

MaaS時代に向けた 自動運転車両の遠隔運用監視プラットフォーム

2020/7/29

KDDI総合研究所
コネクティッドカー2G
檜原 俊太郎



■KDDI総合研究所の自動運転に関する取り組み

■遠隔運用監視プラットフォーム

- 位置づけと役割
- 自動運転における遠隔監視の必要性
 - ・ ODD（運行設計領域）とは
 - ・ 遠隔型自動運転とは

■KDDI総合研究所の遠隔監視卓と自動運転車両

■事例紹介

■まとめ

- ITSフォーラム福岡における遠隔型自動運転デモ（2018年5月）
- 愛知県一宮市における5G自動運転実証（2019年2月）
- 常陸太田市における自動運転カート実証実験への協力（2019年6月）
- KDDI総合研究所遠隔運転環境のモニター試験（2020年2月）

自動運転車両

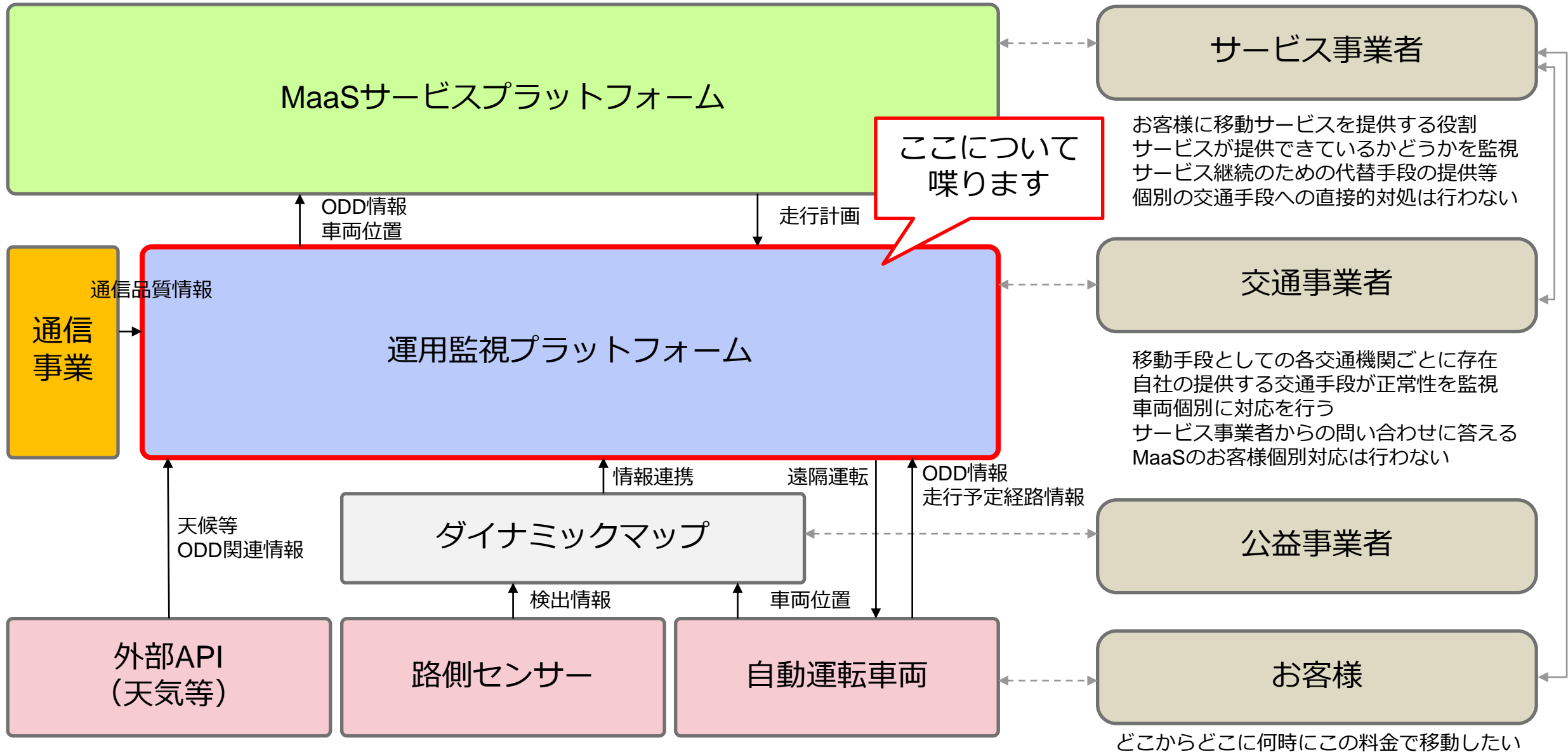


遠隔監視卓



自動運転車両の 遠隔運用監視プラットフォーム

MaaS時代に向けた自動運転車両の遠隔運用監視プラットフォーム想定



■遠隔運用監視は、車両の運行状況を遠隔監視する役割

- 車両の運行に問題を検知した場合に、その診断と遠隔対応を行う

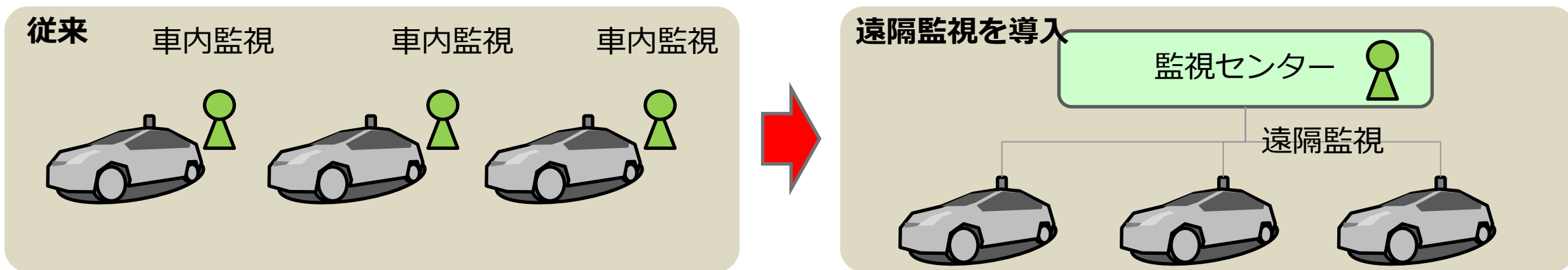
監視種別	自動運転システム	遠隔運用監視 プラットフォーム	MaaSサービス プラットフォーム
ビジネス監視			Billing情報、稼働率等 経営向けの監視
サービス監視			モビリティサービスが正常に提供 ができているかの監視 お客さまへの遠隔対応の提供
セキュリティ監視	不正アクセス検知等	不正アクセス検知等	
ネットワーク監視		通信品質、接続性の死活監視	
アプリケーション監視	自動運転システムの正常性監視 (ODD内)	ODD境界の判定 遠隔対応システムの正常性監視 自動運転システムとの監視連携	
設備監視	車載設備の正常性監視 (ODD内)	車載設備の正常性監視連携 路側機等の正常性監視	

■安全・安心なサービスの実現

- 自動運転技術は発展途上であり、あらゆるケースに対応できるわけではない
 - ・ 自動運転可能である前提条件を満たす必要がある⇒ODD（運行設計領域）が存在（後述）
- 自動運転車両が走行可能な条件を逸脱した場合には、その検知と遠隔対応が必要
 - ・ 遠隔運転による自動運転可能な状態への復帰
 - ・ 代車の手配等

■維持管理コストの低減

- 車両に高度な知識を持つ保安要員が常に乗車する状態では商用化は難しい
- まずは、遠隔監視センターに人材を集約できる環境が必要



レベル4以上の自動運転では、運転席にドライバーが乗る必要がなくなるため、遠隔監視の重要性が高まる

レベル	運転の主体	
レベル0 運転自動化なし	ドライバー	ドライバーが全ての運転タスクを実施する
レベル1 運転支援	ドライバー	システムがアクセル・ブレーキ操作またはハンドル操作のどちらかを部分的に行う（自動ブレーキ、車線をはみ出さない等）
レベル2 部分運転自動化	ドライバー	システムがアクセル・ブレーキ操作またはハンドル操作の両方を部分的に行う（レベル1の複数組み合わせや、高速道路運転等）
レベル3 条件付運転自動化	システム	システムが全ての運転タスクを実施するが、ドライバーはシステムの要請に応じていつでも運転に戻れる状態を維持する必要がある
レベル4 高度運転自動化	システム	特定条件下において、システムが全ての運転タスクを実施する
レベル5 完全運転自動化	システム	条件なく、システムが全ての運転タスクを実施する

運転席にドライバーがいる必要がない

■ 運行設計領域（Operational Design Domain）

- 自動運転システム（ADS）の動作が保証される領域

■ 要素

● 道路条件

- ・ 高速道、一般道、専用道、車線や歩道、トンネルの有無、勾配、路面状況等
- ・ LiDARによる自己位置推定の場合、自己位置が合いにくい場所等も認識が必要と思われる

● 地理条件

- ・ 都市部、山間部

● 環境条件

- ・ 天候「晴・曇」「雨」「雪」「霧」、時間帯「日中」「夜」

● その他条件

- ・ 最高速度、路側インフラ有無、保安要員有無、連続運転時間、通信品質等

■ 参考：

● SAE J3016

- ・ https://www.sae.org/standards/content/j3016_201806/

● 「地域移動サービスにおける自動運転導入に向けた走行環境条件の設定のパターン化参照モデル（2020年モデル）」の解説

- ・ https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/jidousoukou/pdf/model_kaisetsu.pdf

● 自動運転車の安全技術ガイドライン

- ・ <https://www.mlit.go.jp/common/001259347.pdf>

■自動運転による走行の保証はODD内だけ

- ODDの外では自動運転を行わない原則であれば、ODD内外の境界認識が重要

■ODDを出たか出ないかをどのように検知するのか？

● 車両単体

- ・ 自己位置による道路の把握、各種センサー、システム稼働状況

● 路側センサーとの連携

- ・ 障害物認識、周辺車両認識（交通量情報）、磁気マーカー、天候情報

● 保安要員

- ・ 車内にいる場合、車外にいる場合
- ・ 運行に対する責任を負う（車両自身で検知できない全てに対応する）

● 遠隔監視

- ・ 保安要員がない場合に、同等の役割を果たす
- ・ 複数の車両の情報を俯瞰できるので利用して対応する

■ODD外に出た場合にどのように対処するか？

● レベル3の場合は運転者による対応となる

- ・ ODDの外に出ることをどのように検知して、運転者にDDT fallbackするか？
- ・ DDT fallback：運転タスクの移譲

● レベル4の場合は、ODD内にいるうちにリスク最小化を行う

- ・ 予期せずODD外になってしまった場合は？⇒リスク最小化の自動運転動作そのものが保証範囲外
- ・ 予期せぬODD外の場合、遠隔運転等の自動運転システム以外の対応が必要

■ 計画的

- 走行区間の中で自動運転が適用される区間とされない区間が予め把握できているケース
- 予め計画されているため運転者への通知等が行いやすい
- 発生条件
 - ・ 道路条件の変化
 - 専用道路の終端、最高速度の速い道路への合流
 - ・ 環境条件の変化
 - 自動運転可能時間帯の終了

■ 突発的

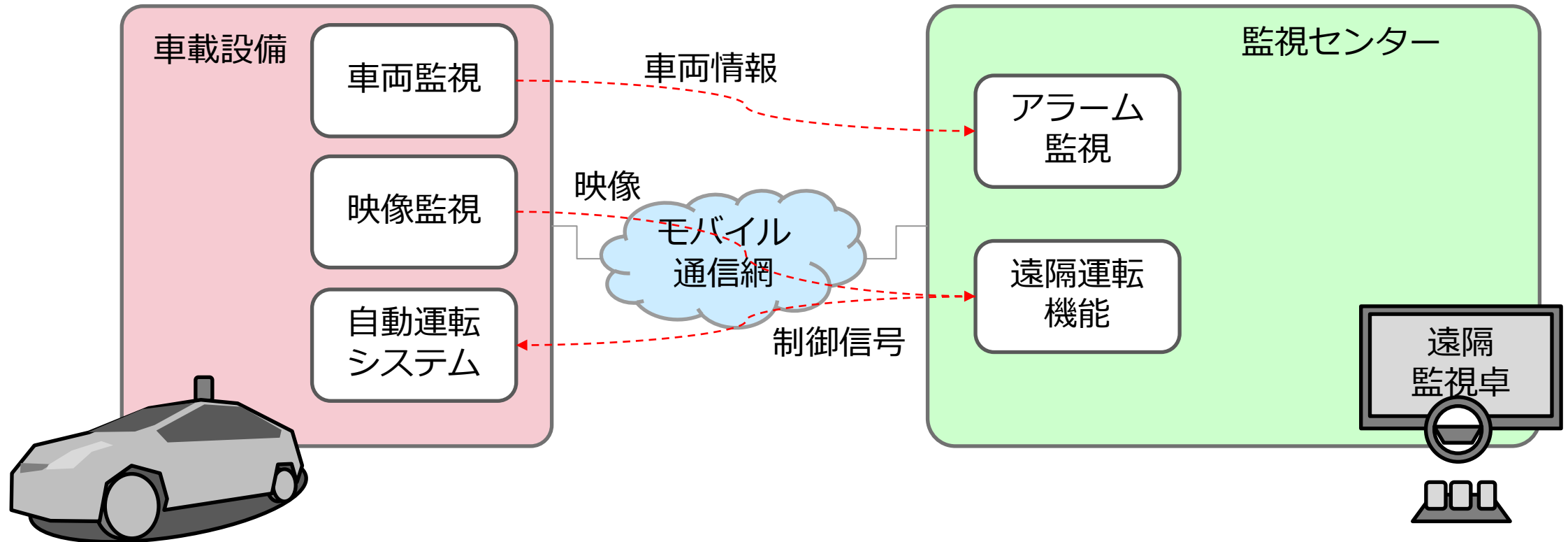
- 突発的な条件の変化により自動運転が不可になるケース
- 計画されていないため都度検出と判断が必要
- 発生条件
 - ・ 天候の急な変化
 - ・ 交通量の変化
 - 周辺車両の増加、歩行者の増加等
 - ただし、路側センサー等で事前に把握できていれば計画的に対応できる
 - ・ 道路周辺環境の変化によるセンサー精度の低下等
 - 例えば、場所によるLiDARによる推定精度の低下等を想定
 - ただし、変化を事前に把握できていれば計画的に対応できる

■アラーム監視（異常を検知して監視者に通知）

- 正常性監視、ODD監視、通信品質監視等

■遠隔運転機能（遠隔運転における操作精度向上）

- 低遅延映像コーデック、反力生成等



Connect

走行経路の表示)

アラーム表示

Host	Level	Description	Detail	Suggestion	Status	Occurred	Recovered	Action
AutowarePC	Minor	Auto driving stopped	Automated driving temporarily stop for obstacle detection.	Note: Automated driving temporarily stop for obstacle detection.	occurred	2019-09-27 13:54:59		clear
AutowarePC	Minor	Remote driving difficulty	Network quality is insufficient to conduct remote driving.	Note: remote driving quality is no assured.	occurred	2019-09-27 13:50:40		clear
RoboCarPC	Critical	PC not responding	No network response from the PC.	Check PC status, and reboot the PC.	occurred	2019-09-27 13:18:42		clear
AutowarePC	Critical	Sensor error	Sensor error has been detected.	Check vehicle status.	occurred	2019-09-27 13:53:05		clear

1- 1号車 - KDDI実験車両

遠隔運転
起動ボタン

車両から取得した
情報
(速度、ギア等)

Start remote control

Mode
AUTO
MANUAL

Speed
0.00
KM/H

Target speed
CURRENT 0.00
NEXT 0.00
KM/H

Driveshift
NEUTRAL

Lights
← →

Angle
153.00
DEG

Drivepedal
40

Brakepedal
20 19

Torque
160

State
--

Sensors
LIDAR
GPS
CAMERA

Cameras
CAMERA 1
CAMERA 2
CAMERA 3
CAMERA 4
CAMERA 5

Waunoints file

カメラ・センサー等
の認識状況

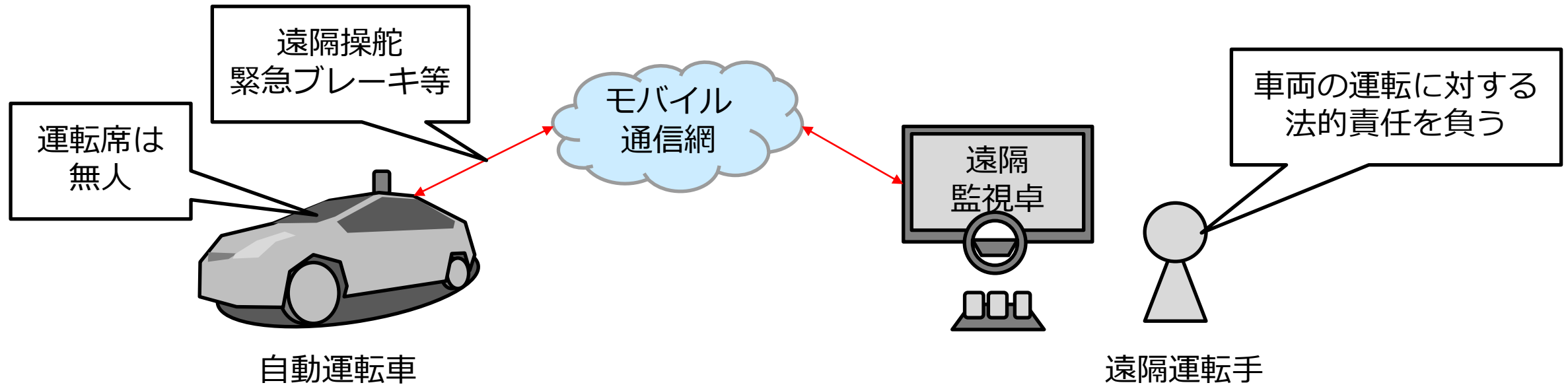
Send

■運転席無人で公道実証を行う場合、遠隔型自動運転に対応する必要がある

■遠隔型自動運転

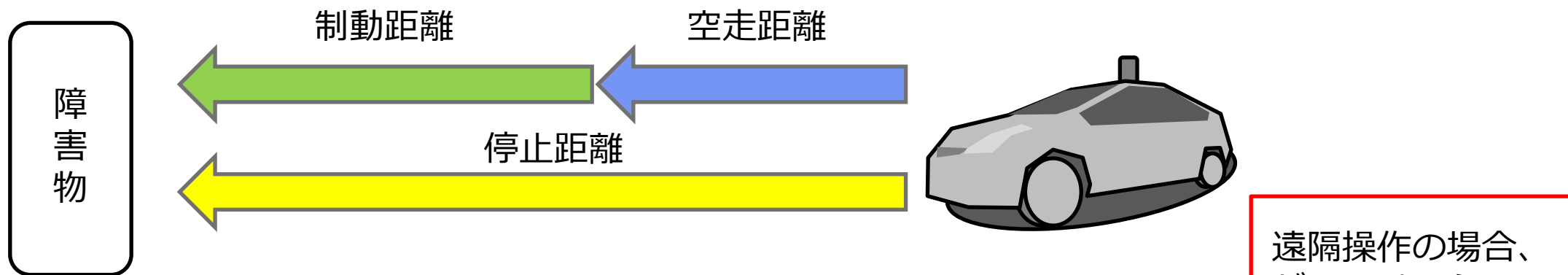
- 自動運転技術を用いて自動車を自律的に走行させるシステムで、緊急時等に備えて自動車から遠隔に存在する監視・操作者が電気通信技術を利用して当該自動車の運転操作を行うことができるもの

(令和元年9月 警察庁 自動運転の公道実証実験に係る道路使用許可基準)



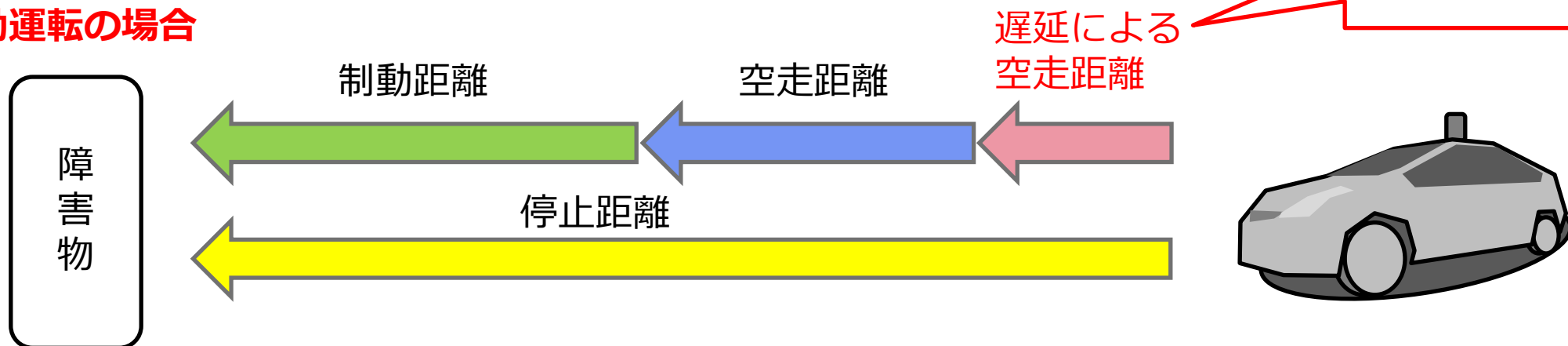
■遅延の影響による停止距離の増加⇒安全設計に影響

車両に運転手が乗っている場合（従来）



遠隔操作の場合、
ゼロにはならない

遠隔型自動運転の場合

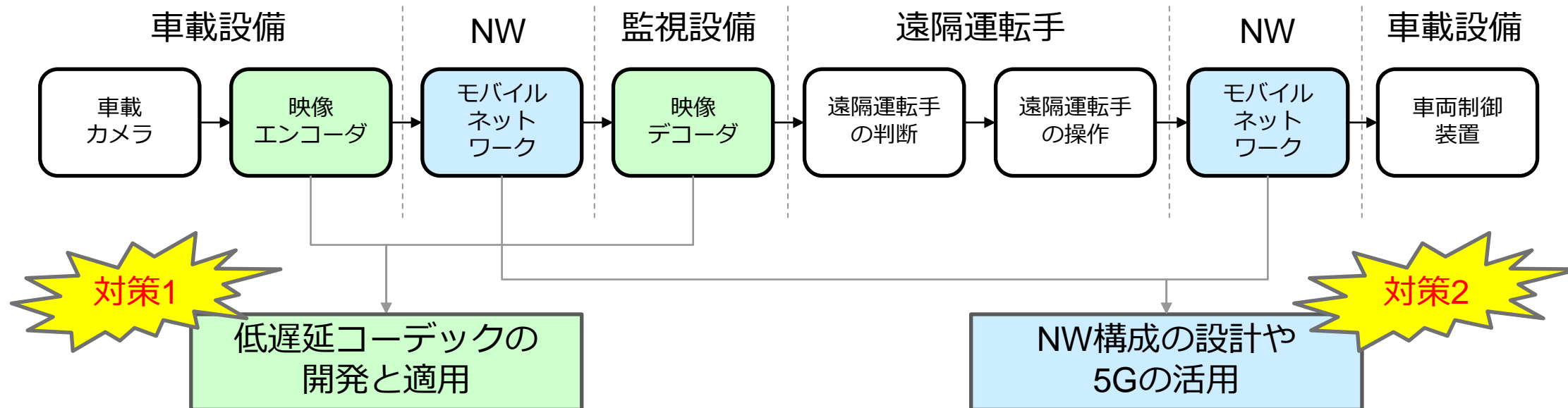


■遅延×速度＝遅延による空走距離

- ⇒ 遅延による空走距離を安全上問題のない範囲に収めるため、最高速度を制限している
- ⇒ 低遅延化によって最高速度の上限を緩和できる可能性がある

■遅延の内訳と改善方法

- 運転への影響は単純な通信遅延だけではなく、アプリケーション遅延を含めた考え方が必要



遠隔監視卓と自動運転車両

- 遠隔運転を想定したコックピット型の監視卓を構築
- 実際の車両の部品をベースに、ハンドル操作の感覚を実車に近いものとして再現
 - ハンドルの反力を再現する機能等を実装
 - ハンドルの舵角を、車両と監視卓で一致させることで違和感を低減
- 遠隔運転時の安全性を向上させるための試作
 - 2020/2にモニター試験を実施



■ZMP社製 RoboCar Miniban

- RoboCarPCにより、CANに介入して車両を制御
- CAN (Controller Area Network) : 車両内部の制御通信ネットワーク

■Autoware

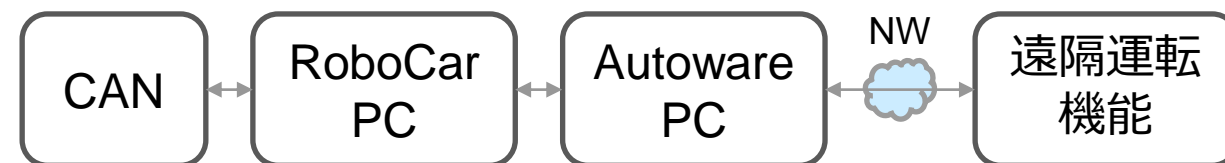
- オープンソースの自動運転ソフトウェア
- 遠隔運転用インターフェース有り

■カメラ

- 遠隔運転用 : 5台
- 信号認識用 : 1台

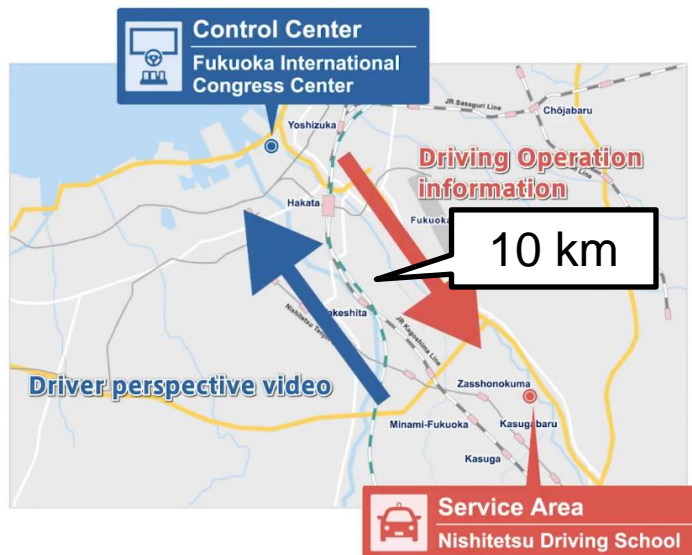
■自己位置推定手法

- LiDARと3D地図 (事前計測)
- LiDAR : レーザーによって周囲の3D計測を行うセンサー



自動運転・遠隔運転の構成

事例紹介

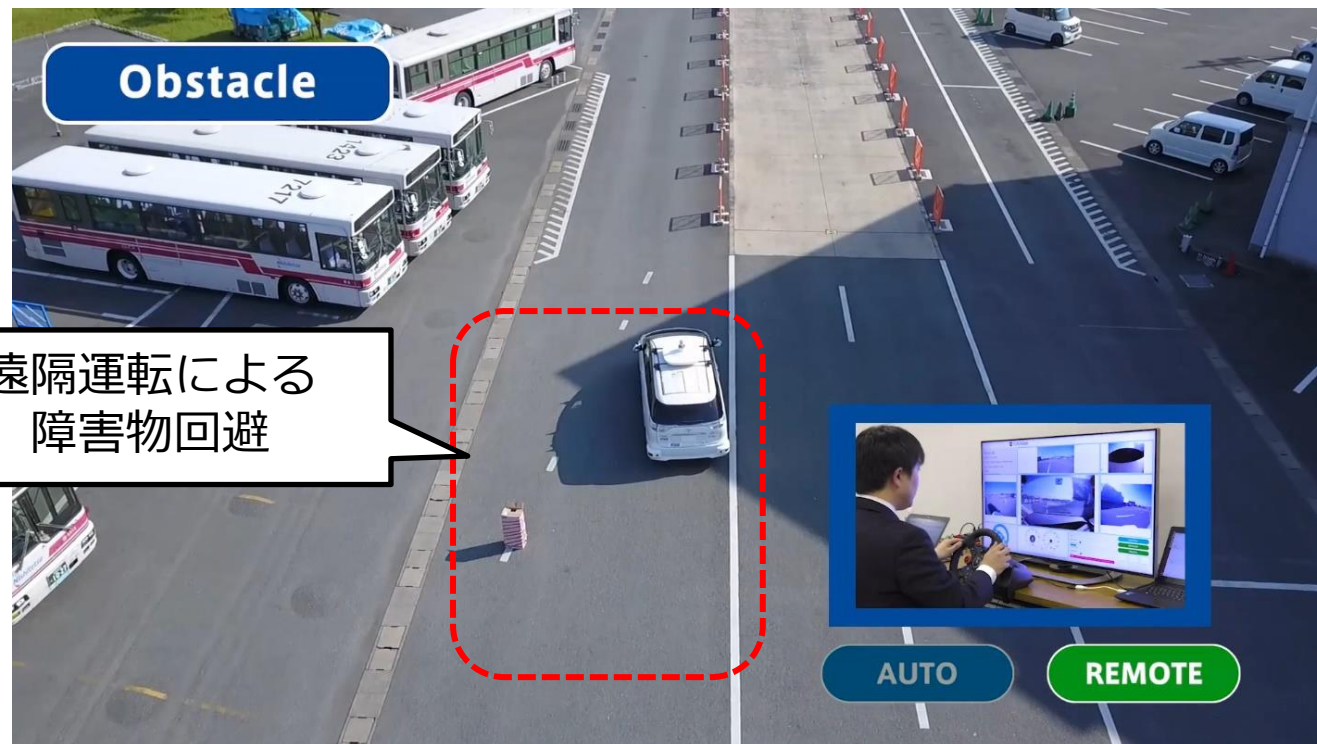
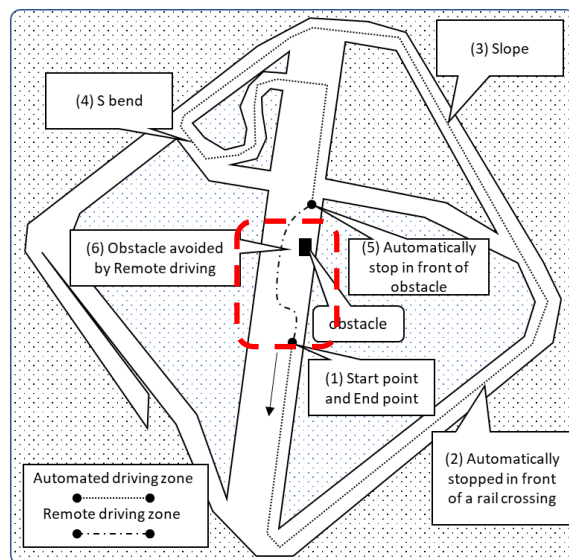


■バス教習所の中を自動運転で周回

■10km離れたフォーラム会場から、遠隔運転による、障害物回避のデモを行った

- 4Gネットワークを使用

運転席無人



遠隔運転による
障害物回避

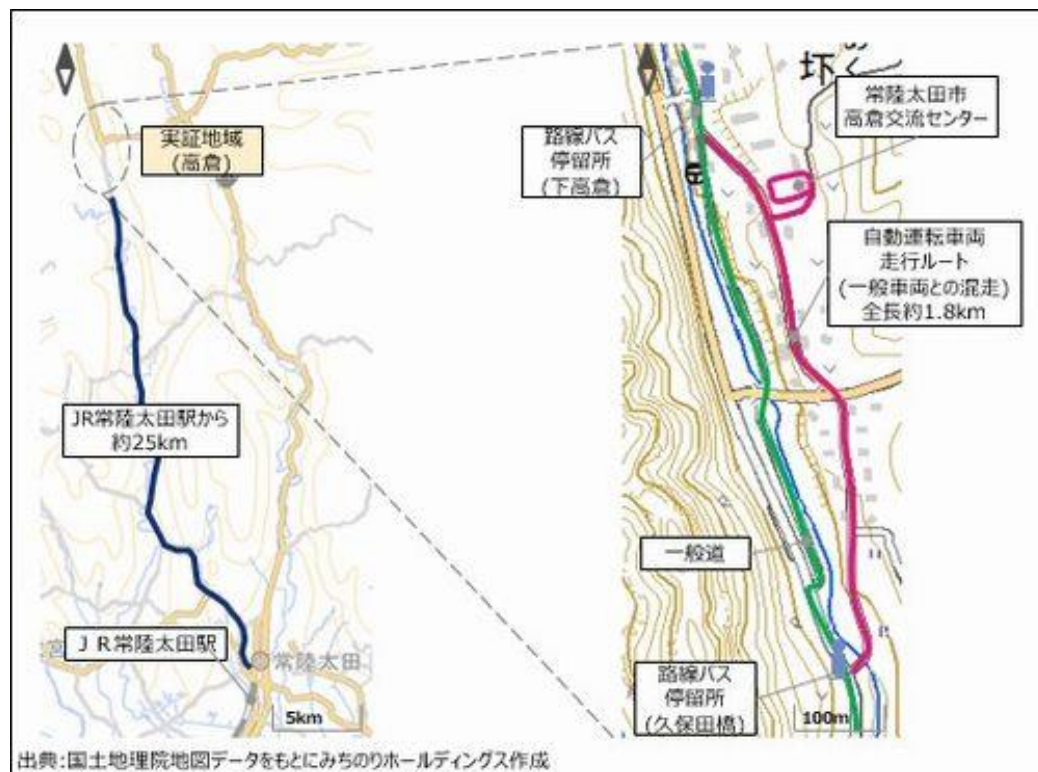
- 5G試験端末を搭載した自動運転車両と、4G端末を搭載した自動運転車両による2台同時の公道走行実証
- 5G搭載車両は30km/h、4G搭載車両は20km/hで走行



■バスの発車時刻に合わせて、自動運転カートが定期運航

■KDDI総合研究所で構築した映像監視システムを導入

- 現地の通信環境の測定と整備も担当



「路車連携型」技術
埋設された電磁誘導線からの
磁力を感知して、既定ルートを
走行

定員: 6人(上)、4人(下)
速度: 自動時~12km/h程度
手動時20km/h未満

画像出典: 国土交通省

■遠隔監視卓と低遅延映像コーデックを用いた遠隔運転の精度測定試験を、一般モニターを募って実施

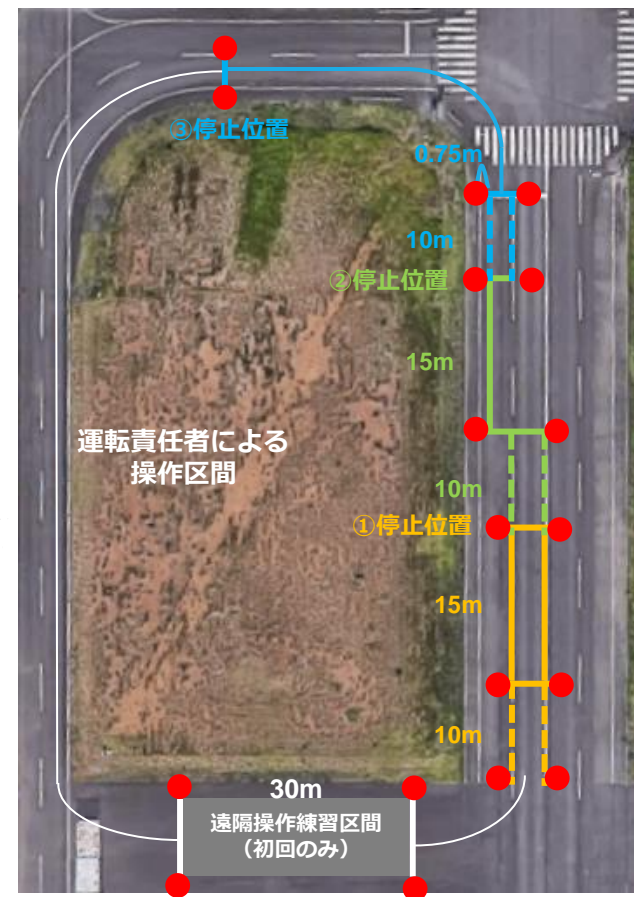
- 実際に車両を運転した際との操作精度の変化
- ネットワークエミュレータによる遅延挿入による精度の変化
- 遅延量を見える化する機能をON/OFFした場合の精度の変化

■本環境で遠隔運転を行う場合に、求められる品質の基礎となるデータを収集

- 電子情報通信学会ソサイエティ大会 (2020/9) にて発表予定



遠隔運転



■自動運転を実用化するためには遠隔運用監視が必要

- 特定条件下でのみ動作可能な自動運転システムには、遠隔監視による保守サポートが必要
- 人材を集約して効率よくサービスを運用するためにも遠隔監視体制が有効

■KDDI総合研究所の取り組み

- 車両から様々な情報を収集し、ODD監視を行う研究開発を進めている
- 高精度な遠隔運転を実現するための研究開発を進めている

■今後の予定

- **プラットフォーム化を推進**
 - ・ 監視対象となる自動運転システムをAutoware以外にも拡充する
- **MaaSサービスプラットフォームとの連携**
 - ・ 本システムは自動運転に限定されているため、他のモビリティサービスと連携した動作のためにはサービスプラットフォームとの連携が必要

- ITS AP Forum福岡における自動運転デモ、および愛知県一宮市における5G遠隔型自動運転公道実証にご協力頂いた、アイサンテクノロジー株式会社、および株式会社ティアフォーに感謝の意を表します。
- 常陸太田市自動運転カート実証の、実証主体である株式会社みちのりホールディングス、茨城交通株式会社、および実験事務局を運営する日本工営株式会社に感謝の意を表します。
- 本研究を進める上で日頃よりご指導頂いている、株式会社KDDI総合研究所コネクティッドネットワーク部門 大谷朋広部門長、コネクティッドカー2G 大岸智彦GLに感謝の意を表します。