

戦略的イノベーション創造プログラム（S I P）第3期／

スマートモビリティプラットフォームの構築／

V 2 N方式による汎用的な交通信号情報提供プラットフォームに関する研究開発

成果報告書（2024 年度）

2025 年 4 月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

委託先 一般社団法人 UTMS 協会
オムロンソーシアルソリューションズ株式会社
日本信号株式会社
パナソニックコネクト株式会社

目 次

1. 背景・目的	4
2. 研究開発の全体概要	5
3. 目標設定	13
4. XRL	15
5. KPI	15
6. 研究体制	17
7. 社会実装への取組	18
8. 実証実験における目標と方向性について	24
9. 外的環境	30
10. 成果・進捗状況	32
10.1 進捗の概要	32
10.2 サブテーマ1「V2N方式による汎用的な交通信号情報提供プラットフォームに関する研究開発（低コストな定周期信号機の信号情報生成技術の研究開発）」	35
10.3 サブテーマ2「V2N方式による汎用的な交通信号情報提供プラットフォームに関する研究開発（V2N方式信号情報の実用化技術の研究開発）」	42
10.4 サブテーマ3「V2N方式による汎用的な交通信号情報提供プラットフォームに関する研究開発（プラットフォームから多様なモビリティ対象への配信を円滑化するI/Fの規格化の研究開発）」	55
10.5 サブテーマ4「V2N方式による汎用的な交通信号情報提供プラットフォームに関する研究開発（集中式、非集中式等の多様な信号機を含むゾーンにおけるシームレスな信号情報配信の研究開発）」	59

10.6 サブテーマ5 「V2N方式による汎用的な交通信号情報提供プラットフォームに関する研究開発（定周期信号制御機の信号情報データベースならびに信号情報配信先の用途拡大の研究開発）」	105
10.7 サブテーマ6 「V2N方式による汎用的な交通信号情報提供プラットフォームに関する研究開発（交通信号情報提供プラットフォームの多様なニーズ等に関する研究）（一般社団法人UTMS協会）	127
11. 国際的取り組み	140

1. 背景・目的

我が国の交通事故死者の多くがいわゆる交通弱者（歩行者、自転車等）であり、交差点における安全対策の一層の強化が課題となっている。

また、デリバリーロボット、マイクロモビリティの普及をはじめ、モビリティの多様化が展望されており、国家的な課題とされている自動運転の普及とも相まって多様なモビリティに適応できる交通インフラの創出が必要な情勢となっている。

他方、SIP 第2期事業において、自動運転車両を対象としたV2N方式の信号提供技術について研究開発を行い、課題は残したが一定の技術的成果を達成したところである。

この技術的成果を、自動運転車に加えドライバーが運転する車両、歩行者、自転車、配送ロボット、マイクロモビリティ等の多様なモビリティについて、それぞれの状況に応じた活用を図ることで安全性・円滑性の向上が期待される。

また、国際的にも、多様なモビリティの普及を踏まえた交通安全への意識の高まりが起こっており、複数の世界的なコンベンションにおいて信号情報提供に関する議論が存在する。

以上のニーズとシーズの存在を背景に、SIP 第3期／スマートモビリティプラットフォームの構築事業（以下「SIP 第3期スマモビ事業」という。）で掲げられている次のミッションの遂行を目的に本事業を推進している。

「本研究開発は、都市空間やモビリティサービスのあるべき姿として、「自由に自立して安全・快適に環境・他人・まちに優しく皆が、モノが、サービスが移動できるモビリティディバイドのない社会」の実現を目指す。

自由に自立して安全・快適に環境・他人・まちに優しく、みんなが、モノが、サービスが移動できるモビリティディバイドのない地域の実現に向けて、移動する人・モノ・サービスの視点から、地域に存在する伝統的な公共交通手段に加えて、自家用車、貨物車などの広範なモビリティ資源や新しいモビリティ手段の活用を可能にするようなハードとソフト双方のインフラとこれらを包み込むまち・地域をダイナミックに一体化し、安全で環境にやさしく公平でシームレスな移動を実現するプラットフォーム（スマートモビリティプラットフォーム）を構築することを、本課題のミッションとする。」

なお、SIP第3期スマモビ事業において、本事業が課せられている課題は次の2つである。

- ・ 四輪・二輪・歩行者等の道路上の交通事故等のリスク低減に向けた交通インフラの研究開発
- ・ 安全な歩行者空間実現に向けた、V2X技術の開発、及び信号情報配信等の高度化、実証

2. 研究開発の全体概要

2.1 研究事項の概要

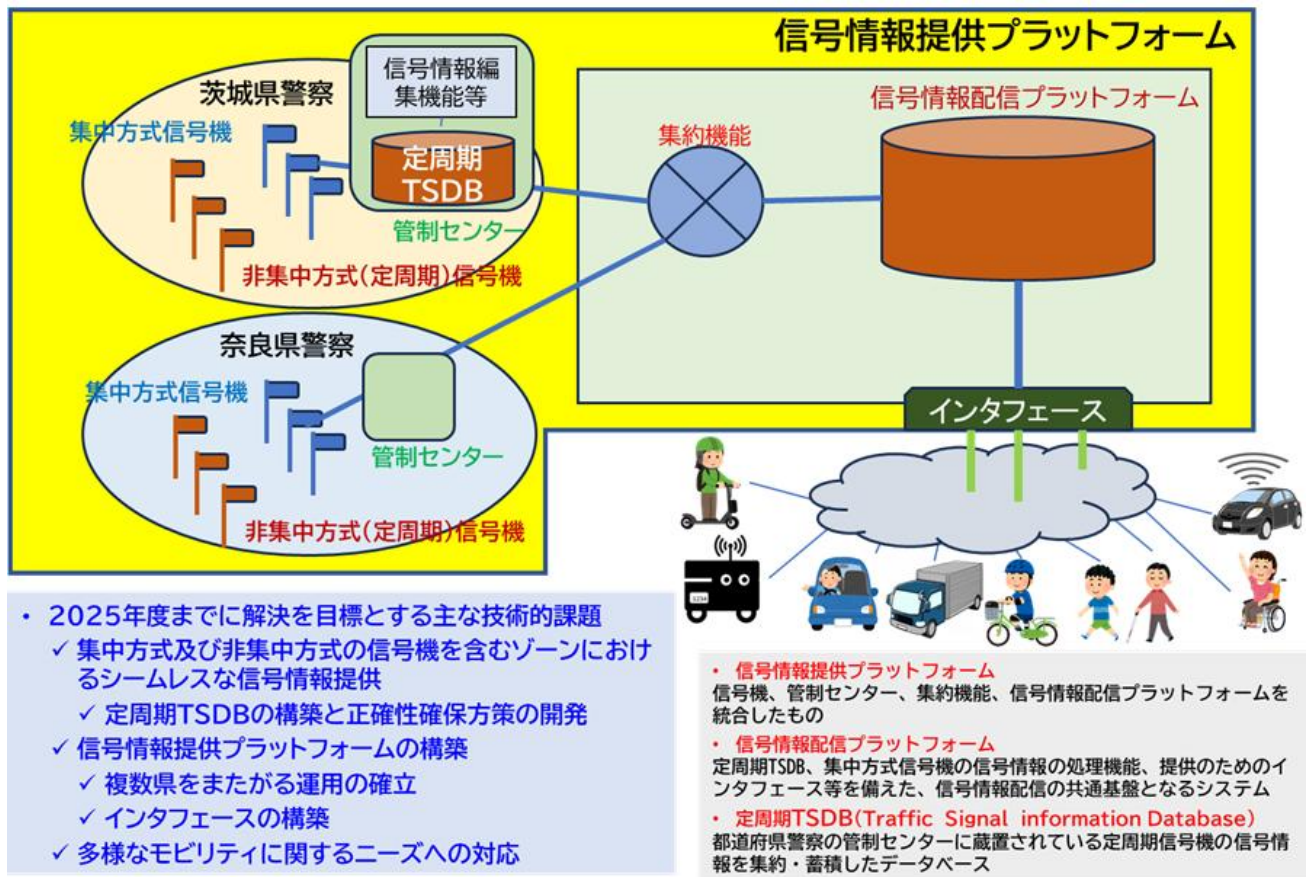


図 2.1. 研究の全体像

2.1.1 研究事項 1 「集中式、非集中式等の多様な信号機を含むゾーンにおけるシームレスな信号情報提供」

1 定周期型信号機の信号情報提供技術の開発

SIP 第 2 期において開発した定周期型信号機の信号情報提供方式である制御機方式は、機能・性能については概ね目標を達成しているが*1、整備コスト面での課題が指摘されている。その解決のため、SIP 第 3 期では非集中方式の定周期型信号機について、信号情報提供の低コスト化に関する技術を新たに開発する。これにより、より幅広い交通シナリオへの対応が可能となると考える。主な技術的課題は、次の 2 つである。

* 1 SIP 第 2 期では、管制方式、集中方式、制御機方式の 3 方式を開発した。このうち、管制方式及び集中方式については集中方式信号機にのみ適用できる方式として開発した。制御機方式は、非集中方式信号機に適用できる方式である。

- 定周期信号機の信号情報のデータベース化
- 現状において時間同期が施されていない信号制御機への対処

なお、本技術については、交通管制システムの現状の実装がメーカーごとに違うこと、全く新たな技術であること等の実情を踏まえ、共同提案者がそれぞれ研究を実施し、本事業で設置することとしている委員会の審議を通じて、比較・評価し、一本化を図る。

2 SIP 第 2 期事業においては対象外になっていた特殊な信号制御機能（連動子機、列車感応制御、リ

コール制御のうちリコール2、3機能等)に関する信号情報提供技術の開発

本事業では、全般にわたって、SIP第2期事業で開発した、集中方式*²の信号制御機を対象とするV2N方式信号情報提供技術を活用するが、第2期事業においては対象外になっていた特殊な信号制御機能(連動子機、列車感応制御、リコール制御のうちリコール2、3機能*³等)についての適用に関する研究を行う。

- *2 「集中方式」は、管制センターシステムと信号制御機を通信回線で接続し、管制センター側で複数の信号制御機を面的に制御する方式である。「非集中方式」は、通信回線による接続を行わず、単独の信号制御機が予め記憶している制御パラメータに従って制御する方式である。
- *3 交通信号の制御は、自動車、歩行者等の移動の円滑性を高めるという要請を背景に、特殊な需要に応じた制御が工夫されてきた。こうした特殊な制御は、信号情報提供という観点からは種々の課題をもたらすところである。ここでは、そうした特殊な制御のうち、「連動子機」、「列車感応制御」、「リコール制御」について簡単に説明する。

【連動子機】

少数の隣接する信号機間で簡便な系統制御*の効果をj得る目的で、連動制御の親となる信号制御機(連動親機)から周期信号を子となる信号制御機(連動子機)に送り相互に同一周期であらかじめ定められたオフセット関係をもって動作するものをいう。

※ 系統制御

幹線道路に沿って設置された幾つかの交通信号機を信号制御の単位として扱い、互いに一定の時間関係をもたせて制御する方式。線制御ともいう。

【列車感応制御】

交通信号機を踏切の動作状況に関連させて動作させる制御。

【リコール制御】

歩行者用押ボタン箱のスイッチを押すことによる横断要求又は車両感知器により車両を検知することによって、要求された側に青信号を表示し、横断又は通過に必要な時間を与えることのできる制御のこと。通常は赤を表示しているが、要求があったときには青を呼び戻すことからリコールと呼んでいる。運用の仕方によって、3種類のリコール機能がある。

(1) リコール1機能

呼び出す現示数は1で、もっとも基本的なリコール動作である。待時間短縮機能を持つ。

(2) リコール2機能

呼び出す現示数は2で、待時間短縮機能は持たない。

(3) リコール3機能

呼び出す現示数は1で、車両からの要求のみだった場合は車両現示のみを呼び出し、歩行者のみまたは両方からの要求があった場合は車両と歩行者の現示を呼び出す。このことから「歩車分離形半感応」または「歩車分離」と呼ばれることがある。車両からの要求のみだった場合、車両の青時間が供給過多になることがあるため、秒数置換して短くする機能を持つ。

3 研究事項2「信号情報配信プラットフォームの構築」

多様な車両に対応するため、信号情報をリアルタイムで提供する信号情報配信プラットフォームを構築する。信号機の動作状況や信号サイクルなどの情報をリアルタイムで取得できるようにし、車両メーカー、多様なモビリティ、交通情報提供企業等の幅広い利用者が活用できる環境を提供する。

4 研究事項3「信号情報配信プラットフォーム・モビリティ相互間インタフェースの標準化」

多様なモビリティが、信号情報配信プラットフォームから信号情報を取得するために、インタフェースの標準化案を作成する。これにより、モビリティ側のシステムと信号情報配信プラットフォームとの円滑な連携が可能となる。

5 研究事項4「信号情報提供先の多様化」

次の歩行者及びモビリティについて検討を進める。

(1) 歩行者への対応

LTE 通信を用いた V2N 信号情報の歩行者横断支援を活用する V2N 方式 PICS*⁴について基本検証を行う。

(2) 視覚障がい者への対応

視覚障がい者については、従来、高度化 PICS*⁴と呼ばれる Bluetooth を使用した別系統の信号情報提供技術が研究されてきたが、研究事項 1「集中式、非集中式等の多様な信号機を含むゾーンにおけるシームレスな信号情報提供」の実現を見据えて、新たに構築する信号情報配信プラットフォームの対象とすること、視覚障害者の PICS の利用状況を踏まえて、スマホ以外の端末を使用した提供を実現すること等を検討する。

(3) 配送ロボット、マイクロモビリティ等向け信号提供の実現に向けた検討

近年進歩の著しい配送ロボット、また法的な位置付けが定まったことにより普及が見込まれるマイクロモビリティ*⁵について、公道における運行の安全性を図る上で、信号情報の提供が有効なサポートとなる可能性がある。こうしたモビリティの特殊性を踏まえた提供方法について検討する。

なお、(2) で述べた PICS に関する技術についても、配送ロボット、マイクロモビリティ等向けへの拡張性について研究する。

* 4 PICS に関する 2 つの技術開発

PICS (Pedestrian Information and Communication System : 歩行者等支援情報通信システム) は、従来、視覚障害者、高齢者等に焦点を当てた技術として、Bluetooth を使用する高度化 PICS の開発が推進されてきたが、本事業では、次表の通り整理して、2 つの技術の開発を行う。

表 2.2 PICS に関する 2 つの技術開発

	V2N方式PICS技術開発	高度化PICSの改良
目的	LTE通信を用いたV2N信号情報を歩行者横断支援に活用できる可能性があるか基本検証を行う。 V2N-PICSと短縮表記する場合あり。	BlueTooth通信を用いた歩行者向け信号情報を高機能化し、提供対象をマイクロモビリティ、デリバリーロボット等へ拡張する。
主な開発対象	V2N信号情報に対応した検証用スマートフォンアプリケーション	信号制御機(版5)と接続できるBLE路側機(通信規格BLE5.0にアップグレード)と検証用アプリケーション

* 5 マイクロモビリティ

電動キックボードをはじめとする、自動車よりコンパクトで機動性が高く地域の手軽な移動の足となる 1 人または 2 人乗り程度の車両のこと。

2.1.2 研究事項とサブテーマの関係

本事業は、共同提案者ごとの6つのサブテーマから構成される。

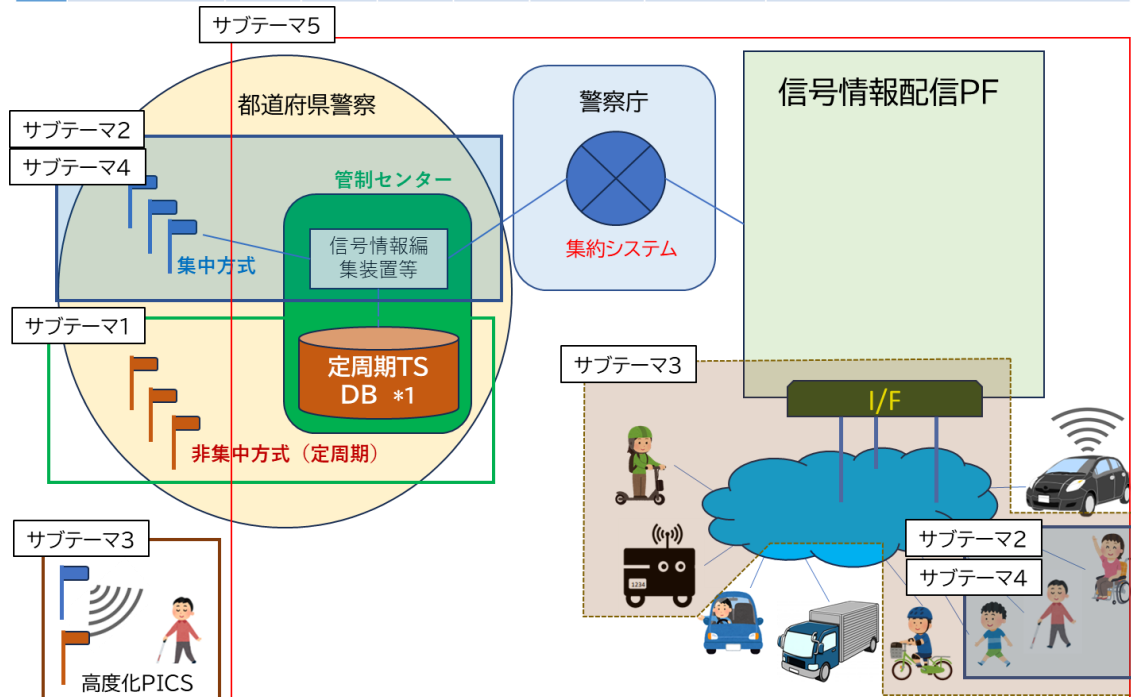
- ・ サブテーマ1 「V2N方式による汎用的な交通信号情報提供プラットフォームに関する研究開発（低コストな定周期信号機の信号情報生成技術の研究開発）」
（オムロンソーシアルソリューションズ株式会社）
- ・ サブテーマ2 「V2N方式による汎用的な交通信号情報提供プラットフォームに関する研究開発（V2N方式による信号情報の実用化技術の研究開発）」
（オムロンソーシアルソリューションズ株式会社）
- ・ サブテーマ3 「V2N方式による汎用的な交通信号情報提供プラットフォームに関する研究開発（プラットフォームから多様なモビリティ対象への配信を円滑化するI/Fの規格化の研究開発）」（日本信号株式会社）
- ・ サブテーマ4 「V2N方式による汎用的な交通信号情報提供プラットフォームに関する研究開発（集中式、非集中式等の多様な信号機を含むゾーンにおけるシームレスな信号情報配信の研究開発）」（日本信号株式会社）
- ・ サブテーマ5 「V2N方式による汎用的な交通信号情報提供プラットフォームに関する研究開発（定周期信号制御機の信号情報データベースならびに信号情報配信先の用途拡大の研究開発）」（パナソニック コネクト株式会社）
- ・ サブテーマ6 「V2N方式による汎用的な交通信号情報提供プラットフォームに関する研究開発（交通信号情報提供プラットフォームの多様なニーズ等に関する研究）」
（一般社団法人UTMS協会）

上記研究事項と各サブテーマの関係は次表の通りである。図2.2に各サブテーマと全体像との関係を示す。

定周期型信号機に関する信号情報提供技術等については、新規技術であり、手法については、共同提案者ごとに検討を行い、その優劣を見定めて標準化案を作成することが必要であるため、2社以上の共同提案者にまたがっている。

表2.1 研究事項とサブテーマの関係

事項番号	研究事項	オムロン ソーシャルソリューションズ株式会社(OSS)		日本信号株式会社(NS)		パナソニック コネクト株式会社(PCO)	一般財団法人 UTMS協会 (UTMS)	研究事項の分担状況
		サブテーマ1	サブテーマ2	サブテーマ3	サブテーマ4	サブテーマ5	サブテーマ6	
1	集中式、非集中式等の多様な信号機を含むゾーンにおけるシームレスな信号情報提供	○			○	○	○	新規技術であり考え方に差違があるため、OSSとPCOが定周期TSDBをそれぞれ技術開発した上で、比較検討し、統合化して標準化する。NSは、研究事項1のうちの「特殊な信号制御機能」に関する部分を担当する。
2	多様なモビリティを対象とする信号情報提供プラットフォームの構築		○			○	○	都道府県警察に設置する側の装置をOSSが、信号情報配信プラットフォーム側の装置をPCOが担当する。
3	プラットフォーム・モビリティ相互間インタフェースの標準化			○		○	○	多様なモビリティに関するインタフェースをNSが検討し、PCOは信号情報配信プラットフォームに関する部分を担当する。
4	信号情報提供先の多様化		○	○	○	○	○	歩行者に関する多様化をOSS及びNSが、デリバリーロボット及びマイクロモビリティに関する多様化をPCOが担当。ただし、NSは視覚障害者を主な対象としBLEを使用する既存の高度化PICSの改良を担当し、OSSは、LTEを使用する端末(「V2N-PICS」という。)を担当する。



*1:2025年までは、定周期TSDBを管制センターに配置し検証する予定。信号情報配信PF内の定周期TSDB配置は、2025年度までの検討結果を踏まえて決定する。

図 2.2. 各サブテーマとテーマ全体像との関係

2.1.3 実証実験

※ 先導期間、本格期間

以下では、ステージゲートまでの2023年度～2025年度の期間を「先導期間」ステージゲート後の2026年度及び2027年度を「本格期間」という。

1 先導実証実験

前項に述べた研究事項を、先導期間に実施し、必要な技術の確立を図る。そのためには、実際の交通シーンでの効果を検証するための実証実験が重要な要素となることから、先導期間中に次の内容の実証実験を行う。

先導期間に実証実験に必要な設備を整備し、模擬車載機等を使用した実証実験を実施する。

具体的には、プラットフォームを実証実験の場となる複数都道府県*6を対象として整備し、機能・性能を検証する。また、アンケート調査、委員会活動等を通じて、信号情報の提供先となる多様なモビリティとの連携のための準備を行う。

- *6 現状においても、管制センターシステム、信号制御機等の仕様は、警察庁が制定する仕様書により基本的には統一されているが、整備・運用を都道府県警察が担当していることから、都道府県間で若干の差異が存在している。今後の社会実装の円滑化を図る上で、複数の都道府県警察において整備を行い、シームレスな信号情報提供が円滑に行われるかについて実証を行う必要がある。

2 総合実証実験

先導期間で確立する技術のユーザビリティを高めるためには、多様なモビリティをユーザーとして取り込みプラットフォームの効果を具体的に検証してもらうことが必要であることから、本格期間において、次の内容の実証実験を行う。

信号情報の提供先となる多様なモビリティとの連携を図り、信号情報提供先の参加を得た実証実験を行う。その際には、参加企業や団体とコラボレーションを図り、収集されたデータやフィードバックを基にプラットフォームの改善と最適化を図る。

その内容を踏まえ連携の条件が整った受託者への信号情報提供を行う。

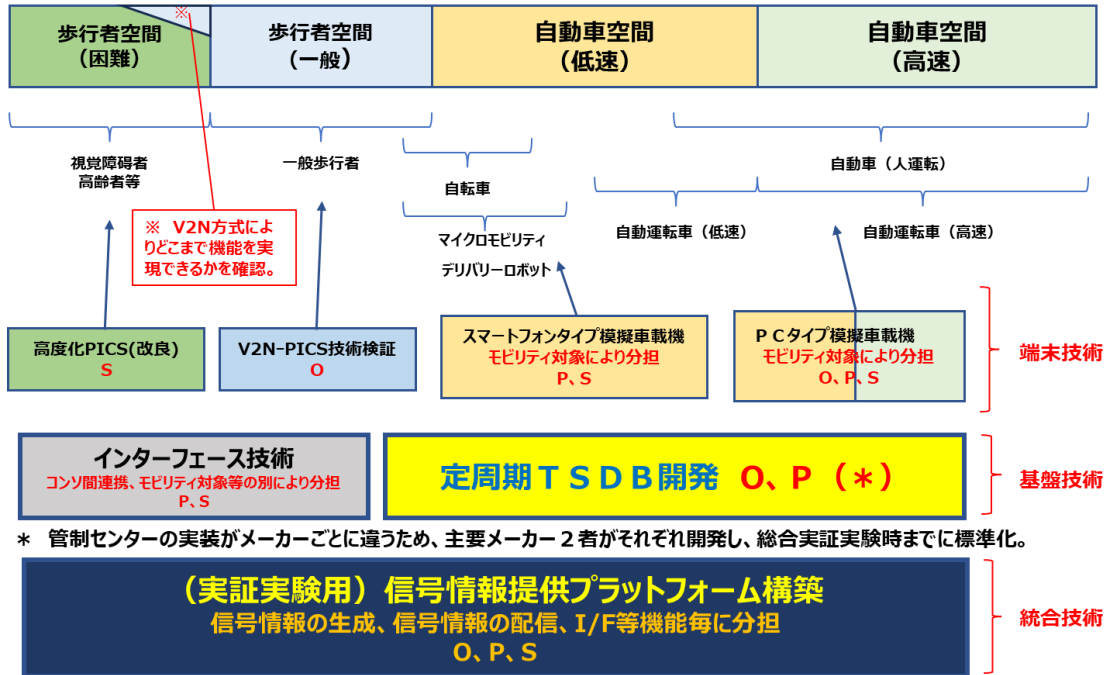
なお、モビリティ側に搭載する信号情報受信用のソフトウェアについては、3年目までに作成する模擬車載機搭載ソフトウェアの仕様を開示し、多様なモビリティ側にソフトウェアの作成を促すことを想定しているが、3年目までの実証実験で使用する模擬車載機に搭載するソフトウェアについて、使用を可能にする措置を講じることができるかについて検討する。

また、次項で述べる定周期型信号機の信号情報提供のためのデータベースを、先導期間中に選択された技術で整備する。

2.1.4 対象とするモビリティと技術開発

対象とするモビリティは、歩行空間（困難）、歩行空間（一般）、自動車空間（低速）及び自動車空間（高速）を想定しており、それぞれについて、端末技術、インタフェース技術及び定周期 TSDB からなる基礎技術、それらを組上げるプラットフォーム構築のための統合技術の開発に取り組んでいる（図 2.3. 参照）。

注) O:オムロンソリューションズ、S:日本信号、P: パナソニックコネク



* 管制センターの実装がメーカーごとに違うため、主要メーカー2者がそれぞれ開発し、総合実証実験時までには標準化。

図 2.3. 対象とするモビリティと技術開発

3. 目標設定

最終ゴールである「安全・快適に人・モノ・サービスが移動できる社会の実現」のため、サブテーマの技術開発を起点として、提供価値、社会実装先・価値提供先を具体的に想定し、SIP 事業を推進している（図 3.1. 参照）。

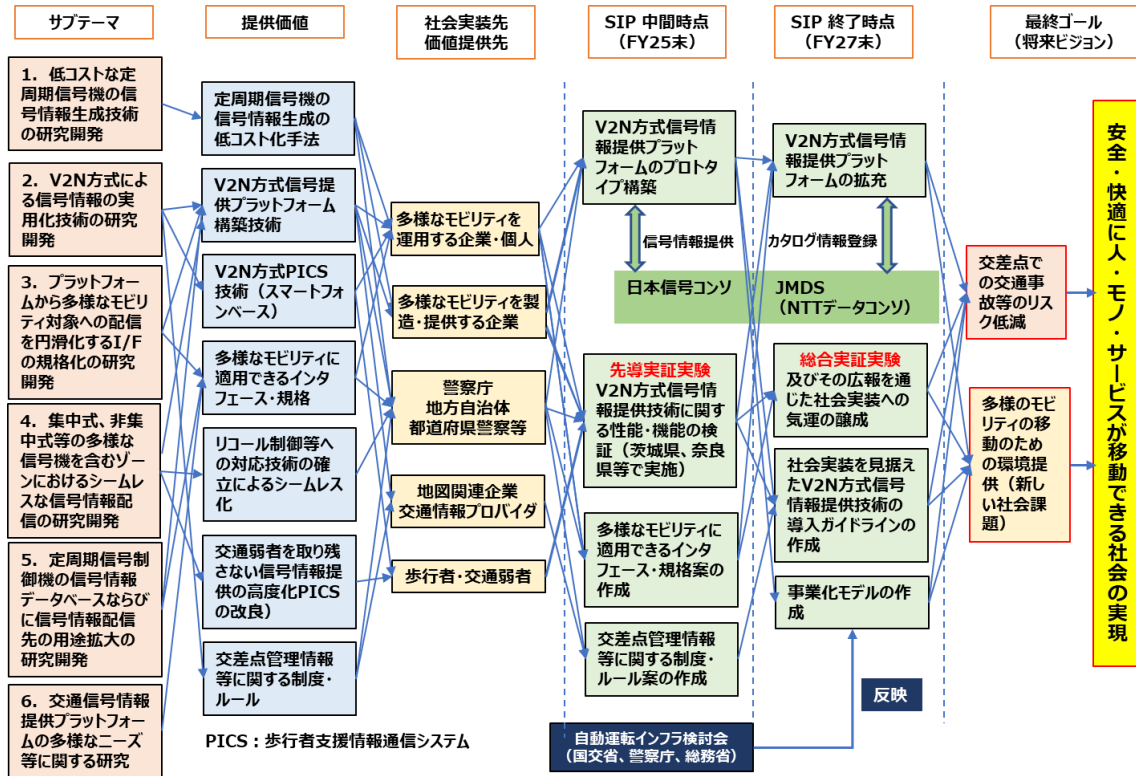


図 3.1. 最終ゴールまでの構想

3.1 先導期間の目標

- 1 サブテーマ 1 「V2N 方式による汎用的な交通信号情報提供プラットフォームに関する研究開発（低コストな定周期信号機の信号情報生成技術の研究開発）」
 - ・ 定周期 TSDB (Traffic Signal information Database) 仕様書の作成
 - ・ 灯色変化収集装置仕様書（案）の作成
 - ・ 定周期信号機 信号情報生成評価仕様書（案）を作成
 - ・ 定周期信号情報提供の低コスト化と性能確認のための先導実証実験の実施
 - ・ 実証実験の成果および今後の課題等の検討結果を含む包括的な中間報告書の作成
- 2 サブテーマ 2 「V2N 方式による汎用的な交通信号情報提供プラットフォームに関する研究開発（V2N 信号情報の実用化技術の研究開発）」
 - ・ 信号情報配信プラットフォーム整備要件書（案）の作成
 - ・ 信号情報配信装置仕様書（案）案の改版、V2N・センター間情報共通メッセージ規格案の改版

- ・ユースケースの自動運転以外への拡大のための信号情報配信プラットフォームを用いた先導実証実験の実施
 - ・信号情報配信プラットフォームのユースケース毎の性能検証結果
 - ・信号情報配信プラットフォームのコストダウン検証結果
 - ・今後の課題等の検討結果を含む包括的な中間報告書の作成
- 3 サブテーマ3「V2N方式による汎用的な交通信号情報提供プラットフォームに関する研究開発（プラットフォームから多様なモビリティ対象への配信を円滑化する I/F の規格化の研究開発）」
- ・信号情報配信装置仕様書（案）案の改版、V2N・センター間情報共通メッセージ規格案の改版
 - ・BLE (Bluetooth Low Energy) 路側機仕様書（案）案の作成、BLE 路側機－携帯電話間通信アプリケーション規格案の作成
 - ・先導実証実験の実施
- 4 サブテーマ4「V2N方式による汎用的な交通信号情報提供プラットフォームに関する研究開発（集中式、非集中式等の多様な交通信号機を含むゾーンにおけるシームレスな交通信号情報配信の研究開発）」
- ・交通信号制御機仕様書（案）案の作成
 - ・多様なモビリティが信号情報を活用するためのガイドラインの作成
 - ・先導実証実験の実施
- 5 サブテーマ5「V2N方式による汎用的な交通信号情報提供プラットフォームに関する研究開発（定周期信号制御機の信号情報データベースならびに信号情報配信先の用途拡大の研究開発）」
- ・非集中式の定周期信号制御機の信号情報提供方式・信号情報データベース仕様書（案）の作成
 - ・信号情報配信装置（定周期信号制御機用）の仕様書（案）の作成
 - ・信号情報配信プラットフォームの仕様書（案）（通信インタフェース規格を含む）の作成
 - ・多様なモビリティを対象とした信号情報の提供インタフェース仕様書（案）の作成
 - ・多様なモビリティが信号情報を活用するためのガイドラインの作成
 - ・先導実証実験の実施（交通信号提供プラットフォームの性能・精度の検証、機能の確認）
- 6 サブテーマ6「V2N技術による汎用的な交通信号情報提供プラットフォームに関する研究開発（交通信号情報提供プラットフォームの多様なニーズ等に関する研究）」

- ・サブテーマ1～5に記載された（案）のついた文書を委員会審議等により確定する
- ・多様なモビリティに関するニュース調査報告書の作成

3.2 本格期間の目標

上記を踏まえ2026年度から2027年度にて達成すべき目標は以下の通り。

1 サブテーマ1～5

- ・信号情報データベース構築のためのガイドラインの作成
 - ・総合実証実験の実施（2か所程度）
 - ・連携の条件が整った受託者への信号情報提供
 - ・総合実証実験の結果を踏まえた各種文書の修正（案）の作成

2 サブテーマ6

- ・総合実証実験参加者の取りまとめ
 - ・サブテーマ1～5で修正された仕様書案、規格案等の確定（委員会における承認）
 - ・統合報告書の作成

4. XRL

2027年までに達成すべきX-RL目標は以下の通り。

1 TRL

- ・集中式、非集中式等の多様な交通信号機を含むゾーンにおけるシームレスな交通信号情報提供：7以上
- ・多様なモビリティを対象とする交通信号情報提供プラットフォームの構築：7以上
- ・プラットフォーム・モビリティ相互間インタフェースの標準化：7以上
- ・交通信号情報提供先の多様化：7以上

2 BRL：7以上

3 GRL：6以上

4 SRL：6以上

5. KPI

各段階（S I P第3期中間時点／終了時点／終了後）で達成すべきKPIは以下の通り。

【S I P第3期中間時点】

- ・モビリティ支援技術開発・技術評価の完了
- ・モビリティ支援技術仕様の具体化
- ・実証エリアでの信号見落とし等を原因とする事故統計に対する事故リスク低減事実の確認

【S I P第3期終了時点】

- ・ モビリティ支援技術の製品化計画の立案
- ・ 数都市でのモビリティ支援技術の実装に向けたリファレンスロードマップの公開
- ・ 数都市での信号見落とし等を原因とする事故統計に対する事故リスク低減事実の確認

【S I P第3期終了後（参考）】

- ・ モビリティ支援技術の製品化
- ・ 数都市でのモビリティ支援技術の実装
- ・ 交通事故件数の低減

データ連携について達成すべき目標は下記の通り。

- ・ 交通信号情報提供プラットフォームのデータ連携に向けたインタフェースの標準化
- ・ 他の受託者やモビリティサービス事業者による交通信号情報提供プラットフォームの利用推進

6. 研究体制

研究体制は、一般社団法人 UTMS 協会、オムロンソーシアルソリューションズ株式会社、日本信号株式会社及びパナソニックコネクト株式会社の 1 団体、3 社によるコンソーシアムである。

なお、一般社団法人 UTMS 協会は、パシフィックコンサルタンツ株式会社に外注方式で、ニーズ調査の補助を受けた。

「汎用的な交通信号情報提供プラットフォーム委員会」については、7. 社会実装への取組及びサブテーマ 6 の進捗状況で述べる。

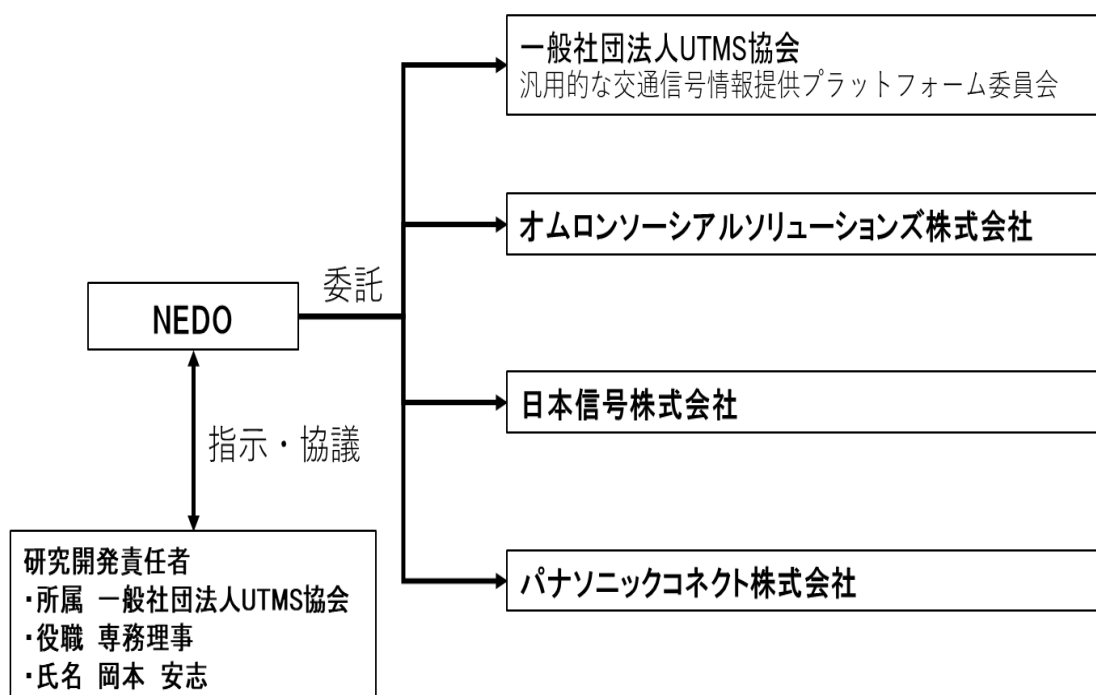


図 6.1 研究体制スキーム

7. 社会実装への取組

7.1 産・学・官の連携体制の確立

社会実装への取組の基礎とするため、31の企業、団体を委員として、学・官のオブザーブを受ける「V2N方式による汎用的な交通信号情報提供プラットフォーム」（以下「委員会」という。）を設置した。同委員会において、本事業の推進状況のチェック、作成文書の確認等に関する審議を行っている。

また、本事業の詳細については、委員会の審議のみではフォローすることが難しいため、一般社団法人UTMS協会内に2つの作業部会を設置して、当該分野に関係が深い企業による検討を行い、その結果を委員会に提出する体制を設置して運用している。加えて、警察庁主催による「信号情報提供の実現方針に関する協議」を実施、社会実装に向けた検討を実施している（図7.1参照）。

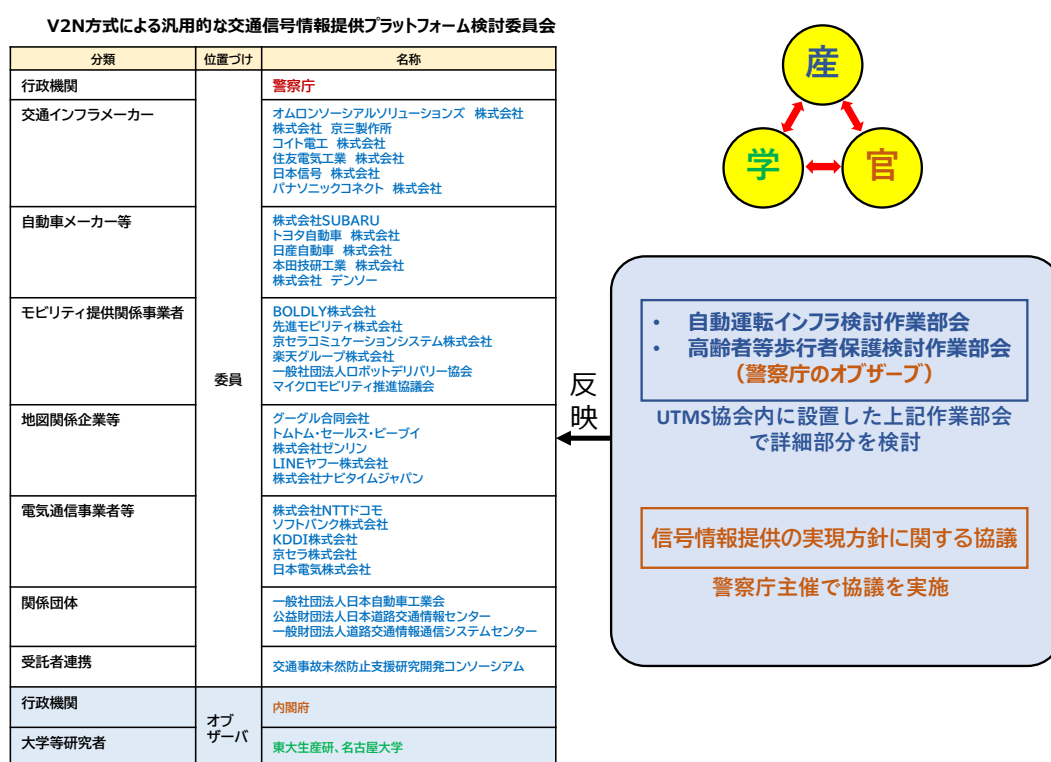
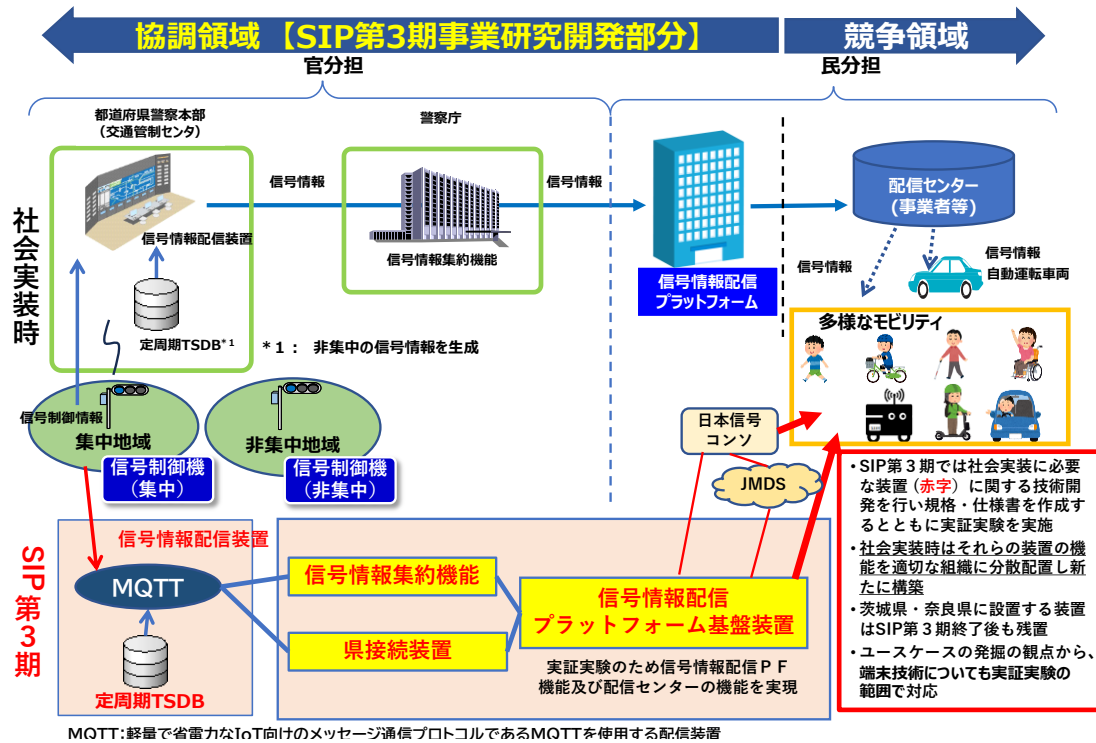


図 7.1 産・学・官の連携体制の確立

7.2 社会実装時のシステム構成・役割分担と SIP 第3期での開発内容との関係との関係
SIP 第2期の検討を踏まえ、社会実装時のシステム構成・役割分担案を作成している。

都道府県警察において信号情報を生成し、民間が運営する「信号情報配信プラットフォーム」が競争領域に位置する民間のユーザーへ信号情報を提供するシステム構成・役割分担を想定している。今後、民・官の協議を経て、責任分担、経費等の議論を深めていく必要がある（図 7.2 参照）。



SIP 第3期では社会実装に必要な機能・装置（赤字）に関する技術開発を行い規格・仕様書を作成し実証実験を実施する。また、ユースケースの発掘の観点から、実証実験の範囲で端末技術にも対応する。加えて、日本信号コンソ、NTT データコンソ（JMDS*¹）等との連携を図る。

* 1 JMDS (Japan Mobility Data Space) : 日本のスマートモビリティ 1.0 および新たに再定義するスマートモビリティ 2.0 を支えるために進められている産・学・官の様々な組織間の移動・交通に関するデータの連携基盤。社会実装時はそれらの機能・装置を適切な組織に分散して構築する。

なお、茨城県・奈良県に設置する装置（都道府県警察整備）は SIP 第3期終了後もレガシーとして残置し、社会実装時に役立てることを想定している。

7.3 社会実装のロードマップ（想定）

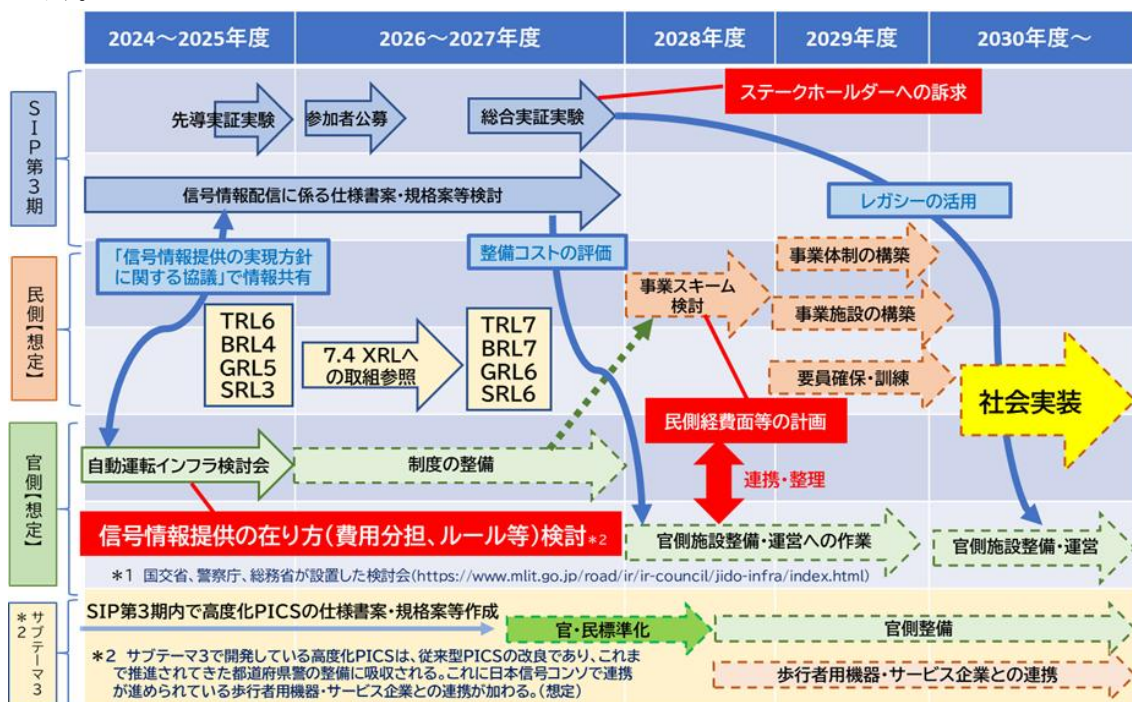
現状では、次の想定により、社会実装への取り組みを進めている。

SIP 第3期事業（～2027年度）までの技術開発及び総合実証実験の中で、ユーザーレ

ビューを行うことにより、将来のステークホルダーとなることが期待できる企業・団体に対して訴求していくことを計画している。

一方、制度に関わる部分については、現在開催されている国土交通省、総務省及び警察庁共催の「自動運転インフラ検討会」における制度の検討後、制度の整備が進んだ段階で、事業スキームの検討、事業体制の整備等に歩を進めていくことを想定している。

ただし、サブテーマ3で研究開発を行っている「高度化PICS」については、SIP第3期事業の終了後、標準化を経て、整備、民間機器との連携等を想定している（図7.3参照）。



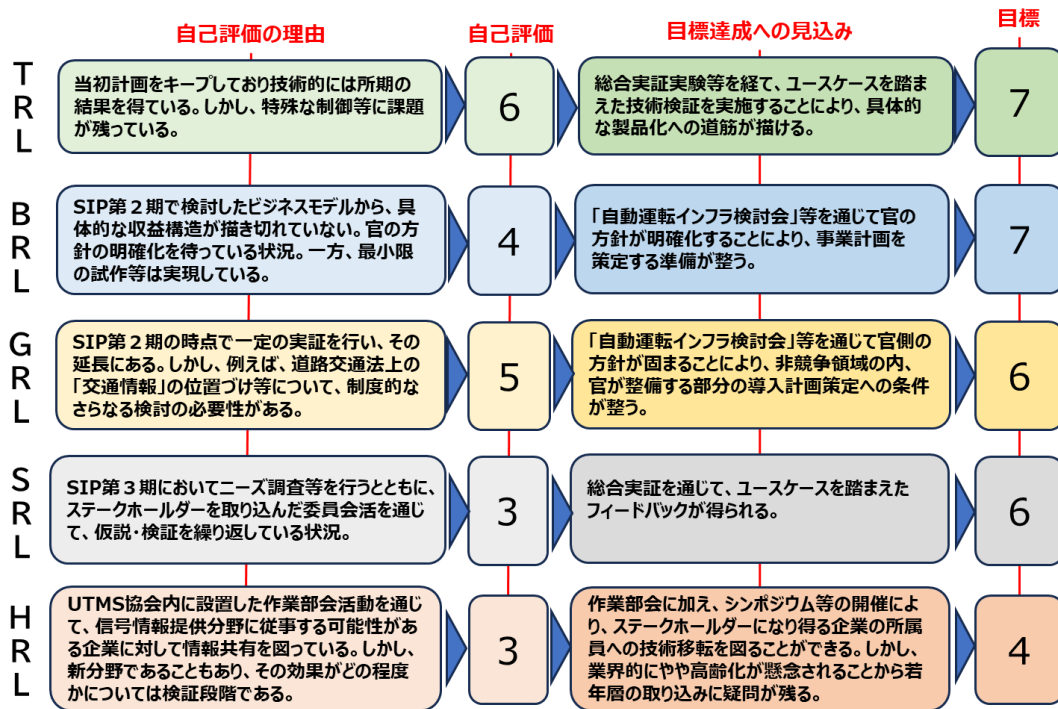
⚡️: 想定スケジュール (SIP第3期や自動運転インフラ検討会等の結果によっては変更となる)

図 7.3 社会実装のロードマップ (想定)

7.4 XRL への取組

XRL については、本事業の社会実装は、官民が深く連携した形で実施される必要があるため、GRL の進展が重要である。そうした観点を重視しつつ想定を立て、活動を進めている。

なお、HRL は、本事業の仕様書には含まれていない事項である。



・ HRLは本事業の仕様には入っていない事項である。

図 7.4 XRL 向上への取り組み

7.5 社会実装がもたらす波及効果（想定）

SIP 第3期スマモビ事業の目標である「自由に自立して安全・快適に環境・他人・まちに優しく皆が、モノが、サービスが移動できるモビリティディバイドない社会」に向けて波及効果が生じることを想定している（図7.4参照）。

波及効果の柱として、次の2本の柱を想定している。

- ・ 交差点での交通事故等のリスク低減
- ・ 新しい社会課題である電動キックボード、配送ロボット等の移動のための環境提供

これらを実現するため、次のような内容を実現するための技術を確認する方針で推進している。

- ・ 車・二輪車等の信号遵守、安全な減速支援
- ・ 視覚障がい者、高齢者等の交通弱者の安全安心な横断支援
- ・ 電動キックボード等の交差点における安全安心な横断
- ・ 遠隔での信号の確認支援

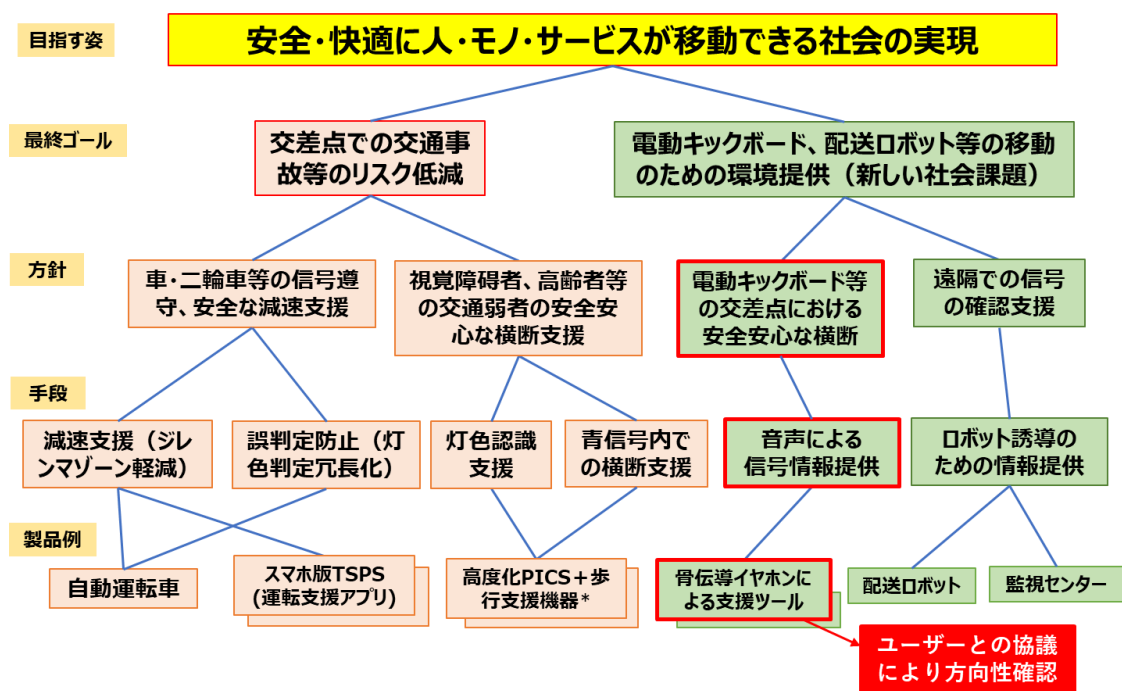


図 7.5 社会実装がもたらす波及効果（想定）

7.6 ユーザーレビューへの取組

当面の取組として、先導期間及び本格期間におけるユーザーレビューを先導実証実験及び総合実証実験に実施することを計画している。

また、2025年度には、一般社団法人UTMS協会が主催して、シンポジウムを開催し、先導実証実験の状況をステークホルダーに情報提供し、社会実装に向けた訴求を図る計画である。

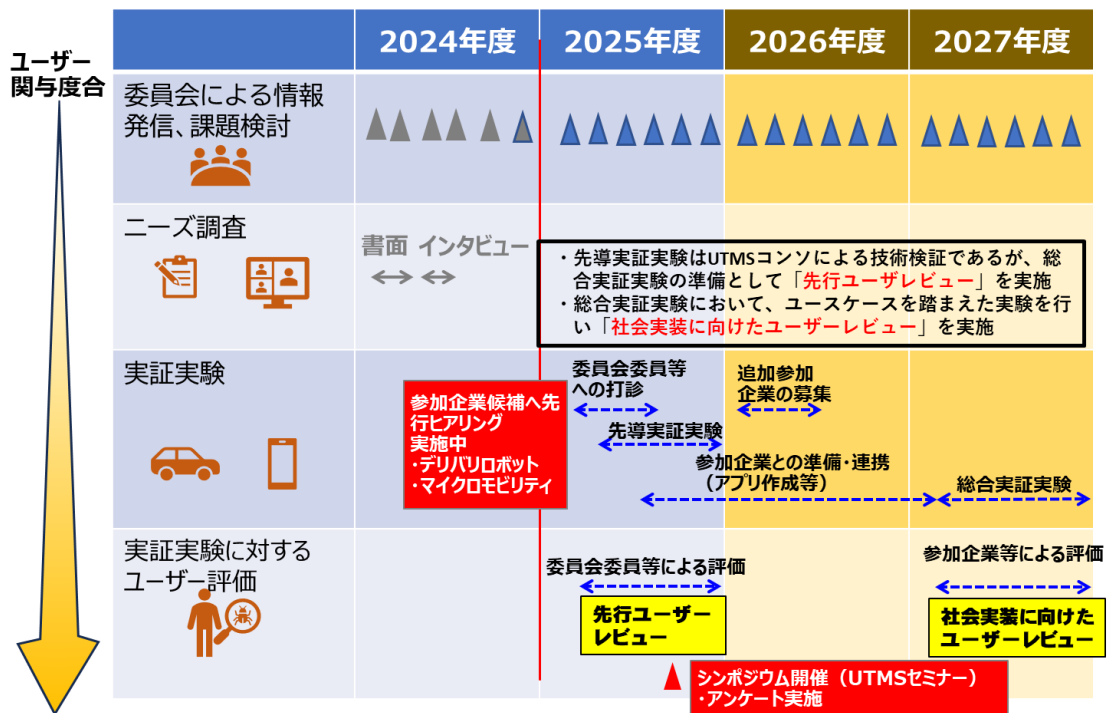


図 7.6 ユーザーレビューへの取り組み(ステークホルダーへの訴求)

8. 実証実験における目標と方向性について

8.1 先導実証実験

8.1.1 先導実証実験の概要

先導実証実験では、V2N方式信号情報提供技術に関する信頼性（精度、遅延、可用性等）の確認を目標とする。

2024年度は構内実証実験を行うとともに、他のコンソ（日本信号コンソ、NTTデータコンソ）との連携のための準備を行った。

**目標：V2N方式信号情報提供技術に関する
信頼性（精度、遅延、可用性、・・・）の確認**

2024年度 先導実証実験準備

- ・ 構内実証実験（必要な事項がある場合）
- ・ 日本信号コンソ、NTTデータコンソ（JMDS）とのコンソ間連携の準備

2025年度 先導実証実験実施

- ・ 茨城県・奈良県における模擬車載機等使用公道実証実験の実施
 - ✓ コンソメンバー及びニーズ調査等を通じて選定した実験参加者による走行実験（開発者の検証及び**先行ユーザーレビュー**）
 - ✓ 模擬車載機等については、**スマートフォンを使用したもの（歩行者想定）**及び**PCを使用したもの（自動車想定）**を準備する想定
- ・ コンソ間連携の実施

図 8.1 先導実証実験の概要

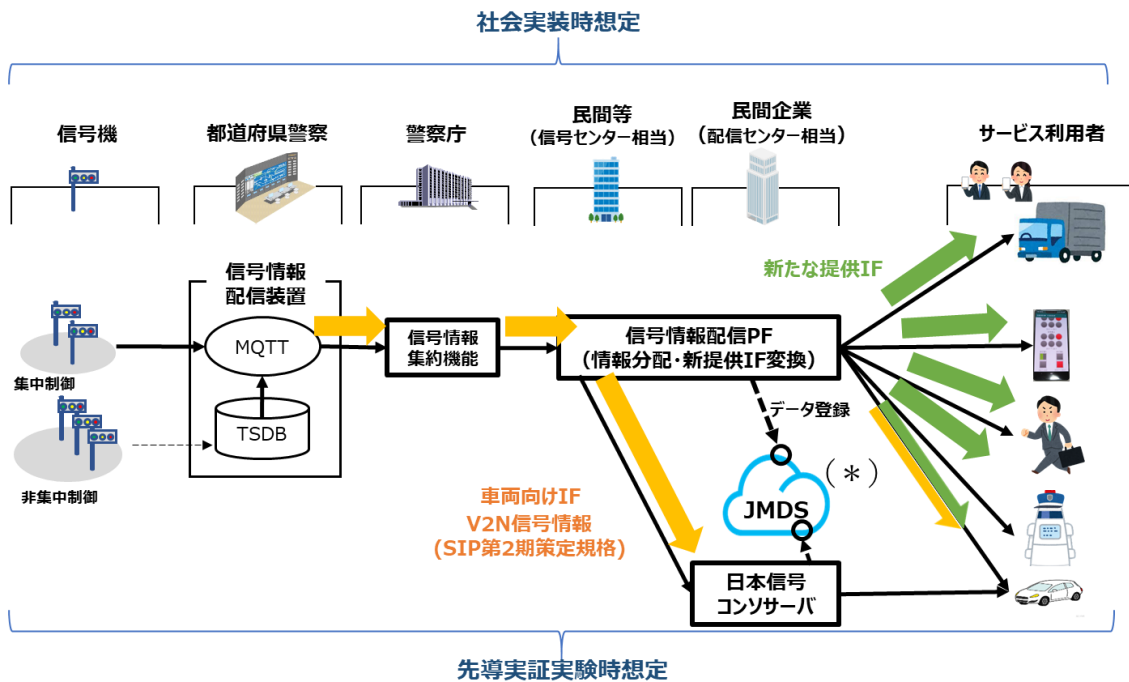
8.1.2 先導実証実験システム構成（案）【検討中】

先導実証実験システムの構成は、総合実証実験システムで使用する構成の基礎にもなるが、社会実装時の事業の全体像（図 7.2 参照）を模擬的に実現するという方針で検討を進めており、次の情報の流れを実現する予定である（図 8.2 参照）。

信号機 → 信号情報配信装置 → 信号情報集約機能 → 信号情報配信 PF（情報分配・新提供 IF 変換） → サービス利用者

同構成の中には、他コンソ（日本信号コンソ、NTTデータコンソ）との連携のための仕組みも組み込むこととしている。

集約機能と信号情報配信プラットフォームは、今回は実験ということから、1箇所（警察庁）に設置するサーバー群で実現する。



* JMDSとの連携については、実験対象交差点に関する交差点管理情報を登録。JMDSをポータルとして、信号情報配信PFにたどり着いてもらい、同PFから信号情報を提供。日本信号コンソは配信センター相当として連携。

図 8.2 先導実証実験システム構成 (案)

8.1.3 先導実証実験場所等

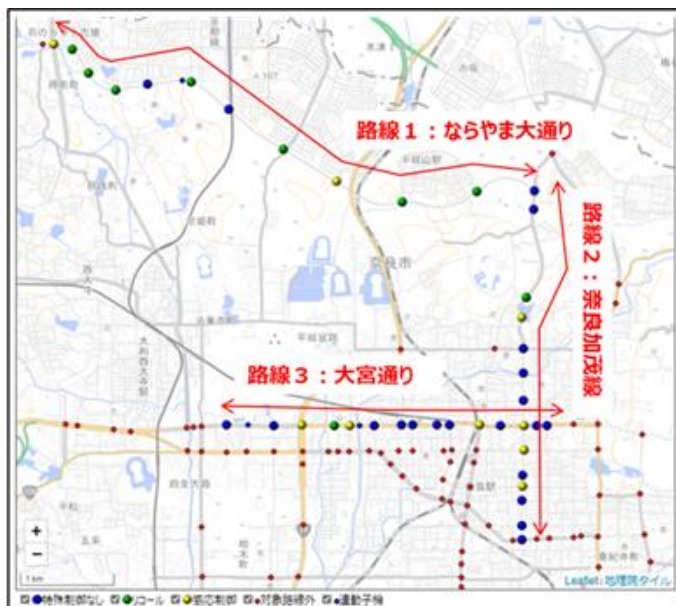
先導実証実験は、社会実装時に複数都道府県の情報配信装置を束ねる情報配信プラットフォームを構築する必要があることから、そのプロトタイプとして、奈良県及び茨城県の2県にまたがる実験システム構築を行っている(図8.3参照)。

奈良県は、SIP第2期で実験場所となった県であり、そのレガシーを活用する。一方、茨城県は新たに選定した場所であるが、対象となる信号制御機については、版4及び版5の双方の信号制御機が存在し、本研究開発の目的を達する上で、双方の信号制御機がバランスよく存在していることから、165交差点という従来なかった規模での実験を実施する予定である。

ここで、「双方に信号制御機」というのは、信号制御機(版5)は、従来からの1秒単位での制御を行ってきた信号制御機(版4)と、SIP第2期以来の研究成果により明らかになったV2N方式の信号情報提供の精度向上における必要性を踏まえた0.1秒単位での信号情報提供を可能にする新しいバージョンの信号制御機(版5)を指す。

信号制御機(版4)が管制センターからのネットワークを介した時刻同期であったのに対し、新しい信号制御機(版5)は、より精度の高いGPSによる時刻同期を採用している。

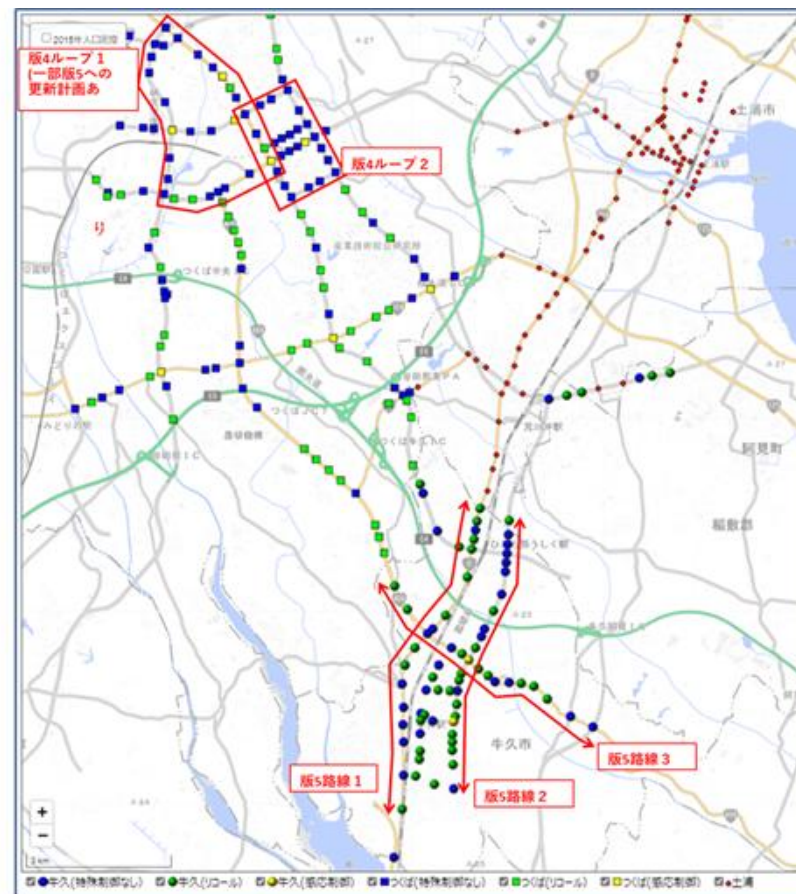
信号制御機(版5)の導入は、SIP第2期の研究成果を基に警察庁、都道府県警察が整備方針の変更を行った結果実現しているものであり、SIPがもたらした交通インフラのリデザインということができる。



奈良県（奈良市）・・・108交差点を予定

用語BOX

交通信号制御機（版4）：1秒単位で信号制御、交通管制センターから時刻同期。信号情報誤差は数秒以内。
 交通信号制御機（版5）：0.1秒単位で信号制御、GPSによる時刻同期。信号情報誤差は0.3秒以内。



国土地理院地図上にプロット。（埼玉大学 谷謙二研究室のサイトを利用）

茨城県（つくば市、牛久市）・・・167交差点を予定

図 8.3 先導実証実験場所等

8.2 総合実証実験

8.2.1 総合実証実験の概要

社会実装に向けたステークホルダーへの一層の訴求を図るため、ユーザーのユースケースに即した実証実験を実施することを構想している。ただし、今後、ユーザーとの協議が必要であるため、内容の詳細については変更も予想される。

なお、日本信号コンソ及びNTT データコンソ（JMDS）との連携については、本格期間においても、継続して実施する計画である。

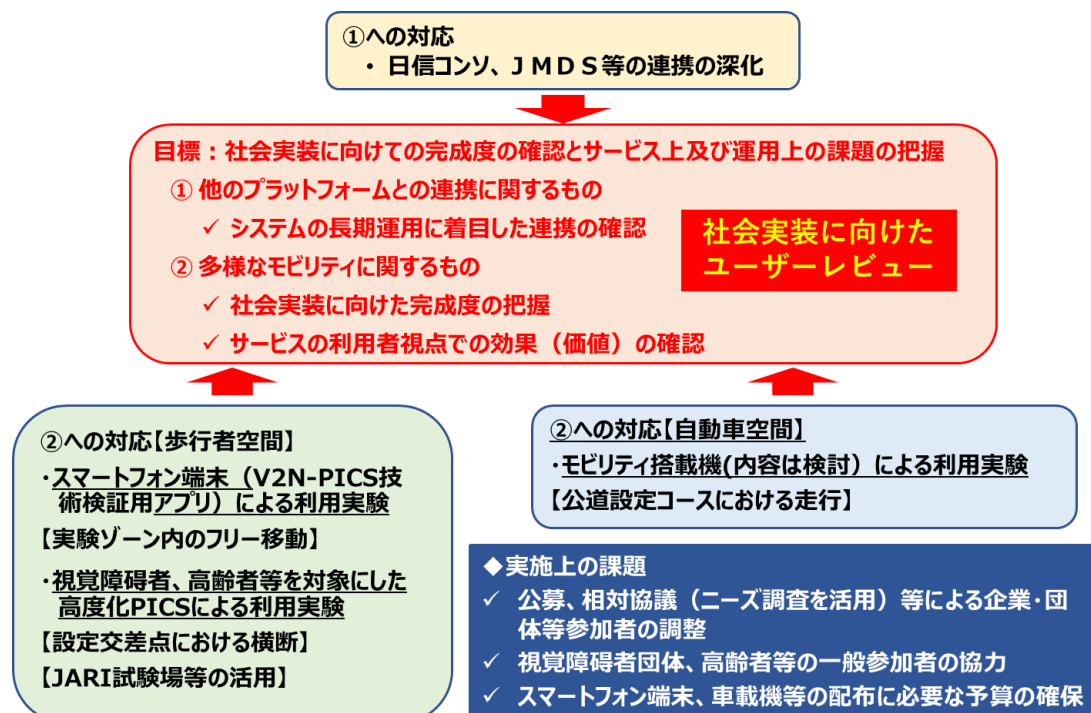







図 8.4 総合実証実験の概要

8.2.2 総合実証実験の類型

前項にも述べた通り、多様なモビリティを前提とした実証実験を行っていく場合、実験内容が細分化されていくことになるが、コスト的、日程的に現実的ではないため、最初にある程度の類型を示して、参加者を募集することを考えている（図 8.5 参照）。

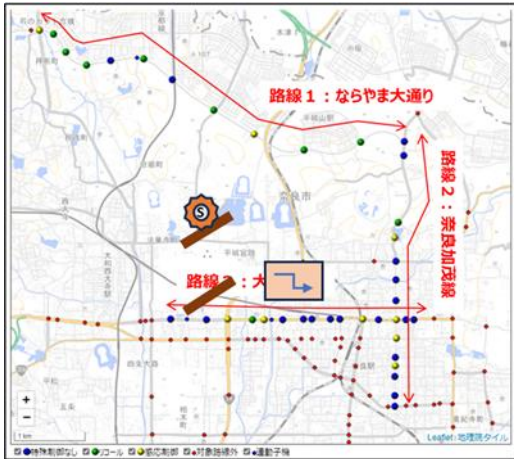
実験場所については、先導実証実験場所である奈良県及び茨城県に設定する実験フィールド、コースに各類型を割り付けて実施することを予定している。

加えて、遠隔において信号情報提供を受けることができる V2N 方式の信号情報提供の特性を活かして、例えば、自動運転車、デリバリーロボット等の遠隔監視センターにおいて、信号情報提供を受ける形での実証実験を更に実施していくことを想定している（図 8.6 参照）。

類型	実験方法	想定参加者	アイコン	実施場所
1	参加者が実装した信号情報活用アプリケーションを使用したテストコースの走行実験	【自動運転、デリバリーロボット等の自動車空間における信号情報の最終ユーザーを想定】		茨城、奈良、JARI
2	UTMS協会が準備した模擬車載機（PCタイプ又はスマートフォンタイプ）を使用したテストコースの走行実験	【地図提供事業者、モビリティ情報提供者等の信号情報のプロバイダーを想定】		茨城、奈良
3	UTMS協会が準備した模擬携帯機（スマートフォンタイプ、V2N-PICS）を使用した信号提供ゾーン内の移動実験	【一般歩行者、マイクロモビリティ等の歩行者空間における信号情報のユーザーを想定】		茨城、奈良
4	高度化PICS（改良版）を使用した交差点横断	【視聴覚障害者、高齢歩行者等を想定】		茨城
5	遠隔で信号情報提供を受けられることができるというV2N方式の利点を活かした屋内における信号情報提供サービス実験	【遠隔監視利用、広い層の体験を想定】 （認知の拡大を期待）		遠隔から（*）

* V2N方式の特性を活かし、遠隔監視センターやシンポジウム等での実施を検討。

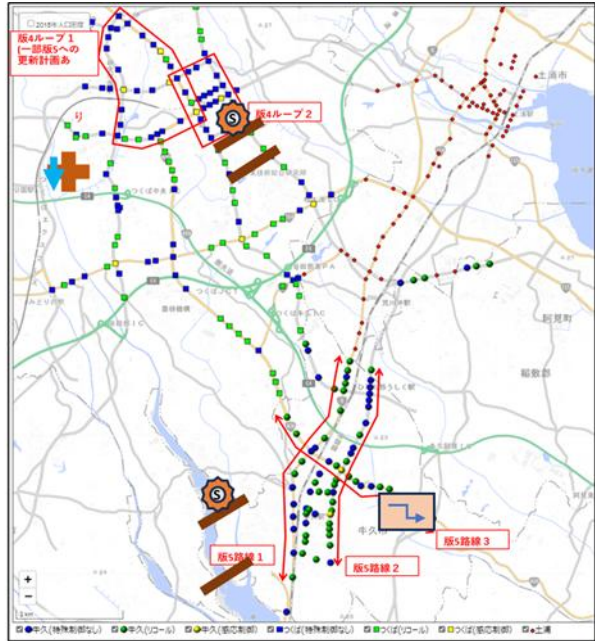
図 8.5 総合実証実験の類型



奈良県（奈良市）・・・108交差点を予定

遠隔屋内

：図8.5参照



国土地理院地図上にプロット。(埼玉大学 谷謙二研究室のサイトを利用)

茨城県（つくば市、牛久市）・・・167交差点を予定

図 8.6 総合実証実験の類型とアロケーション

9. 外的環境

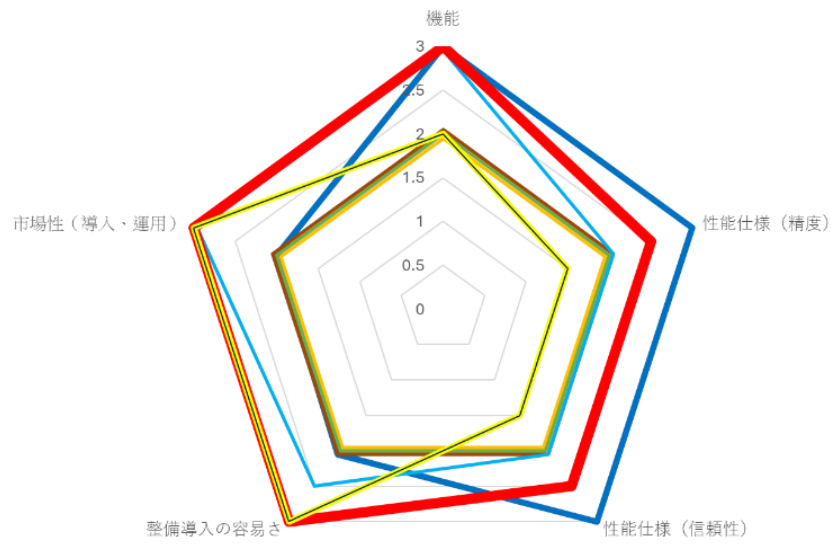
「12. 国際的取り組み」でも述べるが、海外においても、信号情報を含め、交通の安全・安心に関する技術開発、標準化等の推進が図られているところである。

その中で、2022年までのSIP第2期当時と比較し、多様なモビリティの普及を踏まえた、活動が顕著になっていると思われ、SIP第3期の方向性と軌を一にする潮流が世界的にも存在することを伺わせる。ここでは、SIP第2期のグローバルベンチマークを掲載するとともに（表9.1参照、図9.1参照）、現時点の評価を次に述べたい。

SIP第2期では、ITS無線路側機を使用したV2Iによる信号情報提供を世界に先駆けて実用化したところである。その資産を活かした、自動運転での信号情報利用についての取り組みは、東京臨海部の実交通環境に実装し、国内外オープンな参加者で実証実験を実施した（絶対時間導入、交通管制システムの0.1秒化等により、機能、精度等の面で、実用に十分なレベルを達成。）。これに、本事業の実証実験の実施を加えれば、多様なモビリティの対応等のメリットが加わり、その先行を確かなものにとできると想定している。

表 9.1 グローバルベンチマーク（2022年、SIP第2期）

評価軸	評価対象								評価の考え方
	SIP V2I	米 NY 市	米 SC 市	オー ストリア	中国	SIP V2N	米 TTS 社	米 CS 社	
方式	V2I	V2I	V2I	V2N V2I	V2N V2I	V2N	V2N	V2N	
機能	◎	○	○	○	◎	◎	○	○	残秒数、信号現示等の基本機能を満たしている場合は○、ユースケースの多い中国及び感応制御等の特殊制御に対応するSIPについては、加えて◎とした。
性能仕様 (精度保証)	◎	○	○	○	○	○ ↓ ●	△	△	我が国で既に商用化されているTSPSを基準として、同等程度と想定されるV2Iは○、やや劣るV2Nに△とした。自動運転を視野に精度の向上を図ったSIPについては、加えて、V2Iは◎、V2Nは○とした。ただし、SIPのV2Nについては、事業終了までに向上が見込めるため○→●とした。
性能仕様 (信頼性)	◎	○	○	○	○	○ ↓ ●	△	△	V2Iを○、通信キャリア等の車両までのルートに処理システムが多いV2Nを△とした。フェールセーフ機構を付加したSIPについては、加えて、V2Iは◎、V2Nは○とした。ただし、SIPのV2Nについては、事業終了までに、向上が見込めるため○→●とした。
整備導入の容易さ	○	○	○	○	●	◎	◎	◎	V2Iについては、規模拡大の相対的な困難性を考慮し、○とした。V2Nについては、米国で事業化が実現していることに鑑み、◎とした。中国については、それらの中間にあると考え●とした。
市場性導入運用	○	○	○	○	◎	◎	◎	◎	既に商用となっている米TTS社、CS社、5Gと親和性が高い中国を◎とした。SIPのうち、V2Nについては、既に商用となっている方式と類似していることから◎、V2Iについては、海外のV2Iと同程度と考え、○とした。



◎: 3 ●: 2.5 ○: 2 ▲: 1.5 △: 1で前スライドをグラフ化

図 9.1 グローバルベンチマーク (2022 年、SIP 第 2 期) レーダーチャート

10. 成果・進捗状況

10.1 進捗の概要

1 全体工程表

研究事項を2023年度～2025年度に実施し、先導実証実験で必要な技術の確立を確認する。2026年度、2027年度に、多様なモビリティをユーザーとして取り込み、総合実証実験で信号情報提供プラットフォームの効果を具体的に検証する計画で事業を推進している。

2024年度末時点において、事業は予定通り進捗している。

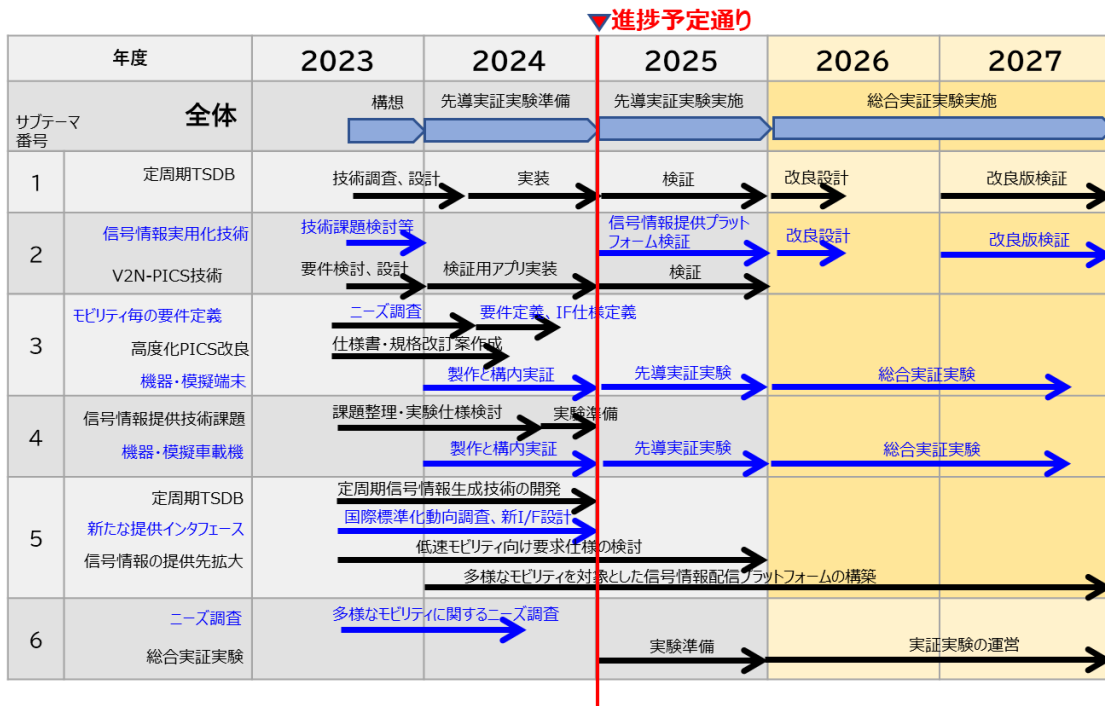
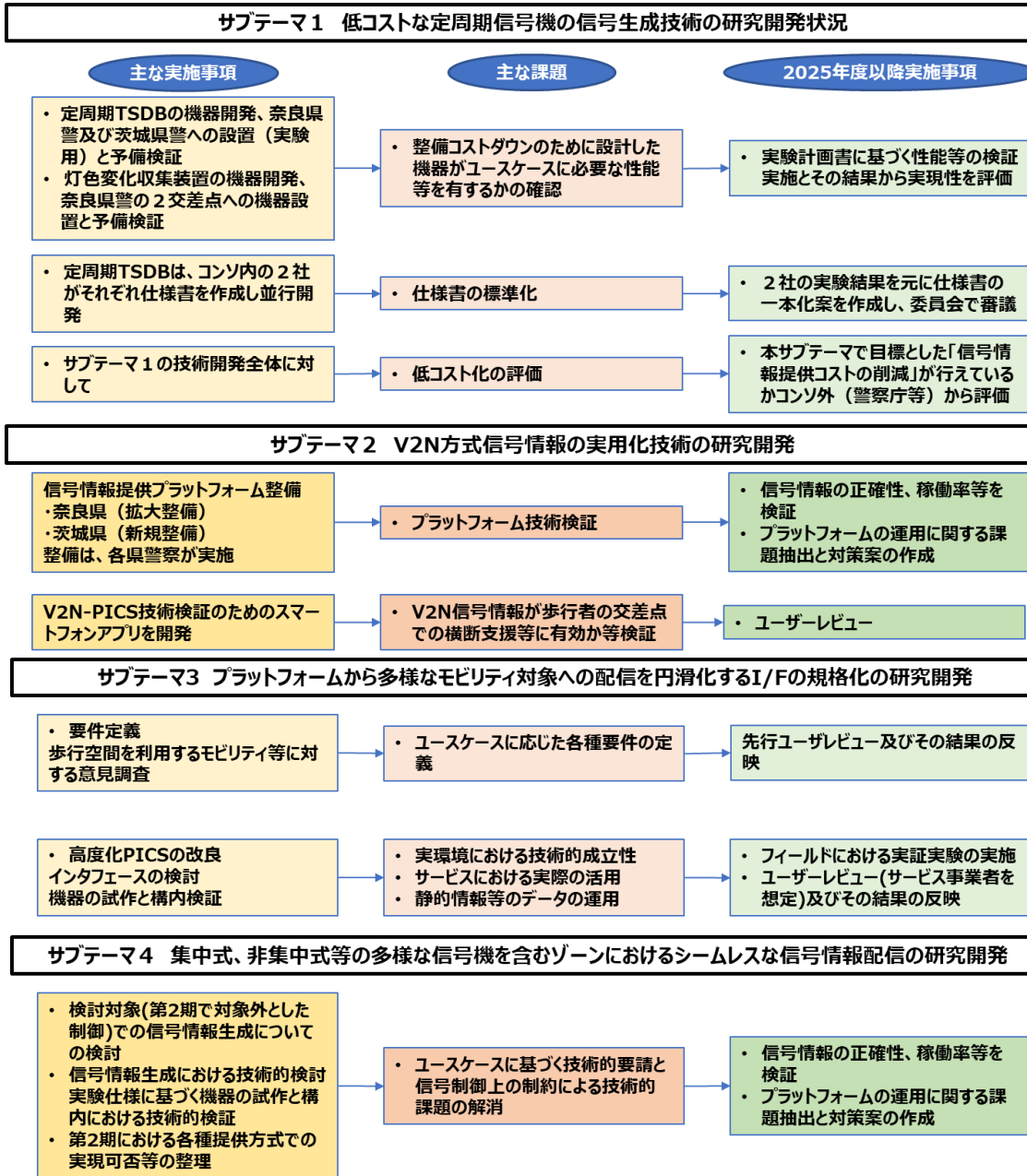
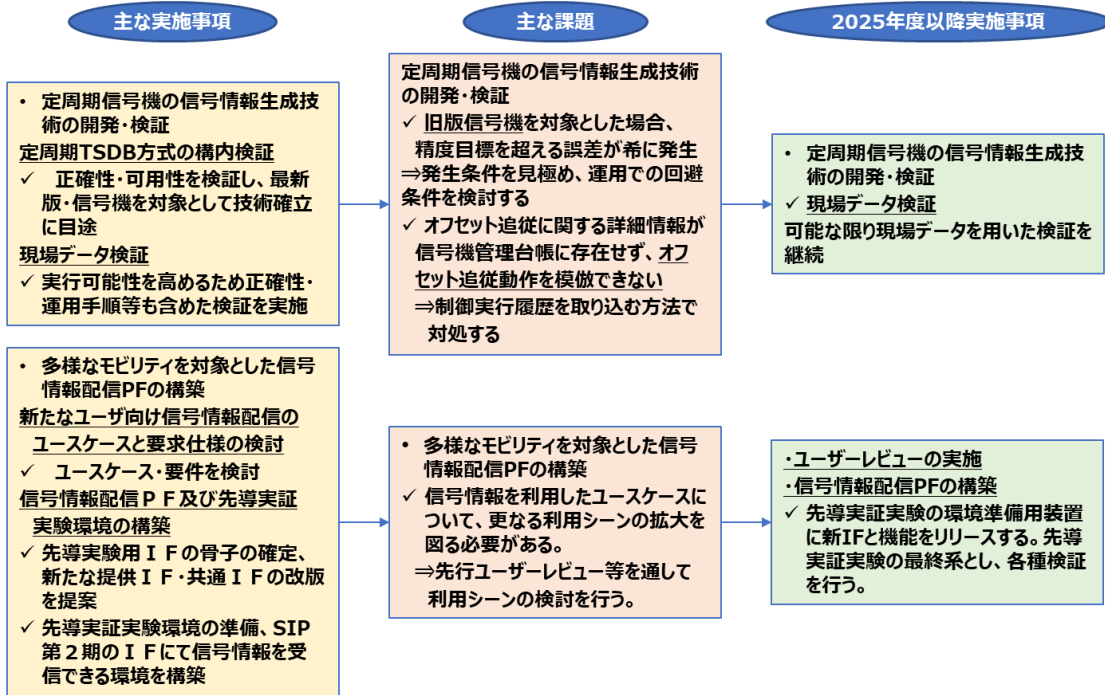


図 10.1.1 全体工程

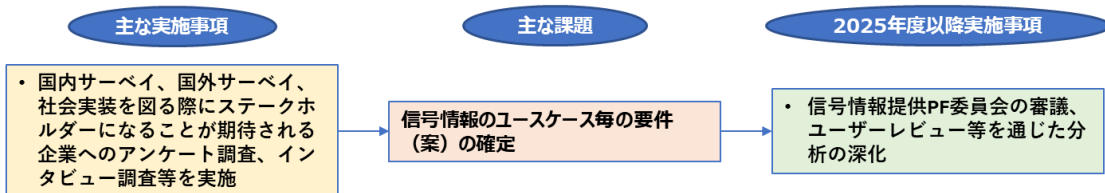
2 各サブテーマの主な実施事項、主な課題、2025年度以降の実施事項



サブテーマ5 定周期信号制御機の信号情報データベースならびに信号情報配信先の用途拡大の研究開発



サブテーマ6 交通信号情報提供プラットフォームの多様なニーズ等に関する研究



10.2 サブテーマ1 「V2N方式による汎用的な交通信号情報提供プラットフォームに関する研究開発（低コストな定周期信号機の信号情報生成技術の研究開発）」

1 実施内容の概要

日本全国の交差点に整備されている約21万基の信号制御機のうち、約7割は管制センターに接続されない定周期信号機である。SIP第2期では、定周期信号機の信号情報提供を行うV2N方式として、制御機方式を考案し検証を行ってきたが、実用化に向けてはコスト面・技術面での課題が指摘されている。そのため、本サブテーマでは、定周期信号機の信号情報を新たな方法により、より低コストで一定の正確性を確保した上で提供できることを検証する。なお、自動運転以外のユースケースも想定し、その場合には、信号情報に対する性能要件は、緩和できることを加味して開発を進める。このシステムを「定周期TSDB (Traffic Signal information Database)」と呼ぶ。

2024年度は、2023年度に作成した定周期TSDB仕様書(案)及び灯色変化収集装置仕様書(案)に基づき、各機器を開発し、実証実験が行われる奈良県警及び茨城県警に設置した。さらに、2025年度から始まる先導実証実験の準備として、予備検証を実施し、目標性能を実現できる見込みがあることを確認した。

2 実施内容

(1) 装置構成

2023年度に定周期信号機の信号情報提供コストの低減を行う方策として、信号制御機の仕様、実施する信号制御の内容に応じて3つの構成に分けて、装置の構成、性能目標、コスト目標を設定した(図10.2.1、表10.2.1及び表10.2.2参照)。2024年度は、新たに設置が必要となる定周期TSDB及び灯色変化収集装置の開発を行った。

表 10.2.1 装置構成一覧

番号	適用可能交差点	構成	性能目標	コスト目標
①	信号制御機(版4)でかつ系統制御が行われかつ、FMラジオ等による時刻同期が行われる交差点	定周期TSDB	△	○
②	信号制御機(版5)でかつ系統制御が行われかつ、GPSによる時刻同期が行われる交差点	定周期TSDB	○	○
③	信号制御機(版4又は版5)で定周期制御、またはリコール制御が行われる交差点	灯色変化収集装置 LTE回線 定周期TSDB	○	△

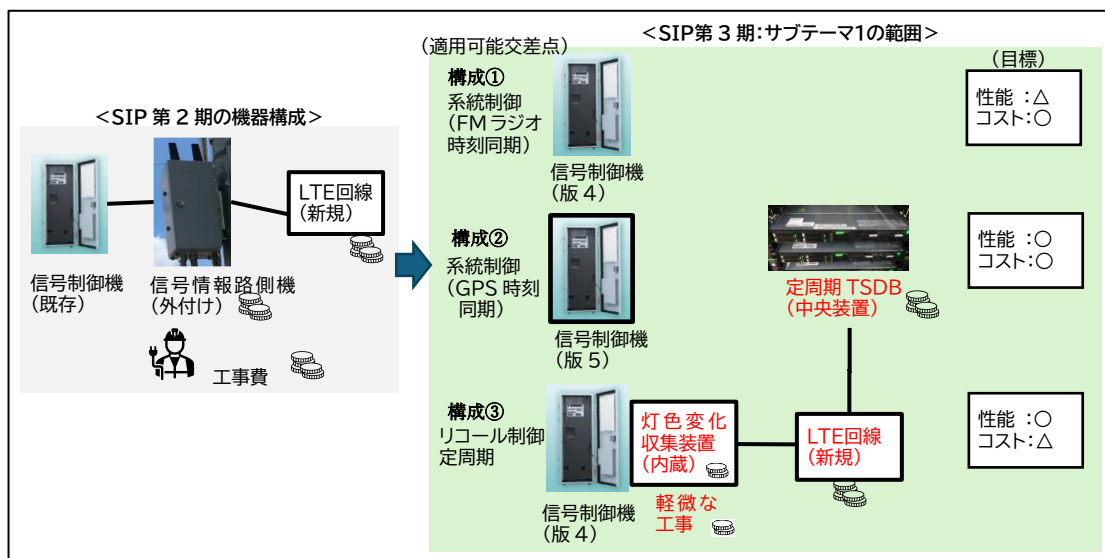


図 10.2.1 定周期 TSDB 装置構成図

表 10.2.2 コスト目標、性能目標に関する説明

項目	区分	説明
コスト目標	○	定周期 TSDB だけで信号情報提供が可能のため最も低コストである。交差点毎の装置は不要。交差点毎の設定費用と信号情報の検査費用が発生する。
	△	上記の他に灯色変化収集装置とその設置費用が発生する。さらに LTE 回線費用が継続的に発生する。
性能目標	○	自動車工業会の自動運転要件のうち、信号情報誤差 300ms 以内を満足する。ただし、信号制御機に回線で接続していない場合は、故障検出はできない。
	△	信号制御機の時計精度が信号情報誤差に影響する。自動運転以外のユースケースでの信号情報利用を想定し、性能が低い (2 又は 3 秒以下を想定) 信号情報も小さいコストで整備できれば有用との前提である。

(2) 各装置の実装と機能試験

定周期 TSDB は、本サブテーマで新規に開発している。定周期 TSDB は、Linux が動作する IA サーバーにデータベースソフト Oracle と本サブテーマで開発した応用プログラムを搭載している。定周期 TSDB の機能と試験結果を表 10.2.3 に示す。現地試験では構成①から構成③で実施しているが、構成③のリコール制御については、2025 年度以降を予定しているため、2024 年度末の時点では未実施である。

灯色変化収集装置は、自社で保有する技術を用いて実装している。ハードウェアは、制御部、灯色の状態を計測する CT センサ、CT センサの信号をデジタルに変換する AD モジュールから構成される。図 10.2.2 にこれらの写真と信号制御機への実装イメージを示す。本サブテーマでは、通信セキュリティを確保するため MQTTS (MQTT over TLS : MQTT を TLS により暗号化する) への対応を行った。灯色変化収集装置の機能と試験結果を表 10.2.4 に示す。

表 10.2.3. 定周期 TSDB の機能（可否判定）と試験結果

機能		構内試験結果	現地予備試験結果
灯色変化情報収集	サイクル開始判定	○	○
	リコール現示実現判定	○	2025 年度予定
サイクル開始時刻算出		○	○
ステップ秒数算出	パターン番号判定	○	○
	実行ステップ秒数算出	○	○
	ステップ秒数蓄積	○	○
信号情報生成	サイクル開始時の方路毎 信号情報生成	○	○
	リコール現示判定時の方 路毎信号情報生成	○	2025 年度予定
信予定情報送信		○	○
定数管理	パターン切替時限表管理	○	○
	パターン時限表管理	○	○
	現示階梯表管理	○	○
	車両方路定義表管理	○	○
	歩行者方路定義表管理	○	○
時刻管理		○	○

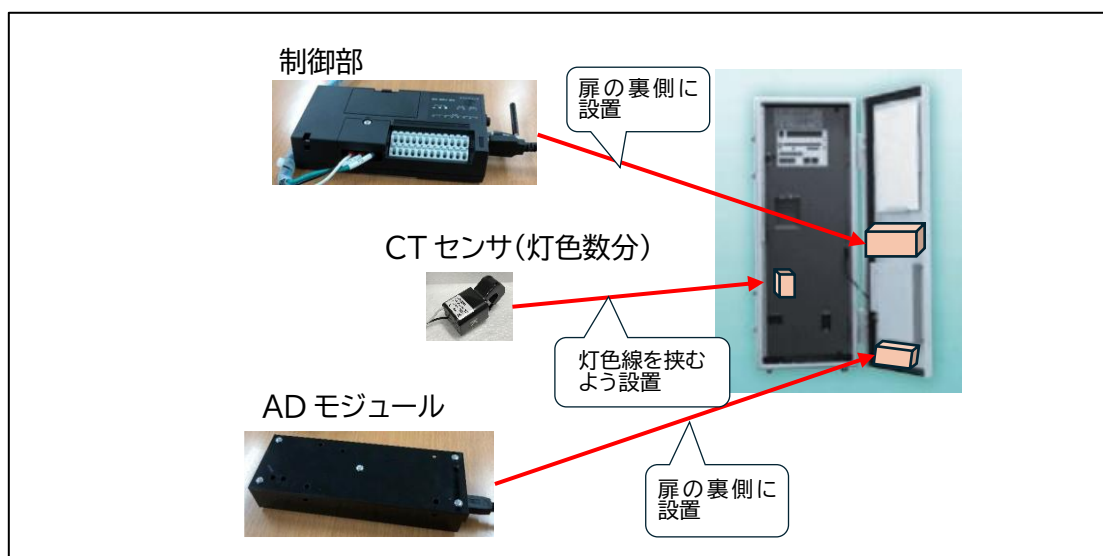


図 10.2.2 灯色変化収集装置の構成要素と制御機への実装例

表 10.2.4 灯色変化収集装置の機能（可否判定）と試験結果

機能	構内試験結果	現地予備試験結果
時刻同期	○	○
灯色判定	○	2025 年度予定
灯色変化判定	○	○
灯色変化情報の送信	○	○
実験用機能（定数設定、データ蓄積）	○	○

(3) 予備検証結果

2025 年度の先導実証実験に向けて、奈良県の現地交差点で模擬車載機と灯器を 10 サイクル間、60pfs のフレームレートで動作撮影し、灯色変化タイミングの差を信号情報誤差として計測した。計測回数は少なく、オフセット追従時は含まれないが結果は良好であり、先導実証実験の準備ができていると判断する。

表 10.2.5 予備検証結果

構成	信号制御機			灯色変化 収集装置	現地検証 交差点数	信号情報誤差 計測結果(注 ¹)	目標性能
	版	時刻同期	動作				
②	版 5	GPS	系統	/	2	-94~96ms	±300ms 以下
①	版 4 以前	FM ラジオ	系統	/	2	749~866ms	±2 秒以下
②	版 4 以前	FM ラジオ	系統	○	1	-63~110ms	±300ms 以下
③	版 4 以前	なし	定周期	○	1	-95~62ms	±300ms 以下

(注¹) + の値は、信号情報が遅いことを示す。

3 2025 年度計画

(1) 先導実証実験

定周期 TSDB の実現性を評価するため、主な検証項目を以下に示す。UTMS 協会が設置した信号情報提供プラットフォーム委員会で、十分な検証が行えているか、目標が達成されているかなどの審議を予定している。

表 10.2.6 定周期 TSDB に関する先導実証実験の検証項目

検証項目	内容
信号情報精度の確認	装置の構成 (①~③) 毎の信号情報の誤差を確認。 (オフセット追従時の精度確認含む)。
特殊な信号制御の確認	リコール制御を実施する交差点 (対象交差点の追加) の検証。
安定した信号情報提供の確認	長期間での安定した信号情報の確認 (特に LTE 回線を使用する交差点の実力値)
提供可能な最大交差点数の考察	1 交差点あたりの処理時間から、提供可能な最大交差点数を考察
導入、保守に関する課題の有無	導入時の設定や検証に必要な情報の入手性、導入後の保守業務に関する警察庁、県警との意見交換による課題の確認

(2) 定周期 TSDB 仕様書の標準化

本研究では研究開発のスピードを重視し、研究開発を進める 2 社がそれぞれ作成した仕様書を基に機器を開発し、先導実証実験を行う。実証実験の結果に基づき、仕様書を一本化し、標準仕様書 (案) を作成し、信号情報提供プラットフォーム委員会で審議する。現時点で想定される検討項目を表 10.2.7 に示す。

表 10.2.7 定周期 TSDB 仕様書の標準化のための検討項目

項目	検討項目
機器構成	実験結果を元に灯色変化収集装置の必要性を判断し、標準仕様書（案）として採用するかどうかを審議する。
定周期 TSDB 機能	リコール制御を実施する交差点に対して、リコール制御を実施しない時間帯だけ信号情報を提供する機能を採用するかどうかを審議する。本機能を実際に適用できる交差点数の事前調査が必要。
その他	信号情報精度を得るために有用な実現手段がある場合、仕様書に記載するか否かを審議する（必須機能か、実現方法の1つかの判断）。

(3) 低コスト化の評価

コスト試算を行い、本サブテーマで目標とした「信号情報提供コストの削減」が行えているか警察庁に評価を受ける。整備する交差点数や灯色変化収集装置の有無で整備費用が変わるため、事前に整備モデルを検討し、整備モデルに対してコスト試算を行う。低コスト化の評価の考え方を表 10.2.8 に示す。

表 10.2.8 低コスト化の評価の考え方

項目	コスト試算方法
装置構成毎のコスト試算	1 交差点の信号情報提供コストは、灯色変化収集装置の有無で変わるため、装置構成毎に算出する。灯色変化収集装置は、初期費用の他毎月 LTE 回線費用が必要となる。
整備数を前提としたコスト試算	整備数が少ない場合、1 交差点あたりの開発費の負担が大きくなる。そのため、整備モデル（5 年程度の整備数）を前提としたコスト試算が重要と考える。
SIP 第 2 期からのコスト低減状況	S I P 第 2 期の機器構成によるコスト試算と S I P 第 3 期によるコスト試算を比較し、本研究開発によるコスト低減の成果を確認する。

10.3 サブテーマ2 「V2N方式による汎用的な交通信号情報提供プラットフォームに関する研究開発（V2N方式信号情報の実用化技術の研究開発）」

1 実施内容の概要

SIP第2期においてV2N方式による自動運転車両向けの信号情報提供の研究開発を行い一定の成果が確認されている。SIP第3期の研究開発では、自動運転車に加えて、歩行者や一般の自動車を含む様々な交通主体が信号情報を活用し、安全で、環境にやさしく、公平でシームレスな移動を実現するためのプラットフォームの実用化のための研究開発を行う。2024年度は、2025年度以降実施される先導実証実験、総合実証実験のためのシステム整備を行った。

また、自動運転以外のユースケースの実用化に向けて、歩行者の交差点での横断支援を目的としたV2N-PICS技術の研究開発を進めている。2024年度は先導実証実験において技術検証を行うため、スマートフォンアプリケーションの開発を行った。

2 実施内容

(1) 信号情報提供プラットフォームのシステム構成（県警察側）

サブテーマ2では図10.3.1に示す信号情報提供プラットフォームのうち県側のシステム整備を行った。この図にはサブテーマ1で開発した定周期TSDBと検証のための機器を含んでいる。また新規装置とは信号情報提供に必要な機器であり、SIP第2期で整備済みのものを含めている。

システムを構成する各機器が準拠する仕様書、規格書を表10.3.1に示す。SIP第2期、及び第3期で作成された仕様書案、規格書案に基づき開発されている。信号情報配信装置は、SIP第2期の課題への対応として、リコール制御交差点の信号情報提供を改良している。

表 10.3.1 各機器が準拠する仕様書、規格書

名称	作成時期	参照する機器
信号情報配信装置 仕様化検討提案書 (2024年度改訂案) 版4	SIP 第3期	信号情報配信装置
V2N信号情報共通メッセージ規格	SIP 第2期	信号情報配信装置、定周期TSDB、信号制御機(集中方式)、実験用接続装置
端末制御ブロック-信号情報配信装置間 通信アプリケーション規格(案)	SIP 第2期	信号情報配信装置、端末制御ブロック
信号情報配信装置-信号情報集約システム間 通信アプリケーション規格(案)	SIP 第2期	信号情報配信装置、実験用接続装置

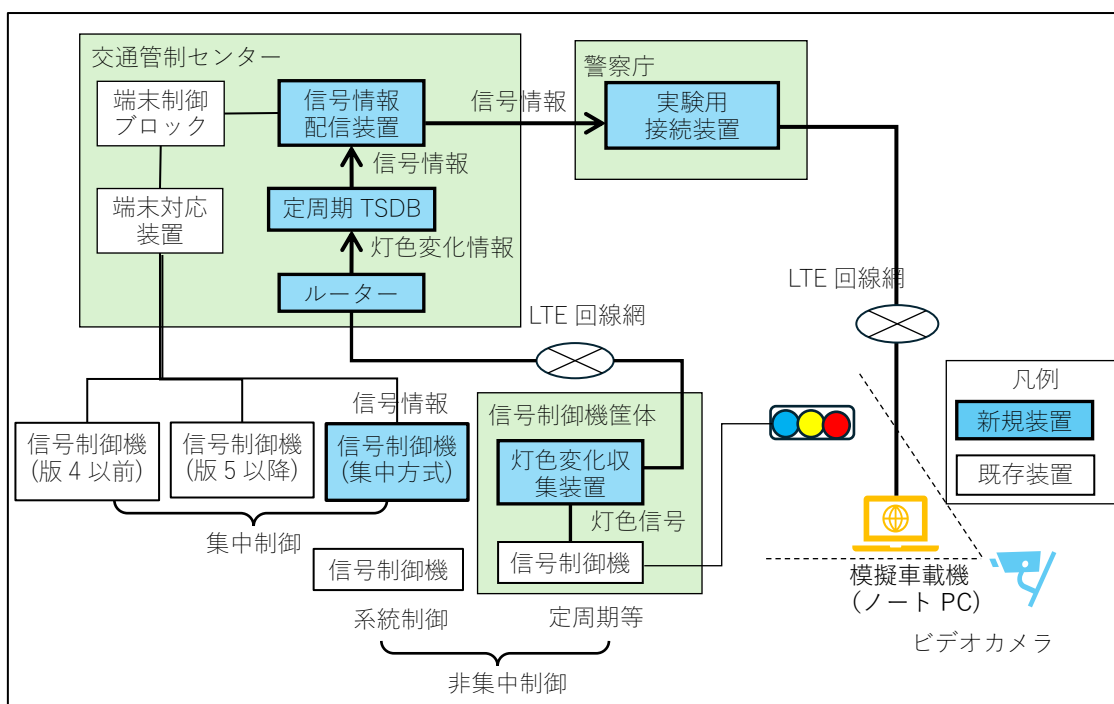


図 10.3.1 信号情報提供プラットフォームと検証機器のシステム構成図 (概略図)

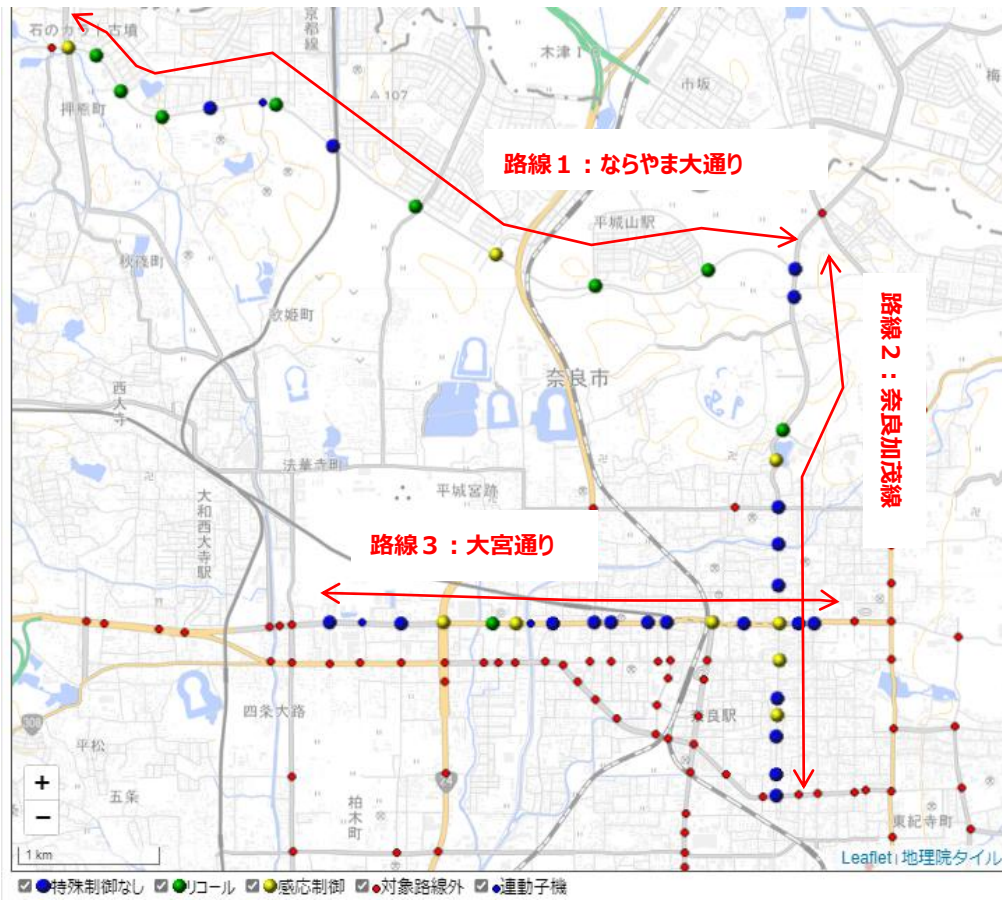
(2) 信号情報提供プラットフォーム整備状況 (奈良県)

SIP 第2期で実証実験が行われた奈良県では、整備されたシステムを SIP 第3期においても活用するため、信号情報配信装置の改良と2つの実験路線の追加が行われた。表 10.3.2 以下に信号情報提供プラットフォーム整備状況を示す。また、試験走行路線の

交差点構成を表 10.3.3 に示す。走行試験路線で提供される信号情報は、すべて版 5 の信号制御機の交差点であるため、信号情報の誤差が 300ms 以下で提供される見込みである。

表 10.3.2 信号情報提供プラットフォーム整備状況（奈良県）

整備項目	整備内容	備考
信号情報配信装置	リコール制御（押ボタン、半感応式交差点）の信号情報提供の改良等	
信号制御機の版 5 への更新	5 交差点	ユースケースの観点での検証用
信号情報提供交差点数	108 交差点	信号情報生成の観点での検証用（多種、多様な交差点での検証）
走行試験路線数・交差点数	3 路線・32 交差点	ユースケースの観点での検証用



国土地理院地図上にプロット（埼玉大学 谷謙二研究室のサイトを利用）

図 10.3.2 走行試験路線（奈良県）

表 10.3.3 試験路線の交差点構成（奈良県）

	路線 1： ならやま大通り	路線 2： 奈良加茂線	路線 3： 大宮通り
路線長	5.9km	3.8km	3.4km
交差点数	13	14	17
特殊制御なし	3	9	10
リコール制御	7	1	1 ⁽¹⁾
感応制御	2	4 ⁽¹⁾	4 ⁽¹⁾
連動子機	1 ⁽¹⁾	0	2 ⁽¹⁾
版 5 信号制御機数/信号情報提供交差点数	12/12	10/10	10/10
備考	2022 年度整備済	新規整備	新規整備

注⁽¹⁾ 信号情報提供されない交差点数を示す。以下の場合が該当する。

リコール制御：信号制御機が版 4 以前の場合は提供できない。

感応制御：V2N 信号情報提供の集中方式に対応した信号制御機以外では提供できない。

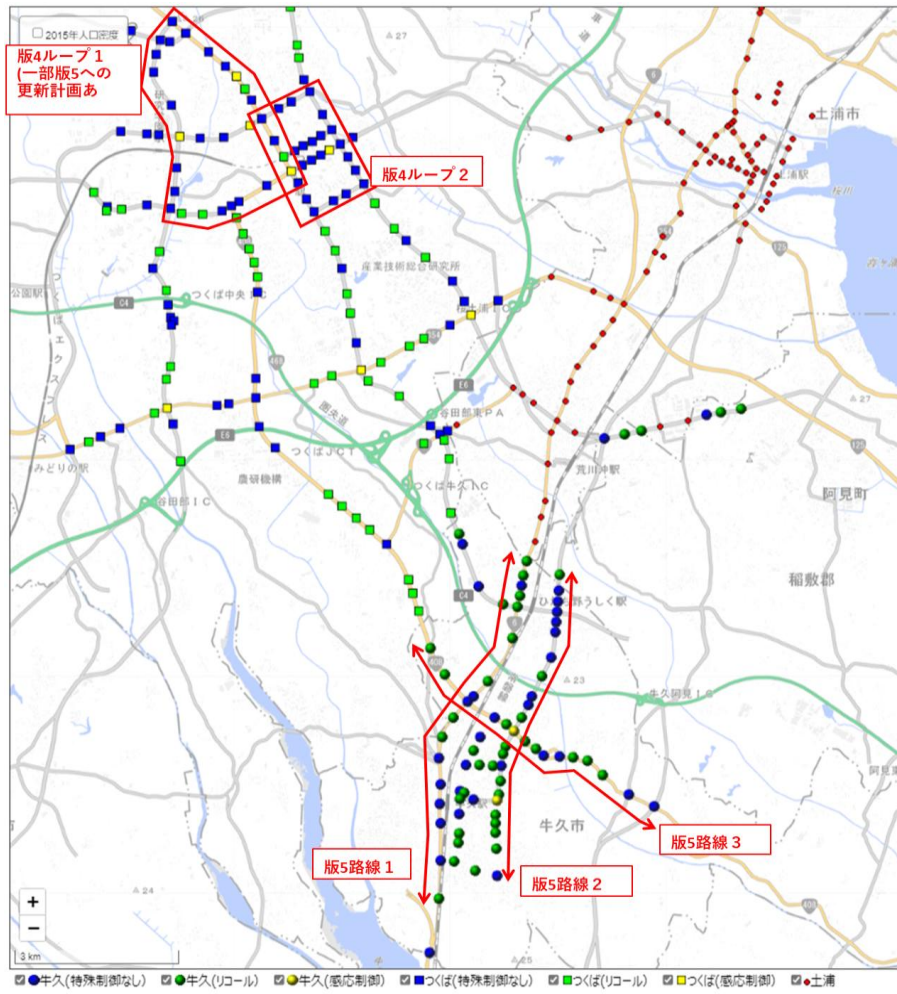
連動子機：現時点では連動子機の信号情報提供はできない。

(3) 信号情報提供プラットフォーム整備状況（茨城県）

SIP 第3期では関東エリアでの実証実験場所として茨城県において信号情報提供プラットフォームの整備を行った。表 10.3.4 以下に信号情報提供プラットフォーム整備状況を示す。また、試験走行路線の交差点構成を表 10.3.5 に示す。つくば市の2路線は版4の信号制御機が多いため、信号情報誤差が数秒以内となることを許容することを前提に整備している。これらの路線では自動運転以外のユースケースの検証を想定する。一方、牛久市の3路線はすべて版5の信号制御機で動作しているため、300ms以下の信号情報誤差で提供される見込みであり、すべてのユースケースを対象とした検証が行える。

表 10.3.4 信号情報提供プラットフォーム整備状況（茨城県）

整備項目	整備内容	備考
信号情報配信装置	新規整備	
信号制御機の版5への更新	8 交差点	ユースケースの観点での検証用
信号情報提供交差点数	167 交差点	エリア内の集中制御交差点の信号情報提供の実現（一部の提供できない交差点を除く）
走行試験路線数・交差点数	5 路線・91 交差点	ユースケースの観点での検証用



国土地理院地図上にプロット（埼玉大学 谷謙二研究室のサイトを利用）

図 10.3.3 走行試験路線（茨城県）

表 10.3.5 試験路線の交差点構成（茨城県）

	路線 1： つくば版 4 ループ 1	路線 2： つくば版 4 ループ 2	路線 3： 牛久版 5 路線 1	路線 4： 牛久版 5 路線 2	路線 5： 牛久版 5 路線 3
路線長	9.6km	6.0km	7.5km	5.7km	5.3km
交差点数	25	18	21	23	15
特殊制御なし	18	16	9	10	5
リコール制御	2+ 2 ⁽¹⁾	1	10	11	9
感応制御	3 ⁽¹⁾	1 ⁽¹⁾	0	2 ⁽¹⁾	1 ⁽¹⁾
連動子機	0	0	2 ⁽¹⁾	0	0
版 5 信号制御機数/信号情報提供交差点数	8/20	0/17	18/19	21/21	14/14

注⁽¹⁾ 信号情報提供されない交差点数を示す。以下の場合が該当する。

リコール制御：信号制御機が版 4 以前の場合は提供できない。

感応制御：V2N 信号情報提供の集中方式に対応した信号制御機以外では提供できない。

連動子機：現時点では連動子機の信号情報提供はできない。

(4) V2N-PICS 技術の検証のためのスマートフォンアプリケーション開発

自動運転以外のユースケースの実用化に向けて、歩行者の交差点での横断支援を目的とした V2N-PICS 技術の研究開発を進めている。2023 年度に V2N-PICS 技術の検証を目的に、アプリケーション仕様書案が作成されている。2024 年度は、仕様書案に基づき V2N-PICS 検証用スマホアプリケーション（以下「V2N-PICS 検証用スマホアプリ」という。）を開発した。2025 年度の先導実証実験にむけて、奈良県において V2N-PICS 検証用スマホアプリの予備検証として機能検証、性能検証を実施した。

ア V2N-PICS 検証用スマホアプリの予備試験概要

V2N-PICS 検証用スマホアプリは、交差点に接近すると図 10.3.4 に示す画面で、歩行者灯器の灯色・残秒数や、余裕のある横断可否の表示を行う。また、通知音や振動による通知も可能である。表 10.3.6 に示す予備試験を実施した。

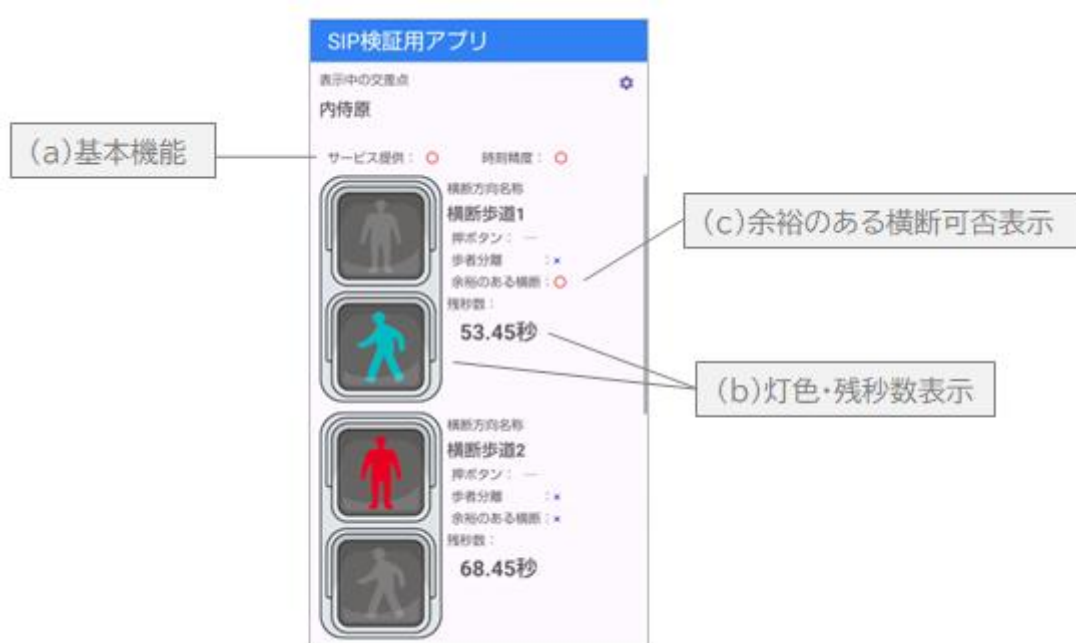


図 10.3.4 V2N-PICS 検証用スマホアプリの画面例（信号表示画面）

表 10.3.6 V2N-PICS 検証用スマホアプリの予備試験

機能項目	機能概要	試験方法
基本機能	サービス開始/終了が適切に行えること。事前に設定した方向だけの情報提供ができること。	画面表示の確認
灯色・残秒数表示	横断方向毎の信号灯色及び残秒数の表示が正しいこと。 (最小残秒数を表示すること。)	映像による精度検証
余裕のある横断可否	歩行速度設定（おそい・ややはやい・はやい）に合わせて「余裕のある横断」を表示できること。	画面表示の確認
音振通知	音振（通知音・振動）でスマートフォンアプリ利用者（歩行者）へ通知できること。	音振の確認

(ア) 画面表示・音振の確認（基本機能、余裕のある横断可否、音振通知）

基本機能、余裕のある横断可否の画面表示を確認した。音振機能は青点灯表示に連動して機能することを確認した。表 10.3.5 に画面表示の確認例を示す。



図 10.3.5 画面表示の確認例

(イ) 映像による検証方法（灯色・残秒数表示）

図 10.3.6 に、映像による検証のための機器配置を示す。NTP 時刻同期したノート PC 画面に現在時刻をミリ秒単位で表示し、歩行者用信号灯器 (LED) と、V2N-PICS 検証用スマホアプリ画面と合わせて、ビデオカメラにより 60fps で撮影する。撮影した映像から、歩行者用信号灯器 (LED) と V2N-PICS 検証用スマホアプリ画面の灯色変化タイミングの時刻をデータ化し、灯色表示の精度を確認する。

図 10.3.7 に灯色変化時刻の計測タイミングを示す。

残秒数表示は、0 秒まで計時したタイミングで、次灯色に変化し、次灯色の残秒数に表示更新されることを確認する。

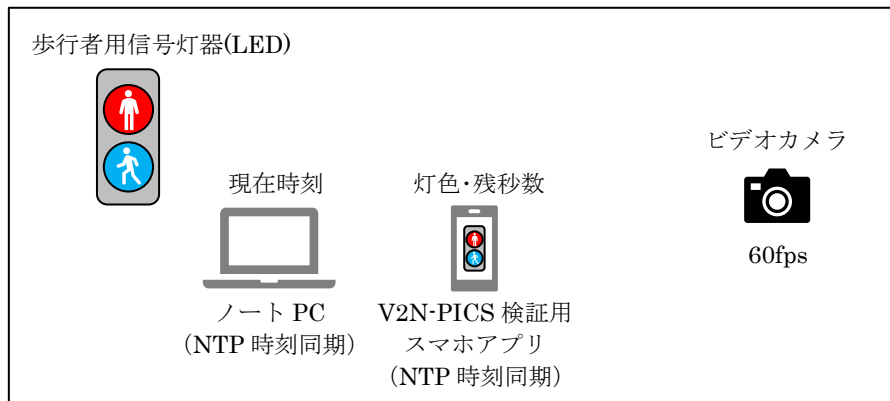


図 10.3.6 映像による検証時の機器配置

ステップ 灯色 /サイクル開始時刻	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1				⚡						
1 P										
2									⚡	
2 P										
13:30:01.0	40.0	10.0	3.0	4.0	3.0	15.0	15.0	3.0	4.0	3.0
13:31:41.0	40.0	10.0	3.0	4.0	3.0	15.0	15.0	3.0	4.0	3.0
13:33:21.0	40.0	10.0	3.0	4.0	3.0	15.0	15.0	3.0	4.0	3.0

↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑
主道路撮影時の計測タイミング 従道路撮影時の計測タイミング

図 10.3.7 灯色変化時刻の計測タイミング

(ウ) 灯色・残秒数表示の検証結果

表 10.3.7 に灯色・残秒数表示の検証結果概要を示す。歩行者用信号と、V2N-PICS 検証用スマホアプリ画面の灯色変化タイミングの時刻差異は-95~188msec で、歩行者用途としては十分な精度であることが確認できた。

表 10.3.7 灯色・残秒数表示の検証結果概要

検証項目	検証方法	検証交差点数 (信号制御機)	検証灯色 変化タイ ミング数	結果	備考
灯色表示	映像 データ	3 (版5)	67	-95~188msec	60fps ビデオ撮影のため、計測誤差は±30msec程度と推測
残秒数表示	映像 データ	3 (版5)	67	0秒まで計時したタイミングで次灯色に変化	次灯色への変化後の秒数表示も問題なし

歩行者用信号と、V2N-PICS 検証用スマホアプリ画面の表示誤差分布を図 10.3.8 に示す。

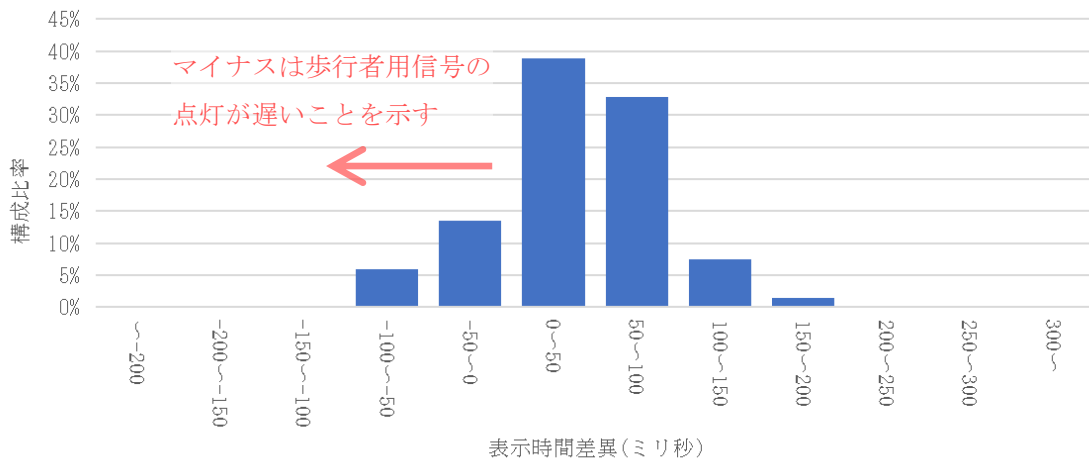


図 10.3.8 検証用スマホアプリの表示誤差分布

3 2025 年度計画

(1) 信号情報提供プラットフォーム技術検証

信号情報提供プラットフォームの要件である信号情報の正確性に加え、稼働率、信号機等の故障の影響を検証する。また、SIP 第 2 期の課題に対して、適切な対応が行われたことを確認する。

サブテーマ 4 で実施されているリコール 2、リコール 3 機能を用いた交差点の信号情報提供の検討と連携し、実データによる管制方式の検討を行う。

(2) 信号情報提供プラットフォームの運用に関する検証

SIP 第 3 期では、サービス開始前の信号情報利用者へ向けた情報発信として、「V2N 信号情報」利用ガイド編(案)、「V2N 信号情報」地図との紐づけ編(案)等を作成した。信号情報利用者が信号情報を利用したアプリケーションを作成できるよう 2025 年度も情報発信を継続する。

また、サービス開始後の問合せ対応等の運用に関する検証を行い、出てきた課題を整理し、2026 年度からの総合実証実験に向けて対応策を作成する。

(3) 信号情報提供先の多様化

信号情報提供プラットフォーム委員会の委員等に、実交差点において、V2N-PICS スマートフォンアプリケーションを試用してもらい、実用化が可能か評価する。実用化が可能な場合は、V2N-PICS 技術を活用した歩行者支援サービス開始にむけ、関係者との検討を進める。

10.4 サブテーマ3 「V2N方式による汎用的な交通信号情報提供プラットフォームに関する研究開発（プラットフォームから多様なモビリティ対象への配信を円滑化するI/Fの規格化の研究開発）」

1 実施内容の概要

SIP第1期では、V2I方式による自動運転車両向けの信号情報提供の研究開発が行われ、実際に信号情報を利用する自動車メーカーと連携して、要件定義、メッセージセット等の検討を行ってきた。また、SIP第2期においては、V2I方式の研究開発（SIP第2期）で定めたメッセージセットをもとに路線や面での整備を踏まえて、V2N方式による信号情報提供のためのメッセージセットを定義した。しかしながら、SIP第1期、SIP第2期で定めたメッセージセットについては、いずれも自動運転車両向けのものとなっているが、配送ロボット、小型モビリティ等の歩行者空間を利用する多様なモビリティに対する信号情報提供のニーズも高まっており、SIP第1期、第2期の成果を活用し、自動運転だけでなく多様なモビリティに適用するためのメッセージセットを定める必要があると考える。そこで、SIP第1期、第2期の成果を活用し、自動運転だけでなく多様なモビリティに適用するためのI/Fを検討する。

2024年度における実施内容は以下の通り。いずれも2023年度からの継続である。

- ① 支援対象の定義と関係団体の調査
- ② 要件定義とI/F仕様の定義
- ③ 高度化PICSの改良

2 実施方法

(1) 支援対象の定義と関係団体の調査

歩行者空間を利用するモビリティ等のニーズ調査を実施する。

マイクロモビリティ、配送ロボットについては、サブテーマ6のニーズ調査に併せて行う。

視覚障がい者については、個別に関係団体に対して意見調査を行う。

(2) 要件定義とI/F仕様の定義

(1)における調査結果を元に、追加で提供が必要な情報項目の検討や、モビリティ毎の要件定義を整理する。

(3) 高度化PICSの改良

高度化PICSの改良として、信号情報を利用した残秒数の提供と、関係者団体からの意見を踏まえた静的情報の拡張を行う。

高度化PICSにおいて元々提供していた歩行者信号情報*1と、V2Nによる情報提供を活用した歩行者用信号情報には、その性質に差異があることから2024年度は機器の試作を行いインタフェース仕様の確認及びその特性の検証を行った。

*1 歩行者用信号情報に関する用語

以下、次の用語を使用する。

歩行者用信号情報1：灯器から入力された情報を基にBLE路側機で生成・送信される情報。現行の高度化PICSにおいて提供されている。

歩行者用信号情報2：「歩行者用信号情報」の内容にV2N方式信号情報を基にBLEで生成した情報を加えたもの。高度化PICSの改良により新たに提供する予定。

ア インタフェース仕様

歩行者用信号情報 2 で、灯色から判定した現在の灯色と V2N 方式信号情報から変換した現在の灯色及び残秒数をそれぞれ提供して、アプリ側でそれらの両方を使用して判定するとした場合、受信漏れにより、どちらかの情報が抜けるなど、それぞれが示す状態の間で不整合が生じ、受信側での取り扱いが困難になる可能性がある。そのため、灯色から判定した現在の灯色と V2N 方式信号情報から変換した現在の灯色及び残秒数を一つのメッセージとして整合性を取った形で歩行者用信号情報 2 を生成・提供することで、受信側で問題が生じないようにする。

なお、歩行者用信号情報 2 は、既存の通信手順は維持したまま、独立して 100ms 周期に定期的な送信を行うこととする。

イ 歩行者用信号情報 2 生成時の不整合の可能性と対応

前項で述べた「灯色から判定した現在の灯色と V2N 方式信号情報から変換した現在の灯色及び残秒数をひとつのメッセージ」として歩行者用信号情報 2 を生成する際に、灯色を入力してから判定するまでの遅延と信号情報の誤差が一致しないこと、信号制御機から灯色の变化のタイミングで判定が実行される情報の生成と管制センター等で実行される信号情報の生成は必ずしも同期しないことの 2 点より、灯色から判定した現在の灯色と V2N 方式信号情報から生成した現在の灯色が一致しないタイミングが発生する。これによる影響を避けるため、灯色から判定した現在の灯色を正として、歩行者信号表示の項目を設定する。

3 実施状況

(1) 支援対象の定義と関係団体の調査

マイクロモビリティ及び配送ロボットに関するニーズ調査の結果については、10.7. 参照。

視覚障がい者に関する関係団体への調査では多数の意見が得られた。そのうち、信号情報提供における課題に関係するものとしては表 10.4.1 の通りとなる。

(2) 要件定義と I/F 仕様の定義

サブテーマ6のニーズ調査により、マイクロモビリティや配送ロボットにおいては、運転支援で信号情報提供を必要とするユースケースが存在しており、精度要件は1～3秒、故障等による異常通知は1～15秒という結果が得られた。

ただし信号情報の活用については検討段階のユースケースも多く、今後の審議や実証実験において妥当性を確認していく必要がある。

また、視覚障害者に対する信号情報提供の課題に繋がる意見に対する対応（案）は以下の通り。これについても、今後の審議や実証実験において妥当性を確認していく必要がある。

表 10.4.1 視覚障がい者関連団体からの意見及び対応（案）

項番	意見等	対応（案）
1	押ボタンで何ができるのか分かりづらい。（青表示、青延長、音響出力）	押ボタンによる動作を利用者に通知する。本情報は静的情報とする。高度化 PICS では、青表示及び青延長は通知しているが、音響出力については存在していないため、改良内容とする。
2	設置場所が分からず、どこでアプリを立ち上げれば良いか分からない。	アプリ側に依存した改良内容となるため、今後の実証実験を通じて検討を進める。
3	横断する方向の信号が分かるようにしてほしい。	アプリ側に依存した改良内容となるため、今後の実証実験を通じて検討を進める。
4	歩車分離交差点であることを分かるようにしてほしい。	歩車分離交差点であることを利用者に通知する。本情報は静的情報とする。高度化 PICS では、歩行者専用現示であることは音声で通知しているが、アプリ側の動作もあるので改良内容とする。

(3) 高度化 PICS の改良

ア 検証内容

高度化 PICS の改良として、V2N 方式の信号情報を利用した残秒数の提供と関係者団体からの意見を踏まえた静的情報の拡張を行う。

高度化 PICS において元々提供していた歩行者信号情報と V2N による信号情報提供には、その性質に差異があることから 2024 年度は機器の試作を行いインターフェース仕様の確認及びその特性の検証を行った。

① 歩行者用信号情報がインターフェース仕様通りに送信されているか

模擬アプリ又は BLE 受信機等を用いて、BLE 路側機から歩行者用信号情報が 100ms 周期で送信されていることを確認した。

② 模擬アプリの表示と実際の灯器との差異

実際の灯器の点灯と模擬アプリの信号表示をビデオで撮影して、実際の灯器の点灯と表示のずれを確認した。

③ 歩行者用信号情報と V2N 方式の信号情報を変換した情報のずれ

模擬アプリで受信した歩行者用信号情報由来の情報と V2N 方式の信号情報に由来する情報のずれを確認する。

歩行者用信号情報に含まれる現在の灯色は、灯器からの入力を基に生成されるため、実際の灯器の点灯より遅れ、歩行者用信号表示の残秒数が 0 秒になった後に切り替わると推測される。

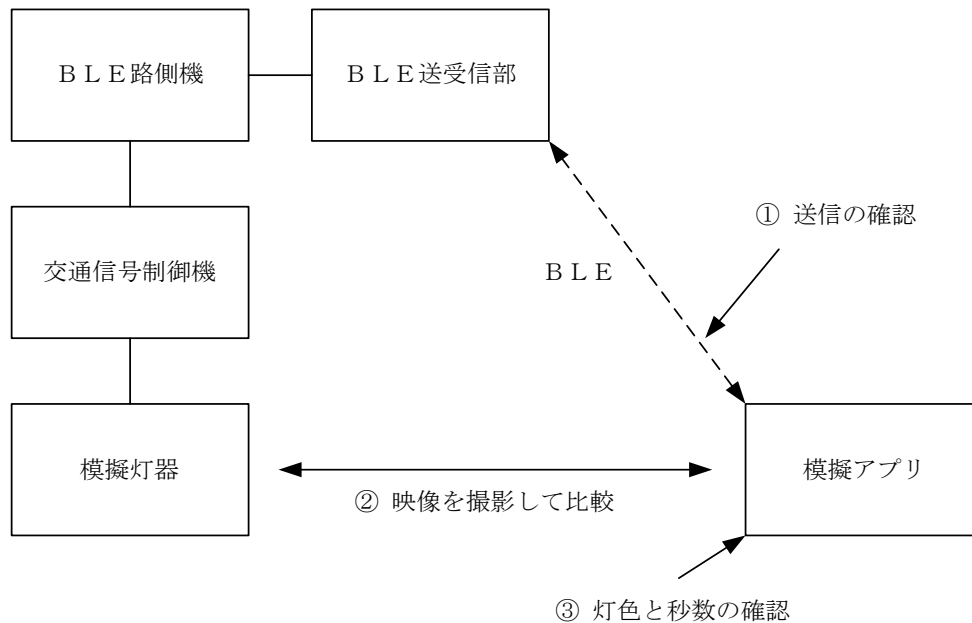


図 10.4.1 高度化 PICS の改良の検証

10.5 サブテーマ4 「V2N方式による汎用的な交通信号情報提供プラットフォームに関する研究開発（集中式、非集中式等の多様な信号機を含むゾーンにおけるシームレスな信号情報配信の研究開発）」

1 実施内容の概要

信号情報提供のニーズとしては、全ての信号交差点で配信サービスを実現して欲しいと要望されているが、SIP第1期、SIP第2期の研究開発では、信号制御の方式により信号情報の生成が難しいものについては、研究開発の対象外としていた。

多様なモビリティに対してシームレスな移動を支援する上で、全ての信号交差点で配信サービスを実現することは解決しなければならない課題であり、信号情報の生成方式の確立と運用方法の見直しの両面から検討を実施する。

2023年度における実施内容は以下の通り。

- ① 歩行者空間の信号情報配信の課題整理
- ② 提供対象外の制御方式の課題整理(2024年度に継続)

2024年度における実施内容は以下の通り。

- ① 提供対象外の制御方式の課題整理
- ② 提供対象外の制御方式に対する信号情報提供の検証
- ③ 先導実証実験に向けた回線の整備

2 歩行者空間の信号情報配信の課題整理（2023年度）

信号情報における歩行者灯器の情報提供について整理を行った。

SIP第2期においては歩行者灯器の情報は必ずしも設定されているとは限らないという問題があったが、仮に歩行者灯器情報を必ず設定とした場合でも他に課題が存在することが分かった。

SIP第2期で研究開発された信号情報は、車両が進行する方路毎に車両灯器、歩行者灯器を示す形で情報の提供を行うように定義されている（図10.5.1）。そのため、歩行者灯器がどの横断歩道の情報かを示すことができるのは、各方路に設置された横断歩道の流出部のみとなり、歩行者灯器の情報を表現できない形の交差点が存在することになる。歩行者灯器の情報を表現できない形の交差点として、一つはスクランブル現示等の交差点を斜めに横断するような横断歩道が設置されている交差点、もう一つは流入部と流出部で歩行者青のタイミングが異なる二段階横断を行う横断歩道が設置されている交差点である。

これらの課題への解決策としては、スクランブル現示等の交差点を斜めに横断する横断歩道が設置されていることを示す情報の提供と、横断歩道の流入部と流出部を分けて情報提供を行うことが考えられる。

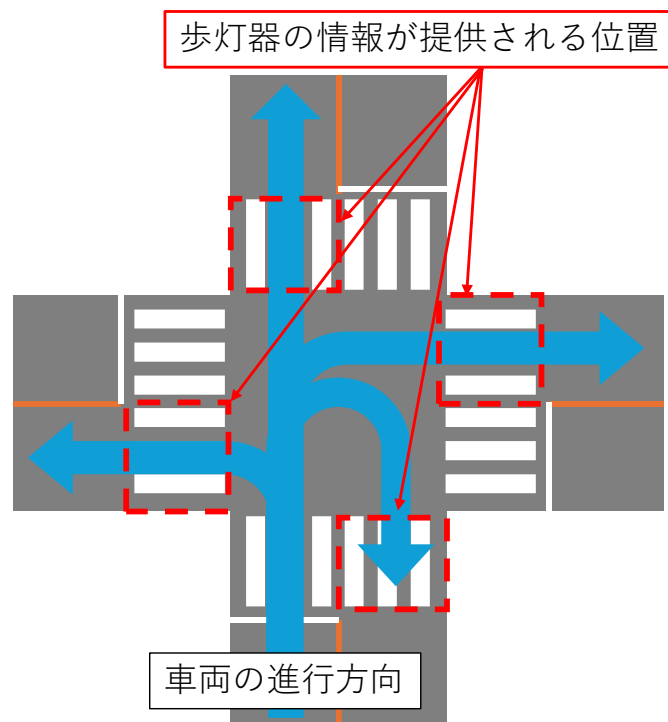


図 10.5.1 現行の信号情報における各方路の歩行者灯器情報が示す位置

3 提供対象外の制御方式の課題整理

(1) リコール2機能

ア 2024年度の活動概要

リコール2機能の信号情報提供に必要な仕様を整理するとともに、整理した仕様に従って機器を作成して、信号情報提供が可能であるかどうかに関する検証を実施した。

イ リコール2機能について

リコール機能は、歩行者用押ボタンや車両感知器によるリコール要求を受けて、対応する方向に対して青を表示する機能である。

リコール2機能では、2つの方向のリコール要求を受け付けて、それぞれに対して青表示を行うことができる（リコール1機能は1方向のみ）。

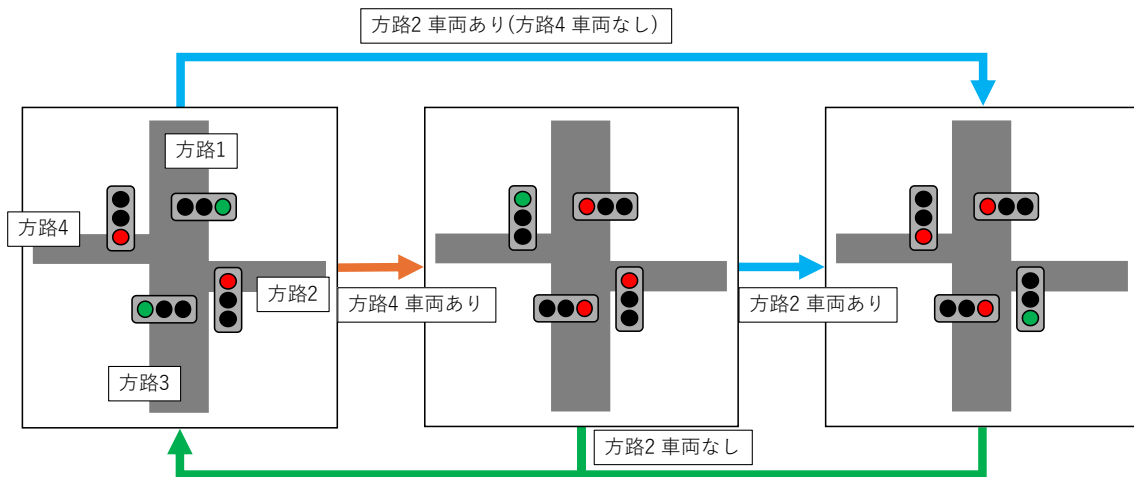


図 10.5.2 リコール 2 機能動作例

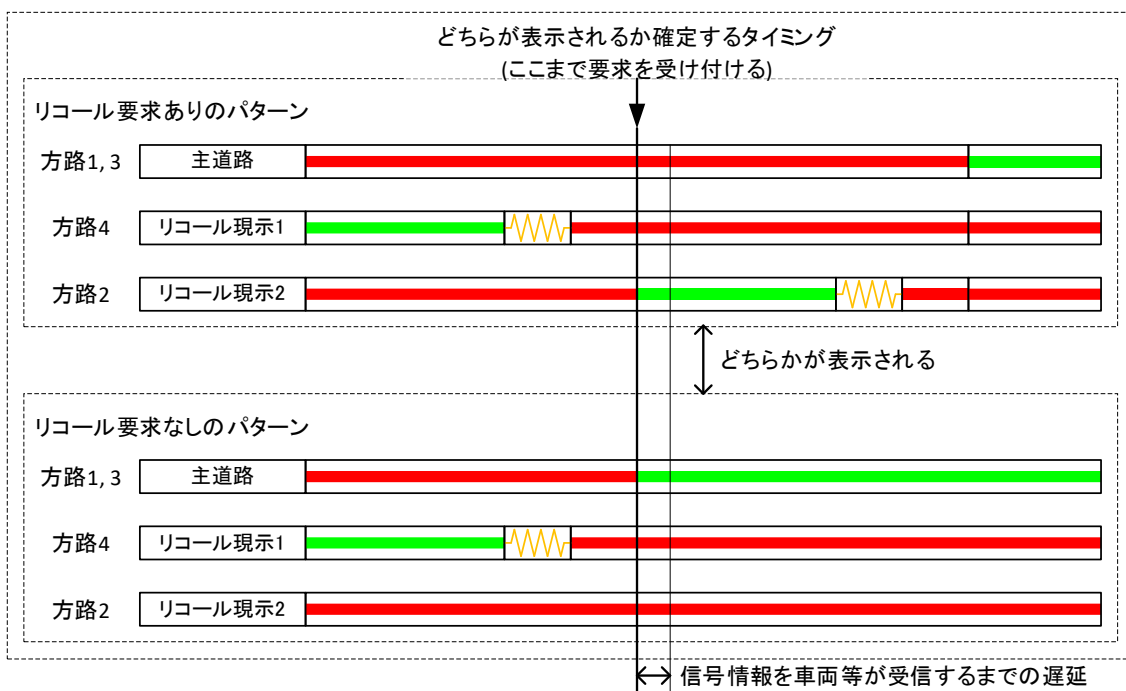
ウ 制御上の制約事項

例えば、リコール 2 機能では、リコール現示 1 を表示中、次の現示が実行される直前までリコール要求を受け付けるため、リコール現示 1 の次に、主道路とリコール現示 2 のどちらが青表示されるのか直前まで確定しない。

表示される現示が確定したタイミングで新たな信号情報を生成することになるが、信号情報の生成から車両等の利用者が受信するまでには一定の遅延*1が存在するため、新たな信号情報を受信するまでの間は、赤が継続しているのか青に変わったのか信号情報では不明となる時間が存在する。

また、自動運転等を想定する場合、第 1 階梯の後の固定階梯の秒数の合計が、通信遅延+車両が停止等するために必要な時間*2を超えるように設定する必要がある。

- * 1 遅延：青の秒数が確定（同期信号受信）してから車両等が信号情報を受信するまでの時間
- * 2 車両が停止等するために必要な時間：例えば自動運転車両であれば SIP 第 2 期よりジレンマゾーンを回避するのに必要な時間 ΔT



新しい信号情報を受信するまで、主道路やリコール現示2では信号情報のみでは青か赤か不明となる

図 10.5.3 リコール2機能における制約

エ 対応案に対する詳細検討

2023年度に挙げたリコール2機能における信号情報提供の対応案について、表10.5.1のとおり詳細検討を実施した。

項番1はリコール2機能で信号情報提供を行えるようにする対応を行う場合の検討、項番2はリコール2機能に代わって、既に信号情報提供の検討を実施したリコール1機能で置き換える対応を行う場合の検討、項番3はリコール2機能をやめて通常の交差点として信号情報を行う対応を行う場合の検討である。

項番1.1は項番1を現状の制御のまま実行した場合の結果であり、信号情報が不明となるタイミングが発生することからその対策として挙げたものが項番1.2、1.3となる。項番1.2は、現状の運用で元々リコール現示1を常時要求ありとしている歩行者専用現示についてであり、項番1.3は項番1.2と同様の対応を項番1.1に対して適用したものである。

項番2.1、項番2.2は、項番2の実施形態で分けたものである。項番2.1はリコール2機能では2現示に分けて制御しているものを、1現示として扱うものである。項番2.2はリコール現示1を常時要求ありと同様に常に表示させ、リコール現示2のみをリコール機能で制御するもので、動作上は項番1.3と同じとなる。

各項目に対して、灯色が不明となるタイミングの有無と時間的な目安、現行の制御から変更した場合の交通への影響を示している。灯色不明時間は、通信遅延時間に依存する。表10.5.1の作成においては、通信遅延時間として、SIP第2期の集中方式における通信遅延時間*³を用いたが、制御機方式の通信遅延時間はより短い（平均0.7秒、最大2秒。ただしサンプル数は限定的）ことや、通信遅延の約99%は3秒程度に収まることから、実勢値は最大値より短くなると考えられる。

* 3 SIP 第 2 期の集中方式における通信遅延時間

負荷試験時に次の値を得ている（「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第 2 期／自動運転（システムとサービスの拡張）／クラウド等を活用した信号情報提供の社会実装に向けた研究開発 2021 年度～2022 年度報告書」）。

- ・集中方式で平均値 1.0 秒、最大値 11.8 秒（報告書 P. 233）
- ・制御機方式で平均値 0.7 秒、最大値 2.0 秒（報告書 P. 204）

表 10.5.1 より、リコール 1 機能で置き換えるとしても適用可能な地点が限定されるため、全地点への適用を考えるとリコール 2 機能として信号情報提供を行う必要がある。ただし V 2 N における遅延を考慮すると、灯色が不明となる時間が発生する。今後、信号情報利用のユースケースの性能要件や、交通へ与える影響を踏まえ、対応方針を検討していく。

表 10.5.1 リコール 2 機能 信号情報生成対応案

項番	対応	検討結果	灯色不明時間	交通への影響
1	リコール2機能として信号情報提供を行う	一般的には、リコール 2 機能の実施形態として、通常の使い方と歩行者専用現示(押ボタン等)の 2 種類の使い方がある。歩行者専用現示(押ボタン等)では、リコール現示 2 (歩行者専用現示) のみリコール制御を行い、リコール現示 1 は常時表示されるような制御を行う。		
1.1	(通常のケース)	現示が切り替わる直前までリコール要求を受け付けるため、次に表示される現示が確定するのは現示の切り替わり直前となる。現示確定後に信号情報が作成・配信されるため、遅延が生じる。この遅延の時間だけ灯色が不明となることが不可避である。	長(1~12 秒)	なし
1.2	(歩行者専用現示等)	リコール現示 1 の Y,R をリコール現示 2 にするなど変則的な現示構成とすれば、リコール現示 2 の青の開始よりも Y,R の合計分だけ早く信号情報を作成することができる(Y,R なら 5 秒程度) (図 10.5.5、図 10.5.6 参照)	短(0~7 秒)	小
1.3	(リコール現示 1 常時要求あり)	通常のケースにおいてリコール現示 1 を常時要求ありとすれば、項番 1.2 と同様の見直しを行うことで、Y,R の合計分、青の開始よりも事前に確定することができる。	短(0~7 秒)	中
2	リコール1機能で置き換えて信号情報提供を行う	リコール 2 機能をリコール 1 機能で置き換える場合、案 1、案 2 の 2 通りの方法が考えられる。 案 1：リコール現示 1 及びリコール現示 2 を 1 つのリコール現示として		

		リコール制御を行う。 案2：リコール現示2のみをリコール現示としてリコール制御を行う。		
2.1	(案1)	リコール1機能では歩行者用押ボタンの確認表示灯/取扱表示灯(おしてください/おまちください)の点灯制御や、青表示の間は次の要求を受け付けない制御が、歩行者・車両でそれぞれ1方向しか行えない。 →リコール現示1で車両、リコール現示2で歩行者に対して別々に青を出す場合は置き換え可能(どちらにも車両、歩行者が存在する場合は不可)。		
2.2	(案2)	リコール1機能の仕様では第1階梯の灯色を保持するとしているため、仕様と動作が一致しない。 →リコール1機能で置き換えることは不可能。		
3	リコール2機能をやめて信号情報提供を行う	項番1における制約事項を許容できない場合に選択肢となる。	なし	大

図 10.5.5 にリコール 2 機能における押ボタン式の歩行者専用現示の例（表 10.5.1 の項番 1.2）、図 10.5.6 に要求受付階梯を見直した例を示す。

図 10.5.5 の例では、10 階梯の終了まで押ボタンのリコール要求を受け付け、10 階梯の終了時にリコール要求がなければ、11 階梯以降の信号情報を作成する。10 階梯の終了までにリコール要求があれば、その時点で確定した信号情報を作成する。図 10.5.6 の例では、8 階梯の終了まで押ボタンのリコール要求を受け付け、8 階梯の終了時にリコール要求がなければ、9 階梯以降の信号情報を作成する。

このような現示構成の見直しによって、リコール 2 機能の仕様の変更を行うことなく、信号情報の作成を早めることができるが、リコール要求受け付けを 10 階梯終了から 8 階梯終了に早めた分、歩行者の押ボタンのリコール要求を受け付ける時間が短くなり、タイミングによっては待ち時間が増加する。

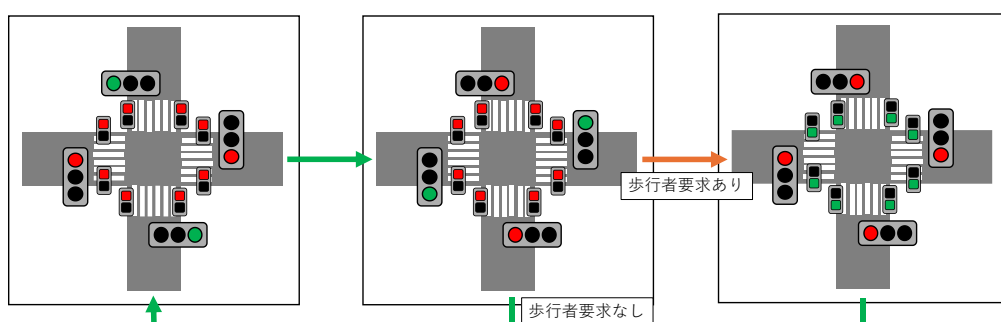


図 10.5.4 歩行者専用現示（押ボタン）動作例

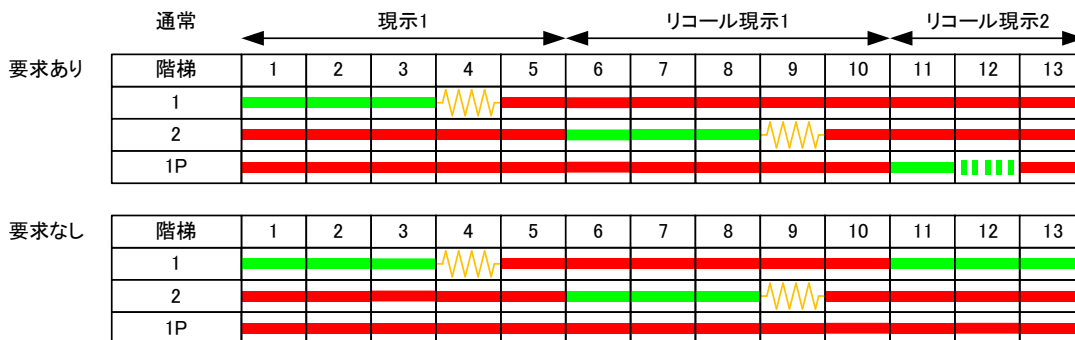


図 10.5.5 通常の歩行者専用現示（押ボタン）

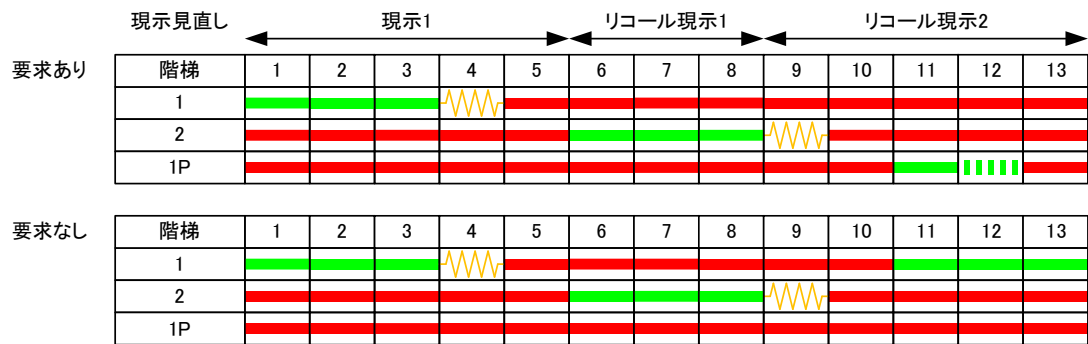


図 10.5.6 歩行者専用現示（押ボタン）の要求受付階段見直し

オ 信号情報の生成について

信号情報の生成の仕様は、当初、取りうる全パターンに対して時系列上の不整合が発生しないように生成する方針で設計した。

これは、図 10.5.7 で示すように 2 サイクルで取りうる全パターンについて実行予定時間を計算して、その後、図 10.5.8 で示すように結果をマージして信号情報を作成するものである。

この仕様では多くの計算が必要となるが、未確定となる灯色の残秒数の大半が、最小残秒数は数秒、最大残秒数は 240 秒超となるなど有効性が低く、検討の結果、過剰な仕様であると考えた。

そのため、信号情報生成における要件を以下の通り見直しを行った。

- ・ 確定している灯色・残秒数は全て提供する。
- ・ 未確定な灯色・残秒数は、一定時間後の灯色が判断できるように提供する（最後に受信した信号情報を用いて、現在の灯色を判断する際に、現在の灯色が不明とならないこと）。

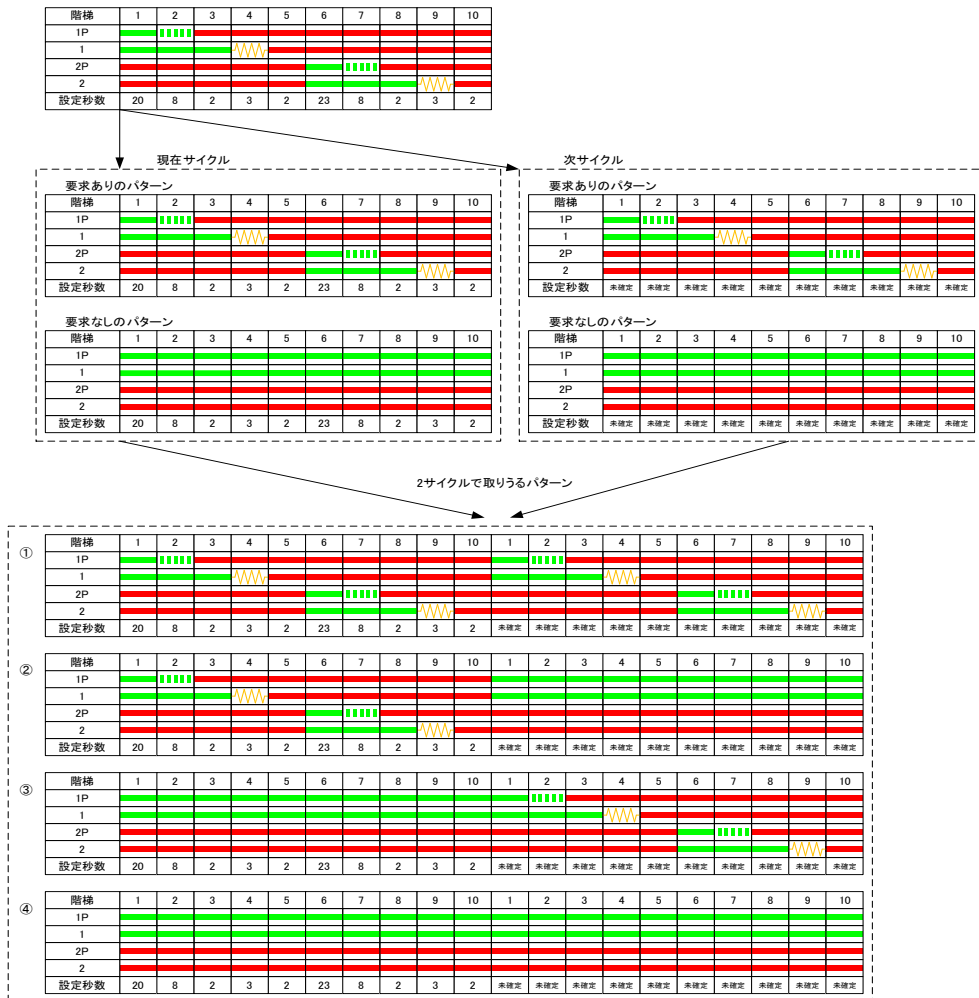


図 10.5.7 リコール機能における 2 サイクル分の動作例

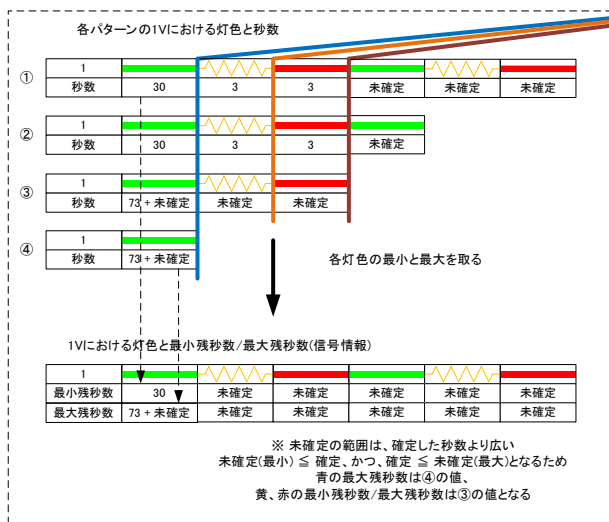
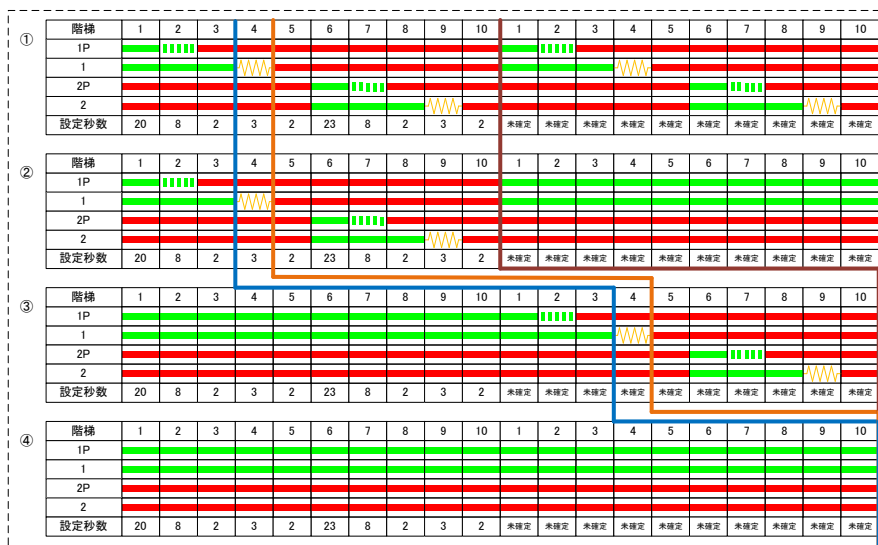


図 10.5.8 リコール機能における車灯器情報の作成案 (没案)

見直しを行った信号情報生成の仕様は以下の通りとなる。

第1階梯でリコール要求を待っている状態を図 10.5.9 に示す。

この場合の信号情報は、信号の確定タイミングまでとその後の固定分の灯色はリコール要求の有無によらず変わらないため、第1階梯の残秒数と固定分となる階梯が終了するまでの秒数を最小残秒数として提供する。各灯器の最大残秒数は、継続するパターンが存在するため、不明となる。

固定分の時間を、通信遅延+車両が停止等に必要の時間とすることで、信号の確定タイミングで新たに生成される信号情報を受信するまでの時間が確保され、信号情報が不明になることを防ぐことができる。

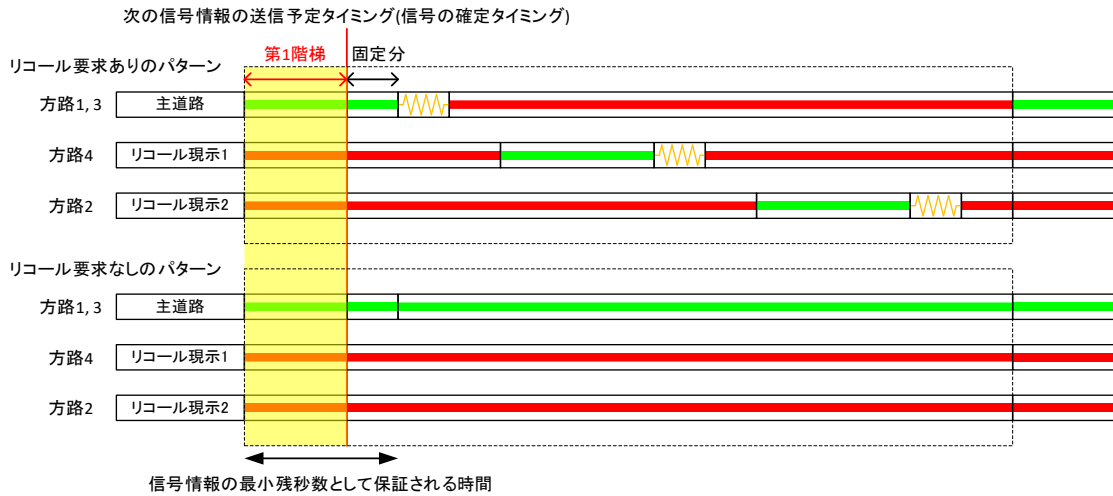


図 10.5.9 リコール2機能 要求受付待ち

リコール現示1のリコール要求受け付け後、リコール現示2のリコール要求を受け付けていない状態を図10.5.10に示す。

この場合の信号情報は、信号の確定タイミングまでの間は、リコール要求の有無によらず灯色・秒数は変わらないため、その時点までは確定した情報として最小残秒数・最大残秒数を設定する。

リコール現示1は、信号の確定タイミング時の灯色がサイクル終了まで継続するため、赤の最小残秒数には信号の確定タイミングまでの時間+サイクル終了までの時間を設定する。最大残秒数は、次のリコール要求があるまでは不明となる。

主道路とリコール現示2の最小残秒数は、信号の確定タイミングまでの時間を設定する。最大残秒数は、リコール要求の有無が判明するまで不明となる。

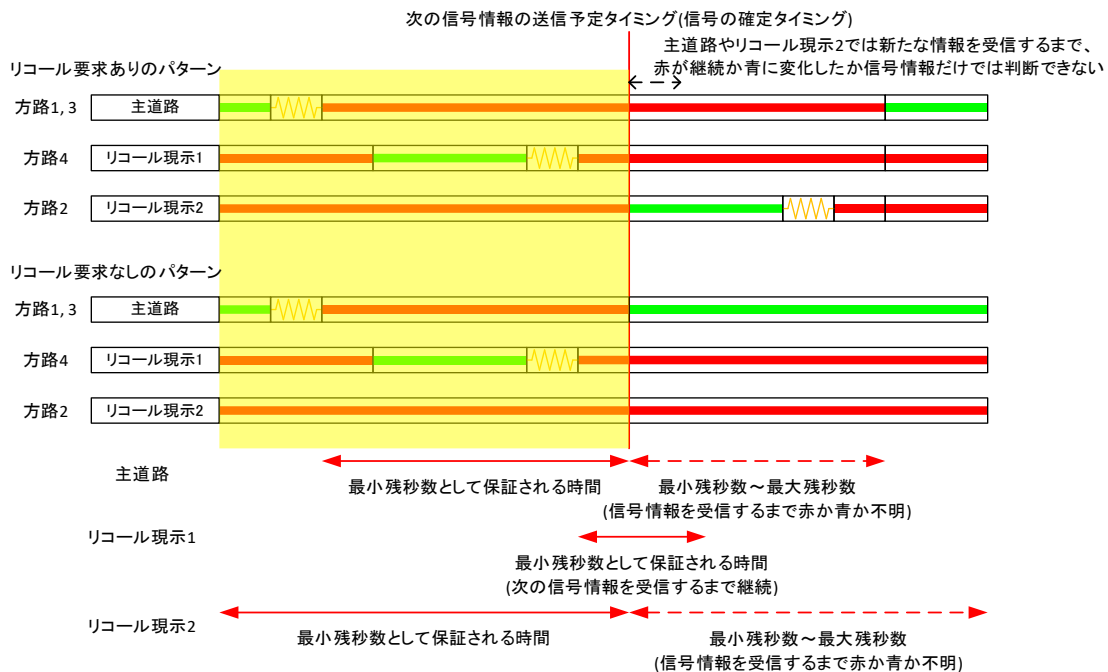


図10.5.10 リコール2機能 リコール現示1要求あり

表 10.5.1 の項番 1.3 においてリコール現示 2 の要求を受け付けていない状態を図 10.5.11 に示す。

この場合の信号情報は、各灯器の灯色が信号の確定タイミングまでと、その後一定時間はリコール要求の有無によらず変わらないため、信号の確定タイミングが終了するまでの時間を最小残秒数として提供することで、次の灯色を確定することができる。

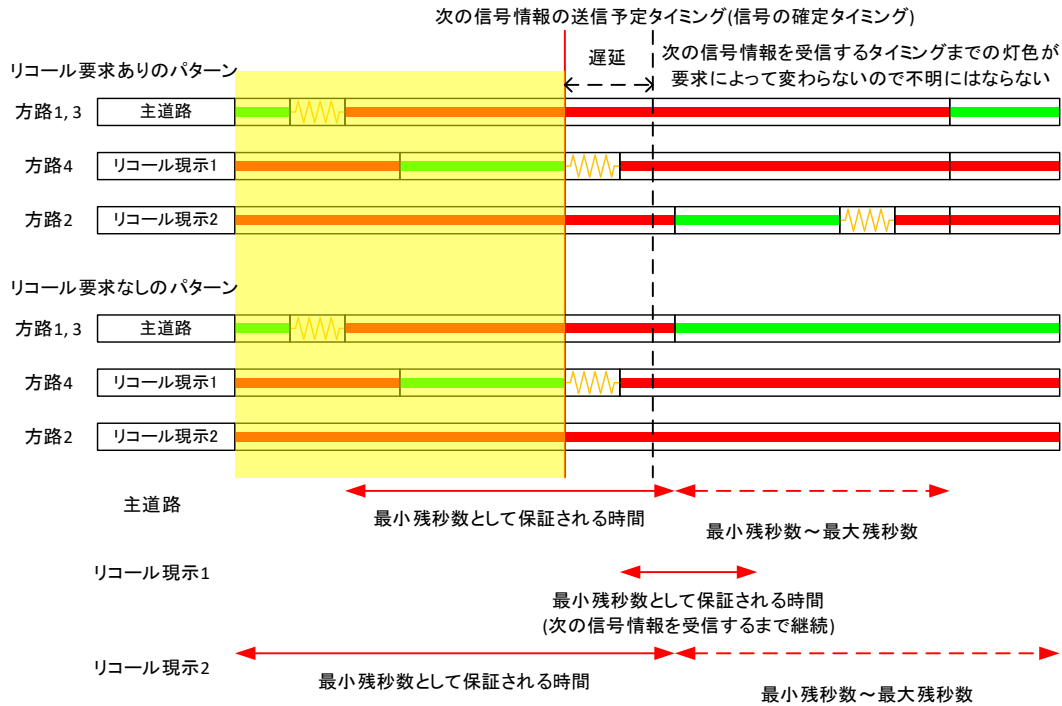


図 10.5.11 リコール 2 機能 リコール現示 1 常時要求あり

カ 信号情報生成方式毎の対応

リコール 2 機能について、各信号情報生成方式における対応可否を表 10.5.2 に示す。

表に示した「信号情報生成可否」は、現行の仕組み上で信号情報の生成が可能かどうかを示しており、提供による遅延は考慮していない。今後、動作監視の可否や、遅延による灯色が不明となる点を考慮して、各方式が、信号情報利用のユースケース毎に要求される性能を満足するかを整理する必要がある。

機能追加項目は、今後の機器の開発・整備に関するコストの目安として示す。既存の機器に対する機能追加項目が開発規模、現地機器への機能追加項目が整備に影響する。

表 10.5.2 リコール 2 機能 信号情報生成方式毎の対応可否

	管制方式	集中方式	制御機生成方式	路側機生成方式	定周期 TSDB
信号情報の生成元	管制センター	管制センターに 接続された 交通信号制御機	管制センターに 接続されない 交通信号制御機	信号制御機に 接続した 信号情報路側機	定周期 TSDB
信号情報生成可否					
・地点制御	—	—	◎	◎	×
・集中制御	◎	◎	—	—	—
動作監視					
・動作監視 1(正常/異常)	○	○	○	○	×
・動作監視 2(予定通り動作しているか)	○	○	○	○	×
・灯色監視(信号情報と灯色の一致)	×	○	○	○	×
既存の機器 (信号情報の生成元) に対する機能追加項目					
・リコール要求のインタフェース対応	○	—	—	—	—
・リコール動作に応じた灯色・残秒数の計算	○	○	○	○	—
現地機器への機能追加項目					
・交通信号制御機への機能追加または機器交換	—	○	○	—	—
・交差点への通信回線追加	—	—	○	○	—
・交差点への機器設置	—	—	—	○	—

○：可能／必要、◎：通信遅延時間に起因する不明時間の問題を除き可能、×：不可、—：対象外／不要

(2) リコール3機能

ア 2024年度の活動概要

リコール3機能の信号情報提供に必要な仕様を整理するとともに、整理した仕様に従って機器を作成して、信号情報提供が可能であるかどうかに関する検証を実施した。

イ リコール3機能について

リコール機能は、歩行者用押ボタンや車両感知器によるリコール要求を受けて、対応する方向に対して青を表示する機能である。

リコール3機能では、歩行者と車両のリコール要求を別々に受け付け、歩行者あり、歩行者なしで別の現示を表示する。また、歩行者なしの場合は青時間の置換を行う。これは、歩行者青及び青点滅の時間は横断歩道の長さに合わせて設定されるため、従道路側の車両の交通量が少ない場合は無駄となる青時間を短縮することを主な目的としている。

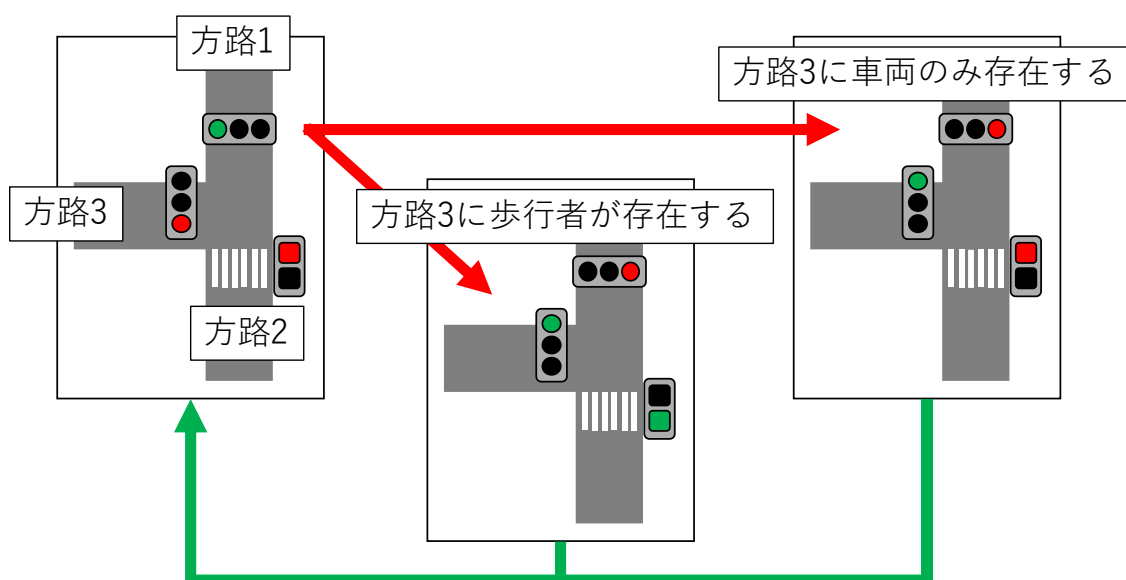


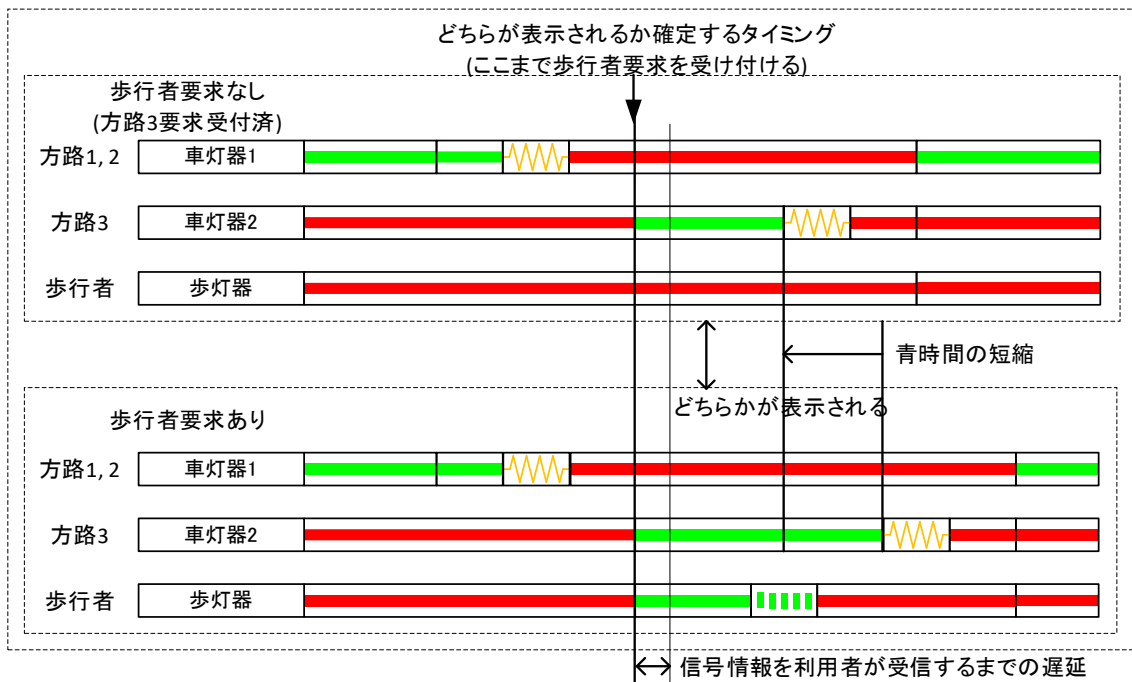
図 10.5.12 リコール3機能動作例

ウ 制御上の制約事項

リコール3機能では、方路3のリコール要求のみを受け付けた場合は、歩行者灯器のリコール要求を「どちらが表示されるか確定するタイミング」まで受け付けるため、「どちらが表示されるか確定するタイミング」以降の歩行者灯器の信号情報は不明となる。その後、「どちらが表示されるか確定するタイミング」で新たに信号情報が生成されるが、新たに生成された信号情報を受信するまで、不明になる時間が継続する。

また、方路3については、方路3のリコール要求を受け付け済であれば、歩行者灯器のリコール要求あり、リコール要求なし（車両要求のみあり）のどちらの場合でも歩行者灯器のリコール要求を受け付けるタイミングで青が表示される。青短縮の時間帯も「どちらが表示されるか確定するタイミング」で確定した時点で信号情報が送信されるため信号情報から灯色が判断できない時間は存在しない。

自動運転等を想定する場合、第1階梯の後の固定階梯の秒数の合計が、通信遅延+車両が停止等に必要な時間を超えるように設定する必要がある。



新しい信号情報を受信するまで、歩灯器では信号情報のみでは青か赤か不明となる

図 10.5.13 リコール3機能における制約

エ 対応案に対する詳細検討

2023年度に挙げたリコール3機能における信号情報提供の対応案について、表10.5.3のとおり詳細検討を実施した。

項番1はリコール3機能で信号情報提供を行えるようにする対応を行う場合の検討、項番2はリコール3機能に代わって、既に信号情報提供の検討を実施したリコール1機能で置き換える対応を行う場合の検討、項番3はリコール3機能をやめて通常の交差点として信号情報を行う対応を行う場合の検討である。

項番 1.1 は項番 1 に対してリコール 2 機能の項番 1.3 と同様の対応を行う場合の結果となる。

各項目に対して、灯色が不明となるタイミングの有無と時間的な目安、現行の制御から変更した場合の交通への影響を示している。灯色不明時間は、通信遅延時間に依存する。通信遅延時間は、SIP 第 2 期の集中方式における通信遅延時間を用いたが、制御機方式の通信遅延時間はより短い（平均 0.7 秒、最大 2 秒。ただしサンプル数は限定的）ことや、通信遅延の約 99%は 3 秒程度に収まることから、実勢値は最大値より短くなると考えられる。

表 10.5.3 より、元々リコール 3 機能を実施しているような地点ではリコール 1 機能に置き換えるのは影響が大きいと考えられる。また後述するように項番 1.1 の様にリコール要求の受付終了を前倒しすることについて、その必要性や受容性を含めた議論を行っていく。

表 10.5.3 リコール3機能 信号情報生成対応案 検討結果

項番	対応	検討結果	灯色不明時間	交通への影響
1	リコール3機能として信号情報提供を行う	車灯器 1, 2 は、信号情報が不明になる時間は発生しない。 歩行者灯器は、歩行者のリコール要求が無い場合、歩行者灯器の青開始時に信号情報が生成・配信されるため、遅延の時間だけ灯色が不明となることが不可避である。	長(1~12秒)	なし
1.1	(受付終了の前倒し)	リコール2機能で検討したように、歩行者灯器のリコール要求の受付終了を前倒しする。次頁以降に検討結果を示す。	短(0~7秒)	小
2	リコール1機能で置き換えて信号情報提供を行う	リコール1機能で置き換えた場合、歩行者が存在しなくても車両が存在していれば歩行者青が表示される。歩行者青が表示されるため、青時間が横断歩道長に依存するため、交通量に対して過剰になる可能性がある。歩行者が多い場合や従道路側の交通量が多い場合は影響が小さいと考えられるが、リコール3機能が有効と考えられる地点では大きな影響が出ると考えられる。 以下のようなケースではリコール3機能が有効と考えられる。 ・主道路側の交通量が多い ・歩行者横断の頻度が少ない ・従道路側の交通量は少ないが頻度は多い	なし	中
3	リコール3機能をやめて信号情報提供を行う	項番1、2における制限等を許容できない場合に選択肢となる。	なし	大

リコール3機能における歩行者灯器のリコール要求受付終了前倒しの例（表10.5.3の項番1.1）について解説する。
メリット及びデメリットを以下に挙げる。

【メリット】

- ・ 信号情報において歩行者灯器の灯色が不明となることを防げる

【デメリット】

- ・ 変更前より前倒しした分、リコール要求受け付けタイミングが短くなり、このタイミングを逃すと1サイクル待つことになる。

歩灯器の灯色が不明となる場合、安全を考慮すると情報が更新されるまで横断を遅らせるなどの対応を行う必要があるが、以下の点を考慮するとリコール要求の受付終了を前倒しすることは、その必要性や受容性を含めた議論が必要である。

- ・ 同一方向の歩行者現示を利用する歩行者等にのみ影響する。
- ・ 車両と異なり信号情報の利用者の横断が遅れたとしても周囲の歩行者は避けて横断は可能である。
- ・ 信号の状態を目視で判断可能な歩行者にとっては待ち時間が長くなるだけである。
- ・ リコール要求の受付終了を前倒した場合、情報が更新されるまで待つよりも横断待ちの時間は長くなる。

オ 信号情報の生成について

信号情報の生成の仕様は、当初はリコール2機能と同じく、取りうる全パターンに対して時系列上の不整合が発生しないように生成すると設計していたが、リコール2機能と同様に要件を以下として見直しを行った。

- ・ 確定している灯色・残秒数は全て提供する。
- ・ 未確定な灯色・残秒数は、一定時間後の灯色が判断できるように提供する（最後に受信した信号情報を用いて、現在の灯色を判断する際に、現在の灯色が不明とならないこと）。

見直しを行った信号情報生成の仕様は以下の通りとなる。

第1階梯でリコール要求を待っている状態を図 10.5.14 に示す。

この場合の信号情報は、各灯器は信号の確定タイミングまでと、その後の固定分の灯色はリコール要求の有無によらず変わらないため、第1階梯の残秒数と固定分となる階梯が終了するまでの秒数を最小残秒数として提供する。各灯器の最大残秒数は、継続するパターンが存在するため、不明となる。

固定分の時間を、通信遅延+車両が停止等に必要な時間とすることで、信号の確定タイミングで新たに生成される信号情報を受信するまでの時間が確保され、信号情報が不明になることを防ぐことができる。

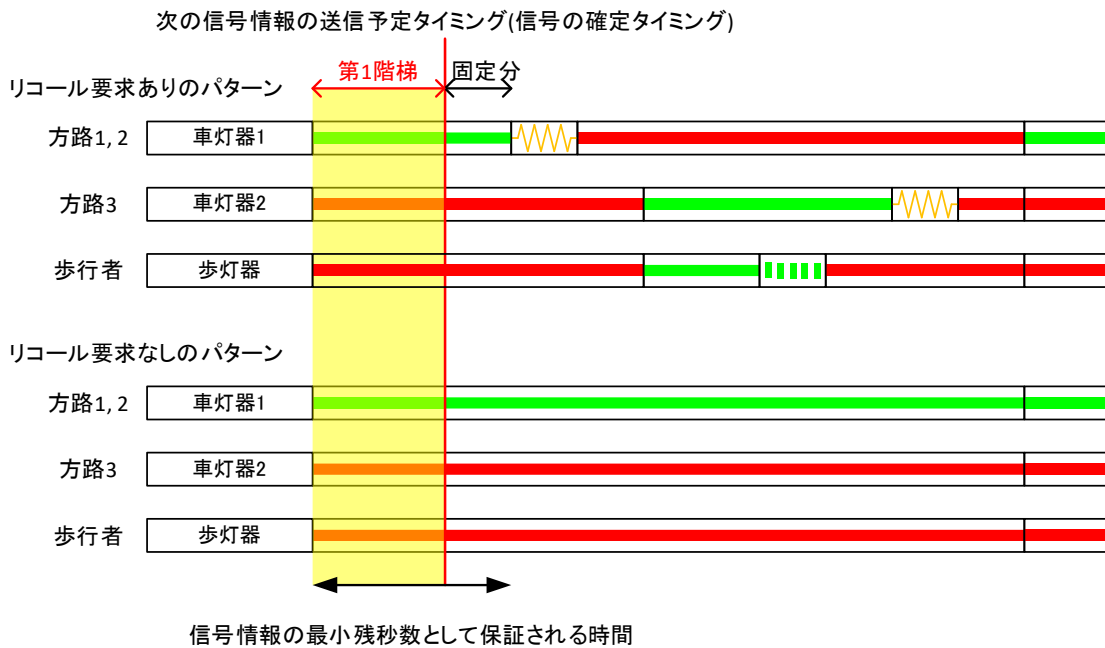


図 10.5.14 リコール3機能 要求受付待ち

車灯器 2 のリコール要求を受け付け後、歩行者灯器のリコール要求を受け付けていない状態を図 10. 5. 15 に示す。

この場合の信号情報は、信号の確定タイミングまでの間は、リコール要求の有無によらず灯色・秒数は変わらないため、その時点までは確定した情報として最小残秒数・最大残秒数を設定する。

車灯器 1 は、信号の確定タイミングの赤がしばらく継続するため、赤の最小残秒数には、信号の確定タイミングまでの時間+歩行者灯器のリコール要求がなかったときの赤の表示が確定している最小の時間を最小残秒数として設定する。

車灯器 2 は、次の信号の確定タイミングに青となることが確定しているため、赤の最小残秒数・最大残秒数には確定した値を設定する。青の最小残秒数には、歩行者灯器のリコール要求がなかったときの青の表示が確定している最小の時間を最小残秒数として設定する。

歩行者灯器の赤は、信号の確定タイミングまでの時間を最小残秒数として設定する。最大残秒数の値は、不明が設定されるため、信号の確定タイミングになって新たに生成される信号情報を受信するまでは、不明となる。

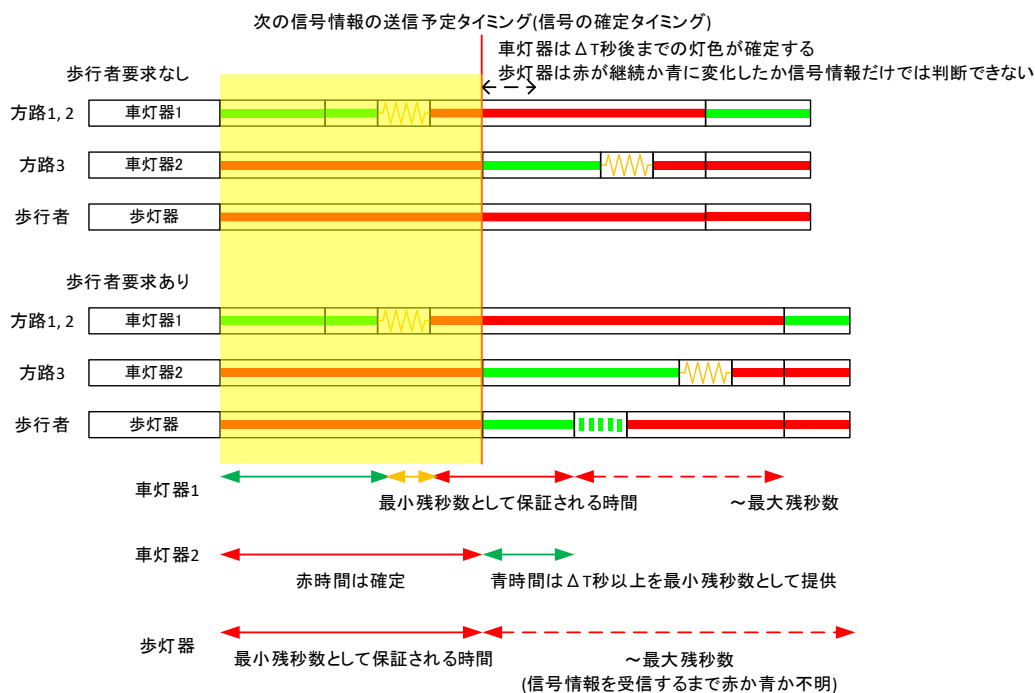


図 10. 5. 15 リコール 3 機能 車両要求あり

歩行者灯器のリコール要求を受け付けた状態を図 10. 5. 16 に示す。

この場合の信号情報は、サイクル終了までが確定するため、現在のサイクルの各灯色の最小残秒数・最大残秒数は、確定した値を設定する。

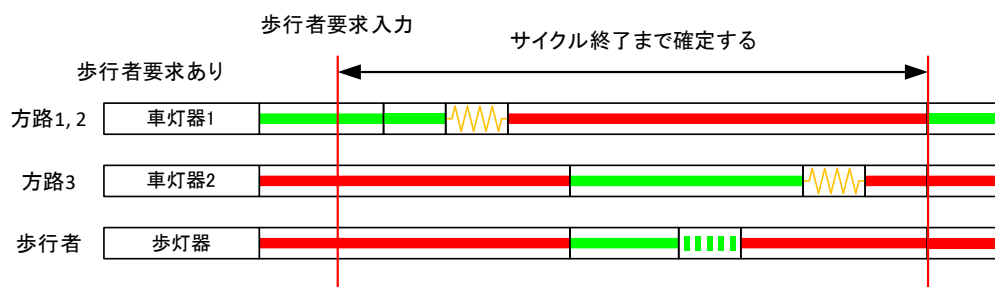


図 10.5.16 リコール3機能 歩行者要求あり

カ 信号情報生成方式毎の対応

リコール3機能について、各信号情報生成方式における対応可否を表 10.5.4 に示す。各項目の意味は、リコール2機能と同様である。

表 10.5.4 リコール3機能 信号情報生成方式毎の対応可否

	管制方式	集中方式	制御機生成方式	路側機生成方式	定周期 TSDB
信号情報の生成元	管制センター	管制センターに 接続された 信号制御機	管制センターに 接続されない 信号制御機	信号機に 接続された 信号情報路側機	定周期 TSDB
信号情報生成可否					
・地点制御	—	—	◎	◎	×
・集中制御	◎	◎	—	—	—
動作監視					
・動作監視 1(正常/異常)	○	○	○	○	×
・動作監視 2(予定通り動作しているか)	○	○	○	○	×
・灯色監視(信号情報と灯色の一致)	×	○	○	○	×
既存の機器(信号情報の生成元)に対する機能追加項目					
・リコール要求のインタフェース対応	○	—	—	—	—
・リコール動作に応じた灯色・残秒数の計算	○	○	○	○	—
現地機器への機能追加項目					
・交通信号制御機への機能追加または機器交換	—	○	○	—	—
・交差点への通信回線追加	—	—	○	○	—
・交差点への機器設置	—	—	—	○	—

○：可能／必要、◎：通信遅延時間に起因する不明時間の問題を除き可能、×：不可、—：対象外／不要

(3) 連動子機機能

ア 2024年度の活動概要

連動子機機能に限らず連動制御全般の検討と、管制方式等の他方式を含めた信号情報生成の可否等を整理するとともに、整理した仕様に従って機器を作成して、信号情報提供が可能であるかどうかに関する検証を実施した。

イ 連動子機機能について

距離の近い交差点同士が非同期で動作している場合、親機を青で通過しても子機が赤で停止させられることがある。また、非常に距離の近い場合などは、子機が赤で停止した車両が滞留することによる先詰まりが発生し、親機は青でも通過できなくなることがある。

通常、このようなケースでは系統制御を行い、サイクルの開始時刻を合わせるようにするが、親機が集中制御、子機が地点制御の場合、親機だけが交通状況によってサイクル長を伸び縮みするため、少しずつサイクルの開始時刻がずれていく。

連動子機機能では、系統制御の様にサイクルの開始時刻を同期させるのではなく、親機からの同期信号（歩行者青の終了や、黄の開始など）に合わせて子機の灯色を変化させることで同期を取ることができる。

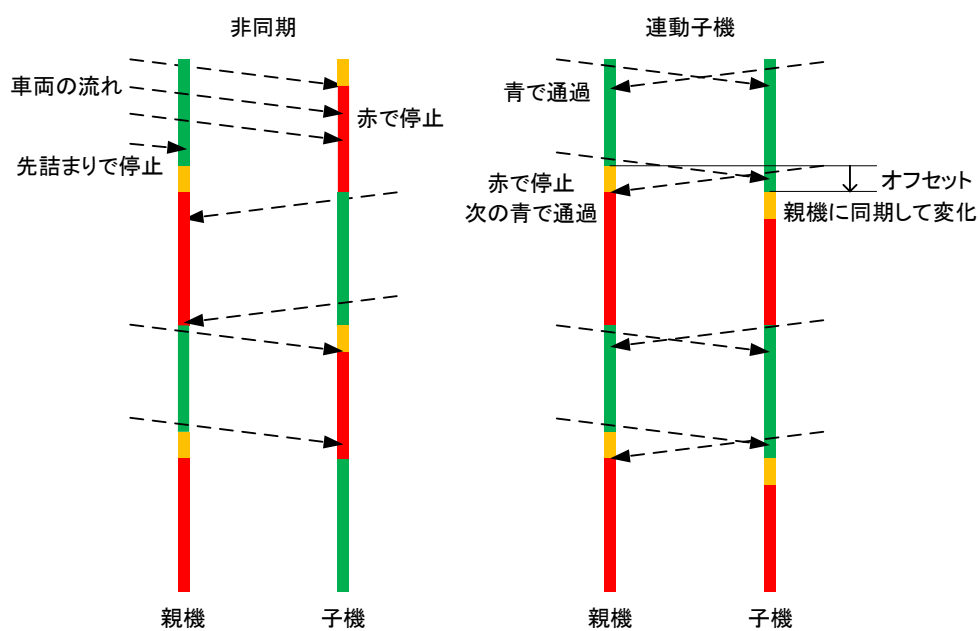


図 10.5.17 系統動作（連動子機）の概要

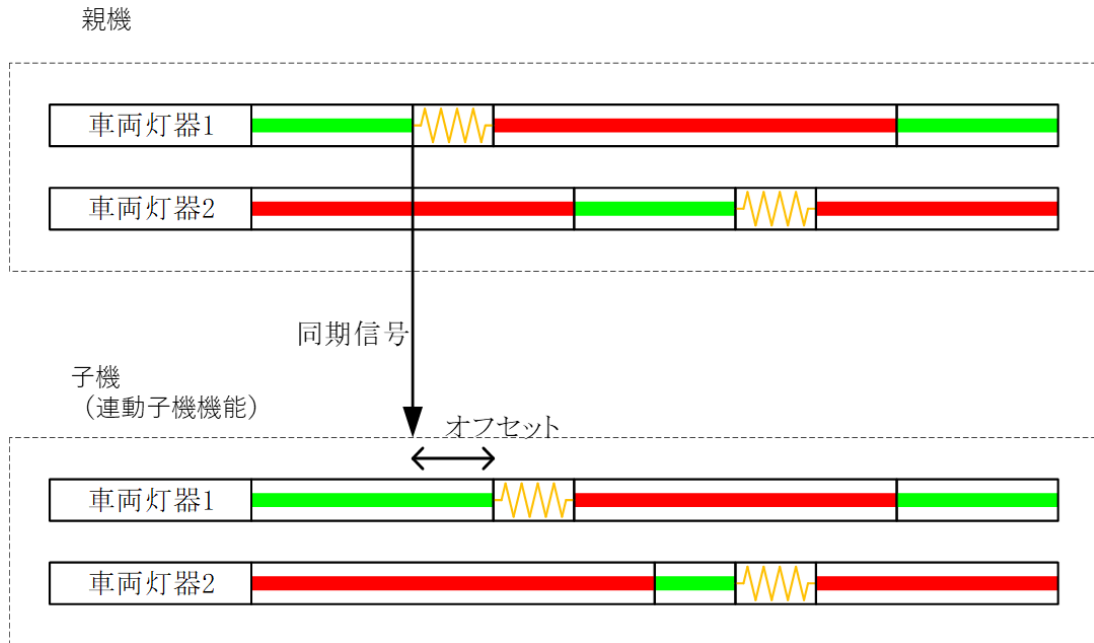


図 10.5.18 連動子機機能の動作

分周期連動子機機能は、親機のサイクル長が長く、子機のサイクル長が短い場合に、子機の待ち時間を減らすため、子機を親機の1/2や2/3のサイクル長で連動させる機能となる。例として1/2連動を挙げる。1/2連動では親機が1サイクル動作する間に子機は2サイクル動作する（親機のサイクル長が180秒の場合、子機のサイクル長は90秒となる）。親機の同期信号と一致しない1/2周期のタイミングでは、子機側で親機の同期信号の周期の1/2のタイミングを計算する。

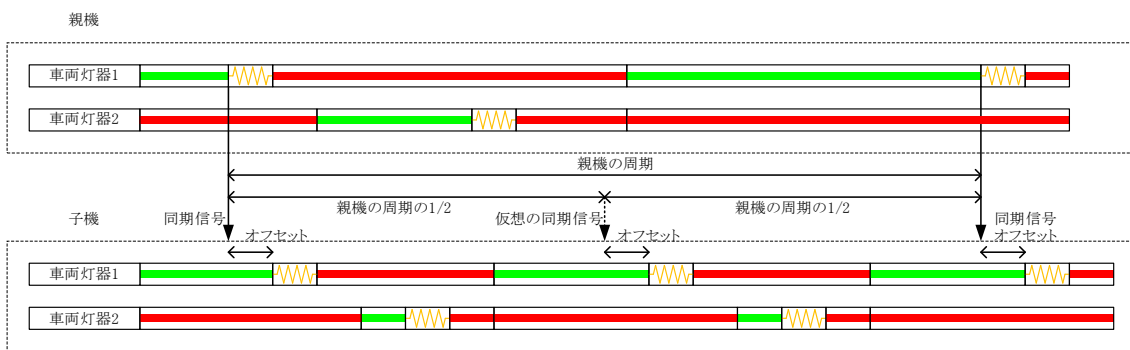


図 10.5.19 分周期連動子機機能の動作

ウ 連動の種類

連動子機機能は、親機からの同期信号に合わせて子機を動作させるものであるが、隣接する交差点間で同期を取る手段としては、系統制御以外にも単一の交通信号制御機で2つの交差点を制御する灯器連動方式も存在している。

また、1台の交通信号制御機で2つの交差点を制御する方式としては、灯器連動の他に、複数交差点制御も存在している。それぞれの差異は表 10.5.5 の通り。

複数交差点制御の子機は親機と一体化しているものの、独立して動作するが、実用上は系統制御または連動機能で同期を取ることになる。

本項では、連動子機機能以外にも、灯器連動及び複数交差点制御についても検討を行った。

表 10.5.5 連動の種類ごとの違い

	連動子機機能	灯器連動	複数交差点制御	複数交差点制御 連動機能
子機の構成	親機と独立	親機と同じ	親機と一体	親機と一体
子機の制御	親機と連動	親機と同じ	親機と独立	親機と連動
機器の扱い	標準品	標準品	複数交差点制御専用	複数交差点制御専用

エ 制御上の制約事項

連動子機機能は、同期信号を受信後、設定されたオフセットの時間を経過後に歩進させる。同期信号を感応動作のリコール要求とみなした場合、他の感応機能と同様に、オフセットと固定階梯の秒数の合計が、通信遅延+車両が停止等に必要な時間を超えるように設定する必要がある。

オ 信号情報の生成について

信号情報の生成は、当該の信号機がどのようなパターンで動作しているかの情報を持っていれば生成可能となる。

子機の信号情報の生成では、親機の動作が既知である場合と親機の動作が未知の場合の計算の2通りの計算方法が考えられる。子機の動作（パターン）は、どちらの場合でも既知である必要がある。ただし動作するパターンが既知であることと、実際にそのパターンで動作しているか監視を行えるかは合致しない。

(ア) 親機の動作が既知

子機の信号制御情報以外に親機の信号制御情報も用いて信号情報を生成する方式となる。

親機の現在のサイクルの予定秒数を元に、親機が同期信号を送信する時刻を計算して、子機の同期信号を受信する階梯の終了時刻が、親機の同期信号の送信時刻+オフセット秒となるように計算する。子機の同期信号を受信する階梯以外の秒数は、定周期 TSDB 等と同様に子機の時限表から推定する。

この方式の場合、親機の同期信号を送信する時刻までの秒数が確定した時点で、子機の現在のサイクルの秒数も確定する。

(イ) 親機の動作が未知

親機の同期信号を他の感応動作のリコール要求と同じと見なして信号情報を生成する方式となる。

この方式の場合、親機から同期信号を受信した時点で、子機の現在のサイクルの秒数が確定する。

カ 信号情報生成方式毎の対応

連動機能について、各信号情報生成方式における対応可否を表 10.5.6～表 10.5.8 に示す。各項目の意味はリコール2機能と同様である。

前項で挙げた親機の動作の未知/既知で分類した場合、以下の通りとなる。

親機の動作が既知：管制方式、集中方式(親機)、定周期 TSDB

親機の動作が未知：集中方式(子機)、制御機生成方式、路側機生成方式

管制方式での連動子機の正常/異常の監視は、既存のインタフェース上は「将来規定する可能性の高い機能に対し、予め使用するビット又はデータエリアを確保した」ものとなっているため、既存の機器では対応していないものも存在する。

親機・子機の両方が集中制御の場合は、集中制御の機能として系統制御が可能のため、連動子機機能ではなく系統制御として信号情報を生成すれば良い。

表 10.5.6 連動子機機能 信号情報生成方式毎の対応可否(1/3)

信号情報の生成元	管制方式	集中方式		制御機生成方式	路側機生成方式	定周期 TSDB
	管制センター	管制センターに 接続された 交通信号制御機 (親機)	管制センターに 接続されない 交通信号制御機 (子機)	管制センター に接続されない 信号制御機 (子機)	信号制御機に 接続された 信号情報路側機 (子機)	定周期 TSDB
親機の動作	既知	既知	未知	未知	未知	既知
動作監視						
・動作監視 1(子機の正常/異常)	●	○	○	○	×	×
・動作監視 2(子機が予定通り動作しているか)	×	×	○	○	×	×
・灯色監視(子機の信号情報と灯色の一致)	×	×	○	○	○	×
既知の機器(信号情報の生成元)に対する機能追加項目						
・親機の信号制御情報(予定)から子機の同期点を計算	○	○	—	—	—	○
・親機の同期点より子機の同期階段の予定秒数を計算	○	○	○	○	○	○
・子機のカレンダーを計算	○	○	—	—	—	—
・子機(多段/遠隔/単独)動作時限表を作成	○	○	—	—	—	—
・子機の信号情報の作成及び出力	○	○	—	—	—	—
現地機器への機能追加項目						
・親機(交通信号制御機)への機能追加	—	○	—	—	—	—
・子機(交通信号制御機)への機能追加	—	—	○	○	—	—
・子機(交通信号制御機)への通信回線追加	—	—	—	○	○	—
・子機交差点への機器設置	—	—	—	—	○	—

○：可能/必要、×：不可、—：対象外/不要、●：既存の機器では仕様上オプションな扱いになっており実現できない場合がある。

表 10.5.7 連動子機機能 信号情報生成方式毎の対応可否(2/3)

					管制方式	集中方式 (親機)	集中方式 (子機)	制御機 生成方式	路側機 生成方式	定周期 TSDB	
信号情報生成可否											
親機	子機	連動方式	感応(親機)	感応(子機)							
集中制御	集中制御	連動子機機能	なし	なし	(○)	(○)	(○)	-	-	-	
			なし	あり	×	×	(○)	-	-	-	
			あり	なし	×	(○)	(○)	-	-	-	
			あり	あり	×	×	(○)	-	-	-	
		灯器連動	なし	(○)	(○)	(○)	-	-	-		
			あり	×	(○)	(○)	-	-	-		
集中制御	地点制御	連動子機機能	なし	なし	○	○	-	○	○	×	
			なし	あり	×	×	-	○	○	×	
			あり	なし	×	○	-	○	○	×	
			あり	あり	×	×	-	○	○	×	
		分周期連動子機機能(1/2 連動)	なし	なし	○	○	-	○	○	×	
			なし	あり	×	×	-	○	○	×	
			あり	なし	×	○	-	○	○	×	
		分周期連動子機機能(2/3 連動)	あり	あり	×	×	-	○	○	×	
			なし	なし	×	×	-	○	○	×	
			なし	あり	×	×	-	○	○	×	
		複数交差点制御	あり	なし	×	×	-	○	○	×	
			-	なし	×	○	-	○	○	○	
		複数交差点制御連動機能	-	あり	×	○	-	○	○	×	
			なし	なし	○	○	-	○	○	×	
			なし	あり	×	○	-	○	○	×	
			あり	なし	×	○	-	○	○	×	
				あり	あり	×	○	-	○	○	×

○：可能、×：不可、-：対象外、(○)：可能。ただし系統制御で代替可能

表 10.5.8 連動子機機能 信号情報生成方式毎の対応可否(3/3)

					管制方式	集中方式 (親機)	集中方式 (子機)	制御機 生成方式	路側機 生成方式	定周期 TSDB
信号情報生成可否										
親機	子機	連動方式	感応(親機)	感応(子機)						
地点制御	地点制御	連動子機機能	なし	なし	—	—	—	○	○	○
			なし	あり	—	—	—	○	○	×
			あり	なし	—	—	—	○	○	×
			あり	あり	—	—	—	○	○	×
		分周期連動子機機能(1/2 連動)	なし	なし	—	—	—	○	○	○
			なし	あり	—	—	—	○	○	×
			あり	なし	—	—	—	○	○	×
			あり	あり	—	—	—	○	○	×
		分周期連動子機機能(2/3 連動)	なし	なし	—	—	—	○	○	○
			なし	あり	—	—	—	○	○	×
			あり	なし	—	—	—	○	○	×
			あり	あり	—	—	—	○	○	×
		灯器連動	なし		—	—	—	○	○	○
			あり		—	—	—	○	○	×
		複数交差点制御	—	なし	—	—	—	○	○	○
			—	あり	—	—	—	○	○	×
		複数交差点制御連動機能	なし	なし	—	—	—	○	○	○
			なし	あり	—	—	—	○	○	×
			あり	なし	—	—	—	○	○	×
			あり	あり	—	—	—	○	○	×

○：可能、×：不可、—：対象外

4 提供対象外の制御方式に対する信号情報提供の検証

(1) リコール2機能

ア 検証内容

リコール2機能が実装された交通信号制御機で信号情報生成を行い、灯器と模擬車載器で受信した信号情報を比較する。また、信号情報自体が正しく作成されているかの検証も行う。

検証は模擬環境を用いるため、通信遅延の値は信号情報提供プラットフォームとは異なる。ただし、通信遅延と信号情報の灯色が未確定となる時間の関係を検証するため、計測自体は行う。

検証項目は以下の通り。各パターンについて合計10サイクル分のデータを収集する。

- ① 灯器と信号情報（模擬車載器の表示）との誤差
灯器の点灯と模擬車載器で受信した信号情報をビデオで撮影して解析する。
- ② 灯色が不明となる時間
灯器の点灯と模擬車載器で受信した信号情報をビデオで撮影して、灯器の点灯と最大残秒数を元にした灯色が不一致となる時間を解析する。解析結果を信号情報の通信遅延と比較する。
- ③ 信号情報が正しく生成されているか
前サイクルで生成された信号情報による灯色及び最小残秒数～最大残秒数の範囲から、現サイクルで生成された信号情報による灯色及び最小残秒数～最大残秒数が逸脱しないことを確認する。
- ④ 灯色の確定について検討結果が正しいか
新たに信号情報を受信するまでの間、リコール現示1からリコール現示2の切り替え時以外、灯色が確定していることを確認する。（検討結果以外に灯色が確定しないケースが存在しない）

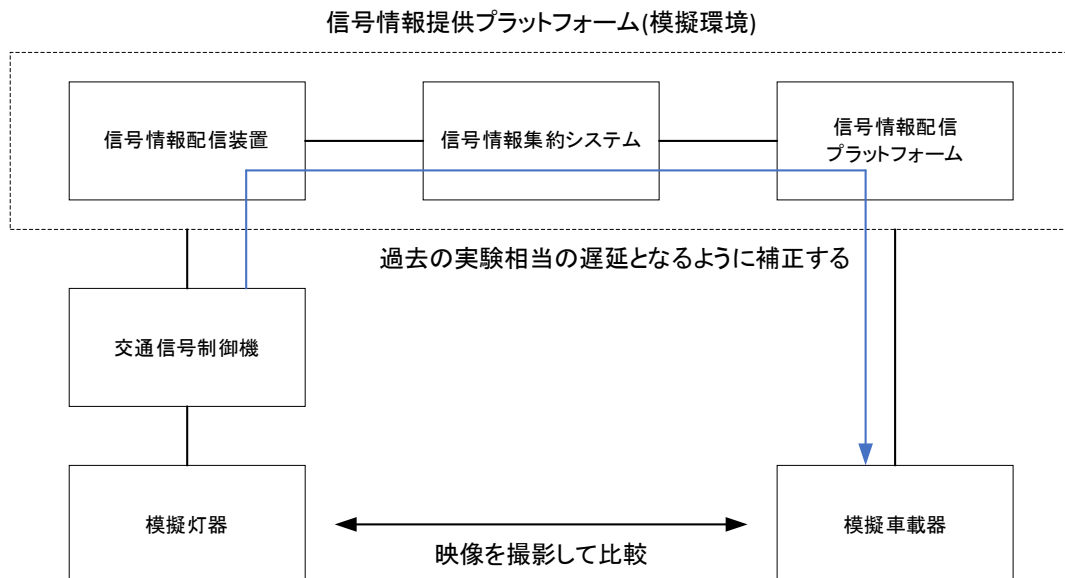


図 10.5.20 リコール2機能における実験構成

イ 検証結果

(ア) 模擬環境における遅延

模擬環境では、平均値が実証実験の値と等しくなるように模擬環境側で遅延処理を行った。実証実験における平均値、及び、模擬環境で計測した遅延の値を、表 10.5.9 に示す。模擬環境における平均遅延は、概ね過去の実証実験の値と等しい値となっている。

実証実験における遅延の値は、SIP 第 2 期の実験結果（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 2021 年度～2022 年度報告書 P203 による。

表 10.5.9 模擬環境における遅延(秒)

実証実験	模擬環境		
	平均値	最大	最小
1.200	1.244	4.863	1.134

(イ) 現示階段図

現示階段図を図 10.5.21 に示す。

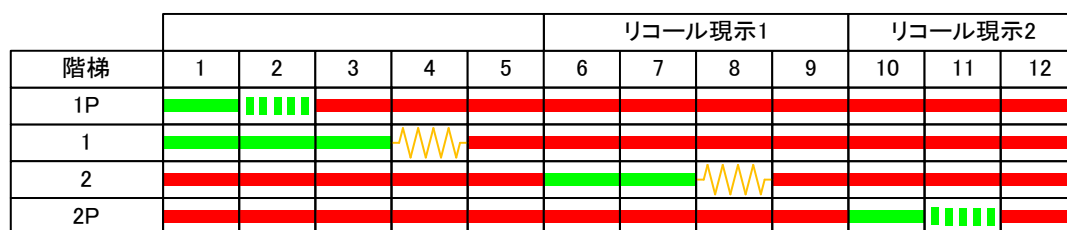


図 10.5.21 リコール2機能 現示階段図

(ウ) 灯器と信号情報の誤差

各灯器における実際の灯色と信号情報の誤差を表 10.5.10 に示す。

制御上の制約事項で記載した通り、リコール1のみ要求ありの場合、主道路側の灯色が未確定となるため誤差としては扱わない。リコール現示1、2はそれぞれ要求なしの場合は非表示となるため誤差は存在しない。

全体として、0.067秒～0.1秒の範囲内に収まっており、自動運転ユースケースでの要求値 300ms 以内となっている。

表 10.5.10 灯器と信号情報の誤差(秒)

		リコール現示1のみ			リコール現示2のみ			両方		
		要求あり			要求あり			要求あり		
		平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小
車両灯器1	青開始				0.080	0.100	0.067	0.087	0.100	0.067
	黄開始	0.093	0.100	0.067	0.090	0.100	0.067	0.083	0.100	0.067
	赤開始	0.093	0.100	0.067	0.093	0.100	0.067	0.093	0.100	0.067
歩行者灯器1	青開始				0.083	0.100	0.067	0.087	0.100	0.067
	青点滅開始	0.092	0.100	0.067	0.088	0.100	0.067	0.088	0.100	0.067
	赤開始	0.090	0.100	0.067	0.090	0.100	0.067	0.087	0.100	0.067
車両灯器2 (リコール現示1)	青開始	0.090	0.100	0.067				0.093	0.100	0.067
	黄開始	0.090	0.100	0.067				0.087	0.100	0.067
	赤開始	0.090	0.100	0.067				0.090	0.100	0.067
歩行者灯器2 (リコール現示2)	青開始				0.097	0.100	0.067	0.093	0.100	0.067
	青点滅開始				0.083	0.100	0.067	0.087	0.100	0.067
	赤開始				0.087	0.100	0.067	0.090	0.100	0.067

(エ) 灯色が不明となる時間

主道路の灯器（車両灯器 1、歩行者灯器 1）で、灯色が不明となっていた時間を表 11.5.11 に示す。

灯色が不明となっていた時間は平均約 1.33 秒であり、灯器との平均誤差約 0.09 秒に模擬環境における平均遅延約 1.24 を加算した値と等しくなる。

表 10.5.11 灯色が不明となっていた時間(秒)

		リコール現示 1 のみ要求あり		
		平均	最大	最小
車両灯器 1	青開始	1.331	1.869	1.268
歩行者灯器 1	青開始	1.335	1.869	1.268

(オ) 信号情報が正しく生成されているか

作成した信号情報について、前回作成した信号情報の最小残秒数～最大残秒数の範囲を逸脱することは無かった。

(カ) 灯色の確定について検討結果が正しいか

(エ) で示した主道路の青開始の他、歩行者灯器 1 において最大で 0.8 秒間、灯色が不明となる時間が発生した。これは第 1 階梯の終了直前にリコール要求を入力した場合に発生している。これは制御上の制約事項で示した既知の項目であり、第 1 階梯の後ろに歩行者青階梯を挿入することで回避可能である。

それ以外には、模擬車載機において灯色が不明となるタイミングは存在しなかった。

(2) リコール3機能

ア 検証内容

リコール3機能が実装された交通信号制御機で信号情報生成を行い、灯器と模擬車載器で受信した信号情報を比較する。また、信号情報自体が正しく作成されているかの検証も行う。

検証は模擬環境を用いるため、通信遅延の値は信号情報提供プラットフォームとは異なる。ただし、通信遅延と信号情報の灯色が未確定となる時間の関係を検証するため、計測自体は行う。

検証項目は以下の通り。各パターンについて合計10サイクル分のデータを収集する。

① 灯器と信号情報（模擬車載機の表示）との誤差

灯器の点灯と模擬車載器で受信した信号情報をビデオで撮影して解析する。

② 灯色が不明となる時間

灯器の点灯と模擬車載器で受信した信号情報をビデオで撮影して、灯器の点灯と最大残秒数を元にした灯色が不一致となる時間を解析する。解析結果を信号情報の通信遅延と比較する。

③ 信号情報が正しく生成されているか

前サイクルで生成された信号情報による灯色及び最小残秒数～最大残秒数の範囲から、現サイクルで生成された信号情報による灯色及び最小残秒数～最大残秒数が逸脱しないことを確認する。

④ 灯色の確定について検討結果が正しいか

新たに信号情報を受信するまでの間、歩行者現示以外で、灯色が確定していることを確認する。（検討結果以外に灯色が確定しないケースが存在しない）

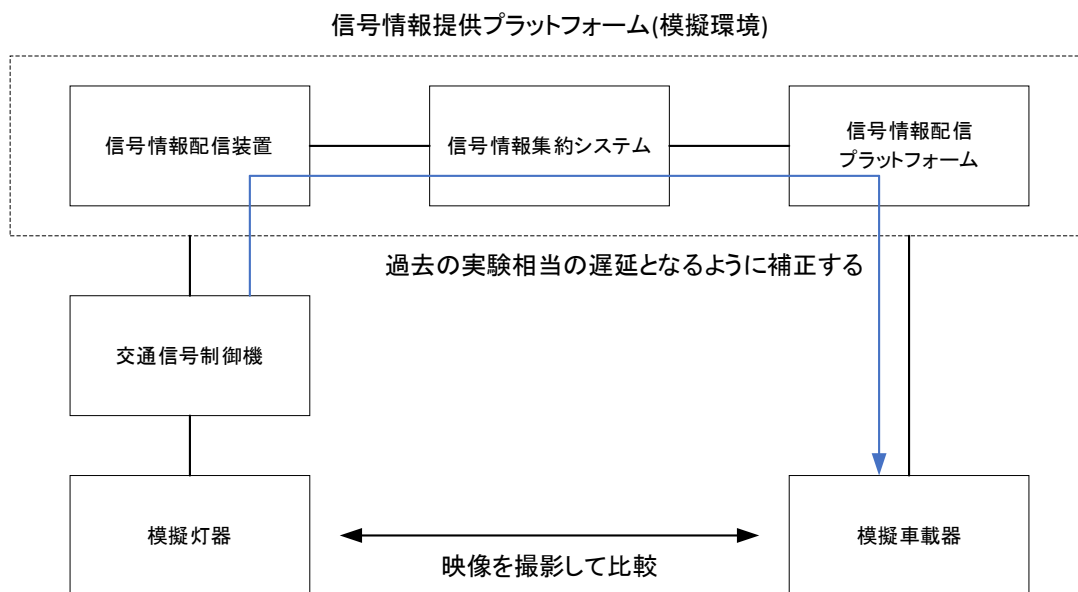


図 10.5.22 リコール 3 機能における実験構成

イ 検証結果

(ア) 模擬環境における遅延

模擬環境における遅延はリコール 2 機能と同様とする。

(イ) 現示階梯図

現示階梯図を図 10.5.23 に示す。階梯秒数置換として、車両要求のみ受け付けている場合は、7 階梯、8 階梯を 1 秒に置き換えるように設定する。

階梯						リコール現示				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1P	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2P	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

図 10.5.23 リコール 3 機能 現示階梯図

(ウ) 灯器と信号情報の誤差

各灯器における実際の灯色と信号情報の誤差を表 10.5.12 に示す。

全体として、0.067 秒～0.1 秒の範囲内に収まっており、自動運転ユースケースでの要求値 300ms 以内となっている。

表 10.5.12 灯器と信号情報の誤差(秒)

		車両のみ要求あり			歩行者要求あり		
		平均	最大	最小	平均	最大	最小
車両灯器 1	青開始	0.097	0.100	0.067	0.083	0.100	0.067
	黄開始	0.097	0.100	0.067	0.073	0.100	0.067
	赤開始	0.097	0.100	0.067	0.077	0.100	0.067
歩行者灯器 1	青開始	0.100	0.100	0.100	0.083	0.100	0.067
	青点滅開始	0.092	0.100	0.067	0.093	0.100	0.067
	赤開始	0.103	0.133	0.067	0.077	0.100	0.067
車両灯器 2 (リコール現示)	青開始	0.093	0.100	0.067	0.080	0.100	0.067
	黄開始	0.087	0.100	0.067	0.083	0.100	0.067
	赤開始	0.097	0.100	0.067	0.087	0.100	0.067
歩行者灯器 2 (リコール現示)	青開始				0.073	0.100	0.067
	青点滅開始				0.087	0.100	0.067
	赤開始				0.080	0.100	0.067

(エ) 灯色が不明となる時間

リコール現示 3 で歩行者要求を直前に入力した場合に、歩行者灯器 2 で灯色が不明となっていた時間を表 10.5.13 に示す。

灯色が不明となっていた時間の最大は約 1.33 秒であり、灯器との平均誤差約 0.09 秒に模擬環境における平均遅延約 1.24 を加算した値と等しくなる。押ボタンを押してから情報が伝達されるまでが遅延時間となるため、押ボタンを押すタイミングが早ければ、灯色が不明となる時間は小さくなっていく。

表 10.5.13 灯色が不明となっていた時間(秒)

		歩行者要求を直前で入力		
		平均	最大	最小
歩行者灯器 2	青開始	1.114	1.335	0.334

(オ) 信号情報が正しく生成されているか

作成した信号情報について、前回作成した信号情報の最小残秒数～最大残秒数の範囲を逸脱することは無かった。

(カ) 灯色の確定について検討結果が正しいか

(エ)で示したリコール現示の歩行者灯器 2 の青開始の他、歩行者灯器 1 において最大で 1.2 秒間、灯色が不明となる時間が発生した。これは第 1 階梯の終了直前にリコール要求を入力した場合に発生している。これは制御上の制約事項で示した既知の項目であり、第 1 階梯の後ろに歩行者青階梯を挿入することで回避可能である。

(3) 連動子機機能

親機の動作が既知の場合と、未知の場合のそれぞれの代表ケースについて検証を行う。

既知の場合は管制方式、未知の場合は制御機生成方式を想定した検証を実施する。

ア 検証内容

(ア) 管制方式

親機の信号制御情報を元に子機の信号情報を生成する方式を想定して、以下の2点について検証を行う。親機は版5の交通信号制御機でGPSによる時刻同期を行う前提とする。

① 親機からの同期信号を受けて子機が歩進するのにどれくらいの遅延（絶対値及びばらつき）があるのか

② 子機の時限表（設定値）と親機の同期信号のタイミングを基に子機の信号情報を生成した場合に灯色及び信号の残秒数をどれくらい正しく生成できるか

①では、サイクルの開始が同一時刻となるように秒数を設定して、サイクル開始時の青点灯のずれを計測する。このずれが、子機における親機からの遅延となる。合計10回の計測を行い、ずれの絶対値及びばらつきを集計する。

②では、親機の現在のサイクルの予定秒数を基に、親機が同期信号を送信する時刻を計算して、子機の時限表及び同期信号の受信時刻より、子機の信号情報を計算する。計算した子機の信号情報を子機の実行履歴と比較することで、どれくらい信号情報を正しく推測できるかを評価する。

1日分の比較を行い推測した信号情報が履歴と一致するかを確認する。

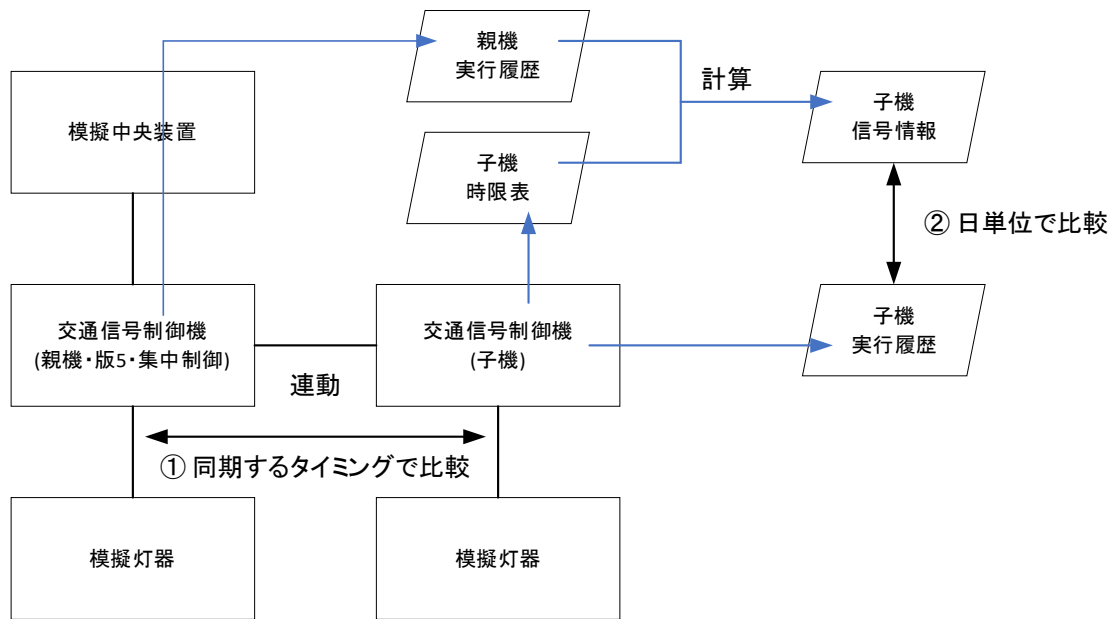


図 10.5.24 管制方式を想定した実験構成

(イ) 制御機生成方式

連動子機機能が実装された交通信号制御機で子機の信号情報生成を行い、灯器の点灯と、模擬車載器で受信した信号情報を比較する。

検証は模擬環境を用いるため、実環境とは遅延が異なるためトータルの通信遅延は検証の対象外とする。

交通信号制御機は版 5 以降の GPS 時刻同期を行うものとし、連動子機 (1/1 連動)、分周期連動 (1/2 連動、2/3 連動) のそれぞれについて検証を行う。

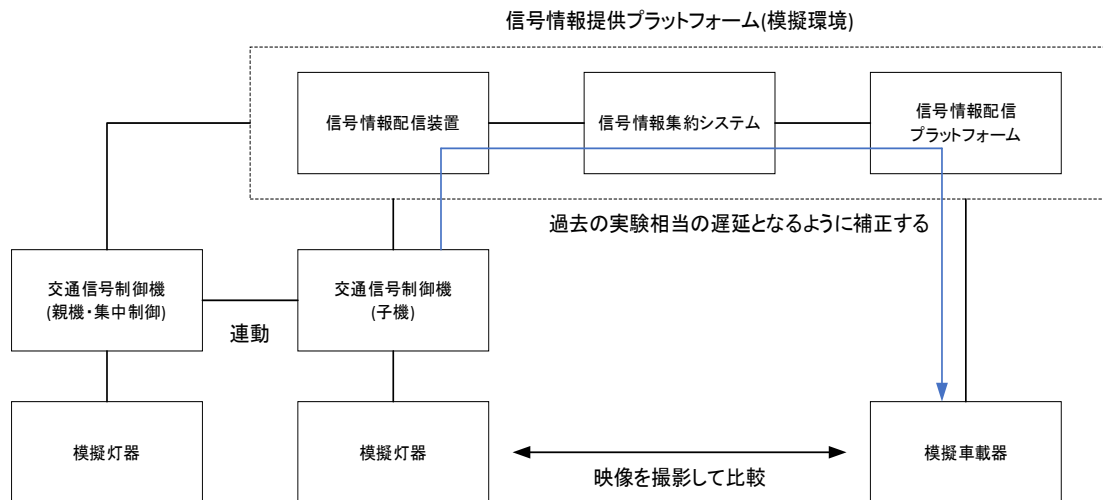


図 10. 5. 25 制御機生成方式を想定した実験構成

イ 検証結果

(ア) 管制方式

(a) 現示階段図

親機及び子機の現示階段図を図 10.5.26 に示す。親機の第 4 階段の開始と、子機の第 1 階段の終了を同期する設定とする。

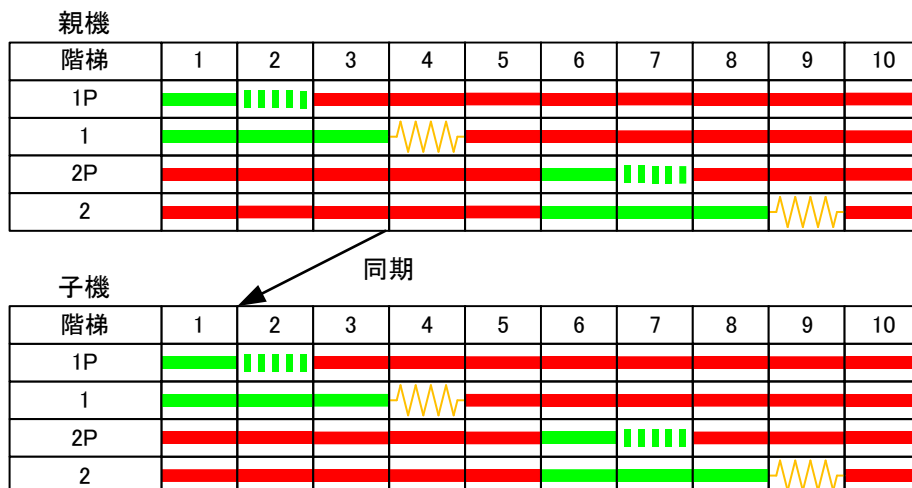


図 10.5.26 連動子機機能 現示階段図

(b) 親機からの子機の遅延

連動子機機能による同期時に、親機と子機のサイクル開始が一致するように同期後の階段の秒数を設定して、サイクル開始に計測した親機の灯色と、子機の灯色のずれを表 10.5.14 に示す。

大半が平均値付近の値となっていたが、1 回だけ 0.2 秒のずれが生じたことがあった。子機の動作は親機から 0.1 秒～0.2 秒程度遅れるという結果となった。

表 10.5.14 子機の親機からの遅延 (秒)

平均	最大	最小
0.117	0.200	0.100

(c) 生成した信号情報と実際の動作との誤差

親機の実行情報を元に作成した子機の実行情報と、子機が実際に動作した履歴を比較した結果を示す (表 10.5.15)。

履歴上は、灯色の実行秒数で+0.1 秒～-0.1 秒のずれが発生した。

表 10.5.16 に親機と子機のサイクル開始時刻とサイクル長を示す。ただし子機は親機と異なり時刻同期を行っていないため親機に対して時刻は不正確である。この表の時間帯は、親機が一定のサイクル長で動作していた時間帯であり、ずれを除くと子機も同じサイクル長で動作している。

子機が親機よりも 0.1 秒長く動作した場合、0.1 秒短く動作するまでは親機からは追加で 0.1 秒遅れた状態となっている。この 0.1 秒長く動作しているサ

イクルは、(b)で計測した1回だけ0.2秒のずれが生じたサイクルと同様の現象と推測される。また、0.1秒遅れているサイクルとして集計した場合は全体の4.2%となる。

表 10.5.15 推測した信号情報と動作履歴とのずれ

	サイクル数		ずれ [秒]	
	全体	不一致	最大	最小
全体	2693	89 (3.3%)	+0.1	-0.1
親機(同期中)	2389	79 (3.3%)	+0.1	-0.1
親機(オフセット追従中)	304	10 (3.3%)	+0.1	-0.1

表 10.5.16 子機のずれの例

親機		子機		ずれ	備考
サイクル 開始時刻	サイクル長	サイクル 開始時刻	サイクル長		
18:28:05.0	90	18:28:06.9	90.1	+0.1	子機が推定より0.1秒遅れる
18:29:35.0	90	18:29:37.0	89.9	-0.1	子機の遅れが元に戻る
18:31:05.0	90	18:31:06.9	90	0	
18:32:35.0	90	18:32:36.9	90.1	+0.1	子機が推定より0.1秒遅れる
18:34:05.0	90	18:34:07.0	90	0	0.1秒遅れている
18:35:35.0	90	18:35:37.0	90	0	0.1秒遅れている
18:37:05.0	90	18:37:07.0	89.9	-0.1	子機の遅れが元に戻る
18:38:35.0	90	18:38:36.9	90.1	+0.1	子機が推定より0.1秒遅れる
18:40:05.0	90	18:40:07.0	89.9	-0.1	子機の遅れが元に戻る
18:41:35.0	90	18:41:36.9	90.1	+0.1	子機が推定より0.1秒遅れる
18:43:05.0	90	18:43:07.0	90	0	0.1秒遅れている

(d) 子機の信号情報の精度の期待値

特定の交通信号制御機のみであるが、仮に固定遅延を 100ms とした場合、変動遅延の期待値は±100ms となる。

子機の信号情報の期待値は、親機の信号情報の精度±100ms になると考えられる。

(イ) 制御機生成方式

(a) 模擬環境における遅延

模擬環境における遅延はリコール 2 機能と同様とする。

(b) 現示階梯図

現示階梯図を図 10.5.27 に示す。第 1 階梯を同期する階梯とする。

階梯	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1P	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2P	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
同期階梯	○									

図 10.5.27 連動子機機能 現示階梯図

(c) 灯器と信号情報の誤差

各灯器における実際の灯色と信号情報の誤差を表 10.5.17 及び表 10.5.18 に示す。連動子機機能では同期して歩進するオフセット 0 秒の歩行者灯器 1 の青点滅開始(青終了)を除けば、0.067 秒~0.133 秒の範囲内に収まっている。分周期連動機能では、同期を行うサイクル以外で 0.033 秒~0.167 秒の範囲内に収まっている。結果は、自動運転ユースケースでの要求値 300ms 以内となっている。

表 10.5.17 灯器と信号情報の誤差(秒) 連動子機機能

		オフセット 0 秒			オフセット 5 秒		
		平均	最大	最小	平均	最大	最小
車両灯器 1	青開始	0.088	0.100	0.067	0.078	0.100	0.067
	黄開始	0.088	0.100	0.067	0.093	0.100	0.067
	赤開始	0.083	0.100	0.067	0.089	0.100	0.067
歩行者灯器 1	青開始	0.088	0.100	0.067	0.078	0.100	0.067
	青点滅開始				0.102	0.133	0.083
	赤開始	0.093	0.100	0.067	0.085	0.100	0.067
車両灯器 2	青開始	0.075	0.100	0.067	0.087	0.100	0.067
	黄開始	0.088	0.100	0.067	0.082	0.100	0.067
	赤開始	0.093	0.100	0.067	0.091	0.100	0.067
歩行者灯器 2	青開始	0.075	0.100	0.067	0.093	0.100	0.067
	青点滅開始	0.080	0.100	0.067	0.091	0.117	0.067
	赤開始	0.092	0.100	0.067	0.096	0.100	0.067

表 10.5.18 灯器と信号情報の誤差(秒) 分周期連動機能

		1/2 周期連動			2/3 周期連動		
		平均	最大	最小	平均	最大	最小
車両灯器 1	青開始	0.080	0.100	0.067	0.080	0.100	0.067
	黄開始	0.093	0.167	0.067	0.093	0.100	0.067
	赤開始	0.077	0.100	0.067	0.113	0.167	0.067
歩行者灯器 1	青開始	0.073	0.100	0.067	0.080	0.100	0.067
	青点滅開始	0.100	0.133	0.067	0.114	0.133	0.067
	赤開始	0.107	0.167	0.067	0.077	0.100	0.033
車両灯器 2	青開始	0.077	0.100	0.067	0.100	0.133	0.067
	黄開始	0.110	0.167	0.067	0.100	0.167	0.067
	赤開始	0.100	0.167	0.067	0.100	0.167	0.067
歩行者灯器 2	青開始	0.080	0.100	0.067	0.093	0.133	0.067
	青点滅開始	0.090	0.133	0.067	0.087	0.100	0.067
	赤開始	0.063	0.067	0.033	0.080	0.100	0.033

(d) 灯色が不明となる時間

歩行者灯器 1 で灯色が不明となっていた時間を表 10.5.19 に示す。

灯色が不明となっていた時間は平均約 1.41 秒であり、灯器との平均誤差約 0.09 秒に模擬環境における平均遅延約 1.24 を加算した値に近い値となる。最大で約 2.4 秒となっているが、このタイミングで受信した信号情報の遅延は 2 秒以上となっていた。

オフセットを 5 秒で設定した場合は、灯色が不明となることは無かった。

分周期連動機能では、1/2 分周期連動では 2 サイクルに 1 サイクル、2/3 分周期連動では 3 サイクルに 2 サイクル、サイクル開始時点で秒数が確定するため、当該のサイクルではオフセットの値によらず、歩行者灯器 1 の青点滅開始時の灯色が不明となることは無かった。オフセットが 0 秒の場合の同期を行うサイクルで灯色が不明となった時間を表 10.5.20 に示す。時間自体は、連動子機機能と同程度の結果となった。

表 10.5.19 灯色が不明となっていた時間(秒) 連動子機機能

		オフセット 0 秒		
		平均	最大	最小
歩行者灯器 1	青点滅開始	1.411	2.436	1.218

表 10.5.20 灯色が不明となっていた時間(秒) 分周期連動機能

		1/2 周期連動			2/3 周期連動		
		平均	最大	最小	平均	最大	最小
歩行者灯器 1	青点滅開始	1.455	1.568	1.235	1.379	1.435	1.301

5 先導実証実験に向けた回線の構築

先導実証実験に向けて茨城県警察本部と警察庁間のネットワークを構築した。ネットワークの仕様は以下の通り。保証する通信帯域を超過した場合、超過分は破棄される。

表 10.5.21 茨城県警察本部・警察庁間 ネットワーク仕様

項目	性能
通信会社	ソフトバンク株式会社
サービス品目	On demand Ether ギャラティタイプ
通信品質	帯域保証型
通信帯域	2Mbps

SIP 第2期の奈良県警察本部と警察庁間のネットワークでは通信帯域を20Mbpsとしていたが、以下の点を考慮して通信帯域は2Mbpsとしている。

- ・SIP 第2期のセンター間の帯域制限による負荷動作(1536交差点)の検証では、通信負荷としては450~500kbpsであったこと(※)。
- ・同じ検証において、通信負荷が最大となるような再接続時の遅延の解消が12秒程度で収まること(※)。
- ・先導実証実験で想定される端末数は、負荷動作(1536交差点)の想定より少ないこと。

※「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期／自動運転（システムとサービスの拡張）／クラウド等を活用した信号情報提供の社会実装に向けた研究開発 2021年度～2022年度成果報告書」より

10.6 サブテーマ5「V2N方式による汎用的な交通信号情報提供プラットフォームに関する研究開発（定周期信号制御機の信号情報データベースならびに信号情報配信先の用途拡大の研究開発）」

10.6.1 実施内容の概要

本テーマでは、図 10.6. に示す全体構成のもと、大きく 2 つに分けて実施内容を説明する（本項の(ア)～(エ)は、図 10.6.1 内の記号）。

(1) 定周期信号機の信号情報生成技術の開発・検証(ア)

非集中方式の定周期信号制御機（以下、「定周期信号機」という）の信号情報を合理的に正確に提供する技術開発を行う。

(2) 多様なモビリティを対象とした信号情報配信プラットフォームの構築（(イ)～(エ)）

信号情報の提供先として自動配送ロボットやマイクロモビリティなど多様なモビリティを対象にユースケースや要求仕様を検討し、必要なインタフェース（以下、「IF」という）等を策定する。策定したインタフェース等を実装した信号情報配信プラットフォーム（以下「信号情報配信PF」という）を構築し、信号情報の配信検証を行う。

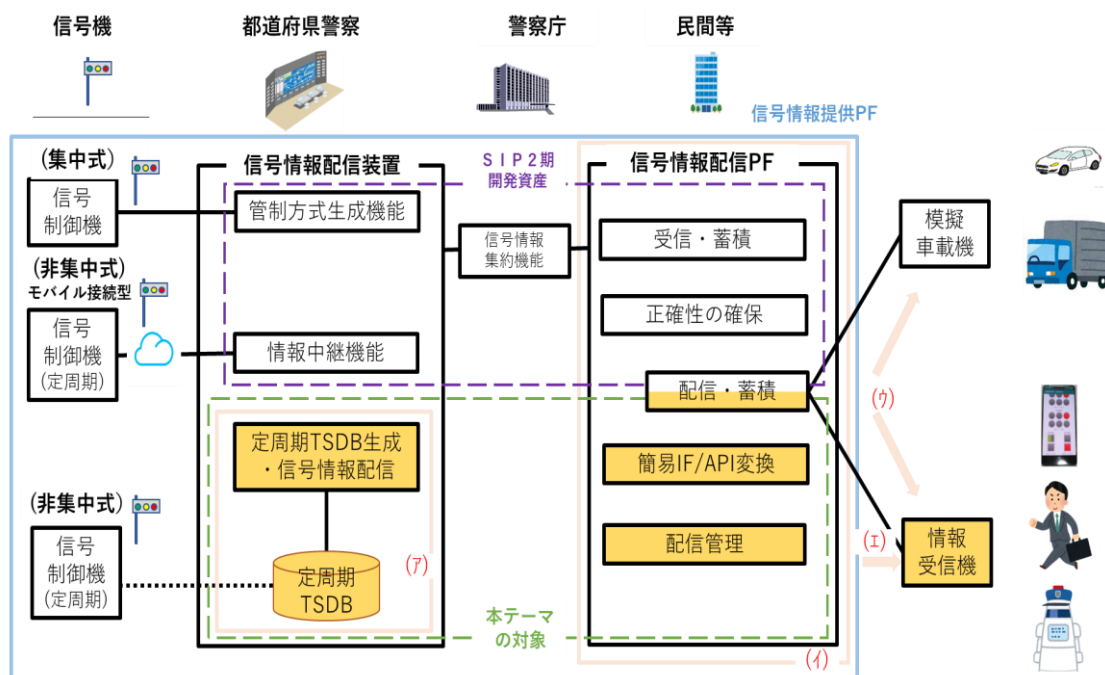


図 10.6.1 サブテーマ5の全体像

10.6.2 定周期信号機の信号情報生成技術の開発・検証

1 取組目的・実施内容

SIP 第2期事業^{*1}の研究成果によれば、定周期信号機に通信機等を付加し信号情報を生成・提供する制御機方式を採用したが、社会実装を見据えた際に導入・運用コスト面で課題があった。他方、定周期信号機は、管制センターと接続せず動作するため、青色、黄色、赤色及び矢印の表示秒数で構成される「多段動作用時限表」と呼ばれる表示秒数テーブルを予め設定し、「パターン切替時限表」と呼ばれるタイムテーブルに基づき曜日、時間帯により一意に選択される表示秒数で灯器の表示制御を行っている。すなわち、予め設定されている情報をもとに、信号灯色の表示が時刻により予見できるといえる。そこで、時限表の情報を用いることで、合理的な方法に安価かつ正確な信号情報を生成する技術開発を行う。具体的な実施事項は次の通りである。

【実施事項】

- ア 定周期 TSDB(Traffic Signal information Database)方式による信号情報生成技術の検討・机上検証 ※2023年度に実施
- イ 定周期 TSDB 方式の信号情報生成技術を実装した信号情報配信装置の仕様検討
- ウ 定周期 TSDB 方式の信号情報生成技術を実装した信号情報配信装置の製作と構内検証
- エ フィールドデータを用いたフィジビリティ検証（追加検証）

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

2 定周期 TSDB による信号情報生成技術の対象

(1) 定周期 TSDB による信号情報生成の条件

サブテーマ5で検討する定周期 TSDB を用いた信号情報が生成可能な定周期信号機の機能条件は次のとおりである。

- ・時刻修正：“指定あり”（版5では基本機能、版4以前では拡張機能）
- ・系統動作：“指定あり”
- ・感応動作：“指定なし”

なお、系統動作を指定することにより、地点感応、自動生成、プロファイル制御の感応動作が指定不可となる。逆に、これらの感応制御実施時は系統動作が機能しない。指定なしの対象となる感応動作は、リコール1、リコール2、リコール3、歩行者感応、高齢者等感応、ギャップ感応、高速感応、ジレンマ感応、バス感応である。

(2) 定周期 TSDB による信号情報生成の技術開発の適用対象

定周期 TSDB による信号情報生成に必要な定周期信号機の機能要件を示したが、その他にも信号制御機のバージョンや感応制御の指定条件が異なることから図 10.6.2 に示す形で、技術開発の主たる対象と適用箇所拡大の対象の2つに大別して検証する。

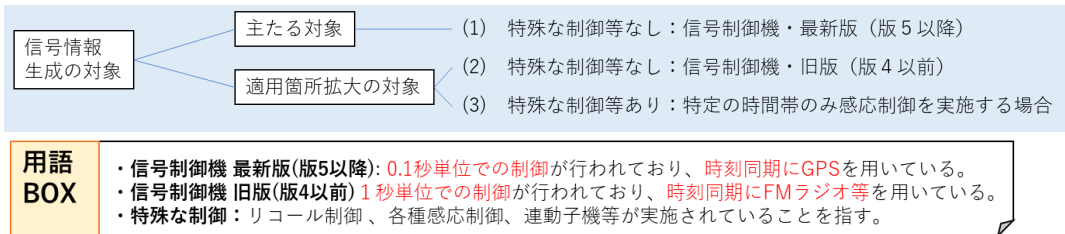


図 10.6.2 定周期 TSDB 方式による信号情報生成の適用対象

機能条件の有無と信号機バージョンの組み合わせに対して、信号情報生成の適用対象を整理したものが図 10.6.3 である。特に、最新版の定周期信号機においては、時刻修正の機器等が基本実装されているため、系統動作の指定がない場合においても系統動作機能の指定ありにする改修を行うことで比較的容易に信号制御適用対象とすることができる。

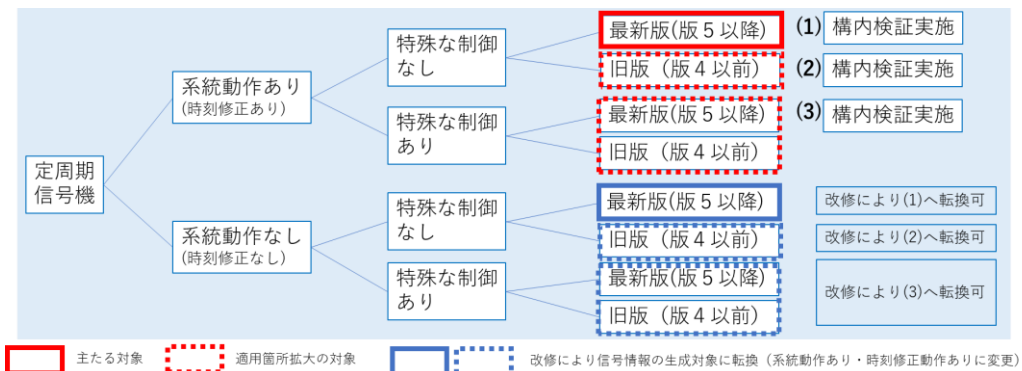
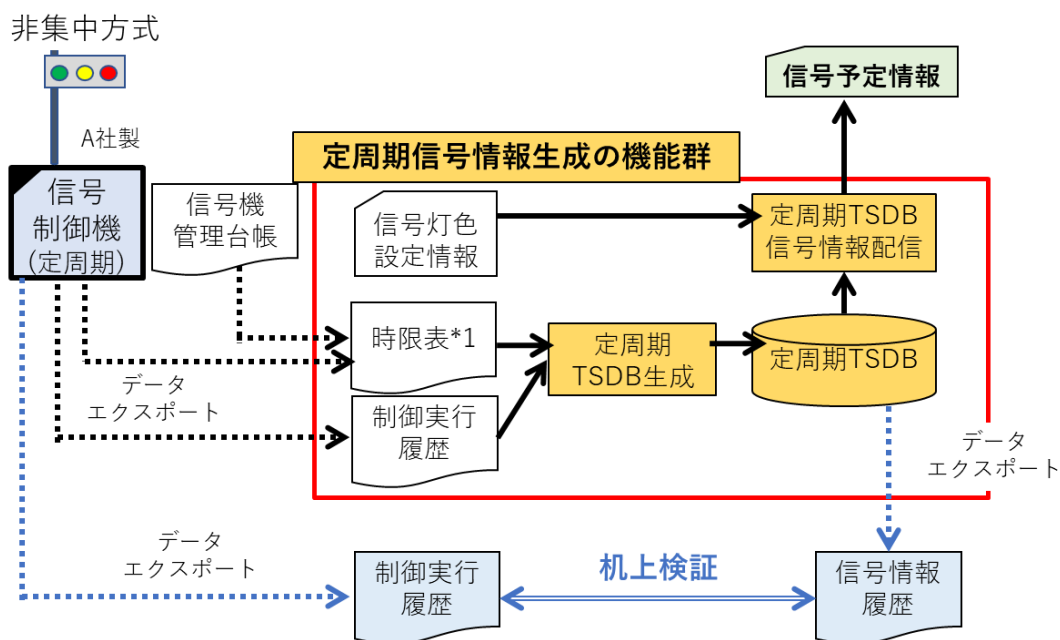


図 10.6.3 定周期 TSDB 方式による信号情報生成の適用対象

3 定周期 TSDB 方式による信号情報生成技術

(1) 定周期 TSDB 方式による信号情報生成技術の概略

信号情報生成の概略を図 10.6.4 に示す。まず、定周期 TSDB の実態は、サイクルの開始時刻及び各灯色表示秒数を格納しているデータベースシステムである。なお、サイクルとは信号表示が一巡することを指し、サイクル開始時刻は信号表示の一巡の開始時点を目指す。また、各信号灯色の表示秒数は信号表示の切替の最小単位である「階段」をもとに格納している。次に、「定周期 TSDB 生成」機能は、信号機管理台帳及び制御実行履歴をもとにして定周期 TSDB を生成する機能である。最後に、「定周期 TSDB 信号情報配信」機能は、交差点への流入方路・灯器・灯色と定周期 TSDB の対応関係が格納されている信号灯色設定情報から信号情報を生成・配信するものである。



*1 多段動作時限表、パターン切替時限表、動作切替時限表を指す。

図 10.6.4 定周期 TSDB 方式による信号情報生成方法の概略

(2) 生成技術を実装した信号情報配信装置の仕様検討

定周期 TSDB 方式の信号情報生成技術を実装した定周期信号制御を対象とした信号情報配信装置の仕様について、既存の信号情報配信装置との関係を考慮した形で機能仕様の構成を検討した。検討した機能構成の概略を図 10.6.5 に示す。図に示す通り大項目単位で 9 機能項目を、小項目単位で 13 機能項目を有する装置として、仕様書案(18 頁)を作成した。

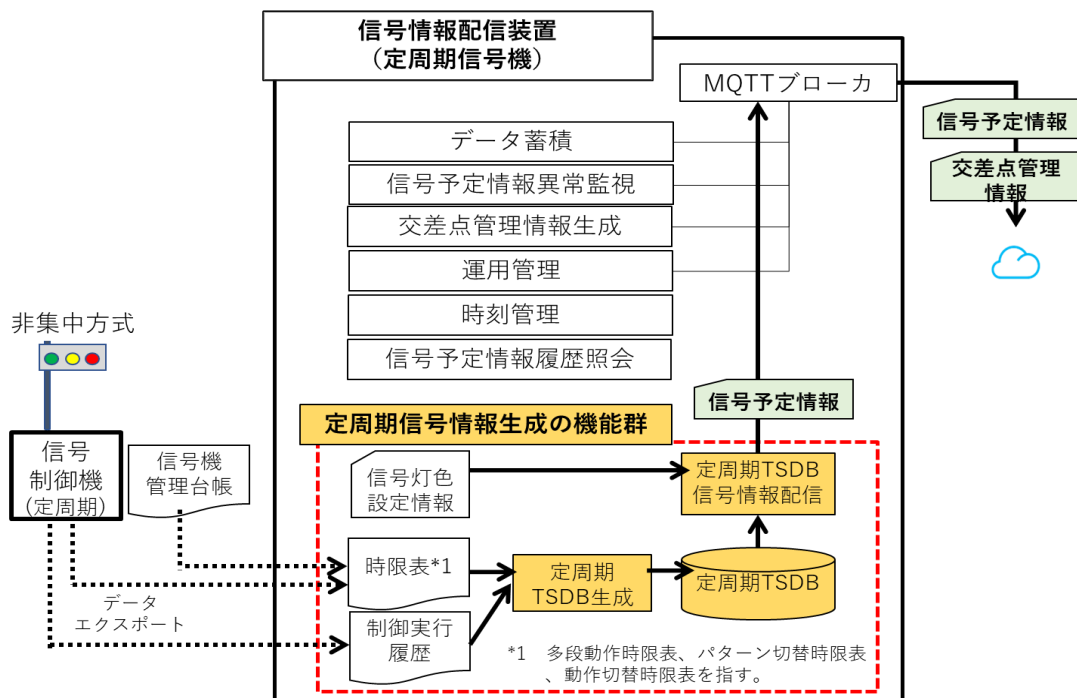


図 10.6.5 定周期 TSDB 方式による信号情報配信装置の機能構成

4 定周期 TSDB 方式による信号情報生成技術の構内検証

(1) 構内検証の内容

構内検証においては、仕様案に基づき信号情報配信装置を製作し、定周期 TSDB 生成と定周期 TSDB 配信の機能を実装する。この装置を用いて、実際の信号情報を生成し、信号情報配信装置のMQTTブローカーを介して、模擬車載機へ配信する環境を構築した（図 10.6.6 を参照）。

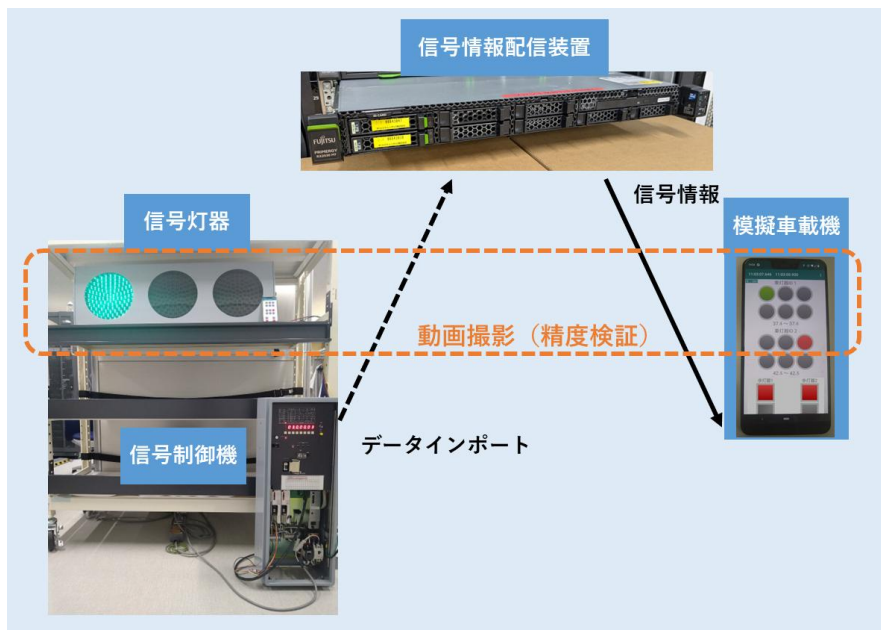


図 10.6.6 構内検証環境

この構内検証環境を用いて、定周期 TSDB 方式による信号情報の正確性・可用性を確認するために、構内検証では、表 10.6.1 の内容を実施する。まず、基本検証として機能検証では、仕様書案に則った仕様が製作できているかを確認する。ここでは、定周期 TSDB として新たに追加した部分について機能検証を実施する。したがって、信号制御機及び信号情報路側機からの情報を受信して信号情報を中継する機能については実施対象外とする。さらに、信号機のバージョンにより内臓時計の時刻同期精度が異なることから、信号制御機・各装置の内臓時計の精度を確認するため、ビデオ撮影や同期確認コマンドによる時刻同期の精度検証を行う。

次に、信号情報の正確性を実物で確認するため、模擬車載機での受信情報と信号灯器を同時にビデオ撮影し、模擬車載機と信号灯器の灯色切替わり時点のフレーム差分を計測することで、信号情報の精度を検証する。詳細な計測条件及び信号現示の設定等については、補足資料^{*2}でその内容を記載するが、信号情報が提供されている一部

のサンプルを取り出して調査するサンプル調査となる。ここで、検証対象となる交通信号制御機の種別により、以下の精度であることを確認する。

【精度】

- ・交通信号制御機（版5）の信号情報：±0.3秒以内
- ・交通信号制御機（版4）の信号情報：±1.0秒以内

精度検証の期間を拡大するため、ログ突合検証を行う。これは、信号情報の正確性をデータで確認するため、信号情報から逆生成したサイクル開始時刻・各階梯秒数データと信号制御機の制御実行履歴を突合せすることで、全数調査を行う。最新版の信号機は制御実行履歴の情報が共通化されており、期間の全数調査の有効な手段となる。旧版の場合においては取得できる数が制限されていたり、信号機制作メーカーごとに取得データが異なったりすることから限定的な手段となる。

最後に、信号情報の可用性を確認するため、信号情報の提供期間を計測することで、定周期 TSDB 方式で情報生成した信号情報がユーザー利用可能であった期間を算出し、稼働率^{*3}を評価する。

表 10.6.1 構内検証内容及び結果

検証項目		検証概要	検証結果のサマリ		
			最新版 感応制御なし	旧版 感応制御なし	最新版 感応制御あり
基本 検証	機能検証	製作した信号情報配信装置が仕様書案に則り、動作しているかを確認する	構内検証前に、確認実施		
	感応制御時の配信停止	特定の時間帯のみ感応制御が実施されている交差点において、その時間帯のみ信号情報の配信を停止し、それ以外は信号情報を配信するという配信制御ができていないかを確認する	—	—	停止確認実施
	時刻精度	信号情報の精度検証の実施前に、時刻修正機能がある 信号制御機の時計と基準時刻の差 を計測し、時刻の同期状況を確認する	±0.1秒以内	+0.5～0.8秒程度の差	—
正確性	ビデオ撮影精度検証	信号情報の正確性を実物で確認するため、 ビデオ撮影により模擬車載機と信号灯器の灯色切替わり時点のフレーム差分を計測し、信号情報の精度を検証する（サンプル調査）	±0.2秒以内 (95回計測)	+0.4～0.8秒程度の誤差 (95回計測)	±0.2秒以内 (80回計測)
	ログ突合検証	信号情報の正確性をデータで確認するため、信号情報から逆生成した サイクル開始時刻・各階梯秒数データ と信号制御機の 制御実行履歴を突合せ る（全数調査）	全数一致 (5835周期)	99.8%一致 ※追従時に課題あり	全数一致 (5835周期)
可用性	信号情報稼働率	配信情報の可用性を確認するため、定周期TSDB方式で情報生成した信号情報をユーザが利用可能であった期間を計測し、稼働率を評価する	19交差点・1512時間の連続稼働において 稼働率100% (感応制御ありの場合は、感応制御対象時間外だけで計測)		

* 2 計測条件及び信号現示等の設定については、「10.6.4 補足資料 1 ビデオ撮影による信号情報精度検証」を参照のこと。

* 3 稼働率の計算については、「10.6.4 補足資料 2 信号情報稼働率」を参照のこと。

(2) 構内検証の結果

構内検証の結果を、表 10.6. 1 の内容に示す。まず、機能検証については構内での精度検証の前に動作確認を実施した。次に、各装置の時計の同期状況を確認する。信号情報配信装置及び模擬車載機の平均誤差は 50ms 以内であり、検証に用いる装置として問題ないことが分かった。また、信号制御機の内蔵時計の精度については、最新版では平均値が-15ms、旧版では平均値が 642ms となり、旧版においては信号制御機の内蔵時計としての時刻精度は緩いことを確認した。さらに、感応制御時の配信停止の機能試験を実施し、機能通り動作することを確認できた。この条件下における精度及び可用性について以下の考察で説明する。

次に、ビデオ撮影による精度検証の結果を概説する。最新版の信号機では、95 回の計測で、誤差の平均値が 48ms であり、誤差の分布が±0.2 秒以内であったので、目標精度±0.3 秒以内を達成することができた。これについてはログ突合検証による全数確認においても信号情報と信号機の制御実行履歴が全数一致しており、高い精度を確保することが可能であることを示すことができた。続いて、旧版の信号機では、95 回の計測で、誤差の平均値が 628ms であり、誤差の分布が+0.4~0.8 秒以内であったので、目標精度±1 秒以内を達成することができた。しかし、旧版においてはログ突合検証においてオフセット追従時にサイクル開始時刻が精度目標を超える誤差が発生する問題が発生した。発生を確認できたのは 10 サイクル分(検証サイクルの 0.2%)であり、信号情報の内蔵時計の時刻精度に起因したものであると推察された。これについては、発生するケースが限定的であり、運用上の回避も含め、対処法を検討中である。

最後に、稼働率は 19 交差点・1512 時間 (63 日間) の連続稼働において稼働率 100% を確認することができた。なお、感応制御ありの場合は、感応制御対象時間外だけで計測した結果ではあるが、本方式を適用し構築した装置において本方式の可用性の高さを確認することができた。限られた構内検証の結果からではあるが、主たる対象である最新版信号機については定周期 TSDB 方式による信号情報の正確性・可用性を確認できたと考えられる。一方、旧版については情報ずれが発生しない、運用上の回避策等を検討中である。

5 定周期 TSDB による信号情報生成技術の現地データ検証

(1) 現地データによる検証内容

現地運用データをもとに設定・情報生成し、信号情報として正確性及び運用に問題ないかを確認する。構内検証と同様の形ではあるが、正確性の検証としては、①ビデオ撮影精度検証、②ログ突合検証（データ入手可能な場合）を実施する。次に、運用の検証として、③手順検証を実施する。手順検証とは、信号機管理台帳・制御実行履歴等のデータを都道府県警察より入手するプロセスも含め課題点を確認することにある。

(2) 現地データによる検証結果及び進捗

本検証の実施状況を表 10.6.2 に示す。実施中の 2 交差点については、コンソ内のオムロンソーシアルソリューションズ株式会社と連携し同一交差点を検証しているものである。定周期信号機の設定情報が記載された信号機管理台帳を都道府県警察より受領し、定周期 TSDB を構築する際、当該情報だけではオフセット追従時に表示秒数が大幅にずれる場合があった。オフセット追従の禁止階梯、追従回数、追従幅等に関するオフセット追従の詳細情報が設定情報に存在しないため、オフセット追従時の挙動を一度で特定できなかつたことが原因である。そこで、制御履歴情報を確認し人手を介した定周期 TSDB 作成の効率化を図るべく制御実行履歴を取り込み、定周期 TSDB に自動反映する方法を実装し、現在ログによる予備調査を実施済みである。今後、環境を整備し次第、現地でのビデオ撮影による精度検証を実施する予定である。

表 10.6.2 現地データ検証の進捗

No.	信号機タイプ	特記事項	正確性		運用
			ログ検証	精度検証	手順検証
1	最新版・奈良・B社	感応制御なし	○誤差0.1秒以内 (4180サイクル) →予備検証完了	*3月以降予定だが達成見込み	・オフセット追従動作が想定と異なった。 また、オフセット追従の詳細情報が信号機管理台帳に存在しない。
2	最新版・奈良・B社	感応制御なし 夜間閃光あり	○誤差0.1秒以内 (3128サイクル) →予備検証完了	*3月以降予定だが達成見込み	・制御実行履歴での時刻同期補正による 0.1秒ずれが散見。

6 総括（定周期信号機の信号情報生成技術の開発・検証）

定周期 TSDB 方式の信号情報生成技術を実装した検証用の信号情報配信装置を製作し、構内検証において、最新版の信号機については±0.3秒以内、旧版の信号機については、±1秒内とする精度目標をクリアすることができた。また、特殊な制御（感応制御・リコール制御等）の実施時間帯が限定されている場合は、特殊な制御を実施していない時間帯に限定して信号情報を配信できたことを確認できた。時間限定にはなるが、通信機等の導入・運用費用が掛からない方法が具現化できたことは意義深く、今後は、オムロンソーシアルソリューションズ方式との標準化のなかで、信号情報在り方及び本機能の在り方を再検討していく。最後に、19交差点・1512時間（63日間）の連続稼働において稼働率100%を確認することができた。本方式を適用し構築した装置において本方式の可用性の高さを確認することができ、SIP第2期の実験用に整備された信号情報配信装置と同等の信頼性があると推察できる。限られた構内検証の結果からではあるが、主たる対象である最新版信号機については定周期 TSDB 方式による信号情報の正確性・可用性を確認でき、安価かつ合理的な方法で信号情報を生成できることを確認できた。

【今後の予定】

旧版については情報ずれが発生するケースが存在し、運用上の回避策等を検討する必要がある。最新版においては、実行可能性を高めていくためフィールド検証を継続し更なる運用上問題点を把握していく予定である。

10.6.3 多様なモビリティを対象とした信号情報配信 P F の構築

1 取組目的・実施内容

SIP第2期までの取組においては、信号情報の配信先を専ら自動運転車両に限定していた。信号情報の費用対効果を上げる意味においても、交通参加者全般に対して交差点での安全性や円滑性を向上させることを目的に、信号情報の新たな用途を検討する必要がある。他方、信号情報の新たなユーザーの参入に伴うニーズ・国際動向を踏まえた新たな提供インターフェース（以下、「提供 I F」という）を検討し、併せて社会実装を見据えて SIP第2期のセンター間の情報授受の課題解決を図る必要がある。

そこで、新たな交通参加者として、歩行者扱いとなる遠隔操作型小型車（自動配送ロボット）やマイクロモビリティ（電動キックボード等）向けの利用シーンの開発や提供方法の検討を行う。さらに、新たなユーザーの参入を見据えたうえでの新たな提供 I F を実装した実証実験用・信号情報配信 P F の仕様検討及びそれらの具現化を行う。

【実施事項 項目1】

- ア 信号情報配信のユースケース検討
- イ ユースケースに合わせた要求仕様の検討
- ウ ユースケースに則った信号情報利用のガイドラインの検討

【実施事項 項目2】

- エ 新たな提供 I F の策定及び課題解決を図った共通 I F の改版検討
- オ 新たな提供 I F を取り込んだ信号情報配信 P F の仕様検討
- カ 信号情報配信 P F 製作と先導実証実験環境の構築
- キ 先導実証実験での信号情報配信 P F の機能・性能等のフィールド検証

2 信号情報活用のユースケース・要求仕様の検討結果

信号情報の利用シーンの拡大を図るべく、サブテーマ6の調査との連携、委員会での意見収集を踏まえ、自動配送ロボットの監視・操作者向け、特定原動機付小型自転車の

利用者向けのユースケースを検討し、併せてその要求仕様を検討した。例えば、自動配送ロボットの監視・操作者向けの利用シーンの一例を図 10.6.7 に示す。自動配送ロボット向けとしては、自動配送ロボットが交差点を横断・通過する際に、カメラ映像等では把握できない信号の残秒数を用いることで、的確な横断可否判断や監視・操作者の監視負荷の低減を図り、安全な運行に寄与するものである。また、特定原動機自転車の場合では、信号情報を活用し、停止支援を行うことで、無理な交差点通過を抑止でき、安全な運転に寄与することを想定する。これらのユースケースの検討結果を表 10.6.3 に、要求仕様を表 10.6.4 示す。今後の委員会等では絞り込まれたユースケースごとに要求仕様等の合意形成を図っていく。

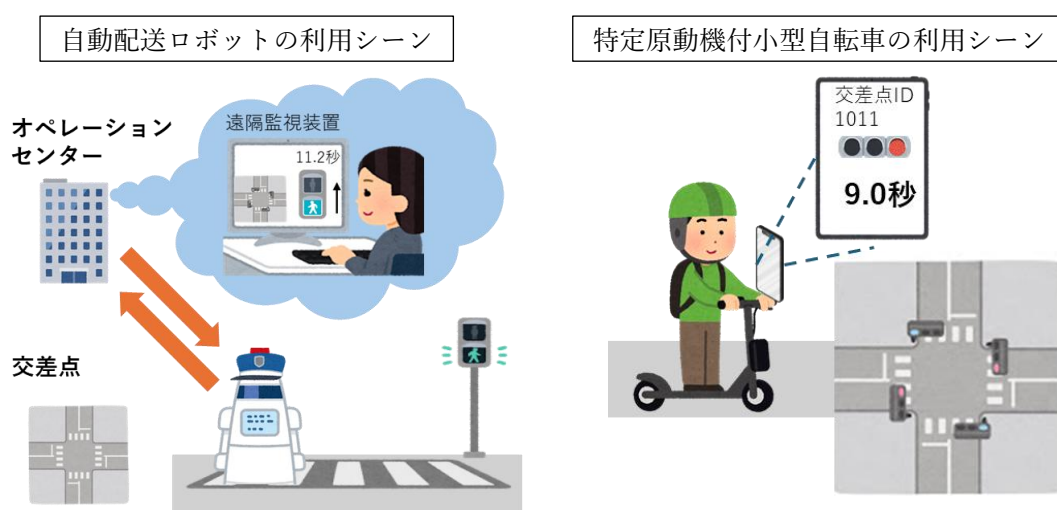


図 10.6.7 利用シーンの一例

ユースケース名	自動配送ロボットの監視的 的確な横断判断の支援(UC1)	車道を走行する自動配送ロボット ・車両扱い	電動機付自転車の利用者向けの 過判断支援(UC3)
交通参加者	遠隔操作型小型車・歩行者扱い (自動配送ロボット)	車道を走行する自動配送ロボット ・車両扱い	特定小型原動機付自転車
情報利用者	監視・操作者	監視・操作者	特定小型原動機付自転車（電動キック ボード等）の運転者
想定シーン	・自動配送ロボットが交差点を横断する 際に、補完情報として信号の残秒数を用 いることで、 的確な横断可否判断を支援 でき、安全な運行に寄与する。 ・青信号表示時には、 配送時間の短縮効 果 がある。 ・赤信号表示時には、信号待ちに相当す る 監視時間を短縮（監視負荷を軽減） で きる。	・自動配送ロボットが停止線で停車する 際に、カメラ映像等が前方車両により遮 蔽され灯色を把握できないことがある。 灯色及び信号の残秒数を補完情報として 用いることで、信号運用が的確に把握で きるため、 監視・操作者の監視負荷が軽 減 でき、安全な運行に寄与する。	・電動キックボードは最高時速が20km という経験が少ない移動速度域となるた め、交差点通過判断を難しい。信号情報 を活用し、停止支援を行うことで、無理 な交差点通過を抑止でき、 安全な運転に 寄与 する。
利用効果	・自動配送ロボットの安全な交差点横断 ・自動配送ロボットの配送時間の短縮 ・監視・操作者の交差点横断の監視に係 る時間短縮	・自動配送ロボットの安全な交差点通過 ・監視・操作者の監視負荷の軽減	・特定小型原動機付自転車の安全な交差 点通過

表 10.6.4 要求仕様の検討結果

ユースケース名	自動配送ロボットの監視・操作者 向けの的確な横断判断の支援(UC1)	車道を走行する自動配送ロボット の監視・操作者向けの交差点通過 支援(UC2)	特定小型原動機付自転車の利用者 向けの交差点通過判断支援(UC3)	
必要な 信号情報	物理範囲	横断予定の1交差点	通過予定の1交差点	
	タイミング	歩行者信号 青・赤終了タイミング	車両信号 灯色の切替りタイミング	
	時間範囲	横断予定時（2サイクル分）	通過予定時（2サイクル分）	
データ 要求	要求 タイミング	必要なタイミングで要求 概ね交差点30m手前	必要なタイミングで要求 概ね交差点30～150m手前	
	受信場所	オペレーションセンター （遠隔監視システム設置場所）	オペレーションセンター （遠隔監視システム設置場所）	マイクロモビリティ上の端末
精度等	精度	1～3秒 （1秒程度が望ましい）	1～3秒 （1秒程度が望ましい）	1秒
	故障通知	15秒程度は許容可能	15秒程度は許容可能	回答なし
備考：	歩道 ～6km/h	車道 ～20km/h	車道 ～20km/h	

3 新たな提供 I F の検討及び課題解決を図った共通 I F の改版検討

(1) 新たな提供 I F

SIP 第3期においては信号情報の用途を拡大するために、信号情報の活用対象を歩行者等の交通参加者に拡大する。SIP 第2期までに車両向けに策定されたメッセージフォーマットを歩行者向けに使用する際の課題とその解決策を提案し、新たな提供 I F 案を策定する。新たな提供 I F の論点及び検討内容を図 10.6.7 に示す。検討内容を踏まえて、提案された新たな提供 I F の構成案を図 10.6.8 に示す。

歩行者信号情報の配信における検討項目

1. 新たな提供インターフェース検討の結果

- ・ 現行IFにおける信号情報抽出の煩雑さの課題
⇒ 交差点管理情報に灯器ID付与し、それを介して灯器情報と紐づけることで容易化可能

2. 歩行者信号情報関連の課題検討

- ・ 横断路特定の難読性、参照情報の重複格納問題、2段階横断へ拡張性問題
- ・ 斜め横断可の交差点への拡張検討
⇒ 交差点管理情報に2段階横断及び斜め横断対応の灯器ID部分を設けることで対応

図 10.6.7 歩行者信号情報を配信における検討項目

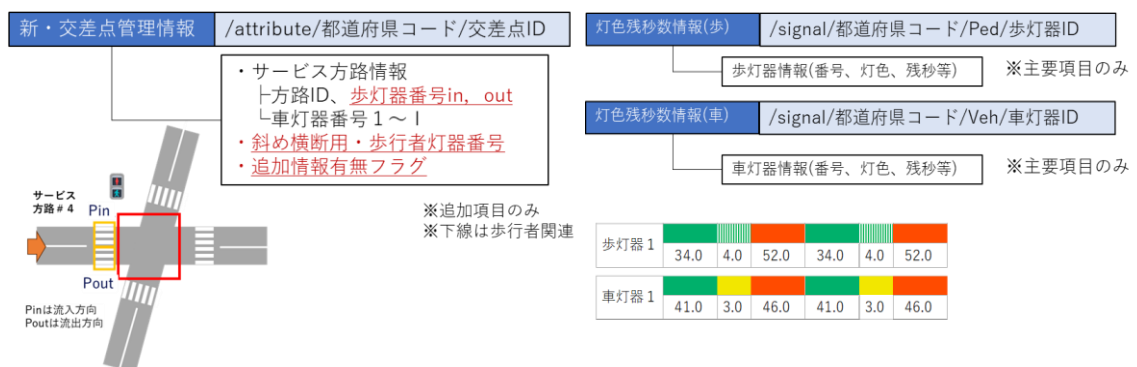


図 10.6.8 検討した新たな提供インターフェースの構成案

(2) 共通 I F の改版検討

UTMS 協会の自動運転インフラ作業部会及びその作業部会の傘下の V2N-SWG において、SIP 第 2 期のセンター間 IF の 5 つの課題を検討した。図 10.6.9 に示す形で、各々の課題について解決案を示した。図 10.6.10 の赤文字箇所を示すように、その解決案を取り入れた共通 I F の改版案（3 装置間のアプリケーション規格・1 つのメッセージ規格）を提案した。また、同図の青文字箇所を示すように新たな提供 I F（2 装置間及び 1 メッセージ規格）を提案した（IF 仕様書案の提示は 3 月を予定）。

センター間通信を中心とした共通IFの課題解決状況について

1. MQTTのRetain機能を採用することによる再接続時の配信遅延が発生する問題
⇒ 信号予定情報に限りRetain機能をオフする
2. 実験用途の情報項目（監視情報（計測））の残置問題
⇒ 実験用途の情報項目を削除する
3. クライアント認証項目の条件が不明瞭
⇒ 条件項目を明確化する
4. 1県に複数の信号情報配信装置を前提としないセンター間通信の問題
⇒ 1県に複数の信号情報配信装置を前提とし、異常時の速達性を考慮したセンター間通信を検討した
5. 歩行者信号の横断路特定の難読性の課題
⇒ 新たな提供 I F と合わせて検討を実施した

図 10.6.9 センター間通信を中心とした共通 IF の課題解決状況

No.	規格名	種別	区分
1	V 2 N ・ 信号情報提供共通メッセージ規格	メッセージ	共通IF
2	V 2 N ・ センター間情報共通メッセージ規格案	メッセージ	共通IF ・ 改版
3	信号情報配信装置 - 信号情報集約システム間通信アプリケーション規格案	通信	共通IF ・ 改版
4	信号情報集約システム - 信号情報センター間通信アプリケーション規格案	通信	共通IF ・ 改版
5	信号情報センター - 信号情報配信センター間通信アプリケーション規格案	通信	共通IF ・ 改版
6	新たな提供インタフェース	通信/メッセージ	テーマ 5 個別

種別：通信は装置間の通信アプリ規格、メッセージはメッセージセットの規格を指す
区分：共通IFはコンソ全体として変更反映を取り込むもの。テーマ5は個別で設定してよいもの。

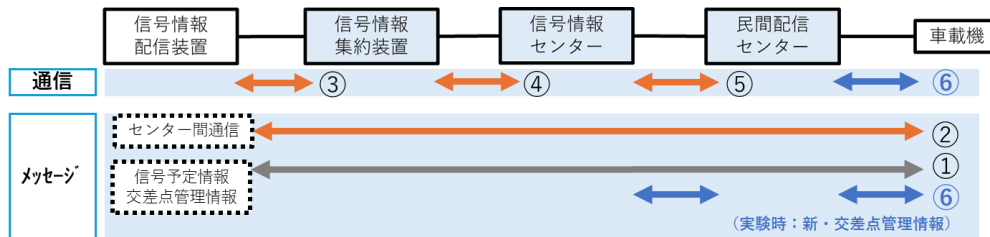


図 10.6.10 信号情報配信 P F に係る通信インタフェースの一覧と関係図

4 新たな提供 I F を取り込んだ信号情報配信 P F の仕様検討及び構築準備

(1) 仕様検討

現在、改版共通 I F 及び新たな提供 I F を取り込んだ信号情報センター装置及び信号情報配信 P F 装置の仕様を検討している。仕様検討については今後の予定も合わせて参考にされたい。

(2) 環境構築の準備

他コンソとの連携及びコンソ内のメンバーが信号情報を活用した先導実証実験に早期着手できるように、県接続装置及び信号情報配信 P F の基盤となる信号情報配信センター装置を警察庁に構築した。この装置及び閉域網を介して信号情報を配信・受信できることを確認した（2 月内予定）。先導実証実験で準備する装置、今回構築した装置を信号情報配信サービスのシステム全体の中での位置づけを図 10.6.11 に示し、実際に構築しラック搭載されたこれらの装置を図 10.6.12 に示す。ここで信号情報配信センター装置及び県接続装置の位置づけを以下に示す。

・信号情報配信センター装置

信号情報配信 P F を構築する基盤の装置であり、この装置にソフトウェア更新する形で 2025 年 9 月以降に信号情報配信 P F を構築するための基盤装置である。2025 年 3 月の段階では、信号情報及び交差点管理情報については SIP 第 2 期の共通 I F のみ実装されている。

・県接続装置

都道府県警察の信号情報配信装置と接続し、信号情報を中継する装置である。本装置は、社会実装に近づけるために、センター間通信の課題解決案が反映された改版後共通 I F を実装し、課題解決の具現化を行い新たな問題等が発生しないことを先導実証実験期間で確認するもの。2025 年 3 月の段階では、一部のインターフェースの改版内容のみ実装されている。2025 年 9 月以降にすべての内容を実装する予定である。

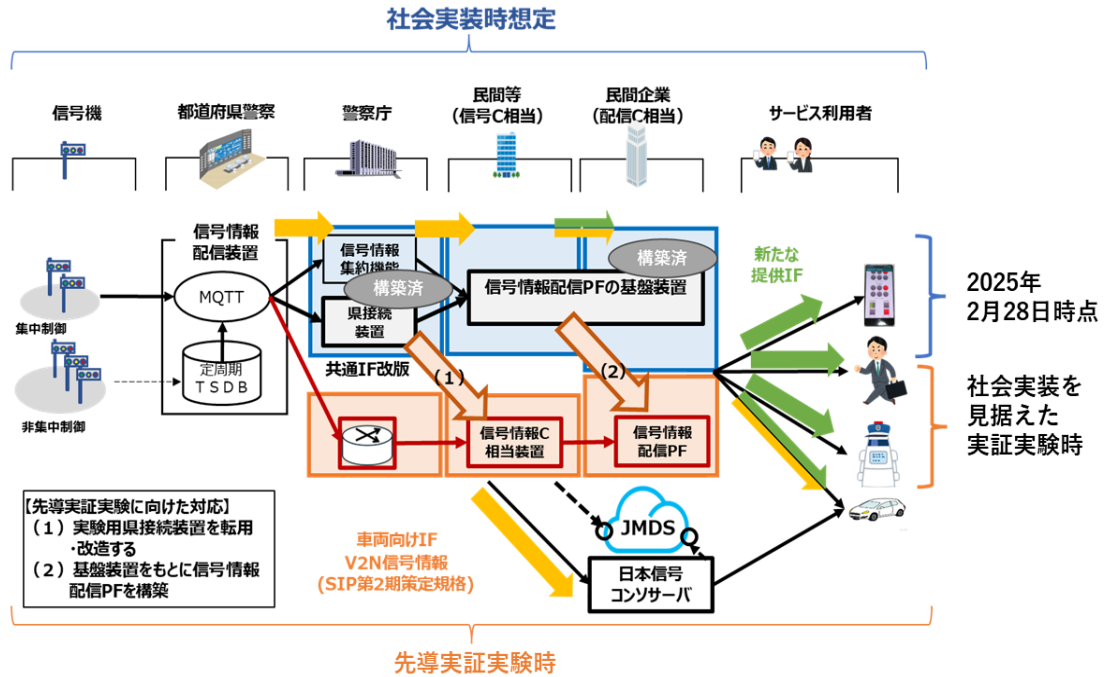


図 10.6.11 信号情報配信サービスの装置間連携及び実験準備状況

都道府県警察に設置する信号情報配信装置からサービス利用者までを結ぶ通信プロトコルのアプリケーション層については、MQTT*1を採用する。

- * 1 MQTT：IoT 機器や低帯域環境向けに設計された、低消費電力で効率的なデータ送受信を実現する軽量な通信プロトコル。

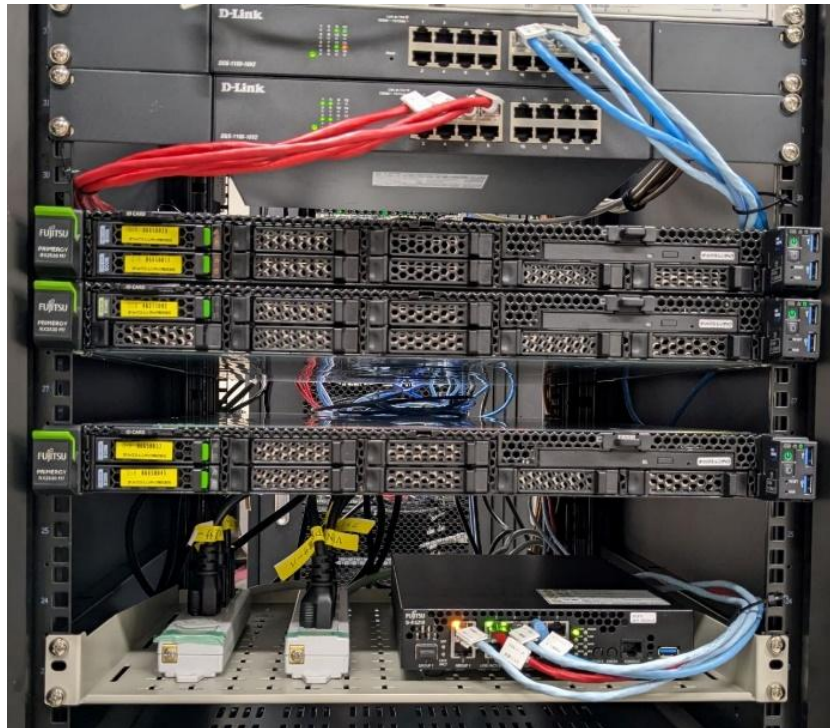


図 10.6.12 ラック実装した実験用県接続装置と信号情報配信センター装置

(3) 今後の予定

警察庁から「社会実装を見据えたとき、警察庁で信号情報集約装置の運用・維持管理を実施するのは体制面から現実的ではないため、信号情報集約装置の機能を信号情報センターで担えないか検討して欲しい」との意見が提出された。この意見を踏まえ、検討したところ、次のようなメリットが見込まれることから、警察庁の負担軽減構成での実証実験を実施することを検討し、信号情報配信 P F 及び信号情報センター装置の機能検討を行っていく。

【メリット】

- ・警察庁と比較し、民間側の方が維持管理する体制が取りやすい
- ・障害発生時の復旧等を考慮すると信号情報センターに機能を集中した方が良い
- ・信号情報提供に係る遅延要素の低減の観点からも有効である

5 総括（多様なモビリティを対象とした信号情報配信プラットフォームの構築）

新たな交通参加者として、歩行者扱いとなる遠隔操作型小型車（自動配送ロボット）やマイクロモビリティ（電動キックボード等）向けの利用シーンの開発や提供方法の検討を行った。サブテーマ6の調査と連携して、信号情報の利用シーンの拡大を図るため、遠隔操作型小型車等の自動配送ロボットの監視・操作者向け、特定原動機付小型自転車の利用者向けのユースケース及び要求仕様を検討した。

次に、新たなユーザーの参入を見据えたうえでの新たな提供 I F を実装した実証実験用・信号情報配信 P F の仕様検討及びそれらの具現化を行うために、新たな提供 I F 及びセンター間の共通 I F の課題解決を行った。具体的には、新たな提供 I F として、①新・交差点管理情報、②灯色残秒数情報を提案し、I F 書案を作成した(3月提示予定)。続いて、SIP 第2期のセンター間 I F の5項目の課題について解決策を示したそれを取り込んだ、改版共通 I F を提示(3月提示予定)。最後に、これらの技術仕様を取り込んだ信号情報配信 P F の仕様検討を現在実施しており、2025年5月までに提示することを考えている。

最後に、先導実証実験に早期着手できるように、県接続装置・信号情報配信 P F の基盤となる信号情報配信センター装置を警察庁に構築した。この装置及び閉域網を介して信号情報を配信・受信できることを確認した。

【今後の予定】

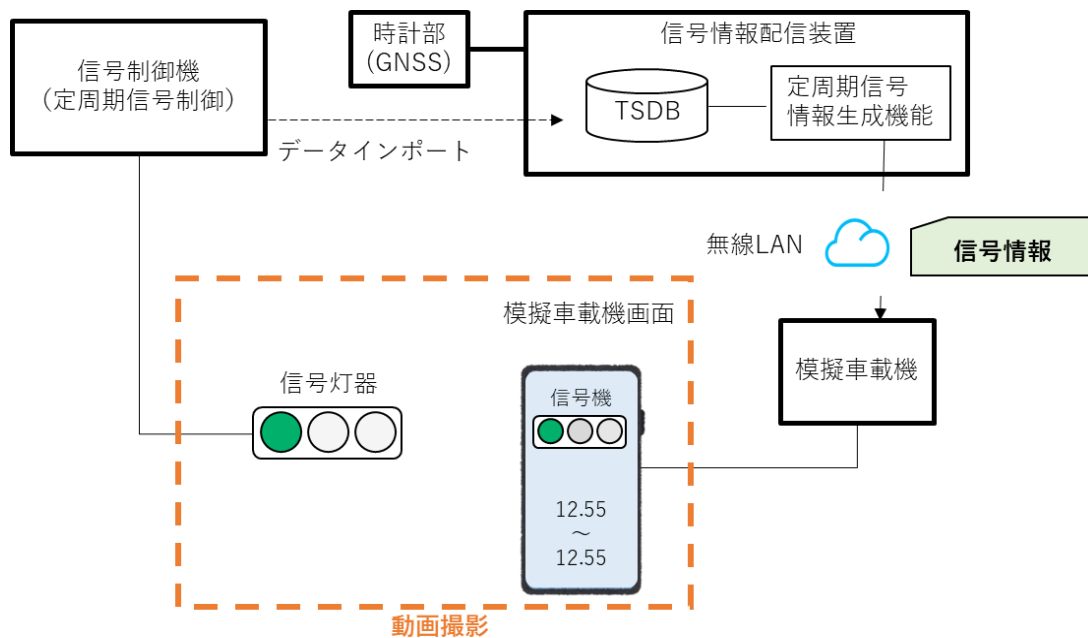
警察庁の負担軽減構成での実証実験を実施するべく、信号情報配信 P F 及び信号情報センター装置の機能検討を行い、仕様案を提案する。その後、この信号情報配信センター装置に2025年9月に新 I F ・信号情報配信 P F 機能を更新し、その I F を活用した実証実験を実施する予定である。

10.6.4 補足資料

1 ビデオ撮影による信号情報精度検証

信号情報の正確性を実物で確認するため、模擬車載機での受信情報と信号灯器を同時にビデオ撮影し、模擬車載機と信号灯器の灯色切替わり時点のフレーム差分を計測することで信号情報の精度を検証する。構内における信号情報の精度検証の概念図を図10.6.13に示す。

構内検証では信号灯器と模擬車載機画面を同一画面に映るように動画撮影し、灯色変化前後の画面を確認し信号情報の誤差を計測する。なお、模擬車載機画面のリフレッシュレート(60Hzを想定)、及び動画撮影のフレームレート(30FPS)から、計測分解能は、33.3msecより大きくなることを前提として計測を行う。



信号灯器の切替わりを基準として、ずれ秒数を計測

図 10.6.13 ビデオ撮影による信号情報精度検証方法

(1) 計測方法

定周期信号機はパターン切替時限表により、パターンが切り替わる時刻が指定されている。このパターンの切り替わりを起点として、パターン切替後の5サイクル以内の「オフセット追従動作期間」とそれ以降の「通常動作期間」に分けることができる。パターン切替後の5サイクル以内は、設定によってオフセット追従動作が実行される。オフセット追従動作の実行中は、多段動作時限表で設定されている値に追従動作としての差分秒数が加減算される。よって、提供情報が適切に生成されていないと、差異が大きくなると考えられる。よって、オフセット追従動作の実施有無により、計測のタイミングを分け信号情報の精度検証を実施する。つまり、表 10.6.5 に示す計測タイミングで、動画撮影を行い、信号灯器と模擬車載機における灯色の切替りについてフレーム差分を計測する。なお、交差点の信号現示については標準2現示の交差点とした。

表 10.6.5 構内検証内容及び結果

動作	計測タイミング
オフセット追従動作期間	青終了（第1現示終了）
	赤終了（第2現示終了）
通常動作期間	青終了（第1現示終了）
	赤終了（第2現示終了）

(2) 計測回数・期間

各計測タイミングで30回計測する。誤差の最小値、最大値、平均値、二乗平均平方根(RMSE)を算出する。なお、夜間リコール実施中の場合は信号情報を生成できないため、誤差の検証は実施しない。ただし、夜間リコール明けについては、オフセット追従動作の検証を実施する。

(3) 信号機の条件

信号情報を生成する信号機の条件を表 10.6.6 に示す。オフセット追従動作のパターンを増やすことを考慮し、1日最大10パターン（平日）の切替を適用し検証を実施する。

表 10.6.6 構内検証内容及び結果

No.	信号機タイプ	特記事項	現示等
1	最新版・A社製		標準2現示/10階梯
2	旧版・A社製	旧版時刻精度による時刻修正（GPSアンテナ使用）	標準2現示/11階梯
3	最新版・A社製	リコール感応制御 8時間実施	標準2現示/10階梯

(4) その他

模擬車載機の切替わりを基準として、信号灯器の切替わりとどの程度差があったかを計測している。正の値の場合は、信号灯器の切替わりが模擬車載機より遅いことを意味し、負の値は信号灯器のほうが早く切替わりを意味する。

2 信号情報稼働率

検証項目であげた、「信号情報稼働率」について、計測方法、検証内容等について以下に示す。

(1) 計測方法

信号情報の稼働率を算出する方法は、次のとおりである。

- ①交差点 ID、車灯器 ID を決め、該当する信号情報を時系列に抽出する。
- ②受信した各信号情報から信号情報の有効期限（以下、「有効期限」という）を算出する。信号情報から信号情報の作成日時、対象とする車灯器 ID の最小残秒数を抽出し、以下の式で有効期限を算出する。

$$\text{信号情報の有効期限} = \text{信号情報の作成日時} + \text{対象車灯器 ID の最小残秒数の総和}$$

- ③ 前情報の有効期限から当該情報の作成日時の差を計算し、有効期限までの猶予時間を算出する。これが負値となった場合に、「情報欠測期間」として計上する。情報の欠測期間の考え方を図 10.6.14 に示す。

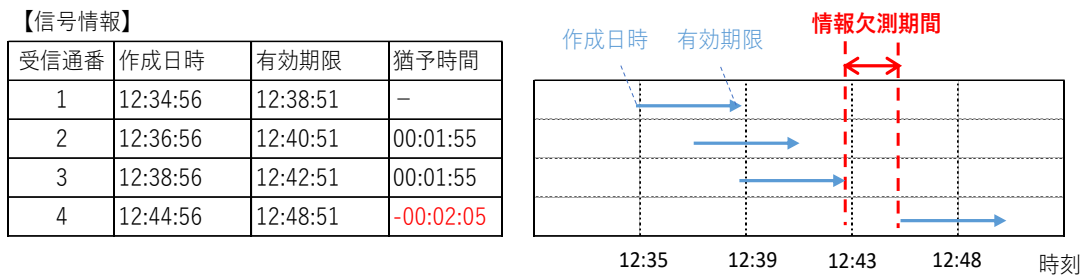
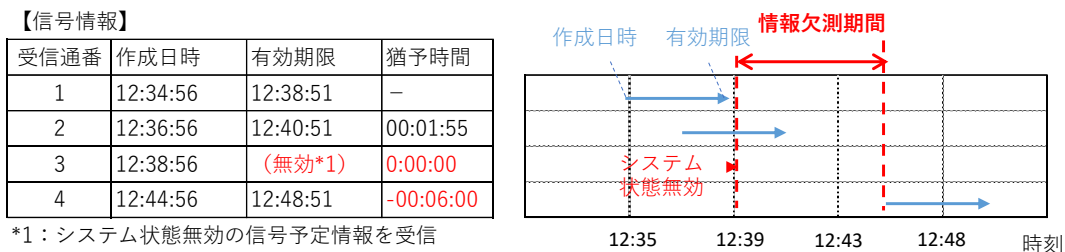


図 10.6.14 情報欠測期間の考え方

なお、システム状態無効の情報が途中で送信された場合は、当該信号情報が無効となってしまいうため、受信以降の期間を情報欠測と同義とする。つまり、有効期限と作成日時が同一として扱うことで対応できると考えられる。この場合の信号情報の欠測期間のイメージを図 10.6.15 に示す。



*1：システム状態無効の信号予定情報を受信

※システム状態無効を受信した場合、インタフェース上の作成日時で情報が無効になるため
作成日時=有効期限として扱う。

図 10.6.15 システム状態無効時の信号情報欠測期間の考え方

- ④ 計測期間にわたって情報欠測期間を合算する。なお、特定時間帯に感応制御等を実施するような場合等予め信号情報の提供ができない時間が決まっている場合はその時間は情報欠測期間に含めない。
- ⑤ 信号情報の稼働率を以下の式で算出する。

$$\text{信号情報の稼働率} = (\text{計測期間} - \text{情報欠測期間の合計}) / \text{計測期間}$$

なお、この信号情報欠測期間の算出にあたっては各装置の送受信ログ等を用いて、信号情報の作成日時、最小残秒数を抽出することで算出する。

(2) 検証内容

この検証対象をもとに、信号情報の稼働率が 99%以上となるかを検証する。

10.7 サブテーマ6「V2N方式による汎用的な交通信号情報提供プラットフォームに関する研究開発（交通信号情報提供プラットフォームの多様なニーズ等に関する研究）（一般社団法人 UTMS 協会）

10.7.1 実施内容の概要

V2N方式による汎用的な交通信号情報提供プラットフォームに関する技術の確立に向けて、共同提案者が提出する文書について、2022年度までに実施したSIP第2期事業「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、UTMS協会内に蓄積した知見等を踏まえて取りまとめを行うとともに、交通信号情報提供プラットフォームの多様なニーズ等に関する調査を実施している。

10.7.2 実施方法

1 委員会による審議

委員会を設置し（7.1.参照。）、共同提案者が作成する各種文書の素案について、審議を実施している。原則として、2月に1回程度の開催を予定。

【主な役割】

次の事項に関し、審議する。

- 先導及び総合実証実験システムの構築に必要な仕様書等の文書のとりまとめ
- 先導及び総合実証実験の過程、結果等の確認
- 共同提案者が案を作成する文書の確認（共同提案者間の差異の調整を含む。）
- 統合報告書のとりまとめ

2 ニーズ調査

(1) 調査の目的

本調査は、V2N方式による汎用的な交通信号情報提供プラットフォームの確立に向けて、企業・団体等における信号情報に関するニーズや活用可能性を把握することを目的とする。

(2) 調査の対象

SIP第2期事業において主に自動車を情報提供先とした研究開発が行われているが、本調査では視覚障害者などの歩行者や、近年進歩の著しい配送ロボット、また法的な位置づけが定まったことにより普及が見込まれるマイクロモビリティなどを含めた多様な道路利用者を情報提供先として想定した調査を行う。

(3) 調査の流れ

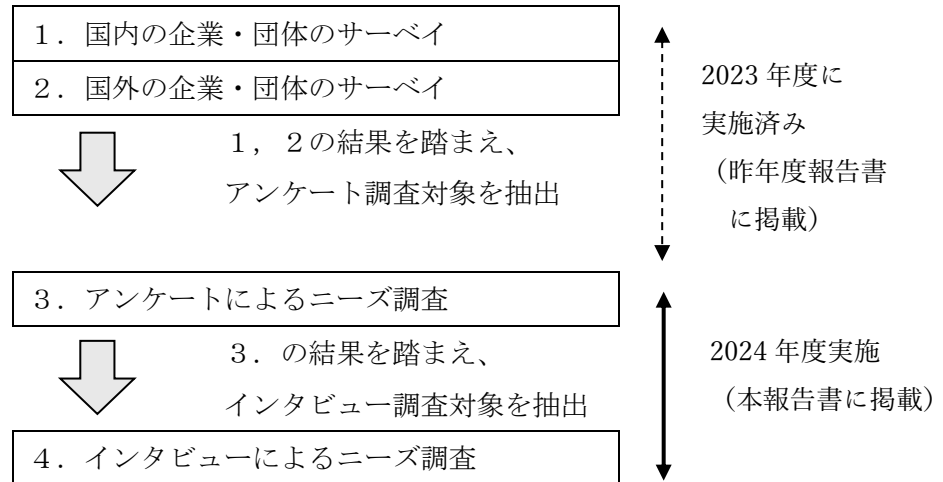


図 10.7.1 ニーズ調査全体の流れ

(4) 調査項目・調査手法

表 10.7.1 調査項目・調査手法

実施事項	調査項目	調査手法
1. 国内の企業・団体のサーベイ	<ul style="list-style-type: none"> ・企業名 ・企業規模 ・事業内容 ・実験等の実績 ・交通信号に関連する事項 	<ul style="list-style-type: none"> ・文献調査 ・インターネット調査
2. 国外の企業・団体のサーベイ	<ul style="list-style-type: none"> ・企業名 ・企業規模 ・事業内容 ・実験等の実績 ・交通信号に関連する事項 ・活動地域 	<ul style="list-style-type: none"> ・文献調査 ・インターネット調査
3. アンケートによるニーズ調査	<ul style="list-style-type: none"> ・実施している事業の技術的事項 ・信号情報に対する需要 ・信号情報提供に関する要望 	<ul style="list-style-type: none"> ・アンケート
4. インタビューによるニーズ調査	<ul style="list-style-type: none"> ・実施している事業の技術的事項 ・信号情報に対する需要 ・信号情報提供に関する要望 	<ul style="list-style-type: none"> ・インタビュー

3 実施状況

(1) 委員会

技術的な評価に関わる審議を行っている他、特に社会実装時の制度的な取り進めに関わる事項として、交差点管理情報に関する、ルール、運用方法について、活発な審議が行われ、一定の成案とすることができた。

なお、委員会と並行して、事務局を担っている一般社団法人 UTMS 協会内に、2つの審議の場を設け、警察庁からも構成員を得て、詳細に関わる部分の議論を重ねている。その内容については、信号情報提供プラットフォームの審議の場に提出される資料に反映している。信号情報提供プラットフォームのこれまでの開催日時、議題は表 10.7.2 の通りである。

表 10.7.2 信号情報提供プラットフォーム開催日時・議題

開催日時		議 題
第 1 回	2024年 2 月 1 日	【キックオフ】 (1) 内閣府ご挨拶 (2) 担当SPD ご挨拶 (3) 警察庁ご挨拶 (4) 委員・オブザーバーの紹介 (5) 委員長の指名 (6) 委員長ご挨拶 (7) 事業に関する説明 (8) ニーズ調査に関する説明 (9) サブテーマ 1、2 に関する審議予定と検討状況報告 (10) 質疑
第 2 回	2024年 2 月 22 日	(1) 前回議事録確認 (2) S I P 第 2 期事業の成果 (3) 提供する「信号情報」の概要 (4) 各サブテーマ報告 (5) ニーズ調査に関するアンケート（案）について (6) 質疑
第 3 回	2024年 3 月 22 日	(1) 前回議事録確認 (2) 前回資料に対する意見のまとめ (3) 誤差、遅延等について (4) ニーズ調査について (5) 各サブテーマ進捗報告 (6) 質疑
第 4 回	2024年 5 月 20 日	(1) 前回議事録確認 (2) 前回資料に対する意見のまとめ (3) ニーズ調査について (4) 各サブテーマ進捗報告 (5) 質疑

第5回	2024年7月22日	<ul style="list-style-type: none"> (1) 前回議事録確認 (2) 前回資料に対する意見のまとめ (3) 交差点管理情報について*¹ (4) ニーズ調査について (5) 各サブテーマ進捗報告 (6) 質疑
第6回	2024年9月26日	<ul style="list-style-type: none"> (1) 前回議事録確認 (2) 第3回、第4回資料に対する意見のまとめ（追加） (3) 第5回資料に対する意見のまとめ (4) ニーズ調査について (5) 実証実験への参加について (6) 各サブテーマ進捗報告 (7) 質疑 (8) その他【用語集の提供】
第7回	2024年11月21日	<ul style="list-style-type: none"> (1) 前回議事録確認 (2) 第6回資料に対する意見のまとめ (3) ニーズ調査等に基づく分析と要件（案）について (4) 「V2N 信号情報」地図との紐づけについて (5) 各サブテーマ進捗報告 (6) 質疑
第8回	2025年1月23日	<ul style="list-style-type: none"> (1) 当委員会における競争法遵守について (2) 前回議事録確認 (3) 第7回資料に対する意見のまとめ (4) 地図との紐づけに関するアンケート結果（速報） (5) 2025年度実証実験計画について (6) 各サブテーマ進捗報告
第9回	2025年3月中旬	・サブテーマ1～5の進捗状況の確認・検討

* 1 「(3) 交差点管理情報」参照。

(2) ニーズ調査

ア 各調査の実施状況

(ア) アンケート調査

企業・団体における信号情報の活用可能性やニーズ、必要なデータ範囲や精度等を把握した。調査対象、調査方法、調査期間、調査項目の詳細は次の通り。

① 調査対象と調査方法

40の企業・団体に対し、文書によるアンケート調査票をメールで送付し、回答を依頼した。対象とした企業・団体の業種別内訳は下記の通りである。

- ・自動車製造関連 : 10社
- ・モビリティ関連 : 16社
- ・電気通信関連 : 6社
- ・地図・情報提供関 : 5社
- ・交通インフラ関連 : 1社
- ・関係団体 : 2社

② 調査期間

2024年3月下旬～4月下旬の1か月

③ 調査項目

調査項目は、大きく下記の3つである。具体の設問内容と目的を表10.7.3～表10.5に示す。

- ・ 調査対象企業で実施している事業等について
- ・ 信号情報に対する需要
⇒信号情報の活用可能性やニーズについて調査
- ・ 信号情報提供に関する要望
⇒詳細に、必要なデータ範囲や精度について調査

表 10.7.3 アンケート調査項目①（実施している事業等）

設問内容		目的
1	貴社の事業や保有技術の中で、道路を利用した移動や物流に関するものはありますか	調査対象の企業・団体の事業内容や、移動・物流分野との関連性を把握

表 10.7.4 アンケート調査項目②（信号情報に対する需要）

設問内容		目的
2-1	貴社の事業等において、信号情報を活用できる可能性はありますか。また、具体的に想定される活用場面はありますか。	調査対象の企業・団体の事業内容や、移動・物流分野との関連性を把握
2-2	どのような場所で、信号情報を受信できるとよいですか。	現地（信号機付近）、事業所等受信場所のニーズを把握
2-3	どのような頻度で、信号情報を受信できるとよいですか。	リアルタイム以外のニーズの有無を把握
2-4	信号情報が提供される場合、データを利用したいですか。	データの利用意向や、V2N方式以外の提供方法のニーズを把握

表 10.7.5 アンケート調査項目③（信号情報提供に関する要望）

設問内容		目的	
3-1	信号情報を受信・利用する対象として想定されるものは何ですか。（自動車、マクロモビリティ、歩行者等）	信号情報のユースケースを把握	
3-2	(1)	3-1で回答した対象の利用する信号機、通行位置、移動速度を教えてください。	信号情報に求める精度や必要なデータ範囲を把握
	(2)	信号情報を利用する場合、どの程度の範囲の情報があることが望ましいですか。（直近の1交差点、特定のエリア内等）	

	(3)	信号機の、どのくらい手前から情報が必要ですか。	
	(4)	何サイクル先までの情報が必要ですか。	
	(5)	許容できる遅延はどの程度ですか。	
	(6)	許容できる誤差はどの程度ですか。	
	(7)	青信号終了の何秒前までに、青信号の終了時刻が分かると良いですか。	
	(8)	青信号が開始してから通知までにかかる時間は、どの程度まで許容できますか。	
	(9)	提供した信号情報と実際の灯色が異なる場合、異常を通知します。通知されるまでの遅延はどの程度まで許容できますか。	
3-3～ 3-9		信号情報を受信・利用する対象によって求められる精度が異なると想定されるため、設問3-3～3-9では、3-1で回答した対象ごとに、3-2と同様の内容を聴取	
3-10		信号情報と合わせて提供されると良い情報はありますか。	その他、信号情報に関する要望を把握
3-11		信号機や信号情報提供に関するシステムの故障に備え、提供した信号情報と実際の灯色の不一致を監視します。このほかに必要と思われる安全対策はありますか。	
3-12		信号情報を活用する上で、機能やセキュリティ面での課題や、信号情報の提供者あるいは行政などからの支援が必要と思われることはありますか。	
3-13		信号情報の提供にかかる費用を負担しても良いと思われませんか。またどのような支払方法や金額が適切だと思われませんか。	

3-14	その他、信号情報や提供方法について、ご意見・ご要望はありますか。
------	----------------------------------

(イ) インタビュー調査

インタビュー調査では、アンケート調査で回答頂いたユースケースの詳細や、それを実現するために必要な信号情報の要件等を中心に聴取した。

イ ニーズ調査結果概要

(ア) 国内・国外のサーベイ調査

国内・国外のサーベイ調査では、WEB 上で公表されている情報をもとに、国内外企業の信号情報活用ニーズについて机上調査を行った。

国内サーベイ調査の結果、自動車製造関連企業では、自動運転と安全運転支援のそれぞれの面で V2N 方式信号情報提供の必要性は高いとみられる。

次に、モビリティ関連企業では、マイクロモビリティのシェアリングサービス、配送ロボットサービスにおいて V2N 方式信号情報提供の必要性が今後高まるとみられる。また、地図情報提供関連企業では、ドライバーや歩行者に対する案内・注意喚起サービス、電気通信関連企業では自動運転移動サービスや配送ロボットの社会実装において、V2N 方式信号情報提供の利用可能性が今後高まるとみられる。

一方、国外サーベイ調査の結果、V2N 信号情報を活用した個車に対するリアルタイムの運転支援情報提供サービスが米国各地に導入されていることが分かった。また、配送ロボットサービスにおいても、一部の地域で信号機との通信により信号情報を取得していることが分かった。

(イ) アンケート調査

アンケート調査では、これまで自動車の運転支援や自動運転を主な対象として、信号情報の活用が検討されてきたが、自動車の運転以外の分野のニーズを把握することが一つの目的であった。

調査結果としては、信号情報の活用を想定するユースケースとして、配送ロボットの運行や、歩行者や自転車等を含めた道路利用者への経路案内サービス等の回答が得られ、自動車の運転以外にも活用可能性があることが示された。また、そのようなサービスを行う上で、信号機付近だけでなく、事業所等で信号情報を受信したいといったニーズがあることも把握できた。

一方で、自動車以外の分野では、まだ想定段階のユースケースも多く、信号情報に求める要件・精度といった部分については結果にばらつきがあり、安全側に考えて厳しい要件を求める回答や、現時点で明確に答えることは難しいという回答もあ

った。

(ウ) インタビュー調査

ユースケースは大きく下記の5つ(a～e)が挙げられ、自動車の運転支援では誤差や異常通知にかかる時間はできるだけ小さい値であることが求められた。一方で、配送ロボットの運転支援・運行管理では、自動車よりも走行速度が低いことや、ロボットに搭載したカメラ映像と信号情報の二重チェックを行う等の理由から、自動車の運転支援よりも誤差等の許容範囲を広げられるといった意見があった。また、経路案内についても、信号情報を受信してからルート計算を行うため多少時間のマージンがある等の理由から、多少の誤差は許容できるといった意見があった。

信号情報が信号のどのくらい手前で必要か、といった質問に対しては、モビリティの速度や運用方法にもよるため回答にバラつきがあり、本調査のみで特定の値を導くことは困難な結果であった。

【主なユースケース】

- a 自動車の運転支援
- b 自動車の経路案内
- c 配送ロボットの運転支援
- d 配送ロボットの運行管理の効率化
- e その他（歩行者、自転車等の経路案内）

ウ ニーズ調査の結果のまとめ

表 10.7.6 ニーズ調査で出てきたユースケース

項目	総合実証実験
事前に想定したユースケース	「自動運転」、「運転支援」、「歩行者横断支援」、「無人配送ロボットの交差点通過支援」、「低速モビリティの交差点通過支援」
ニーズ調査で出てきたユースケース	「自動車、自転車へのルート案内」、「配送ロボットの運行管理の効率化」

ニーズ調査では、ルート案内、配送ロボットの運行管理の効率化という新たなユースケースが提示された。これらのユースケースには、信号情報を走行のしやすさ、旅行時間短縮等に活用すること、経路上の信号情報をまとめて参照することに特徴がある。

精度については、低速モビリティに限定すると、±1秒の回答が多いが、±3秒でも許容できる回答あった。SIP 第2期で自動運転の観点等から要求されている300msに鑑み、その取扱いには慎重な検討が必要になると考えられる。

その他の意見として、次のようなものが提示された。今後の社会実装への取り組みの中で、検討を深めていきたい。

- ・ 信号情報と渋滞情報が合わせて提供されるとよい。
- ・ 緊急車両の接近情報は自動走行上必要。V2Nによる配信は他の方法より有効では？
- ・ 信号機の異常を受信者から情報提供することも可能では？
- ・ 事故、道路状況などを収集し情報提供すれば、安全な運用に寄与できるのでは？

エ ニーズ調査からの要件の具体化

一次的分析によりモビリティ毎に要件をまとめたが、意見が寄せられており、結論とするには不十分である。今後の委員会審議により、検討を深める必要がある段階である。

表 10.7.7 ニーズ調査から作成した要件（案）

ユースケース名（UC名）	必要な情報 （地理的範囲）	必要な情報 （タイミング・時間範囲）	精度 要件	故障通知 の考え方	
新たなモビリティ	配送ロボットの横断支援 （遠隔監視者/ロボット支援）	横断予定の交差点 （1つ先の交差点）	青・赤終了タイミング 横断予定時・2サイクル分	3秒*1 （1～3秒）	15秒*1 （通知なしも可）
	自転車向け ルート案内と運転支援	経路全体	青・赤終了タイミング 経路走破予定時刻まで	3秒*1	15秒*1 （通知なしも可）
	マイクロモビリティ利用 者運転支援	通過予定の1交差点	青・赤終了タイミング 通過予定時・2サイクル分	1秒*2	1秒*2
	自動車・自動二輪向 ルート案内	経路全体	青・赤終了タイミング 経路走破予定時刻まで	1秒*1	7秒*1
	自動車・自動二輪 ドライバー運転支援	通過予定の2交差点	青・黄・赤終了タイミング 通過予定時・2サイクル分	0.3秒*3	0.5秒*3

※下線文字は要件の整合等の再検討が必要

- * 1 アンケート・インタビュー調査（複数回答）から要件案として設定
- * 2 アンケート調査から要件を推定
- * 3 自工会要件を確保できる前提での回答と推測。UCの精度要件は、1～3秒程度と推定

➡精度要件：1秒程度（1秒が期待値として、3秒を限度）の見込み。

自工会要件（0.3秒）を満たすことで、全てのUCに対応可能。

(3) 交差点管理情報

ア 概要

信号情報の社会実装を進めるためには、ユーザーに信号情報を提供する際の基盤となる地図と信号情報を紐づけることが必要である。この紐づけにおいて、信号情報配信プラットフォームが使用する静的情報が交差点管理情報である。

2024年度は、交差点管理情報に盛り込む情報、紐づけのルール、道路の新設等により生じる変更方法、運用方法等について検討した。

検討結果については、委員会の地図関係の5社及びダイナミックマッププラットフォーム株式会社を対象にアンケートを実施し、概ねの了承を得たが、社会実装に向けて、今後新たな視点の課題が提起される可能性があることから、継続して検討を進める考えである。

イ 検討状況

委員会で審議された検討状況は表 10.8.7 の通り。

表 10.7.8 交差点管理情報に関する検討状況

検討項目	内容	25 年度予定
地図情報と地図の関係	「V2N 信号情報」地図との紐づけ編を作成し、地図における交差点、流入、流出する道路を信号情報の方路と対応づけするための方法を関係者に周知した。	/
交差点管理情報の項目	歩行者、デリバリーロボット等の横断歩道の利用者に必要な追加情報に関する検討を進めている。	項目の決定
信号情報提供に関する運用方法の検討	新規情報提供開始時、道路新設に伴う交差点変更時の信号情報、交差点管理情報の切り替え方法、ユーザーアプリケーションに与える影響などを整理した。特に、交差点変更時に継続的に信号情報を利用するための方法を考案した。	地図関係の 6 社と継続検討
交差点管理情報の配布方法	信号情報が広く活用されるためには、信号情報が提供される交差点と交差点に関連する情報が広報されることが重要である。配布ルートとして信号情報センター、JMDS 等を検討している。また配布形態としてリアルタイムに情報更新するオンライン方式の他、定期的にファイル等で情報提供するオフライン方式を検討している。	検討継続

11. 国際的取り組み

11.1 海外での発信状況

2024年9月18,19日のITS-世界会議ドバイにて次の2テーマで発表を行った。1つ目のテーマは、警察庁が主催するSISでの発表である。UTMSコンソの取り組み内容報告を日本信号コンソと合同で実施(SIS75)し、信号制御機の定周期データベースを構築しての信号情報配信や配送ロボ遠隔監視装置、電動キックボードや歩行者向けなどの多様なモビリティ向けの信号情報提供について報告した。もう1つのテーマは東大コンソと合同で取り組み内容の報告とフリーディスカッションに参加した(SIS68)。SIS68では、将来的なビジネスモデル展開についてSIS75では定周期信号情報データベース構築について内容確認の質疑があった。SIS68においては、さらに、こうしたサービスを普及させるという文脈において「あなたの考える課題は何か」と問いかけがあり、次の以下の3点を回答した。

- ・官民の責任分界点
- ・ステークホルダーの厳しい品質（情報の欠損については10億回運用で1回）
- ・信号情報に対する価値と対価の見極め

本テーマでは自動運転車向けだけではなく、多様なモビリティ対象向けの研究開発内容になっていることに加えビジネスモデルの展開に関する報告も行ったため、聴衆の関心も高く、本テーマの進捗に高い期待が寄せられていた。



SIS75 事故防止のためのV2X



SIS68 協調システムにおける持続性

図 11.1 ITS世界会議(2024)におけるSISでの発表シーン

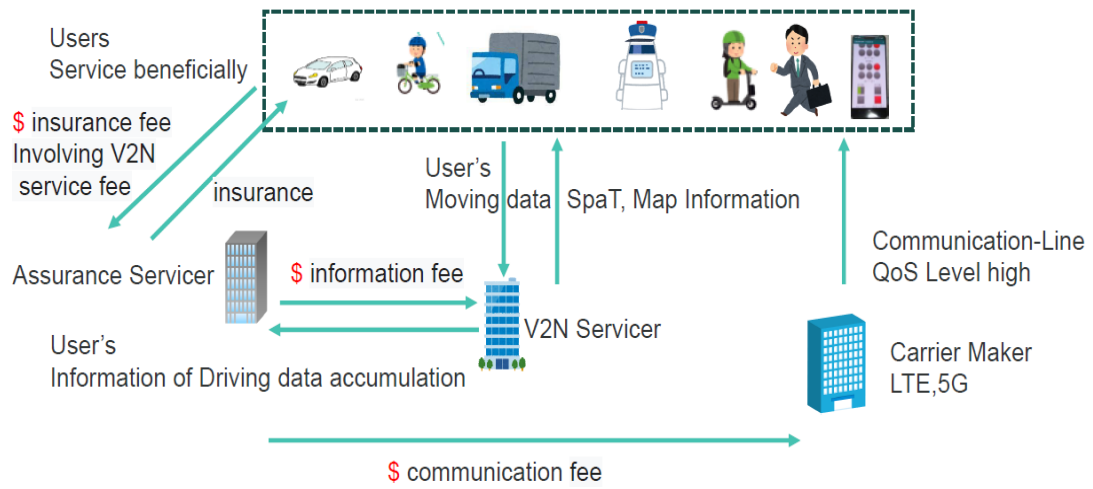


図 11.2 SIS68 での発表資料 (信号情報に関するバリューチェーン)