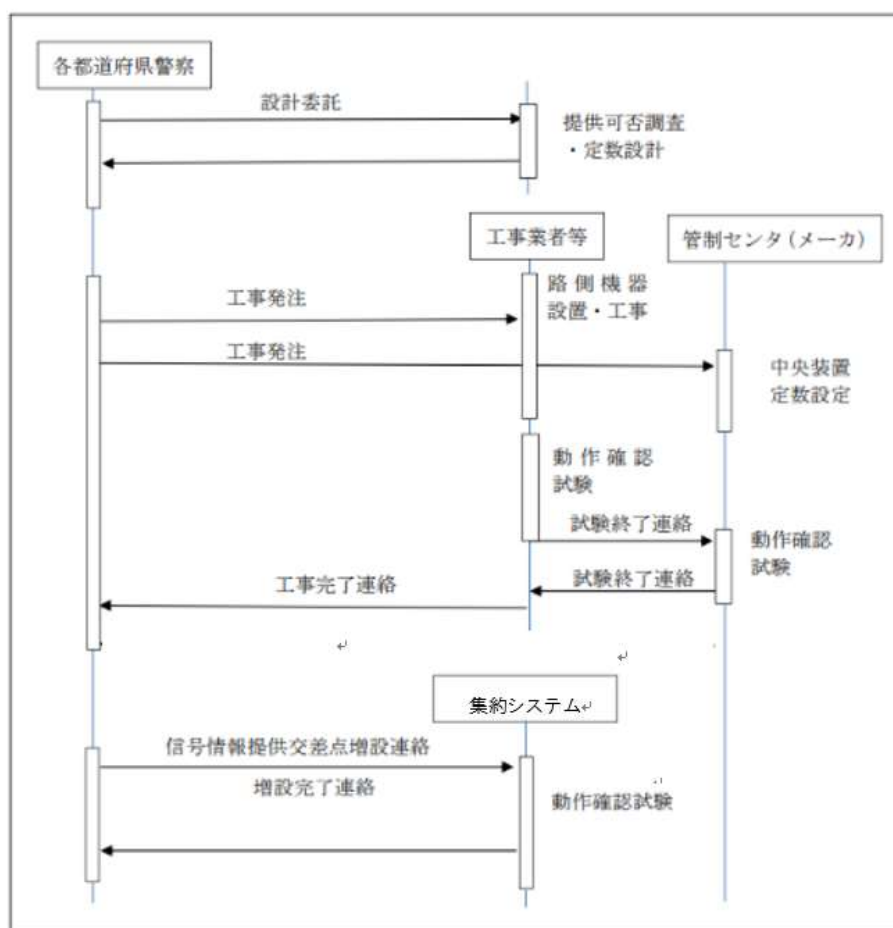


図 4-1 信号予定情報提供サービス開始までのフロー案

###### 4.1.3 検証機能

信号情報配信装置に、信号情報配信機能を持たせ、交通管制センタ内で模擬車載機での動作確認を可能とする。

## 4.2 信号情報提供対象交差点と地図との紐づけについて

### 4.2.1 概要

受信した信号予定情報を活用するためには、受信した情報がどの交差点の情報なのか、また、データの並びに対して、必要とする方路の情報ほどのデータなのかを読み解くための定義情報が必要となる。そこで、信号予定情報の提供を行うために必要となる、定義情報（以降、交差点管理データという）について、検討を行った。

### 4.2.2 基本方針

- (1) 交差点と地図とを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。
- (2) 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ためのものとする。

### 4.2.3 交差点管理データの管理について

交差点は、道路改良等により、位置や現示が変更される場合がある。そのため、信号予定情報と交差点管理データは道路改良等があった場合でも矛盾がないよう、整合させる必要がある。

整合性を図るための仕組みとして、信号予定情報と交差点管理データにバージョン番号を設定することとする。

#### 4.2.4 交差点管理データのフォーマット案

交差点管理データのフォーマット案を図 4-2 に示す。

構成DF/DE	表現形式	コード	備考
DF_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/単路 ID	bin(15)	C-2	
予備 DE_複数差路フラグ	bin(8)		最上位ビット 1 の場合、複数差路であることを示す。
予備 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 ID 中心位置定義(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)		定数情報のバージョン番号
DF_中心緯度			
DE_緯度 (度)	bin(8)	B-1	
DE_緯度 (分)	bin(8)	B-2	
DE_緯度 (秒)	bin(16)	B-3	1/100 秒
DF_中心経度			
DE_経度 (度)	bin(9)	B-4	
DE_経度 (分)	bin(7)	B-5	
DE_経度 (秒)	bin(16)	B-6	1/100 秒
DF_交差点情報(各方路情報など)			
運用モード	bin(1)		0:テスト 1:運用
DE_方路数 (I)	bin(7)		方路数
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			

図 4-2 交差点管理データ

#### 4.2.5 定義情報の内容について

既に公開されている情報で、共用できる情報がないか調査を行った。調査結果を以下に示す。

##### (1) S I P 第 2 期「交通規制情報の活用による運転支援の高度化」の交差点情報について

###### ア 概要

警察庁が戦略的イノベーション創造プログラム (S I P) 事業の一環として実施する「交通規制情報の活用による運転支援の高度化」に係る調査研究において取りまとめた交通規制情報のデータフォーマットであり、都道府県警察が管理する全ての交通規制情報の種別を網羅したデータフォーマットを基に、自動運転システムで交通規制情報を活用するために必要な水準を満たすものとして策定したもの。共用の可能性としては、「交差点 ID」と「交差点位置情報」があるが、交差点位置については、各都道府県警察が設定する情報であり、必ずしも交差点の中心位置を示すものではない。

【参考】 J A R T I C ホームページの各種情報の提供（オープンデータ） を参照

<https://www.jartic.or.jp/service/opendata/>

イ メリット

自動運転向けの情報であり、目的が同じである。

ウ 問題点等

方路情報が存在しない。

(2) 日本道路交通情報センターが提供の交差点情報について

ア 概要

全国の都道府県警察が設定した主要な交差点の信号制御の実施状況を警察庁においてとりまとめ、(公財)日本道路交通情報センター(以下「JARTIC」)が提供を行っている。提供されている交差点制御情報としては、対象交差点の位置等の定義情報ファイルと制御サイクル長等をまとめた制御情報ファイルがあるが、(公財)日本交通管理技術協会では、定義情報ファイルから対象となる交差点の位置及びその交差点への流入道路、流出道路をデジタル地図上に表示し提供を行っている。

イ メリット

有償提供の仕組みを有している。

ウ 問題点等

対象交差点が少ない。

(3) まとめ

公開されている交差点情報について調査を行った結果、一部活用はできるものの、そのまま共用できるデータは存在しなかった。

また、図 4-3 に示す複数差路等の交差点においては、都道府県警が管理する交差点の単位と信号情報提供用の交差点の単位が必ずしも一致しない場合がある。

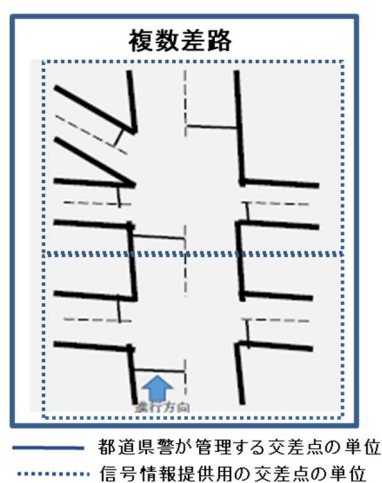


図 4-3 交差点の管理について

信号予定情報を行うための交差点の単位と、都道府県警が管理する交差点が合わない場合の対応について検討を行う必要がある。

#### 4.3 通信回線費用削減

非集中信号制御機は、現状、交通管制センタと通信回線で接続されていない。そのため、通信回線としてLTE回線を導入することを前提として、県警モデルシステムを設計しているが、通信回線費用が高いことが懸念される。近年、IoT（Internet of Things）用途に適した低消費電力の広域無線通信方式であるLPWAが注目されている。LPWAは、回線費用が安価であるため、通信回線費用削減策として有効であるか検証を行う。

##### 4.3.1 LPWA検証

ここでは、LPWA検証の検証方法、および検証結果の概要について示す。

###### (1) 検証方法

LPWAには複数の方式があるが、送信サイズ、及び通信頻度の制約が少ないLTE-Mによる検証を行う。通信モジュールは、Windowsパソコンと接続が可能な京セラ製IoTユニットを用いた。

検証目的は、LPWAを採用した場合の基本性能（通信遅延、時刻精度、信号情報精度）を検証することとする。交通管制センタへの接続は行わず、クラウド上に構築した模擬の信号情報センタに接続する。図4-4にシステム構成図を示す。

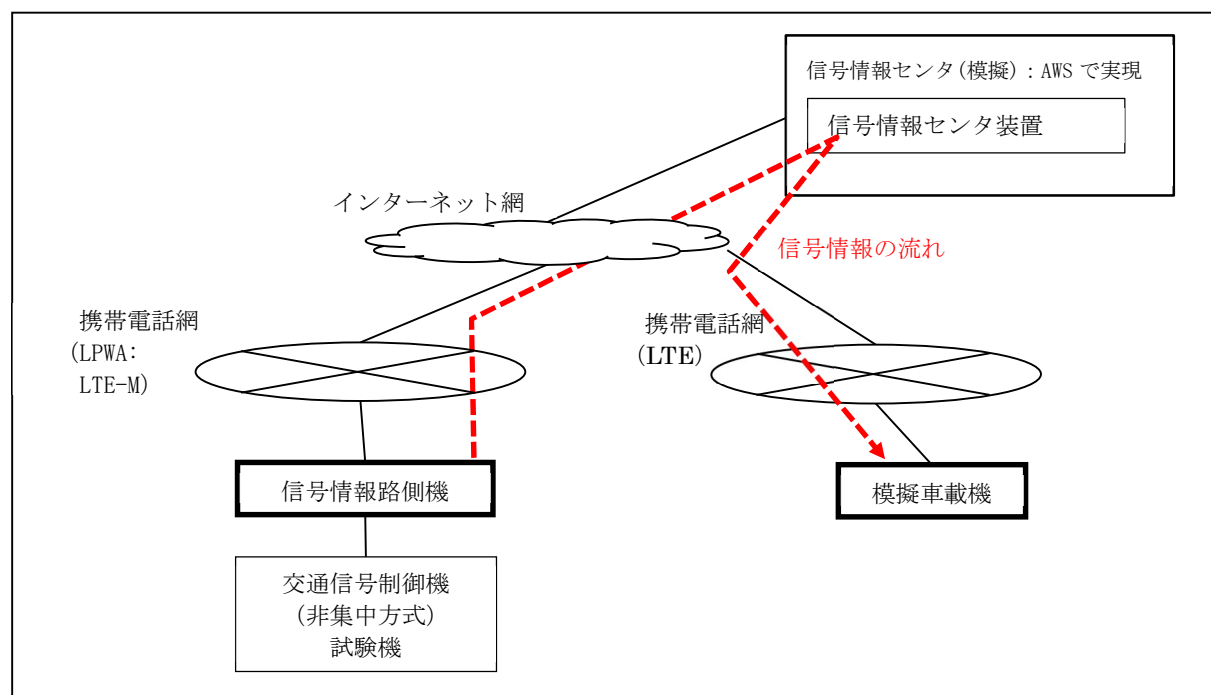


図 4-4 LPWA検証のためのシステム構成

## (2) 検証結果

表 4-1 に L P W A 検証結果概要を示す。基本性能としては良好な結果であり、L P W A 回線を採用できる可能性がある。L P W A 採用に当たっては、信号情報提供に必要とされる信頼性を確認し、中・長期で検証していくことが必要と考える。

表 4-1 L P W A 検証結果概要

項目	検証結果
時刻精度	時刻誤差に相当するフェーズオフセットは、 $-21.6\text{msec} \sim 0\text{msec}$ の範囲であり、L T E 回線との大きな違いは見られない。時刻誤差の許容値の仮設定値である $50\text{msec}$ と比べて、十分小さい値となっている。
通信遅延時間	信号情報路側機・信号情報センタの通信遅延時間は、L T E と比べて通信遅延は大きく、約 $300 \sim 1500\text{msec}$ の範囲となっている。
認識誤差	認識誤差の範囲は $-13\text{msec}$ から $163\text{msec}$ の範囲に入っており、通信遅延時間の影響を受けていないことを示すものとする。
データ通信量	1 分間の計測結果から一カ月分のデータ通信量を算出した。150MB 程度であり、L T E 回線に比べて、安価な通信料となることが期待できるデータ量である。



## 5. 課題

- (1) 管制方式については、信号制御パラメータが予め確定している場合においても（制御内容が変動する、感応制御等を除いた場合でも）、1秒以上の認識誤差が発生した。主な要因としては、信号制御機は100msec単位で制御を行っているが、交通管制センタ側は秒単位で処理を行っていることがあげられる。精度向上に向け、継続して検討を行う必要がある。
- (2)  $\Delta t$ 秒前に信号予定情報を確定させるための制御方式の導入については、自工会からの要望である $\Delta t$ に影響を与える遅延時間、及び $\Delta t$ を確保した場合の交通に与える影響等を鑑みて、判断を行う必要がある。今年度の実証実験の結果では、交通管制センタ内の遅延が2秒程度となっており、 $\Delta t$ 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。  
また、制御方式の見直しは困難と判断した場合の取り扱いについても検討を行う必要がある。
- (3) オフセット追従や感応時の補正等、メーカー等により動作が異なるため、提供する信号予定情報と実際の灯器出力にずれが生じる場合がある。解決に向け、検討を行う必要がある。
- (4) 仕様上の課題については、車載機側での使い方に加え、信号予定情報の編集側の実装の容易性を考慮しながら検討することが必要である。実装上の課題については、課題解決を行い、完成度を高めていくことが必要である。
- (5) 信号情報センタの在り方について、課題の洗い出し、及び課題解決に向け、検討を行う必要がある。

### 第3章 信号情報集約システムの検討

## 1. はじめに

本書は、戦略的イノベーション創造プログラム（S I P）第2期／自動運転（システムとサービスの拡張）における、「クラウド等を活用した信号情報提供」のうち、テーマ5：警察庁信号情報集約システムの仕様化について記載したものである。

### 1.1 本研究開発の目的

戦略的イノベーション創造プログラム（S I P）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（S A E 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おり、その一環として、本事業では、「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する研究開発を行う。

### 1.2 本研究開発の位置づけ

2019年度に実施した「戦略的イノベーション創造プログラム（S I P）第2期／自動運転（システムとサービスの拡張）／I T S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」（以下「2019年度施策」という。）の検討結果を踏まえ、管制方式を軸として、補完的に集中方式及び制御機方式の都道府県警察モデルシステムを構築し、自動運転に向けた信号情報提供の検証を行うとともに、来年度に構築を予定している警察庁に信号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・作成を実施する。図1-1に研究開発全体のシステム構成の概念図を掲載する。なお、「クラウド等を活用した信号情報提供」に向けて、表1-1に示す7つの要領を実施するため、表1-2に示す5つのテーマに分類し研究開発を行うことになっている。

本研究開発はテーマ5の「警察庁信号情報集約システムの仕様化」であり、実施要領の「6. 警察庁信号情報集約システムの技術要件の検討」「7. 警察庁信号情報集約システムの仕様書案の作成」を実施するものである。

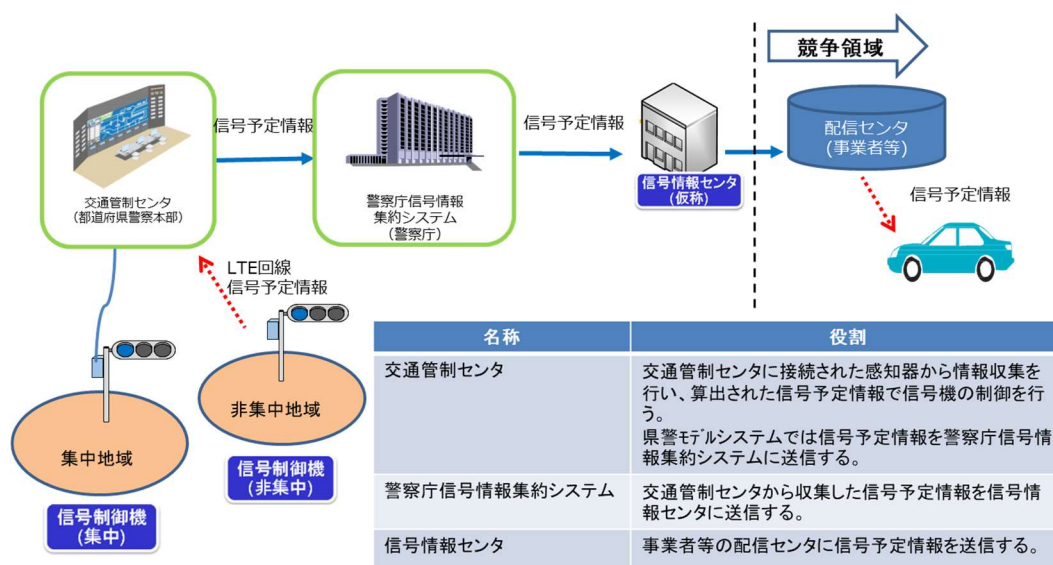


図 1-1 システム概念図

表 1-1 仕様書記載の実施要領

番号	要領	備考
1	県警モデルシステムの構築	
2	県警モデルシステムによる信号情報の検証	
3	信号制御手法の変更による信号情報等の検証	
4	県警モデルシステム仕様書案の見直し	
5	信号情報提供に必要となる信号制御手法ガイドライン案の作成	
6	警察庁信号情報集約システムの技術要件の検討	本研究開発の対象
7	警察庁信号情報集約システムの仕様書案の作成	本研究開発の対象

表 1-2 テーマ一覧

番号	テーマ名
テーマ 1	県警モデルシステム仕様書の見直し
テーマ 2	提供手法案「管制方式」モデルシステムの構築
テーマ 3	提供手法案「集中方式」県警モデルシステムの構築
テーマ 4	提供手法案「制御機方式」モデルシステムの構築
テーマ 5	警察庁信号情報集約システムの仕様化

### 1.3 本研究開発の実施内容

警察庁に信号情報を集約するシステムである警察庁信号情報集約システムに関して、以下の事項について実施する。

- ① 集約システム技術要件調査計画書（案）を作成する。
- ② 集約システム技術要件書（素案）を作成する。
- ③ 集約システム仕様書（素案）を作成し、集約システム委員会に提出する。
- ④ 担当分の成果に係る報告書（案）を作成し、集約システム委員会に提出する。

上記の成果物に関しては、別途開催される集約システム委員会に提出する。

なお、警察庁に設置することを前提とした警察庁信号情報集約システムについて全体システム構成と業務要件ならびに機能要件について整理する。

表 1-3 の実施計画に留意し、推進するものとし、これらの結果を技術要件書及び集約システム仕様書へ反映させるものとする。

なお、2019 年度に検証環境として構築した信号情報配信装置の設計資産等を活用するものとする。

表 1-3 実施計画一覧

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ならびにデータベースに収容できる交差点数規模検討を行うとともに、業務フローを明確にする。
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する。データベースを活用するにあたり、登録、参照、統計、検索機能について検討する。受信間隔や実際の信号制御実行情報と感応時などの信号制御指令情報との差異のデータベース格納などデータベース格納における性能要件の洗い出しも含む。
3	画面、帳票関係	信号情報を収集する対象交差点の検索、参照時の画面、帳票関係の整理を行う。
4	システム信頼性関連	システムの信頼性について検討するとともに、セキュリティ設計を行うにあたっての通信経路の範囲の明確化をおこない、脅威分析を含めた情報セキュリティ要件検討を行う。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を抽出する。
5	仕様書関連	上記作業を通してまとめたものを集約システム機能要件書ならびに集約システム仕様書としてまとめる。

#### 1.4 実施スケジュール

実施スケジュールを表 1-4 に示す。

表 1-4 実施スケジュール

研究開発項目	2020年度			
	第1半期	第2半期	第3半期	第4半期
<b>テーマ5 警察庁信号情報集約システムの仕様化</b>				
集約システム技術要件調査計画書(案)の作成、提出	→			
集約システム技術要件書(素案)の作成、提出	→			
集約システム仕様書(素案)の作成、提出			→	
報告書(案)の作成				→

## 1.5 実施体制

研究開発全体の推進体制における我々の位置づけは図 1-2 に示すとおりである。

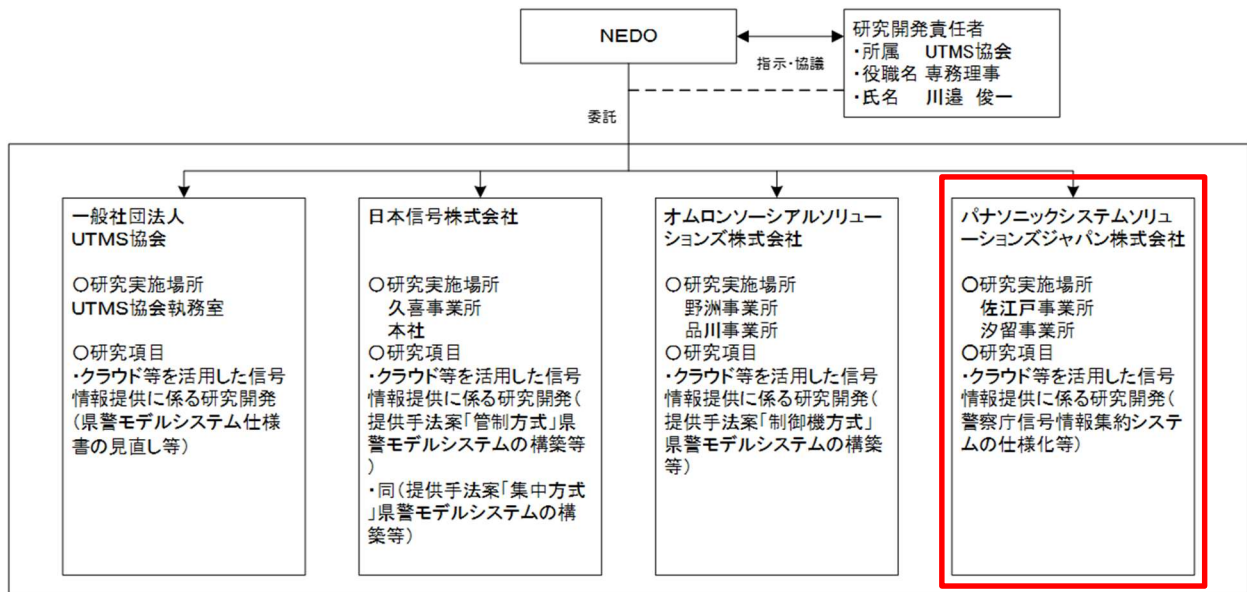


図 1-2 研究開発体制図 (全体)

我々は以下に示す研究開発体制でプロジェクトを推進した。

- ・プロジェクト窓口： 1名
- ・プロジェクト業務管理者： 1名
- ・経理責任者： 1名
- ・担当営業窓口： 1名
- ・研究員： 6名 (上記担当者以外)

## 1.6 用語の定義

### (1) 交通管制システム

道路交通に関する情報の収集・分析及び伝達により、信号機、道路標識又は道路標示の操作並びに警察官又は交通巡視員に対し行う交通の規制に関する指令を一体的かつ有機的に行うためのシステムのことをいう。

### (2) 信号予定情報

交差点に設置されている車両用信号灯器ならびに歩行者用灯器の灯色情報ならびに各灯色の残り秒数の情報のことをいう。自動運転車両に搭載される画像センサー等において、状況によって信号灯器および灯色の認識精度が低下する懸念があるため、自動運転車両が信号灯色を正しく認識し、安全に走行することを目的として、必要不可欠なインフラが生成する信号情報のことをいう。

### (3) 履歴データ

信号予定情報等の詳細な分析に用いるデータで、都道府県警察交通管制システム、信号情報センターから受信したデータを時系列に再構築したものをいう。

(4) 統計データ

信号予定情報等の評価及び分析に用いるデータで、履歴データを抽出し、統計処理を行ったものをいう。

(5) デジタル地図

道路情報をコンピュータで扱えるように数値情報として表現した地図をいう。

(6) 信号情報配信装置

都道府県警察の交通管制センターに設置され、信号予定情報を配信する装置をいう。

(7) レスポンス

サーバにおいて、交通情報端末及び都道府県警察交通管制システムからの要求完了後から回答の送信を開始するまでの時間をいう。

(8) 各サーバ

信号情報集約装置、集約用データ管理装置、情報検証装置、ネットワーク監視装置 1 をいう。

(9) 各ネットワーク機器

レイヤー 2 スイッチ、レイヤー 3 スイッチ及びファイアウォールをいう。

## 2. システム要件

### 2.1 業務機能要件

クラウド等を活用した信号情報の提供を目指す本システムは、都道府県警察の交通管制システム、警察庁の信号情報集約システム、信号情報センタ（仮称）が連携して、機能を実現するものである。そこで、各システムが有機的に連携するには各々の役割を明確にする必要がある。ここでは信号情報集約システムの立場から各システムの役割を表 2-1 のように整理した。

表 2-1 信号情報提供の役割分担

事業者 /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（仮）及び 事業者配信サーバ（仮）
主たる装置	信号情報配信装置	信号情報集約装置	信号情報配信サーバ
役割	情報の生成 （正確性）	・全国情報集約・配信 ・提供内容の管理	提供要求に応じたデータ配信
交差点 管理情報	情報の登録・配信 （正確性）	・提供交差点の管理	提供位置・方路の紐付け
具体的な役割	<b>信号予定情報の生成</b> （信号予定情報生成機能等） 信号制御機からリアルタイムに情報を受信し、信号予定情報を生成し、送信する。また、異常発生時には異常情報も付加する。  <b>交差点管理情報の登録</b> ・信号予定情報を配信する交差点について、交差点管理情報を生成し配信する。加えて、管理情報に付加する情報がある場合も本装置にて付加する。	<b>信号情報等の受配信管理</b> （信号予定情報判定等） <b>【規約整合】</b> 信号情報配信装置から信号予定情報を受信し、インタフェース規約違反を確認する。  <b>【通信異常】</b> 信号情報配信装置との接続断もしくは無通信を認識した場合は、配信装置配下全ての情報を異常として配信する。  <b>履歴照会</b> （信号予定情報照会機能等） ・受信した信号予定情報・交差点管理情報及び配信した信号予定情報・交差点管理情報に関して、照会が可能なように、一定期間蓄積する。	<b>信号予定情報の配信管理</b> ・要求のあった車載機に対して、信号予定情報を配信する。  ・交差点管理情報によって、提示される交差点及び方路を関連付けを行う。

#### 2.1.1 システム形態の方式検討

本調査研究を行うにあたり、次の方式に関して評価することが条件となっている。

- ・集約方式：都道府県警察からの信号予定情報等を警察庁に設置される信号情報集約装置で集約する方式
- ・還流方式：都道府県警察からの信号予定情報等を第三者機関が運営する信号情報センタ等で集約し、警察庁に設置される信号情報集約装置へ還流させる方式

データフローの概略図と上述の役割の配置を記したものを図 2-1、図 2-2 に示す。



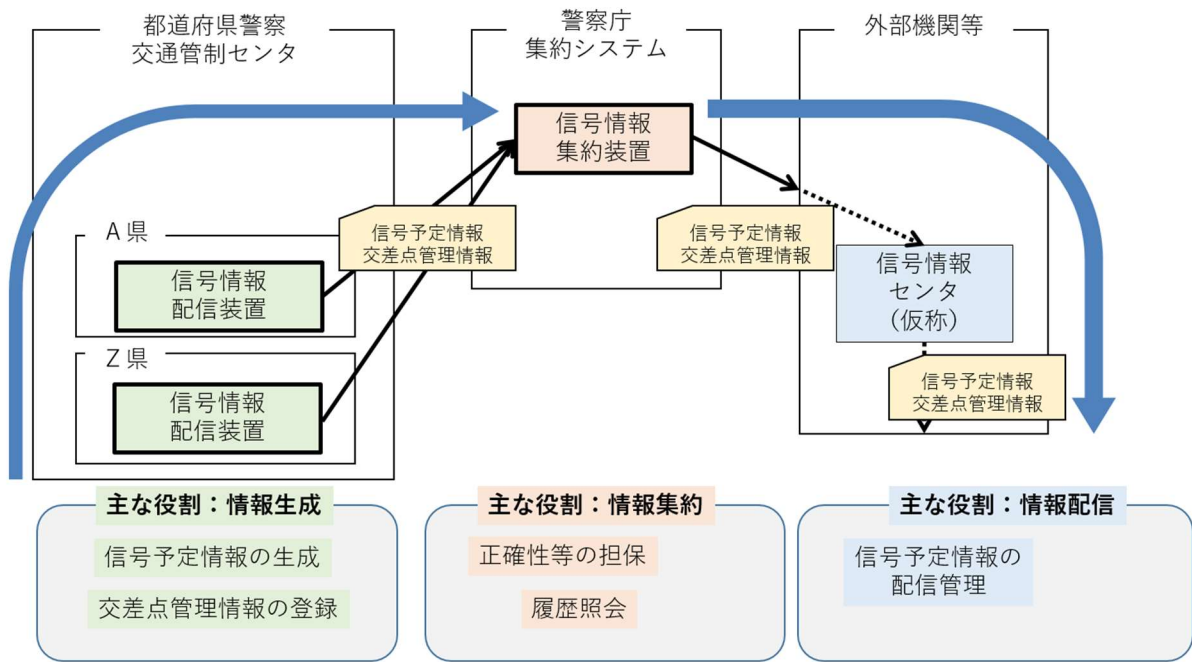


図 2-1 集約方式のデータフロー図と役割分担

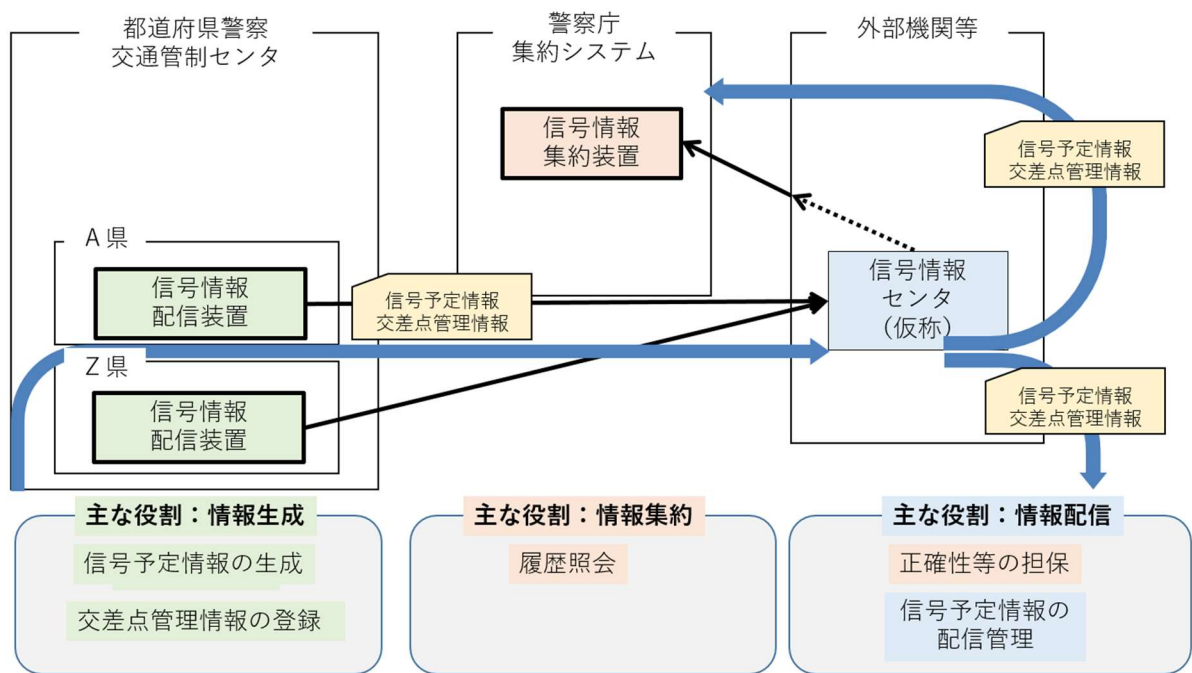


図 2-2 還流方式のデータフロー図と役割分担

これらの方式を 技術面（データ遅延、分析高度化）、技術・運用面（情報セキュリティ等）、運用面（障害発生時の対応容易性）、政策面（実用化・整備速度）の5つの評価軸で、比較して評価を行った。

表 2-2 にその内容を示す。評価項目の内、4項目において集約方式の優位性が確認できた。従って、以降の項目では、基本的に集約方式内容について検討を深めるものとする。

表 2-2 両方式の評価比較

方式評価観点	集約方式	還流方式	備考
技術面 (データ遅延)	△ 信号情報集約装置での処理時間がかかる。処理時間はデータ規模及び選定機種に依存する。	○ 信号情報集約装置を間に挟まない分、遅延時間は少ない。	今後、実証により集約方式での処理時間の見極めを行っていく必要がある。
技術面 (分析高度化)	○ ・集約システムを構築すると、都道府県警察から一次情報を蓄積できる。 ・警察庁殿で別途整備している広域交通管制システムのデータ等も活用し、データ検証の実施が容易となる。	△ 還流情報を元にデータ検証をする場合に、分析が限定的になる可能性がある。もしくは第三者機関に要請を行う必要がある。	
技術・運用面 (情報セキュリティ等)	○ 広域交通管制システム等で、都道府県警察の交通管制センタと接続している例があり、問題ない。	× ・現時点では、第三者機関で情報を集約するので一次データの取扱い、警察庁集約システムが常時データ受信するような場合の制度設計等の運用面に関係する課題が多い。 ・都道府県警として専用線を第三者機関に対して敷設する必要がありセキュリティ面や維持管理面で負担となる。	
運用面 (障害発生時の対応容易性)	○ 集約システムから配信するため、信号情報センタとしては障害発生時の対応が容易となる。	× 現時点では、信号予定情報の配信に不備があった際、その問題切り分け等については都道府県警察となってしまうが、そうした制度設計から必要になる。	
政策面 (実用化・整備速度)	○ 警察庁及び都道府県警察の調整により事業整備が可能となる。整備拡大時も同様であると考えられる。	× 警察庁、都道府県警察及び第三者機関において調整が必要となり、実用化までのスピードが下がる可能性がある。整備拡大時も調整が必要となってくる。	

凡例： ○：適している、 △：運用にあたり課題が存在する ×：運用にあたり課題が多数ある

### 2.1.2 システム機能

信号情報集約システムとして具備するソフトウェア機能について、表 2-3 に示す。

表 2-3 信号情報集約システムの機能一覧

機能区分	機能項目	説明
情報受信	信号予定情報受信	都道府県警察の交通管制センタに整備される信号情報配信装置から信号予定情報を受信すること。 なお、信号情報配信装置との間の通信プロトコル、データ構造及び配信周期に関しては警察庁が別途指示する。
	交差点管理情報受信	都道府県警察の交通管制センタに整備される信号情報配信装置から交差点管理情報を受信すること。 なお、信号情報配信装置との間の通信プロトコル、データ構造及び配信周期に関しては警察庁が別途指示する。
情報蓄積	信号予定情報蓄積	信号予定情報を信号情報配信装置単位または県単位でデータベースに登録し、蓄積すること。
	交差点管理情報蓄積	交差点管理情報を信号情報配信装置単位または県単位でデータベースに登録し、蓄積すること。
	配信用信号予定情報蓄積	信号情報センタに送信する信号予定情報を県単位でデータベースに登録し、蓄積すること。
	配信用交差点管理情報蓄積	信号情報センタに送信する交差点管理情報を県単位でデータベースに登録し、蓄積すること。
稼働監視	接続装置状態監視	都道府県警察の交通管制センタに整備される信号情報配信装置および信号情報センタの状態を監視すること。
	システム状態監視	集約システムの装置状態の監視結果に基づき、システム状態が異常となる場合は信号情報センタへ通知すること。
情報管理	信号予定情報判定	信号情報配信装置から受信した信号予定情報フォーマットを検証する。交差点の状態が異常であることを受信した場合には、当該交差点の情報を無効とすること。
	装置稼働判定	接続装置状態及びシステム状態に応じて異常と判定される場合は、当該交差点の情報を無効とすること。
	信号予定情報管理	信号予定情報を交差点単位で管理し、データ更新都度最新状態に更新管理すること。
	交差点情報管理	交差点管理情報を交差点単位で管理し、データ更新都度最新状態に更新管理すること。
情報検証	信号予定情報監視	信号情報配信装置からのデータ有効期間等を検証し、適切なタイミングで情報が更新されない場合、その結果を蓄積する。それと合わせて、当該交差点若しくは当該情報源からの信号予定情報についてシステム状態無効として配信すること。

情報送信	信号予定情報送信	送信準備された信号予定情報を信号情報センタに送信すること。 なお、信号情報センタとの間の通信プロトコル、データ構造及び配信周期に関しては警察庁が別途指示する。
	交差点管理情報送信	送信準備された交差点管理情報を信号情報センタに送信すること。 なお、信号情報センタとの間の通信プロトコル、データ構造及び配信周期に関しては警察庁が別途指示する。
システム管理機能	警報出力	接続装置状態及びシステム状態に応じて異常と判定される場合は、警報出力する。
	蓄積データ管理	データベース化したデータの保存期間は1年間とし、それ以前のデータは自動で消去すること。
	時刻同期機能	NTPプロトコルにより装置時刻を同期する。
デジタル道路地図	デジタル道路地図表示	(1) 次の道路等を表示できること。 ア 幅員が3m以上の一般道路、高速自動車国道及び自動車専用道路 イ 国土地理院地形図（2万5千分の1）に示す鉄道、駅、湾岸線、湖沼及び河川 なお、国土地理院地形図は、契約時における最新のものであること。 (2) 地図は1/5,000,000～1/1,000を含む範囲の縮尺が表示可能であり、10段階以上で拡大及び縮小表示ができること。 (3) 地図は、契約時における最新版とし、警察庁の承認を得ること。 (4) 地図は、更新できるものであること。 (5) 地図を同時に2枚以上起動できること。

	<p>デジタル地図 操作</p>	<p>(1) スクロール 次の3種類のスクロールモードで地図のスクロールができること。</p> <p>ア マウスの左ボタンのダブルクリックによるワンタッチスクロール(ダブルクリックした地点が画面の中心にスクロールする。)</p> <p>イ マウスの左ボタンのドラッグによるつかみスクロール</p> <p>ウ マウスの右ボタンのクリック&amp;ドラッグによるフリースクロール</p> <p>(2) 縮尺変更 地図上の縮尺変更により、無段階又は10段階以上での縮尺変更できること。また、マウスホイールの操作による縮尺変更に対応できること。</p>
	<p>検索地図表示</p>	<p>(1) 地図検索 ア 検索種別(住所/地名、郵便番号、交差点名、駅、路線名)に応じて、文字検索を行い、検索結果をリスト表示すること。 イ リスト表示された検索結果を選択することにより、選択位置を地図表示すること。</p>
<p>デジタル道路 地図上の信号</p>	<p>共通</p>	<p>デジタル地図上に表示する各種情報は重畳表示できること。</p>
<p>予定情報の表示</p>	<p>信号予定情報 稼働情報表示</p>	<p>デジタル地図上に信号機マークを表示し、その表示色等により信号予定情報の稼働状態(データあり、データなし(欠測)、収集期間内にデータなし)を示すこと。なお、信号機マークの表示位置は交差点管理情報に従うこと。</p>
	<p>信号予定情報 リアルタイム表示</p>	<p>(1) 最新の信号予定情報に基づき、当該装置の時計時刻と比較し、現在灯色及びその残秒数を算出し、その後、計時とともに、残秒数をカウントダウンできること。 さらに、残秒数が0になった場合は、次の灯色に切り替わり及びその残秒数を算出できること。 なお、新たに信号予定情報を受信し、最新の信号予定情報が更新された際にはその情報に切替えて表示できること。</p> <p>(2) 表示条件は、交差点及び灯器IDを指定できること。 なお、交差点数は最大4つ、灯器IDは最大1つとすること。</p>

管理情報照会	接続装置状態 情報抽出	<p>(1) 接続先である都道府県警察の信号情報配信装置、信号情報センタの監視状況（正常／異常等）を抽出し、一覧化できること。</p> <p>(2) 監視情報を照会する時刻を設定することができること。        なお、設定する時刻は蓄積データある範囲とし、年月日時分で設定することができること。</p> <p>(3) 一覧表示する際に、自動更新のオン・オフを指定できること。        なお、表示する情報の時刻は、最新、既に登録されている情報の時刻の1分前及び1分後がボタンにより容易に変更及び表示ができること。また、設定表示される時刻情報（年月日時分）を表示すること。</p> <p>(4) 表示方法については、警察庁と協議の上、決定すること。</p>
信号予定情報 照会	信号予定情報 稼働情報抽出	<p>(1) 受信情報である信号予定情報に関する稼働状態（正常／異常/介入停止等）を交差点単位で抽出し、一覧化できること。</p> <p>(2) 稼働情報を照会する時刻を設定することができること。        なお、設定する時刻は蓄積データある範囲とし、年月日時分で設定することができること。</p> <p>(3) 一覧表示する際に、自動更新のオン・オフを指定できること。        なお、表示する情報の時刻は、最新、既に登録されている情報の時刻の1分前及び1分後がボタンにより容易に変更及び表示ができること。また、設定表示される時刻情報（年月日時分）を表示すること。</p> <p>(4) 稼働状態毎に件数を抽出し、表示できること。</p> <p>(5) 表示方法については、警察庁と協議の上、決定すること。</p>

<p>信号予定情報 詳細履歴データ抽出</p>	<p>(1) データベースに蓄積された信号予定情報の履歴データの照会・表示ができること。</p> <p>(2) 信号予定情報の履歴データの照会条件は、照会日時（年月日時分）、提供県、交差点を指定できること。 なお、表示する情報の時刻は、最新、既に登録されている情報の時刻の前情報及び後情報がボタンにより容易に変更及び表示ができること。また、設定表示される時刻情報（年月日時分）を表示すること。</p> <p>(3) デジタル道路地図上から対象地点を選択して、履歴データ照会の対象地点を設定できること。</p> <p>(4) 表示方法については、警察庁と協議の上、決定すること。</p> <p>(5) 帳票表示でき、CSV もしくは Excel 形式で保存ができること。</p>
<p>信号予定情報の 受信・稼働履歴抽出</p>	<p>(1) 接続先である都道府県警察の信号情報配信装置からの受信した情報に関して、受信・稼働状況の履歴一覧を表示することができること。</p> <p>(2) 一覧表示の照会条件は、照会時刻、交差点及び稼働情報を設定することができること。 なお、設定する時刻は蓄積データある範囲とし、年月日時分で設定することができること。</p> <p>(3) 表示方法については、警察庁と協議の上、決定すること。</p> <p>(4) 帳票表示でき、CSV もしくは Excel 形式で保存ができること。</p>
<p>信号予定情報の 配信・稼働履歴抽出</p>	<p>(1) 接続先である信号情報センタへ送信した情報に関して、送信・稼働状況の履歴一覧を表示することができること。</p> <p>(2) 一覧表示の照会条件は、照会時刻、交差点及び稼働情報を設定することができること。 なお、設定する時刻は蓄積データある範囲とし、年月日時分で設定することができること。</p> <p>(3) 表示方法については、警察庁と協議の上、決定すること。</p> <p>(4) 帳票表示でき、CSV もしくは Excel 形式で保存ができること。</p>

信号予定情報 表示	リアルタイム表示	<p>(1) 最新の信号予定情報に基づき、当該装置の時計時刻と比較し、現在灯色及びその残秒数を算出し、その後、計時とともに、残秒数をカウントダウンできること。さらに、残秒数が0になった場合は、次の灯色に切り替わり及びその残秒数を算出できること。</p> <p>なお、新たに信号予定情報を受信し、最新の信号予定情報が更新された際にはその情報に切替えて表示できること。</p> <p>(2) 表示条件は、交差点及び灯器IDを2つ以上指定できること。</p> <p>(3) 表示方法については、警察庁と協議の上、決定すること。</p>
信号予定情報 介入	停止介入	<p>(1) 交差点を指定し、信号予定情報の配信を停止することができること。</p> <p>(2) なお、交差点の指定は複数交差点を一括で指定できること。</p> <p>(3) 停止する条件として、即時・終了時点未定、期間指定等が指定でき、停止理由等のコメントを入力することが可能であること。</p>
	停止介入一覧	<p>(1) 信号予定情報の停止介入の実施時状況を一覧表示できること。</p> <p>(2) 実施状況とは、介入の状態、交差点ID、介入期間、コメント表示等を表示するものである。</p> <p>(3) 一覧上から、停止介入の削除、及び変更を行うことが可能であること。</p>

なお、機能関連図について巻末の付録に掲載するものとする。



## 2.2 画面の機能要件

ソフトウェア機能構成で示した中で、画面機能として実現するものについて以下に概要を記載する。

### 2.2.1 デジタル道路地図上の信号予定情報表示（稼働情報表示）

信号予定情報に関する提供状況及び提供可能範囲の地理的連続性の把握を目的として、本機能を実現する。デジタル地図上に信号機マークを表示し、その表示色等により信号予定情報の稼働状態（データあり、データなし（欠測）、収集期間内にデータなし）を示す。なお、信号機マークの表示位置は交差点管理情報に従うこと。

### 2.2.2 デジタル道路地図上の信号予定情報表示（リアルタイム情報表示）

サイクル長変動、オフセット追従に伴う信号情報の地理的関係性を踏まえた把握を容易にするために、本機能を実現する。

- (1) 最新の信号予定情報に基づき、当該装置の時計時刻と比較し、現在灯色及びその残秒数を算出し、その後、計時とともに、残秒数をカウントダウンする。さらに、残秒数が0になった場合は、次の灯色に切り替わり及びその残秒数を算出する。なお、新たに信号予定情報を受信し、最新の信号予定情報が更新された際にはその情報に切替えて表示する。
- (2) 表示条件は、交差点及び灯器IDを指定でき、交差点数は最大4つ、灯器IDは最大1つとする。

### 2.2.3 管理情報照会（接続装置状態情報表示）

システムの稼働状況を照会するために、本機能を実現する。

- (1) 接続先である都道府県警察の信号情報配信装置、信号情報センタの監視状況（正常／異常等）を抽出し、一覧表示する。
- (2) 監視情報を照会する時刻を設定することができる。設定する時刻は蓄積データある範囲とする。設定は年月日時分とする。
- (3) 自動更新のオン・オフも可能とする。なお、表示する情報の時刻は、最新、既に登録されている情報の時刻の1分前及び1分後がボタンにより容易に変更及び表示ができること。また、設定表示される時刻情報（年月日時分）を表示する。

### 2.2.4 信号予定情報照会（信号予定情報稼働情報表示）

受信情報である信号予定情報の稼働状況を照会するために、本機能を実現する。

- (1) 受信情報である信号予定情報に関する稼働状態（正常/異常/介入停止等）を交差点単位で抽出し、一覧化できる。
- (2) 稼働情報を照会する時刻を設定することができる。設定する時刻は蓄積データある範囲とする。設定は年月日時分とする。
- (3) 稼働状態毎に件数を抽出し、表示できる

#### 2.2.5 信号予定情報照会（信号予定情報 詳細履歴データ表示）

信号予定情報について現在を含め過去分の情報項目の詳細を照会するために、本機能を実現する。

- (1) データベースに蓄積された信号予定情報の履歴データの照会・表示ができる。

なお、信号予定情報の情報項目は、2.5 外部インタフェースに関する要件に示す形式とする。

- (2) 信号予定情報の履歴データの照会条件は、照会日時（年月日時分）、提供県、交差点を指定できる。

なお、表示する情報の時刻は、最新、既に登録されている情報の時刻の前情報及び後情報がボタンにより容易に変更及び表示ができること。また、設定表示される時刻情報（年月日時分）を表示する。

- (3) 表示地点に関しては、デジタル道路地図上のアイコンと連動して、選択できる。

#### 2.2.6 信号予定情報照会（信号予定情報の受信・稼働履歴表示）

信号予定情報の受信状況に関して、現在を含め過去分の情報項目の詳細を照会、本機能を実現する。

- (1) 都道府県警察の信号情報配信装置からの受信した情報に関して、受信・稼働状況の履歴一覧を表示する。

- (2) 一覧表示の照会条件は、照会時刻、交差点及び稼働情報を設定できる。

なお、設定する時刻は蓄積データある範囲とし、年月日時分で設定できる。

#### 2.2.7 信号予定情報照会（信号予定情報の配信・稼働履歴表示）

信号予定情報の配信状況に関して、現在を含め過去分の情報項目の詳細を照会、本機能を実現する。

- (1) 接続先である信号情報センタへ送信した情報に関して、送信・稼働状況の履歴一覧を表示することができる。

- (2) 一覧表示の照会条件は、照会時刻、交差点及び稼働情報を設定できる。

なお、設定する時刻は蓄積データある範囲とし、年月日時分で設定できる。

#### 2.2.8 信号予定情報表示（リアルタイム表示）

信号予定情報のリアルタイムな把握を容易にするために、本機能を実現する。

- (1) 最新の信号予定情報に基づき、当該装置の時計時刻と比較し、現在灯色及びその残秒数を算出し、その後、計時とともに、残秒数をカウントダウンする。さらに、残秒数が0になった場合は、次の灯色に切り替わり及びその残秒数を算出する。なお、新たに信号予定情報を受信し、最新の信号予定情報が更新された際にはその情報に切替えて表示する。

- (2) 表示条件は、交差点及び灯器IDを指定でき、灯器IDは最大2つとする。

#### 2.2.9 信号予定情報停止介入及び状況表示

実験において個別の配信開始や終了等に要望事項に対して応えるために、本機能を実現する。なお、実運用に入る際には本機能の扱いについては関係者と協議する。

(1) 配信停止に関して

ア) 交差点を指定し、信号予定情報の配信を停止することができる。

なお、交差点の指定は複数交差点を一括で指定できること。

イ) 停止する条件として、即時・終了時点未定、期間指定等が指定でき、停止理由等のコメントを入力することが可能であること。

(2) 停止状況の一覧

ア) 信号予定情報の停止介入の実施時状況を一覧表示できること。

イ) 実施状況とは介入の状態、交差点ID、介入期間、コメント表示等を表示することである。

ウ) 一覧上から、停止介入の削除、及び変更を行う。

## 2.3 帳票等に関する要件

### 2.3.1 信号予定情報 詳細履歴データ抽出

データベースに蓄積された信号予定情報の履歴データの照会を一覧表形式表示する。信号予定情報の履歴データの照会条件は、照会日時（年月日時分）、提供県、交差点を指定する。

照会期間における情報を表形式で一覧表示することとし、情報項目は 2.5 外部インタフェースに関する要件に示す事項を網羅するものとする。

### 2.3.2 信号予定情報 受信・稼働履歴抽出

信号情報配信装置からの受信した情報に関する、受信・稼働状況の履歴一覧を表示する。受信・稼働状況の履歴データの照会条件は、照会日時（年月日時分）、提供県、交差点を指定する。

照会期間における情報を表形式で一覧表示することとし、情報項目は 2.5 外部インタフェースに関する要件に示す事項を網羅するものとする。

### 2.3.3 信号予定情報 配信・稼働履歴抽出

信号情報配信サブシステムへ送信した情報に関して、送信・稼働状況の履歴一覧を表示する。信号情報配信サブシステムへ配信した情報に関する、受信・稼働状況の履歴データの照会条件は、照会日時（年月日時分）、提供県、交差点を指定する。

照会期間における情報を表形式で一覧表示することとし、情報項目は 2.5 外部インタフェースに関する要件に示す事項を網羅するものとする。

## 2.4 情報・データ・規模に関する要件

信号予定情報については蓄積期間を 30 日とする。

サイクル時間が最小の 60 秒を対象とした場合に 1 交差点あたりの 1 日の平均データ量は 25,200kbyte になる。

全国 3,000 交差点の場合には 2Tbyte のデータが必要であり 22 万基の集中交差点を対象とした場合には 140T バイトの容量が必要となる

60 秒に 1 回を想定して感応時を考慮して 1.1 倍の係数をかけた。

また交差点管理情報は 149 バイトとなる

対象交差点数×149 バイトの領域が必要

3000 交差点では 450K バイトの容量が必要で 22 万基交差点では、30Mbyte の容量が必要となる。

最後に、データ容量の試算結果について示す。1 カ月間のデータ蓄積とする場合は、過去データ蓄積期間の 31 日に加え、当日分の領域として 1 日分必要となるため、32 日間のデータ蓄積が必要となる。また、1 年間のデータ蓄積が必要である場合は、過去データ蓄積期間の 365 日に加え当日分の領域として 1 日分必要であるため、366 日分である。

32 日間、3000 交差点を対象としたときには、以下の通りとなる。

1 カ月蓄積容量 約 2.3TB = 25,200 Kb × 32 日 × 3000 交差点

1 年間蓄積容量 約 25.8TB = 25,200 Kb × 366 日 × 3000 交差点

なお、本試算は1サイクル60秒として、サイクルに1回データ送信される条件で試算されている。サイクル当たりの送信件数が異なる場合は本試算値も実態に合わせて見直す必要がある。

## 2.5 外部インターフェースに関する要件

本システムと接続されるシステム及び最終のデータ使用者である車載機までの情報に関して、図2-3に示すインターフェースについて検討し、その要件を示す。

- ① 対信号情報配信装置
- ② 対信号情報センタ
- ③ 対車載機

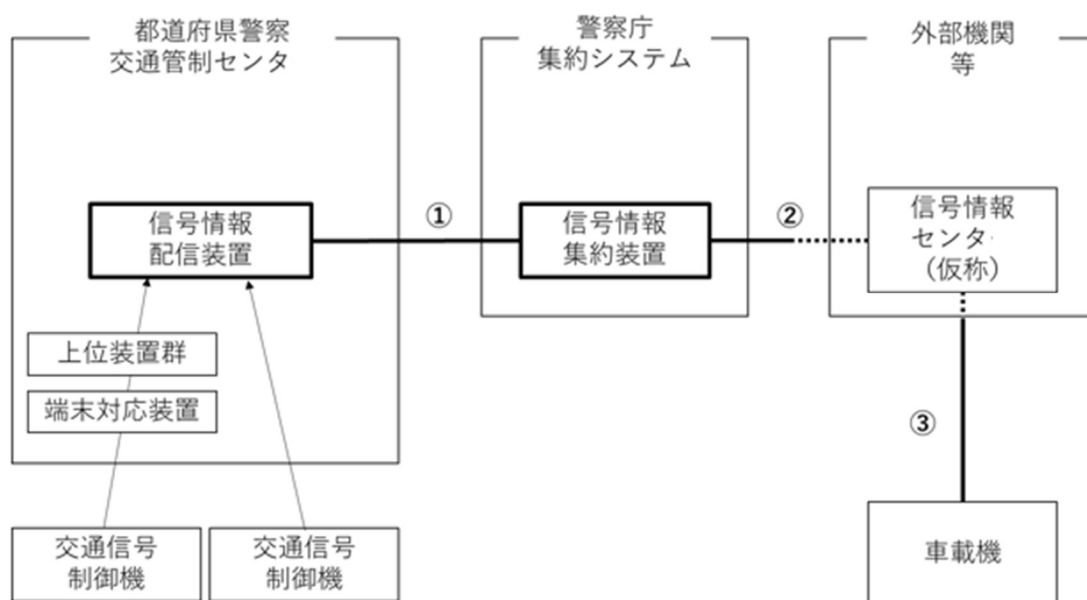


図 2-3 外部インターフェース (案)

なお、各インターフェースの概要は以下の通りとし、詳細については別紙に示す。対車載機インターフェースは交差点管理情報と地図データの紐づけ及び配信要求に関する通信仕様に関してはサービスプロバイダーに依存するところが大きいため、ここでの仕様案検討は控える。

表 2-4 対信号情報配信装置 インターフェース

No.	送信	受信	情報項目
1	信号情報配信装置	信号情報集約装置	信号予定情報 (異常情報含む)
2	信号情報配信装置	信号情報集約装置	交差点管理情報

表 2-5 対信号情報センタ インタフェース

No.	送信	受信	情報項目
1	信号情報集約装置	信号情報センタ	信号予定情報（異常情報含む）
2	信号情報集約装置	信号情報センタ	交差点管理情報

## 2.6 性能指標に関する要件

信号情報集約システムの装置に求められる要件として信号情報生成装置から対象 1,000 交差点とした場合に、2.4 キロバイトのデータをネットワーク帯域が 100Mbps の 70%の処理能力として 1msec 以内の受信を行い、データフォーマットの値範囲のチェックを行い MQTT Broker に送信することを前提とした条件下において データベースに書き込んでデータ受信を担保することを考慮して平均 3 秒以内に処理を完了すること。

また、4,000 交差点の場合には平均 7 秒以内に情報を受信して書き込んでデータ受信を担保すること。（付録 5.2、5.3 を参照）

なお、信号情報を提供するサービス全体としてデータ生成元から車載機までのデータ送達時間が重要となってくる。各サブシステムの処理遅延時間、データ伝送遅延等に関して前提となる条件が変わる場合には本試算値も実態に合わせて見直す必要がある。

## 2.7 情報セキュリティに関する要件

警察庁調査研究事業で開催されている「今後の交通管制の在り方検討委員会」において、セキュリティ対策の在り方についても検討されており、情報セキュリティ対策に関する機運が高まっている。以下、実験システムによる検証期とサービスイン後のシステム運用期（以下、「実運用時」という）においては、運用期間等や求められる要件に関して異なると考えられる。双方のフェーズに共通する共通的な事項とサービスイン後（以下、「実運用時」という）に必要な要件について分けて記載する。

### 2.7.1 共通の事項

実験システム及び実運用において、双方に必要な要件について示す。

#### (1) 権限要件

##### ア 各サーバ

- (ア) システム管理者と一般利用者の権限を分離し設定できること。
- (イ) OS へのログインは、ユーザ ID 及びパスワードの認証により行えること。
- (ウ) 設定するパスワードは、8 文字以上の半角英数字（記号を含む。）を組み合わせたものが設定できること。
- (エ) 一般利用者がパスワードの変更を実施できること。
- (オ) (イ) 及び (ウ) の設定は、システム管理者のみが行えること。

##### イ HMI 装置

- (ア) システム管理者と一般利用者の権限を分離し設定できること。

- (イ) OSへのログインは、ユーザID及びパスワードの認証により行えること。
- (ウ) 設定するパスワードは、8文字以上の半角英数字（記号を含む。）を組み合わせたものが設定できること。
- (エ) 一般利用者がパスワードの変更を実施できること。
- (オ) (イ)及び(ウ)の設定は、システム管理者のみが行えること。
- (カ) (イ)のパスワードについて、交通情報端末のOS又はソフトウェアの機能により、定期的に変更を求め、有効期限が切れたパスワードによるログインを停止できる機能を有すること。

なお、パスワードの変更を促す次期及び有効期限については、システム管理者が任意に設定できること。

- (キ) スクリーンロック機能を有すること。

あらかじめ設定した期間を超えてキーボード又はマウスの操作が行われない場合は、HMI装置の操作が行えないようロックすること。

なお、ロック中のディスプレイ表示は、スクリーンセーバ等により保護すること。

## (2) 不正プログラム対策要件

ア HMI装置においては、次の不正プログラム対策が行えること。

- (ア) メモリに常駐し不正プログラムをリアルタイムに監視する機能を有すること。
- (イ) 保存された全てのファイルに対して、システム管理者が設定した時刻に自動で、及び任意の時刻に手動で不正プログラムを検索できること。また、不正プログラムを検知した場合は、駆除、隔離及び削除（以下「削除等」という。）の処理ができること。
- (ウ) ファイルの入出力を監視し、不正プログラムを検知できること。また、不正プログラムを検知した場合は、駆除等の処理ができること。
- (エ) HMI装置においては、OSのプロセス、レジストリ、メモリへのアクセスを監視し、不正プログラムの可能性があるアクセスを検知できること。また、不正プログラムによるアクセスの可能性があることを検知した場合には、当該アクセスの実行を防止できること。
- (オ) システム管理者が設定したファイルを、不正プログラムの検索対象から除外できること。
- (カ) 日本語に対応すること。
- (キ) 入札公告時における最新版であること。

イ アの不正プログラム対策を行うソフトウェアについては、不正プログラム定義ファイルを更新できる仕組みを構築すること。

なお、不正プログラム定義ファイルについては、不正プログラム定義ファイルの更新方法について、事前に警察庁の承認を得ること。

(3) 外部記録媒体利用に係る要件

HMI装置においては、表 2-6 の外部記録媒体に係る対策が講じられること。

表 2-6 外部記録媒体に係る対策

対策	内容
未登録外部記録媒体制限	ア あらかじめ許可された外部記録媒体以外の利用を制限できること。 イ 個別の外部記録媒体について、ベンダID、プロダクトID、シリアルナンバ等の情報を用いることにより、利用可否を変更できること。
外部記録媒体暗号化	ア 外部記録媒体へ情報を書き込む際は、自動的に情報を暗号化できること。また、外部記録媒体から暗号化された情報を読み込む際に自動的に情報を復号できること。 なお、暗号化に用いる暗号鍵の更新はシステム管理者のみが行えること。 イ アの機能を用いない場合に備え、パスワードを用いて情報を暗号化し、外部記録媒体への書き込みができること。また、暗号化した情報は、パスワードを用いて情報を復号できること。 ウ 暗号化に用いる暗号化方式は、CRYPTREC暗号リストから選択するものとし、警察庁の承認を得ること。
外部記録媒体利用制限	ユーザID、HMI端末、許可の種別の条件を指定の上、外部記録媒体の利用の可否を変更できること。 なお、外部記録媒体の利用の可否の変更は、外部記録媒体の利用の許可を与える権限を有する者のみが行えること。

(4) データの機密性

交通管制センタ、信号情報センタとの通信回線について、ファイアウォールを用いたセキュリティ対策を施し、不必要なアクセスを遮断すること。

2.7.2 実運用時の留意事項

情報セキュリティに関する要件は、インターネットに関する新たな技術が考案され都度、その対策も講じられ、刻々と変化している。よって、基本的な部分はパイロットシステムの事項に加え、最新のセキュリティ要件を踏まえ適切な対策を講じる必要があると考えられる。



## 2.8 その他非機能要件

### 2.8.1 可用性（共通事項）

実験システム及び実運用において、双方に必要な要件について示す。なお、実験システムにおいては実験の進捗を妨げないことが大前提であるといえる。その中で以下の事項に留意する必要がある。

- (1) 各サーバの内蔵記録デバイス及びディスクアレイは冗長構成とし、稼働中に記録デバイスの交換ができること。
- (2) ソースコードを変更することなくパラメータによるプログラムの設定変更が可能なコーディングその他の業務の継続運用に影響を与えない手法により、可用性を確保したプログラム設計を行うこと。
- (3) 庁舎内の電源設備の工事及び電源系統の設備故障に備えて、無停電電源装置を設置し、電源の瞬断に対応できる構成とすること。

### 2.8.2 可用性（実運用時の留意事項）

本システムが停止することにより信号予定情報の受配信は完全に停止する。自動運転車にとって必要な情報が長期間欠測することは影響が大きいと、広域交通管制システムの情報の受配信のように、バックアップ用のセンタ等を設置し、業務継続が可能なような可用性を確保する必要がある。これを実現するシステム構成とする必要である。

### 2.8.3 継続性（共通事項）

実験システム及び実運用において、双方に必要な要件について示す。なお、大規模災害時においても、実験再開のボトルネックとならないようにする必要があると考えられる。よって、以下の事項に留意する必要がある。

#### (1) 継続性に係る目標値

##### ア 大規模災害時

本システムで行う全ての業務の目標復旧時間は、大規模災害発生時から2週間以内とする。

##### イ 実験時の予期せぬシステム停止時

本システムで行う全ての業務の目標復旧時間は、情報システムの予期せぬ停止発生時から1週間以内とする。

#### (2) 継続性に係る対策

ア 手動により、各サーバ等のシステム及び設定のバックアップを取得できること。

イ 手動により、各サーバ等のバックアップ取得時の状態に戻せること。

ウ バックアップ取得先媒体は外DVD-R、外付けHDDその他の外部記録媒体とする。

### 2.8.4 継続性（実運用時の留意事項）

大規模災害発災時にはハードウェア装置及びネットワーク等にも大きな損傷を受け、その復旧には時間がかかるものと想定される。本システムが停止することにより信号予定情報の受配信は完全

に停止する。自動運転車にとって必要な情報が長期間欠測することは影響が大きいため、広域交通管制システムの情報の受配信のように、バックアップ用のセンタ等を設置し、業務継続が可能なような形で継続性を確保する必要がある。これを実現するシステム構成とする必要である。

#### 2.8.5 拡張性（共通事項）

実験システム及び実運用において、双方に必要な要件について示す。

- (1) 実証実験の進展に伴い、信号情報配信装置と授受する情報のフォーマット・種別項目等の追加・変更が可能である。
- (2) メモリ、HDD、交通情報端末等の増設が生じた際に柔軟に対応できるハードウェア構成である。

#### 2.8.6 拡張性（実運用時の留意事項）

実証実験の進展に伴い、収集・集約する情報の容量が増加する。そのため、整備計画に沿った形でメモリ、HDD等のスペックを見積もるものとするが、拡張性を考慮しこれらの増設等が容易なハードウェア構成である。

#### 2.8.7 中立性（共通事項）

実験システム及び実運用において、双方に必要な要件について示す。特定の事業者にしき取り扱いができない製品や技術に依存せず、他の事業者を引き継ぐことができること。

#### 2.8.8 中立性（実運用時の留意事項）

実運用時においても、共通的事項と同等であると考えられる。

#### 2.8.9 運用・保守性（共通事項）

実験システム及び実運用において、双方に必要な要件について示す。

##### (1) データの完全性

- ア データベース破損時には、データの更新、追加、削除のデータベースのアクセスログ又はその他必要な情報により、直前の状態に復元ができること。
- イ 各装置は、内蔵記録デバイス及びディスクアレイの障害が発生しても、データが欠損しない構成とすること。また、装置を停止せずに障害の内蔵記録デバイスを交換することができること。
- ウ 各装置は、警察庁がネットワーク監視装置の時計部から時刻情報を1日1回以上自動的に取得し、時刻同期を行うこと。

#### 2.8.10 運用・保守性（実運用時の留意事項）

実運用時においても、共通的事項と同等であると考えられる。

### 3. システムの稼働環境の要件

#### 3.1 全体構成

本システムは、都道府県警察に整備予定である信号情報配信装置と接続し、通知される信号予定情報や交差点管理情報を集約し、信号情報センタへ送出するものである。システム構成は図 3-1 に示す通りである。

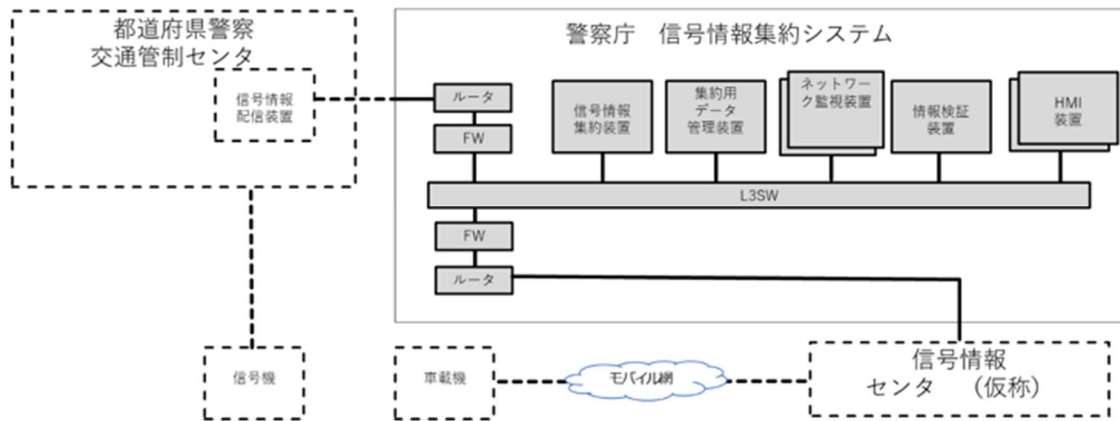


図 3-1 システム構成図 (概念図)

#### 3.2 ハードウェア構成

本システムを構成するハードウェアに機能に関する構成を以下に示す。

品 名	略 称
信号情報集約システム	
信号情報集約装置	
集約用データ管理装置	
情報検証装置	
ネットワーク監視装置	
レイヤー3スイッチ	
ファイアウォール	
ルータ	
無停電電源装置	
HMI装置	
19インチラック	

##### 3.2.1 ハードウェア機能

ア 信号情報集約装置は、表 3-1 のとおりとする。

表 3-1 信号情報集約装置の機能

品 目	項 目	機 能
本体部	CPU	4CPU・3.6GHz相当以上

		(CPU×コア数で換算する)
	メモリ	実装アプリケーションが、処理規模において処理性能を満足できること。
	内蔵記録デバイス	(1) 実装アプリケーション及び蓄積データ等処理規模を考慮しても記録容量を確保できること。 (2) RAID1またはRAID5とする。なお、ディスクは活性交換可能とすること。
	光学ディスクドライブ	(1) DVD規格及びCD規格の媒体の読み込みができること。 (2) 内蔵型であること。
	ネットワークインタフェース	本システムを構築するために必要な100BASE-TX/1000BASE-T対応の自動認識ポートを有すること。
外部記憶装置	外部記憶装置	システムのバックアップを取得可能であること。
ソフトウェア	OS	供給元でのサポート（修正プログラム及び技術情報の提供）が行われているLinux日本語版若しくはMicrosoft Windows Server日本語版相当以上又はこれと同等のものを搭載すること。

イ 集約用データ管理装置の機能は、表 3-2 のとおりとする。

表 3-2 集約用管理データ管理の機能

品目	項目	機能
本体部	CPU	4CPU・3.6GHz相当以上 (CPU×コア数で換算する)
	メモリ	実装アプリケーションが、処理規模において処理性能を満足できること。
	内蔵記録デバイス	(1) 実装アプリケーション及び蓄積データ等処理規模を考慮しても記録容量を確保できること。 (2) RAID1またはRAID5とする。なお、ディスクは活性交換可能とすること。
	光学ディスクドライブ	(1) DVD規格及びCDの媒体の読み込みができること。 (2) 内蔵型であること。
	ネットワークインタフェース	(1) 本システムを構築するために必要な100BASE-TX/1000BASE-T対応の自動認識ポートを有すること。

		(2) 本システムを構築するために必要なファイバチャネルポートを有すること。
外部記憶装置	外部記憶装置	システムのバックアップを取得可能であること。
ディスクアレイ部	ディスクアレイ部	(1) R A I D 5 又は R A I D 6 の冗長構成とし、R A I D 構成後の実効容量は、20Tバイト以上であること。1年間蓄積できること。 (2) システムを停止せずにディスクの交換ができること。 (3) キャッシュメモリをディスクコントローラごとに8Gバイト以上有すること。 (4) 100BASE-TX/1000BASE-Tに対応する自動認識ポートを有すること。 (5) 本体部へ接続するためのファイバチャネルポートを有すること。
ソフトウェア	OS	供給元でのサポート（修正プログラム及び技術情報の提供）が行われているLinux日本語版若しくはMicrosoft Windows Server日本語版相当以上又はこれと同等のものを搭載すること。
	データベース管理	Linux若しくはMicrosoft Windows Server上で動作するDBMSであり、連続稼働に耐えること。

ウ 情報検証装置の機能は、表 3-3 のとおりとする。

表 3-3 情報検証装置の機能

品目	項目	機能
本体部	CPU	4CPU・3.6GHz相当以上 (CPU×コア数で換算する)
	メモリ	実装アプリケーションが、処理規模において処理性能を満足できること。
	内蔵記録デバイス	(1) 実装アプリケーション及び蓄積データ等処理規模を考慮しても記録容量を確保できること。 (2) R A I D 1 または R A I D 5 とする。なお、ディスクは活性交換可能とすること。
	光学ディスクドライブ	(1) DVD規格及びCD規格の媒体の読み込みができること。 (2) 内蔵型であること。
	ネットワーク	システムを構築するために必要な100BASE-TX/

	インタフェース	1000BASE-T対応の自動認識ポートを有すること。
外部記憶装置	外部記憶装置	システムのバックアップを取得可能であること。
ソフトウェア	OS	供給元でのサポート（修正プログラム及び技術情報の提供）が行われているLinux日本語版若しくはMicrosoft Windows Server日本語版相当以上又はこれと同等のものを搭載すること。
	地図データベース	<p>(1) 次の道路等を表示すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 幅員が3 m以上の一般道路、高速自動車道、国道及び自動車専用道路</li> <li>・ 国土地理院地形図（2万5千分の1）に示す鉄道、駅、湾岸線、湖沼及び河川</li> </ul> <p>なお、国土地理院地形図は、契約時における最新のものであること。</p> <p>(2) 1/5,000,000～1/1,000の範囲を超えて、地図データの表示できる範囲内で、縮尺を無段階又は十数段階以上に拡大及び縮小表示ができること。</p> <p>(3) 市町村リスト、交差点、駅等の目標物リストを有すること。</p> <p>(4) 整備地図に関しては、契約時における最新版とし、その範囲については警察庁の承認を得ること。</p> <p>(5) 地図は、更新可能であること。</p>

エ ネットワーク監視装置の機能は、表 3-4 のとおりとする。

表 3-4 ネットワーク監視装置の機能

品目	項目	機能
本体部	CPU	8 CPU・2.1 GHz 相当以上
	メモリ	実装アプリケーションが、処理規模において処理性能を満足できること。
	内蔵記録デバイス	<p>(1) 実装アプリケーション及び蓄積データ等処理規模を考慮しても記録容量を確保できること。</p> <p>(2) RAID1またはRAID5とする。なお、ディスクは活性交換可能とすること。</p>

	光学ディスクドライブ	(1) DVD規格及びCD規格の媒体の読み込みができること。 (2) 内蔵型であること。
	ネットワークインタフェース	(1) 本システムを構築するために必要な100BASE-TX/1000BASE-T対応の自動認識ポートを有すること。 (2) 本システムを構築するために必要なファイバチャネルポートを有すること。
外部記憶装置	外部記憶装置	システムのバックアップを取得可能であること。
時計部	精度	最大±0.2秒/日以内であること。
	補正	(1) GPS信号を受信し、時刻補正を1日1回以上行うこと。 (2) うるう秒に対応すること。
警報部	表示灯	(1) 赤、黄及び緑の3色の表示を有し、それらを個別に消灯、点滅又は点灯できること。 (2) 警告音を発することができること。 (3) 警告音の音量を調整できること。 (4) リセットスイッチを有すること。
	ネットワークインタフェース	100BASE-TX対応のポートを有すること。
ディスクアレイ部	ディスクアレイ	(1) RAID5又はRAID6の冗長構成とし、RAID構成後の実効容量は、20Tバイト以上であること。 (2) システムを停止せずにディスクの交換ができること。 (3) キャッシュメモリをディスクコントローラごとに8Gバイト以上有すること。 (4) 100BASE-TX/1000BASE-Tに対応する自動認識ポートを有すること。 (5) 本体部へ接続するためのファイバチャネルポートを有すること。
ソフトウェア	OS	供給元でのサポート（修正プログラム及び技術情報の提供）が行われているLinux日本語版若しくはMicrosoft Windows Server日本語版相当以上又はこれと同等のものを搭載すること。

オ レイヤー3スイッチの機能は、表 3-5 のとおりとする。

表 3-5 レイヤー3スイッチの機能及び性能

品 目	項 目	機 能 及 び 性 能
本体部	基本機能	(1) ローカル管理コンソールポートを有すること。 (2) ルーティングは手動及び自動で設定できること。 (3) MACアドレス、IPアドレス及びTCP/UDPポート番号による通過の可否機能を有すること。 (4) VLAN及びポートベースVLAN機能を有すること。 (5) SNMP (Simple Network Management Protocol)はMIB (Management Information Base) II 情報を回答できること。 (6) 電源の供給及びデータの送受信の有無を表すLEDを有すること。
	ネットワーク インタフェース	本システムを構築するために必要な100BASE-TX/1000BASE-Tに対応する自動認識ポートを有すること。
ソフトウェア	設定ファイル	不揮発性かつ読み書きが繰り返しできるメモリに搭載し、ネットワーク監視装置から遠隔操作にて設定ファイルを更新できること。

カ ファイアウォールの機能は、表 3-6 のとおりとする。

表 3-6 ファイアウォールの機能

品 目	項 目	機 能
本体部	基本機能	(1) 本体部を通過するパケットについて、あらかじめ設定したルールに基づいて、パケットフィルタリング及びNAPT (Network Address Port Translation)を行うことで、LAN間の通信を制御できること。 なお、本機能は、IPv4及びIPv6に対応していること。 (2) 帯域制限が可能なQoS機能を有していること。 (3) (1)の機能により遮断した通信の情報を、ネッ



		トワーク監視装置で確認できること。
	ネットワーク インタフェース	本システムを構築するために必要な100BASE-TX /1000BASE-T対応の自動認識ポートを有すること。

キ ルータの機能は、表 3-7 のとおりとする。

表 3-7 ルータの機能及び性能

品 目	項 目	機 能 及 び 性 能
本体部	基本機能	(1) ルーティングは手動及び自動で設定できること。 (2) 帯域制限が可能なQoS機能を有していること。 (3) 電源の供給及びデータの送受信の有無を表すLEDを有すること。
	ネットワーク インタフェース	本システムを構築するために必要な100BASE-TX /1000BASE-Tに対応する自動認識ポートを有すること。
ソフトウェア	設定ファイル	不揮発性かつ読み書きが繰り返しできるメモリに搭載し、ネットワーク監視装置から遠隔操作にて設定ファイルを更新できること。

ク 無停電電源装置の機能は、表 3-8 のとおりとする。

表 3-8 無停電電源装置の機能及び性能

品 目	項 目	機 能 及 び 性 能
本体部	基本機能	瞬断や停電等が発生した場合に、信号情報集約装置、集約用データ管理装置、情報検証装置、ネットワーク監視装置、レイヤー3スイッチ、ファイアウォール、ルータに対して、5分以上バックアップ電力の供給できること。

コ HMI装置の機能は、表 3-9 のとおりとする。

表 3-9 HMI装置の機能及び性能

品 目	項 目	機 能 及 び 性 能
本体部	CPU	2CPU・2.1GHz 相当以上
	メモリ	実装アプリケーションが、処理規模において処理性能を満足できること。
	内蔵記録デバイ	ブラウザ動作及び取り出した各種データを蓄積

ス	<p>するために十分な容量であること。</p>
光学ディスクドライブ	<p>(1) DVD-ROMは最大8倍速以上、CD-ROMは最大24倍速以上で読み込みができること。</p> <p>(2) 付けも可とするが、外付けとした場合には、USBインターフェースを利用した電源供給により、動作すること。</p>
マウス	<p>(1) 2ボタン式以上の光学式又はレーザー式マウスであること。</p> <p>(2) ホイール等により、マウスを移動せずに画面のスクロールができること。</p>
キーボード	<p>JIS規格キー配列又はOADG規格に準拠していること。</p>
ネットワークインターフェース	<p>(1) 10BASE-T、100BASE-TX/1000BASE-Tに対応するポートを有すること。</p> <p>(2) 無線LAN機能を搭載している場合は、BIOSレベルで当該機能を無効化できること。</p>
USBインターフェース	<p>(1) USB3.0に対応したインターフェースのポートを有すること。</p> <p>(2) 本体部に接続する必要がある機器を全て接続可能な数に加え、1個以上の空きポートを有すること。</p> <p>(3) USBハブを用いる場合は、本体のUSBインターフェースのポートからの電源供給で動作すること。</p>
外部ディスプレイインターフェース	<p>(1) ミニD-sub15ピンのコネクタを有すること。</p> <p>(2) HDMIのコネクタを有すること。</p>
バッテリー	<p>(1) パック方式で、交換可能な内蔵バッテリーであること。</p> <p>(2) バッテリー稼働時間は、社団法人電子情報技術産業協会「JEITAバッテリー動作時間測定法(Ver.2.0)」準拠において、1時間以上であること。</p>
電源	<p>電源プラグの形状は、2極プラグ又は2極接地極付プラグであること。</p> <p>なお、2極接地極付プラグの場合は、2極に変</p>

		換できるプラグを付属すること。
	ディスプレイ	(1) 1,600×900ドット以上の解像度で表示できること。 (2) 65,536色以上を表示できること。 (3) 15型以上のTFTカラー液晶ディスプレイであること。
ソフトウェア	OS	Microsoft Windows (64bit版) を搭載し、日本語に対応すること。 なお、契約時における最新版であること。
	Webブラウザ	情報参照用の情報が表示できるWebブラウザを搭載すること。
	OAソフト	(1) 次のソフトウェア又はこれと同等のものを搭載すること。 ア Microsoft Word イ Microsoft Excel (2) Adobe Acrobat Readerを搭載すること。 (3) 64bitに対応したファイル圧縮・回答ソフトウェアを搭載すること。圧縮形式は、LZH及びZIPに対応すること。
	テキストエディター	(1) EmEditor Professional (エムソフト製) 又はこれと同等のものを搭載すること。 (2) 日本語に対応すること。
	内蔵記録装置 暗号化	内蔵SSD内のOSを含むユーザ領域全体（ブート領域を除く。）を自動的に暗号化すること（OSの標準機能等により実現してもよい。）。 なお、当該暗号化に用いる暗号化方式は、CRYPTREC暗号リストから選択するものとし、警察庁の承認を得ること。

### 3.3 ソフトウェア構成

本システムのソフトウェア機能の構成を以下に示す。

表 3-10 信号情報集約システムの機能一覧

機能区分	機能項目	説明
情報受信	信号予定情報受信	都道府県警察の交通管制センタに整備される信号情報配信装置から信号予定情報を受信すること。 なお、信号情報配信装置との間の通信プロトコル、データ構造及び配信周期に関しては警察庁が別途指示する。
	交差点管理情報受信	都道府県警察の交通管制センタに整備される信号情報配信装置から交差点管理情報を受信すること。 なお、信号情報配信装置との間の通信プロトコル、データ構造及び配信周期に関しては警察庁が別途指示する。
情報蓄積	信号予定情報蓄積	信号予定情報を信号情報配信装置単位または県単位でデータベースに登録し、蓄積すること。
	交差点管理情報蓄積	交差点管理情報を信号情報配信装置単位または県単位でデータベースに登録し、蓄積すること。
	配信用信号予定情報蓄積	信号情報センタに送信する信号予定情報を県単位でデータベースに登録し、蓄積すること。
	配信用交差点管理情報蓄積	信号情報センタに送信する交差点管理情報を県単位でデータベースに登録し、蓄積すること。
稼働監視	接続装置状態監視	都道府県警察の交通管制センタに整備される信号情報配信装置および信号情報センタの状態を監視すること。
	システム状態監視	集約システムの装置状態の監視結果に基づき、システム状態が異常となる場合は信号情報センタへ通知すること。
情報管理	信号予定情報判定	信号情報配信装置から受信した信号予定情報フォーマットを検証する。交差点の状態が異常であることを受信した場合には、当該交差点の情報を無効とすること。
	装置稼働判定	接続装置状態及びシステム状態に応じて異常と判定される場合は、当該交差点の情報を無効とすること。
	信号予定情報管理	信号予定情報を交差点単位で管理し、データ更新都度最新状態に更新管理すること。
	交差点情報管理	交差点管理情報を交差点単位で管理し、データ更新都度最新状態に更新管理すること。

情報検証	信号予定情報監視	信号情報配信装置からのデータ有効期間等を検証し、適切なタイミングで情報が更新されない場合、その結果を蓄積する。それと合わせて、当該交差点若しくは当該情報源からの信号予定情報についてシステム状態無効として配信すること。
情報送信	信号予定情報送信	送信準備された信号予定情報を信号情報センタに送信すること。 なお、信号情報センタとの間の通信プロトコル、データ構造及び配信周期に関しては警察庁が別途指示する。
	交差点管理情報送信	送信準備された交差点管理情報を信号情報センタに送信すること。 なお、信号情報センタとの間の通信プロトコル、データ構造及び配信周期に関しては警察庁が別途指示する。
システム管理機能	警報出力	接続装置状態及びシステム状態に応じて異常と判定される場合は、警報出力する。
	蓄積データ管理	データベース化したデータの保存期間は1年間とし、それ以前のデータは自動で消去すること。
	時刻同期機能	NTPプロトコルにより装置時刻を同期する。
デジタル道路地図	デジタル道路地図表示	(1) 次の道路等を表示できること。 ア 幅員が3m以上の一般道路、高速自動車国道及び自動車専用道路 イ 国土地理院地形図（2万5千分の1）に示す鉄道、駅、湾岸線、湖沼及び河川 なお、国土地理院地形図は、契約時における最新のものであること。 (2) 地図は1/5,000,000～1/1,000を含む範囲の縮尺が表示可能であり、10段階以上で拡大及び縮小表示ができること。 (3) 地図は、契約時における最新版とし、警察庁の承認を得ること。 (4) 地図は、更新できるものであること。 (5) 地図を同時に2枚以上起動できること。

	デジタル地図 操作	<p>(1) スクロール 次の3種類のスクロールモードで地図のスクロールができること。</p> <p>ア マウスの左ボタンのダブルクリックによるワンタッチスクロール(ダブルクリックした地点が画面の中心にスクロールする。)</p> <p>イ マウスの左ボタンのドラッグによるつかみスクロール</p> <p>ウ マウスの右ボタンのクリック&amp;ドラッグによるフリースクロール</p> <p>(2) 縮尺変更 地図上の縮尺変更により、無段階又は10段階以上での縮尺変更できること。また、マウスホイールの操作による縮尺変更に対応できること。</p>
	検索地図表示	<p>(1) 地図検索</p> <p>ア 検索種別(住所/地名、郵便番号、交差点名、駅、路線名)に応じて、文字検索を行い、検索結果をリスト表示すること。</p> <p>イ リスト表示された検索結果を選択することにより、選択位置を地図表示すること。</p>
デジタル道路 地図上の信号	共通	デジタル地図上に表示する各種情報は重畳表示できること。
予定情報の表示	信号予定情報 稼働情報表示	デジタル地図上に信号機マークを表示し、その表示色等により信号予定情報の稼働状態(データあり、データなし(欠測)、収集期間内にデータなし)を示すこと。なお、信号機マークの表示位置は交差点管理情報に従うこと。
	信号予定情報 リアルタイム表示	<p>(1) 最新の信号予定情報に基づき、当該装置の時計時刻と比較し、現在灯色及びその残秒数を算出し、その後、計時とともに、残秒数をカウントダウンできること。さらに、残秒数が0になった場合は、次の灯色に切り替わり及びその残秒数を算出できること。</p> <p>なお、新たに信号予定情報を受信し、最新の信号予定情報が更新された際にはその情報に切替えて表示できること。</p> <p>(2) 表示条件は、交差点及び灯器IDを指定できること。なお、交差点数は最大4つ、灯器IDは最大1つとすること。</p>

管理情報照会	接続装置状態 情報抽出	<p>(1) 接続先である都道府県警察の信号情報配信装置、信号情報センタの監視状況（正常／異常等）を抽出し、一覧化できること。</p> <p>(2) 監視情報を照会する時刻を設定することができること。</p> <p>なお、設定する時刻は蓄積データある範囲とし、年月日時分で設定することができること。</p> <p>(3) 一覧表示する際に、自動更新のオン・オフを指定できること。</p> <p>なお、表示する情報の時刻は、最新、既に登録されている情報の時刻の1分前及び1分後がボタンにより容易に変更及び表示ができること。また、設定表示される時刻情報（年月日時分）を表示すること。</p> <p>(4) 表示方法については、警察庁と協議の上、決定すること。</p>
信号予定情報照会	信号予定情報 稼働情報抽出	<p>(6) 受信情報である信号予定情報に関する稼働状態（正常/異常/介入停止等）を交差点単位で抽出し、一覧化できること。</p> <p>(7) 稼働情報を照会する時刻を設定することができること。</p> <p>なお、設定する時刻は蓄積データある範囲とし、年月日時分で設定することができること。</p> <p>(8) 一覧表示する際に、自動更新のオン・オフを指定できること。</p> <p>なお、表示する情報の時刻は、最新、既に登録されている情報の時刻の1分前及び1分後がボタンにより容易に変更及び表示ができること。また、設定表示される時刻情報（年月日時分）を表示すること。</p> <p>(9) 稼働状態毎に件数を抽出し、表示できること。</p> <p>(10) 表示方法については、警察庁と協議の上、決定すること。</p>

<p>信号予定情報 詳細履歴データ抽出</p>	<p>(1) データベースに蓄積された信号予定情報の履歴データの照会・表示ができること。</p> <p>(2) 信号予定情報の履歴データの照会条件は、照会日時（年月日時分）、提供県、交差点を指定できること。 なお、表示する情報の時刻は、最新、既に登録されている情報の時刻の前情報及び後情報がボタンにより容易に変更及び表示ができること。また、設定表示される時刻情報（年月日時分）を表示すること。</p> <p>(3) デジタル道路地図上から対象地点を選択して、履歴データ照会の対象地点を設定できること。</p> <p>(4) 表示方法については、警察庁と協議の上、決定すること。</p> <p>(5) 帳票表示でき、CSV もしくは Excel 形式で保存ができること。</p>
<p>信号予定情報の 受信・稼働履歴抽出</p>	<p>(5) 接続先である都道府県警察の信号情報配信装置からの受信した情報に関して、受信・稼働状況の履歴一覧を表示することができること。</p> <p>(6) 一覧表示の照会条件は、照会時刻、交差点及び稼働情報を設定することができること。 なお、設定する時刻は蓄積データある範囲とし、年月日時分で設定することができること。</p> <p>(7) 表示方法については、警察庁と協議の上、決定すること。</p> <p>(8) 帳票表示でき、CSV もしくは Excel 形式で保存ができること。</p>
<p>信号予定情報の 配信・稼働履歴抽出</p>	<p>(1) 接続先である信号情報センタへ送信した情報に関して、送信・稼働状況の履歴一覧を表示することができること。</p> <p>(2) 一覧表示の照会条件は、照会時刻、交差点及び稼働情報を設定することができること。 なお、設定する時刻は蓄積データある範囲とし、年月日時分で設定することができること。</p> <p>(3) 表示方法については、警察庁と協議の上、決定すること。</p> <p>(4) 帳票表示でき、CSV もしくは Excel 形式で保存ができること。</p>



信号予定情報表示	リアルタイム表示	<p>(1) 最新の信号予定情報に基づき、当該装置の時計時刻と比較し、現在灯色及びその残秒数を算出し、その後、計時とともに、残秒数をカウントダウンできること。さらに、残秒数が0になった場合は、次の灯色に切り替わり及びその残秒数を算出できること。</p> <p>なお、新たに信号予定情報を受信し、最新の信号予定情報が更新された際にはその情報に切替えて表示できること。</p> <p>(2) 表示条件は、交差点及び灯器IDを2つ以上指定できること。</p> <p>(3) 表示方法については、警察庁と協議の上、決定すること。</p>
信号予定情報介入	停止介入	<p>(4) 交差点を指定し、信号予定情報の配信を停止することができること。</p> <p>(5) なお、交差点の指定は複数交差点を一括で指定できること。</p> <p>(6) 停止する条件として、即時・終了時点未定、期間指定等が指定でき、停止理由等のコメントを入力することが可能であること。</p>
	停止介入一覧	<p>(1) 信号予定情報の停止介入の実施時状況を一覧表示できること。</p> <p>(2) 実施状況とは、介入の状態、交差点ID、介入期間、コメント表示等を表示するものである。</p> <p>(3) 一覧上から、停止介入の削除、及び変更を行うことが可能であること。</p>

機能区分	機能項目	説明
情報受信	信号予定情報受信	都道府県警察の交通管制センタに整備される信号情報配信装置から信号予定情報を受信すること。 なお、信号情報配信装置との間の通信プロトコル、データ構造及び配信周期に関しては警察庁が別途指示する。
	交差点管理情報受信	都道府県警察の交通管制センタに整備される信号情報配信装置から交差点管理情報を受信すること。 なお、信号情報配信装置との間の通信プロトコル、データ構造及び配信周期に関しては警察庁が別途指示する。
情報蓄積	信号予定情報蓄積	信号予定情報を信号情報配信装置単位または県単位でデータベースに登録し、蓄積すること。
	交差点管理情報蓄積	交差点管理情報を信号情報配信装置単位または県単位でデータベースに登録し、蓄積すること。
	配信用信号予定情報蓄積	信号情報センタに送信する信号予定情報を県単位でデータベースに登録し、蓄積すること。
	配信用交差点管理情報蓄積	信号情報センタに送信する交差点管理情報を県単位でデータベースに登録し、蓄積すること。
稼働監視	接続装置状態監視	都道府県警察の交通管制センタに整備される信号情報配信装置および信号情報センタの状態を監視すること。
	システム状態監視	集約システムの装置状態の監視結果に基づき、システム状態が異常となる場合は信号情報センタへ通知すること。
情報管理	信号予定情報判定	信号情報配信装置から受信した信号予定情報フォーマットを検証する。交差点の状態が異常であることを受信した場合には、当該交差点の情報を無効とすること。
	装置稼働判定	接続装置状態及びシステム状態に応じて異常と判定される場合は、当該交差点の情報を無効とすること。
	信号予定情報管理	信号予定情報を交差点単位で管理し、データ更新都度最新状態に更新管理すること。
	交差点情報管理	交差点管理情報を交差点単位で管理し、データ更新都度最新状態に更新管理すること。
情報検証	信号予定情報監視	信号情報配信装置からのデータ有効期間等を検証し、適切なタイミングで情報が更新されない場合、その結果を蓄積する。それと合わせて、当該交差点若しくは当該情報源からの信号予定情報についてシステム状態無効として配信すること。

情報送信	信号予定情報送信	送信準備された信号予定情報を信号情報センタに送信すること。 なお、信号情報センタとの間の通信プロトコル、データ構造及び配信周期に関しては警察庁が別途指示する。
	交差点管理情報送信	送信準備された交差点管理情報を信号情報センタに送信すること。 なお、信号情報センタとの間の通信プロトコル、データ構造及び配信周期に関しては警察庁が別途指示する。
システム管理機能	警報出力	接続装置状態及びシステム状態に応じて異常と判定される場合は、警報出力する。
	蓄積データ管理	データベース化したデータの保存期間は1年間とし、それ以前のデータは自動で消去すること。
	時刻同期機能	NTPプロトコルにより装置時刻を同期する。
デジタル道路地図	デジタル道路地図表示	(1) 次の道路等を表示できること。 ア 幅員が3m以上の一般道路、高速自動車国道及び自動車専用道路 イ 国土地理院地形図（2万5千分の1）に示す鉄道、駅、湾岸線、湖沼及び河川 なお、国土地理院地形図は、契約時における最新のものであること。 (2) 地図は1/5,000,000～1/1,000を含む範囲の縮尺が表示可能であり、10段階以上で拡大及び縮小表示ができること。 (3) 地図は、契約時における最新版とし、警察庁の承認を得ること。 (4) 地図は、更新できるものであること。 (5) 地図を同時に2枚以上起動できること。

	<p>デジタル地図 操作</p>	<p>(1) スクロール 次の3種類のスクロールモードで地図のスクロールができること。</p> <p>ア マウスの左ボタンのダブルクリックによるワンタッチスクロール(ダブルクリックした地点が画面の中心にスクロールする。)</p> <p>イ マウスの左ボタンのドラッグによるつかみスクロール</p> <p>ウ マウスの右ボタンのクリック&amp;ドラッグによるフリースクロール</p> <p>(2) 縮尺変更 地図上の縮尺変更により、無段階又は10段階以上での縮尺変更できること。また、マウスホイールの操作による縮尺変更に対応できること。</p>
	<p>検索地図表示</p>	<p>(1) 地図検索 ア 検索種別(住所/地名、郵便番号、交差点名、駅、路線名)に応じて、文字検索を行い、検索結果をリスト表示すること。 イ リスト表示された検索結果を選択することにより、選択位置を地図表示すること。</p>
<p>デジタル道路 地図上の信号</p>	<p>共通</p>	<p>デジタル地図上に表示する各種情報は重畳表示できること。</p>
<p>予定情報の表示</p>	<p>信号予定情報 稼働情報表示</p>	<p>デジタル地図上に信号機マークを表示し、その表示色等により信号予定情報の稼働状態(データあり、データなし(欠測)、収集期間内にデータなし)を示すこと。なお、信号機マークの表示位置は交差点管理情報に従うこと。</p>
	<p>信号予定情報 リアルタイム表示</p>	<p>(3) 最新の信号予定情報に基づき、当該装置の時計時刻と比較し、現在灯色及びその残秒数を算出し、その後、計時とともに、残秒数をカウントダウンできること。 さらに、残秒数が0になった場合は、次の灯色に切り替わり及びその残秒数を算出できること。 なお、新たに信号予定情報を受信し、最新の信号予定情報が更新された際にはその情報に切替えて表示できること。</p> <p>(4) 表示条件は、交差点及び灯器IDを指定できること。 なお、交差点数は最大4つ、灯器IDは最大1つとすること。</p>

管理情報照会	接続装置状態 情報抽出	<p>(5) 接続先である都道府県警察の信号情報配信装置、信号情報センタの監視状況（正常／異常等）を抽出し、一覧化できること。</p> <p>(6) 監視情報を照会する時刻を設定することができること。        なお、設定する時刻は蓄積データある範囲とし、年月日時分で設定することができること。</p> <p>(7) 一覧表示する際に、自動更新のオン・オフを指定できること。        なお、表示する情報の時刻は、最新、既に登録されている情報の時刻の1分前及び1分後がボタンにより容易に変更及び表示ができること。また、設定表示される時刻情報（年月日時分）を表示すること。</p> <p>(8) 表示方法については、警察庁と協議の上、決定すること。</p>
信号予定情報 照会	信号予定情報 稼働情報抽出	<p>(11) 受信情報である信号予定情報に関する稼働状態（正常／異常/介入停止等）を交差点単位で抽出し、一覧化できること。</p> <p>(12) 稼働情報を照会する時刻を設定することができること。        なお、設定する時刻は蓄積データある範囲とし、年月日時分で設定することができること。</p> <p>(13) 一覧表示する際に、自動更新のオン・オフを指定できること。        なお、表示する情報の時刻は、最新、既に登録されている情報の時刻の1分前及び1分後がボタンにより容易に変更及び表示ができること。また、設定表示される時刻情報（年月日時分）を表示すること。</p> <p>(14) 稼働状態毎に件数を抽出し、表示できること。</p> <p>(15) 表示方法については、警察庁と協議の上、決定すること。</p>

<p>信号予定情報 詳細履歴データ抽出</p>	<p>(6) データベースに蓄積された信号予定情報の履歴データの照会・表示ができること。</p> <p>(7) 信号予定情報の履歴データの照会条件は、照会日時（年月日時分）、提供県、交差点を指定できること。</p> <p>なお、表示する情報の時刻は、最新、既に登録されている情報の時刻の前情報及び後情報がボタンにより容易に変更及び表示ができること。また、設定表示される時刻情報（年月日時分）を表示すること。</p> <p>(8) デジタル道路地図上から対象地点を選択して、履歴データ照会の対象地点を設定できること。</p> <p>(9) 表示方法については、警察庁と協議の上、決定すること。</p> <p>(10) 帳票表示でき、CSV もしくは Excel 形式で保存ができること。</p>
<p>信号予定情報の 受信・稼働履歴抽出</p>	<p>(9) 接続先である都道府県警察の信号情報配信装置からの受信した情報に関して、受信・稼働状況の履歴一覧を表示することができること。</p> <p>(10) 一覧表示の照会条件は、照会時刻、交差点及び稼働情報を設定することができること。</p> <p>なお、設定する時刻は蓄積データある範囲とし、年月日時分で設定することができること。</p> <p>(11) 表示方法については、警察庁と協議の上、決定すること。</p> <p>(12) 帳票表示でき、CSV もしくは Excel 形式で保存ができること。</p>
<p>信号予定情報の 配信・稼働履歴抽出</p>	<p>(5) 接続先である信号情報センタへ送信した情報に関して、送信・稼働状況の履歴一覧を表示することができること。</p> <p>(6) 一覧表示の照会条件は、照会時刻、交差点及び稼働情報を設定することができること。</p> <p>なお、設定する時刻は蓄積データある範囲とし、年月日時分で設定することができること。</p> <p>(7) 表示方法については、警察庁と協議の上、決定すること。</p> <p>(8) 帳票表示でき、CSV もしくは Excel 形式で保存ができること。</p>

信号予定情報 表示	リアルタイム表示	<p>(4) 最新の信号予定情報に基づき、当該装置の時計時刻と比較し、現在灯色及びその残秒数を算出し、その後、計時とともに、残秒数をカウントダウンできること。さらに、残秒数が0になった場合は、次の灯色に切り替わり及びその残秒数を算出できること。</p> <p>なお、新たに信号予定情報を受信し、最新の信号予定情報が更新された際にはその情報に切替えて表示できること。</p> <p>(5) 表示条件は、交差点及び灯器IDを2つ以上指定できること。</p> <p>(6) 表示方法については、警察庁と協議の上、決定すること。</p>
信号予定情報 介入	停止介入	<p>(7) 交差点を指定し、信号予定情報の配信を停止することができること。</p> <p>(8) なお、交差点の指定は複数交差点を一括で指定できること。</p> <p>(9) 停止する条件として、即時・終了時点未定、期間指定等が指定でき、停止理由等のコメントを入力することが可能であること。</p>
	停止介入一覧	<p>(1) 信号予定情報の停止介入の実施時状況を一覧表示できること。</p> <p>(2) 実施状況とは、介入の状態、交差点ID、介入期間、コメント表示等を表示するものである。</p> <p>(3) 一覧上から、停止介入の削除、及び変更を行うことが可能であること。</p>

### 3.4 ネットワーク構成

本システムとしてはデータ転送の速達性の観点から他の情報との共用を避け、都道府県警察交通管制センタ及び信号情報配信センタとは専用にネットワーク（以降、NWと記載する）を構築する。加えて、データ照会用途やデータ関係用に別ネットワークを構築するものとする。

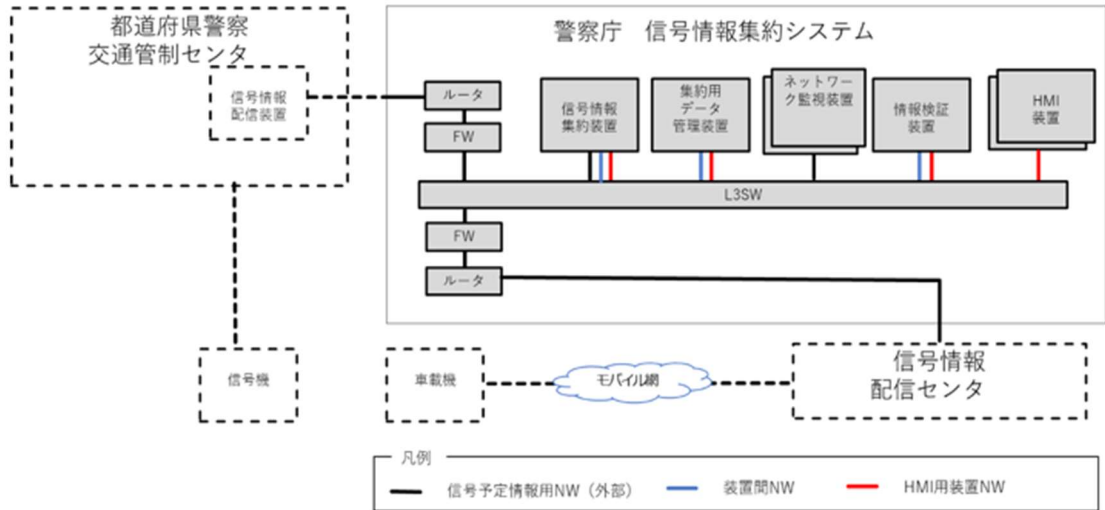


図 3-2 ネットワーク構成例



#### 4. 結言

本調査研究は、クラウド等を活用した信号情報の提供を実現するために、警察庁に設置する信号情報集約システムの仕様化に関する検討を行うものである。

クラウド等を活用した信号情報の提供を実現するためには、複数の装置が連携する必要がある。そのため、警察庁の信号情報集約システムと連携する主要なシステムである都道府県警察の交通管制システム、信号情報センタ（仮称）について各々の役割を明確にした。

また、信号予定情報のデータフォーマットを明確にしてMQTTの環境に基づく性能要件を明確にした。装置間の通信時間(遅延を考慮)を1秒以内としてLTE通信最大遅延を2秒とする指標を定めた。併せて、システム設計に資するために、データ容量に関しても試算を行った。

次に、取りうるシステム形態として集約方式と還流方式について検討を行った。技術面（データ遅延、分析高度化）、技術・運用面（情報セキュリティ等）、運用面（障害発生時の対応容易性）、政策面（実用化・整備速度）の5つの評価軸で、比較して評価を行い、実験を進める検証用システムとしては集約方式が望ましいという結論となった。この結果、集約方式に関して、システム機能構成、機能配置、管理上必要な画面構成等について、検討を行い、32機能、9画面、3帳票について機能概要を明確にした。

また、外部インタフェースについて、併設されるモデルシステム委員会と連携し、対信号情報配信装置、対信号情報センタ、対車載機の3つのインタフェース案を提案した。一方、システム運用に向けては中核をなす機能だけでなく、非機能的な要件も安定稼働の検討には欠くことのできない要素である。

そこで、情報セキュリティに関する要件、可用性、継続性、拡張性、中立性、運用・保守性等に関して、検証用システムで実験を行う場合に必要な要件と実際に運用される際の留意点に分けて検討を行った。

最後に、これまでの検討結果を踏まえシステム仕様書案の基礎資料とするべく、システム構成図、ハードウェア構成、ハードウェア機能、ソフトウェア機能についてシステム稼働要件をまとめた。

5. 付録

5.1 機能関連図

各機能の関連図を以下に示す。

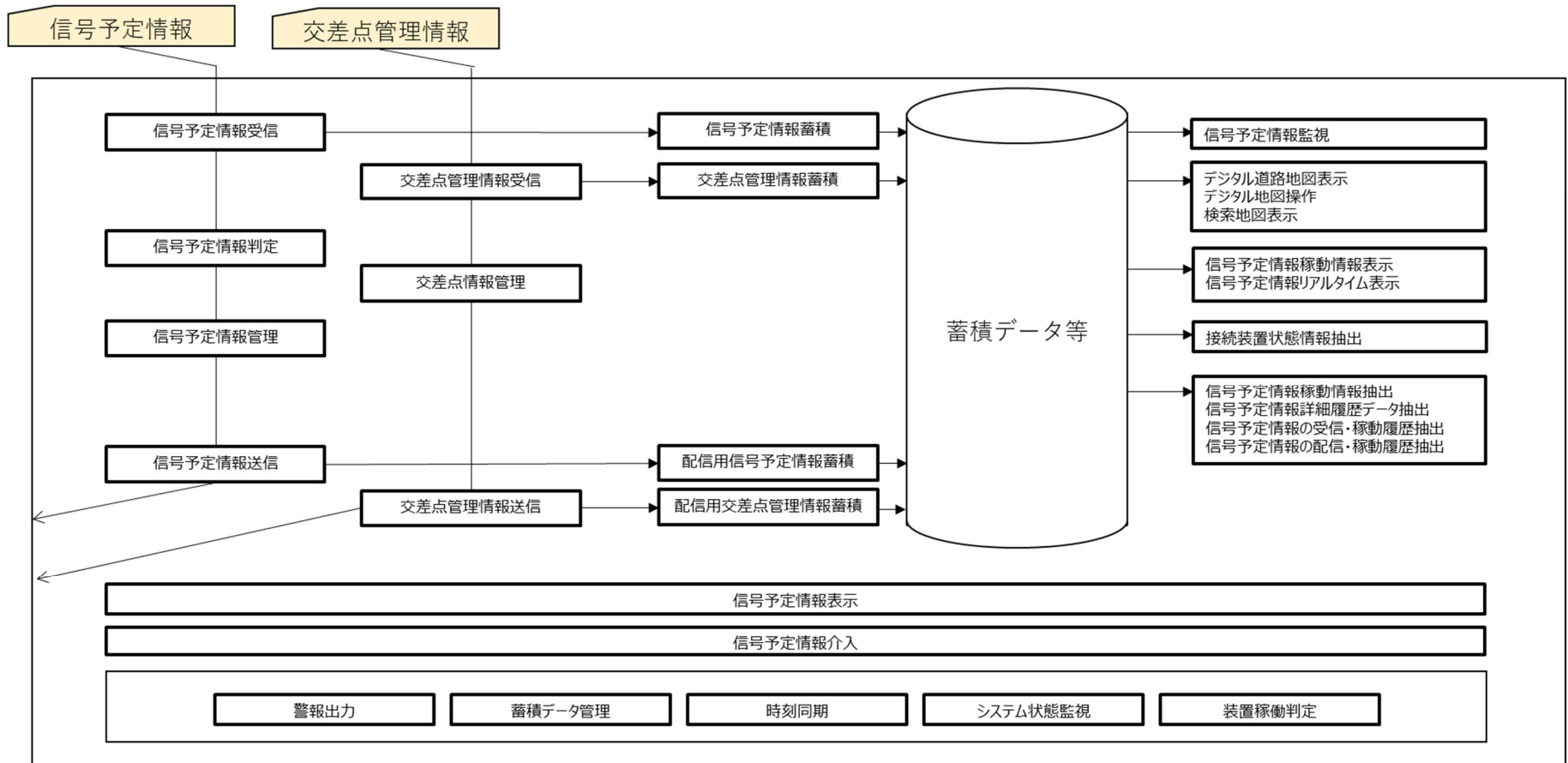


図 5-1 機能関連図

## 5.2 信号情報集約装置負荷検証環境と結果考察

図 5.2.1 に基づく全体構成の中で信号情報配信装置から信号情報集約装置間での負荷性能環境を構築して性能評価を実施した。

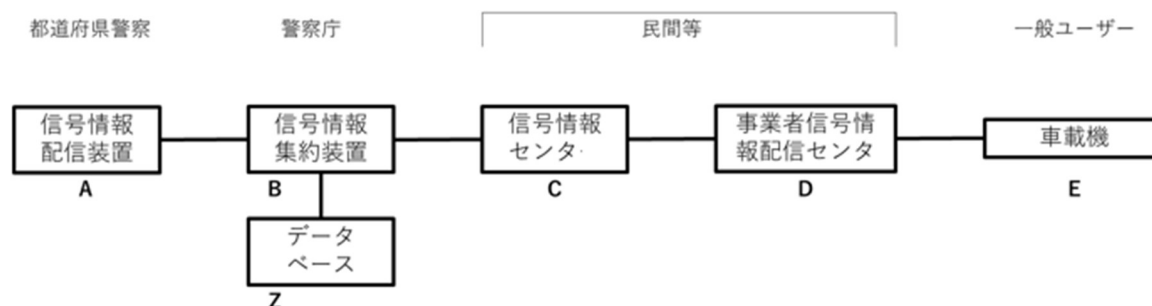


図 5.2.1 全体構成

### 5.2.1 通信負荷およびデータベース書き込み評価

以下の装置構成でのMQTT通信とデータベース書き込み時間の測定を実施した。

交差点信号機のサイクル長を 60 秒のモデルで 24 時間連続実行して連続して各交差点数(1000~4000)の信号予定情報を連続して生成して処理時間(最小、平均、最大)の測定を実施した。

図 5.2.1 において A と B そして B→A (仮想 C) での測定を実施した。

測定を実施した装置の条件は、次のとおりである。

[MQTTクライアント]

Windows10(Intel(R) Core(TM) i5-7200U CPU @2.50GHz 8.00GB 64 ビット)

[MQTTブローカー]

Windows10(Intel(R) Core(TM) i5-4310U CPU @2.00GHz 8.00GB 64 ビット)

これらを活用して回線帯域 100Mbps の環境で各々の場合を 24 時間連続稼働で測定を実施した。

動作フローを以下に示す。※1Topic が 1 交差点の位置づけになる。

動作フローを以下に示す。※1Topic が 1 交差点の位置づけになる。

- ① MQTTブローカーに対してN種類(1000-4000)の Topic(交差点毎に信号予定情報を生成する。アライメントを考慮して予備データを格納し 1024byte ならびに 2048byte に信号予定情報のデータサイズを調整し Publish する。(A→B)
- ② MQTTブローカーに対してN種類(1000-4000)の Topic を Subscribe する。  
(A→B)  
信号情報集約装置のサーバにてデータフォーマットチェックを行う
- ③ MQTTブローカーからN種類(1000-4000)の信号予定情報を Publish 送信する。  
(B→A)

④ 送信した publish をデータベースに書き込む

⑤ ②の処理に戻る。

※ Q o S = 0 の環境で測定を実施した。

以下の4つのケースは通信間隔をタイマで待たせることなく即時処理での測定結果である。

ケース1 1,000 交差点の場合(1 信号情報サイズ 1024byte)の場合

開始時間 2021/1/15 9:38:31.668

終了時間 2021/1/16 9:44:05.290

1,000 交差点で**最小値 864msec 平均値 2,066msec、最大値 6,520msec**

, ケース2 1,000 交差点の場合(1 信号情報サイズ 2048byte)の場合

開始時間 : 2021/1/17 9:48:27.338

終了時間 : 2021/1/18 10:01:51.140

1,000 交差点で**最小値 917msec、平均値 2,131msec、最大値 12,855msec**

ケース3 4,000 交差点の場合(1 信号情報サイズ 1024byte)の場合

開始時間 : 2021/1/18 10:39:35.363

終了時間 : 2021/1/19 11:05:00.603

4,000 交差点で**最小値 3,269msec、平均値 5,422msec、最大値 15,135msec**

ケース4 4,000 交差点の場合(1 信号情報サイズ 2048byte)の場合

開始時間 : 2021/1/19 11:09:46.397

終了時間 : 2021/1/20 11:09:29.135

4,000 交差点で**最小値 3,630msec、平均値 6,925msec、最大値 13,425msec**

## 5.2.2 考察

5.2.1 の結果から 1000 交差点の信号情報配信の場合には平均 2.1 秒から 2.2 秒で送受信が完了することが分かった。

また、4000 交差点の場合には平均 5.4 秒から 6.9 秒かかるが、この要因は送受信の途中での再送であり、MQTT のセッションが切れた場合に再接続の時間がかかることを考慮すると MQTT 評価をエージング試験して評価する必要がある。

加えて、QoS の値についても再送を保証する設定にするのかどうか含めて性能評価する必要がある。

今回は 24 時間のヒートランでの実施であるが、これを 1 ヶ月などの長い周期での評価を行うなどの必要がある。

また、信号情報配信装置 (A) から受信したデータを相手装置に送信する間隔はデータベース格納時間を考慮して行う必要があると考える。

データベース書き込みについては高速キャッシュなどの仕組みを活用することで 1 件あたりの書き込み時間を大幅に短縮できるのでデータベース書き込みに関しては実運用に耐えられると考える。

実運用においては、送信能力と受信能力の観点で信号情報センタから事業者信号情報配信センタ経由車毎に配信する Publish メッセージ量が増加することで Broker 内に滞留するメッセージが増加する可能性があることを今後考慮し送信間隔を調整する必要がある。具体的には送信間隔の値を「(送信メッセージ処理能力) / (受信メッセージ能力×一度に配信する車両台数) > 0.99」になるように 1~3ms に調整する必要があると考える。