



戦略的イノベーション創造プログラム

# 「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）／狭域・中 域情報の収集・統合・配信に係る研究開発」

## 2021年度分 成果報告書

### 概要版

株式会社NTTドコモ

2022年4月

# ■ 目次

## 1. 本研究開発の全体像

## 2. 実施内容および実施体制

## 3. 研究開発評価・検証

### (1) 配信に係る技術の拡張・応用に関する検討

#### ① 共通インタフェースの検討

#### ② 配信手法の検討

### (2) 大規模な実証実験を通じた評価

#### ① 東京臨海部実証実験の実施

#### ② 全国での利用・展開を見据えた検討

## 4. まとめ（提言など）

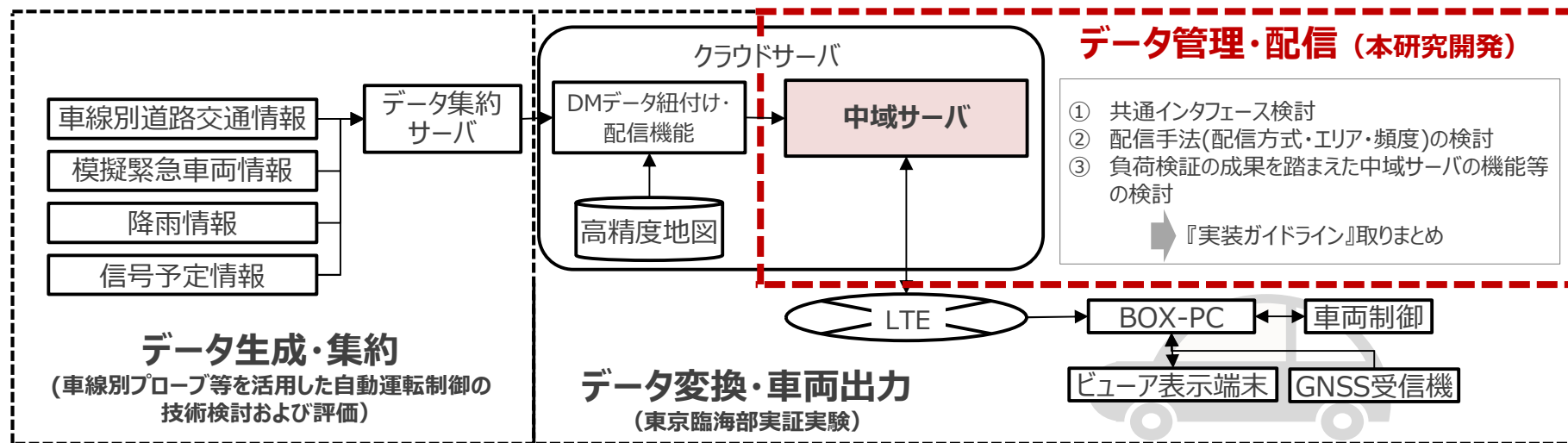
# ■ 1. 本研究開発の全体像

## 本研究開発の背景

- 2020年度までの研究開発では、交差点等の複雑な環境下における自律型自動運転車両の車載センサの死角に起因する課題の解決策として、多数の路側インフラ等から得られる動的情報の効率的な収集・統合・配信を行う為の要素技術を研究開発し、「収集・配信用の共通インターフェース」、「統合手法・配信手法のガイドライン」を策定した
- 一方で、これらの技術の実用化に向けては、自動運転に資するより広範な情報に対応するとともに、実運用を想定した多様なユースケースにおける課題の抽出等が必要となる

## 本研究開発の目的

- 中域における自動運転車両等への情報の配信に関する技術の拡張・応用に係る検討や、大規模な実証実験を通じて実環境へのシステムの適用性を確認する等の実用化に向けた検証を実施した



## アウトプット

■ 共通インターフェース ■ 配信手法 ■ 中域サーバの実装ガイドライン

## ■ 2. 実施内容および実施体制

- 共通インタフェースの検討では、他事業のデータ仕様を踏まえて追加のデータ項目を特定
- 配信手法の検討では、配信情報の特徴・ユースケース等を考慮して各情報に適用する配信手法を特定・開発し、東京臨海部実証実験を通じて配信手法の有効性を確認すると共に、負荷検証を通じてサーバへの負荷や配信効率等を評価
- 中域サーバについては、負荷検証の結果を踏まえ、実用化を見据えた際のシステムアーキテクチャや具備すべき機能等を評価・考察
- 上記成果を踏まえ、コンテンツプロバイダやOEM等が中域サーバを設置することを想定し、中域サーバの情報配信に係る実装ガイドラインを策定

### 対象

#### 【システムの対象範囲】

- 中域サーバから車両への情報配信システム

#### 【対象とする配信情報】

- 車線別道路交通情報
- 降雨情報
- 模擬緊急車両位置情報
- 信号予定情報

#### 【対象とする配信エリア】

- 臨海副都心地区・首都高等（実証実験で評価）
- 全国（机上検討で評価）

### 検討事項

#### ① 共通インタフェースの検討

東京臨海部実証実験  
と連携して検討

#### ② 配信手法の検討

- ✓ 方式・エリア・頻度の検討・開発・実装
- ✓ システムの動作確認

#### ③ 中域サーバの設置基準・諸元・機能等の検討

- ✓ 配信遅延・配信負荷の確認
- ✓ 実証実験エリア以外での実現性の検討
- ✓ サーバ機能等の検討

NTTドコモ実施

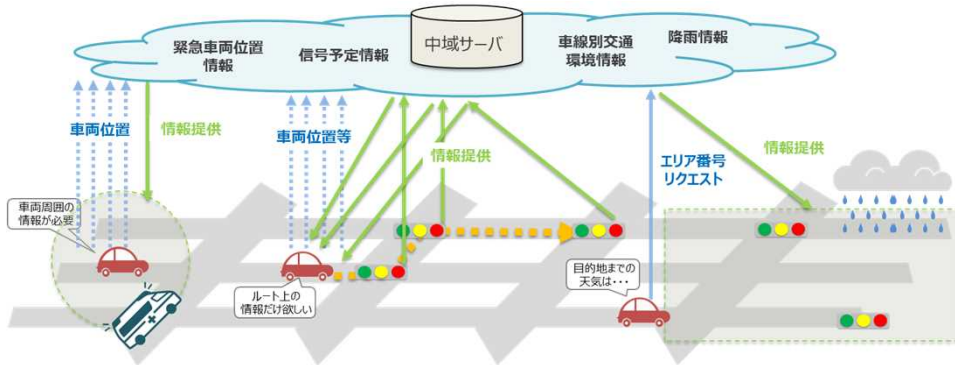


### ■ 3. 研究開発評価・検証（サマリ）

- 東京臨海部実証実験を通じて、開発した中域サーバおよび配信手法を用いて、実験参加者に大きな遅延等なく情報を配信できることを確認
- 中域への情報配信システムの実用化に向け共通インターフェースおよび配信手法を整理した上で、中域サーバのアーキテクチャ・機能等に関する提言を取りまとめた

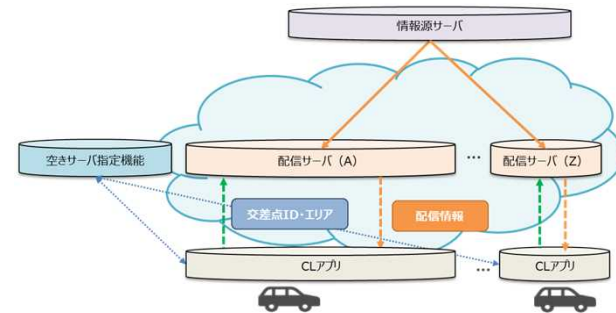
#### 配信に係る技術の拡張・応用に関する検討

- 共通インターフェース：
  - ✓ 各配信情報に必須データ項目が有ることを確認
  - ✓ 追加の必要があるデータ項目を特定
- 配信手法：
  - ✓ 各配信情報に適用する配信手法（配信方式・配信エリア・配信頻度）を特定し、開発および実装を実施



#### 大規模な実証実験を通じた評価

- 東京臨海部実証実験の実施：
  - ✓ 実環境での情報配信システムの挙動を確認し、大きな遅延無く情報が配信出来ていることを確認
  - ✓ 評価アンケートにてユーザ側の意見を抽出
- 本事業全国での利用・展開を見据えた検討：
  - ✓ 負荷検証、トラフィック検証の結果からPUSH交差点指定方式の有効性とシステムの実現性を検証
  - ✓ 課題を踏まえ、実用化時のシステムアーキテクチャ、サーバ機能、運用時の考慮事項等を整理



# ( 1 ) 配信に係る技術の拡張・応用に関する検討

# ■ (1) 配信に係る技術の拡張・応用に関する検討 ① 共通インタフェース仕様

- 各配信情報に「統合・配信インタフェース」の必須項目が含まれていることを確認
- 車両への配信に必要なとなる管理用の項目(データ生成時刻、情報内容等)を追加

昨年度検討の「統合・配信インタフェース」：●必須項目

項目名	型	バイト数	必須	備考
物標ID	数値	9	●	※中域での効率的な配信制御等の為に追加
情報取得時刻	数値	9	●	
物標種別 (車両、歩行者等)	数値	1	●※	※データフォーマットが情報種別単位であれば必須でない
位置座標	数値、 文字列	-	●	「緯度経度による参照」や、ISO17572-4の高精度位置参照方式を参考に「基準点からの差分距離による参照」、「道のり距離+オフセットによる参照」を設定
移動方向	数値	3	●※	※令和2年度統合処理で用いたが、今年度は必須でない
速度	数値	3	●※	※同上
最も外側のレーン番号	数値	1	-	
最も内側のレーン番号	数値	1	-	
物体の向き	数値	3	-	
物体のサイズ 横幅、奥行、高さ	数値	3×3 要素	-	
信頼度	数値	1	-	
識別情報	文字列	1	-	※中域での効率的な配信制御等の為に追加 0~4(他予備) 0:不明、1:停車、2:対流、3:事故、4:その他

データフォーマットを確認

## 【配信情報】

- ✓ 車線別道路交通情報
- ✓ 降雨情報
- ✓ 模擬緊急車両位置情報
- ✓ 信号予定情報

① 上記の配信情報に、「統合・配信インタフェース」の必須項目が含まれていることを確認

② 車両への配信に必要なとなる情報管理用の項目(データ生成時刻、情報内容など)を確認し、追加

## ■ (1) 配信に係る技術の拡張・応用に関する検討 ② 配信手法の検討

➤ 各情報の想定ユースケースから情報のリアルタイム性等を整理し、  
配信方式（PULL/PUSH）の特性を踏まえて、適用する配信方式を決定

- PULL配信（圧縮ファイル送信）：車線別道路交通情報、降雨情報、信号予定情報
- PUSH配信（バイナリデータ送信）：模擬緊急車両位置情報、信号予定情報

### □ 配信情報の想定ユースケース等

情報	想定UC	リアルタイム性
車線別道路交通情報	中域・広域での渋滞・規制を回避（ルート/パス変更） / 渋滞末尾を確認し事前減速	低
降雨情報	手動運転へのハンドオーバ / アンダーパスを回避（ルート変更）	低
緊急車両位置情報	緊急車両の接近を感知し徐行・停車	高
信号予定情報	ジレンマ回避 / 信号機が死角になる場合の補助 / 最適なルート・速度の調整	中・高

### □ 各方式での配信に適した情報の特徴



配信方式	適した情報・利用シーン	適した情報種別	配信情報のリアルタイム性
PULL方式 （ユーザのリクエストに応じ情報を配信） ⇒令和2年度東京臨海部実証実験での採用方式	・広範囲且つ多量な情報から必要な情報を受け手が選択して活用する場合	・静的情報 ・準静的情報 ・準動的情報	低
PUSH方式 （配信側から対象となる車両に情報を配信） ⇒令和2年度本事業での採用方式	・イベントの発生時や早い周期で情報を配信したい場合	・動的情報	高

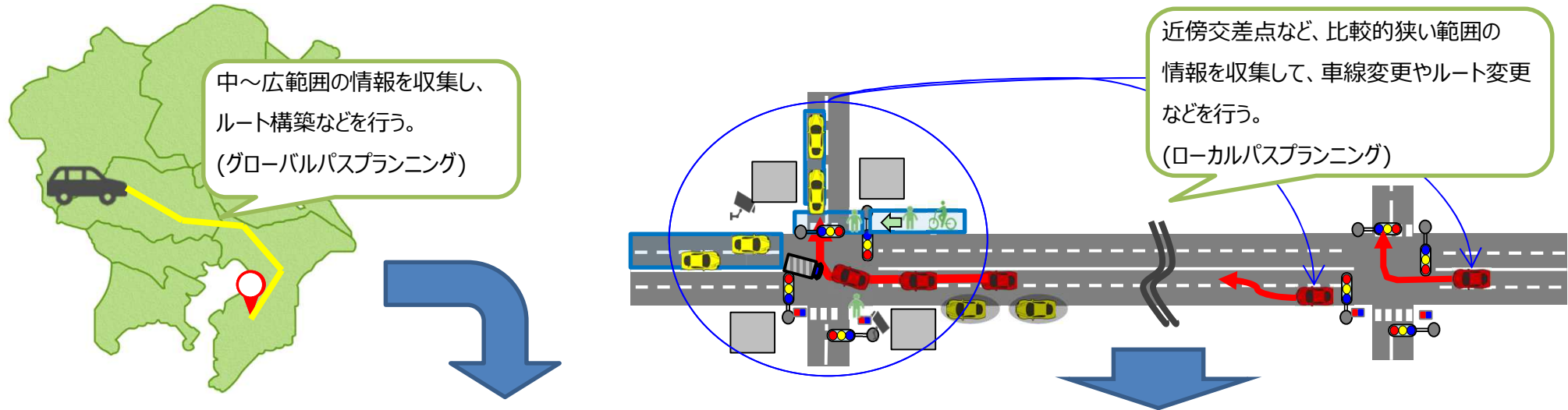


# ■ (1) 配信に係る技術の拡張・応用に関する検討 ② 配信手法の検討

➤ PULL / PUSH配信は以下の考え方で情報源に応じて使い分けを実施

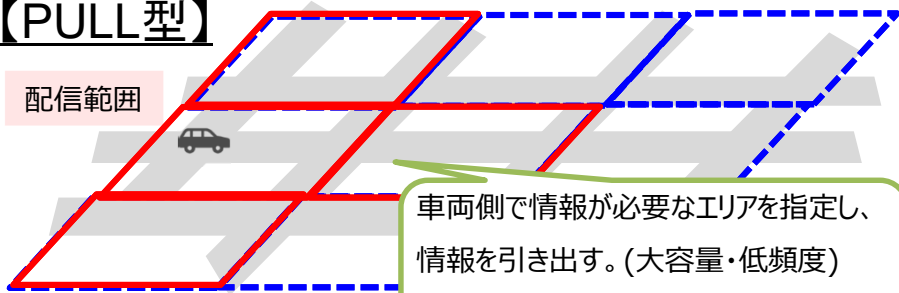
- ✓ **PULL配信**: 中～広範囲の情報を車両側から指定して受信  
※大容量データを低頻度で配信する為、FTPを採用
- ✓ **PUSH配信**: 車両周辺の情報を、位置情報を基準にサーバ側で抽出して配信  
※低容量データを高頻度で配信する為、MQTTを採用

※通信プロトコルは実用化における実装コスト等を考慮し、昨年度の東京臨海部実証実験で採用され、既に幅広く利用されている通信プロトコルを採用



## 【PULL型】

配信範囲



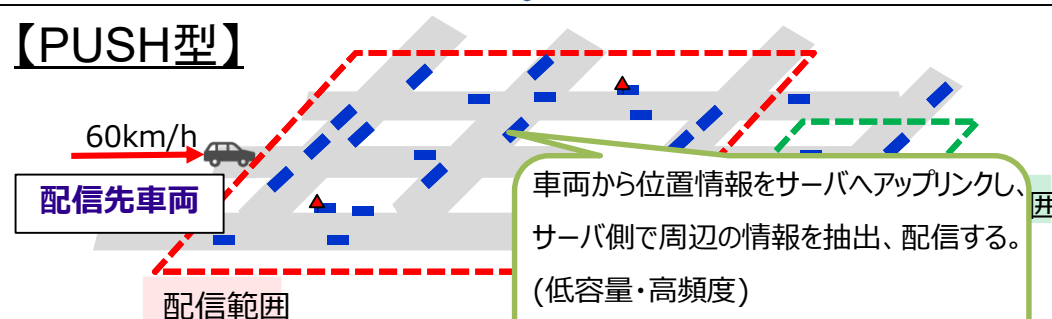
車両側で情報が必要なエリアを指定し、情報を引き出す。(大容量・低頻度)

⇒ **PULL配信**

## 【PUSH型】

配信先車両

配信範囲



車両から位置情報をサーバへアップリンクし、サーバ側で周辺の情報を抽出、配信する。(低容量・高頻度)

⇒ **PUSH配信**

## ■ (1) 配信に係る技術の拡張・応用に関する検討 ② 配信手法の検討

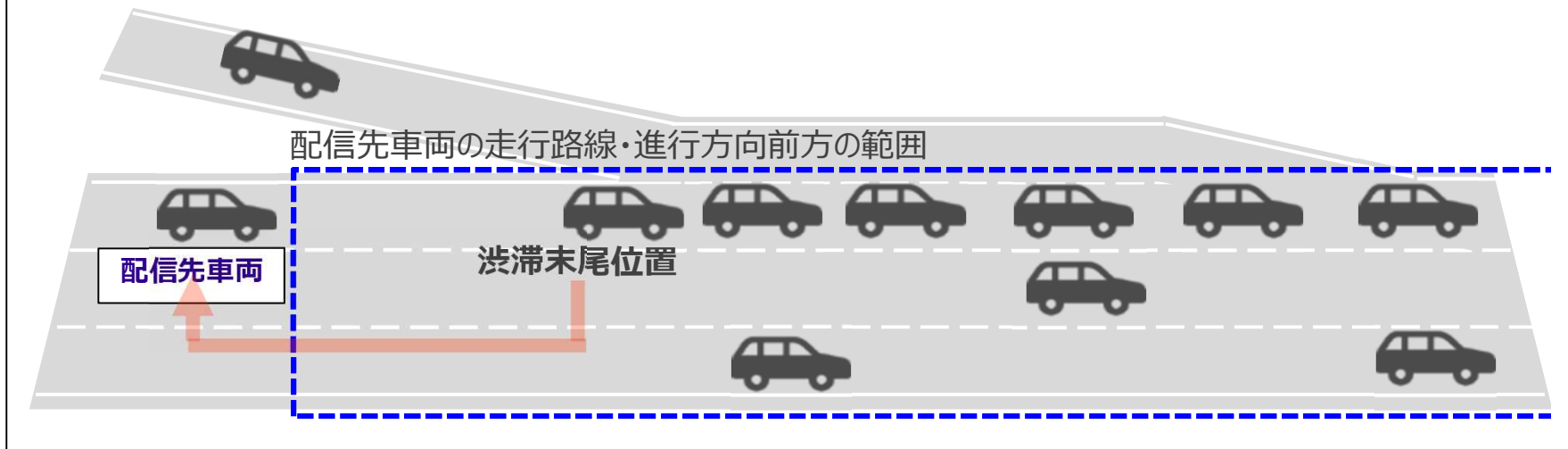
### 【車線別道路交通情報】

- 高速道路における渋滞や分岐・合流地点での運転支援を行う為、車両前方の車線別道路交通情報（注意喚起情報）を配信
- 車線別道路交通情報の配信対象範囲は、首都高速道路の羽田線・湾岸線であり、車両からのリクエスト（エリア指定・1分毎）に応じて、走行路線における進行方向前方の情報を配信

### 実証実験の配信方式等

- 配信周期：1分間隔
- 配信範囲：走行路線・進行方向前方

### 【車線別道路交通情報】



## ■ (1) 配信に係る技術の拡張・応用に関する検討 ② 配信手法の検討

### 【降雨情報】

- 車載センサの精度が落ちるような降水量があった場合の手動運転へのハンドオーバやアンダーパスの回避、目的地までの降水量の確認を目的として、指定エリアまたは車両周辺の降水量を配信
- 車両から、①自車位置周辺、②全エリア、③臨海副都心・首都高、④常磐道、⑤東名・新東名の何れかのエリアがリクエストされ、リクエストに応じて5分毎に指定されたエリアの情報を配信
- 自車位置周辺が指定された場合は、車両を含むブロック（1ブロック10km四方）を中心とした9ブロック（30km四方）の情報が配信される

### 実証実験の配信方式等

- 配信周期: 5分周期
- 配信範囲:
  - ① 自車位置周辺
  - ② 全エリア (③～⑤全て)
  - ③ 臨海副都心・首都高
  - ④ 常磐道
  - ⑤ 東名・新東名



① 自車位置周辺配信イメージ

## ■ (1) 配信に係る技術の拡張・応用に関する検討 ② 配信手法の検討

### 【模擬緊急車両位置情報】

- 後方からの緊急車両の接近や見通し外の緊急車両に対応する為、車両周辺の情報配信
- 「道路運送車両の保安基準の細目を定める告示第231条」より、緊急車両の要件として、「警光灯は、前方300mの距離から点灯を確認できる赤色のものであること。」「サイレンの音の大きさは、その自動車の前方20mの位置において90dB以上120dB以下であること。」とある為、配信範囲（情報の提供範囲）は半径300mを基準に設定※

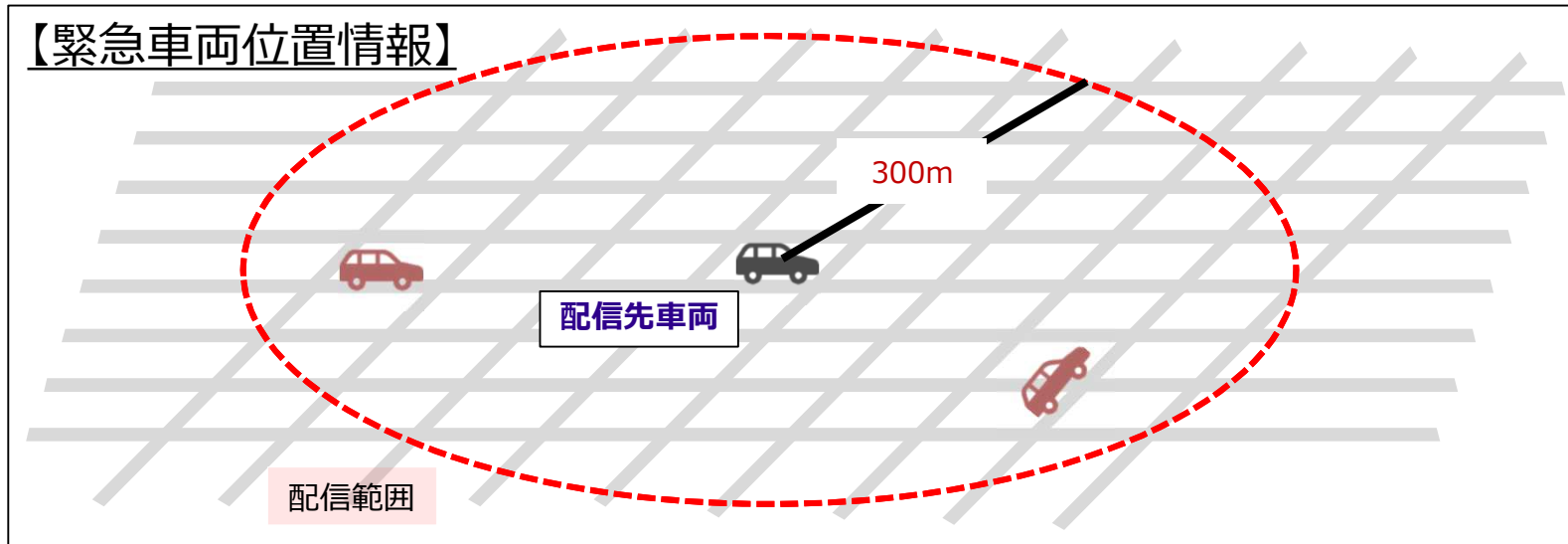
※ 半径300mで緊急車両の接近に十分対応できる見込み

※ 配信範囲は実験参加者の任意の値に変更が可能

### 実証実験の配信方式等

- 配信頻度：1秒間隔
- 配信範囲：半径300m

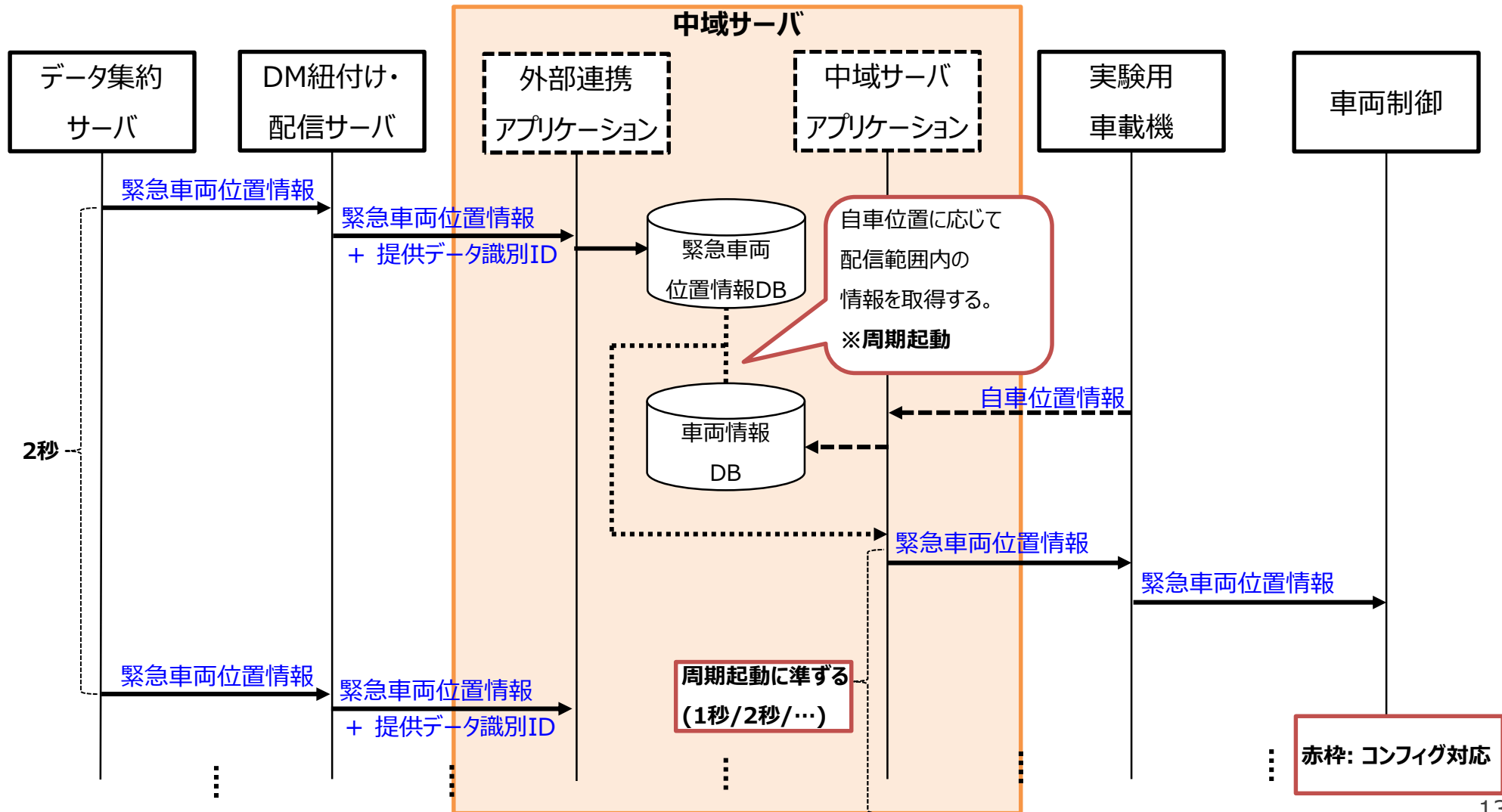
#### 【緊急車両位置情報】



# ■ (1) 配信に係る技術の拡張・応用に関する検討 ② 配信手法の検討

## 【模擬緊急車両位置情報 シーケンス】

- ダイナミックマップ紐付け・配信サーバから受信した情報を中域サーバのDBに格納
- 自車位置情報に応じて、緊急車両位置情報DBから情報を取得し配信



## ■ (1) 配信に係る技術の拡張・応用に関する検討 ② 配信手法の検討

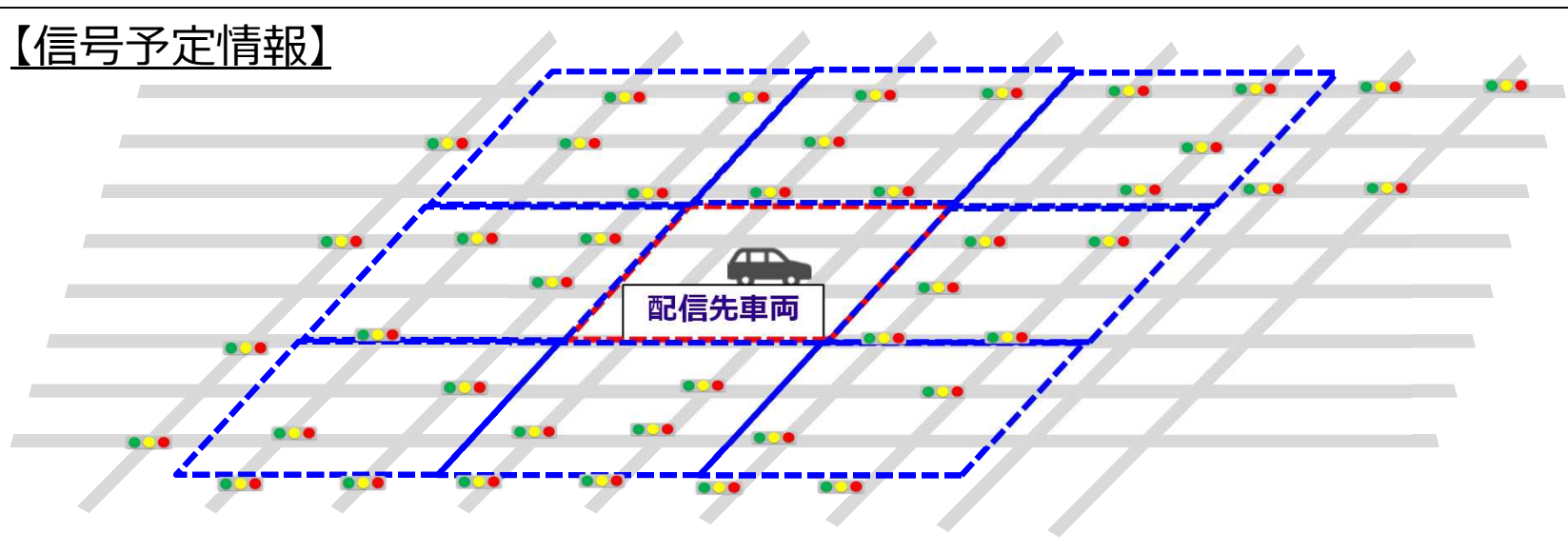
### 【信号予定情報】 a. PULL配信

- 信号予定情報のルートプランニングへの活用などを想定し、広範囲のデータをまとめて配信
- 配信範囲は車両が現在いるエリアを中心に、1エリア500m四方の周囲9ブロックに設定

### 実証実験の配信方式等

- 配信頻度: 10秒間隔
- 配信範囲: 1エリアあたり500m四方

#### 【信号予定情報】



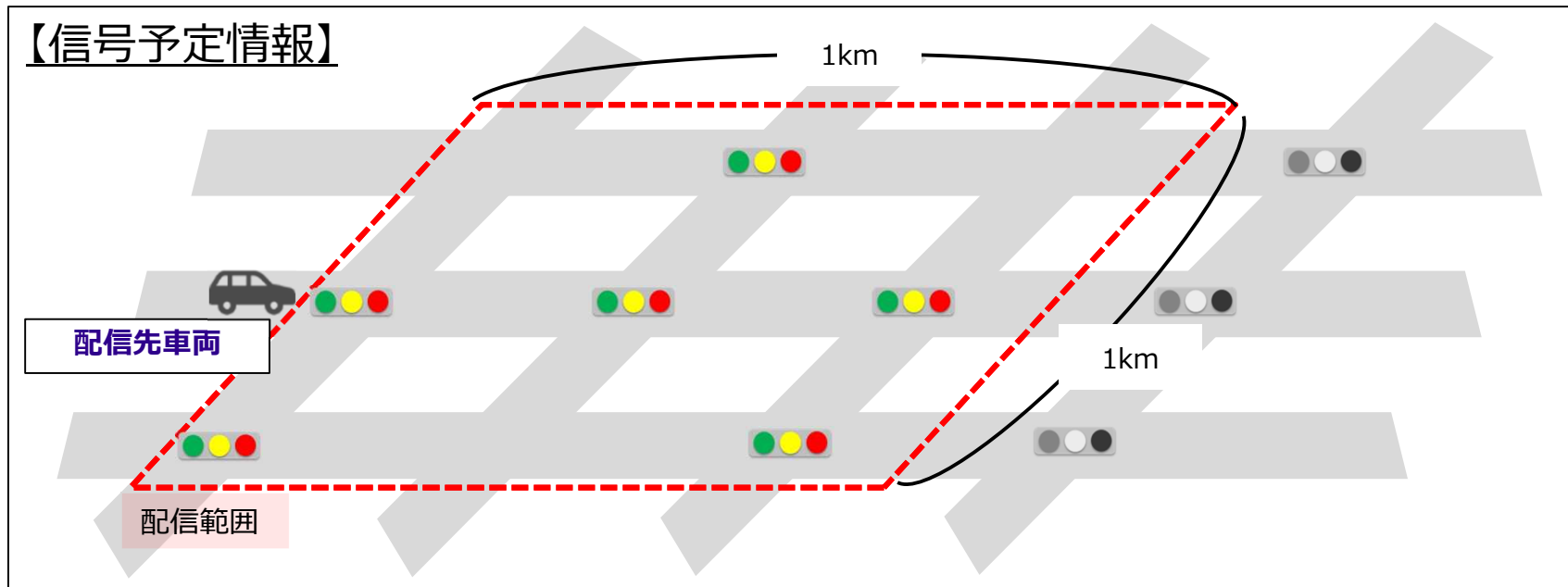
## ■ (1) 配信に係る技術の拡張・応用に関する検討 ② 配信手法の検討

### 【信号予定情報】 b. PUSH配信（距離指定）

- ルート情報を持たない一般車両等が、目視での信号灯色が困難な状況で情報を活用することを想定し、前方矩形内の信号情報を配信する手法を検討
- 臨海副都心地区の信号サイクル長（概ね80~160秒）を踏まえると、遠方の情報は到着するまでに次のサイクルに更新される可能性がある為、配信範囲の初期設定は1km四方を基準として設定  
※配信範囲は任意の値に変更が可能

#### 実証実験の配信方式等

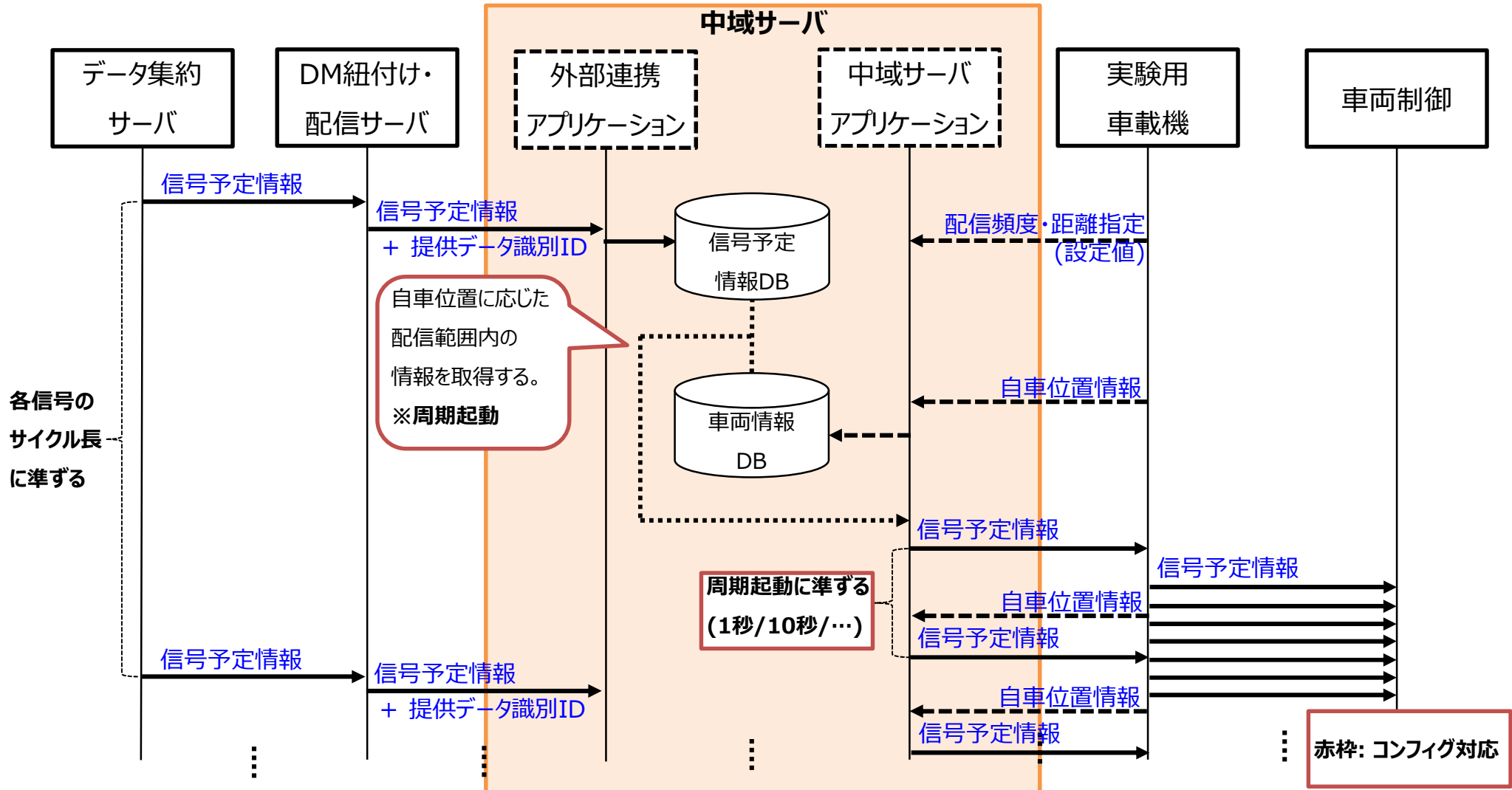
- 配信頻度：1秒間隔
- 配信範囲：1km四方(パラメータ変更可)



# ■ (1) 配信に係る技術の拡張・応用に関する検討 ② 配信手法の検討

## 【信号予定情報 シーケンス】 b. PUSH配信 (距離指定)

➤ 配信手法は基本的に緊急車両位置情報と同様





## ■ (1) 配信に係る技術の拡張・応用に関する検討 ② 配信手法の検討

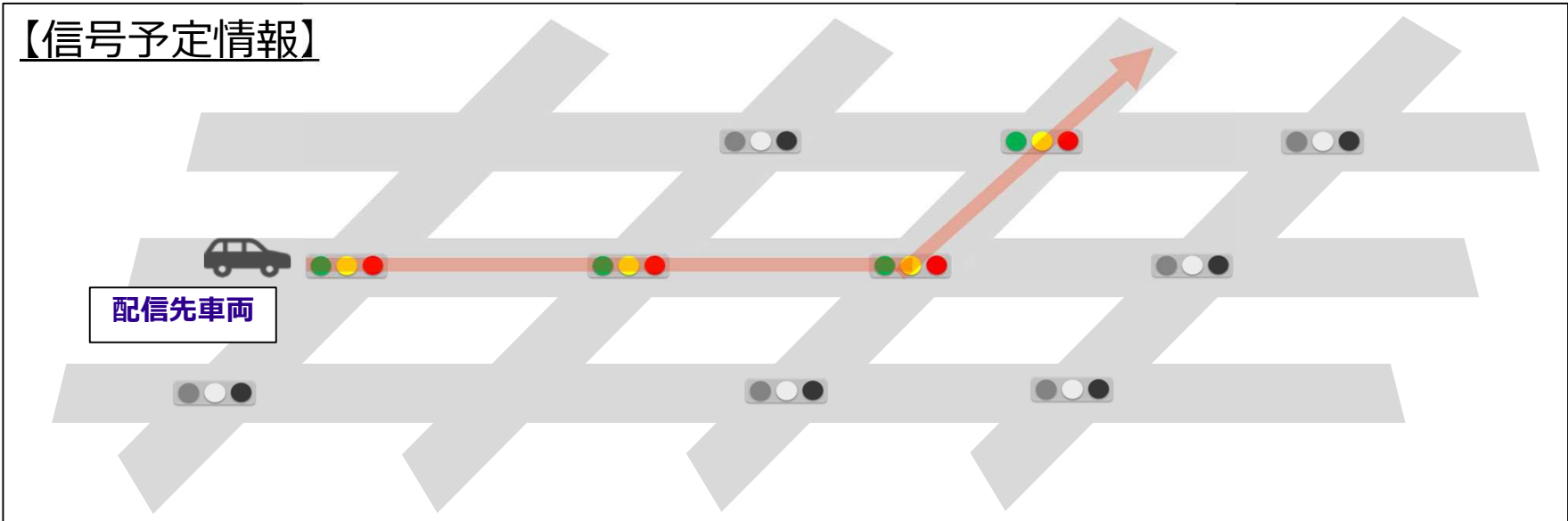
### 【信号予定情報】 c. PUSH配信 (交差点指定)

- 自動運転車がルートプランニングやグリーンウェーブを行う際に情報を活用することを想定し、車両側から通過する交差点の情報を要求し、必要最低限の信号予定情報を配信

#### 実証実験の配信方式等

- 配信頻度: 信号予定情報の更新タイミング毎

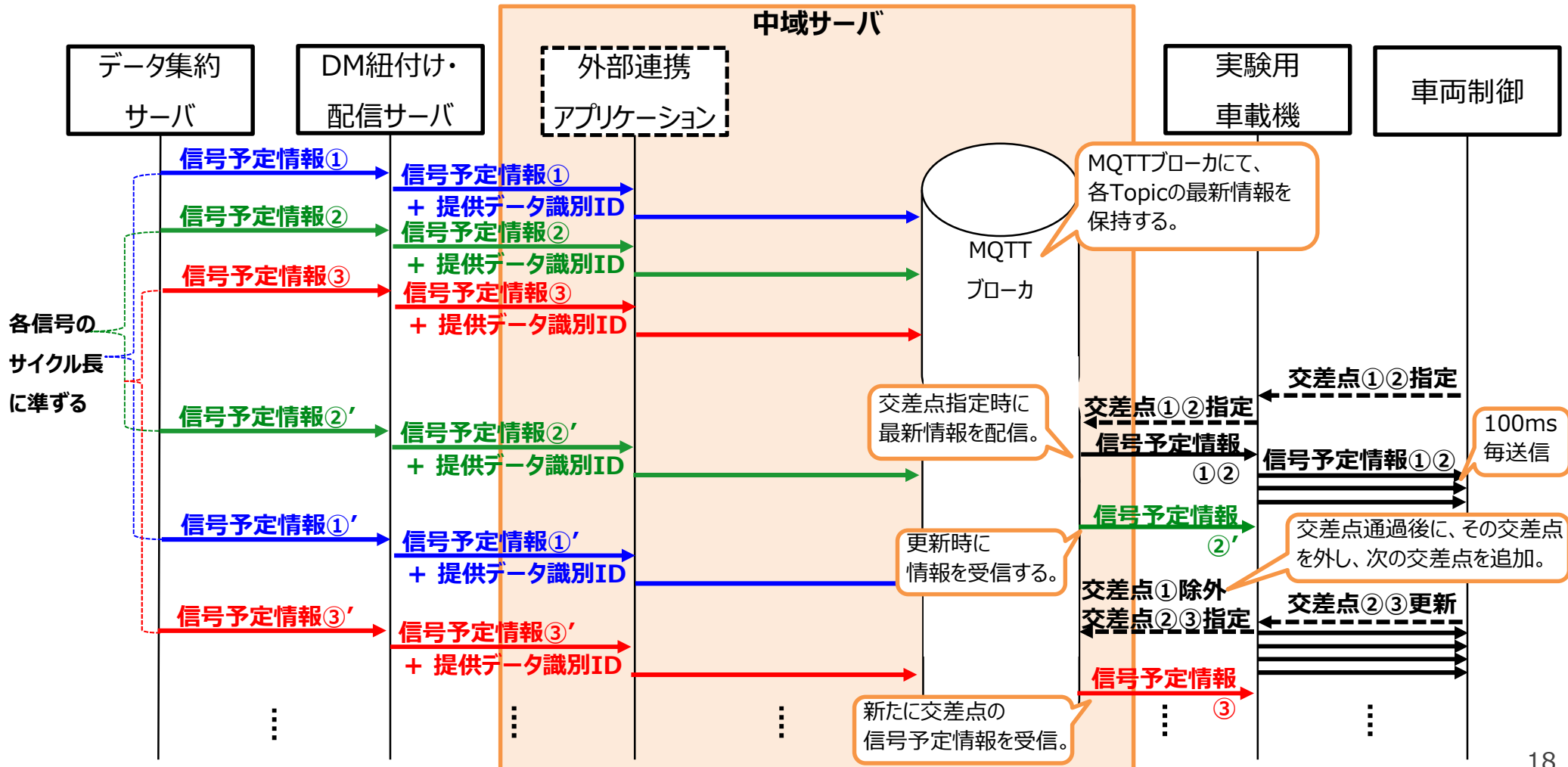
#### 【信号予定情報】



# ■ (1) 配信に係る技術の拡張・応用に関する検討 ② 配信手法の検討

## 【信号予定情報 シーケンス】 c. PUSH配信 (交差点指定)

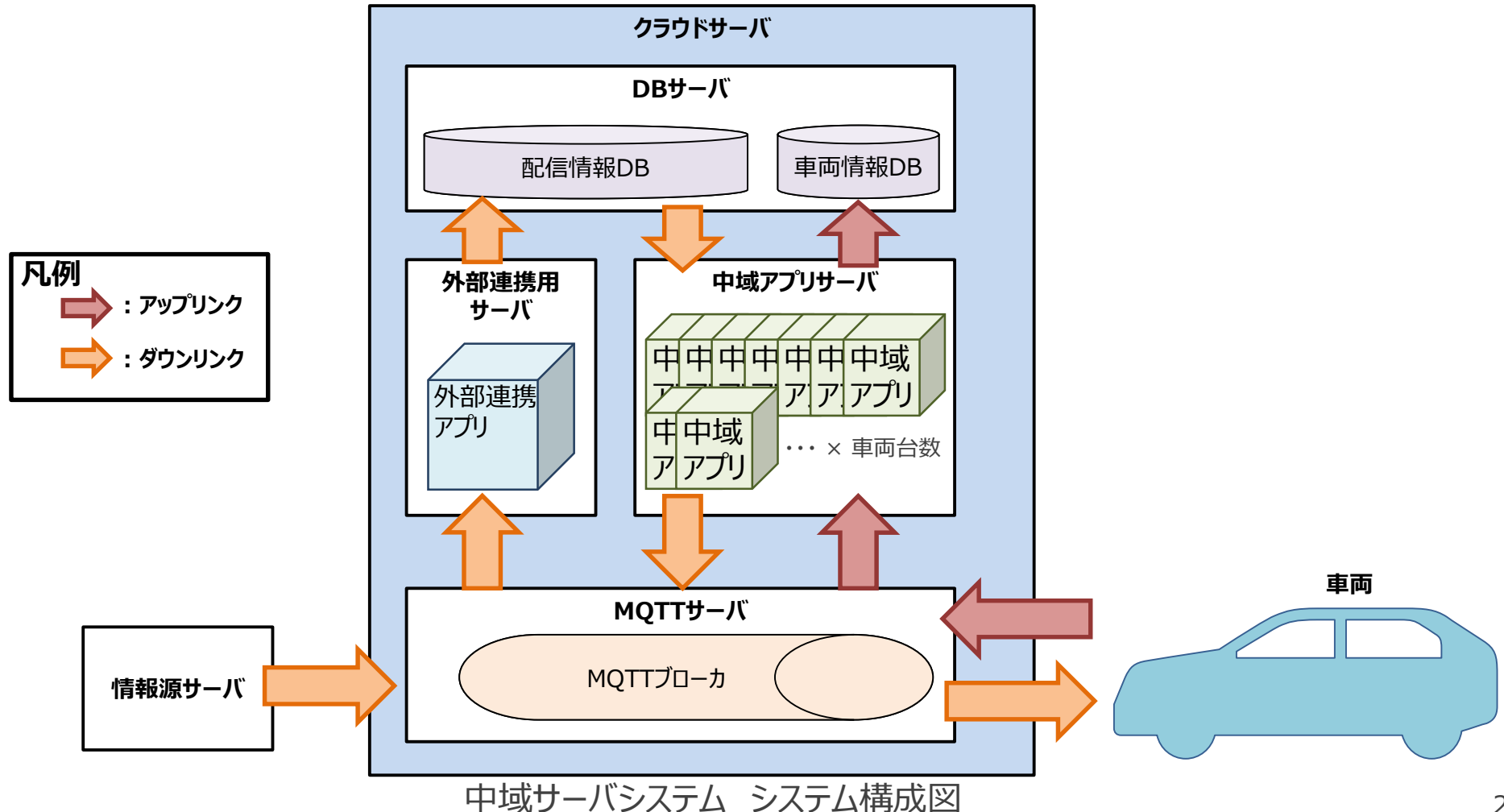
- MQTTサーバが各Topicの最新情報を保持している為、中継サーバからの配信タイミングに関わらず、各車両は交差点を指定したタイミングで即時に最新情報を受信する事が可能
- 対象交差点の情報が更新された際には、その最新情報を即時に受信



## (2) 大規模な実証実験を通じた評価

## ■ (2)大規模な実証実験を通じた評価 ①東京臨海部実証実験の実施

- 中域サーバのシステム開発・構築を行い、東京臨海部実証実験コンソーシアムが実施する東京臨海部実証実験の実験システムに実装
- 東京臨海部実証実験において、(1)で検討した配信手法を用いて、実験参加者に情報を配信し、大きな遅延なく情報の配信が行えることを確認



## ■ (2)大規模な実証実験を通じた評価 ①東京臨海部実証実験の実施

- 東京臨海部実証実験では、ユーザ側の評価として、配信手法やV2Nでの情報配信に係る課題等について評価アンケートを実施
- 中域情報配信システムの負荷軽減に資する配信エリアや配信頻度の変更に対する意見、実用化時の中域サーバ機能や運用方法、全体アーキテクチャの考察に資する意見を得た

### 【全体考察】

- PULL配信のみで配信した情報に対しては、PUSH配信での配信要望があり、今後様々な自動運転・安全運転支援に関する技術・サービスが普及することを加味すると、同じ情報でも車両側が必要とする配信方式がユースケース等によって異なることが想定されるため、配信方式の設定は競争領域の範囲と考える。
- PUSH配信の配信頻度及び配信範囲・配信交差点数についても、ユースケースによって車両側が必要とする値が異なるため、競争領域・協調領域を問わず、データ配信サーバを構築する際は、サーバ負荷を加味しつつ、可能な範囲で値を変更できる仕組みにしておくことが望ましい。
- 配信範囲を計算する機能の配置については、データ配信サーバ側での処理と車両側での処理で意見が分かれたが、後述の負荷検証の結果を踏まえ、大規模な情報配信を行う際には、車両側で必要な事象を指定して情報を配信する手法が望ましい。
- V2Nの情報配信については、協調領域における共通の配信事業とすることを望む意見が多数得られたが、整備コストやシステムの汎用性等を考慮し、緊急車両位置情報のような、公共性が高く、ある程度ユースケースが限定される情報の配信については協調領域で整備を行い、自由度の高いユースケースで利用される情報の配信については競争領域で整備を行う等が考えられる。

## ■ (2)大規模な実証実験を通じた評価 ①東京臨海部実証実験の実施

### 【評価アンケート集計結果要旨】

情報	要旨
降雨情報	<ul style="list-style-type: none"> <li>● PUSH配信でピンポイントの冠水路情報、目的地等の遠方の状況を把握したいとの意見あり</li> </ul>
車線別 道路交通 情報	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 渋滞発生から検知・通知時間を短くする為にPUSH配信が必要という意見あり</li> </ul>
模擬 緊急車両 位置情報	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 配信範囲300m：「道を譲る為の経路変更を行う猶予時間・猶予距離に不足」、「20秒ほど前には検知できていることが望ましい（車速を60km/hと想定すると400m程度、9秒の遅延発生を考慮した場合余裕をもって700m必要）」との意見あり</li> <li>● 『緊急車両接近時の安全運転支援』の望ましい配信範囲：<b>概ね半径300m～1,000m程度</b></li> </ul>
信号予定 情報	<ul style="list-style-type: none"> <li>● PUSH配信（距離指定）に対しては、「ルートプランニング」時、配信範囲500mでは『代替ルートがカバーできないことが多かった』との意見あり（希望：500m～1000m以上）</li> <li>● PUSH配信（交差点指定）に対し、ジレンマ回避では1～2箇所、グリーンウェーブでは3～6箇所の交差点の情報が必要との意見あり</li> </ul>
V2N実用化 時の課題・ 懸念点	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 情報伝達時間の遅延に関する課題を上げる意見が多数みられた</li> <li>● スケーラビリティに関する懸念、配信方式や内容の全国的な統一に関する懸念があるとの意見あり</li> <li>● 協調領域として配信事業を整備することを望む意見が多数みられた</li> </ul>

## ■ (2)大規模な実証実験を通じた評価 ②全国での利用・展開を見据えた検討 : STEP1～STEP3までの実施概要

- 東京臨海部実証実験で実装した中域サーバから車載機への情報配信に係るシステムについて、全国での利用および展開を見据え、採用した配信手法の評価やサーバ設置基準・機能等の検討を行うことを目的として、中域サーバの負荷検証および通信トラフィック検証を実施
- 検証は中継する各サーバの負荷が大きいPUSH配信を対象に実施

Step1	実証実験環境を用いた検証	■ 負荷検証、通信トラフィックの検証を実施し、中域サーバのリソースを効率的に利用できる配信手法を検討
Step2	実用化時システム構成の実現性検討	■ 検証データをもとに、実証実験のシステム構成で都道府県単位で全国にサーバを配置した場合の実現性を検討
Step3	実用化に向け具備すべき機能等の考察	■ 実用化に向けた課題を整理、方針を考察 <ul style="list-style-type: none"><li>✓ 中域サーバの情報提供範囲（保持するデータの範囲）</li><li>✓ 接続する中域サーバへの切替え方法（ネットワーク層レベルでの切替え、アプリレベルでの切替え等）</li><li>✓ 情報の優先度に応じた配信</li><li>✓ 同時・多数リクエストの処理方法、等</li></ul>

## ■ (2)大規模な実証実験を通じた評価 ②全国での利用・展開を見据えた検討

### STEP1 (1)負荷検証・通信トラフィック検証のパラメータ

- 負荷検証：下記パラメータを設定し、通信遅延、サーバに対する負荷（CPU、メモリ）を測定
- 通信トラフィック検証：1時間当たりの通信回数を基準とし、サーバ負荷の要因を検討した

各検証のパラメータ

	負荷検証(実測)	通信トラフィック検証(机上)
情報種類	緊急車両位置情報 / 信号予定情報	
配信手法	緊急車両位置情報: PUSH配信 (距離指定) 信号予定情報 : PUSH配信 (距離指定) / PUSH配信 (交差点指定)	
測定項目	PUSH配信 (距離指定) : 処理遅延 / 負荷状況 PUSH配信 (交差点指定) : 処理遅延 / 負荷状況	通信トラフィック (信号予定情報のみ)
配信車両台数	1台 / 20台 / 40台 / 50台 / 60台 / 70台	258台(東京都の1kmあたりの平均車両台数)
通信頻度	デフォルト値	PUSH配信 (距離指定) : 1秒 / 15秒 / 30秒 PUSH配信 (交差点指定) : 120秒
通信範囲	デフォルト値	PUSH配信 (距離指定) : 1km四方 (12交差点) PUSH配信 (交差点指定) : 5箇所 / 15箇所 / 50箇所
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>•本年度実証環境で起動可能な中域アプリの台数に基づいて配信車両台数を決定。</li> <li>•複数台の車両へ配信する際のサーバ負荷を検証する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•データ量と配信頻度、配信範囲に基づき、1時間当たりの通信データ量を算出し、配信手法毎に比較する</li> </ul>



# ■ (2)大規模な実証実験を通じた評価 ②全国での利用・展開を見据えた検討

## STEP1 (2)負荷検証 (ア)処理遅延測定結果

- 車両70台への同時配信時にも、一連の処理遅延は30ms弱で収まっており、各情報源からのアップリンク、車載機内連携処理時間は車両台数の増加に影響されない
- 同時配信台数のボトルネックは、主にサーバアプリ起動時のCPUリソース不足である

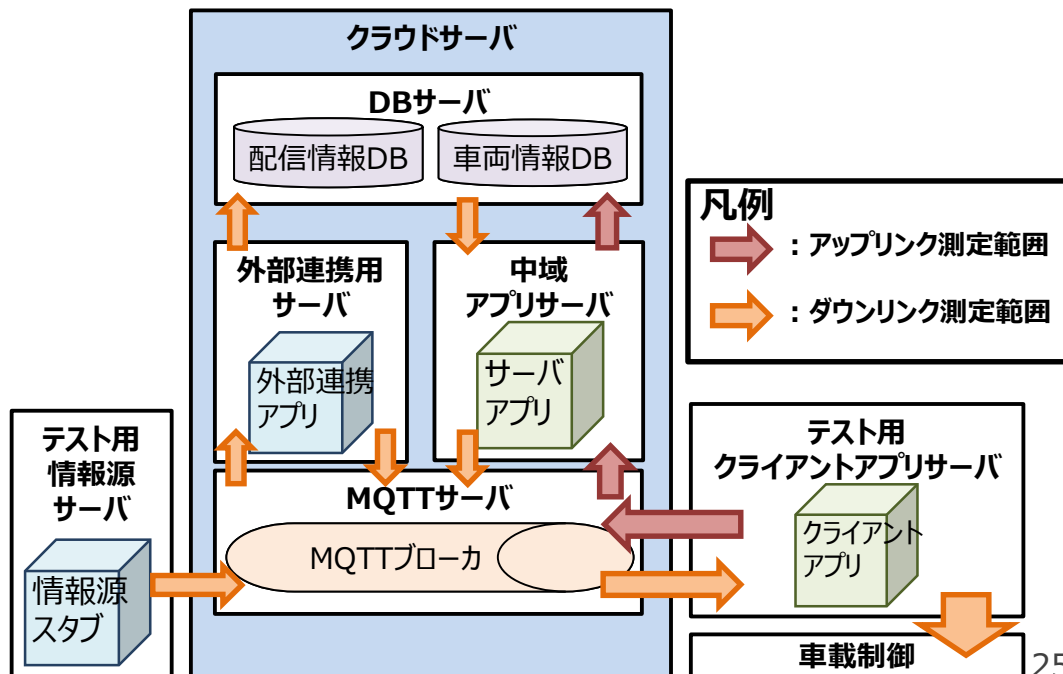
### ■ 距離指定配信

- ✓ 車両からアップロードされる位置情報に基づき、車両の前方/周囲の情報をサーバアプリで絞り込む

### ■ 交差点指定配信

- ✓ サーバ側では絞り込みを行わず、車両側から対象を指定する
- ✓ データはDBに格納せず、外部連携用サーバから即時配信される

負荷検証 処理遅延検証 (平均)		中域エリアにおける 一連の処理遅延
		70台へ同時に配信
【配信台数】	模擬緊急車両位置情報 距離指定	16.99 ms
	信号予定情報 距離指定	25.77 ms
	信号予定情報 交差点指定	23.09 ms

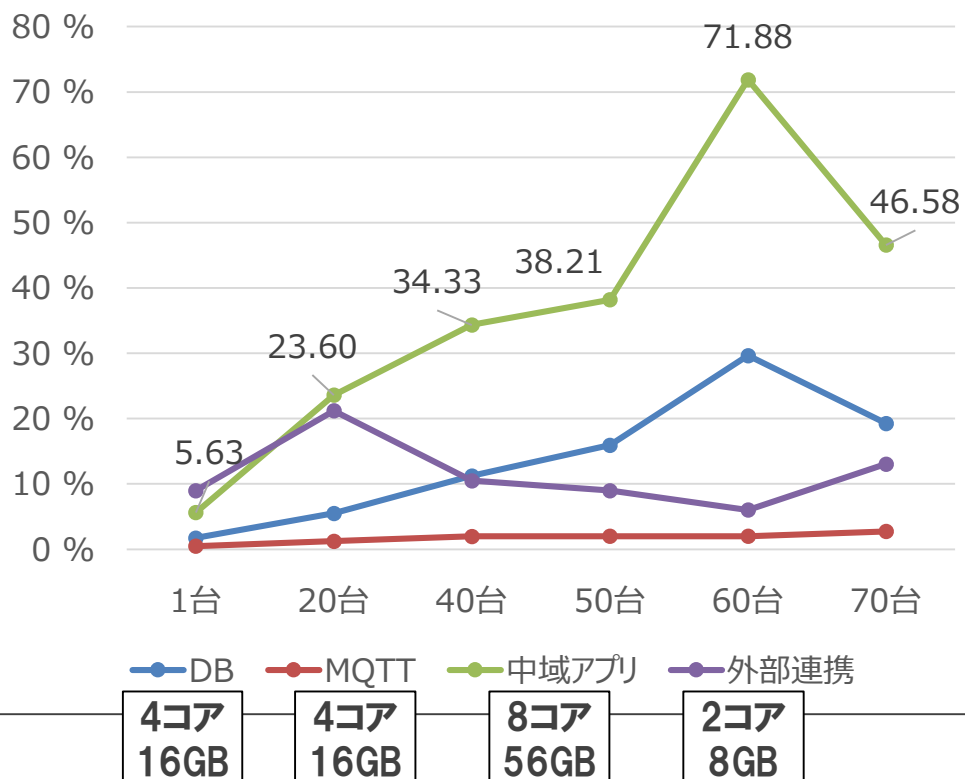


## ■ (2)大規模な実証実験を通じた評価 ②全国での利用・展開を見据えた検討

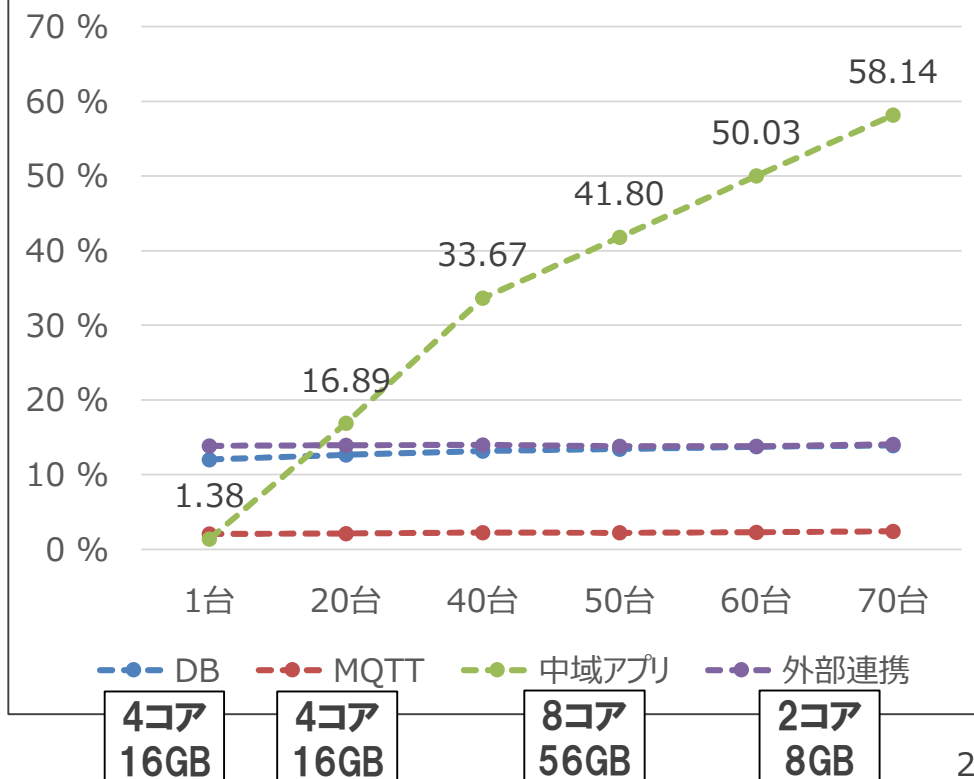
### STEP1 (2)負荷検証 (イ)負荷状況測定結果 a.模擬緊急車両位置情報

- 中域アプリサーバ以外は、配信台数の増加の影響をほとんど受けない
- 中域アプリサーバでは、配信台数が70台を超えると、アプリの起動時にCPU使用率が100%に張り付き、それがボトルネックとなって中域サーバアプリが起動できなかった
- CPUがボトルネックとなる配信台数70台の時点でも、メモリ使用率は60%弱である為、本環境では、メモリよりCPUが主要な要因となる見込み

CPU最大使用率



最大メモリ使用率

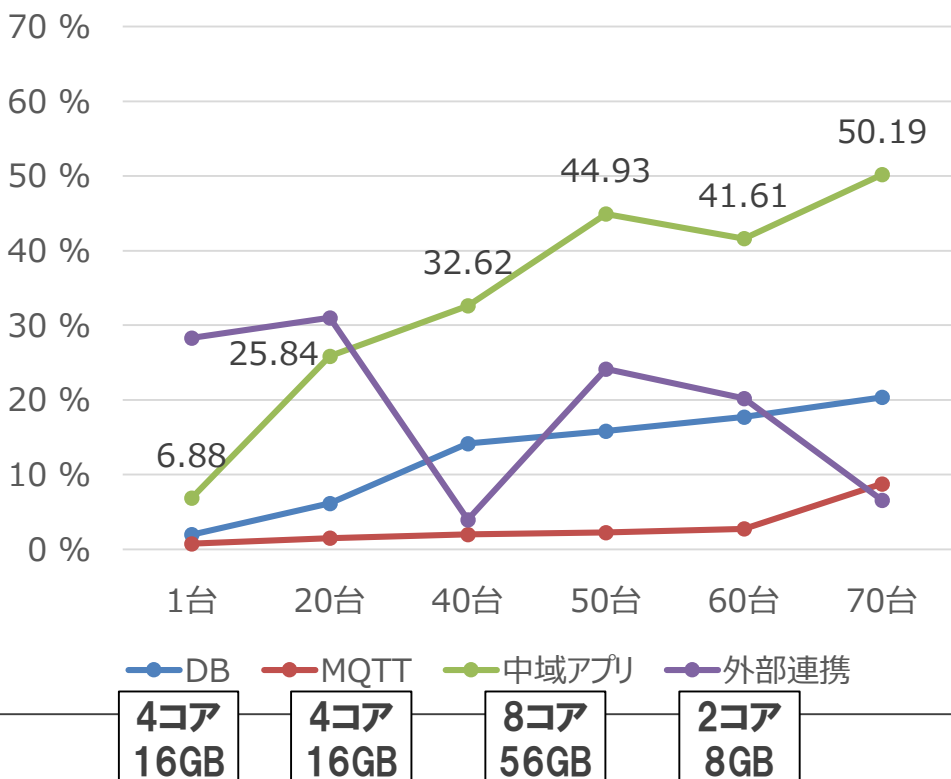


## ■ (2)大規模な実証実験を通じた評価 ②全国での利用・展開を見据えた検討

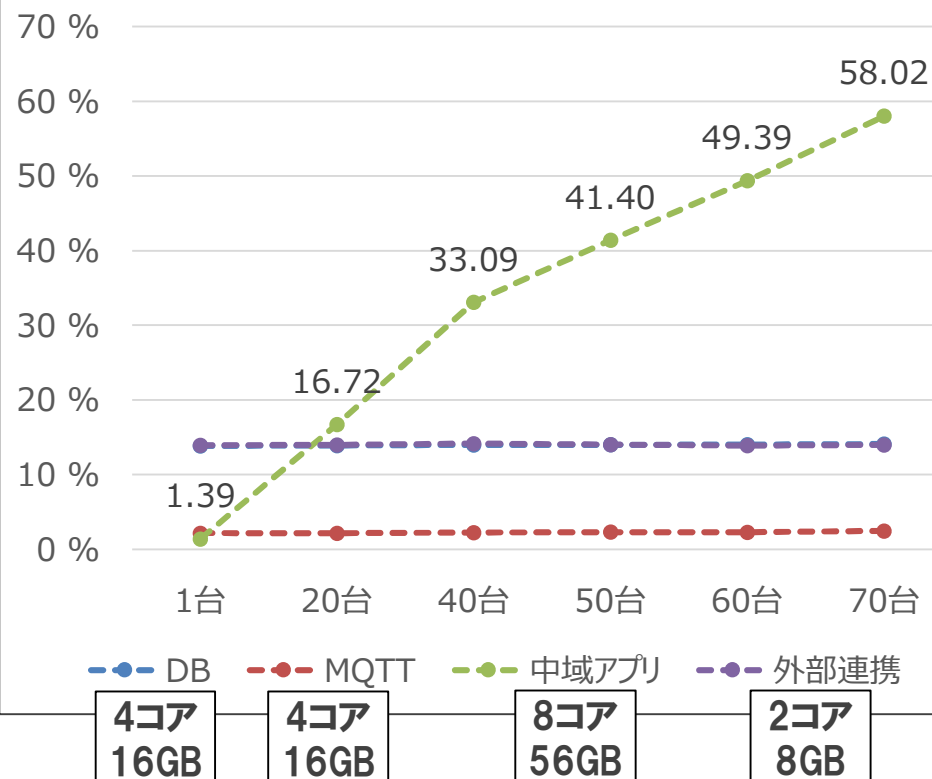
### STEP1 (2)負荷検証 (イ)負荷状況測定結果 b.信号予定情報(距離指定)

- 中域アプリサーバ以外は、配信台数の増加の影響をほとんど受けない
- 中域アプリサーバでは、配信台数が70台を超えると、アプリの起動時にCPU使用率が100%に張り付き、それがボトルネックとなって中域サーバアプリが起動できなかった
- CPUがボトルネックとなる配信台数70台の時点でも、メモリ使用率は60%弱である為、本環境では、メモリよりCPUが主要な要因となる見込み

CPU最大使用率



最大メモリ使用率

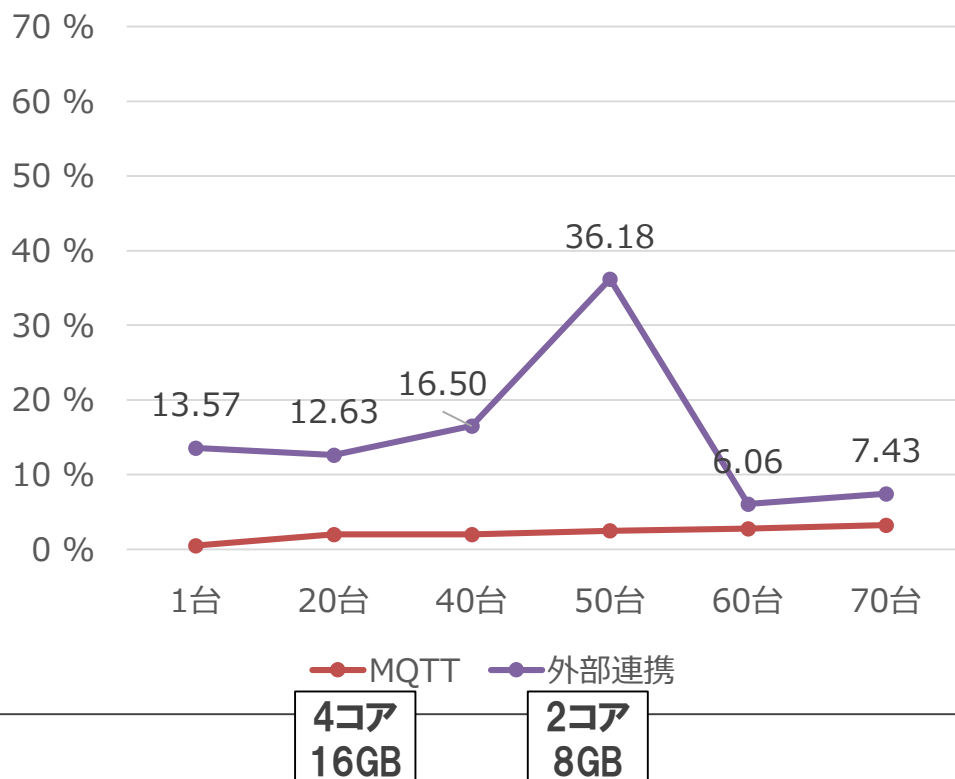


## ■ (2)大規模な実証実験を通じた評価 ②全国での利用・展開を見据えた検討 STEP1 (2)負荷検証 (イ)負荷状況測定結果 c.信号予定情報(交差点指定)

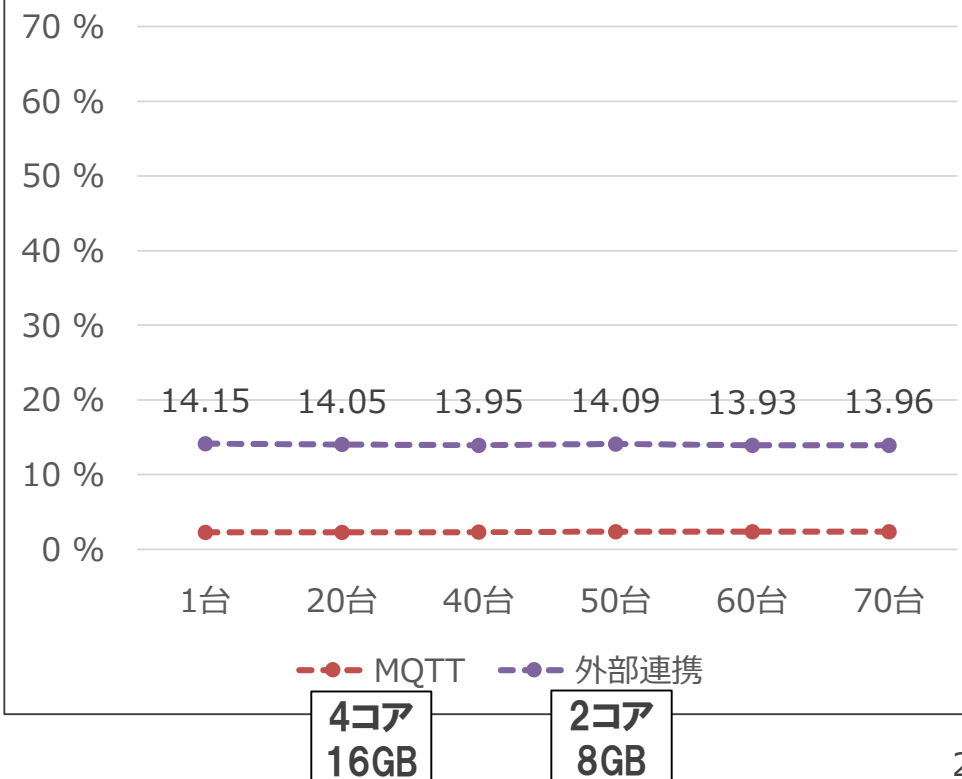
- 交差点指定場合、MQTTのRetain機能※を利用しているものの、距離指定に対してMQTTサーバへの著しい負荷の増大は見られない
- DBにデータを格納しない為、サーバ維持に必要なリソース以外は消費されない

※ Retain機能：Topicごとに最後にPublishされたメッセージをMQTTサーバが保持しておく機能

### CPU最大使用率



### 最大メモリ使用率



## ■ (2)大規模な実証実験を通じた評価 ②全国での利用・展開を見据えた検討

### STEP1 (3)通信トラフィック検証

- 中域サーバから車両へは、各車両ごとに接続する為、接続数が格段に大きくなる
  - 距離指定配信 : 配信先の車両の移動先に合わせた制御の為、高頻度での配信が必要になる
  - 交差点指定配信 : 情報が更新されたタイミングで配信が行われる為、サーバ負荷やトラフィックの観点からも有利である

#### 【信号予定情報】

		配信手法	配信交差点数 (箇所)	配信頻度	配信先 車両台数 (台)	1時間当たり 通信回数 (回)	1時間当たり 配信データ量
中域サーバ → 車両	信号予定情報 (距離指定) 配信範囲 : 1km <sup>2</sup>		12	1秒	258 (※)	<b>928,800</b>	<b>約2.79GB</b>
				15秒		61,920	約185.76MB
				30秒		30,960	<b>約92.88MB</b>
	信号予定情報 (交差点指定)	5	120秒			<b>約9.68MB</b>	
		15		<b>7,740</b>		約29.03MB	
		50		<b>約96.75MB</b>			

・1km<sup>2</sup>あたりの信号機台数 : 12台    ・信号のサイクル長 : 120秒 (2分)    ・1交差点あたりのデータ量 : 約250byte

※ : 東京都の1km<sup>2</sup>あたりの平均車両台数 昨年度算出

## ■ (2)大規模な実証実験を通じた評価 ②全国での利用・展開を見据えた検討 STEP2「実用化時システム構成の実現性の検討」(1) 検討方法

- STEP2「実用化時システム構成の実現性の検討」では、STEP1の結果を踏まえ、以下に示すフローで全国に情報を配信する為に必要となるサーバスペック及びサーバ費用を検討し、実現性を確認した

### STEP 2 検討フロー

①

実証実験のシステムで配信可能な車両台数 (STEP1の結果) を踏まえ、  
車両1台当たりのサーバ費用を算出



②

1km<sup>2</sup>当たりの最大車両台数 × 面積 から  
各都道府県で同時に情報を受信する可能性のある車両台数の最大値を算出



③

全国で情報を配信する際に必要なサーバスペックを検討し、  
車両1台当たりのサーバ費用を算出して、実現性を考察

## ■ (2)大規模な実証実験を通じた評価 ②全国での利用・展開を見据えた検討 STEP2「実用化時システム構成の実現性の検討」(2) 検討結果

- STEP1の結果より、実証環境1構成(1台)で同時に処理可能な車両台数は、
  - 緊急車両位置/信号予定(距離指定) 70台、信号予定(交差点指定) 3,700台※
  - ※ 車両台数に対するサーバ負荷が比較的小さく、実測が出来ない為、MQTTサーバの平均CPU使用率に基づいて、回帰分析により算出(90.67%時)。
- 車両1台あたりのサーバ費用は、
  - 緊急車両位置/信号予定(距離指定) 1,250円/月、信号予定(交差点指定) 23.6円/月
- 仮に東京都、車両保有台数が最も少ない鳥取県を対象に必要なサーバを試算すると、最大で実証環境の数百～数千倍の規模が必要となる(次頁でクラウドサーバを見直した場合の試算を実施)

実証環境において対応可能な台数と1台あたりのサーバ費用(実証環境用として構築したサーバを利用した場合)

配信情報	実証環境1構成(1台)で対応可能な台数	1台あたりのサーバ費用
緊急車両位置/信号予定(距離指定)	車両70台分	1,250円/月
信号予定(交差点指定)	車両3,700台分	23.6円/月

東京都、鳥取県を対象とした場合の試算※

配信情報	例1：東京都全域を対象	例2：鳥取県全員を対象
緊急車両位置/信号予定(距離指定)	実証環境と同一の構成で <b>8,087台相当が必要</b>	実証環境と同一の構成で <b>546台相当が必要</b>
信号予定(交差点指定)	実証環境と同一の構成で <b>153台相当が必要</b>	実証環境と同一の構成で <b>11台相当が必要</b>

## ■ (2)大規模な実証実験を通じた評価 ②全国での利用・展開を見据えた検討 STEP2「実用化時システム構成の実現性の検討」(2) 検討結果

- クラウドサーバの見直しとして、仮にAzureの最大スペックのクラウドサーバ※を用いた場合で試算した結果、最大配信可能台数と1台当たりのサーバ費用の低減が可能

※ D2ads - D96ads v5 (96vCPU、メモリ：384GB)、3年契約：¥157,630.2376/月で試算

### 対応可能な台数と1台あたりのサーバ費用 (Azure D96ads v5を利用した場合)

情報	Azure D96ads v5 1構成 (1台) で対応可能な台数	1台あたりのサーバ費用
緊急車両位置/信号予定(距離指定)	車両約840台分	188円/月
信号予定(交差点指定)	車両約88,800台分	1.78円/月

### 試算方法

- 前提として、実証環境において緊急車両位置/信号予定 (距離指定) では中域アプリサーバのCPU性能、信号予定 (交差点指定) ではMQTTサーバのCPU性能が制約となる。
- 上記を踏まえ、対応可能な台数は、Azureの最大スペックのクラウドサーバのCPU性能と、実証環境の当該サーバのCPU性能の比較し、対応可能な台数を試算した。
- 1台あたりのコストは、当該サーバの費用と対応可能な台数から便宜的に試算 (他のサーバは、台数の増加の影響は少なくコストの変動に影響しない)。



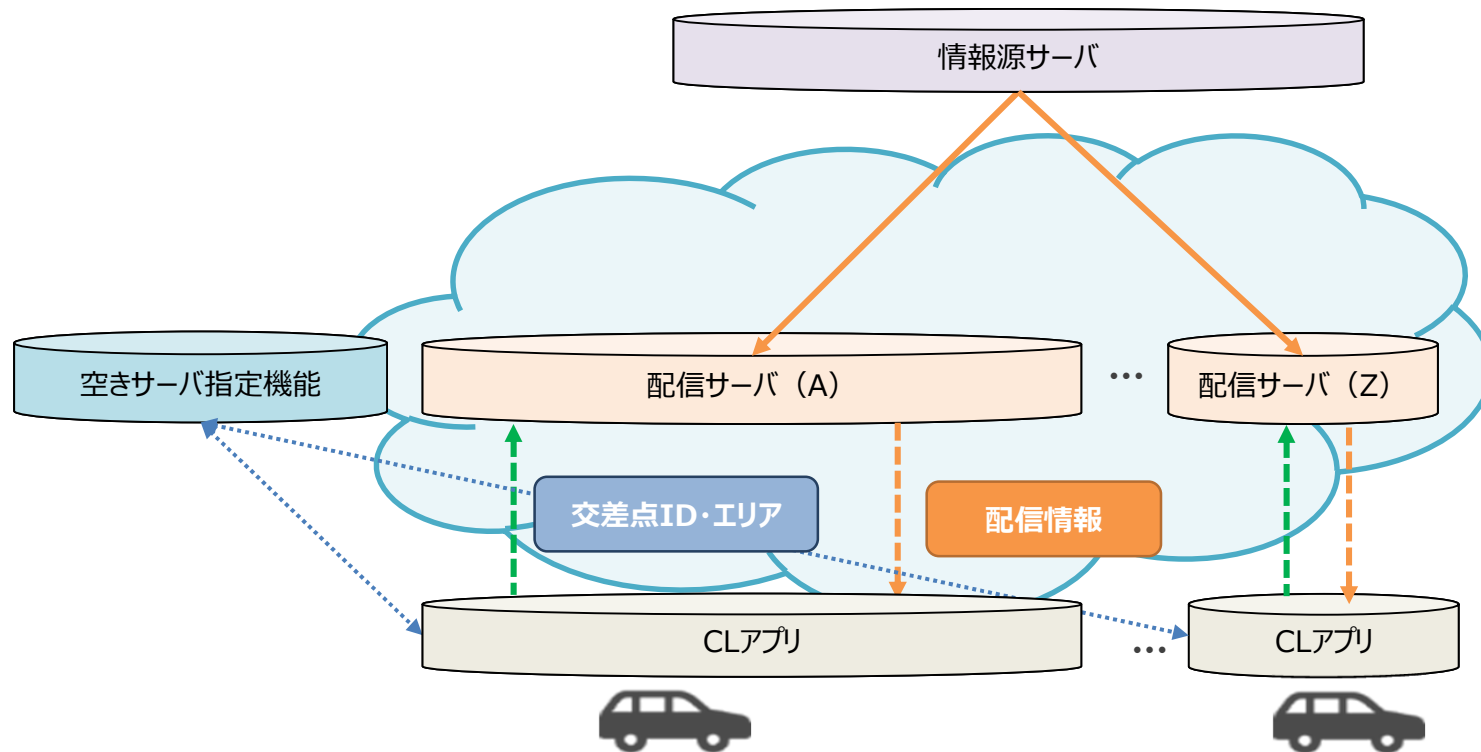
## ■ (2)大規模な実証実験を通じた評価 ②全国での利用・展開を見据えた検討 STEP3「実用化に向け具備すべき機能等の考察」(1) 考察

- STEP3では、STEP2までの検討とその他の実用化時に憂慮される事項を踏まえて課題を整理し、それらの課題に対するシステムアーキテクチャやサーバ機能等について考察を実施
- 中域への情報配信システムの実用化に当たっては、大規模エリアへの情報配信を見据えて、配信手法等の要件の見直しその他、システムアーキテクチャや各アプリケーションの最適化等が必要
  - 実用化を見据えたシステムアーキテクチャの検討 (次頁参照)
  - 配信手法見直しによるCPU負荷の削減
  - アプリケーションの最適化によるリソースの効率化 等

実用化に向けて具備すべき機能・検討が必要となる事項 例	
① 要件の見直し	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 配信手法の見直し (範囲・頻度の緩和)</li> <li>• 中域配信サーバ / 車両間の機能配置の再検討</li> <li>• 複数の情報を配信する際の同時処理機能・優先度の検討</li> <li>• NWレイヤでのエリア判定方法の検討 等</li> </ul>
② 実装を見据えたシステムの構築	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 大規模配信・バックアップ体制等を踏まえた全体システムアーキテクチャの検討</li> <li>• 大規模配信を見据えたアプリケーションの最適化</li> <li>• 冗長性、セキュリティ等の非機能要件の実装 等</li> </ul>
③ ビジネスモデルの検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 業界横断的な運用体制の検討 等</li> </ul>

## ■ (2)大規模な実証実験を通じた評価 ②全国での利用・展開を見据えた検討 STEP3「実用化に向け具備すべき機能等の考察」(2) システムアーキテクチャの検討

- サーバ側で車両毎に配信範囲等を計算して配信する手法は、サーバ負荷や通信頻度が多くなる  
その為、大規模な情報配信を行う場合は、車両側から必要な情報を指定する手法が適切である
- 車両側では必要な情報を選択するルールの策定が必要となる  
例：信号予定情報 … 交差点ID  
緊急車両位置情報 … エリア
- 配信サーバでは、1台の配信サーバで収容できる車両台数に制限がある為、  
複数の配信サーバを用いる為の機能（例：空きサーバ指定）が必要



## ■ 4. まとめ（提言など）

項目	内容
本研究開発の成果	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 配信情報と共通インターフェースの必須項目の照合、追加が必要なデータ項目を特定</li> <li>● 配信情報に適する配信手法（配信方式・配信頻度・配信エリア）の検討および開発</li> <li>● 中域情報の配信に係るシステムの開発・構築・東京臨海部実証実験環境への実装</li> <li>● 東京臨海部実証実験において、大きな遅延等なく情報が配信できていることを確認</li> <li>● 配信手法およびV2Nでの情報配信の実用化に関する実験参加者評価アンケートにおいて、システムの実用化に向けた有益な意見を抽出</li> <li>● 負荷検証を実施し、PUSH型交差点指定方式がサーバ負荷およびトラフィックの観点から有利であることを明らかにした上で、実用化を見据えた際のシステムアーキテクチャやサーバ側で具備すべき機能を検討</li> <li>● 成果報告書および実装ガイドラインを作成</li> </ul>
本研究開発を踏まえた提言	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ サーバ側で車両毎に配信範囲等を計算して情報を配信する手法は、サーバ負荷や通信頻度が多くなる為、<b>大規模な情報配信を行う際には、車両側から必要な情報を指定して情報を配信する手法が適切</b>である</li> <li>□ 上記を実現するには、<b>車両側にて必要な情報（交差点IDや配信エリア）を選択する為のルールの策定が必要</b>である</li> <li>□ 配信サーバについては、<b>1台の配信サーバで収容できる車両台数には制限がある為、複数の配信サーバを用いる為の機能（例：空きサーバ指定）が必要</b>となる</li> </ul>

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