

ダイナミックマップ2.0の高信頼化に関する コンソーシアム (次期DM2.0コンソ)

～参加のお誘い～

2019年12月

名古屋大学大学院情報学研究科 附属組込みシステム研究センター
名古屋大学COI
同志社大学 モビリティ研究センター

Ver. 20191226

目次

各項目をクリックすると該当ページへ移動します

■ <u>ダイナミックマップとは？</u>	3ページ
• <u>DBシステム - 扱う情報について</u>	18ページ
<u>- データ管理機能</u>	28ページ
• <u>通信</u>	44ページ
• <u>アプリ+実証実験</u>	57ページ
■ <u>ダイナミックマップ2.0の高信頼化技術に関するコンソーシアム</u> <u>(DM高信頼化コンソ) 研究参加について</u>	68ページ

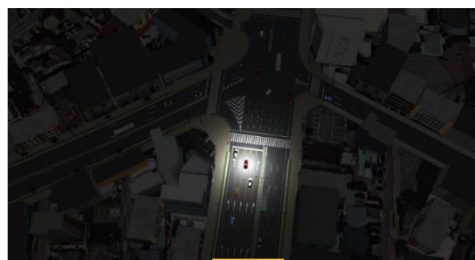
ダイナミックマップとは？

背景：自動車における「情報共有」

■ 自動運転・交通マネジメント分野における情報共有の重要性

- ✓ 広範囲の最新状況を知るために、通信によりお互いの位置や周囲の情報の共有が必要

自車センサのみ



- 車載センサ単体のカバー範囲は限定的
 - 例: LiDARは半径約100m程度
 - 建物の陰などはセンサ範囲内でも死角となる
- 直近にならなければ周囲の詳細状況がわからないため、先を読んだ走行が難しい

周辺車両や道路
インフラ装置との
情報共有



街規模での情報共有



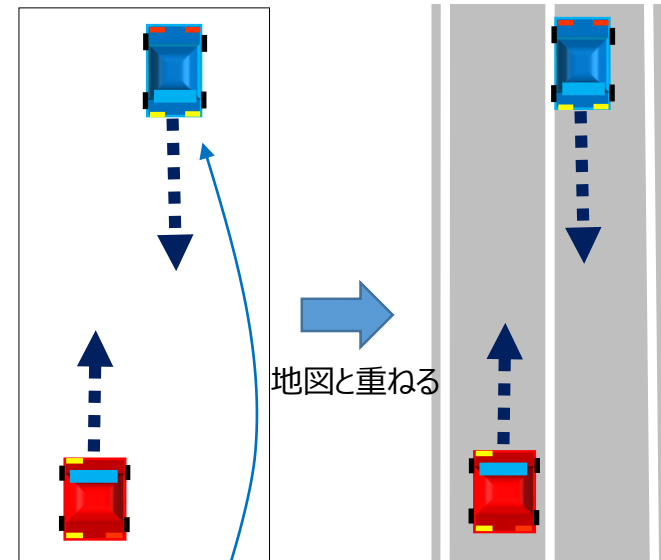
通信による情報共有

- センサの範囲外をカバーしあい、死角を減らす
⇒ 視野が広いと危険検知から対応までの猶予が増加
- 広域の詳細状況がわかることで、経路計画やレーン選択等における戦略の幅が広がる
⇒ 危険な状態の道や混雑している道を迂回できる

背景：センサ情報への「意味付け」

■ 通信でセンサの生情報を交換できるだけでは不十分

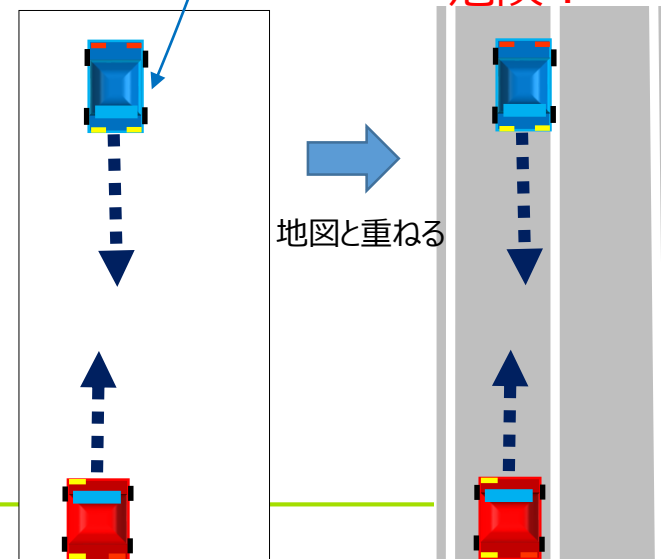
- ✓ 例) 逆走車の通知 (右図→)
 - ・ 位置情報と速度ベクトルを通信で共有した場合
- ✓ 地図と重ねないと、決定的なことがわからない



センサ情報では些細な違いにしか見えない

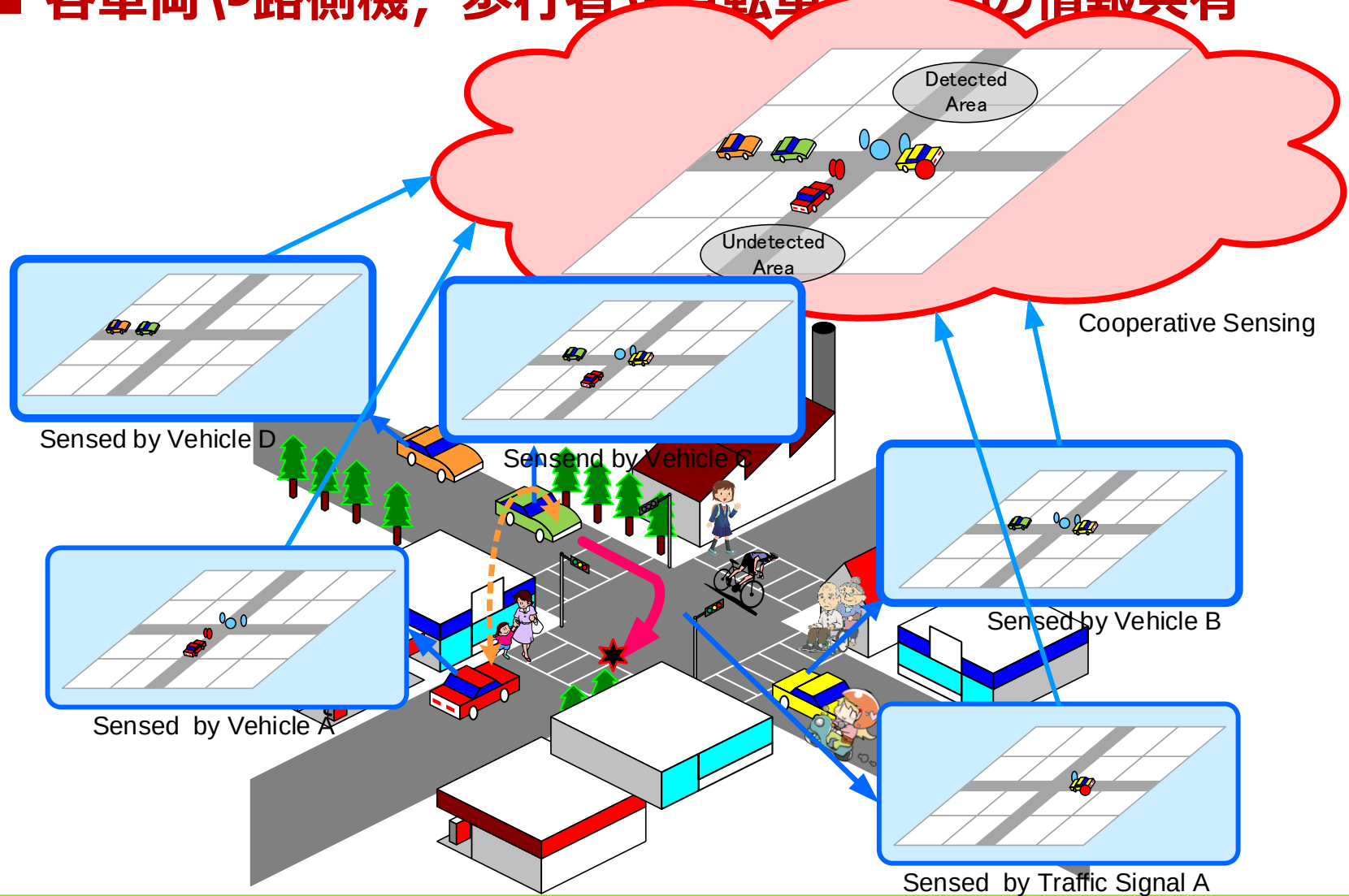
地図との照合により、交通ルール上の関係が付与されることで、意味に基づく解釈が可能になる

- ✓ 複数の車両が意味解釈レベルで同じ情報を共有するためには、共通の地図が必要



背景：「情報共有」と「意味付け」による安全性と効率の向上

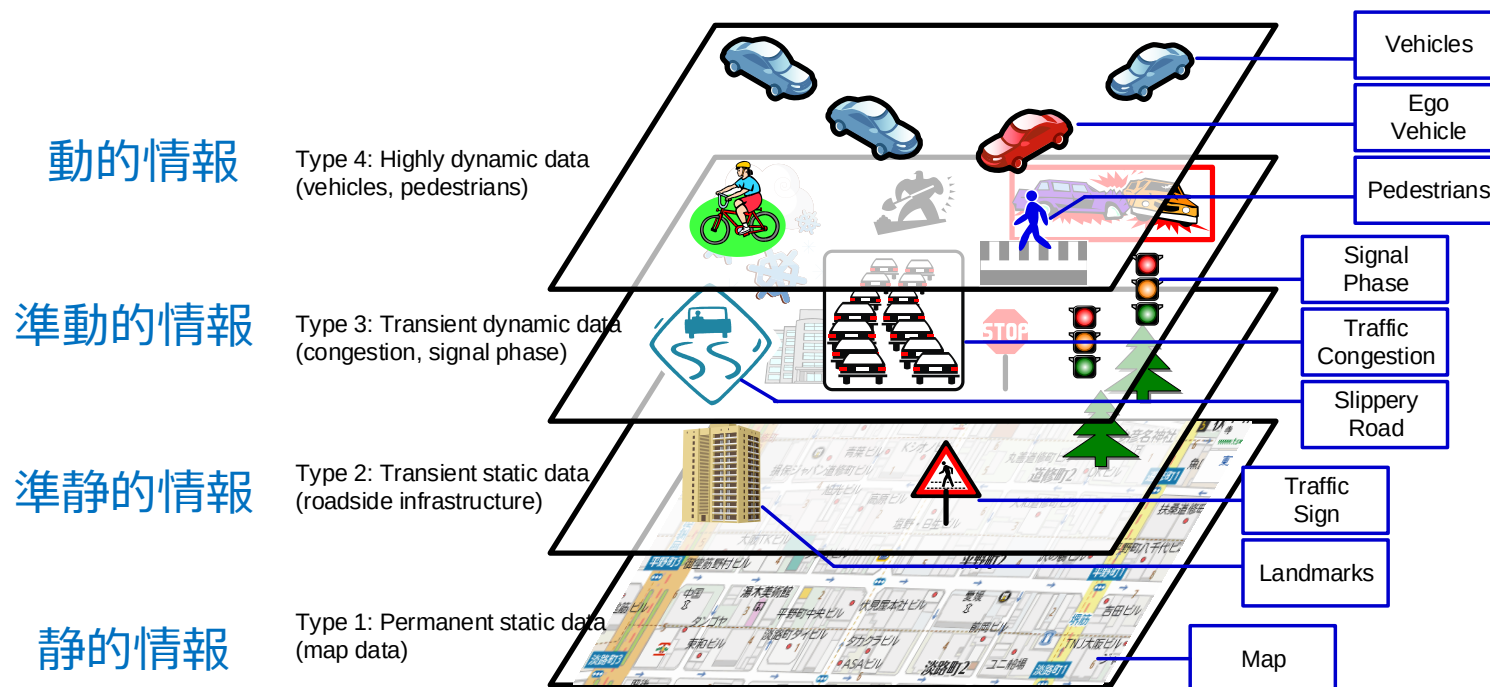
■ 各車両や路側機，歩行者や自転車との情報共有



背景：情報共有と意味付けのための情報通信プラットフォーム

■ 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)



地図という共通の意味空間上で情報を共有する

アプリケーション開発の共通基盤としてのダイナミックマップ

■ 様々なユースケースを展開する上での問題点

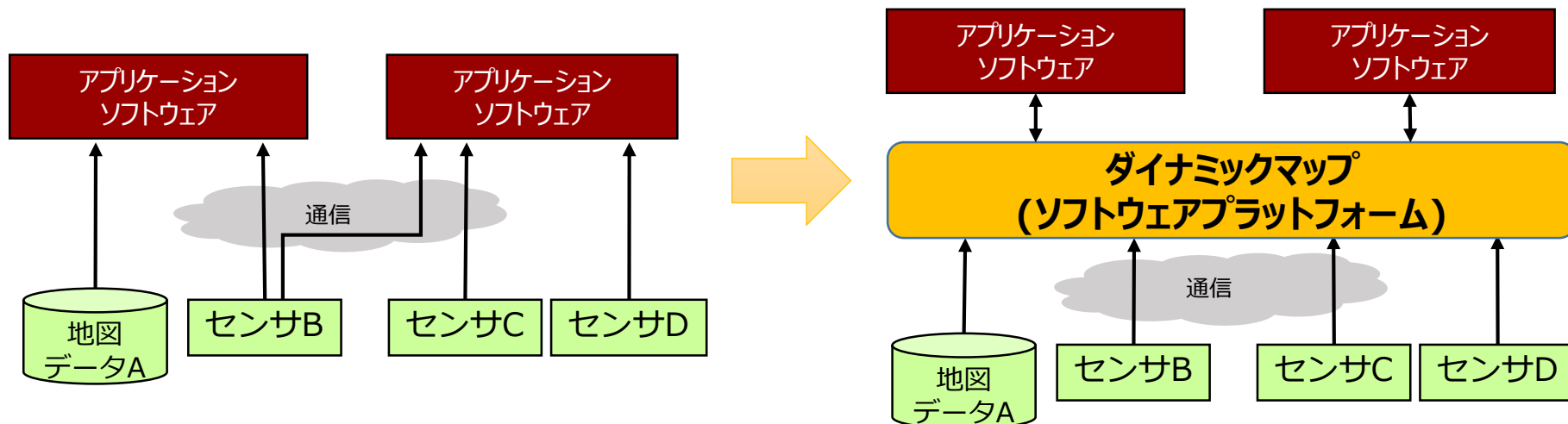
- ✓ 事例ごとに個別に開発していたのでは、開発コストが下げられない
- ✓ 事例ごとに通信帯域や計算資源を割り当てたのでは、リソースが不足する

■ 情報共有と意味付けの機能が共通基盤化されることが望ましい

- ✓ 交通参加者が通信により情報を交換する仕組みの共通化
- ✓ 複数種類の情報に対して、地図を介した関連付けを行う仕組みの共通化

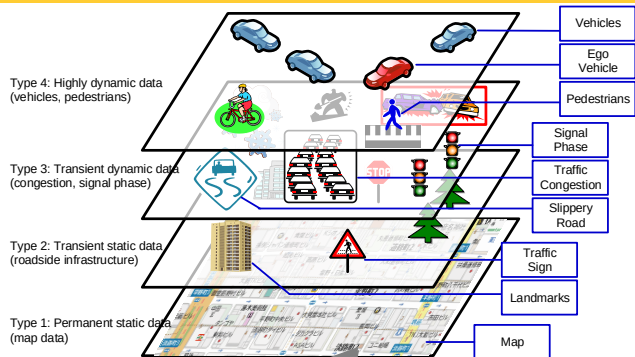


新たなソフトウェアプラットフォームとしての
ダイナミックマップの研究開発



ダイナミックマップが拓く新たな交通社会

ダイナミックマップ[®]



✓ 安全・安心・見守りサービスの精度やカバー範囲の増加

自動運転 運転者支援 デジタルコーナミラー 車両接近アラート

✓ 経路選択や移動予測などの正確性の向上

車線レベルナビ 渋滞・危険回避 旅行時間短縮 MaaS

✓ 交通管理・制御の効率化, 粒度の細かさや柔軟性の向上

合流調停 道譲り 仮想信号 渋滞制御 路面管理 道路課金

移動体:

- 自動運転車
- 一般車・バス
- 歩行者
- 移動ロボット

道路インフラ:

- 道路管理者
- 測量・地図会社
- 信号機・路側機メーカー

情報・通信:

- 通信事業者
- ナビ機器メーカー
- クラウド事業者
- IoT機器メーカー

管理・監視:

- 交通管制センター
- 自動車OEMセンター
- 保険会社

ダイナミックマップ2.0コンソーシアム [2016.10～]

ダイナミックマップ2.0コンソーシアム (DM2.0コンソ)

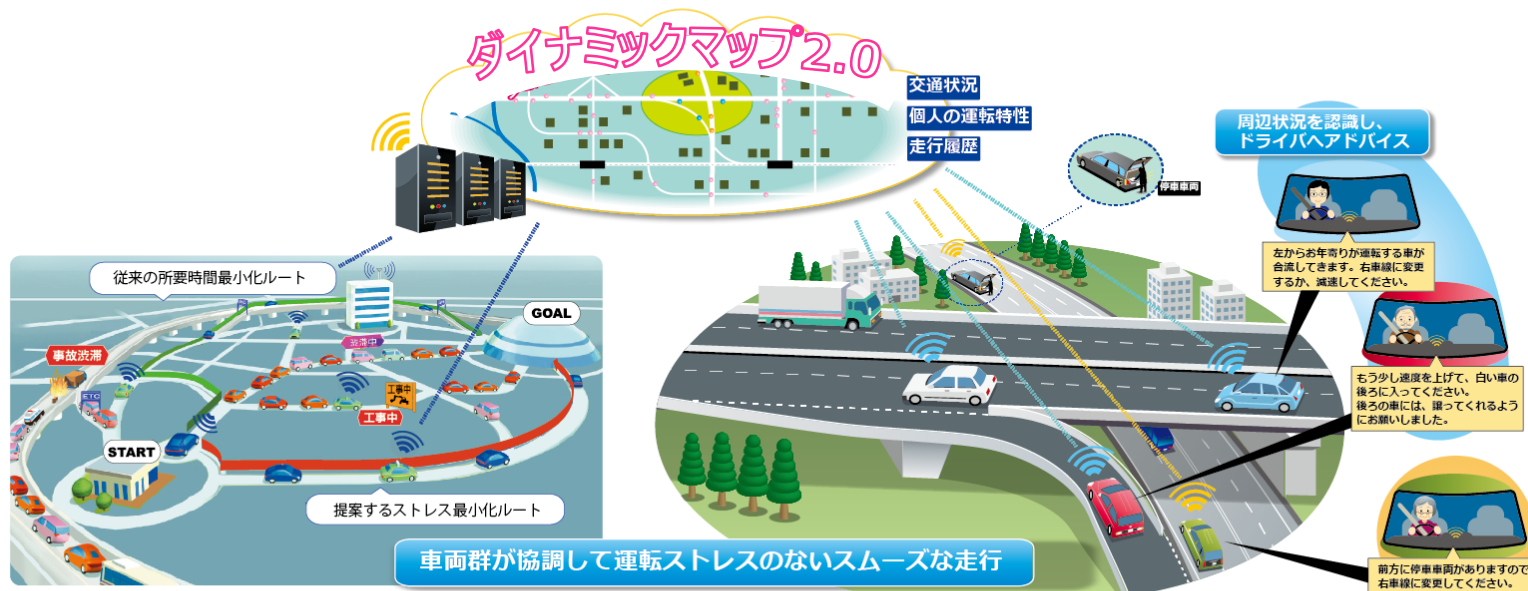
研究コンソーシアム：
複数の組織からなる研究団体

2019年度メンバー(オブザーバーを除く)：



- NTTデータMSE
- パナソニック
- 富士通
- ヤマハ発動機

<https://www.nces.i.nagoya-u.ac.jp/dm2/index.html>



ダイナミックマップ技術の研究開発

ダイナミックマップの研究課題「情報共有」 ネットワークアーキテクチャの検討

■ 大規模なデータの処理

- ✓ 実験車両の運用は数台の規模だが、実用化されれば車両数万台～数百万台のデータを扱わなければならない

■ リアルタイムな応答性

- ✓ 車両からインターネットを経由してクラウドと通信する方式のみに頼った情報共有では、高い応答性が出せない

クラウド（データセンタ）を使った
伝統的なクライアント/サーバ方式



- 途中の通信経路が負荷に耐えられるのか？
- 不特定多数が利用するインターネットを間に挟んでリアルタイム通信ができるのか？

ダイナミックマップの研究課題「意味付け」

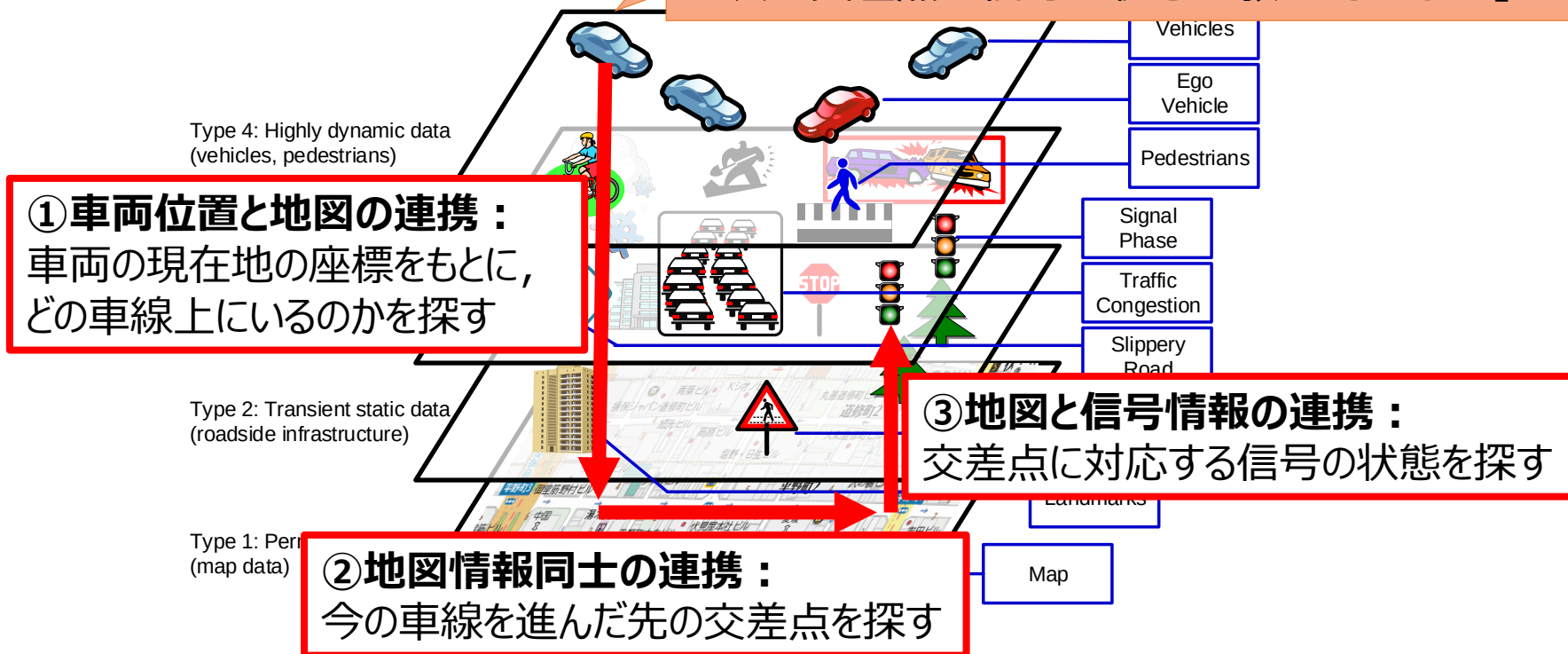
センサ「動的情報」と地図「静的情報」を関連付けた検索

■ 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

情報の要求例：

「今の車線を進んだときにたどり着く
次の交差点の信号の状態を教えてください」



ダイナミックマップ2.0の課題とアプローチ

■ 地理的に分散するデータのための通信遅延低減

✓ クラウド/エッジ/組込みにまたがる三層構造

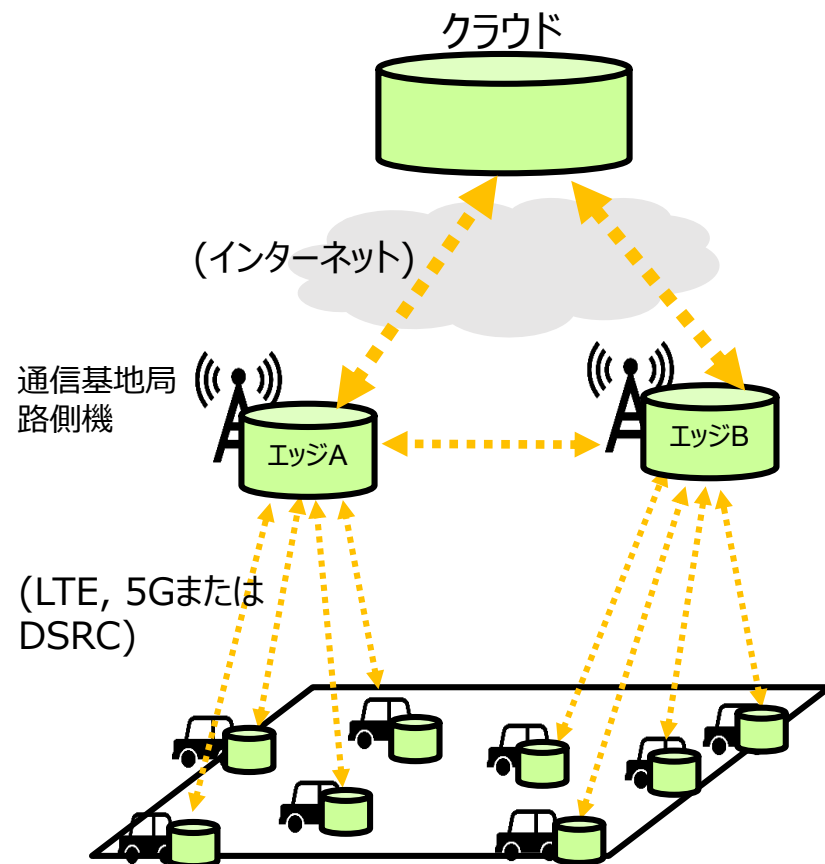
■ 大規模センサデータの処理遅延低減

✓ ストリーム処理

通信遅延低減のためのアーキテクチャ

■ クラウド/エッジ/組込みにまたがる三層構造

- ✓ 分散した情報に対する縦断的/横断的な検索要求をクエリとして実現



非リアルタイムな広域的信息共有：

- ・ 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信息共有：

- ・ 通信基地局や路側機などのエッジで行う
- ・ 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

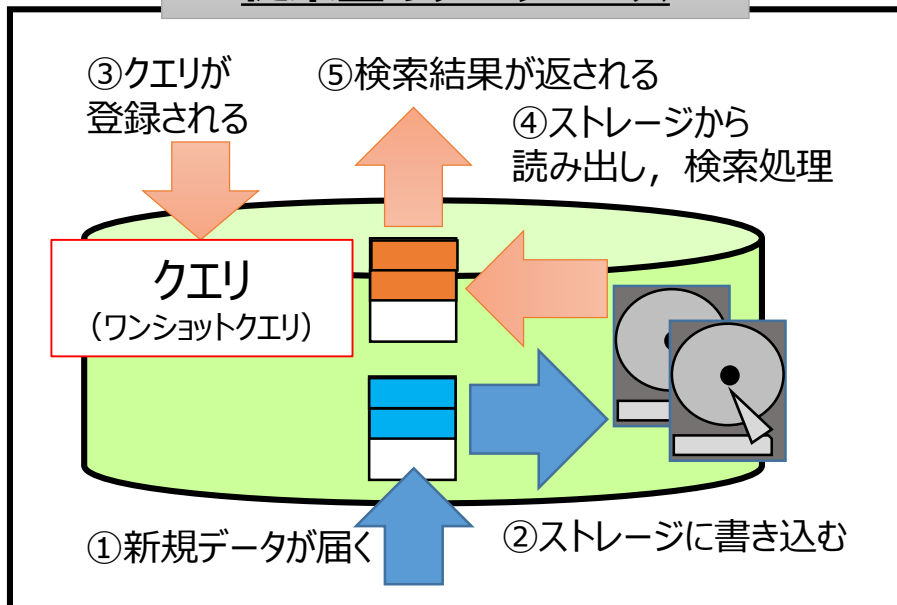
処理遅延低減のためのデータ処理方式

■ ストリーム処理

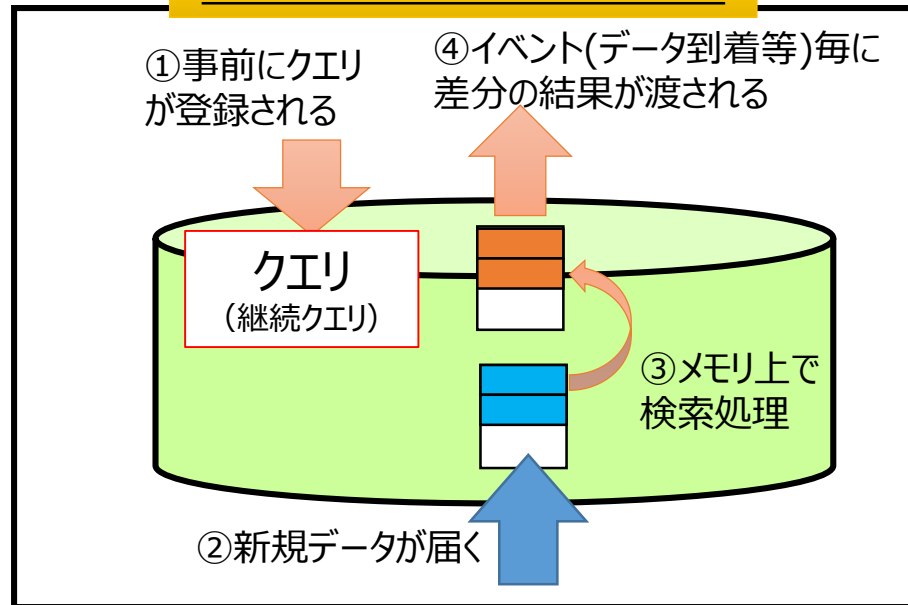
✓ データベースにストリームの概念を採用

- 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**）

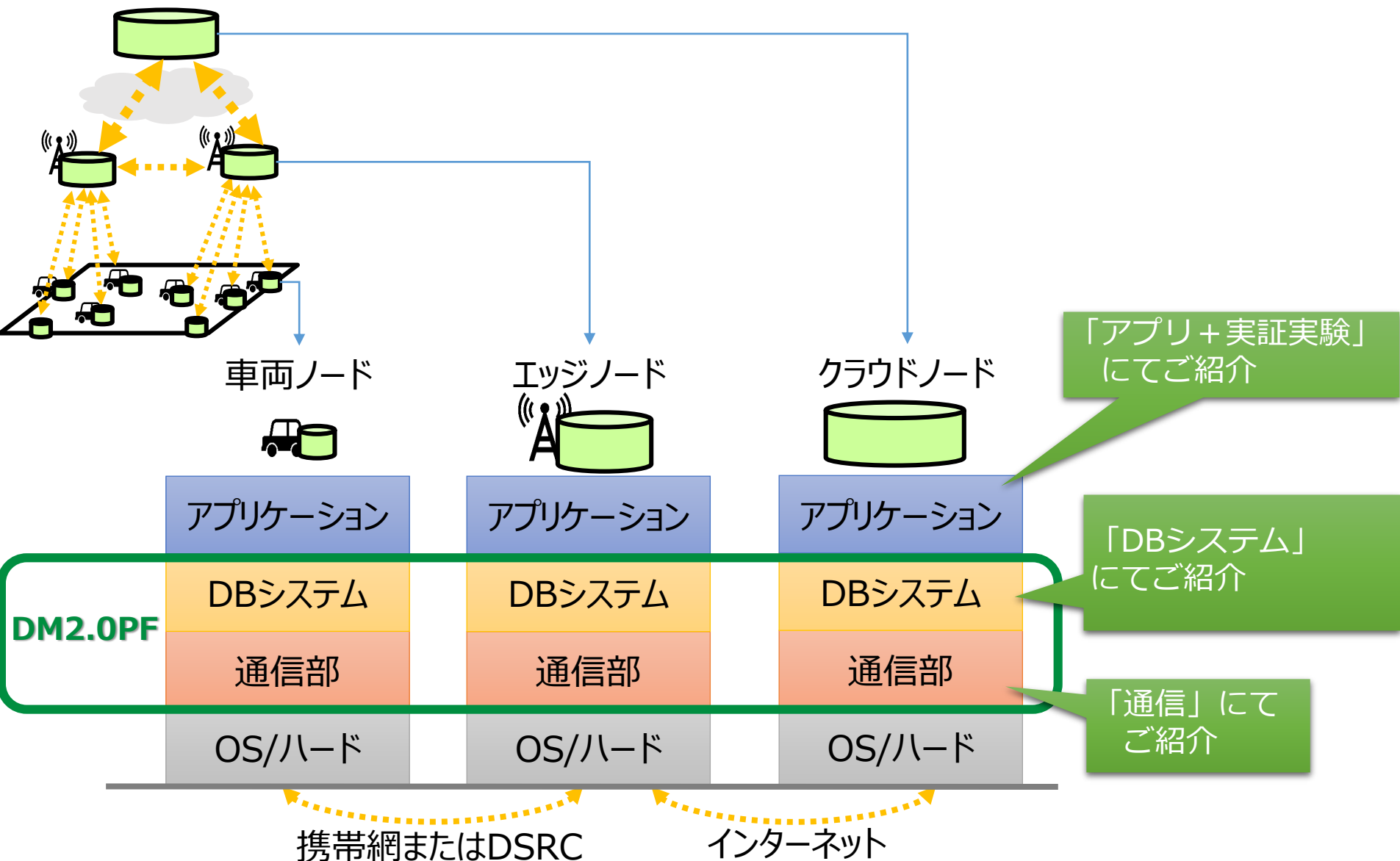
従来型のデータベース



ストリーム型のデータベース



ダイナミックマップ2.0プラットフォーム全体構成



ダイナミックマップ2.0とSIP-adusの関係

SIP-adusの開発領域

地図配信センタ

(SIP-adusでは動的情報は競争領域)

準動的の情報

準静的の情報

静的情報

測量データ

各社データセンタ

ダイナミックマップ
(データセンタ)

DM2.0の特徴部分

- 動的情報にも踏み込んだデータ統合・検索の枠組み
- クラウド/エッジ/組込みにまたがる分散情報管理基盤

ダイナミックマップ (インフラ)

インフラセンサ
データ通信

動的情報

準動的の情報

準静的の情報

静的情報

ダイナミックマップ (車載)

自車センサ
データ通信

動的情報

準動的の情報

準静的の情報

静的情報

ダイナミックマップ (車載)

自車センサ
データ通信

動的情報

準動的の情報

準静的の情報

静的情報

リアルタイム交通制御

- 合流調停
- 車線変更支援
- 交通流最適化
- ロードプライシング

C社
インフラ装置, 通信基地局

通信による
動的情報共有

B社
自動運転車

A社
自動運転車

データ配信

各社自動走行データセンタ

ダイナミックマップ
(データセンタ)

各社自動走行データセンタ

ダイナミックマップ
(データセンタ)

自動運転の認知支援

- 動的情報の共有
- 地図との重ね合わせによる交通ルール上の意味付け

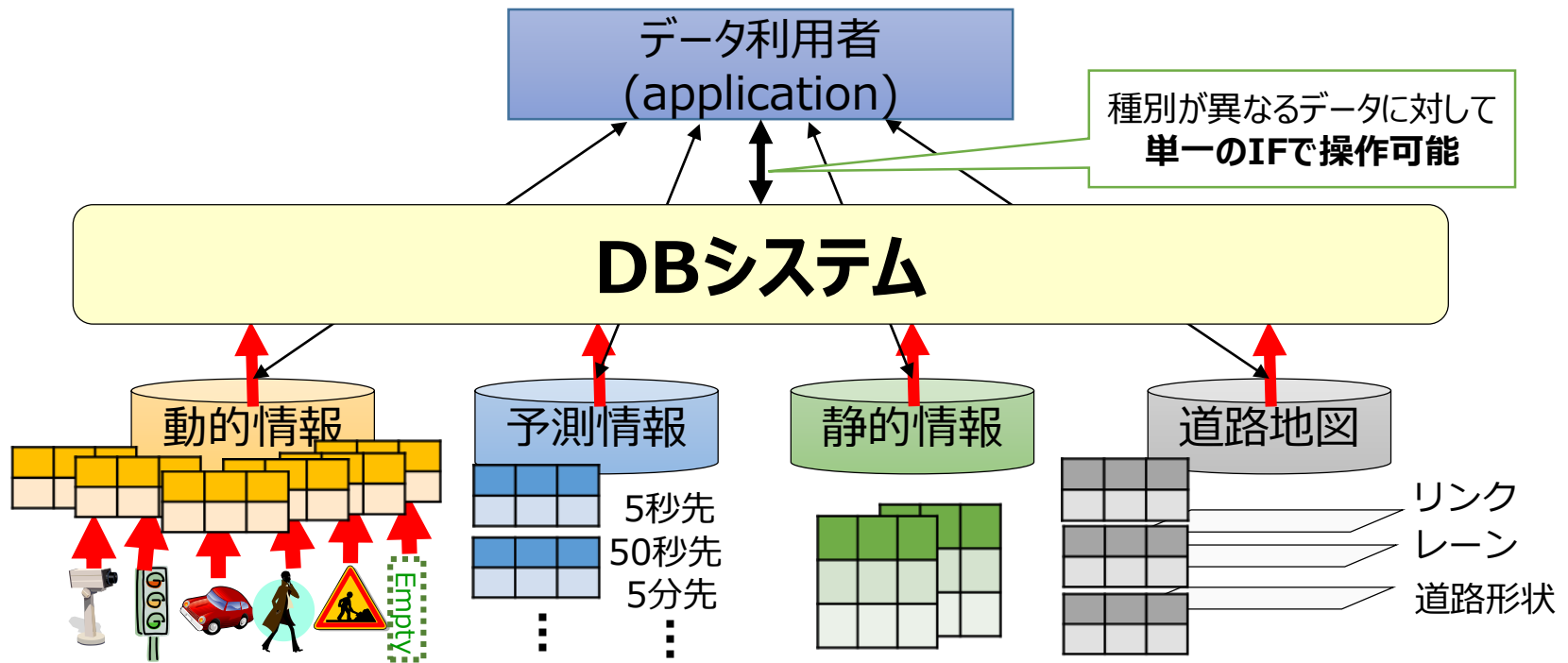
ダイナミックマップとは？

DBシステム

- 扱う情報について -

ダイナミックマップが取り扱う情報

- 課題：情報の種類ごとにデータ表現やアクセス手段が異なると、統合利用が不便になる
 - 「現在位置からレーンを検索し、レーンを辿った先の状況を別のセンサデータから知りたい」などの情報の種別を超えた検索
- 共通データモデル、共通の操作体系（クエリ言語）の採用



共通データモデル

- DM2.0PFでは、**リレーショナルモデル**を採用
 - E. F. Codd博士が1970年に提案した、現在のデータベース理論の基礎
- データは、n個の項からなる値同士の関係で表現される
- 本来は集合として扱われるが、ここでは最も一般的なテーブルの表現を用いる

列（またはカラム, 属性）

テーブル「商品」

商品ID	商品名	型番	メーカーID	単価
1	DVD-RW	AA-BB	Ex.com	1,000
2	Blu-ray	CC-DD	A. inc.	2,500
3	USBメモリ	EE-FF	B. coop.	5,000
...				

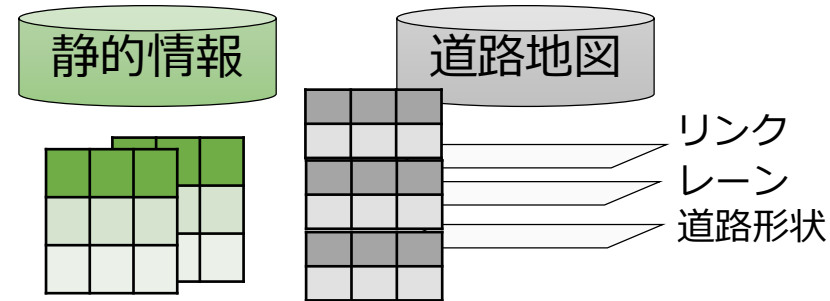
行（ロウ, タプル）

行は{ "DVD-RW", "AA-BB", "Ex.com", "1,000" }のように特定の値同士の関係をもつことで、意味のあるデータを表現している

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	...

動的情報： 車両の動的情報のストリーム

vehicle_position
(車両の動的情報ストリーム)

位置情報
データ生成時刻 車両ID X座標 Y座標 速さ 現在のレーンID

Ts(timestamp)	id	pos_x	pos_y	velocity	lane_id	...
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
12:03:00	0	1	1	56	101	...
12:03:00	1	5	3	63	202	...
12:03:00	2	8	0	60	303	...
12:03:01	0	1	2	56	101	...
12:03:01	1	5	2	63	202	...



名古屋大学
実験車両

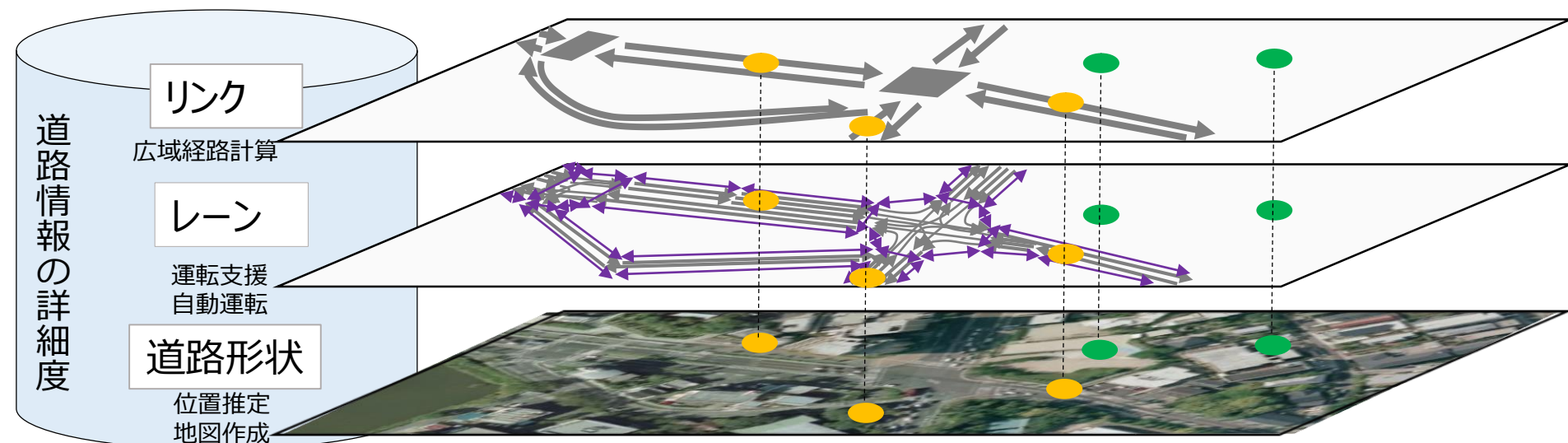


自動運転ソフトウェア
Autoware

Autoware: 名古屋大学発のオープンソース
自動運転ソフトウェア

静的情報：道路地図

- 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やOpen Lane Model(NDS)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の特徴

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

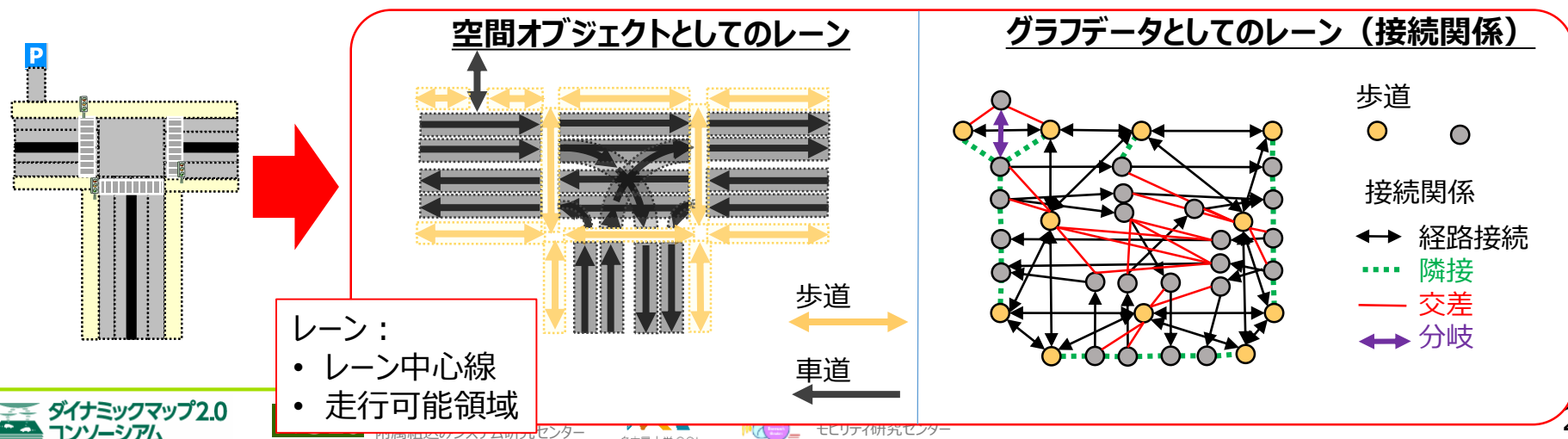
- レーン走行可能領域

- 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

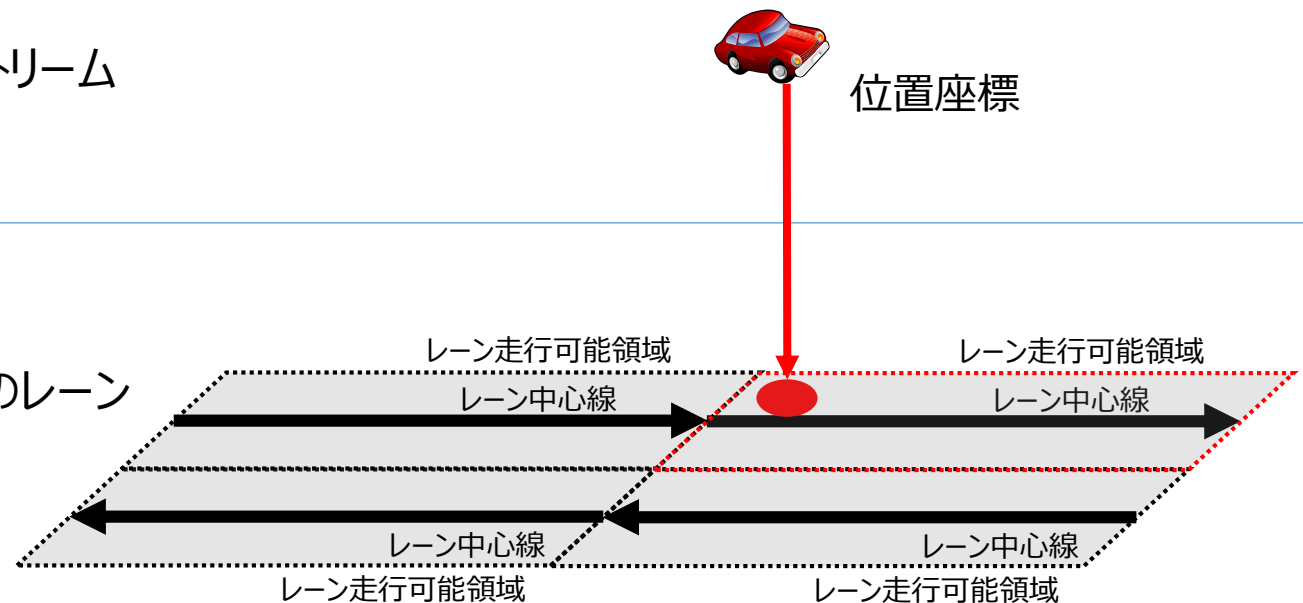


静的情報：空間オブジェクトとしてのレーンの活用例

- 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
(計算幾何の既知のアルゴリズムで計算可能)

車両の動的情報のストリーム

空間オブジェクトとしてのレーン
(静的情報)



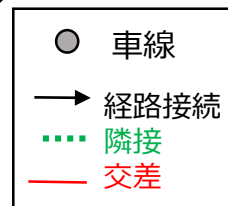
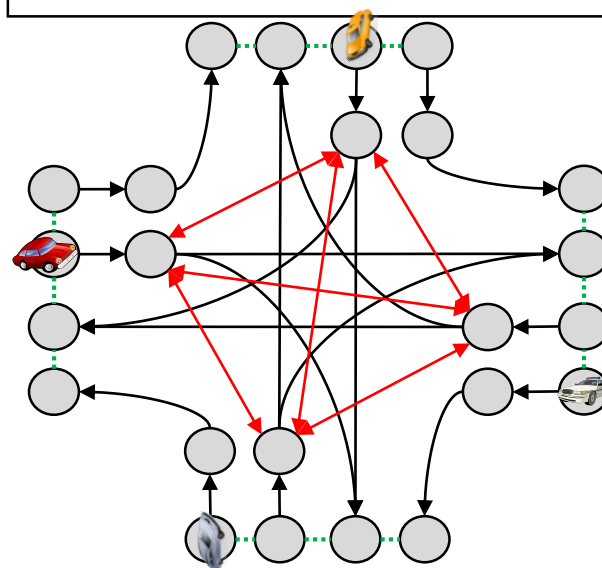
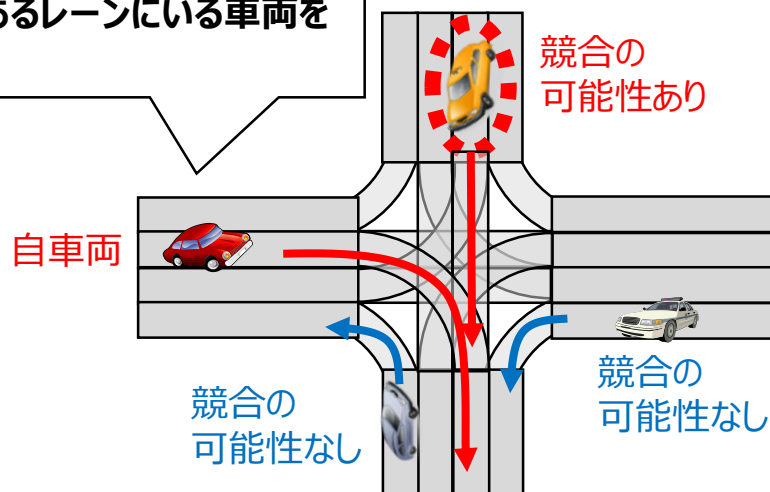
静的情報：グラフデータとしてのレーンの活用例

- 車両同士の関係を，レーンの関係を通して調査可能

要求例：
交差点で自車両と競合する可能性のあるレーンにいる車両を知りたい

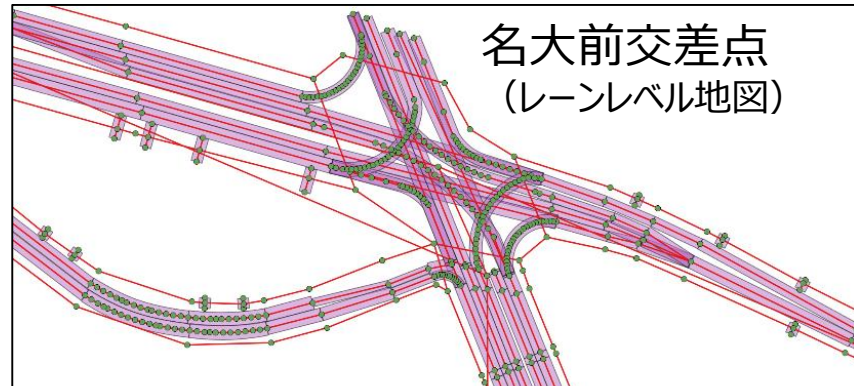
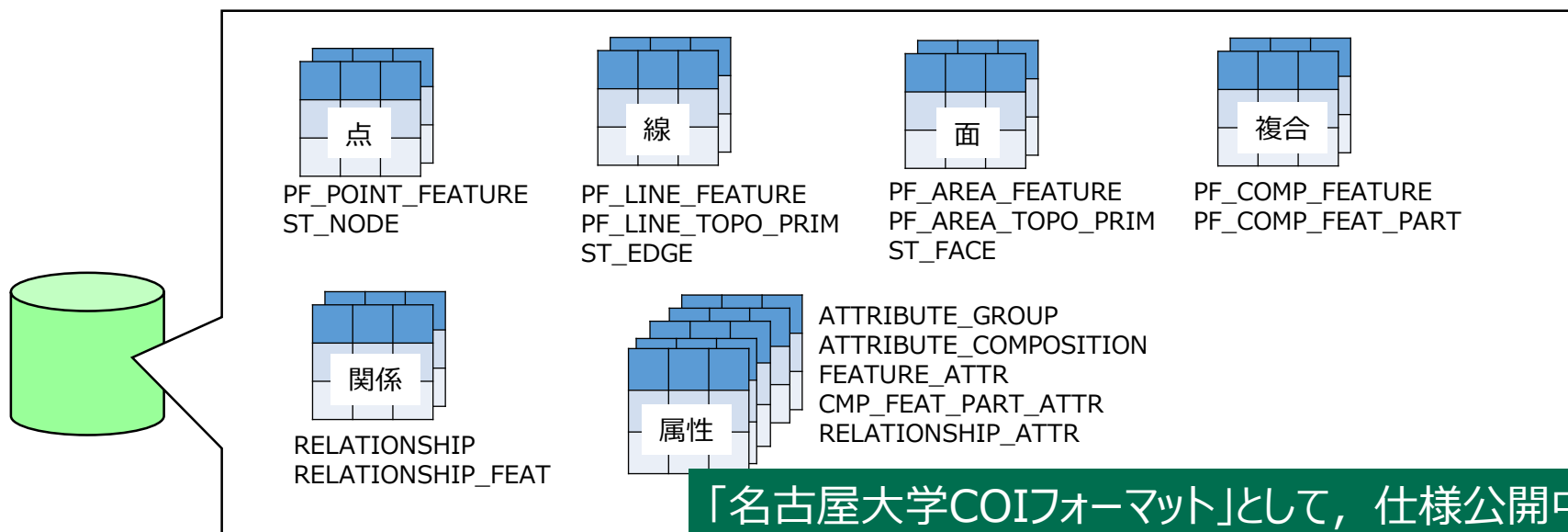
グラフの探索問題へ置き換え

レーン探索要求：
自車両のレーンと「経路接続(順方向)↔交差↔経路接続(逆方向)」の関係にあるレーン上の車両情報を知りたい



静的情報：道路地図情報の格納方式

- ISO規格 GDF (Geographic Data Files) 5.0を基に,
レーンやレーンの接続関係を複数のリレーションで表現

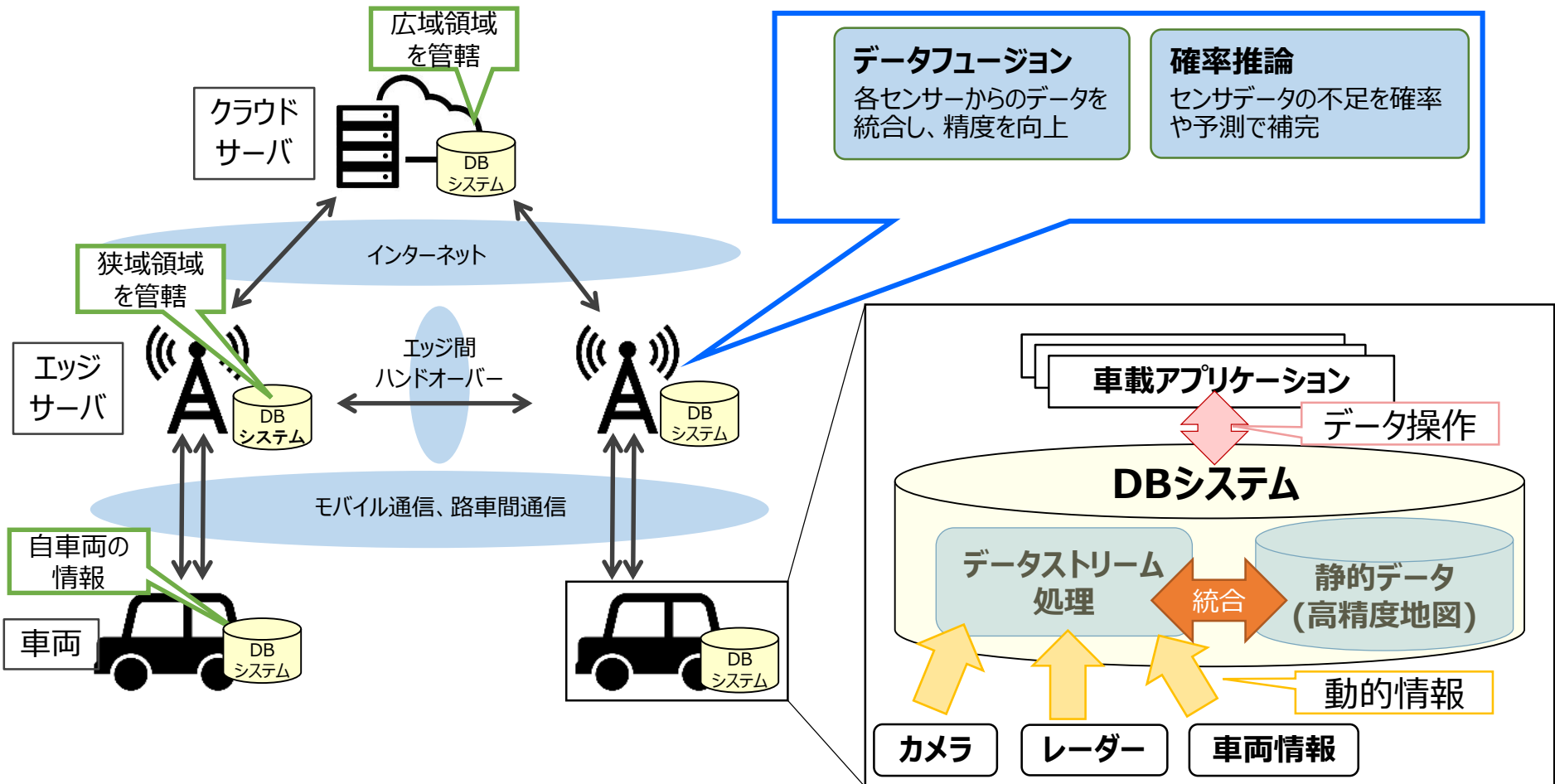


DBシステム

- データ管理機能 -

DBシステムの基本機能

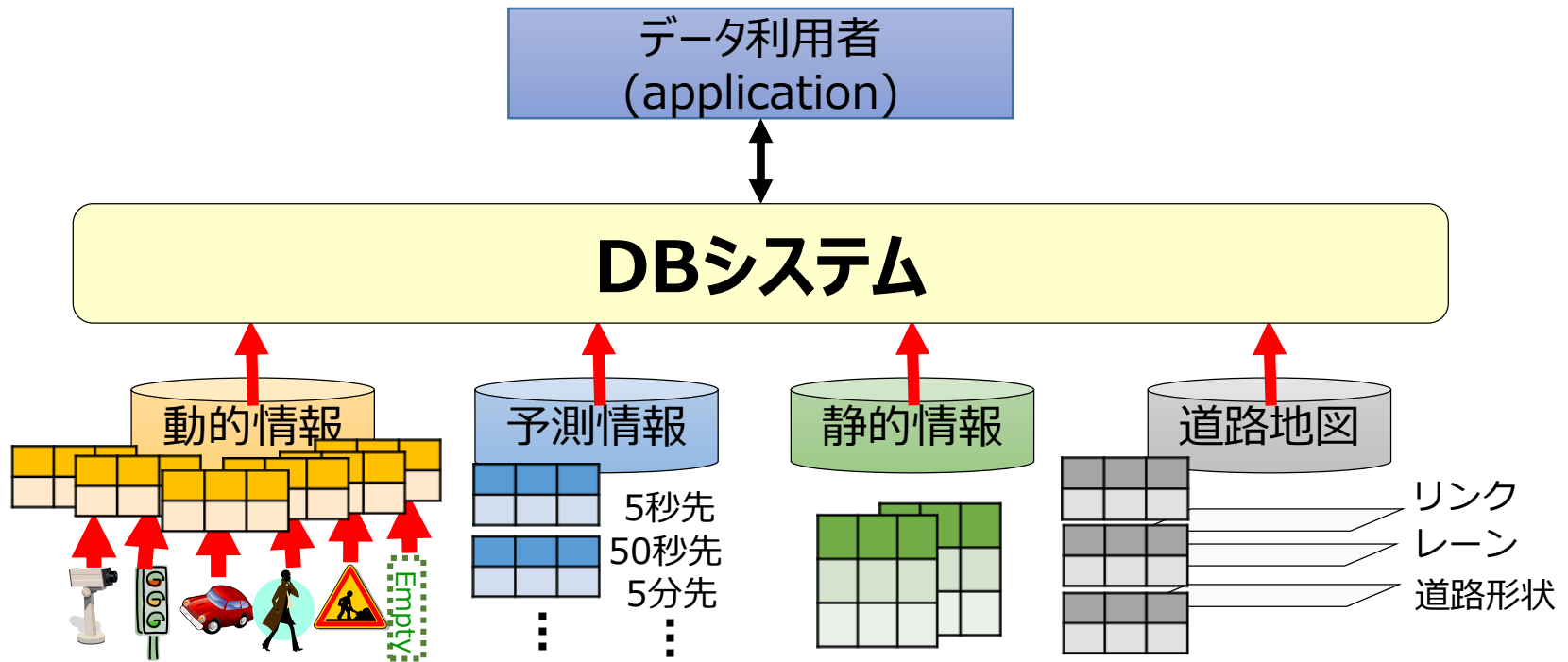
- ①『動的情報(ストリームデータ)』と『静的情報』を統合したデータ操作が可能
- ②分散型データベースの採用により、多くの動的データを扱える
- ③共有された情報によるデータ品質の改善機能（『データフュージョン』など）



①動的情報と静的情報を統合したデータ操作

- 課題：情報の種類ごとにデータ表現やアクセス手段が異なると、統合利用が不便になる
 - 「現在位置からレーンを検索し、レーンを辿った先の状況を別のセンサデータから知りたい」などの情報の種別を超えた検索

→共通データモデル、共通の操作体系（クエリ言語）の採用



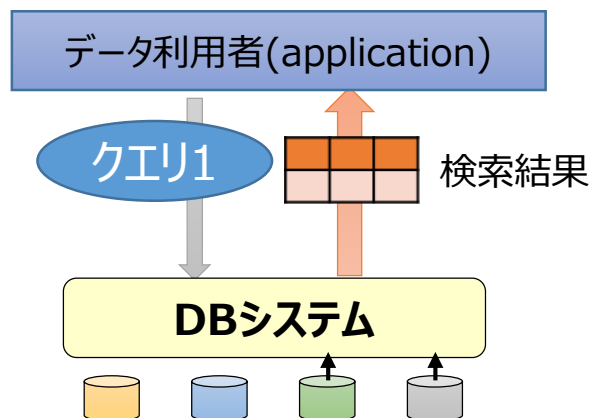
共通の操作体系(クエリ言語)とは

クエリ言語:データ利用者がデータベースから情報を検索する際に使う言語

DBシステムでは以下2つのクエリが扱える

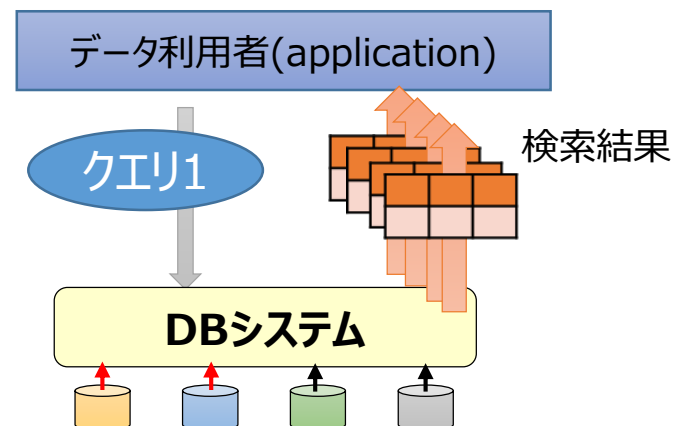
ワンショットクエリ

- クエリの結果を同期で1度だけ取得する
- 静的情報に対する検索



継続クエリ

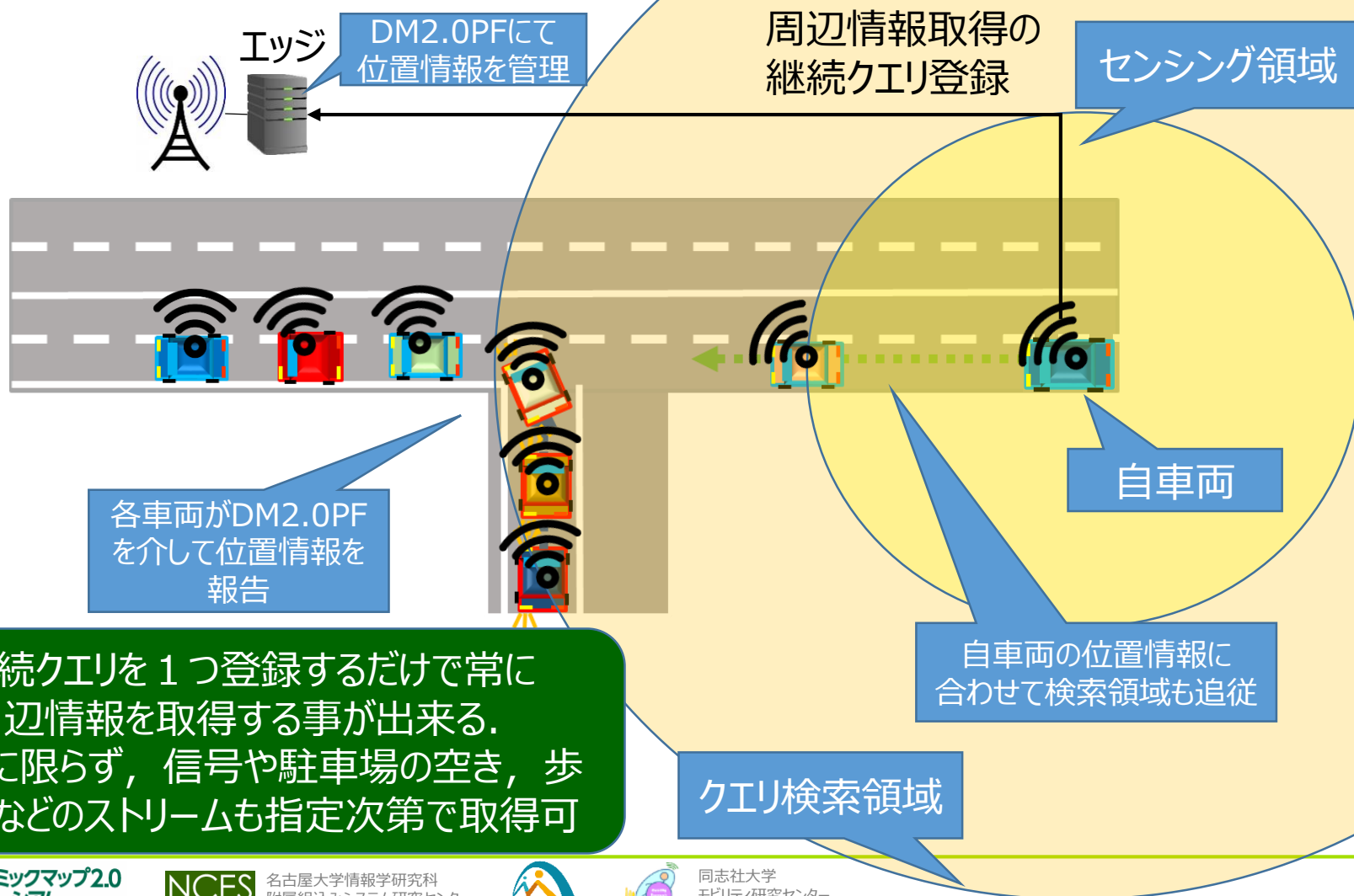
- 事前にクエリを登録し、特定のイベント発生や条件に合うデータが発生する度に、非同期で結果を取得する
- 動的情報(or 静動統合)に対する検索



両方を扱えることで静的・動的情報の両方の取得をサポート

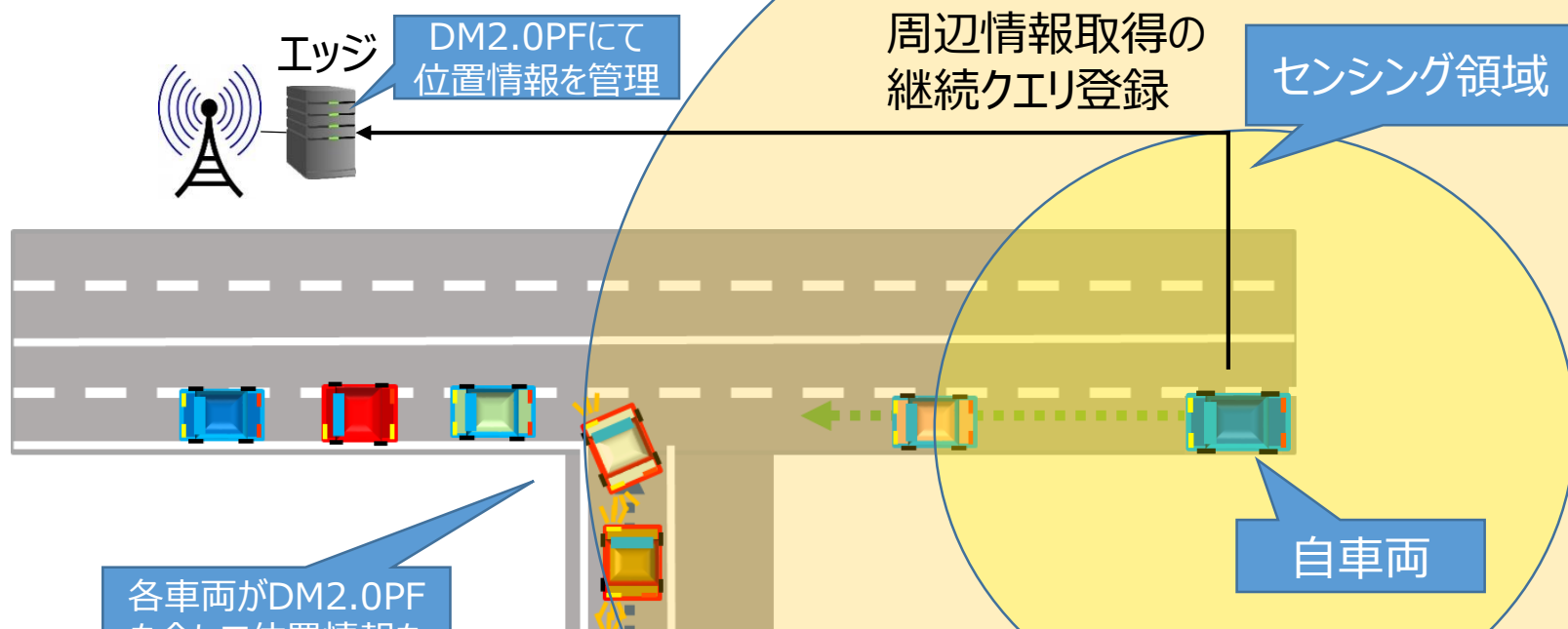
継続クエリの利用例

- 継続クエリにて,
「自車両の半径200m以内に存在する“車両情報”がほしい」と検索した場合



参考) 継続クエリの記述例

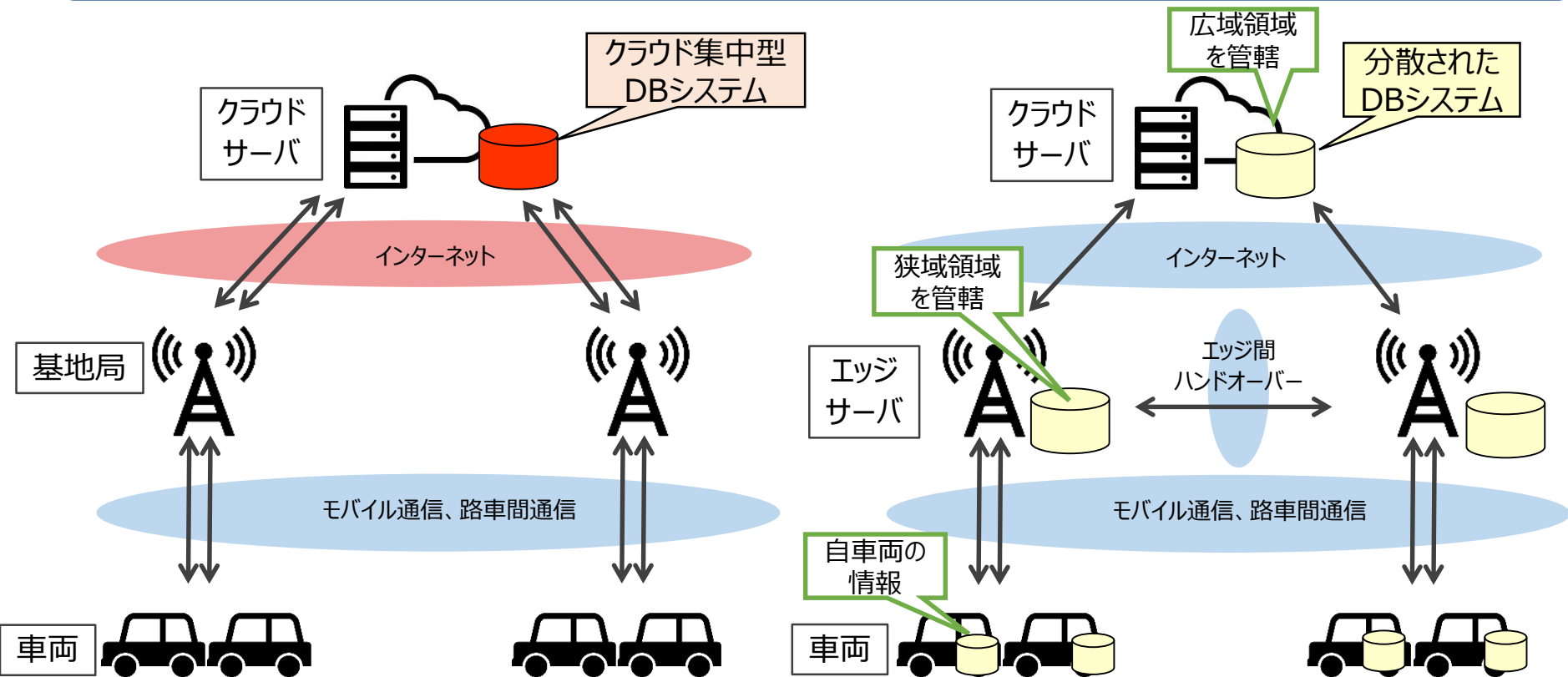
- 継続クエリにて、
「自車両の半径200m以内に存在する“車両情報”がほしい」と検索した場合



```
MASTER timer300
SELECT all.id, all.x, all.y
FROM (SELECT * FROM vehicle_position [RANGE 100 msec]
      WHERE id = '自車両ID') AS own,
      (SELECT * FROM vehicle_position [RANGE 100 msec]) AS all
WHERE UF_CONTAINS(own.x, own.y, all.x, all.y, 200) = true;
```

②分散型データベース

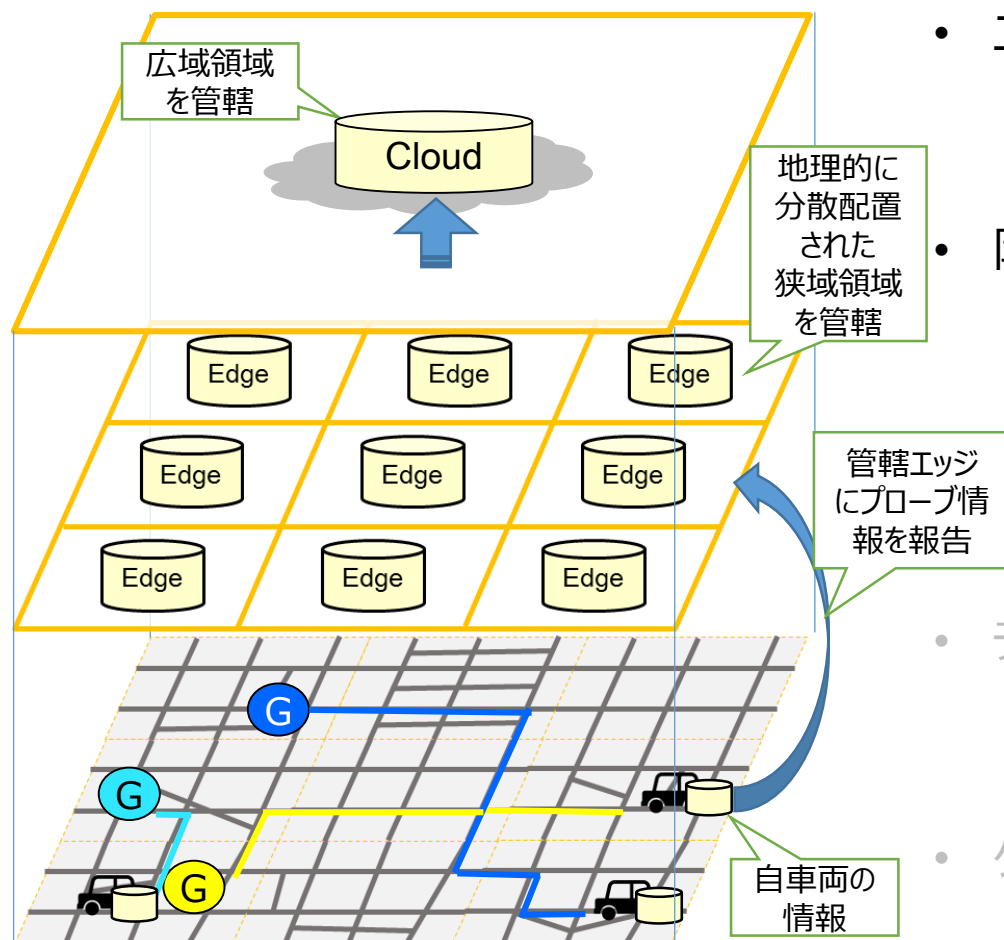
- 課題：大量のデータを扱うためにはシステムの分散処理と負荷を分散させる機構が必要
→分散型データベースの採用



従来のプロダクトではクラウドに全データを集める前提のアーキテクチャとなっており、大規模かつ低遅延な通信のためのアーキテクチャにはなっていない

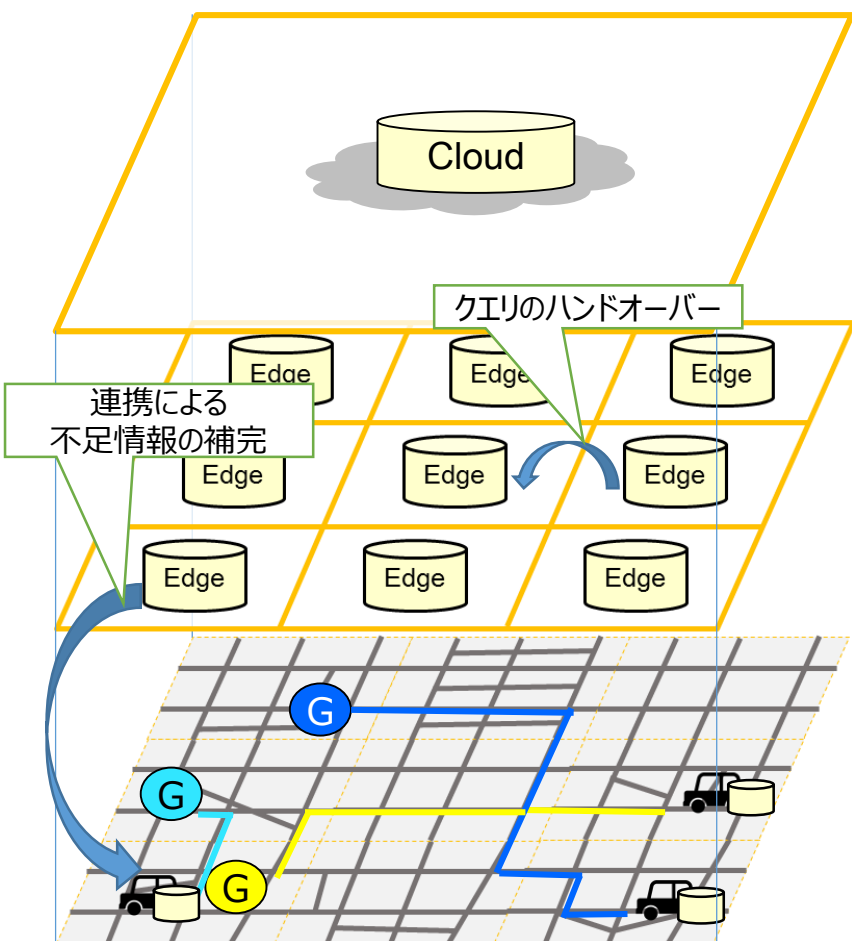
エッジで狭域のデータを処理することでリアルタイム性を確保

分散型データベースを実現する上での機能(1/2)



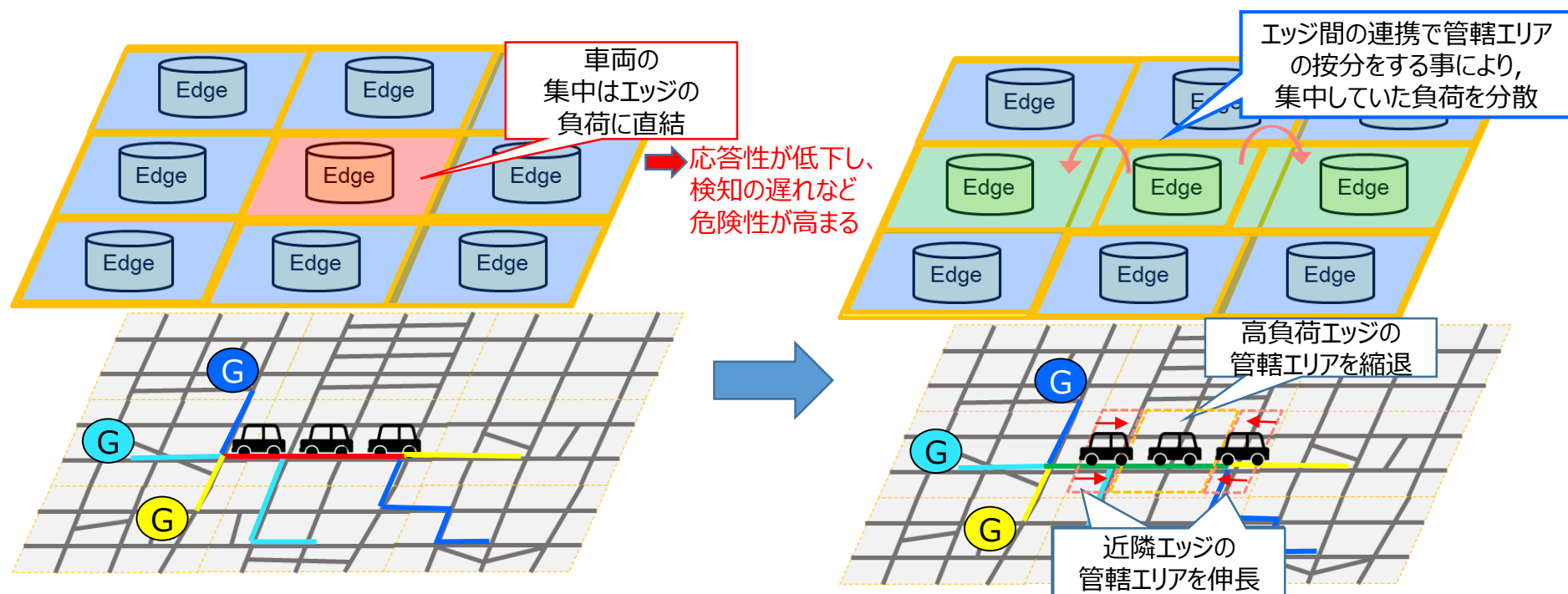
- エッジの地理的分散
 - 各エッジに管轄エリアが論理的に割り当てられている
- 階層的なプローブデータの管理
 - 車両→管轄エッジ→クラウド
 - エッジにはリアルタイム性の高いデータを配置
 - クラウドへは情報の更新頻度を下げて報告
- データベース間の連携
 - 車両のDBシステムで不足している情報はエッジのDBシステムと連携
- クエリのハンドオーバー
 - 車両の移動に伴うクエリの配置変更

分散型データベースを実現する上での機能(2/2)



- エッジの地理的分散
 - 各エッジに管轄エリアが論理的に割り当てられている
- 階層的なプローブデータの管理
 - 車両→管轄エッジ→クラウド
 - エッジにはリアルタイム性の高いデータを配置
 - クラウドへは情報の更新頻度を下げて報告
- データベース間の連携
 - 車両のDBシステムで不足している情報はエッジのDBシステムと連携
- クエリのハンドオーバー
 - 車両の移動に伴うクエリの配置変更

管轄領域の伸長・縮退によるエッジの負荷分散



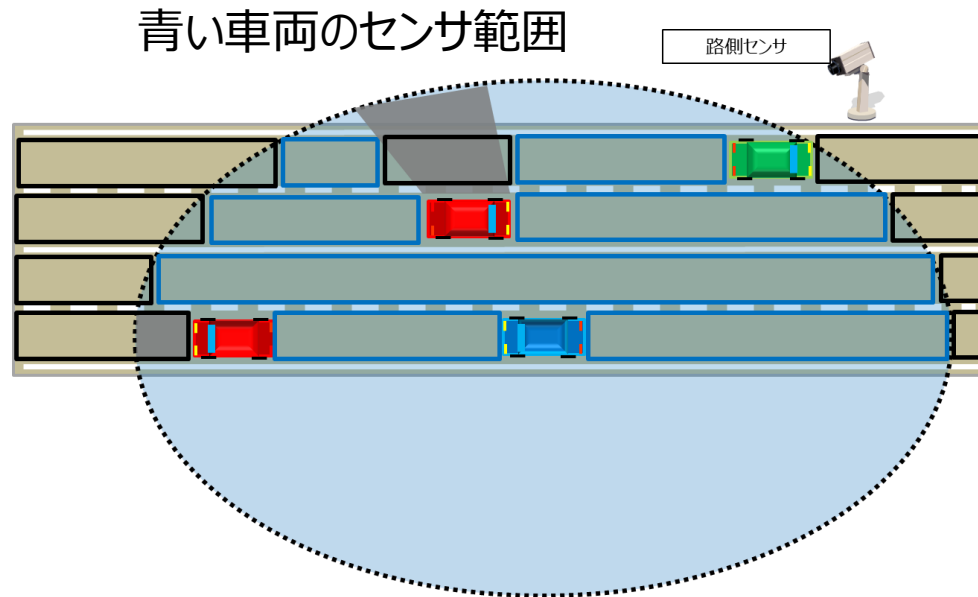
各エッジの負荷状況を共有する事で高負荷の検知及び負荷の按分が出来る

- 各エッジの負荷不均衡を解消し、プラットフォームとしてのシステム安定性を向上
→ 応答性などのユーザビリティ向上にも繋がる

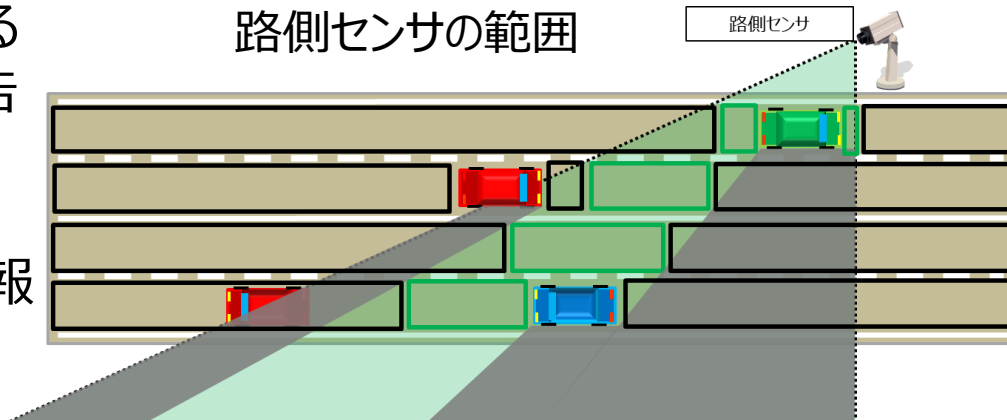
③共有された情報によるデータ品質の改善

- 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
 - 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
 - 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
 - 今は死角でも少し前のセンサ情報から予測・推測できることはある

青い車両のセンサ範囲



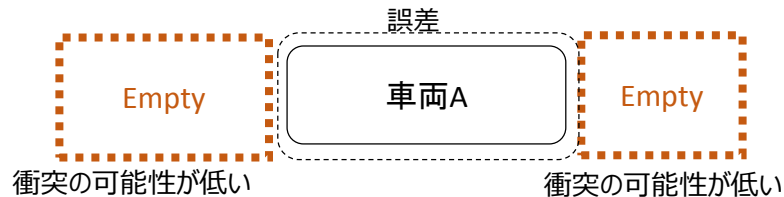
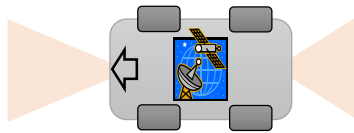
路側センサの範囲



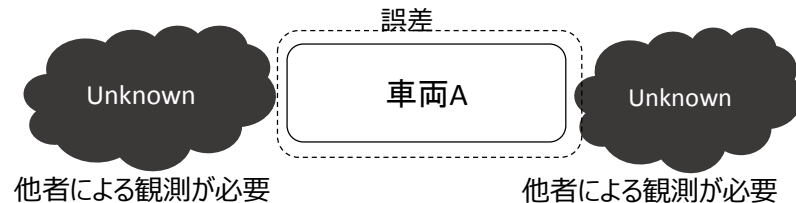
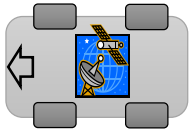
従来型車両の動的情報の扱い

- 動的情報の中でも車両の位置情報は最重要
 - しかし、全車両が位置を自己申告する社会にはすぐに移行できない
 - 従来型の車両の位置は、他車両やインフラセンサによる認識が頼り**

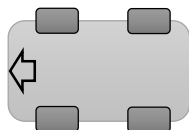
周辺情報を提供する車両



現在位置のみを申告する車両



何の情報も提供しない車両

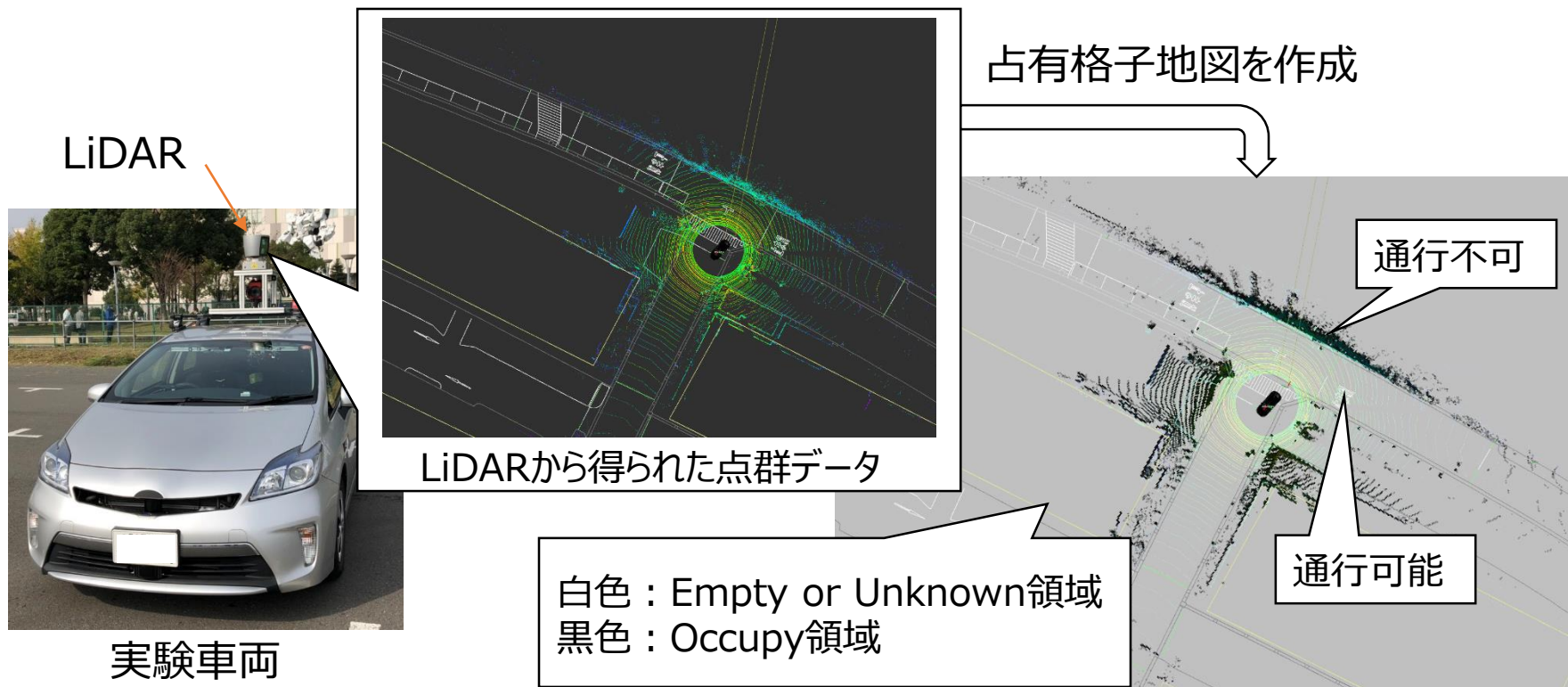
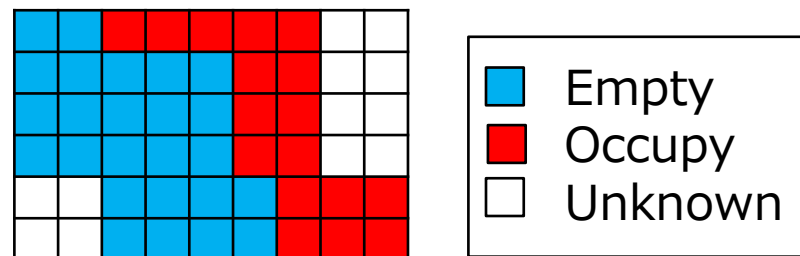


現在位置を申告しない物体がいる可能性がある

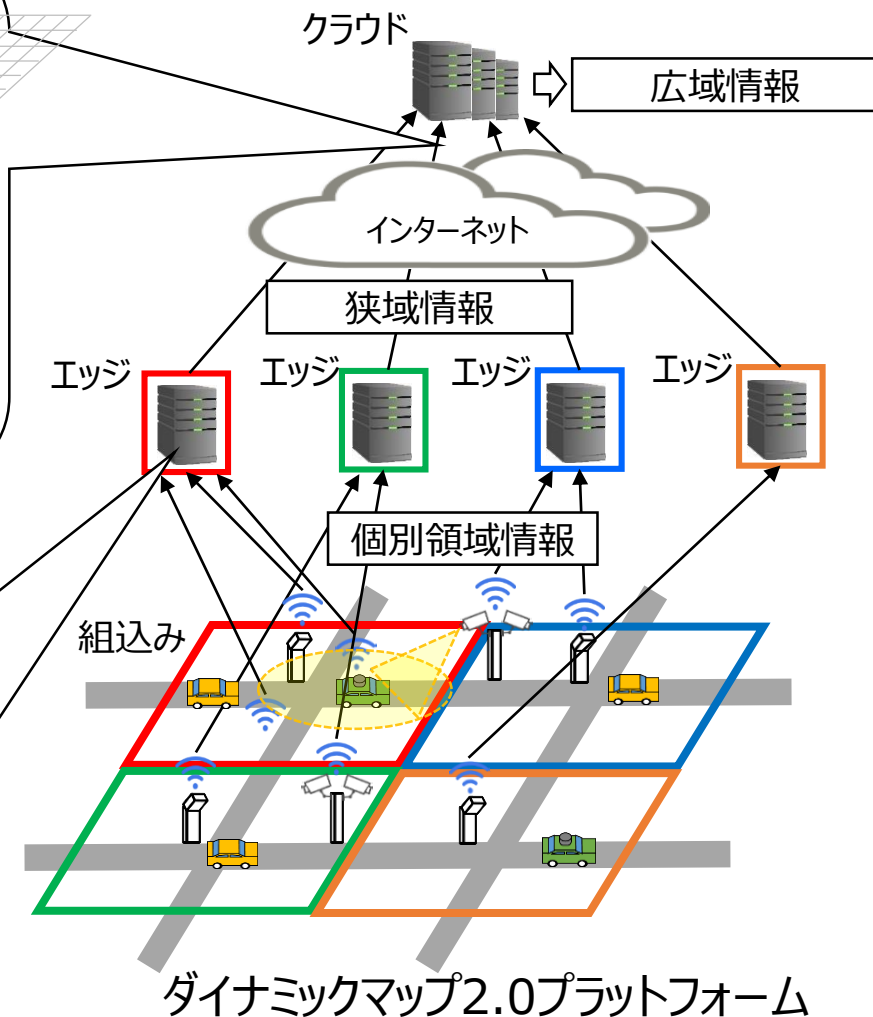
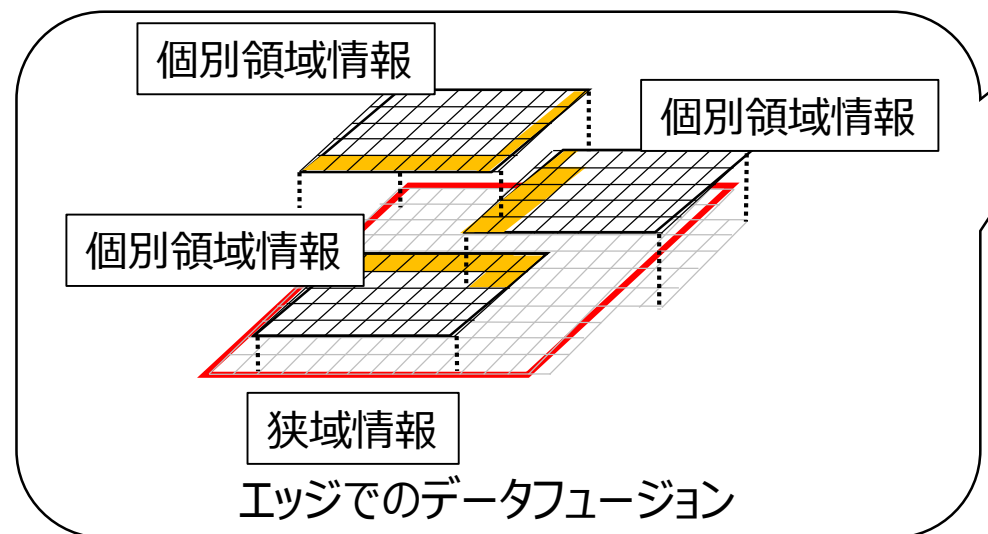
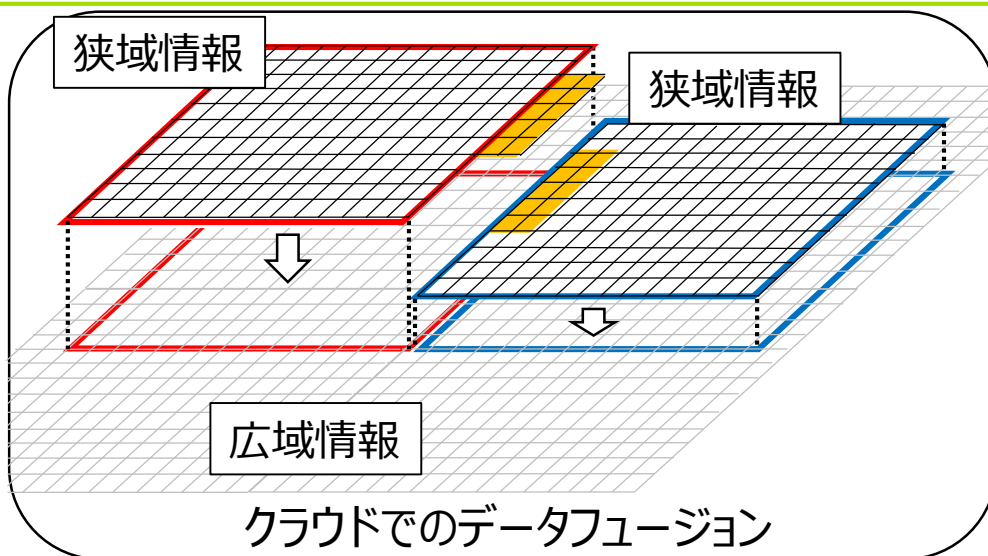


センサ検知範囲の情報表現

- 空間を**占有格子地図**によって管理
 - 移動ロボット分野でよく用いられる表現
- 自動運転車や自律移動ロボットはEmptyのグリッドを移動



占有格子地図のデータフュージョン

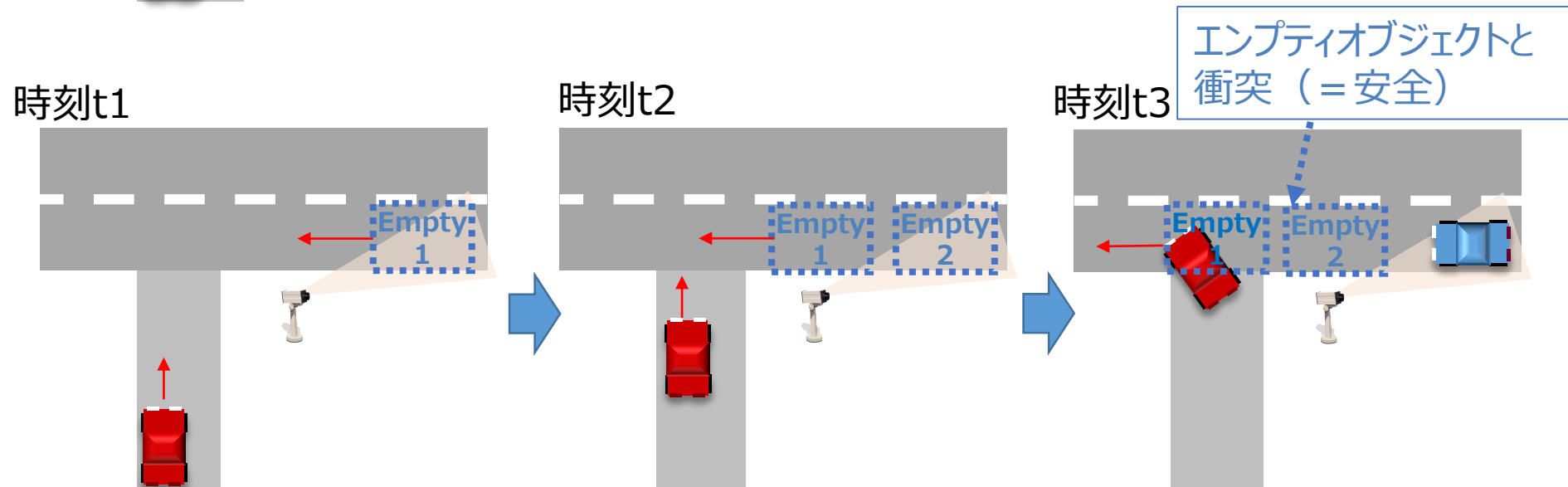


- データフュージョンは複数のセンサデータを融合させることで精度向上をはかるセンシング分野の技術
- DM2.0ではクラウド/エッジ/組込みの分散構造を活かして、独自の階層的なデータフュージョンを実施

データ品質の改善：予測のためのエンptyオブジェクトの導入

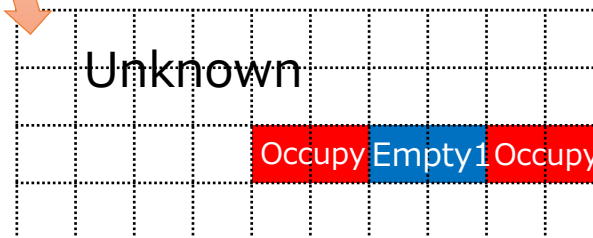
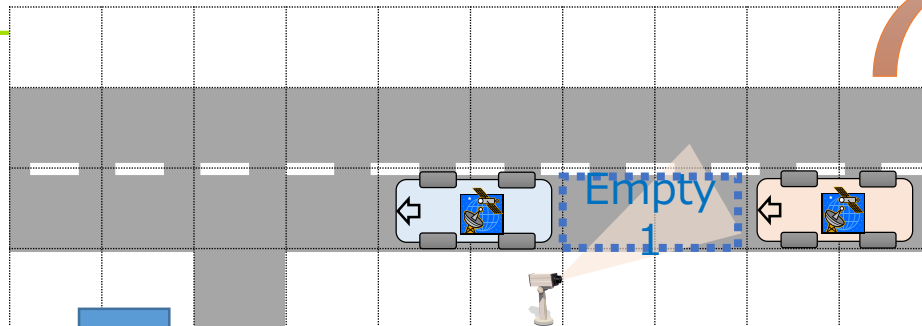


- センサのない場所の状態をどう推測するか？
 - 物理法則や交通ルールに従った，状態の時間経過による伝搬・拡散を行いたい
- **エンptyオブジェクト**(特許第6359986号)
 - 「何もない領域」の仮想的な物体表現
 - 安全に走行できる確率
= エンptyオブジェクトとの衝突予測確率



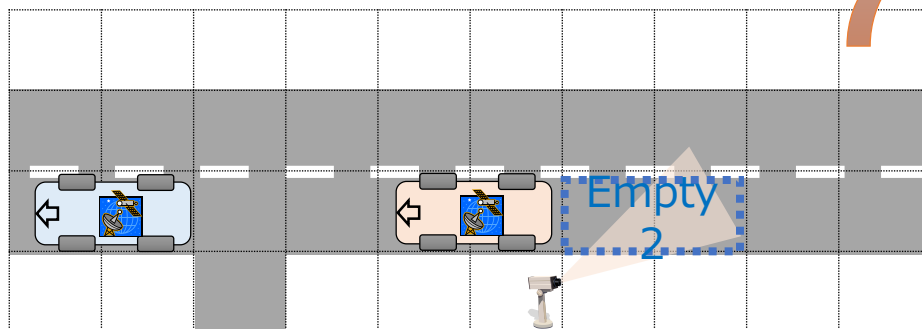
データ品質の改善：エンティオブジェクトの移動予測を用いた状態推定

時刻
t1

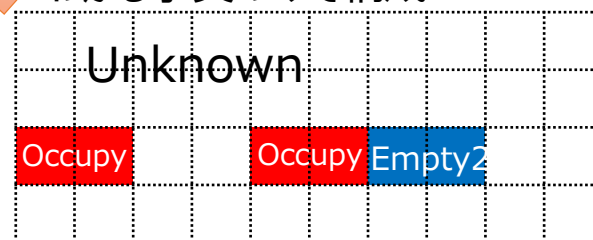


時刻
t2

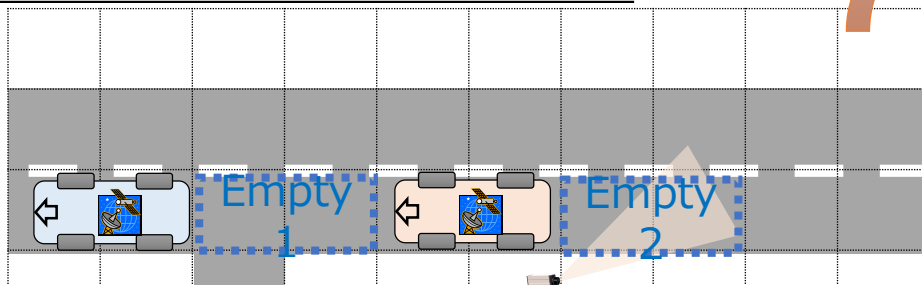
占有格子地図のみ



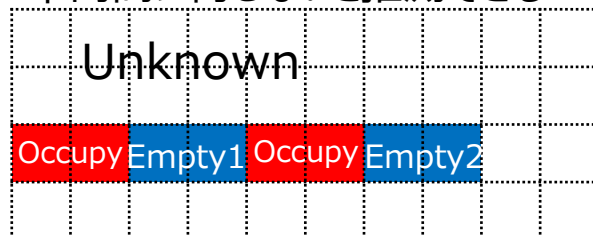
物体の位置情報とカメラ情報から
わかる事実のみで構成



エンティオブジェクト + 占有格子地図



Empty1と一緒に移動したと考え、
車両間に何もないと推測できる



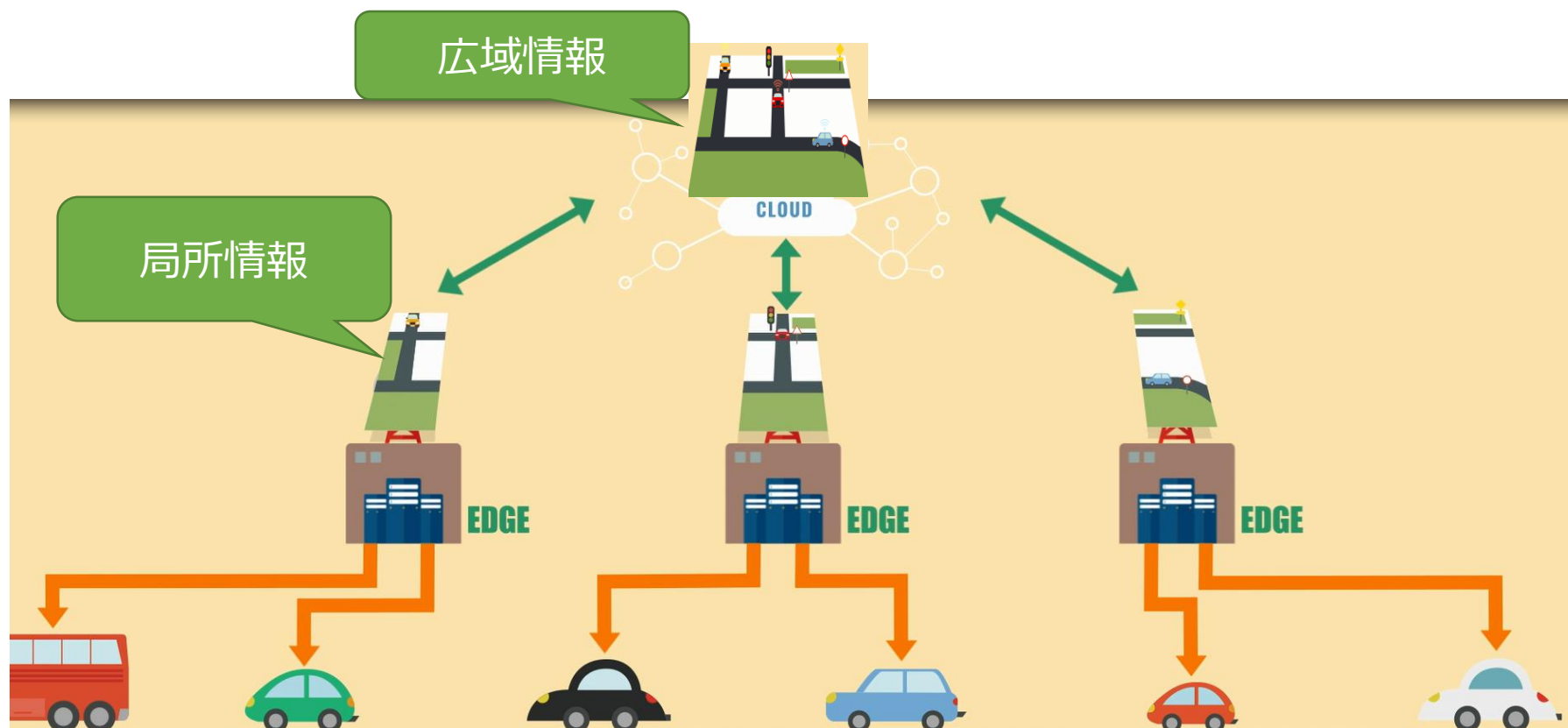
Emptyを明示的なオブジェクトとして移動予測を計算させることで、
グリッド上のセル間に特殊な伝搬の仕組みを入れることなく推論が可能

ダイナミックマップとは？

通信

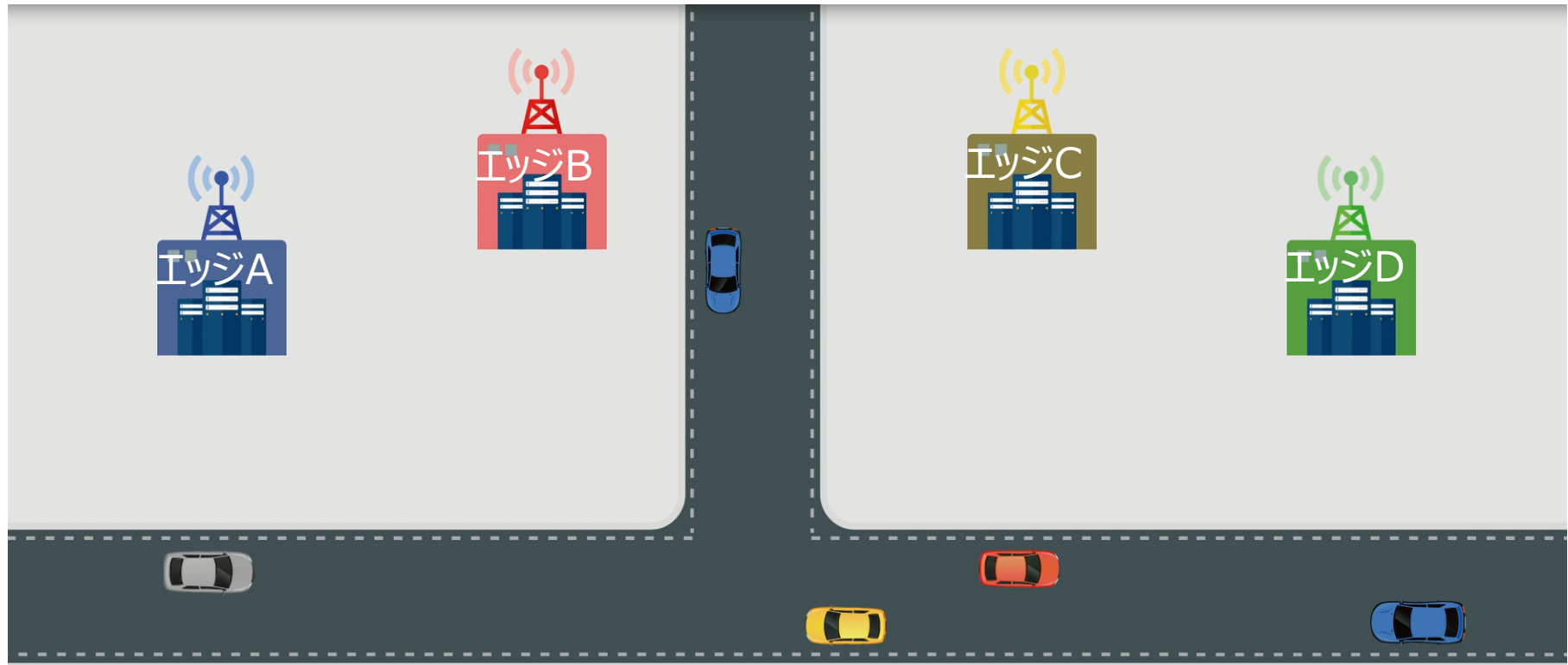
車両/エッジ/クラウドの3層構造による負荷分散の実現

クラウドの広域情報をエッジに分散することにより、クラウドの負荷軽減や通信量軽減の効果が期待できる



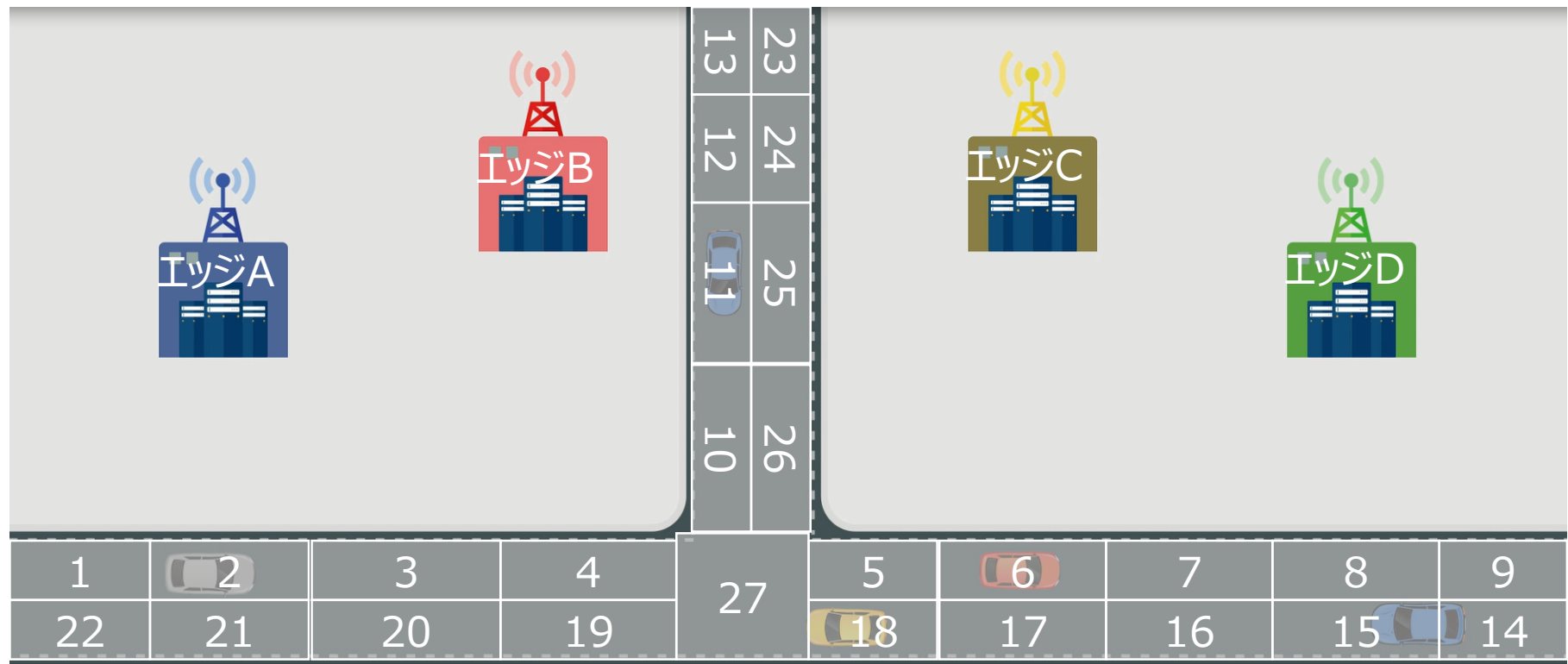
しかし、各車両はエッジ間をまたいで常に移動するため、固定された静的環境にはない固有の課題がある

エッジによる局所的情報共有のためのエリア分割（1/4）



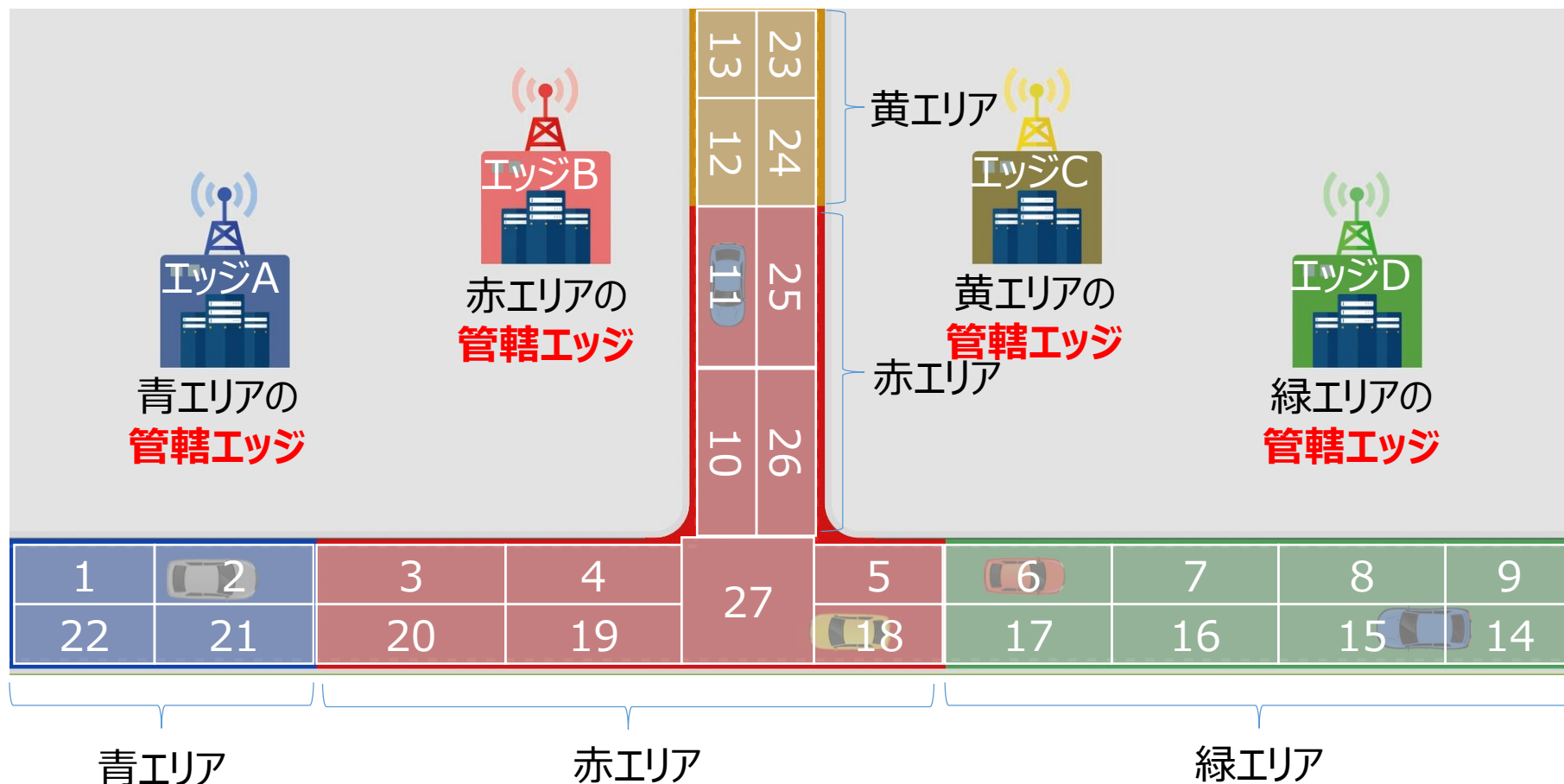
エッジによる局所的情報共有のためのエリア分割（2/4）

道路地図上の各レーンに対応するエリアにはIDが振られる（**レーンID**）



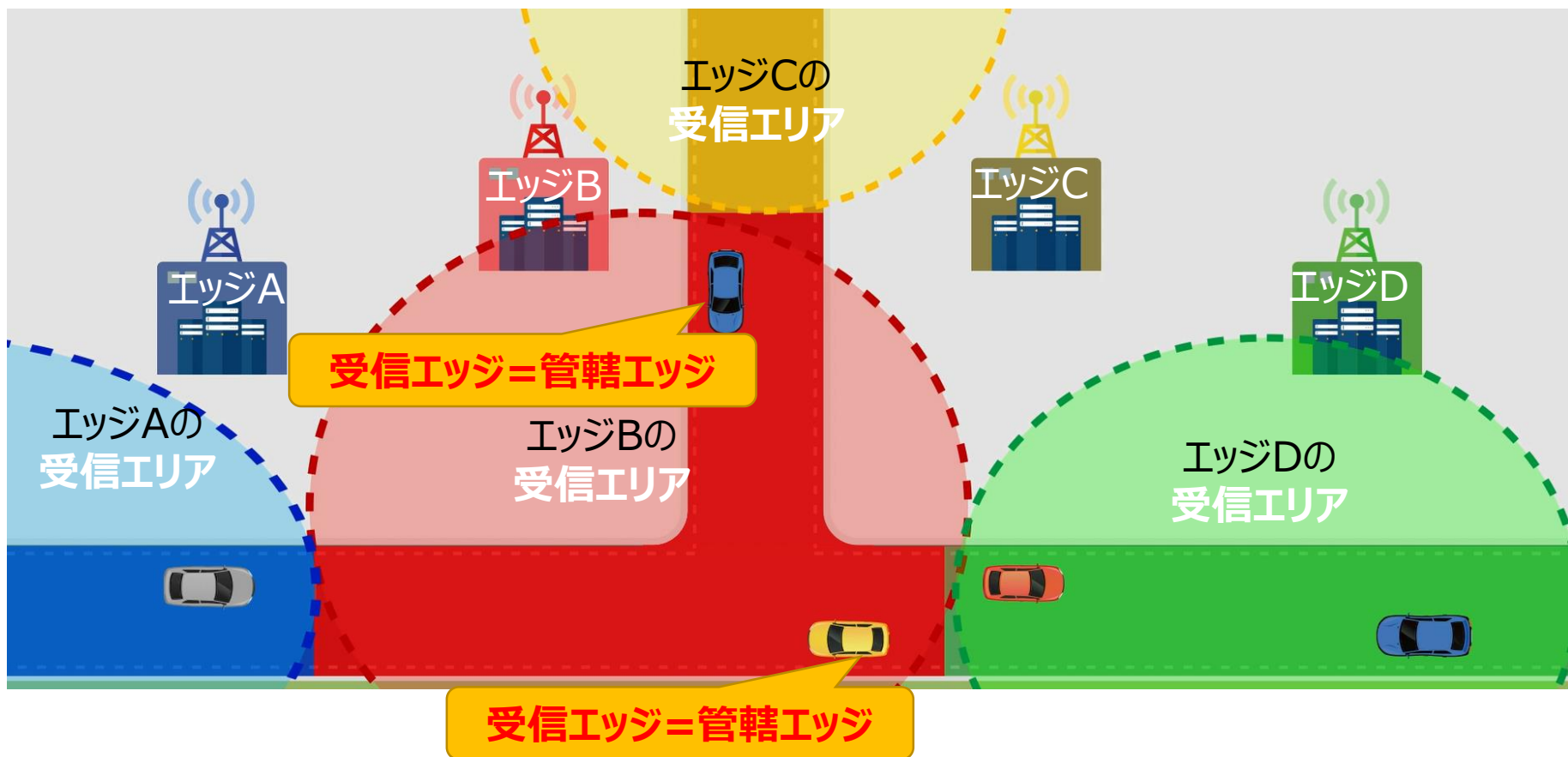
エッジによる局所的情報共有のためのエリア分割 (3/4)

分割された地理的エリア(レーンIDの集合)の情報の送信先となるエッジを**管轄エッジ**と呼ぶ



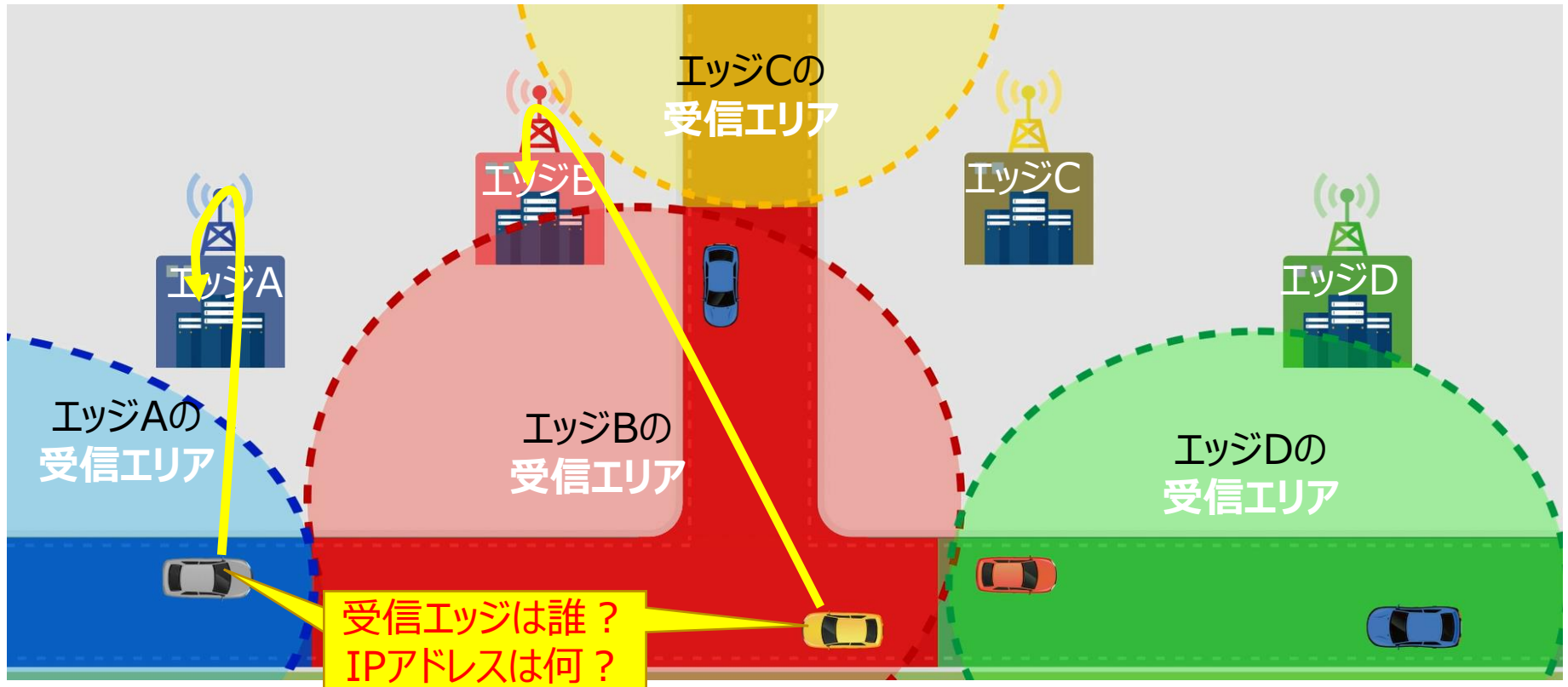
エッジによる局所的情報共有のためのエリア分割（4/4）

各車両が送受信をするエッジを**受信エッジ**と呼ぶ
各エッジが**受信するエリア**と**地理的管轄エリア**が一致することにより、エッジのリアルタイム性、分散処理性能を発揮できる



3層構造における移動体通信の課題（1/3）

課題 1：各車両は自身の受信エッジのIPアドレスをどうやって知るか？
通信相手がクラウドであれば一意に決まるが…

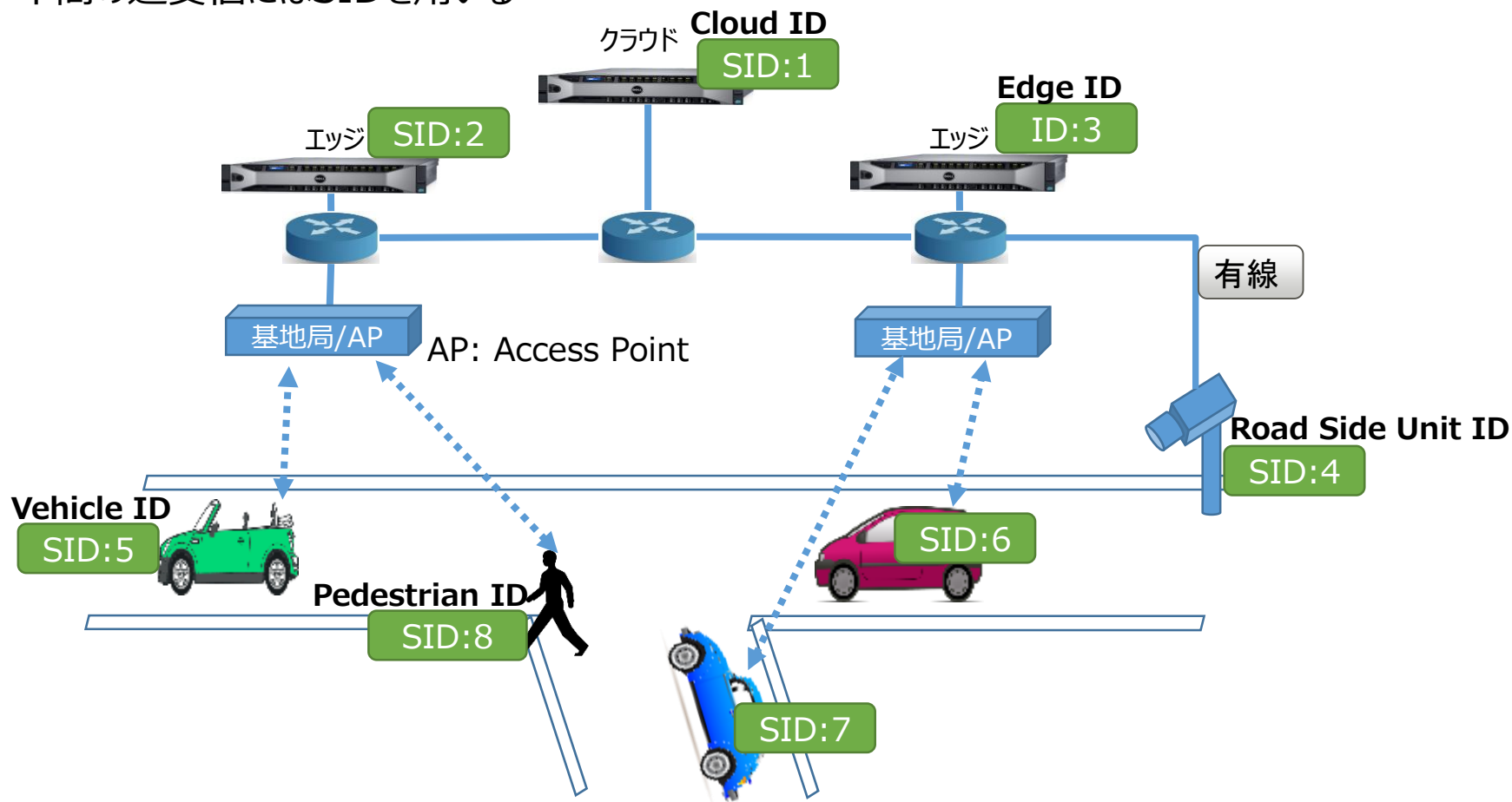


車両と受信エッジ間の通信の確立が必要

DM2.0のネットワーク構成と識別子

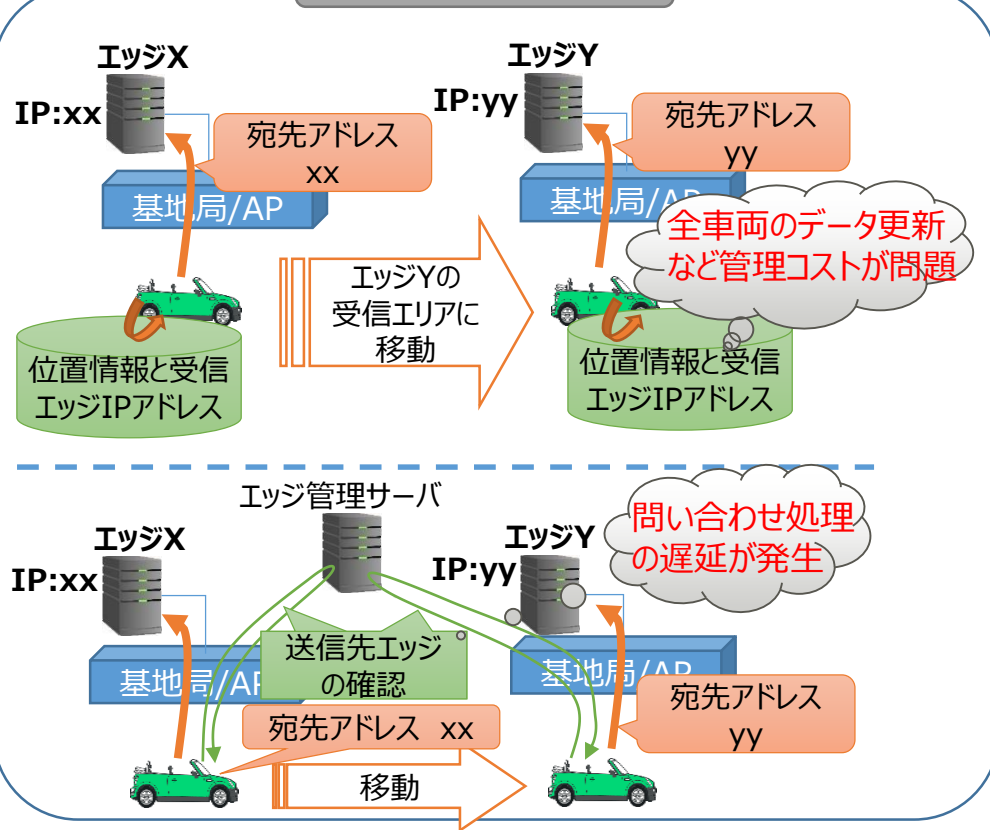
DM2.0では通信手段や他ネットワークの横断に依存しない通信を実現するため、クラウド、エッジ、車両など通信を行う全てのノードに固有のID「**Station ID**」(以降**SID**と呼ぶ) を割り当てる

各ノード間の送受信にはSIDを用いる

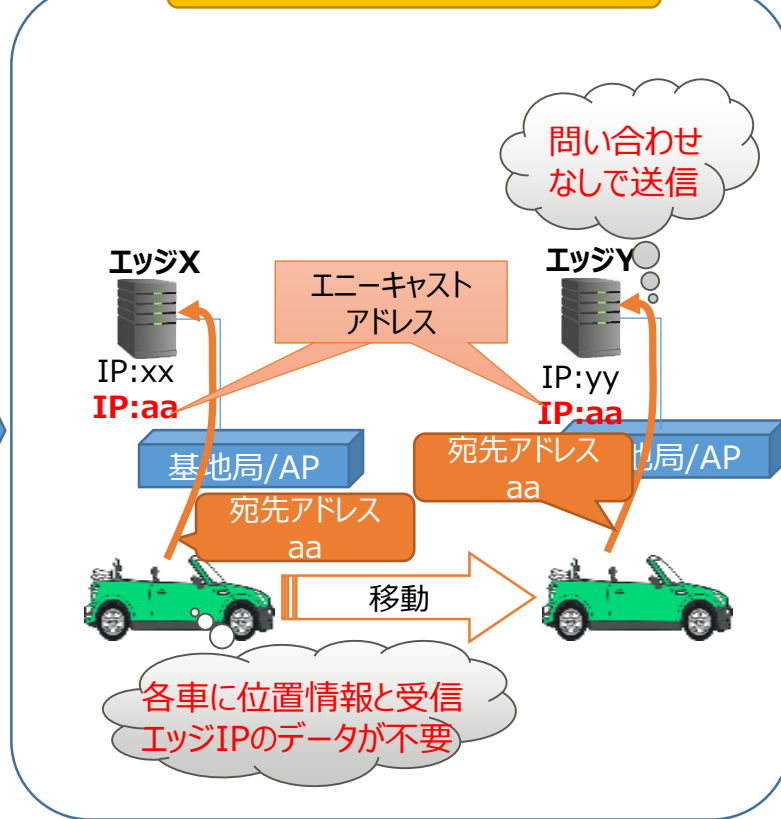


課題 1 への対応：車両と受信エッジ間の通信の確立

比較技術



DM2.0PFの技術

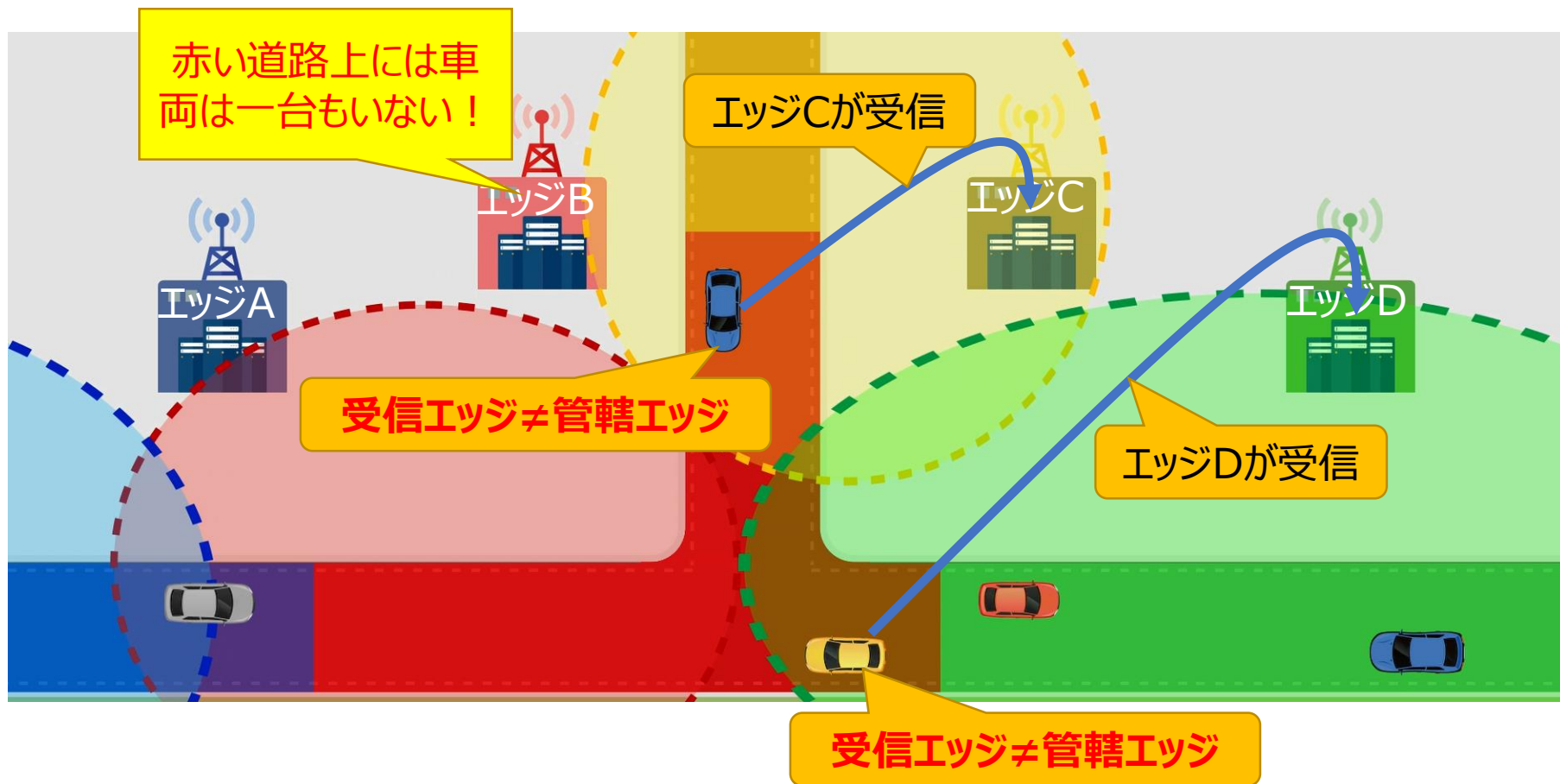


車両からヘッジへの通信にはエニキャストUDP通信を利用

エッジ間を跨いで移動する車両から最寄りエッジへの通信を、ネットワーク環境の変化に伴う運用コストを抑え、且つ、低遅延接続を実現

3層構造における移動体通信の課題（2/3）

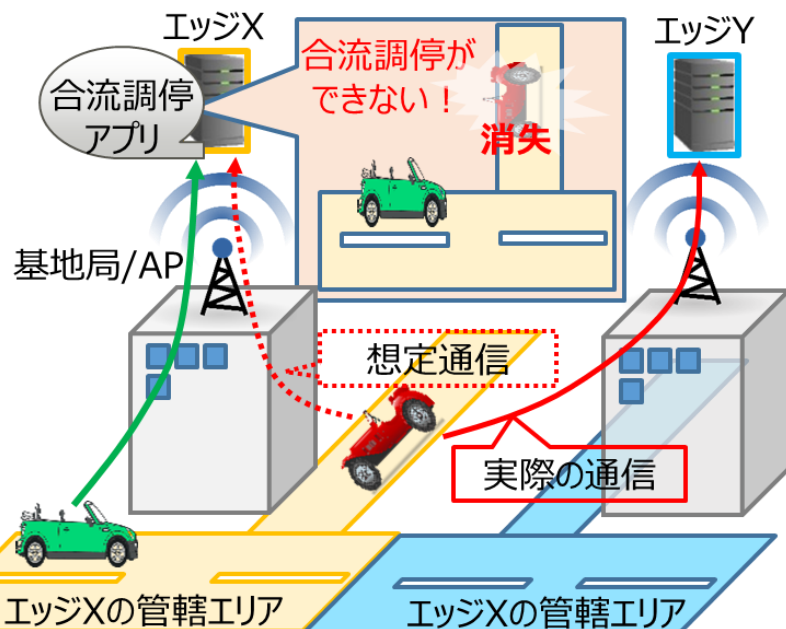
課題2：管轄エッジの管轄エリアと、受信エッジの受信エリアが一致しない場合、正確な狭域情報が作成できない



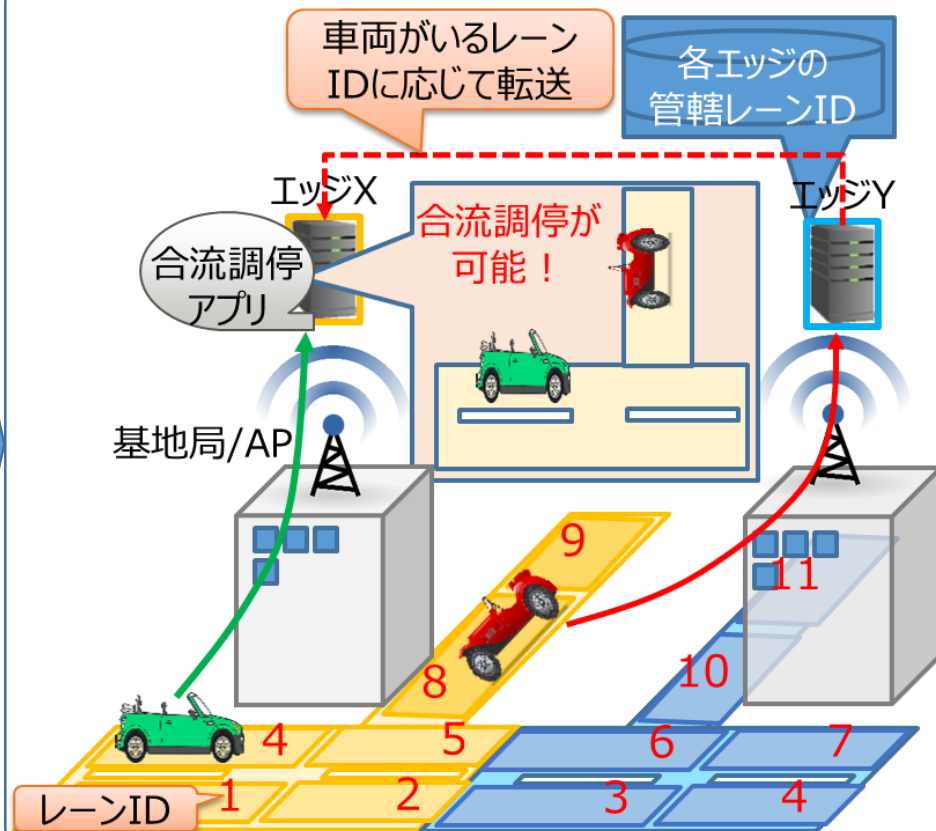
無線区間電波状況に依存しないデータ収集が必要

課題 2 への対応：無線区間電波状況に依存しないデータ収集

電波状況により目的の情報を収集できない



目的の情報を常に収集できる

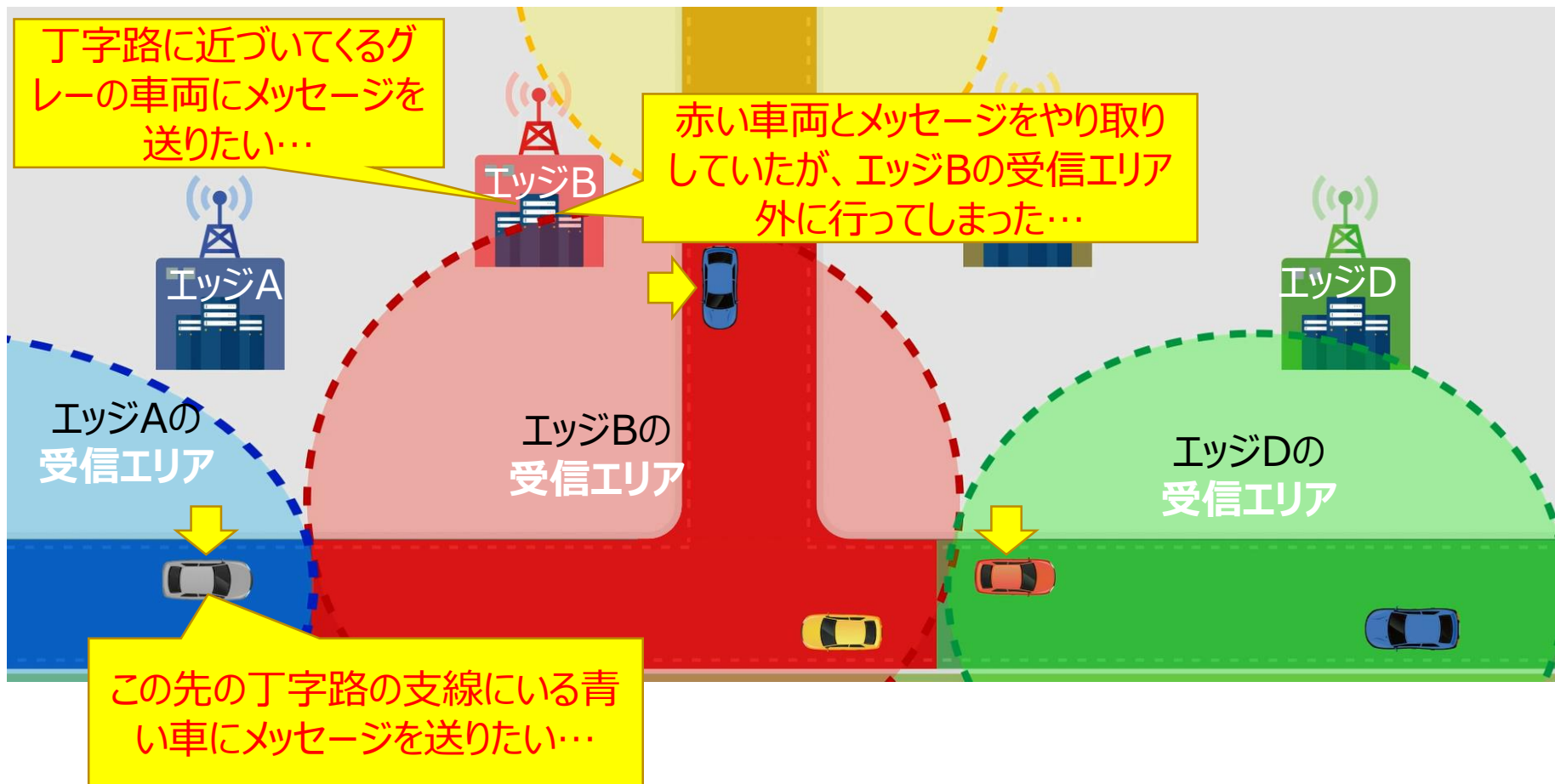


車両が捉えた送信時の道路上の位置情報(レーンID)とエッジ間連携機能を利用

電波状況に影響されず、車両の道路上の位置に応じた正しい管轄エッジに到達できるネットワークを実現

3層構造における移動体通信の課題 (3/3)

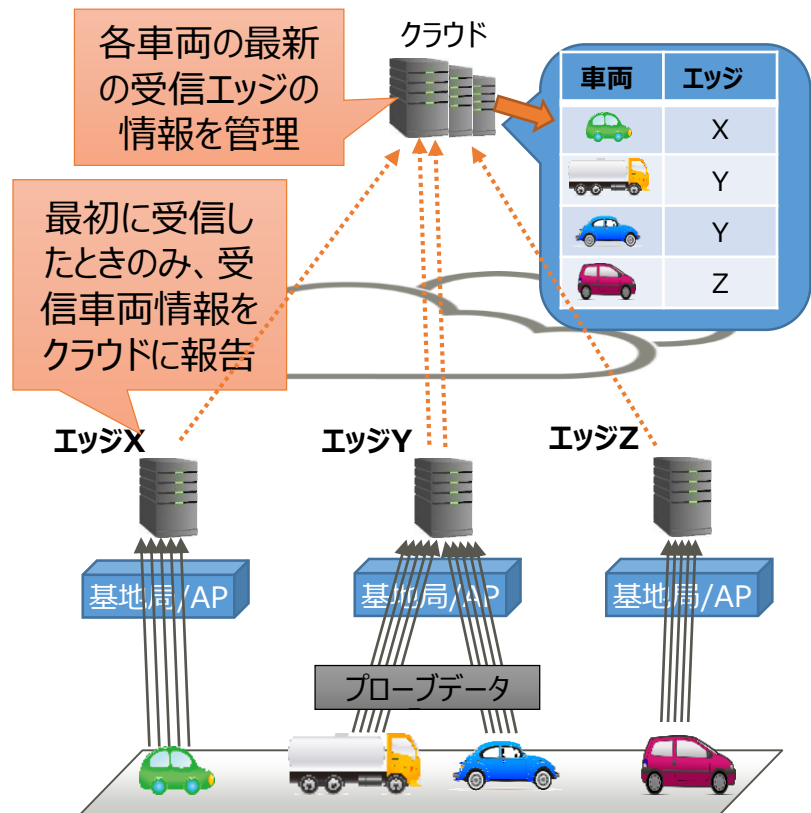
課題3 : 車両の移動に伴い受信エッジが変わるため、ノード間の通信をどう確立するか？



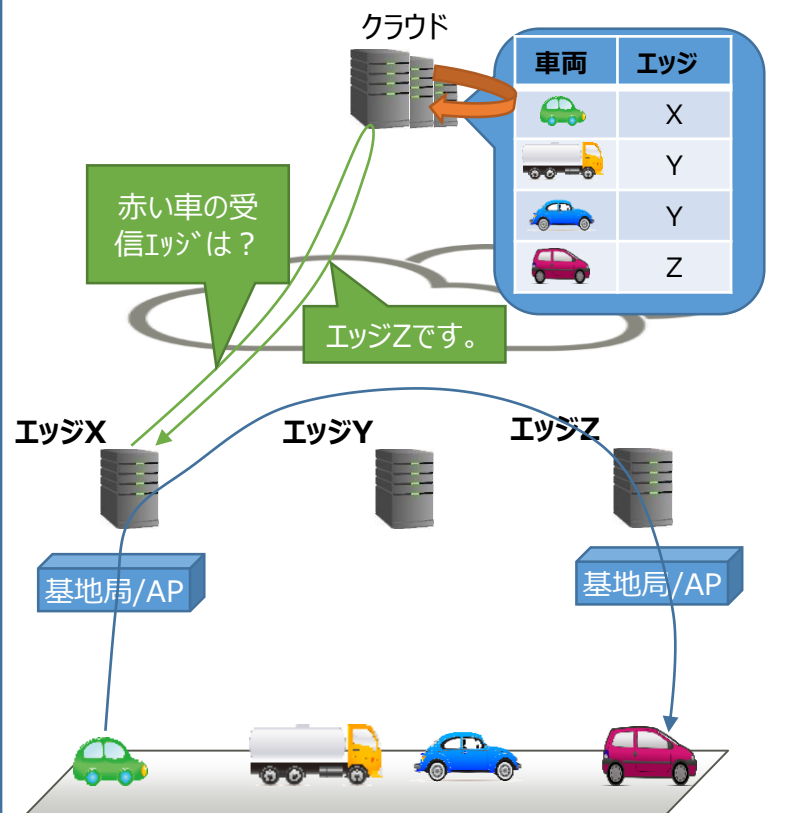
移動する車両と各ノード間の通信の確立が必要

課題 3 への対応：移動する車両と各ノード間の通信の確立

車両の位置情報通知



車両の位置情報検索



最新の車両の受信エッジ情報をクラウドで管理し、該当エッジからのみデータを送信

エッジ間を跨いで移動を続ける車両に対して、クラウド又は他の車両からのデータ送信を通信コストを抑えて実現

ダイナミックマップとは？

アプリ+実証実験

DM2.0PFのユースケースの選定

- DM2.0PFを運用することで、個々の車両のセンサの範囲外まで視野を広げる事が可能
⇒ この機能を使って交通社会における
どんな**課題**を解決できるか？
どんな**サービス**が生まれるか？



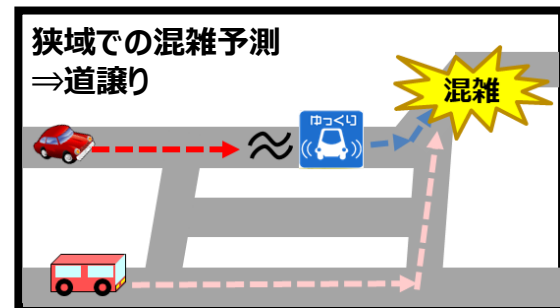
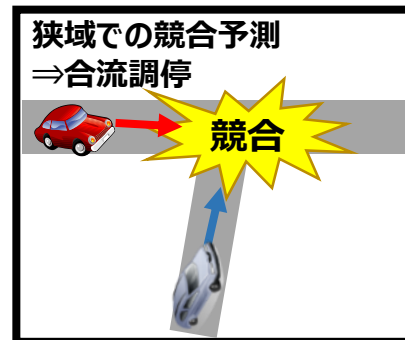
- これまで以下のユースケースに取り組んできた

- 合流調停**

- ・ シミュレータによる実験(2017年度～)
- ・ 公道での実証実験(2018年度～)

- 道譲り支援**

- ・ シミュレータによる実験(2019年度～)
- ・ 公道での実証実験(2019年度～)



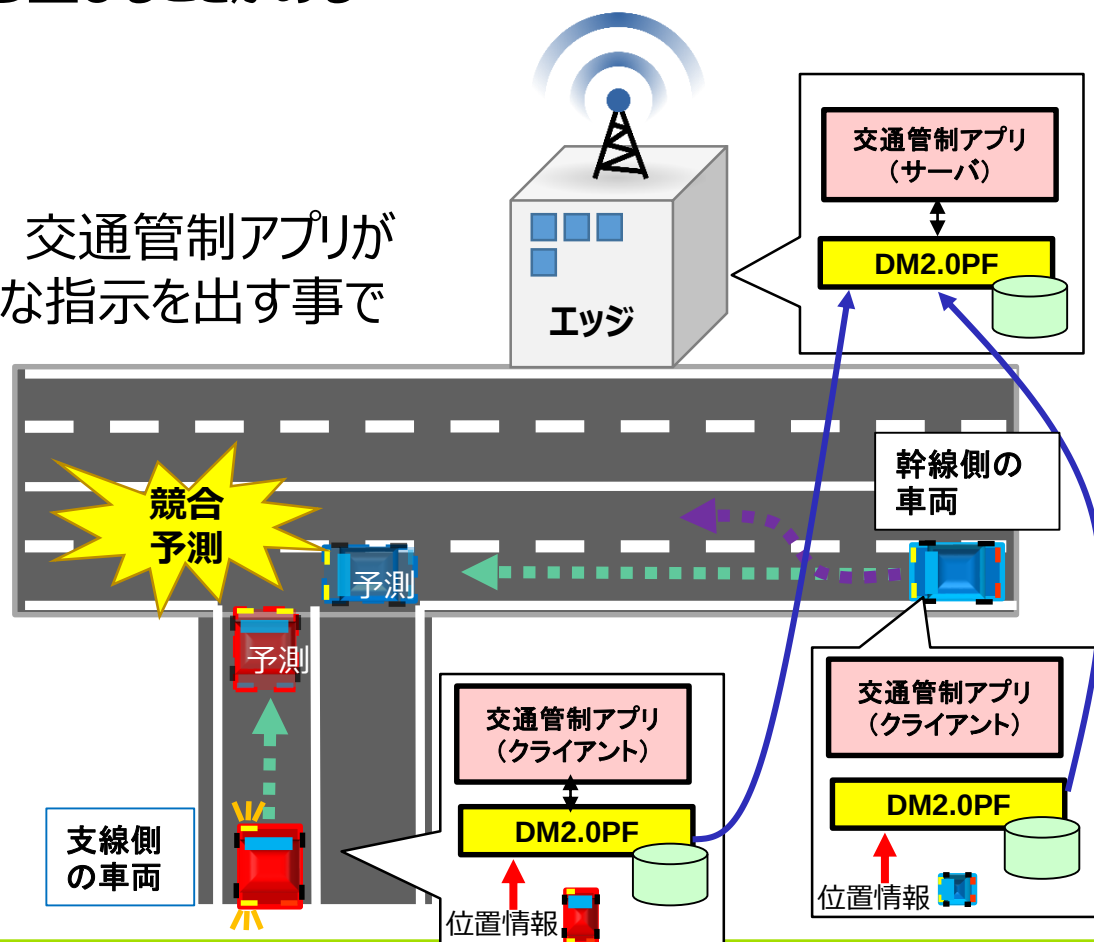
ユースケース：合流調停

課題

合流地点での交通事故は，車両間にて
「どちらの車両が先を行くか？」，「避ける必要があるか？」等の
判断の誤り，迷い，不注意から生じることがある

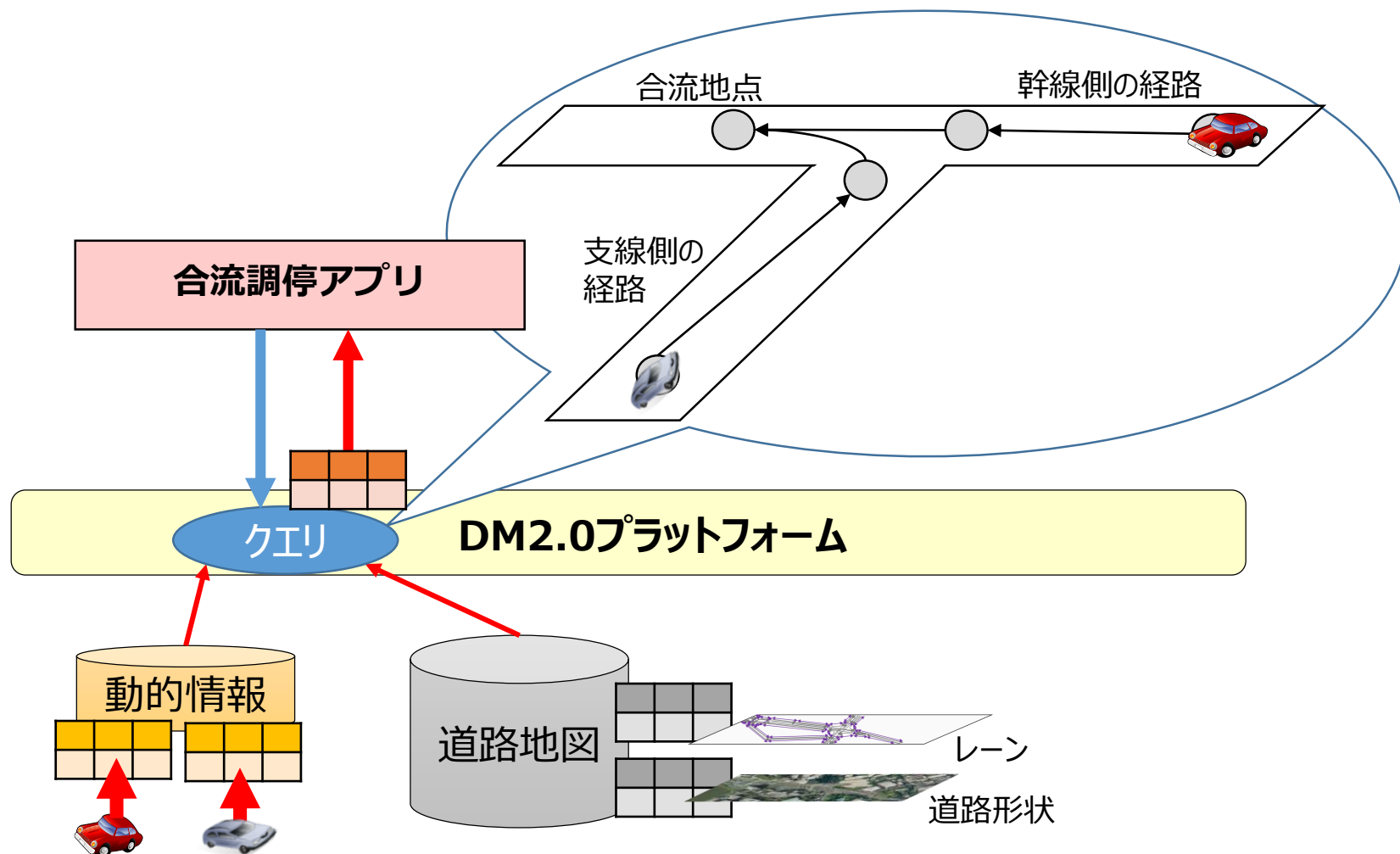
解決策「合流調停」

合流路に向かう車両に対して，交通管制アプリが
現場の状況から判断し，適切な指示を出す事で
危険な状況を事前に防ぐ



DM2.0アプリの開発事例(1)：合流調停

- ダイナミックマップへ問い合わせる内容
 - 合流地点に向かう経路上に、競合関係となる車両のペアがいるか？



合流調停のシミュレーション

運転シミュレータ
(ドライバ視点)

交通シミュレータ
(俯瞰視点)

一時停止

幹線

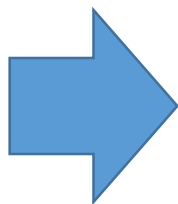
幹線にいる車を運転しています。

合流調停のシミュレーション

- 交差点で競合する可能性を
ダイナミックマップから検知して
エッジからシミュレータ上の車両へと
適切な指示 (レーン変更, 減速)
を出すことで
危険な状況を事前に防いだ



調停あり



合流調停の公道での実証実験

- 2018年度、合流調停の実証実験を公道 3 箇所
(名古屋市内、**東京お台場**、**横須賀YRP**) にて実施
 - 東京お台場**
SIP-adus (第1期)「ダイナミックマップ」大規模実証実験に参加
SIP-adusの高精度地図を活用して実験
 - 横須賀YRP**
総務省自律型モビリティシステム実証実験に参加
エッジ・コンピューティング環境による合流調停の実験に成功

※実験では
人運転



実験場所：お台場フジテレビ前交差点



実験場所：YRPセンタ1番館前交差点

ユースケース：道譲り支援

課題

自動運転車両と手動運転車両の混在する環境では、法定速度を遵守するポリシーの違いから、混雑や渋滞が起こる可能性がある

名古屋大学COIでは、ラストワンマイル交通輸送として
ゆっくり自動運転®の実証実験中



解決策「道譲り支援」

ゆっくり自動運転車両が
後続の一般車両に道を譲る
機能が求められている

ゆっくり自動運転車両の後部カメラの様子
(カメラで捉えた時には既に数台追いつかれている)



ゆっくり自動運転® コンセプト

ゆっくり（時速 20 キロ以下）走行することで、人や社会と協調する自動運転を実現

サービス

- 無人 (Driverless) でも使いやすいサービス
- 交通弱者へのサービスや公共交通の補強をメインに
 - ・近距離輸送 (シェアド・ラストマイル・モビリティ、巡回バスなど)
 - ・無人回送 (カー・シェアリング、自動バレーパーキングなど)

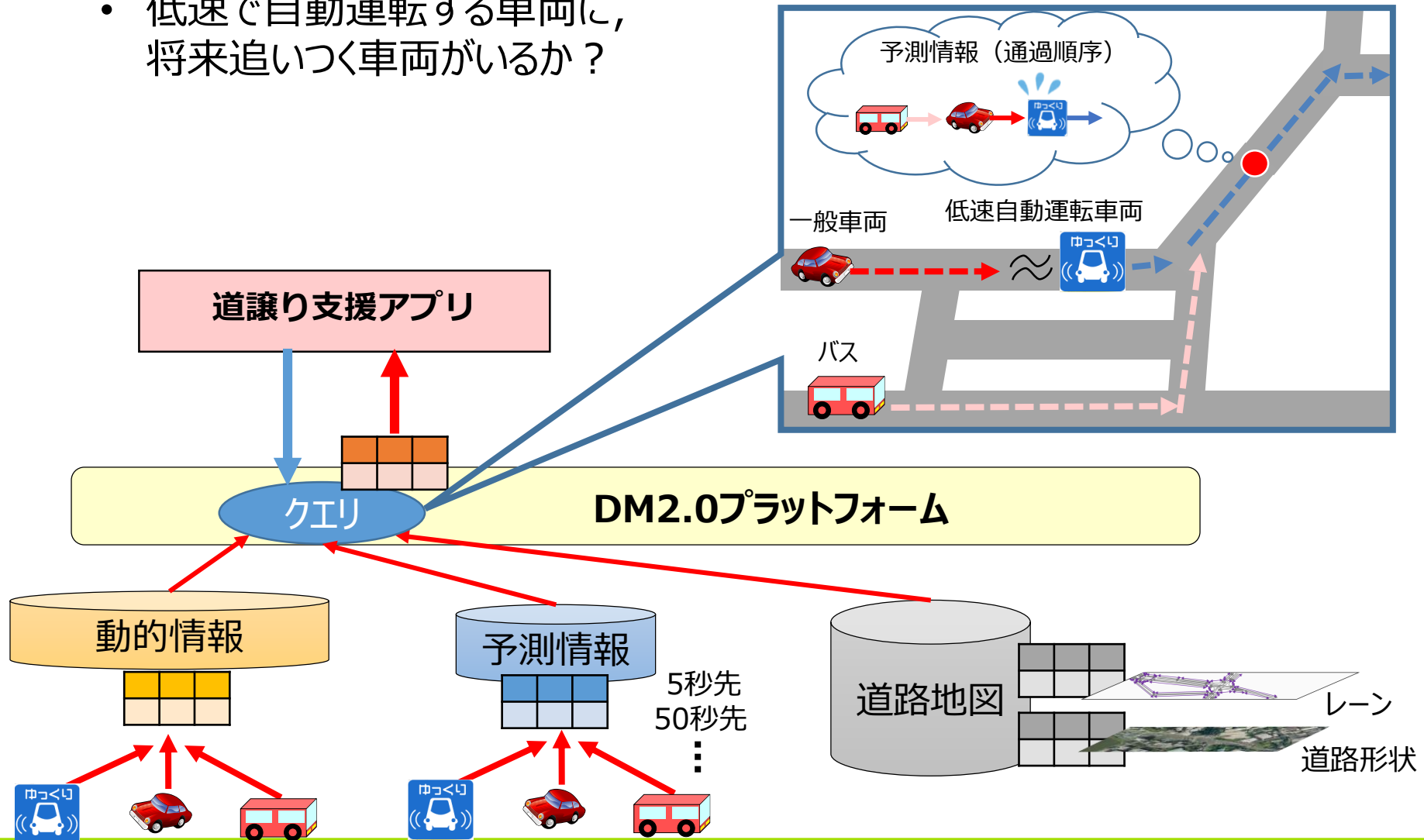
走行性

- 乗員が違和感をもたない乗り心地
- 周囲との親和性が高い挙動



DM2.0アプリの開発事例(2)：道譲り支援

- ダイナミックマップに問い合わせる内容
 - 低速で自動運転する車両に、将来追いつく車両がいるか？



道譲り支援の実験計画

- 公道での実証実験
 - 名古屋大学COIゆっくり自動運転プロジェクトの実験フィールドにて2019年度下期に行う予定
- スマホ向けアプリの開発
 - 実験フィールドの交通状況を視覚化するために準備する予定
- シミュレータによる実験
 - 道譲り支援アプリの指示を受けて、交通シミュレーション内の車両が道路脇に寄せて、後続車をやり過ごす実験を行う予定



スマホ向けアプリ（イメージ）

■ 実用化にむけたリアルタイムデータ処理のさらなる高信頼化

- ✓ **ネットワークセキュリティ**
通信データの改ざん, 盗聴
- ✓ **データセキュリティ**
なりすまし防止
- ✓ **アクセス管理**
プライバシー保護
- ✓ **センサデータ精度向上**
複数センサデータの融合

ダイナミックマップ2.0の高信頼化技術に関するコンソーシアム (DM高信頼化コンソ)

研究参加について

ダイナミックマップに関連するこれまでの研究開発の経緯

- **CLOUDIAコンソーシアム** [2009年4月～2016年9月]
 - ✓ 車載データ統合アーキテクチャに基づく組込みリアルタイム向けデータストリーム管理システムのプラットフォーム開発とダイナミックマップへの適用
 - ✓ 車載, クラウド
- **名古屋大学COI (交通情報システムグループ)** [2014年4月～2016年3月]
 - ✓ 都市レベルでの交通に関するセンサーデータの収集・管理・活用を実現する「交通社会ダイナミックマップ」のプロトタイプシステムを開発
 - ✓ クラウド
- **ダイナミックマップ2.0コンソーシアム** [2016年10月～2020年3月]
 - ✓ クラウド, エッジ, 組込みにまたがる協調分散型の情報管理基盤として, ダイナミックマップのネットワークアーキテクチャの提案とプロトタイプシステムを開発
 - ✓ 車載, エッジ, クラウド

⇒ ダイナミックマップ2.0に関する基礎部分の技術はほぼ仕上がった

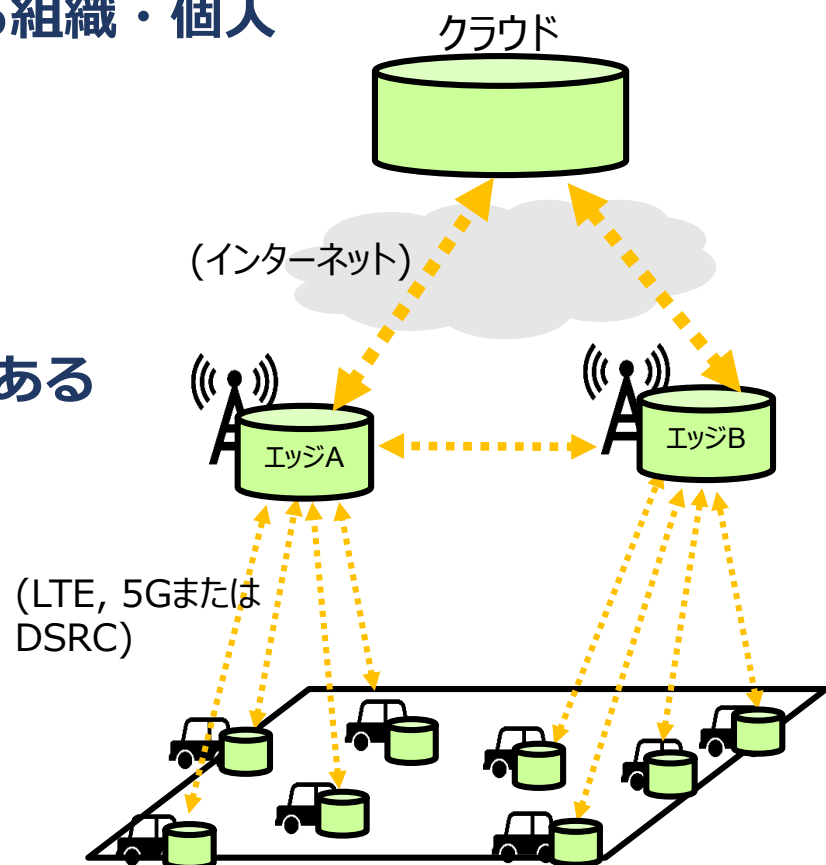
ダイナミックマップ2.0のこれから

■ 実際にどこかの地域に導入して実験する段階

- ✓ DM2.0へ交通情報を出してくれる組織
- ✓ DM2.0をサービス運用してくれる組織
- ✓ DM2.0の交通情報を利用してくれる組織・個人
- ✓ ...
と協力して実施したい

■ 技術面の課題

- ✓ 運用に向けて信頼性を高める必要がある
 - ✓ 通信の信頼性
 - ✓ データの信頼性
 - ✓ サービスの信頼性
 - ✓ ソフトウェアとしての信頼性



次期ダイナミックマップ2.0コンソーシアム

- 和名 : 「**ダイナミックマップ2.0の高信頼化技術に関するコンソーシアム**」
- 英名 : 「**Dependable Dynamic Map 2.0 Consortium**」
- 略称 : DDM, D2M, DDM2, D2M2, 高信頼化DMコンソ, 高信頼DMコンソ, DM高信頼化コンソ, DMコンソ2期, DMコンソ(1期との違いを区別しない場合), DM2.0高信頼化, DM2高信頼化コンソ
- 期間 : **2020年4月～2023年3月 (3年間)**

次期ダイナミックマップ2.0コンソーシアムのゴール

■ ゴール「ダイナミックマップ2.0の高信頼化」

- ✓ 研究，開発，実証実験を実施する
- ✓ 何をもって高信頼化を達成したというのか？

⇒ 実社会でのDM2.0の運用実績ができること

- ✓ 自治体レベルにおいて，オープンなダイナミックマップを運用
- ✓ 様々な組織からアクセスされる上での課題を解決
- ✓ 長期運用することで，実運用に耐えられる信頼性と実績を獲得

✓ 適用先候補：

➤ 愛知県春日井市高蔵寺ニュータウン

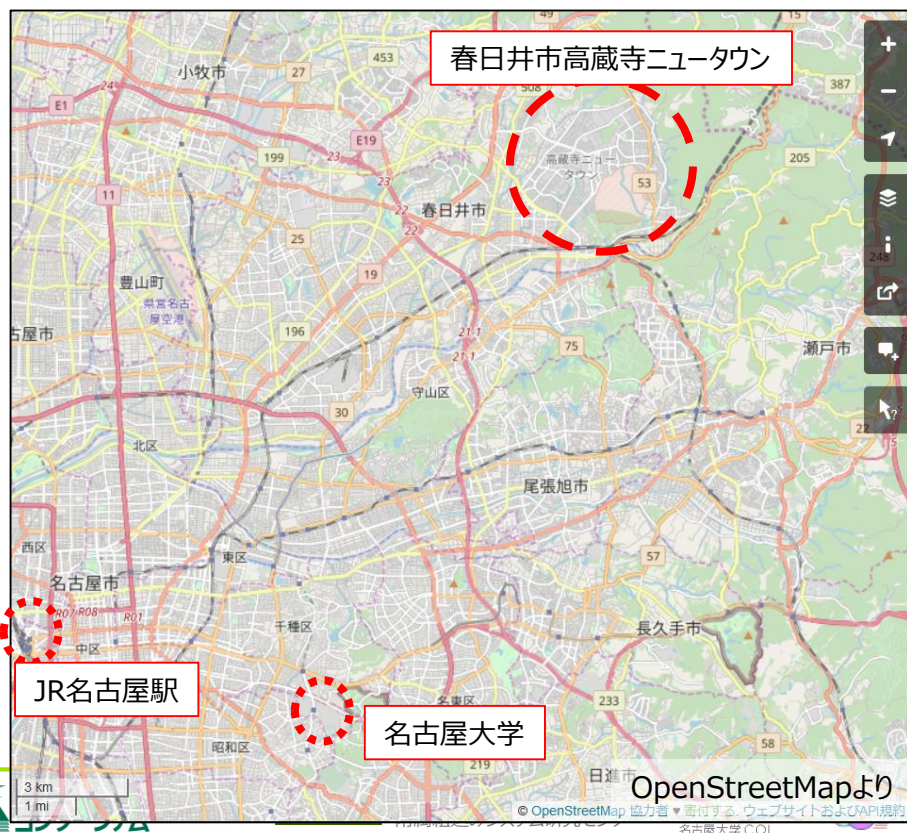
- ・ 名古屋大学COI「ゆっくり自動運転」プロジェクトの実験フィールド

➤ 国や自治体の実証実験（次期コンソメンバーの意向次第）

➤ 次期コンソメンバーが持つ実験場など（許可が頂ければ）

参考情報：愛知県春日井市高蔵寺ニュータウン

- ✓ 名古屋市中心部から20km圏内に位置し、日本三大NTの1つ
- ✓ 1968年に入居開始で、2018年はまちびらき50年
- ✓ 1995年にピーク人口5.2万人、現在は4.3万人、高齢化率32%
- ✓ NT内に鉄道駅がなく、バスに大きく依存
- ✓ 坂道・起伏が多いため、バス停へのラストマイルサービスが必要



ゆっくり自動運転プロジェクト

高蔵寺NTにおいて、センター地区とコミュニティセンターを巡回する監視員付き自動運転サービスを実装

2018年度に技術実証実験を実施



次期DMコンソーシアムで取り組みたいユースケース例

■ 自動車OEM（自動運転車・一般車）向け

✓ デジタルコーナミラー

- ・ 「次の交差点で、死角になっている道路から出てくる移動体がいそうなら教えてほしい」

✓ 車両接近アラート

- ・ 「歩車分離されていない道路で車両が歩行者の後ろから近づく場合に、事前に接近を通知してほしい」

■ 道路インフラ会社向け

✓ 一般道での合流調停

- ・ 「支線から本線へ入ろうとする車両がいたら、本線のどの車の後に入ったらよいのか教えたい」

✓ 仮想信号

- ・ 「物理的な信号機が置かれていない交差点でも、通信を使って交通流を制御したい」

■ 道路管理者・自治体向け

✓ 渋滞制御

- ・ 「各車両の走行計画を集約し、許容量を超える道路が発生しないように迂回路を推薦したい」

✓ レーン単位道路課金

- ・ 「どのレーンをどの程度の速度で何秒走行したかに応じて、道路利用料金を請求したい」

■ ナビ会社向け

✓ 旅行時間推定

- ・ 「ほかの車両の動きや信号の状態を考慮した旅行時間の情報を提供したい」

■ バス・タクシーなど交通事業者向け

✓ 後続車へのバスの追い越し支援

- ・ 「このバスは次の停留所で止まるので、後続車へ今のうちに右車線へ移った方が有利だと伝えたい」

道路交通以外へ展開可能なユースケース例

■ 物流向け

- ✓ 倉庫内の荷物運び車, 移動ロボット
 - 「倉庫内の従業員と移動ロボットの現在位置を管理したい」
 - 「トラックが○分後に到着するから, 入り口近くの経路を積み下ろしロボット用に予約したい」
- ✓ 移動販売車
 - 「人がより多く集まっている公園を教えてほしい」
 - 「購入者の現在地と移動経路から, 商品の受け渡しに最適なポイントを教えてほしい」

■ 医療・介護向け

- ✓ 電動自動車いす
 - 「車いすの目的地までの経路上に障害物がないか確認したい」

■ 観光地, テーマパーク向け

- ✓ 人流制御
 - 「行列の末尾の位置と, 予想待ち時間を教えてほしい」
 - 「今の時間で混雑していないレストランを教えてほしい」
- ✓ 避難誘導
 - 「最も近い非常口を教えてほしい」



ダイナミックマップ2.0技術の課題

- 実社会での運用に向けて、技術としても**信頼性**を高める必要がある
 - **通信の信頼性**
 - 通信障害、輻輳（通信の集中）への対応
 - 盗聴・改ざん・なりすましの防止など
 - **データの信頼性**
 - ノイズの混入やデータの欠落への対応，センサーの精度の改善
 - データ操作についての権限を設定，個人情報情報の漏洩への対応
 - ノイズの発生源に対する対応
 - **サービスの信頼性**
 - リアルタイム性，デッドラインの保証
 - 大規模データに対するスケーラビリティ，高負荷状態への対応
 - サーバ障害への対応，障害回復の手順，管理コスト増加への対応
 - **ソフトウェアとしての信頼性**
 - バグ修正，クエリやユーザ定義関数の事前検証・デバッグ

現行のDM2.0コンソ と 次期DMコンソ の関係

- **次期DMコンソ**は、**現行のDM2.0コンソ**の延長ではなく、**新規コンソとして扱う**
 - 現メンバーへのアンケートの集計結果では、コンソを延長する形ではなく、新規に立ち上げるべきという意見が多かった
 - **次期DMコンソ**での **現行のDM2.0コンソ**の**成果物の扱い**
 - オープンな成果（世の中に公表しているもの）
 - クローズな成果（現メンバーに限定して提供しているもの）
1. **次期DMコンソ**内での研究開発活動の場合
 - **現行のDM2.0コンソ**の全ての成果物を利用可能とする
 2. **次期DMコンソ**メンバーが**現行のDM2.0コンソ**の成果物を持ち帰って組織内で利用する場合
 - オープンな成果に由来するものは、そのまま持ち帰って利用可能
 - クローズな成果に由来するものは、**次期DMコンソ**メンバーが**現行のDM2.0コンソ**メンバーから**購入する**
 - 購入しない場合は評価結果のみ持ち帰ることができる

ダイナミックマップ2.0
コンソーシアム
(現行のDM2.0コンソ)

別のコンソ

ダイナミックマップ2.0
の高信頼化技術に関する
コンソーシアム
(次期DMコンソ)

他プロジェクトとの並走関係について

- **名古屋大学COI** [2022年3月まで] <http://www.coi.nagoya-u.ac.jp/>
 - JST COI STREAMの研究予算
 - 次期DMコンソの研究の一部を名古屋大学COIの研究として実施する
- **人間機械協奏技術コンソーシアム(HMHSコンソ)** [2021年3月まで] <https://www.hmhs.jp/>
 - JST OPERAの研究予算
 - 次期DMコンソの研究の一部をHMHSコンソの研究として実施する
- **第2期SIP-adus東京臨海部実証実験** [2021年3月まで]
 - 名古屋大学として参加している
 - 参加者負担のため単独の研究予算は無い

参加形態

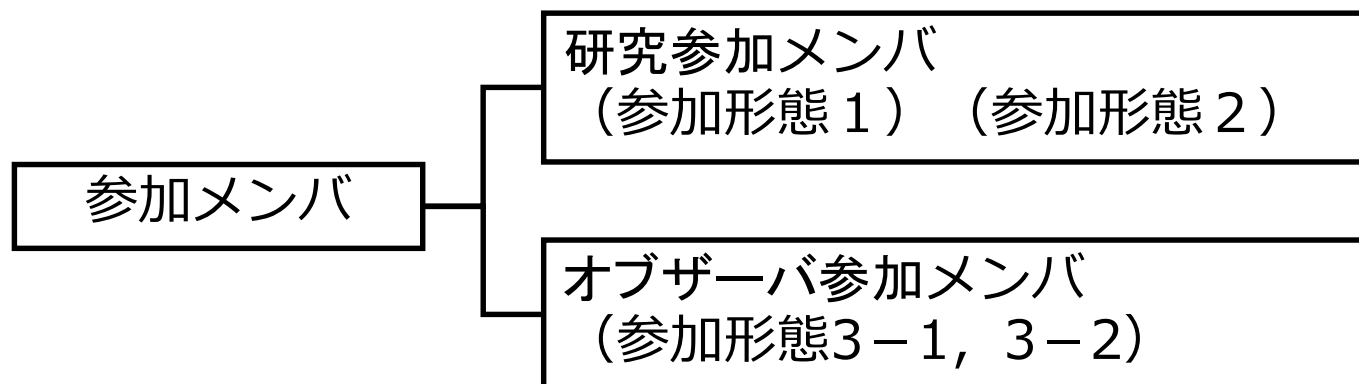
3種類の参加形態

(参加形態1) 研究参加 (人的参加 + 研究費)

(参加形態2) 研究参加 (研究費のみ)

(参加形態3) オブザーバ参加 (公的機関・非営利機関)

- 参加形態により, 「参加メンバ」を
「研究参加メンバ」と「オブザーバ参加メンバ」に分類
 - 両者では, 知財権の取り扱いが異なる (後述)



参加形態別の解説

(参加形態1) 研究参加（人的参加 + 研究費）

- コンソ型共同研究にフルタイムで従事する開発技術者1名と研究費を出す形で参加
- 人的参加： NCESに常駐し、フルタイム*で研究開発に従事
(*） 定期的な1日/月の、自社への帰社は認められる。
それ以上の定期的な帰社は、参加費を増額する場合がある。

(参加形態2) 研究参加（研究費のみ）

- 研究費のみを出し、研究員を出さない

(参加形態3-1) オブザーバ参加（企業）

- 成果物の持ち帰りができない参加形態

(参加形態3-2) オブザーバ参加（公的機関・非営利機関）

- 公的機関・非営利機関のみ、研究費なしでオブザーバ参加が可能
例：各省庁，JARI，日本デジタル道路地図協会，JSAE，JEITA，大学

共同研究の参加費用

単位：万円

- 参加形態 1, 参加形態 2

$$\text{参加費用} = (900 - A) + B \times C$$

A：名大に常駐する社員の評価額

300から900まで間の金額（300:初級技術者, 900:上級技術者）

B：共同研究員に係る研究料

6ヶ月超：40万円, 6ヶ月以内：20万円（一人あたり）

C：消費税加算

$$(1 + \text{消費税}) = 1.10$$

※参加費用には一般間接費（参加費用の30%）を含む

例：参加形態1：初級技術者(A=300万円)が, 1年間参加する場合

$$644\text{万円} = (900 - 300) + 40 \times 1.10$$

例：参加形態2：研究費のみの参加

$$900\text{万円} = (900 - 0)$$

- 参加形態 3 - 1（企業）

$$\text{参加費用} = 100\text{万円}$$

- 参加形態 3 - 2（公的機関・非営利機関）

$$\text{参加費用} = 0$$

DM高信頼化コンソへの参加企業の責務

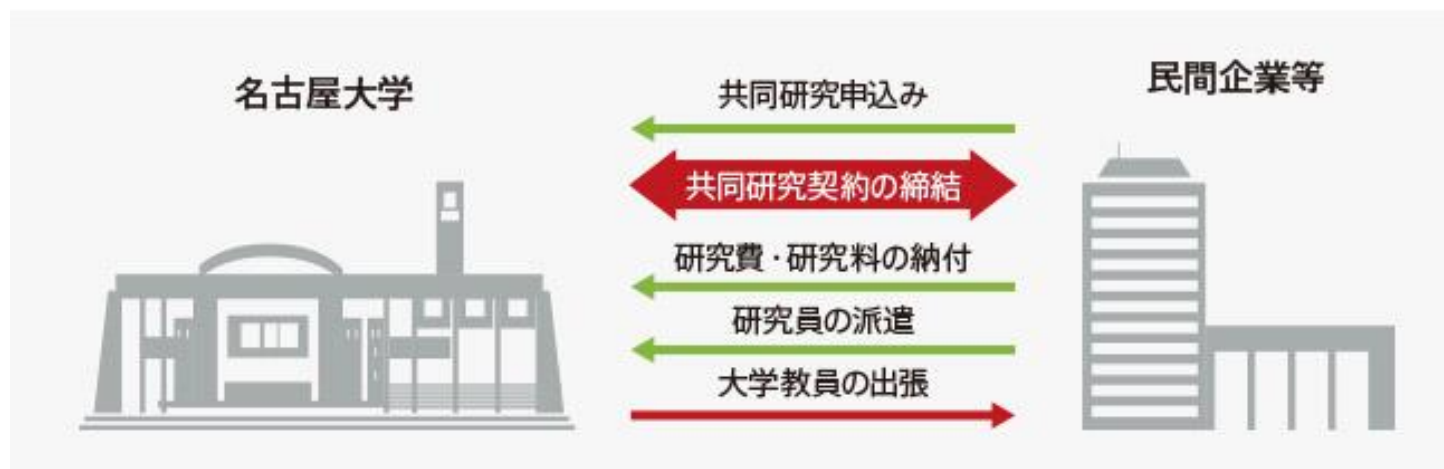
- DM高信頼化コンソの一部の研究を名古屋大学COI（以下、COI）の枠組みの中で実施することから、参加企業には、以下の責務が課せられる。
 1. 参加企業は、COIの「共同研究開発機関」になり、法人名を公開することに同意する（特段の拒絶理由がある場合は別途協議）
 2. DM高信頼化コンソにより得られた研究成果に関する情報を、COI実施のために必要と認められる範囲で、COIの構成員に対して開示することに合意する（ただし、守秘義務が課されている情報については、この限りでない）
 3. DM高信頼化コンソにおいて創製した知的財産権について、COIの構成員が、COIの試験/研究のために実施するときには、実施料などの対価を支払うことなく実施できることに合意する。また、日本版バイドール規定の適用対象となることに同意する
 4. DM高信頼化コンソの研究成果を、JSTに対するCOIの報告に含めることに同意する。また、DM高信頼化コンソの参加研究者を、JSTに提出するCOIの参加者リストに含めることに同意する（発明者、論文共著者になる可能性のある研究者は掲載が必須）

DM高信頼化コンソでの知的財産権の扱い

- 知的財産権の帰属
 - 発明の特許権は、その発明に寄与した研究者/技術者を出した企業および大学が、寄与した比率で所有する
 - 開発したソフトウェアの著作権は、その開発に研究者/技術者を出した企業および大学が、出した研究者/技術者の数に応じた比率で所有する
 - 研究費のみを出した企業は、著作権を持たない
- クローズな開発成果の利用権
 - 研究参加メンバ（オブザーバを除く）は、クローズなものを含めて、開発成果を無償で利用することができる
 - クローズな開発成果は、研究参加メンバ以外に対して、有償でライセンスできる
 - ライセンス料の決定にあたっては、コンソーシアムに参加する際の費用負担を考慮する
 - 開発成果を有償ライセンスした場合、そのライセンス料は、開発成果の所有率に応じて所有者に分配する
 - オブザーバ参加メンバは、クローズな開発成果の利用権を持たない

研究参加手続き

- 手続きフロー



<http://www.aip.nagoya-u.ac.jp/industry/joint/conjunction/index.html>

問い合わせ先：

附属組込みシステム研究センター 事務室

E-mail: dm2-sec@nces.i.nagoya-u.ac.jp

Tel: 052-789-4228