

ダイナミックマップ2.0

協調型自動運転に向けた情報通信プラットフォームの役割

2022/10/31

佐藤 健哉

同志社大学 モビリティ研究センター

NCESにおける車載データ関連の研究開発（コンソーシアム）経緯

- 企業との連携により、車両周辺を監視するセンサ情報を、車載ECU，路側機，クラウド間で統合管理することで、協調型自動運転の安全性向上を目指す

2008-2012	2012-2016	2014-2016	2016-2020	2020-2023
データ統合	CLOUDIA	交通社会ダイナミックマップ	DM2.0	DM2.0高信頼化
トヨタ自動車との共同研究	トヨタ, 日立, 日立オートモティブ, デンソー, NEC通信など	名古屋大学COI : トヨタ, 豊田中研, 豊田市, 春日井市など	富士通, パナソニック, ヤマハ, NTTデータMSE, 住友電気など	NTTデータMSE, キヤノンIT, ヤマハ, 三菱総研など
複数ECU間に分散しているセンサデータを統合管理	クラウドを利用した複数車両間のセンサデータ管理 (LDM)	高齢者などの自由な移動を実現する社会システム	協調型自動運転に向けたリアルタイムデータの統合管理	協調型自動運転向け情報通信プラットフォームの高信頼化

(自律型) レベル3自動運転システムの商用化

- ホンダ トラフィックジャムパイロット
 - 特定条件下においてシステムが運転を実施
 - カメラ 2台
 - LiDAR 5台
 - レーダ 5台
 - 車載センサーで周辺を監視し走行

- 複数の高性能センサーであっても視野外は検知不能

外界認識 (車両周辺)

- カメラ
- レーダー
- ライダー

自車位置認識

- 高精度地図
- 全球測位衛星システム (GNSS)

ドライバー状態検知

- ドライバーモニタリングカメラ

自動運行装置に必要な対応・装備

- サイバーセキュリティ
- ソフトウェアアップデート
- 作動状態記録装置
- 外向け表示(ステッカー)

機能冗長化

- 電源系統
- ステアリング機能
- ブレーキ機能



Source : 加納 忠彦, 堀場 歩, 八代 勝也, 田村 祥, 石井 健太, レベル3自動運転システム—トラフィックジャムパイロット, 自動車技術, Vol.75, No.11, pp.22-28, 2021.

安全運転支援 ITS Connect DSSS(路車間通信) / CVSS(車々間通信)

- 右折時注意喚起

- 対向車線直進車, 右折先歩行者を注意喚起



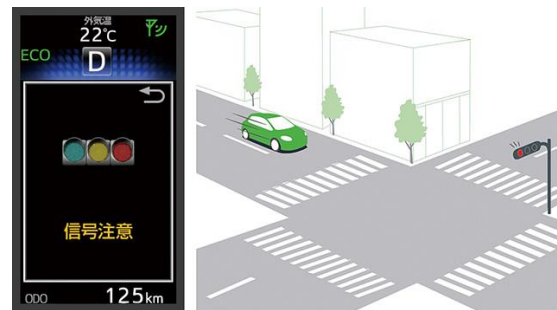
- 出会い頭注意喚起

- 交差点で左右から接近する車両を注意喚起



- 赤信号注意喚起

- 赤信号見落とし可能性の注意喚起



- 右折時注意喚起

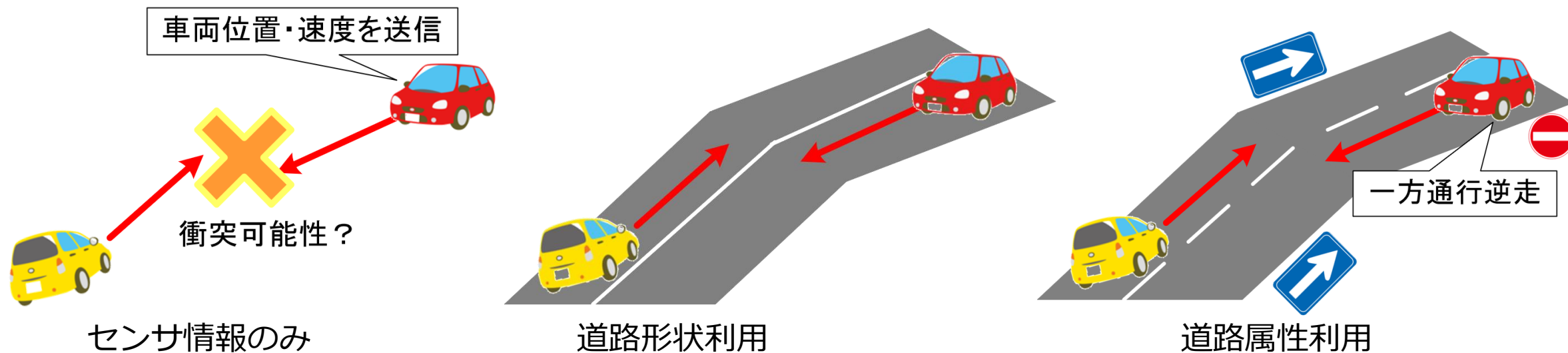
- 交差点右折時に対向直進車を注意喚起



出典: ITS Connect推進協議会 Webページ

協調型自動運転向け安全性向上 1 (センサ情報理解)

- センサ情報交換だけでは不十分で意味付けが必要
 - 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
- 衝突危険性判断



協調型自動運転向け安全性向上2 (センサ情報共有)

- 高性能センサ (カメラ, レーダ) でも見えないところは検知不能
- 死角情報を各車両間で共有し, 検知範囲を拡大

路側機Bが検知した物標情報

- 物標の代表点の位置
- 物標の幅, 高さ, (長さ不明)

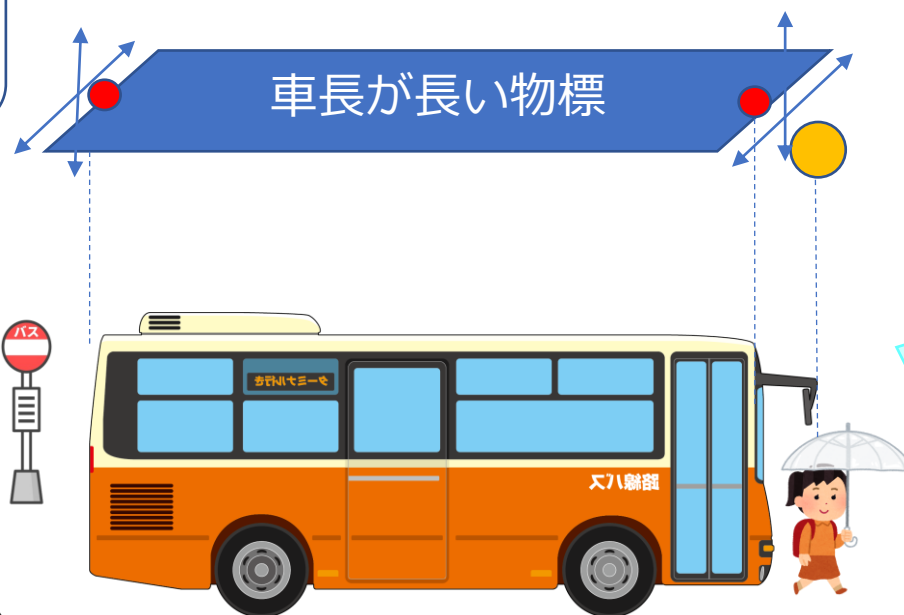
路側機Aが検知した物標情報

- 物標の代表点の位置
- 物標の幅, 高さ, (長さ不明)

センサB

バス背面のみ
検知可能

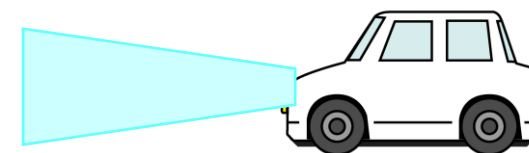
車載センサでは
歩行者の検知不能



センサA

バス前面のみ
検知可能

車両と歩行者の物標情報
の分離が必要



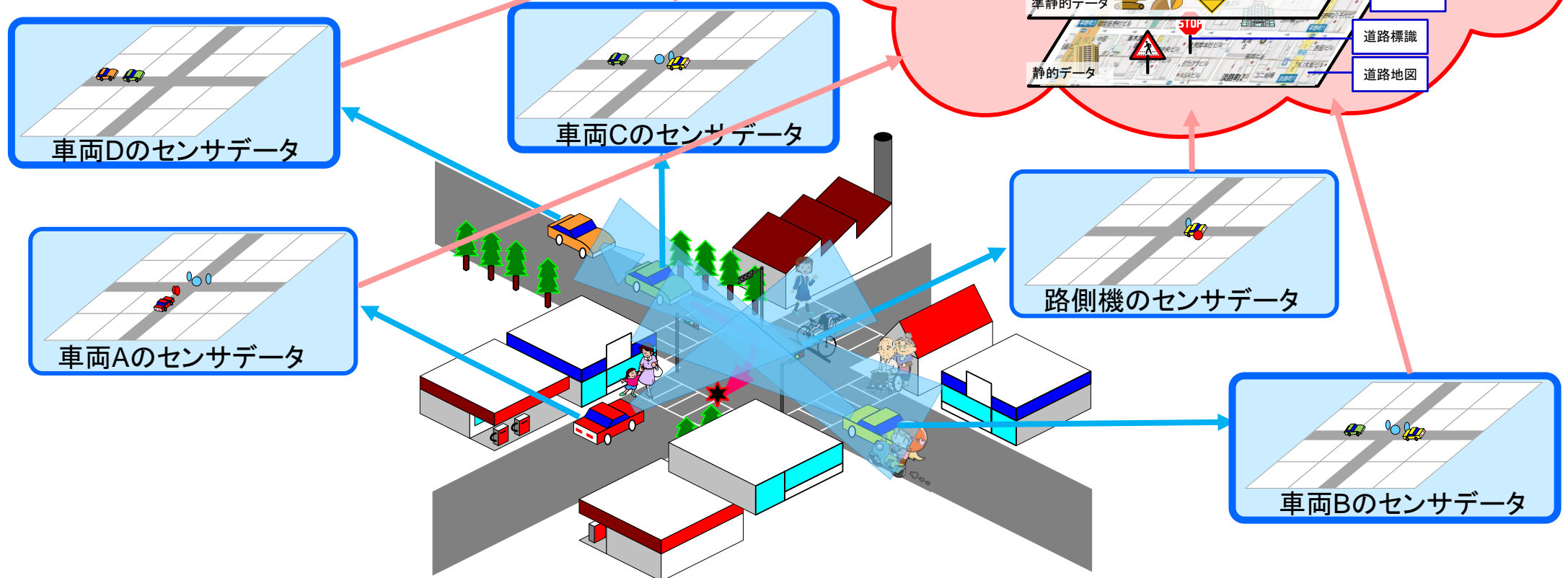
協調型自動運転向け安全性向上 3 (走行調停支援)

- 車両間の走行調停支援による安全性, 利便性の向上
 - 各車両の将来の移動経路計画を共有して走行調停を支援



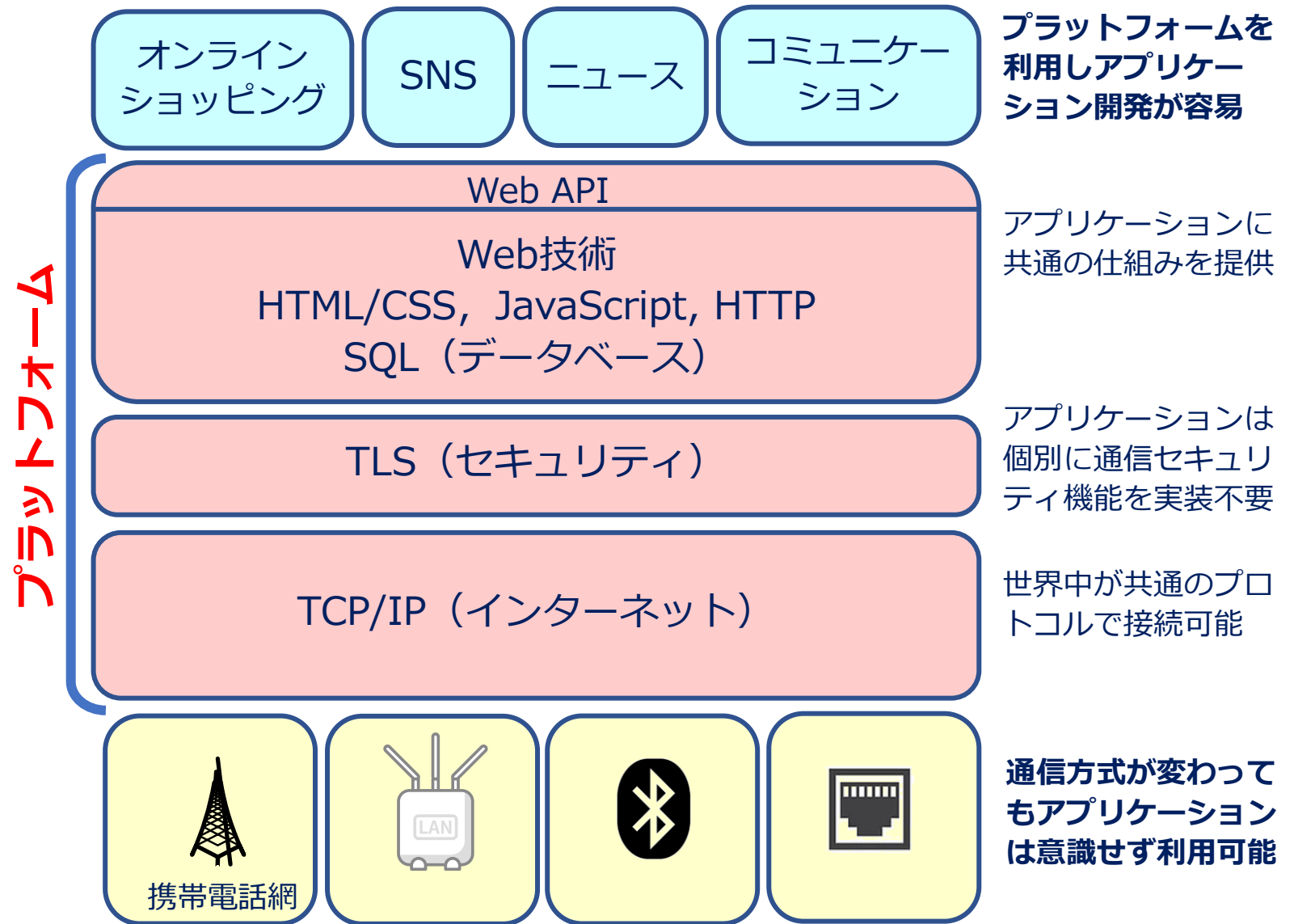
協調型自動運転向け情報通信プラットフォーム

- 車両，路側機のセンサ情報を集約
- 静的地図上にリンクして共有
- アプリケーションを容易に構築

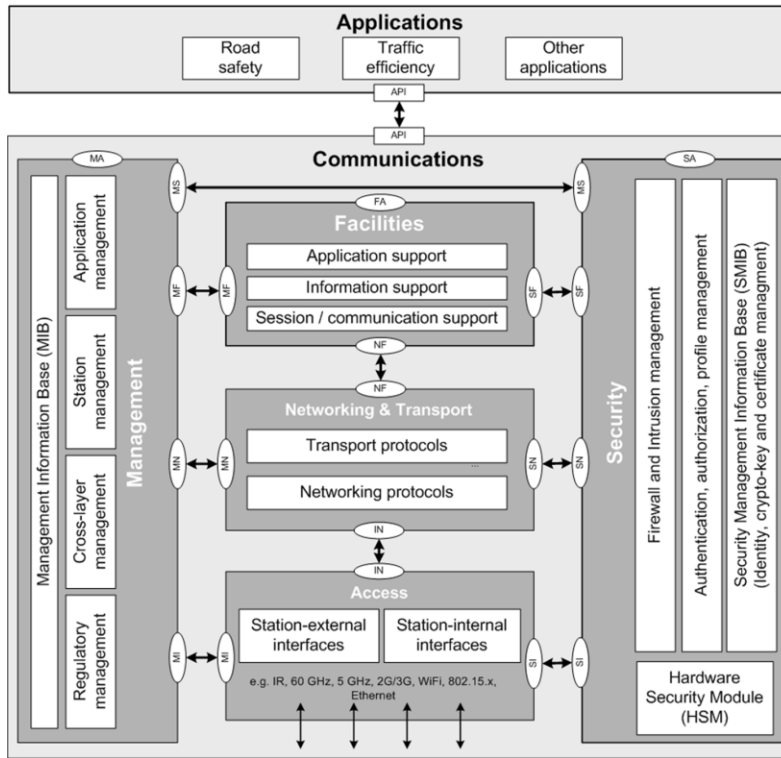


(参考) インターネットにおけるプラットフォームの例 (OSI参照モデル)

アプリケーション		
L7	アプリケーション層	ユーザへサービスを提供
L6	プレゼンテーション層	データ形式を統一
L5	セッション層	通信手順の決定
L4	トランスポート層	通信内容の保証
L3	ネットワーク層	ネットワーク経由の端末間通信
L2	データリンク層	端末間のデータ通信の実現
L1	物理層	媒体や信号形式の決定



協調型自動運転に向けたV2X通信プラットフォーム (DM2.0)



ITSステーション 参照アーキテクチャ
ISO 21217:2020 ITS Station Architecture
(主に通信アーキテクチャ)

プラットフォーム



プラットフォームを利用しアプリケーション開発が容易

アプリケーションに共通の仕組みを提供

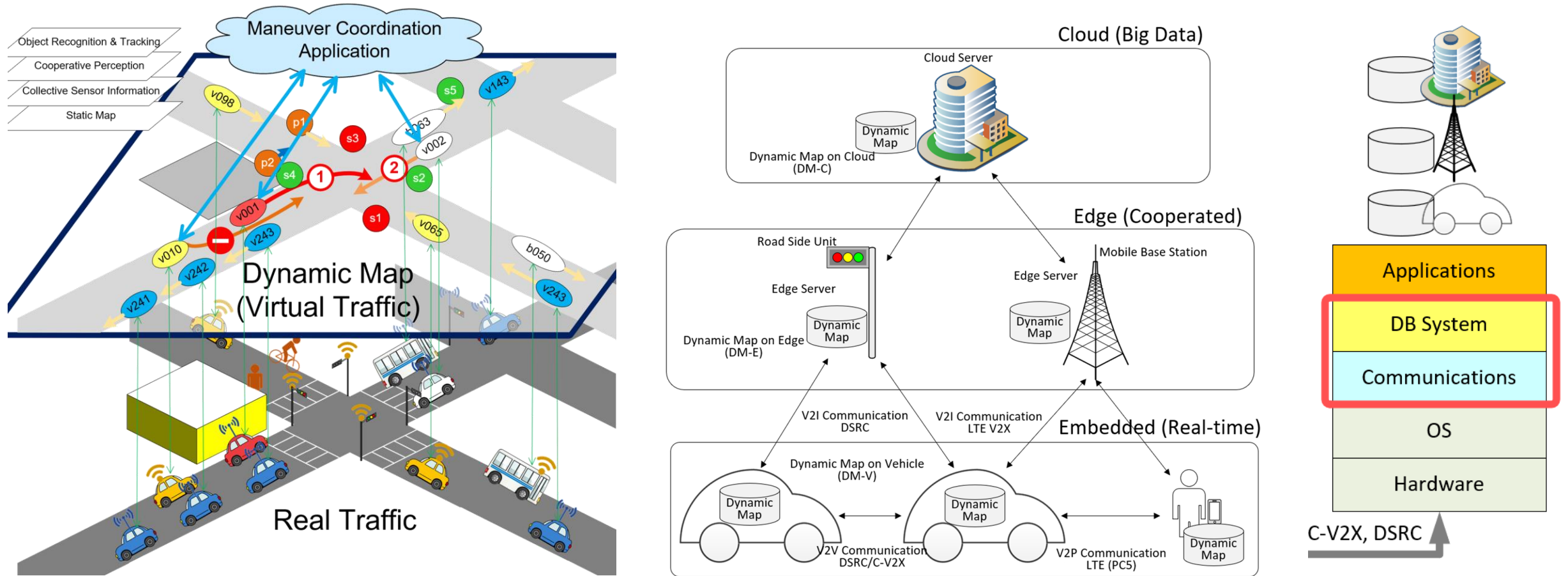
通信, データ管理におけるセキュリティ・プライバシー保護

複数の通信手段およびセンサに対応可能

通信方式やセンサが変わってもアプリケーションは意識せず利用可能

ダイナミックマップ2.0 (DM2.0) 情報通信プラットフォーム

- 仮想空間の概念をもとに共通のデータベースおよび通信システムを開発して、各アプリケーションを開発するための情報通信プラットフォームの構築



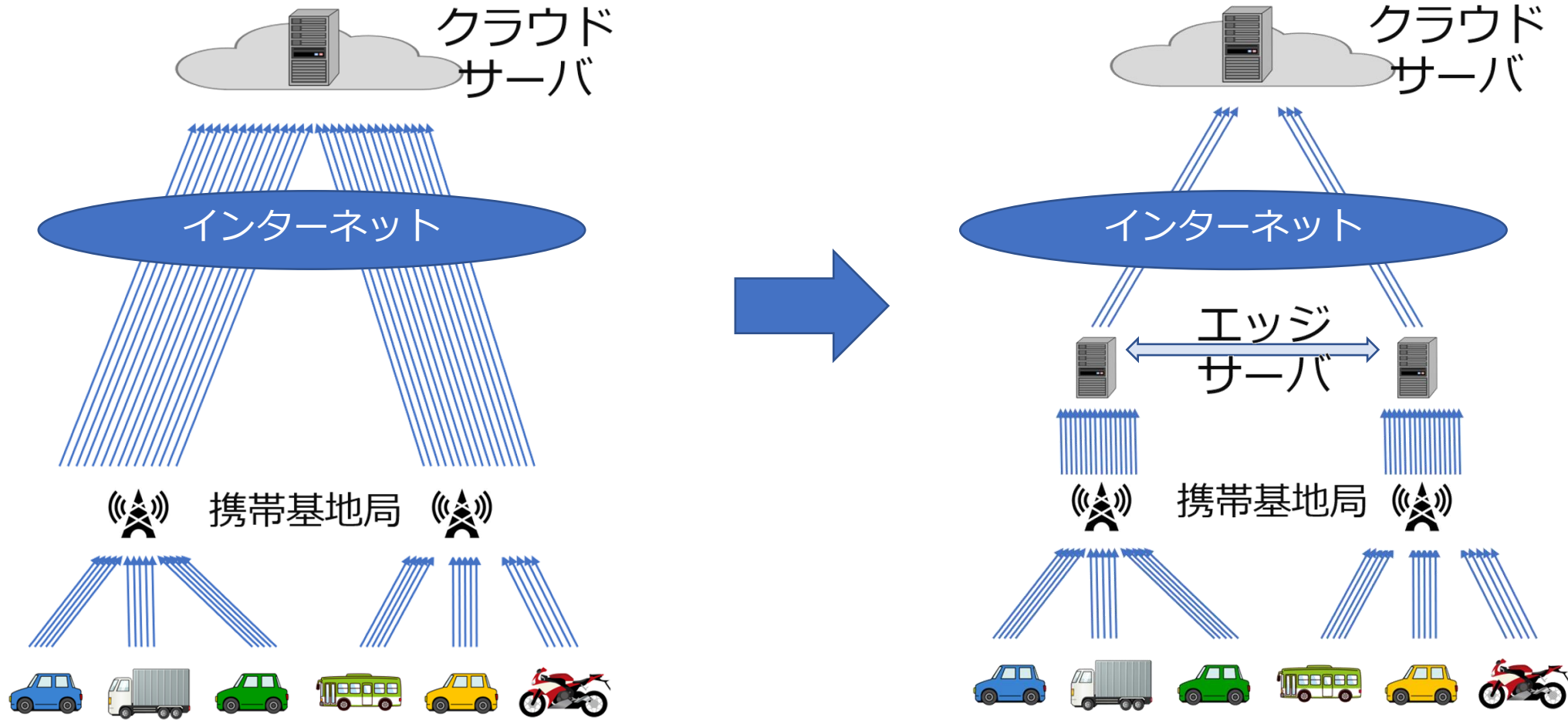
Source: Yousuke Watanabe, Kenya Sato, and Hiroaki Takada, DynamicMap 2.0: A Traffic Data Management Platform Leveraging Clouds, Edges and Embedded Systems, International Journal on Intelligent Transport Systems Research (Springer), pp.1-13, 2018.

協調型自動運転の社会実装に向けた課題

- 信頼性向上
 - 接続される車両の台数が増加した際の負荷分散
 - 通信手段の安定性, 確実性の向上
 - センサデータ集中に伴う処理遅延の低減
 - 複数のセンサデータの融合による確からしさの向上
- セキュリティ
 - 不正アクセスの防止
 - 送信データの信頼性確保 (なりすまし排除)
 - プライバシ保護

データ処理の地理的負荷分散（スケーラビリティ）

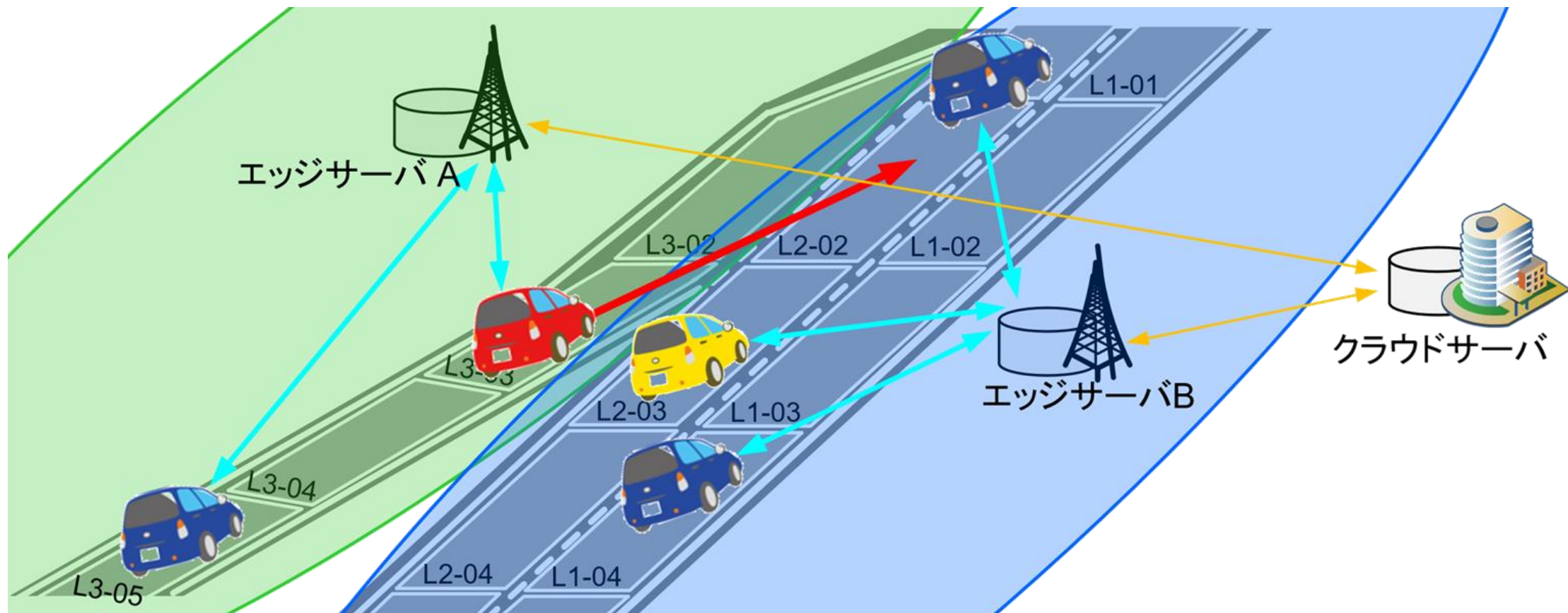
- スケーラビリティの問題からエッジサーバを利用し処理を分散



Source: Kohei Hosono, Akihiko Maki, Yosuke Watanabe, Hiroaki Takada, and Kenya Sato, Implementation and Evaluation of Load Balancing Mechanism with Multiple Edge Server Cooperation for Dynamic Map System, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol.23, No.7, 2022

通信手段の安定性, 確実性の向上

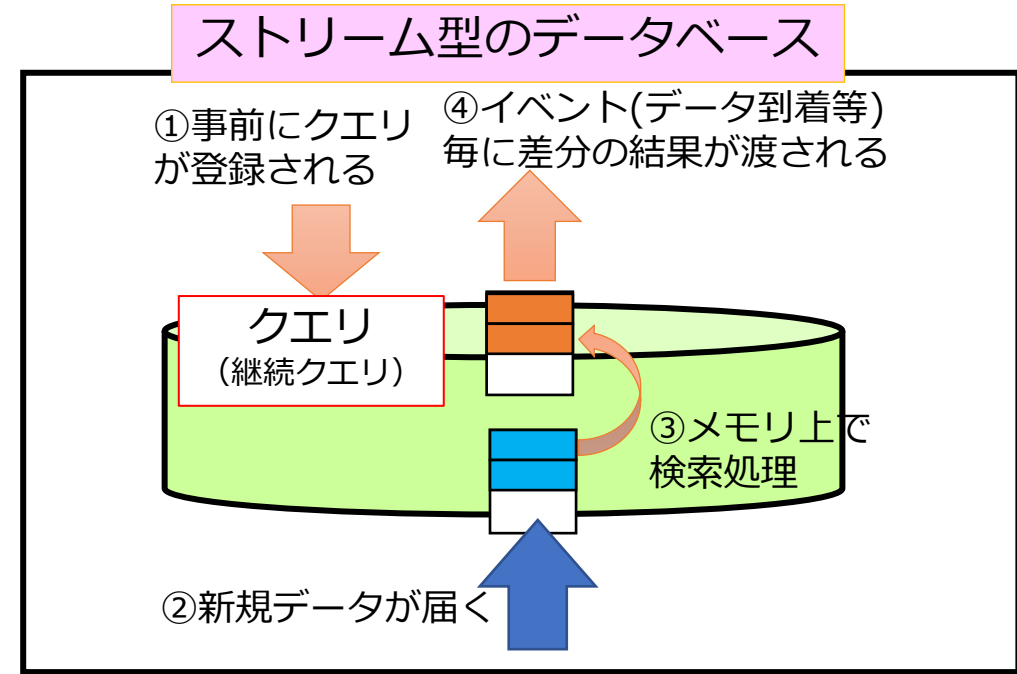
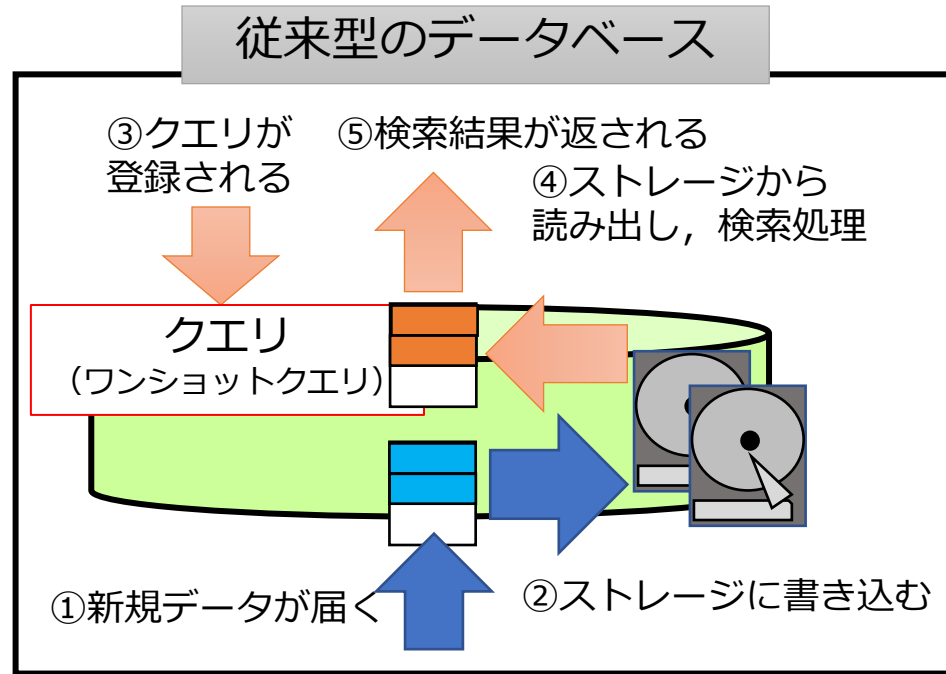
- 車両の位置と通信環境により通信手段を選択・併用
- 車線区間に分割し管理するエッジサーバを決定



Source: 細野 航平, 榎 昌彦, 渡辺 陽介, 高田 広章, 佐藤 健哉, 車線分割に基づきエッジサーバを配置したダイナミックマップシステムのスケーラビリティ向上, 情報処理学会論文誌 Vol.62, No.5, pp.1261-1274, 2021.

処理遅延低減のためのデータ処理方式

- センサデータ処理にストリームの概念を採用
 - データ整合性維持機能はセンサデータには不要
 - 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）

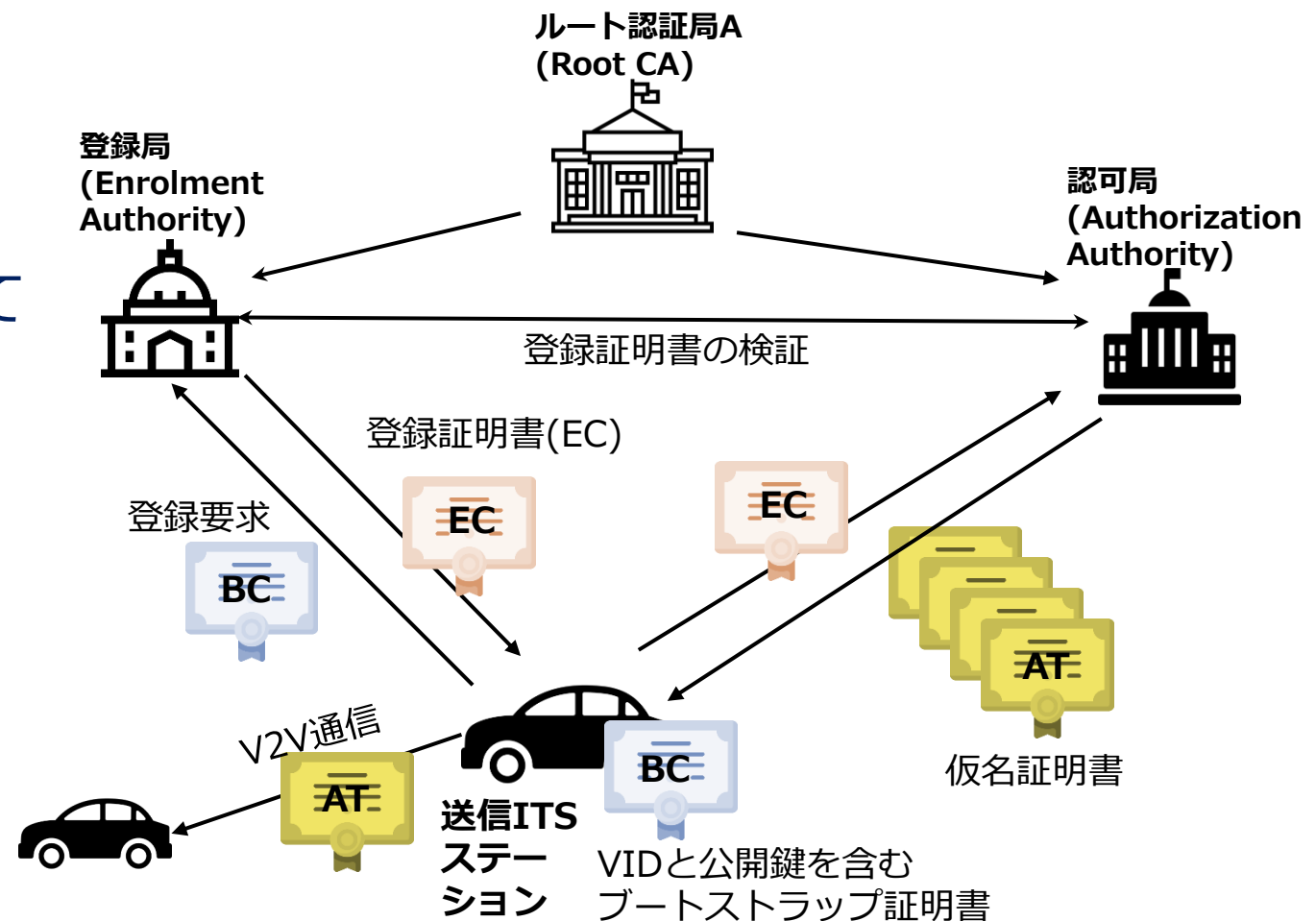


Source: Kenya Sato, Hideki Shimada, Satoshi Katsunuma, Akihiro Yamaguchi, Masahiro Yamada, Shinya Honda, and Hiroaki Takada, Stream LDM: Local Dynamic Map (LDM) with Stream Processing Technology, The Science and Engineering Review of Doshisha University, Vol. 53, No.3, pp.28-35, 2012.

セキュリティおよびプライバシー

- PKIを利用したセキュリティ（国際標準） ・ 仮名によるプライバシー保護

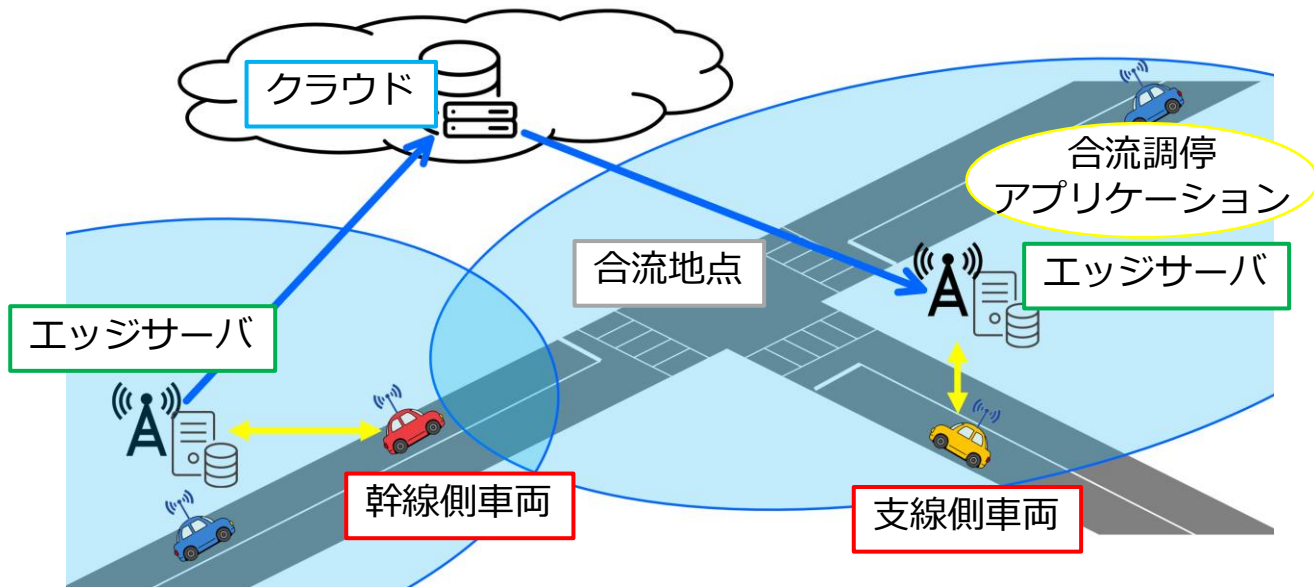
- 登録証明書（EC）：長期に使用
 - 車両は公開鍵証明書に基づき、登録局より登録証明書を取得
- 仮名証明書（AT）：定期的に使捨て
 - 車両は認可局に対して暗号化された登録証明書により仮名証明書の発行を依頼
 - 認可局は暗号化された登録証明書の検証を登録局に検証依頼
 - 認可局は検証後に仮名証明書を車両に発行



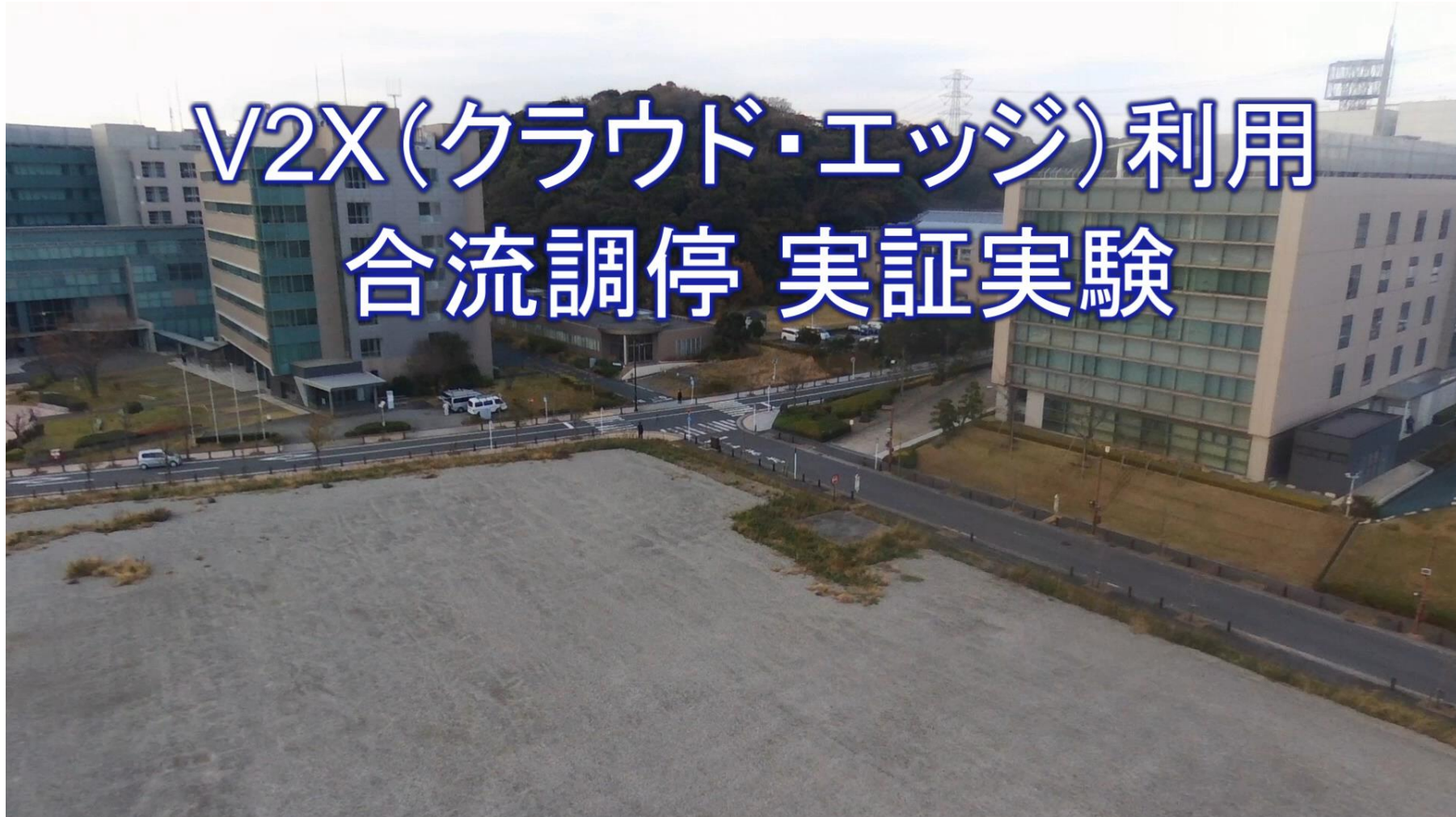
Source : ITS Communications Security Architecture and Security Management Release 2, ETSI TS 201 940, 2021.

DM2.0 : 丁字路における合流調停の実証実験 (YRP)

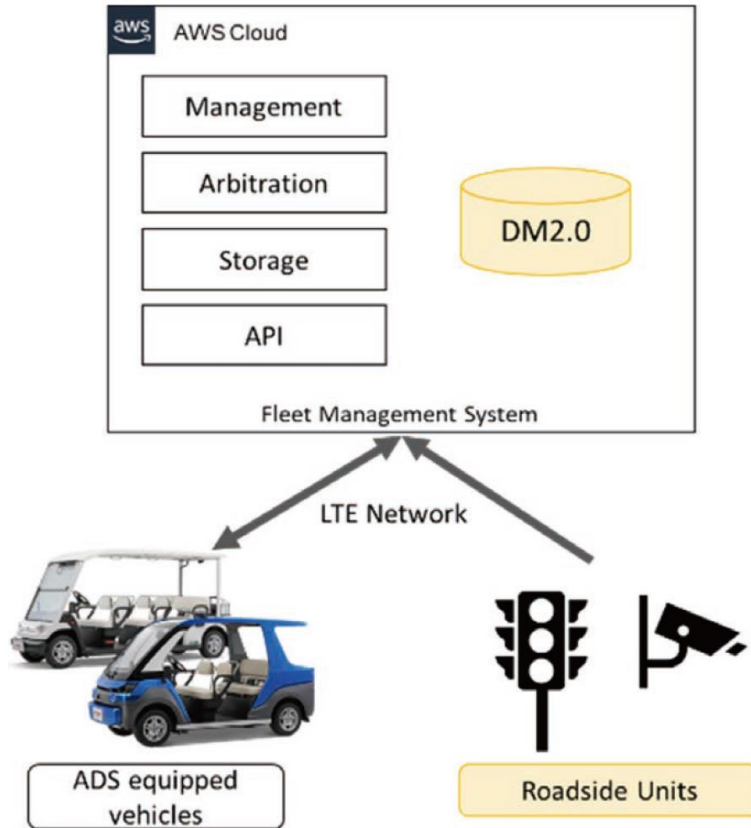
- 幹線道路と支線道路からそれぞれ車両が接近し合流地点で調停
 - 携帯電話網 (実証実験専用基地局) 利用
 - 各基地局にエッジサーバに配備し, クラウドで連携



- 優先道路側と非優先道路側からそれぞれ車両が接近し調停



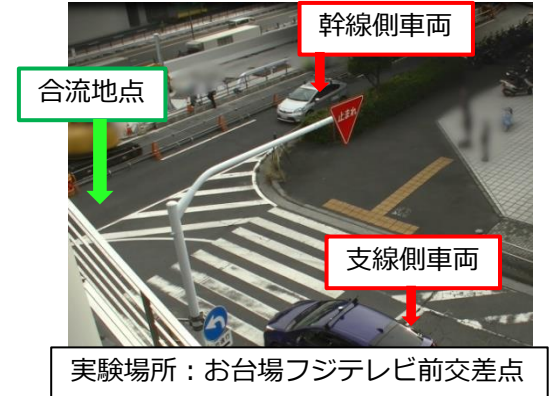
- 信号情報，物標情報等をLTEによりAWS上のダイナミックマップに集約



Source: 今 健人, 渡辺 仁, ダイナミックマップ2.0を活用した自動運転車両に対するインフラ情報配信システム, Yamaha Motor Technical Review, No.56, 2021.

DM2.0：これまでの実証実験の状況

- 内閣府 SIP-adus (第1期) 「ダイナミックマップ」大規模実証実験
 - 東京お台場：SIPの道路地図を用いた合流調停
- 総務省「自律型モビリティシステムの開発・実証」実証実験
 - 横須賀YRP：エッジを用いた合流調停
- 名古屋COI (JST COI STREAM)
 - 愛知県春日井市高蔵寺ニュータウン：後続車への道譲り
- 内閣府 SIP-adus (第2期) 東京臨海部実証実験
 - 東京お台場：信号連携，首都高速羽田空港インターチェンジ：合流支援
- 総務省 5.9GHz帯セルラーV2X 実証実験
 - 仮名IDを利用した車々間通信，路車間通信
- 経済産業省 Road to the L4



まとめ (DM2.0高信頼化コンソーシアム)

- ダイナミックマップの実用化に向けて、高信頼化，オープン化，普及を目指す
 - 内閣府 SIP-adus (第2期)，総務省 セルラーV2X，経産省 Road to the L4 など各プロジェクトへの参画
 - パブリッククラウド利用，データ信頼性向上，セキュリティ・プライバシー検討

