

2019年度

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

# 成果報告書

2020年2月

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2019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

まえがき  
和文要約  
英文要約

1. はじめに	1
1.1 研究開発の目的	1
1.2 本年度研究開発の位置づけ	2
1.3 研究開発の概要	3
1.3.1 2018年度事業により得られた提供手法案に対する機能・技術要件の詳細化	3
1.3.2 模擬システムによる信号情報提供手法の検証	3
1.3.3 次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	3
1.4 研究開発体制	4
2. 提供手法案に対する機能・技術要件	5
2.1 機能・技術要件の検討	5
2.1.1 信号情報データの仕様の検討	5
2.1.2 信号予定情報生成の実現方法の検討	5
2.1.3 システムにおける各機器の時刻精度向上策の検討	5
2.1.4 情報セキュリティ（機密性、完全性）の検討	5
2.1.5 信号情報センターへの提供情報インタフェース検討	7
2.1.6 提供手法の実現に必要な設備・機器や通信手段の検討	7
2.1.7 交通管制システム中央装置や交通安全施設端末装置等への影響の検討	8
2.2 自動車メーカーからの要望に対する検討	9
2.2.1 信号予定情報の配信について	9
2.2.2 信号予定情報について	10
3. 検証方法	14
3.1 評価項目	14
3.2 構内実験システム構成	16
3.2.1 管制方式のシステム構成	16
3.2.2 集中方式①のシステム構成	17
3.2.3 集中方式②のシステム構成	17
3.2.4 制御機方式のシステム構成	17
3.3 検証方法	18
3.3.1 時刻精度検証	18
3.3.2 信号予定情報の精度検証	22
3.3.3 通信回線の遅延の検証	24

---

---

---

---

4. 評価結果	25
4.1 遅延測定結果	25
4.2 誤差測定結果	28
4.3 交通信号制御機の拡張機能の適用について	30
4.3.1 系統機能	30
4.3.2 時刻修正機能	30
4.3.3 リコール1機能	31
4.3.4 リコール2機能	31
4.3.5 リコール3機能	31
4.3.6 現示切替機能	32
4.3.7 歩行者感応機能	32
4.3.8 高齢者等感応機能	33
4.3.9 ギャップ感応機能	33
4.3.10 連動親機機能	34
4.3.11 連動子機機能	34
4.3.12 分周期連動子機機能	34
4.3.13 高速感応機能	35
4.3.14 ジレンマ感応機能	35
4.3.15 バス感応機能	35
4.3.16 地点感応機能	36
4.3.17 自動生成機能	36
4.3.18 プロファイル制御機能	36
4.3.19 複数交差点制御連動機能	37
4.4 コスト	38
4.5 長所・短所	40
4.5.1 導入、拡張の容易さ	40
4.5.2 感応制御との競合	41
4.5.3 不確定情報継続時間	42
4.5.4 交通信号制御機（非集中）への対応	42
4.5.5 異常検出	43
4.5.6 機器冗長性	43
4.5.7 考えられる保守項目	44
4.5.8 運用上の制限（感応以外）	44
4.5.9 対象とする交通管制センターと交通信号制御機間伝送方式	45
4.5.10 セキュリティ	46
4.5.11 規制・制度面の課題	46
4.5.12 配信センター運用主体の決定、責任分解点等	47
4.5.13 対応可能な制御機の動作レベル	47
4.5.14 警視庁仕様への対応	47

---

---

---

---

5. 2020年度モデルシステムについて	49
5.1 選択のポイント	49
5.2 評価表にもとづく検討結果	49
5.3 選定結果	50
6. 2020年度検討課題	51
6.1 管制方式の感应制御等への対応	51
6.2 車両への灯色切り替わり秒数の事前提供	51
6.3 信号灯色誤差の削減	51
6.4 通信遅延低減策の検討	52
7. 結び（統括及び結論）	53

---

---

---

---

## 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）／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」において、2018年度の調査結果に基づき、自動運転に適した信号情報の提供手法4方式に関する機能・技術要件の詳細化、模擬システムを用いた検証、各方式の評価、2020年度のモデル事業に適用する方式の選定、モデルシステムの仕様書案の作成等を行うために実施したものである。

---

---

---

## 和文要約

本研究開発では、I T S無線路側機（700MHz 帯）等の路車間通信以外の手法による信号情報提供の実現に向けて研究開発を実施した。

具体的には、2018年度の調査において提案された、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①（交通管制センターで信号予定情報を生成する方式）及び制御機方式に、今年度の研究開発の中で提案された集中方式②（交通信号制御機から信号予定情報を得て、交通管制センター経由で提供する方法）を加えた4方式について、機能・技術要件の詳細化、模擬システムを用いた検証、各方式の評価等を行った。また、それらの結果に基づき、2020年度のモデル事業に適用する方式の選定、及び構築するモデルシステムの仕様書案の作成等を実施した。

主な結果は次の通りである。

通信遅延については、いずれの方式についても、最大2～3秒の遅延が生じたが、信号予定情報を絶対時刻に基づいて生成することにより、信号灯色のズレは発生しないことを検証により確認した。また、一般社団法人日本自動車工業会からの自動運転の実現にむけた信号配信への要望事項である信号情報誤差±300ミリ秒以内に対し、各方式で、数百ミリ秒程度のバラツキが生じたが、要望を満たせる目処をつけた。

機能・技術要件の詳細化における主要テーマである系統機能、リコール機能、ギャップ感応機能その他の現状の信号制御機が保有する特殊な機能への対応について検討を行った。管制方式に関しては全ての機能について、他の3方式については一部について、程度の差はあるが、課題があるという評価結果を得た。この他、方式選定の材料として、異常検出、導入の容易さ、運用上の制限、規制・制度面の課題等について、評価して結果をまとめた。

方式の選定については、以下のポイントを考慮して比較を行い、警察庁の意見を踏まえ総合的に判断して管制方式を選定した。

- ・ I T S無線路側機での整備に比べて、安価で広範囲の信号予定情報提供することを目的とする
- ・ 信号情報提供のために必要であれば、交通管制の運用方法の変更も可能とする
- ・ 集中エリアを優先して整備を検討する
- ・ 端末側で秒数を決定する制御方式（自律分散制御等）についても信号予定情報提供ができる

ただし、交通管制の運用の変更等によっても対応できない場合を考慮して、集中方式②及び制御機方式についても、来年度以降小規模検証を行うという結論を得た。

なお、一般社団法人日本自動車工業会等の要望を踏まえ、自動運転車両が判断できる程度の時間的余裕を確保できるように信号灯色変更の時点よりも前に感応秒数や灯色順を決定する制御の導入、データが経由する機器の処理周期の見直し等の対策案を課題として抽出した。

---

This research and development project was conducted with the aim to realize the provision of the Signal Phase and Timing (SPaT) information through methods other than the V2I via ITS roadside radio units (700Mhz-band) and others.

The research and development specifically consisted of the preparation of detailed functional and technical requirements for four systems of providing SPaT information, verification of these systems using simulated systems and evaluation of each system.

The four systems were , namely, a traffic control center(TCC)-based system, a centralized system (1) (a method in which upcoming traffic signal information is generated at a TCC), a centralized system (2) (a method in which SPaT information is provided via a TCC after obtaining upcoming SPaT information from a traffic signal controller(TSC)) and a TSC-based system.

Based on the results of these efforts, a system to be applied for the fiscal 2020 model project was selected and draft specifications for a model system to be built were prepared.

The main results are shown as follows:

There was a communication delay of up to 2 to 3 seconds in all systems; however, the verification confirmed that the difference in signal color indication timing does not occur if upcoming Spat information is generated based on absolute time.

Although a difference of several hundred milliseconds was observed in each system, prospective measures to meet the SPaT information error range requirement of  $\pm 300$  milliseconds set by the Japan Automobile Manufacturers Association(JAMA) were identified.

An examination was conducted for the applicability of the four systems to the specific functions possessed by the existing TSCs, such as the coordinated control function. The results found that, the TCC-based system was more or less problematic in supporting all of these functions, while the other systems have problems in supporting some of them.

As criteria for selecting systems, abnormality detectability, the ease of implementation, operational restrictions, regulatory and institutional issues were evaluated. As the result of it the TCC-based system was selected after a comprehensive assessment by the National Police Agency. In consideration of the case in which the TCC-based system is not useful, it was concluded that a small-scale verification would also be conducted for the centralized system (2) and the TSC-based system in the next fiscal year.

Based on requests from the JAMA, draft measures were identified as issues, including the introduction of a control system that determines the number of seconds under traffic-actuated control and signal color sequence before the time at which the signal color changes in order to provide sufficient decision-making time for automated driving vehicles, and the revision of the processing cycle of devices through which data passes.

---

---

## 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（SIP）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、2018年度に実施した、「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関する調査」（以下「2018年度調査」という。）により得られた、適用可能性の高い3つの信号情報提供手法（本研究開発の中で1手法加わり4手法となった）について、機能・技術要件の詳細化を行うとともに、2020年度に予定しているモデルシステムの整備に向けた仕様案の検討・作成を行う。具体的には、下記3項目を実施する。

- ① 信号情報提供手法に対する機能・技術要件の詳細化
- ② 3つの信号情報提供手法案の模擬システムによる信号情報提供手法の検証
- ③ 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

## 1.2 本年度研究開発の位置づけ

SIP 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2か年目にあたる。

2018年度 (実施済)	<p><b>事例調査及び実現可能性が高い手法の課題検討</b></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>
2019年度 (今年度)	<p><b>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</b></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>
2020年度 (予定)	<p><b>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</b></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>※交通管制センター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>
2021年度 (予定)	<p><b>複数都道府県でのモデルシステム実証のための整備</b></p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>・複数道府県警察での信号情報提供モデルシステムの整備</li> <li>・警察庁信号情報集約モデルシステムの整備</li> </ul>
2022年度 (予定)	<p><b>複数都道府県でのモデルシステム実証の効果検証</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・複数道府県警察での信号情報提供モデルシステムの効果検証</li> <li>・警察庁信号情報集約モデルシステムの効果検証</li> </ul>

図 1-1 研究開発の全体計画

### 1.3 研究開発の概要

#### 1.3.1 2018年度事業により得られた提供手法案に対する機能・技術要件の詳細化

2018年度調査において、提言がなされた路車間通信以外の手法による信号情報提供の提供手法について、情報セキュリティに関わる検討を実施した上で、機能要件、技術要件の詳細化を行った。

詳細化にあたっては、実整備を見据え、現行の交通管制システム中央装置、交通安全施設端末装置等（以下、既存システム）からの情報提供を前提に検討するほか、機能要件、技術要件を詳細化する段階で、現行の既存システムの改修が必要となった場合については、既存システムの改修や運用方法の変更も含めて検討した。

#### 1.3.2 模擬システムによる信号情報提供手法の検証

3種類の提供手法について、模擬システムを構築し、信号情報の提供を実施することで、提供される信号情報の精度等について評価を行った。また、検証に参加する自動運転車を開発している車両メーカー等を募集し、自動運転への活用の可能性についてヒアリング等を通して調査した。当該システム構築範囲としては、1.3.1において検討を実施した範囲とした。

#### 1.3.3 次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

上記1.3.1、1.3.2の検討結果を踏まえ、2020年度に構築予定であるモデルシステムに採用すべき提供手法を選定した。また、当該手法にモデルシステムの構築に向けた実験仕様書及び必要に応じ既存システムの仕様書の修正案を作成した。

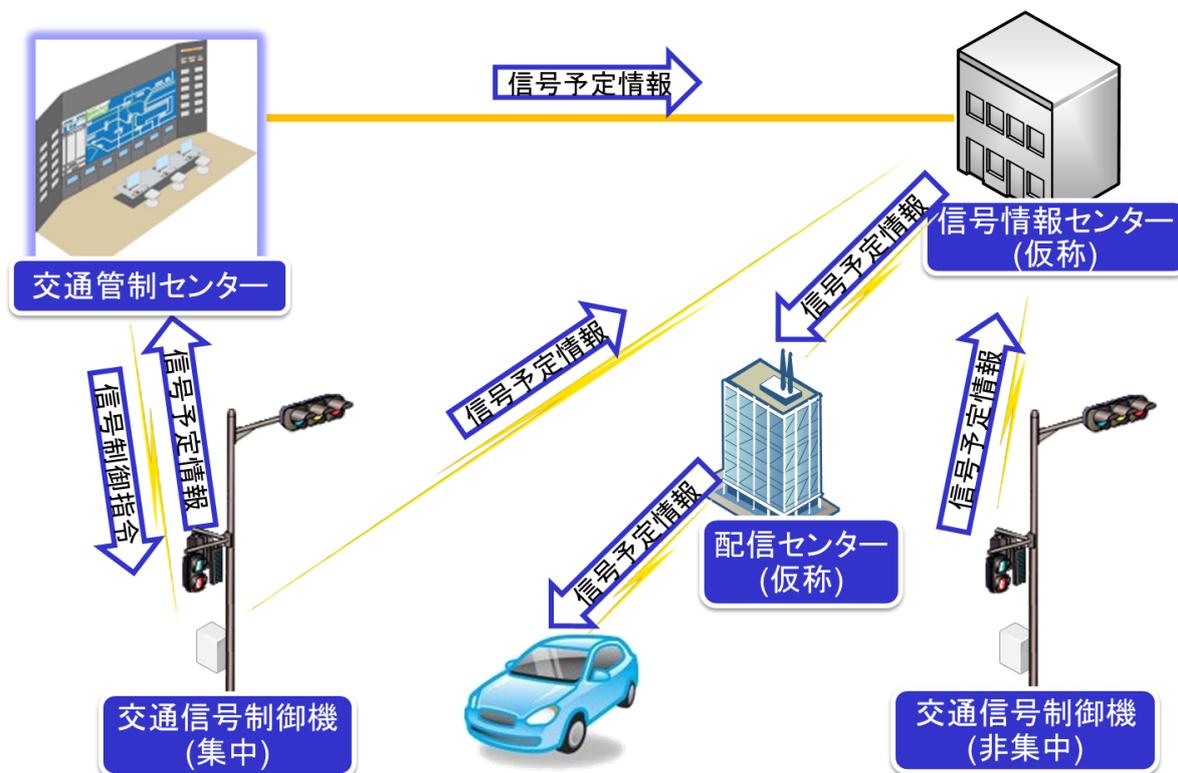


図 1-2 研究開発の概要

#### 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 1-1 研究開発委員会

インフラメーカー	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 京セラ株式会社 コイト電気株式会社 住友電気工業株式会社 日本信号株式会社 日本電気株式会社 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	株式会社ディー・エヌ・エー 株式会社デンソー トヨタ自動車株式会社 日産自動車株式会社 一般社団法人日本自動車工業会（以下、自工会） 株式会社本田技術研究所 SB ドライブ株式会社
電気通信事業者	株式会社 NTT ドコモ KDDI 株式会社
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

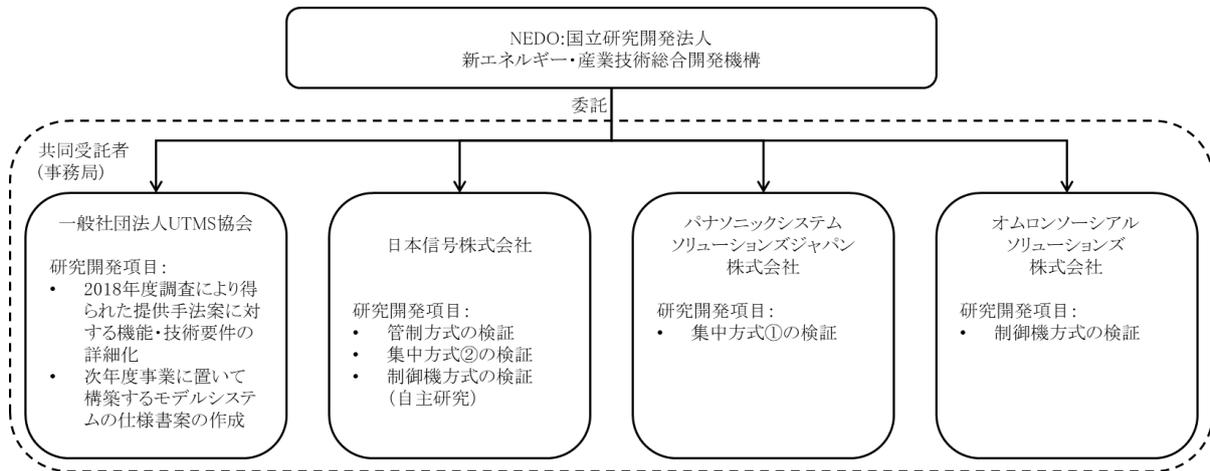


図 1-3 研究開発体制

---

## 2. 提供手法案に対する機能・技術要件

### 2.1 機能・技術要件の検討

#### 2.1.1 信号情報データの仕様の検討

安全運転支援システム（DSSS）の「ITS 無線路側機 DSSS 用路車間通信アプリケーション規格」の信号情報を基本とする。本研究開発では信号情報を予定情報として提供するため、DSSS の信号情報に生成時刻を付与し、生成時刻からの残秒数を提供する。

生成時刻は、信号情報を生成する機器で付与し、車両側は生成時刻を基準とした残秒数から現在時刻の残秒数を算出する。

信号情報を予定情報として提供するために、交通管制システムと提供を受ける車両にて時刻の同期をとる必要がある。信号情報センター、配信センターと車両は交通管制システムと別システムとなるため、システム間で同期をとることは現実的ではない。各々が絶対時刻に同期する方策とする。

#### 2.1.2 信号予定情報生成の実現方法の検討

##### (1) 管制方式

交通信号制御機（集中）を対象とする。交通信号制御機（集中）から受信する信号制御実行情報、交通管制センターから配信する信号制御指令に基づき、信号予定情報を生成する。

##### (2) 集中方式

交通管制センターで即時信号制御指令及び即時信号動作状態情報から信号予定情報を生成する方式と交通信号制御機（集中）にて信号予定情報を生成する方式が想定され、本研究開発にて前者を集中方式①、後者を集中方式②とすることとした。

##### (3) 制御機方式

交通信号制御機（集中）は、ITS 無線路側機と同様、S10 インタフェースとして作成される信号情報を用いて信号予定情報を生成する。交通信号制御機（非集中）は、設定されている動作時限表により各階段の実行秒数を決定している。決定した情報を基に信号予定情報を生成する。

#### 2.1.3 システムにおける各機器の時刻精度向上策の検討

信号予定情報を生成する機器と車両は絶対時刻に同期する必要がある。

交通管制センターなど庁舎等に設置されている機器はGPSにて補正しているタイムサーバーにNTPで同期させる。交通信号制御機や車両等の屋外の装置も交通管制センターと同様にGPSによる補正を行う。

#### 2.1.4 情報セキュリティ（機密性、完全性）の検討

本研究開発において、各方式で用いる通信経路には、「① 交通信号制御機～交通管制センター間」、「② 交通管制センター～信号情報センター間」、「③ 交通信号制御機～信号情報センター間」、「④ 信号情報センター～配信サーバー間」、「⑤ 配信サーバー～車載機間」の5種（図 2-1 参照）がある。このうち、④および⑤については、本研究開発のスコープ外である。

現在、「① 交通信号制御機～交通管制センター間」の接続には専用回線を使用している。

各方式でこの経路を使用する際も既設回線を使用することから、一般回線と切り離されており、セキュリティは確保されている。

「② 交通管制センター—信号情報センター間」の通信については、新規に接続される回線となるが、閉域網やVPNを用いた構築するなどの対策が必要となる。

「③ 交通信号制御機—信号情報センター間」については、信号予定情報が直接信号情報センターに送信されるため、悪意あるものが、意図的に誤った信号予定情報を流さないよう、この部分においてセキュリティを担保する必要があると考えられる。通信回線を公衆網と接続しない（閉域網とする）、情報を暗号化する、VPNを構築する等、いずれか（もしくは複数）の対応を取る必要がある。（ただし携帯網区間は通信キャリアにより秘匿性が保たれていると考えられる）

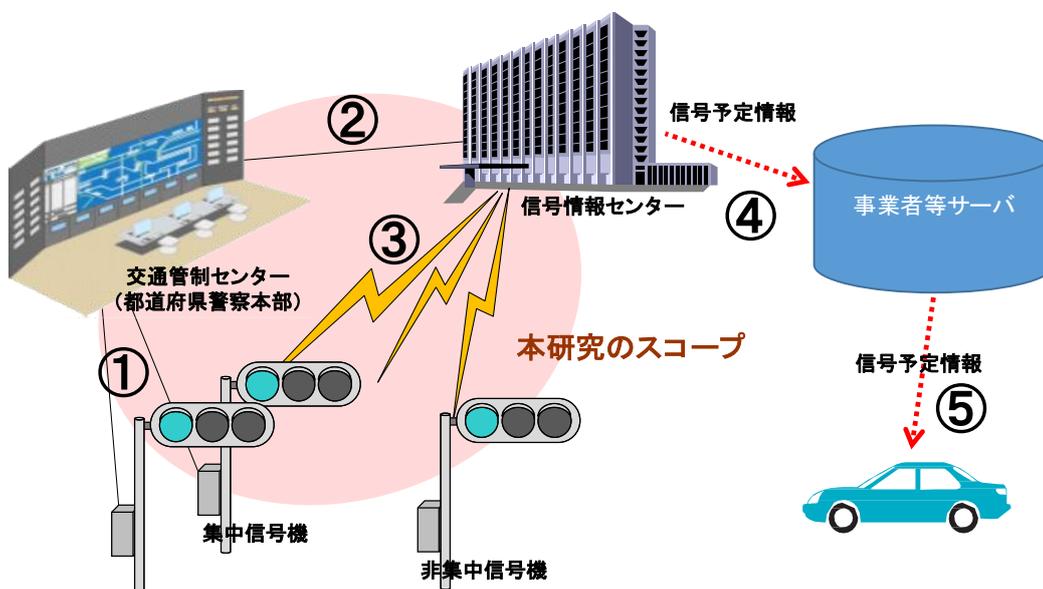


図 2-1 システム構成と通信経路

### 2.1.5 信号情報センターへの提供情報インタフェース検討

本研究開発スコープにて対象となる「交通管制センター⇄交通信号制御機」「交通管制センター⇄信号情報センター」「交通信号制御機⇄信号情報センター」について適用するインタフェースの検討を行った。検討内容を表 2-1、図 2-2 に示す。

表 2-1 各装置間のインタフェース検討

区間	方式	理由
交通管制センター ⇄ 交通信号制御機	UD 伝送	現在の交通管制システムにおいて採用されている方式を踏襲すると導入面で有利となる。既存のメッセージ規格に信号予定情報のメッセージを追加することが望ましい。
交通管制センター ⇄ 信号情報センター	UD 伝送 MQTT	交通信号制御機と交通管制センター間のインタフェースを踏襲すると UD 伝送を用いる案が考えられ、また、IoT にて広く採用されている MQTT を採用する案も候補として挙げることができる。本研究開発では方式により使い分けて評価を行うが、あくまで実証実験の方式選択であり、実用化においては詳細な検討が必要である。
交通信号制御機 ⇄ 信号情報センター	MQTT	軽量なプロトコルであり、組込機器に適していること、また、IoT の通信でも広く採用されており、端末装置に実装することに適していることなどから、実証実験では MQTT を採用するが、実用化においては詳細な検討が必要である。

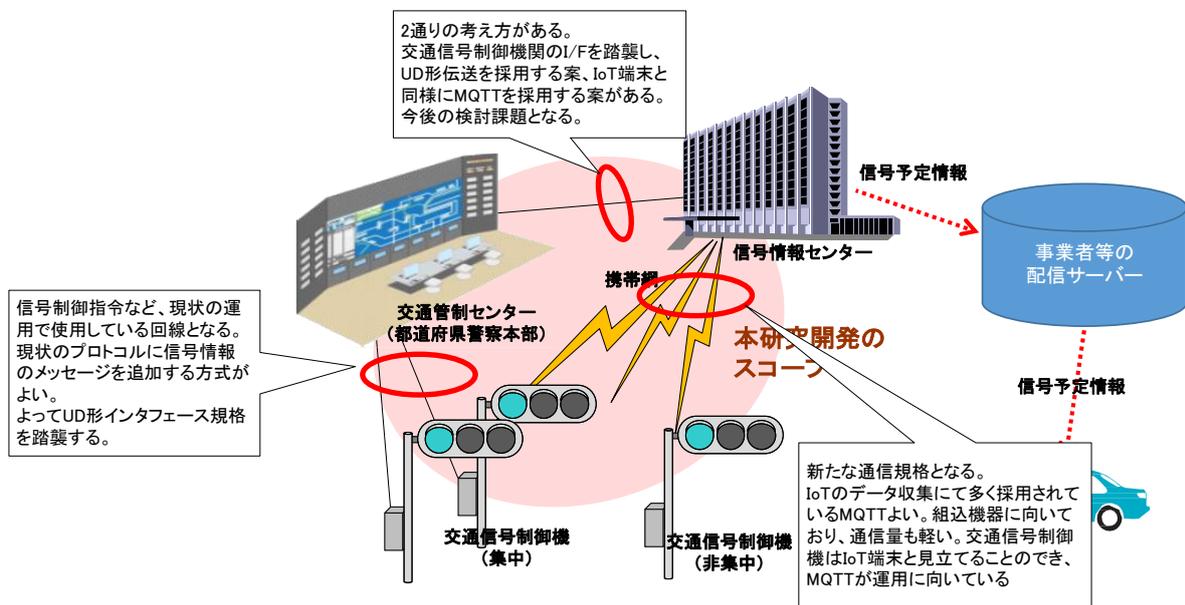


図 2-2 各装置間のインタフェース検討

### 2.1.6 提供手法の実現に必要な設備・機器や通信手段の検討

信号予定情報提供に関わる必要な設備を表 2-2 に示す。

表 2-2 提供手法の実現に必要な設備

項番	方式	必要な設備	備考
1	各方式共通	信号情報センター	
2-1	管制方式	信号情報配信装置	交通管制センターから信号情報センターに信号情報を送信する
2-2		中央装置に信号情報取得の改修が必要	
3-1	集中方式①	中央装置、交通信号制御機の改修が必要	専用の歩進制御に改修が必要
3-2	集中方式②	中央装置、交通信号制御機に信号情報取得、GPSによる時刻修正の改修が必要	
4-1	制御機方式	信号情報編集装置	交通信号制御機からサイクルの情報や灯色情報を取得して信号予定情報を生成する
4-2		交通信号制御機（集中）	DSSS 用信号情報出力機能を実装すること

### 2.1.7 交通管制システム中央装置や交通安全施設端末装置等への影響の検討

#### (1) 管制方式

信号情報配信装置から信号制御への介入は無く、既設置装置のデータベースから信号予定情報の生成に必要な情報を取得するのみであるため、サイクル・スプリット・オフセット生成や付加機能の動作に関わる影響はない。

#### (2) 集中方式①

中央装置に信号予定情報生成と送信機能を追加する改造が必要となる。サイクル・スプリット・オフセット生成や付加機能の動作に関わる影響はない。

#### (3) 集中方式②

信号予定情報生成と送信機能、GPSによる時刻修正機能を追加する改造が必要となる。サイクル・スプリット・オフセット生成や付加機能の動作に関わる影響はない。

#### (4) 制御機方式

信号予定情報を生成するための信号情報編集装置を付加するのみであるため、サイクル・スプリット・オフセット生成や付加機能の動作に関わる影響はない。

## 2.2 自動車メーカーからの要望に対する検討

### 2.2.1 信号予定情報の配信について

信号予定情報配信に対する、自工会からの要望事項を表 2-3 に示す。

表 2-3 信号予定情報配信に対する要望事項

要望事項	検討内容	確認事項	自工会からの回答
信号予定情報の配信 (現在灯色)	信号予定情報の変化時に、車載機に信号予定情報を送信する方式を取っており、編集時点の灯色とその後の予定情報を配信する形となる。	灯色は、編集時点の灯色と残秒数を元に、車載機で生成するもの考える	灯色には、「実際の灯器」、「車載のカメラでの認識」と「無線情報」の3種類がある。定義については、別添資料1を参照。
	通信遅延が大きいと考えられるため、現在灯色という情報名称は誤解を受ける可能性がある。	灯色の切り替えは車載機側で表示するという認識である。	
信号予定情報の配信 (先読み) 現在と次のサイクル (次のサイクルとして必要なのは、先頭灯色とその最小秒数 ( $\Delta t$ より大きいこと)	$\Delta t_{※}$ は、規制速度によって変わり、 $\Delta t$ のままの表現では誤解を招く可能性がある。大型車は想定値の試算。	信号予定情報提供の方式検討においては最高の規制速度である60km/hの時の $\Delta t$ に基づき、設計・検証すべきと考える。そのため、 $\Delta t$ は、9秒が妥当と考え。また、検討においては、大型車の $\Delta t$ である12秒については、参考程度に考察する。	$\Delta t$ は、黄色の時間と規制速度によって変わる。別添資料2を参照。

※ $\Delta t$ については別添資料2「 $\Delta t$ 算出の考え方」を参照のこと

2.2.2 信号予定情報について

表 2-4 信号予定情報に対する要望事項

要望事項	検討内容	確認事項	自工会からの回答
<p>遅延・ゆらぎ時間の規定 遅延は規定せず ゆらぎは、±300ms 以内 今後実験で妥当性を検証</p>	<p>ゆらぎについては、実際の信号灯器の変化タイミングと、信号予定情報から算出する現在灯色の変化タイミングとを比較する。遅延については、絶対時刻と残秒数での提供であるため、遅延による誤差は発生しないと考える。(生成した情報が車載機に届くまでの時間の計測は、情報がどれだけの時間で提供できるかという観点で実施する)</p>	<p>要望事項にある“今後実験で妥当性検証”という記述は、自工会で実施されるものと想定する。</p>	<p>2020年度、警 A※で実施予定。</p>
<p>サイクル時間の確定</p>	<p>サイクル時間は、今後のサイクル長や階段の時間（各灯色の点灯時間）と考える。</p>	<p>警 A の検討結果を受けて検討することとし、警 B※は、4方式の比較検討を行うため、本課題は警 A・警 B 共通だが、警 A で検討されるものと考ええる。当面、本要望事項の検討は保留とする。</p>	<p>警 A での検討結果を参照願う。 ②は、「<b>不明の場合</b>をなくしてください」という意味。 (参考)「ITS 無線路側機 DSSS 用路車間通信アプリケーション規格」P.33 「DE_最小残秒数」には『<b>最小残秒数が不明の場合</b>にはフルビットを格納する』と記載されている。 また「DE_最大残秒数」には『<b>最大残秒数が不明の場合</b>にはフルビットを格納する』と記載されている</p>
<p>① 不定時間をなくす。</p>	<p>不定時間の定義が不明。感応等を実施する場合、幅付きでの提供となるため、不確定となる。</p>		
<p>② 不確定時は、最大・最小秒数を出力。灯色切り替わり〇〇秒前までに確定。</p>	<p>押ボタン信号機、半感応式信号機（リコール制御）の場合、サイクル長・各階段の時間は確定できない。またギャップ感応等では、秒数確定後（灯色切り替わり後）の確定秒数の提供となり、実験において事前に感応秒数を確定することは考えない。</p>		

<p>信号予定情報の信頼性確保（フェールセーフ機能追加）</p> <p>① 信号灯色と信号予定情報の一致性を確認する仕組みを入れる。全方路の青、青矢、黄点滅、赤点滅（通行許可灯色）については一致性の確認が必須。</p> <p>② 一致しない場合は、異常状態を通知する仕組みを入れる。</p>	<p>管制方式、集中方式</p> <p>①、集中方式②には、信号灯色を監視する仕組みがない。警 B は、警 A では費用がかかるため、それを補う（コストダウンを考慮した）方式という一面もある。</p>	<p>管制方式、集中方式</p> <p>①、集中方式②における、灯色と配信情報の一致確認についての要望事項は実験では一旦保留としたと考える。</p> <p>また、一致しない場合、異常状態を通知とあるが、設計上の不具合、または機器故障の可能性があると考ええる。</p> <p>そのため、異常があった場合は、保守要員の確認があるまでは異常から復旧しないような要件が必要と考える。委員会での検討事項と考える。</p>	<p>今回の評価において、保留は問題ない。ただし、フェールセーフ機能は、実用化の際は必要。警 A での検討結果を参照願う。</p> <p>正常であることを確認した上で復旧する仕組みは必要。</p>
---	--	---	--

※警 A とは「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第 2 期／自動運転（システムとサービスの拡張）／自動運転の実現に向けた信号情報提供技術等の高度化に係る研究開発」のことをいう。また、これに対し、本研究開発のことを警 B という。

## 2.2.3 信号予定情報メッセージセット

表 2-5 信号予定情報メッセージセットに対する要望事項

要望事項	検討内容	確認事項	自工会からの回答
<p>感応制御種別・特定制御動作中フラグ</p> <p>① 感応、押ボタンなど、先読み情報が突然変わる可能性がある交差点はその種の制御が入っている旨通知する仕組みを入れる。</p> <p>② 先読み情報が突然変わる可能性がある感応制御が作動中か非作動中かを表すフラグ。</p> <p>③ 手信号運用時、その旨を表すフラグ、また、手信号時も灯色情報を出力。 *灯色切替までの最低保証秒数も必要。</p>	<p>本課題は警 A・警 B 共通だと考える。</p> <p>③はマラソンやパレード時に運用されることが多いと思う、このような状況時に、自動運転をして良いかどうかの議論が必要。</p>	<p>先行している警 A の検討結果を受けて検討することとし、4方式の比較検討を行うために、競合の可否のみ提示することとし、当面、本要望事項の対応に関する検討は保留とする。</p>	<p>本研究開発では、検討保留で良い。</p>
簡易版道路線形情報の出力	警 A で追加されたメッセージセットに準拠する。	(特になし)	
歩行者用信号の出力	DSSS の信号情報に準拠する。	<p>ゆらぎの評価について、青から青点滅への変化時は、「検出遅れが想定されること」、「本質的には、青又は青点滅と赤信号の区別ができれば良い」との考えから、今回の実験においては歩行者青から歩行者青点滅への変化については、ゆらぎの評価対象から外すことを提案する。</p> <p>なお、将来的には、歩行者信号を提供することによって左折への注意喚起等ができると思われる。</p>	<p>警 A で既に検討しており、同じ考え方である。</p>

2.2.4 その他

表 2-6 その他の要望事項

要望事項	検討内容	確認事項	自工会からの回答
	<p>管制方式では、既存の通信インターフェースを用いている都合上、感応動作などで青信号の秒数が交通信号制御機で確定してから、その情報が車両に渡るまでに時間がかかる。信号機で青時間が打ち切れ、次の灯色に移ったとしても、30秒程度はその情報が伝わらない場合がある。その場合幅付きの情報がある場合、その後の灯色もすべて幅付きとなるため、しばらく不定の状態が続くこととなる。</p>	<p>自動運転において、このような情報はかなり使い道が限られると思うが、管制方式には、システムの構築が比較的容易であるという利点もある。例えば、運用初期においては管制方式を適用し上記のような情報を提供することから始め、徐々に他の方式で補完していくような方式は考えられないか。(初期は自動運転に使うというよりは TSPS 的な使い方考えるなど)</p>	<p>方式によらず、要件を満たすこと。</p>
	<p>警 B では、生成時刻を絶対時刻で提供することで、予定情報の伝達に時間がかかっても(遅延が発生しても)、灯色の変化のタイミングにずれを発生させない考え方をしている。</p> <p>しかし、感応動作の打ち切りタイミングについては、感応の最小値を過ぎると、青が継続しているか黄になったか不定の時間が続き、青打ち切り後にその情報が車両に届いてはじめて黄信号が確定することになる。</p>	<p>感応最小値から灯色打ち切り情報の受信までの灯色不確定時間について、車両側から見たときに、許容できるか?(警 A のように、<math>\Delta t</math> 秒前までに確定する必要があるか?)</p> <p>その後の黄信号から赤信号への変化は、おそらく黄信号中に情報が届くため、確定情報で動作することが可能かと思う。</p> <p>(集中・制御機方式の場合)</p>	<p>警 A・B で、要件は変わらない。</p>

### 3. 検証方法

#### 3.1 評価項目

本研究開発の目的であるモデルシステムの方式を選定するための評価項目は以下の4項目である。

- (1) 各提供手法について、信号予定情報の生成元から車両等に到達するまでに生じる遅延・ゆらぎの評価
- (2) 生成される信号予定情報の正確度の評価
- (3) システム構成の実装の容易さに関する評価（コスト面の評価含）
- (4) 従来の交通管制に与えるインパクトの評価

この評価項目に対し、どのような検証・比較を実施すべきか委員会において検討を行った。検討の結果を受け、それぞれの評価項目に対し表 3-1 に示す考え方で評価を実施することを事務局より提示し、委員より意見を募った。

表 3-1 事務局より提示した評価に対する考え方

実施計画書にある 評価項目	考え方
各提供手法について、 信号予定情報の生成元 から車両等に到達する までに生じる遅延・ゆ らぎ	検証（計測）は、各方式の信号予定情報生成時刻および各機器の 信号予定情報受信時刻を記録し、情報生成から各機器の受信まで に発生する遅延時間を計測する。また計測は複数回実施し、分散 （ゆらぎ）を算出する。また感応制御を実施した際に、幅付きで 提供していた秒数が確定した後に、確定後の秒数が配信されるま での時間についても計測する。 評価は、計測値そのものの比較に加え、計測値が許容範囲内であ るかなどの判断を加え、総合的な評価とする。
生成される信号予定情 報の正確度	検証（計測）は、各方式で算出した予定情報と実際の灯色との差 異時間を計測する。また計測は複数回実施し、分散（ゆらぎ）を 算出する。 評価は、計測値そのものの比較に加え、各方式と特殊制御との競 合（実施可否）、特殊制御実施時の提供できる情報の種別（幅付き なのか確定値なのか）、幅付きの秒数が確定したときに確定情報を 配信可能なかなどを一覧にして提示する。提示した材料を元に 判断を加え、総合的な評価とする。
システム構成の実装の 容易さに関する評価 （コスト面の評価含）	整備シナリオとそのシナリオ実現にかかる費用を、機器費、通信 費、運用（改良）に係る費用など、分類して算出する。整備シナ リオは各方式で異なると考えられるため、個別にシナリオを設定 するが、対象県など統一できる条件は統一する。
従来の交通管制に与え るインパクト	評価として、各方式別、集中／非集中別、感応あり／なし別に、 メリット・デメリットを整理した比較表を提示する。デメリット に対する対策があれば、比較表の中で明らかにする。 各項目の重要度は立場により異なることが考えられるため、項目 ごとの優劣は明らかにしても、総合的な優劣は明示しない。ただ し、方式の選択において重要視した項目を明らかにする。

この考え方に対し、委員より表 3-2 に示す意見があったが、考え方への異論はなかったた

め、表 3-3 に示す評価表を作成することで評価することとなった。

表 3-2 委員より挙げられた意見と事務局からの回答

No.	委員から挙げられた意見	事務局からの回答
1	<p>■試験環境の明確化</p> <p>以下、技術を比較する上で技術的な前提条件を合わせている必要がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・接続構成図（場所の住所含む）、使用機器（ハードウェア）&amp;ソフトウェアおよびその仕様（処理能力）</li> <li>・同時アクセス数※1</li> <li>・遅延時間測定方法（各方式で統一すること）※1</li> <li>・パケットロス率（各方式で統一すること）※1</li> </ul> <p>※1：ポイントは各方式ともほぼ同様な通信環境・負荷状況で試験されているか</p>	<p>指摘いただいた内容は、試験結果と共に明らかにする。ソフトウェア仕様とある部分については、OSの種類やバージョン、開発環境について提示する。</p> <p>また、各社の環境条件を揃えることは、試験を短期間で行うために各社の既存試験環境を流用している部分があるので、難しい部分がある。同じ環境で各方式を比較するというのではなく、各方式の特徴を見出すことを主眼とする。そのために、どこが遅延の原因となっているのかが明らかになるような資料を提出する。</p> <p>なお、パケットロス率については、計測方法を統一するという意味と捉えている。</p>
2	<p>■費用算出の前提条件の明確化</p> <p>費用については、設備投資、維持費の費用については前提条件※2を明確にしておくべきである。</p> <p>ポイントは、対象信号機数・種類だけでなく、使用する技術、製品がガラパゴス化したものにならぬ様、どれだけグローバルな製品かつ技術革新にも柔軟に対応出来る仕組み、構造になっているかも評価する必要がある。（グローバル製品＝汎用品、という認識）</p> <p>※2：例えば、処理能力（信号機情報収容数、データ取得側同時アクセス可能数）、冗長構成の有無、設備更改タイミング（HW、保守条件、ライセンス）等、また、初期費を押さえながら展開するのであれば、終局のシステム規模とその費用を、各方式条件を合わせて比較する必要がある。</p>	<p>前提条件（シナリオ）は、比較表にできる限り詳しく提示する。初期費用と維持費用について、それぞれご意見をいただいた内容を踏まえた前提条件を記載する。</p> <p>なお、指摘のうち「終局のシステム規模とその費用」については、交差点数についてはシナリオ内で明示するが、車両数については、配信センターの処理能力に関わっており、競争領域の話と考えているため、費用には含めない。</p>

表 3-3 評価項目と対応する評価表

実施計画書にある評価項目	作成する評価表
各提供手法について、信号情報の生成元から車両等に到達するまでに生じる遅延・ゆらぎ	1. 遅延測定結果表
生成される信号情報の正確度	2. 誤差測定結果表 3. 競合表
システム構成の実装の容易さに関する評価（コスト面の評価含）	4. コスト一覧表
従来交通管制に与えるインパクト	5. メリット・デメリット一覧表

また、コスト一覧表については、以下の整備シナリオについてコストを算出するよう、警察庁から提示があった。

表 3-4 コスト算出のための整備シナリオ一覧

シナリオタイプ		整備年数	説明
A	管制エリア優先 (集中制御)	5年	管制エリアの整備を想定する
B	管制エリア優先 (集中制御)	20年	管制エリアの制御機の更新に合わせて整備することを想定する
C	管制エリアと郊外エリア (集中制御、非集中制御)	20年	全交差点に対し、制御機の更新に合わせて整備を行うことを想定する
D	特定エリア (集中制御、非集中制御)	3年	スマートシティのような特定エリアに対して短期間で整備を行うことを想定する
E	特定エリア (集中制御、非集中制御)	5年	スマートシティのような特定エリアに対して整備を行うことを想定する
F	都市部特定エリア (集中制御)	3年	お台場のような特定の都市部のエリアに短期間で整備を行うことを想定する

実際に作成した評価表については「4. 評価結果」を参照のこと。

### 3.2 構内実験システム構成

時刻精度や誤差、通信遅延を検証するために、各方式の構内実験システムを構築した。本項では、方式の違いが分かるよう各方式の特徴を示したシステム構成の概要を示すものとし、各方式の詳細な構成については、別添資料3～5を参照すること。

#### 3.2.1 管制方式のシステム構成

管制方式では、模擬交通管制センター内に信号情報配信装置を設置し、既設の信号制御ブロックデータベースから、交通管制センターに收容された交通信号制御機（集中）の履歴情報を収集し、収集した情報を元に、信号情報配信装置が信号予定情報を生成する。図 3-1 に管制方式のシステム構成概要図を示す。

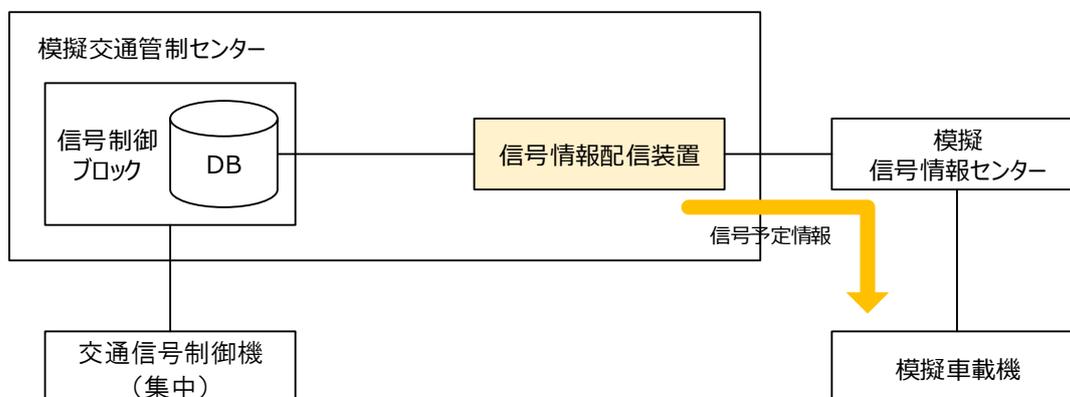


図 3-1 管制方式のシステム構成概要図

### 3.2.2 集中方式①のシステム構成

集中方式①では、交通信号制御機（集中）に歩進制御機能を追加し、既設の端末制御ブロックにおいて信号予定情報を生成し、信号情報配信装置系由で模擬信号情報センターに送信するとともに、交通信号制御機（集中）に予定信号情報を指令する。図 3-2 に集中方式①のシステム構成概要図を示す。

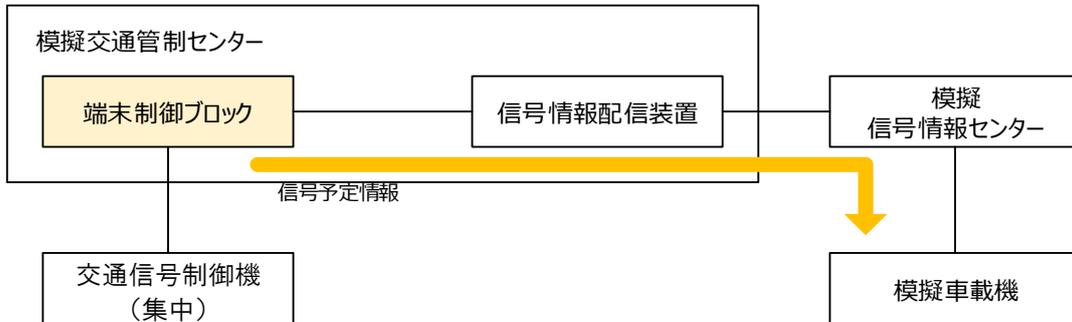


図 3-2 集中方式①のシステム構成概要図

### 3.2.3 集中方式②のシステム構成

集中方式②では、交通信号制御機（集中）で信号予定情報を生成し、既存の通信回線を用いて、UD 伝送で模擬交通管制センターに送信する。信号予定情報は、模擬交通管制センターの端末対応装置および端末制御ブロックを通過し、信号情報配信装置に集約され、そこから模擬信号情報センターに送信される。図 3-3 に集中方式②のシステム構成概要図を示す。



図 3-3 集中方式②のシステム構成概要図

### 3.2.4 制御機方式のシステム構成

制御機方式では、交通信号制御機に接続した信号情報編集装置において信号予定情報を生成し、模擬交通管制センターを経由せず、直接、模擬信号情報センターに携帯電話網等で接続し、信号予定情報を送信する。図 3-4 に制御機方式のシステム構成概要図を示す。



図 3-4 制御機方式のシステム構成概要図

### 3.3 検証方法

#### 3.3.1 時刻精度検証

##### (1) 時刻同期方式

時刻精度検証では、実験に使用する機器が計時している時刻情報の精度（絶対時刻とのずれ）を検証する。検証対象の装置の設置場所および各装置の特性により、以下の同期方式がある。（表 3-5 参照）

##### (a) NTP による時刻同期

模擬交通管制センターに設置する信号情報配信装置や模擬信号情報センターに設置する機器等は、GPS による時刻同期機能を持ったタイムサーバーを同期元とした NTP による時刻同期を行う。

##### (b) 時刻修正指令による同期

端末対応装置や交通信号制御機（集中）に対しては、従来の交通管制システムにおいて、時刻修正指令による時刻同期の仕組みがある。管制方式では従来の構成を変更しない方針であるため、時刻修正指令による同期を用いる。

##### (c) GPS による時刻同期

模擬車載機や制御機方式の信号情報編集装置においては、機器に直接接続した GPS モジュールを用いた時刻同期を行う。

表 3-5 方式別時刻同期方式

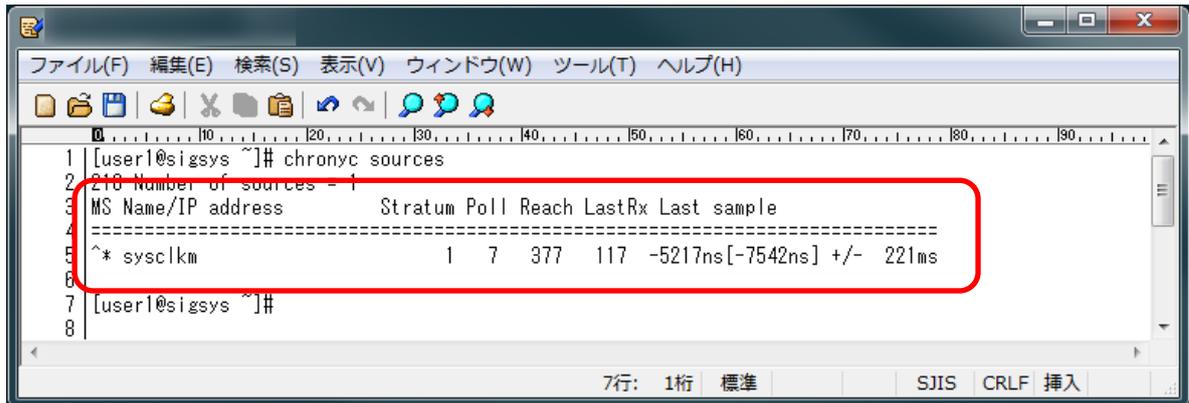
	管制方式	集中方式①	集中方式②	制御機方式
NTP による時刻同期	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 模擬信号情報センター</li> <li>・ 信号情報配信装置</li> <li>・ 信号制御ブロック</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 模擬信号情報センター</li> <li>・ 端末制御ブロック</li> <li>・ 交通信号制御機</li> <li>・ 模擬車載機</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 模擬信号情報センター</li> <li>・ 信号情報配信装置</li> <li>・ 端末制御ブロック</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 模擬信号情報センター</li> <li>・ 信号情報編集装置</li> <li>・ 模擬車載機</li> </ul>
時刻修正指令による時刻同期	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 交通信号制御機※</li> <li>・ 端末対応装置</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 端末対応装置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 交通信号制御機（集中）</li> </ul>
GPS	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 交通信号制御機※</li> <li>・ 模擬車載機</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 交通信号制御機</li> <li>・ 模擬車載機</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 交通信号制御機（非集中）</li> </ul>

※管制方式は信号機の時刻修正を時刻修正指令および GPS の両方式で検証した

## (2) 時刻精度検証方式

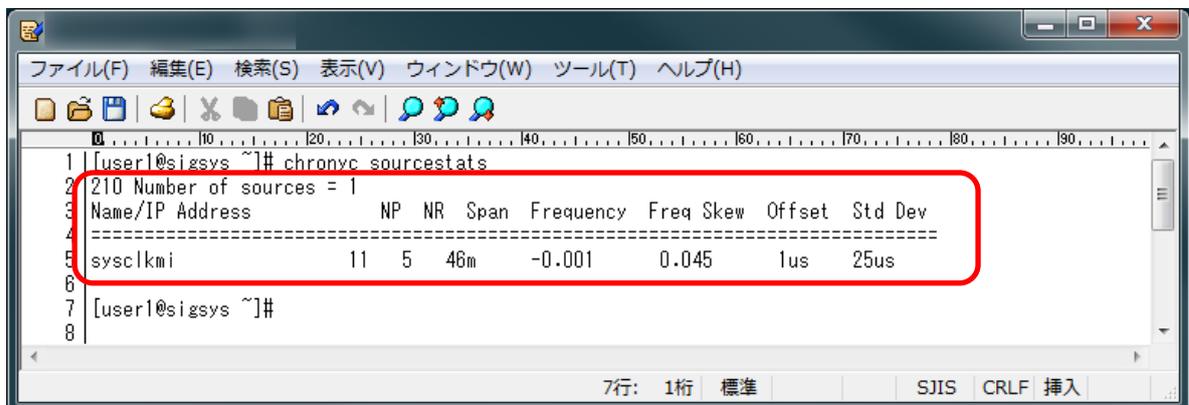
### (a) NTP による時刻同期を行う機器

NTP による時刻同期を行う機器は、NTP の同期状態を確認するコマンドを用いた時刻精度検証を行う。図 3-5、図 3-6 に同期状態確認コマンドの 1 つである `chronyc` の実行例を、表 3-6 にコマンドでの収集項目を示す。



```
1 [user1@sigsys ~]# chronyc sources
2 210 Number of sources = 1
3 MS Name/IP address         Stratum Poll Reach LastRx Last sample
4 -----
5 ^* sysclkmi                 1     7   377   117  -5217ns[-7542ns] +/- 221ms
6
7 [user1@sigsys ~]#
8
```

図 3-5 NTP の同期状態を確認するコマンドの実行例



```
1 [user1@sigsys ~]# chronyc sourcestats
2 210 Number of sources = 1
3 Name/IP Address           NP  NR  Span Frequency Freq Skew Offset Std Dev
4 -----
5 sysclkmi                  11  5  46m  -0.001    0.045    1us  25us
6
7 [user1@sigsys ~]#
8
```

図 3-6 NTP の時刻ずれを表示するコマンドの実行例

表 3-6 NTP 同期状態確認コマンドでの主な収集データ項目

コマンド	データ項目	内容
Chronyc sources 現在の同期状態情報を表示する	Name/ IP Address	NTP サーバー名。NTP サーバー名の先頭に「*」が表示されていれば、正常に同期が行われている。
	Poll	NTP サーバーへの同期間隔。デフォルトでは 64 秒であり、同期状態が安定していると判断された場合にはポーリング間隔が倍加されて、最大で 1024 秒となる。
	Lastsample	NTP サーバーとの時刻のずれ。 「+225us[+129us]+/-14ms」が表示された場合、225us は前回測定時の時刻のずれを表し、129us は前回測定後の調整した結果で、実際に測定されたオフセットを表し、14ms は測定における誤差の範囲を示す。
Chronyc sourcestats 同期状態の統計情報・予測情報を表示する	NP	現在、当該機器で保持されているサンプルポイントの数。下記の誤差レートと現在のオフセットは、これらのポイントを使って線形回帰を実行することで予測される。
	Span	一番古いサンプルと最新のサンプルの間隔。単位が表示されない場合は、秒数を表している。
	Offset	現在の予測されるオフセット（時刻ずれ）。
	StdDev	サンプルの予測される時刻ずれの標準偏差。

(b) 時刻修正指令による時刻同期を行う機器

時刻修正指令による時刻同期を行う機器のうち、端末対応装置で時刻を計時しているが、機器のログ等に使用される時刻であり、遅延・誤差の計測対象となる時刻ではないため、時刻精度検証の対象外とした。

交通信号制御機は、GPS 時刻同期機能を持ったタイムサーバーの時刻表示と、交通信号制御機のパネル上の時刻表示を、ビデオカメラで同画面内に撮影し、フレーム数（1 フレーム ≒ 1/60 秒）で比較することで、時刻のずれを計測した。図 3-7 に交通信号制御機の時刻精度検証イメージを示す。



表 3-7 NTP 同期状態確認コマンド (w32tm) での主な収集データ項目

コマンド	データ項目	内容
w32tm	Root Delay	NTP サーバーとの往復通信時間 (単位: 秒)
	Root Decision	NTP サーバーとの往復通信時間の分散 (単位: 秒)
	Phase Offset	NTP サーバーとのずれ (単位: 秒)

### 3.3.2 信号予定情報の精度検証

#### (1) 信号予定情報精度検証の概要

信号予定情報精度検証では、生成した信号予定情報の各灯色の秒数と、実際に表示される灯色の秒数とのずれを検証する。信号灯器と模擬車載機の画面をビデオカメラで同画面内に撮影し、フレーム数 (1 フレーム  $\approx$  1/60 秒) で比較することで、時刻のずれを計測した。図 3-9 に信号予定情報の精度検証に使用する実験機器の構成を示す。



図 3-9 信号予定情報提供の精度検証の構成

#### (2) 信号現示

信号現示は、2018 年度に UTMS 協会が信号制御機及び ITS 無線路側機の信号情報精度計測実験で用いたものを用いる。信号現示は、標準的なデータサイズである現示 1 (図 3-10) 及び現実的にあり得る大きなデータサイズとなる現示 2 (図 3-11) の 2 種類を用いて計測を行う。

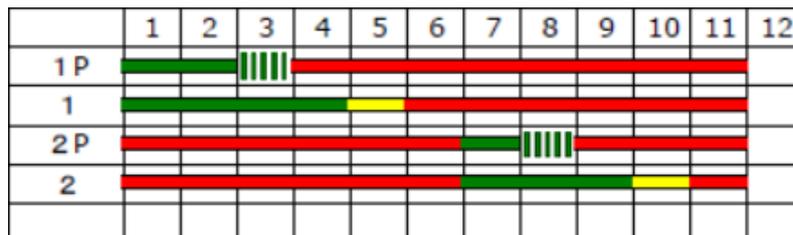


図 3-10 現示階梯図 (現示 1)

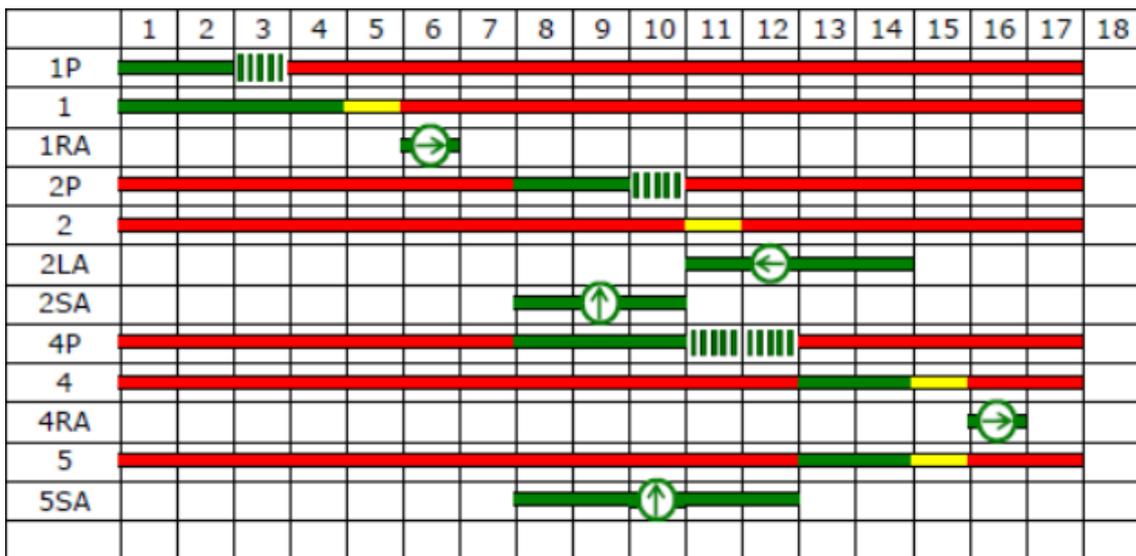


図 3-11 現示階段図（現示 2）

(3) 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誤差とし、誤差の最小値、最大値、平均値、標準偏差を算出する。

(4) 計測条件

同一条件で 30 回計測する。誤差を計測するのは、信号予定情報の秒数に影響のある、各方路の青開始階段の開始時タイミングと青終了階段の終了タイミングとする。表 3-8 に誤差を計測する階段を示す。

表 3-8 誤差計測階段

信号現示	立ち上がりを計測する階段	対応する灯色変化
現示 1	1	方路 1 青開始
	5	方路 1 青終了
	7	方路 2 青開始
	10	方路 2 青終了
現示 2※	1	方路 1 青開始
	5	方路 1 青終了
	6	方路 1 右折矢開始
	7	方路 1 右折矢終了
	8	方路 2 直進矢開始、方路 5 直進矢開始
	11	方路 2 直進矢終了、方路 2 左折矢開始
	13	方路 5 直進矢終了、方路 4 青開始、方路 5 青開始
15	方路 2 左折矢終了、方路 4 青終了、方路 5 青終了	

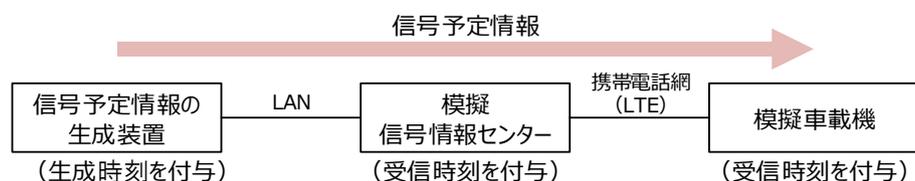
※現示 2 については方式毎に測定する階段が若干異なる。

### 3.3.3 通信回線の遅延の検証

通信回線の遅延時間は、信号予定情報の生成時刻と各装置での信号予定情報の受信時刻を比較して算出する。この遅延時間には、各通信回線の遅延時間に加え、経由する機器の処理時間なども含まれるため、純粋な通信遅延とは違う。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、通信遅延時間に占める時刻誤差の割合が相対的に大きく、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。

#### (1) 計測方法

信号予定情報を算出する機器で、信号予定情報内に生成時刻を付与する。模擬信号情報センターでは、信号予定情報を受信したタイミングで受信時刻（模擬信号情報センター）を付与する。模擬車載機でも、要求した交差点の信号予定情報を受信したタイミングで受信時刻（模擬車載機）を付与する。遅延時間は、各装置の受信時刻と生成時刻の差分とする。図 3-12 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 3-12 通信回線の遅延の計測方法

#### 4. 評価結果

##### 4.1 遅延測定結果

信号予定情報の遅延時間の測定結果を表 4-1 に示す。またデータ分布を表 4-2 表 4-2、表 4-3 に示す。

表 4-1 遅延時間測定結果

方式		管制方式	集中方式①	集中方式②	制御機方式			
情報生成元		信号情報 配信装置	端末制御ブロック	交通信号制御機	交通信号制御機 (集中)	交通信号制御機 (非集中)		
試験環境	回線	交通信号制御機 ~ 交通管制センター間	構内自営回線 (LAN)	構内LAN (S9)	構内自営回線 (LAN)	-	-	
		交通管制センター ~ 信号情報センター間	閉域網⇄公衆網接続	LAN (10Mbps)	閉域網⇄公衆網接続	-	-	
		交通信号制御機 ~ 信号情報センター間	-	-	-	LTE	3G	
		信号情報センター ~ 車載器間	docomo社LTE網 (MVNO データ専用回線)	MVNO	docomo社LTE網 (MVNO データ専用回線)	LTE	LTE	
	接続端末数	交通信号制御機	3	2	3	2	2	
		車載器	3	2	3	1	1	
遅延時間	サイクル 開始時	交通管制 センター	最大値	-	0.15秒	0.950秒	-	-
			最小値	-	0.025秒	0.180秒	-	-
			平均値	-	0.075秒	0.574秒	-	-
			標準偏差	-	0.038秒	0.172秒	-	-
			測定回数	-	51回	48回	-	-
		信号情報 センター	最大値	0.620秒	-0.20秒	1.490秒	1.171秒	1.256秒
			最小値	0.500秒	-0.55秒	0.700秒	0.032秒	0.353秒
			平均値	0.559秒	-0.37秒	1.080秒	0.396秒	0.814秒
			標準偏差	0.030秒	0.099秒	0.178秒	0.388秒	0.182秒
			測定回数	200回	293回	48回	30回	30回
		車載器	最大値	1.840秒	2.22秒	2.490秒	1.343秒	1.858秒
			最小値	0.460秒	0.59秒	0.840秒	0.160秒	0.527秒
			平均値	0.875秒	1.15秒	1.411秒	0.673秒	1.175秒
			標準偏差	0.394秒	0.40秒	0.400秒	0.393秒	0.379秒
			測定回数	200回	51回	48回	30回	30回
	感応確定時	交通管制 センター	最大値	-	秒	1.580秒	-	-
			最小値	-	秒	0.110秒	-	-
			平均値	-	秒	0.522秒	-	-
			標準偏差	-	秒	0.306秒	-	-
			測定回数	-	回	39回	-	-
		信号情報 センター	最大値	-	秒	2.110秒	秒	秒
			最小値	-	秒	0.740秒	秒	秒
			平均値	-	秒	1.143秒	秒	秒
			標準偏差	-	秒	0.283秒	秒	秒
車載器	最大値	-	秒	2.460秒	0.649秒	秒		
	最小値	-	秒	0.750秒	0.316秒	秒		
	平均値	-	秒	1.443秒	0.491秒	秒		
	標準偏差	-	秒	0.502秒	0.081秒	秒		
	測定回数	-	回	39回	30回	回		

表 4-2 遅延時間測定結果分布（サイクル開始時）

方式		管制方式	集中方式①	集中方式②	制御機方式			
情報生成元		信号情報 配信装置	端末制御ブロック	交通信号制御機	交通信号制御機 (集中)	交通信号制御機 (非集中)		
分布	サイクル 開始時	累積比率	100ms	0%	0%	0%	0%	
			200ms	0%	0%	0%	7%	0%
			300ms	0%	0%	0%	20%	0%
			400ms	0%	5%	0%	20%	0%
			500ms	9%	19%	0%	47%	0%
			600ms	38%	48%	0%	53%	7%
			700ms	48%	67%	0%	73%	17%
			800ms	55%	71%	0%	73%	20%
			900ms	63%	76%	4%	73%	33%
			1000ms	67%	81%	13%	73%	33%
			1100ms	71%	86%	23%	80%	40%
			1200ms	76%	90%	31%	80%	47%
			1300ms	83%	95%	46%	87%	60%
			1400ms	85%	100%	54%	100%	70%
			1500ms	89%	100%	63%	100%	80%
			1600ms	92%	100%	81%	100%	80%
			1700ms	97%	100%	85%	100%	93%
			1800ms	99%	100%	90%	100%	97%
			1900ms	100%	100%	90%	100%	100%
			2000ms	100%	100%	90%	100%	100%
			2100ms	100%	100%	90%	100%	100%
			2200ms	100%	100%	90%	100%	100%
			2300ms	100%	100%	94%	100%	100%
			2400ms	100%	100%	96%	100%	100%
			2500ms	100%	100%	100%	100%	100%
			2600ms	100%	100%	100%	100%	100%
			2700ms	100%	100%	100%	100%	100%
			2800ms	100%	100%	100%	100%	100%
			2900ms	100%	100%	100%	100%	100%
			3000ms	100%	100%	100%	100%	100%

表 4-3 遅延時間測定結果分布（感応確定時）

方式			管制方式	集中方式①	集中方式②	制御機方式	
情報生成元			信号情報 配信装置	端末制御ブロック	交通信号制御機	交通信号制御機 (集中)	交通信号制御機 (非集中)
分布	感応確定時	累積比率	100ms	0%	0%	0%	0%
			200ms	0%	0%	0%	0%
			300ms	0%	0%	0%	0%
			400ms	0%	0%	13%	0%
			500ms	0%	0%	53%	0%
			600ms	7%	0%	90%	0%
			700ms	47%	0%	100%	0%
			800ms	50%	3%	100%	0%
			900ms	50%	10%	100%	0%
			1000ms	50%	23%	100%	0%
			1100ms	60%	33%	100%	0%
			1200ms	70%	46%	100%	0%
			1300ms	70%	54%	100%	0%
			1400ms	70%	54%	100%	0%
			1500ms	87%	56%	100%	0%
			1600ms	87%	59%	100%	0%
			1700ms	97%	67%	100%	0%
			1800ms	100%	69%	100%	0%
			1900ms	100%	72%	100%	0%
			2000ms	100%	85%	100%	0%
			2100ms	100%	87%	100%	0%
			2200ms	100%	90%	100%	0%
			2300ms	100%	95%	100%	0%
			2400ms	100%	97%	100%	0%
			2500ms	100%	100%	100%	0%
			2600ms	100%	100%	100%	0%
			2700ms	100%	100%	100%	0%
			2800ms	100%	100%	100%	0%
			2900ms	100%	100%	100%	0%
			3000ms	100%	100%	100%	0%

#### 4.2 誤差測定結果

信号予定情報から算出される灯色の切替時刻と実際に灯器の切替時刻の誤差測定結果を表 4-4、表 4-5 表 4-4 に示す。

表 4-4 誤差測定結果（現示1）

方式		管制方式	集中方式①	集中方式②	制御機方式			
情報生成元		信号情報 配信装置	端末制御ブロック	交通信号制御機	交通信号制御機 (集中)	交通信号制御機 (非集中)		
試験環境	回線	交通信号制御機～ 交通管制センター間	構内自営回線 (LAN)	構内LAN (S9)	構内自営回線 (LAN)	-	-	
		交通管制センター～ 信号情報センター間	閉域網⇄公衆網接続	LAN (10Mbps)	閉域網⇄公衆網接続	-	-	
		交通信号制御機～ 信号情報センター間	-	-	-	LTE	3G	
		信号情報センター～ 車載器間	docomo社LTE網 (MVNO データ専用回線)	MVNO	docomo社LTE網 (MVNO データ専用回線)	LTE	LTE	
	接続端末数	交通信号制御機	3	2	3	2	2	
		車載器	3	2	3	1	1	
誤差	現示1	1階梯開始 (方路1青 開始)	最大値	0.20秒	1.02秒	0.47秒	0.19秒	0.34秒
			最小値	-0.92秒	0.02秒	0.27秒	0.0秒	0.00秒
			平均値	-0.09秒	0.11秒	0.37秒	0.11秒	0.12秒
			標準偏差	0.43秒	0.18秒	0.06秒	0.04秒	0.07秒
			測定回数	30回	30回	30回	30回	30回
		5階梯開始 (方路1青 終了)	最大値	0.20秒	0.15秒	0.45秒	0.37秒	0.24秒
			最小値	-0.95秒	0.02秒	0.25秒	0.29秒	0.00秒
			平均値	-0.12秒	0.07秒	0.34秒	0.33秒	0.06秒
			標準偏差	0.44秒	0.05秒	0.06秒	0.02秒	0.07秒
			測定回数	30回	30回	30回	30回	30回
		7階梯開始 (方路2青 開始)	最大値	0.20秒	1.00秒	0.50秒	0.38秒	秒
			最小値	-0.92秒	0.02秒	0.23秒	0.29秒	秒
			平均値	-0.12秒	0.09秒	0.34秒	0.34秒	秒
			標準偏差	0.42秒	0.17秒	0.07秒	0.02秒	秒
			測定回数	30回	30回	30回	30回	回
		10階梯開始 (方路2青 終了)	最大値	0.17秒	1.00秒	0.48秒	0.34秒	秒
			最小値	-0.97秒	0.02秒	0.27秒	0.10秒	秒
			平均値	-0.12秒	0.09秒	0.36秒	0.14秒	秒
			標準偏差	0.42秒	0.17秒	0.07秒	0.04秒	秒
			測定回数	30回	30回	30回	30回	回

表 4-5 誤差測定結果 (現示 2)

方式		管制方式	集中方式①	集中方式②	制御機方式			
情報生成元		信号情報 配信装置	端末制御ブロック	交通信号制御機	交通信号制御機 (集中)	交通信号制御機 (非集中)		
誤差	現示2	1階梯 (方路1青 開始)	最大值	0.42秒	0.12秒	0.53秒	0.17秒	秒
			最小値	-0.73秒	0.03秒	0.32秒	0.00秒	秒
			平均値	0.16秒	0.08秒	0.40秒	0.12秒	秒
			標準偏差	0.36秒	0.02秒	0.06秒	0.04秒	秒
			測定回数	30回	30回	30回	30回	回
		5階梯 (方路1青 終了)	最大值	0.37秒	0.15秒	0.53秒	0.46秒	秒
			最小値	-0.75秒	0.02秒	0.30秒	0.27秒	秒
			平均値	0.10秒	0.05秒	0.37秒	0.33秒	秒
			標準偏差	0.40秒	0.03秒	0.06秒	0.03秒	秒
			測定回数	30回	30回	30回	30回	回
		6階梯 (方路1右矢 開始)	最大值	0.38秒	0.15秒	秒	秒	秒
			最小値	-0.70秒	0.02秒	秒	秒	秒
			平均値	0.12秒	0.05秒	秒	秒	秒
			標準偏差	0.39秒	0.03秒	秒	秒	秒
			測定回数	30回	30回	回	回	回
		7階梯 (方路1右矢 終了)	最大值	0.40秒	0.08秒	秒	秒	秒
			最小値	-0.73秒	0.02秒	秒	秒	秒
			平均値	0.11秒	0.05秒	秒	秒	秒
			標準偏差	0.39秒	0.02秒	秒	秒	秒
			測定回数	30回	30回	回	回	回
		8階梯 (方路2・5直 矢 開始)	最大值	0.40秒	0.10秒	0.53秒	秒	秒
			最小値	-0.77秒	0.02秒	0.32秒	秒	秒
			平均値	0.15秒	0.05秒	0.40秒	秒	秒
			標準偏差	0.38秒	0.02秒	0.06秒	秒	秒
			測定回数	30回	30回	30回	回	回
		11階梯 (方路2直矢 終了 方路2左矢 開始)	最大值	0.40秒	秒	0.52秒	0.22秒	秒
			最小値	-0.75秒	秒	0.30秒	0.12秒	秒
			平均値	0.15秒	秒	0.40秒	0.17秒	秒
			標準偏差	0.38秒	秒	0.06秒	0.03秒	秒
			測定回数	30回	回	30回	30回	回
		13階梯 (方路5直矢 終了 方路4・5青 開始)	最大值	秒	0.08秒	秒	秒	秒
			最小値	秒	0.02秒	秒	秒	秒
			平均値	秒	0.03秒	秒	秒	秒
			標準偏差	秒	0.02秒	秒	秒	秒
			測定回数	回	30回	回	回	回
		15階梯 (方路2左矢 終了 方路4・5青 終了)	最大值	秒	0.08秒	0.57秒	0.22秒	秒
			最小値	秒	0.02秒	0.32秒	0.11秒	秒
			平均値	秒	0.03秒	0.41秒	0.16秒	秒
			標準偏差	秒	0.02秒	0.06秒	0.03秒	秒
			測定回数	回	30回	30回	30回	回

#### 4.3 交通信号制御機の拡張機能の適用について

信号情報提供実施時における交通信号制御機の拡張機能の適用について整理する。

##### 4.3.1 系統機能

表 4-6 系統機能の競合検討結果

方式	適用	内容
管制方式	△	追従動作を中央装置で計算することで対応可能。ただし時刻ずれを起因とした 1 秒単位での追従発生や、想定した追従方向の違いなどから、信号予定情報に誤差がでる可能性あり。
集中方式①	○	追従動作を中央装置で計算することで対応可能。
集中方式②	○	サイクル開始時に追従量を加味して制御パラメータを算出するため、その情報を用いて信号予定情報が生成可能。
制御機方式 (集中)	○	S10 インタフェースのため対応可能。
制御機方式 (非集中)	△	系統機能が使用される場合、追従動作の完了後から提供可能。追従中の情報提供の実現性はゼロではなく、今後の検討課題。

##### 4.3.2 時刻修正機能

表 4-7 時刻修正機能の競合検討結果

方式	適用	内容
管制方式	○	絶対時刻による提供では、高い時刻精度が必要であり、従来の時刻修正指令での時刻修正でなく、GPS 等での時刻修正が必要。
集中方式①	○	UD-S 伝送には NTP による時刻同期の仕組みがある。また、128ms 以内に同期しないと遠隔にならないので、遠隔＝同期中と見なせる。
集中方式②	○	絶対時刻による提供では、高い時刻精度が必要であり、従来の時刻修正指令での時刻修正でなく、GPS 等での時刻修正が必要。
制御機方式 (集中)	○	LTE 通信では、NTP を用いた時刻同期を行うことが必要。
制御機方式 (非集中)	○	LTE 通信では、NTP を用いた時刻同期を行うことが必要。3G 等の低速回線では、NTP による時刻同期では精度が不足する可能性がある。この場合は、GPS 等での時刻同期が必要。

#### 4.3.3 リコール1機能

表 4-8 リコール1機能の競合検討結果

方式	適用	内容
管制方式	×	リコール要求の有無、リコールの実施状況を交通管制センターでは判別不能のため、競合不可。
集中方式①	×	リコール要求の有無、リコールの実施状況を交通管制センターでは判別不能のため、競合不可。
集中方式②	△	リコール要求受付中の信号予定情報は「最大残秒数不明」での提供となる。また、2サイクル先までの信号予定情報提供はできない場合がある。（最小秒数も最大秒数も不明であれば提供可能）
制御機方式 (集中)	△	S10 インタフェースを用いるため、警 A と同等の提供となる。現仕様の S10 では提供できない。S10 インタフェースが変更されれば対応できる可能性あり。
制御機方式 (非集中)	△	リコール要求の有無を監視できないため、現時点では対応困難。ただし、信号制御機本体の改造等により対応できる可能性あり。

#### 4.3.4 リコール2機能

表 4-9 リコール2機能の競合検討結果

方式	適用	内容
管制方式	×	リコール要求の有無、リコールの実施状況を交通管制センターでは判別不能のため、競合不可。
集中方式①	×	リコール要求の有無、リコールの実施状況を交通管制センターでは判別不能のため、競合不可。
集中方式②	×	リコール要求の有無で、灯色の出る順番が異なるため、2サイクル先までの提供はできない
制御機方式 (集中)	×	リコール要求の有無で、灯色の出る順番が異なるため、2サイクル先までの提供はできない
制御機方式 (非集中)	×	リコール要求の有無で、灯色の出る順番が異なるため、2サイクル先までの提供はできない

#### 4.3.5 リコール3機能

表 4-10 リコール3機能の競合検討結果

方式	適用	内容
管制方式	×	リコール要求の有無、リコールの実施状況を交通管制センターでは判別不能のため、競合不可。
集中方式①	×	リコール要求の有無、リコールの実施状況を交通管制センターでは判別不能のため、競合不可。
集中方式②	×	リコール要求の有無で、灯色の出る順番が異なるため、2サイクル先までの提供はできない
制御機方式 (集中)	×	リコール要求の有無で、灯色の出る順番が異なるため、2サイクル先までの提供はできない
制御機方式 (非集中)	×	リコール要求の有無で、灯色の出る順番が異なるため、2サイクル先までの提供はできない

#### 4.3.6 現示切替機能

表 4-11 現示切替機能の競合検討結果

方式	適用	内容
管制方式	△	ステータス変更を実施した場合、変更実施後のサイクルにおいて、本当にステータスが変更されたか確認できるのは、信号動作状態情報（1分ごと）か、信号制御ステップ実行情報（サイクル終了の後、30秒ごと）となる。信号予定情報の生成は想定値となる。
集中方式①	○	サイクル開始時に表示するステータスを決定するので、信号予定情報は生成可能。
集中方式②	○	サイクル開始時に表示するステータスを決定するので、信号予定情報は生成可能。
制御機方式（集中）	△	S10 インタフェースが現示切替機能に対応できているか検証されていない。
制御機方式（非集中）	○	設定値にステータスを持たせることで、対応可能。

#### 4.3.7 歩行者感応機能

表 4-12 歩行者感応機能の競合検討結果

方式	適用	内容
管制方式	×	感応した秒数は、サイクル終了後でないと交通管制センターではわからないため、感応階梯終了後であっても、確定秒数の提供はできない。
集中方式①	○	端末感応での機能実現となる。感応階梯は幅付きでの提供となり、感応階梯秒数確定後に、確定秒数をあらためて配信する。
集中方式②	○	感応階梯は幅付きでの提供となり、感応階梯秒数確定後に、確定秒数をあらためて配信する。 PG 感応が多く、PF ステップ+PR ステップが一定値以上あれば、ジレンマを回避できる確定秒数として残秒数を提供できる。
制御機方式（集中）	○	感応階梯は幅付きでの提供となり、感応階梯秒数確定後に、確定秒数をあらためて配信する。PG 感応が多く、PF ステップ+PR ステップが一定値以上あれば、ジレンマを回避できる確定秒数として残秒数を提供できる。
制御機方式（非集中）	○	感応階梯は幅付きでの提供となり、感応階梯秒数確定後に、確定秒数をあらためて配信する。 PG 感応が多く、PF ステップ+PR ステップが一定値以上あれば、ジレンマを回避できる確定秒数として残秒数を提供できる。

#### 4.3.8 高齢者等感応機能

表 4-13 高齢者等感応機能の競合検討結果

方式	適用	内容
管制方式	×	感応した秒数は、サイクル終了後でないと交通管制センターではわからないため、感応階梯終了後であっても、確定秒数の提供はできない。
集中方式①	○	端末感応での機能実現となる。感応階梯は幅付きでの提供となり、感応階梯秒数確定後に、確定秒数をあらためて配信する。
集中方式②	○	感応階梯は幅付きでの提供となり、感応階梯秒数確定後に、確定秒数をあらためて配信する。PG 感応が多く、PF ステップ+PR ステップが一定値以上あれば、ジレンマを回避できる確定秒数として残秒数を提供できる。
制御機方式 (集中)	○	感応階梯は幅付きでの提供となり、感応階梯秒数確定後に、確定秒数をあらためて配信する。PG 感応が多く、PF ステップ+PR ステップが一定値以上あれば、ジレンマを回避できる確定秒数として残秒数を提供できる。
制御機方式 (非集中)	○	感応階梯は幅付きでの提供となり、感応階梯秒数確定後に、確定秒数をあらためて配信する。PG 感応が多く、PF ステップ+PR ステップが一定値以上あれば、ジレンマを回避できる確定秒数として残秒数を提供できる。

#### 4.3.9 ギャップ感応機能

表 4-14 ギャップ感応機能の競合検討結果

方式	適用	内容
管制方式	×	感応した秒数は、サイクル終了後でないと交通管制センターではわからないため、感応階梯終了後であっても、確定秒数の提供はできない。
集中方式①	○	中央感応時は確定秒数の配信が可能。端末感応時は幅付きでの提供となる。
集中方式②	○	感応階梯は幅付きでの提供となり、感応階梯秒数確定後に、確定秒数をあらためて配信する。
制御機方式 (集中)	○	感応階梯は幅付きでの提供となり、感応階梯秒数確定後に、確定秒数をあらためて配信する。
制御機方式 (非集中)	○	感応階梯は幅付きでの提供となり、感応階梯秒数確定後に、確定秒数をあらためて配信する。

#### 4.3.10 連動親機機能

表 4-15 連動親機能の競合検討結果

方式	適用	内容
管制方式	○	連動親機については、信号予定情報の提供が可能であるが、連動を実施する場合、感応制御と組み合わせることが多いと考えられ、その場合は、提供不可となる。
集中方式①	○	親機については、通常の集中端末と同じ。
集中方式②	○	親機については、通常の集中端末と同じ。
制御機方式 (集中)	○	親機については、通常の集中端末と同じ。
制御機方式 (非集中)	○	親機については、通常の集中端末と同じ。

#### 4.3.11 連動子機機能

表 4-16 連動子機能の競合検討結果

方式	適用	内容
管制方式	△	連動子機については、交通管制センター側で、端末と同じ定数（連動方式、連動階梯、オフセット等）を保持していれば、信号予定情報が提供可能であるが、あくまで想定値での提供であり、端末の秒数を保証するものではない。親機もしくは自機で感応を実施している場合は提供不可。
集中方式①	△	連動子機については、交通管制センター側で、端末と同じ定数（連動方式、連動階梯、オフセット等）を保持していれば、信号予定情報が提供可能であるが、あくまで想定値での提供であり、端末の秒数を保証するものではない。親機もしくは自機で感応を実施している場合は提供不可。
集中方式②	△	連動子機については、集中端末ではないため、集中方式②での提供は不可。TSPS や管制方式と同じ考え方で、中央装置側で計算するのであれば、対応できる可能性あり。
制御機方式 (集中)	△	連動子機は S10 インタフェースを持たないため対応不可。TSPS と同様、親機の信号情報から生成することで対応できる可能性あり。
制御機方式 (非集中)	△	TSPS と同様、親機の信号情報から生成することで対応できる可能性あり。

#### 4.3.12 分周期連動子機機能

表 4-17 分周期連動子機機能の競合検討結果

方式	適用	内容
管制方式	—	集中制御では機能なし
集中方式①	—	集中制御では機能なし
集中方式②	—	集中制御では機能なし
制御機方式 (集中)	△	本機能はなし。集中制御以外では、連動子機は S10 インタフェースを持たないため対応不可。TSPS と同様、親機の信号情報から生成することで対応できる可能性がある。
制御機方式 (非集中)	△	TSPS と同様、親機の信号情報から生成することで対応できる可能性がある。

#### 4.3.13 高速感応機能

表 4-18 高速感応機能の競合検討結果

方式	適用	内容
管制方式	×	端末側の処理で秒数が変化する機能とは、基本的に競合不可である。
集中方式①	○	基本的には、中央感応での機能実現とする。感応階梯は幅付きでの提供となり、中央での感応階梯秒数確定後に、確定秒数をあらためて配信する。（概ね4秒前程度） 【端末感応で実施する場合】 ただし、端末感応での機能実現の場合は、感応階梯は幅付きでの提供となり、感応階梯秒数確定後に、確定秒数をあらためて配信する。
集中方式②	○	感応階梯は幅付きでの提供となり、感応階梯秒数確定後に、確定秒数をあらためて配信する。
制御機方式 (集中)	○	感応階梯は幅付きでの提供となり、感応階梯秒数確定後に、確定秒数をあらためて配信する。
制御機方式 (非集中)	○	感応階梯は幅付きでの提供となり、感応階梯秒数確定後に、確定秒数をあらためて配信する。一般的に使用されない。

#### 4.3.14 ジレンマ感応機能

表 4-19 ジレンマ感応機能の競合検討結果

方式	適用	内容
管制方式	×	端末側の処理で秒数が変化する機能とは、基本的に競合不可である。
集中方式①	×	端末側の処理で秒数が変化する機能とは、基本的に競合不可である。
集中方式②	○	感応階梯は幅付きでの提供となり、感応階梯秒数確定後に、確定秒数をあらためて配信する。
制御機方式 (集中)	○	感応階梯は幅付きでの提供となり、感応階梯秒数確定後に、確定秒数をあらためて配信する。
制御機方式 (非集中)	○	感応階梯は幅付きでの提供となり、感応階梯秒数確定後に、確定秒数をあらためて配信する。

#### 4.3.15 バス感応機能

表 4-20 バス感応機能の競合検討結果

方式	適用	内容
管制方式	×	端末側の処理で秒数が変化する機能とは、基本的に競合不可である。
集中方式①	○	基本的には、中央感応での機能実現とする。感応階梯は幅付きでの提供となり、中央での感応階梯秒数確定後に、確定秒数をあらためて配信する。（概ね4秒前程度） 【端末感応で実施する場合】 ただし、端末感応での機能実現の場合は、感応階梯は幅付きでの提供となり、感応階梯秒数確定後に、確定秒数をあらためて配信する。
集中方式②	○	感応階梯は幅付きでの提供となり、感応階梯秒数確定後に、確定秒数をあらためて配信する。
制御機方式 (集中)	○	感応階梯は幅付きでの提供となり、感応階梯秒数確定後に、確定秒数をあらためて配信する。
制御機方式 (非集中)	○	感応階梯は幅付きでの提供となり、感応階梯秒数確定後に、確定秒数をあらためて配信する。一般的に使用されない。

#### 4.3.16 地点感応機能

表 4-21 地点感応機能の競合検討結果

方式	適用	内容
管制方式	－	集中制御では機能なし
集中方式①	－	集中制御では機能なし
集中方式②	－	集中制御では機能なし
制御機方式 (集中)	－	集中制御では機能なし
制御機方式 (非集中)	○	感応階梯は幅付きでの提供となり、感応階梯秒数確定後に、確定秒数をあらためて配信する。一般的に使用されない。

#### 4.3.17 自動生成機能

表 4-22 自動生成機能の競合検討結果

方式	適用	内容
管制方式	×	端末側の処理で秒数が変化する機能とは、基本的に競合不可である。
集中方式①	－	一般的に使用されない。
集中方式②	○	自動生成機能で算出した制御パラメータを基に信号予定情報を生成可能。
制御機方式 (集中)	○	S10 インタフェースが対応するため、信号情報提供可能。
制御機方式 (非集中)	－	一般的に使用されない。

#### 4.3.18 プロファイル制御機能

表 4-23 プロファイル制御機能の競合検討結果

方式	適用	内容
管制方式	×	端末側の処理で秒数が変化する機能とは、基本的に競合不可である。
集中方式①	○	中央感応での機能で対応。確定秒数を配信することで可能。
集中方式②	○	感応と同じように、サイクル開始時は幅付きでの提供、階梯秒数決定後に確定情報の提供となる。
制御機方式 (集中)	○	S10 インタフェースが対応するため、信号情報提供可能。
制御機方式 (非集中)	－	一般的に使用されない。

---

---

#### 4.3.19 複数交差点制御連動機能

表 4-24 複数交差点制御連動機能の競合検討結果

方式	適用	内容
管制方式	○	複数交差点は、中央装置からは通常の集中端末に見えるため、他の集中端末と同じ考え方で提供が可能。
集中方式①	－	一般的に使用されない。
集中方式②	○	集中交差点と同様に、複数交差点制御用信号機のプログラム改修が必要。
制御機方式 (集中)	－	一般的に使用されない。
制御機方式 (非集中)	－	一般的に使用されない。

#### 4.4 コスト

各シナリオタイプに対して、想定される整備数を表 4-25、整備費用の考え方を表 4-26 に示す。受託信号メーカーによりシナリオタイプ毎に 4 方式全てのコストを算出し、警察庁に提示をした。警察庁は方式選定の材料とした。

表 4-25 シナリオタイプごとの整備数

シナリオタイプ		規模	整備年数	年間整備数(基)	総整備数(基)
A	管制エリア優先 (集中制御)	都市部	5 年	14,000	70,000
B	管制エリア優先 (集中制御)	都市部	20 年	3,500	70,000
C	管制エリアと郊外エリア (集中制御、非集中制御)	全国	20 年	集中 3,500 非集中 7,000	210,000
D	特定エリア (集中制御、非集中制御)	特定区域	3 年	集中 100 非集中 250	1,050
E	特定エリア (集中制御、非集中制御)	特定区域	5 年	集中 100 非集中 250	1,750
F	都市部特定エリア (集中制御)	都市部特区	3 年	50	250

表 4-26 シナリオタイプごとの整備費用の考え方

シナリオタイプ		整備年数	整備費用の考え方
A	管制エリア優先 (集中制御)	5年	中央装置は更新に合わせて整備となる。更新費用は信号情報配信機能の費用となる。* 交通信号制御機は信号情報提供用に交換することとなり、信号情報配信機能を有した交通信号制御機の整備費用となる
B	管制エリア優先 (集中制御)	20年	中央装置は更新に合わせた整備となる。通常の更新費用に信号情報配信機能の費用が追加となる。* 交通信号制御機も更新に合わせた整備となる。通常の更新費用に信号情報配信機能の費用が追加となる
C	管制エリアと郊外エリア (集中制御、非集中制御)	20年	中央装置は更新に合わせた整備となる。通常の更新費用に信号情報配信機能の費用が追加となる。* 交通信号制御機も更新に合わせた整備となる。通常の更新費用に信号情報配信機能の費用が追加となる
D	特定エリア (集中制御、非集中制御)	3年	中央装置は信号情報配信機能を持った装置に交換となり、中央装置一式の費用となる。* 交通信号制御機は信号情報提供用に交換することとなり、信号情報配信機能を有した交通信号制御機の整備費用となる
E	特定エリア (集中制御、非集中制御)	5年	中央装置は更新に合わせて整備となる。更新費用に信号情報配信機能の費用となる。* 交通信号制御機は信号情報提供用に交換することとなり、信号情報配信機能を有した交通信号制御機の整備費用となる
F	都市部特定エリア (集中制御)	3年	中央装置は信号情報配信機能を持った装置に交換となり、中央装置一式の費用となる。* 交通信号制御機は信号情報提供用に交換することとなり、信号情報配信機能を有した交通信号制御機の整備費用となる

\*制御機方式は除く

---

---

#### 4.5 長所・短所

各方式の長所・短所を、項目別に以下に示す。

##### 4.5.1 導入、拡張の容易さ

交通管制システム改修・更新の要否、改修内容（GPS 時計付加、IF 機能追加、信号情報出力機能付加等）、交通信号制御機以外に追加が必要な端末装置の有無及び整備に要する期間について検討を行った。

###### (1) 管制方式

管制方式では、交通信号制御機の更新が必要なく、中央装置側に信号情報配信装置を設置する必要がある。ただし、交通信号制御機に電波時計や GPS による時刻補正の仕組みがない場合は、時刻精度担保のため、改造を推奨する。

既存装置に大規模な改修が発生しないため、整備に係る費用が安価で済み、整備までの期間も 3 方式の中で一番短いと考えられる。

###### (2) 集中方式①

交通管制センターの端末制御ブロックに信号予定情報生成機能ならびに交通管制センターに信号情報配信装置を追加する必要がある。専用の歩進制御インタフェース（交通信号制御機 DATEX-ASN メッセージ規格警視庁特記、以下 UD-S）を利用しており、交通信号制御機及び交通管制センターが UD-S に対応している必要がある。

時刻同期については、NTP プロトコルを用いて時刻を同期するため、GPS を受信しにくい箇所への設置も可能であることや、交通信号制御機に時刻同期用ユニットを追加せずに時刻合わせができるというメリットがある。

###### (3) 集中方式②

信号予定情報を交通信号制御機で生成するため、交通信号制御機の改造が必要である。また、使用するインタフェースは UD 伝送であるが、新規に追加した電文を使用するため、通信基板も対応したものが必要である。

交通管制センターも対応が必要であるが、変更内容は、新電文を信号情報配信装置に転送するだけであり、中央側の改造規模は小さい。

信号予定情報を提供する交差点については、端末側の更新が全ての交差点で必要であるため、整備には集中方式①や制御機方式と同等の期間を要すると思われる。

###### (4) 制御機方式

導入にあたっては、交通信号制御機への信号情報編集装置の設置および、信号情報編集装置から信号情報センターへの新たな通信回線の整備が必要となり、既存環境への影響は少ない。（交通信号制御機（集中）の場合、S10 の DSSS 信号情報の出力が必要であるため、機能追加や定数設定が必要な場合もある）

交通管制センターの改修が不要であり、交通管制センターの更新等と独立して信号情報提供対応が可能である。

非集中制御の場合は、既存の交通信号制御機を改修することなく、信号情報編集装置を付加することで対応可能である。

端末側で工事内容には若干の差があるが、工事が発生するため、集中方式②と同等の期間を要すると思われる。

---

---

#### 4.5.2 感応制御との競合

感応制御時に確保を要する固定青時間  $\Delta$  秒について検討を行った。

##### (1) 管制方式

信号情報配信装置において、端末での秒数確定後、その秒数を得られるのはサイクル終了後（信号制御ステップ実行情報）となる。感応実施交差点において、現在灯色が信号情報配信装置で判断できるのは、サイクル開始から、最初の感応階梯の最低秒数までの期間しかない。感応制御との競合は不可と捉えることができる。

ただし、上下位間インタフェースの変更を行い、1分に1回送信している動作状態情報を、リアルタイムに送信するようにするなどすれば、感応の終了を検知できるようになると考えられる。

##### (2) 集中方式①

中央感応で処理するため、交通管制センター側で階梯の終了を確定することができるため、階梯の歩進とその後の階梯の確定秒数を車両に配信することが可能である。その場合、交通信号制御機から交通管制センターへの通信と、信号情報配信装置から車載機への通信遅延分、灯色変化の車両への伝達が遅くなる。

端末感応の場合は、感応階梯の歩進とその後の階梯の確定秒数を車両に配信することが可能である。 $\Delta t$  秒前までに車両に感応階梯の終了タイミングを通知するためには、中央感応であれば中央装置、端末感応であれば端末で打ち切りを早めに判定するなどの工夫が必要である。（考え方は警 A と同じ）

##### (3) 集中方式②

感応階梯終了後、交通信号制御機で信号予定情報を更新し、新たな予定情報として交通管制センターに送信することが可能であるため、感応階梯の歩進とその後の階梯の確定秒数を車両に配信することが可能である。ただし、交通信号制御機から車載機への通信遅延分、灯色変化の車両への伝達が遅くなる。

また、 $\Delta t$  秒前までに車両に感応階梯の終了タイミングを通知するためには、交通信号制御機で、打ち切りを早めに判定するなどの工夫が必要である。（考え方は警 A と同じ）

##### (4) 制御機方式

感応階梯終了後、交通信号制御機（集中）であれば S10 の DSSS 信号情報と P10 の灯色信号で、交通信号制御機（非集中）であれば灯色信号を使って、信号情報編集装置で打ち切りが判定できるため、感応階梯からの歩進とその後の階梯の確定秒数を車両に配信することが可能である。ただし、信号情報編集装置から車載機への通信遅延分、灯色変化の車両への伝達が遅くなる。

また、 $\Delta t$  秒前までに車両に感応階梯の終了タイミングを通知するためには、交通信号制御機で、打ち切りを早めに判定するなどの工夫が必要である。（考え方は警 A と同じ）

---

---

#### 4.5.3 不確定情報継続時間

ステータス切替時等、新サイクル情報を提供するまで不確定又は実際と異なる情報が継続する目安時間について検討を行った。

##### (1) 管制方式

信号情報配信装置で新たな信号予定情報を生成し、その情報が車載機に届くまでの通信遅延時間分が不確定もしくは実際と異なる情報となる。実測値から 0.3～1.6 秒程度と想定される。

##### (2) 集中方式①

端末制御ブロックで新たな信号予定情報を生成し、その情報が車載機に届くまでの通信遅延時間分が不確定もしくは実際と異なる情報となる。実測値から 0.4～1.8 秒程度と想定される。

##### (3) 集中方式②

交通信号制御機で新たな予定情報を生成し、その情報が車載機に届くまでの通信遅延時間分が不確定もしくは実際と異なる情報となる。実測値から 0.8～2.4 秒程度と想定される。

##### (4) 制御機方式

信号情報編集装置で新たな信号予定情報を生成し、その情報が車載機に届くまでの通信遅延時間分が不確定もしくは実際と異なる情報となる。実測値から LTE 回線で 0.1～1.4 秒程度、3G 回線で 0.3～3.1 秒と想定される。

#### 4.5.4 交通信号制御機（非集中）への対応

##### (1) 管制方式

管制方式で信号予定情報を提供するためには、交通信号制御機を集中化する必要がある。ただし、交通信号制御機と同じ定数を交通管制センター側にも持つことで、現在灯色と予定秒数の想定値を車両に提供することは可能と考えられる。ただし、あくまで多段制御が行われているとした想定値であり、端末で表示している灯色を保証することは難しい。

##### (2) 集中方式①

集中方式①で信号予定情報を提供するためには、交通信号制御機を集中化する必要がある。ただし、管制方式と同様に、交通信号制御機と同じ定数を交通管制センター側にも持つことで、現在灯色と予定秒数の想定値を車両に提供することは可能と考えられる。ただし、あくまで多段制御が行われているとした想定値であり、端末で表示している灯色を保証することは難しい。

##### (3) 集中方式②

集中方式②で信号予定情報を提供するためには、交通信号制御機を集中化する必要がある。ただし、管制方式と同様に、交通信号制御機と同じ定数を交通管制センター側にも持つことで、現在灯色と予定秒数の想定値を車両に提供することは可能と考えられる。ただし、あくまで多段制御が行われているとした想定値であり、端末で表示している灯色を保証することは難しい。

##### (4) 制御機方式

---

---

交通信号制御機（非集中）においても、信号情報編集装置を設置し、通信回線を整備することで、信号予定情報の提供が可能である。

#### 4.5.5 異常検出

異常検出機能（異常検出の可否・方法、異常検出の対象事象・制約条件等）及び異常検出から通知までの遅延時間等について検討を行った。

##### (1) 管制方式

端末の異常は、信号機動作状態情報もしくは信号制御ステップ実行情報の異常情報で通知されるため、30秒もしくは1分単位での情報取得となり、その後、車両へ情報提供されることとなる。通知できる異常は、上記インタフェースに規定された異常項目となり、信号予定情報と実際の灯色のずれは検出できない。

##### (2) 集中方式①

灯色出力（電気信号）と信号予定情報を直接比べることはできないが、現在階梯と信号予定情報の比較は中央装置でできるため、簡易的に灯色のずれを検出することが可能である。また、交通信号制御機（集中）で発生した異常情報も収集可能であり、端末操作などによる信号予定情報提供停止なども可能であると考えられる。その場合に発生する情報伝達の遅延は、判定が即時に可能とするならば、通信遅延分となる。

##### (3) 集中方式②

灯色出力（電気信号）と信号予定情報を直接比べることはできないが、現在階梯と信号予定情報の比較は交通信号制御機（集中）でできるため、簡易的に灯色のずれを検出することが可能である。また、交通信号制御機で発生した異常により信号予定情報を作り直すことが可能である。その場合に発生する情報伝達の遅延は、通信遅延分となる。

##### (4) 制御機方式

集中、非集中に関わらず信号灯色が電氣的に取得可能であり、提供した信号予定情報と灯色信号のずれを検出することが可能である。

また、交通信号制御機（集中）であれば、S10通信で動作状態情報相当の情報も収集可能であり、信号灯色ずれ以外の異常情報も収集可能である。

どちらの場合も、発生する情報伝達の遅延は、通信遅延分となる。

#### 4.5.6 機器冗長性

##### (1) 管制方式

既存設備以外で新たな機器として整備され、冗長化対象となるのは信号情報配信装置のみであり、これは必要に応じて冗長可能である。ただし、現状、全ての交通管制センター機器が冗長化されているわけではない。また、端末装置は現在冗長化されておらず、端末回線についても冗長化等の対策は講じられていない。信号情報センターや配信センターの冗長化は必須であると考えられるが、今回の調査研究のスコープ対象外であり、各方式の比較にも影響しない。

##### (2) 集中方式①

現状、全ての交通管制センター機器が冗長化されているわけではない。また、端末

---

---

装置は現在冗長化されておらず、端末回線についても冗長化等の対策は講じられていない。信号情報センターや配信センターの冗長化は必須であると考えられるが、今回の調査研究のスコープ対象外であり、各方式の比較にも影響しない。

(3) 集中方式②

現状、全ての交通管制センター機器が冗長化されているわけではない。また、端末装置は現在冗長化されておらず、端末回線についても冗長化等の対策は講じられていない。信号情報センターや配信センターの冗長化は必須であると考えられるが、今回の調査研究のスコープ対象外であり、各方式の比較にも影響しない。

(4) 制御機方式

信号情報編集装置を冗長化することが考えられるが、現在の交通信号制御機に関しても、冗長化をしていないことを考えると、冗長化の必要性は低いと考えられる。

#### 4.5.7 考えられる保守項目

(1) 管制方式

交通管制センターに設置した信号情報配信装置の保守が新たに必要となる。また、GPSを追加した場合、交通信号制御機保守にGPSが追加となる。

(2) 集中方式①

交通管制センターに設置した信号情報配信装置の保守が新たに必要となる。

(3) 集中方式②

交通管制センターに設置した信号情報配信装置の保守が新たに必要となる。また、GPSを追加した場合、交通信号制御機保守にGPSが追加となる。

(4) 制御機方式

端末に設置した信号情報編集装置に対し、保守が必要。交通信号制御機（非集中）の時刻合わせが定期的に必要となる（現行の制御機の保守項目に含まれる）。

#### 4.5.8 運用上の制限（感応以外）

(1) 管制方式

交通信号制御機の時刻は、時刻修正指令により時刻合わせをしているが、絶対時刻とずれが発生しているため、交通信号制御機にはGPSなどの時刻補正の仕組みが必要である。ただし、GPSが整備された交差点であっても、中央側で同期できていることを確認する仕組みは確立されていない。

また、管制方式での信号予定情報は、中央装置での計算値であり、交通信号制御機での動作が保証された値ではない。（どの方式も保証はされていないが、他方式に比べ信頼度が低い）

時刻修正による予期しない追従など、秒単位で時刻がずれることがあるため、自動運転においては、補助的に使うことが望ましい。

(2) 集中方式①

実験では、事前に中央装置が生成した信号制御パラメータで信号予定情報を生成し車載機に送信している。UD-Sでは、サイクル開始前迄に1サイクル分の指令情報を信号制御機に送信し、中央指令不可の応答がなければ、基本的にはその秒数で1サイク

---

---

ル動作する。

なお、指令時に、交通信号制御機より信号指令不可の応答があった場合には単独動作となり、その場合、誤った信号予定情報は提供しない。

また、時刻同期は NTP で行うが、中央装置側では遠隔状態である時に 128ms 以内で同期していることが判断できる。

(3) 集中方式②

交通信号制御機の時刻は、時刻修正指令により時刻合わせをしているが、絶対時刻とずれが発生しているため、交通信号制御機には GPS などの時刻補正の仕組みが必要である。ただし、GPS が整備された交差点であっても、中央側で同期できていることを確認する仕組みは確立されていない（「4.5.11 規制・制度面の課題」に示した規格に追加する動作状態情報に含めることが望ましい）。

(4) 制御機方式

交通信号制御機（非集中）での運用では、灯色出力の変化と信号情報編集装置にあらかじめ設定したパタン時限表から交通信号制御機の時刻を予想する。GPS 等で時刻修正しない交通信号制御機（非集中）の場合、パタン切替タイミングの数分間は信号予定情報が提供できないなどの制限がでる可能性がある（今後の研究開発で制限を減らせることが期待される）。

#### 4.5.9 対象とする交通管制センターと交通信号制御機間伝送方式

既存の通信回線への影響について検討を行った。

(1) 管制方式

管制方式では、交通信号制御機（集中）の回線種別に制限はなく、既存回線にも新たな通信は乗らないため、影響は生じない。

(2) 集中方式①

UD-S 伝送が必須である。他の伝送方式の場合、伝送方式変更が必要となる。

通信アプリケーション規格に関しては、従来の UD-S と同じであるが、UTMS 協会制定の規格として新たに制定する必要がある。

(3) 集中方式②

UD 伝送を想定しているが、U 伝送でも対応は可能である。

新たに生じる通信として、信号予定情報がサイクル開始時と感応階梯秒数確定時に、動作状態情報が状態変更時（階梯歩進時や異常発生時と復旧時など）に発生する。

上記通信は通信量も多くなく、発生頻度も低いため、複数の端末が繋がっていて、通信容量が逼迫した回線でない限り、既存回線でも運用可能であると想定される。

(4) 制御機方式

制御機方式では、既存回線を利用しないため、集中方式の場合、S10 での信号情報出力機能さえあれば、伝送方式による制限も、既存回線への影響もない。

ただし、信号情報センターに接続するために、既存回線とは別に、もう 1 回線の通信手段が必要となる。

---

---

#### 4.5.10 セキュリティ

##### (1) 管制方式

信号情報配信装置と信号情報センター間の通信経路が新規に接続される回線となるが、仮に現在交通管制センターと接続されている機関に信号情報センターを設置する場合、新たな回線は必要とならないため、従来のセキュリティ対策を踏襲する形となる。

信号情報センターを別の場所に設置する場合、回線を新規に接続することになるため、閉域網もしくはVPNを構築するなどの対策が必要となる。

##### (2) 集中方式①

信号情報配信装置と信号情報センター間の通信経路が新規に接続される回線となるが、仮に現在交通管制センターと接続されている機関に信号情報センターを設置する場合、新たな回線は必要とならないため、従来のセキュリティ対策を踏襲する形となる。

信号情報センターを別の場所に設置する場合、回線を新規に接続することになるため、閉域網もしくはVPNを構築するなどの対策が必要となる。

##### (3) 集中方式②

管制センターと交通信号制御機の接続に用いる回線は従来のUD伝送やU伝送で用いている回線と同じであり、セキュリティ対策は従来を踏襲すると考えることができる。交通管制センターと信号情報センター間の通信回線の考え方は管制方式と同じ。

##### (4) 制御機方式

信号予定情報が直接、信号情報センターに送信されるため、悪意あるものが、意図的に誤った信号予定情報を流さないよう、この部分においてセキュリティを担保する必要があると考えられる。通信回線を公衆網と接続しない（閉域網とする）、情報を暗号化する、VPNを構築する等、いずれか（もしくは複数）の対応を取る必要がある。（ただし携帯網区間は通信キャリアにより秘匿性が保たれていると考えられる）

#### 4.5.11 規制・制度面の課題

##### (1) 管制方式

規制や制度に関わる管制方式特有の課題は、現時点では想定されない。

##### (2) 集中方式①

UD-Sは警視庁の仕様・規格であり、全国向けに端末制御ブロック、端末対応装置・下位装置、制御機、通信アプリケーションの仕様書・規格化が必要である。

##### (3) 集中方式②

交通信号制御機DATEX-ASNメッセージ規格やU/UC型交通信号制御機U形通信アプリケーション規格に対し、信号予定情報とDSSS動作状態情報にあたる通信を規格化する必要がある。

##### (4) 制御機方式

警察端末機器（信号情報編集装置）が交通管制センター以外と通信回線で接続されることになるので、警察庁のセキュリティ指針に沿った対応が必要である。

---

---

#### 4.5.12 配信センター運用主体の決定、責任分解点等

##### (1) 管制方式

配信センターは、車両に対し信号予定情報を配信する役割であり、車両メーカーや運送事業者等が運用主体として考えられる。運用主体が整備した配信センターに対し、信号情報センターから信号予定情報を送信し、個々の車両への配信は、各車両メーカーや事業者が用意した通信回線や設備を利用して行われることが想定される。その場合、信号情報センターと各配信センター間の回線は、各車両メーカーや事業者が用意することが考えられ、設備の責任分界点は信号情報センター内の通信設備（ルーター等）のLANポートまでである。

##### (2) 集中方式①

管制方式に同じ。

##### (3) 集中方式②

管制方式に同じ。

##### (4) 制御機方式

管制方式に同じ。

#### 4.5.13 対応可能な制御機の動作レベル

##### (1) 管制方式

遠隔動作が前提であり、その他の動作レベルの場合は提供不可となる。

##### (2) 集中方式①

遠隔動作のみ対応可能。

##### (3) 集中方式②

遠隔動作・単独動作(交通信号制御機がオンラインであること)の場合に対応可能。

##### (4) 制御機方式

集中交差点の場合、遠隔動作もしくは単独動作であれば信号情報が得られるため、信号予定情報の提供が可能。

非集中交差点の場合、パタンとの突き合わせが必要なため、多段動作のみの予定情報提供となる。(異常発生の場合、多段動作から保安動作への移行は、灯色変化とパタン定数での比較でしかわからないため、一時的に誤った情報提供となる)

#### 4.5.14 警視庁仕様への対応

##### (1) 管制方式

伝送方式によらず、上位装置の情報で信号予定情報を生成するため、警視庁仕様の中央装置であっても対応可能である。

##### (2) 集中方式①

本研究開発においても、警視庁仕様に準拠したシステム構築を行っているため、対応可能である。ただし、交通信号制御機はUD-Sに対応している必要がある。

##### (3) 集中方式②

警察庁仕様のテーブル制御を想定してシステム構築を行っており、歩進制御での信号予定情報の生成はできない。管制方式もしくは集中方式①を採用して、交通管制セ

---

---

ンター内で信号予定情報を生成するか、または制御機方式を採用して、交通信号制御機（集中）に ITS 無線路側機の警視庁特記仕様と同等の仕様を付加することで、対応が可能となる。

(4) 制御機方式

交通信号制御機（集中）においては、ITS 無線路側機の警視庁特記仕様と同等の仕様を付加することが必要となる。

交通信号制御機（非集中）は警交仕規とほぼ同等であるため特記事項はなし。

## 5. 2020年度モデルシステムについて

本研究開発では、2020年度実施するモデルシステム構築のため、4つの信号情報提供手法のうち、1つの方式を選定することとなっている。1つの方式を選定するにあたっては、検討委員会での検討結果を踏まえ、本研究開発の目的や交通管制システムの将来構想等を勘案して、検討した。

### 5.1 選択のポイント

施策の目的、前提等について以下に示す。

- (1) ITS 無線路側機での整備に比べて、安価に広範囲の信号予定情報を提供することを目的として実施している
- (2) 信号予定情報提供のため、現在の交通管制の運用方法については変更が可能である
- (3) 信号予定情報の必要性が高いと考えられる集中エリアを優先して整備を検討する
- (4) 端末側で秒数を決定するような制御方式（端末自律分散制御等）であっても、信号予定情報提供が可能である

### 5.2 評価表にもとづく検討結果

目的、前提条件を考慮した結果、以下に示す評価となった。

表 5-1 評価一覧表

項目	評価理由	管制方式	集中方式 ①	集中方式 ②	制御機方式
コスト	整備するためのシナリオの中で、実現の可能性が高いと思われる A 及び E の見積もりを参考に評価	A	◎	○	△
		E	◎	△	○
遅延・誤差	各方式の実験結果による大きな差は見受けられないため、評価は保留する。 2020年度の実証にて再度検証し、許容範囲であるかを判断する。	—	—	—	—
競合	感応制御への対応を軸に評価した。 制御方式の変更も含め、対応可能であると考ええる。	×	○	○	○
メリット・デメリット	異常検出	×	○	○	○
	導入の容易さ	◎	×	○	○
	運用上の制限(感応以外)	△	○	○	○
	規制・制度面の課題	◎	△	△	○

---

### 5.3 選定結果

2020年度のモデル事業の選定にあたっては、「選定のポイント」「評価表に基づく検討結果」に鑑み、管制方式を軸としてシステムの構築、検証を行う。また、感応制御や今後実用化が見込まれる自律分散制御等への対応を見据えると、交通信号制御機においても信号予定情報を生成し、提供する機能を付与することが必要となる。従って、集中方式②及び制御機方式(交通管制センター経由)も合わせて、小規模に検証を行うこととした。なお、制御機方式については、非集中交差点での信号予定情報提供をメインに検討を行うこととした。

---

## 6. 2020 年度検討課題

### 6.1 管制方式の感応制御等への対応

管制方式では、交通管制センター内の既設の下位装置や端末制御ブロックと、信号制御ブロック間の通信において、情報生成後にリアルタイムに送信されない情報があるために、交差点で次の階梯に歩進しても、信号制御ブロックで認識することができない仕組みとなっている。例えば、信号制御ステップ実行情報は、交通信号制御機のサイクル毎の運用結果を示す詳細のステップ実行履歴情報であるが、下位装置の中で過去 30 秒間にサイクルが終了した交差点についてのみ 30 秒間隔で送信することになっており、また、信号機動作状態情報は、現在又は過去 1 分間の交通信号制御機の動作状態を示す情報であるが、これも 1 分間隔での送信である。

そのために、感応制御等で幅付きで提供している階梯の秒数が確定し、次の階梯に歩進したとしても、信号情報配信装置では歩進したことを認識することができず、確定秒数を車両に送信することができない。このことが、管制方式の大きなデメリットとして挙げられている。

そこで、2020 年度の実験では、このデメリットを補う方策を検討する。例えば、上下位間通信アプリケーション規格を変更して、信号動作状態情報が大きく遅延することなく信号制御ブロックに渡るようにする。感応確定後、リアルタイムに歩進したことが信号制御ブロックに伝わり、且つ、「6.2 車両への灯色切り替わり秒数の事前提供」に示す感応確定秒数の事前提供方策を組み合わせることで、管制方式においても、感応制御に対応できるような方策とする。

### 6.2 車両への灯色切り替わり秒数の事前提供

自工会からの要望事項（別添資料 1）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。

これは、青信号（もしくは青矢信号）から黄信号へ切り替わるタイミングで、交差点に進入する車両がジレンマに陥らないために必要な秒数であるが、端末装置による感応の場合、階梯の秒数は当該階梯の打ち切り時点にならないと確定しない仕組みになっており、事前に確定秒数を車両へ提供することはできない。これは、通信遅延や誤差に起因するものではなく、警 A にも共通する現状の信号制御における課題である。

そこで、感応階梯の次に同灯色の固定階梯を用意し、感応階梯秒数確定後にも青信号（もしくは青矢）が継続するようにして、固定階梯の秒数で  $\Delta t$  秒を保証することを考える。警 B においては  $\Delta t$  秒に加え、通信遅延での遅れも含めて、固定階梯の秒数を決める必要がある。

### 6.3 信号灯色誤差の削減

信号灯色誤差の検証において、管制方式では最大 900ms 程度の誤差と揺らぎが発生した。これは、交通信号制御機において GPS による時刻修正が行われた際に、秒未満の時刻修正であっても交通信号制御機の内部では秒単位で制御結果を保持していることから、オフセットに 1 秒のずれが生じることになり、交通信号制御機側で（中央装置が予期していない）オフセット追従が発生しているためである。

---

---

2020年度の実証実験では、中央装置が予期できない追従動作を発生させないように、交通信号制御機での追従動作の禁止や、時刻精度の向上を目的とした交通信号制御機のGPS同期方法の検討を行う。

#### 6.4 通信遅延低減策の検討

「6.2 車両への灯色切り替わり秒数の事前提供」で例示した灯色切り替わり秒数の事前提供を目的とした固定階梯について、階梯の秒数は( $\Delta t$  + 通信遅延)分だけ必要であることは述べたが、感応制御の効果を高めるには固定階梯の設定値はなるべく短いほうがよい。 $\Delta t$ は車両速度と減速度によって決定する値であるため、固定階梯の設定値を短くするためには通信遅延の低減を図る必要がある。

通信遅延は、通信経路となっている各回線で発生する遅延に加え、通信が経由する各機器の処理待ち時間にも起因している。そこで各機器の処理間隔の見直しや、定周期処理を逐次処理に変更する等の対策を検討する。

---

---

## 7. 結び（統括及び結論）

本研究開発を通じて、ITS無線路側機等の路車間通信以外の信号情報提供の手法について機能・技術要件を詳細化し、構内実証実験を行うとともに、2020年度に予定しているモデルシステムの整備に向けた仕様案を検討、作成した。

2020年度以降、実際のフィールドで効果検証を行い、感応制御への対応や遅延などの課題について対策を行い、自動運転での信号予定情報の活用を可能とするシステムを構築することが必要である。

最後に、本研究開発に当たり、ご協力を賜った関係者各位に深く感謝申し上げます。

---

---

2. 研究発表・講演、文献、特許等の状況

特記事項なし

**【別添資料】**

別添資料 1 現在灯色と将来灯色予定の認識の仕組み（自工会資料）

別添資料 2 自動運転の実現に向けた V2N 信号配信への要望事項（自工会資料）

別添資料 3 管制方式、集中方式②、制御機方式（自主研究）の検証結果報告  
（日本信号株式会社）

別添資料 4 集中方式①の検証結果報告  
（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）

別添資料 5 制御機方式の検証結果報告  
（オムロンソーシアルソリューションズ株式会社）

別添資料 6 2020 年度モデルシステム仕様書(案)

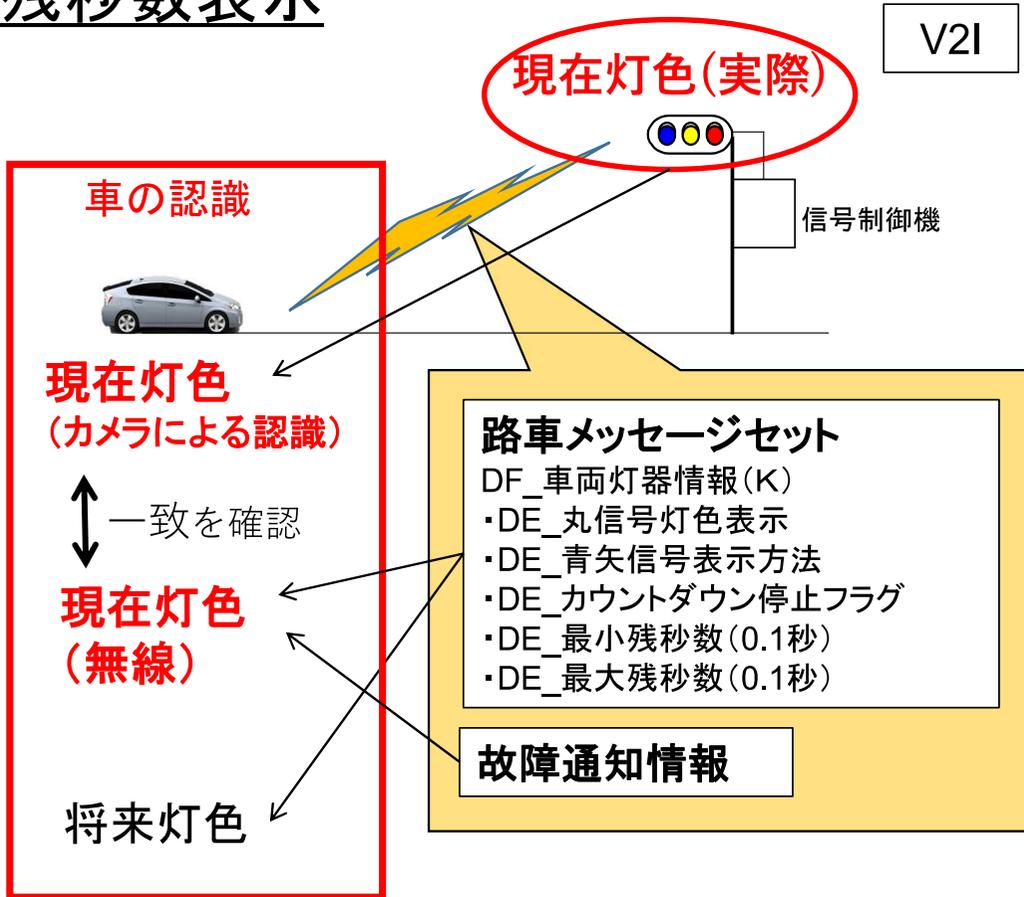
## 別添資料 1

現在灯色と将来灯色予定の認識の仕組み（自工会資料）

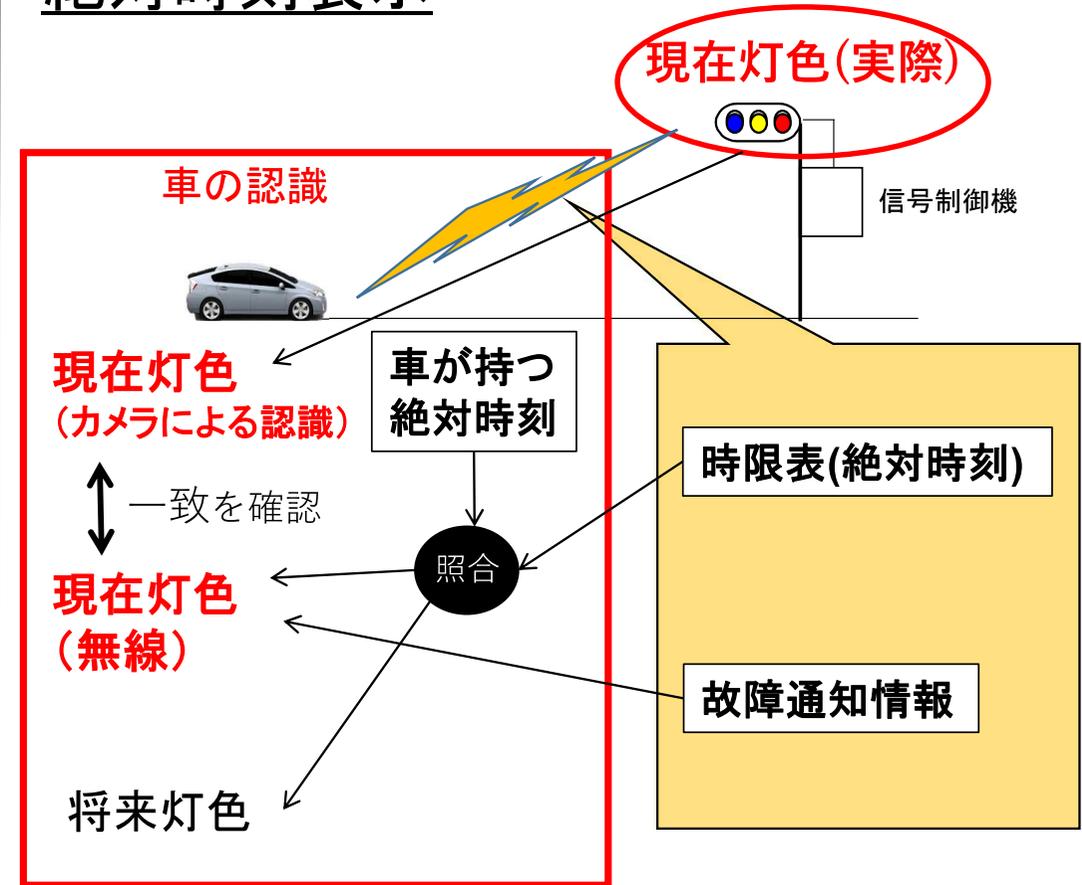
# 現在灯色と将来灯色予定の認識の仕組み

2019.12.20  
自動車工業会

## 残秒数表示



## 絶対時刻表示



要件:  $\Delta t$  + 遅延時間より前に、次の灯色へ変化するタイミングが確定

## 別添資料 2

自動運転の実現に向けた V2N 信号配信への要望事項（自工会資料）

# 自動運転の実現に向けた V2N信号配信への要望事項

2019年 9月 20日

自動車工業会

# 1. 自工会からの要望事項

警A委員会で提示した要望事項と同じ

- ・上記の要望事項を説明するため、次項より  
2018年度 『自動運転に向けた信号情報提供及び信号制御SWG』  
2018. 8 .2 自工会資料を転載(P.3～P.7)
- ・警A委員会での検討を踏まえて、警B研究開発委員会向けに今回<sup>1</sup>で追記

## 2. 信号に対する要望事項

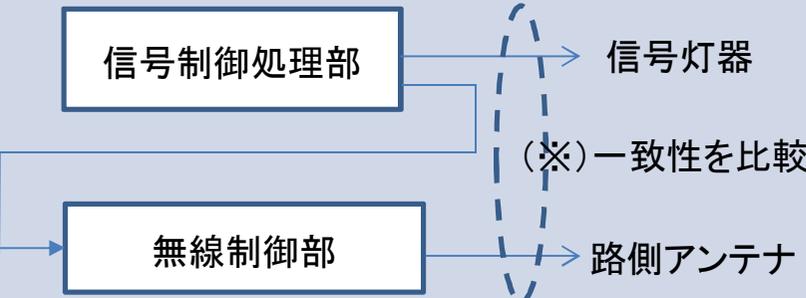
	要望事項	必要性
(1)	信号情報の配信 (現在灯色)	<p>車載カメラのみでは、確実な制御に必要な認識率の確保は困難</p> <p>▽</p> <p><b>青と赤を誤認識時、事故を誘発</b></p>
(2)	信号情報の配信 (先読み)  現在と <b>次のサイクル</b>	<p>停止線直前で信号が青→黄に変化した場合、急減速(60Km/hで0.2G以上)</p> <p>▽</p> <p>信号の先読み情報を取得、<b>予め減速を誘導、急減速を回避し追突リスク軽減</b></p>

△<sub>1</sub> 「次サイクル」として必要なのは、  
先頭灯色とその最小秒数(△tより大きいことが前提)

### 3. 信号情報配信に対する要望事項

	要望事項	必要性
(1)	<p><b>遅延・ゆらぎ時間の規定</b></p> <p>(仮)現状DSSS実力値</p> <p><del>遅延:100ms以内</del> <sup>1</sup> <b>削除</b></p> <p>ゆらぎ: <del>±100ms以内</del> <sup>1</sup> <b>±300ms以内</b></p> <p>⇒ 今後、実験で 妥当性を検証</p>	<p>ゆらぎにより、信号切り替わり時に 灯色不明な時間帯が発生。 安全サイドに倒し、赤と見做し制御</p> <p style="text-align: center;">▽</p> <p><b>青なのに「停止」や「発進せず」</b></p>
(2)	<p><b>サイクル時間の確定</b></p> <p>①不定時間をなくす</p> <p>②不確定時は、最大・ 最小秒数を出力。 <b>灯色切替り〇〇秒前 までに確定</b></p>	<p>不定時間帯においては、 安全サイドに倒し、赤と見做し制御</p> <p style="text-align: center;">▽</p> <p><b>青なのに「停止」や「発進せず」</b></p>

### 3. 信号情報配信に対する要望事項(続き)

	要望事項	必要性
(3)	<p style="text-align: center;"><b>配信情報の信頼性確保 (フェールセーフ機能追加)</b></p> <p>① <b>信号灯色と配信情報の一致性を</b> 確認する仕組みを入れる。(※)</p> <p><b>MUST: 全方路の青, 青矢, 黄点減, 赤点減 (通行許可灯色)</b></p> <p><b>WANT: 全方路の全灯色情報</b>      ← T.B.D.</p> <p>② 一致しない場合には、<del>異常状態を即時に</del> <b>通知</b>する仕組みを入れる。      1 T.B.D.</p>  <pre> graph LR     SC[信号制御処理部] --&gt; SL[信号灯器]     SC --&gt; WC[無線制御部]     WC --&gt; RA[路側アンテナ]     SC -.-&gt; 比較  WC     </pre>	<p>実灯色と配信情報が異なる場合、 実灯色が赤にも関わらず 交差点に進入、 <b>出会い頭事故を誘発</b></p>

## 4. 信号情報メッセージセットに対する要望事項

	要望事項	必要性
(1)	<p style="text-align: center;"><b>感応制御種別・ 特定制御動作中フラグ</b></p> <p>① FAST,押しボタンなど、<b>先読み情報が突然変わる可能性がある交差点</b>はその種の制御を行っている旨通知する仕組みを入れる。</p> <p>②<b>先読み情報が突然変わる可能性がある感応制御</b>が作動中か、非作動中かを表すフラグ。</p> <p>③<b>手信号運用時</b>、その旨を表すフラグ。また、<b>手信号時も灯色情報を出力</b>。</p> <p><b>※灯色切替までの最低保証秒数も必要</b></p>	<p>①②先読み情報が変更される可能性がある, 若しくは, その制御中は<b>車両挙動を制限する</b>(上限速度など)</p> <p>③無線機から提供される情報 (<b>実灯器</b>)と<b>通行可能な方路が異なる場合, 自動運転ができない</b>。</p>

## 4. 信号情報メッセージセットに対する要望事項(続き)

	要望事項	必要性
(2)	<p><b>簡易版道路線形情報の出力</b></p> <p>(※)5/21 ご提案いただいた交差点識別情報の内容で問題なし。ダイナミックマップ等により国内標準として交差点IDが設定される等の動きがあれば準拠する</p>	<p>配信される信号情報がダイナミックマップ上のどの交差点のどの方路のどの信号灯器のものかが車両ではわからない</p> <p style="text-align: center;"></p> <p><b>ダイナミックマップ上の灯器と配信される信号情報の紐付けが必要。</b></p>
(3)	<p><b>歩行者用信号の出力</b></p> <p>(※)5/21 ご提案いただいたフォーマットとおりで問題無</p>	<p>歩行者が横断歩道手前の歩道で立ち止まっている 若しくは 低速で移動時、歩行者信号が青・赤で、右左折の運転プロファイルを変える</p>

# 補足資料

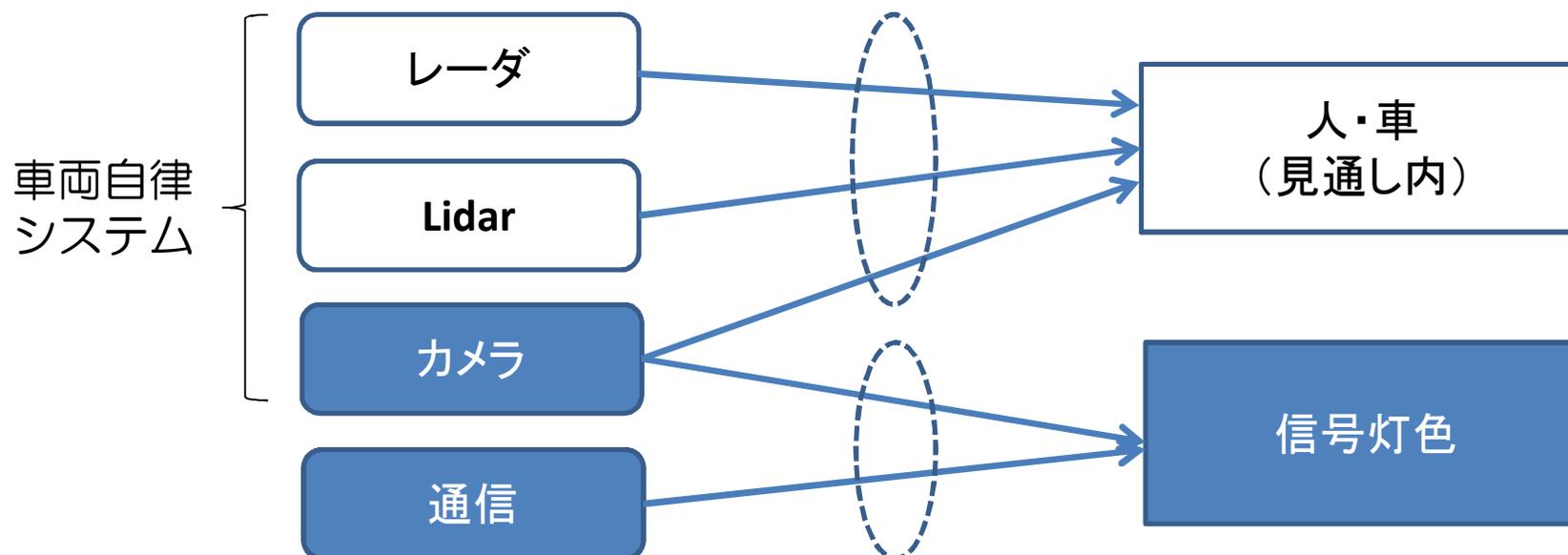
# 自動運転(Lv4)における信号配信の必要性

- 安全な自動運転制御には、確実な認識が不可欠。認識方法の多重化により、認識の確実性を確保
- 車両自律システムで、信号灯色を認識できるのはカメラのみ。通信との二重系により、確実に信号灯色を認識。

## ■ 運転プロセス



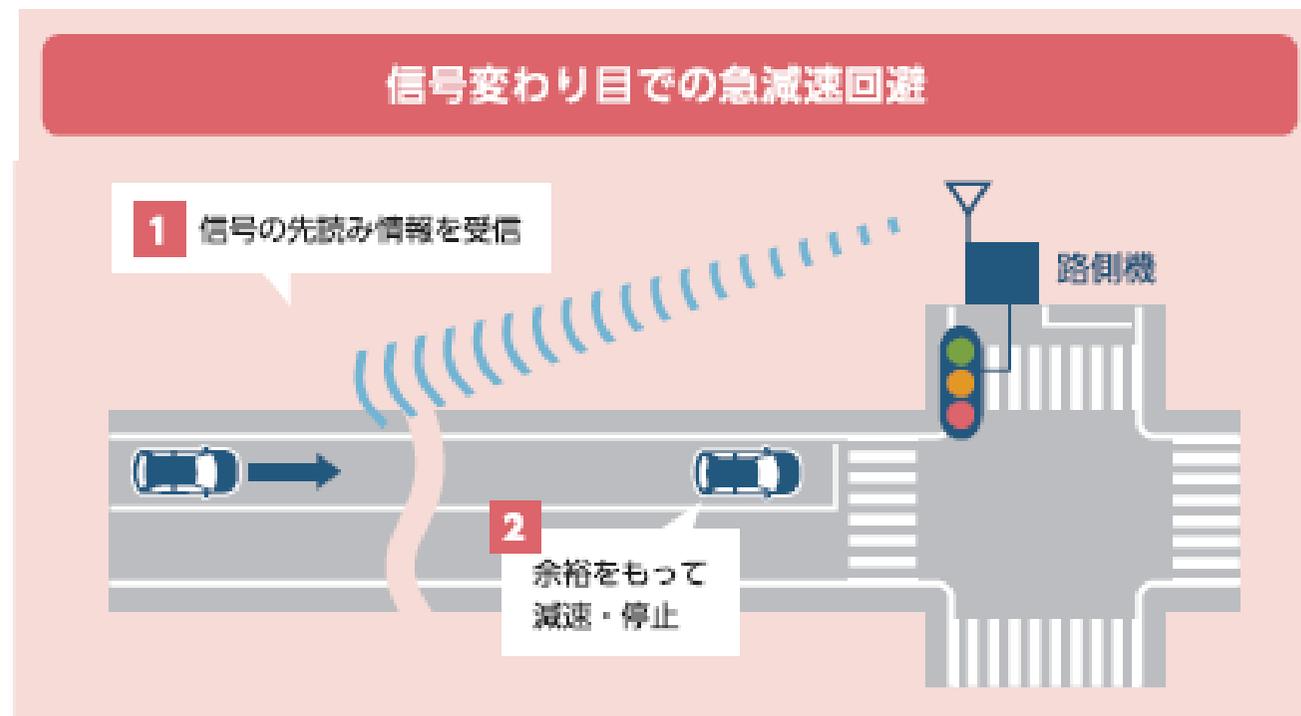
## ■ 多重系による認識



## 信号サイクル先読み情報の必要性

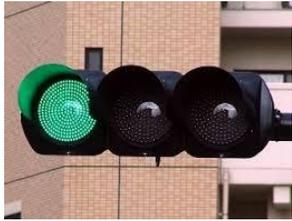
信号の先読み情報を取得、このまま走行すると、停止線手前で信号が切替わる場合、予め減速

⇒急減速を回避し、追突リスクを軽減



青から黄灯へ変化する一定時間( $\Delta t$ )前に、信号サイクルが確定している必要あり

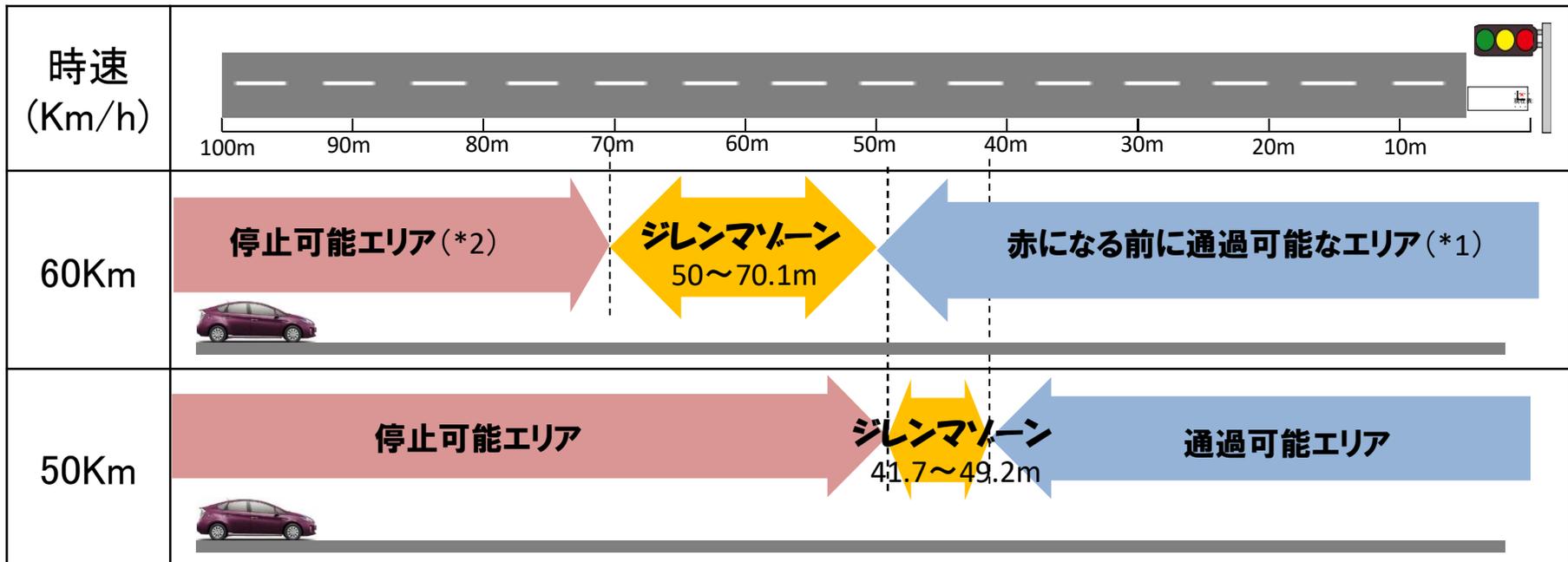
# (ご参考)自動運転への貢献～活用例(ジレンマゾーン)



信号が黄色に変わったとき、通過することも停止することも出来ないエリア（ジレンマゾーン）が存在



信号サイクルを受信し、信号の変わり目でジレンマゾーンに進入しないよう、予め緩やかに減速



(\*1) 黄信号時間：3秒の場合

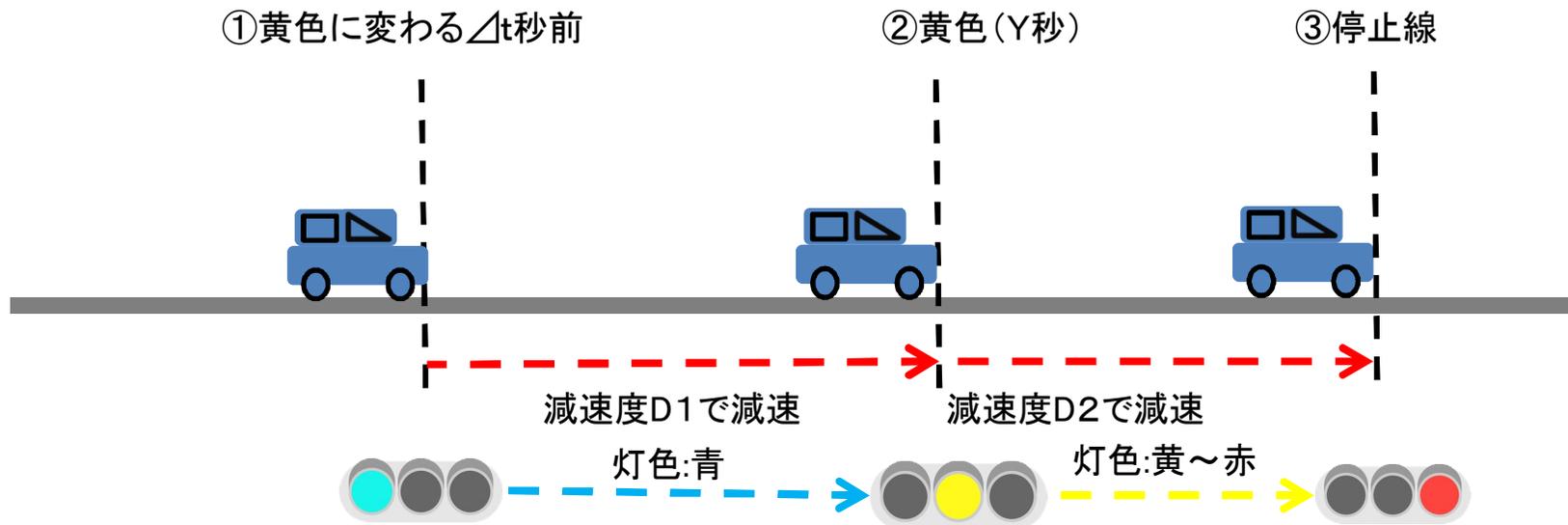
(\*2) 減速度：0.2G以下の場合

(補足) 車載機処理時間・含・・・

# ジレンマゾーン回避の為の減速方法(案)

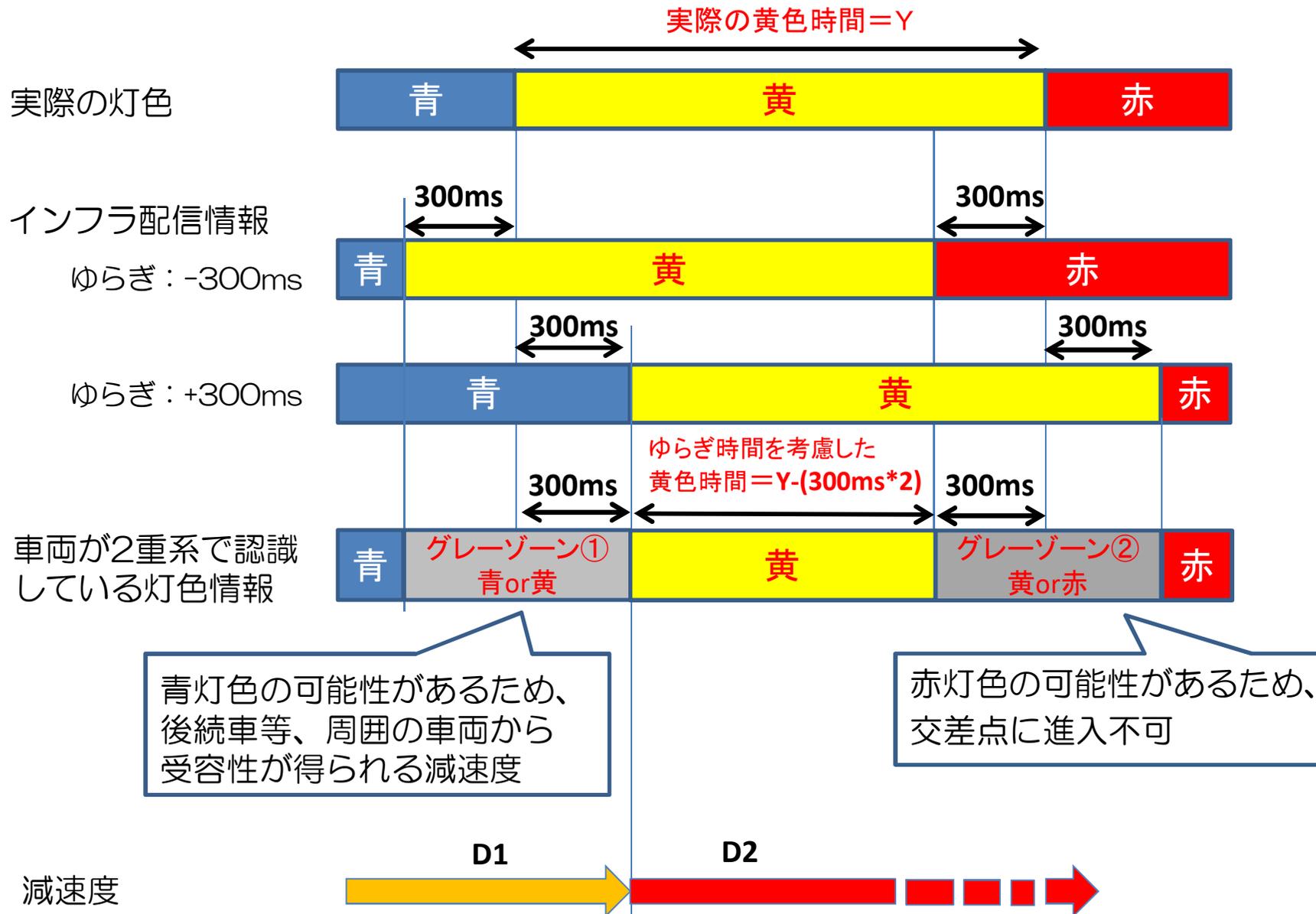
- ①現在の速度のままだとジレンマゾーンに進入してしまう場合、灯色が黄色に変化する $\Delta t$ 秒前に減速度 $D1$  (※1)で減速開始
- ②信号灯色が黄色(※2)に変化後、減速度 $D2$  (※3)で減速開始
- ③停止線手前で停止

- ※1. 後続車等、周囲の車両からみて社会的受容性が得られる減速度  
⇒一般車両のエンブレ相当(0.03G)を想定
- ※2. 車載カメラ及び通信双方の情報で黄色と判定された場合
- ※3. 安全に停止できるための減速度  
⇒Max0.2Gを想定



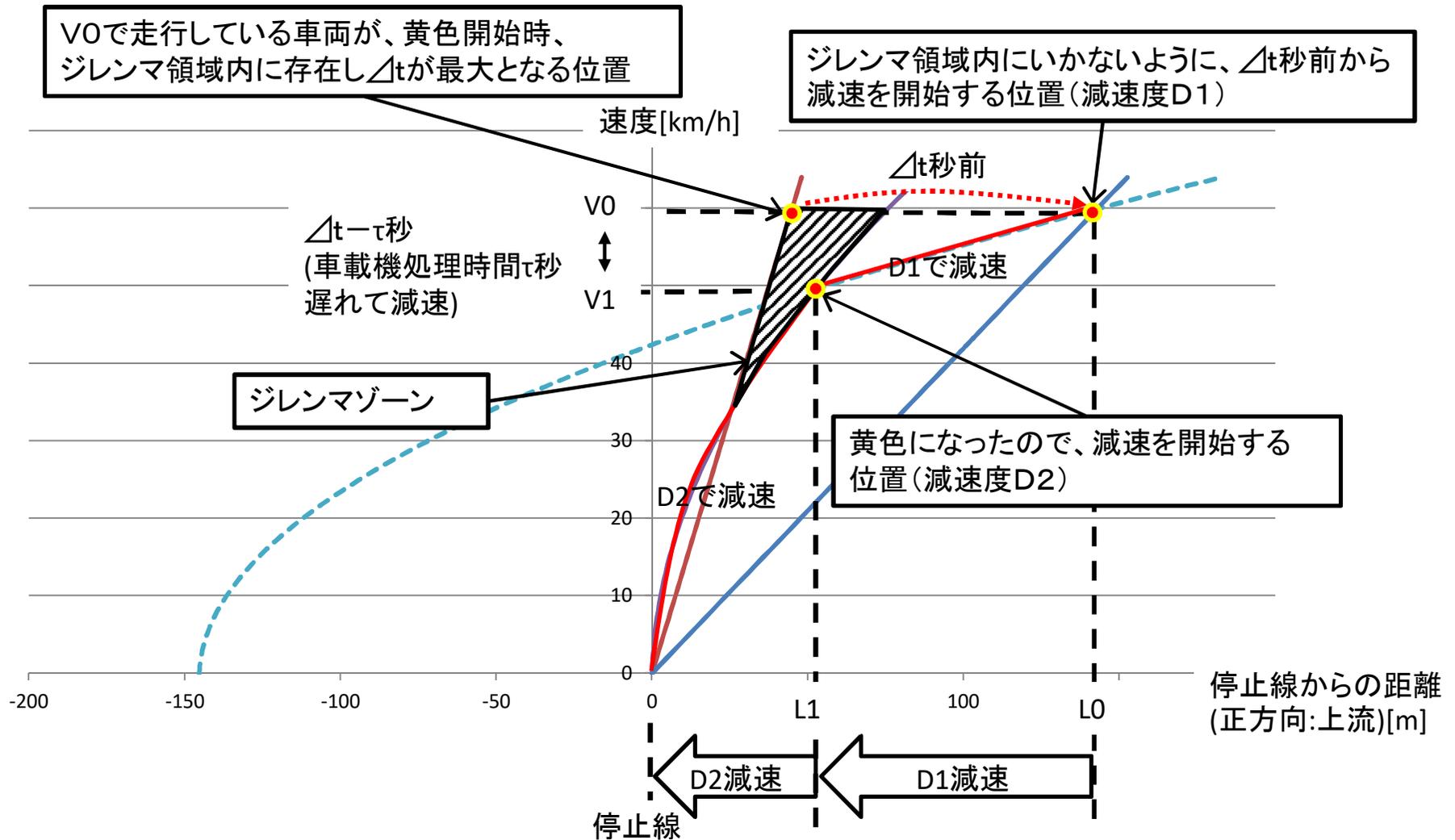
# ゆらぎ時間と減速度の関係

◆前提条件：ゆらぎ時間の最大値＝±300ms（仮）



# $\Delta t$ 算出の考え方

速度 $V_0$ で走行している車両が、黄色開始時、シレンマ領域内に存在しないよう黄色に変わる $\Delta t$ 秒前から減速（D1）を開始。  
黄色になった時、減速（D2）を開始、停止線で停止。



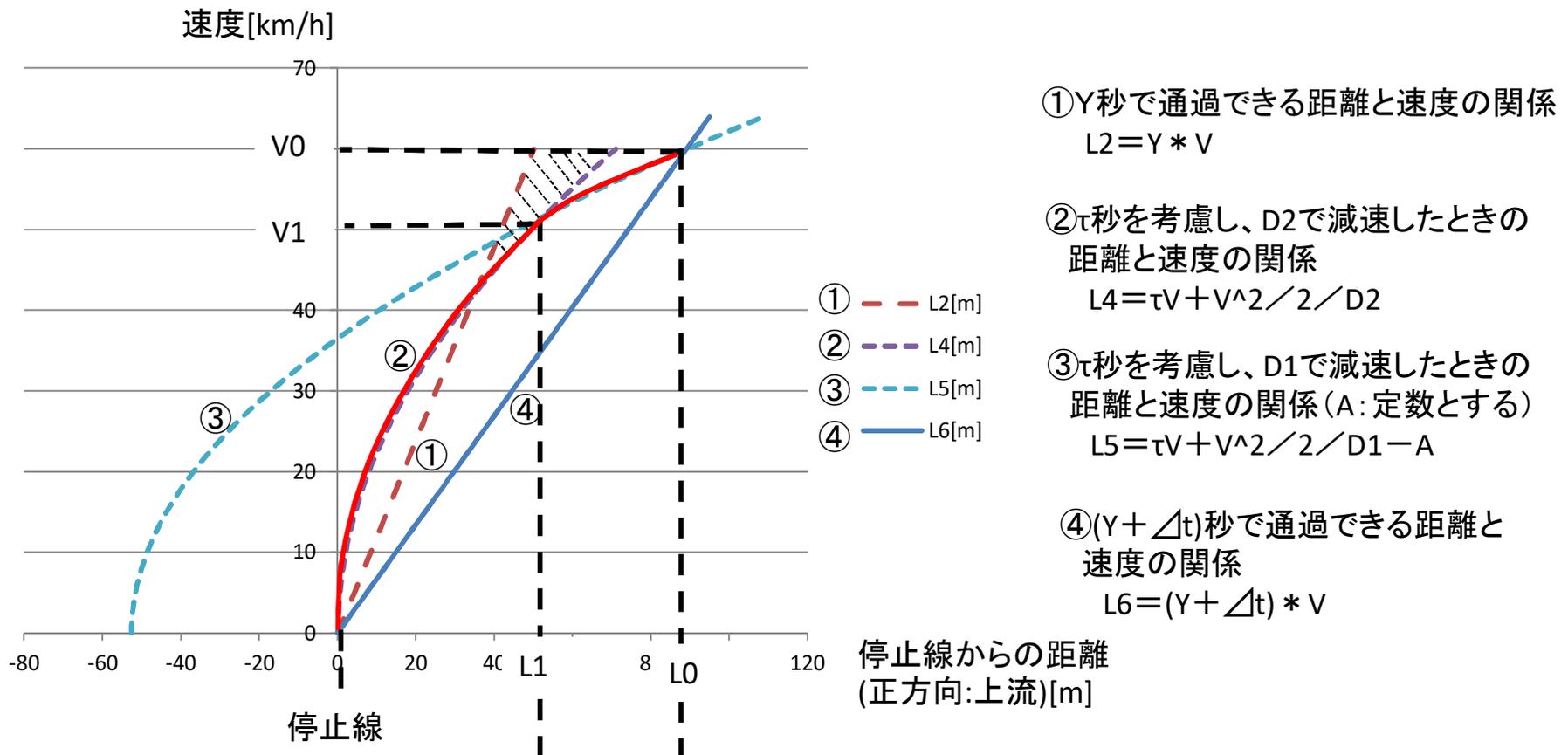
なお、減速度の変化点(D1  $\Rightarrow$  D2)においては、別途ジャークの調整が必要

# (参考) $\Delta t$ の算出

■定数を以下のように定義する。

- $Y$ [sec] : 黄色時間
- $\tau$ [sec] : 車載機処理時間
- $V_0$ [km/h] : 規制速度(走行速度)
- $V_1$ [km/h] :  $\Delta t - \tau$ 秒内で減速した後の速度
- $D_1$ [m/sec<sup>2</sup>] :  $\Delta t - \tau$ 秒内での減速度
- $D_2$ [m/sec<sup>2</sup>] : 停止するための減速度
- $L_0$ [m] :  $V_0$ のときの距離
- $L_1$ [m] :  $V_1$ のときの距離

•それぞれ①～④の式は、以下のようになる(ジレンマの式より)



## 計算結果(黄色時間=3秒の場合)

### ◆前提条件

黄色時間 : 3秒

黄色の予定時間がわかったときの減速度 (D1) : 0.03G。

黄色への変化後の減速度 (D2) : 0.2G

車載機の処理時間 : 0.3秒

信号情報のゆらぎ : 0.3秒

V0	60km/h	50km/h	40km/h
△t[sec]	8.93	5.98	2.75
V1[km/h]	50.87	43.98	37.41

<ご参考> 大型車の場合(想定)

### ◆前提条件

黄色時間 : 3秒

黄色の予定時間がわかったときの減速度 : 0.03G。

黄色への変化後の減速度 : 0.15G

車載機の処理時間 : 0.3秒

信号情報のゆらぎ : 0.3秒

V0	60km/h	50km/h	40km/h
△t[sec]	11.90	8.84	5.67
V1[km/h]	47.72	40.97	34.32

## 計算結果(黄色時間=4秒の場合)

### ◆前提条件

黄色時間 : 4秒

黄色の予定時間がわかったときの減速度 (D1) : 0.03G。

黄色への変化後の減速度 (D2) : 0.2G

車載機の処理時間 : 0.3秒

信号情報のゆらぎ : 0.3秒

V0	60km/h	50km/h	40km/h
Δt[sec]	4.91	1.20	—
V1[km/h]	55.12	49.04	—

<ご参考> 大型車の場合(想定)

### ◆前提条件

黄色時間 : 4秒

黄色の予定時間がわかったときの減速度 : 0.03G。

黄色への変化後の減速度 : 0.15G

車載機の処理時間 : 0.3秒

信号情報のゆらぎ : 0.3秒

V0	60km/h	50km/h	40km/h
Δt[sec]	8.98	5.69	2.04
V1[km/h]	50.81	44.29	38.16

## 別添資料 3

管制方式、集中方式②、制御機方式（自主研究）の検証結果報告  
（日本信号株式会社）

## 目次

1	実験場所	2
2	実験概要	2
2.1	管制方式	2
2.2	集中方式②	4
2.3	制御機方式	6
3	機能仕様	8
3.1	管制方式	8
3.2	集中方式②	12
3.3	制御機方式（自主研究）	17
4	検証	20
4.1	時刻精度検証	20
4.2	信号予定情報の精度検証	27
4.3	通信回線の遅延の検証	30
5	検証結果	31
5.1	時刻精度検証結果	31
5.2	信号予定情報の精度検証結果	33
5.3	通信回線の遅延検証結果	46
6	考察	60
6.1	時刻精度検証結果考察	60
6.2	信号予定情報の精度検証結果考察	60
6.3	通信回線の遅延検証結果考察	60
7	課題	62
7.1	信号灯色誤差の削減	62
7.2	通信遅延低減策の検討	62

## 1 実験場所

日本信号株式会社 久喜事業所（埼玉県久喜市）

## 2 実験概要

実験では本研究開発における担当方式である管制方式・集中方式②に加え、制御機方式を自主研究として実施した。本章では、制御機方式の結果も含めて報告する。

### 2.1 管制方式

管制方式の実験を行ったシステムの構成図を図 2-1 に、管制方式の実験概要を表 2-1 に示す。

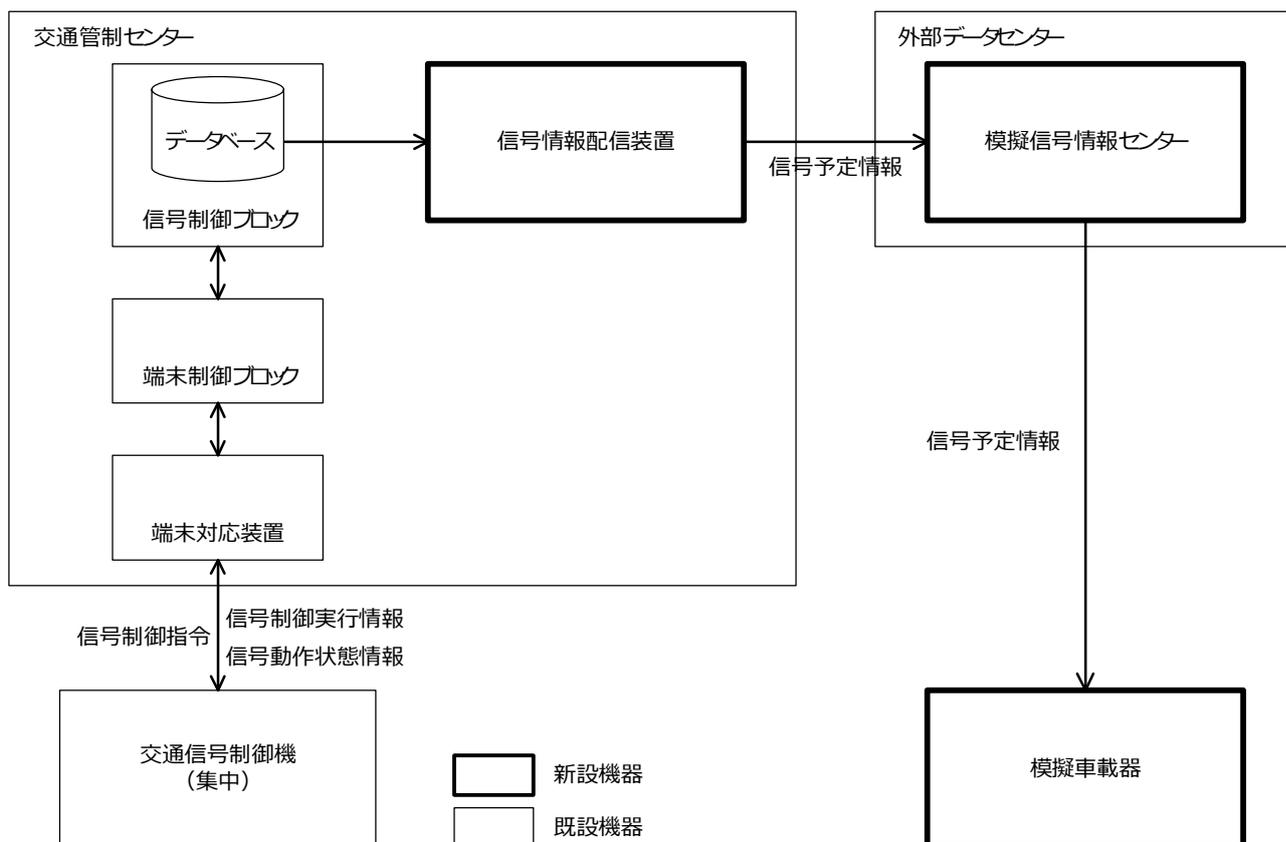


図 2-1 管制方式 システム構成図

表 2-1 管制方式 実験概要

項番	概要
1	信号制御ブロックで算出（1分・2.5分・5分毎）するサイクル長上位指令および信号制御上位指令を、DBに蓄積する。
2	信号制御ブロックでは、制御機から端末制御ブロック経由で送信されてきた信号制御ステップ実行情報（30秒毎）をDBに蓄積する。
3	信号情報配信装置は、DBの更新タイミング毎に、更新対象交差点の信号予定情報を、蓄積された信号制御パラメータ、信号制御ステップ実行情報及び定数情報を利用して生成する。この時、模擬交通管制センターで保持している同期済みの時刻で、信号予定情報にタイムスタンプ（データ作成時刻）を設定する。
4	信号情報配信装置は、生成した信号予定情報を模擬信号情報センターに送信する。
5	模擬信号情報センターは、車両により予め指定されている交差点の信号予定情報を抽出し、模擬車載器に送信する。
6	模擬車載器では、受信した信号予定情報の受信時刻を記録し、データ作成時刻と比較することで、遅延の検証を行う。また、現在の模擬車載器が認識している現在の灯色の表示を行う。
7	模擬車載器が表示した灯色と実際の交差点の灯器をビデオで撮影して、誤差の検証を行う。

## 2.2 集中方式②

集中方式②の実験を行ったシステムの構成図を図 2-2 に、集中方式②の実験概要を表 2-2 に示す。

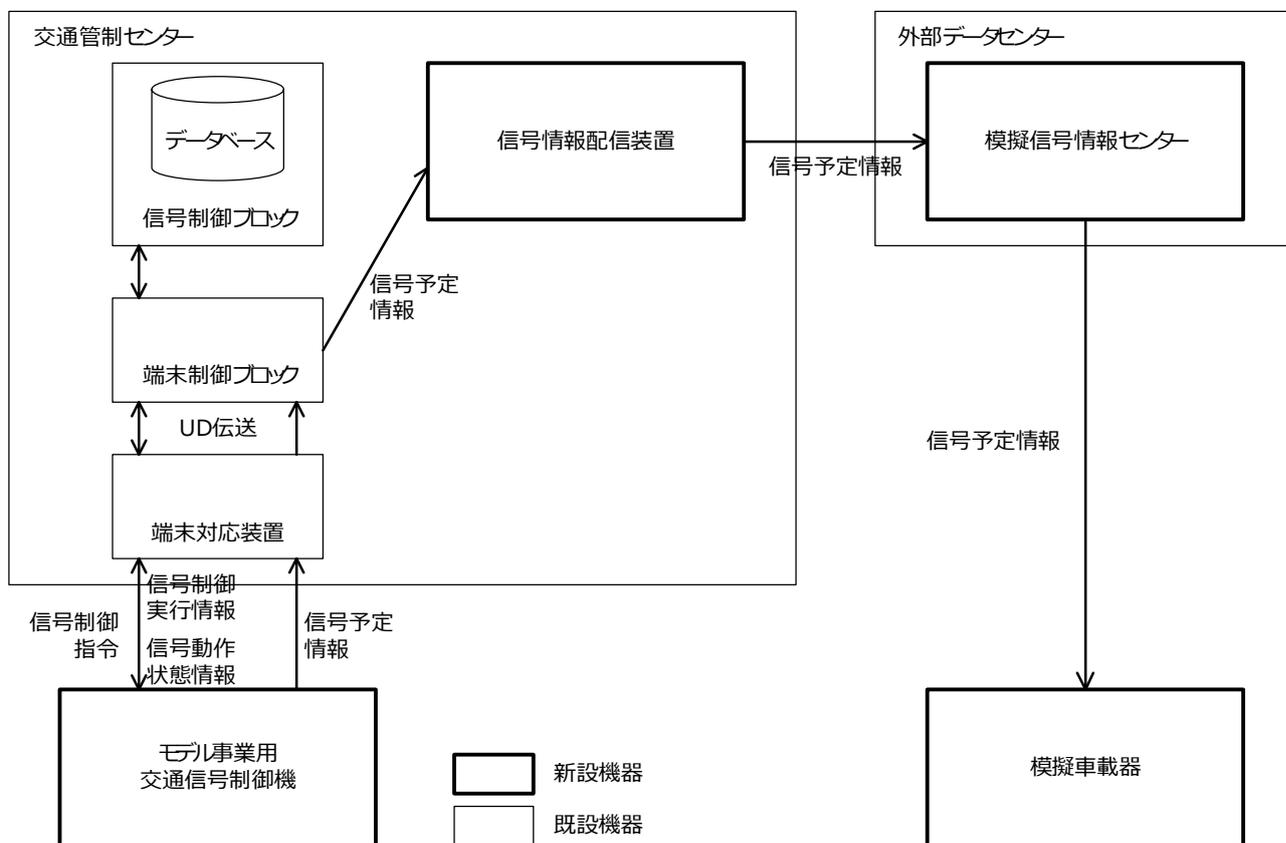


図 2-2 集中方式② システム構成図

表 2-2 集中方式② 実験概要

項番	概要
1	交通信号制御機（集中制御）は信号制御ブロックからの指令情報を基に、感応等による延長・短縮やオフセット追従等により制御機側で時限表の変更を行い、次サイクルの実行時限表を決定する。この結果を信号予定情報として新たな電文を追加して、端末制御ブロックに送信する。この時、交通信号制御機の時刻でタイムスタンプ（データ作成時刻）を設定する。端末制御ブロックは信号予定情報を信号配信装置に送信する。
2	信号情報配信装置は信号予定情報が更新されたタイミングで、該当交差点の信号予定情報を模擬信号情報センターに送信する。この時、模擬管制センターの時刻でタイムスタンプ（データ作成時刻）を設定する。
3	模擬信号情報センターは、車両により予め指定されている交差点の信号予定情報を抽出し、模擬車載器に送信する。
4	模擬車載器では、受信した信号予定情報の受信時刻を記録し、データ作成時刻と比較することで、遅延の検証を行う。また、現在の模擬車載器が認識している現在の灯色の表示を行う。
5	模擬車載器が表示した灯色と実際の交差点の灯器をビデオで撮影して、誤差の検証を行う。

### 2.3 制御機方式

制御機方式の実験を行ったシステムの構成図を図 2-3 に、制御機方式の実験概要を表 2-3 に示す。

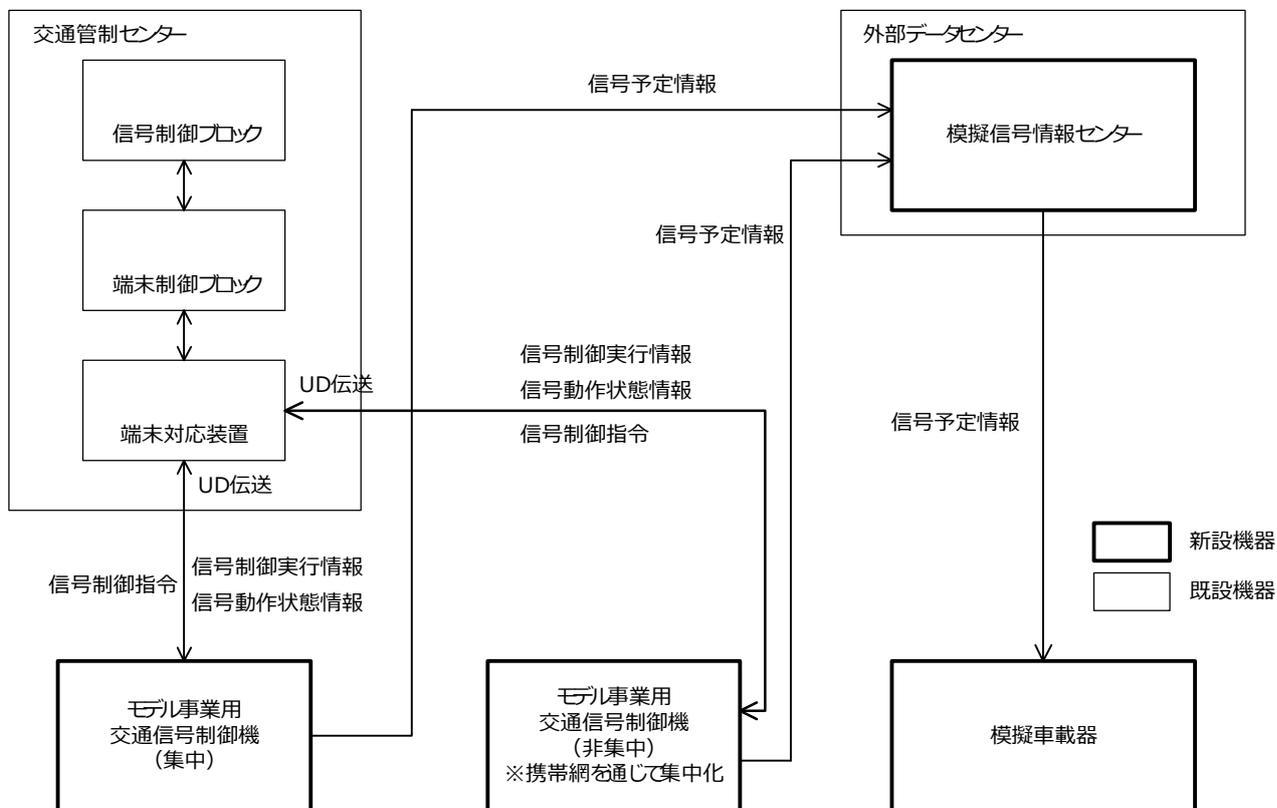


図 2-3 制御機方式 システム構成図

表 2-3 制御機方式 実験概要

項番	概要
1	<p>交通信号制御機（集中制御）は、信号制御ブロックからの指令情報を基に、感応等による延長・短縮やオフセット追従等により制御機側で時限表の変更を行い、次サイクルの実行時限表を決定する。この結果を信号予定情報として、模擬信号情報センターに送信する。この時、交通信号制御機の時刻でタイムスタンプ（データ作成時刻）を設定する。</p>
2	<p>交通信号制御機（非集中制御）は、予め設定された時限表で動作する。感応等による延長・短縮により制御機側で時限表の変更を行い、次サイクルの実行時限表を決定する。この結果を信号予定情報として、模擬信号情報センターに送信する。この時、交通信号制御機の時刻でタイムスタンプ（データ作成時刻）を設定する。</p>
3	<p>模擬信号情報センターは、車両により予め指定されている交差点の信号予定情報を抽出し、模擬車載器に送信する。</p>
4	<p>模擬車載器では、受信した信号予定情報の受信時刻を記録し、データ作成時刻と比較することで、遅延の検証を行う。また、現在の模擬車載器が認識している現在の灯色の表示を行う。</p>
5	<p>模擬車載器が表示した灯色と実際の交差点の灯器をビデオで撮影して、誤差の検証を行う。</p>

3 機能仕様  
3.1 管制方式  
3.1.1 信号情報配信装置

管制方式における信号情報配信装置の機能構成を図 3-1 に、機能の概要を表 3-1 に示す。

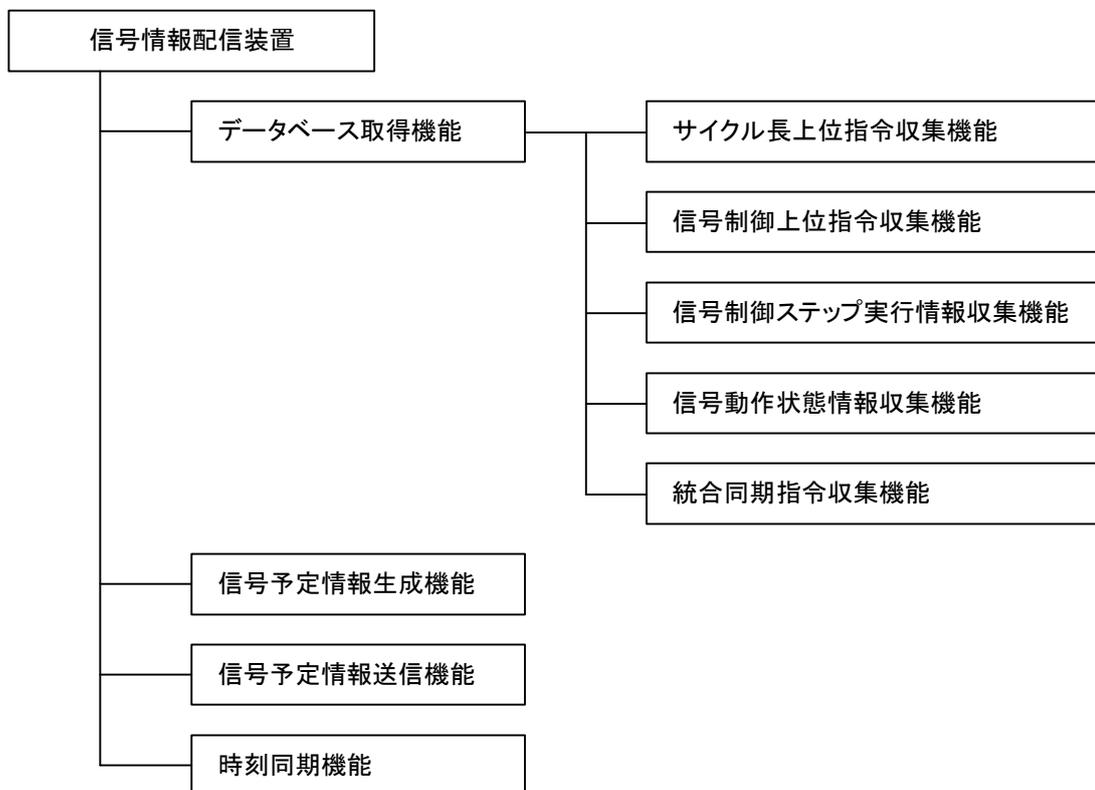


図 3-1 管制方式における信号情報配信装置の機能構成

表 3-1 管制方式における信号情報配信装置の機能概要一覧

機能名称	機能概要
データベース取得機能	<p>信号制御ブロックのデータベースから必要なテーブルのデータを取得する機能。</p> <p>① サイクル長上位指令収集機能 信号制御ブロックのデータベースに格納されたサイクル長上位指令を収集する機能。</p> <p>② 信号制御上位指令収集機能 信号制御ブロックのデータベースに格納された信号制御上位指令を収集する機能。</p> <p>③ 信号制御ステップ実行情報収集機能 信号制御ブロックのデータベースに格納された信号制御ステップ実行情報を収集する機能。</p> <p>④ 信号動作状態情報収集機能 信号制御ブロックのデータベースに格納された信号動作状態情報を収集する機能。</p> <p>⑤ 統合同期指令機能 信号制御ブロックのデータベースに格納された統合同期指令情報を収集する機能。</p>
信号予定情報生成機能	<p>収集したサイクル長上位指令、信号制御上位指令、信号制御ステップ実行情報、信号動作状態情報を元に、信号予定情報を生成する機能。</p>
信号予定情報送信機能	<p>生成した信号予定情報を、模擬信号情報センターに送信する機能。送信データの形式は信号予定情報インタフェース仕様（MQTT プロトコル）による。</p>
時刻同期機能	<p>ネットワーク上に設置された NTP サーバより時刻を収集し、自装置の時刻を同期させる機能。</p>

### 3.1.2 模擬信号情報センター

管制方式における模擬信号情報センターの機能構成を図3-2に、機能の概要を表3-2に示す。

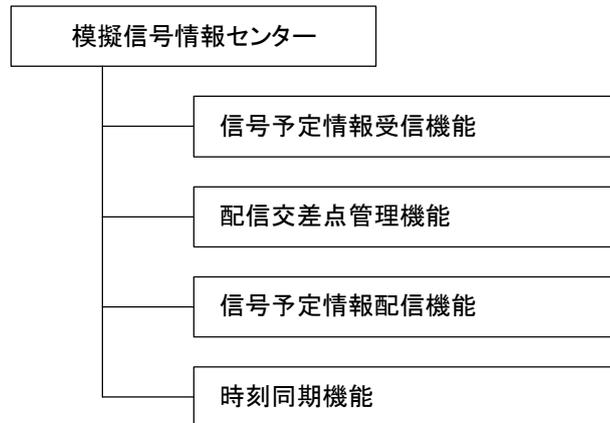


図3-2 管制方式における模擬信号情報センターの機能構成

表3-2 管制方式における模擬信号情報センターの機能概要一覧

機能名称	機能概要
信号予定情報受信機能	模擬管制センターの信号情報配信装置から送信される信号予定情報を受信する機能。
配信交差点管理機能	模擬車載器毎に信号予定情報を送信する交差点を管理する機能。 模擬車載器からの配信要求交差点登録変更機能に依じて、車両ごとの配信交差点を管理する。 なお、新たに登録交差点が増えた場合、増加した分の交差点については最新の信号予定情報を登録時に配信する。(信号予定情報配信機能を起動する)
信号予定情報配信機能	信号予定情報を模擬車載器に配信する機能。配信タイミングは以下の3通りの場合とする。 ① 信号予定情報に更新があった場合 ② 模擬車載器から信号予定情報要求があった場合 ③ 配信交差点管理機能において新しい交差点の登録がされた場合
時刻同期機能	ネットワーク上に設置された NTP サーバより時刻を収集し、自装置の時刻を同期させる機能。

### 3.1.3 模擬車載器

管制方式における模擬車載機の機能構成を図 3-2 に、機能の概要を表 3-2 に示す。

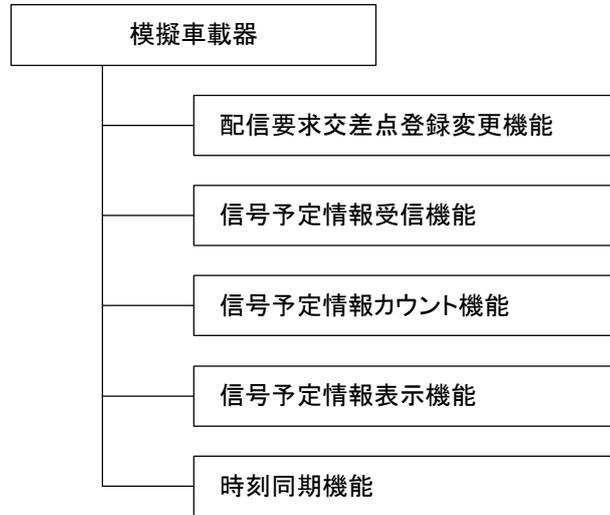


図 3-3 管制方式における模擬車載機の機能構成

表 3-3 管制方式における模擬車載機の機能概要一覧

機能名称	機能概要
配信要求交差点登録変更機能	信号予定情報を要求する交差点を模擬信号情報センターに登録する機能。また、信号予定情報を必要としなくなった交差点を模擬信号情報センターから削除する機能。
信号予定情報受信機能	模擬信号情報センターから送信される信号予定情報を受信する機能。受信データの形式は信号予定情報インタフェース仕様(MQTT プロトコル)による。
信号予定情報カウント機能	受信した信号予定情報を用いて、現時点の灯色を算出する機能。
信号予定情報表示機能	現在時刻や現在灯色、灯色打ち切りまでの時間等をコンソール上に表示する機能。
時刻同期機能	GPS モジュールから時刻情報を収集し、PC の時刻を同期する機能。

## 3.2 集中方式②

### 3.2.1 信号情報配信装置

集中方式②における信号情報配信装置の機能構成を図 3-1 に、機能の概要を表 3-1 に示す。

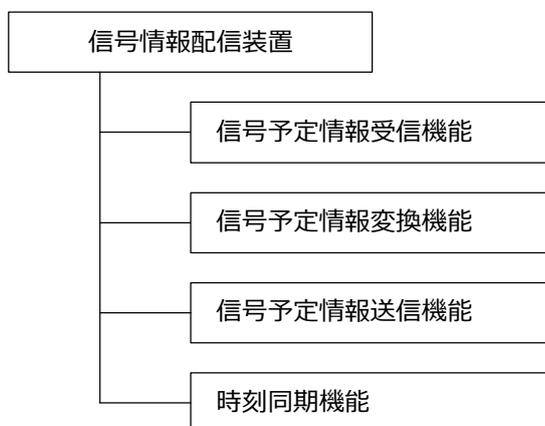


図 3-4 集中方式②における信号情報配信装置の機能構成

表 3-4 集中方式②における信号情報配信装置の機能概要一覧

機能名称	機能概要
信号予定情報受信機能	モデル事業用交通信号制御機から UD 伝送で送信されてきた信号予定情報を受信する機能。
信号予定情報変換機能	受信した信号予定情報の形式を、MQTT プロトコルで模擬信号情報センターに送信する形式に変換する機能。
信号予定情報送信機能	生成した信号予定情報、もしくはモデル事業用交通信号制御機で生成され変換した信号予定情報を、模擬信号情報センターに送信する機能。送信データの形式は信号予定情報インタフェース仕様（MQTT プロトコル）による。
時刻同期機能	ネットワーク上に設置された NTP サーバより時刻を収集し、自装置の時刻を同期させる機能。

### 3.2.2 交通信号制御機

集中方式②における交通信号制御機の機能構成を図 3-2 に、機能の概要を表 3-2 に示す。

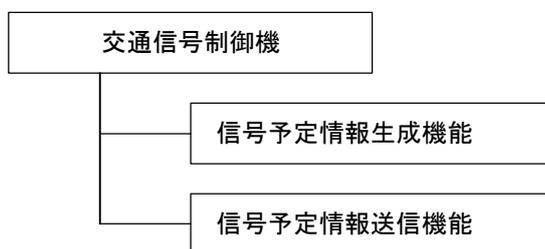


図 3-5 集中方式②における交通信号制御機の機能構成

表 3-5 集中方式②における交通信号制御機の機能概要一覧

機能名称	機能概要
信号予定情報生成機能	下位装置もしくは端末対応装置経由で信号情報配信装置に送信する信号予定情報を生成する機能。生成タイミングはサイクルの開始時および感応階梯の秒数確定時とする。
信号予定情報送信機能	生成した信号予定情報を、下位装置もしくは端末対応装置に対し送信する機能。送信データの形式は信号予定情報インタフェース仕様（UD 伝送）による。

### 3.2.3 模擬信号情報センター

集中方式②における模擬信号情報センターの機能構成を図 3-2 に、機能の概要を表 3-2 に示す。

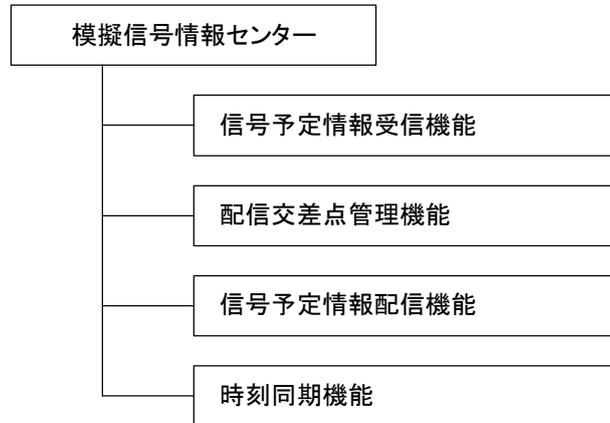


図 3-6 集中方式②における模擬信号情報センターの機能構成

表 3-6 集中方式②における模擬信号情報センターの機能概要一覧

機能名称	機能概要
信号予定情報受信機能	模擬管制センターの信号情報配信装置から送信される信号予定情報を受信する機能。
配信交差点管理機能	模擬車載器毎に信号予定情報を送信する交差点を管理する機能。模擬車載器からの配信要求交差点登録変更機能に依じて、車両ごとの配信交差点を管理する。 なお、新たに登録交差点が増えた場合、増加した分の交差点については最新の信号予定情報を登録時に配信する。(信号予定情報配信機能を起動する)
信号予定情報配信機能	信号予定情報を模擬車載器に配信する機能。配信タイミングは以下の3通りの場合とする。 ① 信号予定情報に更新があった場合 ② 模擬車載器から信号予定情報要求があった場合 ③ 配信交差点管理機能において新しい交差点の登録がされた場合
時刻同期機能	ネットワーク上に設置された NTP サーバより時刻を収集し、自装置の時刻を同期させる機能。

### 3.2.4 模擬車載器

集中方式②における模擬車載機の機能構成を図 3-2 に、機能の概要を表 3-2 に示す。

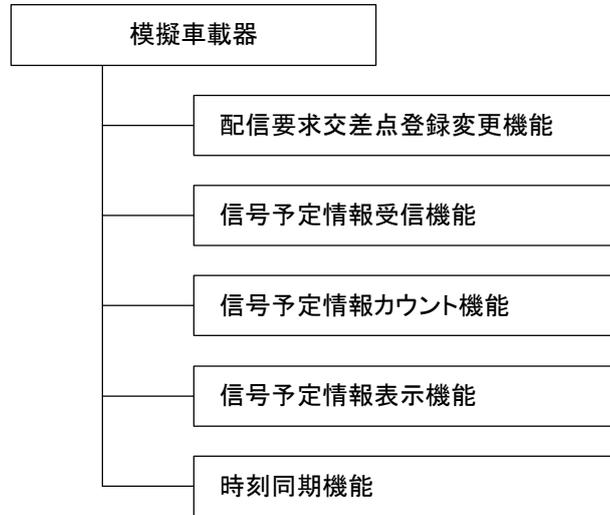


図 3-7 集中方式②における模擬車載機の機能構成

表 3-7 集中方式②における模擬車載機の機能概要一覧

機能名称	機能概要
配信要求交差点登録変更機能	信号予定情報を要求する交差点を模擬信号情報センターに登録する機能。また、信号予定情報を必要としなくなった交差点を模擬信号情報センターから削除する機能。
信号予定情報受信機能	模擬信号情報センターから送信される信号予定情報を受信する機能。受信データの形式は信号予定情報インタフェース仕様(MQTT プロトコル)による。
信号予定情報カウント機能	受信した信号予定情報を用いて、現時点の灯色を算出する機能。
信号予定情報表示機能	現在時刻や現在灯色、灯色打ち切りまでの時間等をコンソール上に表示する機能。
時刻同期機能	GPS モジュールから時刻情報を収集し、PC の時刻を同期する機能。

### 3.2.5 既設システム改修

集中方式②における既設システムの機能構成を図 3 5 に、機能の概要を表 3 5 に示す。

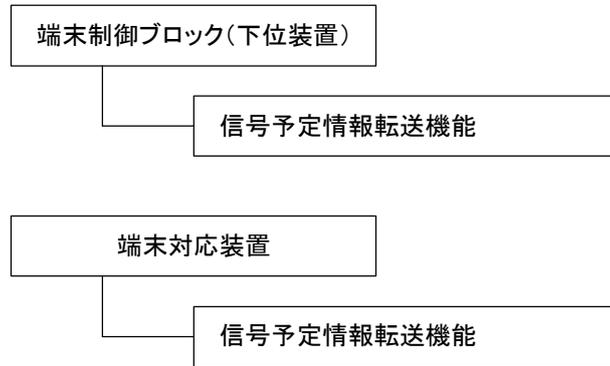


図 3-8 集中方式②における模擬車載機の機能構成

表 3-8 集中方式②における模擬車載機の機能概要一覧

既設装置	機能名称	機能概要
端末制御ブロック (下位装置)	信号予定情報 転送機能	端末対応装置(モデル事業用交通信号制御機)から送信されてくる信号予定情報を、信号情報配信装置に転送する機能。
端末対応装置	信号予定情報 転送機能	モデル事業用交通信号制御機から送信されてくる信号予定情報を、端末制御ブロックに転送する機能。

### 3.3 制御機方式（自主研究）

#### 3.3.1 交通信号制御機

制御機方式における交通信号制御機の機能構成を図 3-1 に、機能の概要を表 3-1 に示す。

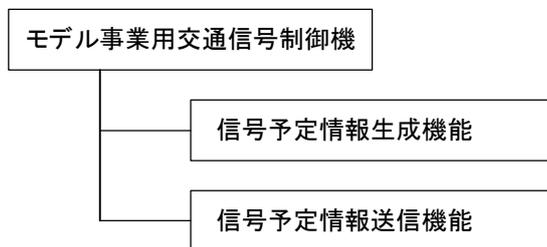


図 3-9 制御機方式における交通信号制御機の機能構成

表 3-9 制御機方式における交通信号制御機の機能概要一覧

機能名称	機能概要
信号予定情報生成機能	下位装置もしくは端末対応装置経由で信号情報配信装置に送信する信号予定情報を生成する機能。生成タイミングはサイクルの開始時および感應階梯の秒数確定時とする。
信号予定情報送信機能	生成した信号予定情報を、模擬信号情報センターに対し送信する機能。送信データの形式は信号予定情報インタフェース仕様（MQTT プロトコル）による。

### 3.3.2 模擬信号情報センター

制御機方式における模擬信号情報センターの機能構成を図 3-2 に、機能の概要を表 3-2 に示す。

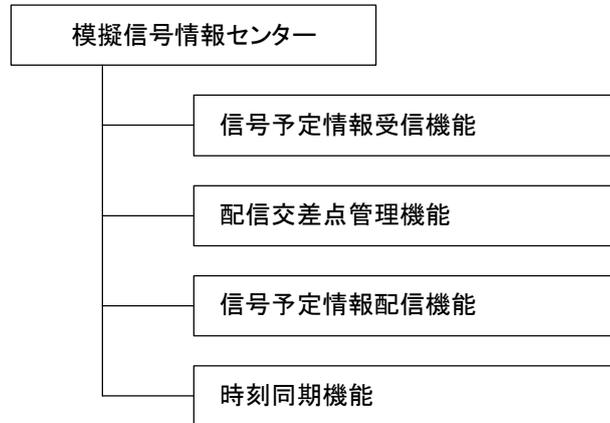


図 3-10 制御機方式における模擬信号情報センターの機能構成

表 3-10 制御機方式における模擬信号情報センターの機能概要一覧

機能名称	機能概要
信号予定情報受信機能	モデル事業用交通信号制御機から送信される信号予定情報を受信する機能。
配信交差点管理機能	模擬車載器毎に信号予定情報を送信する交差点を管理する機能。模擬車載器からの配信要求交差点登録変更機能に依じて、車両ごとの配信交差点を管理する。 なお、新たに登録交差点が増えた場合、増加した分の交差点については最新の信号予定情報を登録時に配信する。(信号予定情報配信機能を起動する)
信号予定情報配信機能	信号予定情報を模擬車載器に配信する機能。配信タイミングは以下の3通りの場合とする。 ① 信号予定情報に更新があった場合 ② 模擬車載器から信号予定情報要求があった場合 ③ 配信交差点管理機能において新しい交差点の登録がされた場合
時刻同期機能	ネットワーク上に設置された NTP サーバより時刻を収集し、自装置の時刻を同期させる機能。

### 3.3.3 模擬車載器

制御機方式における模擬車載機の機能構成を図 3-2 に、機能の概要を表 3-2 に示す。

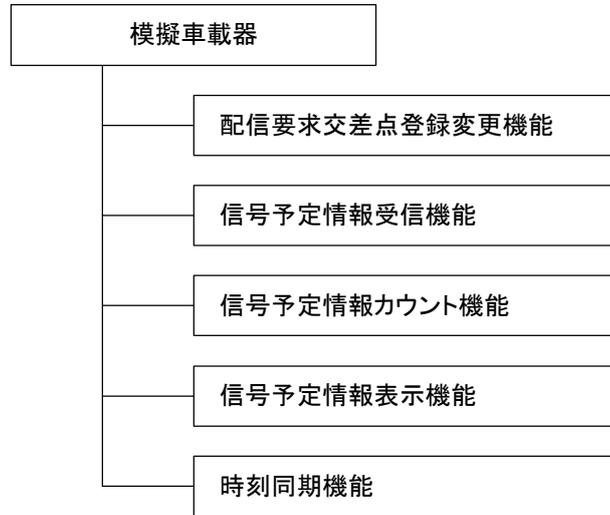


図 3-11 制御機方式における模擬車載機の機能構成

表 3-11 制御機方式における模擬車載機の機能概要一覧

機能名称	機能概要
配信要求交差点登録変更機能	信号予定情報を要求する交差点を模擬信号情報センターに登録する機能。また、信号予定情報を必要としなくなった交差点を模擬信号情報センターから削除する機能。
信号予定情報受信機能	模擬信号情報センターから送信される信号予定情報を受信する機能。受信データの形式は信号予定情報インタフェース仕様(MQTT プロトコル)による。
信号予定情報カウント機能	受信した信号予定情報を用いて、現時点の灯色を算出する機能。
信号予定情報表示機能	現在時刻や現在灯色、灯色打ち切りまでの時間等をコンソール上に表示する機能。
時刻同期機能	GPS モジュールから時刻情報を収集し、PC の時刻を同期する機能。

## 4 検証

### 4.1 時刻精度検証

#### 4.1.1 時刻同期方式

時刻精度検証では、実験に使用する機器が計時している時刻情報の精度（GPS などの基準時刻とのずれ）を検証する。検証対象の装置の設置場所および各装置の特性により、以下の同期方式がある。（表 4-1 参照）

##### (1) NTP による時刻同期

模擬管制センターに設置する交通信号管制機器、信号情報配信装置および模擬信号情報センターに設置する機器は、GPS 時刻同期機能を持ったタイムサーバーを同期元とした NTP による時刻同期を行う。

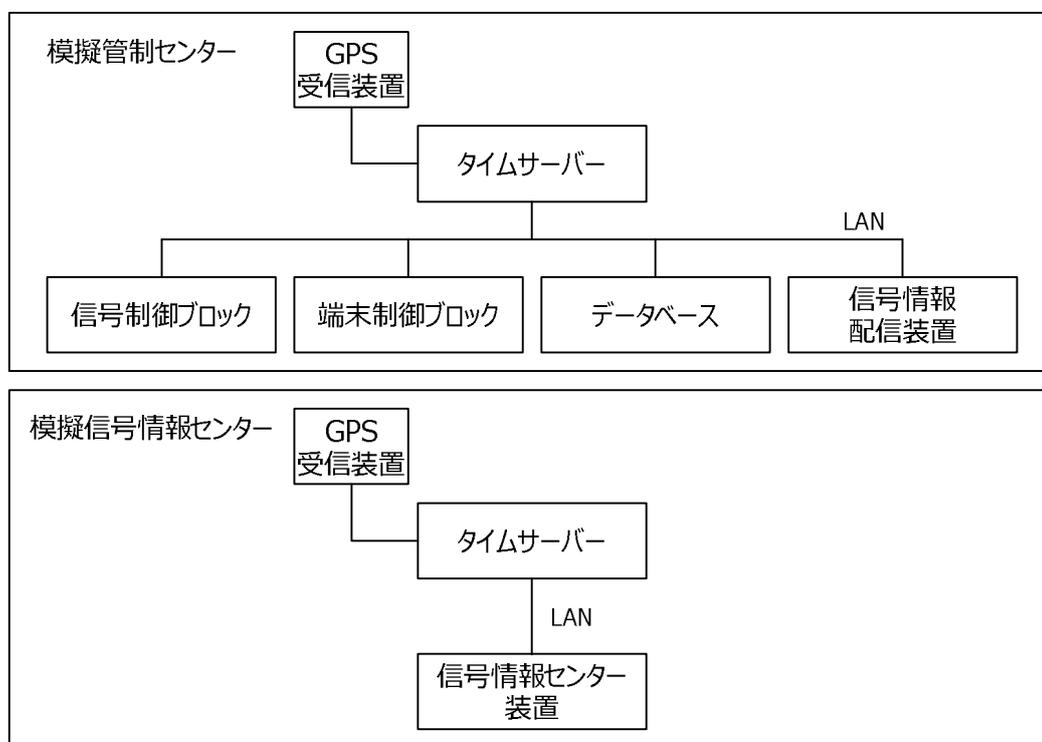


図 4-1 NTP による時刻同期におけるタイムサーバーとの接続

(2) 時刻修正指令による同期

端末対応装置（FEP、CCU）および交通信号制御機（集中制御方式）に対しては、従来の交通管制システムにおいて、時刻修正指令による時刻同期の仕組みがある。管制方式では従来の構成を変更しない方針であるため、時刻修正指令による同期を用いる。

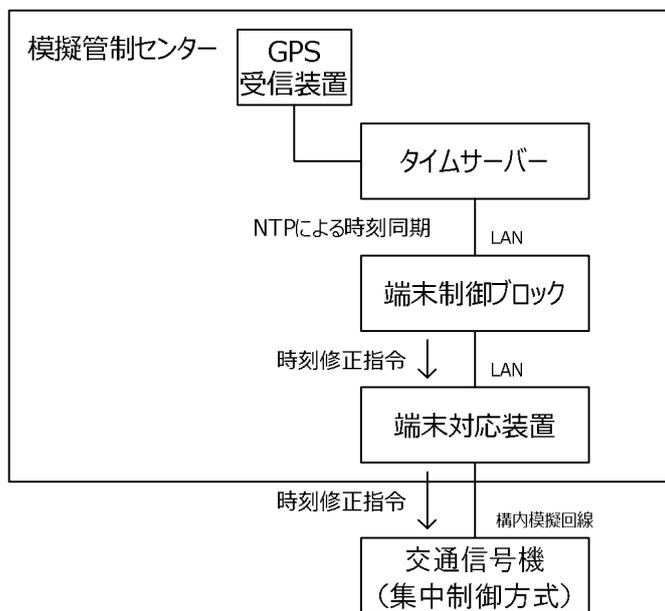


図 4-2 時刻修正指令を用いた時刻同期

(3) GPS による時刻同期

模擬車載器においては、模擬車載器に直接接続した GPS モジュールを用いた時刻同期を行う。

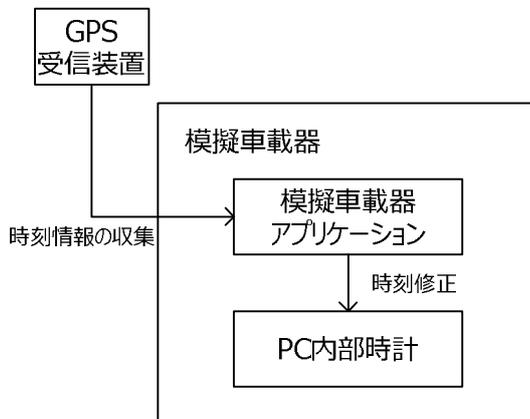


図 4-3 GPS による時刻同期

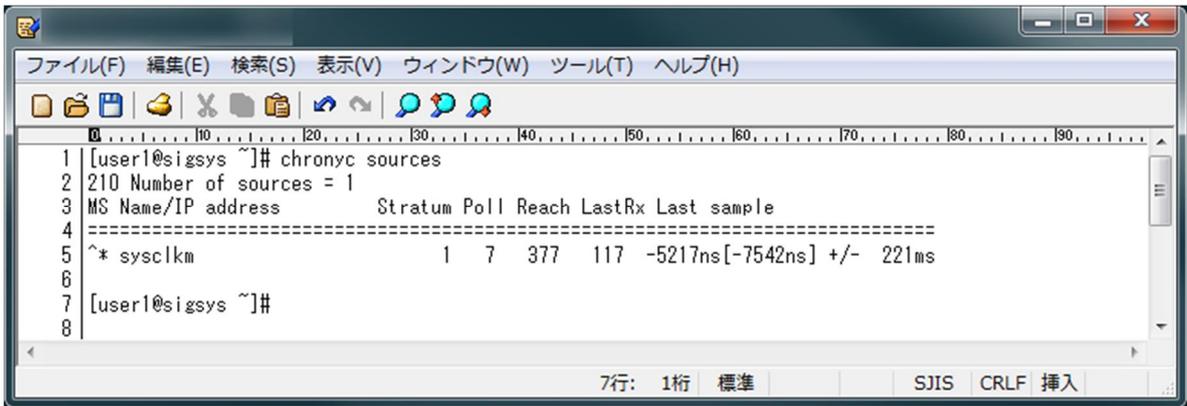
表 4-1 各装置の時刻同期方式

時刻同期方式	同期元	装置名称
NTP による時刻同期	タイムサーバー (GPS 同期) (模擬交通管制センター内)	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	
	タイムサーバー (GPS 同期) (模擬信号情報センター内)	信号情報センター装置
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
		交通信号制御機
GPS による時刻同期	GPS モジュール	模擬車載器

#### 4.1.2 時刻精度検証方式

##### (1) NTP による時刻同期を行う機器

NTP による時刻同期を行う機器は、NTP の同期状態を確認するコマンド (chronyc sources、chronyc sourcestats) を用いた時刻精度検証を行う。図 4-4、図 4-5 にコマンドの実行例を、表 4-2 にコマンドでの収集項目を示す。



```
1 [user1@sigsys ~]# chronyc sources
2 210 Number of sources = 1
3 MS Name/IP address          Stratum Poll Reach LastRx Last sample
4 -----
5 ^* sysclkm                    1   7   377   117  -5217ns[-7542ns] +/-  221ms
6
7 [user1@sigsys ~]#
8
```

図 4-4 chronyc sources の実行例



```
1 [user1@sigsys ~]# chronyc sourcestats
2 210 Number of sources = 1
3 Name/IP Address             NP  NR  Span Frequency Freq Skew  Offset  Std Dev
4 -----
5 sysclkmi                    11  5  46m  -0.001    0.045    1us    25us
6
7 [user1@sigsys ~]#
8
```

図 4-5 chronyc sourcestats の実行例

表 4-2 NTP 同期状態確認コマンド (chronyc sources、sourcestats) での主な収集データ項目

コマンド	データ項目	内容
Chronyc sources 現在の同期状態情報を表示する	Name/ IP Address	NTP サーバ名。NTP サーバ名の先頭に「*」が表示されていれば、正常に同期が行われている。
	Poll	NTP サーバへの同期間隔。デフォルトでは 64 秒であり、同期状態が安定していると判断された場合にはポーリング間隔が倍加されて、最大で 1024 秒となる。
	Reach	NTP サーバへの接続を試みた最後の 8 回分の同期結果を 8 進数で表示する。ビット列で結果を保持しており、サーバ接続できた場合はビットが立つ。
	Lastsample	NTP サーバとの時刻のずれ。 「+225us[+129us]+/-14ms」が表示された場合、225us は前回測定時の時刻のずれを表し、129us は前回測定後の調整した結果で、実際に測定されたオフセットを表し、14ms は測定における誤差の範囲を示す。
Chronyc sourcestats 同期状態の統計情報・予測情報を表示する	NP	現在、当該機器で保持されているサンプルポイントの数。下記の誤差レートと現在のオフセットは、これらのポイントを使って線形回帰を実行することで予測される。
	Span	一番古いサンプルと最新のサンプルの間隔。単位が表示されない場合は、秒数を表している。
	Frequency	NTP により修正しない場合にシステムクロックが間違えるレート。単位は ppm (100 万分の 1)。 例えば、1ppm という値が意味するのは、システムクロックが 1 秒進んだとき、実際の時間と比較して 1.000001 秒進んでいるということとなる。
	FreqSkew	Freq の予測されるエラー範囲。単位は ppm (100 万分の 1 秒)。
	Offset	現在の予測されるオフセット (時刻ずれ)。
	StdDev	サンプルの予測される時刻ずれの標準偏差。

(2) 時刻修正指令による時刻同期を行う機器

時刻修正指令による時刻同期を行う機器のうち、端末対応装置については、FEP・CCUにて時刻を計時しているが、各機器のログ等に使用される時刻であり、遅延・誤差の計測対象となる時刻ではないため、時刻精度検証の対象外とする。

交通信号制御機は、GPS時刻同期機能を持ったタイムサーバーの時刻表示と、交通信号制御機のパネル上の時刻表示を、ビデオカメラで同画面内に撮影し、フレーム数（1フレーム≒1/30秒）で比較することで、時刻のずれを計測する。図4-6に交通信号制御機の時刻精度検証イメージを示す。

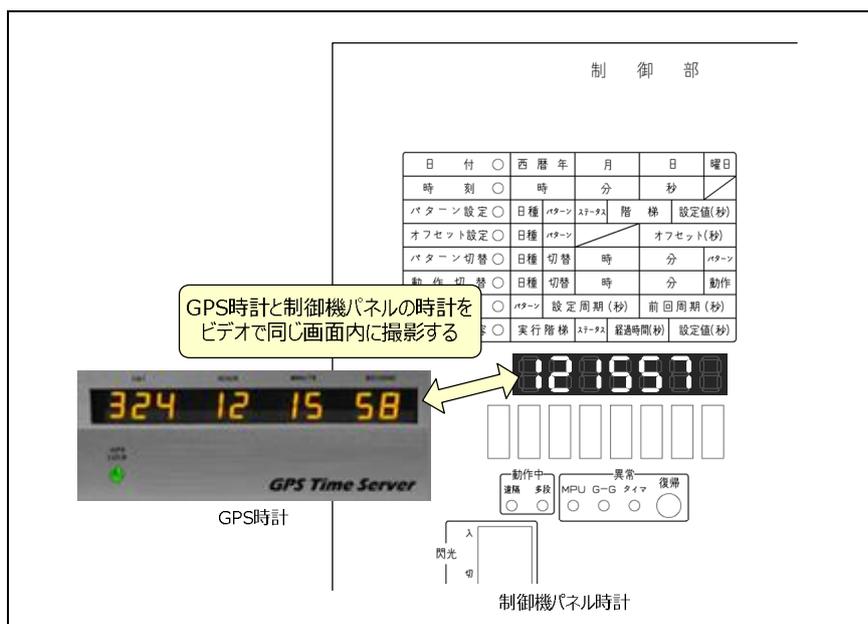


図 4-6 交通信号制御機の時刻精度検証イメージ

(3) GPS による時刻同期を行う機器

GPS による時刻同期を行う模擬車載器では、模擬車載器アプリケーションが GPS モジュールから時刻を取得し、その時刻を元に PC の時刻を修正する。そこで、模擬車載器に接続する GPS モジュールとは別に、GPS 時刻同期機能のあるタイムサーバーを用意し、NTP の同期状態を確認するコマンド (w32tm) を用いた時刻精度検証を行う。図 4-7 に模擬車載器の時刻精度検証イメージを、示す。

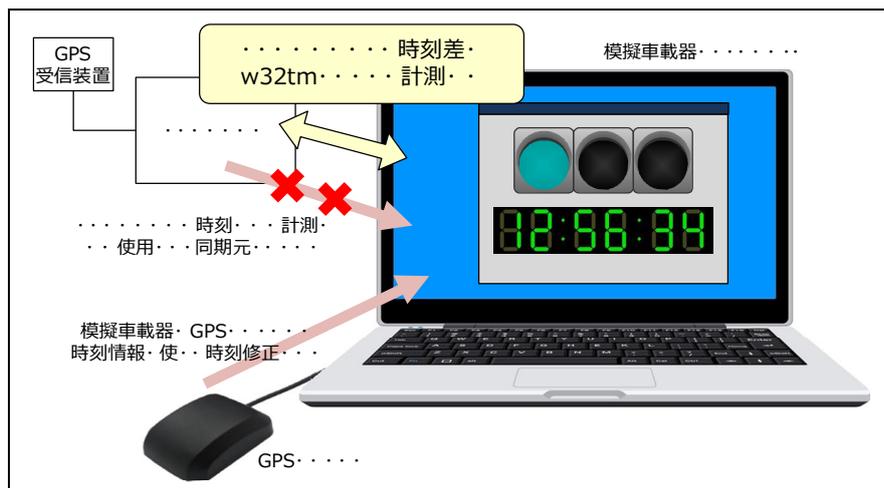


図 4-7 模擬車載器の時刻精度検証イメージ

表 4-3 NTP 同期状態確認コマンド (w32tm) での主な収集データ項目

コマンド	データ項目	内容
w32tm	Root Delay	NTP サーバとの往復通信時間 (単位: 秒)
	Root Decision	NTP サーバとの往復通信時間の分散 (単位: 秒)
	Phase Offset	NTP サーバとのずれ (単位: 秒)

## 4.2 信号予定情報の精度検証

### 4.2.1 信号予定情報精度検証の概要

信号予定情報精度検証では、生成した信号予定情報の各灯色の秒数と、実際に表示される灯色の秒数とのずれを検証する。図 4-8 に信号予定情報の精度検証に使用する実験機器の構成を示す。

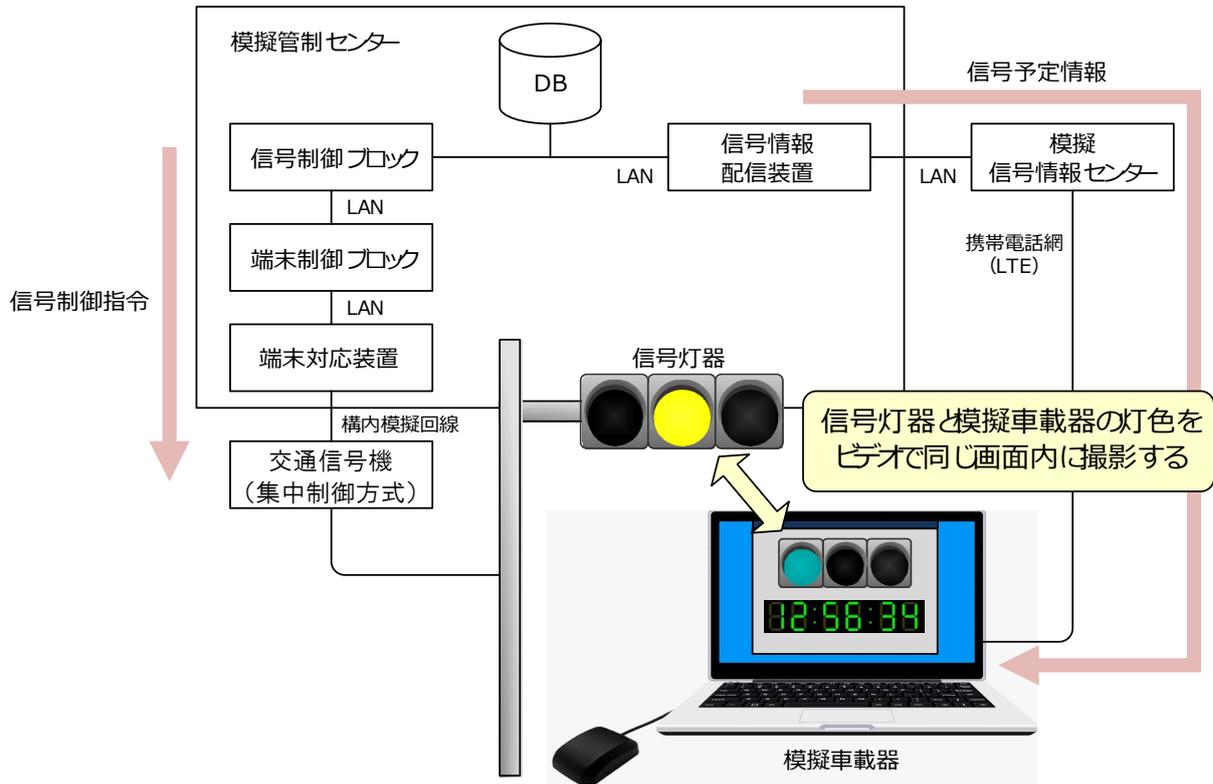


図 4-8 信号情報提供の精度検証の構成

### 4.2.2 信号現示

信号現示は、2018 年度に UTMS 協会が信号制御機及び ITS 無線路側機の信号情報精度計測実験で用いたものを用いる。信号現示は、標準的なデータサイズである現示 1 及び現実的にあり得る大きなデータサイズとなる現示 2 の 2 種類を用いて計測を行う。

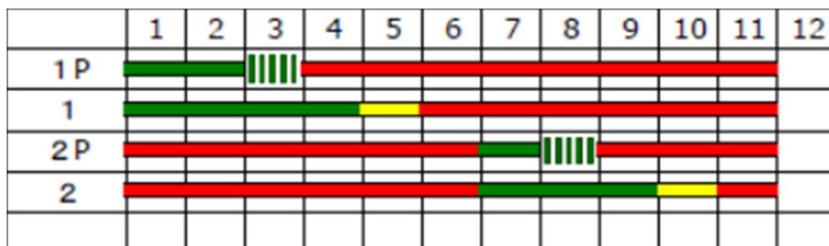


図 4-9 現示階梯図 (現示 1)

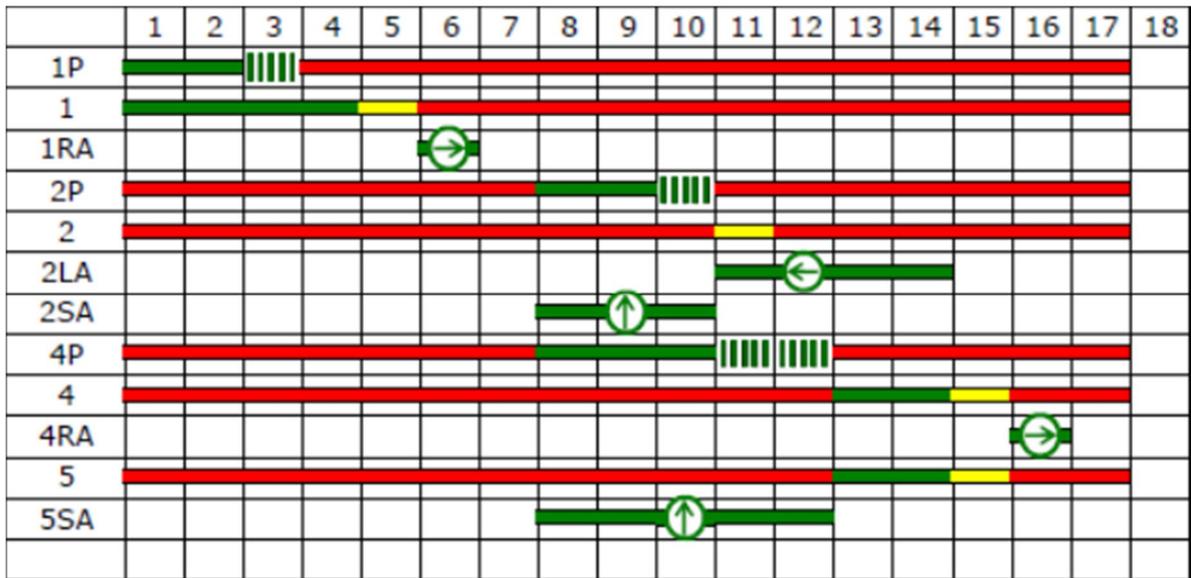


図 4-10 現示階梯図（現示 2）

#### 4.2.3 計測方法

映像のフレーム数（1 フレーム≒1/30 秒）で比較することで得られる信号灯器と模擬車載器の切り替わりタイミングのずれを誤差とし、誤差の最小値、最大値、平均値、標準偏差を算出する。

#### 4.2.4 計測条件

同一条件で 30 回計測する。誤差を計測するのは、信号予定情報の秒数に影響のある、各方路の青開始階段の開始時タイミングと青終了階段の終了タイミングとする。表 4-4 に誤差を計測する階段を示す。

表 4-4 誤差計測階段

信号現示	計測階段	対応灯色変更
現示 1	1	方路 1 青開始
	5	方路 1 青終了
	7	方路 2 青開始
	10	方路 2 青終了
現示 2	1	方路 1 青開始
	5	方路 1 青終了
	6	方路 1 右折矢開始
	7	方路 1 右折矢終了
	8	方路 2 直進矢開始、方路 5 直進矢開始
	11	方路 2 直進矢終了、方路 2 左折矢開始
	13	方路 5 直進矢終了、方路 4 青開始、方路 5 青開始
	15	方路 2 左折矢終了、方路 4 青終了、方路 5 青終了
	16	方路 4 右折矢開始
	17	方路 4 右折矢終了

### 4.3 通信回線の遅延の検証

通信回線の遅延時間は、信号予定情報の生成時刻と各装置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。

#### 4.3.1 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。模擬信号情報センターでは、信号予定情報を受信したタイミングで受信時刻（模擬信号情報センター）を付加する。模擬車載器でも、要求した交差点の信号予定情報を受信したタイミングで受信時刻（模擬車載器）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。

また、模擬車載器からの要求に応じて配信交差点を増やす際に送信される信号予定情報は、信号情報配信装置での生成から時間が経過している情報であるため、対象外とする。

図 4-11 に計測方法の概念図を示す。

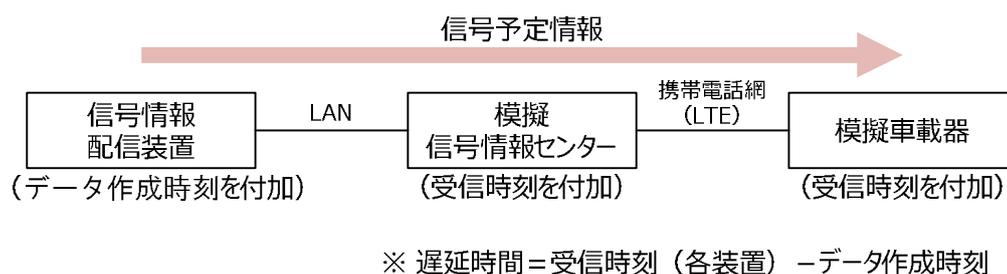


図 4-11 通信回線の遅延の計測方法

#### 4.3.2 計測時間

計測は平日 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。

## 5 検証結果

### 5.1 時刻精度検証結果

#### 5.1.1 信号情報配信装置

信号情報配信装置の時刻精度測定結果を表 5-1 に示す。

表 5-1 信号情報配信装置 時刻精度測定結果

測定項目	測定結果
最大値	0.020 秒
最小値	0.000 秒
平均	0.000 秒
分散	0.006 秒
測定回数	1440 回

#### 5.1.2 交通管制センター（端末制御ブロック）

交通管制センター（端末制御ブロック）の時刻精度測定結果を表 5-2 に示す。

表 5-2 交通管制センター（端末制御ブロック） 時刻精度測定結果

測定項目	測定結果
最大値	0.017 秒
最小値	0.000 秒
平均	0.000 秒
分散	0.005 秒
測定回数	1439 回

#### 5.1.3 模擬車載器（GPS で同期した場合）

模擬車載器（GPS 同期）の時刻精度測定結果を表 5-3 に示す。

表 5-3 模擬車載器 時刻精度測定結果（GPS で同期した場合）

測定項目	測定結果
最大値	0.121 秒
最小値	0.080 秒
平均	0.092 秒
分散	0.007 秒
測定回数	100 回

#### 5.1.4 模擬車載器（NTP で同期した場合）

模擬車載器（NTP 同期）の時刻精度測定結果を表 5-4 に示す。

表 5-4 模擬車載器 時刻精度測定結果（NTP で同期した場合）

測定項目	測定結果
最大値	0.052 秒
最小値	0.000 秒
平均	-0.004 秒
分散	0.006 秒
測定回数	1432 回

#### 5.1.5 交通信号制御機（GPS で同期した場合）

交通信号制御機（GPS 同期）の時刻精度測定結果を表 5-5 に示す。

表 5-5 交通信号制御機 時刻精度測定結果（GPS で同期した場合）

測定項目	測定結果
最大値	0.13 秒
最小値	-0.05 秒
平均	0.06 秒
分散	0.04 秒
測定回数	60 回

#### 5.1.6 交通信号制御機（時刻修正指令と電源周波数同期機能で同期した場合）

交通信号制御機（時刻修正指令と電源周波数同期機能による同期）の時刻精度測定結果を表 5-6 に示す。

表 5-6 交通信号制御機 時刻精度測定結果  
（時刻修正指令と電源周波数同期機能で同期した場合）

測定項目	測定結果
最大値	1.05 秒
最小値	0.93 秒
平均	0.99 秒
分散	0.03 秒
測定回数	60 回

## 5.2 信号予定情報の精度検証結果

### 5.2.1 管制方式

#### (1) 現示 1

管制方式における現示 1 での信号灯色と信号予定情報の誤差の計測結果を表 5-7 に、誤差の分布を図 5-1、図 5-2、図 5-3 および図 5-4 に示す。

表 5-7 信号灯色と信号予定情報の誤差測定結果（管制方式 現示 1）

管制方式 現示 1	方路 1		方路 2	
	青開始	青終了	青開始	青終了
最大値	0.20 秒	0.20 秒	0.20 秒	0.17 秒
最小値	-0.92 秒	-0.95 秒	-0.92 秒	-0.97 秒
平均	-0.09 秒	-0.12 秒	-0.12 秒	-0.12 秒
分散	0.43 秒	0.44 秒	0.42 秒	0.42 秒
測定回数	30 回	30 回	30 回	30 回

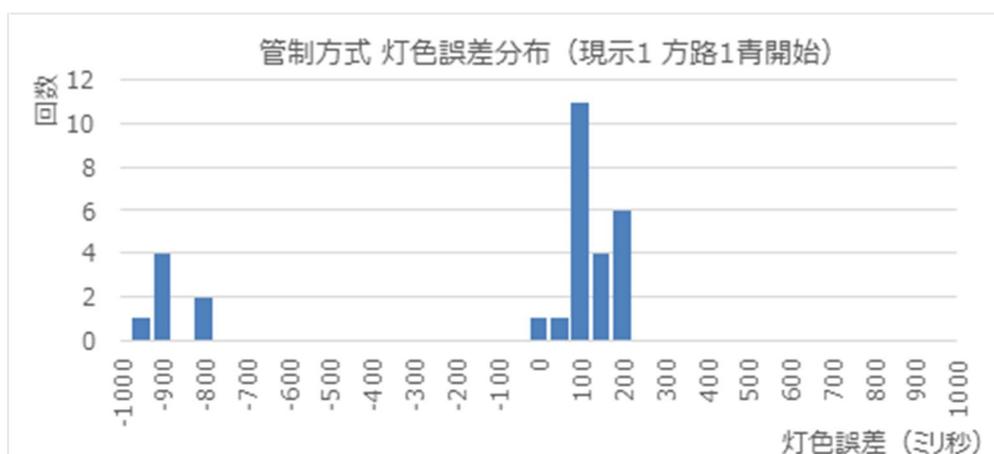


図 5-1 信号灯色と信号予定情報の誤差の分布（管制方式 現示 1 方路 1 青開始）

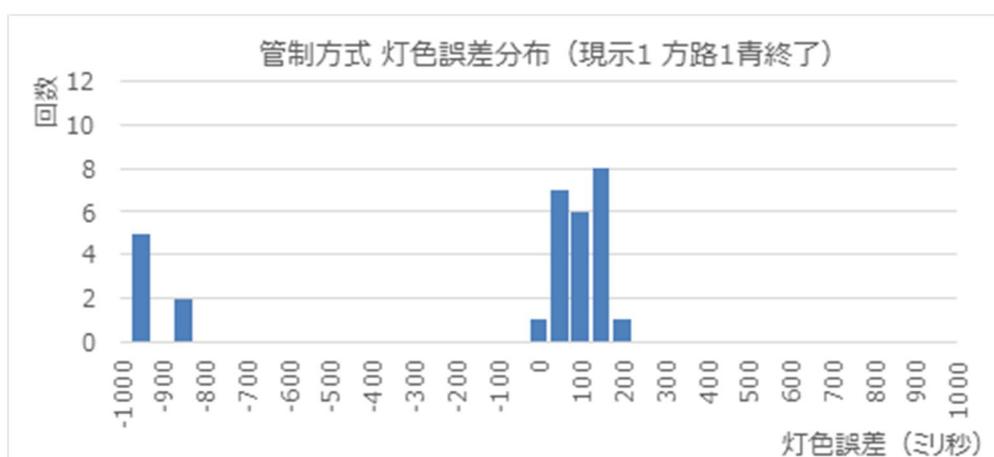


図 5-2 信号灯色と信号予定情報の誤差の分布（管制方式 現示 1 方路 1 青終了）

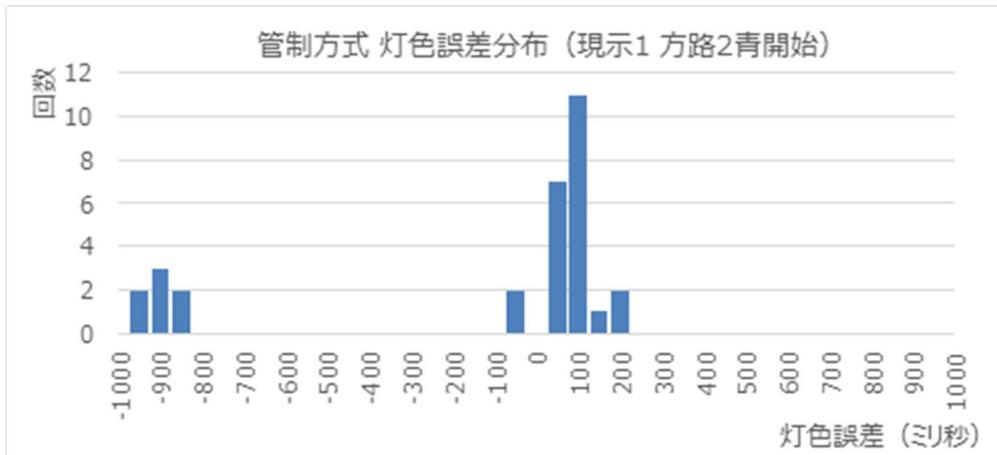


図 5-3 信号灯色と信号予定情報の誤差の分布 (管制方式 現示 1 方路 2 青開始)

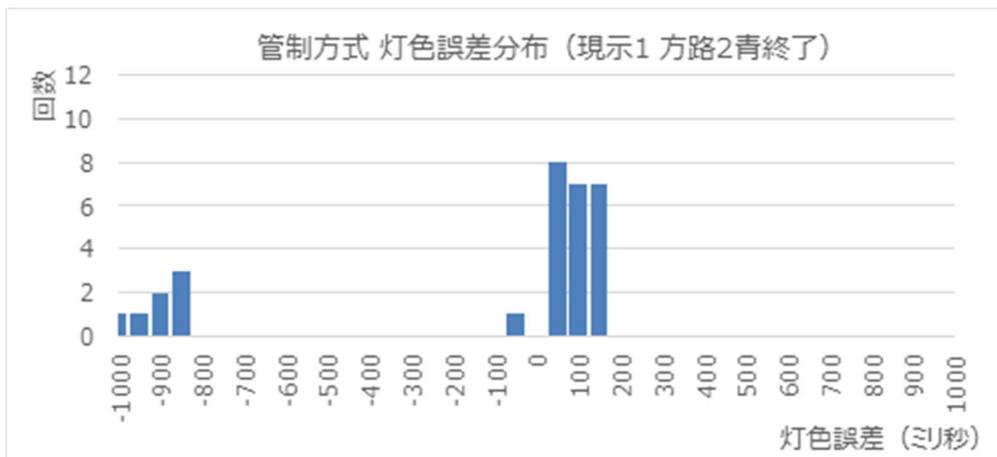


図 5-4 信号灯色と信号予定情報の誤差の分布 (管制方式 現示 1 方路 2 青終了)

(2) 現示 2

管制方式における現示 2 での信号灯色と信号予定情報の誤差の計測結果を表 5-8 に、誤差の分布を図 5-5、図 5-6、図 5-7、図 5-8、図 5-9 および図 5-10 に示す。

表 5-8 信号灯色と信号予定情報の誤差測定結果（管制方式 現示 2）

管制方式 現示 2	方路 1				方路 2	
	青開始	青終了	右折矢開始	右折矢終了	直矢開始	左折矢開始
最大値	0.42 秒	0.37 秒	0.38 秒	0.40 秒	0.40 秒	0.40 秒
最小値	-0.73 秒	-0.75 秒	-0.70 秒	-0.73 秒	-0.77 秒	-0.75 秒
平均	0.16 秒	0.10 秒	0.12 秒	0.11 秒	0.15 秒	0.15 秒
分散	0.36 秒	0.40 秒	0.39 秒	0.39 秒	0.38 秒	0.38 秒
測定回数	30 回					

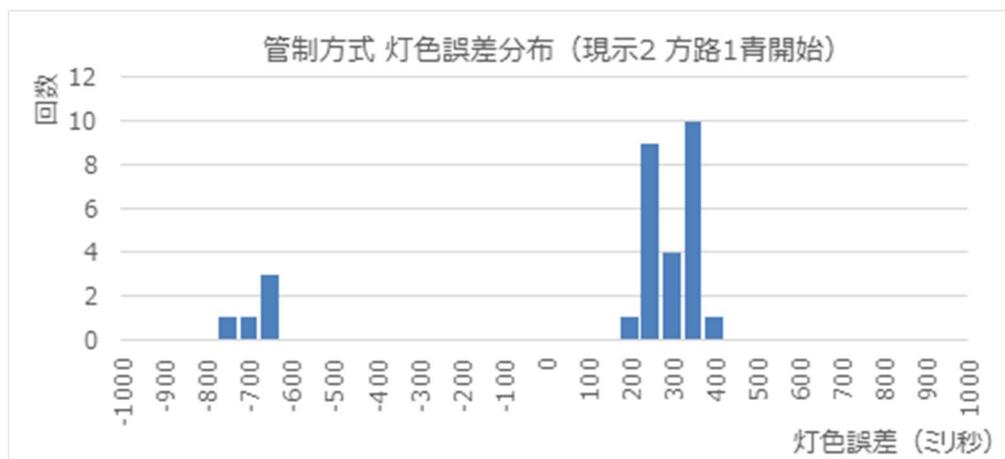


図 5-5 信号灯色と信号予定情報の誤差の分布（管制方式 現示 2 方路 1 青開始）

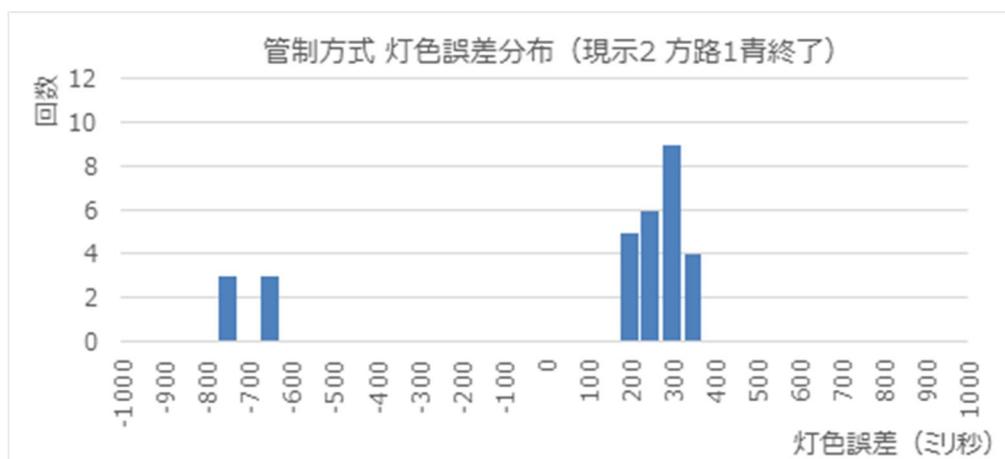


図 5-6 信号灯色と信号予定情報の誤差の分布（管制方式 現示 2 方路 1 青終了）

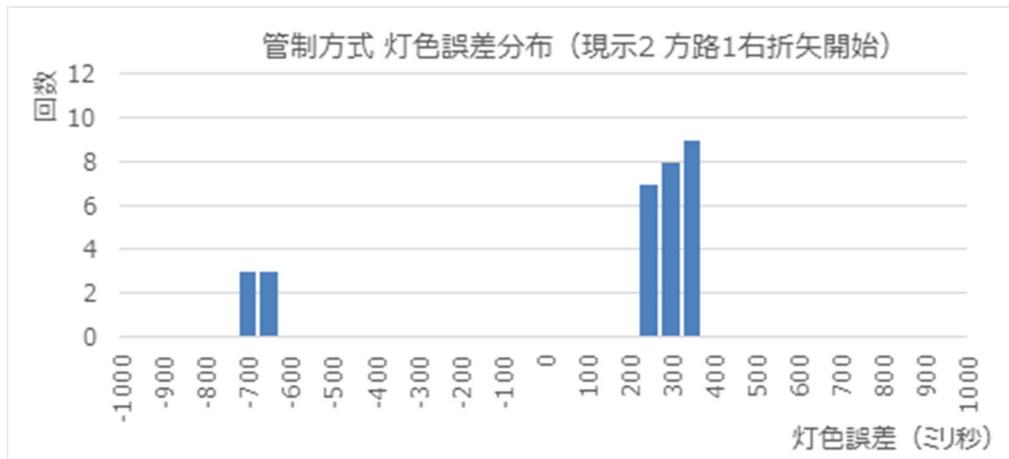


図 5-7 信号灯色と信号予定情報の誤差の分布 (管制方式 現示 2 方路 1 右折矢開始)

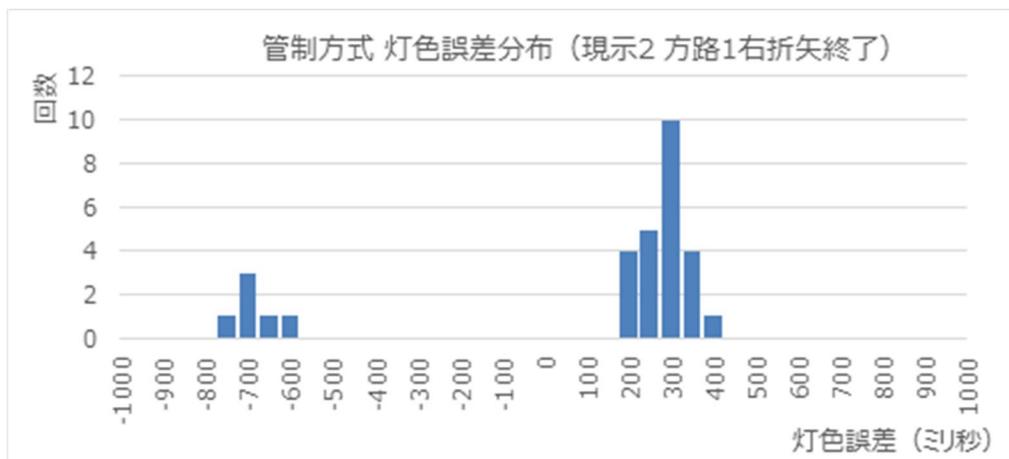


図 5-8 信号灯色と信号予定情報の誤差の分布 (管制方式 現示 2 方路 1 右折矢終了)

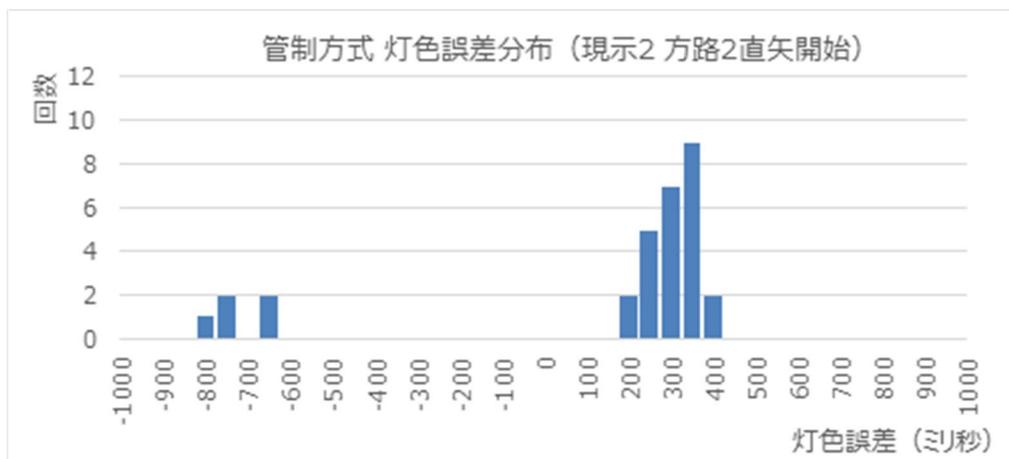


図 5-9 信号灯色と信号予定情報の誤差の分布 (管制方式 現示 2 方路 2 直矢開始)

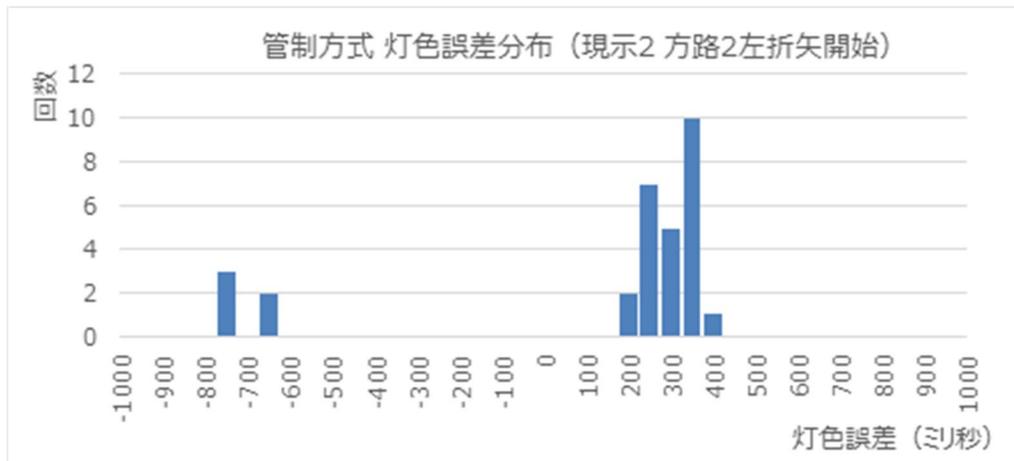


図 5-10 信号灯色と信号予定情報の誤差の分布 (管制方式 現示 2 方路 2 直矢終了)

## 5.2.2 集中方式②

### (1) 現示 1

集中方式②における現示 1 での信号灯色と信号予定情報の誤差の計測結果を表 5-9 に、誤差の分布を図 5-11、図 5-12、図 5-13 および図 5-14 に示す。

表 5-9 信号灯色と信号予定情報の誤差測定結果（集中方式② 現示 1）

集中方式② 現示 1	方路 1		方路 2	
	青開始	青終了	青開始	青終了
最大値	0.47 秒	0.45 秒	0.50 秒	0.48 秒
最小値	0.27 秒	0.25 秒	0.23 秒	0.27 秒
平均	0.37 秒	0.34 秒	0.34 秒	0.36 秒
分散	0.06 秒	0.06 秒	0.07 秒	0.07 秒
測定回数	30 回	30 回	30 回	30 回

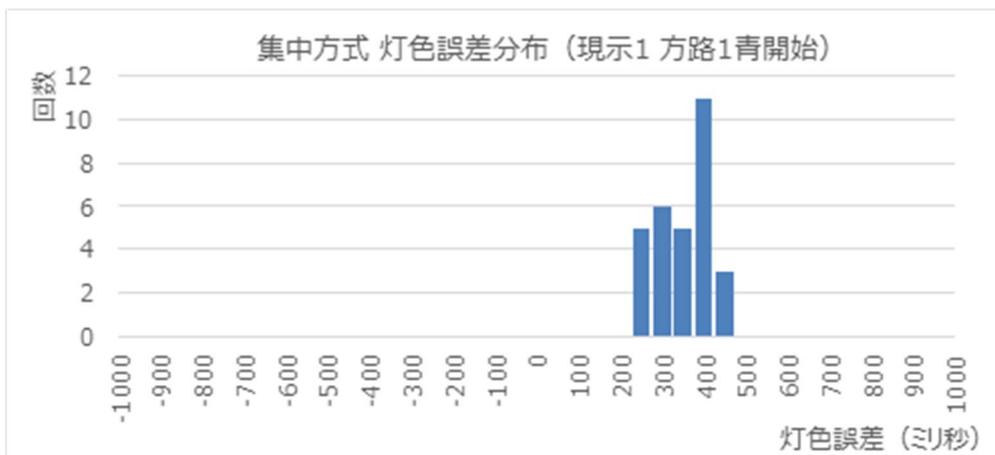


図 5-11 信号灯色と信号予定情報の誤差の分布（集中方式② 現示 1 方路 1 青開始）

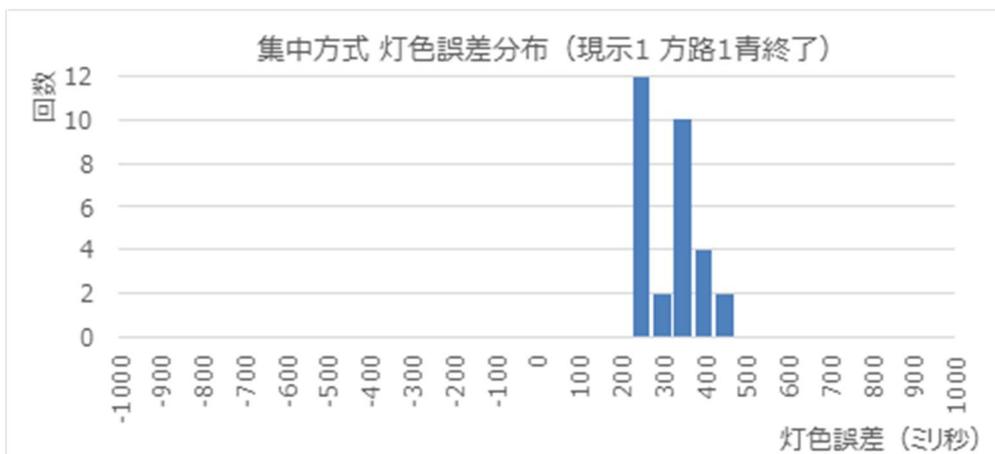


図 5-12 信号灯色と信号予定情報の誤差の分布（集中方式② 現示 1 方路 1 青終了）

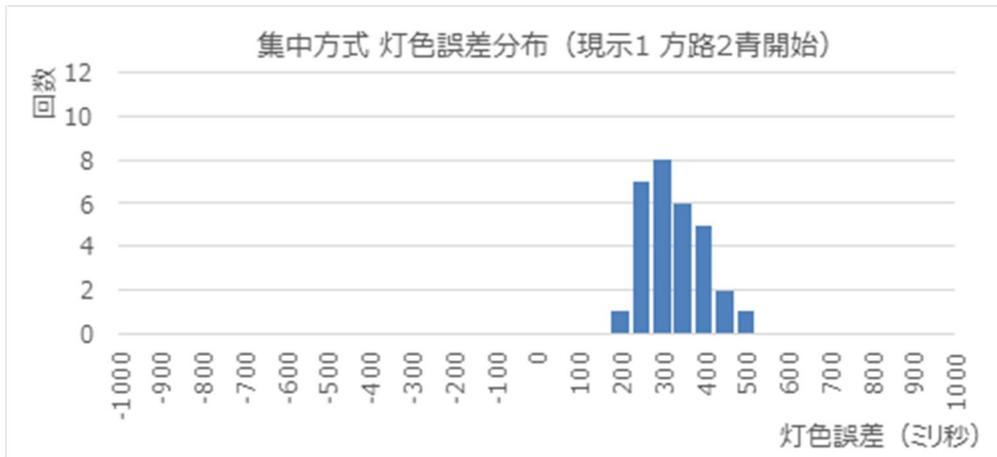


図 5-13 信号灯色と信号予定情報の誤差の分布 (集中方式② 現示 1 方路 2 青開始)

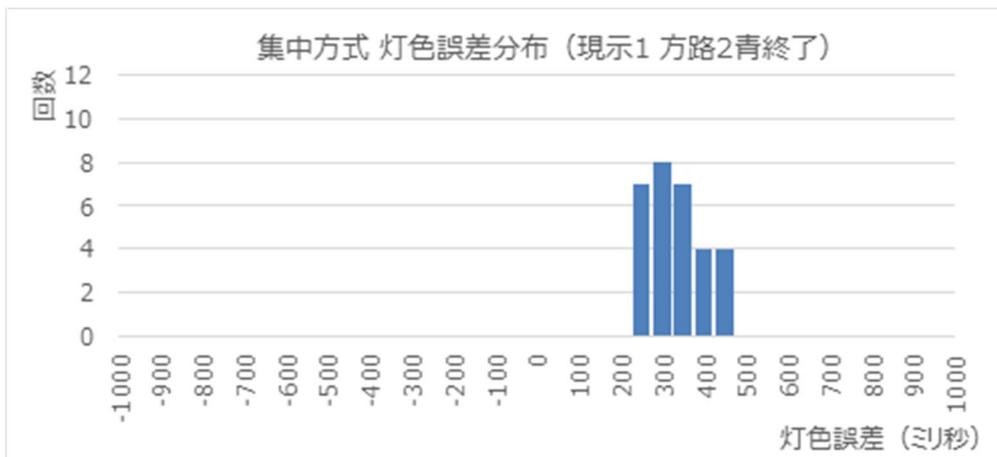


図 5-14 信号灯色と信号予定情報の誤差の分布 (集中方式② 現示 1 方路 2 青終了)

(2) 現示 2

集中方式②における現示 2 での信号灯色と信号予定情報の誤差の計測結果を表 5-10 に、誤差の分布を図 5-15、図 5-16、図 5-17、図 5-18 および図 5-19 に示す。

表 5-10 信号灯色と信号予定情報の誤差測定結果（集中方式② 現示 2）

集中方式② 現示 2	方路 1		方路 2		
	青開始	青終了	右折矢開始	青開始	青終了
最大値	0.53 秒	0.53 秒	0.53 秒	0.52 秒	0.57 秒
最小値	0.32 秒	0.30 秒	0.32 秒	0.30 秒	0.32 秒
平均	0.40 秒	0.37 秒	0.40 秒	0.40 秒	0.41 秒
分散	0.06 秒				
測定回数	30 回				

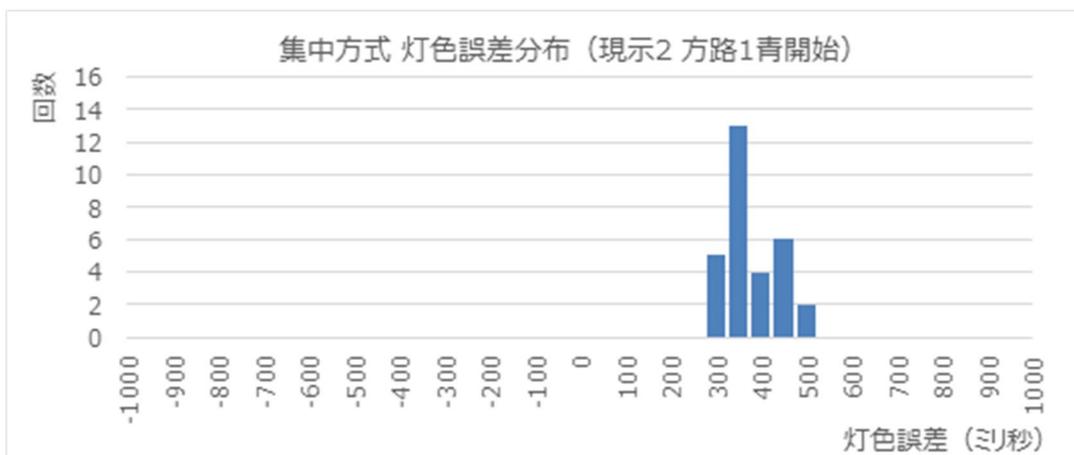


図 5-15 信号灯色と信号予定情報の誤差の分布（集中方式② 現示 2 方路 1 青開始）

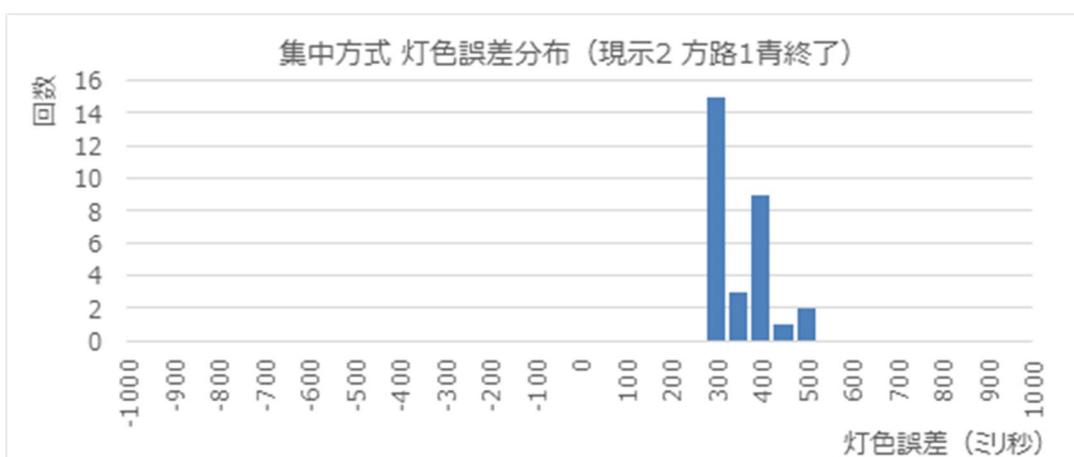


図 5-16 信号灯色と信号予定情報の誤差の分布（集中方式② 現示 2 方路 1 青終了）

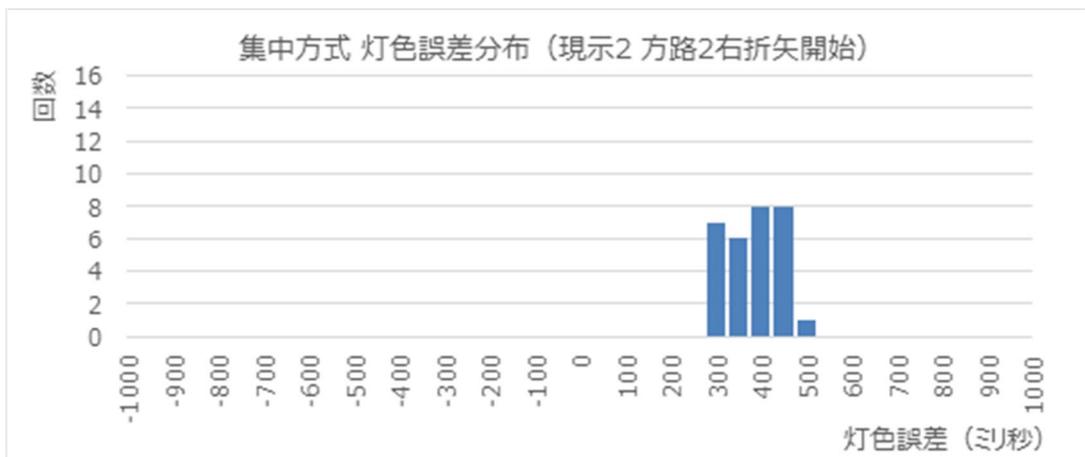


図 5-17 信号灯色と信号予定情報の誤差の分布 (集中方式② 現示 2 方路 2 右折矢開始)

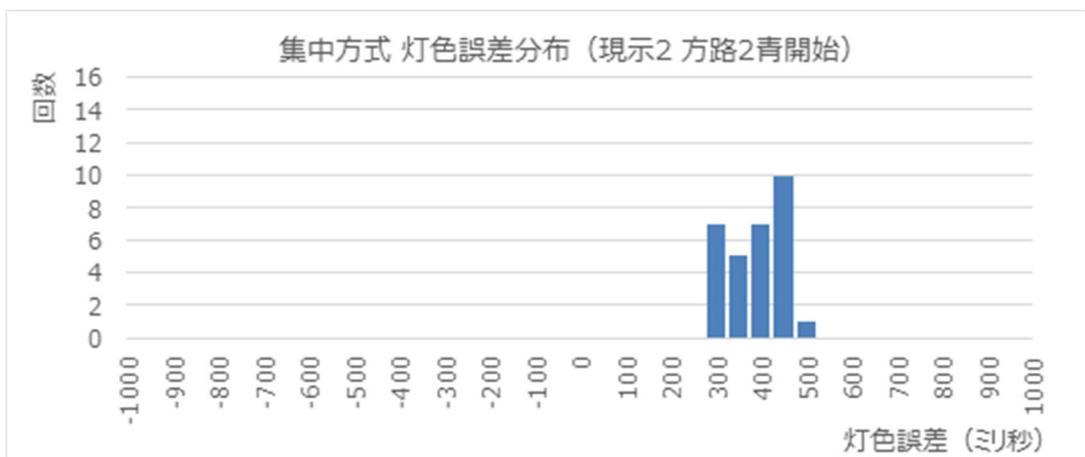


図 5-18 信号灯色と信号予定情報の誤差の分布 (集中方式② 現示 2 方路 2 青開始)

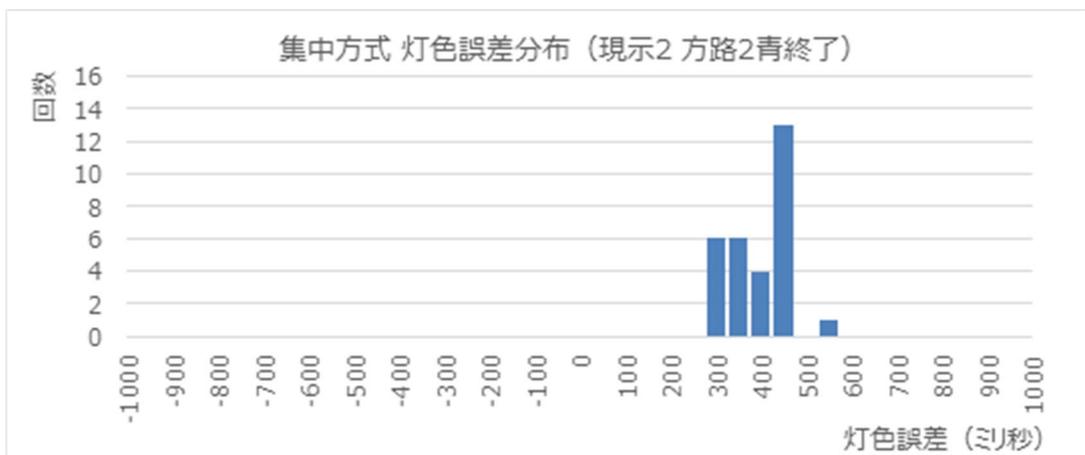


図 5-19 信号灯色と信号予定情報の誤差の分布 (集中方式② 現示 2 方路 2 青終了)

### 5.2.3 制御機方式（自主研究）

#### (1) 現示 1

制御機方式（自主研究）における現示 1 での信号灯色と信号予定情報の誤差の計測結果を表 5-11 に、誤差の分布を図 5-20、図 5-21、図 5-22 および図 5-23 に示す。

表 5-11 信号灯色と信号予定情報の誤差測定結果（制御機方式 現示 1）

制御機方式 現示 1	方路 1		方路 2	
	青開始	青終了	青開始	青終了
最大値	0.57 秒	0.52 秒	0.52 秒	0.53 秒
最小値	0.27 秒	0.25 秒	0.25 秒	0.28 秒
平均	0.37 秒	0.36 秒	0.34 秒	0.37 秒
分散	0.07 秒	0.07 秒	0.07 秒	0.06 秒
測定回数	30 回	30 回	30 回	30 回

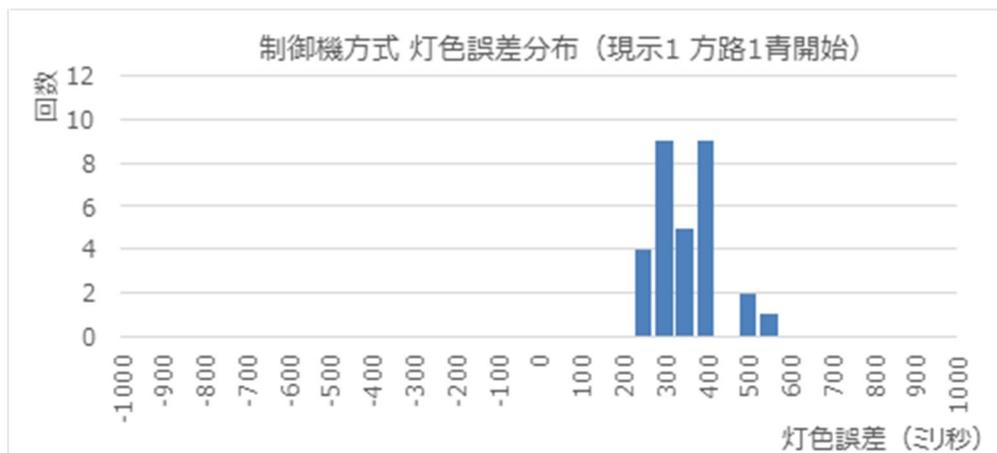


図 5-20 信号灯色と信号予定情報の誤差の分布（制御機方式 現示 1 方路 1 青開始）



図 5-21 信号灯色と信号予定情報の誤差の分布（制御機方式 現示 1 方路 1 青終了）

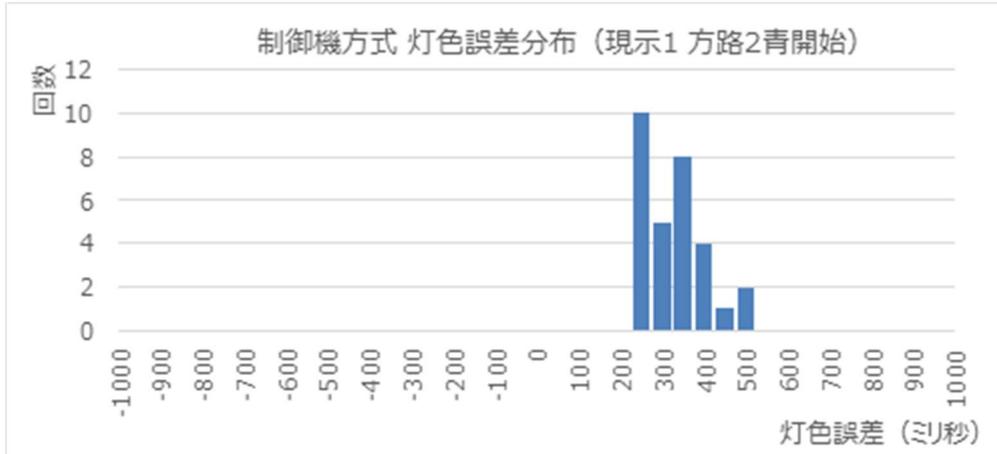


図 5-22 信号灯色と信号予定情報の誤差の分布 (制御機方式 現示 1 方路 2 青開始)

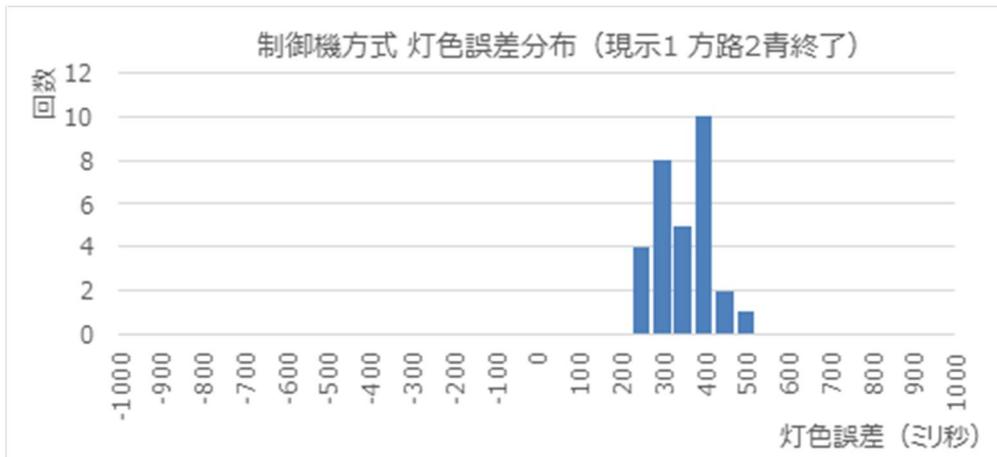


図 5-23 信号灯色と信号予定情報の誤差の分布 (制御機方式 現示 1 方路 2 青終了)

(2) 現示 2

制御機方式（自主研究）における現示 2 での信号灯色と信号予定情報の誤差の計測結果を表 5-12 に、誤差の分布を図 5-24、図 5-25、図 5-26、図 5-27 および図 5-28 に示す。

表 5-12 信号灯色と信号予定情報の誤差測定結果（制御機方式 現示 2）

制御機方式 現示 2	方路 1		方路 2		
	青開始	青終了	右折矢開始	青開始	青終了
最大値	0.25 秒	0.23 秒	0.83 秒	0.83 秒	0.83 秒
最小値	0.15 秒	0.03 秒	0.72 秒	0.73 秒	0.72 秒
平均	0.19 秒	0.18 秒	0.77 秒	0.77 秒	0.77 秒
分散	0.03 秒	0.04 秒	0.03 秒	0.03 秒	0.03 秒
測定回数	30 回				

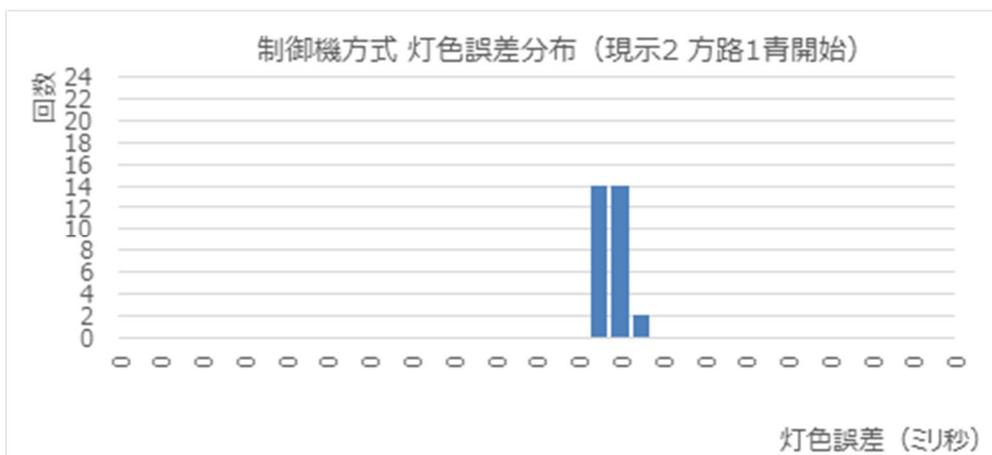


図 5-24 信号灯色と信号予定情報の誤差の分布（制御機方式 現示 2 方路 1 青開始）

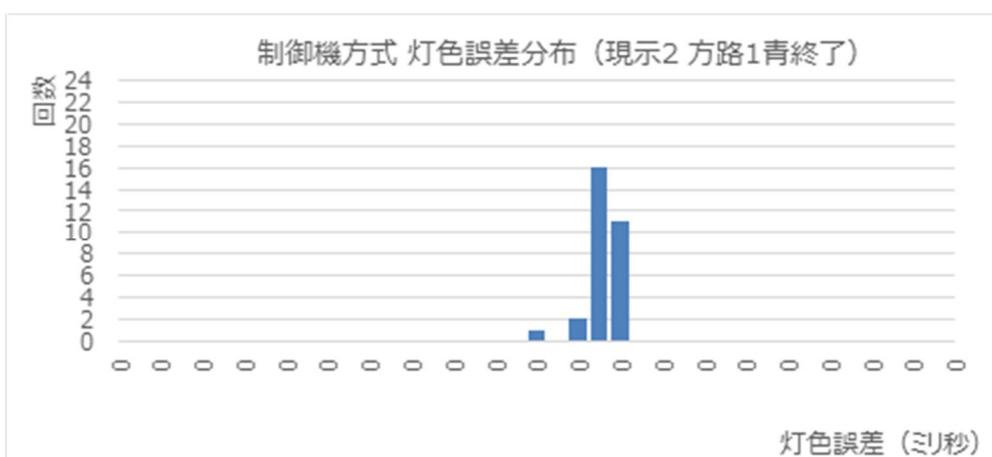


図 5-25 信号灯色と信号予定情報の誤差の分布（制御機方式 現示 2 方路 1 青終了）

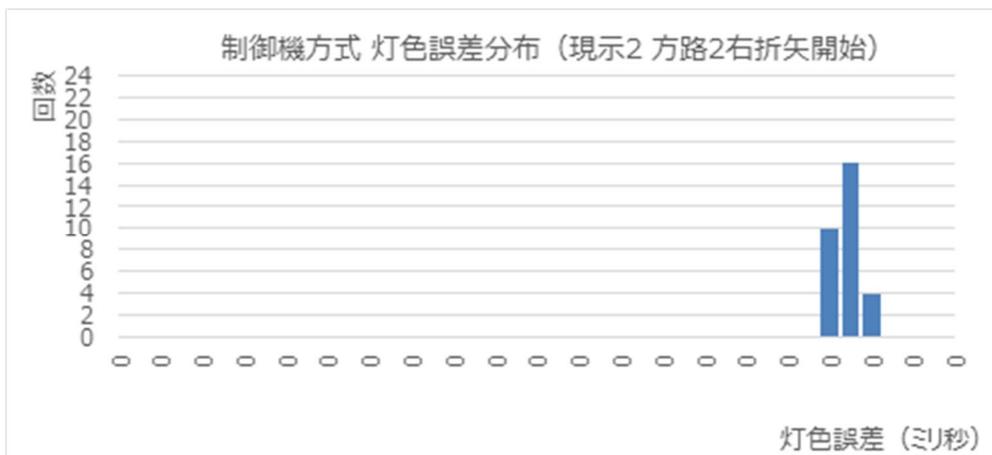


図 5-26 信号灯色と信号予定情報の誤差の分布 (制御機方式 現示 2 方路 2 右折矢開始)

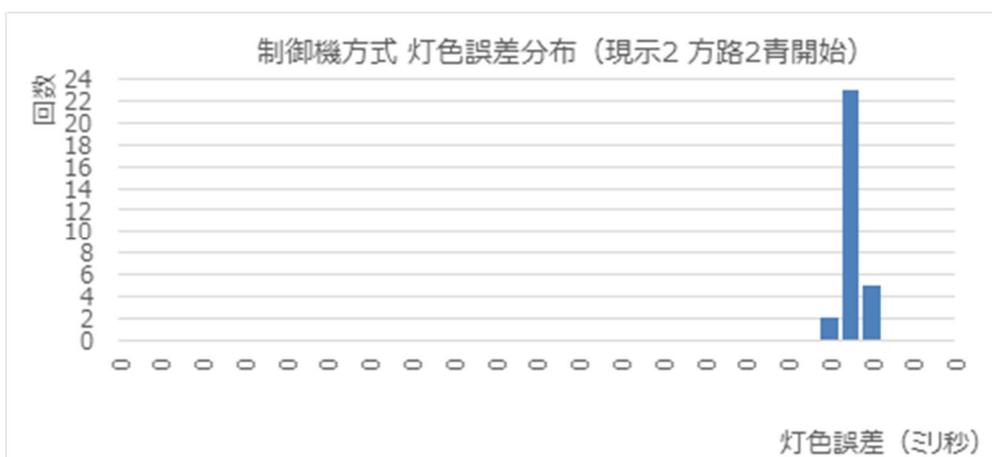


図 5-27 信号灯色と信号予定情報の誤差の分布 (制御機方式 現示 2 方路 2 青開始)

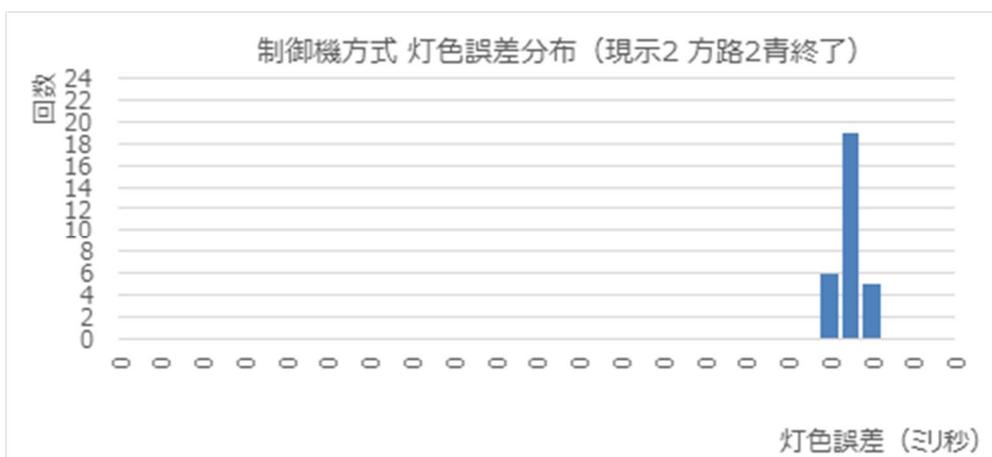


図 5-28 信号灯色と信号予定情報の誤差の分布 (制御機方式 現示 2 方路 2 青終了)

### 5.3 通信回線の遅延検証結果

#### 5.3.1 管制方式

管制方式における通信回線の遅延測定結果を表 5-13 に、測定結果の分布を表 5-14 に、測定結果の分布および累積割合のグラフを図 5-29 および図 5-30 に示す。

表 5-13 通信遅延測定結果（管制方式）

信号予定情報生成機器	信号情報配信装置	
信号予定情報受信機器	模擬信号情報センター	模擬車載器
最大値	0.620 秒	1.840 秒
最小値	0.500 秒	0.460 秒
平均値	0.559 秒	0.875 秒
標準偏差	0.030 秒	0.394 秒
測定回数	200 回	200 回

表 5-14 通信遅延測定結果分布（管制方式）

信号予定情報生成機器	信号情報配信装置			
信号予定情報受信機器	模擬信号情報センター		模擬車載器	
遅延秒数（ミリ秒）	度数	割合	度数	割合
0～	0回	0%	0回	0%
100～	0回	0%	0回	0%
200～	0回	0%	0回	0%
300～	0回	0%	0回	0%
400～	0回	0%	17回	9%
500～	173回	87%	59回	38%
600～	27回	100%	20回	48%
700～	0回	100%	13回	55%
800～	0回	100%	17回	63%
900～	0回	100%	7回	67%
1000～	0回	100%	8回	71%
1100～	0回	100%	10回	76%
1200～	0回	100%	14回	83%
1300～	0回	100%	4回	85%
1400～	0回	100%	8回	89%
1500～	0回	100%	7回	92%
1600～	0回	100%	10回	97%
1700～	0回	100%	4回	99%
1800～	0回	100%	2回	100%
1900～	0回	100%	0回	100%
2000～	0回	100%	0回	100%
2100～	0回	100%	0回	100%
2200～	0回	100%	0回	100%
2300～	0回	100%	0回	100%
2400～	0回	100%	0回	100%
2500～	0回	100%	0回	100%
2600～	0回	100%	0回	100%
2700～	0回	100%	0回	100%
2800～	0回	100%	0回	100%
2900～	0回	100%	0回	100%
3000～	0回	100%	0回	100%

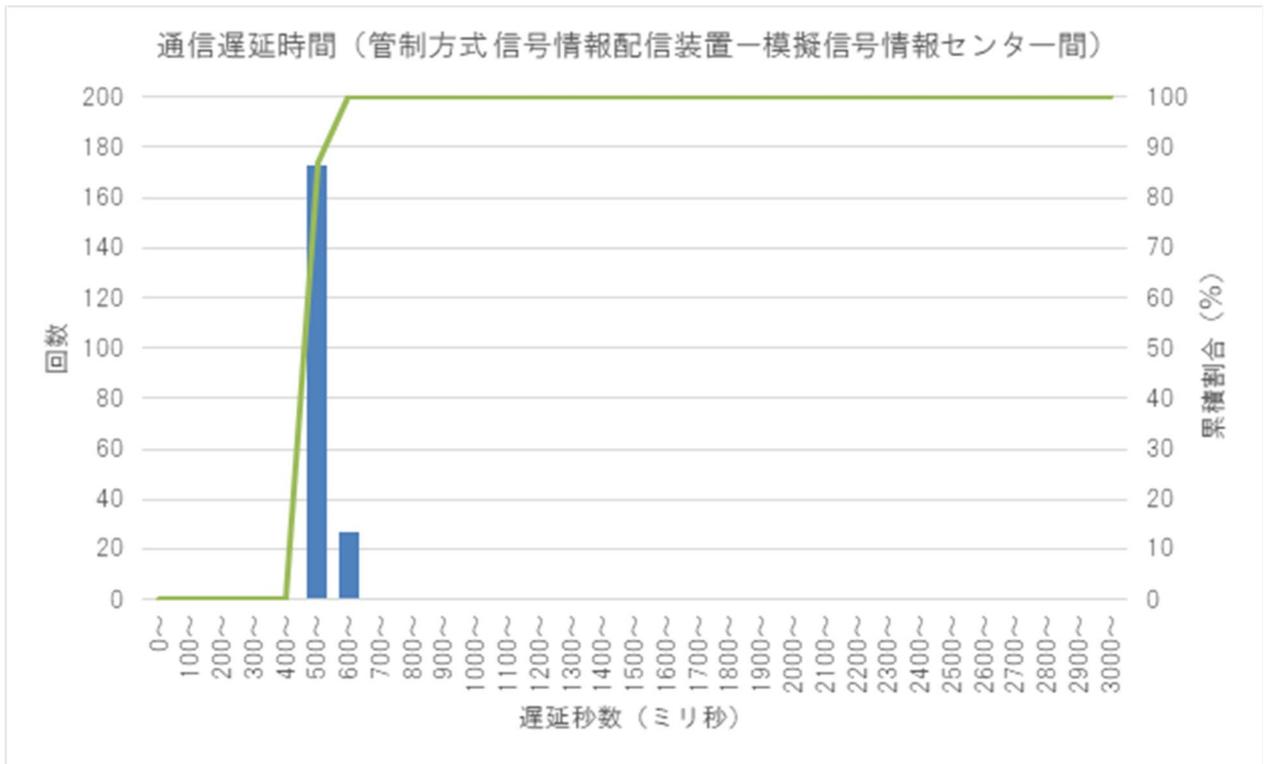


図 5-29 遅延分布と累積割合（管制方式 信号情報配信装置—模擬信号情報センター間）

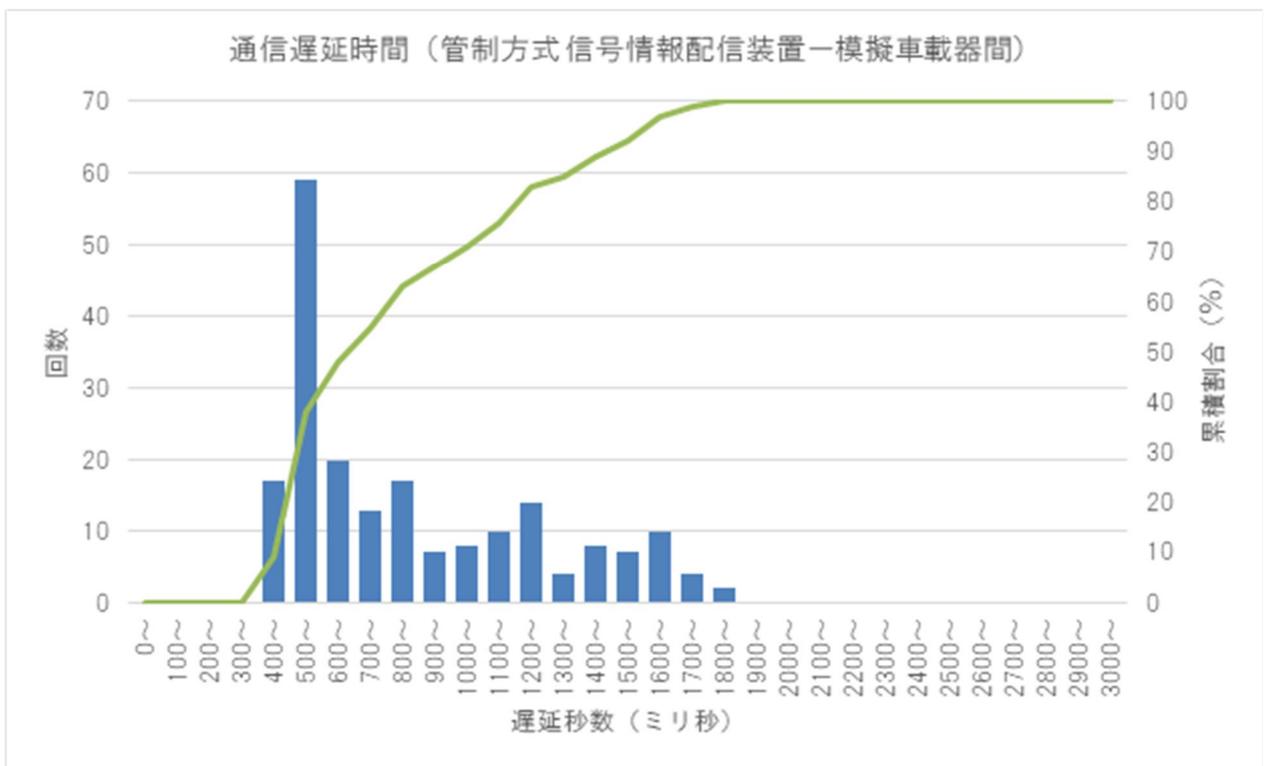


図 5-30 遅延分布と累積割合（管制方式 信号情報配信装置—模擬車載器間）

### 5.3.2 集中方式②

#### (1) サイクル開始時

集中方式②において、サイクル開始時の信号予定情報配信における通信回線の遅延測定結果を表 5-15 に、測定結果の分布を表 5-16 に、測定結果の分布および累積割合のグラフを図 5-31、図 5-32 および図 5-33 に示す。

表 5-15 通信遅延測定結果（集中方式② サイクル開始時）

信号予定情報生成機器	交通信号制御機		
信号予定情報受信機器	信号情報配信装置	模擬信号情報センター	模擬車載器
最大値	0.950 秒	1.490 秒	2.490 秒
最小値	0.180 秒	0.700 秒	0.840 秒
平均値	0.574 秒	1.080 秒	1.411 秒
標準偏差	0.172 秒	0.178 秒	0.400 秒
測定回数	48 回	48 回	48 回

表 5-16 通信遅延測定結果分布（集中方式②）サイクル開始時

信号予定情報生成機器	交通信号制御機					
信号予定情報受信機器	信号情報配信装置		模擬信号情報センター		模擬車載器	
遅延秒数（ミリ秒）	度数	割合	度数	割合	度数	割合
0～	0回	0%	0回	0%	0回	0%
100～	2回	4%	0回	0%	0回	0%
200～	0回	4%	0回	0%	0回	0%
300～	5回	15%	0回	0%	0回	0%
400～	7回	29%	0回	0%	0回	0%
500～	12回	54%	0回	0%	0回	0%
600～	11回	77%	0回	0%	0回	0%
700～	7回	92%	3回	6%	0回	0%
800～	1回	94%	5回	17%	2回	4%
900～	3回	100%	6回	29%	4回	13%
1000～	0回	100%	12回	54%	5回	23%
1100～	0回	100%	11回	77%	4回	31%
1200～	0回	100%	6回	90%	7回	46%
1300～	0回	100%	2回	94%	4回	54%
1400～	0回	100%	3回	100%	4回	63%
1500～	0回	100%	0回	100%	9回	81%
1600～	0回	100%	0回	100%	2回	85%
1700～	0回	100%	0回	100%	2回	90%
1800～	0回	100%	0回	100%	0回	90%
1900～	0回	100%	0回	100%	0回	90%
2000～	0回	100%	0回	100%	0回	90%
2100～	0回	100%	0回	100%	0回	90%
2200～	0回	100%	0回	100%	2回	94%
2300～	0回	100%	0回	100%	1回	96%
2400～	0回	100%	0回	100%	2回	100%
2500～	0回	100%	0回	100%	0回	100%
2600～	0回	100%	0回	100%	0回	100%
2700～	0回	100%	0回	100%	0回	100%
2800～	0回	100%	0回	100%	0回	100%
2900～	0回	100%	0回	100%	0回	100%
3000～	0回	100%	0回	100%	0回	100%

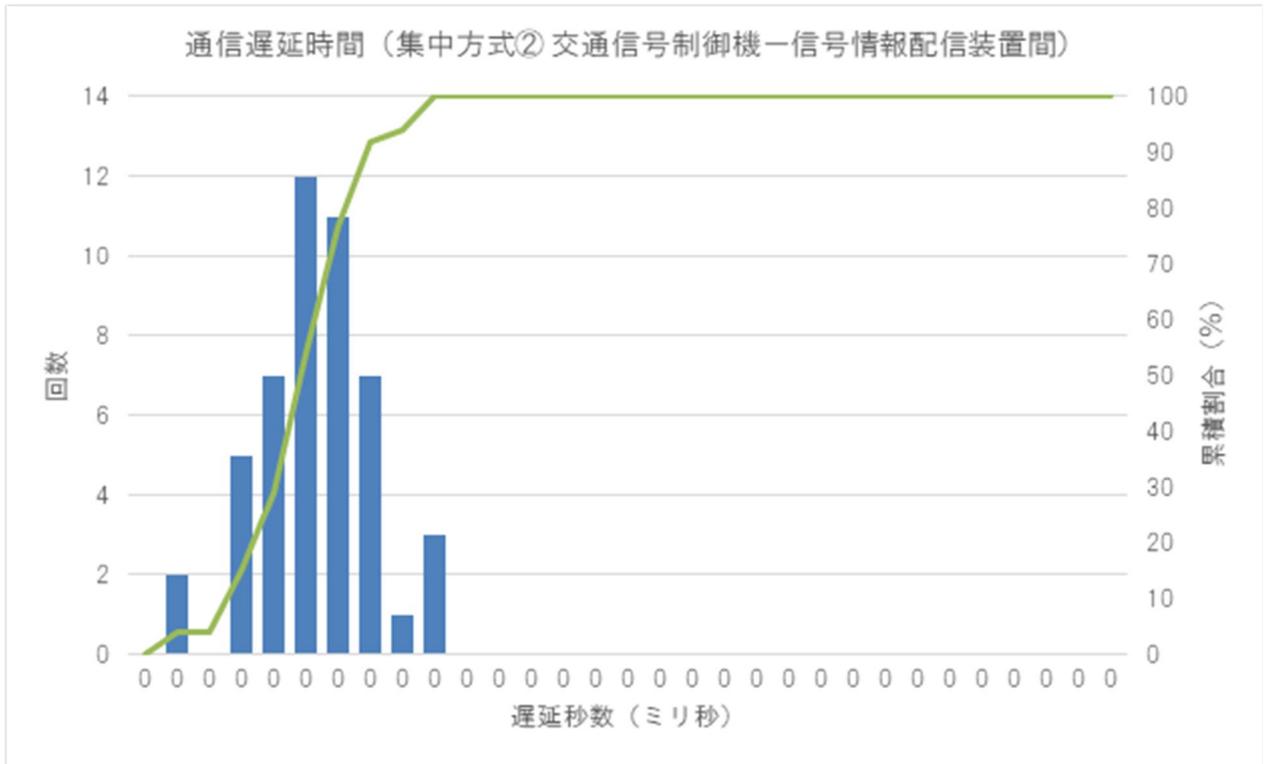


図 5-31 遅延分布と累積割合（集中方式② 交通信号制御機—信号情報配信装置間）

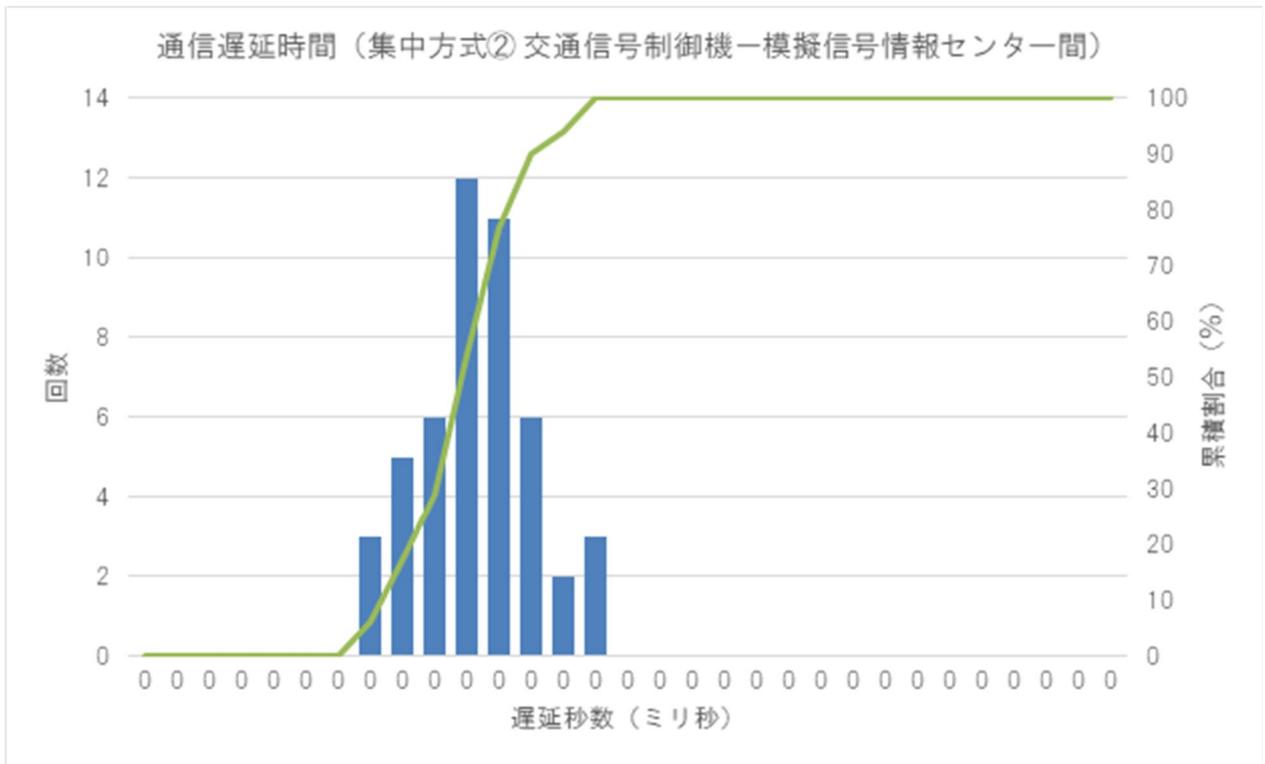


図 5-32 遅延分布と累積割合（集中方式② 交通信号制御機—模擬信号情報センター間）

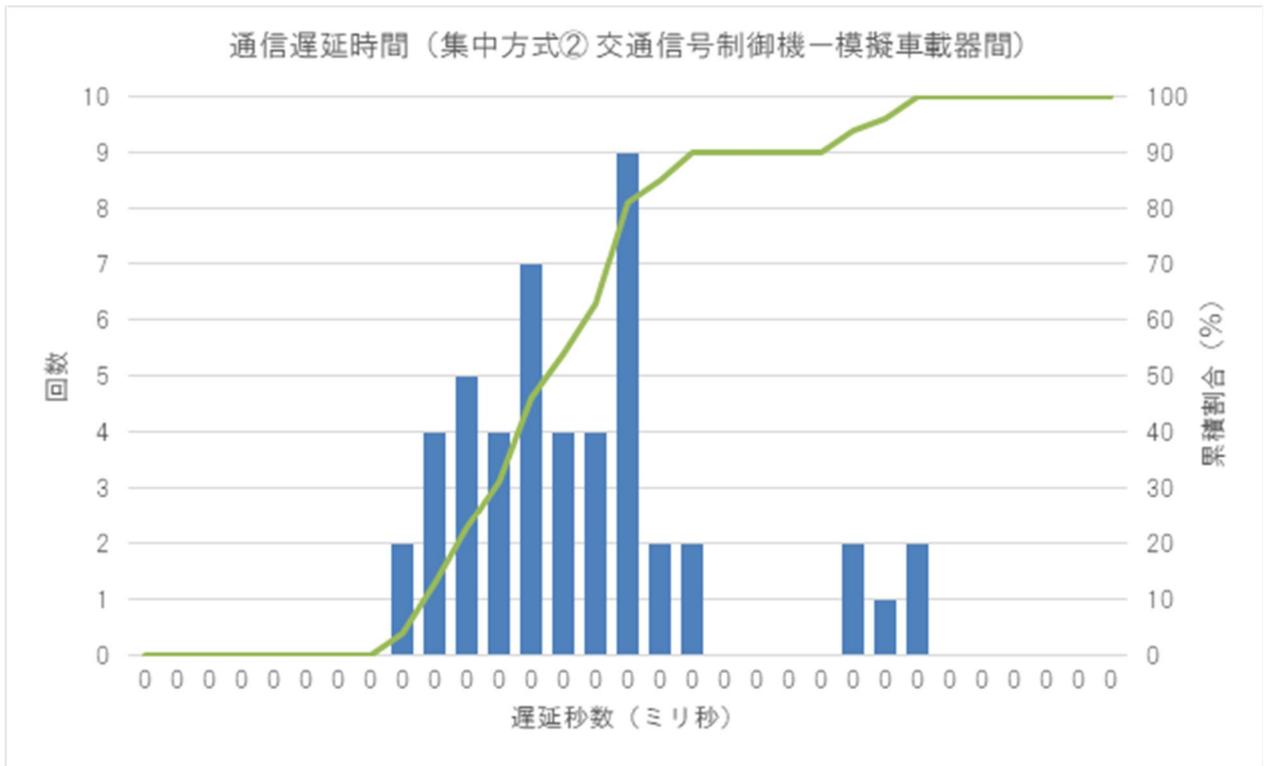


図 5-33 遅延分布と累積割合 (集中方式② 交通信号制御機—模擬車載器間)

(2) 感応階段後

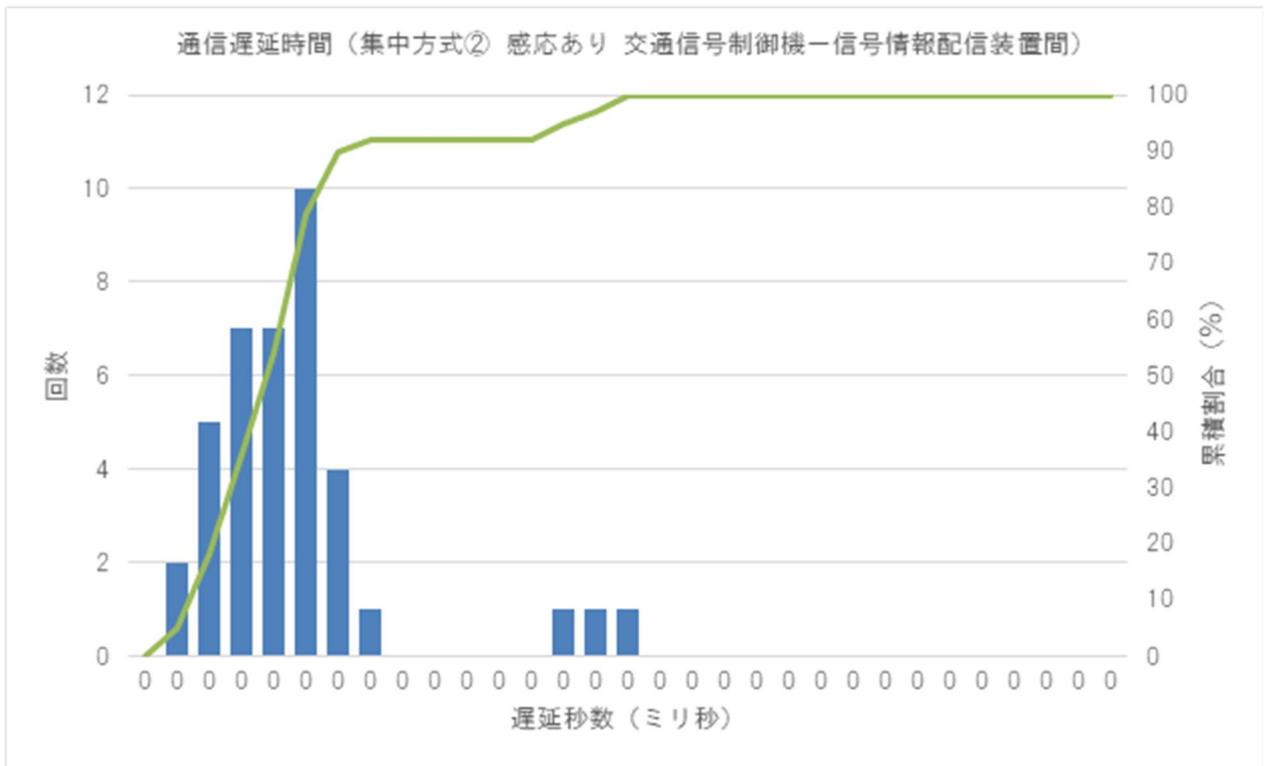
集中方式②において、感応階段後の信号予定情報配信における通信回線の遅延測定結果を表 5-17 に、測定結果の分布を表 5-18 に、測定結果の分布および累積割合のグラフを図 5-34、図 5-35 および図 5-36 に示す。

表 5-17 通信遅延測定結果（集中方式② 感応階段後）

信号予定情報生成機器	交通信号制御機		
	信号情報配信装置	模擬信号情報センター	模擬車載器
最大値	1.580 秒	2.110 秒	2.460 秒
最小値	0.110 秒	0.740 秒	0.750 秒
平均値	0.522 秒	1.143 秒	1.443 秒
標準偏差	0.306 秒	0.283 秒	0.502 秒
測定回数	39 回	39 回	39 回

表 5-18 通信遅延測定結果分布（集中方式② 感応階梯後）

信号予定情報生成機器	交通信号制御機					
信号予定情報受信機器	信号情報配信装置		模擬信号情報センター		模擬車載器	
遅延秒数（ミリ秒）	度数	割合	度数	割合	度数	割合
0～	0回	0%	0回	0%	0回	0%
100～	2回	5%	0回	0%	0回	0%
200～	5回	18%	0回	0%	0回	0%
300～	7回	36%	0回	0%	0回	0%
400～	7回	54%	0回	0%	0回	0%
500～	10回	79%	0回	0%	0回	0%
600～	4回	90%	0回	0%	0回	0%
700～	1回	92%	2回	5%	1回	3%
800～	0回	92%	4回	15%	3回	10%
900～	0回	92%	6回	31%	5回	23%
1000～	0回	92%	5回	44%	4回	33%
1100～	0回	92%	12回	74%	5回	46%
1200～	0回	92%	5回	87%	3回	54%
1300～	1回	95%	2回	92%	0回	54%
1400～	1回	97%	0回	92%	1回	56%
1500～	1回	100%	0回	92%	1回	59%
1600～	0回	100%	0回	92%	3回	67%
1700～	0回	100%	0回	92%	1回	69%
1800～	0回	100%	1回	95%	1回	72%
1900～	0回	100%	1回	97%	5回	85%
2000～	0回	100%	0回	97%	1回	87%
2100～	0回	100%	1回	100%	1回	90%
2200～	0回	100%	0回	100%	2回	95%
2300～	0回	100%	0回	100%	1回	97%
2400～	0回	100%	0回	100%	1回	100%
2500～	0回	100%	0回	100%	0回	100%
2600～	0回	100%	0回	100%	0回	100%
2700～	0回	100%	0回	100%	0回	100%
2800～	0回	100%	0回	100%	0回	100%
2900～	0回	100%	0回	100%	0回	100%
3000～	0回	100%	0回	100%	0回	100%



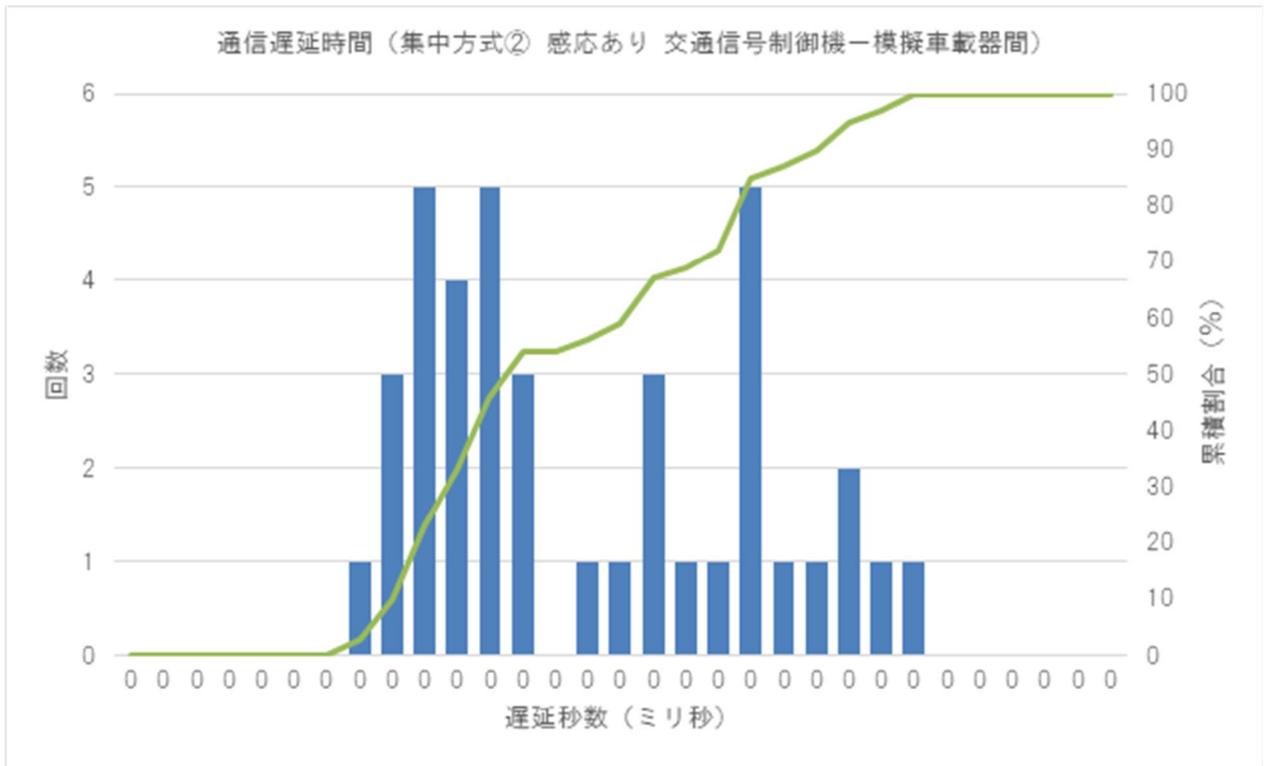


図 5-36 遅延分布と累積割合 (集中方式② 交通信号制御機—模擬車載器間)

### 5.3.3 制御機方式（自主研究）

制御機方式（自主研究）における通信回線の遅延測定結果を表 5-19 に、測定結果の分布を表 5-20 に、測定結果の分布および累積割合のグラフを図 5-37 および図 5-38 に示す。

表 5-19 通信遅延測定結果（制御機方式）

信号予定情報生成機器	交通信号制御機	
信号予定情報受信機器	模擬信号情報センター	模擬車載器
最大値	0.530 秒	1.710 秒
最小値	0.490 秒	0.460 秒
平均値	0.511 秒	0.739 秒
標準偏差	0.011 秒	0.298 秒
測定回数	37 回	37 回

表 5-20 通信遅延測定結果分布（制御機方式）

信号予定情報生成機器	交通信号制御機			
信号予定情報受信機器	模擬信号情報センター		模擬信号情報センター	
遅延秒数（ミリ秒）	度数	割合	度数	割合
0～	0回	0%	0回	0%
100～	0回	0%	0回	0%
200～	0回	0%	0回	0%
300～	0回	0%	0回	0%
400～	3回	8%	11回	30%
500～	34回	100%	7回	49%
600～	0回	100%	2回	54%
700～	0回	100%	4回	65%
800～	0回	100%	1回	68%
900～	0回	100%	5回	81%
1000～	0回	100%	4回	92%
1100～	0回	100%	1回	95%
1200～	0回	100%	0回	95%
1300～	0回	100%	0回	95%
1400～	0回	100%	1回	97%
1500～	0回	100%	0回	97%
1600～	0回	100%	0回	97%
1700～	0回	100%	1回	100%
1800～	0回	100%	0回	100%
1900～	0回	100%	0回	100%
2000～	0回	100%	0回	100%
2100～	0回	100%	0回	100%
2200～	0回	100%	0回	100%
2300～	0回	100%	0回	100%
2400～	0回	100%	0回	100%
2500～	0回	100%	0回	100%
2600～	0回	100%	0回	100%
2700～	0回	100%	0回	100%
2800～	0回	100%	0回	100%
2900～	0回	100%	0回	100%
3000～	0回	100%	0回	100%



## 6 考察

### 6.1 時刻精度検証結果考察

時刻精度検証では、交通信号制御機（集中）の従来からの時刻同期の仕組みである、時刻修正指令と電源周波数による時刻同期において、1秒を超える時刻ずれが発生した。これは、時刻修正指令が1時間に1回（毎正時）にしか送信されておらず、その間は電源周波数による同期しか行われていないこと、時刻修正指令は通信遅延を考慮した仕組みではあるが、UD伝送では通信ごとに遅延秒数が異なる場合があり、遅延のばらつきが同期時刻のずれを発生させることなどから、時刻ずれが生じていると考えられる。従来は信号制御は指令や履歴とも秒単位で行われており、1秒程度のずれは許容されていたところがあるが、自動運転車への信号情報提供では、自工会の要求である誤差±300msec以内という指標があり、時刻同期の仕組みをGPSによる補正などに切り替える必要があると考える。

また、その他のNTPおよびGPSで同期する機器については、おおよそ100msec以内に収まることを確認できた。ただし、GPSモジュールを直接接続して同期した模擬車載器で、常時100msec程度のずれが発生していた。これは、平均値や標準偏差の値から、GPSによる時刻同期が全体的にオフセットしていると考えられ、時刻同期にオフセット値を設定することが肝要である。

いずれにしても、対策を講じることで、各機器の時刻精度を指標内に収めることが可能であると考えられる。

### 6.2 信号予定情報の精度検証結果考察

信号予定情報の精度検証においては、灯色ずれの平均値に対し±150msec程度の範囲にずれが収まっているが、平均値自体が信号灯色に対して数100msecずれてしまっている。このずれが機器の時刻ずれに起因するものであれば、前項で挙げた対策によりずれの縮小が図れるが、各機器の処理サイクルに起因する場合等も考えられるため、平均値のずれの原因を探り、これを補正する仕組みを考える必要がある。

また、管制方式において、通常時のずれの範囲と1秒程度異なる灯色表示がされる事象を確認した。このずれが発生する仕組みであるが、交通信号制御機でGPSによる時刻修正が行われた際に、100msec程度の時刻修正であっても、交通信号制御機内部では秒単位で制御されていることが原因で、サイクル開始時刻が1秒ずれ、1秒の追従動作が実行されていると考えることができる。1秒の追従動作は、階段の中で最大の階段秒数を1秒単位で変動させるため、上記のような灯色ずれが生じる。また、管制方式自体は、その仕組み上、1秒以内のずれを生じる可能性を包含しているため、時刻精度を高めるなどの方策により、ずれが拡大しないようにする必要がある。

### 6.3 通信回線の遅延検証結果考察

信号予定情報の精度検証では、方式による違いではなく、使用する回線によって、それぞれの特徴がみられた。

交通管制センターと模擬信号情報センター間では、光回線によるインターネット網を利用したが、信号予定情報の送信にかかる時間は、常に500msec程度であり、ばらつきも少なかった。

一方、模擬信号情報センターと模擬車載器間には、MVNOによるデータ通信専用の携帯網を用

いた。今回使用した MVNO は、一般ユーザ向けに回線を提供しているものであり、不特定多数のユーザで限られた帯域を共有しているため、信号予定情報の送信にかかる時間にもバラツキがみられ、短いときは 200msec 程度であるが、長い時では 2 秒程度かかることもあった。

また、交通信号制御機と模擬信号情報センター間には携帯電話会社が提供する携帯網を使用した。MVNO と同じ携帯網であっても、こちらの場合はばらつきが非常に少なく、信号予定情報の送信にかかる時間は、常に 500msec 程度であった。

通信遅延が提供する信号情報の誤差を生じさせることはないが、感応動作後の確定秒数を車両になるべく早く伝えることが、感応階梯後の固定階梯を短くすることに繋がるため、通信遅延は短ければ短いほどよい。安定的に速度の出る回線を選択することが肝要である。

## 7 課題

実験を通じて明らかになった、2020年度に取り組むべき課題を以下に示す。

### 7.1 信号灯色誤差の削減

信号灯色誤差の検証において、管制方式では最大1秒程度の誤差と揺らぎが発生した。

この誤差の原因は、端末による追従動作であると想定されるため、2020年度では、中央装置が予期できない追従動作を発生させないように、交通信号制御機での追従動作の禁止や、時刻精度の向上を目的とした交通信号制御機のGPS同期方法の検討を行う必要がある。

### 7.2 通信遅延低減策の検討

灯色切り替わり秒数の事前提供について、感応階梯の後に固定階梯を設けることが考えられるが、階梯の秒数は( $\Delta t$ +通信遅延)分だけ必要となる。しかし、感応制御の効果を高めるには固定階梯の設定値はなるべく短いほうがよい。 $\Delta t$ は車両速度と減速度によって決定する値であるため、固定階梯の設定値を短くするためには通信遅延の低減を図る必要がある。

通信遅延は、通信経路となっている各回線で発生する遅延に加え、通信が経由する各機器の処理待ち時間にも起因している。そこで各機器の処理間隔の見直しや、定周期処理を逐次処理に変更する等の対策を検討する必要がある。

## 別添資料 4

集中方式①の検証結果報告  
(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)

## 目次

1	はじめに .....	2
1.1	本研究開発の目的 .....	2
1.2	本研究開発の位置づけ .....	3
1.3	本研究開発の実施内容 .....	3
1.4	実施スケジュール .....	5
1.5	実施体制 .....	6
2	実験内容 .....	7
2.1	実験場所 .....	7
2.2	実験システム概要 .....	7
2.2.1	交通信号制御機 .....	8
2.2.2	端末制御ブロック .....	9
2.2.3	信号情報生成配信装置 .....	9
2.2.4	模擬信号情報センター .....	10
2.2.5	模擬車載機 .....	10
2.3	実験内容 .....	11
2.3.1	概要 .....	11
2.3.2	機能実現検証 .....	12
2.3.3	時刻精度検証 .....	12
2.3.4	提供信号情報の精度検証 .....	14
2.3.5	通信回線遅延の検証 .....	16
3	実験結果 .....	17
3.1	機能実現検証 .....	17
3.2	時刻精度検証 .....	19
3.3	提供する信号予定情報の精度検証 .....	20
3.4	通信回線遅延の検証 .....	23
3.5	考察 .....	24
4	結言 .....	24

## 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（SIP）第2期／自動運転（システムとサービスの拡張）における、「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に係る研究開発」のうち、集中方式の研究開発について記載したものである。

### 1.1 本研究開発の目的

SIP 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。

そうした中、ITS 無線路側機等を活用した信号情報提供は信号機から車に伝達するまでに要する時間がLTE等の携帯回線を活用する方式に比べて短い時間であるという長所があるが、全交差点に設置する際には設置費や定数設定費などコストも問題がでてくる。

そこで、本研究開発では、2018年度に実施した、「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関する調査」（以下「2018年度調査」という。）により得られた、適用可能性の高い3つの信号情報提供手法について、機能・技術要件の詳細化を行うとともに、2020年度に予定しているモデルシステムの整備に向けた仕様書の検討・作成を行う。

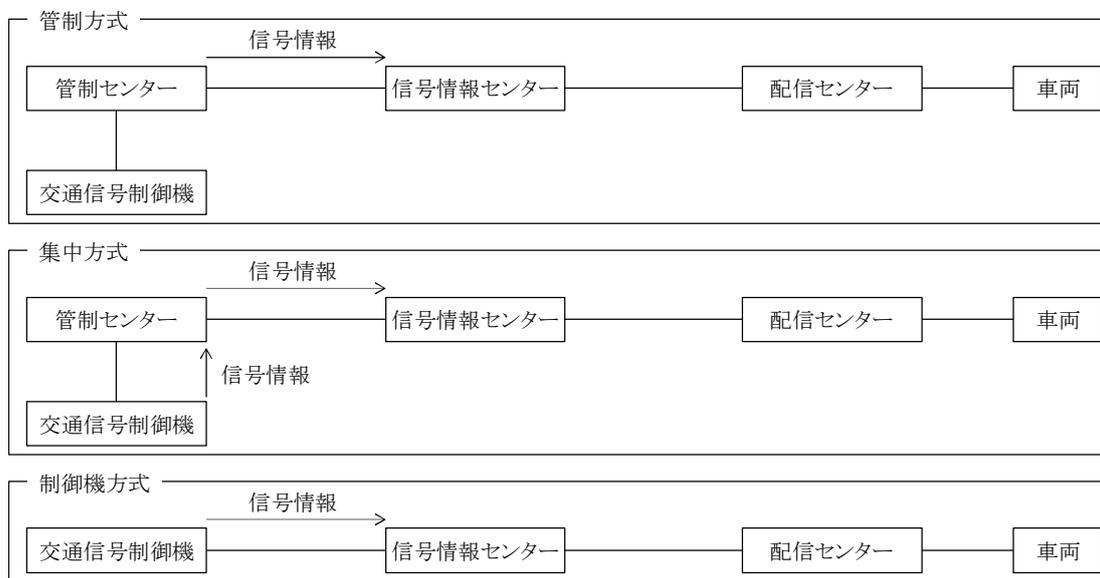


図 1-1 2018 年度調査により得られた信号情報提供の 3 手法

## 1.2 本研究開発の位置づけ

本事業では、上記事業目的を達成するために、2018年度調査結果より得られた「管制方式」、「集中方式」、「制御機方式」の3つの信号提供手法のうち我々は信号機の現在の信号情報をもとに交通管制センターで予定信号情報を生成する「集中方式」について取り組みをおこない、検証環境を構築して評価をおこない、集中方式における仕様書案を作成する。具体的には、下記3項目を実施する。

- ① 信号情報提供手法に対する機能・技術要件の詳細化
- ② 模擬システムによる信号情報提供手法の検証
- ③ 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

## 1.3 本研究開発の実施内容

2018年度調査を踏まえ、同調査で絞り込まれた3つの信号情報提供手法のひとつである「集中方式」について、次のことを実施する。

- ①委員会において実施される「集中方式」の機能要件、技術要件の詳細化及び検証仕様に関する検討のための素案を作成し、委員会に提出する。
- ②①の案をたたき台として委員会において実施される検討の結果に基づいて、「集中方式」に関する検証仕様案を確定し、委員会の承認を受けた上で、既存システムの仕様、規格等に準拠した模擬システムを構築して自工場内等において検証を行って、その結果を委員会に提出する。
- ③委員会で募集する自動車メーカー等に対して、「集中方式」について、自動運転への活用の可能性についてのヒアリングを実施し、その結果を委員会に提出する。  
主査が中心に信号制御の競合表やメリット、デメリットを全体としてまとめてヒアリングをおこなった。
- ④信号情報提供手法の3種類から1種類への絞り込みの結果、担当する「集中方式」が選定されたときは、「モデルシステムの構築に向けた実験仕様書及び必要に応じ既存システムの仕様書の修正案」の素案を委員会に提出する。

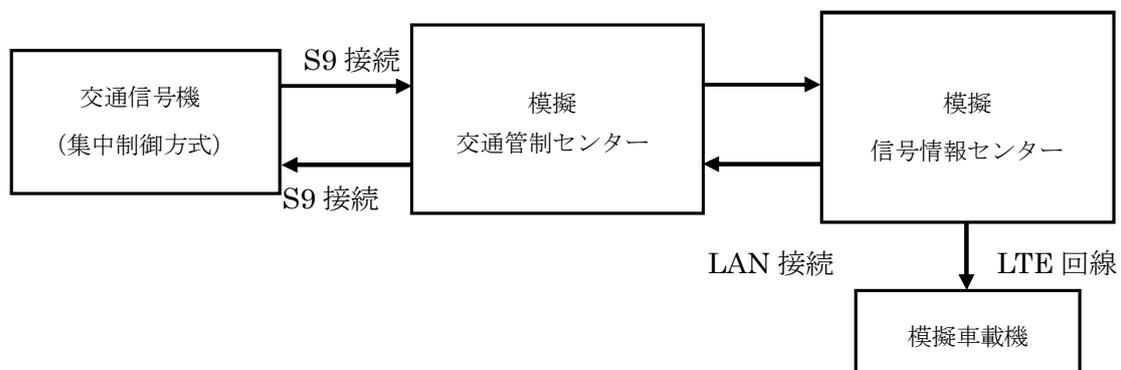


図 1-2 検証システムの概略構成

※ S9 は、UTMS 協会で標準化した既存システムのインタフェース規格である。都道府県警察が整備する機器の仕様書で参照されている。

表 1-1 検証の項目

検証項目	概要
時刻精度検証	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ G N S S 又は N T P 等による時刻同期を実施した場合の各機器の時刻に関する精度検証</li> </ul>
信号情報提供の精度検証	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 提供した信号情報と信号制御実行情報の精度検証</li> <li>・ 提供した信号情報と実際の信号灯色信号比較による誤差、ゆらぎ検証</li> <li>・ 信号灯器と模擬車載機を対象とした動画撮影による主要な下記利用シーンを想定した検証               <ul style="list-style-type: none"> <li>① 感应制御等のない標準的な集中制御方式の交差点で青開始、青終了のタイミング</li> <li>② 上記の交差点で、周期が変化した場合の信号情報</li> <li>③ 右折感应制御のある交差点で青開始、青終了のタイミング（主道路側、従道路側）</li> </ul> </li> </ul>
通信回線の遅延等の検証	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ L T E 回線を使用した場合の遅延等可用性検証</li> </ul>
実現性検証	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 絶対時刻による信号情報予定時間情報の生成方式検証</li> </ul>

## 1.4 実施スケジュール

実施スケジュールを表 1-2 に示す。

表 1-2 実施スケジュール

SIP2期 警b 集中方式 (PSS)

進捗報告

ステップ・サブステップ	作業日数	7月		8月				9月				10月				11月				12月				1月				2月					
		15	22	29	5	12	19	26	2	9	16	23	30	7	14	21	28	4	11	18	25	2	9	16	23	30	6	13	20	27	3	10	17
マイルストーン	★6/20 交通環境情報TF																																
	★7/10 システム実用化SWG																																
	★10/30 交通環境情報TF中間																																
	★11/6 システム実用化SWG中間																																
	★8/7 第1回SWG																																
	★8/29 第2回SWG																																
	★9/24 第3回SWG																																
	★11/11 第4回WG																																
	★12/20 第5回WG																																
	★仕様書作成 報告書最終																																
システム移行作業	1 検証仕様検討・設計・策定																																
	1 端末制御ブロック 端末対応装置 2名																																
	2 信号情報生成装置 2名																																
	3 信号情報センター 2名																																
	4 模擬車載装置 2名																																
	5 検証ビデオ環境構築 2名																																
	2 環境構築 (信号情報センター周辺)																																
	1 模擬モニタ装置開発 2名																																
	2 ログ収集機能開発 2名																																
	3 Android接続環境構築 2名																																
	4 信号情報生成装置接続試験 2名																																
	5 LTE回線接続確認 2名																																
	3 交通管制センター検証環境開発/疑似車載端末開発/信号情報センター検証環境開発																																
	1 疑似車載機設計 1名																																
	2 電文遅延時間出力処理 1名																																
	3																																
	4																																
	5																																
	4 モデル実験仕様化検討																																
	1 メリットデメリット抽出 4名																																
	2 モデル地点考察 4名																																
	3 仕様書作成 4名																																
	5 構築との接続																																
	1 MVNOによる信号機との連携接続 動作検証 1名																																
	2 Android端末への実装と確認 高柳																																
3 信号機と管制センター間 LAN導通確認試験																																	
4 感知器入力(右折感知)の確認 1名																																	
5 灯器接続試験 3名																																	
6 課題対応 (サイクル開始時刻関連) 2名																																	
7 性能測定 (Part1,Part2) 4名																																	
8																																	
9																																	
6 その他作業																																	
1 動画撮影会社との打ち合わせと撮影 2名	4日																																
2 U T M S 協会での事前打ち合わせ 3名	3日																																
3																																	
4																																	
総合試験(顧客へのプレゼン)																																	
		ヒートラン試験(信号機側)												主要機能構築・ヒートラン												30日							

## 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 1-3 に示すとおりである。

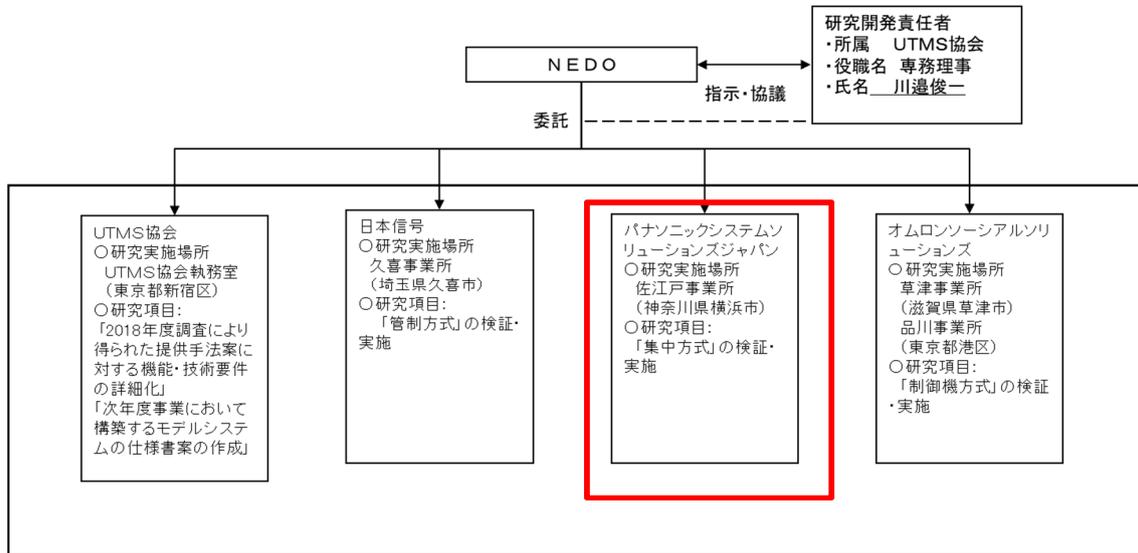


図 1-3 研究開発体制図 (全体)

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： 8名

## 2 実験内容

### 2.1 実験場所

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・佐江戸事業場構内に実験システムを構築する

### 2.2 実験システム概要

集中方式1のシステム構成図を図2-1に示す。本方式での信号予定情報提供の仕組みを概説する。信号制御機を監視制御する端末制御ブロックが信号予定情報の大元となる情報を生成する。これを信号情報生成配信装置が信号予定情報として整形し、模擬信号情報センターへ送信する。模擬信号情報センターでは模擬車載機から要求があった都度、信号予定情報を配信する。

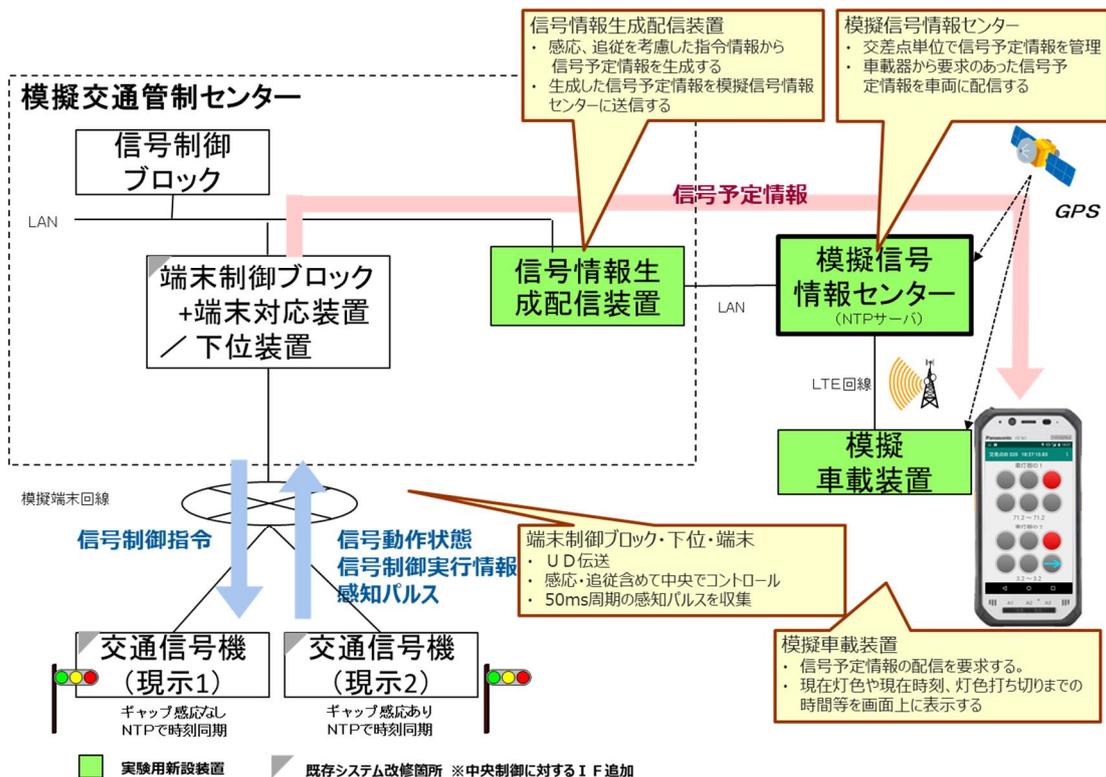


図 2-1 システム構成図

本方式では、GPSの時刻を絶対時刻とし、全装置がその時刻に時計を合わせる方式を採用した。これにより、絶対時刻を元にして信号予定情報を配信することで、情報の提供遅延があっても正確な情報伝達が可能であることが特徴である。

本方式での特長として、交通信号機制御機の時刻合わせに中央装置と同じNTPプロトコ

ルを採用することで、路側装置にGPS接続部の増設やGPSアンテナ部を敷設工事等の必要がなく、安価な時刻合わせが可能となっている。さらに、交通信号制御機は、交通管制センターの端末制御ブロックから信号制御信号制御指令を受信し、その指令で指定される秒数で完全にコントロールできる方式を採用した。これにより、信号予定情報の元となる情報を端末制御ブロックで生成することが可能なり、感应制御等のリアルタイムな青時間の調整に関しても事前に秒数を確定し通知することが可能となっている。

### 2.2.1 交通信号制御機

本実験システムで具備する交通信号制御機の機能に関して、従来の交通信号制御機と差がある機能を表 2-1 に示す。

表 2-1 交通信号制御機の機能一覧

機能項目	説明	備考
即時信号制御指令 実行機能	当該電文を受信し、指定階梯以降の階梯秒数を実行する。	電文は端末対応装置を経由する。
即時信号制御実行情報 送信機能	サイクル開始時に前サイクルの情報及び当該サイクルの予定情報を格納し、端末制御ブロックへ通知する。	同上
即時動作状情報 送信機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 信号制御機の状態に変化があった場合、その状態を格納して、端末制御ブロックへ通知する。</li> <li>・ 階梯終了時、動作階梯の秒数を格納して端末制御ブロックへ通知する。</li> </ul>	同上
感知パルス情報 送信機能	車両感知器の感知状態を時系列に格納し送信する。	同上
時刻同期機能	NTPプロトコルにより時刻を同期する。	同上

### 2.2.2 端末制御ブロック

本実験システムで具備する端末制御ブロックの機能に関して、従来の端末制御ブロックと差分がある機能を表 2-2 に示す。

表 2-2 端末制御ブロックの機能一覧

機能項目	説明	備考
UD 歩進制御機能	UD 歩進制御に関する制御指令情報等を送受信し、信号制御機を監視制御できる。また、感知パルス情報を元に、感応制御を実施し、感応階段の延長／短縮タイミングを決定し、交通信号制御機に送信する。	
UD 歩進制御電文送受信機能	UD 歩進制御機能を実現するため、即時信号制御指令、即時信号制御実行情報、即時動作状態情報等の情報を送受信する。	電文は端末対応装置を経由する
信号情報生成配信装置通信機能	制御指令の送出タイミング等において、信号情報生成配信装置に対して信号予定情報の元情報を送信する。	
時刻同期機能	NTP プロトコルにより時刻を同期する。	

### 2.2.3 信号情報生成配信装置

本実験システムで具備する信号情報生成配信装置に関する機能を表 2-3 に示す。

表 2-3 信号情報生成配信装置の機能一覧

機能項目	説明	備考
指令情報収集機能	信号制御機に対して送信した最新の信号制御予定情報を収集し管理する。	
状態情報収集機能	信号制御機から送信された最新の状態情報、階段情報を収集管理する。	
信号予定情報生成機能	収集した各種情報に基づいて、信号予定情報を生成し、蓄積する。	
信号予定情報送信機能	生成した信号予定情報を、模擬信号情報センターに送信する。	
時刻同期機能	NTP プロトコルにより時刻を同期する。	

#### 2.2.4 模擬信号情報センター

本実験システムで具備する模擬信号情報センターに関する機能を表 2-4 に示す。

表 2-4 模擬信号情報センターの機能一覧

機能項目	説明	備考
信号予定情報受信機能	信号情報生成配信装置から送信される信号予定情報を受信する。	
交差点情報管理機能	信号予定情報を受信し、交差点毎に信号予定情報を最新状態に更新・管理する。	
信号予定情報配信機能	車載機装置からの情報要求に応じて、該当する交差点の信号予定情報を配信する。なお、車載機から停止要求が来るまでは、信号予定情報に変更があった場合についても情報を配信する。	なお、配信するプロトコルはリアルタイム性を確保するため、UDPを使用する。
時刻同期機能	GPS信号を受信し、時刻をセットできること。NTPプロトコルにより時刻を同期する。	本実験では便宜上、本装置を時刻サーバとした。

#### 2.2.5 模擬車載機

本実験システムで具備する模擬車載機に関する機能を表 2-5 に示す。

表 2-5 模擬車載機の機能一覧

機能項目	説明	備考
信号予定情報要求機能	必要な信号機（最大2基）に関して、模擬信号情報配信センターに信号予定情報の配信を要求する。	
信号予定情報受信機能	模擬信号情報センターから送信される信号予定情報を受信する。	
信号予定情報表示機能	受信した信号予定情報と現在時刻を元に現在灯色及び灯色の残秒数を算定する。また、その残秒数を100ms単位でカウントダウンし、現在灯色及び残秒数を管理する。現在時刻とこれらの情報（現在灯色及び灯色の残秒数）を画面表示する。	
時刻同期機能	GPS信号を受信し、時刻を設定する。	

## 2.3 実験内容

実験システムを用いて、信号情報の提供実験を行い、その精度及び遅延を確認する。

### 2.3.1 概要

実験概要を表 2-6 に示す。

表 2-6 実験項目一覧

No	実験項目	概要
1	機能実現性の検証	実験システムで構築した機能が連携し、信号予定情報を配信できるかを検証する。
2	時刻精度検証	各装置の時刻精度を検証する。機器間の時刻差を計測する。 各装置の画面リフレッシュレート(60Hzが一般的)と動画(60fps)で検証できる16.7msec程度の計測分解能で計測する。
3	信号情報提供の精度検証	提供した信号情報と信号制御実行情報を比較し精度検証する。 各装置の画面リフレッシュレート(60Hzが一般的)と動画(60fps)で検証できる16.7msec程度の計測分解能で計測する。 右折感応なし/右折感応ありの条件で精度計測する。 信号現示は各方式共通とし、複数の条件で実施する。
4	通信回線の遅延等の検証	通信回線における伝送遅延時間を計測する。 通信メッセージにデータ作成時間を含め、受信側でのデータ受信時刻との差で遅延時間を計測する。計測分解能は、1msecとする。

### 2.3.2 機能実現検証

実験システムで構築した機能が連携し、最終的に信号予定情報を配信できるかを検証する。

### 2.3.3 時刻精度検証

NTPにより時刻同期を行う機器は、コンソールに時刻同期を確認するコマンドを入力し、表示される項目により時刻精度を検証する。NTPにより時刻同期を行う機器の時刻精度検証の構成を、

図 2-2 に示す。使用する時コマンドと表示項目を表 2-7 及び表 2-8 に示す。

GPSにより時刻同期を行う機器は、時刻同期を確認するコマンドがないため、現在時刻をコンソールに 10msec 毎にミリ秒単位で表示させ、動画を撮影し、時刻のずれを確認する。時刻精度が高いことが期待できる信号情報センターの時刻をコンソール画面に 10msec 毎にミリ秒単位で表示させ、比較対象とする。実験に当たっては、インターネット回線の通信遅延、コンソール画面のリフレッシュレート、動画のフレームレート等の影響を受ける可能性があることに留意し、課題などあれば、代替案を検討する。GPSにより時刻同期を行う機器の時刻精度検証の構成及び検証区分を表 2-9 に示す。

表 2-7 Linux における時刻同期を確認するコマンドと表示項目

項目	説明	備考
時刻同期確認コマンド	ntpq -p	
Delay	NTP サーバとの往復通信時間 (ミリ秒)	通信遅延時間
Offset	NTP サーバとのずれ(ミリ秒)	時刻の誤差 (瞬間値)
Jitter	offset の二乗平均平方根(RMS)	時刻の誤差 (統計値)

表 2-8 Windows における時刻同期を確認するコマンドと表示項目

項目	説明	備考
時刻同期コマンド	w32tm /query /status /verbose	
ルート遅延	NTP サーバとの往復通信時間 (秒) …少数点以下有り	通信遅延時間
ルート分散	NTP サーバとの往復通信時間 (秒) の分散	Linux の jitter に相当
フェーズオフセット	NTP サーバとのずれ(秒) …少数点以下有り	時刻の誤差 (瞬間値)

表 2-9 時刻精度検証の区分

手段	装置	備考
動画撮影	交通信号制御機	コンソール画面表示 秒単位の切れ目とミリ秒 単位表示端末との差異を 測定
	模擬車載機	画面表示
	模擬信号情報センター(Linux)	コンソール
コマンド	端末制御ブロック(Linux)	コンソール
	信号情報生成配信装置(Windows)	コンソール

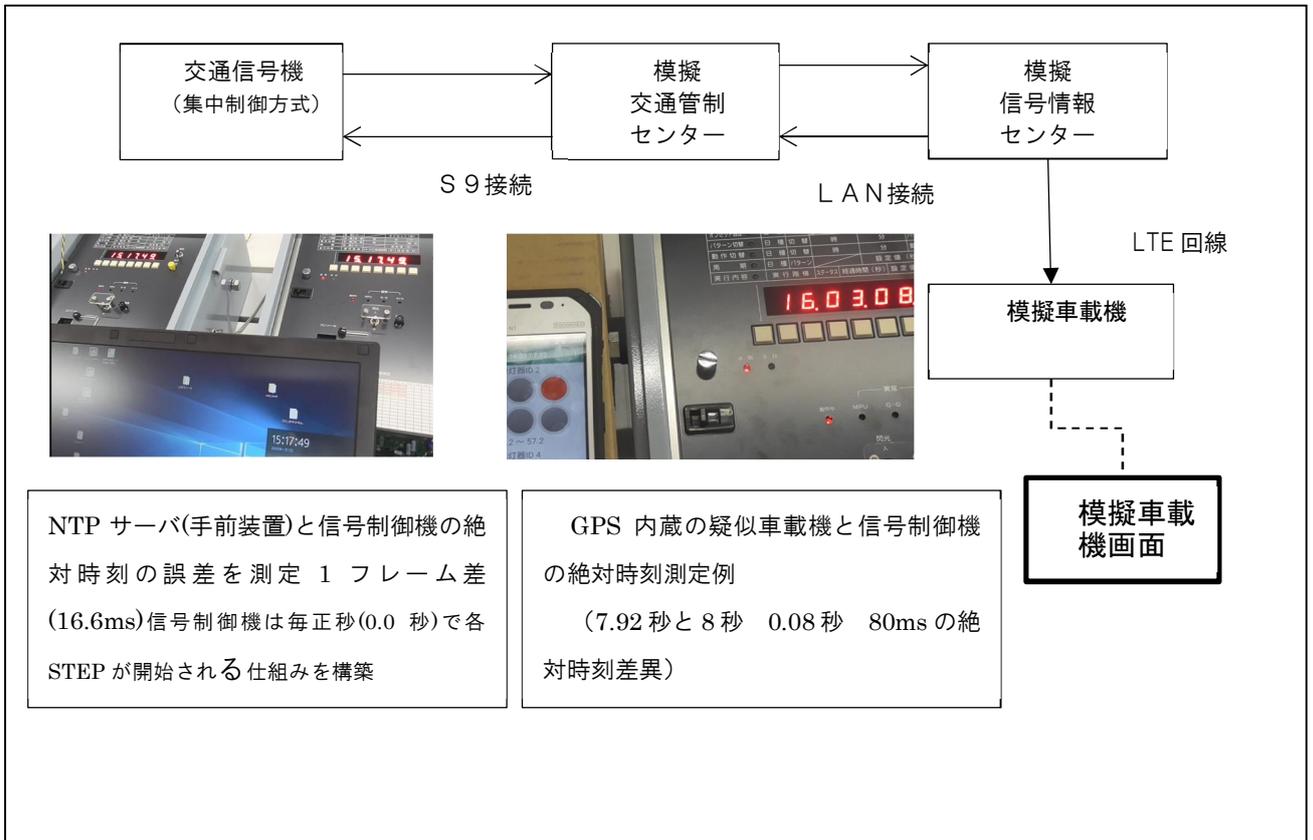


図 2-2 時刻精度検証の構成

### 2.3.4 提供信号情報の精度検証

#### (a) 概要

図 2-3 に、信号情報提供の精度検証の構成を示す。集中制御方式では、交通管制センターからの指令に基づき、交通信号機において信号制御を行い、信号灯器に灯色を表示する。模擬管制センターにから通知された信号情報は、模擬信号情報センターを経由して、模擬車載機に送られる。模擬車載機は、画面上に灯色情報と残秒数を表示する。信号灯器と模擬車載機画面を動画撮影し、灯色変化前後の画面を確認し信号情報の誤差を計測する。

なお、模擬車載機画面のリフレッシュレート(60Hz を想定)、及び動画撮影のフレームレート (59.7FPS) から、計測分解能は、16.7msec を前提として計測を行う。

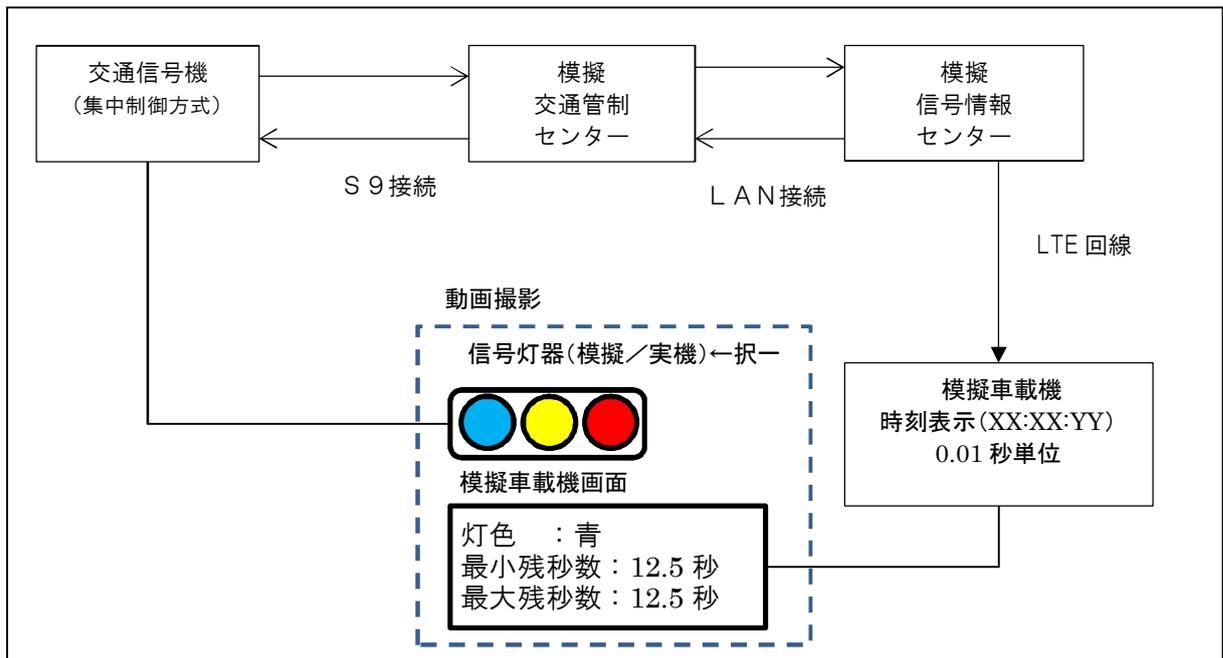


図 2-3 信号情報提供の精度検証の構成

#### (b) 信号現示

信号現示は、2018 年度に UTMS 協会が信号制御機及び ITS 無線路側機の信号情報精度計測実験で用いたものを用いる。信号現示は、標準的なデータサイズであるデータ 1 及び現実的にあり得る大きなデータサイズとなるデータ 2 の 2 種類を用いて計測を行う。なお、データ 1 は十字路の交差点で、2 現示 11 階梯の構成である。データ 2 は多肢交差点であり、4 現示 17 階梯の構成である。それぞれのデータ構成を以下に示す。

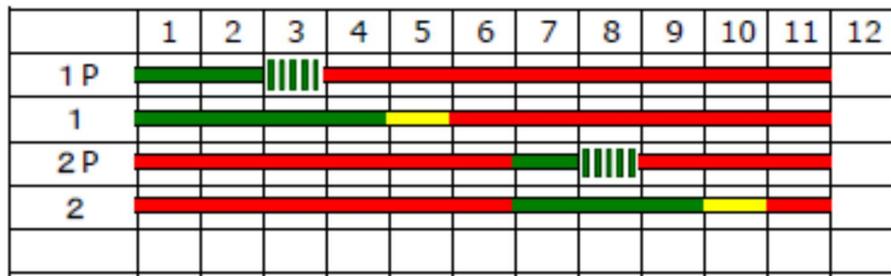


図 2-4 データ 1 (2 方路交差点)

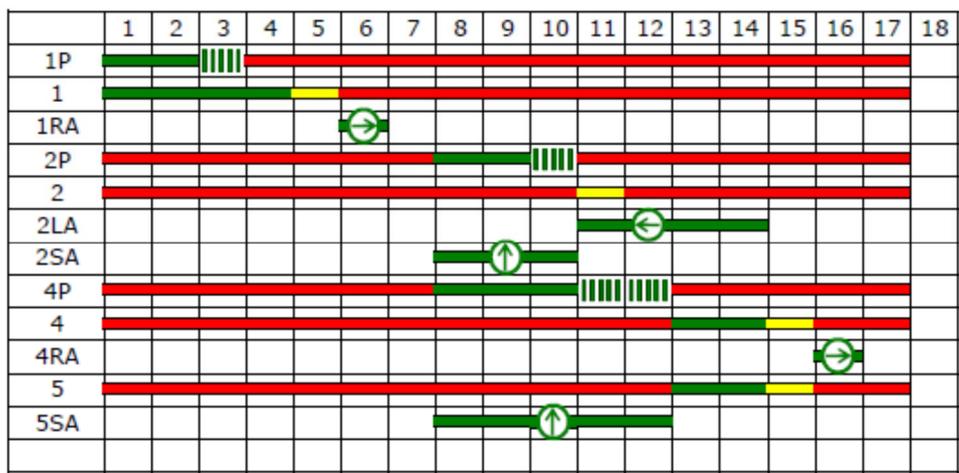


図 2-5 データ 2 (5 方路交差点)

(c) 計測方法

同一条件で、30 回計測する。誤差の最小値、最大値、平均値、二乗平均平方根(RMSE)を算出する。

(d) 計測条件

感応制御と呼ばれるサイクル内での秒数変動を伴う制御が実施されている場合には、提供情報との差異が大きくなると考えられる。そこで、感応制御の実施有無により、検証のケースを分けて実施することとし、現示 1 を感応制御なしの場合、現示 2 を感応制御ありの場合とする。

感応なしの計測条件を表 2-10 に示す。計測タイミングは、灯器の点灯と消灯で異なる可能性があるため、1 ケースで計測し比較する。感応ありの計測条件を

表 2-11 に示す。感応動作が延長なしの場合、最小残秒数で誤差を計測し、感応動作が最大延長（感知信号を ON 状態とする）の場合、最大残秒数で誤差を計測する。加えて、任意の延長タイミングで延長させ、その際の誤差を計測する。なお、計測タイミングは感応階段終了時の影響を考慮した場合である。

表 2-10 感応なしの計測条件

集中／非集中	信号現示	計測タイミング	
集中制御	データ 1	第 1 階梯開始	1 G 青開始
		第 4 階梯終了	1 G 青終了
		第 7 階梯開始	2 G 青開始
		第 9 階梯終了	2 G 青終了
	データ 2	第 1 階梯開始	1 G 青開始
		第 4 階梯終了	1 G 青終了

表 2-11 感応ありの計測条件

集中／非集中	信号現示	計測タイミング		感応動作
集中制御	データ 2	第 6 階梯開始	1 RA 青開始	—
		第 6 階梯終了	1 RA 青終了	延長なし
		第 6 階梯終了	1 RA 青終了	延長あり
		第 13 階梯開始	4 G 青開始	—
		第 14 階梯終了	4 G 青終了	—

なお、データ 2 は感応制御を含む構成であるため、感応制御を実施する第 6 階梯は以降の階梯については感応制御の延長動作による幅付きの予定情報を補正する必要があるため、感応ありの計測条件として、第 13 階梯及び第 14 階梯も計測対象に加える。

### 2.3.5 通信回線遅延の検証

通信回線の遅延時間は、編集時刻と受信側での信号情報の受信時刻を用いて算出する。そのため、装置 A では編集された信号情報は直ちに送信され、また装置 B では受信した信号情報に対して直ちに受信時刻が付加されること、各装置の時計が同期していることを前提としている。

遅延時間に比べて時刻誤差が十分小さい場合は、そのまま遅延時間として算出してよいが、時刻誤差が相対的に大きく、無視できない場合は、時刻誤差を算出して比較する。

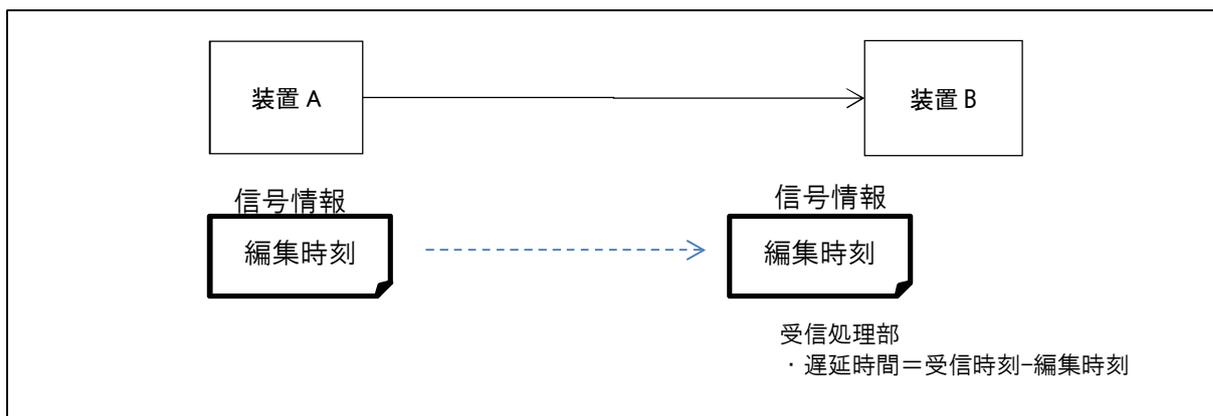


図 2-6 通信回線の遅延等の検証方法

表 2-12 通信遅延計測項目

対象回線	回線種別	時間帯
交通信号機 模擬交通管制センター間	LAN	任意の時間帯で実施
模擬交通管制センター ・模擬信号情報センター間	LAN	任意の時間帯で実施
模擬信号情報センター・ 模擬車載機間	LTE	任意の時間帯で実施

### 3 実験結果

#### 3.1 機能実現検証

実験システムの機能を具現化し、実験環境を構築した。各種装置が連携し信号予定情報を配信することが可能となった。具体的には次の機能動作を確認した。

- ・ 端末制御ブロックにより信号制御機を遠隔制御するとともに、信号予定情報の元となる情報を生成し、信号情報生成配信装置へ送信する。
- ・ 信号情報生成配信装置は受信した元情報から信号予定情報を生成し、模擬信号情報センターへ送信する。
- ・ 模擬信号情報センターでは模擬車載機から要求があった都度、信号予定情報を配信する。
- ・ 模擬車載機では信号予定情報を受信し、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する。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、次の灯色及びその残秒数を算出する。



図 3-1 信号機及び灯器の外観



図 3-2 端末制御ブロックの装置外観



図 3-3 信号情報生成配信装置（模擬装置）の装置外観



図 3-4 模擬信号情報配信センターの装置外観



図 3-5 模擬車載機での信号予定情報の表示例

### 3.2 時刻精度検証

NTP サーバとの時刻差が概ね以下の通りになったことを確認した。

- ・ 端末制御ブロック : 概ね 1msec 以内
- ・ 信号情報生成配信装置 : 概ね 1msec 以内
- ・ 信号制御機 : 概ね 100msec 以内
- ・ 模擬車載機 : 概ね 100msec 以内

### 3.3 提供する信号予定情報の精度検証

信号予定情報の正確性について、実験計画に示す方法で精度の検証を行った。信号予定情報誤差は正值と負値で表現しており、定義は以下の通りである。

正值：信号灯器の灯色が切り替り後、車載機のカウントダウン完了及び現在灯色情報の変化が起きる場合

負値：車載機のカウントダウン完了及び現在灯色情報の変化が起きた後、信号灯器の灯色が切り替わる場合

さらに、誤差の絶対量を確認するため、誤差の絶対値も集計する。

#### (1) 現示1の場合（感応なし）

現示1における誤差及び絶対誤差の検証結果を表3-1、表3-2、図3-6、図3-7に示す。

表 3-1 正確性測定の実験結果（現示1）

		平均	最大	最小	標準偏差	測定回数
現示1	第1階梯 開始（1G青開始）	-0.04	1.02	-0.05	0.30	30
	第4階梯 終了（1G青終了）	-0.07	0.02	-0.05	0.02	30
	第7階梯 開始（2G青開始）	0.01	1.00	-0.03	0.28	30
	第9階梯 終了（2G青終了）	0.09	1.00	0.02	0.28	30

単位：秒

表 3-2 絶対誤差による正確性測定の実験結果（現示1）

		平均	最大	最小	標準偏差	測定回数
現示1	第1階梯 開始（1G青開始）	0.11	1.02	0.02	0.18	30
	第4階梯 終了（1G青終了）	0.07	0.15	0.02	0.05	30
	第7階梯 開始（2G青開始）	0.09	1.00	0.02	0.17	30
	第9階梯 終了（2G青終了）	0.09	1.00	0.02	0.17	30

単位：秒

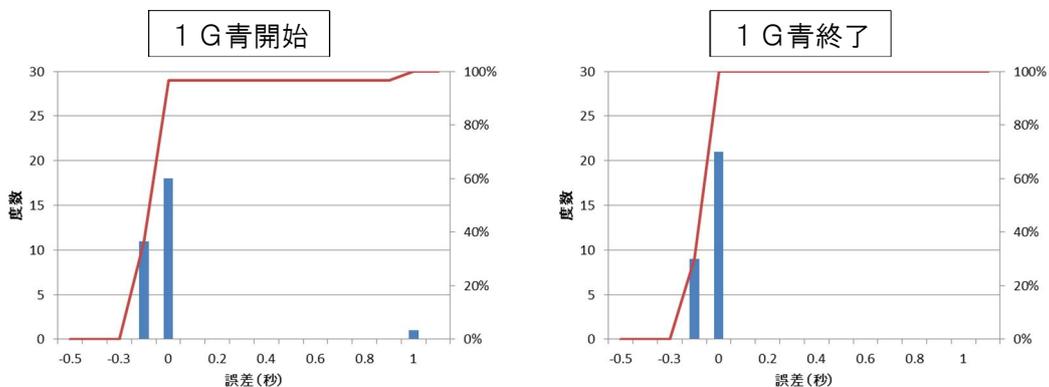


図 3-6 正確性測定の実験結果（現示1：1G）

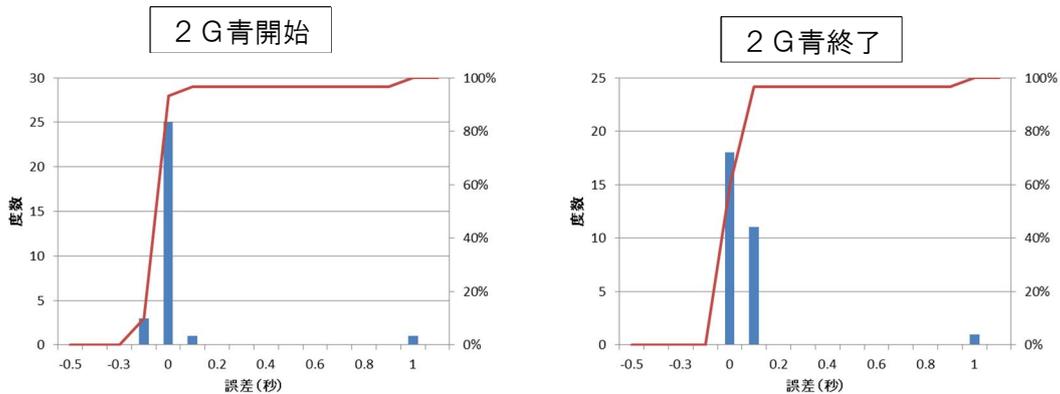


図 3-7 正確性測定の検証結果（現示 1 : 2 G）

(2) 現示 2 の場合（感応あり）

現示 2 における誤差及び絶対誤差の検証結果を表 3-3、表 3-4、図 3-7 に示す。本方式では端末制御ブロック側で感応制御を実現しており、今回の実験では 4 秒前に確定させている。よって、現示 2 の感応階段（第 7 階段）の階段終了（青矢印の打ち切り）時の秒数確定が可能となっており、その確定秒数と実際の灯器の変化との誤差を測定した結果となっている。

表 3-3 正確性測定の検証結果（現示 2）

		平均	最大	最小	標準偏差	測定回数
現示 2	第 1 階段 開始（1 G 青開始）	-0.08	-0.03	-0.10	0.02	30
	第 4 階段 終了（1 G 青終了）	-0.05	-0.02	-0.05	0.01	30
	第 6 階段 開始（1 A 青開始）	-0.05	-0.02	-0.07	0.02	30
	第 6 階段 終了（1 A 青終了）：延長なし	-0.05	-0.02	-0.05	0.01	30
	第 6 階段 終了（1 A 青終了）：延長あり	-0.04	0.03	-0.10	0.04	30
	第 13 階段 開始（4 G 青開始）	-0.03	0.02	-0.08	0.03	30
	第 14 階段 終了（4 G 青終了）	-0.03	0.02	-0.08	0.03	30

単位：秒

表 3-4 絶対誤差による正確性測定の検証結果（現示 2）

		平均	最大	最小	標準偏差	測定回数
現示 2	第 1 階段 開始（1 G 青開始）	0.08	0.12	0.03	0.02	30
	第 4 階段 終了（1 G 青終了）	0.05	0.15	0.02	0.03	30
	第 6 階段 開始（1 A 青開始）	0.05	0.15	0.02	0.03	30
	第 6 階段 終了（1 A 青終了）：延長最小	0.05	0.08	0.02	0.02	30
	第 6 階段 終了（1 A 青終了）：延長あり	0.05	0.10	0.02	0.02	30
	第 13 階段 開始（4 G 青開始）	0.03	0.08	0.02	0.02	30
	第 14 階段 終了（4 G 青終了）	0.03	0.08	0.02	0.02	30

単位：秒

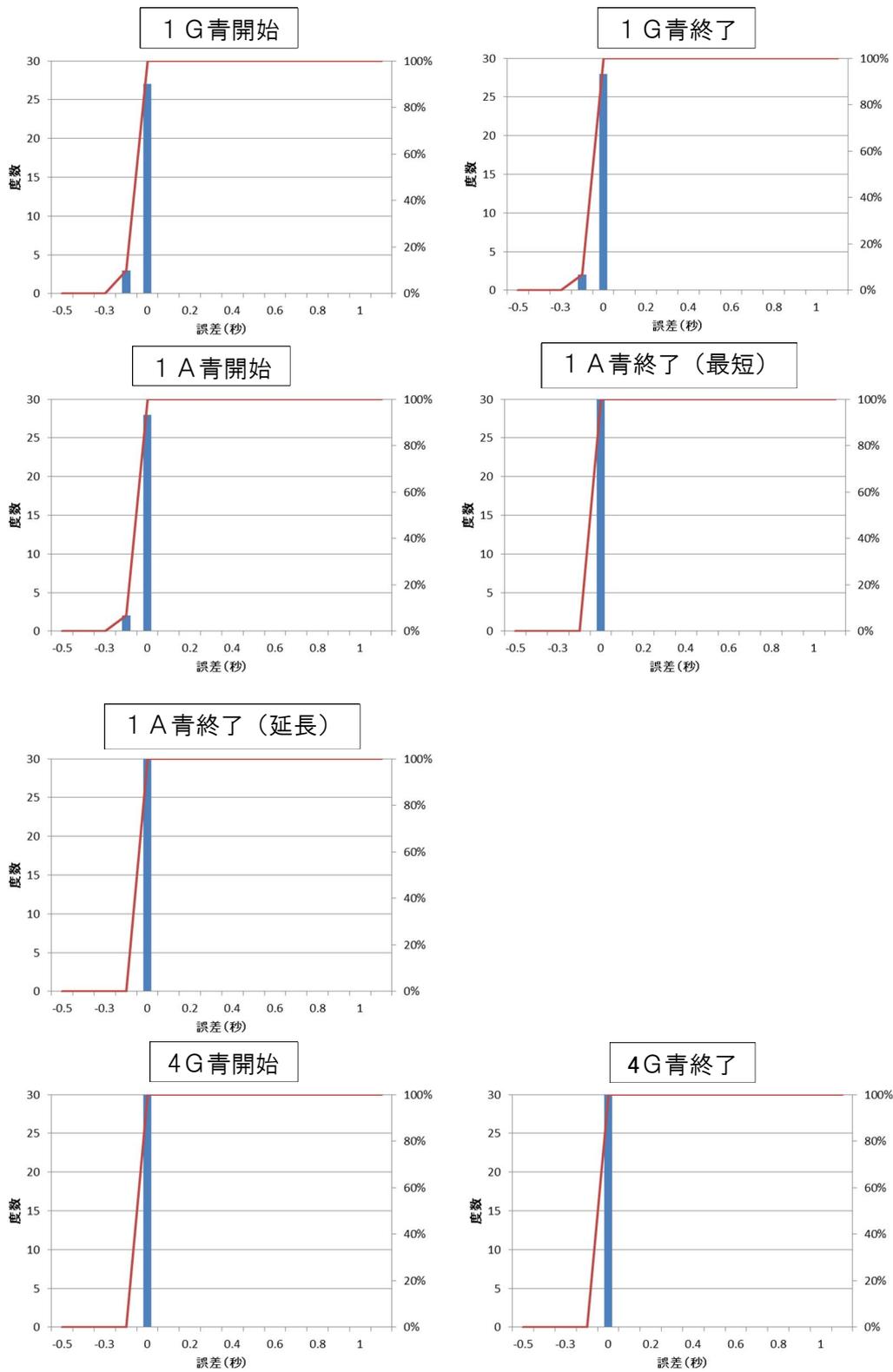


図 3-8 正確性測定の検証結果 (現示 2)

### 3.4 通信回線遅延の検証

次の装置間の遅延について検証した結果について計測した。

- (ア) 端末制御ブロックから信号情報生成配信装置間
- (イ) 信号情報生成配信装置から模擬車載機間

なお、(ア)は伝送遅延を含む端末制御ブロックでの送信処理から信号情報生成配信装置の受付処理までの時間差である。(イ)はLTE網の伝送遅延を含む信号情報生成配信装置での送信処理から模擬車載機での情報受付処理までの時間差である。この内容を表2-1に示す。また、この検証結果を表3-6、図3-9に示す。

表 3-5 遅延測定の基準

項目	計測起点	計測終点	備考
ア	端末制御ブロックの送信処理（直前）	信号情報生成配信装置の受付処理	装置間伝送遅延（LAN回線）
イ	信号情報生成配信装置の送信処理（直前）	模擬車載機の受付処理	装置間伝送遅延（含LTE網）

表 3-6 遅延測定の検証結果

	平均	最大	最小	標準偏差	測定回数
端末制御→生成配信	-0.373	-0.200	-0.550	0.099	293
生成配信→模擬車載	1.156	2.225	0.593	0.405	51

単位：秒

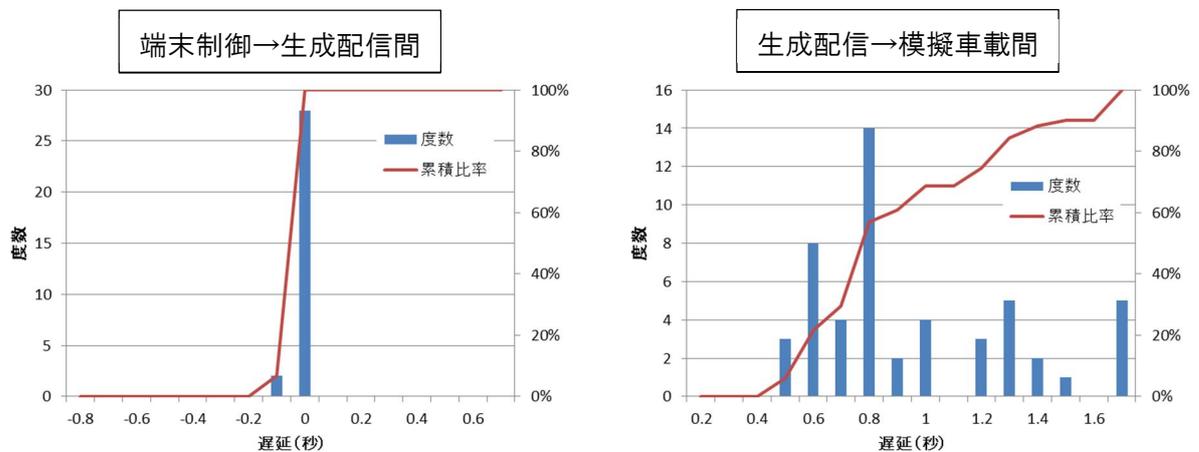


図 3-9 遅延測定の検証結果

### 3.5 考察

集中方式の正確性について、絶対誤差の観点から考察する。まず、データ 1（現示 1）の感応なしの計測条件では平均の最大値が 0.1 秒であり、標準偏差としても最大が 0.18 秒である。次に、データ 2（現示 2）の感応なしの計測条件でも、平均値の最大値が 0.08 秒、標準偏差の最大値が 0.02 秒である。各々のデータに関して平均値と標準偏差の最大値合算しても、現示 1 では 0.28 秒、特筆すべきことに現示 2 では 0.1 秒となっている。限られた条件ではあるが、技術要件として掲げられた 0.3 秒に関しては概ね期待できる結果となったと言える。他方、感応ありの条件においても 4 秒前に確定した信号情報との差は、大きく差がないことが分かった。各々平均値の最大値が 0.05 秒、標準偏差が 0.03 秒であった。

したがって、実験結果からは技術要件として示された信号情報の正確性に関して目処が立った結果であると言える。加えて、端末制御ブロック側で感応制御を実現し、現示 2 の感応階梯終了時の秒数確定が 4 秒前に確定可能であり、その確定秒数と実際の灯器の変化との誤差もほぼなく提供できたことは一つ成果であると言える。

## 4 結言

本研究開発では、「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」のうち、集中方式の実験設備を工場内に構築し、信号情報の正確度の検証を行った。限られた検証回数ではあったが、技術要件として示された 0.3 秒の誤差という信号情報の正確性に関して目処を立てることができた。

集中方式に関して、多面的に方式について検討する。

### (1) 導入・拡張の容易さ

UD 歩進インタフェースを利用しているが、対応交差点が UD 形伝送の交通信号制御機であれば、ソフトウェアの書き換え程度の改造で対応できると考えられる。また、交通管制センター側も UD 形歩進インタフェースに対応している必要があるが、影響範囲はほぼ端末制御ブロックに限定される。UD 形伝送以外の交通信号制御機では基板の交換や端末側の更新が必要となる。

時刻同期については、NTP プロトコルを用いて時刻を同期するため、GPS を受信しにくい箇所への設置も可能であることや、信号制御機に時刻同期用ユニットを追加せずに時刻合わせができるというメリットがある。

### (2) 感応制御との競合

ギャップ感応、高速感応、バス感応等の車両による感応処理に関しては、中央感応で処理可能な方式であるため、管制センター側で階梯の終了を確定することができるため、階梯の歩進とその後の階梯の確定秒数を車両に配信することが可能であり、運用によっては

技術要件として規定されている  $\Delta t$  秒の実現も可能となる。

(3) ステータス切替時等、新サイクル情報を提供するまで不確定時間

サイクル開始前までに端末制御ブロックで情報を生成するため、基本的には不確定時間はない。但し、制御機等の指令が拒否される、もしくは異常等が発生した場合はその時点で情報の提供を停止する必要がある。

最後に、集中方式の検証を通して得られた他の方式にも転用可能な知見を以下に示す。

(1) 時刻同期の方式として NTP プロトコルを採用することで、次の 2 つのメリットあることが確認できた。

(ア) 路側機器への設置・維持管理コストの低減

GPS ユニット等の付加装置を路側の信号制御機に追加整備しないため、最も整備箇所が多い信号制御機に対する導入費（機器費・工事費）・維持管理費の抑制が可能である。

(イ) 整備箇所の制約が少ない

本方式であれば、高架下、高層建築物等により GPS の信号受信が困難な箇所においても影響を受けないため、設置制約等が少ない。

(2) 信号制御の可用性と情報提供の高度化の両立を可能とする制御方式を実証的に確認することができた。

具体的には、信号制御の方式について、中央装置（本実験では、端末制御ブロック）主体の信号制御方式を採用することで、次サイクル情報を含め、精度の高い信号予定情報と高度化信号制御の両立が可能であること示すことができた。これまでテーブル制御と称してきた方式では、中央装置で大枠を決め、路側端末装置で詳細を決めるという役割分担であったが、それを再度中央装置側に主導権を持たせることで、信号制御の高度化と情報提供の高精度化に関して、その両立が可能であることは机上検討である程度は分かっていたが、それを具現化し確認できたことは非常に意義深い。こうした方式を採用することで、情報提供及び信号制御の双方の可用性が増すと考えられる。

最後に、こうした優位点もあることから、集中化された信号制御機の更新を視野に入れると、維持管理費の低減効果と中央装置による柔軟な運用によるメリットを享受できる方式といえる。

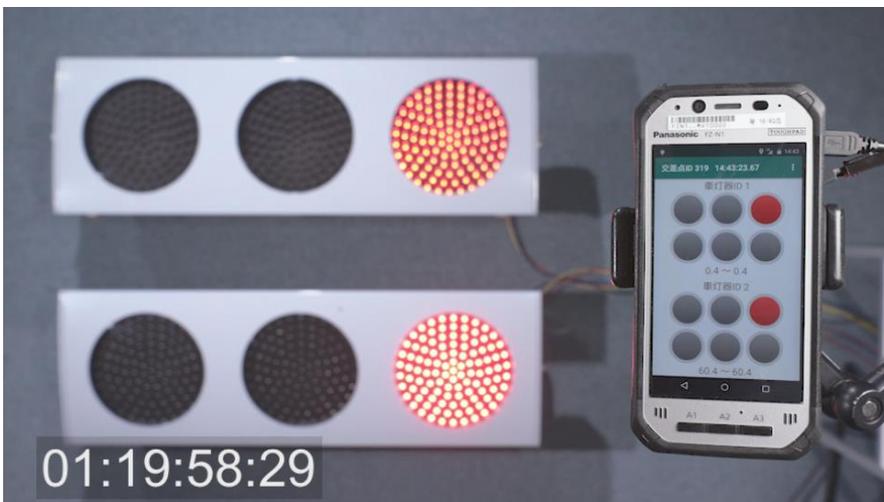
## 別添 測定詳細

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1P												
1												
2P												
2												

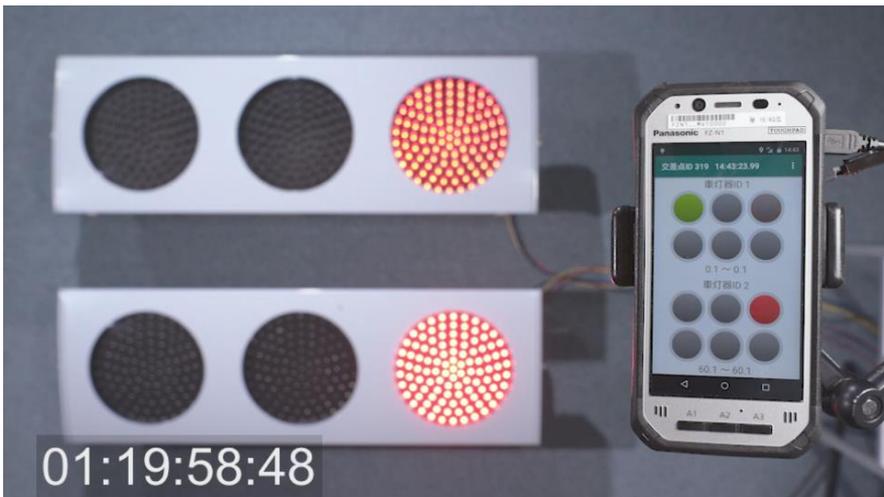
現示 1

末尾のタイムカウンタが(1/60S)をあらわす。

現示 1 (上段 1 現示 下段 2 現示)



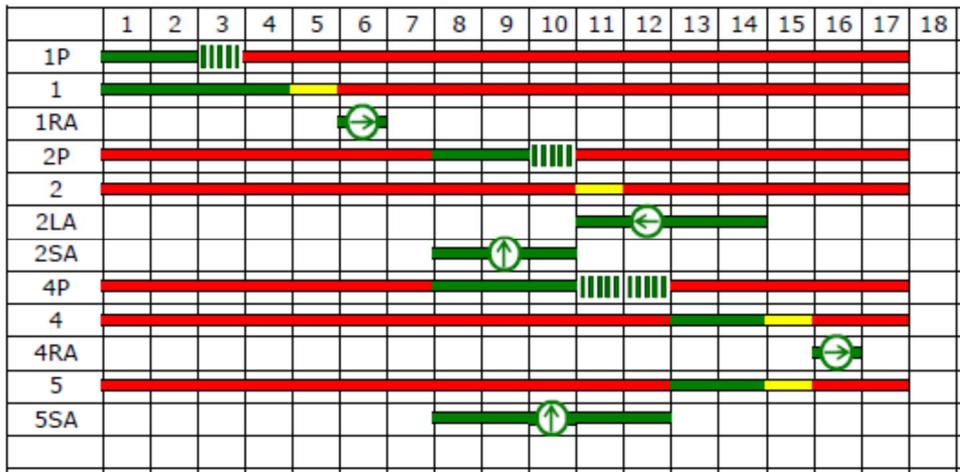
上段 赤残り 0.4 秒



上段 灯器 赤 疑似車載機 青

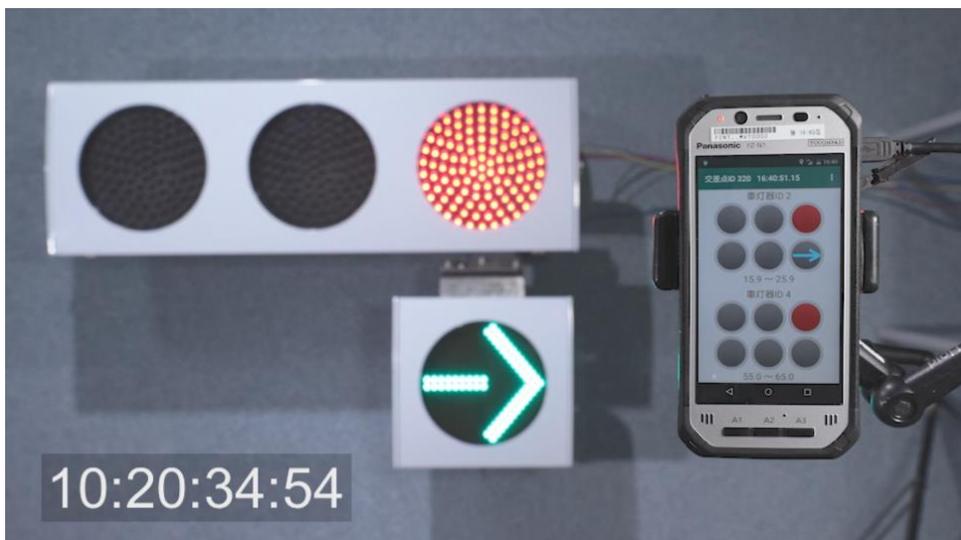


上段 灯器 と 疑似車載機 一致 2frame(33.3ms)



現示 2

感応最小秒数( 6STEP 右矢 感応幅 16 秒~26 秒)

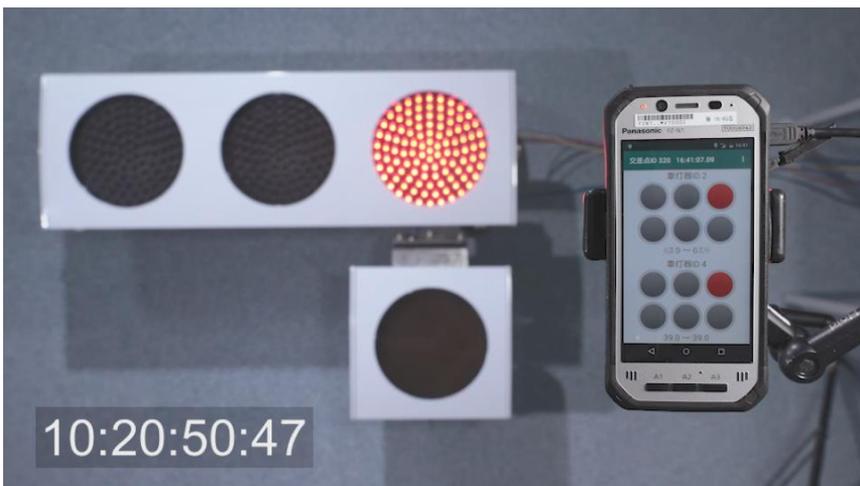


右矢.5 秒前で確定(最小秒数=最大秒数)



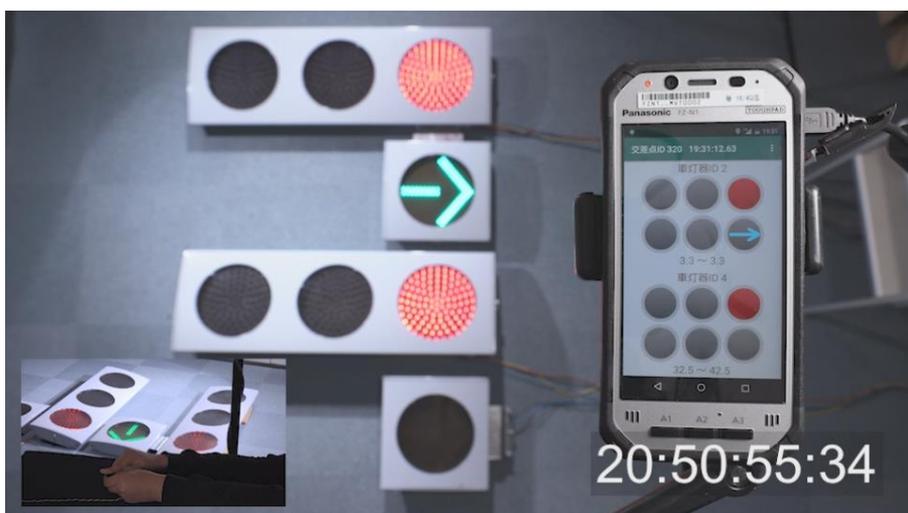


疑似車載機 次のSTEPへ  
灯器はまだ右矢



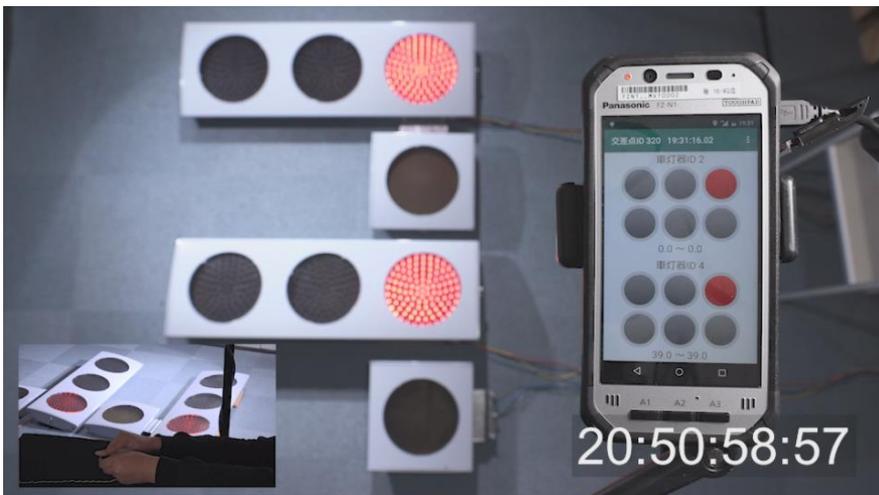
3frame(49.8ms)似車載機信号情報一致

感応秒数最大時（6STEP 右矢）



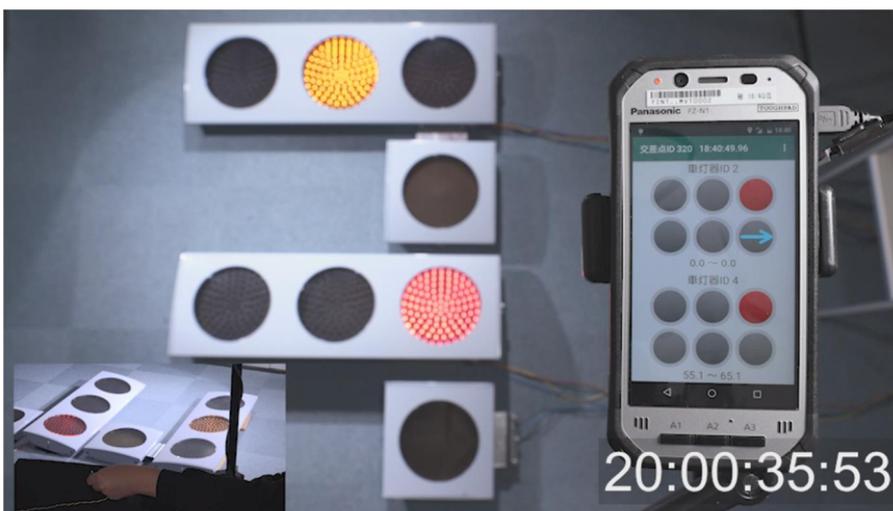
右矢残り 3.3 秒表示

↓次の STEP へ 3.2818 秒で切り替わり (82ms)

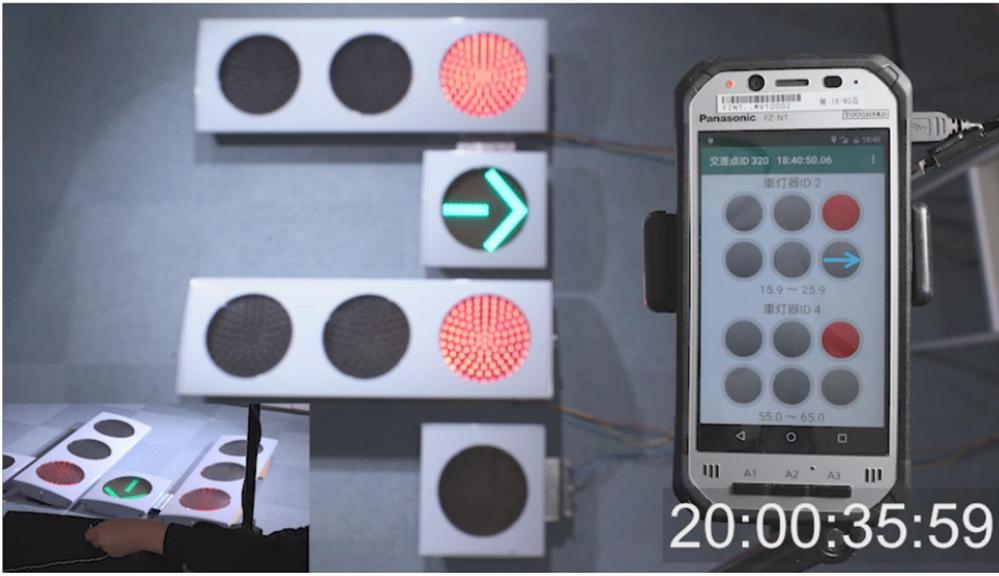


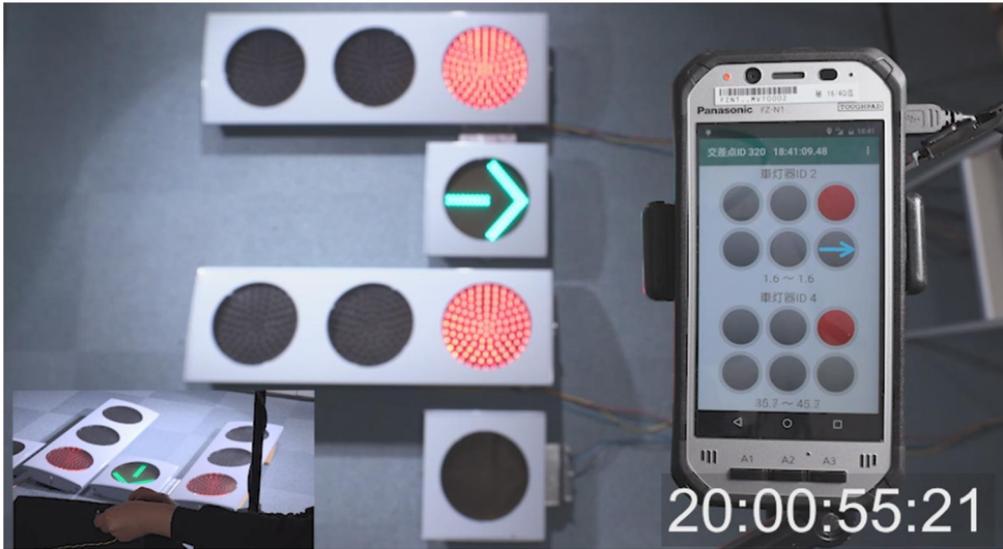
途中打ち切り時 (6STEP 右矢) (21.0 秒)

黄色から右矢でるまで 6frame (99.9ms)

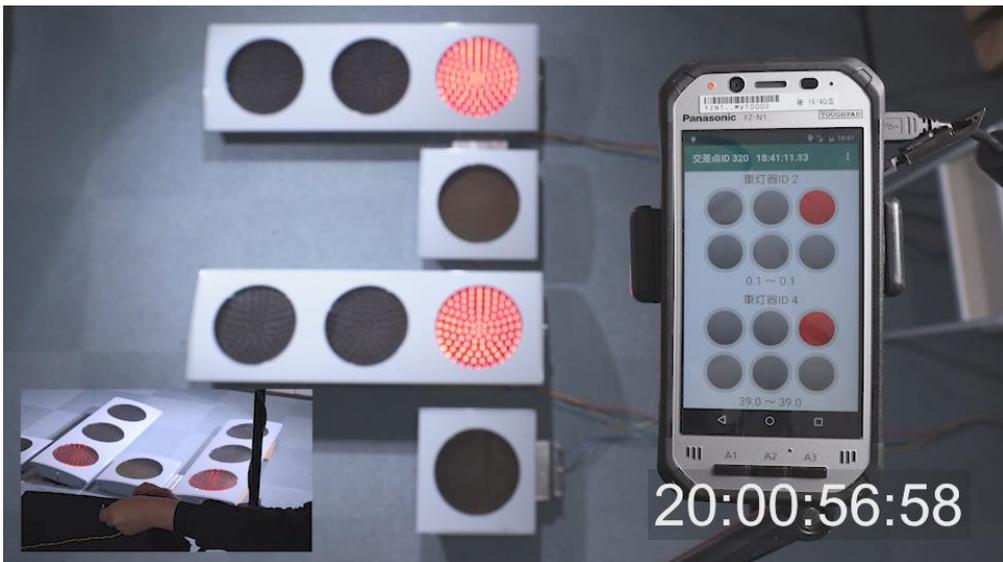


↓





右矢 1.6 秒前で確定



右矢 21 秒 (83,ms 差異)

別添資料 5

制御機方式の検証結果報告  
(オムロンソーシアルソリューションズ株式会社)

## 目次

1 実施概要 .....	2
2 制御機方式概要 .....	2
3 検証仕様 .....	4
4 検証方法 .....	7
5 時刻同期検証結果.....	16
6 信号情報提供の精度検証結果.....	18
7 通信回線の遅延等の検証結果.....	24
8 実現性検証の検証結果.....	26
9 今後の課題.....	29

## 1 実施概要

本検証は、2018年度の調査を踏まえ、検討する4方式に対する模擬システムを構築し、その実験結果を参考にモデルシステムの方式を決定するために実施する。ここでは「制御機方式」について、以下の4項目を実施した。なお、「(3)ヒアリング実施」及び「(4)実験仕様書の素案作成」については、共同提案者とともに委員会にて実施しているため、「6. 評価結果まとめ」及び「7. モデルシステム実験仕様書素案」を参照のこと。

### (1) 機能要件、技術要件、及び検証仕様の作成

「制御機方式」の機能要件、技術要件の詳細化、及び検証仕様に対する素案を作成し、委員会において検討、及び承認を受ける。

### (2) 模擬システムの構築、及び検証

委員会の承認をうけた「制御機方式」の検証仕様、及び既存システムの仕様、規格等に準拠した模擬システムを構築し、自社工場内において検証を行い、その結果を委員会に提出する。

### (3) ヒアリング実施

委員会で募集した自動車メーカー等に対して、「制御機方式」について、自動運転への活用可能性についてヒアリングを実施し、その結果を委員会に提出する。ヒアリングに際し、集中方式で1方式追加された4方式を同一条件で比較するための機能表、メリットデメリット表を作成するに当たって、制御機方式に関する情報を提供する。

### (4) 実験仕様書の素案作成

担当する「制御機方式」の選定を想定し、「モデルシステムの構築に向けた実験仕様書及び必要に応じ既存システムの仕様書の修正案」の素案を委員会に提出する。

## 2 制御機方式概要

制御機方式は、交通信号機において信号情報を作成する方式である。図 2-1 にシステム構成図を示す。

模擬交通管制センターは集中制御方式の交通信号機を制御するために使用する。信号情報編集装置 1 は、集中制御方式の交通信号機（以下集中制御機と略す）と S10 インタフェース及び、P10 インタフェースで接続し、信号情報を編集し、LTE回線を通じて模擬信号情報センターへ送信する。本検証では、交通信号機自体の変更は行わず、外付けの信号情報編集装置を付加する。また P10 インタフェースは、CTセンサーを用いて実証する。

信号情報編集装置 2 は、非集中制御方式の交通信号機（以下非集中制御機と略す）に対して CTセンサーで灯色信号を監視し、信号情報を編集し、3G回線を通じて模擬信号情報センターへ送信する。

模擬信号情報センターは、模擬車載機からの要求に応じて信号情報を送信する。信号情報編集装置から新たな信号情報を受信した場合は、ただちに模擬車載機へ転送する。

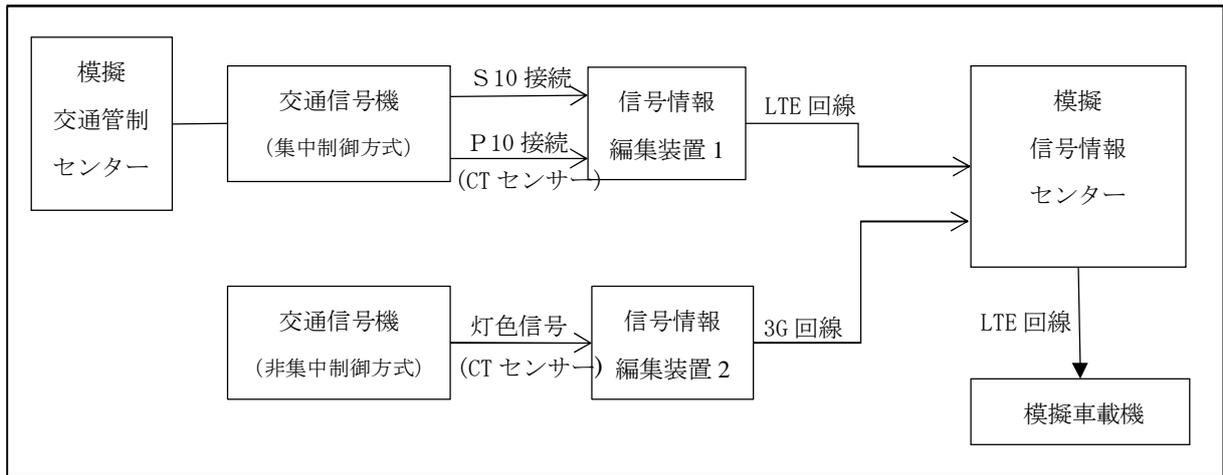


図 2-1 システム構成図

本検証において使用する機材を表 2-1 に示す。

表 2-1 使用機材一覧

構成要素	構成品等
模擬交通管制センター	システム管理ブロック
	HMI 装置
	信号制御ブロック
	端末制御ブロック
	端末対応装置
交通信号機	信号制御機
	LED 信号灯器
信号情報編集装置 1	Windows PC、LTE 通信ボード、CT センサー <sup>(1)</sup>
信号情報編集装置 2	IoT ボード、LTE 通信ボード、CT センサー <sup>(1)</sup> 、GPS 時刻同期装置
模擬信号情報センター	Linux サーバー
模擬車載機	Windows PC、LTE 通信ボード
デジタルカメラ	— (検証用機材、60FPS 以上の動画撮影機能)

注<sup>(1)</sup> CT センサーは電流センサーであり、灯色の点灯／消灯を電流値により判定する。

### 3 検証仕様

#### (1) 機能要件

自動車工業会から委員会に出された自動運転のために必要な信号情報に関する要望事項のうち、方式比較に関連する項目と本方式における実現方法を表 3-1 に示す。

表 3-1 自動社工業会からの要望事項と本方式における実現方法

自動車工業会からの要望事項	制御機方式における実現方法
信号情報の配信（現在灯色）	信号情報は I T S 無線路側機の信号情報と同様に 2 サイクル分を提供する。携帯電話網を使用するため通信頻度は必要最小限とする。そのため、車載機において、当該灯色の残秒数をカウントダウンし、残秒数が 0 秒になった場合に次の灯色に遷移させる。
信号情報の配信（先読み） 現在と次のサイクル 次サイクルとして必要なのは、先頭灯色とその最小秒数	I T S 無線路側機の信号情報と同等の通信インタフェースにより実現する。
ゆらぎ時間の規定 ±300msec 以内 遅延時間は規定しない。	信号情報を絶対時刻とすることで、通信遅延の影響を受けない方式とする。 灯色変化時の誤差の最小、最大、平均及び標準偏差を計測し、ゆらぎ時間を評価する。 定常的な遅延時間に関しては、補正可能であるため、今年度の検証では重視しない。
サイクル時間の確定 ① 不定時間をなくす。 ② 不確定時は最大・最小秒数を出力。 灯色〇〇秒前までに確定	サイクル開始後、サイクル時間が決定された後直ちに確定した信号情報を編集する。サイクル時間決定までは、最大残秒数・最小残秒数の幅付きで出力する。 集中制御機では I T S 無線路側機と同様 S 10 インタフェースを使うことで実現する。非集中制御機は時限表により実現する。 感応ステップで秒数が確定した場合（最大残秒数＝最小残秒数となった場合）、直ちに信号情報を配信する。
配信情報の信頼性確保 （フェールセーフ機能追加） ① 信号灯色と配信情報の一致性を確認する仕組みを入れる。 ② 一致しない場合には、異常状態を通知する仕組みを入れる。	灯色を P 10 インタフェース又は灯色信号を監視することで実現できる。異常状態の通知方法については、未決定のため、今年度の検証では重視しない。

(2) 技術要件

制御機方式では信号情報編集装置・信号情報センター間、及び信号情報センター・車載機間の通信仕様を決める必要がある。本検証では表 3-2 に示す比較表において4つの方式を比較し、多対多通信に優れ、軽量プロトコルであるMQTT方式を選定した。

表 3-2 通信方式の比較検討

方式 項目	TCP/IP方式	UD方式	MQTT方式	HTTP方式
交通管制システムにおける現在の用途	中央装置の装置間 インタフェース	中央装置・端末間 インタフェース		
プレゼンテーション層		UD 形符号化規格		
再送	TCP 層で保証されるため、アプリでの再送不要。	応答パケットに対するタイムアウトにより、実施	QoS として指定 0:再送なし 1:再送あり 2:再送あり、送信確認あり	TCP 層で保証されるため、アプリでの再送不要。
オーバーヘッド	TCP ヘッダ=20byte IP ヘッダ=20byte 3way ハンドシェイク	UDP ヘッダ=8byte IP ヘッダ=20byte バンドシェイクなし	TCP/IP ヘッダ (40byte) + MQTT ヘッダ (最小 2byte) (ネットワーク層以下は別の実装も可能。)	TCP/IP ヘッダ (40byte) + http ヘッダ (最小 50byte)
メリット	信頼性が高い。	転送速度が速く、リアルタイム性に優れている	多対多の通信に適している。 リソースが限られた環境でも実装可能。 帯域幅の狭い、または信頼度の低いネットワークでも可。	ネゴシエーションが不要 HTML、画像、音声等のマルチメディアデータを格納できる。
デメリット	転送速度が遅い。	信頼性が低い。再送で UDP の欠点を補っているが、確実な伝送は保証されない		オーバーヘッドが大きく、帯域幅の狭いネットワークには適さない。
備考			I o T 通信として採用例多い	

制御機方式では信号情報編集装置・信号情報センター間、及び信号情報センター・車載機間の通信回線を決める必要がある。平成30年度に実施された「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)のうち自動運転システムにおけるV2X技術等を含む新たな通信技術の活用に関する調査」において自動運転システムで活用が見込まれるとされている4G LTEを本検証では採用する。この他、通信コスト低減のために、IoT向け通信として期待されるLPWAの採用を検討したが、現時点では本検証に利用できる通信機器が無かったため、通信遅延が大きい場合の信号情報精度を評価することを目的とし、低速回線である3G回線を用いることとした。表3-3にLPWA活用に関する検討結果を示す。

表3-3 LPWA活用に関する検討結果

方式 項目	非通信キャリア系			通信キャリア系	
	Sigfox	LoRaWAN	ELTRES	CAT.M1 (LTE-M)	NB-IoT
周波数帯	920MHz			700~2100MHz (LTEライセンスバンド)	
通信方向性	主に上り通信	双方向通信	上り通信	双方向通信	
通信頻度	140回以下/日 (上り) 4回以下/日 (下り)	無制限	最小1分間隔	無制限	
ペイロード	12byte(上り) 8byte(下り)	59byte	16byte	-(不定)	
通信速度	100bit/s(上り) 600bit/s(下り)	100bit/s-50kbit/s	6.35kbit/s	1Mbit/s	63kbit/s(上り) 27kbit/s(下り)
暗号化	ユーザで実施	○	○	○(LTE同等)	
通信コスト	安価	安価	安価	非通信キャリア系に比べて高価	
サービスエリア	国内人口カバー率94%	-	プレサービス中:東京都	国内人口カバー率99%	
活用に際しての課題	ペイロード、通信頻度が不足する。	ペイロードがやや小さい。	ペイロード、通信頻度が不足する。		

(3) ソフトウェア機能仕様

各装置のソフトウェア機能一覧を表 3-4 に示す。

表 3-4 各装置のソフトウェア機能一覧

		機能名	機能概要
信号情報編集装置	集中信号機用	時刻同期	L T E回線経由でN T Pにより時刻同期を行う。
		信号情報提供	S 10 インタフェースより受信した集中信号機の信号情報を編集し、信号情報提供センターへ送信する。信号情報には、編集時刻を付加する。
		感応交差点	感応交差点の信号情報は、最小残秒数、最大残秒数の幅付きで編集・送信する。 感応階梯の秒数確定後、直ちに最小残秒数、最大残秒数を幅なしの信号情報として編集し、送信する。
		閃光	閃光時には閃光状態について信号情報を提供する（本検証では、閃光時には信号情報を無効とする）。
	非集中信号機用	時刻同期	G P S時刻同期装置と接続を行い、時刻同期を行う。
		信号情報提供	非集中信号機の信号情報をC Tセンサーにより検知したサイクル開始時刻、及び時限表等を用いて編集し、信号情報センターに送信する。
		閃光	閃光時には閃光状態について信号情報を提供する（本検証では、閃光時には信号情報を無効とする）。
		設定	パタン情報、及び時限表等の信号情報に必要な必要な設定を設定する。
	共通機能	障害検知	制御機に障害があった場合、障害を検知し信号情報を編集する。
		ログ蓄積	提供した信号情報を蓄積する。
提供内容検証		提供した信号情報と対応する灯色の変化タイミングを比較し、正しく提供されたかどうかを検証する。誤りがあった場合、信号情報の提供を停止する。	
模擬信号情報センター	時刻同期	インターネット回線経由でN T Pにより時刻同期を行う。	
	信号情報等の受信機能	信号情報編集装置からL T E回線、または3 G回線経由で、信号情報を受信し、データベースに蓄積する。	
	信号情報配信	模擬車載機からの信号情報送信要求があった場合、最新の信号情報を配信する。信号情報編集装置から新たな信号情報を受信した場合、ただちに模擬車載機へ信号情報を配信する。模擬車載機から信号情報停止要求があった場合、信号情報の配信を停止する。	
	性能検証機能	数百の仮想信号情報編集装置を信号情報センターと接続し、信号情報センターの負荷を高くした場合でも機能実現に問題がないことの予備検証ができる機能を提供する。	
模擬車載機	時刻同期	L T E回線経由でN T Pにより時刻同期を行う。	
	信号情報要求	対象信号機を指定し、信号情報を信号情報センターに要求する。	
	信号情報受信	信号情報センターから信号情報を受信する。編集時刻と受信時刻から通信遅延時間を算出する。信号情報の編集時刻からの経過時間を考慮して残秒数を更新する。	
	残秒数更新	50msec 経過毎に残秒数を更新する。灯色と残秒数は、模擬車載機の画面で直ちにリフレッシュ表示する。	
	信号情報停止要求	交差点通過後、信号情報の停止要求を送信する。	

#### 4 検証方法

表 4-1 に検証システムで実施する検証項目の概要を示す。

表 4-1 検証項目概要

No	項目	概要
1	時刻精度検証	各装置の時刻精度を検証する。機器間の時刻差を計測する。 信号情報編集装置 2 は、GPS による時刻同期を主とするが、3G 回線経由で NTP により時刻同期した場合についても計測する。
2	信号情報提供の精度検証	提供した信号情報と信号制御実行情報を比較し精度検証する。 各装置の画面リフレッシュレートと動画（60fps）で検証できる 16.7msec 程度の計測分解能で計測する。 右折感応なし／右折感応ありの条件で精度計測する。 信号現示は各方式共通とし、複数の条件で実施する。
3	通信回線の遅延等の検証	通信回線における伝送遅延時間を計測する。 通信メッセージにデータ作成時間を含め、受信側でのデータ受信時刻との差で遅延時間を計測する。計測分解能は、1msec とする。
4	実現性検証	各方式で設定した実現性検証項目を実施する。

(1)時刻精度検証

NTP により時刻同期を行う機器は、コンソールに時刻同期を確認するコマンドを入力し、表示される項目により時刻精度を検証する。NTP により時刻同期を行う機器の時刻精度検証の構成を、図 4-1、図 4-2、図 4-4、及び図 4-5 に示す。使用する時コマンドと表示項目を表 4-2 及び表 4-3 に示す。

GPS により時刻同期を行う機器は、時刻同期を確認するコマンドがないため、現在時刻をコンソールに表示させ、同時に時刻精度が高いことが期待できる信号情報センターの時刻をコンソール画面に表示させ、スクリーンショットをとって両者を比較する。検証に当たっては、インターネット回線の通信遅延、コンソール画面のリフレッシュレート、動画のフレームレート等の影響を受ける可能性があることに留意する。GPS により時刻同期を行う機器の時刻精度検証の構成を、図 4-3 に示す。

表 4-2 Linux における時刻同期を確認するコマンドと主な表示項目

項目	説明	備考
時刻同期確認コマンド 1	chronyc sourcestats	
Offset	NTP サーバーの時刻とのずれ	時刻の誤差（瞬間値）
StdDev	Offset の標準偏差	時刻の誤差（統計値）
時刻同期確認コマンド 2	chronyc sourcestats	
Last sample	前回からの時計の修正量等を示す。	

表 4-3 Windows における時刻同期を確認するコマンドと表示項目

項目	説明	備考
時刻同期コマンド	w32tm /query /status /verbose	
ルート遅延	NTPサーバーとの往復通信時間 (秒)	通信遅延時間
ルート分散	NTPサーバーとの往復通信時間 (秒) の分散	
フェーズオフセット	NTPサーバーとのずれ(秒)	時刻の誤差 (瞬間値)

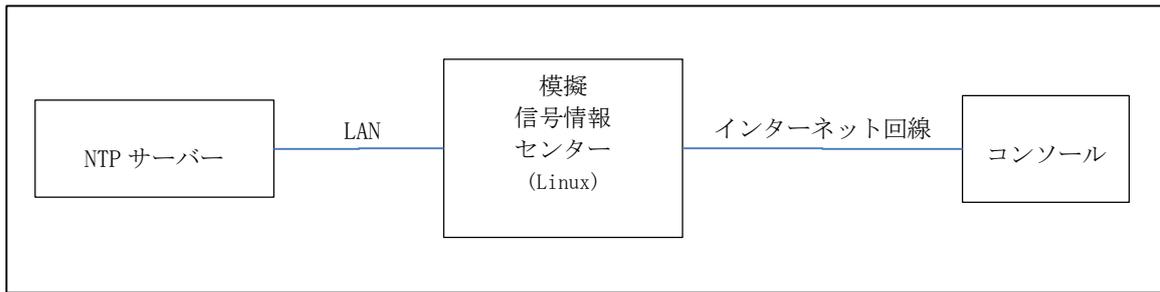


図 4-1 時刻精度検証の構成 (模擬信号情報センターの場合)

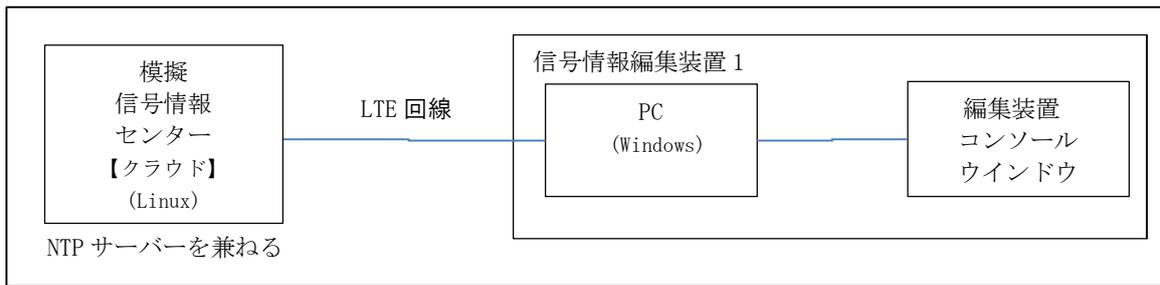


図 4-2 時刻精度検証の構成 (信号情報編集装置 1 の場合)

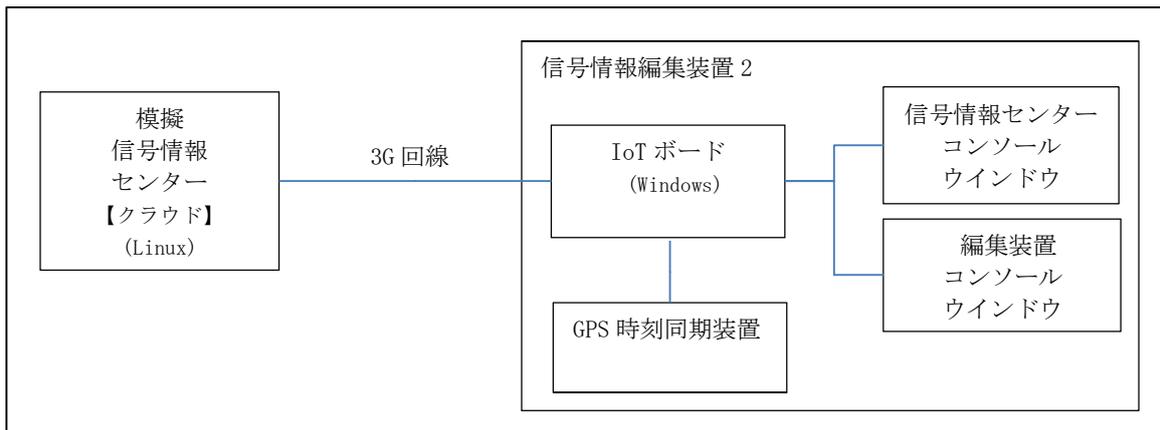


図 4-3 時刻精度検証の構成 (信号情報編集装置 2 GPS同期の場合)

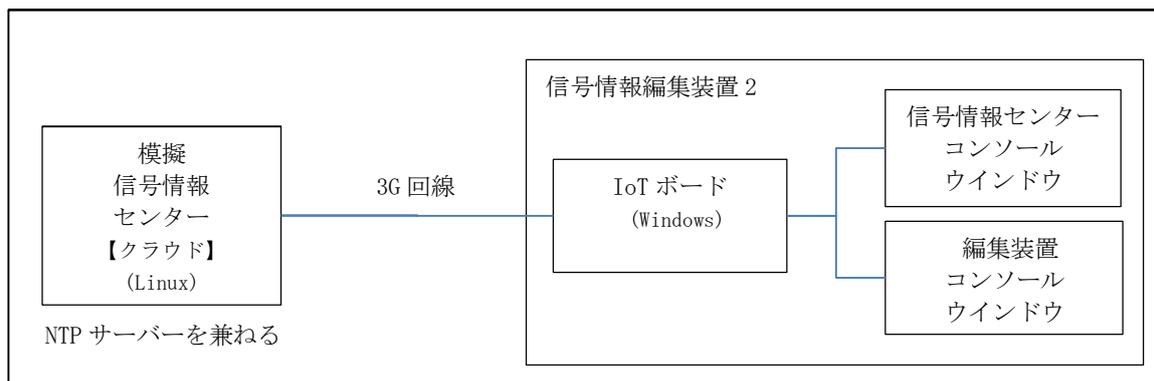


図 4-4 時刻精度検証の構成 (信号情報編集装置 2 NTP 同期の場合)

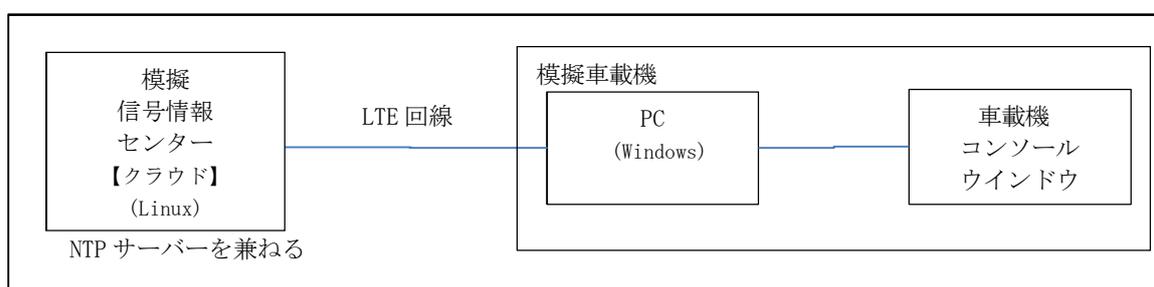


図 4-5 時刻精度検証の構成 (模擬車載機の場合)

## (2) 信号情報提供の精度検証

### (a) 概要

図 4-6 に集中制御の場合の信号情報提供の精度検証の構成を示す。集中制御方式では、交通管制センターからの指令に基づき、交通信号機において信号制御を行い、信号灯器に灯色を表示する。信号情報編集装置 1 により編集された信号情報は、信号情報センターを経由して、模擬車載機に送られる。模擬車載機は、画面上に灯色と残秒数を表示する。信号灯器と模擬車載機画面を動画撮影し、灯色変化前後の画面を確認し信号情報の誤差を得る。模擬車載機画面のリフレッシュレート、及び動画撮影のフレームレート (60fps) から、計測分解能は、16.7msec より大きくなることを前提として計測を行う。

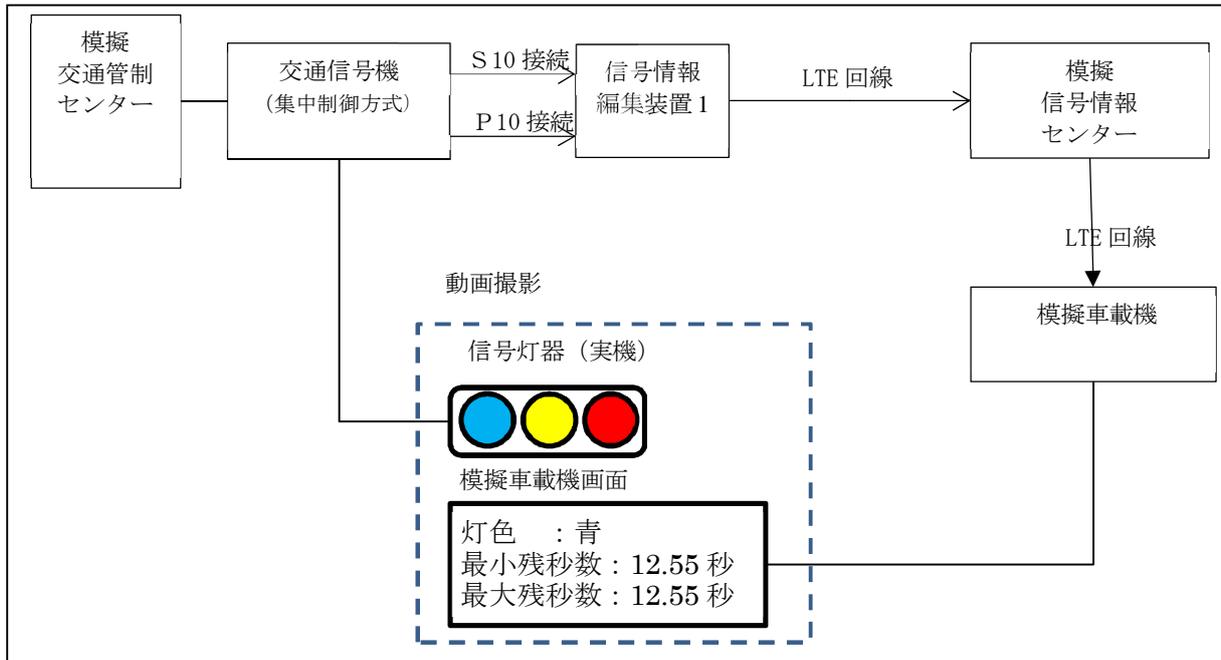


図 4-6 信号情報提供の精度検証の構成 (集中制御の場合)

(b) 信号現示

信号現示は、2018 年度に UTMS 協会が信号制御機及び ITS 無線路側機の信号情報精度計測実験で用いたものを用いる。信号現示は、標準的なデータサイズであるデータ 1 及び現実的にあり得る大きなデータサイズとなるデータ 2 の 2 種類を用いて計測を行う。

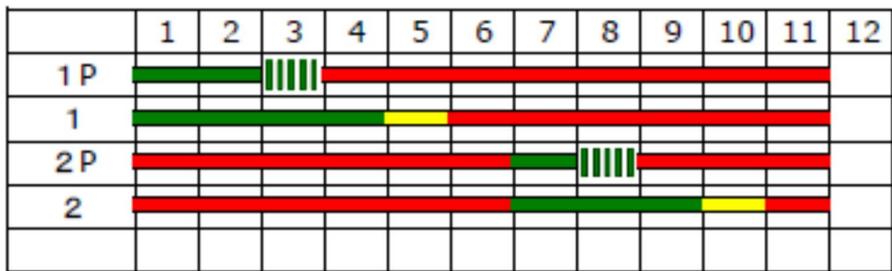


図 4-7 データ 1 (2 方路交差点)

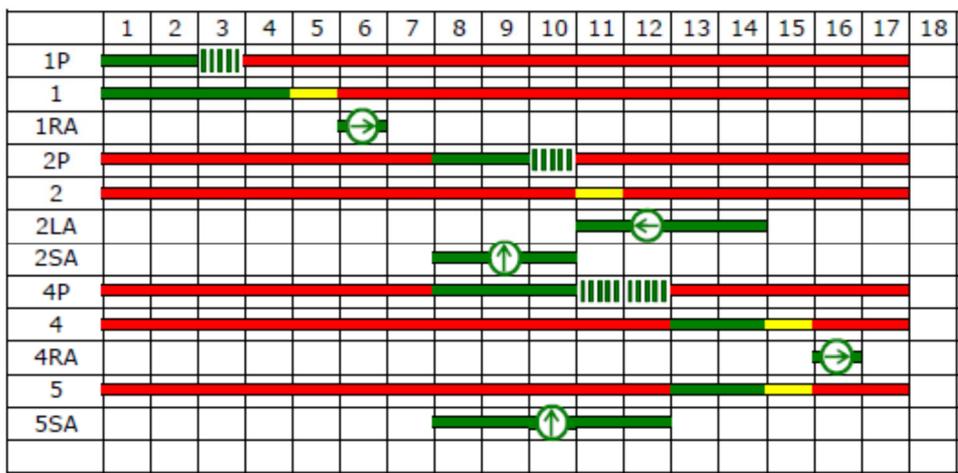


図 4-8 データ 2 (5 方路交差点)

(c) 計測方法

同一条件で、30回計測する。誤差の最大値、最小値、平均値、標準偏差を算出する。

(d) 計測条件

感応なしの計測条件を表 4-4 に示す。計測タイミングは、灯器の点灯と消灯で異なる可能性があるため、同一サイクルで計測し比較する。

感応ありの計測条件を表 4-5 に示す。感応動作が最大短縮（感知信号を OFF 状態とする）とし、感応階梯が確定した次の階梯で最大残秒数と最小残秒数が等しくなった信号情報を表示の場合、最大残秒数で誤差を計測する。

表 4-4 感応なしの計測条件

集中／非集中	信号現示	計測タイミング
集中制御	データ 1	1 階梯開始（方路 1 青開始）
		5 階梯開始（方路 1 終了）
		7 階梯開始（方路 2 青開始）
		10 階梯開始（方路 2 終了）
	データ 2	1 階梯開始（方路 1 青開始）
		5 階梯開始（方路 1 終了）
		11 階梯開始（方路 2 左矢開始）
		15 階梯開始（方路 2 左矢終了）
非集中制御	データ 1	1 階梯開始（方路 1 青開始）
		5 階梯開始（方路 1 終了）

表 4-5 感応ありの計測条件

集中／非集中	信号現示	計測タイミング	感応動作
集中制御	データ 2	第 7 階梯開始	第 6 階梯 1RA 最大短縮
集中制御	データ 2	第 7 階梯開始後の確定信号情報表示	

集中制御では、サイクル開始時に第 1 サイクルの残秒数が確定するための時間を要する。この時間が自動運転車両に影響する可能性は低いと考えるが、仕様化の材料として性能を計測する。表 4-6 に計測するタイミングを示す。

表 4-6 サイクル開始時の秒数確定タイミング計測

集中／非集中	信号現示	計測タイミング
集中制御	データ 1	サイクル開始から第 1 サイクルが最小残秒数＝最大残秒数で確定されるまでの時間
非集中制御	データ 1	サイクル開始から第 1 サイクルが最小残秒数＝最大残秒数で確定されるまでの時間

(3) 通信回線の遅延時間の計測

通信回線の遅延時間の計測方法を図 4-9 に示す。通信回線の遅延時間は、編集時刻と受信側での信号情報の受信時刻を用いて算出する。そのため、装置 A では編集された信号情報は直ちに送信され、また装置 B では受信した信号情報に対して直ちに受信時刻が付加されること、各装置の時計が同期していることを前提とする。

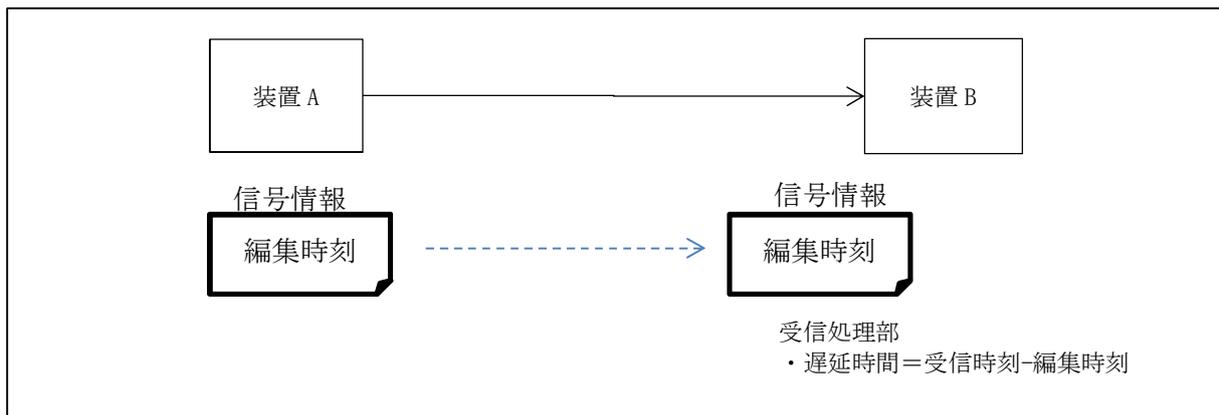


図 4-9 通信回線の遅延時間の計測方法

通信回線の遅延時間の計測対象区間を図 4-10 に示す。編集時刻は信号情報編集装置で付加するため、遅延時間(A)及び遅延時間(B)を計測対象とする。信号情報センターでの信号情報の転送時間は、信号情報編集装置が少ない本検証の環境では、1msec 以下で転送されることを確認しており、処理時間を無視できる。信号情報センター・模擬車載機間の通信遅延は遅延時間(B)と遅延時間(A)の差を算出することで間接的にわかる。

表 4-7 に通信遅延計測条件を示す。30 回の計測を行い、最大、最小、平均、標準偏差を算出する他、遅延時間の分布グラフを作成する。また、時間帯毎の遅延時間の変化を確認するため、30 秒に約 1 日間の通信遅延時間計測を行う。

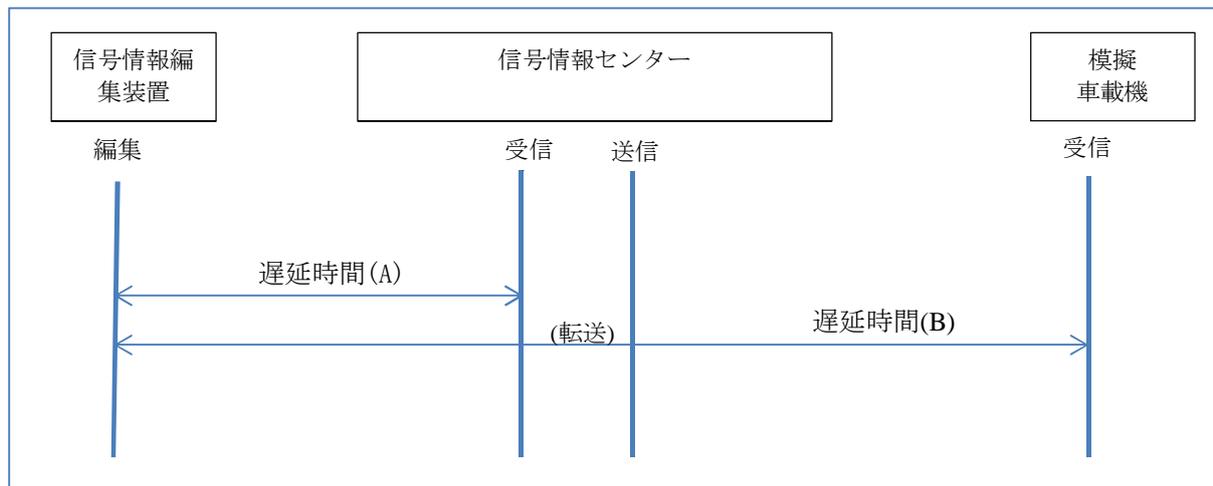


図 4-10 遅延時間の計測対象区間

表 4-7 通信遅延計測条件

対象区間	回線種別	計測回数
信号情報編集装置 1・模擬信号情報センター間	L T E	30
信号情報編集装置 1・模擬車載機間	L T E → L T E	30
信号情報編集装置 2・模擬信号情報センター間	3 G	30
信号情報編集装置 2・模擬車載機間	3 G → L T E	30
信号情報編集装置 1・模擬車載機間	L T E → L T E	(30 秒毎、約 1 日間)

#### (4) 実現性検証

表 4-8 に実現性検証の検証項目と検証方法を示す。本検証の主目的は、管制方式、集中方式、制御機方式の比較を行い、方式を選定することであるが、実施計画段階で設定した方式の実現性を検証する上で重要と考えられる検証項目に対する検証を行う。

表 4-8 実現性検証の検証項目と検証方法

検証項目	検証方法
絶対時刻による信号情報予定時間情報の生成方式検証	「信号情報提供の精度検証」により検証する。
閃光状態の通知機能検証	集中制御信号機、及び非集中信号機を手動閃光とし、閃光状態を通知できること。
障害検知機能検証	滅灯状態、異常閃光状態、回線断状態等を検知し、模擬車載機に通知できること。
信号情報センターにおける信号機増加による処理遅延の観点からの実現性の予備検証	信号情報センター内で仮想的な信号機を400基接続して、大きな処理遅延が生じないことを検証する。
信号情報（灯色の残秒数）と灯器の整合性を担保するための機能と機能配置に関する検証	信号情報編集装置の提供内容検証機能が正しく機能することを検証する。 信号情報センターの提供内容検証機能が正しく機能することを検証する。
交通信号機における既存インタフェース（S10、P10）の利用による実現性検証 （ITS無線路側機と同じインタフェースで実現することで、信号制御機に対する開発を不要とできることを検証）	「信号情報提供の精度検証」により検証する。
交通信号機における灯色信号と接続する方式の実現性検証（非集中制御方式の信号制御機と低コストで接続するための方式の検証）	CTセンサーを用いて灯色監視が行えることを検証する。非集中制御方式の「信号情報提供の精度検証」により検証する。

## 5 時刻同期検証結果

### (1) 模擬信号情報センター

模擬信号情報センターの時刻同期の結果として、Linux の `chronyc` コマンドにより得られた出力結果を表 5-1 及び表 5-2 に示す。同期先の NTP サーバーに対する時刻誤差(Offset 欄)は、1msec 以下の時刻誤差を示しており、また前回の時刻同期からの調整量 (Last sample 欄) も  $1\mu\text{sec}$  以下であることから、信号情報提供のための時計精度として十分高いと判断する。

表 5-1 `chronyc sources` コマンドの出力結果

210 Number of sources = 5								
Name/IP Address <sup>(1)</sup>	NP	NR	Span	Frequency	Freq Skew	Offset	Std Dev	
*1XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	6	3	97	+0.035	0.814	+41ns	8992ns	
2XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	6	4	77m	+0.054	0.112	+3560us	44us	
3XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	11	8	172m	-0.006	0.097	-261us	191us	
4XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	10	4	154m	+0.121	0.091	+2006us	155us	
5XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	7	4	189m	+0.036	0.158	+697us	150us	

注<sup>(1)</sup> Name/IP Address は、表示しないよう加工した。Name/IP Address の先頭の\*は、時刻同期を行っている NTP サーバーであることを示す。

表 5-2 `chronyc sourcestats` コマンドの出力結果

MS Name/IP address <sup>(1)</sup>	Stratum	Poll	Reach	LastRx	Last sample	
1XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	3	4	377	7	+528ns [ -328ns ]	+/- 390us
2XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	3	9	377	152	+3134us [ +3129us ]	+/- 62ms
3XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	2	10	377	522	-263us [ -250us ]	+/- 39ms
4XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	2	10	377	896	+1449us [ +1481us ]	+/- 32ms
5XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	2	10	347	1199	+648us [ +700us ]	+/- 50ms

注<sup>(1)</sup> Name/IP Address は、表示しないよう加工した。

### (2) 信号情報編集装置 1

信号情報編集装置 1 の時刻同期の結果として、Windows の `w32tm` コマンドにより得られた出力結果 30 回分の集計した結果を表 5-3 に示す。同期先の NTP サーバー (模擬信号情報センター) に対する時刻誤差(フェーズオフセット欄)は、5msec 以下の時刻誤差を示しており、信号情報提供のための時計精度として十分高いと判断する。NTP サーバーとの往復通信時間を示すルート遅延は比較的小さく、またルート分散も小さいことが、小さい時計誤差を裏付けるものとする。

表 5-3 `w32tm` コマンドの出力結果の集計結果

項目	フェーズオフセット (秒)	ルート遅延 (秒)	ルート分散 (秒)
最大	0.0017	0.0643	0.0287
最小	0.0003	0.0643	0.0287
平均	0.0008	0.0643	0.0287
標準偏差	0.0004		

備考 計測回数は30回、計測期間は約25分間。

### (3) 信号情報編集装置2

G P S時刻同期装置による時刻同期と3 G回線経由のN T Pによる時刻同期の時刻誤差の結果を表5-4、図5-1、表5-2、及び図5-5に示す。

G P S時刻同期装置による時刻同期では、同期先のN T Pサーバー（模擬信号情報センター）に対する平均的な時刻誤差が100msecであるが、平均的な誤差はG P S時刻同期装置の設定で調整可能であり、改善が可能である。誤差のばらつきは信号情報の誤差に影響を与える可能性があるが信号情報の誤差要件の±300msecに対して±100msec以内の時刻誤差であることが期待でき、十分小さい値と考える。

3 G回線経由のN T Pによる時刻同期では、平均的な誤差はほぼなく、誤差のばらつきについても±20msec以内の時刻誤差であることが期待できる。3 G回線は終了が予定されているため、採用はできないが、本結果は低速回線においてもN T Pによる時刻同期により十分な時刻精度が確保できる可能性を示すものとする。

表 5-4 G P S時刻同期装置による時刻同期の誤差

項目	時刻誤差 (秒)
最大	0.186
最小	0.052
平均	0.100
標準偏差	0.039

備考 計測回数は30回、計測期間は約12分間。

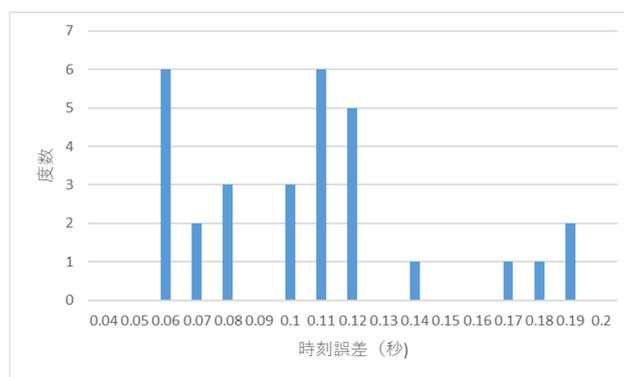


図 5-1 G P S時刻同期装置による時刻同期の誤差の分布

表 5-5 3G回線経由のNTPによる時刻同期の誤差

項目	フェーズオフセット (秒)	ルート遅延 (秒)	ルート分散 (秒)
最大	0.0158	0.4526	7.7807
最小	-0.0136	0.0938	0.0269
平均	0.0002	0.2417	0.2525
標準偏差	0.0031	0.0562	1.1794

備考 計測回数は104回、計測期間は約3時間。

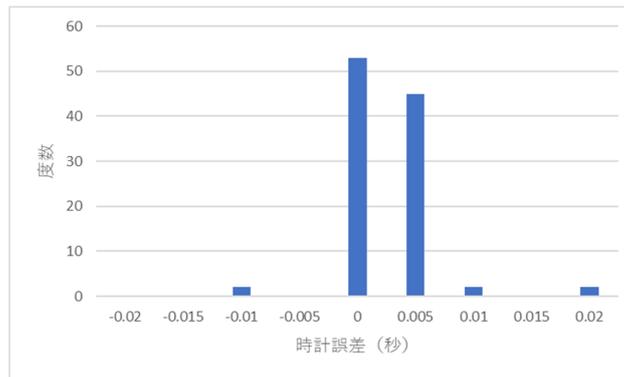


図 5-2 3G回線経由のNTPによる時刻同期の誤差の分布

#### (4) 模擬車載機

模擬車載機の時刻同期の結果として、Windows の w32tm コマンドにより得られた出力結果を表 5-6 に示す。同期先のNTPサーバー（模擬信号情報センター）に対する時刻誤差(フェーズオフセット欄)は、5msec 以下の時刻誤差を示しており、信号情報提供のための時計精度として十分高いと判断する。模擬車載機は、信号情報編集装置1と同じ回線、同じOSを使っており、概ね同等の時刻同期の結果となっている。

表 5-6 w32tm コマンドの出力結果

項目	値 (秒)
フェーズオフセット	-0.0030
ルート遅延	0.0597
ルート分散	0.2840

備考 計測回数は1回

## 6 信号情報提供の精度検証結果

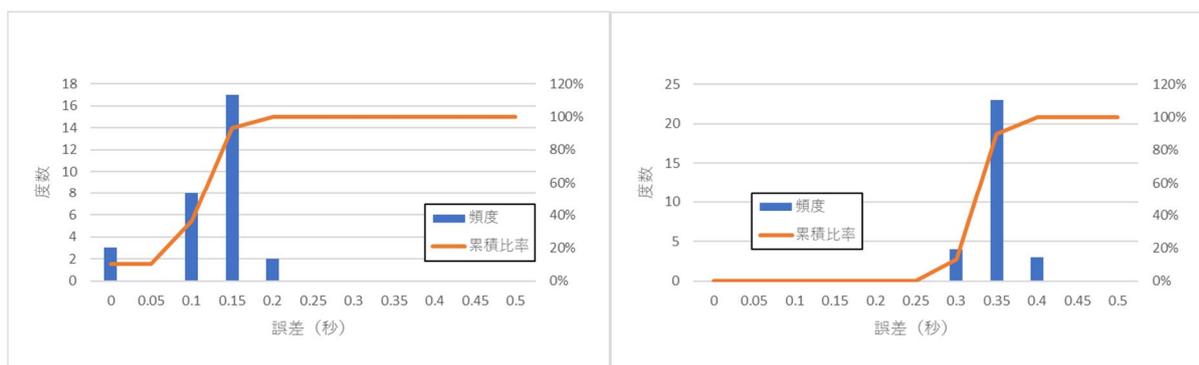
### (1) 集中制御機の信号誤差

信号現示1の信号誤差を30サイクル計測し、統計値を算出したものを表 6-1 に示す。また、図 6-1 に度数分布、及び累積比率のグラフを示す。

表 6-1 集中制御機（信号現示1）の信号誤差

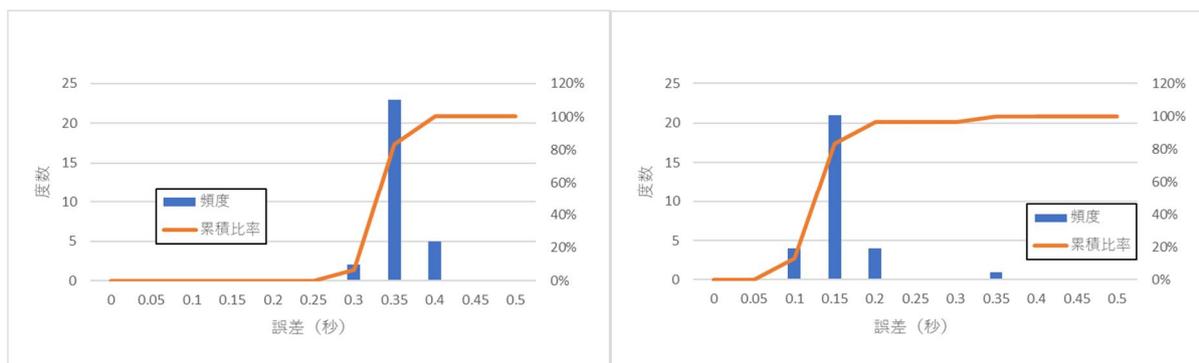
	1 階梯開始 (方路 1 青開始)	5 階梯開始 (方路 1 青終了)	7 階梯開始 (方路 2 青開始)	10 階梯開始 (方路 2 青終了)
最大値	0.19	0.37	0.38	0.34
最小値	0.00	0.29	0.29	0.10
平均値	0.11	0.33	0.34	0.14
標準偏差	0.04	0.02	0.02	0.04
測定回数	30	30	30	30

備考 単位は計測回数を除き、すべて秒。



(a) 1 階梯開始

(b) 5 階梯開始



(c) 7 階梯開始

(d) 10 階梯開始

図 6-1 集中制御機（信号現示 1）の信号誤差の分布状況

信号現示 2 の信号誤差を 30 サイクル計測し、統計値を算出したものを表 6-2 に示す。また、図 6-2 に度数分布、及び累積比率のグラフを示す。

表 6-2 集中制御機（信号現示 2）の信号誤差

	1 階梯開始 (方路 1 青開始)	5 階梯開始 (方路 1 青終了)	11 階梯開始 (方路 2 左矢 開始)	15 階梯開始 (方路 2 左矢 終了)
最大値	0.17	0.46	0.22	0.22
最小値	0.00	0.27	0.12	0.11
平均値	0.12	0.33	0.17	0.16
標準偏差	0.04	0.03	0.03	0.03
測定回数	30	30	30	30

備考 単位は計測回数を除き、すべて秒。

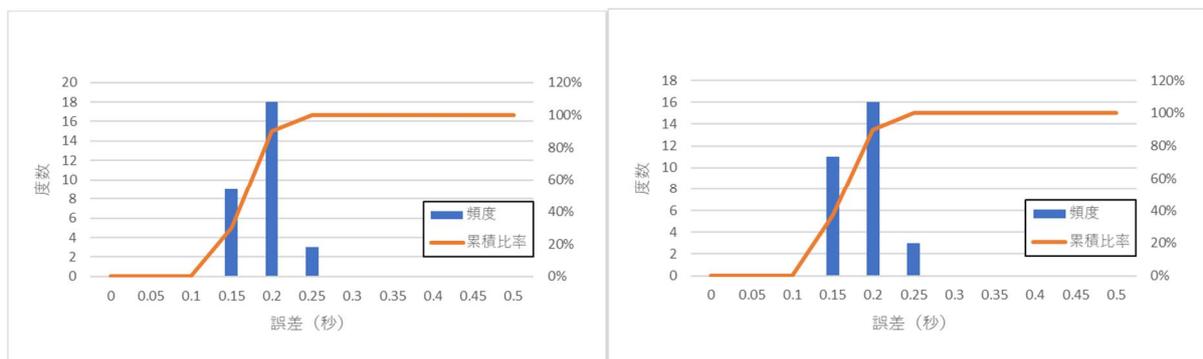
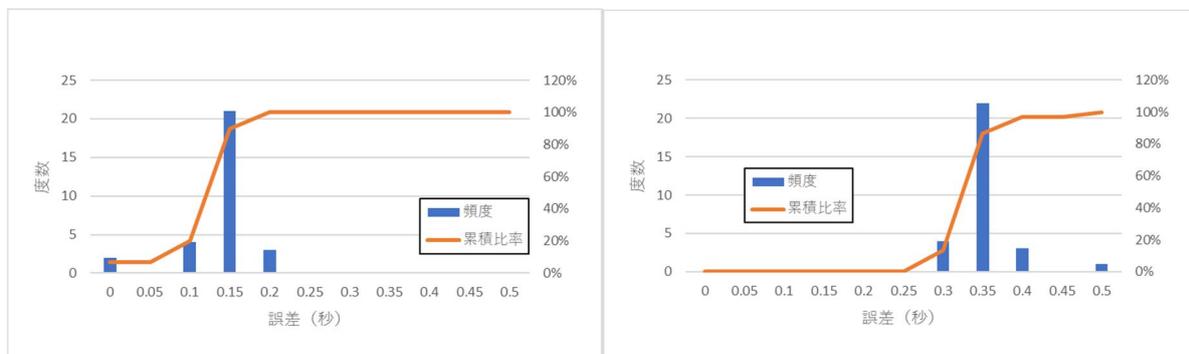


図 6-2 集中制御機（信号現示 2）の信号誤差の分布状況

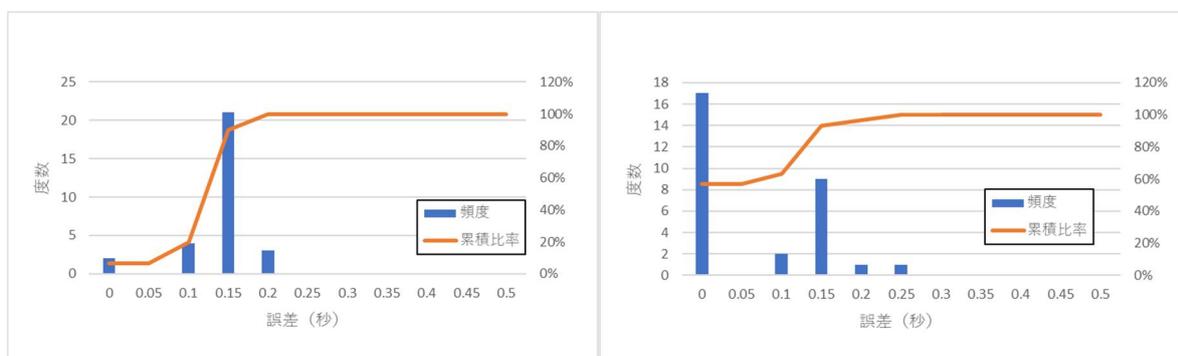
(2) 非集中制御機の信号誤差

信号現示1の信号誤差を30サイクル計測し、統計値を算出したものを表6-3に示す。また、図6-3に度数分布、及び累積比率のグラフを示す。

表 6-3 非集中制御機（信号現示1）の信号誤差

	1 階梯開始 (方路1 青開始)	5 階梯開始 (方路1 青終了)
最大値	0.34	0.24
最小値	0.00	0.00
平均値	0.12	0.06
標準偏差	0.07	0.07
測定回数	30	30

備考 単位は計測回数を除き、すべて秒。



(a) 1 階梯開始

(b) 5 階梯開始

図 6-3 非集中制御機（信号現示1）の信号誤差の分布状況

(3) 感応階梯確定後の信号情報提供

信号現示2の集中制御機において、第6階梯を感応階梯としてギャップ感応制御を行った。第7階梯開始時に、信号情報（最大残秒数、最小残秒数の幅なし）を模擬車載機で表示するまでの時間を確定遅れ時間として計測した。通信遅延と確定遅れ時間の関係を図6-4に示す。確定遅れ時間は通信時間に依存するが、本検証では1秒以内に収まっていることを確認した。

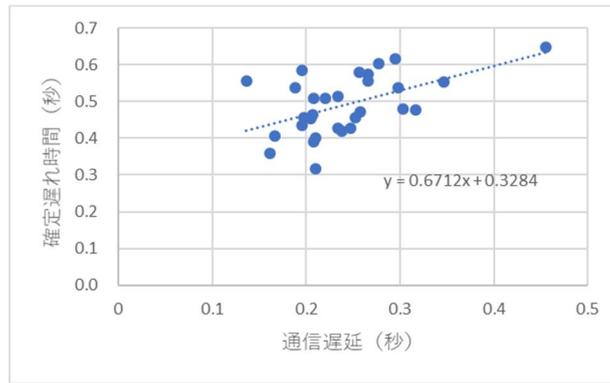


図 6-4 確定遅れ時間と通信遅延の関係

(4) サイクル開始時の秒数確定タイミング計測結果

サイクル開始時の秒数確定タイミング計測対象を図 6-5、計測結果を表 6-3 に示す。

信号情報編集装置での信号編集時間は集中制御機が約 450msec、非集中制御機が約 50msec と小さい値となっている。秒数確定までの時間は、通信遅延時間が大きく影響しているが 2 秒以内であり、確定秒数表示までの間、ジレンマゾーンが発生しない十分に大きな最小残秒数が提供されれば自動運転への影響はない考えられる。

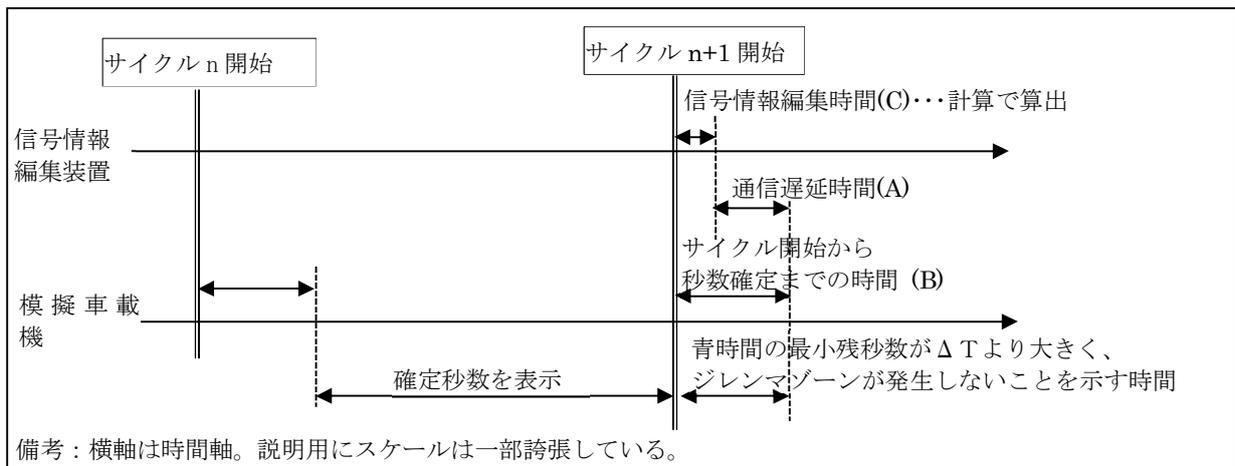


図 6-5 サイクル開始時の秒数確定タイミング計測対象

表 6-3 サイクル開始時の秒数確定タイミング計測結果

計測対象	集中制御機		非集中制御機	
	通信遅延時間(A)	サイクル開始から秒数確定までの時間(B)	通信遅延時間(A)	サイクル開始から秒数確定までの時間(B)
計測結果集計				
最大値	1.225	1.656	1.858	1.937
最小値	0.121	0.500	0.527	0.689
平均値	0.607	1.048	1.175	1.270
標準偏差	0.336	0.342	0.379	0.368
信号情報編集時間(C) <sup>(1)</sup>		0.441		0.45
測定回数	30		30	

備考 単位は計測回数を除き、すべて秒。

注 <sup>(1)</sup> サイクル開始から秒数確定までの時間(B)の平均値から通信遅延時間(A)の平均値を減算したもの。

(5) 考察

機能要件の「ゆらぎ時間が±300msec 以内であること」に対して、本検証では信号誤差は 0～460msec の分布となっている。信号誤差の平均誤差は、固定的な処理遅延に起因するものと考えられる。例えば、集中制御機の平均誤差は、非集中制御機の平均誤差より大きな値となっているが、これはS10 インタフェースの出力の処理遅延であると考えられる。固定的な処理遅延への対応として、信号情報の編集時に残秒数を調整することで信号誤差の平均を0秒に近づけることが可能である。このような対策により、本方式は、機能要件を満たせるものとする。

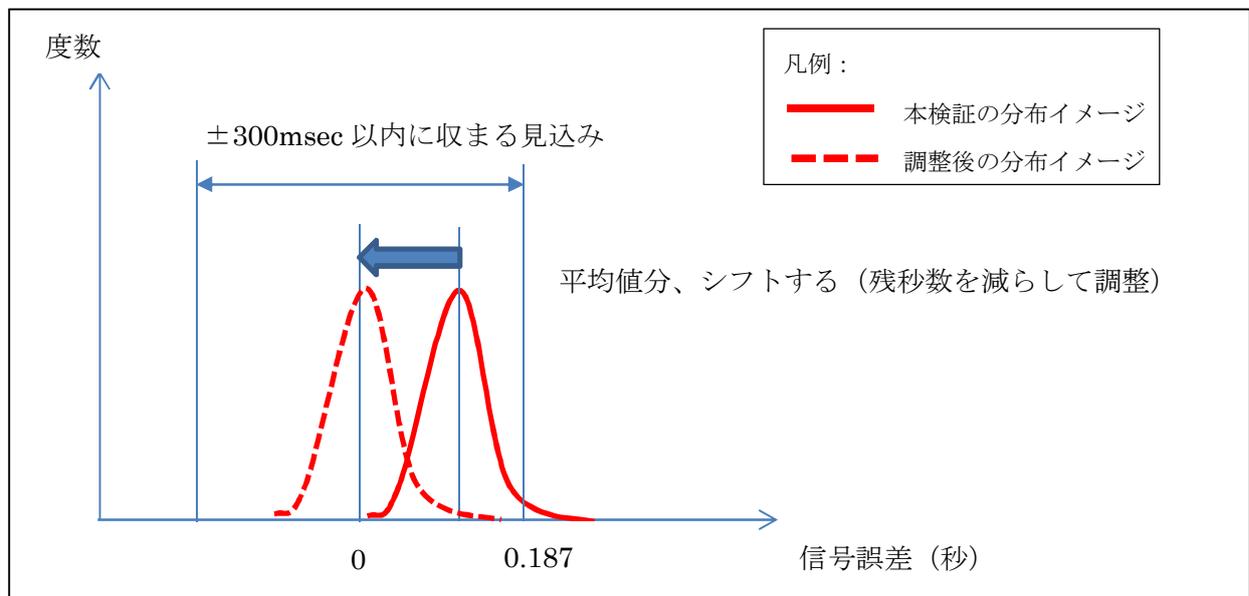


図 3.3.6-5 本検証結果と機能要件のゆらぎ時間と関係

## 7 通信回線の遅延等の検証結果

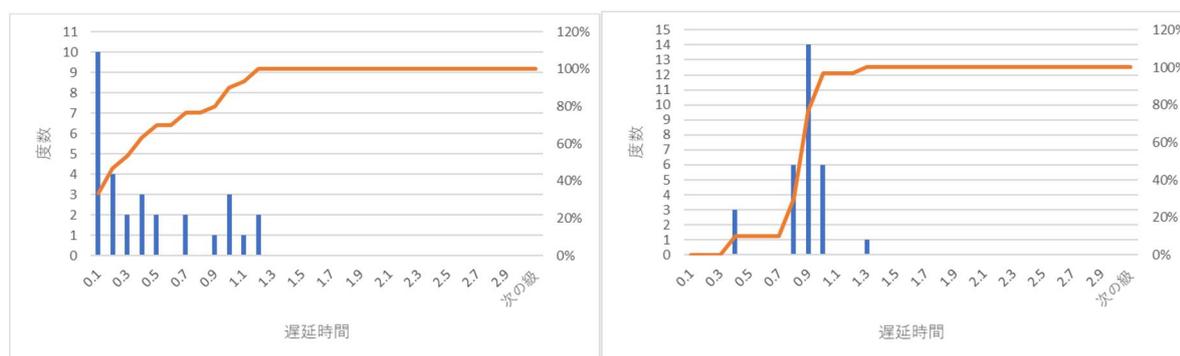
### (1) 信号誤差計測時の通信遅延

信号誤差計測と合わせて、通信遅延（信号情報編集装置～模擬車載機）を計測した結果を示す。データ数がやや少ないため、遅延時間分布には偏りが見られるが、LTE回線に関しては他方式の遅延時間分布と概ね同様の結果であるため、正しい通信環境で実験できていると判断する。

表 7-1 信号情報編集装置・信号情報センター間の通信遅延

項目	装置	信号情報編集装置 1 (集中制御機)	信号情報編集装置 2 (非集中制御機)
通信経路の回線種別		LTE回線	3G回線
最大値		1.17	1.26
最小値		0.03	0.35
平均値		0.40	0.81
標準偏差		0.39	0.18
測定回数		30	30

備考 単位は計測回数を除き、すべて秒。



(a) LTE回線 遅延時間分布

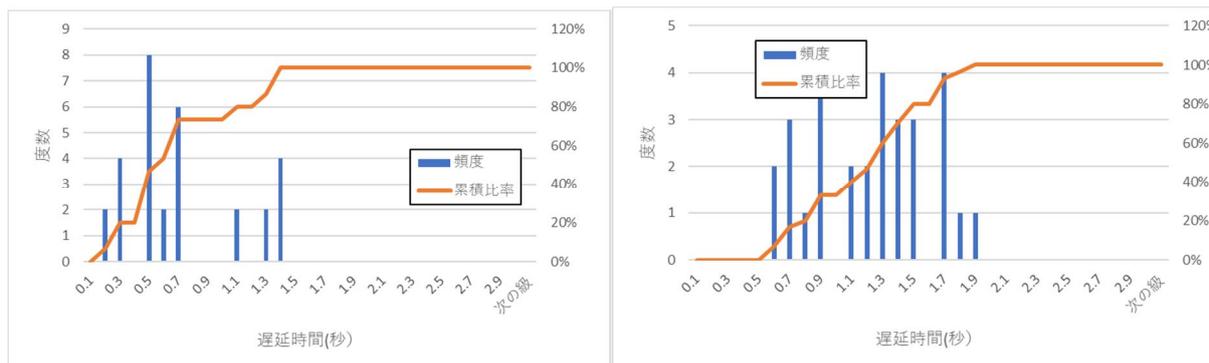
(b) 3G回線 遅延時間分布

図 7-1 信号情報編集装置・信号情報センター間の通信遅延

表 7-2 信号情報編集装置・模擬車載機間の通信遅延

項目	装置	信号情報編集装置 1 (集中制御機)	信号情報編集装置 2 (非集中制御機)
通信経路の回線種別		LTE回線→LTE回線	3G回線→LTE回線
最大値		1.34	1.86
最小値		0.16	0.52
平均値		0.67	1.18
標準偏差		0.39	0.38
測定回数		30	30

備考 単位は計測回数を除き、すべて秒。



(a) L T E回線 遅延時間分布

(b) 3 G回線 遅延時間分布

図 7-2 信号情報編集装置・模擬車載機間の通信遅延

(1) 連続計測結果

1分毎に信号情報(約256バイト)を作成し、車載機に送信し、車載機側で遅延時間を計測した結果を図7-3に示す。1月13日(祝日)から14日(火曜日)にかけて計測し、1時間毎に集計し、平均、最小、最大値をプロットしたものである。L T Eの通信トラフィックが増えると思われる夕方から夜にかけて時間帯での通信遅延の増加や通信トラフィックが減るとと思われる深夜での通信遅延の減少などの傾向は本検証では見られなかった。どの時間帯でも、遅延時間にはばらつきがあること、平均遅延は概ね0.5秒前後を推移していることから、信号情報提供の精度検証を実施した時間帯による差異は無視できるものとする。

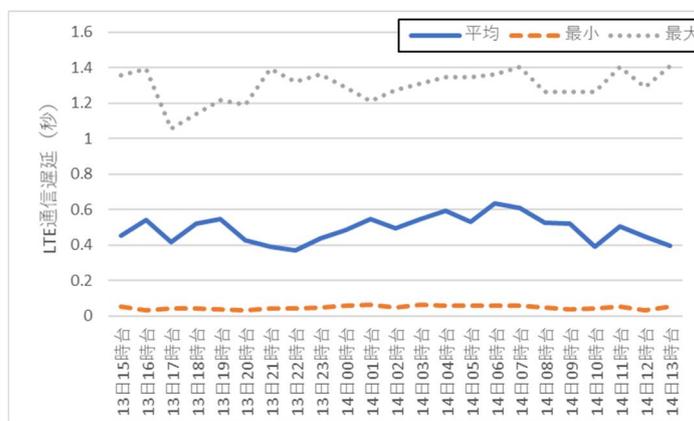


図 7-3 通信遅延の連続計測結果

## 8 実現性検証の検証結果

### (1) 検証結果一覧

表 8-1 に実現性検証の検証結果一覧を示す。

表 8-1 実現性検証の検証結果一覧（1 / 2）

検証項目	検証結果
絶対時刻による信号情報予定時間情報の生成方式検証	「信号情報提供の精度検証」において、絶対時刻により制御機方式が機能要件を満たせる方式であることを確認した。
閃光状態の通知機能検証	集中制御信号機は、手動閃光後直ちに信号情報を無効として送出していることを確認した。 非集中信号機は、手動閃光後、次の信号情報を無効として送出していることを確認した。 信号情報の編集方法は、“丸信号灯色表示“で黄点滅、赤点滅が定義されているが、残秒数の提供方法については明確になっていないため、今後検討が必要である。
障害検知機能検証	信号制御機の障害時は、閃光状態となるため、閃光状態の通知機能との整理が必要である。 信号情報編集装置・信号情報センター間の通信回線断については、信号情報センターでの信号情報監視が有効と考えられるが、本検証では実証は実施していない。
信号情報センターにおける信号機増加による処理遅延の観点からの実現性の予備検証	400 基の仮想信号機を接続し、最大でも 150msec 以下の遅延時間で信号情報を配信できることを確認した。数万台の信号機を接続できることを試算した。 1 台の信号機に接続する車載機を 100 台まで増やした場合の信号情報センターの信号情報の配信能力についても確認した。1 台あたり 10msec 程度の処理時間であり、今後の実証試験において、十分な配信能力をもつことを確認した。
信号情報（灯色の残秒数）と灯器の整合性を担保するための機能と機能配置に関する検証	信号情報編集装置において、信号情報と灯器の整合性を確認する機能を実現し、動作することを検証した。保守のための障害情報の通知方法、信号情報センターでの整合性確認機能については、さらなる検討が必要である。

表 8-1 実現性検証の検証結果一覧 (2 / 2)

検証項目	検証結果
交通信号機における既存インタフェース (S10、P10) の利用による実現性検証 (ITS無線路側機と同じインタフェースで実現することで、信号制御機に対する開発を不要とできることを検証)	「信号情報提供の精度検証」において、信号制御機を改造せず、既存インタフェースを利用して実現できることを確認した。
交通信号機における灯色信号と接続する方式の実現性検証 (非集中制御方式の信号制御機と低コストで接続するための方式の検証)	非集中制御方式の「信号情報提供の精度検証」において、CTセンサーを用いて灯色信号を監視することで実現できることを検証した。

(2) 信号情報センターの処理能力に関する確認

ア 試験方法

PC上の信号情報編集装置相当のテストプログラムから、信号情報センターにデータを送信する。少ない台数で実質的な負荷を高くするため、各プログラムは同時にデータ送信を行う (実際には1つのPCのため送信には遅れが生じる)。同様にPC上の車載機相当のテストプログラムから、各信号情報編集装置からの信号情報を受信し、受信タイミングから信号情報センターの配信機能を確認する。

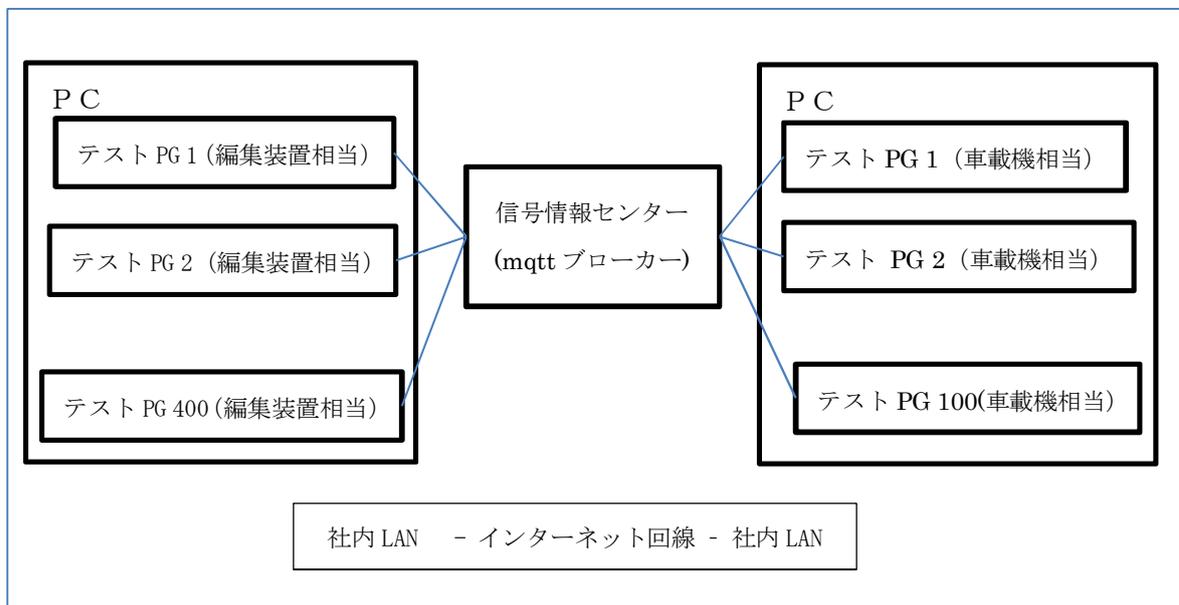


図 8-1 信号情報センターの処理能力の検証方法

イ 接続信号機数に関する性能調査

接続する信号情報編集装置数を増やして、信号情報センターの配信能力を確認した。400 台分を配信するのに、最大でも 150msec 以下となっている。信号周期を 120 秒とし、信号タイミング

に偏りがないとすると、

$$400 \text{ 台} / 150\text{msec} \times 1000\text{msec} / \text{秒} \times 120 \text{ 秒} = 32 \text{ 万台}$$

の信号情報編集装置を接続できる能力を持つと試算できる。実際には、信号情報センターの機能が増えること、信号情報の送信タイミングに偏りがあること、1周期あたりの信号情報送信が複数となること等があること等を考慮しなければならないため、信号情報編集装置を接続できる能力は1桁以上下がるものと推測する。

表 8-2 信号情報配信処理時間

配信処理時間	接続する信号情報編集装置数			
	100 台	200 台	300 台	400 台
最大 (msec)	96	123	121	143
最小 (msec)	38	51	39	80
平均 (msec)	56	80	82	94

#### ウ 車載機への配信に関する性能調査

1つの信号機に接続する車載機数を増やして、信号情報センターの配信能力を確認した。結果を図 8-2 に示す。100 台の車載機へ配信するのに、平均で 10msec 程度の処理時間となっている。

信号周期を 120 秒とし、信号タイミングに偏りがないとすると、

$$100 \text{ 台} / 10\text{msec} \times 1000\text{msec} / \text{秒} \times 120 \text{ 秒} = 120 \text{ 万台}$$

の車載機を接続できる能力を持つと試算できる。実際には、信号情報センターの機能が増えること、信号情報の送信タイミングに偏りがあること、1周期あたりの信号情報送信が複数となること等があること、信号情報編集装置の接続が必要なことから車載機を接続できる能力は下がるが、信号情報センターから車載機に配信するのは実証実験等に限定されるため、能力的な課題はないと考える。

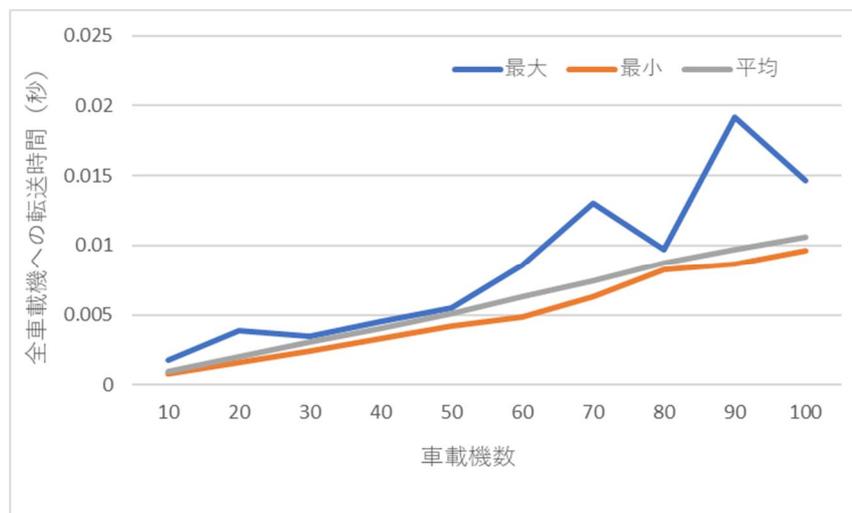


図 8-2 車載機数と信号情報の転送時間の関係

## 9 今後の課題

制御機方式における今後の課題を表 9-1 に示す。現時点では、信号情報編集装置 1（集中制御機）にだけ生じる課題はなく、信号制御編集装置 2、及び共通の課題について列挙する。

表 9-1 制御機方式に関する今後の課題

分類	課題	課題内容
信号情報編集装置 2（非集中制御機）	通信回線	通信回線の選択枝を増やすため、LTE以外の安価な通信回線による実現が望まれる。通信キャリア系LPWA等の通信機器の調査、及び検証が考えられる。
	GPSの必要性	NTPによる時刻同期が考えられるが、採用検討する通信回線で時刻同期の性能を検証し、GPSが必要となるかどうかを検証することが必要である。
	信号情報提供が困難な状態への対策	信号制御機の時刻が、時限表の時間帯の境目になった場合、信号情報編集装置 2 では、前の時間帯の信号情報となるか次の時間帯の信号情報となるか決定できない。自動運転で必要とされるジレンマゾーン発生を防ぐためのΔTだけ前の信号情報確定に向けた方策を検討することが必要である。
共通	通信経路	制御機方式は、直接信号情報センターに信号情報を送信する方式であったが、警察庁から交通管制センターを経由して信号情報センターと接続することの検討依頼が出された。
	通信アプリケーション規格	本検証では、DSSS用路車間通信アプリケーション規格をベースとした通信仕様で検証したが、他方式との共通仕様とはなっていない。今後は、選定された他方式と共通仕様で検証する段階と考える。
	閃光時の信号情報	閃光時の信号情報、通常制御から閃光制御への変更時、及び閃光制御から通常制御への変更時の信号情報の送信タイミングの仕様を確定し、実証することが必要である。
	障害通知機能検証	障害復旧用として障害情報を保守・運用者に通知する機能について検討が必要である。
	信号情報と灯器の整合性確認機能	制御機方式以外では、直接灯色を監視することができないため、本機能の実現は困難と推測する。本機能の必要性を確認し、他方式と整合した形で、機能実現方法、及び整合性確認レベルを検証する必要がある。
	リコール制御、感応制御などへの対応	リコール制御、感応制御等、自動運転で必要とされるジレンマゾーン発生を防ぐためのΔTだけ前の信号情報確定が困難な制御に対して、現状の信号制御の運用を変更して対処する方法を検討することが必要である。

別添資料 6

2020 年度モデルシステム仕様書(案)

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 (案)

(管制方式)

## 目 次

第1	総則	1
第2	概要	4
第3	機器仕様	5
第4	ソフトウェア	12
第5	試験調整	21
第6	検査	22

## 第1 総則

### 1 適用範囲

- (1) 交通管制センターに設置する「信号情報配信装置」、交通管制センター外のデータセンター設備に設置する「模擬信号情報センター」、可搬性のある「模擬車載器」及び設置に伴う既設中央装置の対応に適用する。

信号情報配信装置は、既設の交通管制システムと接続し、データベースから得られる信号制御情報に基づいた信号機の信号予定情報の生成を行い、模擬信号情報センターへの信号予定情報の提供を行う。

模擬信号情報センターは、信号情報配信装置より受信した信号予定情報の車両への配信を行う。

模擬車載器は模擬信号情報センターより受信した信号予定情報をもとに、灯色及び残秒数を表示する。

- (2) この仕様書による物品の製作にあたっては、この仕様書で定める規格を満足するほか、交通管制センターの機器と一体となって機能すること。また、既設の交通管制センター内の機器及び別途発注である機器設置工事との整合を満足するものでなければならない。

### 2 適用仕様書

本仕様書による物品の製作にあたっては、下記の仕様書に基づいて行うものとする。

- (1) 警察交通安全施設中央装置 共通仕様書（警交仕規第1004号）
- (2) 交通管制センター上位装置 共通仕様書（警交仕規第1005号「版2」）
- (3) 警察交通安全施設端末装置 共通仕様書（警交仕規第1001号）
- (4) 交通信号制御機仕様書（警交仕規第1012号「版4」）
- (5) UD形端末回線集約装置仕様書（警交仕規第1027号）

なお、本仕様書に適用される標準仕様及び規格等は、特に指定の無い限り最新版を適用すること。また、整備する機器間の通信に用いるインタフェース規格やアプリケーション規格については、本事業での検討結果を反映した規格を作成し、提出書類として提示すること。

### 3 疑義及び軽微な変更

設計図書に明記のない場合又は疑義のある場合、若しくは現場の納まり、取り合いなどの関係で設計図書によることが困難又は不都合な場合は、監督員と協議してその承認を受けること。

また、この変更に対する請負金額の増減は行わないものとする。

### 4 提出書類

機器の製作等にあたって下記の書類を提出するものとし、様式についてはA4版又はA3版（3ツ折）とする。

#### (1) 機器承認図面

ア 請負者は機器調達等に先立ち、下記の機器承認図書を3部提出して監督員の承認を受けるこ

と。

イ 請負者は、モデル事業に関する技術的実現手段及び制御内容について、監督員に十分な説明を行い、承認を受けること。

ウ 発注仕様書に基づき、請負者が定めた製造仕様、規格等の指定事項

エ 必要な装置別の定格（材質、形状等）、外観図（寸法、質量等）及び実装図

## (2) 試験成績書

ア 請負者は、製品検査時または完成検査時に試験成績書を検査員に提出すること。

イ 試験成績書は、仕様書に規定する規格、性能等が明らかにされていること。

## (3) 完成図書

ア 請負者は機器製作等が完了後、完成図書を指定部数速やかに検査員に提出すること。

イ 完成図書は、次の内容を含むこと。

システム構成図、系統図

機器外観図、寸法図

機器構造図

試験成績書

## (4) 取扱説明書等

ア 請負者は機器等の完成検査後、取扱説明書等を指定部数速やかに検査員に提出すること。

イ 取扱説明書は、運用者及び電気通信技術者を有する保守事業者が本装置の運用対応及び保守を行うことが可能な内容で、下記事項を記述すること。また、本装置納入後においても求めに応じて追加資料を提出すること。

(ア) 概説（総括、構成等の一般事項）

(イ) 規格（仕様、通信、その他の所要規格）

(ウ) 使用方法

(エ) 運用上の留意点

(オ) 保守（調整点検の要領、注意事項等）

(カ) 添付図面（外観図、実装・配置図、配線図等）

## 5 機器製作等に当たっての遵守事項

(1) 警察業務等に支障を生じないように十分注意すること。

(2) 仕様書、関係法規・諸基準等を遵守のうえ確実堅固・美観に留意して実施すること。

(3) 作業時間は監督員の指示による場合を除いて、原則として〇〇県の執務時間に関する規則（令和〇〇年〇〇県規則第〇〇号）に定める時間内に行うこと。

なお、時間外又は休日に作業を行う場合は、事前に監督員の承認を得ること。

(4) 仕様書に記載していない事項でも、構造上必要な場合は、監督員の指示により請負者において実施すること。

## 6 記録

監督員が指示した事項及び監督員と協議した事項については、記録を作成して監督員の確認を受けること。

但し、軽微な事項については、監督員の承諾を得て省略することができるものとする。

## 7 情報保護

- (1) 請負者は本機器の製作等に際して、知り得た知識、情報及び貸与資料等の第三者への漏洩を行ってはならない。
- (2) 設計図書、完成図書、取扱説明書等の関連資料は保秘上の管理を厳重にし、他の業務に利用してはならない。

## 8 製品規格

- (1) 製品規格表に規定した製品以外で請負者が相当品以上と認めたものは監督員の承認を得て使用することができる。
- (2) 製品規格表に指定する相当品の塗装色、製品色種別の選択できるものは、色見本を提出のうえ、監督員の承認を得ること。

## 9 規格等の変更

請負者は受注後において、技術進歩等により仕様書に規定する規格、性能及びソフトウェアなどに機能の向上があり、その製品を導入することが妥当と認められる場合は、監督員と協議して仕様書の規格等を変更できる。

## 10 補償

引渡し後1年以内に、請負者の施工方法又は材料・構成部品等の不良、及び工作物の不完全に起因すると認められる障害が生じた場合には、速やかに無償にて補償すること。また、障害発生後、1時間以内に現地作業を開始できる体制を通り、速やかに監督員に保守体制表を提出して承認を受けること。

## 11 教養

信号情報配信装置、模擬信号情報センター及び模擬車載機の操作方法等の運用及びシステムの管理について、運用監視前に運用者及びシステム管理担当者を対象とした教養を実施すること。

また、保守会社の担当者に対する教養を実施すること。

## 12 設定・調整

別途発注による機器設置工事完了後、信号情報配信装置、模擬信号情報センター及び模擬車載器への設定、調整を行うこと。また、既設システムへの定数設定、改修を行い、既設システムとの齟齬を生じさせないように、十分注意すること。

## 第2 概要

### 1 システム構成

本仕様書における本部交通管制センター及び模擬信号情報センター等の構成を下図に示す。

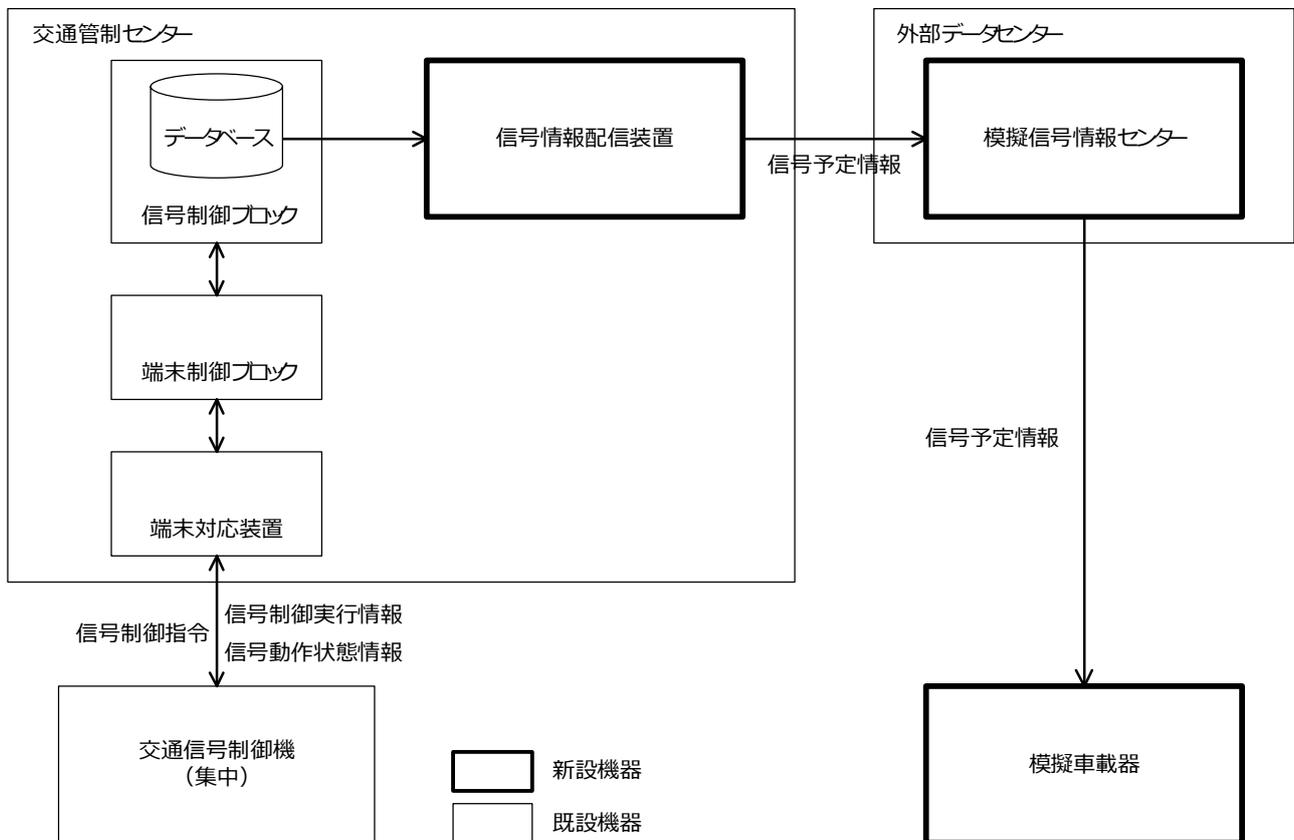


図 2-1 システム構成

## 2 概要

- (1) 本部センターに信号情報配信装置を導入する。
- (2) 信号情報配信装置と模擬信号情報センターを通信回線で接続する。
- (3) 既存の端末対応装置もしくは下位装置に接続されている交差点をモデル事業対象交差点と位置付ける。
- (4) 信号情報配信装置は、既設交通管制システムと接続し、交通管制システム全体として正常に動作するように対応する。
- (5) 信号情報配信装置は、既設信号制御ブロックのデータベースから情報を収集し、信号予定情報を生成し、模擬信号情報センターに送信できることを確認する。
- (6) 信号予定情報が出力できるようになった後、収容端末の総合的な動作確認試験を行う。
- (7) 動作確認完了後、模擬車載器を使った検証作業を行う。

### 第3 機器仕様

#### 1 機器共通仕様

本仕様を使用する機器は、次の条件を満たすこと。

- (1) 筐体そのほか外力が加わる部分は、堅牢で歪みを生じることなく使用上十分な強度を有すること。
- (2) 操作部分は、人間工学的に見て操作が容易で、かつ誤操作を生じにくい構造であること。
- (3) 動作中に火花を生じるおそれのある回路には、火花消去回路を付けること。
- (4) 装置の内部から生じる電気雑音によって誤作動しないこと。また、他の電気回路から生じる雑音によって誤作動しないこと。
- (5) 印刷配線基盤、接栓、継電器その他の挿し込み部品は、振動などにより脱落しない構造であること。
- (6) 構成部品は、信頼度が高く社内検査合格品であって、J I S等の標準規格のあるものについては、その規格に適合すること。
- (7) 部品は、使用条件の範囲で性能が低下することなく、また部品の定格は、動作条件に対し十分余裕があること。
- (8) 端子板は、所要の電線に確実に接続できること。
- (9) 半田付け、巻き付け、または圧着接続をする場合は、部品に過大な力が加わらないようにして確実に行い、不要の屑等は完全に取り除くこと。
- (10) 電子回路は、保守に便利な単位に分割して、ガラス、エポキシ樹脂又は同等以上の性能を有する基盤に印刷配線し、表面処理を行うこと。
- (11) 端子及び接栓又は接栓座間の配線は、電流容量が十分で耐熱性、絶縁性の優れた線材を使用し、配線の可動部分は、断線しにくいように保護すること。
- (12) 入出力線、電源線及び設置線は、相互干渉を生じさせないように接続し配線すること。
- (13) 配線は機器別に表示をすること。
- (14) 部品は、点検、修理、清掃が容易にできるよう組み立てること。
- (15) 動作状態の確認、試験及び点検上必要な場所に、試験端子を設けること。
- (16) インタフェース・データベース仕様は、既設装置にあわせること。
- (17) 将来の拡張を考慮した設計とすること。

#### 2 機器構成

- (1) 本仕様書で調達する機器の構成及び規格を下図及び下表に示す。各規格の詳細は監督員と協議を行い、事前に機器構成の承認図書を提出し指示を受けること。

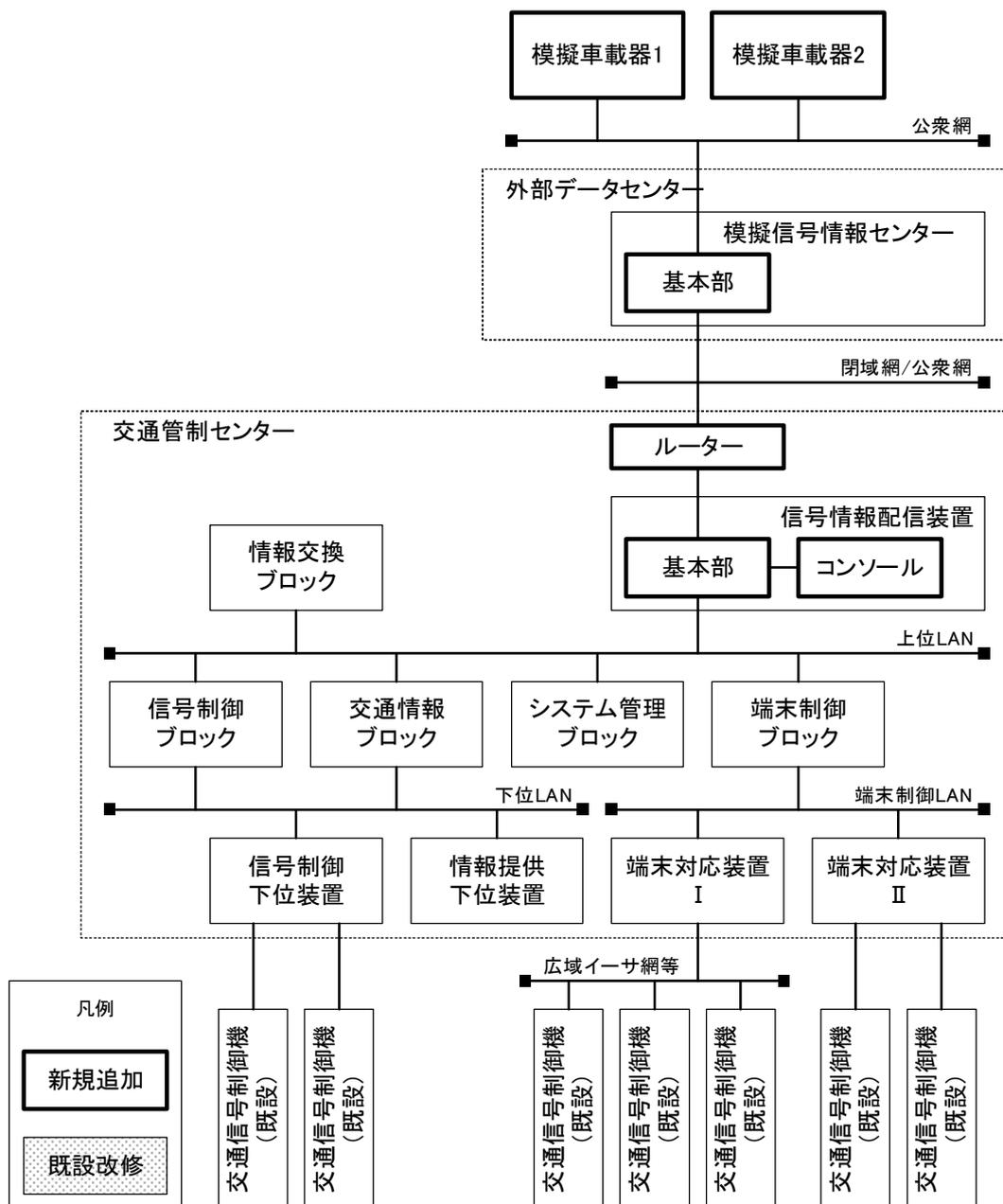


図 3-1 機器構成

表 3-1 納入機器

装置名	数量
信号情報配信装置	(1 式)
基本部	1 式
コンソール	1 式
ルーター	1 式
模擬車載器	2 式
模擬信号情報センター	(1 式)
基本部	1 式

- (2) 信号情報配信装置が実装される筐体寸法は下表の通りとする。ただし、ラック実装タイプを選択しなかった場合は、下表の通りとはしない。

表 3-2 筐体寸法

幅	奥行	高さ
600mm 以下	900mm 以下	2,000mm 以下

### 3 信号情報配信装置

本装置は、「警察交通安全施設下位装置 共通仕様書」に準拠する。ただし、本仕様書の記述内容が左記仕様書と異なる場合は、本仕様書を優先する。

#### (1) 処理規模

信号情報配信装置の処理規模は以下の通り。

表 3-3 処理規模

No.	項目	規模	備考
1	信号制御機数	2,048	

#### (2) 電気的条件

本装置の消費電力は、AC 100Vを印加時において下表の通りとする。

表 3-4 消費電力

項目	消費電力	備考
信号情報配信装置	4.5kVA	

### (3) 構成一覧

信号情報配信装置の構成を表 3-5 に示す。

本装置の構成は、19 インチラックサーバを想定している。

表 3-5 構成一覧

区分	品目	数量	備考
信号情報配信装置	基本部	1 式	ディスク：300Gbyte 以上 メモリ：8Gbyte 以上 OS：Red Hat Enterprise Linux 7.7 以上 ネットワーク：10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T LAN インタフェース 2 口以上
	コンソール	1 式	CPU 切替部：4 ポート以上 キーボード：106 キー（日本語） マウス：光学式センサ方式 ディスプレイ：17 インチ（SXGA）以上 液晶方式
	筐体	1 式	幅 600mm×高さ 2000mm×奥行き 900mm 以下
付属品	ケーブル類	1 式	
添付品	取扱説明書	3 部	
	試験成績書	2 部	
	予備品	1 式	

### (4) 基本機能

各構成部には、以下の基本機能を有すること。

#### ア 基本部

信号制御ブロック及び模擬信号情報センターとの間の通信制御ができ、信号予定情報等の演算処理ができること。また、既存交通管制システムに影響を与えない作りであること。

#### イ コンソール

基本部に対する各種操作環境の提供を行う。

## 4 ルーター

本装置は、信号情報配信装置と信号情報センター間のネットワーク接続に用いる。

表 3-6 ルーター仕様一覧

No.	項目	規模	備考
1	インターフェース	1000BASE-T/100BASE-TX/10BASE-T の LAN ポートを 4 個以上有すること。 1000BASE-T/100BASE-TX/10BASE-T の WAN ポートを 1 個以上有すること。	
2	LAN プロトコル	TCP/IP、UDP/IP、PPPoE、VLAN（IEEE802.1q）をサポートしていること。	
3	ルーティングプロ	スタティックルーティング/RIP/OSPF/BGP 及	

	トコル	びデフォルトルートでの設定が可能であること。	
4	その他機能	スタティック NAT 及び PAT 機能を有すること。	

## 5 模擬信号情報センター

本装置は「警察交通安全施設下位装置 共通仕様書」に準拠する。ただし、本仕様書の記述内容が左記仕様書と異なる場合は、本仕様書を優先する。

なお、本装置はクラウドサーバー上に構築するものとする。

### (1) 処理規模

模擬信号情報センターの処理規模は以下の通り。

表 3-7 処理規模

No.	項目	規模	備考
1	信号制御機数	10,240	

### (2) 構成一覧

模擬信号情報センターの構成を表 3-8 に示す。

表 3-8 構成一覧

区分	品目	数量	備考
模擬信号情報センター	基本部	1 式	ディスク：300Gbyte 以上 メモリ：8Gbyte 以上 OS：Red Hat Enterprise Linux 7.7 以上

### (3) 基本機能

模擬信号情報センターには、以下の基本機能を有すること。

- ・ 交通管制センターの信号情報配信装置との間の通信制御ができ、信号予定情報等の受信ができること。
- ・ 模擬車載器との間の通信制御ができ、信号予定情報等の配信ができること。

## 6 模擬車載器

本装置は、模擬信号情報センターに接続し、信号予定情報の配信を受け、本装置の画面上に受信した情報を表示するものである。

なお、本装置はノート PC やタブレット上に構築し、可搬性を持たせるものとする。

表 3-9 構成一覧

区分	品目	数量	備考
模擬車載器	基本部	2 式	ディスク：300Gbyte 以上 メモリ：8Gbyte 以上 OS：Microsoft Windows 10 以上、または Android

			9.0 もしくは iOS 12 以上
GPS モジュール	ケーブル類	2 式	
付属品	ケーブル類	2 式	

## 7 通信回線

本仕様書で調達する機器を用いた実験において、期間中に必要となる通信回線を準備すること。通信回線の種別および仕様については、実験前までに協議により決定すること。

## 第4 ソフトウェア

本仕様書で調達及び改修するソフトウェアの内容は次の通りである。

### 1 ソフトウェア機能構成

#### (1) 信号情報配信装置

信号情報配信装置のソフトウェア構成は、図 4-1 の機能を有する。

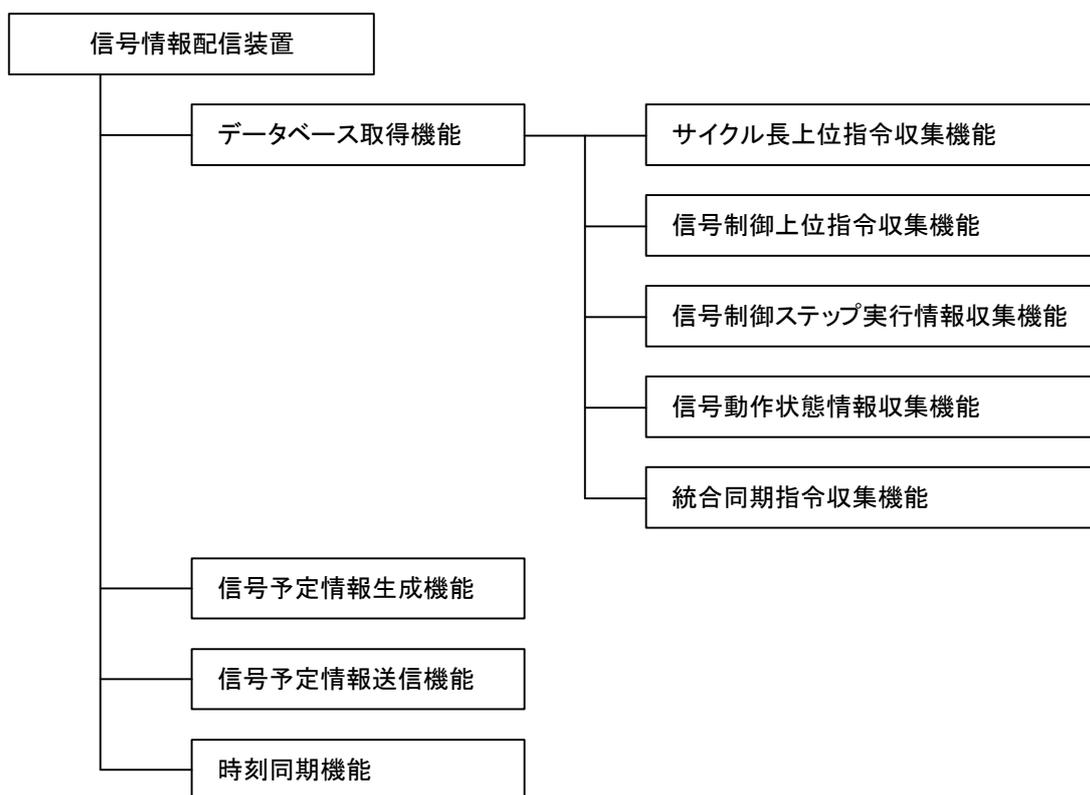


図 4-1 信号情報配信装置ソフトウェア構成

#### ア データベース取得機能

信号制御ブロックのデータベースから必要なテーブルのデータを取得する機能。

#### (ア) サイクル長上位指令収集機能

信号制御ブロックのデータベースに格納されたサイクル長上位指令を収集する機能。

#### (イ) 信号制御上位指令収集機能

信号制御ブロックのデータベースに格納された信号制御上位指令を収集する機能。

- (ウ) 信号制御ステップ実行情報収集機能  
信号制御ブロックのデータベースに格納された信号制御ステップ実行情報を収集する機能。
- (エ) 信号動作状態情報収集機能  
信号制御ブロックのデータベースに格納された信号動作状態情報を収集する機能。
- (オ) 統合同期指令機能  
信号制御ブロックのデータベースに格納された統合同期指令情報を収集する機能。
- イ 信号予定情報生成機能  
収集したサイクル長上位指令、信号制御上位指令、信号制御ステップ実行情報、信号動作状態情報を元に、信号予定情報を生成する機能。
- ウ 信号予定情報送信機能  
生成した信号予定情報を、模擬信号情報センターに送信する機能。送信データの形式は信号予定情報インタフェース仕様（MQTT プロトコル）による。
- エ 時刻同期機能  
ネットワーク上に設置された NTP サーバより時刻を収集し、自装置の時刻を同期させる機能。

(2) 模擬信号情報センター

本仕様書で調達する模擬信号情報センターは、交通管制センターに設置された信号情報配信装置より受信した信号予定情報を模擬車載器に対して配信する機能を有する。

模擬信号情報センターは、データセンター上に構築し、交通管制センターとは閉域網を用いて接続される。また、模擬車載器とは携帯端末網を用いて接続する。模擬信号情報センターのソフトウェア構成は、図 4-2 の機能を有する。

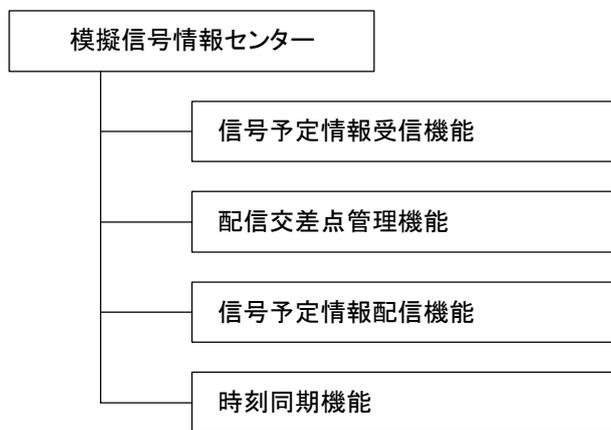


図 4-2 模擬信号情報センター ソフトウェア構成

- ア 信号予定情報受信機能  
模擬管制センターの信号情報配信装置から送信される信号予定情報を受信する機能。
- イ 配信交差点管理機能  
模擬車載器毎に信号予定情報を送信する交差点を管理する機能。模擬車載器からの配信要求交差点登録変更機能に応じて、車両ごとの配信交差点を管理する。  
なお、新たに登録交差点が増えた場合、増加した分の交差点については最新の信号予定情報を登録時に配信する。（信号予定情報配信機能を起動する）

#### ウ 信号予定情報配信機能

信号予定情報を模擬車載器に配信する機能。配信タイミングは以下の3通りの場合とする。

- ① 信号予定情報に更新があった場合
- ② 模擬車載器から信号予定情報要求があった場合
- ③ 配信交差点管理機能において新しい交差点の登録がされた場合

#### エ 時刻同期機能

ネットワーク上に設置されたNTPサーバより時刻を収集し、自装置の時刻を同期させる機能。

### (3) 模擬車載器

模擬車載器は、可搬型のパソコンとGPSモジュールによって構成され、模擬信号情報センターから受信した信号予定情報を元に、現在時刻や現在灯色、灯色の残秒数を画面上に表示する。模擬車載器のソフトウェア構成は、図4-3の機能を有する。

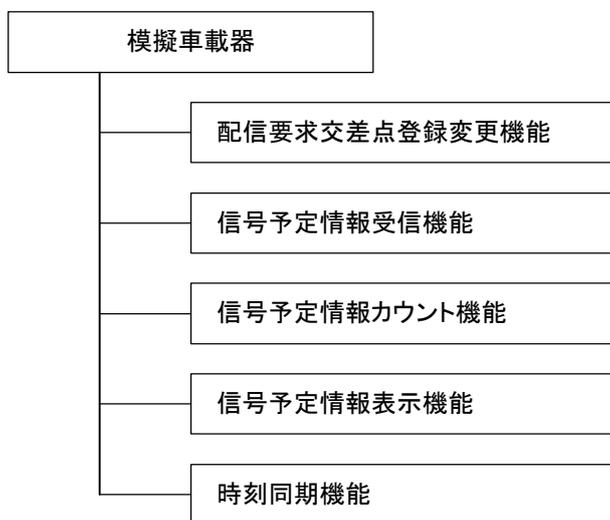


図 4-3 模擬車載器ソフトウェア構成

#### ア 配信要求交差点登録変更機能

信号予定情報を要求する交差点を模擬信号情報センターに登録する機能。また、信号予定情報を必要としなくなった交差点を模擬信号情報センターから削除する機能。

#### イ 信号予定情報受信機能

模擬信号情報センターから送信される信号予定情報を受信する機能。受信データの形式は信号予定情報インタフェース仕様（MQTTプロトコル）による。

#### ウ 信号予定情報カウント機能

受信した信号予定情報を用いて、現時点の灯色を算出する機能。

#### エ 信号予定情報表示機能

現在時刻や現在灯色、灯色打ち切りまでの時間等をコンソール上に表示する機能。

#### オ 時刻同期機能

GPSモジュールから時刻情報を収集し、PCの時刻を同期する機能。

## 2 定数設定

対象となる各装置に、必要となる定数を設定すること。

表 4-1 定数一覧

装置名称	定数分類	数量	備考
信号情報配信装置	交差点関係定数	1 式	
模擬信号情報センター	交差点関係定数	1 式	
模擬車載器	交差点関係定数	1 式	
	車両関係定数	1 式	

## 第 5 調整試験

### 1 単体試験

綿密な単体試験を行い、動作状況を確認すること。

表 5-1 単体試験対象装置

装置名称	試験内容
信号情報配信装置	第 4 に示す機能を満足すること。
模擬信号情報センター	
模擬車載器	

### 2 総合試験

単体試験実施後、各装置を接続して、総合的な試験を行い、正常に動作することを確認すること。  
各機器の調整完了後は、試験成績書を提出し、承認を受けること。

表 5-2 総合試験対象装置

装置名称	試験内容
信号情報配信装置	〇〇県警察本部交通管制システムの機能を満足すること。
模擬信号情報センター	
模擬車載器	
既設中央装置	
既設交通信号制御機	

## 第 6 検査

### 1 検査場所

検査は、原則として、請負者の工場において監督員が立会の上行う。

### 2 検査資料の提出及び検査方法の指示

検査に先立ち、次の資料を支出負担行為担当官に提出し、検査の具体的方法について指示を受けること。

(1) 立会検査申請書

(2) 社内検査成績書

(3) 検査日程表、検査手順、検査項目及び検査場所

#### (4) 検査設備、測定器、測定回路等の一覧表

### 3 検査の実施

- (1) 検査は、完成品について行う。
- (2) 検査は、請負者の設備を利用して行う。
- (3) 検査は、構成、構造、機能及び性能について行う。
- (4) 検査中に仕様書の規定に関して、解釈上の疑義が生じたときは、監督員の指示に従うこと。

## 第7 検証

### 1 時刻精度検証

時刻精度検証では、実験に使用する機器が計時している時刻情報の精度（GPSなどの基準時刻とのずれ）を検証する。

### 2 信号予定情報の精度検証

信号予定情報精度検証では、生成した信号予定情報の各灯色の秒数と、実際に表示される灯色の秒数とのずれを検証する。

### 3 通信回線の遅延の検証

通信回線の遅延時間は、信号予定情報の生成時刻と各装置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。

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 (案)

(集中方式②)

## 目 次

第1	総則	1
第2	概要	4
第3	機器仕様	5
第4	ソフトウェア	12
第5	試験調整	21
第6	検査	22

## 第1 総則

### 1 適用範囲

- (1) 交通管制センターに設置する「信号情報配信装置」、交通管制センター外のデータセンター設備に設置する「模擬信号情報センター」、交差点に設置する「モデル事業用交通信号制御機」、可搬性のある「模擬車載器」及び設置に伴う既設中央装置の対応に適用する。

信号情報配信装置は、既設の交通管制システムと接続し、モデル事業用交通信号制御機より受信した信号予定情報の提供を行う。

モデル事業用交通信号制御機は、サイクル開始時および可変階梯秒数確定時に信号予定情報を管制センターに送信する。

模擬信号情報センターは、信号情報配信装置より受信した信号予定情報の車両への配信を行う。模擬車載器は模擬信号情報センターより受信した信号予定情報をもとに、灯色及び残秒数を表示する。

- (2) この仕様書による物品の製作にあたっては、この仕様書で定める規格を満足するほか、交通管制センターの機器と一体となって機能すること。また、既設の交通管制センター内の機器及び別途発注である機器設置工事との整合を満足するものでなければならない。

### 2 適用仕様書

本仕様書による物品の製作にあたっては、下記の仕様書に基づいて行うものとする。

- (1) 警察交通安全施設中央装置 共通仕様書（警交仕規第1004号）
- (2) 交通管制センター上位装置 共通仕様書（警交仕規第1005号「版2」）
- (3) 警察交通安全施設端末装置 共通仕様書（警交仕規第1001号）
- (4) 交通信号制御機仕様書（警交仕規第1012号「版4」）
- (5) UD形端末回線集約装置仕様書（警交仕規第1027号）

なお、本仕様書に適用される標準仕様及び規格等は、特に指定の無い限り最新版を適用すること。また、整備する機器間の通信に用いるインタフェース規格やアプリケーション規格については、本事業での検討結果を反映した規格を作成し、提出書類として提示すること。

### 3 疑義及び軽微な変更

設計図書に明記のない場合又は疑義のある場合、若しくは現場の納まり、取り合いなどの関係で設計図書によることが困難又は不都合な場合は、監督員と協議してその承認を受けること。

また、この変更に対する請負金額の増減は行わないものとする。

### 4 提出書類

機器の製作等にあたって下記の書類を提出するものとし、様式についてはA4版又はA3版（3ツ折）とする。

#### (1) 機器承認図面

ア 請負者は機器調達等に先立ち、下記の機器承認図書を3部提出して監督員の承認を受けるこ

と。

イ 請負者は、モデル事業に関する技術的実現手段及び制御内容について、監督員に十分な説明を行い、承認を受けること。

ウ 発注仕様書に基づき、請負者が定めた製造仕様、規格等の指定事項

エ 必要な装置別の定格（材質、形状等）、外観図（寸法、質量等）及び実装図

## (2) 試験成績書

ア 請負者は、製品検査時または完成検査時に試験成績書を検査員に提出すること。

イ 試験成績書は、仕様書に規定する規格、性能等が明らかにされていること。

## (3) 完成図書

ア 請負者は機器製作等が完了後、完成図書を指定部数速やかに検査員に提出すること。

イ 完成図書は、次の内容を含むこと。

システム構成図、系統図

機器外観図、寸法図

機器構造図

試験成績書

## (4) 取扱説明書等

ア 請負者は機器等の完成検査後、取扱説明書等を指定部数速やかに検査員に提出すること。

イ 取扱説明書は、運用者及び電気通信技術者を有する保守事業者が本装置の運用対応及び保守を行うことが可能な内容で、下記事項を記述すること。また、本装置納入後においても求めに応じて追加資料を提出すること。

(ア) 概説（総括、構成等の一般事項）

(イ) 規格（仕様、その他の所要規格）

(ウ) 使用方法

(エ) 運用上の留意点

(オ) 保守（調整点検の要領、注意事項等）

(カ) 添付図面（外観図、実装・配置図、配線図等）

## 5 機器製作等に当たっての遵守事項

(1) 警察業務等に支障を生じないように十分注意すること。

(2) 仕様書、関係法規・諸基準等を遵守のうえ確実堅固・美観に留意して実施すること。

(3) 作業時間は監督員の指示による場合を除いて、原則として〇〇県の執務時間に関する規則（平成〇〇年〇〇県規則第〇〇号）に定める時間内に行うこと。

なお、時間外又は休日に作業を行う場合は、事前に監督員の承認を得ること。

(4) 仕様書に記載していない事項でも、構造上必要な場合は、監督員の指示により請負者において実施すること。

## 6 記録

監督員が指示した事項及び監督員と協議した事項については、記録を作成して監督員の確認を受けること。

但し、軽微な事項については、監督員の承諾を得て省略することができるものとする。

## 7 情報保護

- (1) 請負者は本機器の製作等に際して、知り得た知識、情報及び貸与資料等の第三者への漏洩を行ってはならない。
- (2) 設計図書、完成図書、取扱説明書等の関連資料は保秘上の管理を厳重にし、他の業務に利用してはならない。

## 8 製品規格

- (1) 製品規格表に規定した製品以外で請負者が相当品以上と認めたものは監督員の承認を得て使用することができる。
- (2) 製品規格表に指定する相当品の塗装色、製品色種別の選択できるものは、色見本を提出のうえ、監督員の承認を得ること。

## 9 規格等の変更

請負者は受注後において、技術進歩等により仕様書に規定する規格、性能及びソフトウェアなどに機能の向上があり、その製品を導入することが妥当と認められる場合は、監督員と協議して仕様書の規格等を変更できる。

## 10 補償

引渡し後1年以内に、請負者の施工方法又は材料・構成部品等の不良、及び工作物の不完全に起因すると認められる障害が生じた場合には、速やかに無償にて補償すること。また、障害発生後、1時間以内に現地作業を開始できる体制を通り、速やかに監督員に保守体制表を提出して承認を受けること。

## 11 教養

信号情報配信装置、模擬信号情報センター及びモデル事業用交通信号制御機の操作方法等の運用及びシステムの管理について、運用監視前に運用者及びシステム管理担当者を対象とした教養を実施すること。

また、保守会社の担当者に対する教養を実施すること。

## 12 設定・調整

別途発注による機器設置工事完了後、信号情報配信装置、模擬信号情報センター、モデル事業用交通信号制御機及び模擬車載器への設定、調整を行うこと。また、既設システムへの定数設定、改修を行い、既設システムとの齟齬を生じさせないように、十分注意すること。

## 第2 概要

### 1 システム構成

本仕様書における本部交通管制センター及び模擬信号情報センター等の構成を下図に示す。

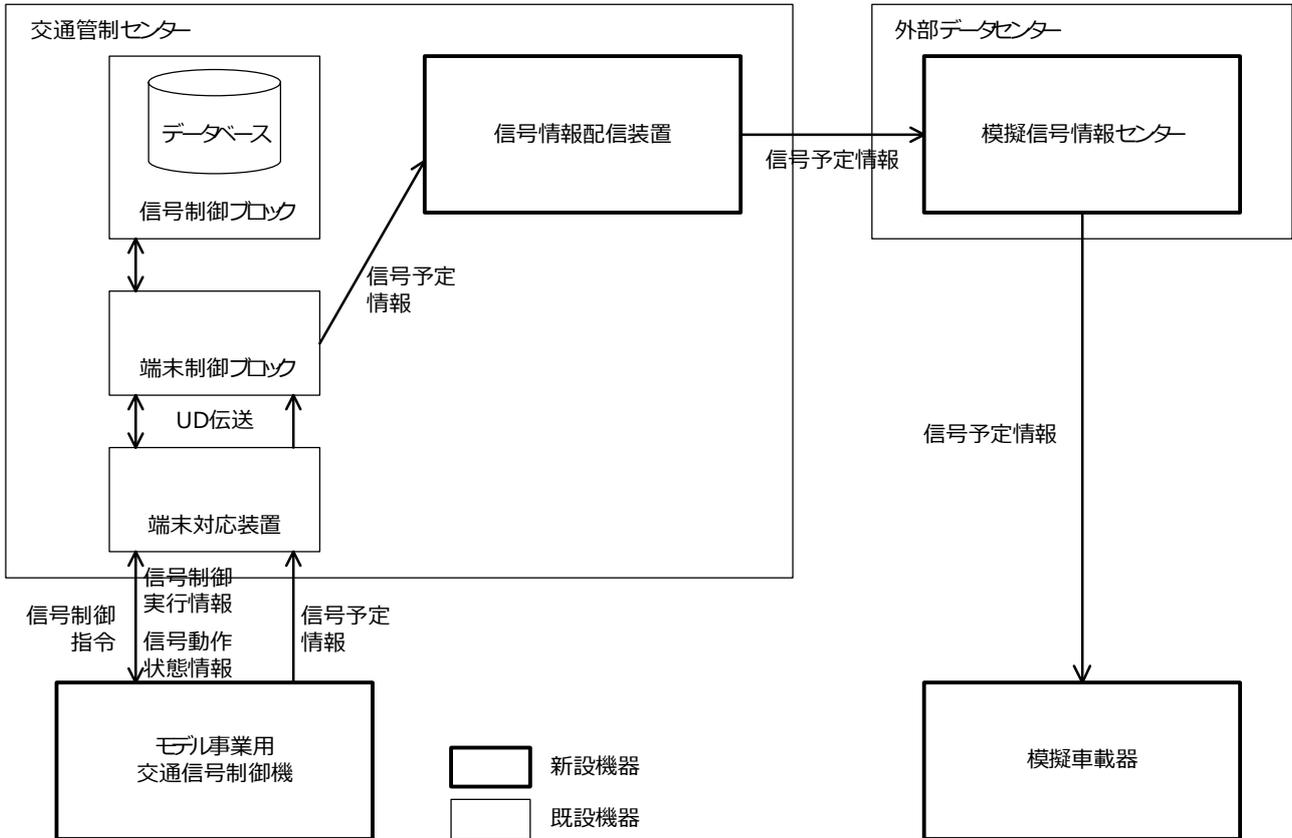


図 2-1 システム構成

### 2 概要

- (1) 本部センターに信号情報配信装置を導入する。
- (2) 信号情報配信装置と模擬信号情報センターを通信回線で接続する。
- (3) 既存の端末対応装置で制御している交差点をモデル事業対象交差点と位置付け、モデル事業用交通信号制御機に更新する。
- (4) 信号情報配信装置は、既設交通管制システムと接続し、交通管制システム全体として正常に動作するように対応する。
- (5) モデル事業用交通信号制御機は、自機において信号予定情報を生成し、通信基板経由で生成した信号予定情報を送信できることを確認する。
- (6) 既存の端末対応装置及び端末制御ブロックは、モデル事業用交通信号制御機から受信した信号予定情報を信号情報配信装置に転送できることを確認する。
- (7) 信号情報配信装置は、端末制御ブロックから受信した信号予定情報を、模擬信号情報センターに送信できることを確認する。
- (8) 端末機器等が設置された後、収容端末の総合的な動作確認試験を行う。
- (9) 機器設置工事完了後、模擬車載器を使った検証作業を行う。

### 第3 機器仕様

#### 1 機器共通仕様

本仕様を使用する機器は、次の条件を満たすこと。

- (1) 筐体そのほか外力が加わる部分は、堅牢で歪みを生じることなく使用上十分な強度を有すること。
- (2) 操作部分は、人間工学的に見て操作が容易で、かつ誤操作を生じにくい構造であること。
- (3) 動作中に火花を生じるおそれのある回路には、火花消去回路を付けること。
- (4) 装置の内部から生じる電気雑音によって誤作動しないこと。また、他の電気回路から生じる雑音によって誤作動しないこと。
- (5) 印刷配線基盤、接栓、継電器その他の挿し込み部品は、振動などにより脱落しない構造であること。
- (6) 構成部品は、信頼度が高く社内検査合格品であって、J I S等の標準規格のあるものについては、その規格に適合すること。
- (7) 部品は、使用条件の範囲で性能が低下することなく、また部品の定格は、動作条件に対し十分余裕があること。
- (8) 端子板は、所要の電線に確実に接続できること。
- (9) 半田付け、巻き付け、または圧着接続をする場合は、部品に過大な力が加わらないようにして確実に行い、不要の屑等は完全に除去すること。
- (10) 電子回路は、保守に便利な単位に分割して、ガラス、エポキシ樹脂又は同等以上の性能を有する基盤に印刷配線し、表面処理を行うこと。
- (11) 端子及び接栓又は接栓座間の配線は、電流容量が十分で耐熱性、絶縁性の優れた線材を使用し、配線の可動部分は、断線しにくいように保護すること。
- (12) 入出力線、電源線及び設置線は、相互干渉を生じさせないように接続し配線すること。
- (13) 配線は機器別に表示をすること。
- (14) 部品は、点検、修理、清掃が容易にできるよう組み立てること。
- (15) 動作状態の確認、試験及び点検上必要な場所に、試験端子を設けること。
- (16) インタフェースは、既設装置にあわせること。
- (17) 将来の拡張を考慮した設計とすること。

#### 2 機器構成

- (1) 本仕様書で調達する機器の構成及び規格を下図及び下表に示す。各規格の詳細は監督員と協議を行い、事前に機器構成の承認図書を提出し指示を受けること。

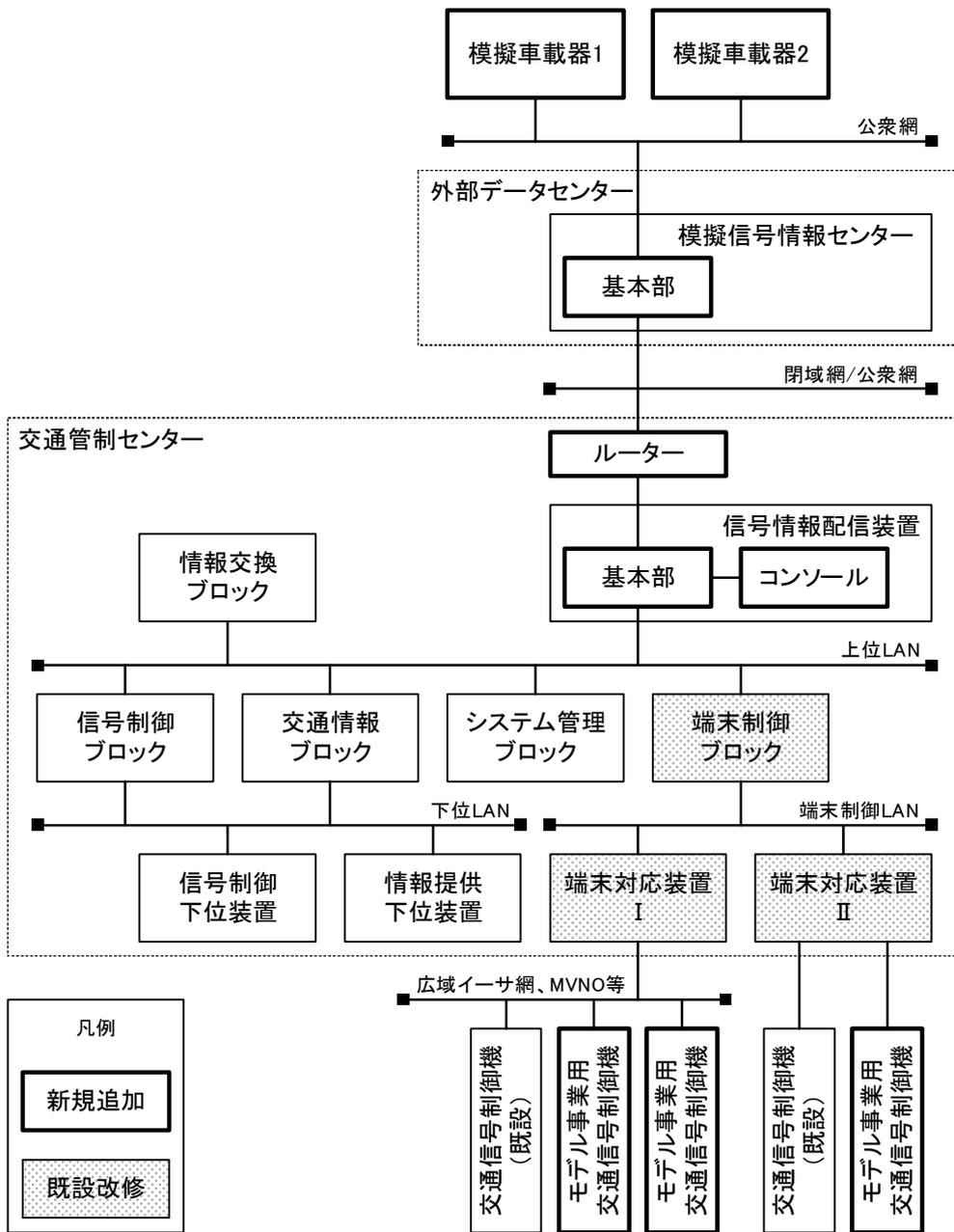


図 3-1 機器構成

表 3-1 納入機器

装置名	数量
信号情報配信装置	(1 式)
基本部	1 式
コンソール	1 式
ルーター	1 式
モデル事業用交通信号制御機	3 基
UD形送受信部 (UD-TTR)	3 式
模擬車載器	2 式
模擬信号情報センター	(1 式)
基本部	1 式

- (2) 信号情報配信装置が実装される筐体寸法は下表の通りとする。ただし、ラック実装タイプを選択しなかった場合は、下表の通りとはしない。

表 3-2 筐体寸法

幅	奥行	高さ
600mm 以下	900mm 以下	2,000mm 以下

### 3 信号情報配信装置

本装置は、「警察交通安全施設下位装置 共通仕様書」に準拠する。ただし、本仕様書の記述内容が左記仕様書と異なる場合は、本仕様書を優先する。

#### (1) 処理規模

信号情報配信装置の処理規模は以下の通り。

表 3-3 処理規模

No.	項目	規模	備考
1	信号制御機数	2,048	

#### (2) 電气的条件

本装置の消費電力は、AC 100Vを印加時において下表の通りとする。

表 3-4 消費電力

項目	消費電力	備考
信号情報配信装置	4.5kVA	

### (3) 構成一覧

信号情報配信装置の構成を表 3-5 に示す。

本装置の構成は、19 インチラックサーバを想定している。

表 3-5 構成一覧

区分	品目	数量	備考
信号情報配信装置	基本部	1 式	ディスク：300Gbyte 以上 メモリ：8Gbyte 以上 OS：Red Hat Enterprise Linux 6.5 以上 ネットワーク：10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T LAN インタフェース 2 口以上
	コンソール	1 式	CPU 切替部：4 ポート以上 キーボード：106 キー（日本語） マウス：光学式センサ方式 ディスプレイ：17 インチ（SXGA）以上 液晶方式
	筐体	1 式	幅 600mm×高さ 2000mm×奥行 900mm 以下
付属品	ケーブル類	1 式	
添付品	取扱説明書	3 部	
	試験成績書	2 部	
	予備品	1 式	

### (4) 基本機能

各構成部には、以下の基本機能を有すること。

#### ア 基本部

端末制御ブロック及び模擬信号情報センターとの間の通信制御ができ、信号予定情報等の送受信処理ができること。また、既存交通管制システムに影響を与えない作りであること。

#### イ コンソール

基本部に対する各種操作環境の提供を行う。

## 4 ルーター

本装置は、信号情報配信装置と信号情報センター間のネットワーク接続に用いる。

表 3-6 ルーター仕様一覧

No.	項目	規模	備考
1	インターフェース	1000BASE-T/100BASE-TX/10BASE-T の LAN ポートを 4 個以上有すること。 1000BASE-T/100BASE-TX/10BASE-T の WAN ポートを 1 個以上有すること。	
2	LAN プロトコル	TCP/IP、UDP/IP、PPPoE、VLAN（IEEE802.1q）をサポートしていること。	
3	ルーティングプロ	スタティックルーティング/RIP/OSPF/BGP 及	

	トコル	びデフォルトルートでの設定が可能であること。	
4	その他機能	スタティック NAT 及び PAT 機能を有すること。	

## 5 モデル事業用交通信号制御機

本装置は、「交通信号制御機仕様書」に準拠する。ただし、本仕様書の記述内容が左記仕様書と異なる場合は、本仕様書を優先する。

### (1) 基本機能

モデル事業用交通信号制御機は、「交通信号制御機仕様書」に規定された機能に加え、以下の基本機能を有すること。

- ・ 自機において、サイクル開始時および可変階梯秒数確定時等の信号灯色の継続秒数に変化の生じるタイミングで、信号予定情報の生成が行えること。
- ・ 自機において、現示状態や階梯番号変化時もしくは異常発生時等のタイミングで、信号動作状態情報の生成が行えること。
- ・ 生成した信号予定情報及び信号動作状態情報をUD形送受信部経由で端末対応装置へ送信できること。

## 6 UD形送受信部 (UD-TTR)

本装置は、警交仕規第 1027 号版 1 「UD形端末回線集約装置仕様書」及び版 1 「UD形送受信部規格」に準ずるものとする。

- (1) 端末回線送受信部の最大収容数は、4 端末装置（自装置を含む）とする。
- (2) 原則として、広域イーサネット回線に使用可能なUD形送受信部タイプ 3 (UD-TTR 3) とする。
- (3) 端末対応装置もしくは下位装置と接続する回線には、携帯電話網を利用すること。回線を冗長化するなどして可用性を高めるとともに、VPNを構築するなどセキュリティ対策を講じること。

## 7 模擬信号情報センター

本装置は「警察交通安全施設下位装置 共通仕様書」に準拠する。ただし、本仕様書の記述内容が左記仕様書と異なる場合は、本仕様書を優先する。

なお、本装置はクラウドサーバー上に構築するものとする。

### (1) 処理規模

模擬信号情報センターの処理規模は以下の通り。

表 3-7 処理規模

No.	項目	規模	備考
1	信号制御機数	10, 240	

### (2) 構成一覧

模擬信号情報センターの構成を表 3-8 に示す。

表 3-8 構成一覧

区分	品目	数量	備考
模擬信号情報センター	基本部	1 式	ディスク：300Gbyte 以上 メモリ：8Gbyte 以上 OS：Red Hat Enterprise Linux 7.7 以上

### (3) 基本機能

模擬信号情報センターには、以下の基本機能を有すること。

- ・ 交通管制センターの信号情報配信装置との間の通信制御ができ、信号予定情報等の受信ができること。
- ・ 模擬車載器との間の通信制御ができ、信号予定情報等の配信ができること。

## 8 模擬車載器

本装置は、模擬信号情報センターに接続し、信号予定情報の配信を受け、本装置の画面上に受信した情報を表示するものである。

なお、本装置はノート PC やタブレット上に構築し、可搬性を持たせるものとする。

表 3-9 構成一覧

区分	品目	数量	備考
模擬車載器	基本部	2 式	ディスク：300Gbyte 以上 メモリ：8Gbyte 以上 OS：Microsoft Windows 10 以上
GPS モジュール	ケーブル類	2 式	
付属品	ケーブル類	2 式	

## 9 通信回線

本仕様書で調達する機器を用いた実験において、期間中に必要となる通信回線を準備すること。通信回線の種別および仕様については、実験前までに協議により決定すること。

## 第 4 ソフトウェア

本仕様書で調達及び改修するソフトウェアの内容は次の通りである。

### 1 ソフトウェア機能構成

#### (1) 信号情報配信装置

信号情報配信装置のソフトウェア構成は、図 4-1 の機能を有する。

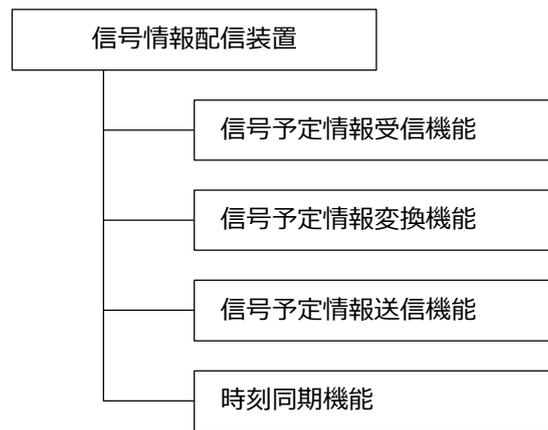


図 4-1 信号情報配信装置ソフトウェア構成

ア 信号予定情報受信機能

モデル事業用交通信号制御機から UD 伝送で送信されてきた信号予定情報を受信する機能。

イ 信号予定情報変換機能

受信した信号予定情報の形式を、MQTT プロトコルで模擬信号情報センターに送信する形式に変換する機能。

ウ 信号予定情報送信機能

生成した信号予定情報、もしくはモデル事業用交通信号制御機で生成され変換した信号予定情報を、模擬信号情報センターに送信する機能。送信データの形式は信号予定情報インタフェース仕様（MQTT プロトコル）による。

エ 時刻同期機能

ネットワーク上に設置された NTP サーバより時刻を収集し、自装置の時刻を同期させる機能。

(2) モデル事業用交通信号制御機

本仕様書で調達する端末装置（モデル事業用交通信号制御機）は、モデル事業用交通信号制御機仕様書によるものとし、信号予定情報の生成および送信が行えること。

本端末装置は、信号予定情報の生成および送信機能を有するが、下位装置もしくは端末対応装置からの指令により従来の遠隔制御を実施できること。

モデル事業用交通信号制御機のソフトウェア構成は、図 4-2 の機能を有する。



図 4-2 信号情報配信装置ソフトウェア構成

ア 信号予定情報生成機能

下位装置もしくは端末対応装置経由で信号情報配信装置に送信する信号予定情報を生成する機能。生成タイミングはサイクルの開始時および感応階梯の秒数確定時とする。

#### イ 信号予定情報送信機能

生成した信号予定情報を、下位装置もしくは端末対応装置に対し送信する機能。送信データの形式は信号予定情報インタフェース仕様（UD 伝送）による。

### (3) 模擬信号情報センター

本仕様書で調達する模擬信号情報センターは、交通管制センターに設置された信号情報配信装置より受信した信号予定情報を模擬車載器に対して配信する機能を有する。

模擬信号情報センターは、データセンター上に構築し、交通管制センターとは閉域網を用いて接続される。また、模擬車載器とは携帯端末網を用いて接続する。模擬信号情報センターのソフトウェア構成は、図 4-3 の機能を有する。

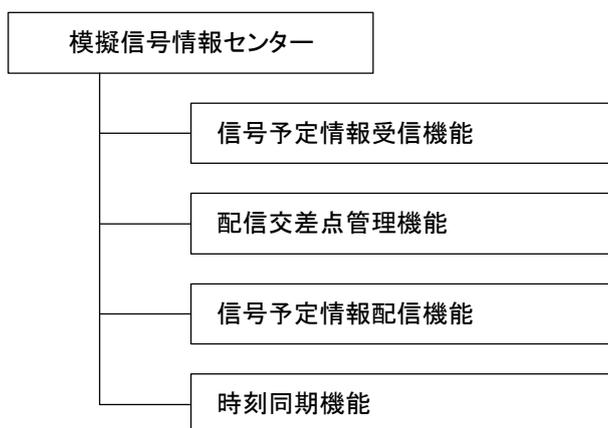


図 4-3 模擬信号情報センター ソフトウェア構成

#### ア 信号予定情報受信機能

模擬管制センターの信号情報配信装置から送信される信号予定情報を受信する機能。

#### イ 配信交差点管理機能

模擬車載器毎に信号予定情報を送信する交差点を管理する機能。模擬車載器からの配信要求交差点登録変更機能に応じて、車両ごとの配信交差点を管理する。

なお、新たに登録交差点が増えた場合、増加した分の交差点については最新の信号予定情報を登録時に配信する。（信号予定情報配信機能を起動する）

#### ウ 信号予定情報配信機能

信号予定情報を模擬車載器に配信する機能。配信タイミングは以下の3通りの場合とする。

- ① 信号予定情報に更新があった場合
- ② 模擬車載器から信号予定情報要求があった場合
- ③ 配信交差点管理機能において新しい交差点の登録がされた場合

#### エ 時刻同期機能

ネットワーク上に設置されたNTPサーバより時刻を収集し、自装置の時刻を同期させる機能。

### (4) 模擬車載器

模擬車載器は、可搬型のパソコンとGPSモジュールによって構成され、模擬信号情報センターから受信した信号予定情報を元に、現在時刻や現在灯色、灯色の残秒数を画面上に表示する。模擬車載器のソフトウェア構成は、図 4-4 の機能を有する。

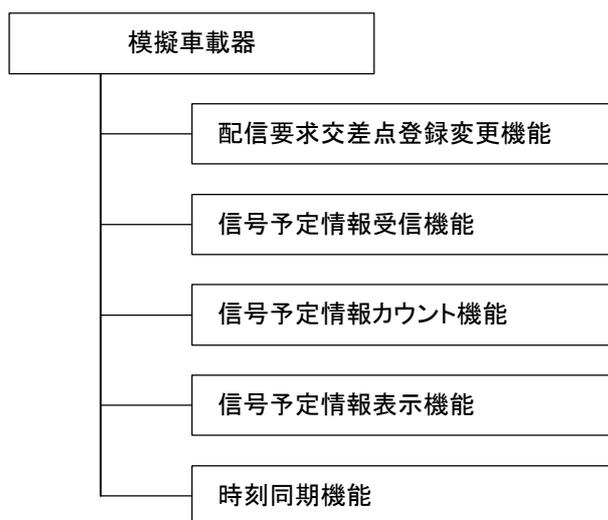


図 4-4 模擬車載器ソフトウェア構成

ア 配信要求交差点登録変更機能

信号予定情報を要求する交差点を模擬信号情報センターに登録する機能。また、信号予定情報を必要としなくなった交差点を模擬信号情報センターから削除する機能。

イ 信号予定情報受信機能

模擬信号情報センターから送信される信号予定情報を受信する機能。受信データの形式は信号予定情報インタフェース仕様（MQTT プロトコル）による。

ウ 信号予定情報カウント機能

受信した信号予定情報を用いて、現時点の灯色を算出する機能。

エ 信号予定情報表示機能

現在時刻や現在灯色、灯色打ち切りまでの時間等をコンソール上に表示する機能。

オ 時刻同期機能

GPS モジュールから時刻情報を収集し、PC の時刻を同期する機能。

(5) 既設システム改修

既設中央装置のソフトウェア構成は、図 4-5 の機能を有する。

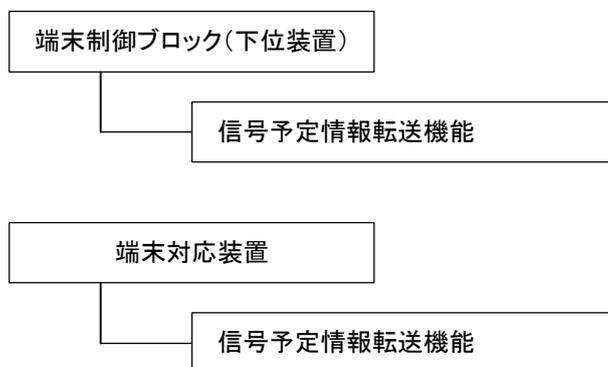


図 4-5 既設中央装置ソフトウェア構成

ア 端末制御ブロック（下位装置）

(7) 信号予定情報転送機能

端末対応装置（モデル事業用交通信号制御機）から送信されてくる信号予定情報を、信号情報配信装置に転送する機能。

イ 端末対応装置

(7) 信号予定情報転送機能

モデル事業用交通信号制御機から送信されてくる信号予定情報を、端末制御ブロックに転送する機能。

2 定数設定

対象となる各装置に、必要となる定数を設定すること。

表 4-1 定数一覧

装置名称	定数分類	数量	備考
信号情報配信装置	交差点関係定数	1 式	
モデル事業用交通信号制御機	信号機定数	1 式	
模擬信号情報センター	交差点関係定数	1 式	
模擬車載器	交差点関係定数	1 式	
	車両関係定数	1 式	
端末制御ブロック	信号機定数	1 式	
	サブエリア定数	1 式	
端末対応装置	信号機定数	1 式	
	サブエリア定数	1 式	

第 5 調整試験

1 単体試験

綿密な単体試験を行い、動作状況を確認すること。

表 5-1 単体試験対象装置

装置名称	試験内容
信号情報配信装置	第 4 に示す機能を満足すること。
モデル事業用交通信号制御機	
模擬車載器	
模擬信号情報センター	
端末制御ブロック	
端末対応装置	
下位装置	

2 総合試験

単体試験実施後、各装置を接続して、総合的な試験を行い、正常に動作することを確認すること。

各機器の調整完了後は、試験成績書を提出し、承認を受けること。

表 5-2 総合試験対象装置

装置名称	試験内容
信号情報配信装置	〇〇県警察本部交通管制システムの機能を満足すること。
モデル事業用交通信号制御機	
模擬車載器	
模擬信号情報センター	
端末制御ブロック	
端末対応装置	
下位装置	

## 第6 検査

### 1 検査場所

検査は、原則として、請負者の工場において監督員が立会いの上行う。

### 2 検査資料の提出及び検査方法の指示

検査に先立ち、次の資料を支出負担行為担当官に提出し、検査の具体的方法について指示を受けること。

(1) 立会検査申請書

(2) 社内検査成績書

(3) 検査日程表、検査手順、検査項目及び検査場所

(4) 検査設備、測定器、測定回路等の一覧表

また、モデル事業用交通信号制御機と信号灯器を接続し、検証作業を実行すること。

### 3 検査の実施

(1) 検査は、完成品について行う。

(2) 検査は、請負者の設備を利用して行う。

(3) 検査は、構成、構造、機能及び性能について行う。

(4) 検査中に仕様書の規定に関して、解釈上の疑義が生じたときは、監督員の指示に従うこと。

## 第7 検証

### 1 時刻精度検証

時刻精度検証では、実験に使用する機器が計時している時刻情報の精度（GPSなどの基準時刻とのずれ）を検証する。

### 2 信号予定情報の精度検証

信号予定情報精度検証では、生成した信号予定情報の各灯色の秒数と、実際に表示される灯色の秒数とのずれを検証する。

### 3 通信回線の遅延の検証

通信回線の遅延時間は、信号予定情報の生成時刻と各装置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。

# 信号情報路側機 仕様書 (案)

## 1. 適用範囲

本仕様書は、「ITS無線路側機など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（以下モデル事業と略す。）」において、携帯電話通信に対応した車載通信機を搭載した車両へ交通信号情報を提供するため、信号情報センターとの送受信を携帯電話通信にて行う装置（以下、「本装置」という。）に適用する。

本装置と他の機器との関係を図1.1に示す。

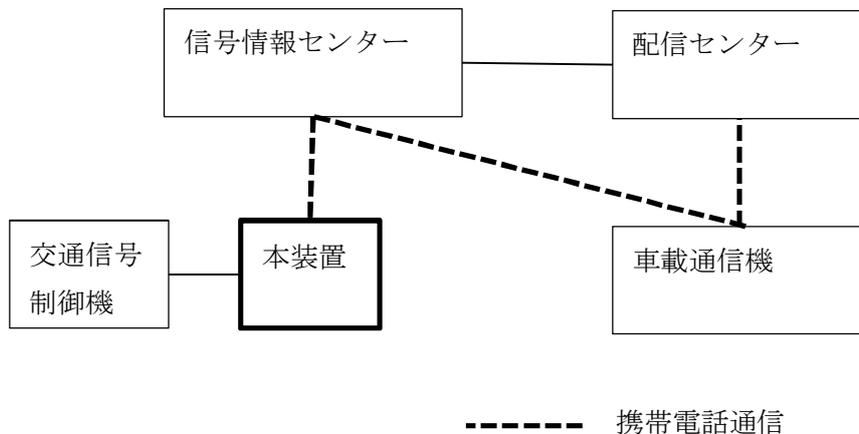


図1.1 本装置の位置づけ

なお、通信経路に関して交通管制センターを経由する要件が提示されているため、モデル事業の計画段階において見直すこととする。

## 2. 仕様書名称

本仕様書の名称は、以下の通りとする。

「信号情報路側機 仕様書」

備考：報告書本文では、信号情報編集装置としていたが、仕様書案作成にあたって、名称を見直した。

## 3. 用語の定義

### (1) 車載通信機

本仕様書では、本装置が送信した信号情報を受信可能な車載通信機をいう。

### (2) 携帯電話通信

主に、第4世代携帯の通信規格（4G）による通信を指す。（3G及びLPWAの採用については、モデル事業にて検討すること）。

(3) 信号情報センター

信号情報を収集して、車載通信機や配信センターへ信号情報の提供を行う設備に相当する。

(4) 配信センター

信号情報センターから信号情報の提供を受けて、車両へ信号情報の提供を行う設備等に相当する。

(5) 信号情報

本装置から、車載通信機へ送信される信号情報。最大2周期の灯色と各灯色の残秒数を含み、主に自動運転に利用されることを想定する。

4. 一般条件

本仕様書に適用される仕様書及び規格等は、以下のとおりとする。

「警察交通安全施設端末装置 共通仕様書」

「電波法」

ただし、本装置は「警察交通安全施設端末装置 共通仕様書」の5.2.2(4)項の適用を除く。

5. 設計条件

5.1 一般条件

モデル事業において条件有無を確認すること。

5.2 設置条件

(1) 携帯電話通信アンテナの設置高さは、0m以上に設置する。(モデル事業において高さを提案すること。)

(2) GNSSアンテナは、GNSS信号が受信できる位置に設置する。

5.3 異常監視

本装置に接続される各端末機器及び本装置の異常を監視できること。なお、異常とは通信タイムアウト及び機器状態異常を指す。

6. 構成及び構造

6.1 構成

6.1.1 構成品

(1) 本装置は、送受信部、制御部、無線送受信部、携帯電話通信ケーブル、携帯電話通信アンテナ、GNSS処理部、GNSSケーブル、GNSSアンテナ、センサ部及び電源部より構成する。

(3) 本装置の構成例を図6.1に示す。

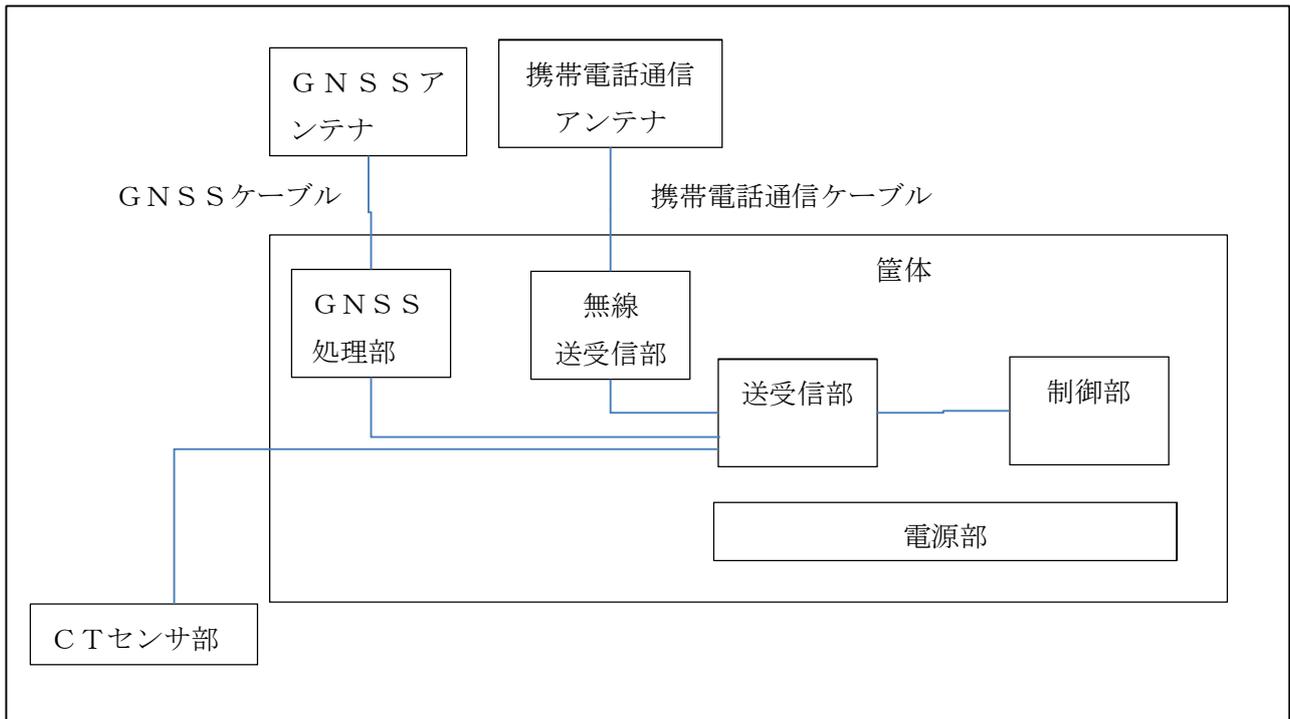


図 6.1 本装置の構成例

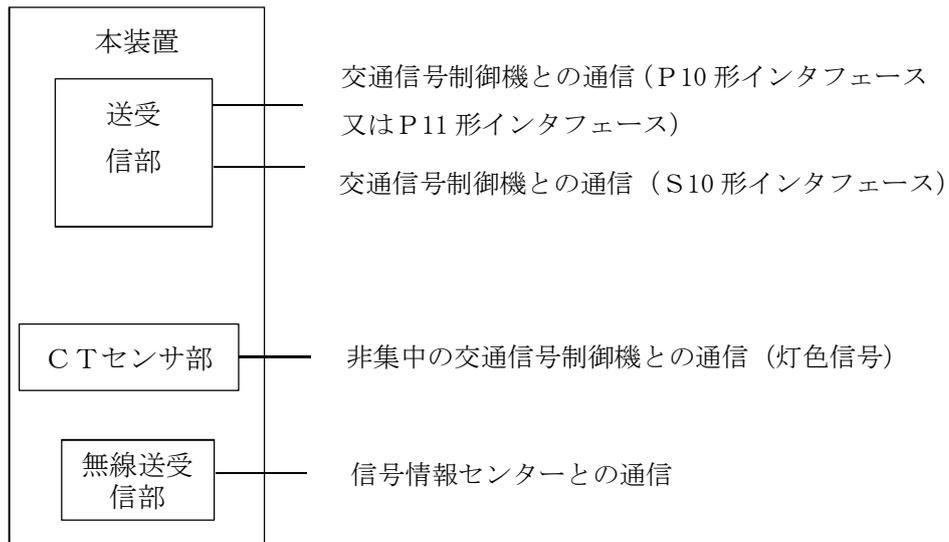


図 6.2 本装置と他装置の接続

### 6.1.2 指定項目

発注時の指定項目は、以下のとおりとする。

- (1) 携帯電話通信アンテナの数量
- (2) 携帯電話通信ケーブルの長さ
- (3) GNSSの有無
- (4) GNSSが有りの場合、GNSSケーブルの長さ
- (5) 交通信号制御機との接続の有無及び接続する場合のインターフェースの種類と灯色信号接続回線数

(7.2項参照)

## 6.2 構造

- (1) 動作状態を表示灯等により監視できること。
- (2) 携帯電話通信アンテナ、携帯電話通信ケーブル、GNSSアンテナ及びGNSSケーブルには、「警察交通安全施設端末装置 共通仕様書」の「警察記章」の適用を除く。
- (3) 携帯電話通信アンテナ、携帯電話通信ケーブル、GNSSアンテナ及びGNSSケーブルに、銘板は不要とする。

## 7. インタフェース

以下の規格に適合した装置との接続が可能であること。

「S10形インタフェース規格」

「P10形インタフェース規格」

「P11形インタフェース規格」

### 7.1 各回線の最大接続回線数

区分	インタフェース規格	最大接続回線数	接続機器
端末回線	S10 (指定項目)	1	交通信号制御機
	P10 (指定項目) (	4	交通信号制御機 (灯色信号)
	P11 (指定項目)		交通信号制御機 (灯色信号)
	CTセンサ	8	交通信号制御機 (灯色信号)

注(1)：集中形交通信号制御機との接続は、S10形インタフェースによる接続及びP10形インタフェース又はP11形インタフェースによる接続を行う。非集中形交通信号制御機との接続は、P10形インタフェース、P11形インタフェース、及びCTセンサのいずれかを指定する。

## 8. 機能及び性能

### 8.1 基本機能

#### (1) 時刻同期機能

NTPまたはGNSSを用いて時刻同期を行うこと。時刻同期できない場合は、信号情報生成を異常とすること。

#### (2) 信号情報生成機能

##### ア トピック登録機能

本装置から送信する信号情報を識別するため、事前に登録された情報を用いて、トピックを生成して信号情報センターに登録すること。

##### イ 集中制御用信号情報

交通信号制御機から「DSSS信号情報」を受信した場合、前回信号情報センター送信した信号情報との相違があった場合に送信用信号情報を生成する。障害、手動閃光等を除き、相違がある場合は以下の通り。

- a 次の周期の信号情報を受信した場合
- b 感応階梯が終了した場合
- (ア) 情報作成時刻付加  
受信したD S S S信号情報を元に信号情報センターに送信する信号情報に編集すること。信号情報には、時刻同期された現在時刻を取得し、情報作成時刻として付加すること。
- (イ) 設計遅延時間  
交通信号制御機の「D S S S信号情報」における定常的な遅延時間、D S S S信号情報を受信してから現在時刻を付加するまでの定常的な遅延時間に基づいて、最小残秒数及び最大残秒数を編集できること。
- (ウ) イベントカウンタ  
下記の場合にカウントアップすること。
  - a 送信用信号情報を生成した場合
- (エ) カウントダウン停止  
本装置においては、カウントダウン停止フラグを参照しないこと。  
(通信車載機側が自律的にカウントダウン停止判定を行うため。)

#### ウ 非集中制御用信号情報

サイクル開始に相当する灯色変化を検知した場合、本装置に設定された時限表を元に送信用信号情報を生成する。

- (ア) 情報作成時刻付加  
信号情報には、時刻同期された現在時刻を取得し、情報作成時刻として付加すること。
- (イ) 設計遅延時間  
P 1 0 インタフェース、P 1 1 インタフェース又はC Tセンサでの定常的な信号変化の検知遅延時間に基づいて、最小残秒数及び最大残秒数を編集できること。  
1 0 0 m s e c以下の遅延時間は、情報作成時刻から差し引くことで遅延時間を考慮すること。
- (ウ) イベントカウンタ  
下記の場合にカウントアップすること。
  - a 送信用信号情報を生成した場合
- (エ) カウントダウン停止  
本装置においては、カウントダウン停止フラグは常時停止なしとする。

#### (3) 信号情報監視機能

- ア 交通信号制御機からの前回の「D S S S信号情報」受信時からの経過時間に基づいて推定した信号情報と今回受信の「D S S S信号情報」の整合性を確認すること。(整合性確認1)
- イ 本装置に灯色信号を引き込む場合、交通信号制御機からの前回の「D S S S信号情報」受信時からの経過時間に基づいて推定した信号情報と、灯色信号の整合性を確認すること。なお、引き込み対象とする灯色信号は、信号情報提供対象とする方路の青丸灯器と青矢灯器とすること。青矢灯器が無い場合は、対象方路の青丸灯器と赤丸灯器とすること。(整合性確認2)

ウ 信号情報の整合性確認1及び2については、誤差許容範囲と正常復旧監視時間を100ミリ秒単位で設定できること。

信号情報の誤差が設定許容範囲の設定値を逸脱した場合に、信号情報異常と判定すること。また、信号情報の誤差が正常復旧監視時間継続して設定許容範囲内であれば、正常復旧と判定すること。

判定結果は、システム状態に反映すること。

#### (4) D S S S 情報タイムアウト判定機能

交通信号制御機からの「D S S S 信号情報」のタイムアウト時間を100ミリ秒単位で設定できること。タイムアウトが発生した場合は、該当する登録情報のシステム状態に反映すること。

通信が復旧した際には、正常復旧と判定すること。判定結果は、システム状態に反映すること。

##### ア D S S S 信号情報

(ア) 「D S S S 信号情報」のタイムアウト時間として、感応制御用と通常制御用の2種類を設定できること。

(イ) 実行中灯色の最小残秒数と最大残秒数が異なる場合は、感応制御用のタイムアウト時間、そうでない場合は通常制御用のタイムアウト時間により、タイムアウト判定を行うこと。判定結果は、システム状態に反映すること。