

先進モビリティサービスのための情報通信プラットフォームに関する コンソーシアム成果報告会

情報通信プラットフォームの特徴

名古屋大学 未来社会創造機構 モビリティ社会研究所
特任准教授
渡辺 陽介

ダイナミックマップ

■ 動的な情報を地図上に重畳させた「ダイナミックマップ」の提案

- ✓ ローカルダイナミックマップ
ETSI
(欧州電気通信標準化機構)
- ✓ ダイナミックマップ
内閣府 SIP自動走行
(SIP-adus)
- ✓ ダイナミックマップ2.0
名古屋大学, 同志社大学ほか



情報通信プラットフォーム『ダイナミックマップ2.0』

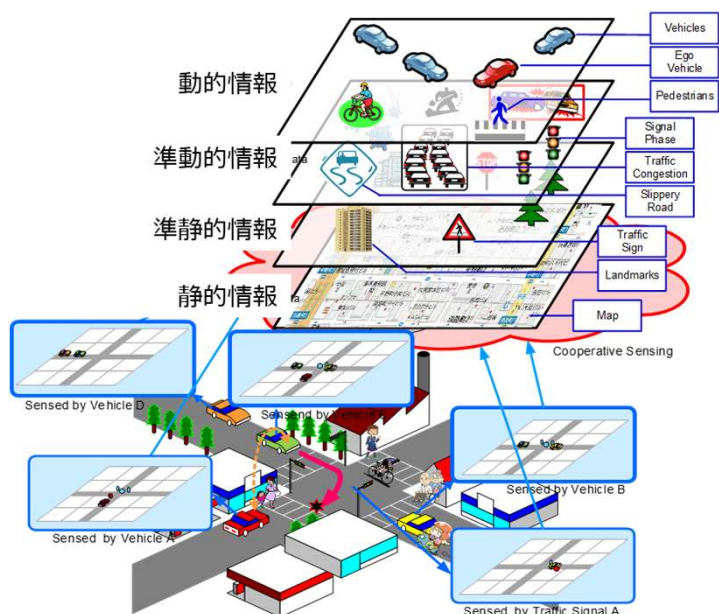
■ ダイナミックマップの概念の実現に向けた技術課題

✓ 大規模データによって生じる処理負荷の集中や通信遅延の問題

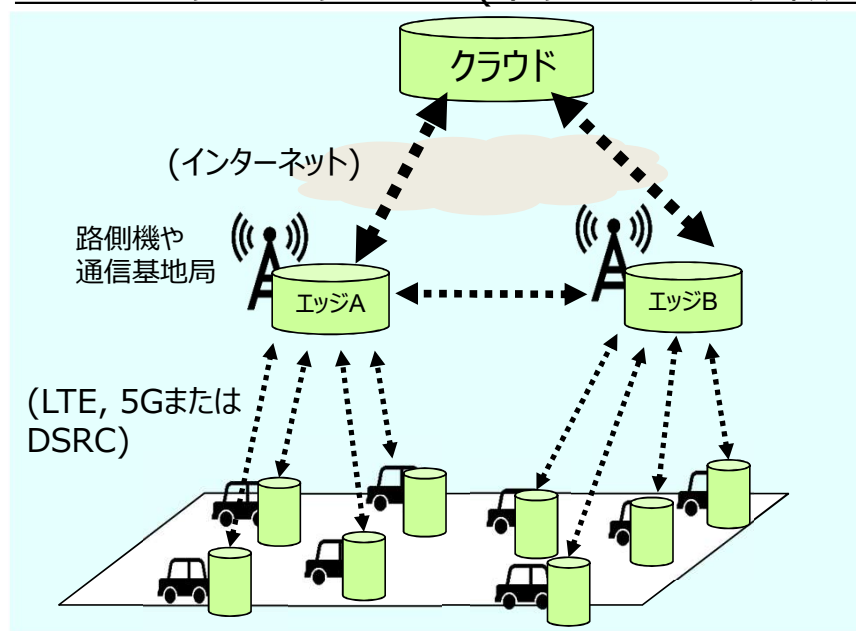
- ・ 実証実験の期間だけで動く最小システムだけでは先が続かない

■ クラウド/エッジ/車両の三層で扱う分散型の情報通信プラットフォーム『ダイナミックマップ2.0』の提案と実装

提案時コンセプト (クラウド集中型)



ダイナミックマップ2.0 (ネットワーク分散型)



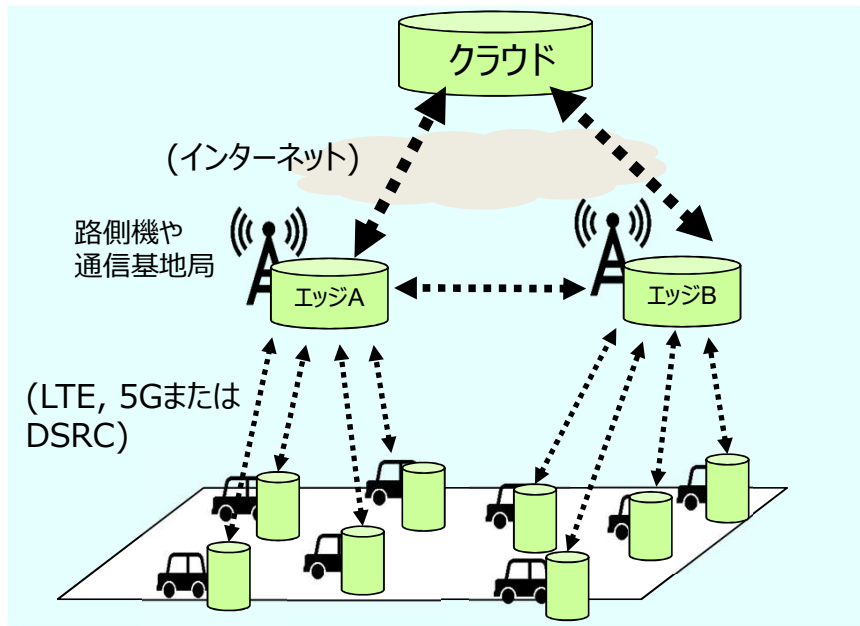
情報通信プラットフォーム「ダイナミックマップ2.0」の特徴

1. クラウド/エッジ/車両にまたがる三層構造アーキテクチャ
2. 異なる種類の情報への縦断的/横断的な検索の仕組み
3. 複数視点からのセンサデータ活用のための機能

クラウド/エッジ/車両にまたがる三層構造アーキテクチャ

■ クラウド/エッジ/車両に分散したデータ管理

✓ リアルタイムな情報共有と、大規模なデータ処理の両立



非リアルタイムな広域的情報共有：

- 計算リソースが豊富なクラウドで行う
- 都市全体の交通最適化、ビッグデータ分析など

リアルタイムな局所的情報共有：

- 通信基地局や路側機などのエッジで行う
- 交差点通過支援、合流調停、道譲り、短期的な予測など

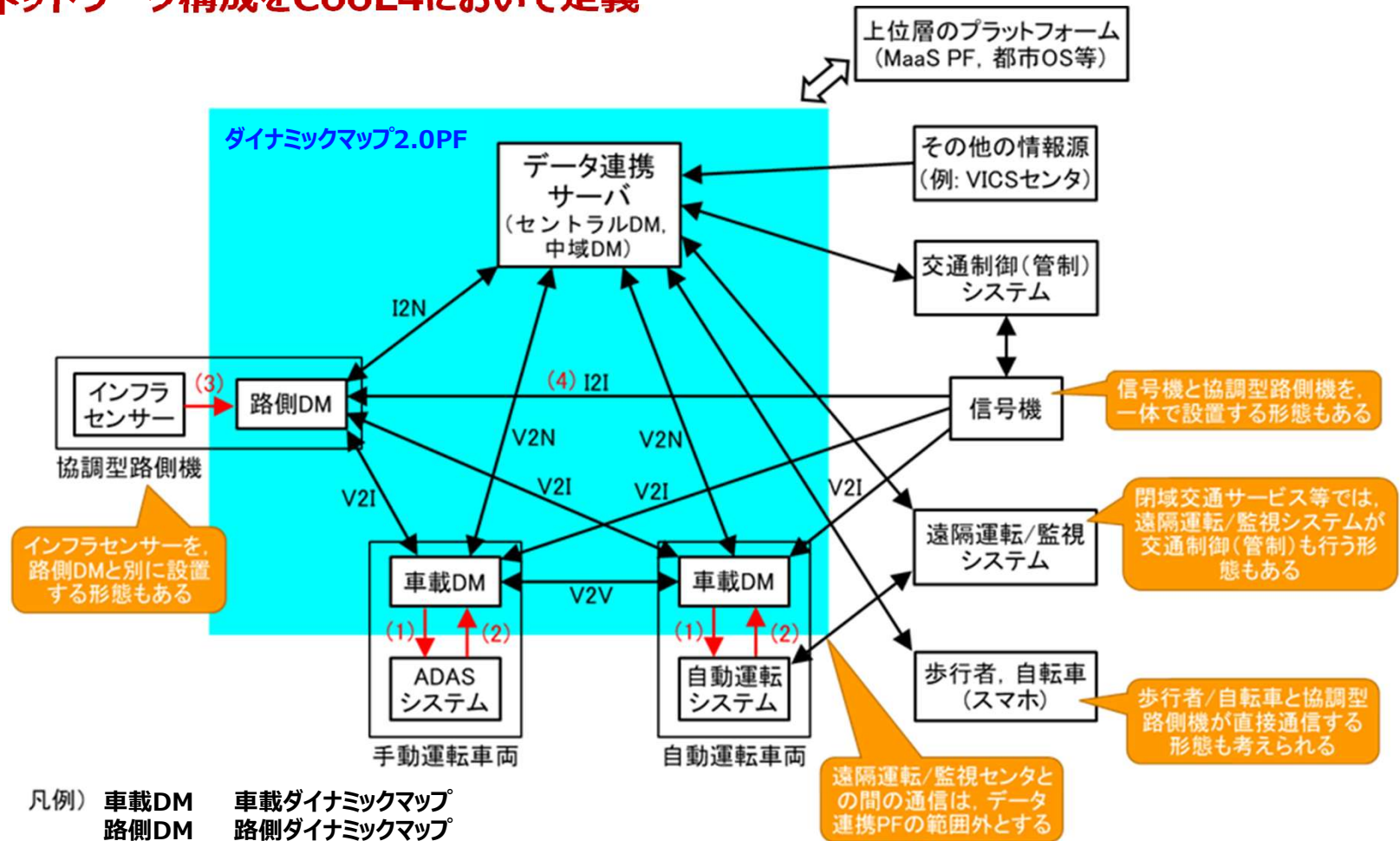
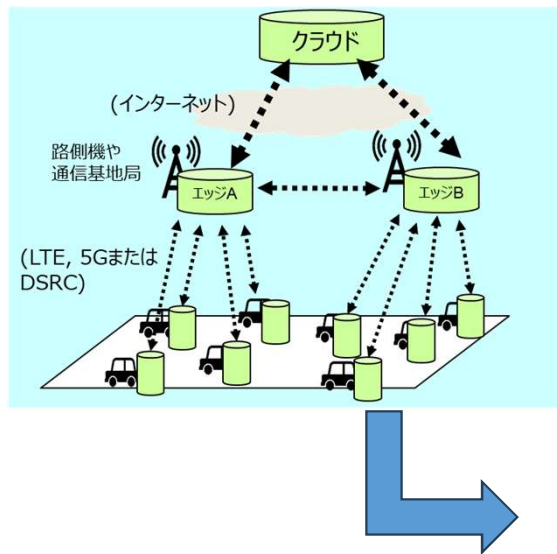
アプリごとの要求と制約に応じた使い分け：

- 車載センサのみを使う場合
- 周辺の交通状況を教えてもらう場合
- 広域の交通状況を教えてもらう場合

ダイナミックマップ2.0PFの通信のセキュリティ・プライバシー機能については
本日の発表「セキュアな情報通信網とプライバシー保護」
にて詳しくご紹介

ダイナミックマップ2.0の三層構造と外部システムとの連携

■ 外部システムも含めたネットワーク構成をCooL4において定義



[CooL4データ連携アーキテクチャ](#)
として仕様書を公開中

[将来に向けた取り組み] 車両位置に応じたエッジ・通信経路の選択

- 多数の協調型路側機が配置された環境では、車両の現在位置から接続先となるエッジを選ぶことになる
 - 狭い範囲の実証実験では、限られた交差点しか通らないため、固定IPアドレスの事前共有で十分
 - 将来的には、同じ交差点付近に複数のエッジがあり、複数の通信経路を介して接続可能な状況となる
- **車両位置に応じたエッジ・通信経路の選択方式に関する研究**
 - 柔軟性が高く、通信遅延の短縮や障害に強い作りを目指す
 - **GeoStaticRouting**
 - 車両の位置から、通信する路側機の相手を決める方式 (図1)
 - **GeoDynamicRouting**
 - 車両位置に加えて、通信状況や交通環境に応じて、通信経路を変化させる方式 (図2)

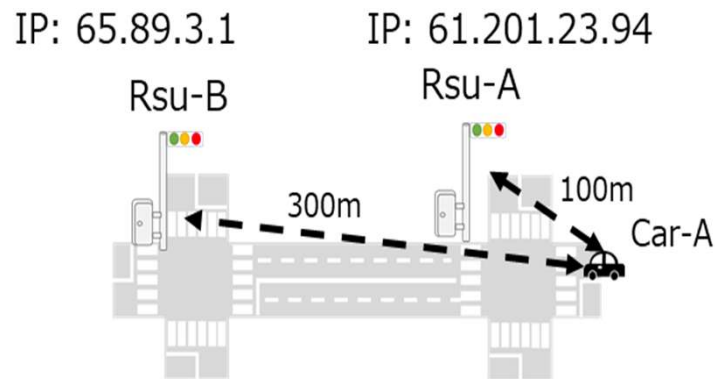


図1: GeoStaticRouting
車両の位置の近さから、Car-Aの通信相手をRsu-Aに決める

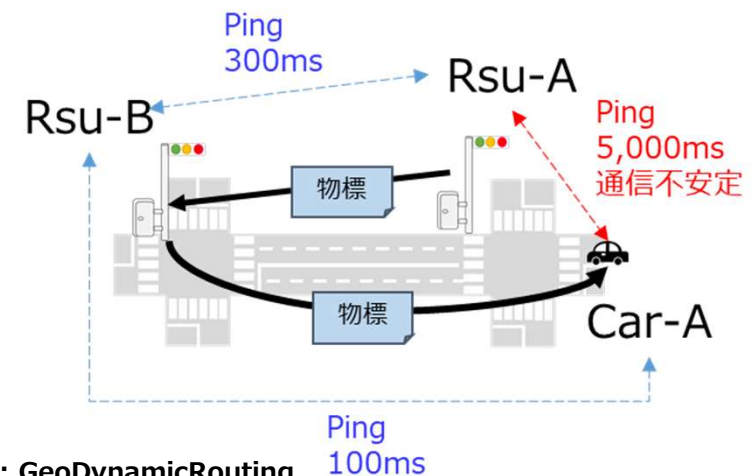
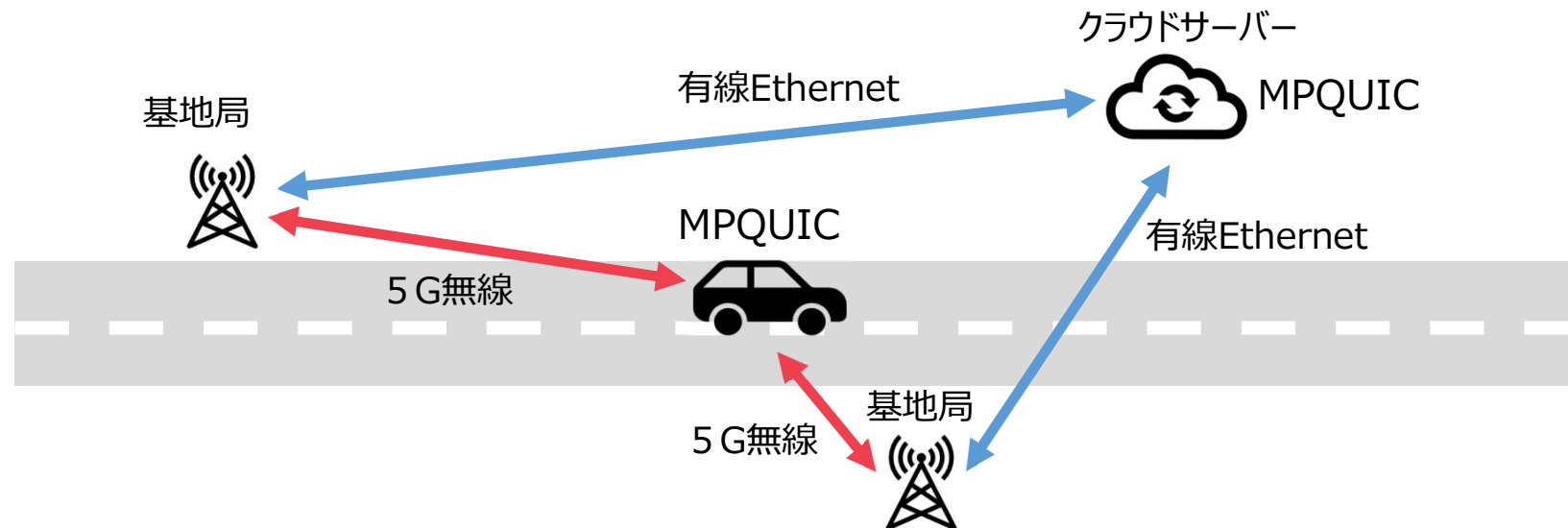


図2: GeoDynamicRouting
通信状況 (例: ping値) から、通信経路をRsu-A⇔ Rsu-B⇔Car-Aに決める

[将来に向けた取り組み] Multipath QUICによる複数通信経路の活用

- 無線通信(携帯電話網)では、キャリアごとにつながりやすい場所や混雑しやすい場所が異なる
 - 単一キャリアで運用することの不安・不満を解消するため、複数の経路を同時に使い分ける方式を研究中
 - トランスポートプロトコルとして、TCPではなくQUICに着目 (Multipath QUIC)
- 本研究では、**自動運転車両が走行するルートで混雑や電波帯域の足りない場所を予測し、事前にMultipath QUICで複数のアクセスポイントに接続、複数の通信経路を併用する**



シミュレータレベルで検証中（ダイナミックマップ2.0PFに統合する前の単独評価）

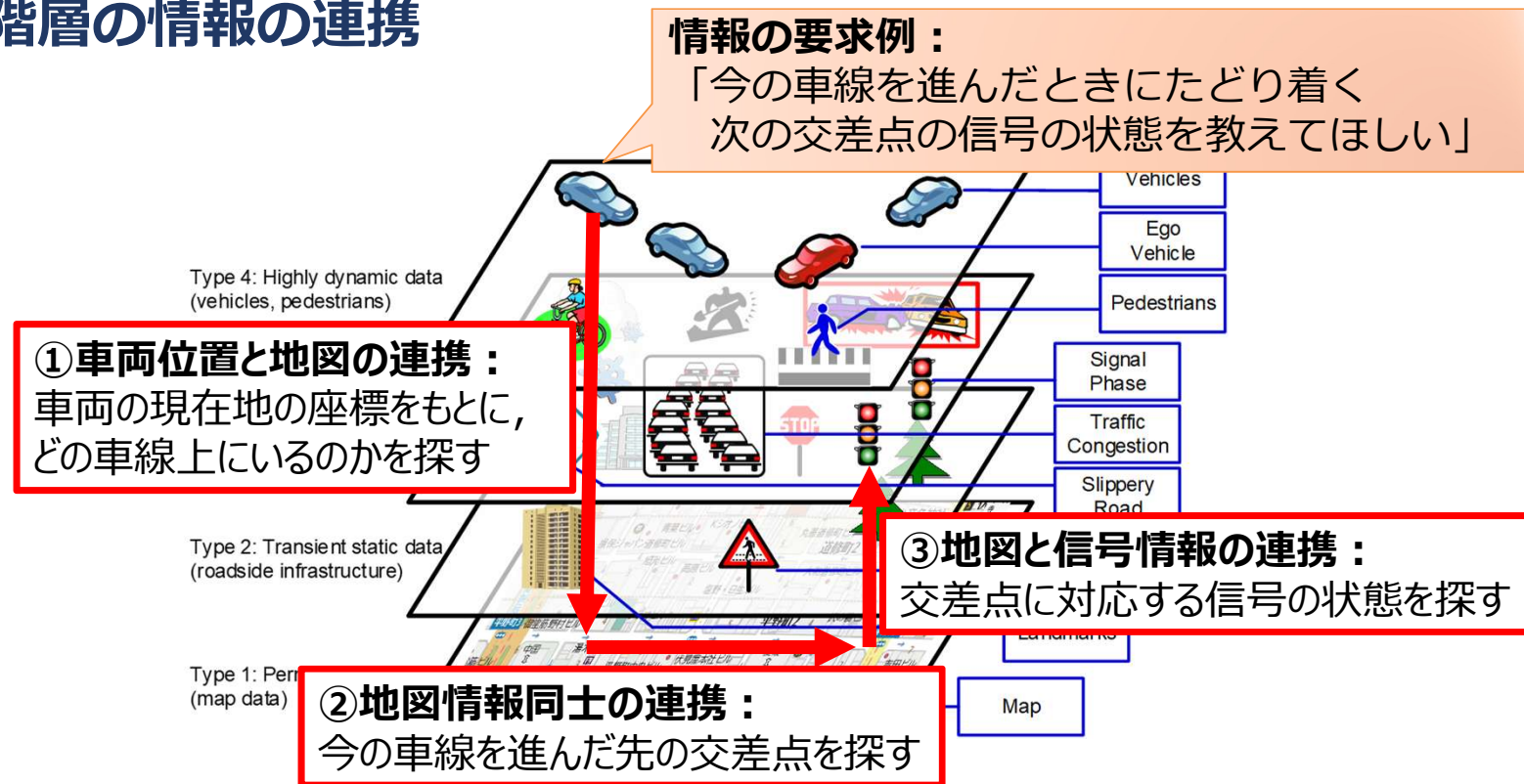
情報通信プラットフォーム「ダイナミックマップ2.0」の特徴

1. クラウド/エッジ/車両にまたがる三層構造アーキテクチャ
2. 異なる種類の情報への縦断的/横断的な検索の仕組み
3. 複数視点からのセンサデータ活用のための機能

大量の交通データの管理：異種情報検索

■ 異なる種類の情報への縦断的/横断的な検索の仕組み

- ✓ 異なる階層の情報の連携
- ✓ 同じ階層の情報の連携

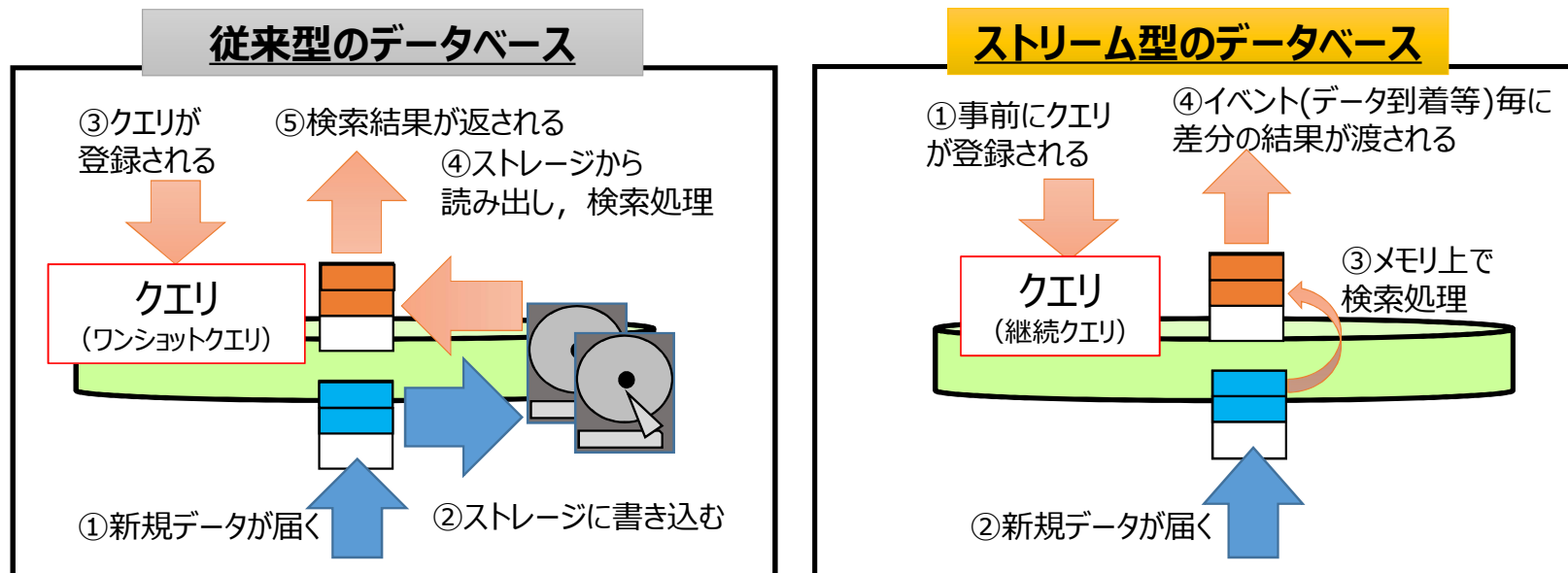


大量の交通データの管理：ストリーム処理

■ ストリーム処理

✓ データベースにストリームの概念を採用

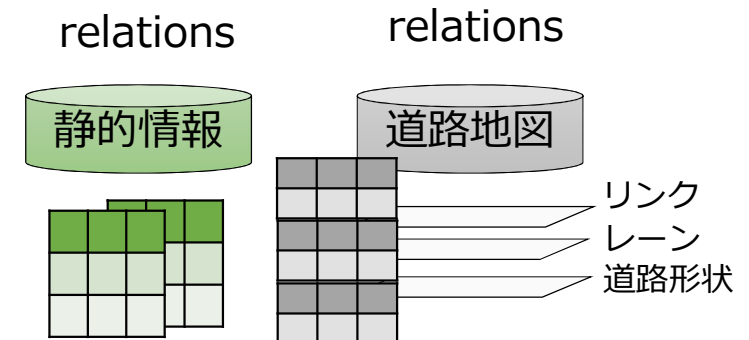
- 銀行の口座残高情報レベルのデータ整合性維持機能はセンサデータには不要
⇒ **ストレージの入出力回数を削減することで高速化**
- 新しいセンサデータが登録されてから新規にクエリを投げるのでは遅い
⇒ **事前にクエリを登録しておいて、継続処理させる検索方式（継続クエリ）**



リレーション と ストリーム

■ リレーション

- ✓ 従来のリレーショナルモデル（テーブル）
- ✓ 更新頻度の低い，静的情報や道路地図の表現に使用



■ ストリーム (リレーションの特殊なケース)

- ✓ リレーショナルモデルを時系列データに拡張したもの
- ✓ 更新頻度の高い，動的情報や予測情報の表現に使用
- ✓ 新規の行が末尾に追記されていく
- ✓ 各行は生成時刻（Timestamp）の情報を持つ

ストリーム「S」

TimeStamp	A1	A2	...
⋮	⋮	⋮	⋮
12:03:00	24	56	...
12:03:01	23	56	...
12:03:02	23	56	...
12:03:03	23	57	...

SQLベースの問合せ言語

構文

```
MASTER master_1, ...  
SELECT attr_1, ...  
FROM source_1 [windowsize_1], ...  
WHERE conditions
```

- **MASTER節** (継続クエリを記述する場合に使用)
 - 継続クエリを起動するためのトリガーとなるイベントを指定
E.g. “新しいデータが届いたときに～”, “毎日12時に～”
- **SELECT-FROM-WHERE節**
 - リレーションへの操作を指定 (selection/projection/product/join)
 - FROM節にはスライディングウィンドウが記述可能
E.g. [RANGE 1min] “1分以内に届いた最新のデータに対して～”

ダイナミックマップ2.0で扱っているデータ

• 動的情報 (ストリーム)

• 物標情報

- 移動物体の位置に関する情報
 - 物標の種別, 位置, サイズ, 速度, 精度など
- 自己位置情報 と 他車による観測情報

• 信号情報

- 信号制御器から取得
- 現在の灯色と次の灯色変化の予定時間

• フリースペース情報

- 物標の存在しない領域
 - 直接検知 (地面の検出による)
 - 間接検知 (センサの検知領域から物体の領域を差し引いたもの)

→ 次のセッションでの発表で詳しくご紹介

• 静的情報 (リレーション)

• レーンレベル道路地図 Lanelet2フォーマット

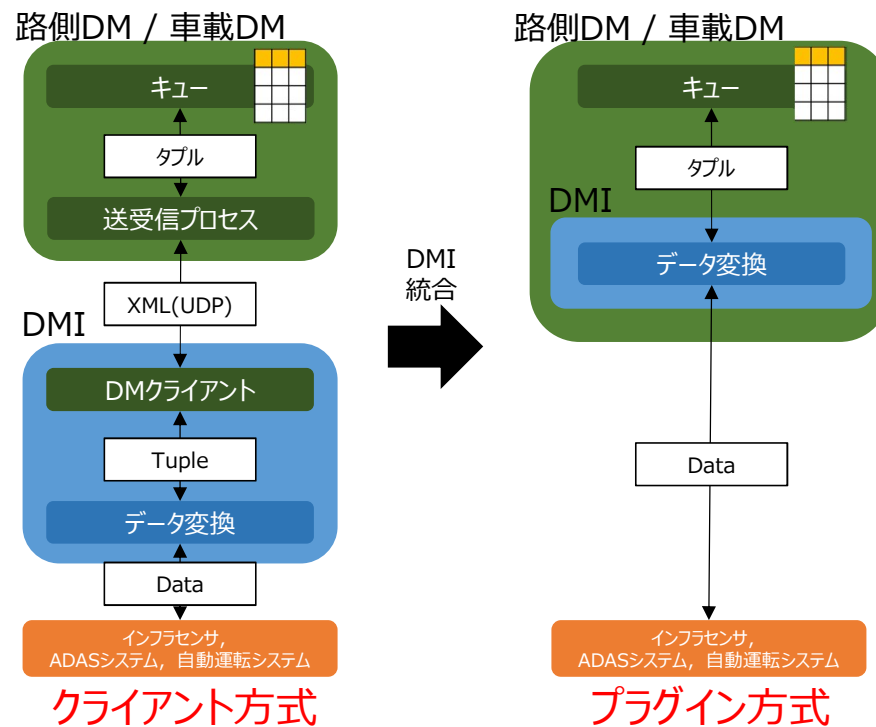
- Autoware (オープンソースの自動運転ソフトウェア)と共通フォーマット

※ユーザ定義で動的情報 (ストリーム) や静的情報 (リレーション) を新規追加することは可能

動的情報

DMI: 外部システムとのデータ交換のサポート

- ダイナミックマップ2.0の内部ではデータをリレーションで扱っているが、外部システムとはデータ変換が必要
 - DMI (Dynamic Map Interface)
 - クエリや追加プログラム不要で、特定形式との相互変換するための仕組みを提供
 - ProtocolBuffer形式, ROS2メッセージ形式, TCPメッセージ, UDPメッセージに対応
 - DMとDMIのプロセスと一体化した方式も実装し、DMI通過時のデータ変換のオーバーヘッドを大幅削減



DMI (UDP形式)

方式-情報毎の遅延時間 中央値[msec] (最大値[msec])

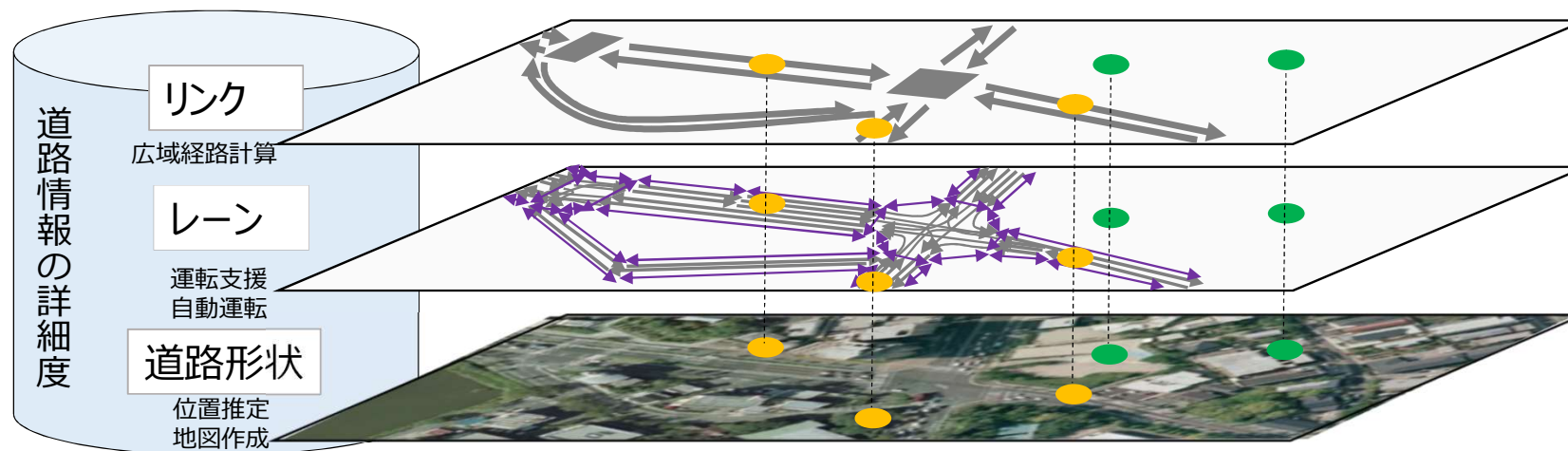
方式	物標情報	フリースペース情報	信号情報	センサー情報
クライアント	26 (31)	27 (33)	23 (29)	26 (32)
プラグイン	3 (4)	3 (7)	2 (6)	2 (6)

動的情報
物標情報
信号情報
フリースペース情報

静的情報

ダイナミックマップが扱う道路地図について

- 道路地図は複雑なデータのため、複数のリレーションで表現
- アプリケーションの需要に応じた**三つの粒度の道路地図**を定義
 - リンクレベル**：
 - 交差点と交差点の間をつなぐ道路の粒度で表現
 - 従来のナビゲーション用の地図, ISO規格GDF5.0などに相当
 - レーンレベル**：
 - 車両が走行する各レーンを表現. 交差点内の走行経路も記述
 - SIP-adusの高精度三次元地図, Open Lane Model(NDS), Lanelet2に相当
 - 道路形状レベル**：
 - 点群データやカメラ画像など, センサの生データに相当



静的情報

レーンレベルの道路地図

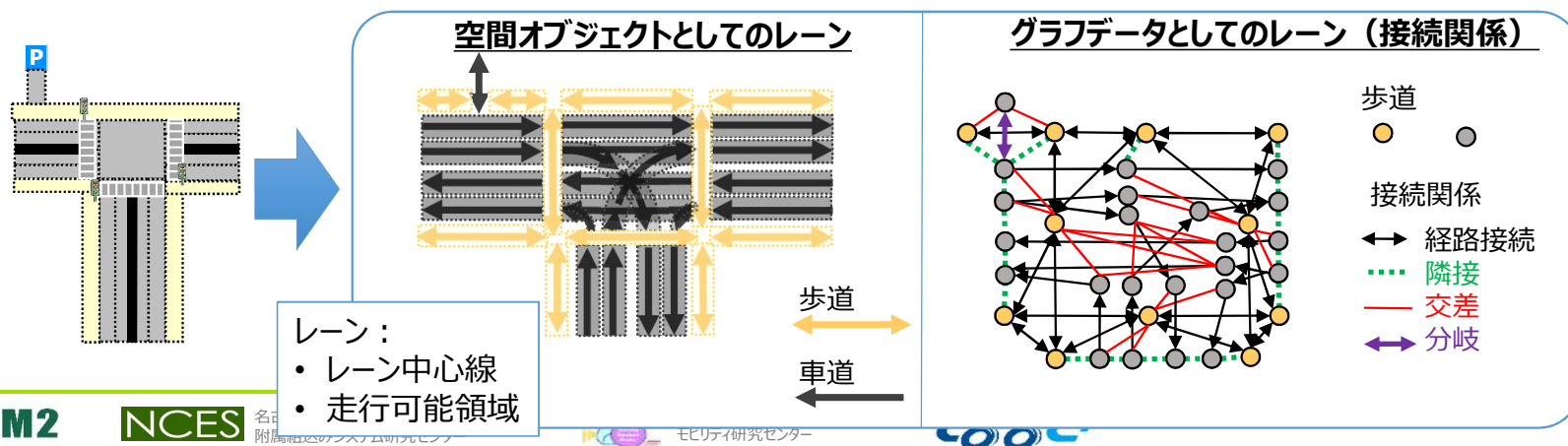
レーンは「空間オブジェクト」と「グラフデータ」の2つの性質を併せ持つ

- 空間オブジェクトとしての性質

- レーン中心線（走行時目安線）
 - 点列として記述．各点は緯度経度(またはXY座標)と高さの値をもつ
- レーン走行可能領域
 - 外周部分を表す多角形として記述

- グラフデータとしての性質

- レーン間の関係
 - 経路が接続している，隣接している，交差している，駐車場の出入り口へ分岐している



静的情報

レーンレベルの道路地図: Lanelet2フォーマット

- **Physical layer**
 - センサで計測された基本的な構成要素
 - points, line strings, ...
- **Relational layer**
 - 複数の構成要素を組み合わせて作られる
 - Lanelets, areas, ...
- **Topological layer**
 - 交通参加者の種別ごとの経路グラフ
 - 車両の経路グラフ, 歩行者の経路グラフ, ...

ストレージへの物理的な格納形式

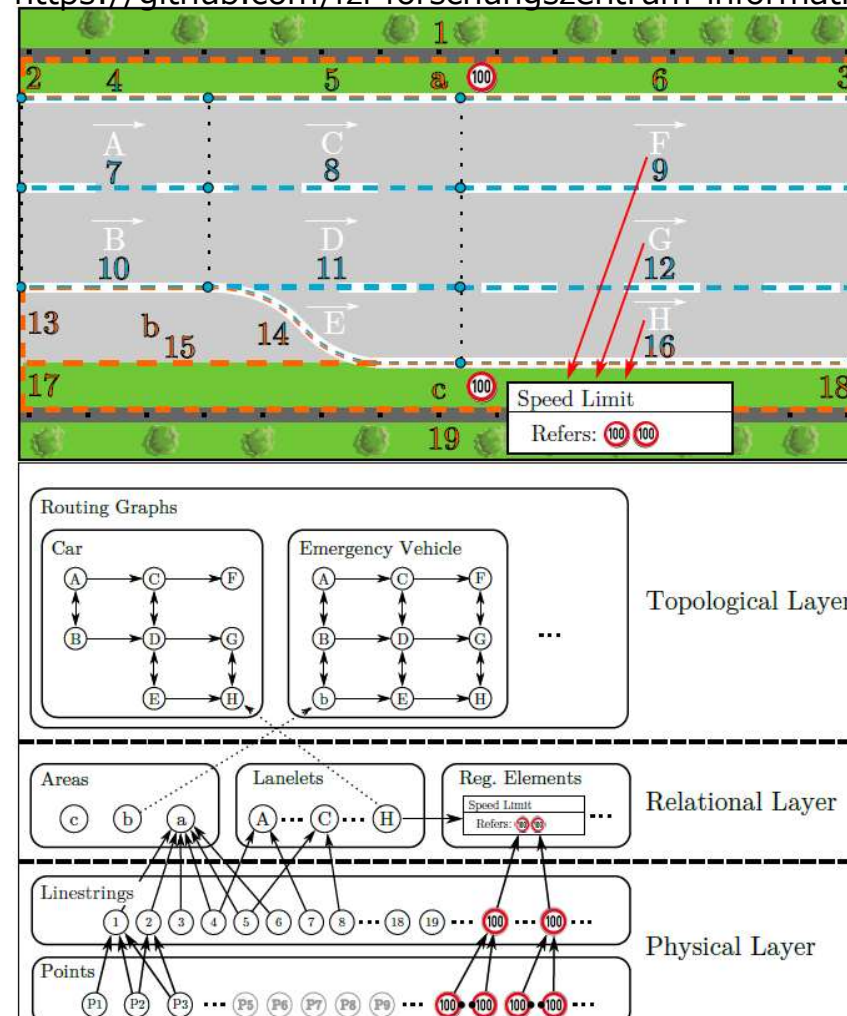
オリジナルのLanelet2
XMLファイル (.osm file)



DM2.0PF内の表現
リレーション (静的情報)

クエリ言語で検索できる

<https://github.com/fzi-forschungszentrum-informatik/Lanelet2>



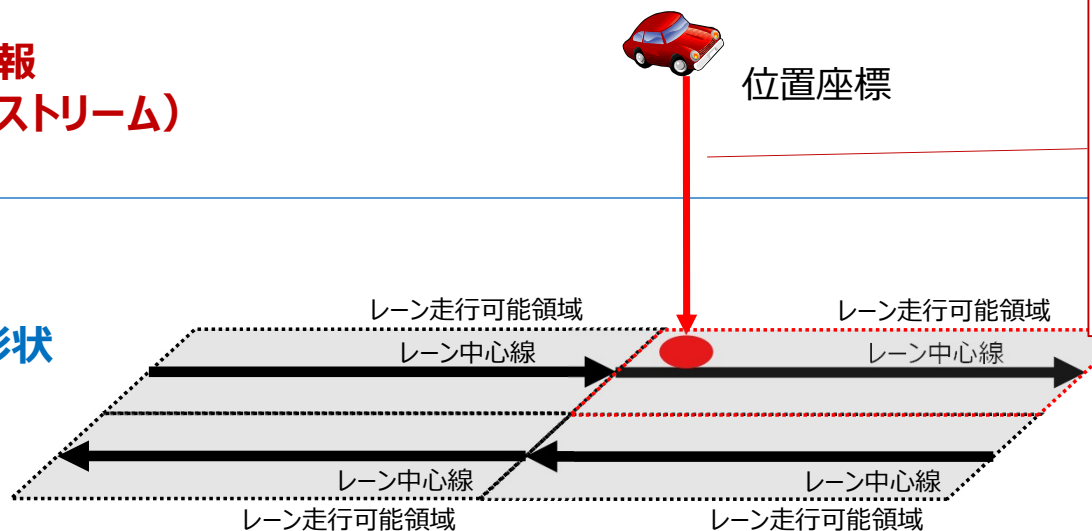
動的情報（自車の物標情報）と静的情報（レーンの形状）の統合検索例

- 要求例「自車両が現在走行しているレーンがどれかを知りたい」

⇒ 自車両の位置座標を内包するレーンの走行可能領域を探す検索クエリを記述

自車の物標情報
(動的情報のストリーム)

レーンの物理形状
(静的情報)



2つの情報の結合条件：

レーン走行可能領域のポリゴンが
車両の位置座標の点を包含する
場合に真となる条件文を指定

(空間演算を使った条件文
UF_contains()=TRUEを記述)

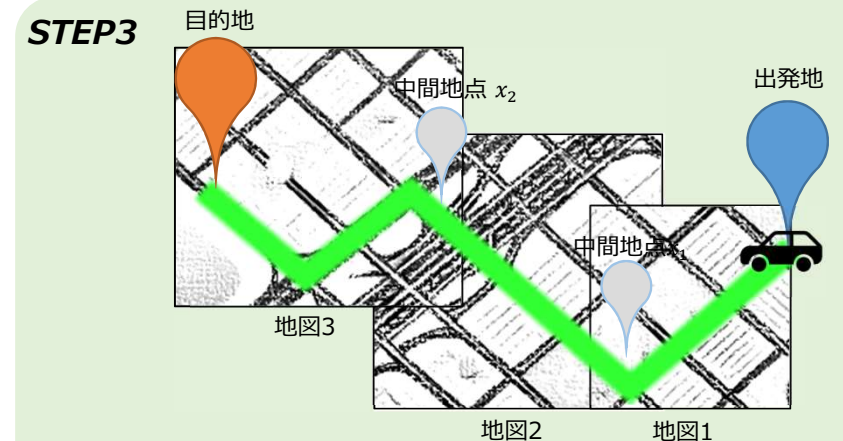
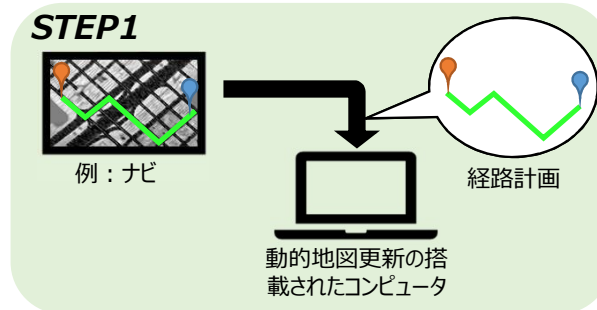
[将来に向けた取り組み] レーンレベル道路地図の動的読み込み方式

- 実証実験の範囲が狭い場合 → すべての地図情報をメモリに事前ロードしても問題ない
- 範囲が広がった場合 → 車両位置や走行計画に合わせて地図を部分的にメモリに読み出す必要がある

車両の移動に合わせて必要な地図情報を動的に更新・提供する仕組みを構築 (DM-based Lanelet API)

- リンクレベルの荒い道路地図 (ナビ用) で求めた走行予定経路に基づき
必要なレーンレベルの高精度道路地図の一部だけを、現在位置と速度の変化に合わせてDMから逐次取得

- STEP1: 走行経路算出システム(例えばナビ地図を使用)から車両の経路計画を取得
- STEP2: 経路計画上で高精度地図を更新する位置を中間地点として複数算出($x_1, x_2, \dots, x_n$)
- STEP3: 車両の走行に合わせて x_{i-1} から x_i までの区間の高精度地図を間に合うように読出す



- 出発地周辺の地図読出し
- 中間地点 x_1 に接近、 x_1 から x_2 までの地図2を読出し開始
- 地図1から地図2に切り替え
- 中間地点 x_2 に接近、 x_2 から目的地までの地図3を読出し開始
- 地図2から地図3に切り替え

情報通信プラットフォーム「ダイナミックマップ2.0」の特徴

1. クラウド/エッジ/車両にまたがる三層構造アーキテクチャ
2. 異なる種類の情報への縦断的/横断的な検索の仕組み
3. 複数視点からのセンサデータ活用のための機能

複数視点からのセンサデータ活用のための機能

- ダイナミックマップでは、複数のセンサからの情報を共有している
- **共有情報によるデータ品質の改善**
 - センサの死角をカバーしあう
→ **交差点へ設置した複数センサの連携**
 - 物体のいる場所、何もいない場所、全センサから死角になっている場所は区別したい
→ **フリースペース、確率的領域情報**
 - 複数のセンサは同じ事象を捉えることもあるが、矛盾したことを報告することもある
→ **フュージョン**

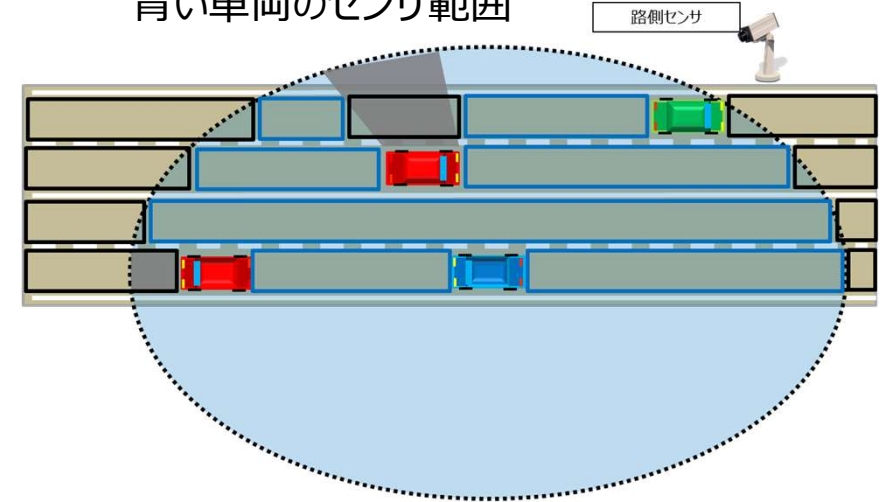
本日の発表

「実証実験環境（柏の葉・高蔵寺・けいはんな）」

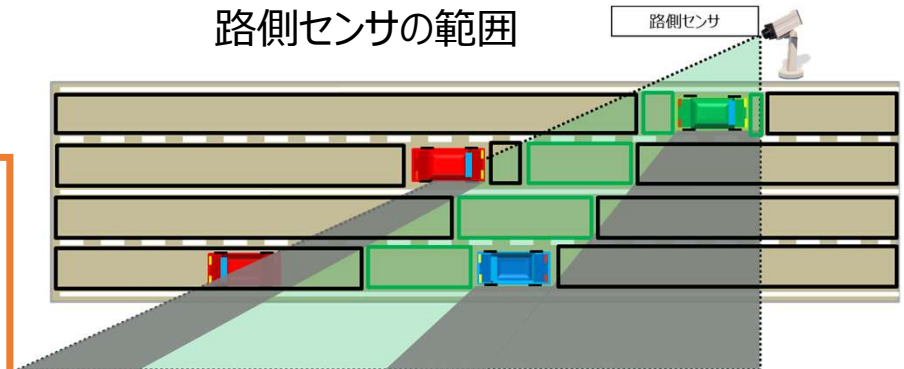
「フュージョン」

「駐車場でのインフラ協調による走行支援サービス」
にて詳しくご紹介

青い車両のセンサ範囲



路側センサの範囲



まとめ

- 情報通信プラットフォーム「ダイナミックマップ2.0」
 - 異なる種類の情報への縦断的/横断的な検索の仕組み
 - クラウド/エッジ/車両にまたがる三層構造アーキテクチャ
 - 複数視点からのセンサデータ活用のための機能
- 現在, コンソ内においてダイナミックマップ2.0のオープンソース化について議論中
 - 問題がなければ, 今年度末までにリリース
- 先進的な交通サービスの研究開発に幅広くご活用いただければと考えております