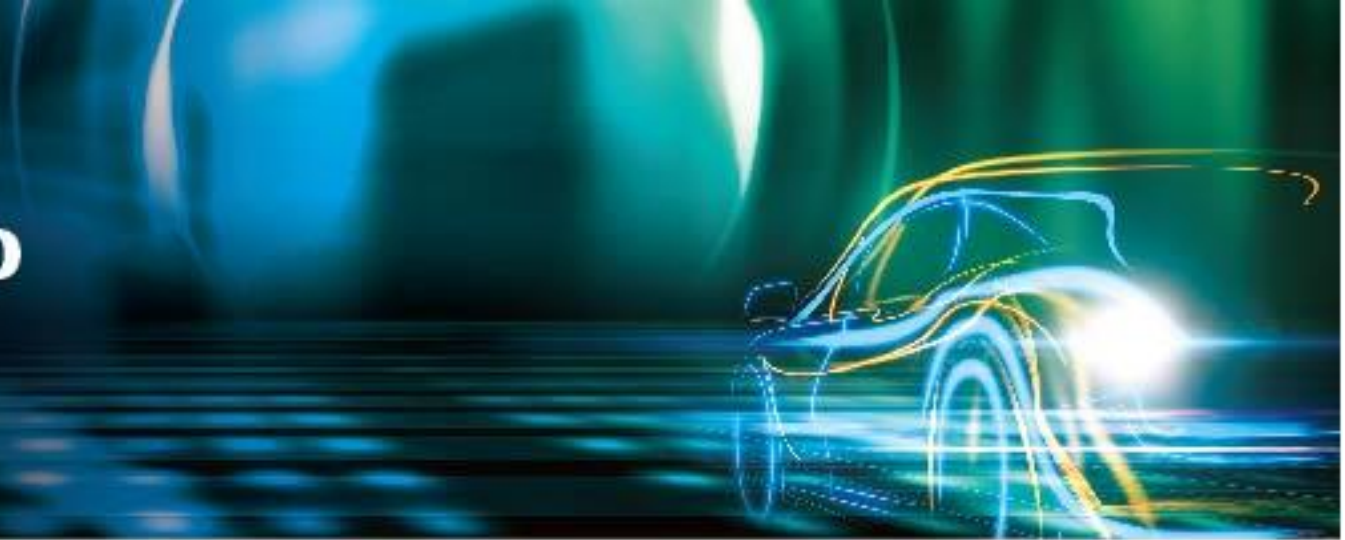


SIP-adus Workshop 2020



自動運転に向けた信号情報提供技術

2020年11月10日

UTMS協会／住友電気工業(株)
小林雅文



SIP-adus Workshop 2020

INDEX



1. 自動運転における信号情報の必要性
2. SIPにおける研究概要
3. ITS無線を活用した信号情報提供の高度化
4. クラウドを活用した信号情報提供
5. まとめ

SIP-adus Workshop 2020

1

自動運転における信号情報の必要性



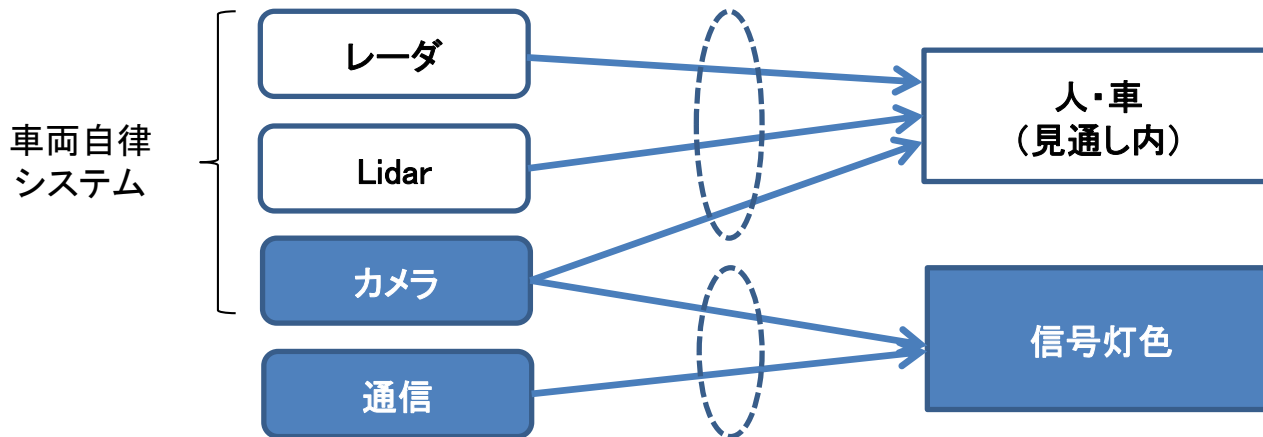
1.1 自動運転におけるインフラ信号情報の必要性

- ・安全な自動運転制御には確実な周辺環境認識が不可欠
 - 認識方法の「**多重化**」により、確実性を確保
- ・車両自律で信号灯色を認識できるのはカメラのみ
 - 自律カメラと通信情報の二重化により確実に信号灯色を認識

■運転プロセス

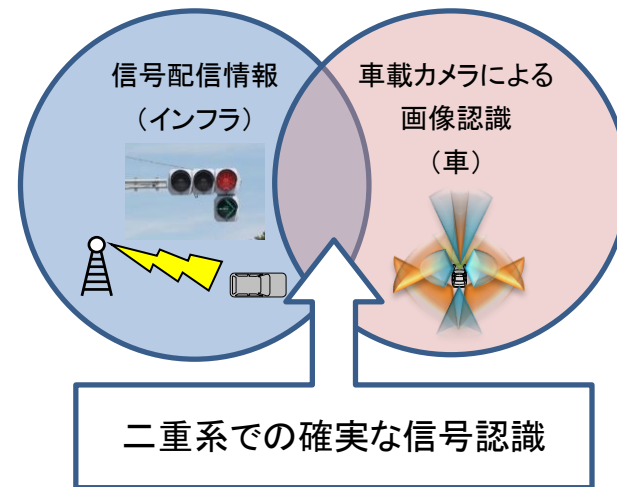
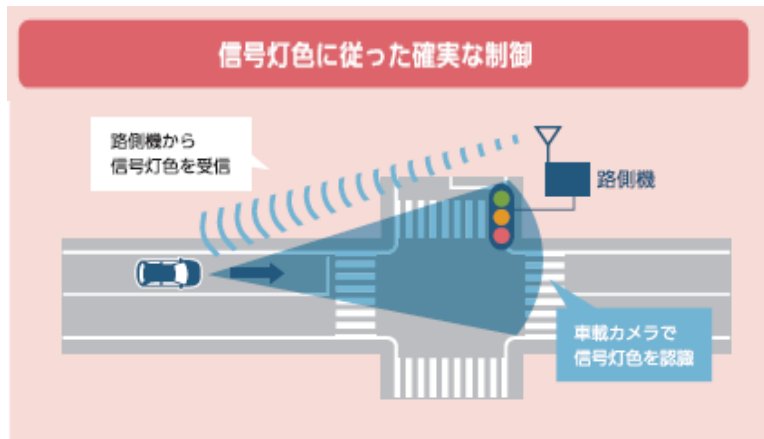


■多重系による認識



1.2 現在灯色情報の活用シーン

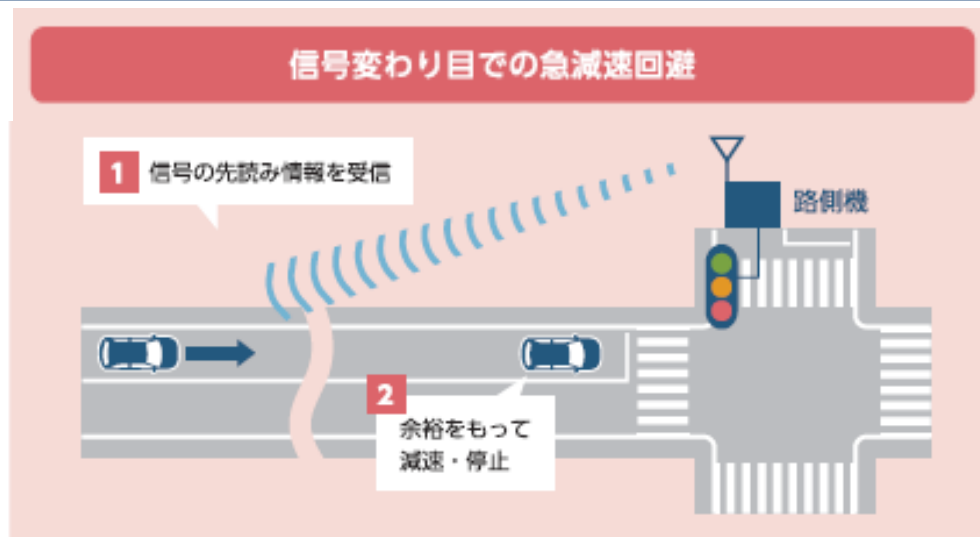
インフラから配信される信号情報 (V2I/V2N) と、車載カメラの
二重系により、確実に信号灯色を認識し、安全な交差点通過を実現



1.3 信号先読み情報(残秒数)の活用シーン

信号先読み情報を取得し、停止線手前で青信号が黄／赤信号に替わることを予測して予め減速（ジレンマゾーンへの進入回避）

⇒急減速を回避し、追突リスクを軽減



青から黄(赤)灯へ変化する一定時間前に、信号サイクルが確定している必要がある

1.4 信号情報の要件定義 (JAMAとの合意内容)

◆ 信号情報の精度

灯色切り替わり時の情報誤差 $\pm 300\text{ms}$ 以下とすること

◆ 信号情報の信頼性確保

信号灯色と配信情報の一致を確認し、異常発生を即時に車両に通知するフェールセーフ機能を実装すること

◆ 信号情報の可用性確保

様々な信号制御方式において信号情報提供を実現すること

**SIP-adus
Workshop
2020**

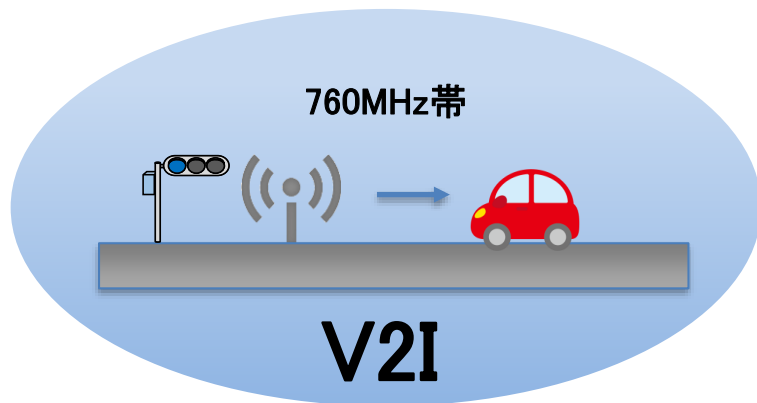
2

SIPにおける研究概要

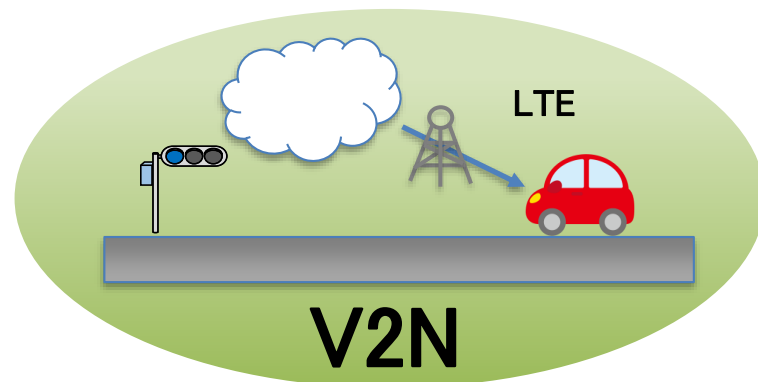
2.1 SIPにおける信号情報提供の研究

自動運転の実現に向けた信号情報提供技術の検証

760MHz帯ITS無線を活用した
信号情報提供

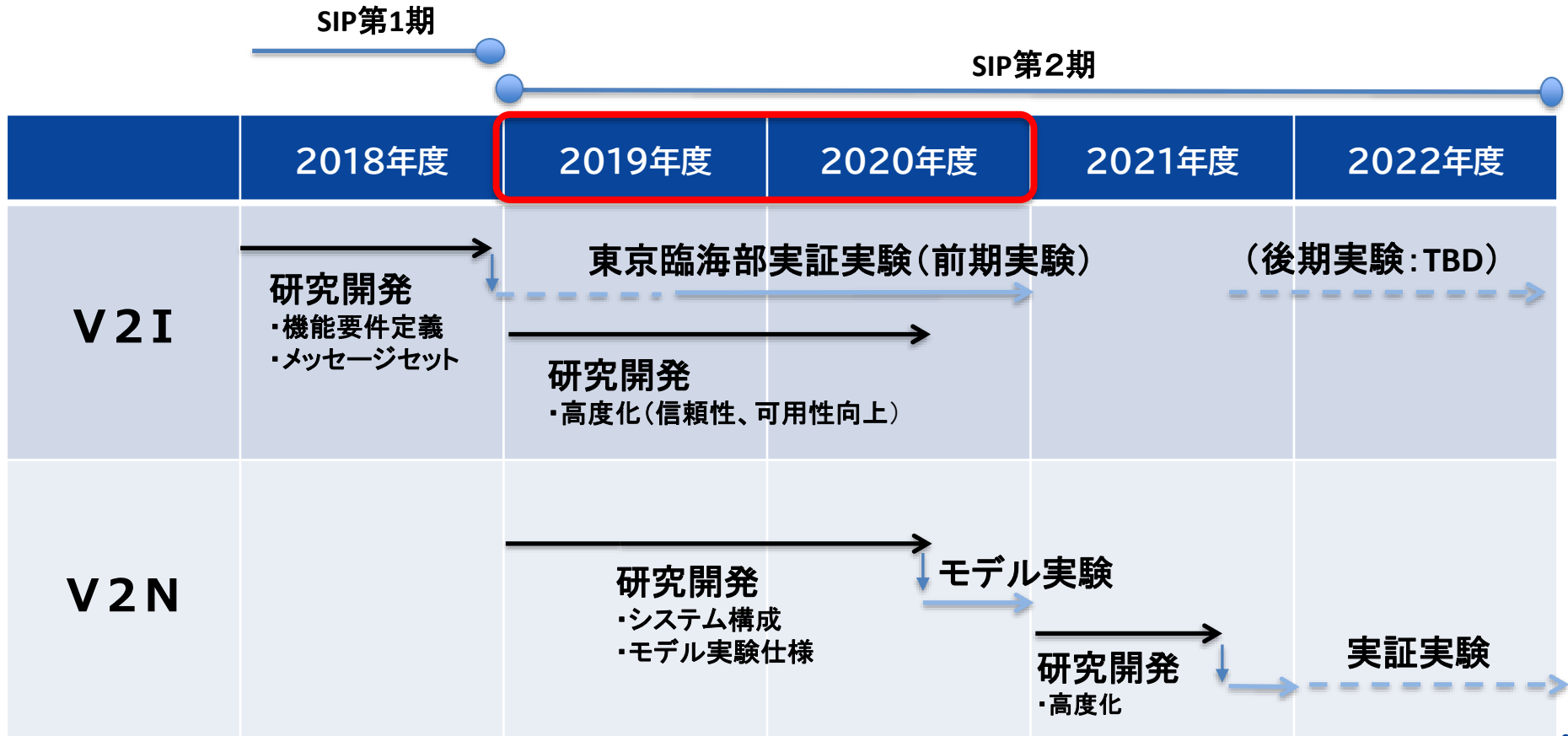


クラウド等を活用した
信号情報提供



- 提供交差点の多様性、コスト等からベストミックスが必要
(対象交差点条件、ユースケースの整理など)

2.2 研究開発のスケジュール



**SIP-adus
Workshop
2020**

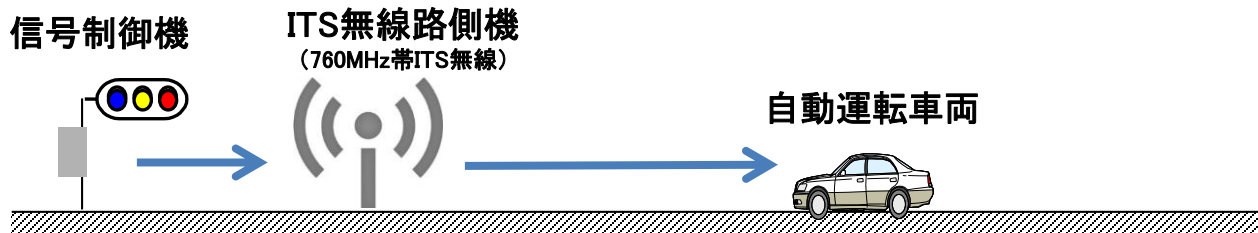
3

**ITS無線を活用した
信号情報提供の高度化**



3.1 ITS無線を活用した信号情報提供

項目	概要
通信方式	周波数: 760MHz帯 (755.5-764.5MHz) 通信規格: ARIB STD-T109 通信形態: ブロードキャスト (100ms周期 / 約300m四方) セキュリティ: 非公開
提供情報	SPaT (現在灯色と信号残秒数: ISO/TS19091 AnnexF ProfileB 準拠)
ITS無線の運用事例	安全運転支援システム (DSSS) として、10都府県、100交差点以上にシステムが導入され、市販車両に向けサービスを提供中
交差点位置参照方法	高精細3D地図 (ダイナミックマップのレイヤ1) と連携
信号残秒数参照方法	提供時刻を基準とした残秒数 (相対方式) (絶対時刻を持っていないDSSS車両向け信号情報提供に対応)

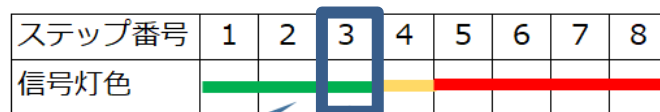


3.2 ITS無線における信号情報精度の検証結果

分類	対象事象例	情報誤差	補足
信号残秒数が事前に確定できる場合	通常制御時	±100ms	固定的に発生する遅延時間を減算した補正残秒数を提供することで要件を満足
信号残秒数が事前に確定できない場合	車両検出結果に応じて青時間の即時打ち切りを実行する感応制御	500ms (遅延)	±300ms以下の要件未達

【感応制御における対策方針案】

- ・青信号時間を分割。感応制御ステップと黄信号ステップの間に遅延相当(0.5秒程度)以上の青信号を実行することで青時間を事前確定
- ・信号制御運用上の制約で上記対応ができない場合(提供遅れが発生)は、車に事前通知

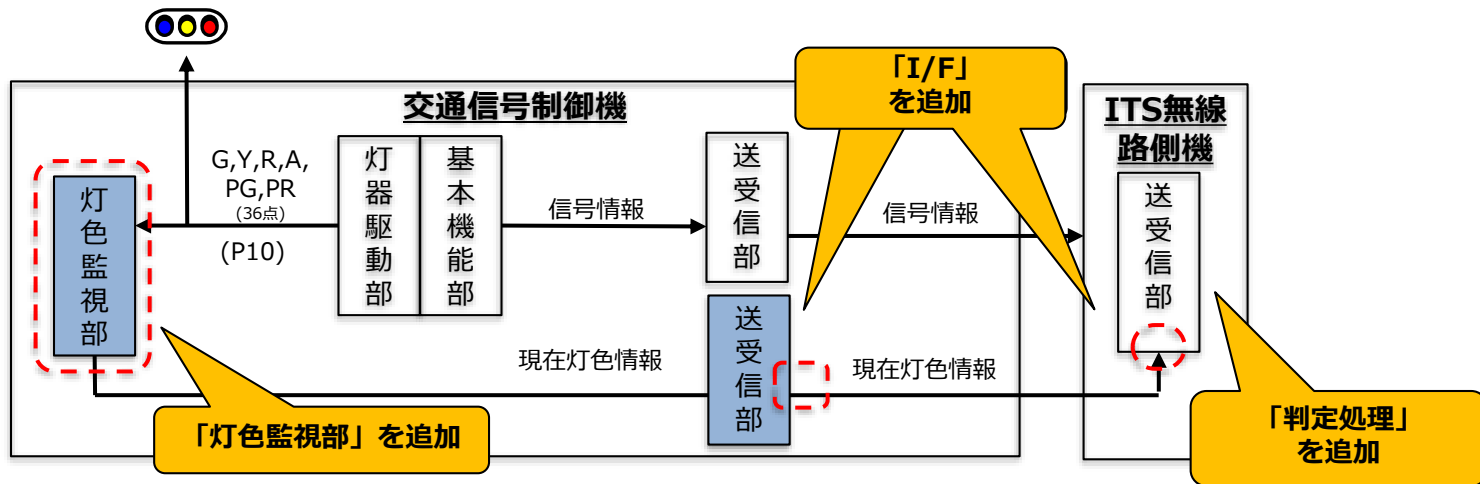


感応制御
ステップ

追加ステップ
≥0.5秒

3.3 信号情報の信頼性確保について

分類	補足
フェールセーフ仕様の検討結果	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 交通信号制御機: 信号灯器の点灯状態(電圧)を監視。監視結果を現在灯色情報としてITS無線路側機に送信。 ➤ ITS無線路側機: 信号情報と現在灯色情報の整合を判定
試作機による動作検証結果	フェール発生から車両通知までの遅延時間: 600ms → 車両側の異常処理における設計情報としてインプット



3.4 信号情報の可用性向上について

【可用性向上に向けた検討内容】

信号情報提供に影響がある事象を抽出。機能面・運用面の両面から対策方針を検討

【研究成果】

信号制御の運用に対する要望事項を整理

信号情報提供機能を拡張(①緊急車優先制御実行中、②押しボタン制御)

No	項目(抜粋)	現状の課題	対策案／要望事項等
1	黄色信号	・標準の3秒ではジレンマゾーンが発生 ・交差点毎に異なる運用	所定規制速度以上の交差点は、黄色時間を4秒以上あるいは一律4秒とする(運用への要望)
2	感応制御	黄色開始を事前に確定できないため、ジレンマゾーンが発生する	所定規制速度以上の交差点は、感応対象の青信号と黄信号の間に固定青時間を設定(運用への要望)
3	押しボタン制御	信号情報提供の対象外	二次試作により信号情報提供機能の検証実施(仕様改訂)
4	緊急車両優先制御	感応実行中は現在灯色のみ提供(残秒数が不明)	二次試作により信号情報提供機能の検証実施(仕様改訂)
5	情報公開	信号情報が急変するような特殊な信号制御を実行している交差点で、信号情報の異常／正常が車では判定できない	信号制御の運用情報公開(運用への要望) 路車間メッセージに信号制御モードを追加(仕様改訂)

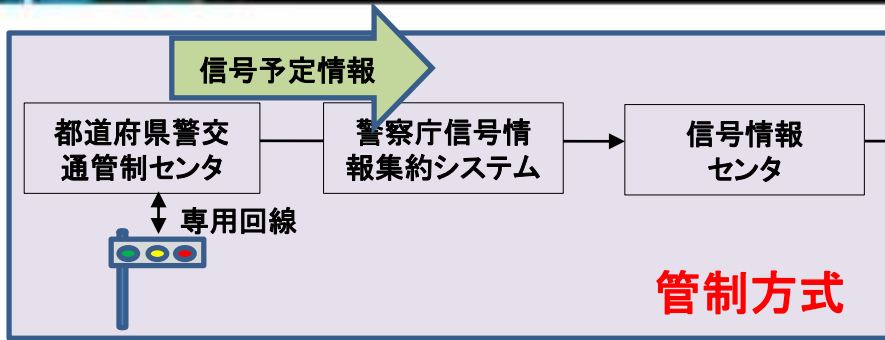
SIP-adus Workshop 2020

4

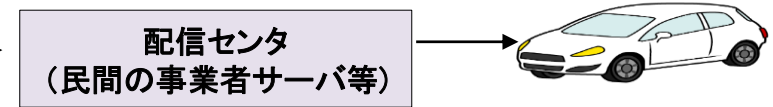
クラウドを活用した 信号情報提供



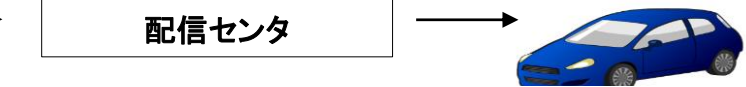
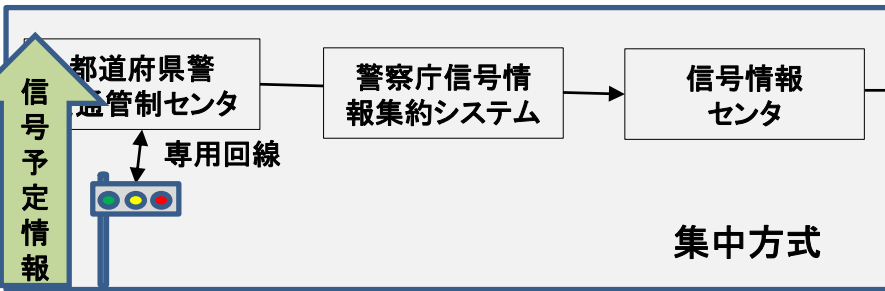
4.1 V2N実現のためのシステム構成案



* 信号情報センタ、配信センタは仮称。

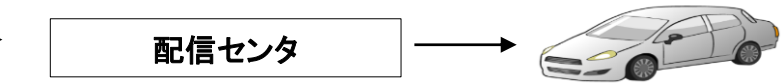
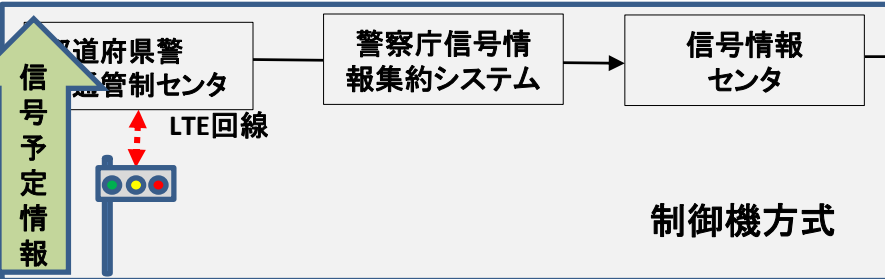


交通管制センタで信号予定情報を作成する方式



交通信号制御機で信号予定情報を作成する方式

★ 交通管制センターから遠隔制御されている信号制御機が対象

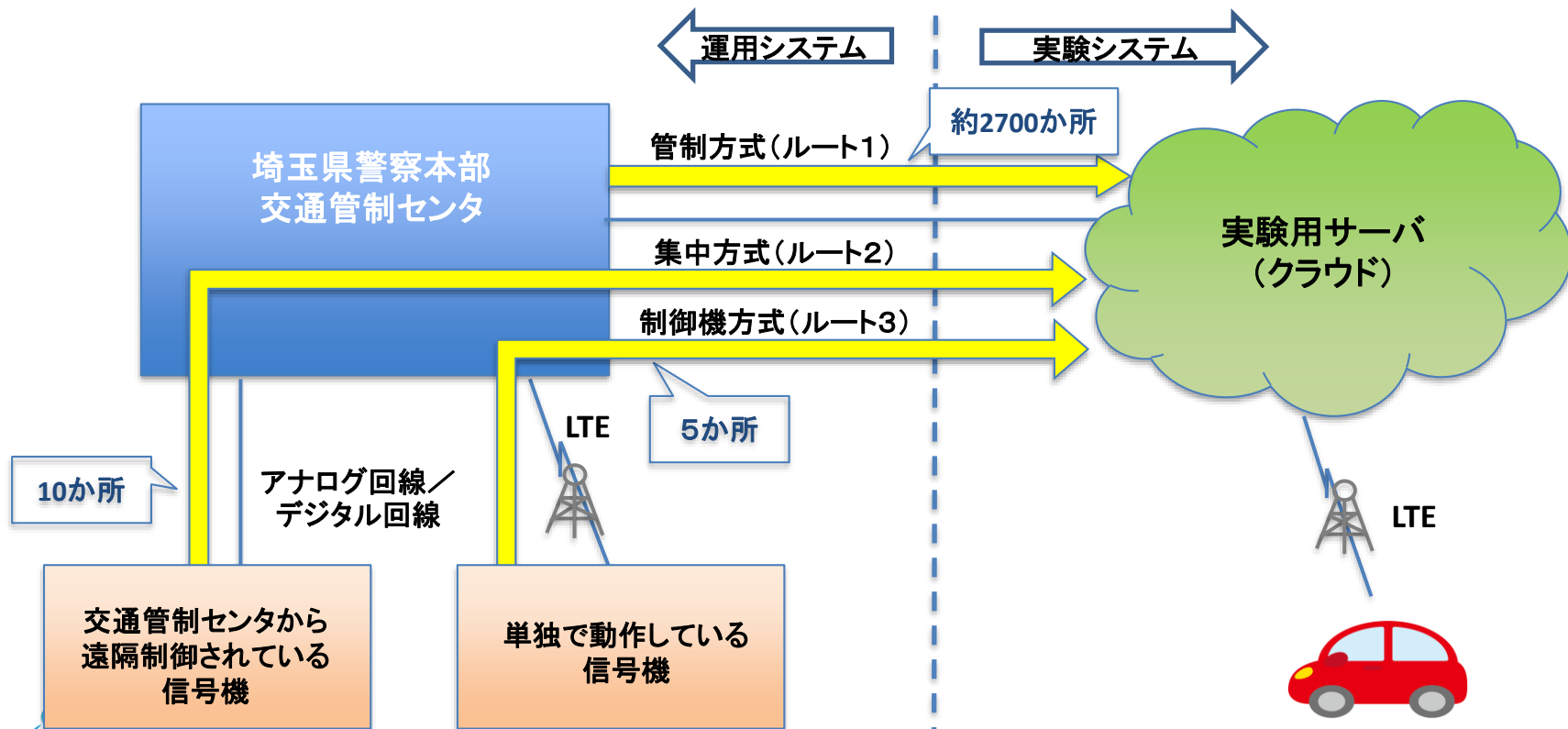


交通信号制御機で信号予定情報を作成する方式

★ 単独で動作している信号制御機が対象

4.2 2020年度検証用モデルシステム

交通管制センター＋実験システムで検証用のモデルシステムを構築し、3つの方式を評価



4.3 検証項目案

検証項目	課題	目標
誤差	各装置の時刻精度を向上させることで灯色表示誤差を短縮させる。	実際の灯色変化と信号予定情報の灯色変化情報の時刻差が通信遅延を含め300ms以下とする。 (車載機までの伝送遅延を最小化する。)
通信遅延	信号予定情報生成元から車載機までの伝送遅延を短縮させる。	
感応・押ボタン 対応	信号制御の運用見直しにより、灯色が急に变化する交差点の信号予定情報を事前に確定させる。	運用見直し後に安全な走行ができること、交通流に影響がないことを確認する。
その他	セキュリティ	政府機関等の情報セキュリティ対策のための統一基準に準拠した実現方式とする。
	障害時の通知方法	障害通知機能により保守・運用者および利用者に通知できること。

SIP-adus Workshop 2020



5

まとめ

5.1 V2IとV2Nの比較(機能面の想定)

機能要件	V2I	V2N		
		管制方式	集中方式	制御機方式
データ誤差 ±300ms以下	○ 残秒数補正により ±100ms以下	○ GPS等、時刻同期機能付きの交通管制センタへ更新 GPS等、時刻同期機能付きの信号機へ更新		
	感応制御時の提供遅延対策として、感応ステップ～黄信号間に0.5秒以上の青信号実行が必要	—	V2Iよりも大きくなる遅延時間対策が必要 → 数秒以上遅延の場合、信号制御への影響評価が必要	
可用性 (対象交差点)	集中(感応無):○ 集中(感応有):○ 非集中:—	集中(感応無):○ 集中(感応有):× 非集中:×	集中(感応無):○ 集中(感応有):○ 非集中:×	集中(感応無):— 集中(感応有):— 非集中:○
可用性(信号情報不明となる事象)	○ 故障等の異常除く	信号サイクル切替り等における不明発生時間の評価が必要	○ 故障等の異常除く	非集中:パラメータ切替時等は要検証
信頼性(二重化による信号情報不整合の検出)	○ フェールセーフ機能を実装	×	×	灯色を監視するためV2Iと同等のフェールセーフ機能の実装可能
まとめ	集中交差点において要件を満足 (非集中は対象外)	要件未達のため、要件緩和又はユースケース見直しが必要	提供遅延対策による信号制御への影響評価が必要 ／二重化による信号情報不整合の検出が必要	提供遅延対策による信号制御への影響評価が必要 ／非集中対応時の詳細な仕様検討が必要

5.2 V2IとV2Nの比較(整備コスト・運用面の想定)

機能要件	警 ^a	警 ^b		
		管制方式	集中方式	制御機方式
イニシャルコスト品目	<ul style="list-style-type: none"> ・信号機更新 ・ITS無線路側機新設 	<ul style="list-style-type: none"> ・交通管制センタ改修 ・信号情報センタ構築 (サービス配信事業者の負担は検討外) 	<ul style="list-style-type: none"> ・信号機更新 ・交通管制センタ改修 ・信号情報センタ構築 (サービス配信事業者の負担は検討外) 	<ul style="list-style-type: none"> ・信号情報編集装置新設 ・信号情報センタ構築 (サービス配信事業者の負担は検討外)
ランニングコスト品目	<ul style="list-style-type: none"> ・センタ端末間回線費 ・運用保守費 ・セキュリティ鍵管理費 	<ul style="list-style-type: none"> ・センターセンタ間回線費 ・運用保守費 (サービス配信事業者、ユーザ負担は検討外) 		<ul style="list-style-type: none"> ・センタ端末間回線費 ・センターセンタ間回線費 ・運用保守費 (サービス配信事業者、ユーザ負担は検討外)
主な課題	<ul style="list-style-type: none"> ・インフラ整備・普及方策 ・整備計画 (対象路線・工程) ・信号機更新など都道府県の財政負担軽減 ・自動運転インフラ対応の運用保守体制 	<ul style="list-style-type: none"> ・設備改修・普及方策 ・信号情報センタ／サービス事業者の運用主体、責任分解点等の整理 	<ul style="list-style-type: none"> ・インフラ整備・普及方策 ・信号情報センタ／サービス事業者の運用主体、責任分解点等の整理 	<ul style="list-style-type: none"> ・インフラ整備・普及方策 ・非集中交差点の運用管理見直し ・信号情報センタ／サービス事業者の運用主体、責任分解点等の整理

5.3 まとめ

【研究成果のまとめ】

- ◆ V2I: 信号情報要件の精度、信頼性、可用性を高いレベルで実現
- ◆ V2I: 整備・普及に向けた路側機を整備する都道府県(警察)の財政負担軽減が課題
- ◆ V2N: 低コストで広域エリアの信号情報提供が期待される。
- ◆ V2N: 信号情報要件の達成に向け、モデル事業等による提供遅延時間などの技術課題の検証、対象交差点条件等を整理

【今後に向けて】

- ◆ 検討結果に基づき、信号制御方式や信号情報を活用したユースケースに応じた適切なV2IとV2Nの棲み分け(ベストミックス)を導出

**SIP-adus
Workshop
2020**

Thank you

