

戦略的イノベーション創造プログラム（S I P）第2期／
自動運転（システムとサービスの拡張）／
クラウド等を活用した信号情報提供の社会実装に向けた研究開発

中間報告書（2021年度）

2022年4月

委託先 一般社団法人UTMS協会
日本信号株式会社
パナソニックシステムソリューションズジャパン株式会社
オムロンソーシアルソリューションズ株式会社

目 次

まえがき	5
第1章 総括	6
1. 要約	6
1.1. 和文要約	6
1.2. 英文要約	8
2. 実施体制	11
3. 本研究の位置づけ	12
4. 本研究の概要	13
5. 委員会の設置	14
6. 実施スケジュール	16
第2章 信号情報センターの社会的な機能要件(必要性)に関する検討等(テーマ1)	17
1. はじめに	17
2. 本研究開発の概要	17
3. 用語の定義	17
4. 方法	18
5. アンケート及びヒアリングの内容及び結果	18
5.1. アンケート及びヒアリングの内容	18
5.2. アンケート及びヒアリングの結果	18
6. 検討結果	21
6.1. 信号情報センター事業の全体像	21
6.2. 事業環境	21
6.3. 事業の関係先	23
6.4. 必要性と任務	23
6.5. 信号情報センターの事業の内容	25
6.6. 信号情報センターが備える必要のある社会的機能要件	26
6.7. 実施主体の条件	27
7. 考察	28
第3章 信号情報センターの技術要件に関する検討等(テーマ2)	29
1. はじめに	29
2. 用語の定義	29
3. 信号情報センターの技術的要件	30
3.1. 機能再配置に伴う信号情報提供サービス全体構成の検討	30
3.1.1. サービス概要	30
3.1.2. サブシステムの機能分担	30
3.1.3. サブシステム間の概略機能構成	32
3.1.4. サブシステム間連携	35
4. 信号情報センターの技術要件に関する検討	41
4.1. システム機能要件	41
4.2. 画面の機能要件	48
4.3. デジタル地図上の信号予定情報(稼働情報表示)	49
4.4. デジタル地図上の信号予定情報(リアルタイム表示)	49
4.5. システム状況照会(情報提供の稼働情報表示)	49
4.6. システム状態照会(接続装置状態表示)	50

4.7.	システム状態照会（装置故障状況表示）	50
4.8.	システム状態照会（ネットワーク障害表示）	50
4.9.	信号情報照会（リアルタイム表示）	51
4.10.	信号情報照会（詳細履歴データ抽出）	51
4.11.	信号情報照会（受信履歴表示）	51
4.12.	信号情報照会（配信履歴表示）	52
4.13.	運用実績照会（信号予定情報実績照会）	52
4.14.	運用実績照会（交差点管理情報実績照会）	52
4.15.	信号情報停止介入	52
4.16.	システム接続制御	53
4.17.	帳票等に関する要件	53
4.17.1.	信号予定情報・詳細履歴帳票	53
4.17.2.	信号予定情報・受信履歴帳票	54
4.17.3.	信号予定情報・配信履歴帳票	54
4.17.4.	信号予定情報運用実績帳票	54
4.17.5.	交差点管理情報運用実績帳票	54
4.18.	外部インターフェースに関する要件	55
4.19.	情報・データ・規模に関する要件	55
4.20.	性能指標に関する要件	56
4.21.	情報セキュリティに関する要件	57
4.21.1.	保護すべき情報・データ	57
4.21.2.	想定される脅威	58
4.21.3.	セキュリティ対策	58
4.22.	その他非機能要件	62
4.22.1.	可用性	62
4.22.2.	継続性	66
4.22.3.	拡張性	66
4.22.4.	中立性	66
4.22.5.	運用・保守性	66
4.23.	システム全体構成	67
4.23.1.	ハードウェア構成	69
4.23.2.	ハードウェア機能	69
4.23.3.	ソフトウェア構成	77
4.23.4.	ネットワーク構成	88
5.	通信遅延軽減対策	89
5.1.	一気通貫の通信負荷検証環境	89
5.2.	測定結果と条件	92
5.3.	東京と福岡の同一時刻検証結果	95
5.4.	結果を踏まえた考察	99
5.5.	Δd の関係	100
5.6.	回線帯域の考察	101
6.	結言	103
第4章 信号情報の精度向上に関する検証（管制方式・集中方式）と信号情報以外の情報の統合的な配信に関する検討（テーマ3）		
1.	はじめに	104
2.	信号情報の精度向上及び通信遅延の軽減に関する検討（管制方式・集中方式）	104
2.1.	新仕様に対応した交通信号制御機および中央装置による精度向上の検証	104
2.1.1.	実験概要	104
2.1.2.	実験方式	107
2.1.3.	検証結果（管制方式）	111

2.1.4.	検証結果（集中方式）	113
2.1.5.	考察	114
2.2.	通信回線の遅延の検証	116
2.2.1.	実験概要	116
2.2.2.	検証結果	118
2.2.3.	考察	121
2.3.	オフセット追従動作の算出方式の差異調査及び発生する差異の解決策の検討	122
2.3.1.	アンケートの実施	122
2.3.2.	アンケートの結果	122
2.3.3.	差異への対応策の検討	123
3.	信号情報以外の情報（交通規制情報等）の統合的な配信に関する検討	127
3.1.	現状調査	127
3.2.	統合的な配信についての提案	127
3.3.	課題	128
4.	信号情報と高精度三次元地図の連携に関する検討	129
4.1.	現状調査	129
4.1.1.	東京臨海部実証システム構成	129
4.1.2.	高精度3次元地図と信号情報の対応付け	129
4.2.	連携方式の提案	131
4.2.1.	信号情報と高精度三次元地図の紐づけに必要なとなる情報	131
4.2.2.	連携方式	131
4.2.3.	機能配置	131
4.2.4.	交差点管理情報	132
4.3.	課題	133
5.	まとめ	135
5.1.	検証結果まとめ	135
5.1.1.	管制方式について	135
5.1.2.	集中方式について	135
5.1.3.	制御機方式（路側機生成）	135
5.1.4.	制御機方式（制御機生成）	135
5.2.	課題	136
5.2.1.	管制方式	136
5.2.2.	共通	137
5.3.	警 a 及び各方式の比較	137
6.	今後の課題	138
第5章 管制方式及び制御機方式(路側機生成)に対する検討（テーマ4）		139
1.	概要	139
2.	管制方式の検証	140
2.1.	概要	140
2.2.	検証内容	141
2.3.	検証結果	143
2.3.1.	時刻精度検証結果	143
2.3.2.	信号制御実行情報2精度検証	144
2.3.3.	リコール要求受付情報精度検証	144
2.3.4.	ステップ予測情報検証	146
2.3.5.	信号情報検証(リコール動作)	147
2.3.6.	異常時動作の検証	148
2.3.7.	運用状態の通信インターフェース調査	149
3.	制御機方式(路側機生成)の検証	154
3.1.	概要	154

3.2.	検証項目	155
3.3.	検証結果	155
3.3.1.	オフセット追従時の信号予定情報精度低下再現	155
3.3.2.	オフセット追従時の信号予定情報精度向上検証	156
3.3.3.	交通信号制御機の時刻同期が行われていない場合の信号予定情報検証	156
4.	交通管制システム内の通信遅延調査	157
4.1.	概要	157
4.2.	調査項目	157
4.3.	調査結果	158
4.3.1.	広域イーサネット回線概要	158
4.3.2.	アナログ回線概要	158
4.3.3.	広域イーサネット回線調査結果	158
4.3.4.	アナログ回線調査結果	160
5.	センター間通信の通信遅延	162
5.1.	概要	162
5.2.	調査項目	163
5.3.	評価環境	163
5.4.	検証結果	164
6.	まとめ	168
6.1.	検証結果まとめ	168
6.2.	ΔT 検証のためのタイムチャート	172

まえがき

戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第2期／自動運転 (システムとサービスの拡張) においては、自動運転に係る激しい国際競争の中で世界に伍していくため、自動車メーカーの協調領域となる世界最先端のコア技術 (信号・プローブ情報をはじめとする道路交通情報の収集・配信などに関する技術等) を確立し、一般道で自動運転 (SAE レベル3 相当) を実現するための基盤を構築し、社会実装することを内容としており、その一環として、本事業では、クラウド等を活用した信号予定情報の提供の実現に資することを目的とする研究開発を行った。

2019 年度及び 2020 年度に実施した調査研究「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」及び「クラウド等を活用した信号情報提供に係る研究開発」の成果を基礎に、警察庁信号情報集約システムから全国の信号情報を受信して事業者等のサーバーに送信する信号情報センターの在り方等について社会実装に向けた検討、2020 年度までに抽出された課題に関する改善方策の検討、信号制御機の信号情報の精度を 1 秒単位から 0.1 秒単位とすることによって実現できる信号情報の精度向上等についての検証等を実施したものである。

第1章 総括

1. 要約

1.1. 和文要約

2018年度～2020年度の研究結果を基礎に、信号情報センターの社会的機能要件、技術的要件、及びクラウド等を活用した信号提供技術の向上等について、研究を進めた。

テーマ1 「クラウド等を活用した信号情報提供に係る研究開発（信号情報センターの社会的な機能要件(必要性)に関する検討等）」(担当：一般社団法人UTMS協会)

次の2文書を作成した。

- ・社会的な機能要件（必要性）及び実施主体に関する条件
- ・実施主体の条件

テーマ2 「クラウド等を活用した信号情報提供に係る研究開発（信号情報センターの技術要件に関する検討等）」(担当：パナソニックシステムソリューションズジャパン株式会社)

システム機能については、58機能、画面や帳票については14画面、5帳票を提案した。また、セキュリティについては15の対策要件を、可用性、継続性、拡張性についても提案した。

次に、こうした要件を持つ信号情報センターの整備を考慮し、昨年度検討した信号情報集約システムの仕様案から軽減できる機能について検討を行い、両システムの仕様書案を提案した。

また、通信遅延軽減対策として、模擬環境を用意し、通信遅延状況を確認した。その結果、処理時間としては模擬信号情報集約システムからの受信時間+信号情報センター内処理時間+模擬信号情報センター送信時間合計で時間30～60msとなることを検証し、信号情報を生成する交通管制センター設置の装置から模擬車載機まで2～3秒程度でデータ伝搬が可能であることを確認することができた。

テーマ3 「クラウド等を活用した信号情報提供に係る研究開発（信号情報以外の情報(交通規制情報等)の統合的な配信に関する検討等）」(担当：日本信号株式会社)

信号情報と高精度三次元地図の連携に必要な情報の整理を行い、どの機関が整備すべきかについて提案した。また、各都道府県警察で整備すべき情報について、既にオープンデータ化されている交通規制情報に配慮し、合わせる形でIF仕様として定義を行った。

信号情報の精度向上に関する検証については、現行の秒単位の制御から0.1秒単位で制御に変更する新仕様を精度向上の対策案として検証を行った。その結果、管制方式、集中方式ともに精度の向上を確認した。管制方式においては、今年度の実験により、一般社団法人自動車工業会（以下「自工会」という。）のから提示された目標性能である±300msとなることを確認できた。これらの検証結果を踏まえ、交通信号制御機の仕様書案、信号情報のIF仕様案を提案した。

信号情報の通信遅延の軽減に関する検討については、交通管制センターと交通信号制御機間について、モバイル網を使った通信回線による検証を行い、昨年度のアナログ回線での通信遅延と比較して、平均で1.4秒程度減少することを確認した。

テーマ4 「クラウド等を活用した信号情報提供に係る研究開発（信号情報の精度向上に関する検証及び信号情報の通信遅延の軽減に関する検討等）」(担当：オムロンソーシアルソリューションズ株式会社)

管制方式の信号情報の精度向上に関する検証として、新仕様(0.1秒化)に対応した信号制御機を用いて、信号情報配信装置の一部機能をプロトタイプとして開発し、検証を行った。信号制御機が出力する通信インターフェースデータの性能、及び信号予測情報の編集方法か

ら、±300msの認識誤差を達成できることを確認した。信号情報配信装置の仕様は、使用する通信インターフェースデータを昨年度の管制方式から一部変更することで性能改善を図った。

制御機方式の信号情報の精度向上に関する検証として、オフセット追従時の信号情報を0.1秒単位で学習するよう改善を図り、±300msの認識誤差を達成できることを確認した。

交通管制センター内の通信に関する通信遅延検討では、端末対応装置において、一定の通信遅延が生じること、中央装置からの時刻修正は、通信遅延のばらつきのより十分な精度が得られないこと、S 9 インターフェースを用いた信号制御機は通信遅延が大きくなること等の調査結果を得た。

センター間通信に関する通信遅延検討では、アプリケーション層での転送処理時間は小さく、転送回数が増えることによる通信遅延増大は小さいことを確認した。また、信号機数、または信号情報の同時生成数が増えると数%遅延時間が大きくなることが確認された。

1.2. 英文要約

Building on the results of the FY 2018–2020 study, the project promoted research on social functional and technical requirements for the traffic signal information center (TSIC), as well as on improving traffic signal information (TSI) provision technology using cloud computing and other technologies.

Theme 1: "R & D on the provision of TSI using cloud computing, etc. (Study on Social Functional Requirements (Necessity) of TSICs, etc.)" (Assigned to UTMS Society of Japan)

The following two documents were prepared.

- social functional requirements (necessity) of the TSIC
- conditions for implementing entities

Theme 2 "R & D for the provision of TSI using cloud computing, etc. (Study on Technical Requirements for TSIC, etc.)" (Assigned to Panasonic System Solutions Japan Co., Ltd)

As for system functions, 58 functions, 14 screens and 5 forms were proposed. As for security, 15 countermeasure requirements were proposed. As for availability, continuity and scalability, some proposals were made.

Next, considering the development of a TSIC with these requirements, we studied the functions that could be reduced from the proposed specifications of the TSI aggregation system (TSIAS) studied last year, and proposed draft specifications for both systems.

In addition, as a measure to reduce communication delays, a simulated environment was prepared, and the communication delay situation was checked. We verified that the total processing time is 30 to 60 ms, which is the total of the reception time from the simulated TSIAS, the processing time in the TSIC, and the transmission time in the simulated TSIC. The data propagation time from TSI generator (control center equipment) to simulated on-board equipment was shown to be about 3 seconds.

Theme 3: "R & D on the provision of TSI using cloud computing, etc. (study on integrated distribution of information other than TSI (traffic control information, etc.))" (Assigned to NIPPON SIGNAL CO., LTD.)

We organized the information required for the linkage of TSI and high-precision 3D maps and made suggestions as to which organizations should maintain this information. In addition, information that should be maintained by each prefectural police was defined in the form of IF specifications, taking into consideration the traffic regulation information that has already been made

available as open data.

Regarding the verification of improving the accuracy of TSI, a new specification to change from the current second-by-second control to 0.1 second-by-second control was verified as a proposed measure to improve accuracy. As a result, the improvement of accuracy was confirmed for both the control center method and the centralized method. For the control center method, this year's experiment confirmed that the target performance of ± 300 ms, which was presented by JAMA, could be achieved. Based on these verification results, we proposed draft specifications for traffic signal controllers and IF specifications for traffic signal schedule information.

Regarding the study of reducing communication delays of TSI, we verified the use of a communication line between the traffic control center and the traffic signal controller using a mobile network and confirmed that the communication delay was reduced by 1.4 seconds on average compared to the communication delay using an analog line in the previous fiscal year.

Theme 4: "R & D on the provision of TSI using cloud computing, etc. (verification on improving the accuracy of TSI, study on reducing communication delays of TSI, etc.)" (Assigned to OMRON Social Solutions Co., Ltd.)

To verify the improvement of the accuracy of TSI in the control center method, some functions of the TSI distributor were developed as prototypes and verified using a traffic signal controller that complies with the new specifications (0.1 second). It was confirmed that a recognition error of ± 300 ms could be achieved based on the performance of the communication interface data output by the traffic signal controller and the editing method of the traffic signal prediction information. The specifications of the TSI distributor were improved in performance by partially changing the communication interface data used from the control center method of the previous year.

As a verification of the improvement of the accuracy of the TSI of the controller method, we improved the learning of the TSI in 0.1-second increments during offset tracking and confirmed that a recognition error of ± 300 ms can be achieved.

In the study of communication delays in the traffic control center, we found that a certain amount of communication delay occurs in the terminal-supporting equipment, that time correction from the central equipment cannot be sufficiently accurate due to the variation in communication delays, and that traffic signal controllers using the S9 interface have large communication

delays.

In the communication delay study concerning center-to-center communication, it was confirmed that the transfer processing time at the application layer is small and that the increase in communication delay due to an increase in the number of transfers is small. It was also confirmed that the delay time increases by a few percent when the number of traffic signals or the number of simultaneous generations of traffic signal schedule information increases.

2. 実施体制

4つのテーマに分類し、研究開発を実施した。

表 1.1 テーマと担当について

	テーマ	担当
テーマ1	信号情報センターの社会的な機能要件(必要性)に関する検討等	一般社団法人UTMS協会
テーマ2	信号情報センターの技術要件に関する検討等	パナソニックシステムソリューションズジャパン株式会社
テーマ3	信号情報以外の情報(交通規制情報等)の統合的な配信に関する検討等	日本信号株式会社
テーマ4	信号情報の精度向上に関する検証及び信号情報の通信遅延の軽減に関する検討等	オムロンソーシアルソリューションズ株式会社

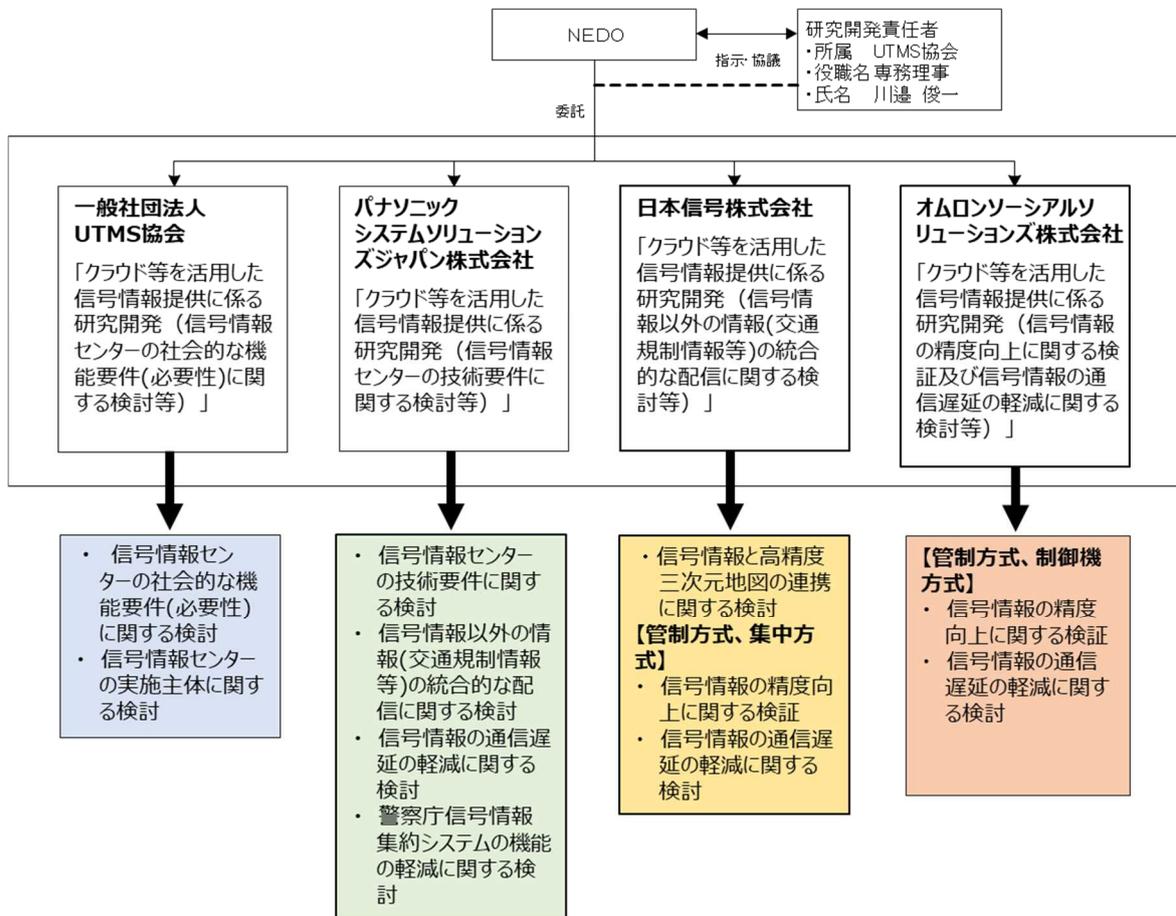


図 1.1 研究開発体制図（全体）

3. 本研究の位置づけ

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4か年目にあたる。

表 1.2 研究開発の全体計画

<p>2018年度 (実施済)</p>	<p>事例調査及び実現可能性が高い手法の課題検討</p>  <ul style="list-style-type: none"> ・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 ・路車間通信以外の信号情報提供手法の整理 ・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
<p>2019年度 (実施済)</p>	<p>模擬システムによる検証及びモデルシステムの仕様書案作成</p>  <ul style="list-style-type: none"> ・信号情報提供手法に対する機能・技術要件の詳細化 ・4つの信号提供手法案の模擬システムによる検証 ・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
<p>2020年度 (実施済)</p>	<p>単一都道府県でのモデルシステム実証及び信号情報集約システムの仕様検討</p>  <ul style="list-style-type: none"> ・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 ・警察庁信号情報集約モデルシステム※仕様の検討 <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>
<p>2021年度 (今年度)</p>	<p>社会実装に向けた信号情報センターの在り方の検討</p>  <ul style="list-style-type: none"> ・信号情報センターの要件の検討 ・他の情報との連携・統合に関する検討
<p>2022年度 (予定)</p>	<p>都道府県警察システム、警察庁信号情報集約システムの構築及び検証</p> <ul style="list-style-type: none"> ・都道府県警察での信号情報提供システムの構築・効果検証 ・警察庁信号情報集約システムの構築・効果検証

4. 本研究の概要

2018年度～2020年度に実施した調査研究及び研究開発の結果を基礎に、警察庁信号情報集約システムから全国の信号情報を受信して事業者等のサーバーに送信する信号情報センターの在り方等について社会実装に向けた検討を行った。

また、2020年度までに抽出されたクラウド等を活用した信号提供技術に関する課題について、改善方策を検討するとともに、信号制御機の信号情報の精度を1秒単位から0.1秒単位とすることによって実現できる信号情報の精度向上等について実験により検証した。今年度の実施項目は次のとおりである。

- ① 信号情報センターの社会的な機能要件(必要性)に関する検討
- ② 信号情報センターの技術要件に関する検討
- ③ 信号情報センターの実施主体に関する検討
- ④ 信号情報以外の情報(交通規制情報等)の統合的な配信に関する検討
- ⑤ 信号情報と高精度三次元地図の連携に関する検討
- ⑥ 信号情報の精度向上に関する検証
- ⑦ 信号情報の通信遅延の軽減に関する検討
- ⑧ 警察庁信号情報集約システムの機能の軽減に関する検討

図1.2に研究開発の対象となるクラウド等を活用した信号情報提供の概念図を掲載する。

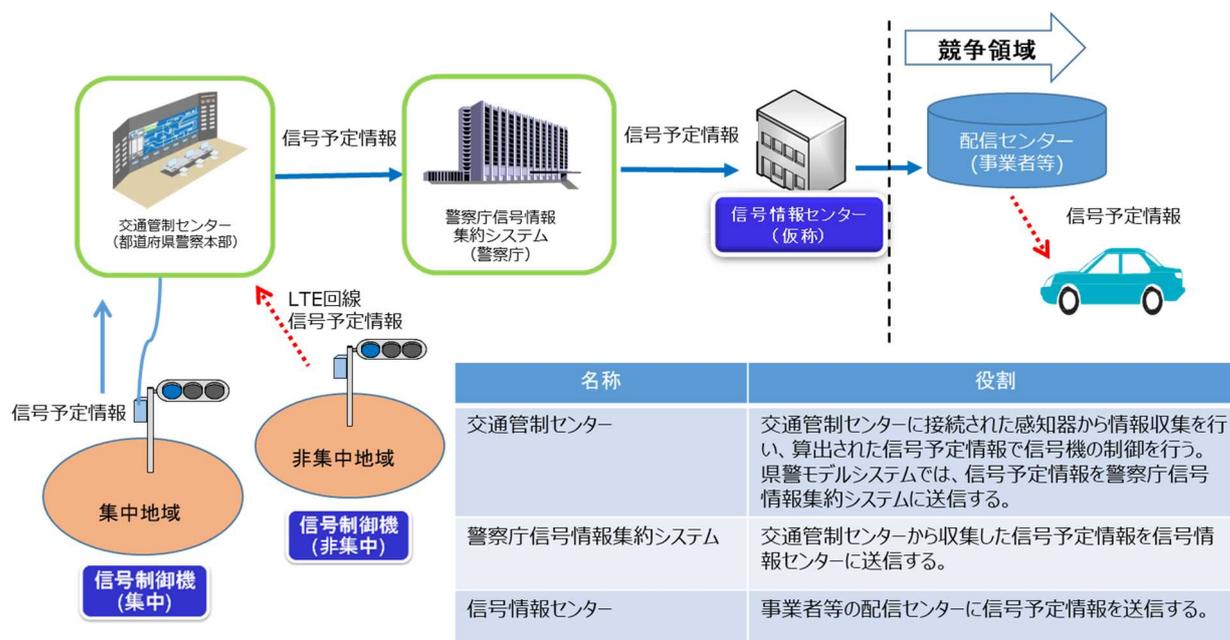


図 1.2 システム概念図

5. 委員会の設置

有識者を構成員とする信号情報センター検討委員（センター委員会）会及び信号情報提供技術検討委員会（提供技術委員会）を設置し、すべての研究項目について、内容を確認し、結論を導いた。

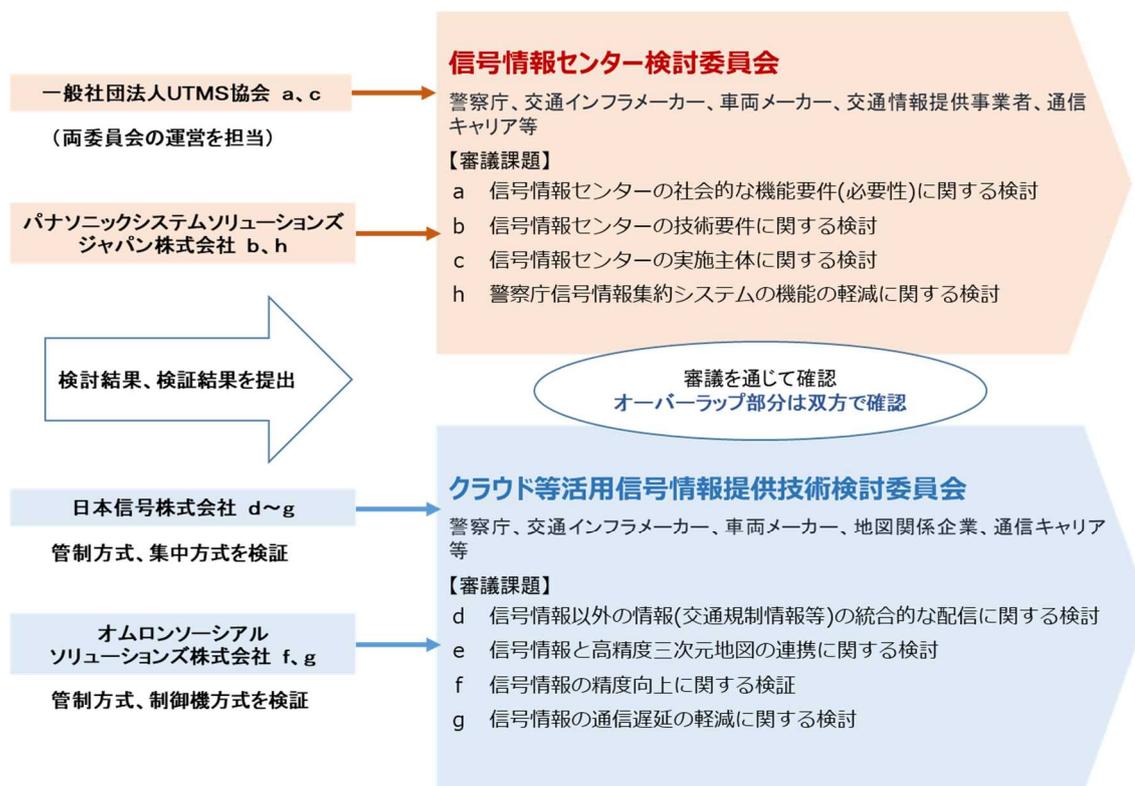


図 1.3 本事業で設置した委員会の体制

具体的な構成員は表 1.3 及び 1.4 のとおりである。

表 1.3 センター委員会委員（企業等名）

区分	企業・団体・府省庁
交通管制機器の製造事業者等	住友電気工業株式会社 オムロンソーシアルソリューションズ株式会社 株式会社京三製作所 コイト電工株式会社 日本信号株式会社 パナソニックシステムソリューションズジャパン株式会社
自動車製造事業者等	トヨタ自動車株式会社 日産自動車株式会社

区分	企業・団体・府省庁
	本田技研工業株式会社 株式会社デンソー 一般社団法人日本自動車工業会
交通情報配信事業者等	株式会社ゼンリンデータコム 株式会社ヤフー 株式会社ナビタイムジャパン
電気通信事業者等	KDD I 株式会社 ソフトバンク株式会社 株式会社NTTドコモ 楽天モバイル株式会社 日本電気株式会社 沖電気工業株式会社
関係団体	公益財団法人日本道路交通情報センター 一般財団法人 道路交通情報通信システムセンター
行政機関	警察庁交通局

表 1.4 提供技術委員会委員（企業等名）

区分	企業・団体・府省庁
交通管制機器の製造事業者等	住友電気工業株式会社 オムロンソーシアルソリューションズ株式会社 株式会社京三製作所 コイト電工株式会社 日本信号株式会社 パナソニックシステムソリューションズジャパン株式会社
自動車製造事業者等	トヨタ自動車株式会社 日産自動車株式会社 本田技研工業株式会社 株式会社デンソー 一般社団法人日本自動車工業会
ダイナミックマップ	ダイナミックマップ基盤株式会社
電気通信事業者等	KDD I 株式会社 BOLDLY株式会社 株式会社NTTドコモ 楽天モバイル株式会社

区分	企業・団体・府省庁
	京セラ株式会社 日本電気株式会社 株式会社 Mobility Technologies
関係団体	公益財団法人日本道路交通情報センター 一般財団法人道路交通情報通信システムセンター
行政機関	警察庁交通局

6. 実施スケジュール

表 1.5 のとおりのスケジュールで実施した。

表 1.5 実施スケジュール

項目	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
a. 信号情報センターの社会的な機能要件(必要性)に関する検討	▶								
b. 信号情報センターの技術要件に関する検討	▶								
c. 信号情報センターの実施主体に関する検討					▶				
d. 信号情報以外の情報(交通規制情報等)の統合的な配信に関する検討	▶								
e. 信号情報と高精度三次元地図の連携に関する検討	▶								
f. 信号情報の精度向上に関する検証	▶								
g. 信号情報の通信遅延の軽減に関する検討	▶								
h. 警察庁信号情報集約システムの機能の軽減に関する検討				▶					
【統合報告書の作成】						▶			
信号情報センター検討委員会(月1回程度)		▲ 9/17	▲ 10/14	▲ 11/11	▲ 12/9	▲ 12/23	▲ 1/14	▲ 2/10	▲ 3/8
信号情報提供技術検討委員会(月1回程度)		▲ 9/17	▲ 10/14	▲ 11/11	▲ 12/9	▲ 12/23	▲ 1/14	▲ 2/10	▲ 3/8

第2章 信号情報センターの社会的な機能要件(必要性)に関する検討等(テーマ1)

1. はじめに

本報告は、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「クラウド等を活用した信号情報提供の社会実装に向けた研究開発」のうち、テーマ1:信号情報センターの社会的な機能要件(必要性)に関する検討等について記載したものである。

2. 本研究開発の概要

非競争領域と競争領域の間で信号情報を中継する役割を担う信号情報センターについて、次の事項を実施した。

- ・社会的な機能要件(必要性)の作成
- ・実施主体の条件の作成
- ・信号情報センター運営ガイドラインの作成

ただし、ガイドラインについては、契約変更により、本研究開発の延長されることになったこと、更に詳細化する必要があるという判断により、本報告書には添付せず、2022年度末を目途にとりまとめを行うこととした。

社会的機能要件及び実施主体の条件については、センター委員会委員に対するアンケート及び有識者へのヒアリングを行い、それによって得られた知見を用いて、とりまとめた。

なお、いずれの事項についても、本研究開発を推進するために設置した信号情報センター検討委員会(以下「センター委員会」という。)に提出し、審議を受けた。

3. 用語の定義

(1) 交通管制システム

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

(2) 信号情報集約システム

警察庁に設置され、都道府県警察に設置される信号情報配信装置から信号予定情報等を受信し、信号情報センターへ送信する機能を主として担い、都道府県警察で生成された信号予定情報等の配信ルート一本化の役目を果たすシステムをいう。

(3) 信号情報センター

信号情報集約システムから信号情報等を受信し、配信センターに送信するセンターのことをいう。

(4) 配信センター

信号情報センターから信号情報を受信し、車両等の利用者に配信するセンターをいう。

4. 方法

センター委員会委員に対するアンケート及び次の表 2.1 に示す有識者へのヒアリングを行い、それによって得られた知見を用いてとりまとめた。

表 2.1 ヒアリングを行った有識者（敬称略）

所属	役職	氏名
国立大学法人東京大学 生産技術研究所	教授	大口 敬
一般財団法人道路交通情報通信システムセンター	事業企画部長	安島 巧
公益財団法人日本交通管理技術協会	専務理事	彦坂 正人
公益財団法人日本道路交通情報センター	業務部長	太田 滋徳
一般社団法人日本自動車工業会	I T S 企画部 企画部長	本田 昌裕

5. アンケート及びヒアリングの内容及び結果

5.1. アンケート及びヒアリングの内容

社会的機能要件及び実施主体の条件に関する素案を添付したアンケート票（別冊 2-1「信号情報センターの社会的要件・実施主体に関するヒアリングシート」及び別冊 2-2「信号情報センターの社会的要件 及び実施主体の条件について」）を実施先に配布して、アンケート及びヒアリングを実施した。

5.2. アンケート及びヒアリングの結果

結果の概要は次のとおりであった。

表 2.2 アンケート及びヒアリングの結果（まとめ）

問1 スライド1「信号情報センター事業全体像（想定）」について	<ul style="list-style-type: none"> ・全体の構造を否定する意見はなく、異論はないという意見もあった。 ・地域への配慮を求める意見があった。 ・競争領域と非競争領域の境界については今後議論した上で合意したいという意見があった。
問2 スライド1「信号情報センター事業全体像（想定）」経済的な負担の配分について	<ul style="list-style-type: none"> ・全体の構造を否定する意見はなかった。 ・初期費用、維持費用の負担者について、検討が必要という意見があった。 ・受益者負担の考えは理解すると意見がある一方、受益者のみに負担を求めては事業展開できないという意見があった。 ・地方自治体の位置付けの明確化を求める意見があった。 ・国等の公的負担が必要という意見があった。
問3 スライド2「クラウド等を活用した信号情報提供に関する事業環境」に	<ul style="list-style-type: none"> ・自動運転だけでなく安全運転支援を視野に入れるべきという意見があった。

について	
問4 スライド3「信号情報センターの事業に関する関係先」について	<ul style="list-style-type: none"> ・福祉事業者を追加すべきという意見があった。 ・通信キャリア等を盛り込むべきという意見があった。 ・地方等の自動運転の実証実験を competitor とするのには違和感があるという意見があった。
問5 スライド4、5「信号情報センターの必要性とその任務」について	<ul style="list-style-type: none"> ・基本的な流れについて否定する意見はなく、論旨について肯定する意見があった。 ・集約機能を警察庁が担わない方が良いのではないかという意見があった。一方で、統括、監視、セキュリティ維持、切り分け等の機能は担うべきという意見があった。 ・信号情報センターを担う機関が有すべきものとして、中立公正等の観点を記載すべきという意見があった。
問6 スライド6「信号情報センターの事業の内容」について	<ul style="list-style-type: none"> ・基本的な事業内容について否定する意見はなかった。 ・監査をすることによって信頼性が高い情報を持続的に提供できる仕組みが事業の機能として必要という意見があった。 ・将来を考慮し、信号情報提供以外の事業もできるようにすべきという意見があった。
問7 スライド7「信号情報センターが備える必要のある社会的要件」について	<ul style="list-style-type: none"> ・記載した社会的要件について否定する意見はなく、基本的な内容、人的な課題等について、同意する意見があった。 ・24時間体制の整備が必要という意見があった。 ・全国を統一的に管理する体制が必要という意見があった。 ・リスクヘッジ機能が必要という意見があった。 ・動的データベースに強い人材が必要という意見があった。また、公共的観点が分かる人材が必要という意見があった。
問8 スライド8「信号情報センターの実施主体の条件」追加等について	<ul style="list-style-type: none"> ・基本的な内容について否定する意見はなかった。 ・信号情報だけではなく、それを取り巻く他のものについても事業的に展開できる可能性を残していくべきという意見があった。
問9 スライド8「信号情報センターの実施主体の条件」「考慮すべき事項」として、「数の限定」等について	<ul style="list-style-type: none"> ・数の限定について否定する意見はなく、1組織が事業化の観点から妥当という意見があった。 ・数については制度的担保が必要ではないかという意見があった。
問10 自由な観点からコメント	<p>【今後の事業展開を図る上で貴重な意見が多数あったが、ビジネスの各段階で取り入れるか否かについて評</p>

	<p>【価値が必要。】</p> <ul style="list-style-type: none">・既存組織（JARTIC、VICS センター）の活用を図るべきであるという意見が多数あった。
--	---

全体として、原案を否定する意見はなく、積極的に肯定する意見もあったところから、原案に注釈を付す形で取りまとめることとした。

6. 検討結果

6.1. 信号情報センター事業の全体像

次の内容の注釈をすることとし、図 2.1 のとおりとりまとめた。

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

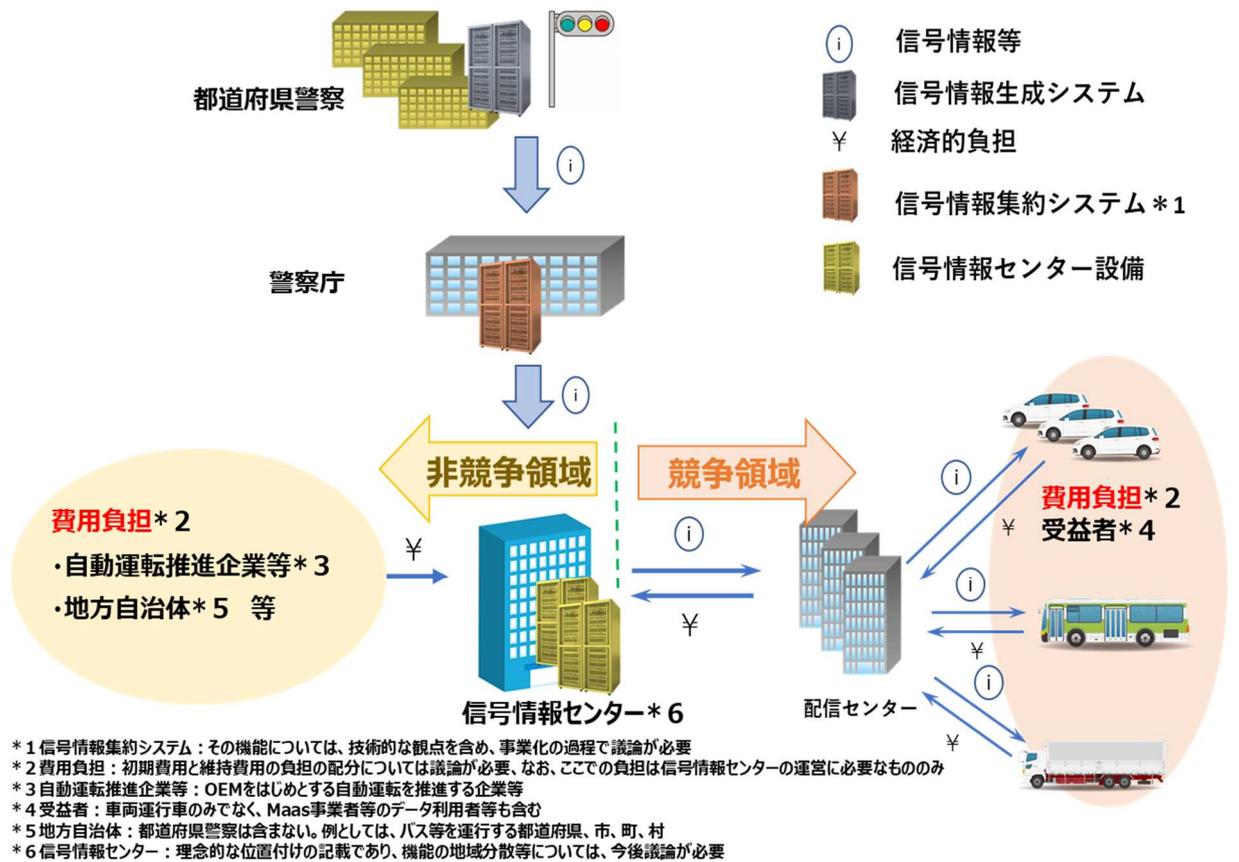


図 2.1 信号情報センター事業の全体像 (想定)

6.2. 事業環境

目標設定について 2025 年を取り入れること、安全運転支援を取り入れること、及び 5G 等の

周辺技術の進歩・普及の効果が交通信号情報提供の精度等の向上をもたらすことを取り入れることを行って、図 2.2 のとおりまとめた。

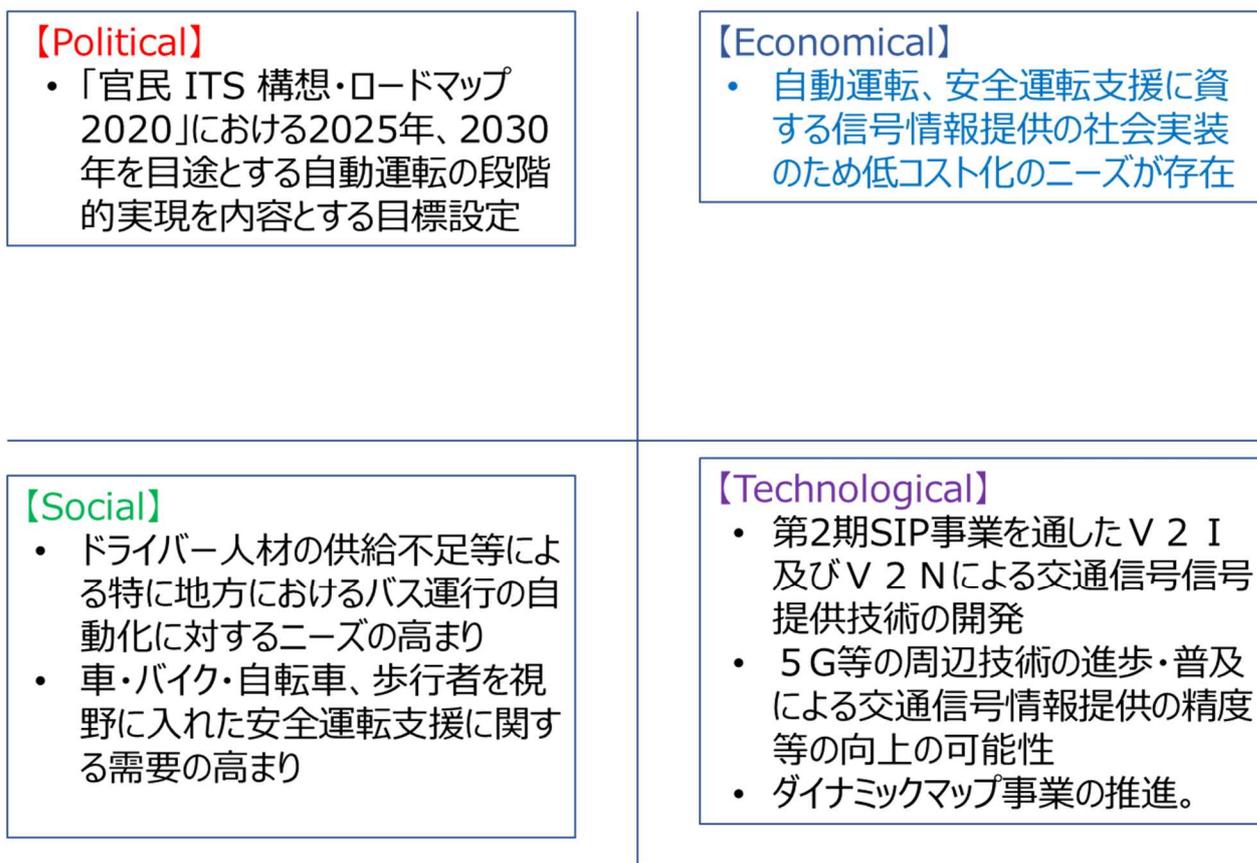


図 2.2 クラウド等を活用した信号情報提供に関する事業環境について

6.3. 事業の関係先

Customer については、旅客運送自動車事業者、ダイナミックマップを念頭に置いた地図関係企業、福祉事業者を原案に加えた。

Supplier を項目として加え、通信キャリア、クラウド事業者を記載した。

Competitor については、スマートフォンにより収集したプローブ等を利用して信号情報を推定するインターネット事業者を記載した。



図 2.3 信号情報センターの事業に関する関係先

6.4. 必要性と任務

信号情報センターの必要性について、信号情報センター事業の全体像に基づく、信号情報の生成者である都道府県警察から利用者である車両までの経路を分析し、非競争領域と競争領域をつなぐ存在が必要であること、また、その存在は、中立性と効率性の観点から、競争領域ではなく、非競争領域のエッジに位置づけるべきであることから、根拠付けた。

ただし、ヒアリング・アンケート中で、場合によっては、信号情報センターが直接信号情報提供を行うといった非競争領域と競争領域の線引きに関する検討が必要であるという意見があった。

また、警察庁に設置する想定を集約システムについては、遅延の抑制等の技術的観点から、その役割をさらに検討する必要があるという意見があった。

クラウド等を活用して車両向けに交通信号情報の提供を行う場合、交通信号情報の生成を担う都道府県警察と最終的利用者である自動車等の車両との間の経路には、次のような機能を有する組織が必要である。

- ・ 交通信号情報生成【都道府県警察】
- ・ 交通信号情報集約・中継【？】
- ・ 交通信号情報配信【交通情報提供事業】
- ・ 交通信号情報利用【自動車等車両】

信号情報の配信については、現在の交通情報提供事業の状況から、複数の民間企業の参入が予想される。それら企業は相互に競争相手であり、いわゆる競争領域に属するところから、都道府県警察等が担う非競争領域と競争領域の間で交通信号情報を受け渡すことになる。

非競争領域から競争領域に交通信号情報を受け渡す方法としては、個々の都道府県警察が直接受け渡す方法も理想的には考え得るが、**都道府県警察の現状の体制を勘案すると交通信号情報の送信の維持、セキュリティの担保、手続き的等への対応を考慮した場合、実施は極めて困難である。そのため、集約・中継を担う存在が必要となる。**

集約・中継の存在の在り方としては、概ね次の3つが考え得るが、警察庁の事務、現状の体制から、日常的な交通情報配信の維持は困難であり、警察庁の業務を固定的な交通信号情報の集約に限定し、民間の交通信号情報中継に委ねることが適切である。

- ① 警察庁が交通信号情報集約・中継の両方を担う
- ② 警察庁が交通信号情報集約を担い、民間組織が同中継を担う
- ③ 民間の組織が交通信号情報集約・中継の両方を担う

- ・ ①については、警察庁の業務形態、体制等から、負担が大きく実現は極めて困難である。
- ・ ③については、集約機能の内容には、技術的な観点から議論の余地があるが、責任分界、セキュリティの観点から、警察庁が少なくとも統括的な機能を担うことは必須であり、警察庁が担う必要のある機能が相当の大きさで存在する。

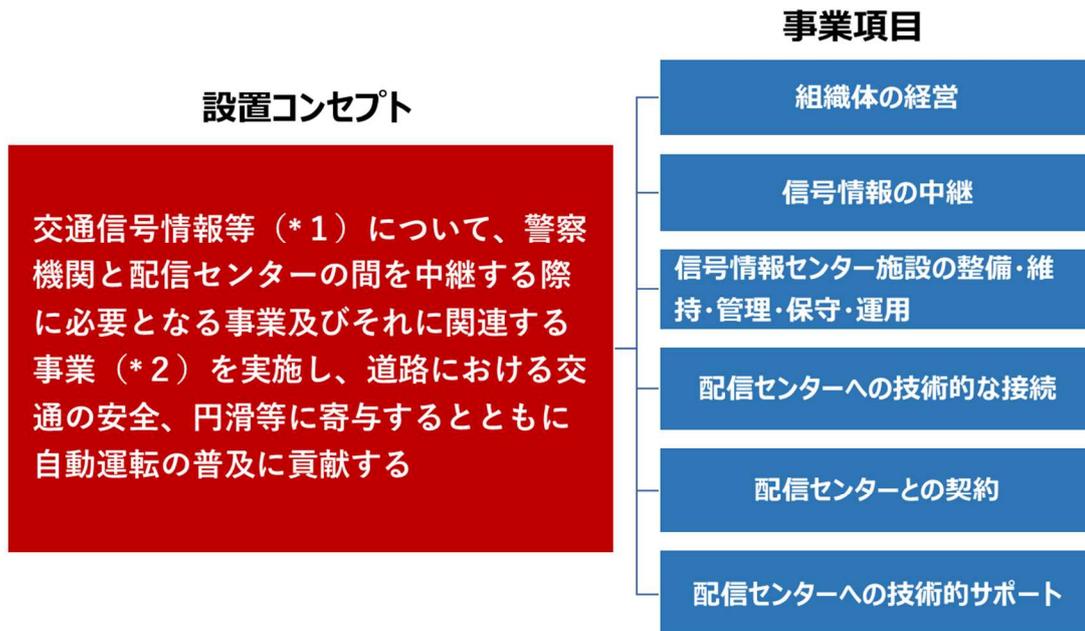
こうしたことから、②の形態が最も実現性が高いものとする。加えて、信号情報センターの性格上、**中立性・公正性**がもたえられることから、「**非競争領域のエッジ**」に位置させて、「**警察で生成された交通信号情報を競争領域に送り出していくこと**」を主な機能とすることが適切と思われる。

図 2.4 信号情報センターの必要性と任務

6.5. 信号情報センターの事業の内容

信号情報センターが担う必要のある事業をまとめた。

交通信号情報だけではなく、規制情報等の自動運転、安全支援運転に必要な情報の中継に含めるべき、採算性の観点から交通管制に使用するプローブデータの配信等の将来的に拡大が見込まれる事業を視野に入れるべき等の意見があった。



*1 交通信号情報等：規制情報、ダイナミックマップ等との紐付けその他の協調型自動運転、安全運転支援に必要な情報を含む。

*2 関連する事業：交通管制に使用するプローブデータの配信をはじめ、将来的に拡大が見込まれる事業も視野に入れる。

図 2.5 信号情報センターの事業の内容

6.6. 信号情報センターが備える必要のある社会的機能要件

事業体としての信号情報センターが備えるべき社会的機能要件と課題をまとめた。

各種人材の必要性についての意見が複数あった。また、全国的に統一されたインターフェース条件により同レベルのサービスを提供する必要がある、24 時間稼働できる全国的な体制の確保が必要であるという意見があった。

表 2.3 信号情報センターが備える必要のある社会的機能要件

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

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

6.7. 実施主体の条件

社会的機能要件の検討を踏まえ、実施主体の条件をまとめた。

交通情報について、実務を担ってきた既存の事業者（JARTIC、VICS センター）を活用した事業化が適切であるという具体的な意見が多くあった。

数については、採算上も少数にならざるを得ない等の観点から、数の限定については、否定的な意見はなかったが、先行する地域における自動運転事業等を踏まえ、機能の地域分散について留意するべきという意見があった。

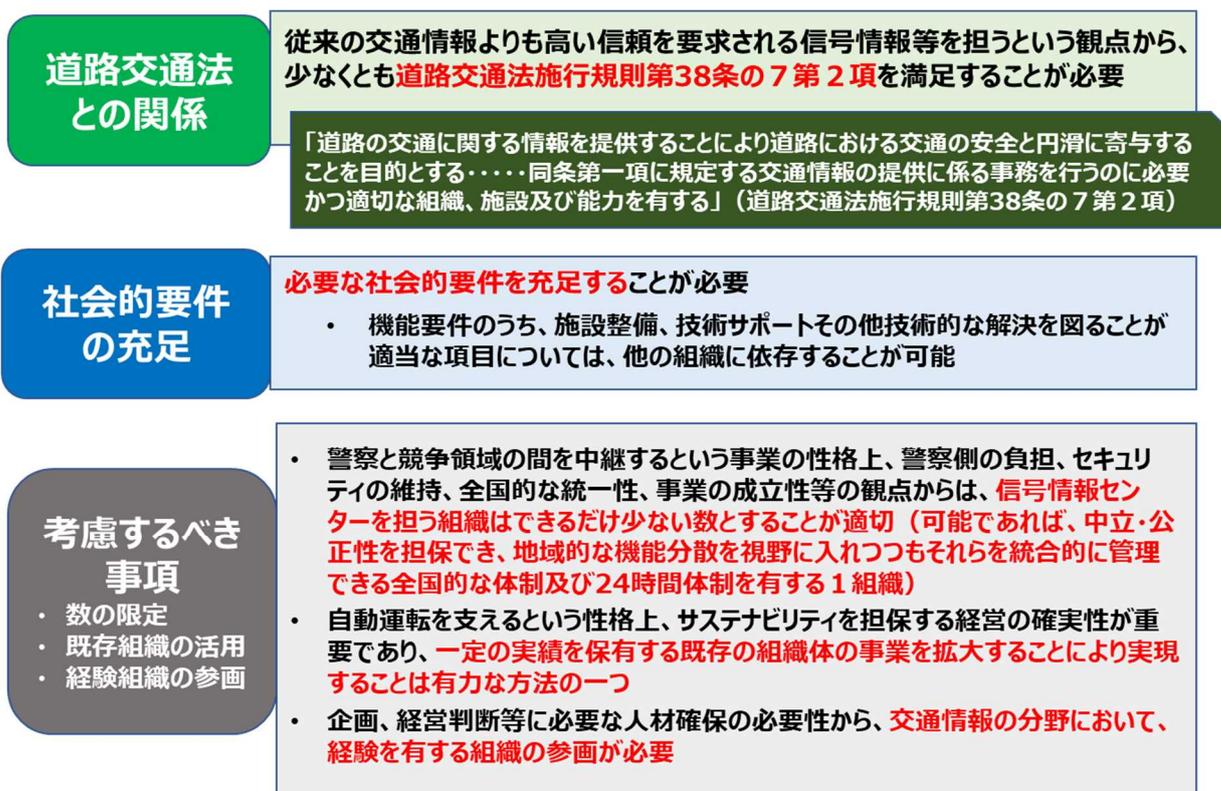


図 2.6 実施主体の条件

7. 考察

交通信号情報の道路交通法及び関係法令における位置づけについては今後の課題であるが、従来、交通情報として扱われてきた情報との類似性がある情報であり、信号情報センターの事業化に当たっては、交通情報を取り扱ってきた既存の事業者が有する知見・ノウハウの活用が必須である。このことは、ヒアリング・アンケートの結果から見ても多くの有識者が意見を同じくするところと考える。

一方で、信号情報センターの設置、運営に当たっては、経費、人材の両方で相当のリソースを確保することから、事業者を組織する際に、そうした既存の事業者の役割をどのようにデザインするかについて、具体的な採算性を踏まえた詳細な検討が必要となるところである。そうした観点からすれば、まずは、交通信号情報を生成する側の官（警察）とこの種の事業者の経営に知見・ノウハウを有する既存の民間事業者の連携により、具体的な事業化検討を行う枠組みを議論していくことが必要と考える。

(別冊 2-1) 「信号情報センターの社会的要件・実施主体に関するヒアリングシート」

(別冊 2-2) 「信号情報センターの社会的要件及び実施主体の条件について」

第3章 信号情報センターの技術要件に関する検討等（テーマ2）

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、「クラウド等を活用した信号情報提供の社会実装に向けた研究開発」のうち、テーマ2：信号情報センターの技術要件に関する検討等について記載したものである。

2. 用語の定義

(1) 交通管制システム

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

(2) 信号予定情報

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

(3) 交差点管理情報

信号予定情報を配信している交差点位置等に関する情報のことをいう。

(4) 信号情報配信装置

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

(5) 信号情報集約システム

警察庁に設置され、都道府県警察に設置される信号情報配信装置から信号予定情報等を受信し、信号情報センターへ送信する機能を主として担い、都道府県警察で生成された信号予定情報等の配信ルート一本化の役目を果たすシステムのことをいう。

(6) 信号情報センター

信号情報集約システムから信号予定情報等を受信し、民間の事業者サーバー等へ信号予定情報を配信するセンターのことをいう。

(7) デジタル地図

道路情報をコンピュータで扱えるように数値情報として表現した地図をいう。

(8) 各サーバー

サーバー装置によって構成される装置を指す。信号情報集約システムと信号情報センターでは指すものが異なる。

(9) 各ネットワーク機器

レイヤー2スイッチ、レイヤー3スイッチ及びファイアウォールをいう。

3. 信号情報センターの技術的要件

3.1. 機能再配置に伴う信号情報提供サービス全体構成の検討

3.1.1. サービス概要

クラウド等を活用した信号情報の提供を目指す本システムは、都道府県警察の交通管制システム、警察庁の信号情報集約システム、信号情報センターに設置される信号情報センターシステムが連携して機能を実現する。信号情報提供サービスの概要図を図 3.1 に示す。都道府県警察の交通管制システムでは、管制方式、集中方式、制御機方式のいずれかの方式により信号予定情報を生成し、信号情報配信装置を介して配信する。次に、警察庁に整備される信号情報集約システムは、全国の信号情報配信装置から配信される信号予定情報を集約し、信号情報センターへ配信する。最後に、信号情報センターは、民間事業者により運営される配信センターへ信号予定情報を配信する。最終的には配信センターを介して、自動運転車両に信号予定情報が配信される。

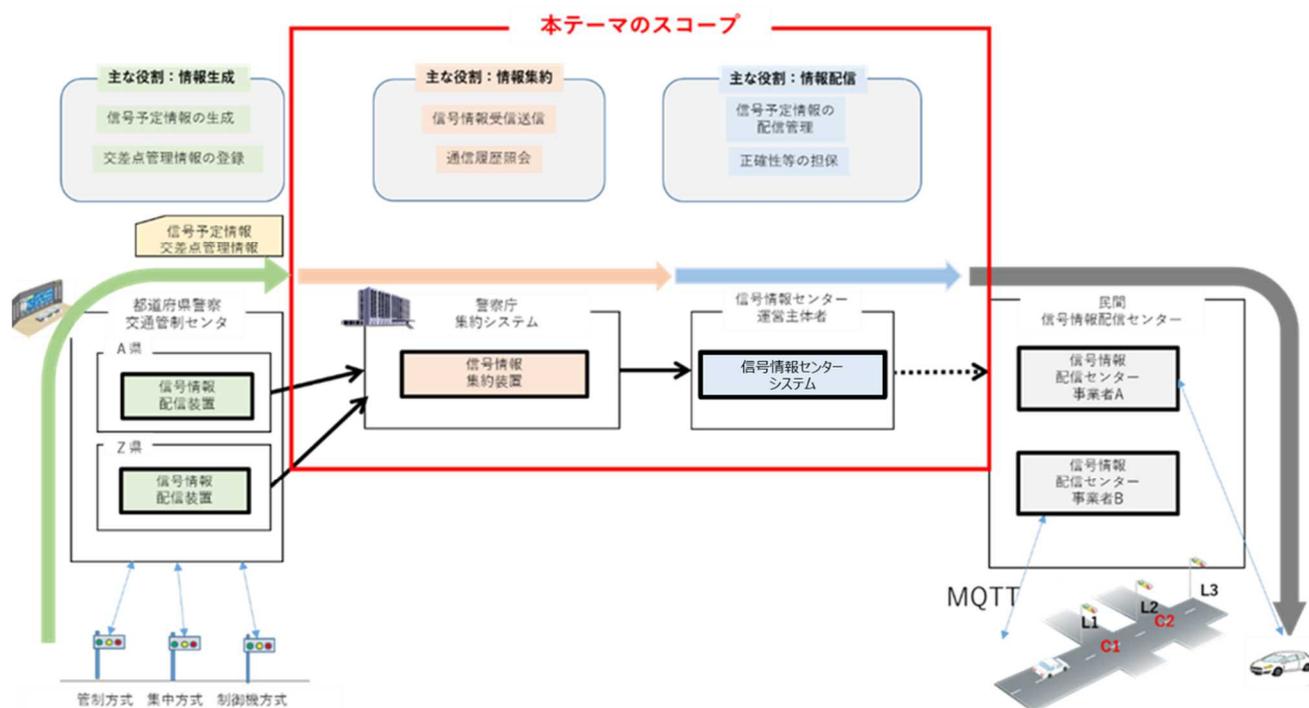


図 3.1 サービスの全体の概念図

3.1.2. サブシステムの機能分担

本研究開発では、信号情報センターの社会的要件を考慮し、信号情報集約システム、及び信号情報センターの立場から各システム機能を検討し、表 3.1 のとおり整理した。サービス全体の費用対効果の観点から信号情報センターと信号情報集約システムにおいて、機能重複を極力避け

ることとした。

表 3.1 システム機能上の役割

システム	協調領域			競争領域（民間）
	都道府県警察 ／交通管制システム	警察庁 ／信号情報集約システム	信号情報センター ／信号情報センターシステム	配信センター ／配信センターシステム（仮）
システム上の 機能分担	○信号予定情報の生成	○全国情報集約・ルート1本化	●信号情報等の 規約整合性の確保	○信号予定情報の配信管理
	○交差点管理情報の登録			
	○通信等の管理 ○履歴照会	○通信監視（通信異常対応） ●履歴照会	●配信の管理・照会	—
	○信号予定情報の提供管理 （信号予定情報の 整合性の確保）	●実証実験の各種検証 （サービス立上げ時含む）	●提供情報の管理	—

【凡例】 ●：機能分担が変化するもの、○機能分担が変化しないもの

昨年度までの検討によると、信号情報センターとしては信号予定情報の配信管理を想定していた。当該センターの社会的要件を考慮すると、最終的な情報配信元として配信情報の規約整合性の確保等を行うことや、その提供情報の監視・管理を行う役割の追加が必要と考えられる。それに伴い、全体最適の観点から、信号情報集約システムの機能が軽減できる。これらを踏まえ、機能再配置後の各システムの機能について簡単に説明する。

- ・都道府県警察の交通管制システムでは、信号予定情報の生成、交差点管理情報の登録、通信等の管理、履歴照会、信号予定情報の提供管理を担い、信号予定情報に関するデータ生成とその履歴管理及び交差点管理情報との整合の確保を行う。
- ・警察庁に整備される信号情報集約システムは、全国情報集約・ルート1本化、通信監視、履歴照会、実証実験の各種検証の機能があり、セキュリティ・維持管理の面から全国情報集約・ルート1本化の機能を担い、交通管制システム内の信号情報配信装置と信号情報センター間の情報中継を担う。また、サービス立上げ時や実証実験時に対応する機能も具備する必要があると考えられる。
- ・信号情報センターの信号情報センターシステムでは、信号情報等の規約整合性の確保、配信の管理・照会、提供情報の管理を担い、主として信号情報集約システムから受信した信号予定情報等を、民間事業者による配信センターへ配信する役割を担う。配信事業者は必要な情報についてのみ情報配信を要求することが考えられることから、配信内容の管理が必要であり、また配信情報についても一定程度の品質を確保する観点から規約整合性の確認を行う必要があると考えられる。

3.1.3. サブシステム間の概略機能構成

前節の検討に基づき、信号情報集約システムと信号情報センターシステムの機能概要を検討した。その内容を以下に示す。

3.1.3.1. 信号情報センターの概略機能構成

前節の検討に基づき、当該センターの社会的要件等を考慮し、アプリケーションとして必要となる機能構成の概略を検討した。結果は表 3.2 のとおりとなった。

表 3.2 信号情報センターシステムの概略機能構成

No.	大項目	小項目
1	データ中継機能	信号情報等の収集
2		信号情報等の配信
3		配信情報の管理
4	運用監視・管理機能	配信内容の監視
5		システム異常監視
6		信号情報配信の停止
7	運用支援機能	配信履歴の管理・照会
8		運用実績の集計
9		接続管理
10	システム維持管理機能	システム故障管理
11		システム管理

3.1.3.2 信号情報集約システムの概略機能構成

前節の検討に基づき、信号情報センターと信号情報集約システムにおいて機能重複を極力避けることとし、機能の最適化を図った結果を表 3.3 に示す。

表 3.3 信号情報集約システムの機能最適化の検討結果

大項目	小項目	検討結果
情報受信	信号予定情報受信	○
	交差点管理情報受信	○
情報蓄積	信号予定情報蓄積	△
	交差点管理情報蓄積	△
	配信用信号予定情報蓄積	△
	配信用交差点管理情報蓄積	△
稼働監視	接続装置状態監視	○
	システム状態監視	○
情報管理	信号予定情報判定	×
	装置稼働判定	○
	信号予定情報管理	○
	交差点情報管理	○
情報検証	信号予定情報監視	×
情報送信	信号予定情報送信	○
	交差点管理情報送信	○
システム管理機能	警報出力	○
	蓄積データ管理	○
	時刻同期機能	○
デジタル地図	デジタル地図表示	×
	デジタル地図操作	×
	検索地図表示	×
デジタル地図上の信号予定情報の表示	共通	×
	信号予定情報稼働情報表示	×
	信号予定情報リアルタイム表示	×
管理情報照会	接続装置状態情報抽出	○
信号予定情報照会	信号予定情報稼働情報抽出	○
	信号予定情報詳細履歴データ抽出	○
	信号予定情報の受信・稼働履歴抽出	○
	信号予定情報の配信・稼働履歴抽出	○
信号予定情報表示	リアルタイム表示	○
信号予定情報介入	停止介入	△
	停止介入一覧	△

機能軽減の観点については次のとおりである。

- (1) 規約整合性等の配信監視は、信号情報センターにおいて実施するため、「信号予定情報判定」は削除が妥当と判断できる。
- (2) 信号予定情報を含めたデータ有効期間等の検証に関する運用実績の集計等は信号情報センターが行うため、「信号予定情報監視」は削除が妥当と判断できる。
- (3) デジタル地図等を用いた高度な運用支援、状況把握は、信号情報センターにおいて具備されるため、「デジタル地図」「デジタル地図上の信号予定情報の表示」については集約システムから削除することが可能と判断できる。
- (4) 履歴に関してはデータベースによる照会を必須とせずに、当該装置の障害対応・技術検証用途に必要な期間の蓄積とする方針とすることで、蓄積期間の軽減が可能と判断できる。障害対応用途ということであれば、期間は最長で14日間程度が妥当であると判断できる。
- (5) 「信号予定情報介入」については、実験・サービス立上げ時の検証用途では必要な機能であるが、精緻な機能実装は不要で、その粒度が粗くても良いと判断できる。

上記の機能再構成の検討結果を反映させた機能概略構成は表 3.4 のとおりとなる。

表 3.4 信号情報集約システムの概略機能構成

No.	大項目	小項目
1	全国情報集約機能	情報受信
2		情報送信
3		情報管理 *1
4	運用監視・管理機能	稼動監視 *2
5		信号予定情報介入
7	運用支援機能	情報蓄積
8		信号予定情報照会
9		信号予定情報表示
10	システム維持管理機能	システム管理機能
11		管理情報照会

*1：信号予定情報判定は除く

*2：信号予定情報監視除く

3.1.4. サブシステム間連携

信号情報集約システム及び信号情報センターシステムは、複数の都道府県の交通管制システムで生成された信号情報を集約し、複数の民間事業者に配信する。その際に、各システム間で連携・協調し、正確かつ迅速に情報を伝達する必要がある。次にあげる事項に関して、サブシステム間での考え方の統一や連携が必要なものについて記す。

3.1.4.1. 異常発生時の情報伝達の考え方

提供される信号予定情報は自動運転車両の車両制御の一部に使用されると想定されている。したがって、各種機器の異常発生時には直ちに情報を車両に通知する必要があると考えられる。信号予定情報については方式により情報生成元が異なるが、図 3.2 に示すような機器を経由して車載機に通知される。

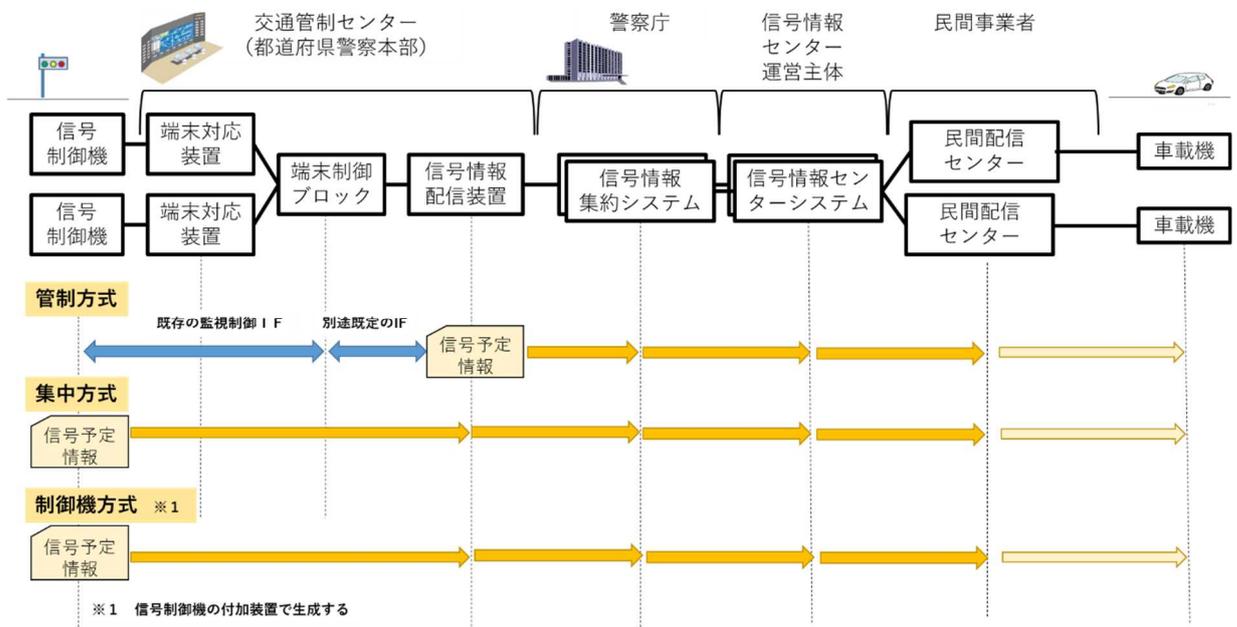


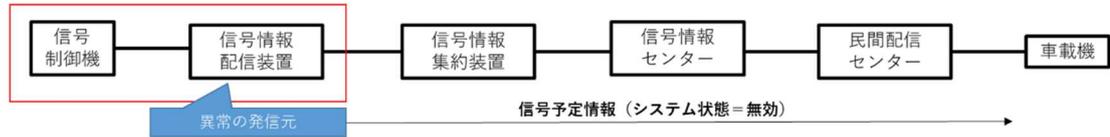
図 3.2 信号予定情報の情報伝達ルート

代表的な障害発生ケースを図 3.3 のとおり次の 2 つのシナリオに分けて検討する。

シナリオ 1 信号機を含む交通管制システム内で障害が発生する場合

シナリオ 2 システム間の通信障害が発生する場合

- 【シナリオ1】 障害発生時は情報生成元で異常を判定し、信号予定情報のシステム状態を無効とする
- ・信号機・信号情報配信装置での障害検出による配信（集中・制御機方式／管制方式）
 - ・個別交差点の信号予定情報の遅延・途絶（集中方式・制御機方式）



- 【シナリオ2】 障害発生時は**速達性を考慮し**、センター間障害情報を通知し、民間配信センターへ通知する（想定シナリオ）民間配信センター側で、当該の信号予定情報のシステム状態を無効とする

- ケース1： 都道府県・信号情報配信装置からの配信（全て）が途絶
 ケース2： 信号情報集約装置からの通信が途絶

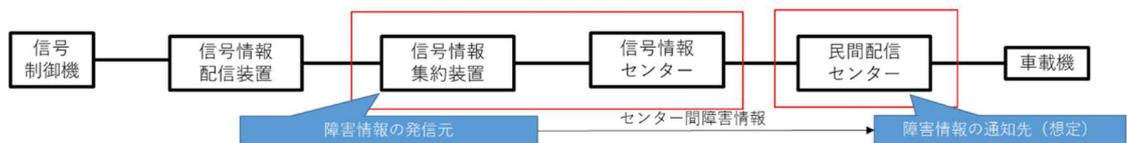


図 3.3 異常時の情報伝達方式の考え方

まず、シナリオ1は信号機を含む交通管制システム内で障害が発生する場合であり、この場合は情報生成元（信号情報配信装置、信号制御機、信号制御機の付加装置）で異常を判定し、信号予定情報のシステム状態を無効として配信し、車載機に通知するものである。また、障害発生の詳細については、別テーマで検討されている。

次に、シナリオ2はセンター間での通信途絶や接続装置の故障等が想定される場合であり、この場合は異常を検出したセンター装置側でセンター間障害情報を生成し、民間配信センターへ通知するものである。これは表 3.5 に示すとおり、センター間の通信障害が発生した際に、信号予定情報のシステム状態を無効にする処理の実施について、センター（信号情報集約システム、信号情報センターシステム）側で行うよりも、センター間障害情報を通知する方が遅延を少なく速達性をもって伝達できると考えられるため、提案されたものである。その後、通知を受けた民間配信センターで、信号予定情報のシステム状態を無効にする等の措置を行い、当該信号情報について無効化を図ることを想定している。

表 3.5 システム機能上の役割

センター間障害発生時の対応策	処理遅延	通信遅延
センター間障害情報の通知	○	○
信号予定情報の無効化処理*1	△	△

*1 システム状態を無効する処理を指す

凡例：○：適している、△：適していない

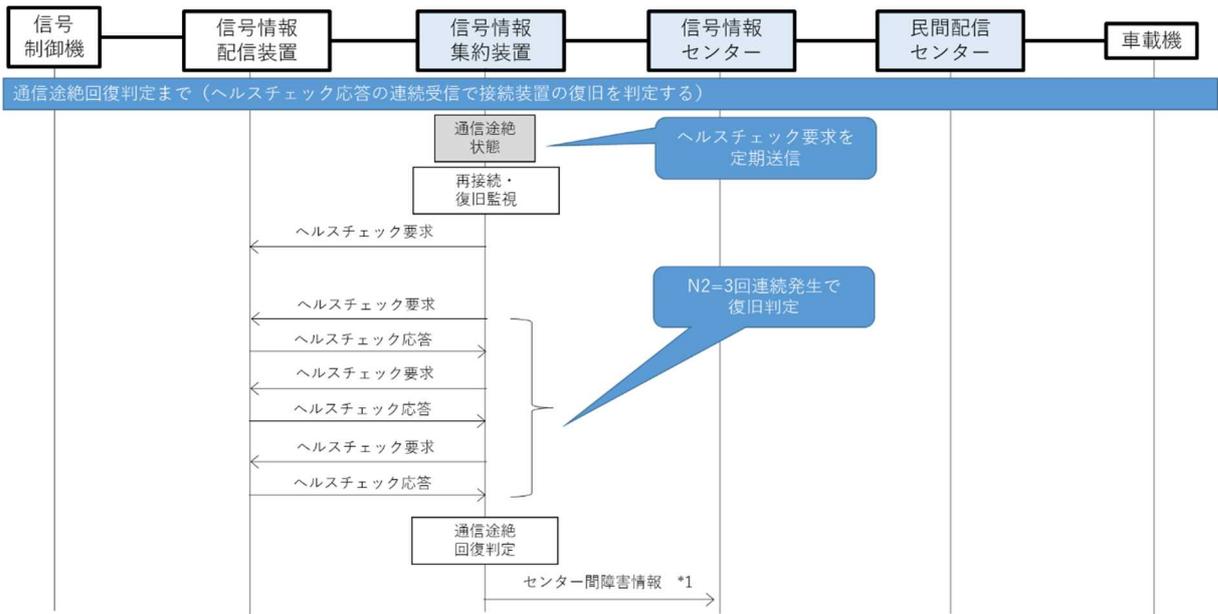
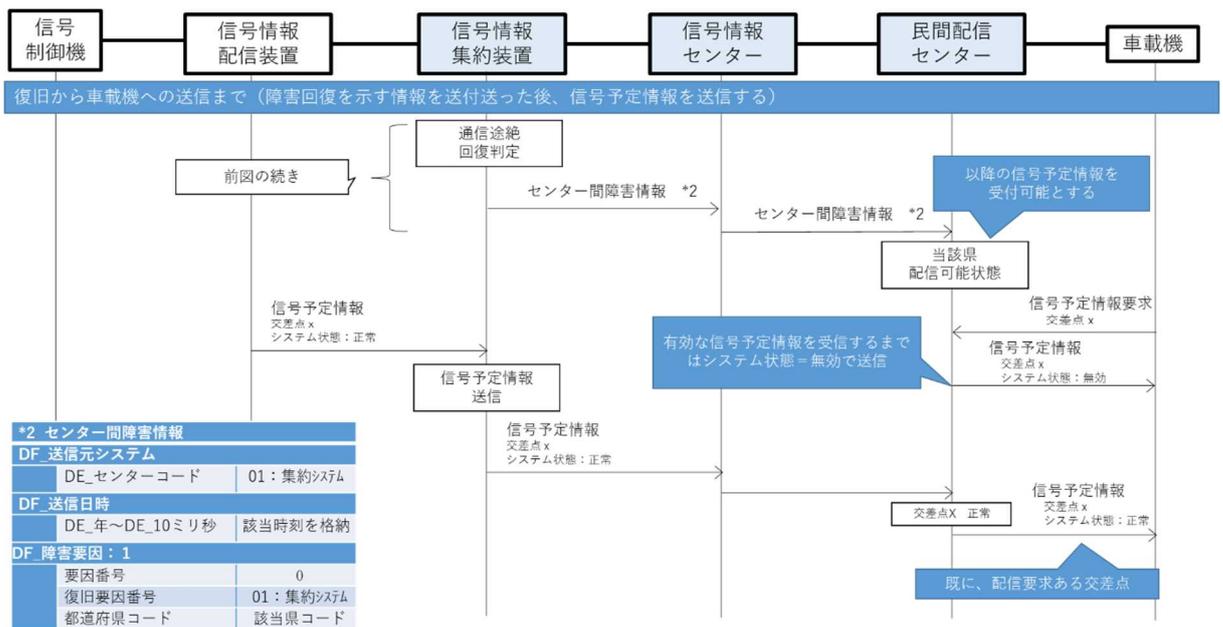


図 3.6 信号情報配信装置の復旧検出シーケンス（ケース 1）



*2 センター間障害情報	
DF 送信元システム	DE_センターコード 01：集約システム
DF 送信日時	DE_年～DE_10ミリ秒 該当時刻を格納
DF 障害要因：1	要因番号 0
	復旧要因番号 01：集約システム
	都道府県コード 該当県コード

図 3.7 復旧時の信号予定情報の配信シーケンス（ケース 1）

(2) ケース 2 : 信号情報センターにおける信号情報集約システムとの接続監視

信号情報集約装置からのヘルスチェック異常検出までを図 3.8 に、その後、車載機までの通知を図 3.9 に示す。さらに、その後、信号情報集約装置の復旧検出を図 3.10 に、最終的な情報配信までを図 3.11 に示す。

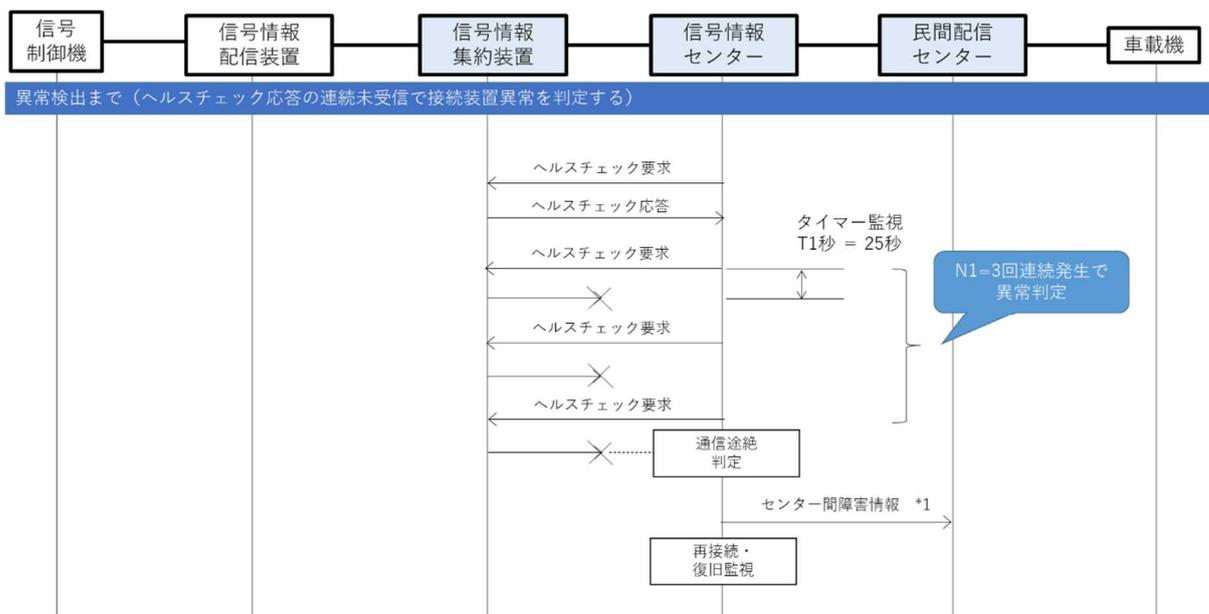


図 3.8 異常検出までのシーケンス (ケース 2)

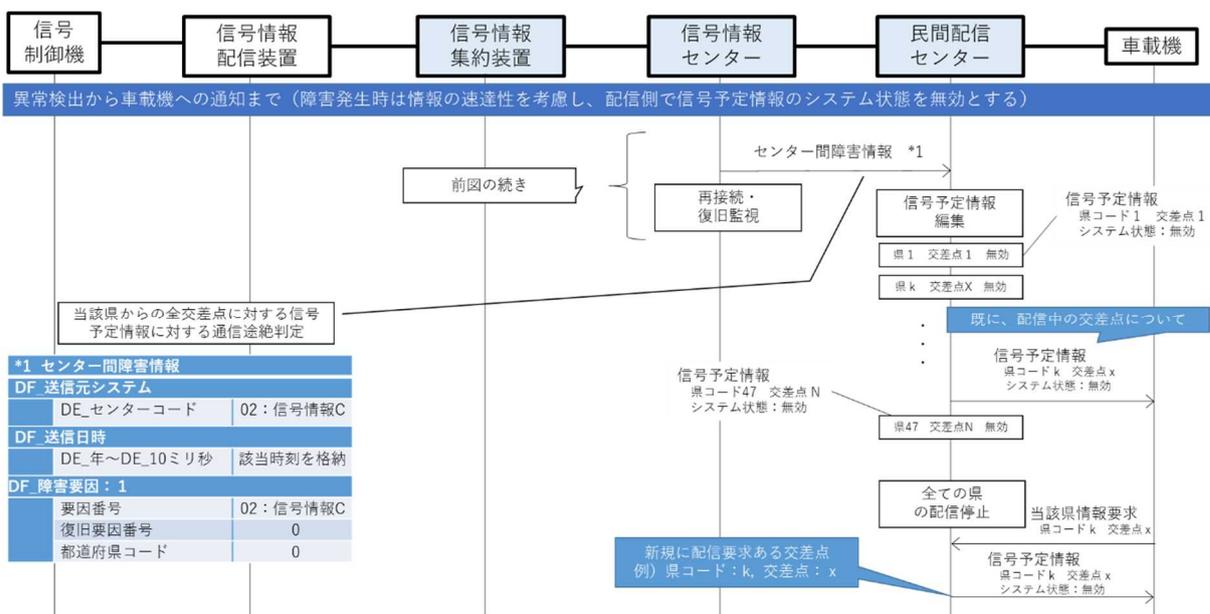


図 3.9 車載機通知までのシーケンス (ケース 2)

4. 信号情報センターの技術要件に関する検討

4.1. システム機能要件

前節の機能概略構成をもとに検討した機能を表 3.6 に示す。

表 3.6 信号情報センターシステムの機能一覧

機能区分	機能項目	説明
データ中継機能		
データ受信 (信号情報等の収集)	信号予定情報受信	警察庁に整備される信号情報集約装置から信号予定情報を受信すること。なお、信号情報集約装置との間の通信プロトコル、データ構造及び配信周期に関しては別途指定するインターフェース仕様に従うこと。
	交差点管理情報受信	警察庁に整備される信号情報集約装置から交差点管理情報を受信すること。なお、信号情報集約装置との間の通信プロトコル、データ構造及び配信周期に関しては別途指定するインターフェース仕様に従うこと。
データ送信 (信号情報等の配信)	信号予定情報送信	送信準備された信号予定情報を信号情報配信センターに送信すること。 当該装置で停止介入（停止／開始）があった場合、当該信号予定情報の送信を停止／開始すること。なお、信号情報配信センターとの間の通信プロトコル、データ構造及び配信周期に関しては別途指定するインターフェース仕様に従うこと。
	交差点管理情報送信	送信準備された交差点管理情報を信号情報配信センターに送信すること。 当該装置で停止介入（停止／開始）があった場合、当該交差点管理情報の送信を停止／開始すること。なお、信号情報配信センターとの間の通信プロトコル、データ構造及び配信周期に関しては別途指定するインターフェース仕様に従うこと。
配信情報の管理	信号予定情報管理	送信する信号予定情報は、信号情報配信センター毎にエリア（県単位）を指定して送信できること。 信号予定情報を県単位／交差点単位で管理し、データ更新都度最新状態に更新管理すること。

表 3.6 信号情報センターシステムの機能一覧

機能区分	機能項目	説 明
配信情報の管理 (つづき)	交差点情報管理	送信する交差点管理情報は、信号情報配信センター毎にエリア(県単位)を指定して送信できること。 交差点管理情報を県単位/交差点単位で管理し、データ更新都度最新状態に更新管理すること。
運用監視・管理機能		
配信情報の監視 (配信内容の監視)	信号予定情報監視	信号情報集約装置から収集した信号予定情報(信号灯色表示、表示秒数、信号状態情報等)の状況監視を行う。
	交差点管理情報監視	信号情報集約装置から収集した交差点管理情報(交差点ID、位置情報等)の状況監視を行う。
	配信用 信号予定情報監視	信号情報配信センターに送信する信号予定情報を県単位に監視する。
	配信用 交差点管理情報蓄積	信号情報配信センターに送信する交差点管理情報を県単位に監視する。
配信情報の障害監視 (配信内容の監視/システム異常監視)	信号予定情報 障害監視	(1) 信号情報集約装置から受信した信号予定情報を検証する。信号予定情報が無効であることを受信した場合には、そのまま信号予定情報を信号情報配信センターへ送信し、システム管理者に通知すること。 (2) 信号情報集約装置から受信した信号予定情報フォーマットを検証する。規約違反の電文を受信した場合には、当該信号予定情報を無効とし、システム管理者に異常通知すること。 (3) 停止介入があった場合、当該交差点の信号予定情報のシステム状態を無効とし信号情報配信センターへ送信すること。
	センター装置 障害監視	(1) センター間障害情報を受信した場合、速やかに信号情報配信センターへ送信し、システム管理者に異常通知すること。 (2) 信号情報集約装置からのヘルスチェック応答を監視し、一定時間経過してもヘルスチェック応答の受信がなかった場合は、通信路上に異常が発生したとして、センター間障害情報を信号情

表 3.6 信号情報センターシステムの機能一覧

機能区分	機能項目	説 明
配信情報の 障害監視 (つづき)	センター装置 障害監視 (つづき)	<p>報配信センターへ送信し、再接続処理を行うこと。また、再接続後、ヘルスチェック応答を受信した場合、速やかにセンター間障害情報（復旧通知）を信号情報配信センターへ送信し、通信障害が復旧したとして、信号予定情報を送信できる状態とするとともに、ヘルスチェック応答の監視を再開すること。</p> <p>(3) 信号情報センターシステムの装置状態の監視結果に基づき、システム状態が異常となる場合はシステム管理者に異常通知すること。</p> <p>(4) 当該装置で停止介入（一括）があった場合は、センター間障害情報を信号情報配信センターへ送信すること。</p>
	交差点管理情報障害 監視	<p>(1) 信号情報集約装置から受信した交差点管理を検証する。交差点管理情報が無効であることを受信した場合には、そのまま交差点管理情報を信号情報配信センターへ送信し、システム管理者に異常通知すること。</p> <p>(2) 信号情報集約装置から受信した交差点管理情報フォーマットを検証する。規約違反の電文を受信した場合には、システム管理者に異常通知すること。</p>
信号情報配信 の停止	停止介入制御	<p>停止制御により、信号情報配信センターへの信号予定情報及び、交差点管理情報の送信停止を、信号予定情報障害監視機能（無効送信）、データ送信機能（送信停止）に要求する。</p> <p>また開始制御により、信号情報配信センターへ信号予定情報及び、交差点管理情報の送信開始を、信号予定情報障害監視機能（無効解除）、データ送信機能（送信停止解除）に要求する。</p>
運用支援機能		
データ蓄積 (配信履歴の 管理・照会)	信号予定情報蓄積	信号予定情報を県単位でデータベースに登録し、蓄積すること。
	交差点管理情報蓄積	交差点管理情報を県単位でデータベースに登録し、

表 3.6 信号情報センターシステムの機能一覧

機能区分	機能項目	説 明
データ蓄積 (配信履歴の 管理・照会) (つづき)		蓄積すること。
	配信用信号予定情報蓄積	信号情報配信センターに送信する信号予定情報を県単位でデータベースに登録し、蓄積すること。
	配信用交差点管理情報蓄積	信号情報配信センターに送信する交差点管理情報を県単位でデータベースに登録し、蓄積すること。
	信号予定情報障害情報蓄積	信号予定情報障害情報（無効／フォーマット異常）をデータベースに登録し、蓄積すること。
	交差点管理情報障害情報蓄積	交差点管理情報障害情報（無効／フォーマット異常）をデータベースに登録し、蓄積すること。
	センター装置障害情報蓄積	センター装置障害監視情報（センター間障害情報／接続装置異常／システム状態異常）をデータベースに登録し、蓄積すること。
	信号情報集約装置送受信情報蓄積	信号情報集約装置と送受信した情報をデータベースに登録し、蓄積すること。
	信号情報配信センター送受信情報蓄積	信号情報配信センターと送受信した情報をデータベースに登録し、蓄積すること。
	停止介入情報蓄積	停止介入した制御情報をデータベースに登録し、蓄積すること。
	信号予定情報運用実績履歴蓄積	信号情報配信センターに信号予定情報を提供した時間をサービス提供時間としてデータベースに登録し、蓄積すること。
	交差点管理情報運用実績履歴蓄積	信号情報配信センターに交差点管理情報を提供した時間をサービス提供時間としてデータベースに登録し、蓄積すること。
画面表示 (配信履歴の管 理・照会)	デジタル地図表示	<p>(1) 次の道路等を表示できること。</p> <p>ア 幅員が 3 m 以上の一般道路、高速自動車国道及び自動車専用道路</p> <p>イ 国土地理院地形図（2 万 5 千分の 1）に示す鉄道、駅、湾岸線、湖沼及び河川</p> <p>なお、国土地理院地形図は、契約時における最新のものであること。</p> <p>(2) 地図は 1 / 5, 000, 000 ~ 1 / 1, 000 を含む範囲の縮尺が表示可能であり、10 段階以上で拡大及び縮小表示ができること。</p>

表 3.6 信号情報センターシステムの機能一覧

機能区分	機能項目	説 明
画面表示 (つづき)	デジタル地図表示 (つづき)	(3) 地図は、契約時における最新版とし、発注者の承認を得ること。 (4) 地図は、更新できるものであること。 (5) 地図を同時に 2 枚以上起動できること。
	デジタル地図操作	(1) スクロール 次の 3 種類のスクロールモードで地図のスクロールができること。 ア マウスの左ボタンのダブルクリックによるワンタッチスクロール (ダブルクリックした地点が画面の中心にスクロールする。) イ マウスの左ボタンのドラッグによるつかみスクロール ウ マウスの右ボタンのクリック & ドラッグによるフリースクロール (2) 縮尺変更 地図上の縮尺変更により、無段階又は 10 段階以上での縮尺変更できること。また、マウスホイールの操作による縮尺変更に対応できること。
	検索地図表示	(1) 地図検索 ア 検索種別 (住所/地名、郵便番号、交差点名、駅、路線名) に応じて、文字検索を行い、検索結果をリスト表示すること。 イ リスト表示された検索結果を選択することにより、選択位置を地図表示すること。
	共通	(1) 複数の信号情報配信センターからのデータに対する問い合わせ時に内容を解析し、課題がある場合は関係部署との連携含め問題の切り分け時に上流に情報伝達して対処依頼を行い、解析を迅速に正確に行なうために、地図上に各種情報を表示するビューア機能を有すること。 (2) デジタル地図上に表示する各種情報は重畳表示できること。
	信号予定情報 リアルタイム表示	最新の信号予定情報に基づき、当該装置の時計時刻と比較し、現在灯色及びその残秒数を算出し、

表 3.6 信号情報センターシステムの機能一覧

機能区分	機能項目	説 明
画面表示 (つづき)	信号予定情報 リアルタイム表示 (つづき)	その後、計時とともに、残秒数をカウントダウン できること。さらに、残秒数が0になった場合は、 次の灯色に切り替わり及びその残秒数を算出でき ること。なお、新たに信号予定情報を受信し、最 新の信号予定情報が更新された際にはその情報に 切替えて表示できること。
	信号予定情報 稼働情報表示	デジタル地図上に信号機マークを表示し、その表 示色等により信号予定情報の稼働状態（データあ り、データなし（欠測）、収集期間内にデータなし ）を示すこと。なお、信号機マークの表示位置は 交差点管理情報（交差点ID、交差点位置情報）に 従うこと。
	信号予定情報 詳細履歴データ抽出	データベースに蓄積された信号予定情報の履歴デ ータの照会・表示ができること。
	信号予定情報 稼働情報抽出	(1) 受信情報である信号予定情報に関する稼働状態 （正常/異常/介入停止等）を交差点単位で抽出 し、一覧化できること。 (2) 稼働状態毎に件数を抽出し、表示できること。
	接続装置状態 情報抽出	(1) 接続先である警察庁の信号情報集約装置、信号 情報配信センターの監視状況（正常/異常等） を抽出し、一覧化できること。 (2) 異常件数を抽出し、表示できること。
	信号予定情報の 受信・稼働履歴抽出	接続先である警察庁の信号情報集約装置からの受 信した情報に関して、受信・稼働状況の履歴一覧を 表示することができること。
	信号予定情報の 配信・稼働履歴抽出	接続先である信号情報配信センターへ送信した情 報に関して、送信・稼働状況の履歴一覧を表示す ることができること。
	停止介入情報抽出	信号予定情報の停止介入の実施時状況を一覧表示 できること。
	信号予定情報運用実 績履歴抽出	接続先である信号情報配信センターへ送信した情 報に関して、サービス提供時間及び稼働率を表示す

表 3.6 信号情報センターシステムの機能一覧

機能区分	機能項目	説 明
画面表示 (つづき)		ることができること。
	交差点管理情報運用実績履歴抽出	接続先である信号情報配信センターへ送信した情報に関して、サービス提供時間及び稼働率を表示することができること。
	停止介入入力	交差点を指定し、信号予定情報/交差点管理情報の配信を停止/開始することができること。
	信号情報集約装置接続入力	信号情報集約装置を指定し、信号情報集約装置との回線を接続/切断できること。
	信号情報配信センター接続入力	信号情報配信センターを指定し、信号情報配信センターとの回線を接続/切断できること。
運用実績の集計	信号予定情報運用実績集計	信号情報配信センターに信号予定情報を提供した時間をサービス提供時間として集計すること。
	交差点管理情報運用実績集計	信号情報配信センターに交差点管理情報を提供した時間をサービス提供時間として集計すること。
接続管理	信号情報集約装置接続制御	信号情報集約装置との回線を接続/切断できること。
	信号情報配信センター接続制御	信号情報配信センターとの回線を接続/切断できること。
システム維持管理機能		
システム故障管理	装置監視	信号情報配信センターシステムのサーバー、ネットワーク機器等のハードウェア障害を検知し障害内容を確認できること。
	ネットワーク監視	信号情報配信センターシステムのサーバー、ネットワーク機器等のネットワーク障害を検知し障害内容を確認できること。
データ蓄積 (システム故障管理)	装置故障情報蓄積	信号情報配信センターのサーバー、ネットワーク機器等のハードウェア障害を検知した情報をデータベースに登録し、蓄積すること。
	ネットワーク障害情報蓄積	信号情報配信センターのサーバー、ネットワーク機器等のネットワーク障害を検知した情報をデータベースに登録し、蓄積すること。
画面表示 (システム故障)	装置故障表示	信号情報センターシステムのサーバー、ネットワーク機器等のハードウェア故障を抽出し、一覧表示で

表 3.6 信号情報センターシステムの機能一覧

機能区分	機能項目	説明
管理)		きること。
	ネットワーク障害表示	信号情報センターシステムのサーバー、ネットワーク機器等からネットワーク障害を抽出し、一覧表示できること。
システム管理	起動・停止	信号情報配信センターシステムの起動・停止ができること。
	警報出力	接続装置状態及びシステム状態に応じて異常と判定される場合は、警報出力する。
	蓄積データ管理	データベース化したデータの保存期間は 1 年間とし、それ以前のデータは自動で消去すること。
	時刻同期機能	GPS 時刻同期機能を備えること。また、GPS 時刻同期機能による時刻ソースと、NTP プロトコルにより信号情報センターシステムの装置時刻を同期できること。

4.2. 画面の機能要件

ソフトウェア機能構成で示した中で、画面機能として実現するものについて以下に概要を記載する。信号情報センターシステムにおいて、画面表示を伴う要件は以下のものである。

- ・デジタル地図上の信号予定情報（稼働情報表示）
- ・デジタル地図上の信号予定情報（リアルタイム表示）
- ・システム状況照会（情報提供の稼働情報表示）
- ・システム状況照会（接続装置状態表示）
- ・システム状況照会（装置故障状況表示）
- ・システム状況照会（ネットワーク障害表示）
- ・信号情報照会（リアルタイム表示）
- ・信号情報照会（詳細履歴データ抽出）
- ・信号情報照会（受信履歴表示）
- ・信号情報照会（配信履歴表示）
- ・運用実績照会（信号予定情報実績照会）
- ・運用実績照会（交差点管理情報実績照会）
- ・信号情報停止介入
- ・システム接続制御

4.3. デジタル地図上の信号予定情報（稼働情報表示）

信号情報センターでは、信号情報配信センターから提供された信号情報に関する苦情の受付、分析、切り分けを行う必要がある。その際、状況把握・影響範囲等の分析においては地理的連続性の把握が必要となることから、デジタル地図上での状況把握が可能な画面を設ける。仕様としては次のとおりとする。

デジタル地図上に信号機マークを表示し、その表示色等により信号予定情報の稼働状態（データあり、データなし（欠測）、収集期間内にデータなし）を示すこと。なお、信号機マークの表示位置は交差点管理情報（交差点 ID、交差点位置情報）に従うこと。

4.4. デジタル地図上の信号予定情報（リアルタイム表示）

信号情報センターでは、信号情報配信センターから提供された信号情報に関する苦情の受付、分析、切り分けを行う必要がある。信号機は地理的に隣接する交差点との連携し、信号制御パラメータ（サイクル長変動、オフセット追従等）を決定し動作している。したがって、信号情報の地理的関係性を踏まえた状況把握を容易にするために、本画面を実装する。仕様は次のとおりとする。

- (1) 最新の信号予定情報に基づき、当該装置の時計時刻と比較し、現在灯色及びその残秒数を算出し、その後、計時とともに、残秒数をカウントダウンできること。さらに、残秒数が 0 になった場合は、次の灯色に切り替わり及びその残秒数を算出できること。なお、新たに信号予定情報を受信し、最新の信号予定情報が更新された際にはその情報に切替えて表示できること。
- (2) 表示条件は、交差点及び灯器 ID を指定できることであるが、地図上からも選択できること。

4.5. システム状況照会（情報提供の稼働情報表示）

システムの運用監視上、信号情報の提供状況を照会できる必要であるため、本画面を設ける。仕様としては次のとおりとする。

- (1) 受信・配信情報である信号情報に関する稼働状態（正常/異常/介入停止等）を交差点単位で抽出し、一覧化できること。
- (2) 過去状況を照会するため、時刻を設定することができること。なお、設定する時刻は蓄積データがある範囲とし、年月日時分で設定することができること。
- (3) 照会一覧表示する際には、常に最新情報を確認できるように、自動更新のオン・オフを指定できること。
- (4) 表示する情報の時刻は、最新、既に登録されている情報の時刻の前情報及び後情報がボタンにより容易に変更及び表示ができること。また、設定表示される時刻情報（年月日時分）を表示すること。
- (5) 稼働状態毎に件数を抽出し、表示できること。

4.6. システム状態照会（接続装置状態表示）

システムの運用監視上、接続装置の稼働状況を照会できる必要であるため、本画面を設ける。仕様としては次のとおりとする。

- (1) 接続装置（信号情報集約装置、信号情報配信センター）の監視状況（正常／異常等）を、一覧化できること。
- (2) 過去状況を照会するため、時刻を設定することができること。なお、設定する時刻は蓄積データがある範囲とし、年月日時分で設定することができること。
- (3) 照会一覧表示する際には、常に最新情報を確認できるように、自動更新のオン・オフを指定できること。
- (4) 表示する情報の時刻は、最新、既に登録されている情報の時刻の前情報及び後情報がボタンにより容易に変更及び表示ができること。また、設定表示される時刻情報（年月日時分）を表示すること。
- (5) 異常件数を抽出し、表示できること。

4.7. システム状態照会（装置故障状況表示）

システムの運用監視上、自システムの装置故障状況を照会できる必要があるため、本画面を設ける。仕様としては次のとおりとする。

- (1) 信号情報センターシステムのサーバー、ネットワーク機器等のハードウェア故障を抽出し、自システムの装置故障状況を一覧表示できること。
- (2) 過去状況を照会するため、時刻を設定することができること。なお、設定する時刻は蓄積データがある範囲とし、年月日時分で設定することができること。
- (3) 照会一覧表示する際には、常に最新情報を確認できるように、自動更新のオン・オフを指定できること。
- (4) 表示する情報の時刻は、最新、既に登録されている情報の時刻の前情報及び後情報がボタンにより容易に変更及び表示ができること。また、設定表示される時刻情報（年月日時分）を表示すること。
- (5) 故障発生件数を抽出し、表示できること。

4.8. システム状態照会（ネットワーク障害表示）

システムの運用監視上、システムのネットワーク状況を照会できる必要があるため、本画面を設ける。仕様としては次のとおりとする。

- (1) 信号情報センターシステムのサーバー、ネットワーク機器等からネットワーク障害を抽出し、自システムのネットワーク状況を一覧表示できること。
- (2) 過去状況を照会するため、時刻を設定することができること。なお、設定する時刻は蓄積データがある範囲とし、年月日時分で設定することができること。

- (3) 照会一覧表示する際には、常に最新情報を確認できるように、自動更新のオン・オフを指定できること。
- (4) 表示する情報の時刻は、最新、既に登録されている情報の時刻の前情報及び後情報がボタンにより容易に変更及び表示ができること。また、設定表示される時刻情報（年月日時分）を表示すること。
- (5) 障害発生件数を抽出し、表示できること。

4.9. 信号情報照会（リアルタイム表示）

信号予定情報のリアルタイムな把握を容易にするために、本画面を設ける。仕様としては次のとおりとする。

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

4.10. 信号情報照会（詳細履歴データ抽出）

信号予定情報について現在を含め過去分の情報項目の詳細を照会するために、本画面を設ける。

- (1) データベースに蓄積された信号予定情報の履歴データの照会・表示ができること。
- (2) 信号予定情報の履歴データの照会条件は、照会日時（年月日時分）、提供県、交差点を指定できること。
- (3) 表示する情報の時刻は、最新、既に登録されている情報の時刻の前情報及び後情報がボタンにより容易に変更及び表示ができること。また、設定表示される時刻情報（年月日時分）を表示すること。
- (4) 交差点の指定は、リスト、文字列等による指定だけでなくデジタル地図上から対象地点を選択して、履歴データ照会の対象交差点を設定できること

4.11. 信号情報照会（受信履歴表示）

信号予定情報の受信状況に関して、現在含め過去分の情報項目の詳細を照会できる必要があるため、本画面を設ける。仕様としては次のとおりとする。

- (1) 接続先である警察庁の信号情報集約装置からの受信した情報に関して、受信・稼動状況の履歴一覧を表示することができること。
- (2) 一覧表示の照会条件は、照会時刻、交差点及び稼動情報を設定することができること。なお、設定する時刻は蓄積データがある範囲とし、年月日時分で設定することができる

こと。

4.12. 信号情報照会（配信履歴表示）

信号予定情報の配信状況に関して、現在含め過去分の情報項目の詳細を照会できる必要があるため、本画面を設ける。仕様としては次のとおりとする。

- (1) 接続先である信号情報配信センターへ送信した情報に関して、送信・稼動状況の履歴一覧を表示することができること。
- (2) 一覧表示の照会条件は、照会時刻、交差点及び稼動情報を設定することができること。なお、設定する時刻は蓄積データがある範囲とし、年月日時分で設定することができること。

4.13. 運用実績照会（信号予定情報実績照会）

信号情報のサービス実績を集計する必要があるため、本画面を設ける。仕様としては次のとおりとする。

- (1) 接続先である信号情報配信センターへ送信した情報に関して、サービス提供時間及び稼働率を表示することができること。
- (2) 表示の照会条件は、照会年月日、交差点を設定することができること。なお、設定する期間は蓄積データがある範囲とし、年月日で設定することができること。

4.14. 運用実績照会（交差点管理情報実績照会）

信号情報のサービス実績を集計する必要があるため、本画面を設ける。仕様としては次のとおりとする。

- (1) 接続先である信号情報配信センターへ送信した情報に関して、サービス提供時間及び稼働率を表示することができること。
- (2) 表示の照会条件は、照会年月日、交差点を設定することができること。なお、設定する期間は蓄積データがある範囲とし、年月日で設定することができること。

4.15. 信号情報停止介入

データ異常時の配信停止及び試験・工事等に伴う配信停止を行うことも考えられるため、本画面を設ける。仕様としては次のとおりとする。

<停止介入>

- (1) 交差点を指定し、信号予定情報／交差点管理情報の配信を停止／開始することができること。
- (2) なお、交差点の指定は複数交差点を一括で指定できること。
- (3) 停止／開始する条件として、即時・終了時点未定、期間指定等が指定でき、停止／開始理由等のコメントを入力することが可能であること。

<介入一覧照会>

- (1) 信号予定情報の停止介入の実施時状況を一覧表示できること。
- (2) 実施状況とは、介入の状態、交差点 ID、介入期間、コメント表示等を表示するものである。
- (3) 過去の状況を照会することも想定されるため、照会日時（年月日時分）の指定も可能とすること。なお、設定する時刻は蓄積データがある範囲とし、年月日時分で設定することができること。
- (4) 一覧上から、停止介入の削除、及び変更を行うことが可能であること。

4.16. システム接続制御

信号情報センターシステムと接続する他装置との接続制御を行う必要があるため、本画面を設ける。仕様としては次のとおりとする。

- (1) 信号情報集約装置を指定し、信号情報集約装置との回線を接続／切断できること。
- (2) 信号情報配信センターを指定し、信号情報配信センターとの回線を接続／切断できること。
- (3) 各回線について、接続／切断の状況も併せて表示すること。

4.17. 帳票等に関する要件

ソフトウェア機能構成で示した中で、帳票機能として実現するものについて以下に概要を記載する。信号情報センターシステムにおいて、帳票を伴う要件は以下のものである。

- ・信号予定情報・詳細履歴帳票
- ・信号予定情報・受信履歴帳票
- ・信号予定情報・配信履歴帳票
- ・信号予定情報運用実績帳票
- ・交差点管理情報運用実績帳票

4.17.1. 信号予定情報・詳細履歴帳票

各種問合せ、分析において、信号予定情報について現在を含め過去分の情報項目の詳細を確認するために、本帳票を設ける。仕様としては次のとおりとする。

- (1) データベースに蓄積された信号予定情報の履歴データの照会・表示ができること。
- (2) 信号予定情報の履歴データの照会条件は、照会開始日時・終了日時（年月日時分）、提供県、交差点を指定するものとする。
- (3) 照会期間における情報を表形式で一覧表示することとし、情報項目はインターフェース仕様に基づき網羅するものとする。
- (4) 表示内容は CSV もしくは Excel 形式で保存ができること。

4.17.2. 信号予定情報・受信履歴帳票

各種問合せ、分析において、受信した信号予定情報について現在を含め過去分の情報項目の詳細を確認するために、本帳票を設ける。仕様としては次のとおりとする。

- (1) 警察庁の信号情報集約装置からの受信した情報に関して、受信・稼働状況（受信時刻、情報ヘッダー等）の履歴一覧を表示することができること。
- (2) 信号予定情報の照会条件は、照会開始日時・終了日時（年月日時分）、提供県、交差点及び稼働情報を指定できること。
- (3) 照会期間における情報を表形式で一覧表示することとし、インターフェース仕様に基づき網羅するものとする。
- (4) 表示内容はCSVもしくはExcel形式で保存ができること。

4.17.3. 信号予定情報・配信履歴帳票

各種問合せ、分析において、配信した信号予定情報について現在を含め過去分の情報項目の詳細を確認するために、本帳票を設ける。仕様としては次のとおりとする。

- (1) 信号情報配信センターへ送信した情報に関して、送信・稼働状況（送信時刻、情報ヘッダー等）の履歴一覧を表示することができること。
- (2) 信号予定情報の照会条件は、照会開始日時・終了日時（年月日時分）、提供県、交差点及び稼働情報を指定できること。
- (3) 照会期間における情報を表形式で一覧表示することとし、インターフェース仕様に基づき網羅するものとする。
- (4) 表示内容はCSVもしくはExcel形式で保存ができること。

4.17.4. 信号予定情報運用実績帳票

信号情報のサービス実績を集計する必要があるため、本帳票を設ける。仕様としては次のとおりとする。

- (1) 接続先である信号情報配信センターへ送信した情報に関して、サービス提供時間及び稼働率を表示することができること。
- (2) 照会条件は、照会年月日、提供先、提供県、交差点を指定できること。
- (3) 表示内容はCSVもしくはExcel形式で保存ができること。

4.17.5. 交差点管理情報運用実績帳票

交差点管理情報のサービス実績を集計する必要があるため、本帳票を設ける。仕様としては次のとおりとする。

- (1) 接続先である信号情報配信センターへ送信した情報に関して、サービス提供時間及び稼働率を表示することができること。
- (2) 照会条件は、照会年月日、提供先、提供県、交差点を指定できること。

(3) 表示内容は CSV もしくは Excel 形式で保存ができること。

4.18. 外部インターフェースに関する要件

本サービスは、信号制御機又は信号情報配信装置で生成された信号情報を車載機に伝えるものである。本テーマでの検討範囲を図 3.12 に示す。具体的には、信号情報センターシステムと接続されるシステム間について検討し、最終のデータ使用者である車載機へのデータについては参考提示という形とする。

なお、信号制御機から都道府県警察に設置される信号情報配信装置までのインターフェースに関して別テーマで検討し、サービス全体で整合が取れるように検討した。授受するデータフォーマットについては、対外部インターフェースとして検討結果をまとめるものとする。

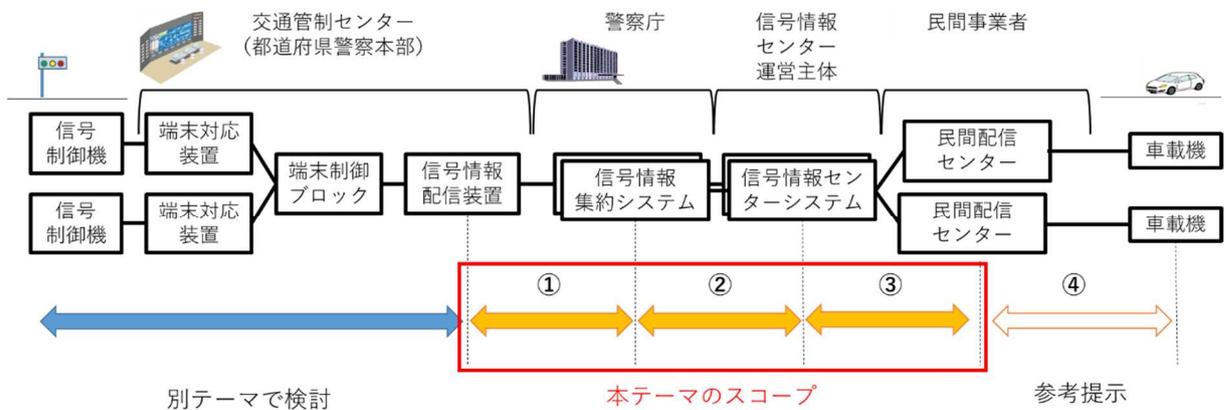


図 3.12 インターフェース検討の対象範囲

4.19. 情報・データ・規模に関する要件

これまでの SIP 警bの研究経過から当面の整備規模を表 3.7 のとおり 4000 交差点と想定して仕様検討する。そこで、最もデータ容量が大きくなると考えられる信号予定情報について検討する。信号予定情報についてはサイクル時間が最小の 60 秒を対象とした場合に 1 交差点あたりの 1 日の平均データ量は 25,200kbyte になる。4000 交差点の信号予定情報について取り扱うとした場合のデータ容量の試算結果について示す。1 ヶ月間のデータ蓄積とする場合は、過去データ蓄積期間の 31 日に加え、当日分の領域として 1 日分必要となるため、32 日間のデータ蓄積が必要となる。また、1 年間のデータ蓄積が必要である場合は、過去データ蓄積期間の 365 日に加え当日分の領域として 1 日分必要であるため、366 日分である。

1 ヶ月蓄積容量 約 3.0TB = 25,200 Kb × 32 日 × 4000 交差点

1 年間蓄積容量 約 34.4TB = 25,200 Kb × 366 日 × 4000 交差点

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

表 3.7 主要データ規模

名称	規模	備考
交差点数	4,000 (基)	
(蓄積容量) 信号予定情報	35.0TB	1年分

4.20. 性能指標に関する要件

信号予定情報を受信し配信するのが本装置の中核機能である。よって、重要性能目標としては信号予定情報の処理時間が挙げられる。今年度の検証結果をもとに考えられる信号予定情報の処理時間の性能目標を示す。信号情報センターシステムに求められる要件として、次のとおりとする。

【前提】

信号情報集約装置から 100 交差点分のデータを 2 秒に 1 回程度受信する前提で、4000 交差点を受信する。

【処理内容】

信号予定情報の受信から送信までの処理として、100ms/100 交差点とする。

4.21. 情報セキュリティに関する要件

信号情報センターシステムにおいて、表 3.8 に示す 3 要素を維持することを目的とし、想定される脅威に対するセキュリティ対策を実施するものとする。

表 3.8 情報セキュリティの 3 要素

要素	内容	対策
機密性	情報データを正当な権利を持った人だけが使用できる状態にしておくこと	情報漏えい防止、アクセス権の設定、暗号の利用などの対策
完全性	情報データが正当な権利を持たない人により変更されていないことを確実にしておくこと	改ざん防止、検出などの対策
可用性	情報データを必要なときに使用できること	電源対策、システムの二重化、バックアップ、災害復旧計画などの対策

※本項では機密性・完全性の観点についてまとめ可用性は別途まとめる。

4.21.1. 保護すべき情報・データ

機密性、完全性、可用性の観点から信号情報センターシステムで保護すべき情報・データを表 3.9 に示す。

表 3.9 信号情報センターシステムで保護すべき情報・データ

項番	保護すべき情報・データ
1	信号予定情報
2	交差点管理情報
3	センター間障害情報
4	蓄積データ(履歴データ、集計データ等)
5	システム管理情報(設定情報等)
6	地図データ

4.21.2. 想定される脅威

信号情報センターシステムで想定される脅威について検討した結果を表 3.10 に示す。

表 3.10 信号情報センターシステムで想定される脅威

項番	情報データ	想定脅威
1	信号予定情報	<ul style="list-style-type: none"> ・ 通信回線を介して、外部からの不正アクセスにより情報の窃取、盗聴、改ざん等の被害を受ける。 ・ 不正プログラム（ウイルス、ワーム、ボット等）に感染し、情報漏えい、情報破壊等の被害を受ける。
2	交差点管理情報	
3	センター間障害情報	
4	蓄積データ（履歴データ、集計データ等）	
5	システム管理情報（設定情報等）	
6	地図データ	

4.21.3. セキュリティ対策

信号情報センターシステムに必要な情報セキュリティ対策要件については網羅的な検討が必要である。その検討に当たっては、「情報システムに係る政府調達におけるセキュリティ要件策定マニュアル【付録A. 対策要件集】（内閣サイバーセキュリティセンター(NISC)発行)」を参考に各項目を検討した。その結果を表 3.11 に示す。

表 3.11 情報セキュリティ対策要件

番号	対策区分	対策	対策要件
1	侵害対策	通信回線対策	<ul style="list-style-type: none"> ① 信号情報集約装置、信号情報配信センターとの通信回線について、ファイアウォールを用いたセキュリティ対策を実施し、不必要なアクセスを遮断すること。 ② 信号情報集約装置、信号情報配信センターとの通信を行うネットワークと、内部のサーバー装置、HMI装置等のネットワークを通信回線上で分離すること。 ③ また、内部のサーバー装置、HMI装置等の通信を業務目的に応じてネットワークを通信回線上で分離すること。
		不正プログラム対策	<ul style="list-style-type: none"> ① サーバー装置、HMI装置において、次の不正プログラム対策が行えること。 (ア) メモリに常駐し不正プログラムをリアルタイムに

表 3.11 情報セキュリティ対策要件

番号	対策区分	対策	対策要件
	侵害対策 (つづき)	不正プログラム 対策 (つづき)	<p>監視する機能を有すること。</p> <p>(イ) ファイルの入出力を監視し、不正プログラムを検知できること。また、不正プログラムを検知した場合は、駆除等の処理ができること。</p> <p>(ウ) OS のプロセス、レジストリ、メモリへのアクセスを監視し、不正プログラムの可能性があるアクセスを検知できること。また、不正プログラムによるアクセスの可能性があることを検知した場合には、当該アクセスの実行を防止できること。</p> <p>(エ) 保存された全てのファイル又は、設定したファイルに対して、システム管理者が設定した時刻に自動、及び任意の時刻に手動で不正プログラムを検索できること。また、不正プログラムを検知した場合は、駆除、隔離及び削除の処理ができること。</p> <p>② ①の不正プログラム対策を行うソフトウェアについては、不正プログラム定義ファイルを更新できる仕組みを構築すること。</p> <p>③ 外部記憶媒体においては、次の不正プログラム対策が行えること。</p> <p>(ア) あらかじめ許可された外部記録媒体以外の利用を制限できること。また、個別の外部記録媒体について、ベンダ ID、プロダクト ID、シリアルナンバ等の情報を用いることにより、利用可否を変更できること。</p> <p>(イ) 外部記録媒体へ情報を書き込む際は、自動的に情報を暗号化できること。また、外部記録媒体から暗号化された情報を読み込む際に自動的に情報を復号できること。なお、暗号化に用いる暗号鍵の更新はシステム管理者のみが行えること。</p> <p>(ウ) 暗号化に用いる暗号化方式は、CRYPTREC 暗号リストから選択するものとする。</p> <p>(エ) ユーザ ID、HMI 装置、許可の種別の条件を指定の上、外部記録媒体の利用の可否を変更できること。なお、外部記録媒体の利用の可否の変更は、</p>

表 3.11 情報セキュリティ対策要件

番号	対策区分	対策	対策要件
	侵害対策 (つづき)	不正プログラム 対策 (つづき)	外部記録媒体の利用の許可を与える権限を有する者のみが行えること。
		脆弱性対策	① OS 及びソフトウェアは契約時における最新版であること。 ② OS 及びソフトウェアにおいて、パッチの適用が必要となった場合は、速やかに適用できること。
2	不正監視・ 追跡	ログ管理	不正行為の検知、発生原因の追究を行うため、システムログ(認証ログ、動作ログ、通信ログ等)を蓄積すること。
		不正監視	「不正プログラム対策」に記載の不正プログラム監視及び、不正プログラム検知ができること。
3	アクセス・ 利用制限	主体認証	「アカウント管理」に記載のユーザ ID 認証及び、パスワード設定ができること。
		アカウント管理	① サーバー装置 (ア) システム管理者と一般利用者の権限を分離し設定できること。 (イ) OS へのログインは、ユーザ ID 及びパスワードの認証により行えること。 (ウ) 設定するパスワードは、8文字以上の半角英数字(記号を含む。)を組み合わせたものが設定できること。 (エ) (イ)及び(ウ)の設定は、システム管理者のみが行えること。 ② HMI 装置 (ア) システム管理者と一般利用者の権限を分離し設定できること。 (イ) OS へのログインは、ユーザ ID 及びパスワードの認証により行えること。 (ウ) 設定するパスワードは、8文字以上の半角英数字(記号を含む。)を組み合わせたものが設定できること。 (エ) (イ)及び(ウ)の設定は、システム管理者のみが行えること。 (オ) (イ)のパスワードについて、HMI 装置の OS 又はソフトウェアの機能により、定期的に変更を求め、

表 3.11 情報セキュリティ対策要件

番号	対策区分	対策	対策要件
	アクセス・ 利用制限 (つづき)	アカウント管理 (つづき)	有効期限が切れたパスワードによるログインを停止できる機能を有すること。なお、パスワードの変更を促す時期及び有効期限については、システム管理者が任意に設定できること。 (カ) スクリーンロック機能を有すること。あらかじめ設定した期間を超えてキーボード又はマウスの操作が行われない場合は、HMI装置の操作が行えないようロックすること。
4	データ保護	機密性・完全性の確保	① 信号情報センターシステムに蓄積された保護すべき情報の窃取や漏えいを防止するため、情報へのアクセスを制限できる機能を備えること。 ② 保護すべき情報を保存する機器は、信号情報集約装置や信号情報配信センターが直接アクセス可能な機器と分離すること。
5	物理対策	情報窃取・侵入対策	物理的な手段による情報窃取を防止するため、以下の機能を備えること。 ・施錠可能なサーバーラックの採用 ・通信ケーブル及び通信回線装置の物理的保護（ラックの施錠、床下への埋設等） ・ネットワーク機器の未使用ポートをロックし、不正な接続を防止すること。 ・HMI装置のワイヤーロック
6	障害対策	構成管理	信号情報センターシステムの構成（ハードウェア、ソフトウェア及び機能構成に関する詳細情報）が記載された文書を提出するとともに、文書どおりの構成とすること。
		可用性確保	非機能要件の検討の際に、検討する。したがって、対策内容は、04.22.1. 可用性を参照すること。
7	サプライチェーン・リスク対策	情報システムの構築等の外部委託における対策	役務内容を一部再委託する場合は、再委託先においても委託事業者と同様のセキュリティ管理を行うこと。
		機器等の調達における対策	① 調達するソフトウェア及びハードウェアの候補となる機器等については、機器等リストを提出すること。また、サプライチェーン・リスクに係る懸念が払拭されないと判断した場合には、代用品選定等を行うこと。

表 3.11 情報セキュリティ対策要件

番号	対策区分	対策	対策要件
	サプライチェーン・リスク対策 (つづき)	機器等の調達における対策 (つづき)	と。 ② 調達するソフトウェア及びハードウェアについて、不正な変更（機器等の製造工程、流通過程で不正プログラムを含む予期しない又は好ましくない特性を組み込むことをいう。）が疑われる場合は、調査及び必要な措置を講じること。
8	利用者保護	情報セキュリティ水準低下の防止	サポート期限が切れた、又は信号情報センターシステムの提供期間中にサポート期限が切れる予定にあるバージョンの OS やソフトウェア等を利用しないこと。
		プライバシー保護	信号情報センターシステムにアクセスする利用者のアクセス履歴、入力情報等を当該利用者が意図しない形で第三者に送信されないようにすること。

4.22. その他非機能要件

非機能要件について、可用性、継続性、拡張性、中立性、運用・保守性の観点で要件の検討を行った。内容を以下に示す。

4.22.1. 可用性

大規模災害発災時にはハードウェア装置及びネットワーク等にも大きな損傷を受け、その復旧には時間がかかるものと想定される。本システムが停止することにより信号予定情報の受配信が停止する。自動運転車にとって必要な情報が欠測することになり、影響が大きい。したがって、別拠点での運用を含めた可用性（一部継続性も含む）を高める3つの案を次のとおり検討した。

- ・常時二重化方式
- ・装置二重化方式
- ・高可用性サーバー方式

(1) 常時二重化方式

これは大規模災害等に罹災を想定し、別拠点に同様のシステムを整備し、常時並列運転し稼働させることで可用性の確保を図る方式である。本案の構成を図 3.13 に示す。警察庁に整備される信号情報集約装置から常時2拠点に信号情報等が送信され、信号情報センターでは各拠点で各システムが稼働し、民間事業者による信号情報配信センターへ配信する。この際、民間事業者による信号情報配信センターへは常時2重に情報が配信されることになる。次に本方式を採用した際の主なメリット、デメリットを記載する。

(メリット)

- ・ 2 拠点のどちらかのシステムダウンした場合に、データ欠損が極小化される。

(データ欠損はほぼ発生しない)

- ・ 常時稼働が確認されている通信路が 2 系統確保される。

(デメリット)

- ・ 送受信の関係の追跡がやや難しいため、データの整合が取りにくい。

- ・ 民間事業者による信号情報配信センターにおいては、2 拠点から同じデータを受信することになるため、データの取捨選択等の考慮が必要となる。

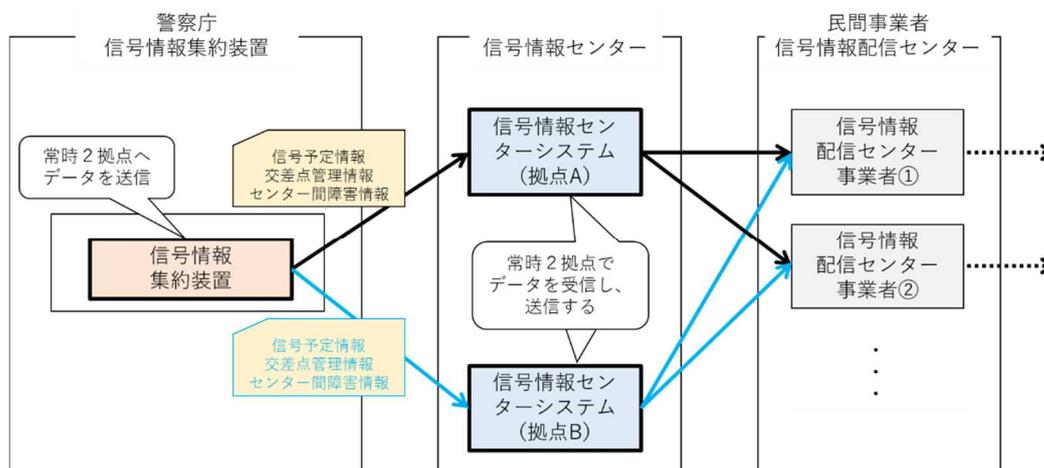


図 3.13 常時二重化方式

(2) 装置二重化方式

こちらも大規模災害等に罹災を想定し、別拠点に同様のシステムを整備する。本案の構成を図 3.14 に示す。どちらかの拠点が主として動作する稼働系（図では拠点 A）となり、もう一方は待機系（図では拠点 B）となる。警察庁に整備される信号情報集約装置から常時 2 拠点に信号情報等が送信され、信号情報センターでは各拠点で各システムが稼働し民間事業者による信号情報配信センターへ配信する。この際、民間事業者による信号情報配信センターへは稼働系から情報が配信される。なお、各拠点間は相互監視を実施する。その際、待機系は稼働系の故障・異常を検出すると、稼働系が故障したとみなし、自らが稼働系として動作を行う。次に本方式を採用した際の主なメリット、デメリットを記載する。

(メリット)

- ・ データの整合が取りやすく、信号情報配信センター向けの情報送信等の追跡がしやすい。
- ・ 常時稼働が確認されている通信路が 2 系統確保される。

(デメリット)

- ・ 稼働系のシステムダウン時に、サイト切り替えの間にデータ欠損が発生するが、限定

的となる。

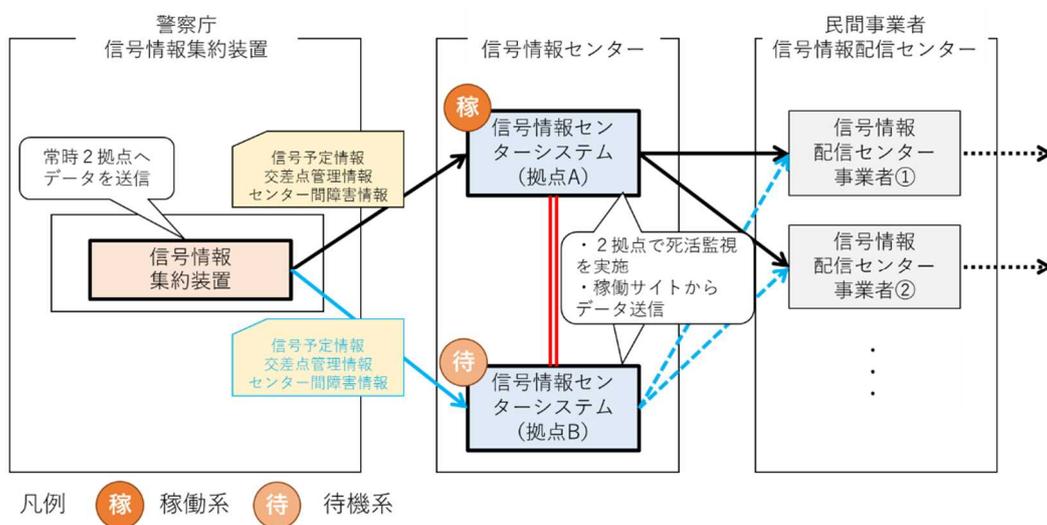


図 3.14 装置二重化方式

(3) 高可用性サーバー方式

こちらは別拠点を設けない代わりに、主要コンポーネントであるCPU、メモリ、外部記憶装置等を二重化した高可用性サーバーで本システムを構成する。本案の構成を図 3.15 に示す。この場合は、高可用性サーバー内で二重化構成となっているため、システムを流れるデータフローとしてはシングル構成での運用と同等になる。ただし、大規模災害時においては、当該装置以外の環境要因（電力供給やネットワークの寸断等）については状況次第となる。本方式を採用した際の主なメリット、デメリットを記載する。

(メリット)

- ・他の案と比べて、別拠点がなく装置構成がシンプルとなる。
- ・論理的にはシングル構成と同じであるため、データの整合が取りやすい。

(デメリット)

- ・通信路が1本であり、ネットワークの冗長性が低い。
- ・1拠点での運用のため、事業継続性という観点では、高可用性サーバーの想定を超える大規模災害発生時に日本全国の配信が停止してしまう。

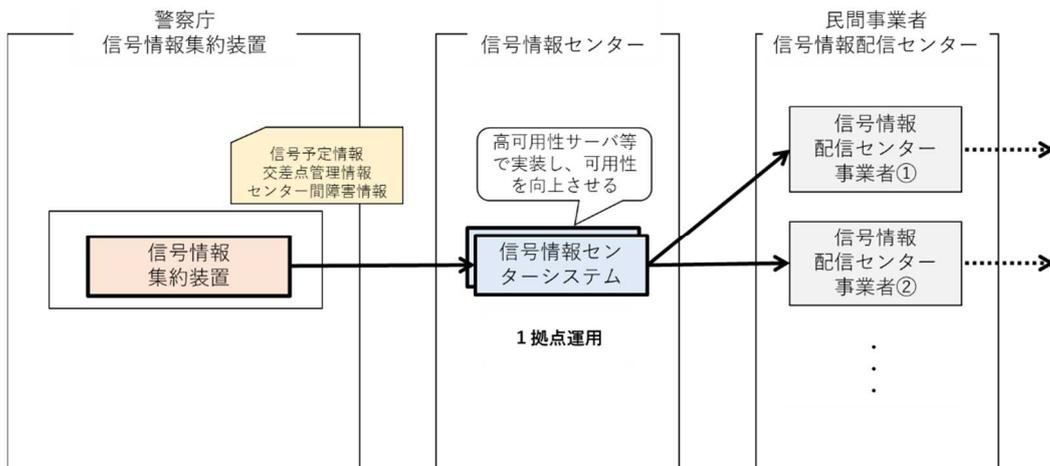


図 3. 15 高可用性サーバー方式

(4) 可用性に対する方式の比較

可用性（事業継続性も一部含む）について、各方式を6つの観点で比較評価する。評価の観点としては、次の優先順で行うものとする。

- ・民間事業者から見た「配信情報のデータ継続性」
 - ・首都直下型地震等の大規模災害等も考慮に入れた「災害発生時の事業継続性」
 - ・ネットワーク障害等も考慮に入れた「ネットワークの冗長性」
 - ・システム構成の冗長化に伴う「信号情報の受信処理の複雑度」
 - ・配信情報の管理に関する「データ追跡の複雑度」
 - ・信号情報センターの整備費用に関する「信号情報センター装置構成（コスト）」
- 比較した結果を表 3. 12 に示す。

表 3. 12 各方式の比較表

検討項目	案1 常時二重化方式	案2 装置二重化方式	案3 高可用性サーバ方式
配信情報のデータ継続性	○	△	△
災害発生時の事業継続性	○	○	△
ネットワークの冗長性	○	○	×
信号情報の受信処理の複雑度*1	×	○	○
データ追跡の複雑度	△	○	○
信号情報センター装置構成(コスト)	×	×	○

*1: 民間事業者の信号情報配信センター側での受信データの扱いに関する複雑さを指す

凡例 ○：問題なし、 △：やや課題あり、 ×：大きな課題あり

案2についてはデータ継続性については拠点間の切り替え時に一時的にデータが欠損する

可能性があるが影響が限定的でありかつ、機器障害及び災害発生時と限定的であること、及び民間事業者の受信処理の複雑度及びデータの追跡の複雑度も含め勘案した結果として、案2を推奨する。

4.22.2. 継続性

大規模災害等により本システムが被災した場合にシステムを動作可能な状態にするまでの時間の目標値及びその対策については、次のとおりである。

(1) 継続性に係る目標値

ア 大規模災害時

目標復旧時間は、大規模災害発生時から1週間以内とする。ただし、目標値は被災した機器の交換、復旧に対してであり、被災した機器の手配、搬送、リカバリ等の時間は含まないこととする。

イ 予期せぬシステム停止時

目標復旧時間は、情報システムの予期せぬ停止発生時から1日以内とする。

(2) 継続性に係る対策

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

イ 手動により、各サーバー等のバックアップ取得時の状態に戻せること。

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

4.22.3. 拡張性

一定規模の接続装置、提供信号予定情報の規模は規定するものの、規模の拡張が見込まれる。したがって、次の要件を満足することが望ましい。

メモリ、HDD等の内蔵記録デバイス等の構成を増設もしくは装置増設等を行い、規模拡張に柔軟に対応できるハードウェア構成、システム構成であること。

4.22.4. 中立性

特定事業者の製品に依存すると、システム調達上に制限が生じる可能性があるため、次の要件を満足することが望ましい。

特定の事業者にしかり扱うことができない製品や技術に依存せず、他の事業者に引き継ぐことができること。

4.22.5. 運用・保守性

運用保守上必要となる要件として、データの完全性が挙げられる。次の要件を満足することが望ましい。

- (1) データベース破損時には、データの更新、追加、削除のデータベースのアクセスログ又はその他必要な情報により、直前の状態に復元ができること。
- (2) 各装置は、内蔵記録デバイス及びディスクアレイの障害が発生しても、データが欠損しない構成とすること。また、装置を停止せずに障害の内蔵記録デバイスを交換することができること。

4.23. システム全体構成

前節までにおいて各種要件が検討されているが、当該システムを実現するにあたり具現化の妥当性を示すため、本節以降にシステムの実現構成を示す。本システム機能に関しては、次の観点で装置分割を検討した。

(1) 信号情報提供装置

データ中継（情報送信、情報受信）については性能要件にも挙げられている最重要機能となるため単一装置で実施するべきと考えられる。よって、信号情報提供装置を設ける。

(2) 提供用データ管理装置

送受信データの履歴を管理し、逐次参照できることは当該システムとしては重要であるため、専用のデータベース装置が必要と考えられる。よって、提供用データ管理装置を設ける。

(3) 情報集計装置

各種履歴等データを処理、編集し、運用実績等を算出することや、各種照会のための情報編集を行うことは、必要に応じて都度実施する必要があることから、データ中継を担う装置や専用データベース装置以外の装置で実施する必要があると考えられるため、別途装置が必要と考えられる。よって、情報集計装置を設ける。

(4) ネットワーク監視装置

各種ネットワーク上の監視、故障管理を行う当該装置はその役割上、他装置の共用を可能な限り避けることが望ましいため、独立した装置が必要であると考えられる。よって、ネットワーク監視装置を設ける。

(5) HMI装置

各装置の内容照会等を行うため、システム運用者との接点となる装置であり、独立して必要であると考えられる。

これらを基に検討したシステム構成図を図 3.16 に示す。

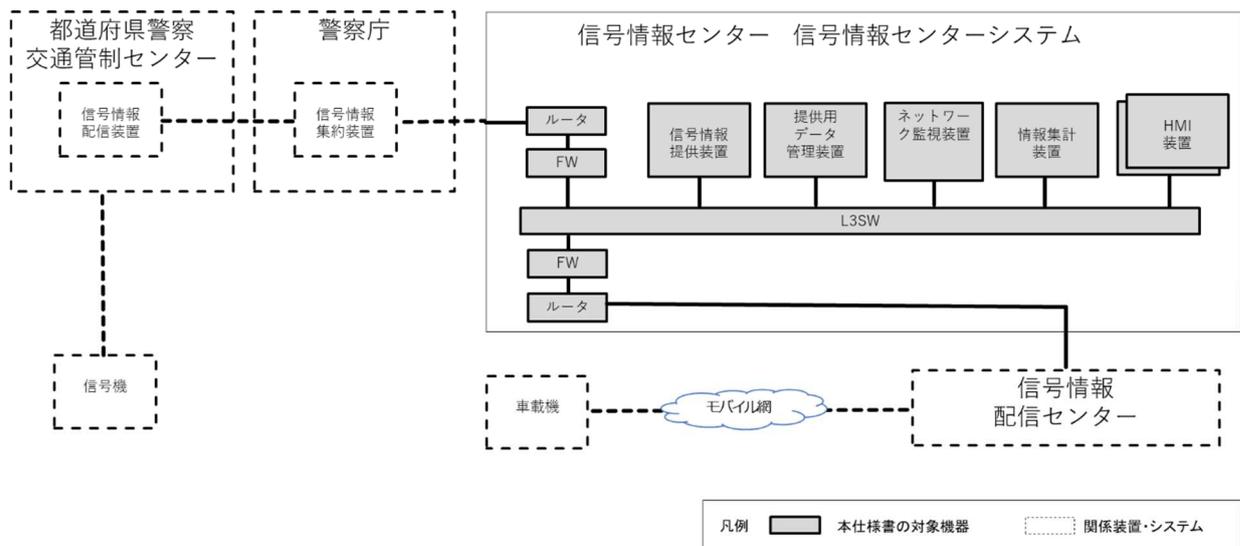


図 3.16 信号情報センターシステムの構成図

なお、本構成は各種要件を示すものであり、要件を満たすことができる場合は各種機器の機能を1つに集約することを否定するものではないが、本報告書ではこの構成を基に検討を深める。同構成を基にシステム機能を装置に分割した例を表 3.13 に示す。

表 3.13 信号情報センターシステムの装置別機能分担

装置	機能
信号情報提供装置	<ul style="list-style-type: none"> データ受信 データ送信 配信情報の管理 配信情報の監視、 配信情報の障害監視 信号情報配信の停止 接続管理 システム管理
提供用データ管理装置	<ul style="list-style-type: none"> データ蓄積 システム管理
情報集計装置	<ul style="list-style-type: none"> 運用実績の集計 システム管理
HMI装置	<ul style="list-style-type: none"> 画面表示 システム管理
ネットワーク監視装置	<ul style="list-style-type: none"> システム故障管理 システム管理

4.23.1. ハードウェア構成

本システムを構成するハードウェアに機能に関する構成を表 3.14 に示す。

表 3.14 信号情報センターシステムの装置別機能分担

品 名	略 称
信号情報センターシステム	
信号情報提供装置	
提供用データ管理装置	
情報集計装置	
ネットワーク監視装置	
レイヤー3スイッチ	
ファイアウォール	
ルーター	
無停電電源装置	
HMI装置	
19インチラック	

4.23.2. ハードウェア機能

上記の機能を担う装置のハードウェア機能について機能一覧を以下に示す。

ア 信号情報提供装置

本装置の構成は、表 3.15 のとおりとする。

表 3.15 信号情報提供装置の機能

品 目	項 目	機 能
本体部	CPU	4CPU・3.6GHz相当以上の処理能力を有し、本装置に搭載するソフトウェアを安定稼働する処理能力を有すること。 (CPU×コア数で換算する)
	メモリ	実装アプリケーションが処理規模において処理性能を満足できること。
	内蔵記録デバイス	(1) 実装アプリケーション及び蓄積データ等処理規模を考慮しても記録容量を確保できること。 (2) RAID1またはRAID5とする。なお、ディスクは活性交換可能とすること。
	光学ディスクドライブ	(1) DVD規格及びCD規格の媒体の読み込みができること。

		(2) 内蔵型であること。
	ネットワークインターフェース	本システムを構築するために必要な100BASE-TX/1000BASE-T対応の自動認識ポートを有すること。
外部記憶装置	外部記憶装置	システムのバックアップを取得可能であること。
ソフトウェア	OS	供給元でのサポート（修正プログラム及び技術情報の提供）が行われているLinux日本語版若しくはMicrosoft Windows Server日本語版相当以上又はこれと同等のものを搭載すること。

イ 提供用データ管理装置

本装置の構成は、表 3.16 のとおりとする。

表 3.16 提供用管理データ管理の機能

品目	項目	機能
本体部	CPU	4CPU・3.6GHz相当以上の処理能力を有し、本装置に搭載するソフトウェアを安定稼働する処理能力を有すること。 (CPU×コア数で換算する)
	メモリ	実装アプリケーションが処理規模において処理性能を満足できること。
	内蔵記録デバイス	(1) 実装アプリケーション及び蓄積データ等処理規模を考慮しても記録容量を確保できること。 (2) RAID1またはRAID5とする。なお、ディスクは活性交換可能とすること。
	光学ディスクドライブ	(1) DVD規格及びCD規格の媒体の読み込みができること。 (2) 内蔵型であること。
	ネットワークインターフェース	(1) 本システムを構築するために必要な100BASE-TX/1000BASE-T対応の自動認識ポートを有すること。 (2) 本システムを構築するために必要なファイバチャネルポートを有すること。
外部記憶装置	外部記憶装置	システムのバックアップを取得可能であること。
ディスクアレ	ディスクアレイ	(1) RAID5又はRAID6の冗長構成とし、RAID構成後

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

ウ 情報集計装置

本装置の構成は、表 3.17 のとおりとする。

表 3.17 情報集計装置の機能

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

		。
外部記憶装置	外部記憶装置	システムのバックアップを取得可能であること。
ソフトウェア	OS	供給元でのサポート（修正プログラム及び技術情報の提供）が行われているLinux日本語版若しくはMicrosoft Windows Server日本語版相当以上又はこれと同等のものを搭載すること。
	地図データベース	<p>(1) 次の道路等を表示すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・幅員が3 m以上の一般道路、高速自動車道、国道及び自動車専用道路 ・国土地理院地形図（2万5千分の1）に示す鉄道、駅、湾岸線、湖沼及び河川 <p>(2) 1/1,280,000～1/2,500の範囲を超えて、地図データの表示できる範囲内で、縮尺を無段階又は十数段階以上に拡大及び縮小表示ができること。</p> <p>(3) 市町村リスト、交差点、駅等の目標物リストを有すること。</p> <p>(4) 地図は、更新可能であること。</p>

エ ネットワーク監視装置

本装置の構成は、表 3.18 のとおりとする。

表 3.18 ネットワーク監視装置の機能

品目	項目	機能
本体部	CPU	4CPU・3.6GHz相当以上の処理能力を有し、本装置に搭載するソフトウェアを安定稼働する処理能力を有すること。 (CPU×コア数で換算する)
	メモリ	実装アプリケーションが処理規模において処理性能を満足できること。
	内蔵記録デバイス	(1) 実装アプリケーション及び蓄積データ等処理規模を考慮しても記録容量を確保できること。 (2) RAID1またはRAID5とする。なお、ディスクは活性交換可能とすること。
	光学ディスクドライブ	(1) DVD規格及びCD規格の媒体の読み込みができること。

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

オ レイヤー3スイッチ

本装置の構成は、表 3.19 のとおりとする。

表 3.19 レイヤー 3 スイッチの機能及び性能

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

カ ファイアウォール

本装置の構成は、表 3.20 のとおりとする。

表 3.20 ファイアウォールの機能

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

	ネットワークインターフェース	本システムを構築するために必要な100BASE-TX / 1000BASE-T対応の自動認識ポートを有すること。
--	----------------	--

キ ルータ

本装置の構成は、表のとおりとする。

表 3.21 ルータの機能及び性能

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

ク 無停電電源装置

本装置の構成は、表 3.22 のとおりとする。

表 3.22 無停電電源装置の機能及び性能

品目	項目	機能及び性能
本体部	基本機能	瞬断や停電等が発生した場合に、信号情報提供装置、提供用データ管理装置、情報集計装置、ネットワーク監視装置、レイヤー3スイッチ、ファイアウォール、ルータに対して、5分以上バックアップ電力の供給できること。

コ HMI装置

本装置の構成は、表 3.23 のとおりとする。

表 3.23 HMI装置の機能及び性能

品目	項目	機能及び性能
本体部	CPU	6CPU・2.3GHz相当以上の処理能力を有し、本装置に搭載するソフトウェアを安定稼働する処理能

		力を有すること。
メモリ		実装アプリケーションが、処理規模において処理性能を満足できること。
内蔵記録デバイス		ブラウザ動作及び取り出した各種データを蓄積するために十分な容量であること。
光学ディスクドライブ		(1) DVD-ROMは最大8倍速以上、CD-ROMは最大24倍速以上で読み込みができること。 (2) 外付けも可とするが、外付けとした場合には、USBインターフェースを利用した電源供給により、動作すること。
マウス		(1) 2ボタン式以上の光学式又はレーザー式マウスであること。 (2) ホイール等により、マウスを移動せずに画面のスクロールができること。
キーボード		(1) JIS規格キー配列又はOADG規格に準拠していること。 (2) 日本語に対応すること。
ネットワークインターフェース		(1) 10BASE-T、100BASE-TX/1000BASE-Tに対応するポートを有すること。 (2) 無線LAN機能を搭載している場合は、BIOSレベルで当該機能を無効化できること。
USBインターフェース		(1) USB3.0に対応したインターフェースのポートを有すること。 (2) 本体部に接続する必要がある機器を全て接続可能な数に加え、1個以上の空きポートを有すること。 (3) USBハブを用いる場合は、本体のUSBインターフェースのポートからの電源供給で動作すること。
外部ディスプレイインターフェース		(1) ミニD-sub15ピンのコネクタを有すること。 (2) HDMIのコネクタを有すること。
バッテリー		(1) パック方式で、交換可能な内蔵バッテリーであること。 (2) バッテリー稼働時間は、社団法人電子情報技術産業協会「JEITAバッテリー動作時間測定法(Ver. 2

		.0)」準拠において、1時間以上であること。
	電源	電源プラグの形状は、2極プラグ又は2極接地極付プラグであること。 なお、2極接地極付プラグの場合は、2極に変換できるプラグを付属すること。
	ディスプレイ	(1) 1,600×900ドット以上の解像度で表示できること。 (2) 1,600万色以上を表示できること。 (3) 15型以上のTFTカラー液晶ディスプレイであること。
ソフトウェア	OS	Microsoft Windows 10 Pro (64bit版) を搭載し、日本語に対応すること。
	Webブラウザ	情報参照用の情報が表示できるWebブラウザを搭載すること。
	OAソフト	(1) 次のソフトウェア又はこれと同等のものを搭載すること。 ア Microsoft Word イ Microsoft Excel (2) Adobe Acrobat Readerを搭載すること。 (3) 64bitに対応したファイル圧縮・回答ソフトウェアを搭載すること。圧縮形式は、LZH及びZIPに対応すること。
	テキストエディター	(1) EmEditor Professional (エムソフト製) 又はこれと同等のものを搭載すること。 (2) 日本語に対応すること。
	内蔵記録装置暗号化	内蔵記録装置内のOSを含むユーザ領域全体（ブート領域を除く。）を自動的に暗号化すること（OSの標準機能等により実現してもよい。）。

4.23.3. ソフトウェア構成

各装置のソフトウェア機能について機能一覧を以下に示す。

ア 信号情報提供装置

本装置のソフトウェア構成は、表 3.24 のとおりとする。

表 3.24 信号情報提供装置の機能一覧

機能区分	機能項目	説 明
データ中継機能		
データ受信	信号予定情報受信	警察庁に整備される信号情報集約装置から信号予定情報を受信すること。なお、信号情報集約装置との間の通信プロトコル、データ構造及び配信周期に関しては別途指定するインターフェース仕様に従うこと。
	交差点管理情報受信	警察庁に整備される信号情報集約装置から交差点管理情報を受信すること。なお、信号情報集約装置との間の通信プロトコル、データ構造及び配信周期に関しては別途指定するインターフェース仕様に従うこと。
データ送信	信号予定情報送信	送信準備された信号予定情報を信号情報配信センターに送信すること。 当該装置で停止介入（停止／開始）があった場合、当該信号予定情報の送信を停止／開始すること。なお、信号情報配信センターとの間の通信プロトコル、データ構造及び配信周期に関しては別途指定するインターフェース仕様に従うこと。
	交差点管理情報送信	送信準備された交差点管理情報を信号情報配信センターに送信すること。 当該装置で停止介入（停止／開始）があった場合、当該交差点管理情報の送信を停止／開始すること。なお、信号情報配信センターとの間の通信プロトコル、データ構造及び配信周期に関しては別途指定するインターフェース仕様に従うこと。
配信情報の管理	信号予定情報管理	送信する信号予定情報は、信号情報配信センター毎にエリア（県単位）を指定して送信できること。 信号予定情報を県単位／交差点単位で管理し、データ更新都度最新状態に更新管理すること。
	交差点情報管理	送信する交差点管理情報は、信号情報配信センター毎にエリア（県単位）を指定して送信できること。 。

表 3.24 信号情報提供装置の機能一覧

機能区分	機能項目	説 明
		交差点管理情報を県単位／交差点単位で管理し、データ更新都度最新状態に更新管理すること。
運用監視・管理機能		
配信情報の監視	信号予定情報監視	信号情報集約装置から収集した信号予定情報（信号灯色表示、表示秒数、信号状態情報等）の状況監視を行う。
	交差点管理情報監視	信号情報集約装置から収集した交差点管理情報（交差点ID、位置情報等）の状況監視を行う。
	配信用 信号予定情報監視	信号情報配信センターに送信する信号予定情報を県単位に監視する。
	配信用 交差点管理情報蓄積	信号情報配信センターに送信する交差点管理情報を県単位に監視する。
配信情報の障害監視	信号予定情報 障害監視	<p>(1) 信号情報集約装置から受信した信号予定情報を検証する。信号予定情報が無効であることを受信した場合には、そのまま信号予定情報を信号情報配信センターへ送信し、システム管理者に通知すること。</p> <p>(2) 信号情報集約装置から受信した信号予定情報フォーマットを検証する。規約違反の電文を受信した場合には、当該信号予定情報を無効とし、システム管理者に異常通知すること。</p> <p>(3) 停止介入があった場合、当該交差点の信号予定情報のシステム状態を無効とし信号情報配信センターへ送信すること。</p>
	センター装置 障害監視	<p>(1) センター間障害情報を受信した場合、速やかに信号情報配信センターへ送信し、システム管理者に異常通知すること。</p> <p>(2) 信号情報集約装置からのヘルスチェック応答を監視し、一定時間経過してもヘルスチェック応答の受信がなかった場合は、通信路上に異常が発生したとして、センター間障害情報を信号情報配信センターへ送信し、再接続処理を行うこと。また、再接続後、ヘルスチェック応答を受信</p>

表 3.24 信号情報提供装置の機能一覧

機能区分	機能項目	説 明
配信情報の 障害監視 (つづき)	センター装置 障害監視 (つづき)	<p>した場合、速やかにセンター間障害情報（復旧通知）を信号情報配信センターへ送信し、通信障害が復旧したとして、信号予定情報を送信できる状態とするとともに、ヘルスチェック応答の監視を再開すること。</p> <p>(3) 信号情報センターシステムの装置状態の監視結果に基づき、システム状態が異常となる場合はシステム管理者に異常通知すること。</p> <p>(4) 当該装置で停止介入（一括）があった場合は、センター間障害情報を信号情報配信センターへ送信すること。</p>
	交差点管理情報障害 監視	<p>(1) 信号情報集約装置から受信した交差点管理を検証する。交差点管理情報が無効であることを受信した場合には、そのまま交差点管理情報を信号情報配信センターへ送信し、システム管理者に異常通知すること。</p> <p>(2) 信号情報集約装置から受信した交差点管理情報フォーマットを検証する。規約違反の電文を受信した場合には、システム管理者に異常通知すること。</p>
信号情報配信 の停止	停止介入制御	<p>停止制御により、信号情報配信センターへの信号予定情報及び、交差点管理情報の送信停止を、信号予定情報障害監視機能（無効送信）、データ送信機能（送信停止）に要求する。</p> <p>また開始制御により、信号情報配信センターへ信号予定情報及び、交差点管理情報の送信開始を、信号予定情報障害監視機能（無効解除）、データ送信機能（送信停止解除）に要求する。</p>
運用支援機能		
接続管理	信号情報集約装置接 続制御	信号情報集約装置との回線を接続／切断できること。
	信号情報配信センタ ー接続制御	信号情報配信センターとの回線を接続／切断できること。
システム維持管理機能		

表 3.24 信号情報提供装置の機能一覧

機能区分	機能項目	説 明
システム管理	起動・停止	信号情報配信センターシステムの起動・停止ができること。
	警報出力	接続装置状態及びシステム状態に応じて異常と判定される場合は、警報出力する。
	蓄積データ管理	データベース化したデータの保存期間は 1 年間とし、それ以前のデータは自動で消去すること。
	時刻同期機能	GPS 時刻同期機能を備えること。また、GPS 時刻同期機能による時刻ソースと、NTP プロトコルにより信号情報センターシステムの装置時刻を同期できること。

イ 提供用データ管理装置

本装置のソフトウェア構成は、表 3.25 のとおりとする。

表 3.25 提供用データ管理装置の機能一覧

機能区分	機能項目	説 明
運用支援機能		
データ蓄積	信号予定情報蓄積	信号予定情報を県単位でデータベースに登録し、蓄積すること。
	交差点管理情報蓄積	交差点管理情報を県単位でデータベースに登録し、蓄積すること。
	配信用信号予定情報蓄積	信号情報配信センターに送信する信号予定情報を県単位でデータベースに登録し、蓄積すること。
	配信用交差点管理情報蓄積	信号情報配信センターに送信する交差点管理情報を県単位でデータベースに登録し、蓄積すること。
	信号予定情報障害情報蓄積	信号予定情報障害情報（無効／フォーマット異常）をデータベースに登録し、蓄積すること。
	交差点管理情報障害情報蓄積	交差点管理情報障害情報（無効／フォーマット異常）をデータベースに登録し、蓄積すること。
	センター装置障害情報蓄積	センター装置障害監視情報（センター間障害情報／接続装置異常／システム状態異常）をデータベースに登録し、蓄積すること。
	信号情報集約装置送受信情報蓄積	信号情報集約装置と送受信した情報をデータベースに登録し、蓄積すること。

表 3.25 提供用データ管理装置の機能一覧

機能区分	機能項目	説 明
データ蓄積 (つづき)	信号情報配信センター送受信情報蓄積	信号情報配信センターと送受信した情報をデータベースに登録し、蓄積すること。
	停止介入情報蓄積	停止介入した制御情報をデータベースに登録し、蓄積すること。
	信号予定情報運用実績履歴蓄積	信号情報配信センターに信号予定情報を提供した時間をサービス提供時間としてデータベースに登録し、蓄積すること。
	交差点管理情報運用実績履歴蓄積	信号情報配信センターに交差点管理情報を提供した時間をサービス提供時間としてデータベースに登録し、蓄積すること。
システム維持管理機能		
システム管理	起動・停止	信号情報配信センターシステムの起動・停止ができること。
	警報出力	接続装置状態及びシステム状態に応じて異常と判定される場合は、警報出力する。
	蓄積データ管理	データベース化したデータの保存期間は 1 年間とし、それ以前のデータは自動で消去すること。
	時刻同期機能	GPS 時刻同期機能を備えること。また、GPS 時刻同期機能による時刻ソースと、NTP プロトコルにより信号情報センターシステムの装置時刻を同期できること。

ウ 情報集計装置

本装置のソフトウェア構成は、表 3.26 のとおりとする。

表 3.26 情報集計装置の機能一覧

機能区分	機能項目	説 明
運用支援機能		
運用実績 の集計	信号予定情報運用実績集計	信号情報配信センターに信号予定情報を提供した時間をサービス提供時間として集計すること。
	交差点管理情報運用実績集計	信号情報配信センターに交差点管理情報を提供した時間をサービス提供時間として集計すること。
システム維持管理機能		
システム管理	起動・停止	信号情報配信センターシステムの起動・停止ができ

機能区分	機能項目	説明
運用支援機能		
		ること。
	警報出力	接続装置状態及びシステム状態に応じて異常と判定される場合は、警報出力する。
	蓄積データ管理	データベース化したデータの保存期間は1年間とし、それ以前のデータは自動で消去すること。
	時刻同期機能	GPS時刻同期機能を備えること。また、GPS時刻同期機能による時刻ソースと、NTPプロトコルにより信号情報センターシステムの装置時刻を同期できること。

エ ネットワーク監視装置

本装置のソフトウェア構成は、表 3.27 のとおりとする。

表 3.27 ネットワーク監視装置の機能一覧

機能区分	機能項目	説明
運用支援機能		
接続管理	信号情報集約装置接続制御	信号情報集約装置との回線を接続／切断できること。
	信号情報配信センター接続制御	信号情報配信センターとの回線を接続／切断できること。
システム維持管理機能		
システム故障管理	装置監視	信号情報配信センターシステムのサーバー、ネットワーク機器等のハードウェア障害を検知し障害内容を確認できること。
	ネットワーク監視	信号情報配信センターシステムのサーバー、ネットワーク機器等のネットワーク障害を検知し障害内容を確認できること。
データ蓄積	装置故障情報蓄積	信号情報配信センターのサーバー、ネットワーク機器等のハードウェア障害を検知した情報をデータベースに登録し、蓄積すること。
	ネットワーク障害情報蓄積	信号情報配信センターのサーバー、ネットワーク機器等のネットワーク障害を検知した情報をデー

表 3.27 ネットワーク監視装置の機能一覧

機能区分	機能項目	説 明
		データベースに登録し、蓄積すること。
画面表示	装置故障表示	(1) 信号情報センターシステムのサーバー、ネットワーク機器等のハードウェア故障を抽出し、一覧表示できること。 (2) 画面表示に関しては画面機能要件について満足すること。
	ネットワーク障害表示	(1) 信号情報センターシステムのサーバー、ネットワーク機器等からネットワーク障害を抽出し、一覧表示できること。 (2) 画面表示に関しては画面機能要件について満足すること。
システム管理	起動・停止	信号情報配信センターシステムの起動・停止ができること。
	警報出力	接続装置状態及びシステム状態に応じて異常と判定される場合は、警報出力する。
	蓄積データ管理	データベース化したデータの保存期間は 1 年間とし、それ以前のデータは自動で消去すること。
	時刻同期機能	GPS 時刻同期機能を備えること。また、GPS 時刻同期機能による時刻ソースと、NTP プロトコルにより信号情報センターシステムの装置時刻を同期できること。

オ HMI 装置

本装置のソフトウェア構成は、表 3.28 のとおりとする。

表 3.28 HMI 装置の機能一覧

機能区分	機能項目	説 明
運用支援機能		
画面表示 (配信履歴の管理・照会)	デジタル地図表示	<p>(1) 次の道路等を表示できること。</p> <p>ア 幅員が 3 m 以上の一般道路、高速自動車国道及び自動車専用道路</p> <p>イ 国土地理院地形図 (2 万 5 千分の 1) に示す鉄道、駅、湾岸線、湖沼及び河川</p> <p>なお、国土地理院地形図は、契約時における最新のものであること。</p> <p>(2) 地図は 1 / 5, 000, 000 ~ 1 / 1, 000 を含む範囲の縮尺が表示可能であり、10 段階以上で拡大及び縮小表示ができること。</p> <p>(3) 地図は、契約時における最新版とし、発注者の承認を得ること。</p> <p>(4) 地図は、更新できるものであること。</p> <p>(5) 地図を同時に 2 枚以上起動できること。</p>
	デジタル地図操作	<p>(1) スクロール</p> <p>次の 3 種類のスクロールモードで地図のスクロールができること。</p> <p>ア マウスの左ボタンのダブルクリックによるワンタッチスクロール (ダブルクリックした地点が画面の中心にスクロールする。)</p> <p>イ マウスの左ボタンのドラッグによるつかみスクロール</p> <p>ウ マウスの右ボタンのクリック & ドラッグによるフリースクロール</p> <p>(2) 縮尺変更</p> <p>地図上の縮尺変更により、無段階又は 10 段階以上の縮尺変更できること。また、マウスホイールの操作による縮尺変更に対応できること。</p>

表 3.28 HMI 装置の機能一覧

機能区分	機能項目	説 明
画面表示 (つづき)	検索地図表示	(1) 地図検索 ア 検索種別（住所／地名、郵便番号、交差点名、駅、路線名）に応じて、文字検索を行い、検索結果をリスト表示すること。 イ リスト表示された検索結果を選択することにより、選択位置を地図表示すること。
	共通	(1) 複数の信号情報配信センターからのデータに対する問い合わせ時に内容を解析し、課題がある場合は関係部署との連携含め問題の切り分け時に上流に情報伝達して対処依頼を行い、解析を迅速に正確に行なうために、地図上に各種情報を表示するビューア機能を有すること。 (2) デジタル地図上に表示する各種情報は重畳表示できること。
	信号予定情報リアルタイム表示	(1) 最新の信号予定情報に基づき、当該装置の時計時刻と比較し、現在灯色及びその残秒数を算出し、その後、計時とともに、残秒数をカウントダウンできること。さらに、残秒数が0になった場合は、次の灯色に切り替わり及びその残秒数を算出できること。なお、新たに信号予定情報を受信し、最新の信号予定情報が更新された際にはその情報に切替えて表示できること。 (2) 画面表示に関しては画面機能要件について満足すること。
	信号予定情報稼働情報表示	(1) デジタル地図上に信号機マークを表示し、その表示色等により信号予定情報の稼働状態（データあり、データなし（欠測）、収集期間内にデータなし）を示すこと。なお、信号機マークの表示位置は交差点管理情報（交差点ID、交差点位置情報）に従うこと。 (2) 画面表示に関しては画面機能要件について満足すること。
	信号予定情報詳細履歴データ抽出	(1) データベースに蓄積された信号予定情報の履歴データの照会・表示ができること。

表 3.28 HMI 装置の機能一覧

機能区分	機能項目	説 明
画面表示 (つづき)		(2) 画面表示に関しては画面機能要件について満足すること。 (3) 帳票に関しては帳票要件について満足すること。
	信号予定情報 稼働情報抽出	(1) 受信情報である信号予定情報に関する稼働状態（正常/異常/介入停止等）を交差点単位で抽出し、一覧化できること。 (2) 稼働状態毎に件数を抽出し、表示できること。 (3) 画面表示に関しては画面機能要件について満足すること。
	接続装置状態 情報抽出	(1) 接続先である警察庁の信号情報集約装置、信号情報配信センターの監視状況（正常/異常等）を抽出し、一覧化できること。 (2) 異常件数を抽出し、表示できること。 (3) 画面表示に関しては画面機能要件について満足すること。
	信号予定情報の 受信・稼働履歴抽出	(1) 接続先である警察庁の信号情報集約装置からの受信した情報に関して、受信・稼働状況の履歴一覧を表示することができること。 (2) 画面表示に関しては画面機能要件について満足すること。 (3) 帳票に関しては帳票要件について満足すること。
	信号予定情報の 配信・稼働履歴抽出	(1) 接続先である信号情報配信センターへ送信した情報に関して、送信・稼働状況の履歴一覧を表示することができること。 (2) 画面表示に関しては画面機能要件について満足すること。 (3) 帳票に関しては帳票要件について満足すること。
	停止介入情報抽出	(1) 信号予定情報の停止介入の実施時状況を一覧表示できること。 (2) 画面表示に関しては画面機能要件について満足すること。

表 3.28 HMI 装置の機能一覧

機能区分	機能項目	説明
画面表示 (つづき)	信号予定情報運用実績履歴抽出	(1) 接続先である信号情報配信センターへ送信した情報に関して、サービス提供時間及び稼働率を表示することができること。 (2) 画面表示に関しては画面機能要件について満足すること。 (3) 帳票に関しては帳票要件について満足すること。
	交差点管理情報運用実績履歴抽出	(1) 接続先である信号情報配信センターへ送信した情報に関して、サービス提供時間及び稼働率を表示することができること。 (2) 画面表示に関しては画面機能要件について満足すること。 (3) 帳票に関しては帳票要件について満足すること。
	停止介入入力	(1) 交差点を指定し、信号予定情報/交差点管理情報の配信を停止/開始することができること。 (2) 画面表示に関しては画面機能要件について満足すること。
	信号情報集約装置接続入力	(1) 信号情報集約装置を指定し、信号情報集約装置との回線を接続/切断できること。 (2) 画面表示に関しては画面機能要件について満足すること。
	信号情報配信センター接続入力	(1) 信号情報配信センターを指定し、信号情報配信センターとの回線を接続/切断できること。 (2) 画面表示に関しては画面機能要件について満足すること。

4.23.4 ネットワーク構成

本システムとしてはデータ転送の速達性の観点から他の情報の授受とネットワークの共用を避けることが望ましい。したがって、警察庁集約システム及び民間事業者の信号情報配信センターとは専用ネットワークを構築する。なお、他の情報の授受としては、データ照会用途としてHMI装置ネットワークを、データ連係用途として装置間ネットワークを構築する。

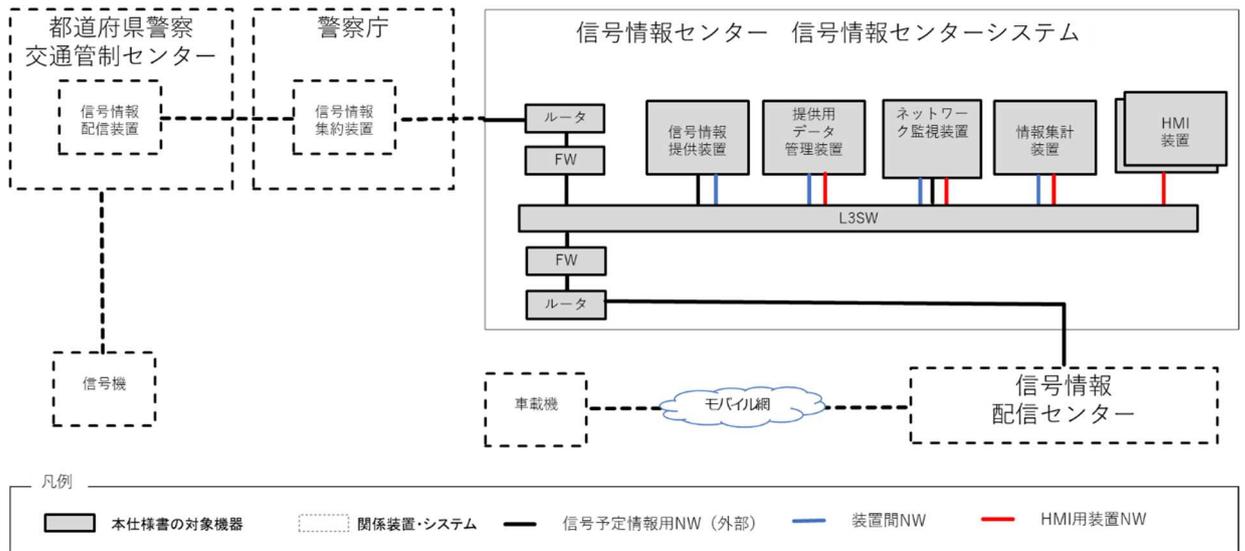


図 3.17 信号情報センターシステムのネットワーク構成図

5. 通信遅延軽減対策

5.1. 一気通貫の通信負荷検証環境

図 3.18 に示すシステム構成により、模擬信号制御機から模擬車載機までを一気通貫する通信負荷検証環境を構築して信号情報センターシステムの性能を測定し、より高速に信号情報を伝達するための考察を行うことを目的とする。

ただし、信号情報センターから車載機までは競争領域であり、あくまでも実装の参考例である。

各装置の時刻合せに関しては NTP サーバーを利用して行ったが、精度が±30ms なので、時刻精度を完璧にするために信号情報生成装置と模擬車載装置を同じノートパソコンで動作させる事も検討して推進した。

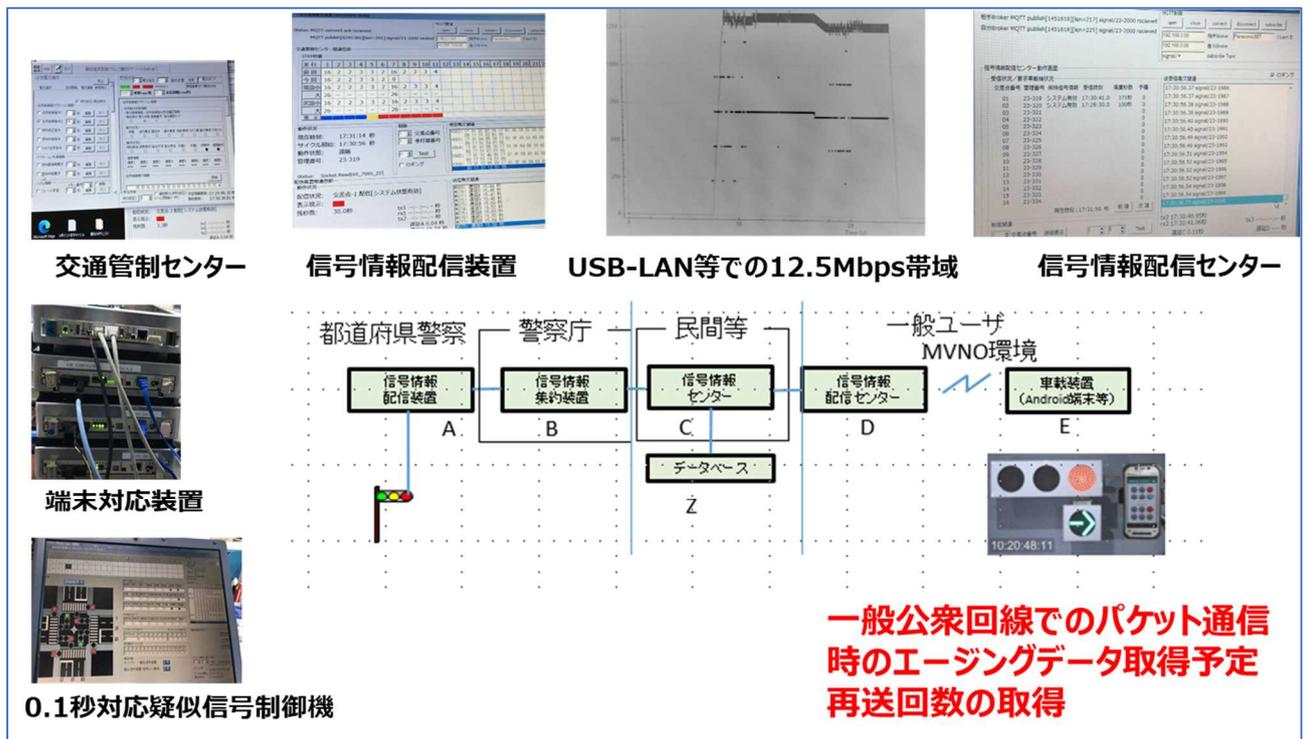


図 3.18 通信負荷検証環境

また、図 3.19 に示すように LTE 網については通常のインターネット網を活用してパケット通信の負荷がかかる状態での検証を行った。図 3.20 は不明の IP アドレスからのアクセスが多数ありサーバー側の負荷がかかっている状態であることを示すネットワークログである。

この課題に対して M2M ルーター側はグローバル固定 IP を NAT 変換して、内部 LAN 側のサーバー IP へポートフォワード (MQTT:1883) することでアクセスを遮断している。

また、今後のトータル到達時間の短縮化を図るため MQTT 及び通常の PING プロトコルをモバイル PC に対して導通できるような設定を行っている (今後の通信の高速化のための一手段)。

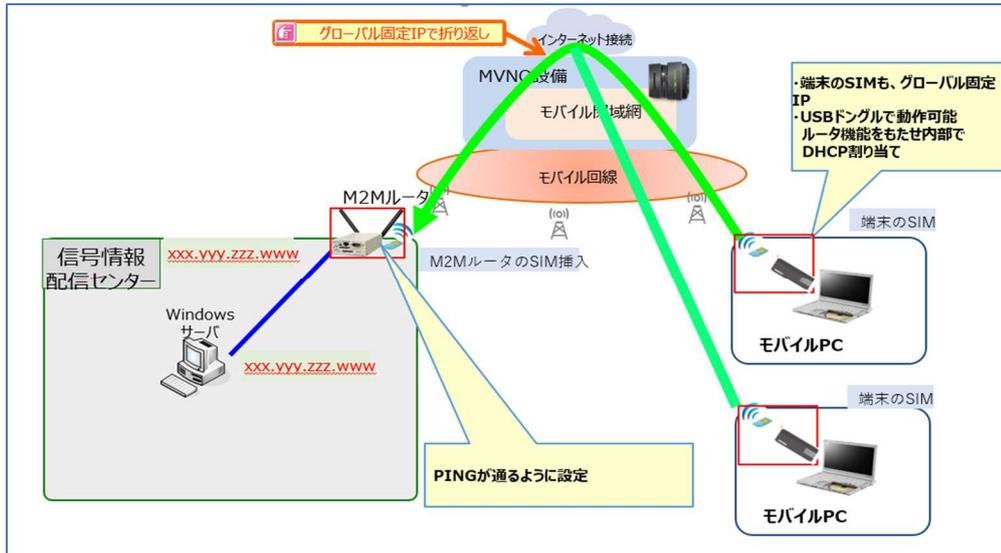


図 3.19 LTE 環境整備

```

minikali-server#save conf
success.
minikali-server#dmes interface ssp 0
02:47:06.950393 IP 106.54.174.97.38474 > 202.232.41.14.6379: Flags [S], seq 344458991, win 29200, options [msg 1424, sack, ...], length 0
02:47:27.580129 IP 202.232.41.14.54216 > 192.168.3.89.1883: Flags [S], seq 3022086406, win 64240, options [msg 1460, nop, wscale, ...], length 0
02:47:28.586488 IP 202.232.41.14.54216 > 192.168.3.89.1883: Flags [S], seq 3022086406, win 64240, options [msg 1460, nop, wscale, ...], length 0
02:47:30.573682 IP 202.232.41.14.54216 > 192.168.3.89.1883: Flags [S], seq 3022086406, win 64240, options [msg 1460, nop, wscale, ...], length 0
02:47:30.618968 IP 167.71.243.143.41119 > 202.232.41.14.62625: Flags [S], seq 319515116, win 1024, length 0
02:47:32.549805 IP 82.156.18.149.41198 > 202.232.41.14.2376: Flags [S], seq 3523324621, win 1024, length 0
02:47:33.319175 IP 202.232.41.14.1883 > 202.232.41.26.56036: Flags [P.], seq 1189813567:1189813646, ack 227963915, win 1026, length 0
02:47:33.662714 IP 202.232.41.14.1883 > 202.232.41.26.56036: Flags [P.], seq 0:558, ack 1, win 1026, length 558
02:47:33.831155 IP 202.232.41.26.56036 > 202.232.41.14.1883: Flags [..], ack 558, win 32, options [nop, nop, sack 1 [0:279]], length 0
02:47:34.588323 IP 202.232.41.14.54216 > 192.168.3.89.1883: Flags [S], seq 3022086406, win 64240, options [msg 1460, nop, wscale, ...], length 0
02:47:35.103173 IP 202.232.41.14.1883 > 202.232.41.26.56036: Flags [P.], seq 558:837, ack 1, win 1026, length 279
02:47:35.257166 IP 202.232.41.26.56036 > 202.232.41.14.1883: Flags [..], ack 837, win 30, length 0
02:47:39.071151 IP 202.232.41.14.1883 > 202.232.41.26.56036: Flags [P.], seq 837:1116, ack 1, win 1026, length 279
02:47:39.405483 IP 202.232.41.14.1883 > 202.232.41.26.56036: Flags [P.], seq 837:1116, ack 1, win 1026, length 279
02:47:39.737812 IP 202.232.41.14.1883 > 202.232.41.26.56036: Flags [P.], seq 837:1116, ack 1, win 1026, length 279
02:47:39.876307 IP 202.232.41.26.56036 > 202.232.41.14.1883: Flags [..], ack 1116, win 29, options [nop, nop, sack 1 [837:1116]], length 0
02:47:39.876303 IP 202.232.41.26.56036 > 202.232.41.14.1883: Flags [..], ack 1116, win 29, options [nop, nop, sack 1 [837:1116]], length 0
02:47:42.585264 IP 202.232.41.14.54216 > 192.168.3.89.1883: Flags [S], seq 3022086406, win 64240, options [msg 1460, nop, wscale, ...], length 0
02:47:50.489031 IP 167.172.48.176.41221 > 202.232.41.14.49078: Flags [S], seq 608453289, win 1024, length 0
02:47:59.428933 IP 2.57.121.26.95155 > 202.232.41.14.50802: Flags [S], seq 3481883347, win 1024, length 0
02:48:05.829977 IP 158.255.7.157.53918 > 202.232.41.14.6379: Flags [S], seq 1069475429, win 1024, length 0
02:48:07.456563 IP 202.232.41.14.54218 > 192.168.3.89.1883: Flags [S], seq 1978352631, win 64240, options [msg 1460, nop, wscale, ...], length 0
02:48:08.029256 IP 23.224.186.229.50226 > 202.232.41.14.2323: Flags [S], seq 2271499058, win 1024, options [msg 1460], length 0
02:48:08.459023 IP 202.232.41.14.54218 > 192.168.3.89.1883: Flags [S], seq 1978352631, win 64240, options [msg 1460, nop, wscale, ...], length 0
02:48:10.408538 IP 202.232.41.14.54218 > 192.168.3.89.1883: Flags [S], seq 1978352631, win 64240, options [msg 1460, nop, wscale, ...], length 0
02:48:14.411132 IP 202.232.41.14.54218 > 192.168.3.89.1883: Flags [S], seq 1978352631, win 64240, options [msg 1460, nop, wscale, ...], length 0
02:48:17.349824 IP 158.255.7.157.53918 > 202.232.41.14.4505: Flags [S], seq 8120230539, win 1024, length 0
02:48:21.199883 IP 89.248.163.159.54646 > 202.232.41.14.31145: Flags [S], seq 2845311805, win 1024, length 0
02:48:22.495238 IP 202.232.41.14.54218 > 192.168.3.89.1883: Flags [S], seq 1978352631, win 64240, options [msg 1460, nop, wscale, ...], length 0

```

図 3.20 不明 IP アドレスからのアクセスログ

5.2. 測定結果と条件

今回利用したのはNTT ドコモ回線のMVNOのLTE契約回線で、これを使用した測定結果を図3.22から図3.28に示す。

※信号情報配信センター側に接続するモバイルルータはセンチュリー製のNXR-G110Lを、模擬車載装置側のUSBモバイル dongleはFUJISOFT製のFS040Uを使用した。

1サイクル60秒のサイクル長の2019年度評価した信号現示パターンで検証を行った。

データサイズ等は図3.21に示す。

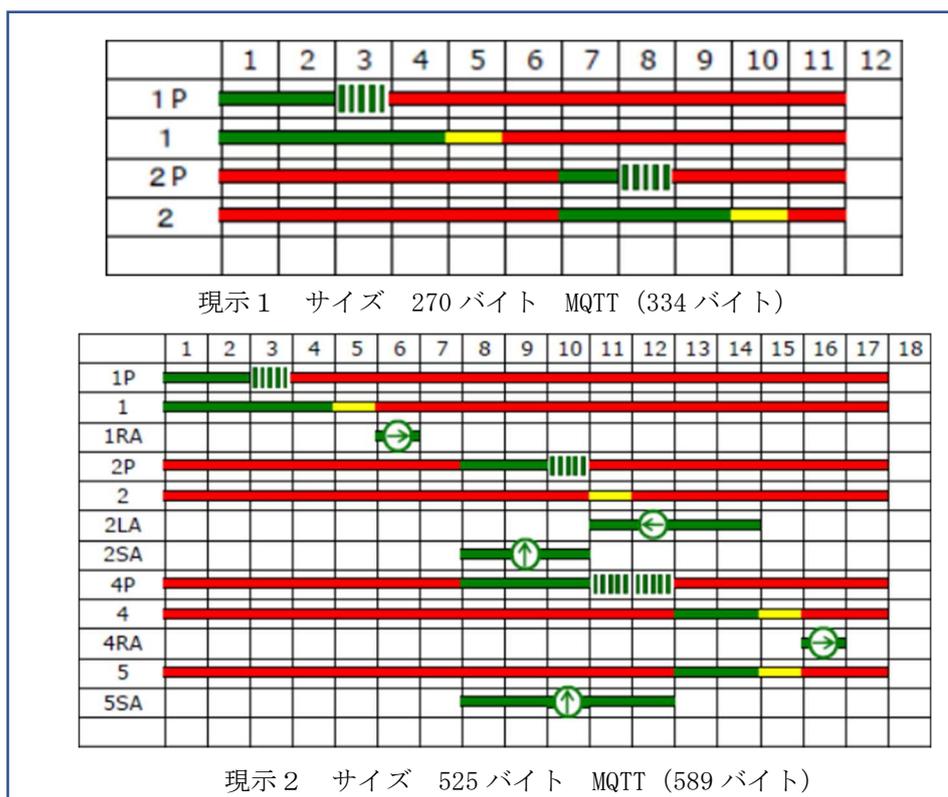


図 3.21 評価用の現示

※20Topic とは 20 交差点分のデータの一斉送信であること。

※3ms とは交差点毎の電文送信間隔が 3ms であること。

※時計共通とは信号情報生成装置と模擬車載装置が同一 PC であること。

※1 秒 Ping とは MQTT 通信の ping コマンドでキープアライブが 1 秒周期であること。

※遅延時間の計算は 2 分間に受信した Topic の平均値(2 周期分をまとめたもの)

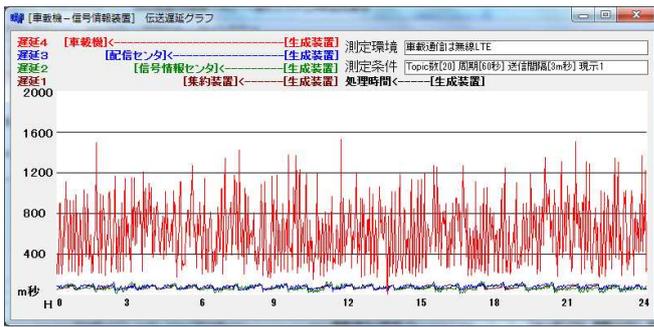


図 3.22 現示 1_20Topic_3ms(左：平均値 右：最大値)



図 3.23 現示 1_20Topic_3ms 時計共通(左：平均値 右：最大値)



図 3.24 現示 2_20Topic_3ms(左：平均値 右：最大値)

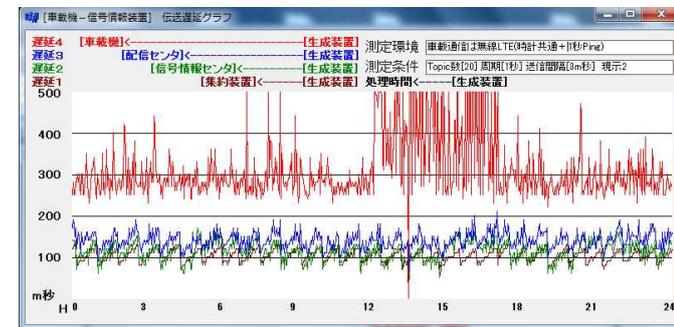
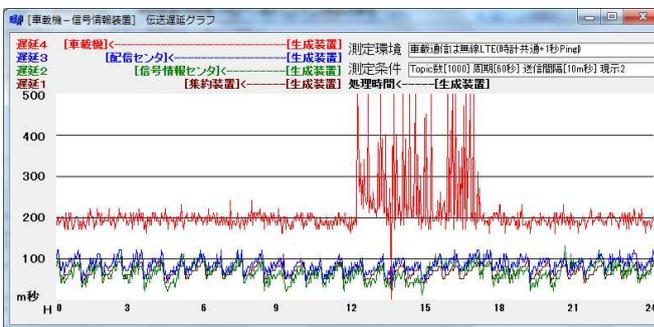


図 3.25 現示 2_20Topic_3ms 時計共通 MQTT-Ping1 秒(左：平均値 右：最大値)

(12時から16時まで2秒Pingで16時から17時まで3秒Ping)

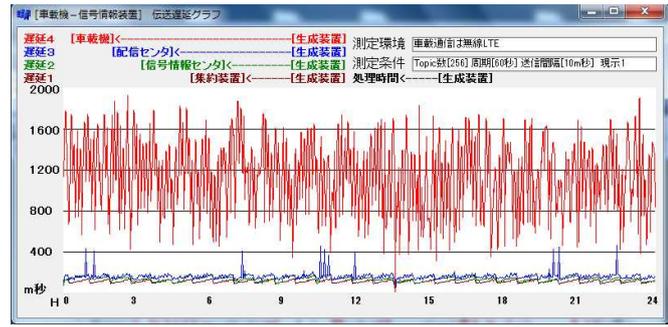


図 3.26 現示 1 256Topic_10ms(左：平均値 右：最大値)

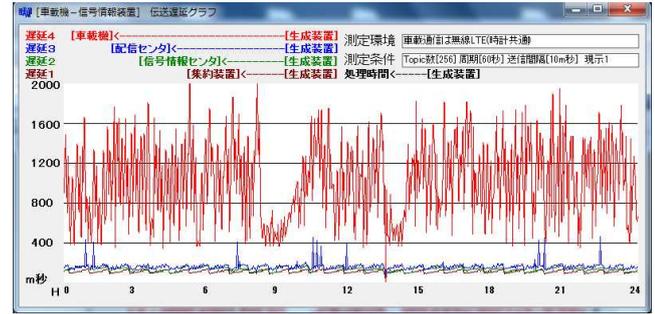


図 3.27 現示 1 256Topic_10ms 時計共通(左：平均値 右：最大値)



図 3.28 現示 2 256Topic_10ms(左：平均値 右：最大値)

5.3. 東京と福岡の同一時刻検証結果

表 3.29 に処理時間と遅延の関係を示す

表 3.29 処理時間と遅延の関係

絶対時刻	処理時間	処理時間説明	イベント	
Tc			信号予定情報生成 (Tc + dt)	
	t1	信号情報生成処理時間 (信号情報配信装置)		0 起点
	t2	信号情報配信装置-信号情報集約装置通信時間		遅延 1
	t3	信号情報集約装置処理時間		
	t4	信号情報集約装置-信号情報センター間通信時間		遅延 2
	t5	信号情報センター処理時間		
	t6	信号情報センター~信号情報配信センター間通信時間		
	t7	信号情報配信センター処理時間		
	t8	信号情報配信センター→LTEルータ出力時間		遅延 3
	t9	LTE通信時間(車載器受信時間)		遅延 4
	t10	車載機処理時間		
Ts			灯器変化	

遅延 1 は $t1+t2$ 遅延 2 は $t1+t2+t3+t4$ 遅延 3 は $t1+t2+t3+t4+t5+t6+t7+t8$

遅延 4 は $t1+t2+t3+t4+t5+t6+t7+t8+t9$ をあらわす。

LTE 回線を福岡で使用した測定結果の平均値を図 3.29、図 3.30 に示す。また最大値について図 3.31、図 3.32 に示す。

現示 1 は 11STEP で 90 秒周期動作の交差点 100 交差点を対象に 100ms 間隔で送信し、MQTT-ping 通信は行わない状態で実施した。データ送信完了後 次のサイクルでまた送信を行う評価を行った。

	福岡 (平均値)				(単位ms)			
	遅延 1	遅延 2	遅延 3	遅延 4	遅延 1	遅延 2	遅延 3	遅延 4
13:15	80	20	100	30	130	1050	1180	
13:30	50	20	70	20	90	840	930	
13:45	50	30	80	20	100	1250	1350	
14:00	60	20	80	20	100	1060	1160	
14:15	60	30	90	30	120	1080	1200	
14:30	80	10	90	40	130	1710	1840	
14:45	90	20	110	30	140	1590	1730	
15:00	60	10	70	40	110	1780	1890	
15:15	50	10	60	30	90	1720	1810	
15:30	60	10	70	20	90	1640	1730	
15:45	60	10	70	30	100	1800	1900	
平均値	63.6363636	17.27273	80.90909	28.18182	109.0909	1410.909	1520	
標準偏差	12.9844153	7.496556	14.43137	7.158189	17.29663	340.0389	341.2011	

図 3.29 福岡 (平均値) での評価結果

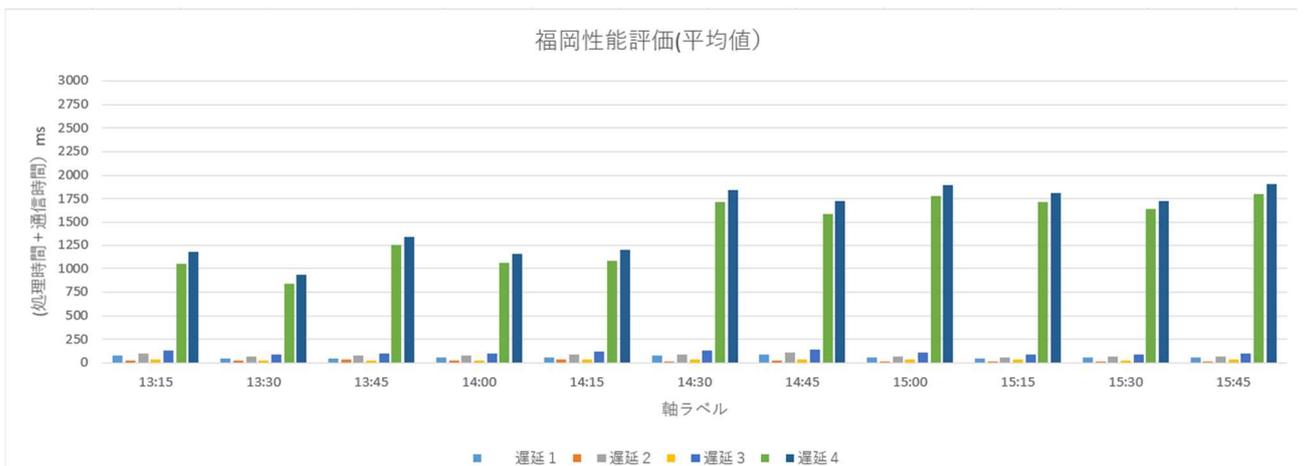


図 3.30 福岡平均値測定結果

	福岡 (最大値)							
	集約 遅延 1	情報センター 遅延 2		配信センター 遅延 3		車載器 遅延 4		
13:15	120	50	170	20	190	1930	2120	
13:30	120	20	140	40	180	1770	1950	
13:45	90	50	140	30	170	2010	2180	
14:00	90	40	130	30	160	2280	2440	
14:15	110	30	140	60	200	1790	1990	
14:30	120	30	150	40	190	2070	2260	
14:45	120	40	160	50	210	2570	2780	
15:00	130	30	160	60	220	2270	2490	
15:15	90	30	120	20	140	2370	2510	
15:30	90	20	110	50	160	2160	2320	
15:45	100	20	120	40	160	2380	2540	
平均値	107.272727	32.72727	140	40	180	2145.455	2325.455	
標準偏差	14.826824	10.52349	18.09068	13.484	23.35497	244.4424	242.7256	

図 3.31 福岡 (最大値) での評価結果

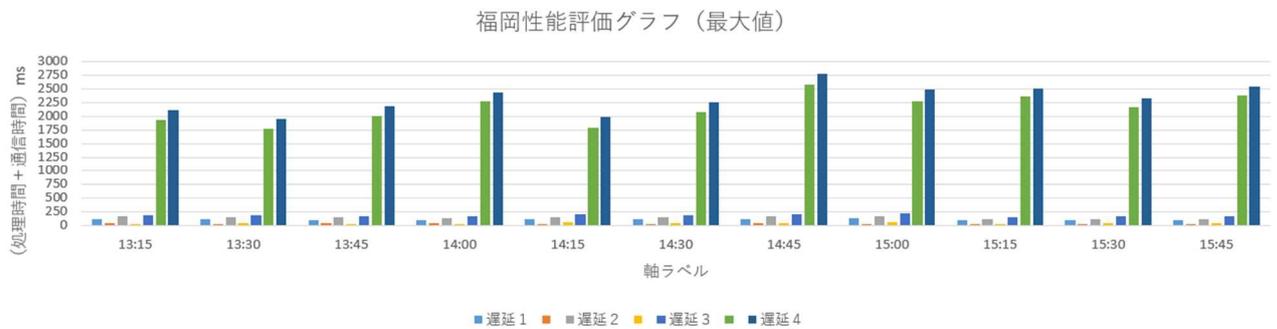


図 3.32 福岡 (最大値) での評価結果

図 3.33 に福岡と東京との 2 拠点での同時評価環境の平均結果を示すととも図 3.34 にグラフを示す。高速に信号情報を伝送するために MQTT-ping1 秒処理での試験を実施した。

福岡 (平均値)								東京 (平均値)							
遅延 1	遅延 2		遅延 3		遅延 4			遅延 1	遅延 2		遅延 3		遅延 4		
17:00	80	20	100	40	140	600	740	17:00	80	20	100	40	140	80	220
17:15	80	10	90	40	130	600	730	17:15	80	10	90	40	130	80	210
17:30	80	10	90	40	130	600	730	17:30	80	10	90	40	130	80	210
17:45	80	10	90	10	100	590	690	17:45	80	10	90	10	100	240	340
18:00	70	10	80	20	100	820	920	18:00	70	10	80	20	100	490	590
18:15	50	10	60	20	80	810	890	18:15	50	10	60	20	80	450	530
18:30	60	10	70	10	80	860	940	18:30	60	10	70	10	80	380	460
18:45	60	10	70	10	80	680	760	18:45	60	10	70	10	80	610	690
19:00	60	10	70	20	90	810	900	19:00	60	10	70	20	90	600	690
19:15	70	10	80	10	90	950	1040	19:15	70	10	80	10	90	450	540
19:30	70	10	80	20	100	1215	1315	19:30	70	10	80	20	100	660	760
平均値	69.09091	10.90909	80	21.81818	101.8182	775.9091	877.7273	平均値	69.09091	10.90909	80	21.81818	101.8182	374.5455	476.3636
標準偏差	9.958592	2.874798	11.2815215	11.92262	20.81004	183.66	174.6602	標準偏差	9.958592	2.874798	11.28152	11.92262	20.81004	211.2458	194.9486

図 3.33 一気通貫性能試験(MQTT-ping1 秒) 左：福岡 右：東京

(※) 平均 到達時間で 500ms から 600ms の差異が生じた。

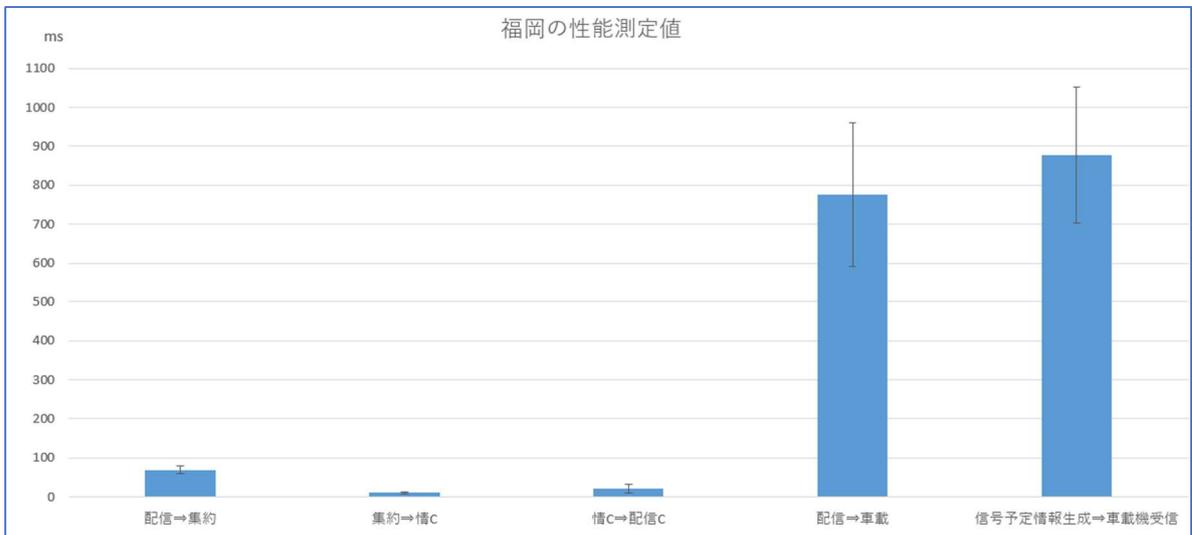


図 3.34 福岡平均値のばらつき具合

	福岡 (最大値)				東京 (最大値)										
	集約	情報センター		車載器	遅延 1	t2-t1	遅延 2	t3-t2	遅延 3	t4-t3	遅延 4				
17:00	110	20	130	40	170	670	840	17:00	110	20	130	40	170	120	290
17:15	110	20	130	40	170	650	820	17:15	110	20	130	40	170	130	300
17:30	120	20	140	40	180	680	860	17:30	120	20	140	40	180	170	350
17:45	120	10	130	40	170	630	800	17:45	120	10	130	40	170	580	750
18:00	120	30	150	30	180	1730	1910	18:00	120	30	150	30	180	1050	1230
18:15	80	30	110	60	170	1680	1850	18:15	80	30	110	60	170	1100	1270
18:30	90	30	120	60	180	1640	1820	18:30	90	30	120	60	180	1210	1390
18:45	90	90	180	10	190	1170	1360	18:45	90	90	180	10	190	750	940
19:00	90	30	120	40	160	1640	1800	19:00	90	30	120	40	160	1230	1390
19:15	100	20	120	30	150	2100	2250	19:15	100	20	120	30	150	1100	1250
19:30	100	20	120	50	170	2460	2630	19:30	100	20	120	50	170	1400	1570
平均値	102.7273	29.09091	131.8181818	40	171.8182	1368.182	1540	平均値	102.7273	29.09091	131.8182	40	171.8182	803.6364	975.4545
標準偏差	13.54515	20.20556	18.49726359	13.484	10.28519	615.3021	612.1497	標準偏差	13.54515	20.20556	18.49726	13.484	10.28519	458.6992	456.6153

図 3.35 一気通貫性能試験 左：福岡 右：東京

5.4. 結果を踏まえた考察

表 3.30 に今回の性能評価の結果を示す。

表 3.30 各事象での結果まとめ

事象	処理計測時間	備考
立ち上げ時(PPP 認証 接続)	システム立ち上げ後、PPP 認証まで 15 秒かかる。	参考情報
センターLTE ルータ ー立ち上がり時間	起動時やリセット再起動時に 30 秒かかる。	参考情報
ヒートラン中に 1 日 に数回ソケットエラー が発生する	グラフで 0 になるのはソケットが切れて測定不能であった事象をさす。	参考情報 次のサイクルまでには復旧している。
端末対応装置の LAN ケーブル抜き時	信号情報配信装置が 5 秒リトライ 2 回で通信確認。10 秒後に切断を認識。	次のサイクルまでに復旧すればデータ整合で問題はないと考察。
Subscribe 側のリセ ット再起動	データがキューイングされていないことを確認。常に新しいデータを送信していることを確認。	参考情報
信号情報生成装置⇒ 模擬車載機 (MQTT-ping 無時)	模擬車載機⇒模擬信号情報センター間の接続時間は 模擬車載機が東京設置時 Δd 最大値 1.6 秒、 模擬車載機が福岡設置時 Δd 最大値 2.6 秒	車載機 (LTE 移動機) の存在を基地局が把握しておらず、基地局にタイミングも同期していない。呼接続後のデータ通信の前に、タイミング同期手順(Random access procedure)を行い、コア網に対して端末の認証を行い、基地局が移動機の内容を把握し基地局とコア網との接続を成立させてから呼接続後にデータ通信していると考察。
信号情報生成装置⇒ 模擬車載機 (MQTT-ping 1 秒)	模擬車載機⇒模擬信号情報センター接続 模擬車載機が東京設置値 Δd 最大値 0.5 秒	車載機 (LTE 移動機) の存在を基地局が把握していて、基地局と移動機が同期していると考察。
信号情報生成装置⇒ 模擬車載機	ping を 2 秒にした場合には ping 無時間とほぼ同じ現象になった。	車載機 (LTE 移動機) の存在を基地局が把握しているが、基

(MQTT-ping2 秒)		地局に移動機が同期していないので、呼接続後のデータ通信の前に、タイミング同期手順(Random access procedure)が必要と考察。
信号情報生成装置→ 模擬車載機 (MQTT-ping3 秒)	ping を 3 秒にした場合には ping 無時間とほぼ同じ現象になった	車載機 (LTE 移動機) の存在を基地局が把握しているが、基地局に移動機が同期していないので、呼接続後のデータ通信の前に、タイミング同期手順(Random access procedure)が必要と考察。

5.5. Δd の関係

図 3.36 に Δd について説明する。

管制方式での検証結果であるが端末対応装置の処理により 1.0 秒の差異が端末対応装置のメーカーによっては発生する。

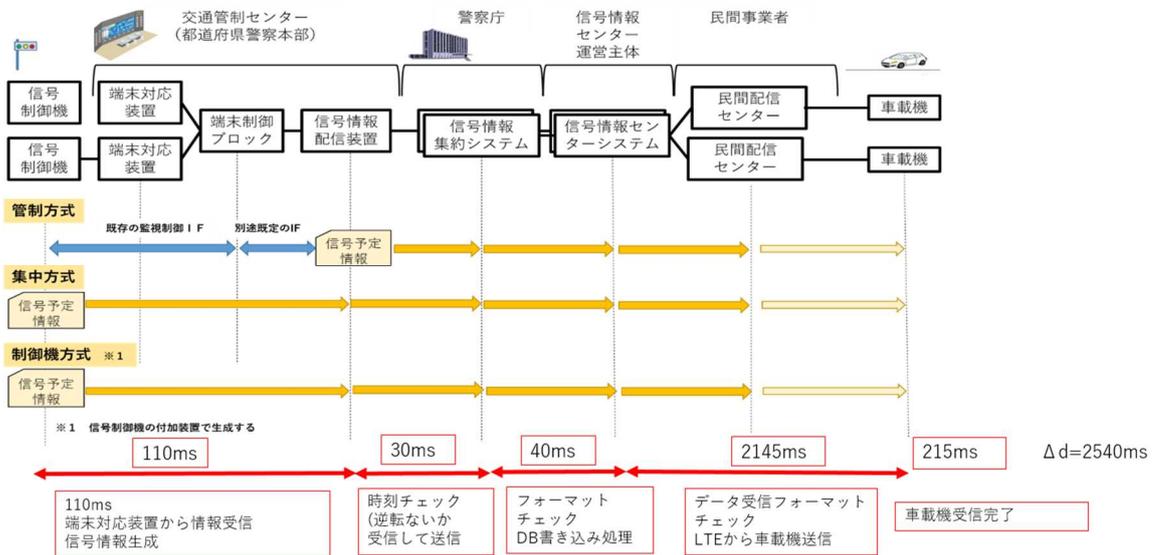


図 3.36 Δd について

模擬車載機が福岡設置時は検証結果から最大値は Δd=2.6 秒、平均値で Δd=0.8 秒となった。表 3.31 に Δd の関係と各処理時間の関係を示す。

表 3.31 Δd の関係と各処理時間

信号情報伝達時間内訳 評価方式(信号情報配信装置で信号予定情報を生成) 条件 広域イーサでの接続 福岡最大値(ping間隔1秒時)
 Δd: t9 到達の時間

絶対時刻	処理時間	処理時間説明	イベント	単位	秒
Tc			信号予定情報生成 (Tc + dt)	管制方式	
t1		信号情報生成処理時間 (信号情報配信装置)	0.100		0.100
t2		信号情報配信装置-信号情報集約装置間通信時間			
t3		信号情報集約装置処理時間			
t4		信号情報集約装置-信号情報センター間通信時間	0.120		0.020
t5		信号情報センター処理時間			
t6		信号情報センター-信号情報配信センター間通信時間			
t7		信号情報配信センター処理時間	0.170		0.050
t8		LTE通信時間(車載機受信時間)	2.630		2.460
t9		車載機処理時間(Δtの計算に含まれる)	0.5		2630 Δd
Ts			灯器変化		

信号情報伝達時間内訳 評価方式(信号情報配信装置で信号予定情報を生成) 条件 広域イーサでの接続 福岡平均値 (ping1秒間隔時)
 Δd: t9 到達の時間

絶対時刻	処理時間	処理時間説明	イベント	単位	秒
Tc			信号予定情報生成 (Tc + dt)	管制方式	
t1		信号情報生成処理時間 (信号情報配信装置)	0.070		0.070
t2		信号情報配信装置-信号情報集約装置間通信時間			
t3		信号情報集約装置処理時間			
t4		信号情報集約装置-信号情報センター間通信時間	0.080		0.010
t5		信号情報センター処理時間			
t6		信号情報センター-信号情報配信センター間通信時間			
t7		信号情報配信センター処理時間	0.100		0.020
t8		LTE通信時間(車載機受信時間)	0.877		0.777
t9		車載機処理時間(Δtの計算に含まれる)	0.5		0.877 Δd
Ts			灯器変化		

5.6. 回線帯域の考察

2021年度の検証環境においてUSB-LANを活用することで帯域を12.5Mbpsにする環境を構築した。

その帯域にした前提条件は以下である。

表 3.32 に信号予定情報サイズと送信頻度から必要帯域が求められるようにした。

前提条件 LAN 帯域効率 60%

実効値が 60Mbps 時に 7.2kbyte/ms

パラメータ 1 10ms 単位で 73728byte/10ms

パラメータ 2 100ms 単位で 737280byte/100ms

のそれぞれネットワーク帯域能力がある。

今回の検証環境は 100ms 単位での受信モデルでの評価環境を構築した関係なのでパラメータ 2 を採用した。

必要帯域=【交差点数×信号予定情報サイズ×1 サイクルあたりの送信回数】÷737280*(60Mbps)

現示 1 は 256×334×1/737280*60=7Mbps の帯域が必要で

現示 2 は 256×585×1÷737280×60=12.2Mbps の帯域が必要である。

いずれの場合も交差点 256 交差点時に 12.5Mbps の帯域があれば通信が枯渇することがないという机上の考察を導きだした。

そのうえで 2021 年度の環境において、模擬信号情報配信装置(各県警) - 模擬信号情報集約装置間を 12.5Mbps 環境を構築して検証を行った結果パケットロス等の通信障害は発生しなかった。

表 3.32 ネットワーク帯域について

帯域計算のモデルケース

信号機	信号予定情報		一般交差点	重要交差点	一般交差点 送信回数 /サイクル	重要交差点 送信回数 /サイクル	交差点数	サイクル長	必要帯域 (単位 Mbps)	必要帯域 (単位 Mbps)	1日あたりサイズ(単位 Kbyte)リトライ無
	サイズ(byte)	サイズ(bit)									
			0.75	0.25			256	120	効率1.0の場合	効率0.6	
信号機	サイズ(byte)	サイズ(bit)	送信間隔	送信間隔							
標準現示(車両灯器2 歩行者灯器2) サイクル開始時	585	4680	サイクル開始時 (時刻制御) 1サイクルで1回	サイクル開始時 1サイクル	1	1			5.85	9.75	822.65625
標準現示(車両灯器2 歩行者灯器2) 追従確定時	585	1920		追従サイクル確定時 1サイクルに1回	0	1			1.4625	2.4375	411.328125
矢印付(車両灯器2 歩行者灯器2) サイクル開始時	585	4680	サイクル開始 (右折横あり時) 右矢終了時 1サイクルで2回	サイクル開始 (右折横あり時) 右矢終了時 1サイクルで2回	1	1			0.73125	1.21875	822.65625
矢印付(車両灯器2 歩行者灯器2) 右折感知での確定時	585	4680	サイクル開始 (右折横あり時) 右矢終了時 1サイクルで2回	サイクル開始 (右折横あり時) 右矢終了時 1サイクルで2回	1	1			0.73125	1.21875	822.65625
最大値(車両灯器12 歩行者灯器12) 矢印つき	585	4680	サイクル開始 (右折横あり時) 右矢終了時 1サイクルで2回	サイクル開始 (右折横あり時) 右矢終了時 1サイクルで2回	1	1			0	0	822.65625
最大値(車両灯器12 歩行者灯器12) 矢印つき	585	4680	サイクル開始 (右折横あり時) 右矢終了時 1サイクルで2回	サイクル開始 (右折横あり時) 右矢終了時 1サイクルで2回	1	1			0	0	822.65625
サイクル開始時									5.85	9.75	
追従確定時									1.46	2.44	
右折感知確定時									0.73	1.22	

←各フェーズでの必要帯域(負荷)

6. 結言

本調査研究は、クラウド等を活用した信号情報の提供を実現するために、信号情報センターの技術要件に関する検討を行うものである。実施概要としては、(1)信号情報センターに整備されるシステムの技術要件の検討、(2)警察庁信号情報集約システムの機能軽減に関する検討、(3)通信遅延軽減に関する検討である。

まず、クラウド等を活用した信号情報の提供を実現するためには、信号情報センターだけでなく、警察庁・信号情報集約システム等とも連携する必要がある。そこで、連携上の主要なシステムである都道府県警察の交通管制システム、警察庁の信号情報集約システム、信号情報センターシステム、民間事業者による信号情報配信センターのシステムについて、信号情報センターが設置されることを前提に、各々のシステムについて機能上の役割を明確にした。併せて、警察庁に整備される予定である信号情報集約システムについて機能軽減案を検討し、その内容に基づき「警察庁信号情報集約システム仕様化報告書」を見直し、提示した。加えて、外部インターフェースについては、併設される提供技術委員会とも連携し、異常時の情報の速達性を考慮し、センター間での異常を通知する情報を提案した。

次に、システム機能構成、機能配置、管理上必要な画面構成等について検討を行い、システム機能については、4つの大項目機能と、58の詳細機能を明確にし、ユーザが操作する画面や帳票については、14画面、5帳票についてその概要を示した。一方、システム運用に向けては中核をなす機能だけでなく、非機能的な要件も安定稼働の検討には欠くことのできない要素である。そこで、情報セキュリティに関しては、「情報システムに係る政府調達におけるセキュリティ要件策定マニュアル（内閣サイバーセキュリティセンター発行）」を基礎資料として検討を進め、可用性については大規模災害時を考慮に入れシステム構成案を提案した。その他の要件である継続性、拡張性、中立性、運用・保守性等にも対象を広げ、検討を行った。上述の検討結果を踏まえシステム仕様書案の基礎資料とするべく、システム構成図、ハードウェア構成、ハードウェア機能、ソフトウェア機能についてまとめた。

最後に、通信遅延の軽減対策については、2021年度も2020年度と同様の模擬環境で検証を行ったが、2021年度はより実環境に近い装置経由数を模擬環境に構築し、各種検証を行った。また、データ配信とデータベースへの書込みを並列して実施する形として評価を行った。100交差点分のデータを一度に生成して送信する評価を行い、処理時間としては通信時間を含んでも30～60msとなることが分かった。また、路側装置から模擬車載機までの時間として2～3秒程度でデータ伝搬が可能であることを示すことができた。模擬環境で限定的な条件であるが、実環境と同程度の装置を介してサービスとして成立することを示せたのは非常に意義が大きい。

第4章 信号情報の精度向上に関する検証（管制方式・集中方式）と信号情報以外の情報の統合的な配信に関する検討（テーマ3）

1. はじめに

本報告は、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「クラウド等を活用した信号情報提供の社会実装に向けた研究開発」のうち、テーマ3：信号情報の精度向上に関する検証（管制方式・集中方式）と信号情報以外の情報の統合的な配信に関する検討について記載したものである。

2. 信号情報の精度向上及び通信遅延の軽減に関する検討（管制方式・集中方式）

2020年度施策においては、埼玉県警察モデルシステムで実施した信号情報精度検証により、現行の交通信号制御機の信号情報の精度を1秒単位から0.1秒単位とすることで、信号情報の精度向上が見込まれるとの検討結果が示された。これを踏まえ、新しい仕様書（版5）に改正された交通信号制御機を利用して、精度に関する検証を行うこととした。版5では、信号制御、実行情報、履歴の管理などが、0.1秒単位に対応している。

また、2020年度施策における信号情報精度の向上に係る課題のうち、管制方式において、交通信号制御機のメーカーによるオフセット追従動作の差異により、信号情報配信装置で算出される信号予定情報と交通信号制御機の動作にずれが生じる懸念について、メーカー間の差異が存在するかを明らかにするとともに、差異が生じている場合には対応策を検討することとした。

2.1. 新仕様に対応した交通信号制御機および中央装置による精度向上の検証

改正された新仕様に対応した交通信号制御機および中央装置を用いて模擬試験環境を構築し、信号情報提供を行う。提供される信号予定情報の精度を検証する。検証を行う方式は、管制方式および集中方式とする。

2.1.1. 実験概要

(1) 管制方式

実験実施にあたり構築した管制方式用実験システムの構成を図4.1に示す。管制方式では、信号情報配信装置で信号予定情報が作成される。新仕様により交通信号制御機から送られてくる履歴情報が0.1秒単位になることから、生成される信号予定情報の精度が向上すると考えられる。

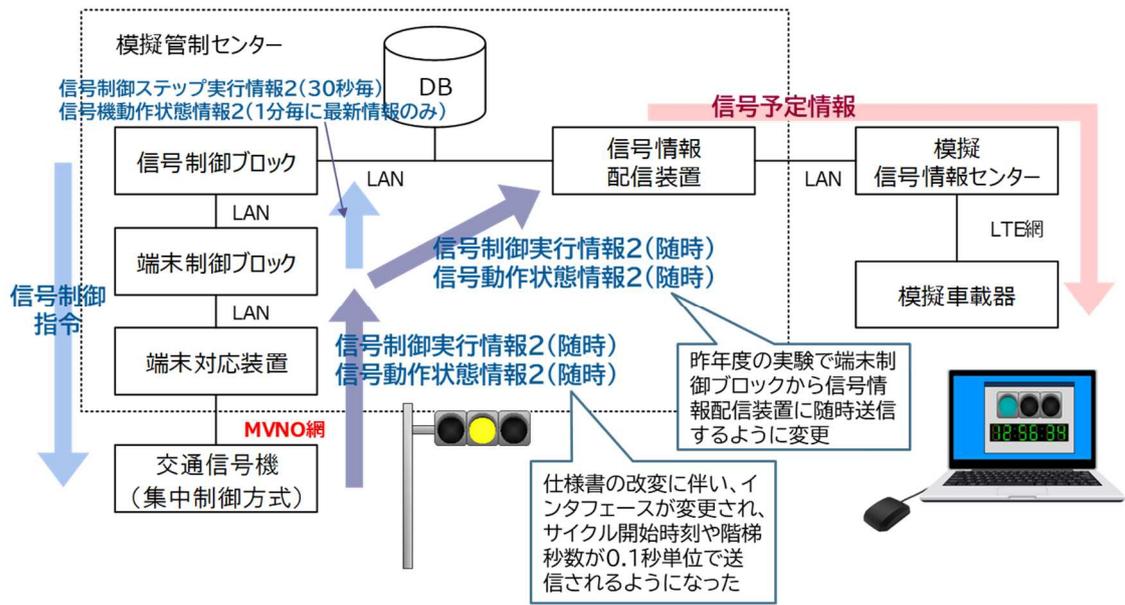


図 4.1 実験システム構成 (管制方式)

(2) 集中方式

実験実施にあたり構築した集中方式用の実験システムの構成を図 4.2 に示す。集中方式では、信号予定情報が交通信号制御機で作成されるため、新仕様のインターフェース変更による時刻精度向上（1秒単位→0.1秒単位）の影響は少ないと考えられ、新仕様による信号予定情報の精度向上は限定的となる想定である。

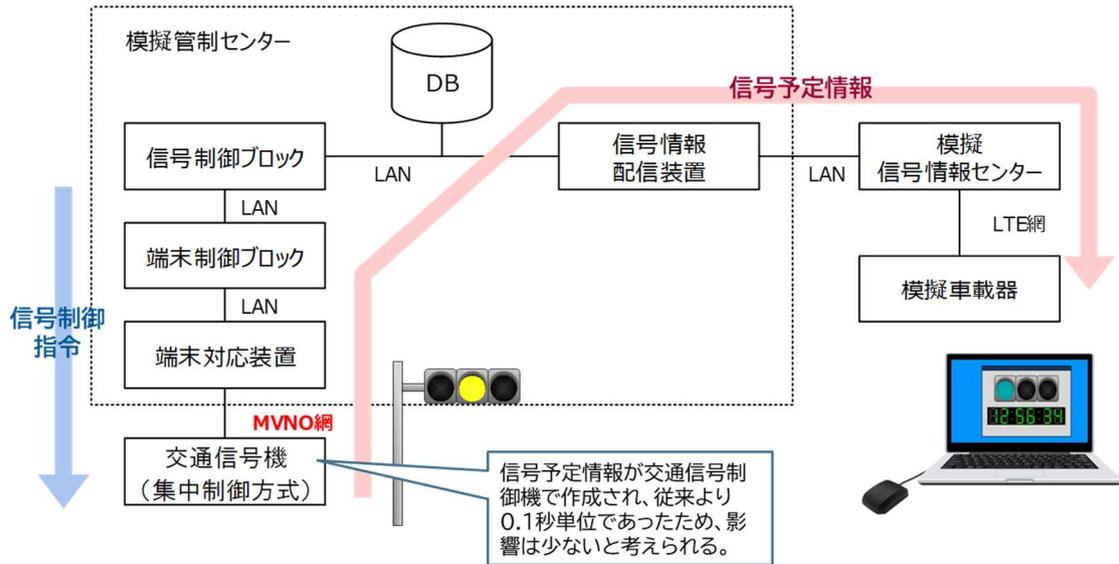


図 4.2 実験システム構成（集中方式）

2.1.2. 実験方式

(1) 実験機器

本調査研究では、信号予定情報の精度を検証するために、模擬車載器に表示される各灯色の切り替わりタイミングと、交通信号制御機に接続された信号灯器に表示される灯色の切り替わりタイミングのずれを測定する。また、今年度の実験環境でのズレの秒数を計測するとともに、昨年度の検証結果（旧仕様）との比較を行う。そのため、昨年度のモデルシステムとなるべく同じになるように配慮を行った。

実験では、新仕様に対応した交通信号制御機および中央装置を準備し、昨年度のモデルシステムと同等の模擬信号情報センターや車載機と接続した。実験のために準備した機器を図 4.3 から図 4.6 に示す。

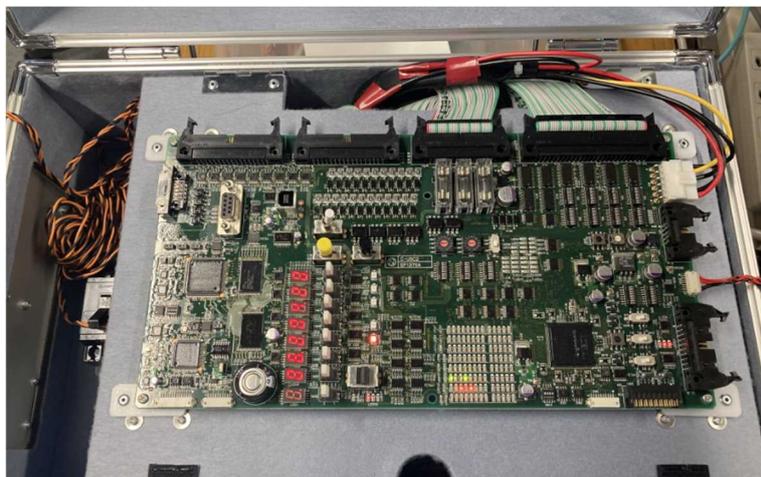


図 4.3 交通信号制御機（版 5）

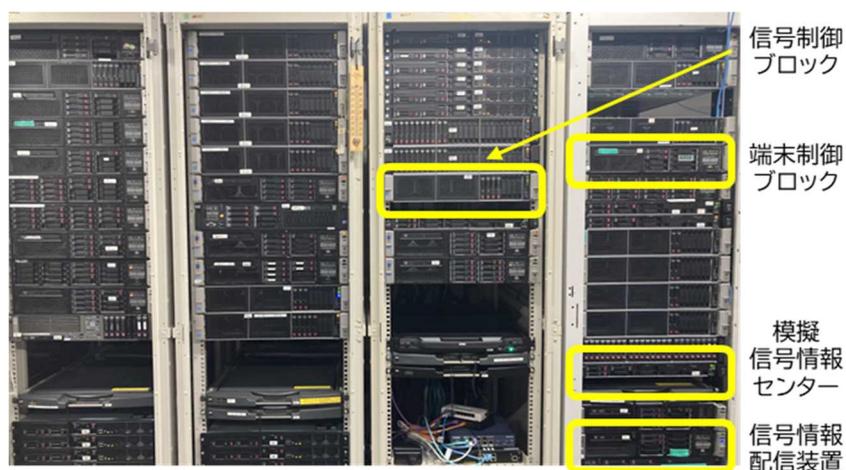


図 4.4 交通管制センター機器と模擬信号情報センター



図 4.5 交通管制センターのMVNO 設備



図 4.6 模擬車載機の画面

(2) 通信環境

本調査研究では、実験環境構築の都合により、一部、昨年度と通信環境が異なる（信号情報配信装置－模擬信号情報センター間を光回線からLANに変更）ところがある。昨年度のモデルシステムとの違いを図4.7に示す。

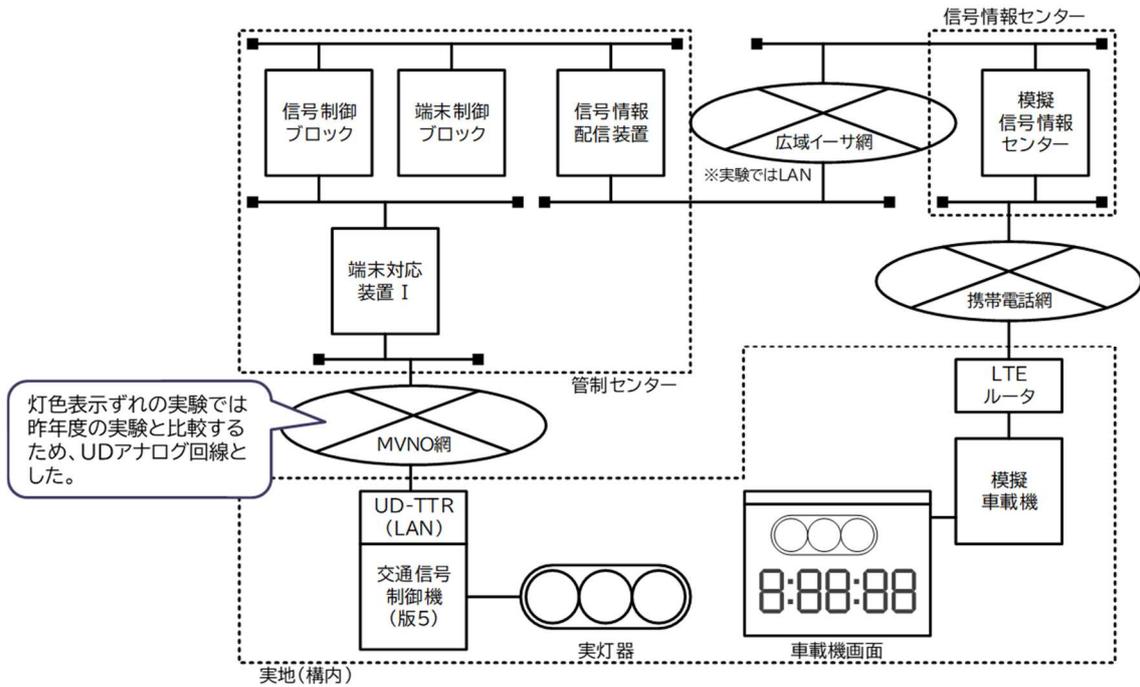


図 4.7 機器構成と昨年度との通信回線の違い

(3) 対象交差点

実験対象交差点として、昨年度の実験で評価対象とした交差点のうち、管制方式では「⑤真々田瓦入口交差点（管理番号 27-211）」を、集中方式では「⑥新堀池交差点（管理番号 27-210）」を構内に再現した。2つの交差点は全く同じ現示となっている。表4.1に対象交差点の交差点情報を、図4.8に実際の交差点の位置を、図4.9に当該交差点の現示階梯図と灯色切り替わりタイミングを示す。

表 4.1 対象交差点

方式	No.	交差点名	住所	県警管理番号	ギャップ	リコール
管制	⑤	真々田瓦入口交差点	さいたま市岩槻区釣上	27-211	—	—
集中	⑥	新堀池交差点	さいたま市岩槻区釣上	27-210	—	—

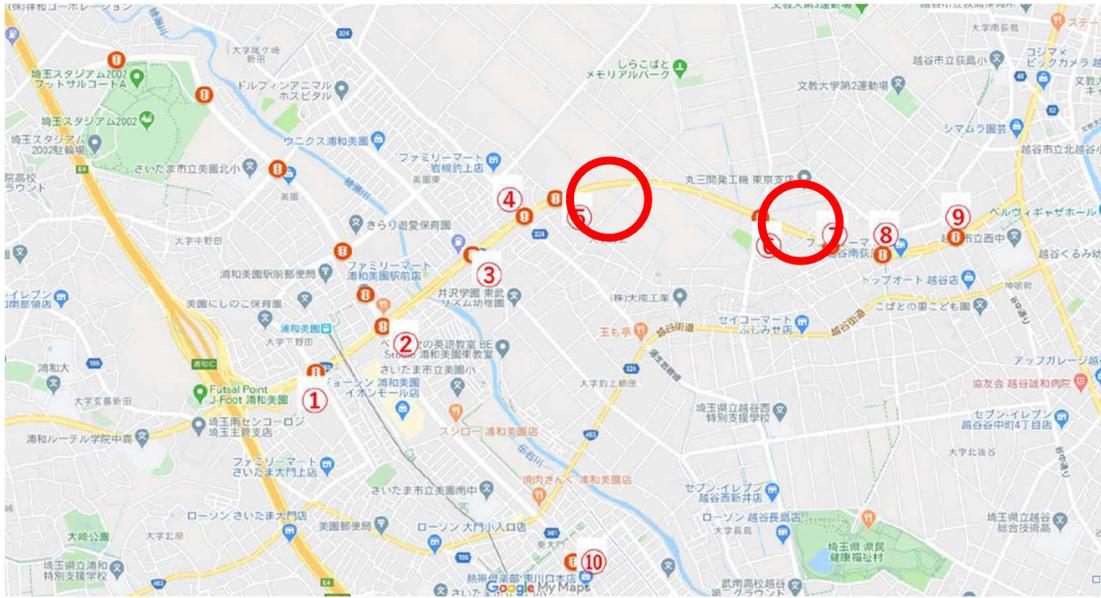


図 4.8 実験対象交差点の実際の位置

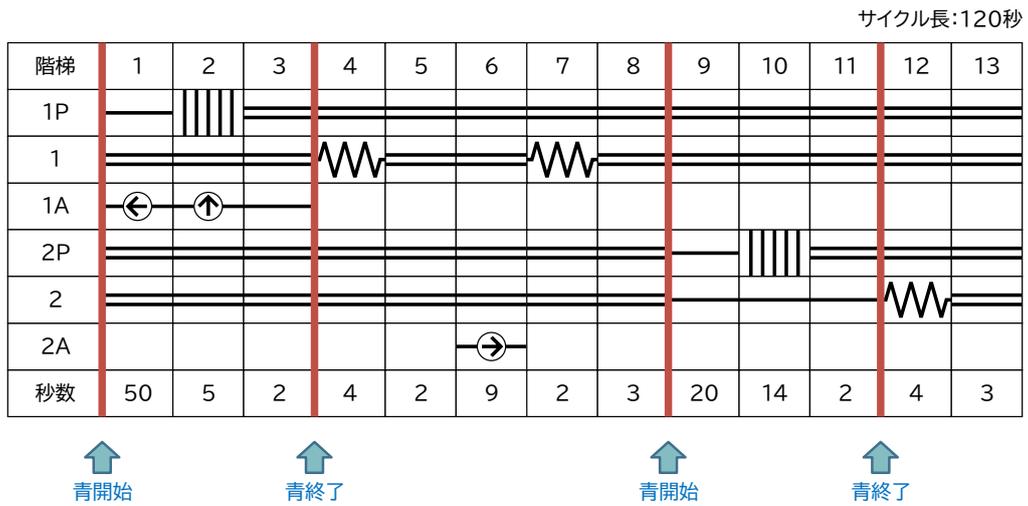


図 4.9 現示階梯図と灯色切り替わりタイミング

2.1.3. 検証結果（管制方式）

(1) 灯色表示ずれの計測結果（管制方式）

管制方式において、新仕様の交通信号制御機と中央装置を用いて信号予定情報の提供を行った場合の模擬車載器に表示される各灯色の切り替わりタイミングと、実際に交通信号制御機に接続された信号灯器に表示される灯色の切り替わりタイミングのずれを測定した。表 4.2 に模擬車載機の灯色と灯器の灯色の切り替わりタイミングのずれの集計結果を、図 4.10 に灯色のずれの分布を示す。

表 4.2 模擬車載機の灯色と灯器の灯色の切り替わりタイミングのずれ（管制方式）

	計測回数	最大値	最小値	平均値	標準偏差
青開始	57	267	100	176	35
青終了	57	233	0	163	54
合計	114	267	0	170	46

単位：ミリ秒

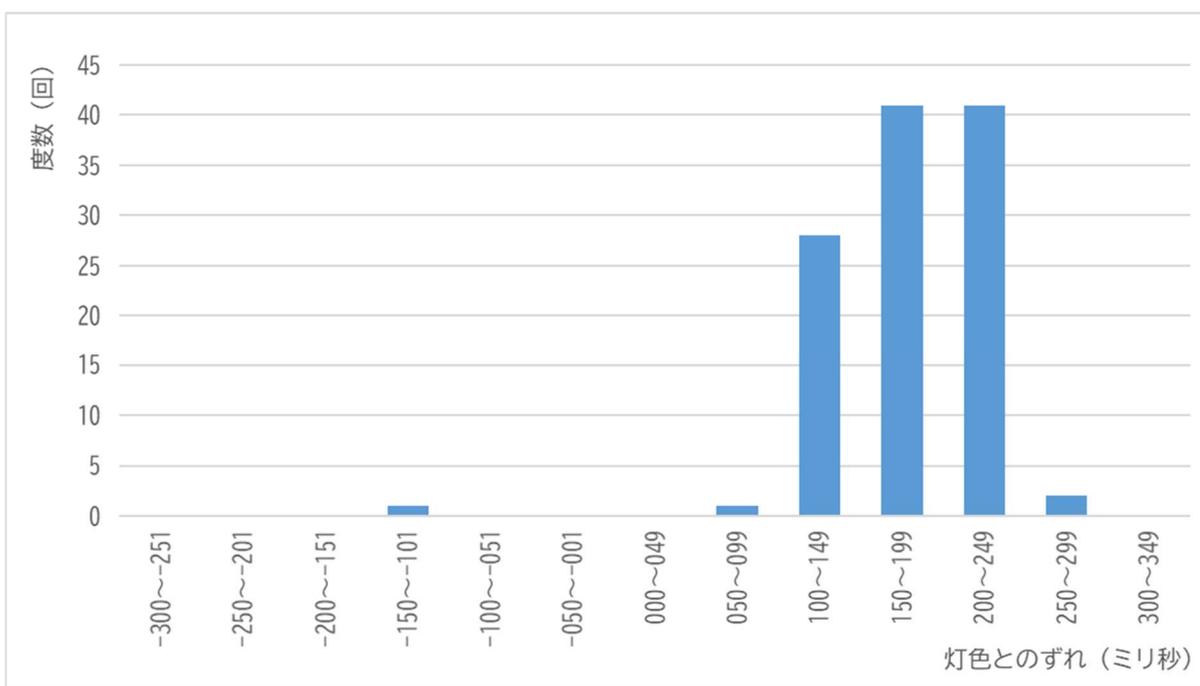


図 4.10 灯色のずれの分布（管制方式）

管制方式では最大値と最小値の幅が、後述する集中方式に比べて若干大きくなった。ただし、灯器とのずれは±300 ミリ秒以内に収まった。

後述する集中方式に比べてずれの幅が大きくなった原因は、測定中に 1 回記録された -117 ミリ秒のずれが原因であるが、このずれが発生した原因は不明であった（オフセット

ト追従や時刻修正の影響はなかった)。

(2) 昨年度の検証との比較 (管制方式)

(a)の検証結果と、昨年度の埼玉県警察モデルシステムでの管制方式の検証結果について比較を行った。表 4.3 に昨年度実験結果との比較結果を示す。

表 4.3 昨年度実験結果との比較 (管制方式)

年度	交通信号制御機の版	計測回数	最大値	最小値	平均値	標準偏差
昨年度	版 4	84	-3,073	-43	-2,066	645
	版 4 (GPS 補正あり)	84	-2,191	-244	-1,366	631
今年度	版 5	114	267	0	170	46

単位：ミリ秒

昨年度 (版 4) に比べ、今年度 (版 5) のずれは大幅に減少し、精度の向上が見られた。また、ずれの幅も縮小している。これは、サイクル開始時刻や各階段の秒数の精度が秒単位からミリ秒単位となり、四捨五入などの丸め処理の影響が少なくなったことが原因の 1 つとして考えられる。

2.1.4. 検証結果（集中方式）

(1) 灯色表示ずれの計測結果（集中方式）

集中方式において、新仕様の交通信号制御機と中央装置を用いて信号予定情報の提供を行った場合の、模擬車載器に表示される各灯色の切り替わりタイミングと、実際に交通信号制御機に接続された信号灯器に表示される灯色の切り替わりタイミングのずれを測定した。表 4.4 に模擬車載機の灯色と灯器の灯色の切り替わりタイミングのずれの集計結果を、図 4.11 に灯色のずれの分布を示す。

表 4.4 交通信号制御機と模擬車載機の灯色の表示ずれ（集中方式）

	計測回数	最大値	最小値	平均値	標準偏差
青開始	118	-133	0	-62	34
青終了	118	-167	0	-79	32
合計	236	-167	0	-71	34

単位：ミリ秒

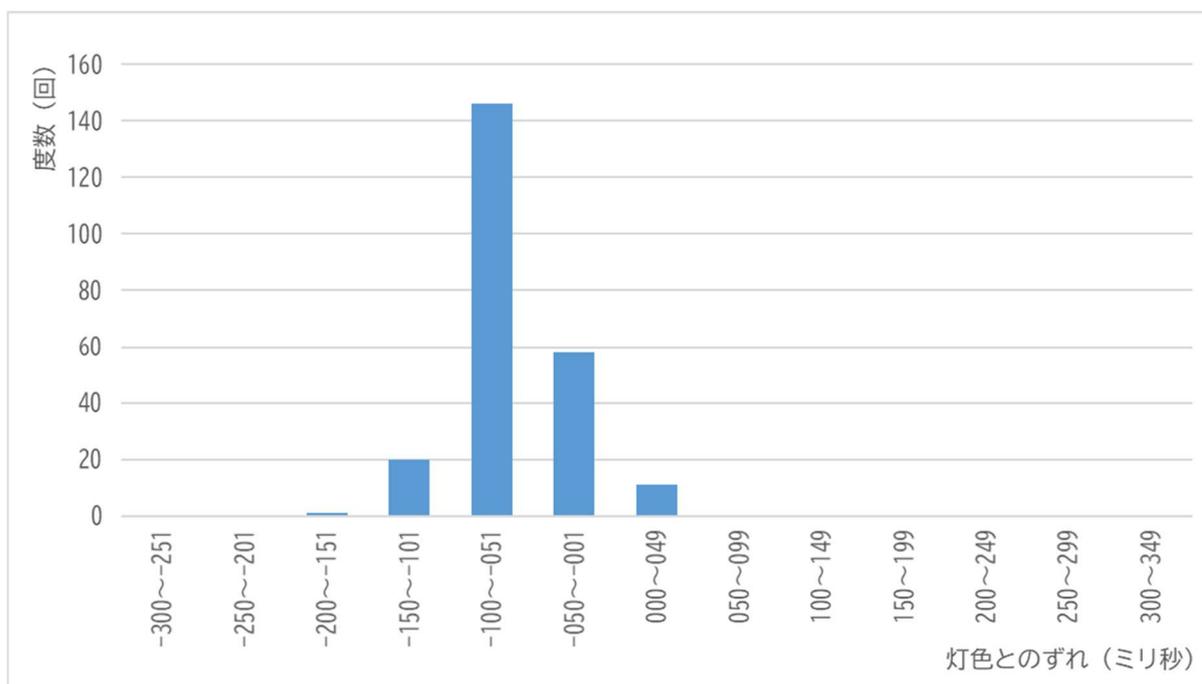


図 4.11 灯色のずれの分布（集中方式）

集中方式でも、管制方式同様、灯色とのずれは±300 ミリ秒以内に収まった。また、若干ではあるが、管制方式よりもずれの幅が少なくなり、青開始、青終了での違いも見られなかった。集中方式で生じた灯色とのずれは、交通信号制御機（GPS同期）と模擬車載機（NTP同期）の時刻差が原因ではないかと考えられる。

(2) 昨年度の検証との比較（集中方式）

(a)の検証結果と、昨年度の埼玉県警察モデルシステムでの集中方式の検証結果について比較を行った。表 4.5 に昨年度実験結果との比較結果を示す。

表 4.5 昨年度実験結果との比較（集中方式）

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

単位：ミリ秒

昨年度（版 4・GPS 補正あり）に比べ、今年度（版 5）のずれは若干減少し（標準偏差が減少し）、精度の向上が少しだけ見られた。集中方式では、インターフェースなどに昨年度との違いはないが、交通信号制御機が版 5 に対応した新制御機になっており、GPS モジュールも製品版となっているため、昨年度に比べ時刻精度が向上していることが、昨年度（版 4・GPS 補正あり）との違いを生じているのではないかと考えられる。また、交通信号制御機のプログラムも、改版にあたり、信号灯色の切り替わりタイミングが内部時計の 100 ミリ秒のカウントと合うように改良していることも影響していると思われる。

2.1.5. 考察

埼玉県警察モデルシステムで実施した信号情報精度検証により、現行の交通信号制御機の信号情報の精度を 1 秒単位から 0.1 秒単位とすることで、信号情報の精度向上が見込まれるとの検討結果が示されていた。実験では、管制方式において、実際に新仕様に対応した交通信号制御機および中央装置を用いることにより、信号情報の精度が向上し、大幅にずれが解消される結果となった。また、信号情報の精度が 0.1 秒単位になることによる影響を受けないと考えていた集中制御においても、時刻精度の向上に起因すると考えられるずれの減少が見られた。

従来の交通信号制御機では、従来のメッセージ規格に準拠するため、中央装置に送信するデータを生成する際に秒未満の丸め処理を実施していた。サイクル開始時刻を秒単位に丸めるだけでなく、感応制御を実施している場合には各階梯の秒数も丸め処理が実施される。次サイクルの開始時刻を求めるためには、前サイクル開始時刻に各階梯の秒数を加えていくので、更に大きな誤差が発生する可能性がある。新仕様ではこの誤差が生じなくなるため、大幅な改善に繋がったと考えられる。

また、新仕様では、メッセージ規格の変更以外にも、GPS の利用などの改良が加えられており、管制方式の採用にあたっては、版 5 が必須であると考えられる。

なお、感応制御にあたっては、新仕様に対応した交通信号制御機と中央装置の組み合わせであっても、通信遅延に起因する誤差が発生する。感応制御では可変階梯の秒数が変動するが、秒数が確定した後に中央装置に送られるのは「次の階梯に歩進した」という内容だけであり、歩進した時刻などは送信されない。そのため、中央装置では正確な歩進した時刻が把握できず、その後の信号予定情報にずれが生じることとなる。(詳細については、昨年度報告書の「図 2-8 管制方式における情報生成のタイミングと流れ」および「表 2-6 各通信に係る処理の概要」を参照のこと)

2.2. 通信回線の遅延の検証

昨年度までの調査研究により、クラウド等を活用した信号情報提供では、交通信号制御機と車両が無線等で直接通信する方式と比べ、信号予定情報生成から車両の受信までに時間がかかることが明らかとなっているが、この時刻差の要因として、通信経路で発生する通信遅延が挙げられる。通信遅延を削減するためには、光回線や携帯電話網など、従来のアナログ回線に比べて高速な回線を採用することが考えられる。信号情報の通信遅延の軽減に関する検討では、集中方式において、交通信号制御機と端末対応装置の接続に用いる回線をアナログ専用線（3.4K）からMVNO回線（LTE）に変更して通信遅延の計測を行い、昨年度の実証実験結果との比較を行う。

2.2.1. 実験概要

信号予定情報の交通信号制御機でのデータ作成時刻と各装置での受信時刻との差を測定する。本年度の実験では、集中方式において交通信号制御機と端末対応装置の通信にMVNO網を利用し、昨年度のアナログ回線（3.4k）を用いた方式との比較を行う。図4.12に本年度の実験と昨年度の実験の違いを、図4.13に遅延時間の測定方法を示す。

なお、実験環境および対象交差点は「2.1. 新仕様に対応した交通信号制御機および中央装置による精度向上の検証」と同じとした。

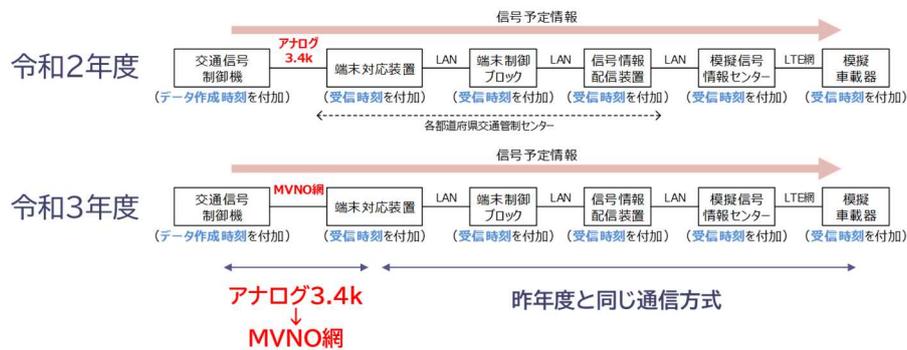


図 4.12 本年度の実験と昨年度の実験の違い

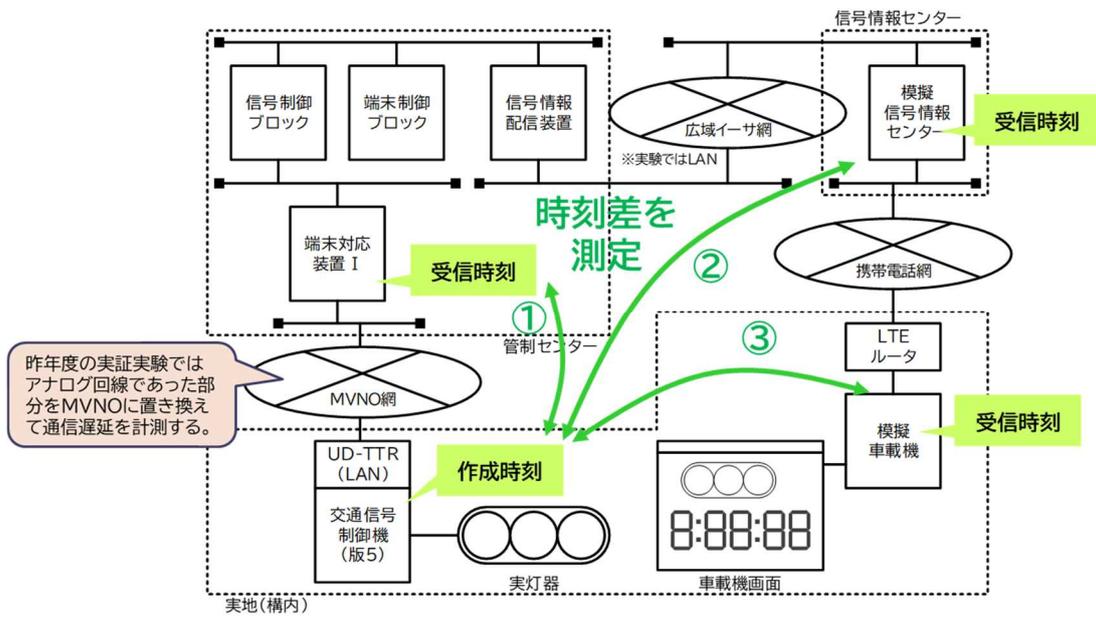


図 4.13 遅延時間の測定方法

2.2.2. 検証結果

交通信号制御機でのデータ作成時刻、端末対応装置、模擬信号情報センターおよび模擬車載機でのデータ受信時刻の時刻差を通信遅延として測定した結果を示す。また、昨年度（埼玉県警察モデルシステム）でのアナログ回線を使った実験結果との比較結果についても示す。

(1) 通信遅延の計測結果（交通信号制御機－端末対応装置間）

交通信号制御機－端末対応装置間の通信遅延の測定結果を表 4.6 に示す。また、遅延時間の分布を図 4.14 に示す。

表 4.6 交通信号制御機－端末対応装置間の通信遅延

	計測回数	最大値	最小値	平均値	標準偏差
交通信号制御機－端末対応装置間	1035	390	90	198	50

単位：ミリ秒

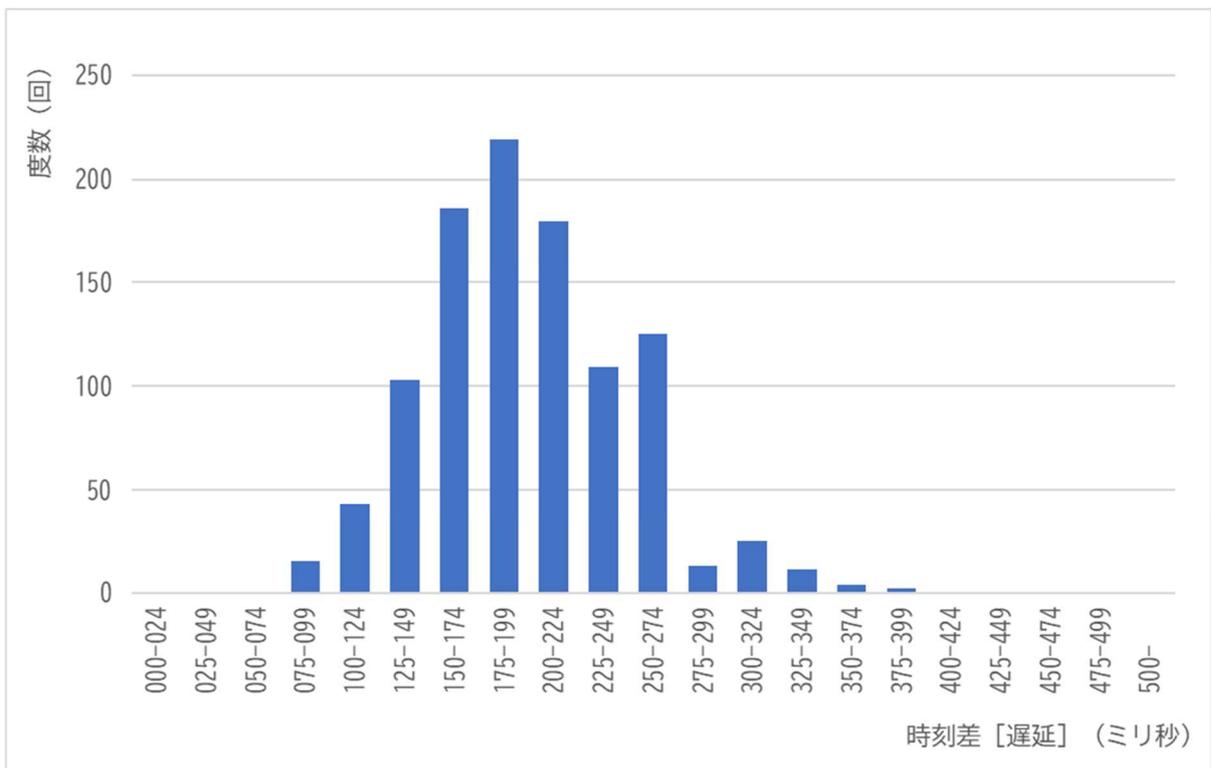


図 4.14 遅延時間の分布（交通信号制御機－端末対応装置間）

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

(2) 通信遅延の計測結果（交通信号制御機－模擬信号情報センター間）

交通信号制御機－模擬信号情報センター間の通信遅延の測定結果を表 4.7 に示す。また、遅延時間の分布を図 4.15 に示す。

表 4.7 交通信号制御機－模擬信号情報センター間の通信遅延

	計測回数	最大値	最小値	平均値	標準偏差
交通信号制御機－信号情報センター間	1035	1430	550	960	148

単位：ミリ秒

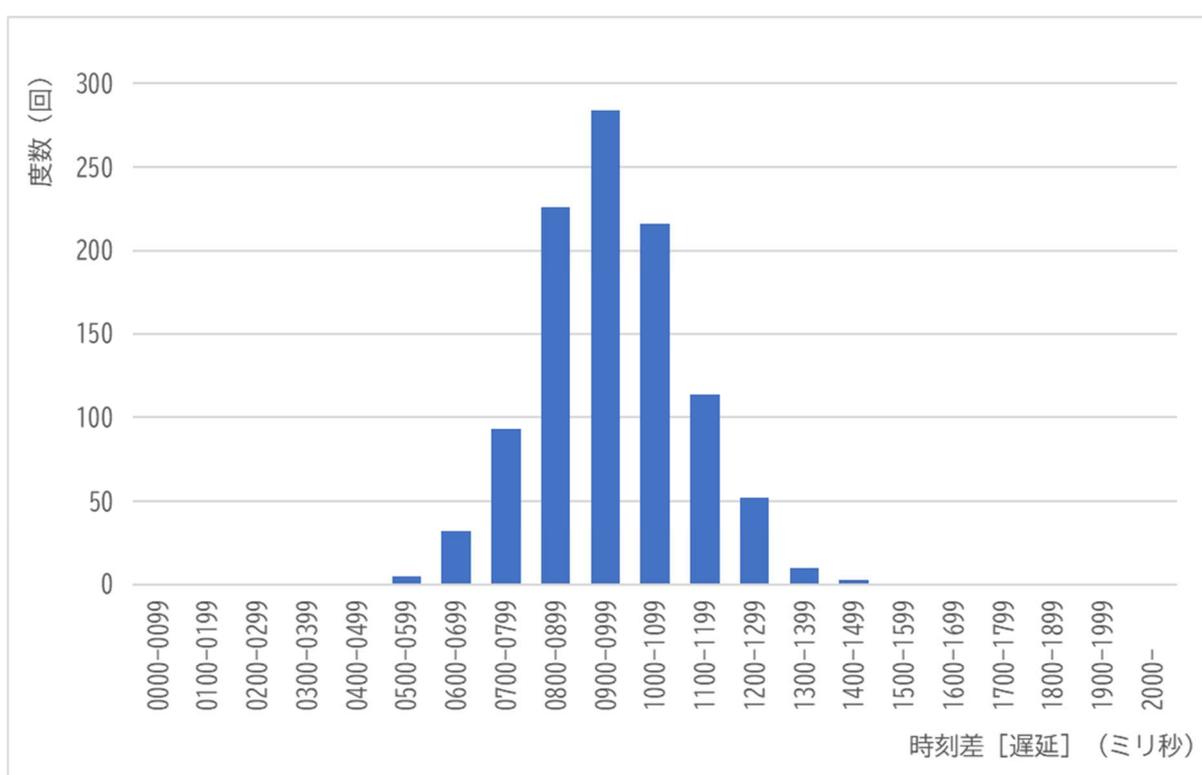


図 4.15 遅延時間の分布（交通信号制御機－模擬信号情報センター間）

交通信号制御機でのデータ生成～信号情報センターでのデータ受信までの時刻の差異は 550～1430 ミリ秒となった。端末対応装置・端末制御ブロック・信号情報配信装置・信号情報センターと複数の装置とその間の通信経路を通過しているため、遅延の増大に加え、標準偏差が大きくなっている（ばらつきが大きくなっている）。

(3) 通信遅延の計測結果（交通信号制御機－模擬車載機間）

交通信号制御機－模擬車載機間の通信遅延の測定結果を表 4.8 に示す。また、遅延時間の分布を図 4.16 に示す。

表 4.8 交通信号制御機－模擬車載機間の通信遅延

	計測回数	最大値	最小値	平均値	標準偏差
交通信号制御機－模擬車載機間	1035	3020	780	1765	522

単位：ミリ秒

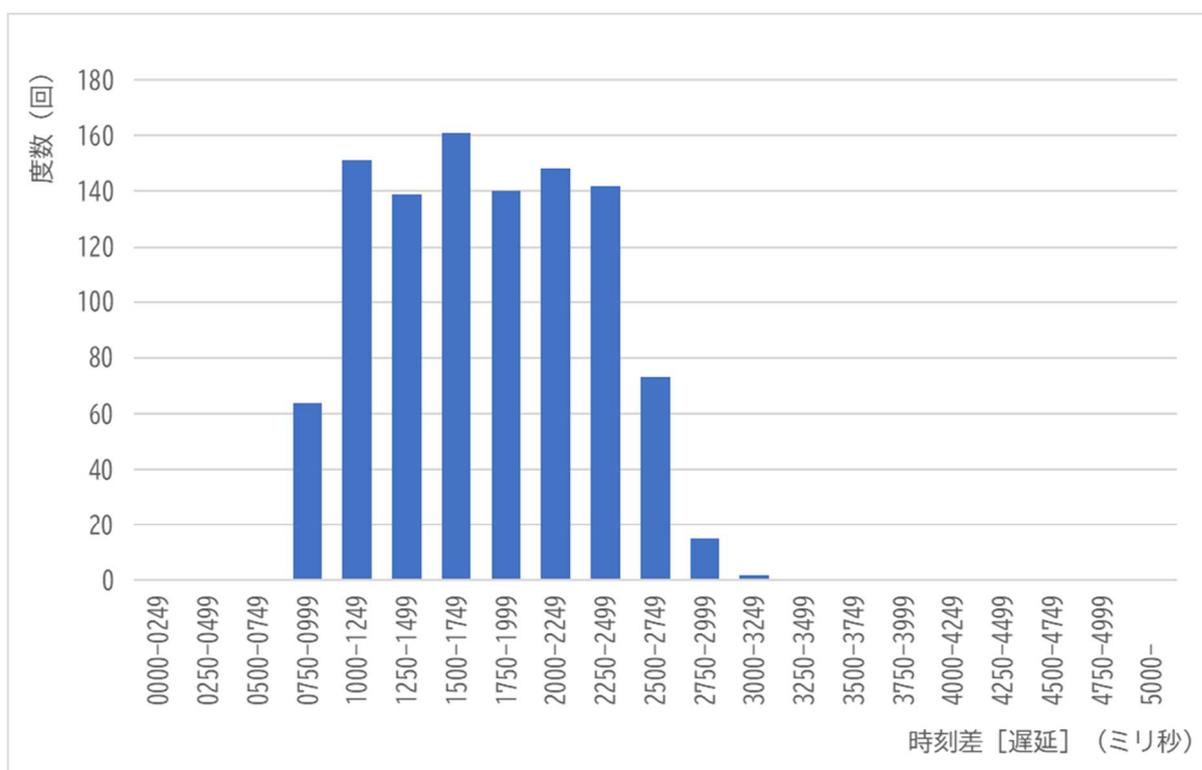


図 4.16 遅延時間の分布（交通信号制御機－模擬車載機間）

交通信号制御機でのデータ生成～模擬車載機でのデータ受信までの時刻の差異（システム全体の遅延）は 780～3020 ミリ秒となった。MVNO 区間と異なり、分布は正規分布的な形にはならず、1000～2500 ミリ秒区間で均一的なばらつきが見られた。分布の幅は MVNO 区間（300 ミリ秒）・制御機－センター間（880 ミリ秒）に比べ、2240 ミリと大きくなった。

なお、模擬信号情報センターと模擬車載機間の通信には MQTT を用いているが、MQTT には Keep alive timer 値という設定があり、通信をしない時間がこの設定値を超えて続くと、接続を切断する機能があるが、本調査研究では、Keep alive timer 対策として、定期的なコマンドを送信するなどの対策はとっていない。また、IP 通信では、しばらく通信の無

かった通信を再開する場合に、初回の通信時に時間がかかること（初回の PING コマンドが失敗する等）もある。模擬信号情報センターと模擬車載機間の通信では、これらの制限の影響を受けている可能性もあるので、社会実装時には対策を検討する必要がある。

(4) 昨年度との比較

昨年度の埼玉県警察モデルシステムの検証において遅延時間の計測を実施している交通信号制御機－模擬信号情報センター間の測定結果と、本年度の同区間の遅延時間の測定結果の比較を表 4.9 に示す。

表 4.9 昨年度実験結果との比較（交通信号制御機－信号情報センター間）

年度	交通信号制御機の版	通信回線	計測回数	最大値	最小値	平均値	標準偏差
昨年度	版 4(G P S 補正あり)	アナログ	105	4720	1350	2307	855
今年度	版 5	MVNO	1035	1430	550	960	148

単位：ミリ秒

昨年度（アナログ回線）に比べ、今年度（MVNO 回線）の遅延は大幅に減少した。昨年度に比べ、信号情報配信装置～信号情報センター間の回線についても広域イーサネット回線（光）から LAN に変更になっているが、この部分の改善は 100～200 ミリ秒程度と考えられる。端末対応装置がⅡ→Ⅰになっており、LCU を通過していない影響もあると考えられる。

2.2.3. 考察

クラウド等を活用した信号情報提供方式として検討が行われている管制方式、集中方式、および制御機方式にあっては、信号情報を提供する際に、信号予定情報生成時刻と各灯色の継続時間を提供することで、例え通信遅延があっても、正確な灯色切り替わり時間が把握できる仕組みをとっている。しかし、通信遅延の影響を受けないのは予め表示時間が決められている灯色（階段）だけであり、感應制御などの可変する階段にあっては、階段が歩進したことをなるべく早く中央装置や車載機に通知することが、信号灯色と信号予定情報の誤差を少なくするためには肝要である。

調査研究では、アナログ回線（3.4K）を利用していた端末回線に、MVNO 回線（LTE）を利用して遅延時間の短縮を試みたが、MVNO 回線は高速回線の一種であり、高速回線には他の種類の回線も存在する。（例えば広域イーサネット光回線などは、MVNO 回線よりも高速であると思われる）高速回線の採用には、当然コストがかかるため、その時々にあった回線の選択が必要と考える。

また、通信遅延時間だけに限らず、各機器の処理時間や処理待ち時間など、通知に係る時間は短ければ短いだけよく、使用する機器のスペックや処理間隔、負荷分散についても検討が必要である。

2.3. オフセット追従動作の算出方式の差異調査及び発生する差異の解決策の検討

2020年度施策における信号情報精度の向上に係る課題に挙げられた、交通信号制御機に存在するメーカーの間オフセット追従方式の差異について、差異が存在するかを調査し、存在する場合には、明らかになった相違点について、解決方法を検討する。

2.3.1. アンケートの実施

交通信号制御機のオフセット追従の方式については、仕様書に細かな記述がなく、各インフラメーカーの方式に差異があると考えられている。この差異により、管制方式（管制センターの信号情報配信装置で信号予定情報を生成する方式）では、信号情報配信装置で想定した動作と、実際の交通信号制御機の動作が異なる可能性がある。その場合、信号予定情報に大きな誤差が生じる恐れがある。

そこで、各インフラメーカーに、オフセット追従等の動作についてヒアリング（アンケート）を行い、算出方式に差異がないか調査した。

2.3.2. アンケートの結果

アンケート調査の結果から、オフセット追従方向および追従量の決定・算出方法において、インフラメーカー間で差異が存在することが明らかとなった。

オフセット追従のロジックに関する設問では、追従方向の判定、サイクル単位の追従量の算出、追従量のスプリットへの配分の全ての工程でメーカー間の差異が発生しており、算出結果が一致するメーカーは存在しないという結果となった。

そのため実例によるオフセット追従結果に関する設問においても、設問を作成したメーカー以外に算出結果が「同じ値となる」と回答したメーカーはなく、知財保護の観点から各メーカーの算出秒数まではヒアリングしなかったものの、その算出秒数は全て異なると考えたほうがよい。

上記の結果から、管制方式においては、信号情報配信装置で算出した信号予定情報と、交通信号制御機での制御秒数には差異が発生しており、その差異は信号灯色と模擬車載機の灯色表示の誤差として顕現していると考えられる。

2.3.3. 差異への対応策の検討

(1) 対応策の検討

アンケート調査の結果より、①追従方向の判定方法、②サイクル単位の追従量の算出方法、③追従量のスプリットへの配分方法に差異があることが判明したが、このうち①に関しては、交通信号制御機で決定した追従方向は、「信号制御実行情報2」の「予定サイクル長」を参照することで、中央装置側でも交通信号制御機の判定結果を判断することが可能であると考えられる。そのため、対応策は主に追従秒数の差異に対して実施されればよい。

そこで、②および③の差異により発生が予想される秒数の誤差を発生させないための対応策として、委員会より表4.10に示す2つの策を提案した。

表4.10 委員会で提示した2つの対策案

No.	名称	対策概要
対策1	各メーカー算出ロジック実装方式	信号情報配信装置で交差点毎の交通信号制御機メーカーを管理する。また、信号予定情報生成プログラムに各社のオフセット追従算出ロジックを実装する。信号予定情報を生成する際には、オフセット追従動作を想定する際に、対応するメーカーのオフセット追従算出ロジックを使用して、信号秒数を計算する。
対策2	オフセット追従秒数中央指令方式	これまでの信号制御ブロックでの信号制御指令生成後に、サイクル長・基準時刻・オフセット値を元に、信号制御ブロックでオフセットを加味した指令に変更し、変更した指令を端末に送信する。その際、端末に対してはオフセット追従禁止を指定する。

委員会の審議において、各インフラメーカーに対し、上記の対応策に対策3として『対策を取らない』という選択肢を加え、コメントと他の対応策の提案を依頼したところ、数社より以下の回答を得た。表4.11に各対応策へのインフラメーカーからのコメントを、表4.12に新たに提案された対策案を示す。

表 4.11 各対策案へのインフラメーカーからのコメント

No.	名称	対策へのコメント
対策 1	各メーカー算出ロジック実装方式	<ul style="list-style-type: none"> ・ 信号情報配信装置を納めるメーカーと信号機端末のメーカーが異なる場合、誤差が発生した場合の責任分解点が不明確になるのではないか。中央／端末メーカーともに責任がとれないため、精度の保証や不具合時の対応等に懸念がある。 ・ 各社の知財、ノウハウの扱いについて明確にする必要がある。 ・ 信号情報配信装置の実現にかかるシステム開発費や、運用費、保守費が高コスト化する懸念がある。 ・ 信号予定情報の生成のために、各端末に設定されている監視階梯秒数や最低保証秒数等のパラメータを信号情報配信装置にも入力する必要があり、システム管理上の作業が煩雑化することが懸念される。 ・ 追従方法の改善などの技術開発、各社の自由な信号機の開発を阻害することになるのではないか。 ・ 端末のロジックが改良された場合や、ロジック未実装のメーカーの端末が増える場合には、都度新しいロジックを実装する改修が必要になるなど、中央装置でも構成管理が必要となり、却ってコストが増大する。 ・ 信号機仕様（追従動作方法）変更時は、中央更新タイミング（5年毎）と信号機更新タイミング（随時）のずれが発生する。 ・ 信号予定情報生成における処理遅延の増加等について再評価が必要となる。 ・ 信号情報配信装置の想定とおりに動作するのかの検証が中央／端末メーカーの組み合わせ別に必要となる。検証費用負担の整理などが必要ではないか。 ・ 小規模な交差点数や、単一メーカーの信号機のみ整備される場合等であれば、コストを抑えられる可能性はあるかもしれない。

No.	名称	対策へのコメント
対策 2	オフセット追従秒数 中央指令方式	<ul style="list-style-type: none"> ・ 対応策 1 よりも実現性の高い対策であると思われる。 ・ 信号制御ブロックは従来の信号制御下位装置等の制御も維持する必要があり、改修のハードルが高い。 ・ 信号制御ブロックではなく、端末制御ブロックにおいてこの機能を実装したほうがよい。 ・ 信号制御ブロック（端末制御ブロック）の改修や、要求される処理能力が高くなることによる上位装置更新のコスト増が想定される。 ・ 版 5 以外の信号機の扱いについて整理が必要となる。時刻補正による追従動作など端末側で必要な追従がある。 ・ 信号情報配信装置の想定とおりに動作するのかの検証が中央／端末メーカーの組み合わせ別に必要となる。検証費用負担の整理などが必要ではないか。 ・ 新方式に移行する際、各メーカーの端末での動作検証をすべて終わらせてからでないと、すべての端末を同時に新方式に移行することは難しい。そのため、両方式併用の期間が生じることも想定され、運用開始に際しての難易度が高い。
対策 3	対策実施なし	<ul style="list-style-type: none"> ・ 管制方式の狙いは、ある程度の制約は許容した上で、コスト優先でシステムの普及を目指すものと捉えている。追従中は 100 ミリ秒程度の誤差は発生しうるものとして、既存システムに手を加えないという選択も妥当と考える。 ・ システムに手を加えないまま、誤差の発生をなるべく少なくするには、運用面で追従が発生しない制約を課せばよい。例えば、終日時刻制御でオフセット追従が発生しないようなパターンをあらかじめ組んで指令するようなことが考えられるのではないか。（※本意見は新しい案として提案いただきましたが、対応策 3 への意見として捉えさせていただきました） ・ 交通量に応じた制御を実施するなど、上記のような制約を解消したい場合に、対応策 1 や対応策 2 のような機能を付加機能扱いとして整備すればよい。

表 4.12 インフラメーカーからの追加の対策案

No.	名称	対策概要
対策 4	信号動作状態情報メッセージ規格変更方式	<p>① 信号機から中央装置に送信する信号動作状態情報（階梯変化時に階梯が変化した時刻の情報を追加する。</p> <p>② 追従動作中は最大推定誤差を見込んだ幅付き（最小／最大）の青残秒数を提供する。（感応動作と同様に扱う）</p> <p>③ 信号情報配信装置において、追従動作をする可変階梯の終了を信号動作状態情報で監視し、秒数が確定後、新たな信号予定情報を生成する。</p>
対策 5	共通オフセット追従定義方式	<p>① オフセット追従量の算出やスプリットへの配分について、共通のロジックを定義し、各社の差異による信号誤差が許容誤差の範囲に入るか評価する。</p> <p>② 許容誤差は 100 ミリ秒程度、最大でも 200 ミリ程度にする。</p> <p>③ 誤差が 300 ミリ秒に入らない場合は、自工会とも協議して、ユースケース等を再検討する。</p>

管制方式の利点は他の方式に比べ低コストで導入できることにあったが、対応策 3 を除いた全ての案で、中央装置のプログラム改修や交通信号制御機へのメッセージ追加など、大きなコスト増が見込まれる。また、昨年度までの検討により、管制方式であっても精度向上のためにはGPSなどの時刻補正が必要であり、版 5 の交通信号制御機での実現が前提となっていることから、結果的に、管制方式の利点である低コストという優位性は薄れてきているのではないかと。また、自動運転（LV4）の対応において管制方式は異常監視など制限もあることから、改めて管制方式のユースケースを検討すべきとの意見があった。

(2) 考察

ユースケースの見直しが可能であれば、オフセット追従により発生する誤差は許容できると考えられる。また、これまで対応不可としていた感応動作等についても、誤差が許容できる前提であれば情報提供は可能であると考え。そのため、管制方式の利点を活かした運用とすることを優先させ、機能要件の緩和を行うかどうかを結論づけた上で、オフセット追従方法の差異への対策について検討を行っていく必要がある。

3. 信号情報以外の情報(交通規制情報等)の統合的な配信に関する検討

3.1. 現状調査

標準フォーマットとして 103 種別の交通規制情報が定義されており、103 種別の一つとして、「信号機」も定義され、JARTICのWebサイトにてオープンデータとして提供が行われている。「信号機」のフォーマットを以下に示す。

98.信号機

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

図 4.17 交通規制情報(信号機)フォーマット

3.2. 統合的な配信についての提案

交通規制情報については、本研究開発と同じく SIP 自動運転において、生成する情報の精度向上を目的とした調査研究が進められている。既にオープン化されている交通規制情報については、都道府県警察が管理する全ての交通規制情報の種別を網羅したデータフォーマットを基に、自動運転システムで交通規制情報を活用するために必要な水準を満たすものとして策定したものであり、自動運転への活用という本研究開発と同じ目的を持った情報であることから、信号情報提供に必要な情報と同じ項目(場所を識別するための番号と場所を特定するための位置情報)については、交通規制情報の都道府県別ユニークキーと規制情報に内容を合わせることにする。

3.3. 課題

オープンデータとして提供されている交通規制情報は、各都道府県警察に一任されている。したがって、規制場所のデータについてもDRMのノードと紐づけを行っている県が多いとのことであるが、必ずしもルールとして統一されたものではない。交通規制情報の取組みと連携し、今後全国で統一していくかどうか、また運用方法をどのようにするか等、継続検討が必要であるとする。

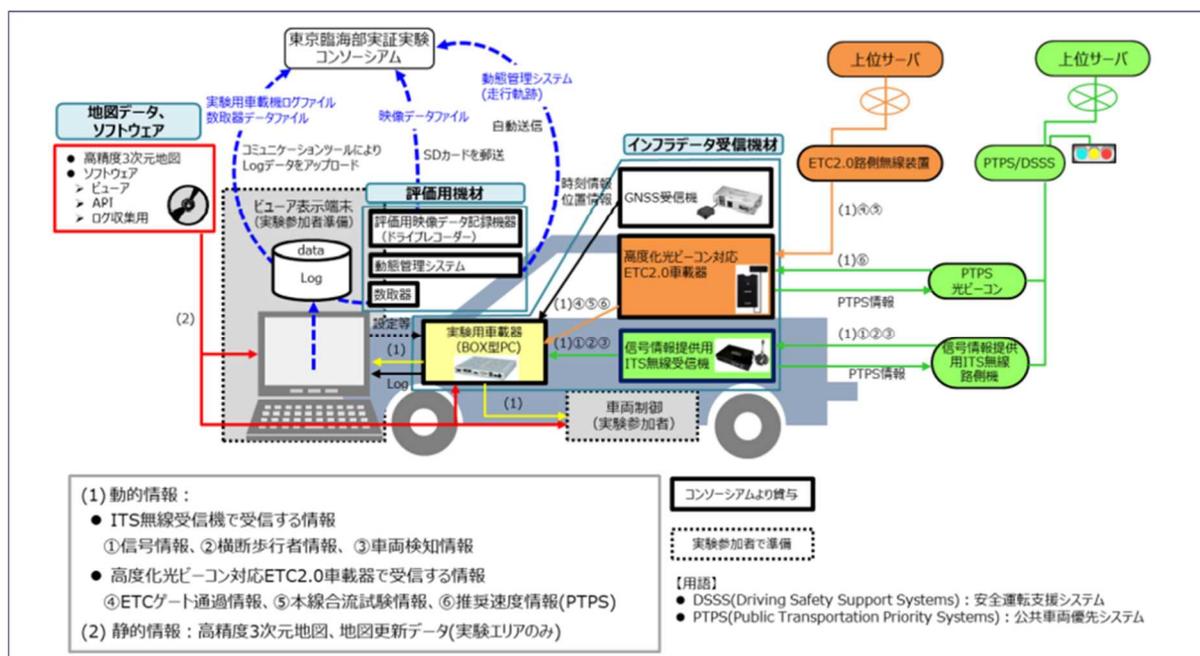
4. 信号情報と高精度三次元地図の連携に関する検討

4.1. 現状調査

SIP 2期自動運転で2019年度から2020年度にかけて実施した東京臨海部実証実験では、「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」の成果を活用し、ダイナミックマップ（高精度3次元地図）と紐づけた信号情報提供を実現している。そのため、その実現方式について調査を行った。

4.1.1. 東京臨海部実証システム構成

東京臨海部実証実験においては、実験の運営主体が実験用の模擬車載機を貸与し、その車載機を実験参加者の車両に搭載（接続）することで実現している。システム構成を下図に示す。

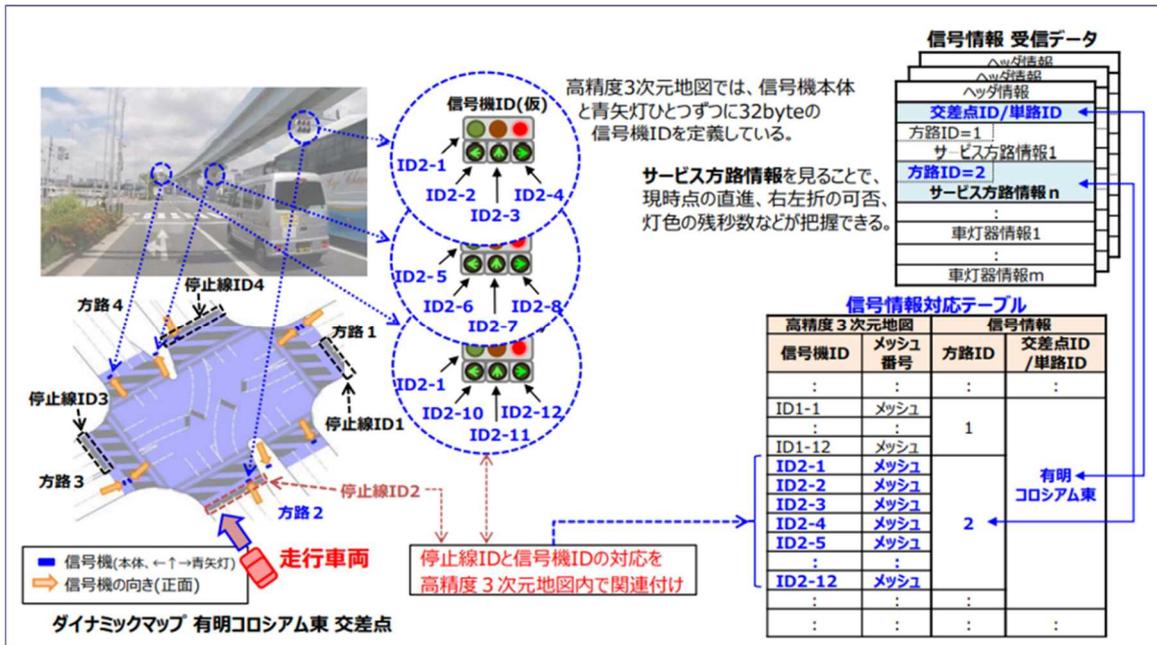


出典：「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期／自動運転（システムとサービスの拡張）／東京臨海部実証実験の実施」2019年度成果報告書

図 4.18 東京臨海部実証システム構成

4.1.2. 高精度3次元地図と信号情報の対応付け

高精度3次元地図上では、信号機が地物としてデータ化されており、信号機本体と灯器ごとに管理（ID付与）されている。そのため、信号情報の交差点IDとサービス方路情報を紐づけるための信号情報対応テーブルを用意することで、配信する信号情報と高精度3次元地図上の信号灯器との紐づけを実現している。東京臨海部実証実験では、信号情報対応テーブルを実験の運営主体が貸与する模擬車載機に実装することで、高精度3次元地図を活用した信号情報の提供を実現している。



出典：「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）／東京臨海部実証実験の実施」2019年度成果報告書

図 4.19 高精度3次元地図と信号情報の対応付け方法

4.2. 連携方式の提案

4.2.1. 信号情報と高精度三次元地図の紐づけに必要な情報

東京臨海部実証実験における実現方式の調査結果から、信号情報と高精度三次元地図の紐づけに必要な情報は以下と考える。

- ・ 交差点情報 `` 交差点 ID と交差点の位置情報
地図上でどの交差点を指すのか特定するための情報であり、位置情報を想定
- ・ 信号灯器情報 `` 灯器 ID と位置情報
- ・ 走行ルート `` 流入と流出の組合せ
地図上の情報としては方路情報を想定する
- ・ 参照灯器情報 `` 走行ルート毎の参照灯器
- ・ 停止線情報 `` 位置情報
地図上の灯器と信号情報の方路を紐づけるために必要な情報

4.2.2. 連携方式

東京臨海部実証実験では、高精度三次元地図と信号情報を紐づけるための対応テーブルを設けることで、高精度三次元地図上の灯器と信号情報の紐づけを実現している。同様に V 2 N を活用した信号情報提供の実現においても、信号情報と高精度三次元地図とを対応付ける情報を持つことで、高精度三次元地図を活用した信号情報提供の実現が可能であると考えられる。

4.2.3. 機能配置

高精度三次元地図と信号情報を紐づけるために必要となる情報について、V 2 N を活用した信号情報提供における機能配置案を提案する。東京臨海部実証実験では、模擬車載機で信号情報対応テーブルを管理していたが、社会実装を見据えた場合、各事業者が管理する情報ではなく、ダイナミックマップと同様に協調領域で管理すべき情報と考える。

表 4.13 機能配置案

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

4.2.4. 交差点管理情報

高精度三次元地図と信号情報との紐づけに必要な情報のうち、各都道府県警察で定義する情報は以下であると考える。

交差点情報： 交差点IDと当該交差点を地図上で特定するための情報

方路情報： 方路IDと当該方路を地図上で特定するための情報

従って、V2Nを活用した信号情報提供においては、交差点情報と方路情報を交差点管理情報として定義し、各都道府県警察でデータを作成し管理を行うこととする。交差点IDと当該交差点を地図上で特定するための情報(位置情報)については、交通規制情報と合わせることにし、交差点IDについては交通規制情報の都道府県別ユニークキーに、中心経度緯度については規制場所に合わせることにする。

表 4.14 交差点管理情報

構成DF/D E	表現形式	備考
DF_提供点管理番号		
DE_都道府県コード	bin(8)	
DE_提供点種別コード	bin(1)	
DE_交差点 ID/単路 ID	bin(47)	
予備 DE_複数差路フラグ	bin(8)	最上位ビット 1 の場合、複数差路であることを示す
予備 DE_交差点名称	bin(16*32)	2 バイト表現文字で 3 2 文字とする
DF_交差点情報		
バージョン情報	bin(8)	交差点管理情報の世代 (1 ~) を表す。道路改良工事等で交差点の位置が変更となったり、方路数に変更となったりする場合に、車両側で認識している静的情報と信号情報との不整合を防ぐための情報。
DF_中心経度緯度		
DE_経度	bin(32)	位置の経度情報。測地系は WGS84 (もしくはそれと同等のもの)。プラスは東経、マイナスは西経を示す。単位は 0.0000001 度。範囲は -180 ~ 180。
DE_緯度	bin(32)	位置の緯度情報。測地系は WGS84 (もしくはそれと同等のもの)。プラスは北緯、マイナスは南緯を示す。単位は 0.0000001 度。範囲は -90 ~ 90。
運用モード	bin(1)	0:テスト 1:運用
DE_方路数 (I)	bin(7)	方路数 (最大 8)
DF_方路角度情報 : 1		
方路別角度情報	bin(8)	真北を 0 度とした絶対方位 (1.5 度単位 : 0 ~ 239) を表す
DF_方路角度情報 : I		

4.3. 課題

- (1) 例えば、道路構造上交差部が分離されている複数差路や、灯器連動制御を行っている交差点等、信号の制御単位と車両から見た場合の交差点が必ずしも一致しない可能性があり、そのようなケースを洗い出し、運用ルールを定義する必要がある。交差点定義情報の複数差路フ

ラグの定義と活用用法についても併せて検討を行っていく必要がある。

- (2) 方路別角度だけでは、方路番号が特定しづらい交差点については、例えば交差点図にて明示的に示す等、信号情報との整合性を担保するための情報が必要となる。

5. まとめ

5.1. 検証結果まとめ

2021年度、2020年度実施した検証結果のまとめを以下に示す。

5.1.1. 管制方式について

昨年度、埼玉県警察本部交通管制センターで評価環境を構築し、現行仕様にて検証を行ったが、認識誤差を±300以内とすることはできなかった。今年度、対策案として、日本信号株式会社は、新仕様（0.1秒化）に対応した交通信号制御機及び中央装置により検証環境を構築し確認を行ったところ、認識誤差を±300ms以内となることを確認した。

また管制方式の実現性を検証するための別アプローチとして、オムロンソーシアルソリューションズ株式会社は、新仕様（0.1秒化）に対応した交通信号制御機の時刻精度、信号制御実行情報2、リコール要求受付情報に関する仕様書の確認、通信インターフェースデータよる性能確認、及びプロトタイプを用いた性能確認により、自社製の信号制御機を対象に認識誤差±300ms以内を実現できることを確認した。

5.1.2. 集中方式について

集中方式においては、昨年度の実験で、交通信号制御機にGPSを実装し時刻精度を向上させることで、認識誤差±300ms以内となることを確認していたが、今年、度交通信号制御機を新仕様とすることで、更に認識誤差を少なくすることができることを確認した。

5.1.3. 制御機方式（路側機生成）

今年度の検証によりオフセット追従中を含めて、認識誤差±300ms以内を満足できることを確認した。定周期信号機の時限表切り替わり時に確定した信号予定情報が作成できない課題は、系統動作の設定を行うことでサイクルの開始からサイクル開始時刻を正確に推定できるようになり、時限表の切り替わりを正しく認識できるようになることから、信号制御機の運用を1交差点であっても系統動作と同様の設定に変更することで解決することを提案する。

5.1.4. 制御機方式（制御機生成）

昨年度の実験で、交通信号制御機にGPSを実装し時刻精度を向上させることで、認識誤差±300ms以内となることを確認した。

5.2. 課題

5.2.1. 管制方式

5.1. 項の結果のとおり、交通信号制御機を版5とすることで信号情報の精度が向上することを確認したが、それだけでは解決できない課題も残る。交通信号制御機の改版では解決できない管制方式における課題と、V2Nを活用した信号情報提供における対応策を以下に示す。

表 4.15 管制方式の課題

項番	項目	対策	結論
1	感応制御において、信号情報が生成できない		管制方式においては対象外であるため、運用をどうするかが課題となる。 →感応制御の交差点については、集中方式とすることを提案する。
2	リコール制御において、信号情報が生成できない	交通信号制御機の版5対応	リコール制御は対象外としていたが、交通信号制御機を新仕様とすることで適用範囲が広がり、回転形については、解決することを確認した。停止形については、感応制御と同様に伝送遅延による認識誤差が発生するため、運用をどうするかが課題となる。 →停止形については、自工会からの要望は満足できないため、集中方式とすることを提案する。
3	オフセット追従時に精度の高い信号情報が生成できない	交通信号制御機の版5対応	対象交差点のオフセット追従方式がわかる場合は、認識誤差±300ms以内とすることが可能だが、オフセット追従方式が中央装置で考えている方式と異なる場合は、理論値で500ms程度の認識誤差が発生する可能性がある。 →自工会からの要望は満足できない。更なる対策を行うか否かについては、総合的に判断した上で結論づけることとする。
4	フェールセーフ（リアルタイムな全灯器の整合性監視）が実現できない。		リアルタイムな全灯器の整合性監視は実現不可。 →自工会からの要望は満足できない。フェールセーフを必須とした場合、現行の警aの方式は満足できず、管制方式は実現不可となってしまうため、整合性監視の実現方式の提案含め引き続き検討を行うこととする。

5.2.2. 共通

各方式共通の課題を以下に示す。

表 4.16 各方式共通の課題

項番	項目	結論 (案)
1	通信遅延 (端末感応制御)	ΔT に加え、通信遅延を考慮する必要がある。対応策として、固定ステップを入れる方法があるが、現場の交通情報に合わせて即時に秒数を変更するという感応制御の利点と相反する運用となることもあり、導入については課題がある。
2	通信遅延 (異常検知)	異常発生から車両へ通知するまでに通信遅延分の遅れが発生するため、異常の内容や発生頻度等の実態調査も行き、対応策について検討する必要がある。

5.3. 警 a 及び各方式の比較

警 a と V 2 Nを活用した信号情報提供における各方式についての比較を以下に示す。

表 4.17 警 a 及び各方式の比較

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

— : 対象外

注1) 交通管制センターで決定した信号秒数で交通信号制御機が動作する状態。

注2) 最大 500ms 程度の認識誤差が発生する可能性がある。

6. 今後の課題

- (1) オフセット追従に各社差異があり、更なる精度向上に向けた対応には、コストがかかることが明らかとなった。管制方式の利点は他の方式に比べ低コストで導入できることにあったが、管制方式は自動運転（LV4）の対応においても異常監視など面で制限があることから、改めて管制方式のユースケースを検討すべきとの意見も得た。そのため、管制方式の利点を活かした運用とすることを優先させ、機能要件の緩和を行うかどうかを結論づけた上で、オフセット追従方法の際に対する策の検討を行っていく必要がある。
- (2) 通信アプリケーション仕様の検討に際して、メッセージの変更案を提示したが今回の研究開発体制には自動車メーカーを含めた形での検証・評価は含まれておらず、全体の合意は取れていない。今後も引き続き研究開発で取り組むなどして、検討を行っていく必要がある。
- (3) 各装置の仕様書案を示したが、研究開発の中で交通管制機器の製造事業者各社の指摘に対して十分な内容とはなっていない。今後も引き続き研究開発で取り組むなどして、検討を行っていく必要がある。
- (4) V2N、V2Iに関わらず、閃光の開始時や終了時、FAST感応時や、右折感応等の即時感応制御時に、実際の灯色と車両側が認識する灯色の不一致や、 ΔT を確保できないタイミングが発生する。提供に際してどこまで解決可能かと、どこまでが車両として許容可能であるかを合わせて整理を行う必要がある。
- (5) V2Nは、多くの通信媒体を用いるが、100%の通信成功はあり得ないため、発生確率は低いが、かならず存在する通信異常について、発生頻度がどの程度かの調査と、通信異常をどのように扱うか検討を行う必要がある。
- (6) V2Nを活用した信号情報提供においては、 ΔT に加えて通信遅延も考慮する必要がある。 ΔT +通信遅延を確保するため、何秒前に信号情報を送信すべきか検討を行う必要がある。また、伝送遅延により送信される情報が車両として許容可能であるかも、同様に検討を行う必要がある。
- (7) 交差点管理情報の作成と管理方法について、整理を行う必要がある。
- (8) 警 a と解釈が異なる点や異常時を含む信号情報の取り扱いについて、ガイドライン等の検討が必要であると考える。
- (9) Lv4相当の自動運転を実施する場合、信号制御方式毎にV2N各方式及びV2Iの適切な棲み分けの整理が必要であると考える。

第5章 管制方式及び制御機方式(路側機生成)に対する検討(テーマ4)

1. 概要

戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第2期/自動運転(システムとサービスの拡張)では、一般道で自動運転(SAEレベル3相当)を実現するための基盤を構築し、社会実装を行うこととなっており、クラウド等を活用した信号情報提供の実現を目的とした研究開発を行っている。

昨年度実施した研究開発において、埼玉県交通管制センターに実装された県警モデルシステムを用い、管制方式、集中方式、及び制御機方式のフィールド評価が実施され、性能、機能、及び実用化に向けた課題が確認された。

本検証では、昨年度に確認された課題の内、管制方式、及び制御機方式を実現する上で重要な課題が解決可能か検証を行う。表5.1に検証の対象とする課題を示す。

表5.1 検証の対象とする課題

方式	項目	課題
管制方式	認識誤差	±300ms以下の目標に対して、1秒を越える認識誤差が生じた。
制御機方式	認識誤差	時限表切り替えにより生じるオフセット追従時に、1秒を超える認識誤差が生じた。

また、昨年度の検証において、通信遅延時間に関する検証結果では、交通管制センター内通信の遅延時間が大きいことが明らかとなっている。また、車載機に信号予定情報が届くまでの遅延時間について、アプリケーション層での転送回数に応じて遅延時間が増大することが懸念される。表5.2に本検証の対象とする通信遅延の課題を整理する。

表5.2 検証の対象とする通信遅延の課題

方式	項目	課題
交通管制センター内通信	通信遅延	昨年度実施された集中方式の遅延時間は、交通信号制御機から信号情報センターまで遅延時間が平均2.3秒、最大4.7秒であった一方、制御機方式の信号情報路側機から信号情報センターを経由し、模擬車載機までの遅延時間が最大でも500ms程度であり、両者に乖離が見られる。 両者の違いは交通管制センター内で信号予定情報が通過する機器の違いであり、各機器の通信遅延時間の特性を理解することが必要である。
センター間通信	通信遅延	車載機に信号予定情報が配信されるまで、信号情報集約システム、信号情報センター、信号情報配信センタ(仮称)で3回アプリケーション層での転送が行われ、通信遅延の増大が懸念される。そのため、アプリケーション層での転送にかかる遅延時間を計測することが必要である。

2. 管制方式の検証

2.1. 概要

管制方式の課題は、通信インターフェースデータの時刻、及び階梯秒数等の時間に関する単位が1秒であるため、最大1秒の誤差が生じることに起因する。本研究テーマと並行して、信号制御機にGPSを付加することで時刻精度を向上し、通信インターフェースデータについても0.1秒単位とする交通信号制御機（以下信号制御機と略す）のデータ高度化開発が信号制御機メーカー各社で行われている。このデータ高度化された信号制御機を用いることで管制方式の課題解決が可能かを検証する。

図 5.1 に管制方式の検証システム概要図を示す。データ高度化された信号制御機を中央装置から制御する環境を構築する。この環境では、中央装置と信号制御機間の通信インターフェースデータは、実際に運用されるものと同等のデータとなる。この通信インターフェースデータをLANアナライザにより収集し、ビデオカメラによりデータ化した真値相当の信号情報と比較検証を行う。この比較検証により、信号制御機から送られる通信インターフェースデータが信号情報配信装置へのインプットデータとして十分な精度があり、信号情報提供のための編集が可能かどうかを検証する。

さらに、信号情報配信装置をプロトタイプとして作成し、オフラインで通信インターフェースデータから編集した信号予定情報と真値相当の信号情報の比較検証を行う。信号情報配信装置仕様案は表 5.3 のとおり仕様の変更を行う。信号予定情報編集における課題は、信号制御機から受信する信号情報は、予定サイクル長に限られ、各方路の青時間は、中央装置から送信される信号制御指令に基づき編集した推定値となるため、現段階ではどの程度の信号予定情報の精度を実現できるか分からないことである。そのため、プロトタイプを作成し、編集された信号予定情報の精度を検証する。

表 5.3 2021 年度信号情報配信装置仕様案における主な変更点

接続先	2020 年度仕様案	2021 年度仕様案	変更理由
信号制御ブロック接続	サイクル長上位指令収集		方式変更
	信号制御上位指令収集		方式変更
端末制御ブロック接続		信号制御指令 2 収集	方式変更
	信号制御実行情報収集	信号制御実行情報 2 収集	0.1 秒化対応
	信号制御動作状態情報収集	信号制御動作状態情報 2 収集	0.1 秒化対応
		リコール要求受付情報収集	0.1 秒化対応

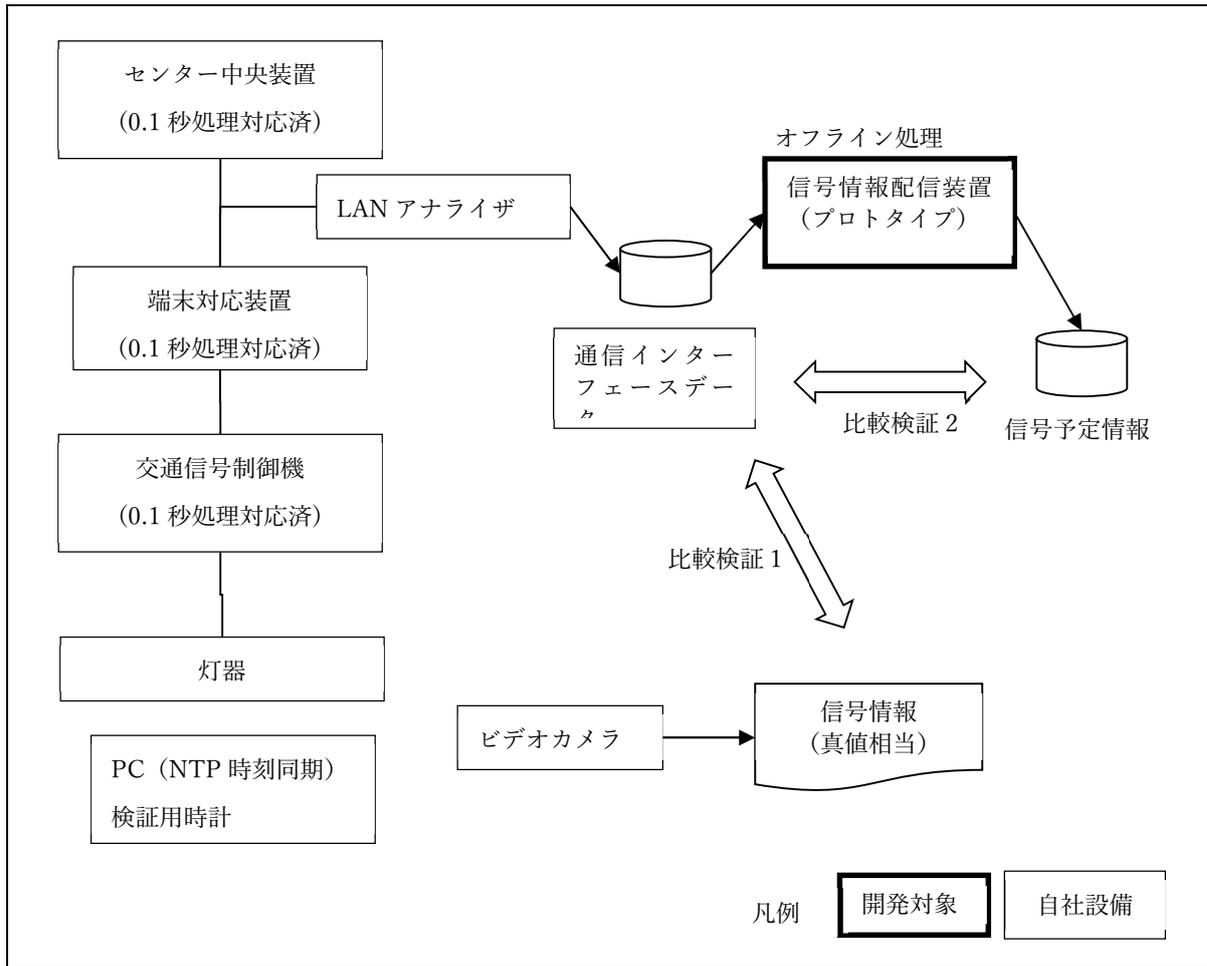


図 5.1 管制方式の検証システム概要図

2.2. 検証内容

検証システムを用いた管制方式の検証項目を表 5.4 に示す。データ高度化された信号制御機を用いた検証の他、多種多様な信号制御機を対象とした検証を行うため、現在運用されている交通管制システムから収集したデータを用いた検証を行う。

表 5.4 管制方式の検証内容

検証項目	検証内容
信号制御機時刻精度検証	<p>データ高度化された信号制御機の時計精度が信号制御機の仕様に合致することを検証する。時刻誤差は、信号予定情報の誤差に直接影響するため本検証を実施する。</p> <p>GPSによる時刻同期の時刻精度、GPSによる時刻同期ができない場合の時刻精度検証を行う。</p>
信号制御実行情報2精度検証	<p>データ高度化された信号制御機の信号制御実行情報2のサイクル開始時刻、ステップ秒数等の精度が信号制御機の仕様に合致することを検証する。信号制御実行情報2の誤差は、信号予定情報の誤差に直接影響するため本検証を実施する。</p>
リコール要求受付情報精度検証	<p>データ高度化された信号制御機のリコール要求受付情報の精度を検証する。リコール要求受付情報の精度は、リコール動作交差点の信号情報提供の実現性に影響するため、本検証を実施する。</p> <p>リコール要求受付情報の歩進予定時刻を元に、受付ステップを正しく判定できることの検証、及びリコール要求受付情報の遅延時間を調査する。</p>
ステップ予測情報検証	<p>データ高度化された信号制御機を対象に、信号予定情報作成の元情報となるステップ予測実行情報を信号制御実行情報2、信号制御指令から信号情報配信装置（プロトタイプ）により生成し、サイクル開始時刻、及びステップ秒数の誤差を検証する。</p>
信号情報検証 (リコール動作時)	<p>リコール動作を行う信号制御機の信号予定情報が提供できることを机上で検証する。ΔT^{注1}を確保できるタイミングで信号予定情報が作成できること、リコール要求受付情報の受信タイミングに応じて作成する信号予定情報を具体化し、実現性を検証する。</p>
異常時動作の検証	<p>信号情報配信装置で、異常を検知し、信号予定情報を無効とすることが可能かどうかを確認するため、異常を発生させ、異常時の通信インターフェースデータを確認する。</p>
運用状態の通信インターフェース検証	<p>現在運用されているシステムの多種多様な信号制御機を対象として信号制御機・中央装置間の通信インターフェースデータ、及び管制システムに蓄積されている信号制御実行情報を収集し、検証を行う。</p>

注⁽¹⁾： ΔT は、信号が青から黄に切り替わる際、車両が急ブレーキを回避し安全に停止する為に必要な予備減速を行う時間

2.3. 検証結果

2.3.1. 時刻精度検証結果

時刻誤差計測時の構成を図 5.2 に示す。NTP 時刻同期したノート PC を準備し、画面には現在時刻を 10ms 単位で表示する。信号制御機の表示部には現在時刻を表示し、ビデオカメラにより撮影を行う。現在時刻の秒の変化タイミングでノート PC の現在時刻と比較を行い、時刻精度を検証する。

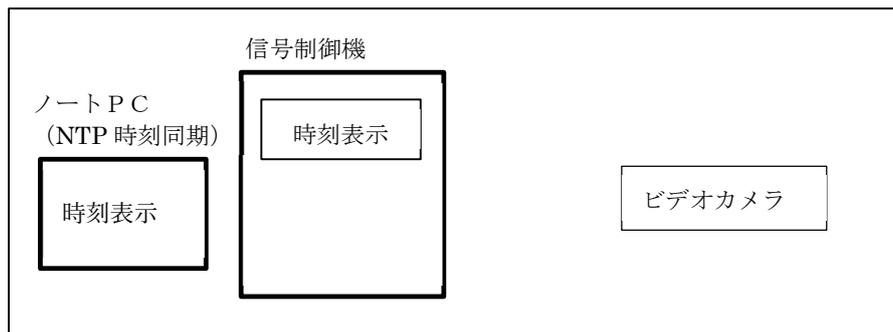


図 5.2 時刻誤差計測時の構成

計測した時刻誤差を表 5.5 の GPS による時刻修正時の信号制御機時刻差に示す。また時刻誤差分布を図 5.3 に示す。仕様の誤差範囲に入っていることを確認した。時刻修正 2 メッセージによる時刻修正では高精度の時刻修正は行えないため、GPS 時刻同期異常となった場合は、信号情報提供を行わないようにするのが妥当と考える。

表 5.5 時刻精度検証結果

時刻修正条件	信号制御機時刻 誤差	通信インターフェース確認	
		時刻修正 2	信号動作状態情報 2
GPS による時刻修正 (誤差 100ms 未満であること)	0~50ms (平均 16ms) (注 1)	○ 時刻修正実施 (注 2)	○ GPS 時刻同期異常なし 時刻修正実施
GPS 衛星捕捉不可後から時刻修正 2 による修正前まで	70ms (参考：計測数は 1)	/	○ GPS 時刻同期異常なし
時刻修正 2 メッセージによる時刻修正	200~400ms (平均 約 250ms) (注 3)	○ 時刻修正実施	○ GPS 時刻同期異常あり 時刻修正実施

注⁽¹⁾ 13 分間、30 回の比較結果

注⁽²⁾ 時刻修正は行っていないが、中央装置が異常を検出しないようにするため時刻修正実施とする。

注⁽³⁾ 検証期間は 5 日。うち GPS 接続は 3 日間。時刻修正のソース変更時の時刻誤差を示す。

2.3.2. 信号制御実行情報2精度検証

ビデオカメラにより、灯色、及び信号制御機の表示部（ステップ番号表示）を撮影し、真値相当の計測を行う。灯器が準備できる場合は、灯色変化時刻を真値として計測する。中央装置から時刻制御で定期的に周期、及びオフセットが変更となるよう信号制御を行ない、LANアナライザで収集した通信インターフェースデータを元に、信号制御実行情報2のデコードを行い、各項目の誤差を計測する。

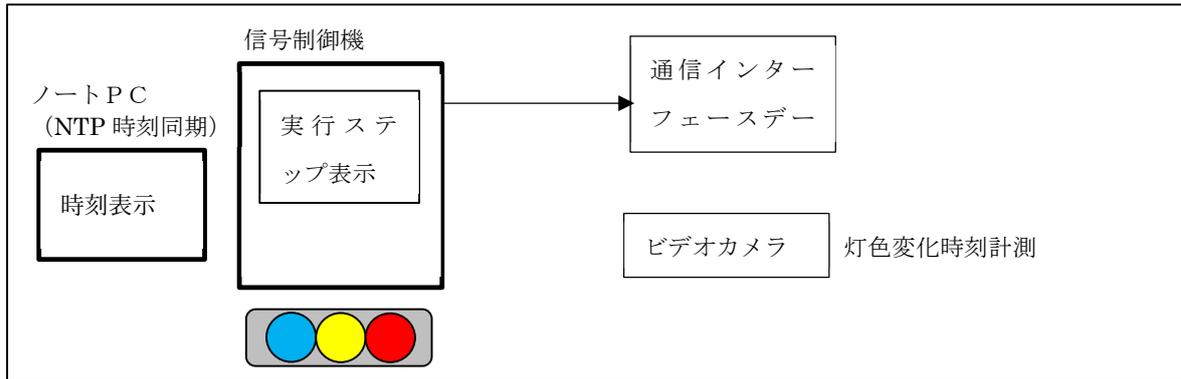


図 5.3 信号制御実行情報2 誤差計測時の構成

表 5.6 に信号制御実行情報2精度検証結果を示す。サイクル開始時刻の誤差は、信号制御機の時計誤差とステップ変化誤差の影響を受け、信号制御機の仕様として 150ms 以内であることが求められる。今回の結果はこの仕様を満たしており問題ない。ステップ秒数の最大誤差も信号制御機の仕様である 50ms 以内を満たしている。

表 5.6 信号制御実行情報2精度検証結果

検証サイクル数	サイクル開始時刻 誤差(ms)		ステップ秒数 誤差(ms)	
	平均	誤差範囲	平均	誤差範囲
25	63.4	0~110	0.5	-50~33

注⁽¹⁾ 試験条件：ステップ数=13、サイクル長=129~146.3秒

2.3.3. リコール要求受付情報精度検証

「2.3.2 信号制御実行情報2精度検証」と同様にビデオカメラにより、信号制御機の表示部（ステップ番号表示、押ボタン入力モニタランプ）を撮影し、真値相当の計測を行う。LANアナライザで通信インターフェースデータを収集し、リコール要求受付情報、信号制御実行情報2のデコードを行い、各項目の差異を確認する。

リコール要求受付情報は、信号情報提供においては、歩進予定時刻を用いて受付ステップを推定できることが重要である。受付ステップの判定機能をプロトタイプに組み込み、正しく判定できるか検証を実施した。リコール受付ステップ検証までのデータの流れを図 5.4 に示す。

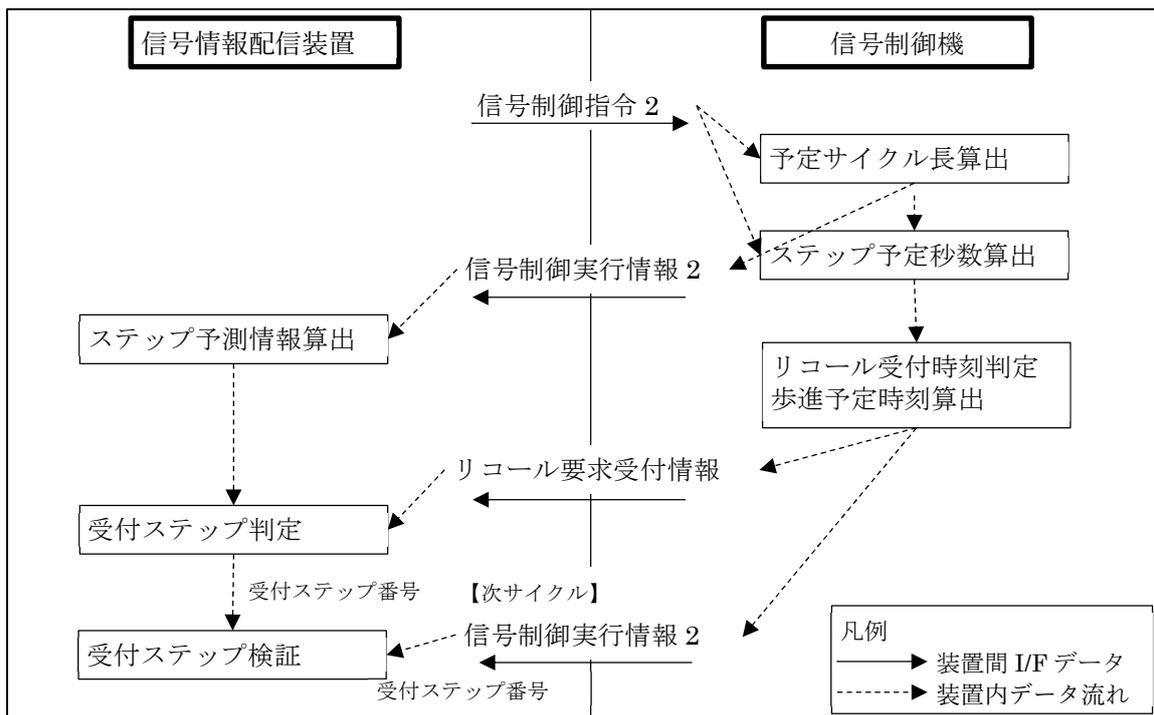


図 5.4 信号情報配信装置におけるリコール受付ステップ検証までのデータの流れ

表 5.7 にリコール要求受付情報精度検証結果を示す。検証にあたっては、押ボタン入力から歩進までのタイミングを変えながら、特に歩進までの時間が少ない場合を重視して実施した。

表 5.7 リコール要求受付情報精度検証結果

条件	検証結果
リコール要求なし	リコール要求受付情報受信なし：OK
当該サイクルでのリコール現示表示	リコール要求受付情報受信：OK 受付時刻確認：OK 歩進予定時刻確認：OK 受付ステップ判定結果：100%（18回全て成功）
次サイクルでのリコール現示表示	リコール要求受付情報受信：OK 受付時刻確認：OK 歩進予定時刻確認：OK 受付ステップ判定結果：100%（13回全て成功）

リコール要求受付情報が端末対応装置に送信されるまでの時間は、信号制御機のリコール受付時刻と端末対応装置（正確にはLANアナライザの受信タイムスタンプ）のリコール要求受付情報の受信時刻から遅延時間を算出する。

表 5.8 にリコール要求受付情報の遅延時間算出結果を示す。リコール受付後、信号制御機は

直ちにリコール要求受付情報を送信している。そのため、リコール要求により確定した信号予定情報は、大きな遅延を生じることなく、車載機に配信できると考える。

表 5.8 リコール要求受付情報の遅延時間算出結果

項目	値
計測数	10
平均遅延(ms)	155
最小遅延(ms)	123
最大遅延(ms)	218
標準偏差(ms)	36

2.3.4. ステップ予測情報検証

「図 5.1 管制方式の検証システム概要図」で中央装置から時刻制御で定期的に周期、及びオフセットが変更となるよう信号制御を行ない、収集した通信インターフェースデータを元に、信号情報配信装置（プロトタイプ）によりステップ予測情報を生成する。

本検証では、ビデオ撮影は行わず、通信インターフェースデータとステップ予測情報の比較で検証を行う。検証交差点概要を表 5.9 に示す。

表 5.9 検証交差点概要

交差点	ステップ数	スプリット数	サイクル長(秒)	評価時間帯	備考
交差点 A	13	5	120、130、140	24 時間	G P S 接続は 9:18~18:43
交差点 B	14	6	85、115、140	24 時間	23:00~05:00 は閃光制御 G P S 接続なし
交差点 C	12	5	100、140	24 時間	G P S 接続なし

表 5.10 にオフセット追従なし時のステップ予測情報精度検証結果を示す。オフセット追従がない場合、誤差は生じないことを確認した。これは信号制御指令 2 で指令されるサイクル長、及びステップ秒数で動作するためであり、仕様とおりの動作となっている。

表 5.10 オフセット追従なし時のステップ予測情報精度検証結果

交差点	検証サイクル数	サイクル開始時刻誤差(ms)		ステップ秒数誤差(ms)	
		平均	最大	平均	最大
交差点 A	469	0	0	0	0
交差点 B	352	0	0	0	0
交差点 C	471	0	0	0	0

表 5.11 にオフセット追従時のステップ予測情報精度検証結果を示す。いずれの交差点も、ステップ秒数は 100%正しく予測できている。サイクル開始時刻については、時刻修正の影響を受けるため±100ms の誤差は生じる。交差点 C は、サイクル開始時刻誤差が大きくなっているが、試験環境ではGPSを接続していないためであり問題はない。どの交差点でもステップ秒数は誤差無く予測できている。

表 5.11 オフセット追従時のステップ予測情報精度検証結果

交差点	検証サイクル数	サイクル開始時刻誤差(ms)		ステップ秒数誤差(ms)	
		平均	最大	平均	最大
交差点 A	83	8	100	0	0
交差点 B	206	-9	-100	0	0
交差点 C	471	-9	-600	0	0

2.3.5. 信号情報検証(リコール動作)

リコール動作を行う信号制御機の信号予定情報が提供できることを机上で検証する。リコール制御を実施している交差点では、リコール要求受付情報の受信有無、受信タイミングに応じて、5つの状態がある。表 5.12 にリコール動作交差点の信号予定情報作成に関する5つ状態と動作を示す。このうち、②の状態を受付ステップ終了直前にリコールが受け付けられるケースが、 ΔT 確保にむけて最も厳しい条件となる。図 5.5 にリコール制御時の ΔT 確保に向けたタイミング設計案を示す。

現時点では実装前のため、主に端末対応装置の仕様を考慮した通信時間、及び各インフラメーカーが実現可能と思われる想定値で設計した。車載機までの通信時間は、昨年度報告書と後述する「センター間通信の通信遅延」で得られた結果を元にした設計案として示す。

表 5.12 リコール制御実施交差点の信号予定情報作成に関する5つ状態と動作

No	状態	動作
①	リコール未受付状態でのサイクル開始時	最小残秒数はリコール現示が出力される場合の値、最大残秒数は不明とした信号予定情報を提供する。
②	受付ステップでリコール受付時	ステップ予定秒数に基づき、リコール現示が出力される場合の信号予定情報を提供する。
③	受付ステップ終了時にリコール受付なし	最小残秒数はこの時点でのリコール現示が出力されない場合の値を算出し、最大残秒数は不明信号予定情報を提供する。
④	受付ステップ後のステップでリコール受付時	この時点では、何もしない。
⑤	リコール受付状態でのサイクル開始時	新しいステップ予定秒数に基づき、リコール現示が出力される場合の信号予定情報を提供する。

現示階段表

ステップ \ 灯色	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1				〰〰〰	〰〰〰	〰〰〰	〰〰〰	〰〰〰	〰〰〰	〰〰〰
1 P										
2	〰〰〰	〰〰〰	〰〰〰	〰〰〰	〰〰〰	〰〰〰	〰〰〰	〰〰〰	〰〰〰	〰〰〰
2 P	〰〰〰	〰〰〰	〰〰〰	〰〰〰	〰〰〰	〰〰〰		〰〰〰	〰〰〰	〰〰〰

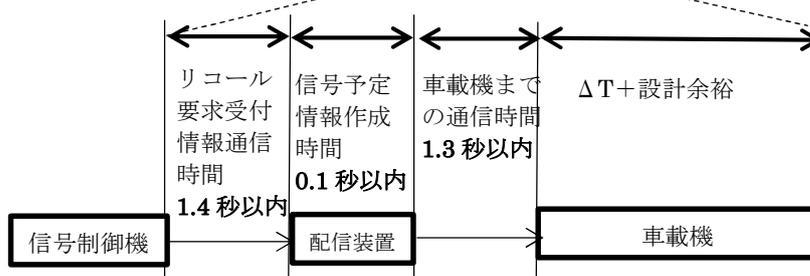


図 5.5 リコール制御時の ΔT 確保に向けたタイミング設計案

2.3.6. 異常時動作の検証

信号情報配信装置で、異常を検知し、信号予定情報を異常とすることが可能かどうかを確認するため、異常を発生させ、異常時の通信インターフェースデータを確認した。表 5.13 に異常の検知方法、及び異常の発生方法を示す。

表 5.13 異常の検知方法、及び発生方法

検証項目	信号動作状態情報 2 による検知方法	異常による信号情報への影響	異常時の処理
通信異常時	未受信により通信異常を検知	次サイクルから影響	次のサイクル開始時、信号予定情報を無効とする。
G P S 時刻同期異常	動作状況 3 情報の G P S 時刻同期異常で検知	一定時間経過後から信号情報が精度低下	次のサイクル開始時、信号予定情報を無効とする。
単独動作	動作状況 2 情報の遠隔動作中オフで検知	次サイクルから影響	次のサイクル開始時、信号予定情報を無効とする。
保安動作	動作状況 1 情報の時計異常、MPU 異常で検知	直ちに信号情報の精度に影響	直ちに、信号予定情報を無効とする。
手動動作	実行階段情報の端末操作中で検知	直ちに信号情報の精度に影響	直ちに、信号予定情報を無効とする。
手動閃光	実行階段情報の端末操作中でかつ現示状態から検知	直ちに信号情報の精度に影響	直ちに、信号予定情報を無効とする。

2.3.7. 運用状態の通信インターフェース調査

2箇所の都道府県交通管制センターの協力の下、交通管制システムにおける運用状態の通信インターフェースについて調査を実施した。表 5.14 に調査用データの概要を示す。

表 5.14 運用状態の通信インターフェース調査用データの概要

No	交通管制センター名	交差点数	期間	回線	収集データ
1	A 県交通管制センター	全交差点	1 日分		中央装置に蓄積された信号制御実行情報
2		98	約 3 時間 30 分 9:55~13:22	広域イーサネット	端末対応装置・信号制御機間の通信データ (UDデータ)
3		20	約 1 時間 15 分 14:54~16:01	アナログ	端末制御ブロック・端末対応装置間の通信データ
4	B 県交通管制センター	全交差点	1 日分		中央装置に蓄積された信号制御実行情報
5		16	約 2 時間 10:57~13:00	アナログ	端末対応装置・信号制御機間の通信データ (UDデータ)

(1) 信号制御機時刻精度調査

サイクル開始時刻による信号制御機の時刻誤差の調査結果を表 5.15 に示す。A 県交通管制センターではデジタル回線、アナログ回線とも 2 秒近い時刻ずれが生じている (信号制御機の時刻が遅れている)。この誤差は回線速度に依存するものではなく、時刻同期の方式、及びシステム構成に起因するものと推測する。

表 5.15 サイクル開始時刻による信号制御機の時刻誤差

交通管制センター名	調査対象	平均誤差 (秒)	最大誤差 (秒)
A 県交通管制センター	広域イーサネット回線 (100Mbps) 5 交差点	1.94	2.33
	アナログ回線 (9600bps) 5 交差点	1.76	2.17
B 県交通管制センター	アナログ回線 (9600bps) 5 交差点	-0.44	-1.07

交通管制センターに蓄積されている信号制御実行情報の青時間、黄時間、赤時間等の精度確認結果を表 5.16 に示す。信号制御機の制御単位が 0.1 秒であることに對し、信号制御実行情報の記録単位は 1 秒であるため誤差が想定されたが、調査した交差点、及びデータ数が少ないものの、信号制御実行情報の誤差は小さいものであった。このことから、現行の信号制御機では、感応制御が行われない場合はオフセット追従中でも 1 秒を単位として制御が行われていると推測される。

表 5.16 青時間、黄時間、赤時間等の精度確認結果

交通管制センター名	調査対象	確認回数	誤差
A 県交通管制センター	広域イーサネット回線(100Mbps) 5 交差点	18	-160ms~+100ms
	アナログ回線(9600bps) 5 交差点	22	-70ms~+50ms
B 県交通管制センター	アナログ回線(9600bps) 5 交差点	49	-40ms~+40ms

(2) 信号制御実行情報のデータ整合性確認

信号予定情報の生成には、信号制御実行情報を用いるため、信号制御実行情報の正確性が重要である。ここではデータ整合性確認として 2 つの比較を行う。第 1 の比較は、ステップ秒数の合計により算出されるサイクル長 1 と次サイクルのサイクル開始時刻との差により算出されるサイクル長 2 の比較であり、第 2 の比較はと予定サイクル長と次サイクルのサイクル長 1 との比較である。

サイクル開始時刻	St1	St2	St3	St4	St5	St6	St7	St8	サイクル長 1	予定サイクル長
13:00:00	32	6	3	3	20	10	3	3	80	81
13:01:19	33	6	3	3	20	10	3	3	81	80
13:02:40	32	6	3	3	20	10	3	3	80	80

サイクル開始時刻の差から、**サイクル長 2** を算出

比較 1

比較 2

図 5.6 信号制御実行情報におけるデータ整合性確認

サイクル長 1、サイクル長 2 の比較結果を表 5.17 に示す。一部の信号制御機では、差異が全くなかったが、全体的には 1 時間に 1 回程度の頻度で不整合が生じている。これは、信号制御機の時刻修正に起因するものと推測する。信号情報配信装置は、信号制御実行情報のサイクル開始時刻とサイクル長 1 を用いて、次サイクルのサイクル開始時刻を予測するが、この不整

合は信号予定情報の誤差に影響を与えると考える。データ高度化信号制御機の信号制御実行情報では、時刻及びステップ秒を0.1秒単位で格納されるため、整合性は向上することが期待される。ただし、0.1秒の誤差は生じる可能性はある。

B県交通管制センターでは、サイクル長1とサイクル長2の差異が60秒を越えるケースが2.6%と大きい。これは、1サイクル分の信号制御実行情報が収集できていないことを示すもので、この場合、信号情報提供ができない。アナログ回線での発生率が高い可能性があり、信号情報提供を行う場合、デジタル回線、もしくは広域イーサネット回線に限定することが必要と考える。

予定サイクル長とサイクル長1の比較結果を表5.18に示す。両者は完全に一致することは、予定サイクル長を用いて信号情報を作成することでサイクル長に関する誤差は生じないことを示す。

表 5.17 サイクル長1、サイクル長2の比較結果

調査交通管制センター名	調査対象データ No	サイクル長1とサイクル長2の差異 (秒)	比率 (%)
A県交通管制センター	1	0	96.6%
		1	3.3%
		2	0.1%
B県交通管制センター	4	0	95.8%
		1	1.5%
		60秒を越える差異	2.6%

表 5.18 予定サイクル長、サイクル長1の比較結果

調査交通管制センター名	調査対象データ No	データ数	予定サイクル長と次サイクルのサイクル長1との差異 (秒)	比率 (%)
A県交通管制センター	2及び3	9,571	0	100%
B県交通管制センター	5	899	0	100%

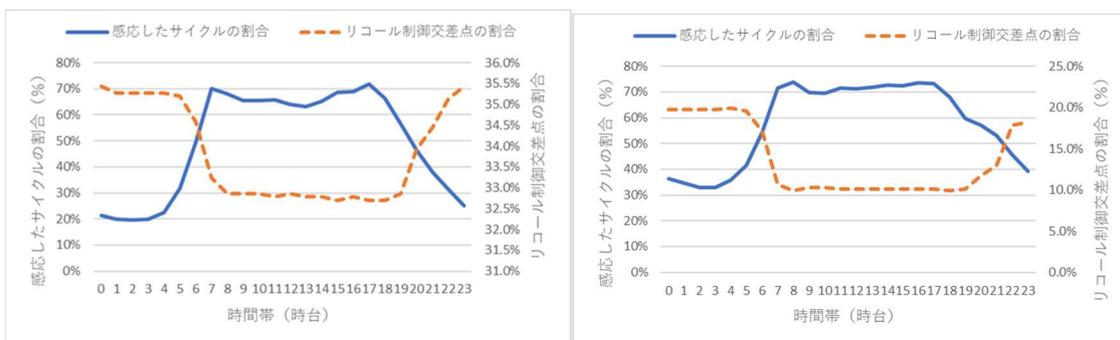
(3) リコール動作交差点の割合、及び感応状況確認

データ1及びデータ4の1日分の信号制御実行情報を用いて、リコール動作交差点の割合、及び感応状況の調査を行った。図5.7に全交差点に対するリコール動作交差点の割合と、リコール動作交差点において感応したサイクルの割合を示す。

検証結果は特定県の結果ではあるが、リコール動作交差点は多いことが分かる。押しボタン交差点の場合、通常の信号制御機に比べて安価な押しボタン信号制御機が整備されているが、データ高度化対応のGPSが付加された信号制御機に更新する必要があり、整備コストの増加

が懸念される。

リコール動作交差点において、昼間は平均で7割近くが歩行者又は車両を感応し、リコール現示が表示されている。



A 県の状況

B 県の状況

図 5.7 リコール動作交差点の割合及び感応状況

(4) 運用中信号制御機でのステップ予測情報作成検証

運用中の管制システムから収集した通信インターフェースデータを用いて、プロトタイプによりステップ予測情報を作成する。「2.3.4 ステップ予測情報検証」ではデータ高度化(0.1秒化)された通信インターフェースをインプットとし、プロトタイプでステップ予測情報を作成するが、ここでは従来の1秒単位通信インターフェースを用いる点が相違点ある。ステップ予測情報の作成方法は、ステップ秒数を小数点第1位で四捨五入等の処理を行う以外、プロトタイプと同様である。より多くの信号制御機で検証を行うことでステップ予測情報作成方法の確からしさが向上する。

表 5.19 にステップ予測情報精度評価結果を示す。一部の交差点を除いてオフセット追従なし、オフセット追従ありともステップ秒数の誤差は生じていない。誤差が生じた交差点は、分周期制御で動作している1交差点、及びオフセット追従量のスプリットへの配分方法が異なる他社製の2交差点であった。信号制御機メーカーのオフセット追従量のスプリット配分方法の公開が行われれば、ステップ予測情報は誤差なく作成できると考える。

サイクル開始時刻の誤差は、信号制御機の時刻修正が±1秒、もしくは±2秒で実施されることから、回避できないものである。この誤差は、データ高度化(0.1秒化)が行われれば、0.1秒まで改善されるものと考ええる。

表 5.19 ステップ予測情報精度検証結果

調査用データ No	交差点数	オフセット追従	検証サイクル数	サイクル開始時刻誤差(ms)		ステップ秒数誤差(ms)	
				平均	範囲	平均	最大
2	97	なし	6895	13	-1000~1000	0	0
		あり	2335	233	-2000~2000	0	0
3	9	なし	221	0	0	0	0
		あり	82	4.9	0~1000	0	0
5	13	なし	569	25	-1000~2000	12	-2000~0
		あり	243	30	-1000~2000	33	-1000~1000

注⁽¹⁾ 対象交差点は感应制御、リコール制御等の特殊交差点を除いている。

3. 制御機方式(路側機生成)の検証

3.1. 概要

制御機方式の課題は、非集中方式の信号制御機において、0.1秒単位でオフセット追従が行われていることが要因と推測する。対策として信号情報路側機において、0.1秒単位でオフセット追従時の信号情報を学習し、次回以降、学習した信号情報を信号予定情報として提供する方法とし、この方策を検証する。

図 5.8 に制御機方式の検証システム概要図を示す。昨年度の県警モデルシステムと同様の環境を構築する。相違点は、信号予定情報を動作ログとして蓄積し、模擬信号情報センターへの送信を行わないことである。本年度の検証は、信号情報の精度向上が主目的であるため、この構成の違いによる検証への影響はない。

交通信号制御機は、昨年度の検証した交差点と同等の信号定数の設定を行い、昨年度の課題となったオフセット追従時の信号情報の精度低下を再現させる。その後、対策を行った信号情報路側機を接続し、信号情報の精度を検証する。

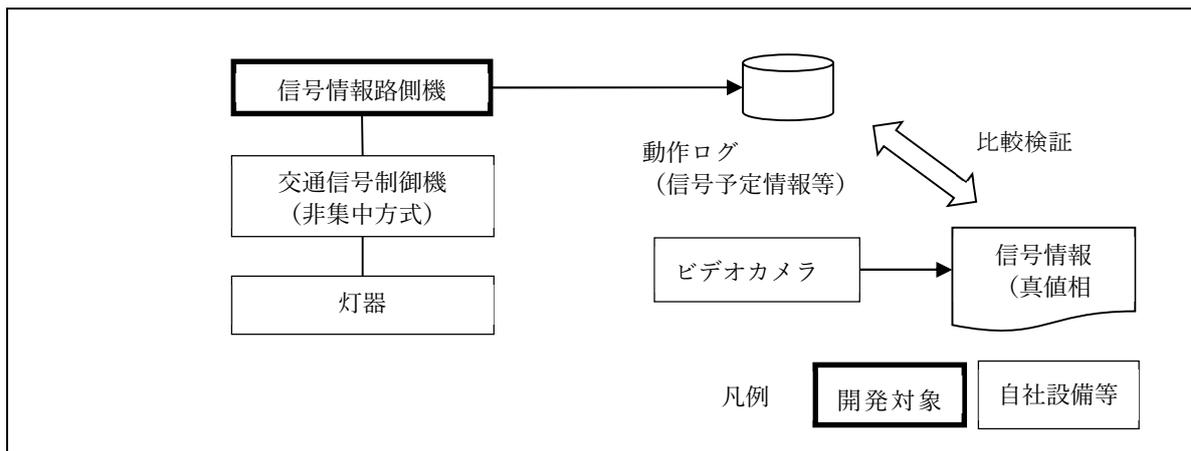


図 5.8 制御機方式の検証システム概要図

3.2. 検証項目

制御機方式の検証項目を表 5.20 に示す。

表 5.20 制御機方式の性能改善に関する検証項目

検証項目	検証内容
オフセット追従時の信号情報精度低下再現	信号情報の精度が向上したことを確認するため、昨年度発生したオフセット追従時の信号情報精度低下が再現することを、ビデオカメラにより計測した信号誤差、及び動作ログで算出した信号誤差により確認する。
オフセット追従時の信号情報精度向上検証	精度向上を行った信号情報路側機を用いて、信号情報精度が向上し、自工会の要望する±300msを満足することを検証する。 満足できないケースがあった場合、発生条件、発生頻度等を調査し、自動運転への影響の検討材料とする。 ・時限表パターン変更に伴うオフセット追従 ・サイクル開始時刻の0.1秒単位のずれに伴うオフセット追従
交通信号制御機の時刻精度が低い場合の信号情報検証	昨年度の実証試験では、現地の信号制御機は電波による時刻同期が行なわれ秒単位の時刻精度は高いものであったが、運用されている信号制御機では、時刻精度の低いものも想定される。時刻精度の低い信号制御機の場合でも、信号情報路側機は十分な精度の信号情報を編集できることを検証する。 ・信号情報路側機と信号制御機の時刻が30秒程度ずれている場合

3.3. 検証結果

3.3.1. オフセット追従時の信号予定情報精度低下再現

現地と同等の信号定数の設定を行い、オフセット追従時の信号予定情報の精度低下再現を試みたが、再現はされなかった。原因は、表 5.21 に示すとおり、制御機メーカーによるオフセット追従方法の違いがあるためであった。

表 5.21 制御機メーカーによるオフセット追従方式の違い

制御機メーカー	時限表のパターン変更時	ステップ秒数の誤差によるオフセットずれへの対応
A社	オフセット追従量をスプリットに応じて0.1秒単位で配分	第1現示において、0.1秒単位で調整
自社	オフセット追従量をスプリットに応じて1秒単位で配分	第1現示において、0.1秒単位で調整

3.3.2. オフセット追従時の信号予定情報精度向上検証

オフセット追従時の信号予定情報を 0.1 秒単位で学習することで、自社以外の制御機に対してもオフセット追従時の信号予定情報の精度を確保できることを確認した。0.1 秒単位での学習は、C Tセンサーの調整により、0.1 秒のずれが生じる状態において検証を行い、機能的に学習が行われていることを検証した。表 5.22 にオフセット追従時の信号予定情報の精度検証結果を示す。

表 5.22 オフセット追従時の信号予定情報の精度検証結果

検証時間帯	オフセット追従	検証サイクル数	主道路、及び従道路の青、黄、赤の残秒数誤差(ms)	
			平均	範囲
11:00～19:10 注 ¹	あり	19	72.1	-20～309

注⁽¹⁾ 1時間毎に時限表のパターンを9回変更

3.3.3. 交通信号制御機の時刻同期が行われていない場合の信号予定情報検証

昨年度の実証において信号制御機は電波による時刻同期が行われていた。本検証では、時刻同期が行われていない信号制御機を用いて検証を行った（オフセット追従時の検証を含む）。信号制御機の時刻は、1 秒程度のずれ、及び 30 秒程度のずれで検証を行った。

ここでは、オフセット追従が行われていない時間帯を対象に、信号予定情報の検証を行った。1 秒程度の時刻ずれでの検証を表 5.23 にオフセット追従がない場合の信号予定情報の精度検証結果を示す。また精度検証結果表は割愛するが、信号制御機の 30 秒程度の時刻ずれに対して、10 時 44 分から 22 時 36 分まで検証を行い、オフセット追従の有無に関わらず、最大誤差は 280ms とほぼ同様の結果であった。

表 5.23 オフセット追従時の信号予定情報の精度検証結果

検証時間帯	オフセット追従	検証サイクル数	主道路、及び従道路の青、黄、赤の残秒数誤差(ms)	
			平均	範囲
09:40～19:12 注 ¹	なし	339	-73.7	-212～299

注⁽¹⁾ 1時間毎に時限表のパターンを9回変更

4. 交通管制システム内の通信遅延調査

4.1. 概要

交通管制システムにおいて端末制御ブロックと信号制御機の間位置する端末対応装置が通信インターフェースデータを変換・中継しており、この装置において通信遅延が生じる可能性があり、この通信遅延の状況を調査する。

図 5.9 に通信遅延時間の計測方法を示す。HUB、ルーター等にLANアナライザを接続し、通信インターフェースデータを収集する。通信インターフェースデータ収集時にLANアナライザが各パケットに付加するタイムスタンプにより、遅延時間を計測する。計測精度は、LANアナライザの時刻に依存するため、可能な限り、NTP等による時刻同期を行う。

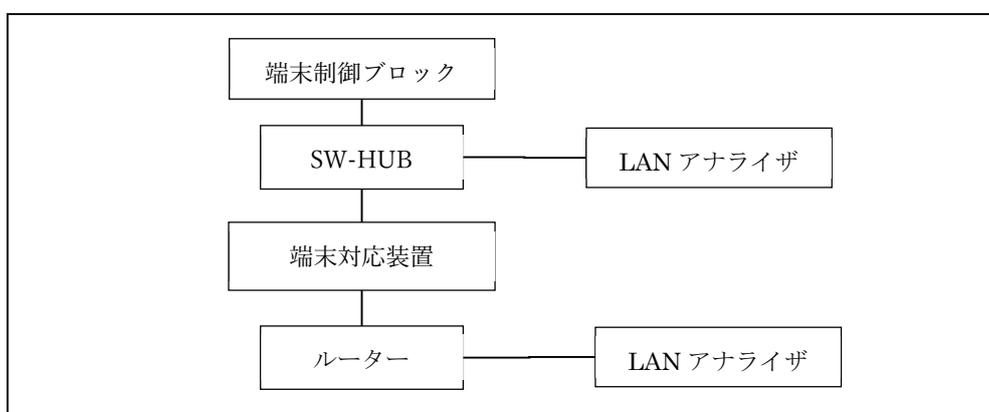


図 5.9 遅延時間の計測方法

4.2. 調査項目

交通管制システム内間通信遅延に関する調査項目を表 5.24 に示す。

表 5.24 交通管制システム内間通信遅延に関する調査項目

調査項目	調査内容
時刻修正メッセージの返送応答時間	端末対応装置から時刻修正メッセージが送られてから信号制御機により時刻修正応答メッセージが返送されるまでの時間を調査する。
時刻修正メッセージのばらつき状況	時刻修正メッセージは2回送られるが1回目と2回目の返送時間の差のばらつき状況を調査する。このばらつきは信号制御機の時刻精度に影響するため調査を行う。
信号制御実行情報の受信タイミング	サイクル開始時刻から信号制御実行情報を受信するまでの時間を調査する。信号制御実行情報を受信後、信号予定情報を生成するため、この受信タイミングは ΔT に影響する。

4.3. 調査結果

2箇所の都道府県交通管制センターの協力の下、交通管制システムにおける通信遅延について調査を実施した。

4.3.1. 広域イーサネット回線概要

A県交通管制センターの広域イーサネット回線に接続された交差点を対象に、LANアナライザで収集した通信データ（UDメッセージ）により調査を実施した。表 5.25 に通信遅延調査に用いたデータの概要を示す。

表 5.25 広域イーサネット回線の通信遅延調査用データの概要

No	交通管制センター名	交差点数	期間	収集データ
1	A県交通管制センター	98	約 3 時間 30 分	端末対応装置・信号制御機間の通信データ

4.3.2. アナログ回線概要

表 5.26 にアナログ回線の通信遅延調査に用いたデータの概要を示す。

表 5.26 アナログ回線の通信遅延調査用データの概要

No	交通管制センター名	交差点数	期間	収集データ
1	A県交通管制センター	20	約 1 時間 10 分	端末制御ブロック・端末対応装置間の通信データ
2	B県交通管制センター	16	約 2 時間	端末対応装置・信号制御機間の通信データ

4.3.3. 広域イーサネット回線調査結果

(1) 時刻修正メッセージの返送応答時間

時刻修正メッセージの通信経路は信号制御機の接続形態により異なり、直接通信する場合と S 9 形インターフェース経由で通信する場合の 2 とおりある。端末対応装置から送信された時刻修正メッセージに対して信号制御機から返送される時刻修正応答メッセージの応答時間の集計結果を表 5.27 に示す。信号制御機が S 9 インターフェースで接続された形態では、返送応答時間が約 200ms 大きくなっている。回線速度による理論的な伝送遅延は 25ms 未満であり、遅延時間は各装置での処理時間が支配的と考えられる。S 9 インターフェースで接続された信号制御機の信号情報提供を行う場合は、この遅延時間を考慮した設計が必要であると考える。

表 5.27 時刻修正メッセージの返送応答時間

信号制御機接続形態	返送応答時間 (ms)	
	平均	範囲
直結	247	197～436
S 9 接続	454	299～703

(2) 時刻修正メッセージのばらつき状況

信号制御機から返送される時刻修正メッセージの返送時刻の 1 回目と 2 回目の差を集計し、表 5.28 のとおりまとめた。返送時刻の差は、通信時間に相当するものでばらつきが少ない程、時刻修正が正確に行われることが期待されるが、一定のばらつきが生じている。

データ高度化された信号制御機では、時刻が 0.1 秒単位となり精度の向上が期待されるが、このばらつきが時刻精度に与える影響は大きいと推測する。

表 5.28 時刻修正メッセージの第 1 回目の返送時刻と 2 回目の返送時刻の差

信号制御機接続形態	返送時刻差(秒)	比率 (%)
直結	0	0.8%
	1	46.0%
	2	53.2%

(3) 信号制御実行情報受信タイミング

信号制御実行情報は、サイクル開始後 5 秒以内に信号制御機から端末対応装置へ送信が行われる仕様である。信号制御実行情報は、端末対応装置、端末制御ブロックを経由して信号情報配信装置に送られる。信号情報配信装置は、信号制御実行情報の受信後、当該サイクルの信号予定情報を編集し送信する。信号予定情報を作成するタイミングを設計するため、端末対応装置において、サイクル開始から信号制御実行情報を受信するまでの経過時間を計測した。

計測結果を表 5.29 に示す。サイクル開始時刻から信号制御実行情報の受信までの経過時間は、インターフェース規格とおりに実装され、概ね 5 秒以下である。ただし、UD 伝送における再送は 5 秒後に行われるため、再送時には 9 秒程度の時間がかかるケースを確認した。また、わずか 1 回ではあるが、信号制御実行情報が中央装置に送られないケースを確認した。これは、UD 伝送はメッセージの再送回数を 1 回としており、到達保証を行っていない仕様に起因するものとする。

表 5.29 サイクル開始時刻から信号制御実行情報の受信までの経過時間算出結果

信号制御機接続形態	経過時間 (秒)	比率 (%)
直結	5 秒以下	99.99%
	6	0.01%
S 9 接続	5 秒以下	98.96%
	8	0.94%
	9	0.10%

注⁽¹⁾ 信号制御機の時刻ずれは考慮されていない。ms 単位は考慮されていない。

注⁽²⁾ 総受信回数 15,750 回、1 回の信号実行情報の未受信が発生している。

4.3.4. アナログ回線調査結果

(1) 時刻修正メッセージの返送応答時間

端末対応装置から送信された時刻修正メッセージに対して信号制御機から返送される時刻修正応答メッセージの応答時間の集計結果を表 5.30 に示す。広域イーサネット回線と比較すると約 740ms 返送応答時間が大きくなっている。アナログ回線の通信速度が 9600bps と遅いことに起因するものと考えられる。

表 5.30 時刻修正メッセージの返送時間

信号制御機接続形態	返送応答時間 (ms)	
	平均	範囲
直結	986	601~1186

(2) 時刻修正メッセージの第 1 回目の返送時刻と 2 回目の返送時刻の差

データ 1 及びデータ 2 を用いて算出した時刻修正メッセージの第 1 回目の返送時刻と 2 回目の返送時刻の差を表 5.31 及び表 5.32 に示す。交通管制センターにより若干の差異があるが、広域イーサネット回線と比較すると返送時間差が長くなっており、通信遅延時間の影響が考えられる。

表 5.31 時刻修正メッセージの第 1 回目の返送時刻と 2 回目の返送時刻の差(データ 1)

信号制御機接続形態	返送時刻差(秒)	比率 (%)
直結	0	2.4%
	1	2.4%
	2	95.2%

表 5.32 時刻修正メッセージの第 1 回目の返送時刻と 2 回目の返送時刻の差(データ 2)

信号制御機接続形態	返送時刻差(秒)	比率 (%)
直結	2	41.2%
	3	58.8%

5. センター間通信の通信遅延

5.1. 概要

図 5.11 に、信号情報配信装置から車載機までの通信経路を示す。車載機まで 3 回、アプリケーション層での転送が行われる。アプリケーション層での転送時の処理遅延が大きい場合、転送回数が全体での通信遅延に大きな影響を与える。ここでは、通信方式に MQTT が採用されることを前提に、アプリケーション層での転送時間を計測する。MQTT は、IoT 機器のメッセージ通信として普及していること、多数の機器を扱えること、及び MQTT Broker における配信の遅延時間が小さいことを昨年度までに検証済みであることからセンター間通信においても有効なプロトコルであると考えられる。

図 5.12 に、各センターにおけるアプリケーション層での転送処理イメージを示す。MQTT Broker は、各センターに必要な機能である最新メッセージの保持、及び更新されたメッセージを Push 型で client に対してリアルタイム通知が可能であるため、各センターに実装し評価する。転送処理の最小限度の処理は、センター B において、信号予定情報の Subscribe による Push 通知を受信し、Broker2 に Publish し、Broker2 で Push 通知されるまでとし、この間の処理時間を転送時間として計測する。同時に発生する信号予定情報により、転送時間は増大するものと仮定し、信号予定情報を同時に近い形で発生させて、同時発生数と遅延時間の関係を確認する。

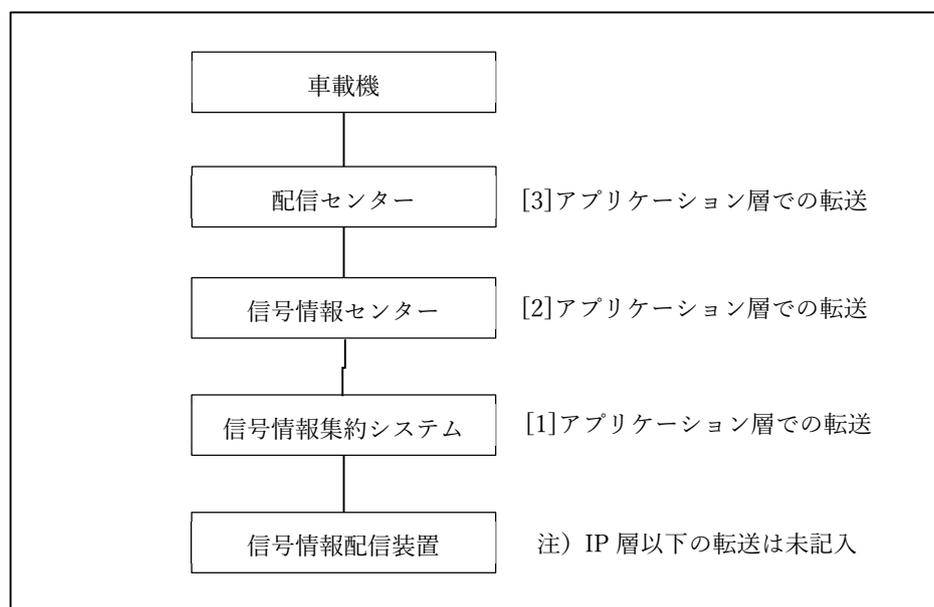


図 5.11 信号情報配信装置から車載機までの通信経路

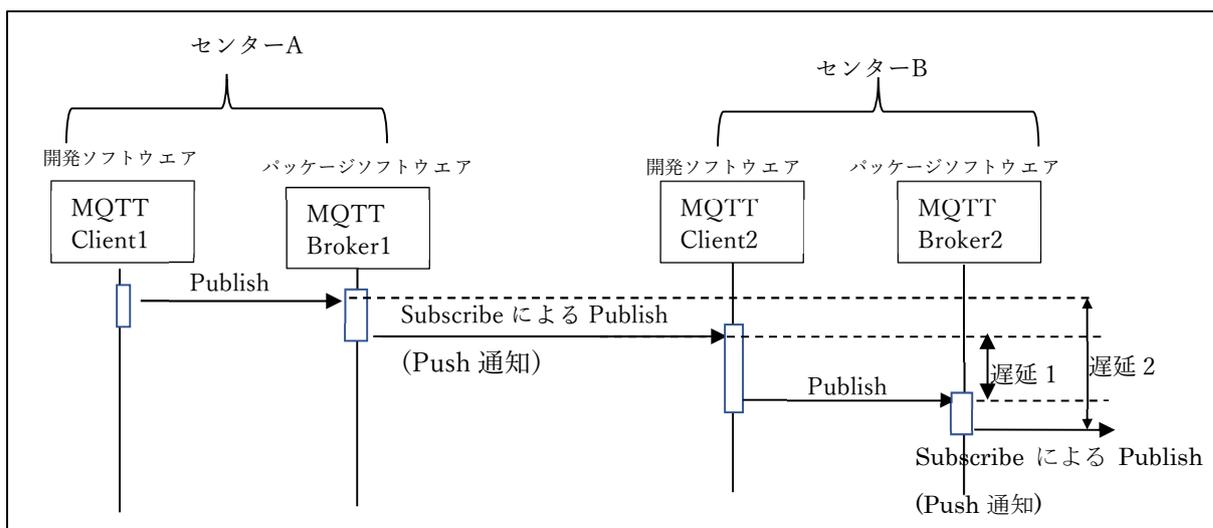


図 5.12 各センターにおけるアプリケーション層での転送処理イメージ

5.2. 調査項目

センター間通信の通信遅延に関する調査項目を表 5.33 に示す。

表 5.33 センター間通信の通信遅延に関する調査項目

調査項目	調査内容
センターにおける転送処理による遅延時間	各センターにおいて信号予定情報を受信してから送信するまでの転送処理にかかる遅延時間を計測する。 信号予定情報として、512 バイト、1024 バイト、2048 バイトの 3 種類、信号予定同時生成数として 1, 2, 4, 8, 16 を条件とする。
センター間の伝送、及びセンター内の転送処理を含めた遅延時間	センターA で信号予定情報を生成、送信してから、センターC で信号予定情報を受信するまでの遅延時間を計測する。 通信回線の速度として、10Mbps、100Mbps、1Gbps を条件とする。

5.3. 評価環境

図 5.13 に遅延時間評価環境を示す。Client1 において作成された信号予定情報の作成時刻と Client3 で受信した際に付加される受信時刻の差により通信遅延時間を計測する。

表 5.34 に信号予定情報のサイズと理論的な伝送時間を示す。信号予定サイズが大きく、伝送速度が 10Mbps でも物理的な装置間では理論的には数 ms で伝送が完了する。

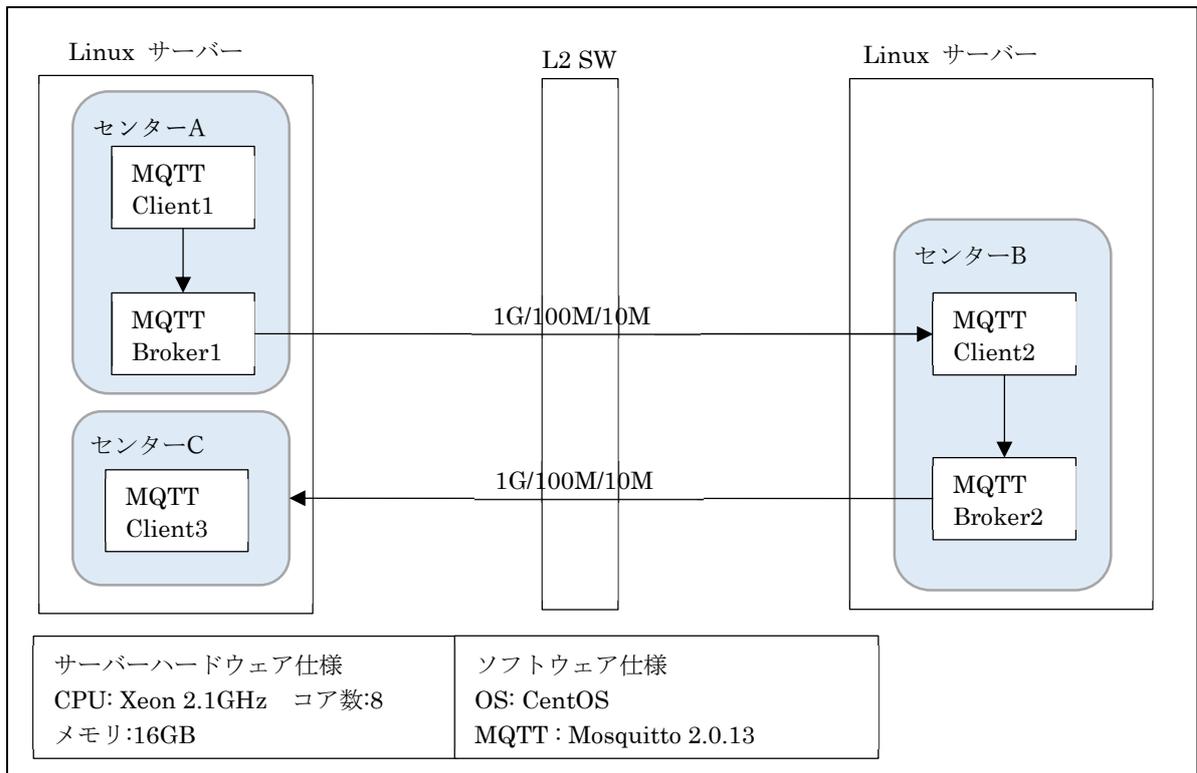


図 5.13 遅延時間評価環境

表 5.34 信号予定情報のサイズと理論的な伝送時間

信号予定情報サイズ	パケットサイズ (TLS あり)	理論上の伝送時間 (ms)		
		10Mbps	100Mbps	1Gbps
512	644	0.515	0.051	0.005
1024	1156	0.925	0.093	0.009
2048	2266 (注1)	1.813	0.181	0.018

注⁽¹⁾ ネットワークの MTU 値により、1514byte と 752byte のパケットに分割される。

5.4. 検証結果

遅延 1 (センター B での転送処理時間) の計測結果は、同時生成数、信号機数のいずれの検証においても、1ms 未満がほとんどであり、最大で 1ms 程度であったことから計測結果を省略する。アプリケーション層での転送処理時間は、信号機数が増える毎に、また信号予定情報サイズが大きくなるにつれて増大すると仮定したが処理時間は小さく、必要な機能を実装したとしても大きな値にならないことが期待される。

信号予定情報の同時生成数に着目し、3 種類の伝送速度に対する遅延 2 (センター A での信号予定情報の生成からセンター C での信号予定情報受信までの時間) の平均遅延時間、及び最大遅延時間を計測した結果を図 5.14 に示す。信号予定情報の同時生成の状況は、同時生成数

16 の場合、MQTT Client1 は約 2ms 内に 16 交差点分の信号予定情報を生成しており、概ね同時と言える。また、対象とする信号予定情報サイズに着目し、3 種類の伝送速度で遅延 2 の平均遅延時間、及び最大遅延時間を計測した結果を図 5.15 に示す。これらグラフの示すとおり一定の条件で遅延時間が大きく増大することが確認できる。図 5.16 に遅延時間度数分布、表 5.35 に遅延時間分布割合を示す。多くのデータの遅延時間は小さいが、一部のデータで遅延時間が増大していることが分かる。

また、信号機数に着目し、3 種類の伝送速度に対して信号機数に対する遅延 2 の計測した結果を図 5.17 に示す。また、信号数を 1000 とし、信号予定情報サイズに着目し、3 種類の伝送速度で遅延 2 の平均遅延時間、及び最大遅延時間を計測した結果を図 5.18 に示す。図 5.19 に交差点数を 4000 とし、回線速度を 10Mbps とした場合の遅延時間度数分布、表 5.36 に遅延時間分布割合を示す。遅延時間 150ms 以下が 99.4%であるが、一部のデータで遅延時間が増大していることが分かる。これらのことから、今後の課題を以下に示す。

- ・満たすべき仕様を明確にし、通信回線を選定することが重要である。
- ・通信遅延は、100%の遅延時間を保証することは難しい。どの程度の割合で、仕様を満たすべきかの議論が必要と考える。
- ・通信回線には、帯域保証型、ベストエフォート型があるが費用が大きく異なる。通信回線一部は競争領域に含まれ、コストが重視されることも想定されるため、両者について考察しておくことが望ましい（本検証は帯域保証型での検証）。

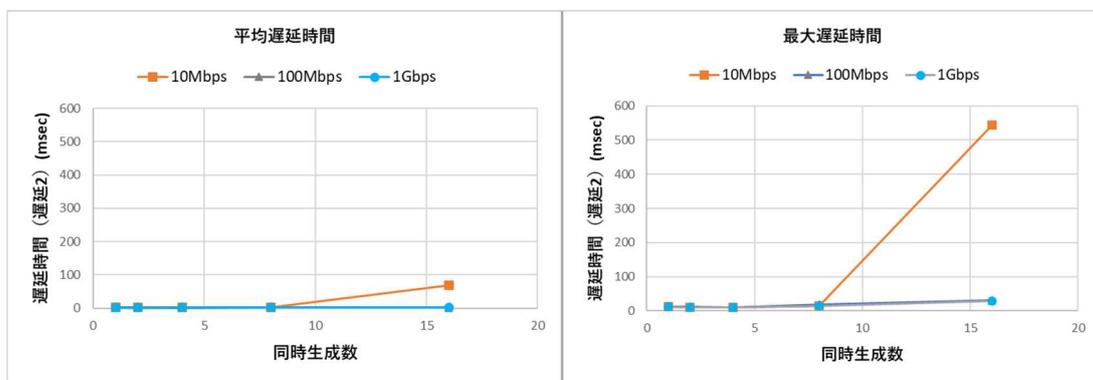


図 5.14 同時生成数と通信回線速度の関係（信号予定情報サイズ 512byte 時）

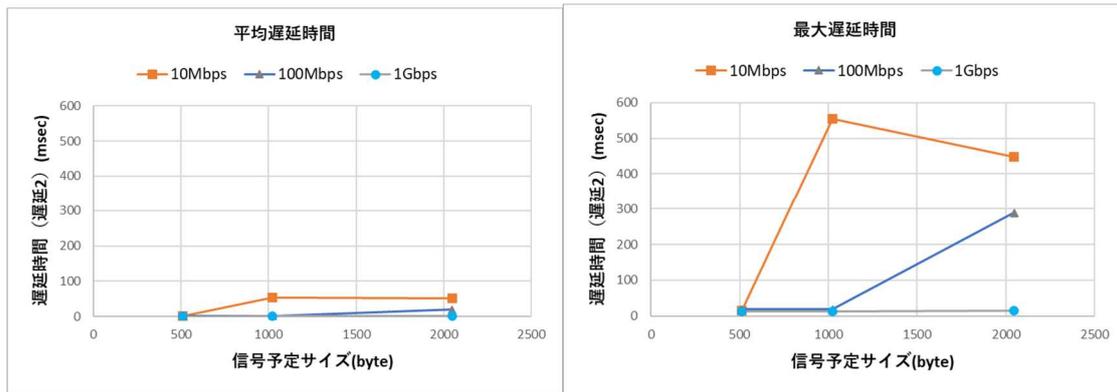


図 5.15 信号予定情報サイズと通信回線速度の関係（同時生成数 8 交差点）

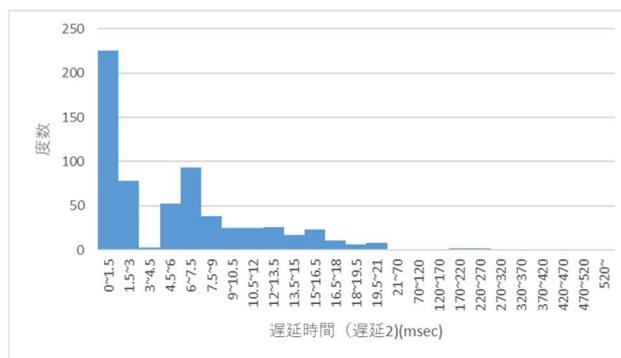


図 5.16 同時生成数 16、回線速度 10Mbps 時の遅延時間度数分布
(21ms 未満は、1.5ms ピッチ、21ms 以上は、50ms ピッチ)

表 5.35 同時生成数 16、回線速度 10Mbps 時の遅延時間分布割合

遅延時間	割合
21ms 以下	78.80%
220ms 以下	89.38%
270ms 以下	97.13%

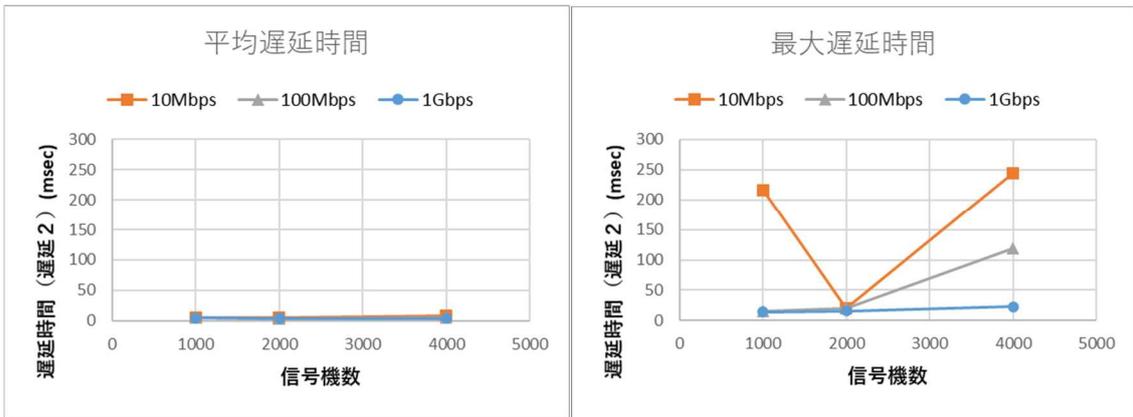


図 5.17 信号機数と通信回線速度の関係 (信号予定情報サイズ 512byte 時)

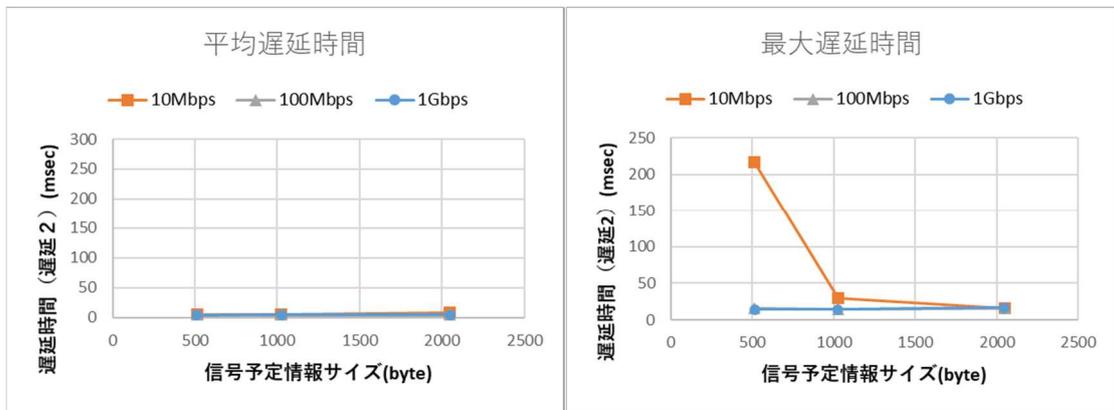


図 5.18 信号予定情報サイズと通信回線速度の関係 (信号機数 1000 交差点)

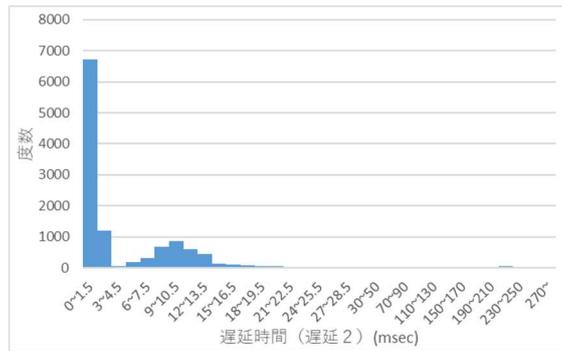


図 5.19 交差点数 4000、回線速度 10Mbps 時の遅延時間分布 (30ms 未満は、1.5ms ピッチ、21ms 以上は、30ms ピッチ)

表 5.36 交差点数 4000、回線速度 10Mbps 時の遅延時間分布割合

遅延時間	割合
30ms 以下	96.80%
50ms 以下	97.10%
150ms 以下	99.40%

6. まとめ

6.1. 検証結果まとめ

表 5.37 から表 5.41 に検証結果のまとめを示す。

表 5.37 管制方式に関する検証結果まとめ (1 / 2)

検証項目	検証結果	課題
信号制御機時刻精度	実機において信号制御機の時刻誤差が仕様とおり、100ms 以内であることを確認した。 また、GPS 時刻同期異常時には、時刻ずれが大きくなり、信号予定情報の精度が低くなることから、信号予定情報を無効とすべきであることが分かった。	都市部では、相対的にGPS 時刻同期異常が発生する可能性が高い。 信号予定情報提供に与える影響を把握することが今後の課題と考える。
信号制御実行情報2精度	実機においてサイクル開始時刻の精度、及び各ステップ秒数の精度が、仕様とおり 150ms 以内であることを確認した。	特になし。
リコール要求受付情報精度	実機においてリコール要求受付情報の歩進予定時刻からリコール要求を受け付けた信号ステップを判断できることを確認した。 リコール要求後、中央装置で受付情報を受信するまでの遅延時間が短いことを確認した。	リコール要求後、中央装置で受付情報を受信するまでの遅延時間については仕様化されていないため、各メーカーの信号制御機についても確認することが望ましい。
信号情報検証 (オフセット追従なし)	オフセット追従がない場合、信号制御指令どおりに動作するため、信号情報配信装置での誤差混入はないことを確認した。	特になし。
信号情報検証 (オフセット追従あり)	オフセット追従がある場合、信号制御実行情報に含まれる予定サイクル長とおりに動作することを確認した。そのため、感応制御がない限り、オフセット追従量を正しく算出できる。 自社信号制御機を対象に、オフセット追従量のスプリットへの配分時に信号誤差は混入しないことを確認した。	各社の信号制御機のオフセット追従量のスプリットへの配分ロジックが公開されることは決まっていない。 オフセット追従量のスプリットへの配分時の信号誤差が許容できるか確認することが望ましい。
信号情報検証 (リコール動作時)	リコール動作に関して信号予定情報を送信する4つの状態を明確にした。また、車載機におけるΔT を確保するための、タイミング設計を行った。	管制方式を実装し、実際のネットワークで信号情報精度とΔT が確保されることを検証することが必要である。

表 5.38 管制方式に関する検証結果まとめ (2 / 2)

検証項目	検証結果	課題
異常時動作の検証	異常時の動作を設計するため、実機において発生可能な異常を発生させデータを収集し、信号予定情報の作成について設計した。	管制方式を実装し、実際のネットワークで異常の検知遅れ等の状況を確認し、自動運転への影響を検討することが必要である。
運用状態の通信インターフェース検証	<p>現在運用されている2つの交通管制センターの通信インターフェースデータを収集し、現状の信号機の時刻同期状況を確認した。また、前サイクルの信号制御実行履歴の予定サイクル長と現サイクルの信号制御実行履歴が一致することを確認した。</p> <p>アナログ回線では、受信データに遅延や抜けが生じる可能性があり、信号予定情報の提供には性能が不足することが分かった。</p>	<p>課題は特になし。</p> <p>データ高度化された信号制御機の検証結果を総合し、信号情報配信装置にインプットする通信インターフェースデータを特定できた。</p>

表 5.39 制御機方式に関する検証結果まとめ

検証項目	検証結果	課題
オフセット追従時の動作	<p>システム動作時、オフセット追従は、信号制御機メーカーにより、0.1秒で行われる場合と1秒で行われる場合があることを確認した。</p> <p>追従時に0.1秒単位でオフセットを学習することで前者の場合でも、方式としては信号予定情報を仕様の誤差内で提供できることを確認した。</p>	0.1秒でオフセット追従が行われるメーカーの信号制御機を用いた動作検証を行うことが望ましい。
交通信号制御機の時刻同期が行われていない場合の信号予定情報検証	交通信号制御機の時刻同期が行われていない場合でも信号予定情報を正しく生成できることを検証した。	工場では検証済みであるが、実フィールドで時限表切り替わり時にも正しく信号情報提供できることを確認することが必要である。

表 5.40 交通管制システム内通信遅延調査結果まとめ

検証項目	検証結果	課題
時刻修正メッセージの返送応答時間	信号制御機の接続形態により返送応答時間が異なる。S9接続の場合、200ms程度大きくなることに注意が必要である。	GPSを用いた時刻修正を行うため、信号情報提供への影響はない。
時刻修正メッセージのばらつき状況	時刻修正メッセージの第1回目の返送時刻と2回目の返送時刻の差のばらつきは大きい。GPSによる時刻同期が行えない場合は、時刻精度は低下するため、信号情報提供できない。	GPSによる時刻修正ができない場合の対策検討が必要。
信号制御実行情報受信タイミング	通常では仕様とおり、5秒以内に受信可能である。ただし、まれではあるが、S9接続でUD通信の再送が発生し、さらに5秒程度の時間を要するケースがあった。	信号情報提供を行う交差点ではS9接続は推奨しないことの検討。

表 5.41 センター間通信に関する検証結果まとめ

検証項目	検証結果	課題
アプリケーション層での転送処理	必要最低限の転送機能では、1ms未満の処理時間であり、転送処理の回数が通信遅延につながる可能性は低いことを確認した。	特になし。
信号機数等による通信遅延	信号機数、または信号予定情報の同時生成数が増えると、数%、遅延時間が大きくなる場合が確認された。遅延時間が大きくなる割合は若干異なるが、通信速度が10Mbpsでも100Mbpsでも遅延時間が大きくなる場合があることを確認した。	通信速度や帯域保証の有無は、通信費に大きく影響するため、信号予定情報が ΔT を遵守する割合をどの程度とするか、通信費用の負担を含めて審議する必要がある。

(1) 信号予定情報の誤差分析モデル

管制方式の信号情報誤差に関するまとめとして、以下に提供される信号予定情報の誤差分析モデルを示す。

図 5.20 は、オフセット追従なしの誤差分析モデルを示す。誤差理論値は、±180ms 以内であり、管制方式プロトタイプによる検証では車載機を用いた誤差は行っていないため、理論値とおり±150ms 以内の誤差であることを検証した。

図 5.21 は、オフセット追従ありの誤差分析モデルを示す。信号制御機のオフセット追従量のスプリットへの配分ロジックが公開されない場合、オフセット追従時誤差が最大 200ms 程度発生すると推測する。この場合、誤差理論値は、±380ms 以内であり、自工会の要望事項を満足で

きない。管制方式プロトタイプによる検証では自社製信号制御機を用いているため、信号制御機のオフセット追従量のスプリットへの配分量を正確に算出できるため、オフセット追従時誤差は発生せず、オフセット追従なしと同様±150ms 以内の誤差であることを検証した。他社製信号制御機に対するオフセット追従時誤差は、あくまで推定であり、100ms 程度の場合は、自工会の要望事項を満たすことができる。

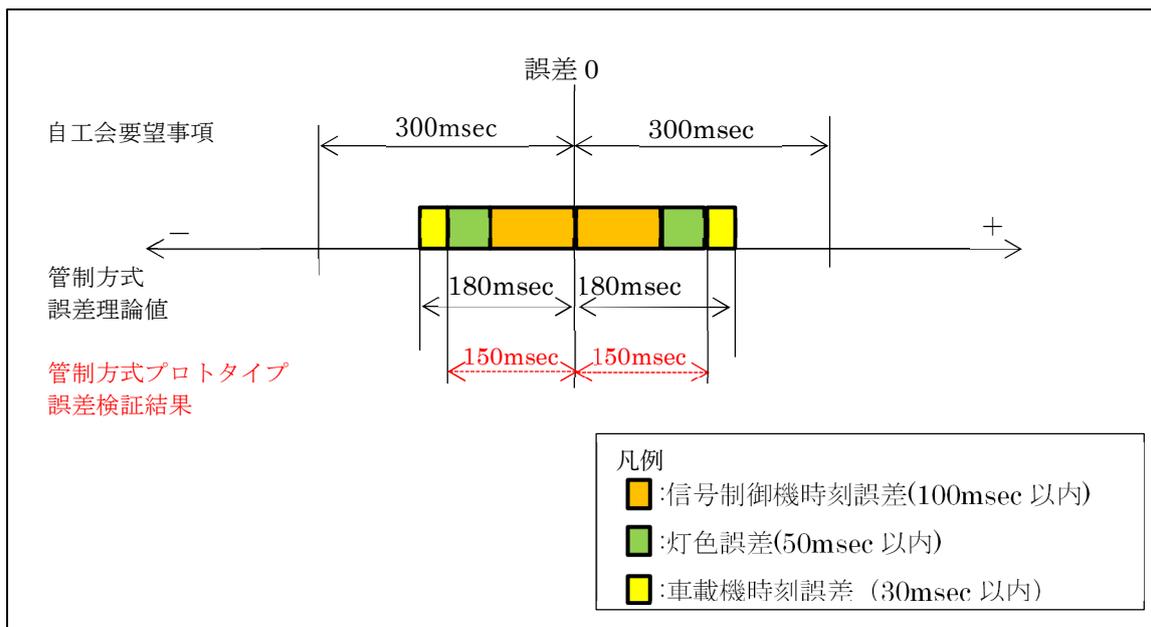


図 5.20 オフセット追従なしの誤差分析モデル (管制方式)

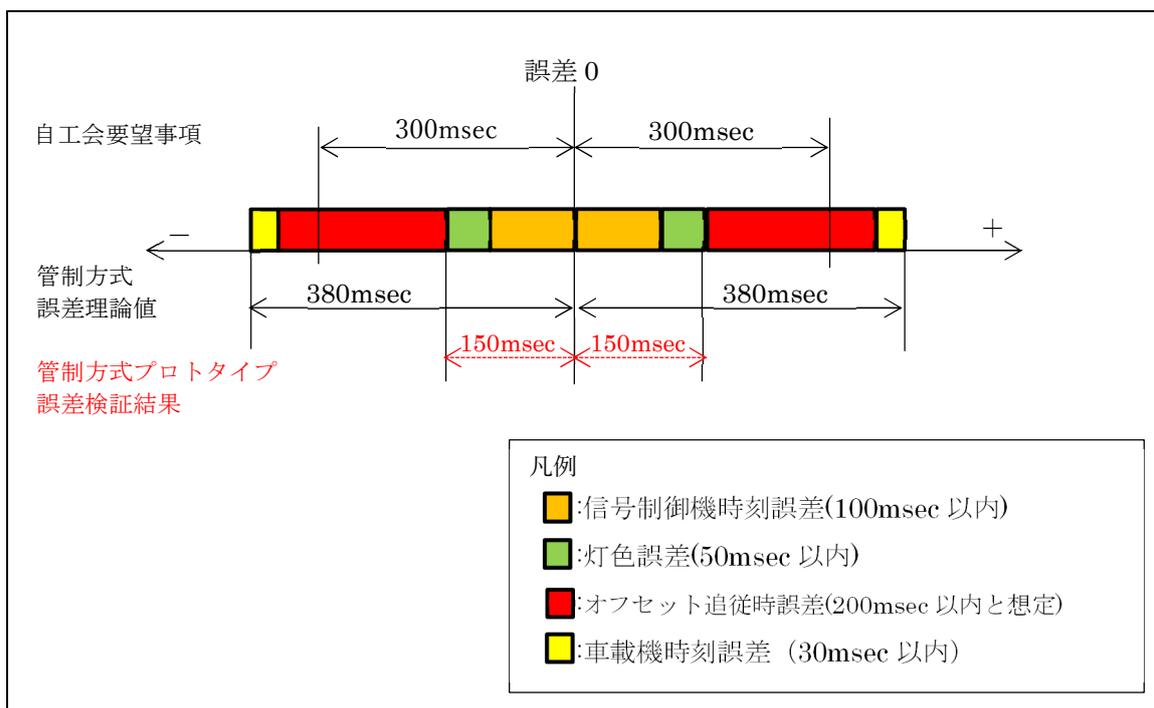


図 5.21 オフセット追従ありの誤差分析モデル

6.2. ΔT 検証のためのタイムチャート

管制方式の信号予定情報が自工会の要望事項である ΔT を満足できるかを検証するためのタイムチャートを図 5.22 及び図 5.23 に示す。

通常交差点は、サイクル開始後に提供される信号予定情報を対象にタイミングを確認する。1G 車両用灯器の青時間を確認し ΔT を満足するかどうか確認する必要があるが、多くの交差点で十分な設計余裕を確保できるものと推測する。

リコール動作交差点は、「図 5.5 リコール制御時の ΔT 確保に向けたタイミング設計案」のとおり、第 1 ステップ完了直前にリコール要求受付が行われるケースがクリティカルとなる。実際の時限表を確認する必要があるが、多くの交差点で十分な設計余裕を確保できるものと推測する。

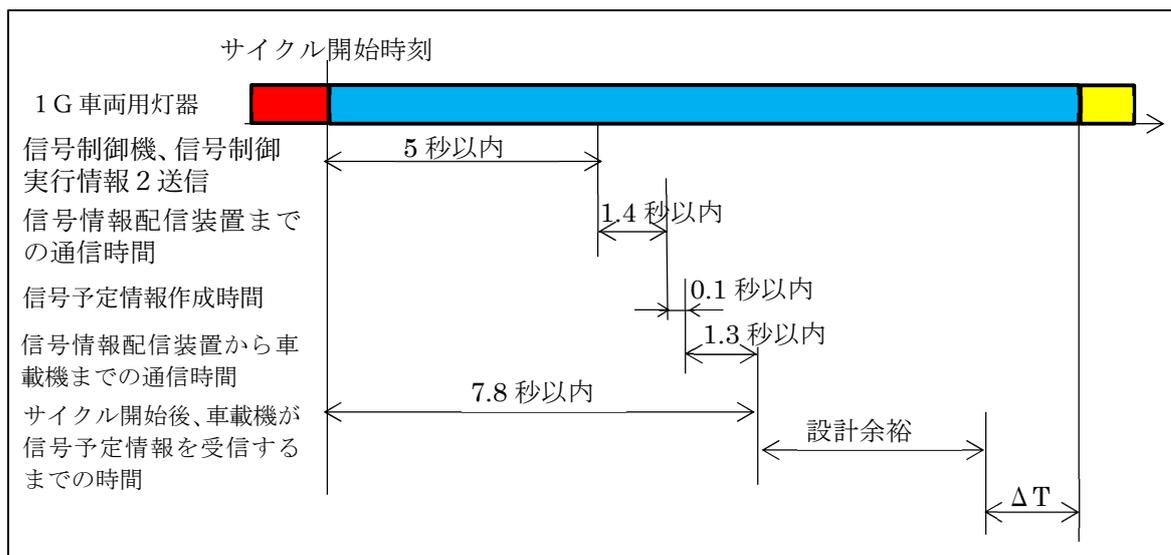


図 5.22 通常交差点の信号予定情報提供に関するタイムチャート

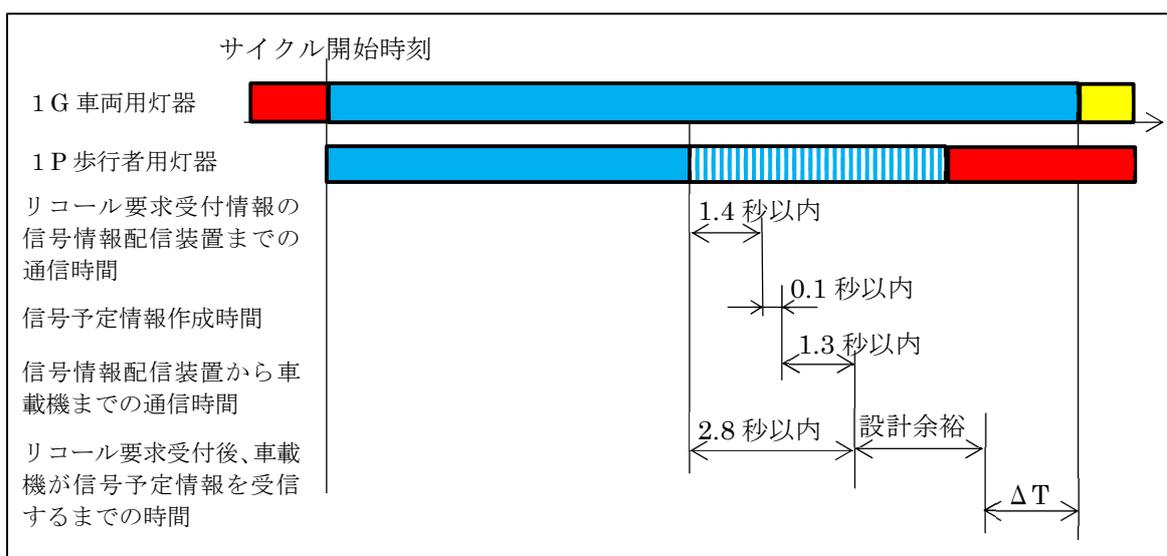


図 5.23 リコール動作交差点の信号予定情報提供に関するタイムチャート

本報告書は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)が管理法人を務め、内閣府が実施した「戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第2期/自動運転 (システムとサービスの拡張)」(NEDO 管理番号: JPNP18012)の成果をまとめたものです。