

自動運転車の事故の法的責任に関するシンポジウム「協調型自動運転 ～技術と法的課題～」

# 協調型自動運転システムのための データ連携プラットフォーム

2023年3月31日

高田 広章

名古屋大学 未来社会創造機構 モビリティ社会研究所 所長・教授

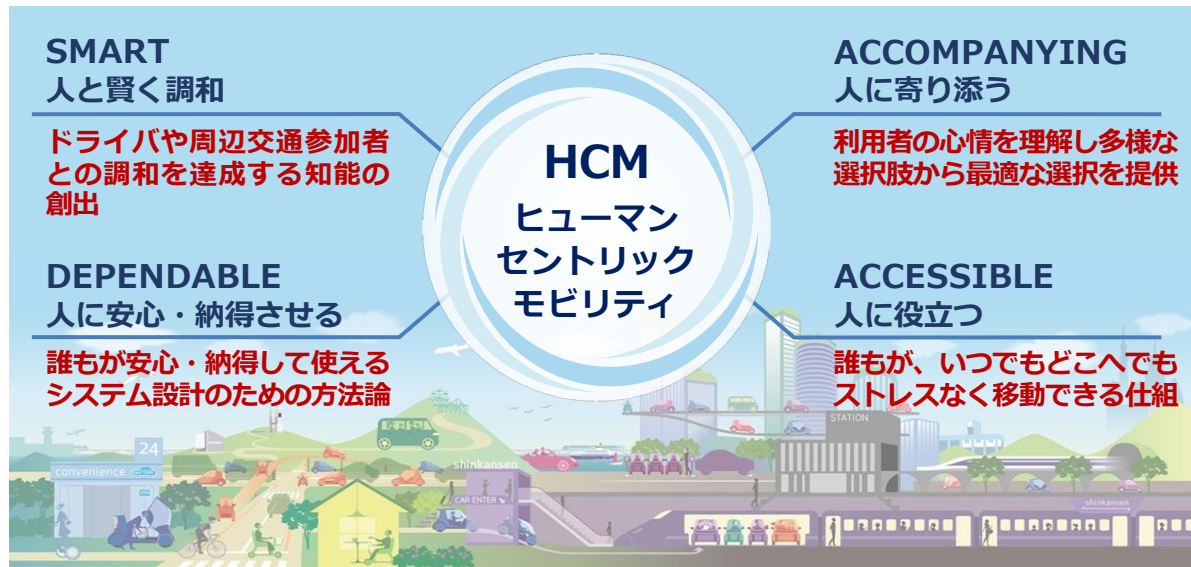
名古屋大学 大学院情報学研究科 教授  
附属組込みシステム研究センター長

Email: [hiro@ertl.jp](mailto:hiro@ertl.jp) URL: <http://www.ertl.jp/~hiro/>



# モビリティ社会研究所 (GREMO)

ヒューマンセントリックな視点から、未来のモビリティ社会を拓く



人間中心の視点から学際的な研究・実証を推進

< ビジョンから導かれるテーマ例 >

**クルマの革新**

説明できる運転知能技術  
リアルタイムに周辺交通参加者と合意形成する技術  
個人個人に適合する運転支援・自動運転技術

**モビリティサービスの革新**

モビリティの需給取引とそのプラットフォーム  
過去を再現し、未来を予測する大規模交通シミュレータ  
モビリティシステムの安全性を説明する手法

**モビリティ社会の革新**

CASE化を見据えた地域交通システム  
CASE時代に必要とされる道路利用料金システム  
新しいモビリティシステムのリスクマネジメントと社会受容性  
レベル4自動運転移動サービスを実装するための法制度

ビジョン実現に向けた推進体制



## 協調型自動運転

### 自動車単独での自動運転の難しさ

- ▶ 自動車単独での高度な自動運転(一般道レベル3~4)は、現在の技術では難しいと言われている
- ▶ 周辺状況認識
  - ▶ 見通しの悪い交差点などで、車載のセンサだけでは十分な情報が得られない場合がある
- ▶ 信号情報
  - ▶ カメラによる信号灯器の認識が、できない場合や認識精度が下がる場合がある
  - ▶ 見るべき信号の決定が難しい場合(地図で補える)
  - ▶ 大型車による遮蔽や太陽光が重なった場合
- ▶ 交通状況の把握
  - ▶ 前方に停止している車両は、渋滞の末尾か? 故障して止まっているのか?

## 「つながるクルマ」の活用

- ▶ 自動車単独では得るのが難しい情報を、道路インフラや他の車両から通信で得る方法が有力視されている
- ▶ 自車から直接見えないところにいる自動車や歩行者の情報を、路側に設置したセンサや他の自動車から通信で得る
- ▶ 信号の情報を、信号機から通信で得る
  - ▶ 信号の予定情報も得ることで、ジレンマゾーンへの侵入回避にも有益
- このような情報提供は、すでにITS Connectで一部実用化されている(ただし、現状のシステムでは、協調型自動運転には力不足)
- ▶ 渋滞情報や故障車の情報を、通信で得る
- このような情報提供は、すでにVICS等で実用化されている(ただし、協調型自動運転には力不足)

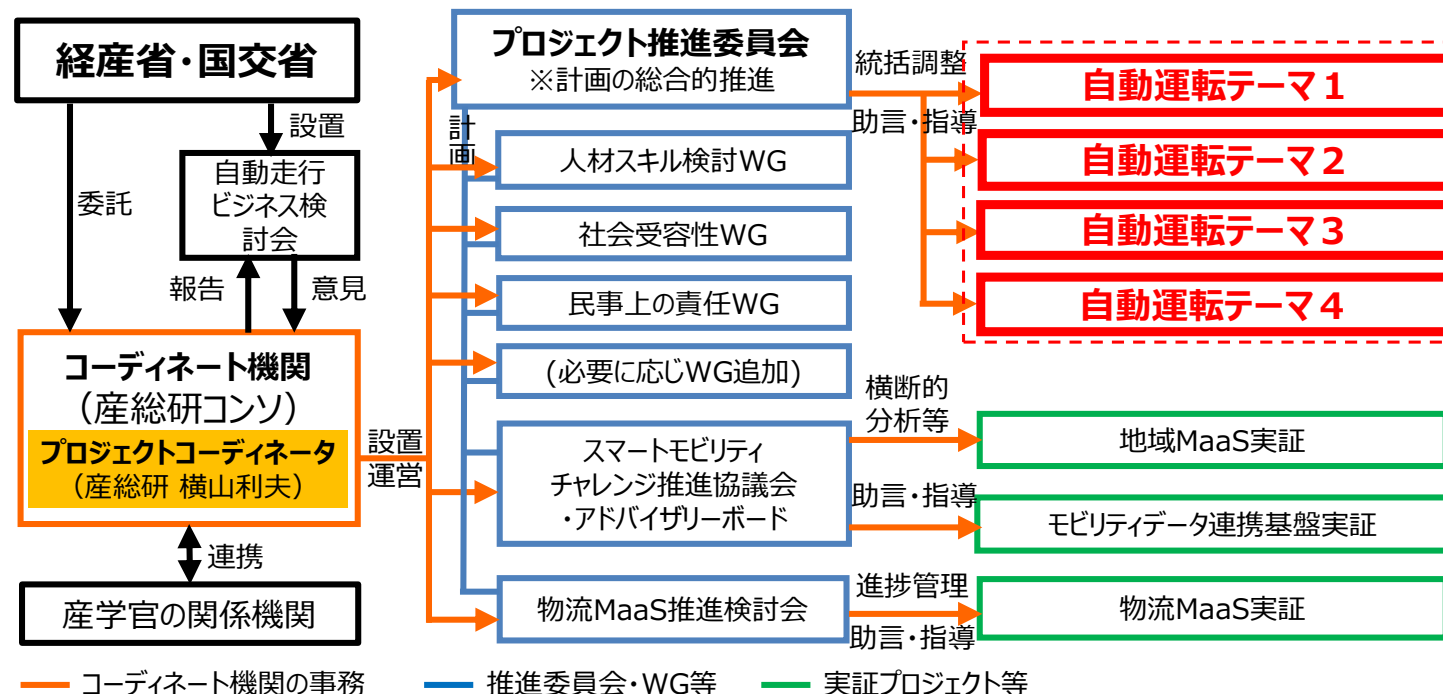
# RoAD to the L4プロジェクト (RttL4)

## プロジェクトの位置づけ

- ▶ 経産省・国交省による「自動運転レベル4等先進モビリティサービス研究開発・社会実装プロジェクト」

## プロジェクトの実施体制

- ▶ コーディネート機関と4つのテーマで構成



## プロジェクトの概要と4テーマの関係

※ 2022年10月11日付け経済産業省  
福永茂和氏の講演資料より

- 無人自動運転サービスの実現および普及を目指し、関係省庁とも連携しながら「自動運転レベル4等先進モビリティサービス研究開発・社会実装プロジェクト (RoAD to the L4)」を推進中。
- 2025年頃までに無人自動運転サービスを40カ所で実現、高速道路でのレベル4トラックの実用化などを  
目指し、さらに市街地など歩行者や他車両と混在する空間へのサービスの拡張を図る

その後、50ヶ所に変更

### テーマ1: レベル4 移動サービスの実現@限定空間

- 2022年度目途に限定エリア・車両での、遠隔監視のみでの自動運転サービス(レベル4)の実現



(イメージ) 永平寺町：遠隔自動運転システム

エリア・車両拡大

### テーマ2: エリア・車両の拡大への対応

- 2025年度頃までに無人自動運転サービスを40カ所以上実現するため、走行環境拡大や事業性向上に向けた検討



(イメージ) 自動運転バス

### テーマ3: 高度物流システムの実用化@高速道路

- 高速道路における隊列走行を含む高性能トラックの実用化(2025年頃)に向けた取組



(イメージ) 高速道路での自動運転

混在空間対応

### テーマ4: 混在空間でのサービス確立

混在空間対応

- より複雑な混在空間でレベル4を展開するためのインフラ協調や車車間・歩車間の連携などの取組



(イメージ) インフラからの走行支援

## テーマ4事業 (Cool4) における取り組み



### 受託機関と協力機関(2021～2022年度)

- ▶ テーマ4に対して、東京大学、名古屋大学、産総研、三菱総研によるコンソーシアムで提案し、採択された
  - ▶ 再委託先として、電気通信大学と同志社大学が参加
  - ▶ ITS Japan, JARIが協力
  - ▶ 多数の企業が協力先／連携先として参加

### 検討チーム体制(2021～2022年度)

- ▶ 協調型システム検討・評価
- ▶ 国際・国内連携
- ▶ データ連携検討
- ▶ 新モビリティ・都市サービス活用検討
- ▶ 事業モデル検討

## Cool4における名古屋大学の担当と取り組み目標

### 名古屋大学の担当範囲

- ▶ 「データ連携スキームの検討」を担当
- ▶ データ連携チームのリーダーを担当

### 取り組み目標

- ▶ データ連携プラットフォームを構築し、レベル4自動運転車の開発者に提供する
  - ▶ 2021～2022年度に、ユースケースを限定してプロトタイプを開発し、基本的な評価を実施
  - ▶ 2023年度から、自動運転システムの開発者に提供
  - ▶ 並行して、ユースケースの拡大(機能拡張)や性能改善に取り組む…スパイラル型の研究開発
- ▶ レベル3以下の車両等にも有用なプラットフォームとする



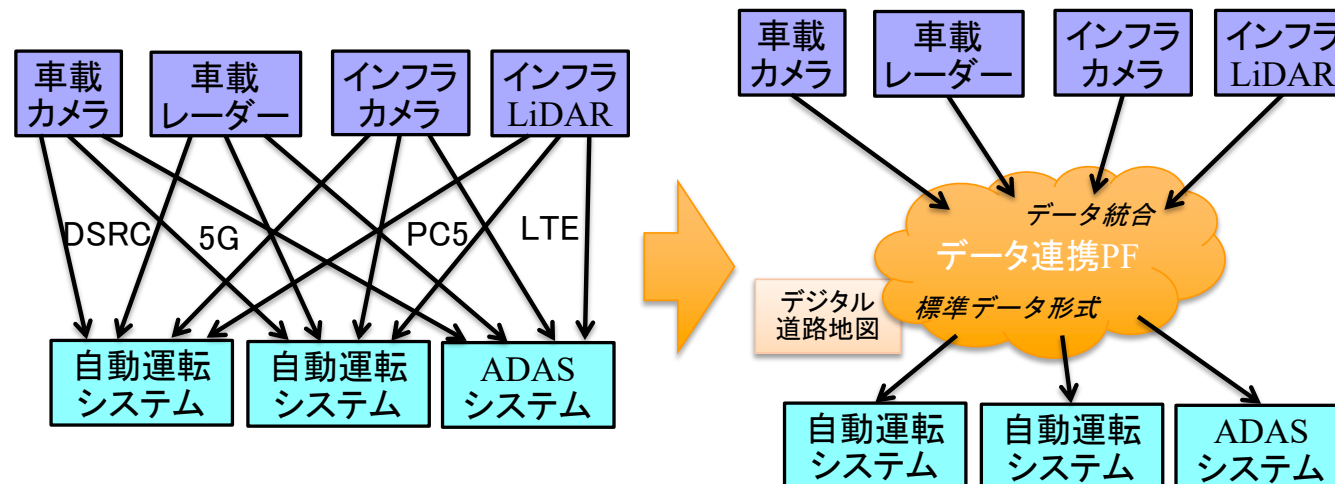
# データ連携プラットフォーム (PF) とその必要性

## データ連携プラットフォーム (PF) とは？

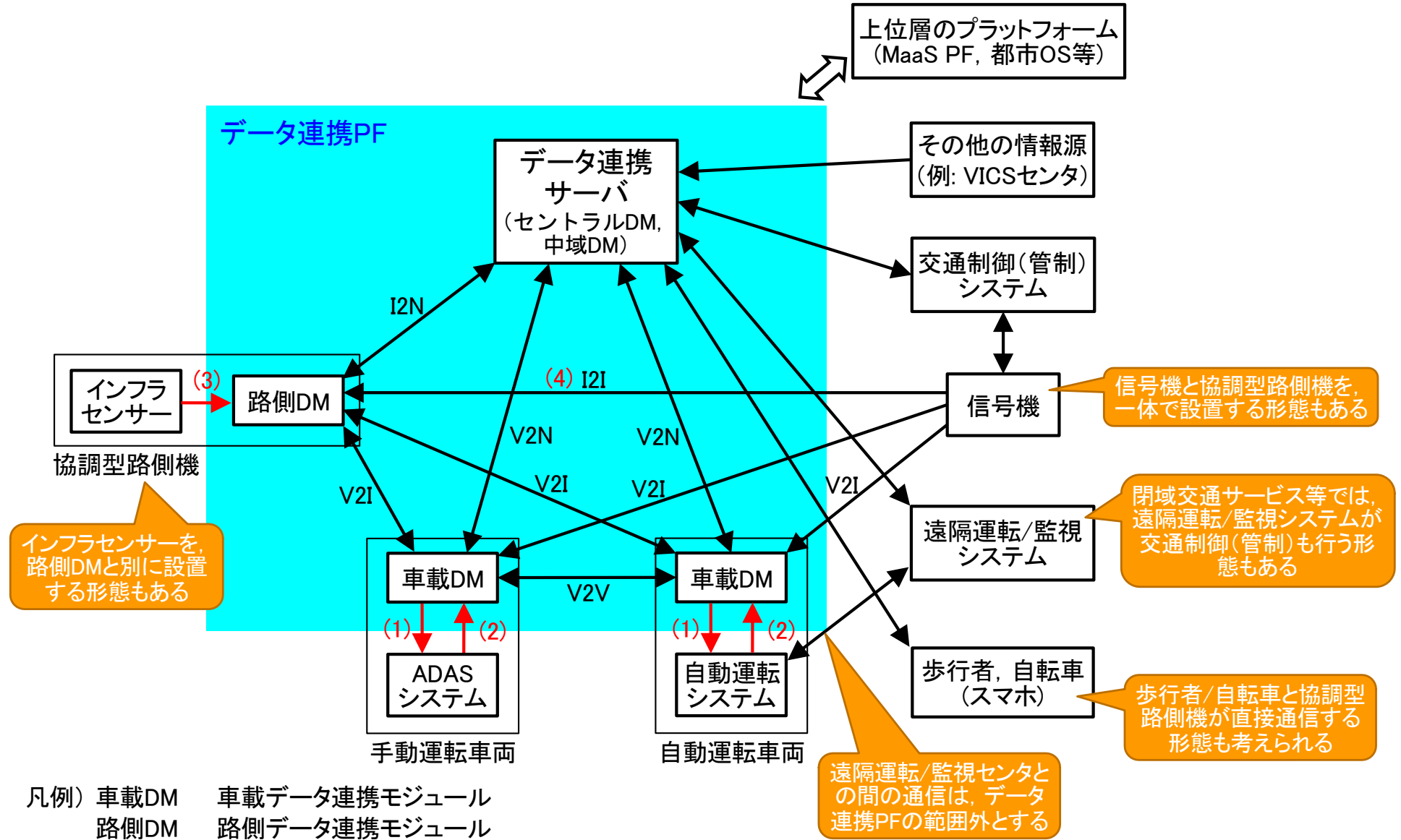
- ▶ 協調型自動運転に必要な様々なデータを、統合して取り扱うための情報プラットフォーム

## データ連携PFの必要性

- ▶ 車外センサー等からの情報を収集・統合し、必要な情報のみを標準データ形式で自動運転システム等に提供するデータ連携PFを用意することで、システムの構成がシンプルになり、開発工数が削減される



# Cool4データ連携アーキテクチャ案



## CooL4データ連携PF API仕様案

- ▶ データ連携PFと外部とのインタフェースを、わかりやすさのために、「データ連携PF API」と呼ぶ

### 現時点のスコープ

- ▶ CooL4データ連携アーキテクチャ(案)の(1)～(3)のインタフェース
- ▶ 次の3種類のデータの論理フォーマットを規定
  - ▶ 物標情報
  - ▶ フリースペース情報
  - ▶ 信号情報
- ▶ 物理フォーマットについては、必要なものから別途規定
- ▶ (1)のインタフェースにおける静的地図情報の取得方法、必要な動的情報の指定方法について検討
- ▶ 通信セキュリティの確保方法についても検討

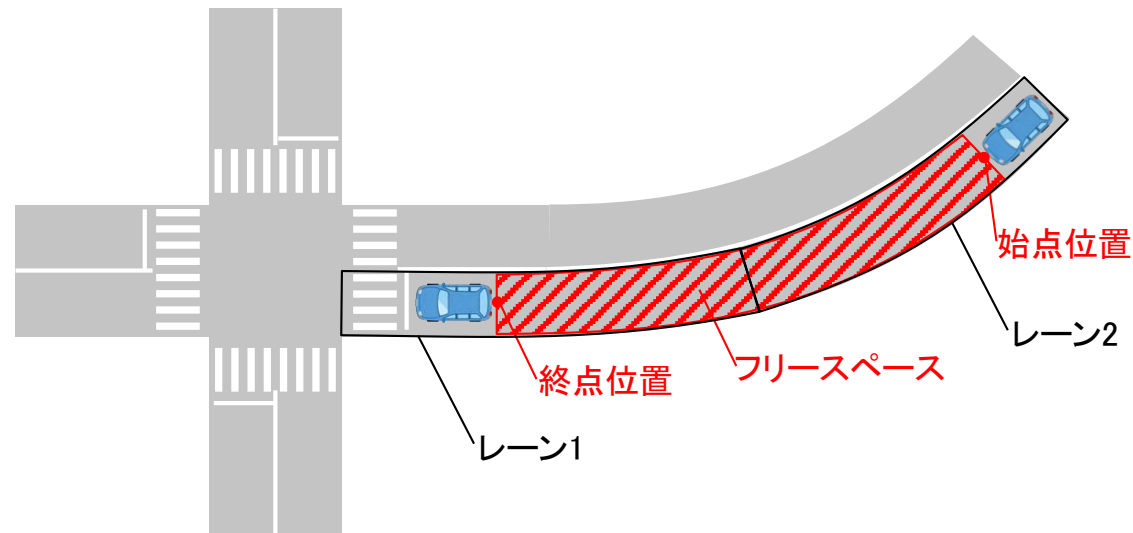
# フリースペース情報のデータフォーマット

## フリースペース情報とは

- ▶ 道路上の移動物体が存在しない領域に関する情報
  - ▶ 物標情報がない領域に，移動物体が存在しないのか，センサの検知範囲外であるのかを区別する

## 提案しているフリースペースの表現方法

- ▶ フリースペースは，連続するレーン（幅をもった車線）の一部とし，その始点位置と終点位置で表現



## フリースペースのデータフォーマットの構成

- ▶ フリースペースID[必須]
- ▶ 情報取得時刻[必須]
- ▶ 存在信頼度
  - ▶ フリースペースの存在信頼度は、物標情報の未検知率（見逃し率）の裏返し
- ▶ 検知漏れ物標サイズ
- ▶ 始点位置[必須]
- ▶ 終点位置[必須]
- ▶ 長さ
- ▶ 始点物標ID
- ▶ 終点物標ID
- ▶ 情報源のリスト[必須]

# RttL4プロジェクトで用いる無線通信方式について

## 検討の前提

- ▶ RttL4は、2025年度にレベル4自動運転サービスを実現することを目標としているため、2025年度に利用可能な無線通信方式という観点で検討する

## 基本方針：複数の無線通信方式の併用

- ▶ 無線通信方式には一長一短があることから、複数の無線通信方式を併用することを基本とする(必須ではない)

## 携帯網(LTE, 5G)

- ▶ 最も容易に使える通信方式で、通信帯域が広く、通信範囲も広い
- ▶ 遠隔監視が必須のレベル4自動運転車両には、必ず使用されると思われるため、協調型自動運転にも使用すべき
- ▶ 通信料がかかる、最悪時の通信遅延が大きいという欠点があることから、これだけに依存するのは得策ではない

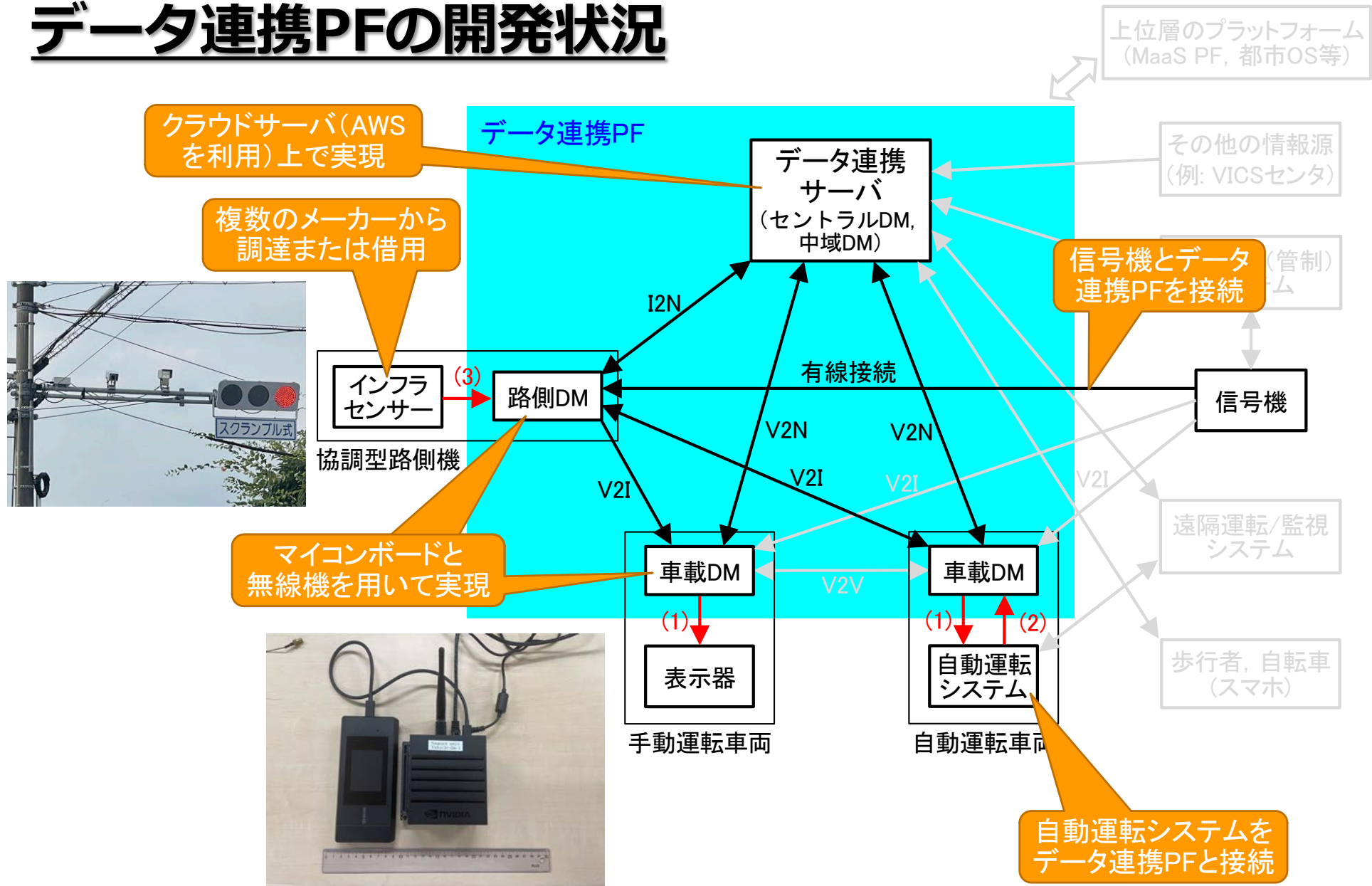
### 狭域通信 (DSRC, C-V2X)

- ▶ 5.9GHz帯がITS向けに割り当てられたとしても、2025年に利用するのは難しいと思われる
- ▶ 5.9GHz帯が割り当てられた時に移行しやすい形で、760MHz帯を使用するのが妥当と考えている
- ▶ CooL4で想定しているユースケースに適用できるように、通信メッセージの拡張を行う
  - ▶ 通信メッセージ仕様を通信方式(周波数帯を含む)から分離して検討する
- ▶ 協調型自動運転への適用を考慮したセキュリティ方式を採用し、プライバシー保護も考慮する

### WiFi

- ▶ 信頼性が低く、通信距離も短いですが、機器が安価で、通信料もかからないことから、補助的に使用しても良いだろう

# データ連携PFの開発状況



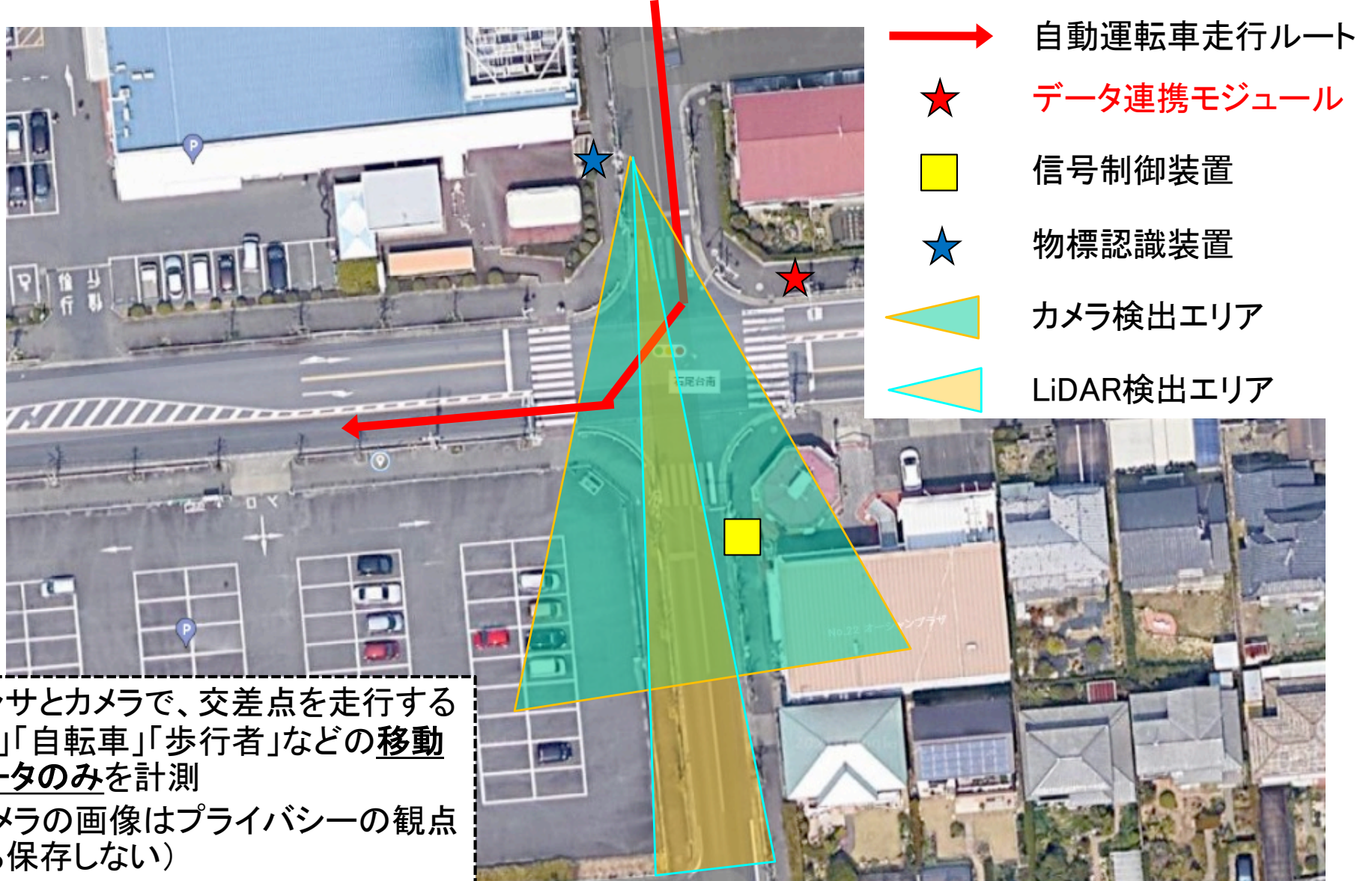


協調型路側機の設置例(信号あり交差点)

- ▶ カメラとLiDARを組み合わせたセンシングシステム
- ▶ 信号制御装置から信号情報(予定情報を含む)の取得



## ユースケースの例：信号あり交差点における右折支援



センサとカメラで、交差点を走行する「車」「自転車」「歩行者」などの移動データのみを計測  
(カメラの画像はプライバシーの観点から保存しない)

## 実証実験によるデータ連携PFの評価

### 実証実験の目的

- ▶ 協調型路側機のインフラセンサーの認識性能を評価
  - ▶ 認識精度 (物標情報の位置や速度の誤差の評価)
  - ▶ 信頼度評価 (誤検知率や未検知率の評価)
- ▶ データ連携PFの有効性を, 自動運転車両の走行に活用することで検証

### 実証実験の実施状況

- ▶ 2022年7~8月: 人の判断と, データ連携PFからの情報の一致度を検証
- ▶ 2023年1月: データ連携PFの情報を自動運転車の制御に利用. 人の判断に頼っていた部分がどの程度自動化できるかを評価

## 自動運転車両による実証実験

- ▶ これまで
  - ▶ 運転者が安全を確認したら、発車ボタンを押す
- ▶ 協調型路側機とデータ連携PFにより
  - ▶ インフラセンサーの情報を用いて、自動的に発車
  - ▶ 運転者が危険と判断したら、停止ボタンを押す
  - ▶ 停止ボタンを押す必要があった頻度を評価



## 協調型自動運転実現の課題と法制度

### インフラ情報の信頼性と責任分担

- ▶ インフラセンサーからの情報の信頼性は？
- ▶ 無線通信の信頼性は？
  - ▶ データが届かない場合はあるが、届いたデータは信頼できる. フェールセーフ設計を適用できる
- ▶ インフラ情報に誤りがあり、その結果、自動運転車両が事故を起こした場合、誰が責任を取るべきか？

### サイバーセキュリティの確保

- ▶ サイバー攻撃への対策は？

### プライバシー情報の扱い

- ▶ 車両の位置情報は、高度なプライバシー情報と考えられている. プライバシーをどのように確保するか？

## 仮名ID (Pseudonym ID)

### メッセージの真正性と完全性の保証

- ▶ 車車間・路車間通信では、真正性と完全性を保証（逆に言うと、なりすましと改竄を防止）するために、メッセージに電子署名を付ける
  - ▶ メッセージ認証コード (MAC) を付ける方法もあるが、真正性が保証できない（なりすましを防止できない）
- ▶ 真正性を保証するために、メッセージにはデータの生成者 (= 署名者) のIDが含まれる
  - ▶ 実際には、メッセージには電子証明書が含まれ、電子証明書の中に署名者のIDが含まれる

### この方法の問題

- ▶ 車両が送信するメッセージから、容易に車両が特定できる

## 矛盾しそうな要求

- ▶ 安全性の向上のために、車両の動きを追跡したい
- ▶ プライバシ保護のために、車両を特定されたくない
  - ▶ 長期間の追跡は特定につながる

## 仮名性 (pseudonymity)

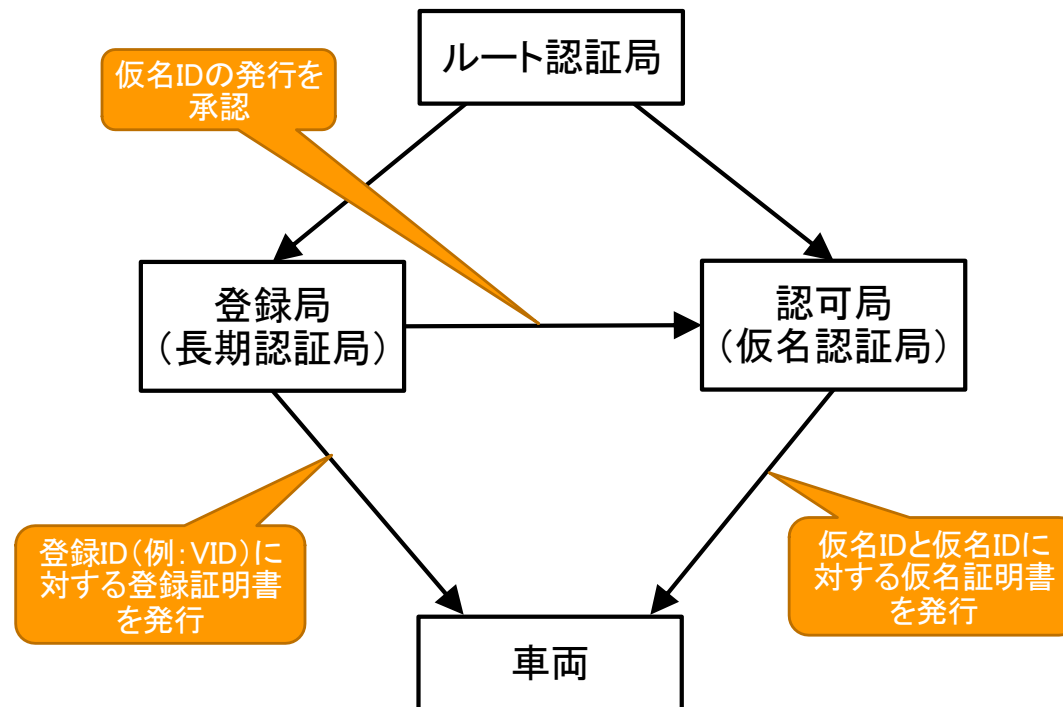
- ▶ メッセージの送信者の同一性はわかるが、送信者は(容易には)特定できない

## 仮名ID (pseudonym ID)

- ▶ 送信者が特定できないように、実際のIDの代わりに使用する仮のID (ペンネームのようなもの)
  - ▶ 偽名ではない(正当な送信者であることは保証される必要がある)
- ▶ かつ、それを短期間で取り換える
  - ▶ 長期間の追跡を避けるため

## 仮名IDの発行方法

- ▶ 登録局が、登録ID(例:VIN)に対する登録証明書を発行
- ▶ 車両は、登録局の公開鍵で暗号化した登録証明書を使って、認可局に仮名IDの発行を依頼
- ▶ 認可局は、登録局の承認を得た上で、仮名IDとそれに対する仮名証明書(認可チケットとも呼ぶ)を発行





### 得られる性質

- ▶ 車両が認可局に仮名IDの発行を依頼する際に、登録証明書(登録IDを含む)は暗号化されているため、**認可局は登録IDを知ることができない**
  - ▶ 暗号化された登録証明書を、そのまま登録局に送って、仮名ID発行の承認を得る
- ▶ 仮名IDは認可局が発行するため、**登録局は仮名IDを知らない**
- ▶ よって、登録局と認可局のいずれも、単独では、仮名IDから車両を特定できない
- ▶ 登録局と認可局が協力すると、仮名IDから車両を特定できる

### 仮名IDの取り換え

- ▶ 同じ仮名IDを長期間使用すると、車両を特定される可能性が高まる
- ▶ そこで、仮名IDを定期的に取り換えることで、長期間の追跡をできなくする
- ▶ ただし、単純に仮名IDを取り換えるだけでは、位置情報等から、どの仮名IDがどの仮名IDに変わったかを割り出されてしまう
- ▶ 仮名IDを取り換える方法に工夫が必要
  - ▶ 例えば、仮名IDを取り換える前後の一定時間は、メッセージを出さない
  - ▶ いくつかの方法が提案されており、検討中の課題
- ▶ さらに、認可局を地域毎に設置し、1台の認可局で地域を超えた追跡をできないようにする

## 電子証明書の無効化

- ▶ 電子証明書には有効期限があり、それを過ぎると無効になる
- ▶ 有効期限内に無効化するには、失効局が管理する証明書失効リストに登録する
  - ▶ 誤動作や侵害が発生した場合に用いる
  - ▶ 証明書失効リストの効率的な配布方法には課題が残る

## 信用保証レベル(Trust Assurance Level)

- ▶ データの生成者(=署名者)がどの程度のセキュリティ強度を実現しているかを表す「信用保証レベル」を、電子証明書に持たせるというアイデアがある
  - ▶ 信用保証レベルの定義方法には課題が残る

## おわりに

### まとめ)CooL4における名古屋大学の取り組み

- ▶ データ連携プラットフォームの検討・開発・評価
- ▶ 関連する法的な問題についての検討も並行して実施

### 今後の計画

- ▶ 2023年度もテーマ4事業を受託することが決定
  - ▶ 受託機関, 実施体制には変更がある
- ▶ データ連携PFの性能改善・機能拡張を継続的に実施
- ▶ データ連携PFを, 柏の葉(柏市)の自動運転バスに適用
- ▶ 他地域への展開についても検討予定

### 協力をお願い

- ▶ CooL4プロジェクトに協力いただける方は, ご連絡いただけると幸いです