

テーマ1：【福井県永平寺町】 遠隔監視のみ(レベル4)自動運転サービスの実現に向けた取組み

2026年3月5日

RoAD to the L4 プロジェクト成果報告会

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

加藤 晋 (テーマ1リーダー※)

※テーマ1の取組は、2023年6月末までで研究開発と実証事業としての受託が終了し、その後は、レベル4自動運転移動サービスの本格運行に並行して、テーマ1フォローアップとして長期実運行における信頼性や可用性等の検証を産総研が受託し、開発関係機関（ヤマハ発動機、三菱電機、ソリトンシステムズ）と運行事業者（ZENコネクト）、自治体（永平寺町役場）と共に実施。

テーマ1の目標、取組概要

参照：<https://www.road-to-the-l4.go.jp/activity/theme01/>

- **目標**：2022 年度目途に限定エリア（廃線跡地の永平寺町参ろ一ど）・車両（遠隔型低速自動運転車両）での**遠隔監視のみ（レベル4）で自動運転サービスの実現**。遠隔監視のみ（レベル4）の基本的な事業モデルや制度設計の確立。
- **取組概要**：信頼性の高い市販化モデルとなる**遠隔監視のみの車両・自動運行装置の開発**、汎用モデルとなる**遠隔システムと通信システムの開発**、**サービス実証実施によるレベル4実用化の検証**。レベル4での自動運転移動サービスの実現に必要な、**運行の継続性や不具合時の対応**について重点的に取組

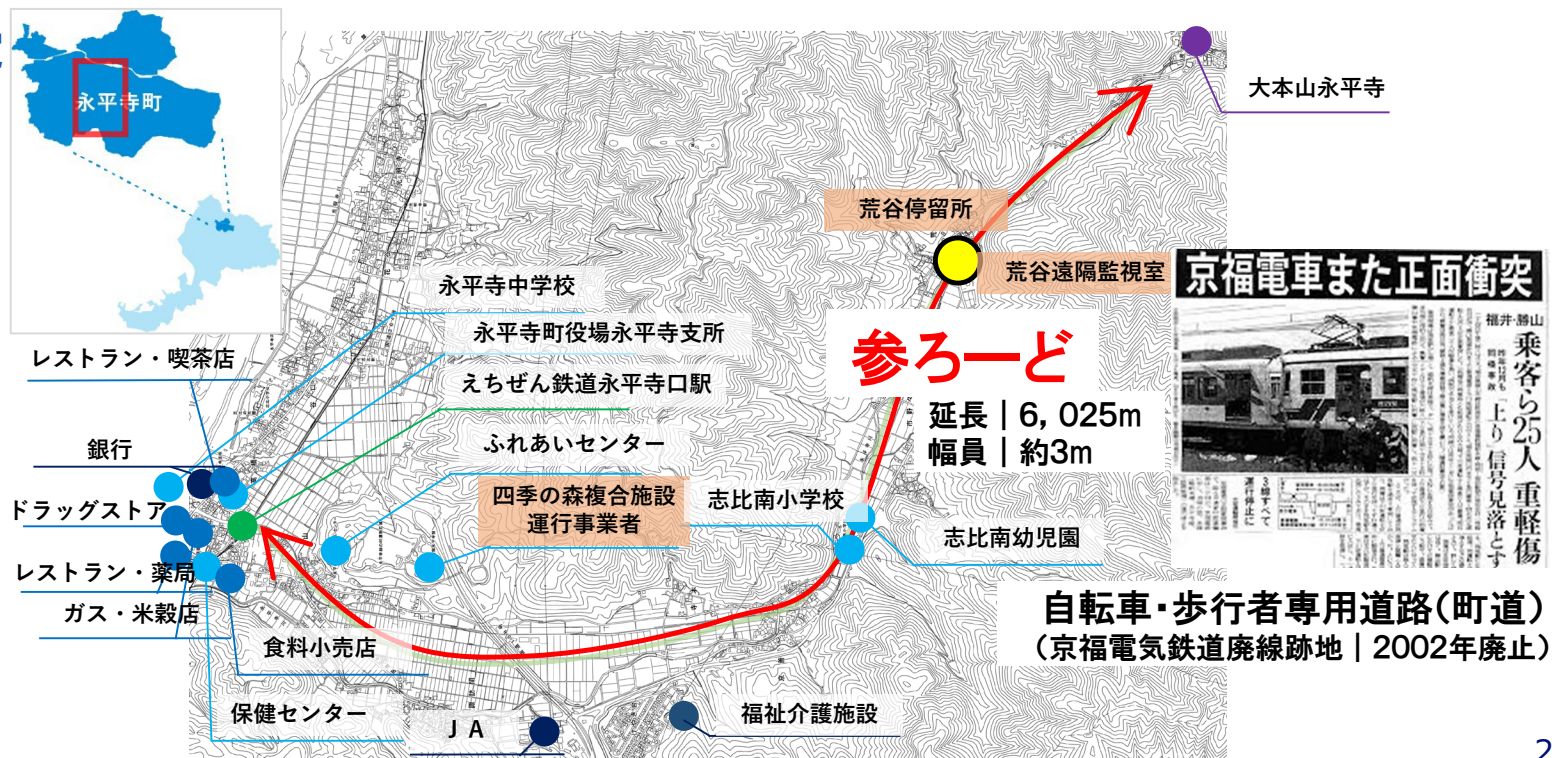
福井県永平寺町における自動運転移動サービスの位置付けと歩み

2017年1月 実証地域(過疎地モデル)選定

- 2018年4月 公道走行実証の開始
- 2018年11月 世界初 1：2 公道走行実証
- 2019年 志比南小児童の下校を送迎
- 2019年 国内初 1：3 公道走行実証
- 2020年12月 国内初レベル2 運用開始(1:3)
- 2021年3月 国内初レベル3 認可・運用開始

2021年8月 レベル4実証地域選定

- 関連企業等とコンソーシアムを組み、取組開始
- 2023年5月 遠隔監視レベル4 運用開始



L4プロジェクト5年間の主な成果

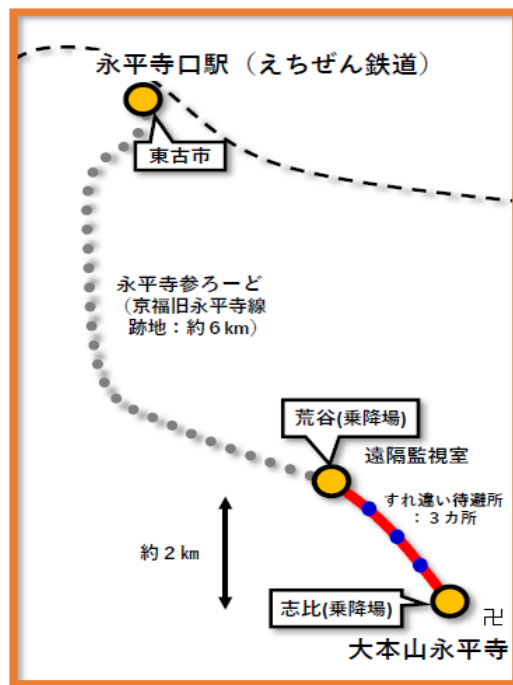
鉄道廃線跡等における遠隔監視のみの自動運転移動サービスを開始

- 国内初のレベル3での遠隔型自動運転システム（1：3）の本格運行を開始：2021年3月25日：前身PJ成果
- レベル4の移動サービス用に量産化を目指した自動運行装置や車両の開発、複数車両の遠隔・管制システムや通信システムの開発、技術検証を実施し、実装。法整備の進行に合わせて許認可を取得(道交法等)
- 2023年5月21日より、福井県永平寺町参ろーどの2 Km区間で、低速自動運転車両（電動カート）を用いた遠隔監視のみ（レベル4）による無人自動運転移動サービス（日本初）を開始（遠隔監視者1名が3台を運用）**
- 2023年度から実運行（自家用有償・土日祝）と並行して、長期運用に対する信頼性や可用性等の検証を実施

参照資料：https://www.road-to-the-l4.go.jp/activity/theme01/pdf/20240228_theme01.pdf



レベル4 自動運転移動サービス用遠隔監視室



自転車歩行者専用道を走路



レベル4自動運転移動サービス用車両
(グリーンスローモビリティをベース車)

2023年から2025年までの永平寺町レベル4の運行状況（乗車人数、稼働距離等）

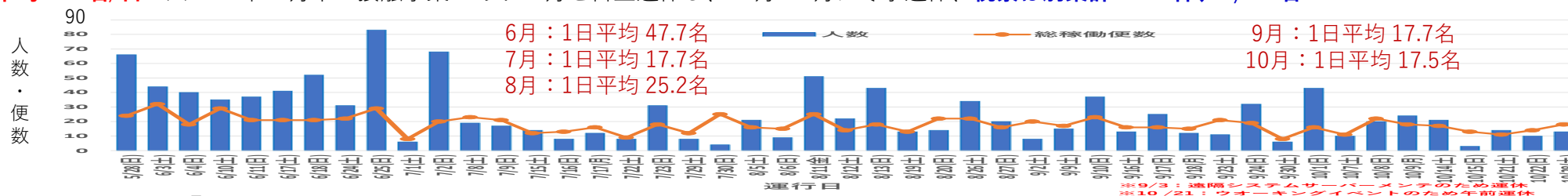
■ 乗車人数(土日祝)：3,157名、運行日数：219日、稼働距離：6,322km、視察件数(平日)：284件（2,176名）



【2023年の運行状況】（2023年10月29日の駐輪自転車との接触事案までの集計）接触事案：けが人・物損無、検知や制御等で改善対応、プレス説明等で翌年再開

5月28日～10月28日：47日間(土日、祝日)、総稼働便数：850便(乗客有時のみ時刻表運行(入れ替え空便含む)：延べ1,700km走行、1168名乗車（子供等含む）

平均24.8名/日 ※2023年10月末に接触事案があり11月を自主運休止、12月-2月は冬季運休、視察は別集計：148件、1,146名



【2024年の運行状況】（2024年3月16日から運行再開、12月-2月は冬季運休）

3月16日～11月30日：84日間(土日、祝日)、総稼働便数：1,045便(乗客有時のみ時刻表運行(入れ替え空便含む)：延べ2,090km走行、995名乗車（子供等含む）

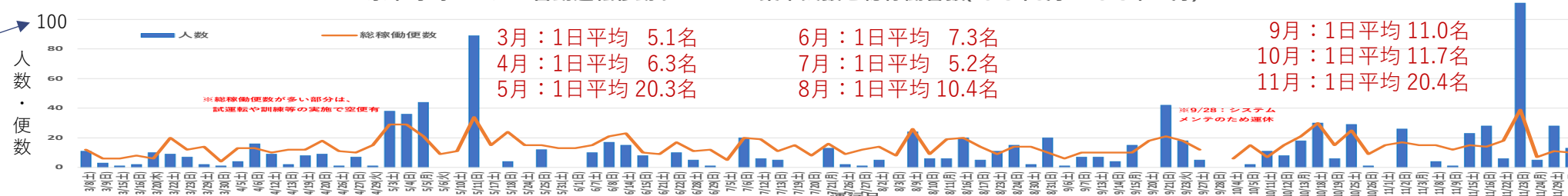
平均11.8名/日、視察は別集計：81件、537名



【2025年の運行状況】（2025年3月8日から運行再開、12月-2月は冬季運休）

3月8日～11月30日：88日間(土日、祝日)、総稼働便数：1,266便(乗客有時のみ時刻表運行(入れ替え空移送・試運転等便含む)：延べ2,532km走行、994名乗車（子供等含む）

平均11.3名/日、7/26よりMR搭載1台別予約運行(～11/30：39名乗車：全体内数)、視察は別集計：55件、493名



注意：各年で縦軸の大きさが異なる。
※2025年は最大乗車人は100名を超え、日による差が大きい。

なお、乗客の8割程度は旅行客などの利用と推定される。

福井県永平寺町におけるレベル4 自動運転移動サービスの運行の様子

講演では
動画紹介



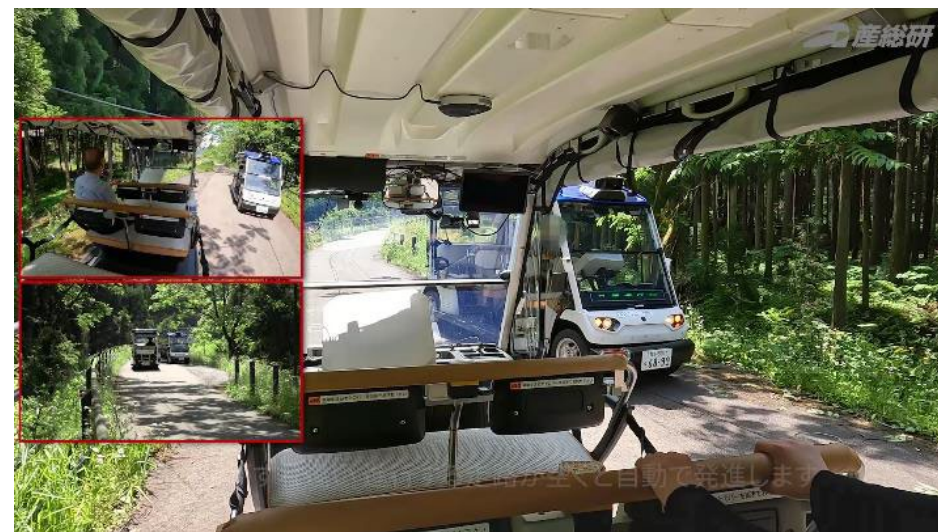
遠隔監視型による無人運行



ランドマークが無く、変化大きな走路周辺



停留所での乗車状況と遠隔監視室での確認



すれ違い停留所での対向車の待機

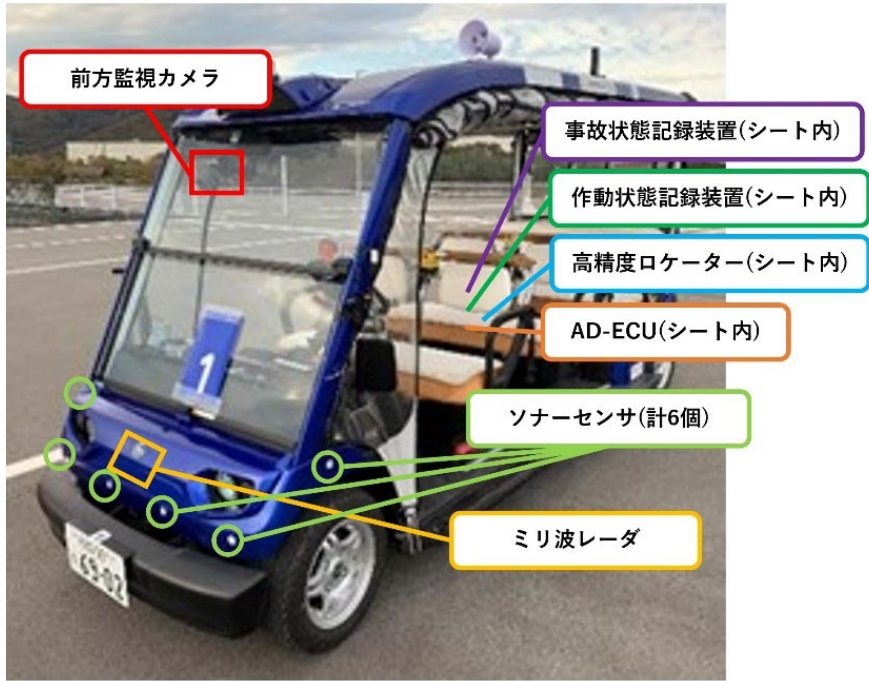
福井県永平寺町におけるレベル4 自動運転移動サービスに関する動画



遠隔監視型のレベル4 自動運転移動サービスの実現のための主な技術開発

■ 自動運転レベル4に適合した自動ブレーキシステムの構築

- 狭い自転車歩行者専用道の走行環境に適合した障害物等の検知と走行制御システムを構築し、長期運行で信頼性等を検証



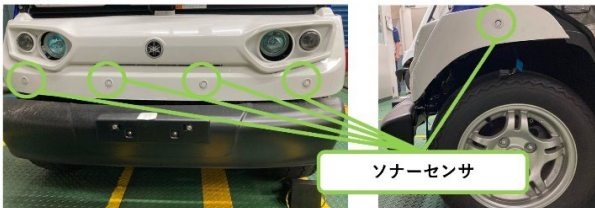
車載システム設置位置(センサと走行制御装置)



ミリ波レーダ設置位置(バンパー取り外した状態)



前方監視カメラ設置位置



ソナーセンサ設置位置(正面・側面)

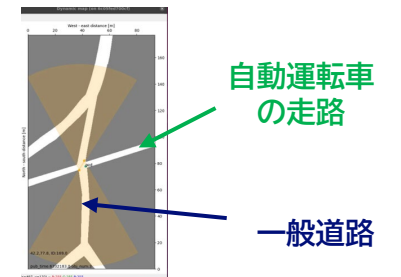
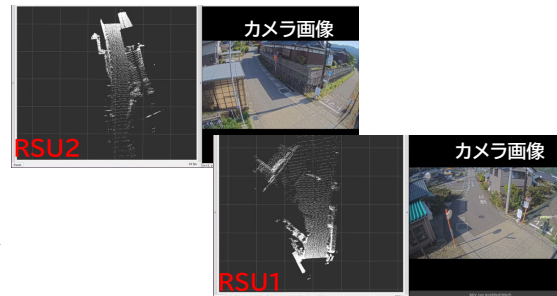
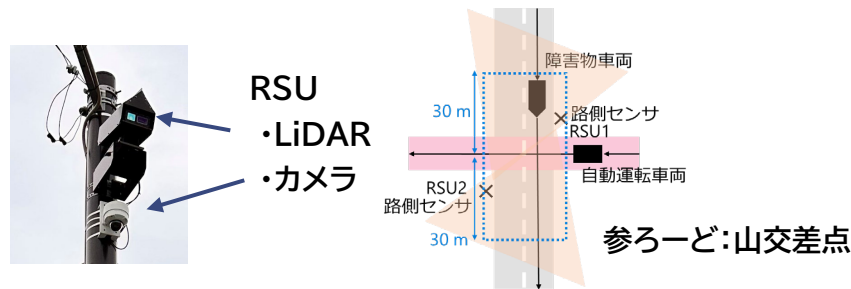


高精度ロケータ・AD-ECU・事故状態記録装置・作動状態記録装置設置位置(シート内)



自動運転レベル4 走行性能確認試験@JARI

■ レベル4とは別走路：見通しの悪い交差点(ミラー設置)における路車連携自動運転の実証：路側センサ情報を使用



遠隔監視型のレベル4 自動運転移動サービスの実現のための主な技術開発

■ 遠隔監視システムの主な要件：道路交通法施行規則 第9条の29 (遠隔監視装置)の概略(下の赤点線枠内)



自動運転車両

通信

- 自動運転車両の周囲全方向の道路状況、交通状況、車内状況、位置、音声を送信
- 車内外の者との音声の送受信

- 鮮明な映像、明瞭な音声、位置情報を常時かつ即時に受信 (正常に受信できない場合、直ちに特定自動運行主任者に通知)
- 特定自動運行主任者が車内外の者と通話 (音声を正常に送受信できない場合、直ちに特定自動運行主任者に通知)

- 映像、音声、位置情報、通話の内容、正常にできない通知に係る情報を記録
- サイバーセキュリティを確保するために必要な措置



遠隔監視室 (ディスプレイ、スピーカー、マイク)

⇒ 常時かつ即時に受信できれば、常時表示や音出しは不要となるが、途絶や遅延の検知には常時通信の確保が必要

■ 4台車両の同時遠隔監視モニター事例



- [モニタ(1)] 全車両状態 常時一覧表示 (遠隔監視装置の性能状態表示を含む)
- [モニタ(2)] 4車両同時映像
- [モニタ(3)] 1車両選択拡大映像 (走行異常車両対象)

車両走行 & 遠隔監視装置の状態表示

3キャリア通信帯域(Mbps) <L1,L2,L3>
映像遅延時間(秒)
音声通信異常指標(0,1,2,3)

確認要求
確認中
確認完了

車両ID	速度	L1	L2	L3	遅延	異常
1号車	5.5 km/h	2.0	1.9	1.9	0.1	0
2号車						
3号車	0 km/h	0.7	0.7	0.5	0.1	0
4号車						

監視異常 (車両)

全車 車両走行状態 常時一覧表示例

インフラ設置カメラモニタ

管制モニタ

車両監視画面(3台同時表示の場合) 詳細監視必要な1車両 選択拡大 (例)

映像選択例

①から⑧までの映像 (8映像) から、車両ごとに任意に4画面を組合せ (構図) 映像を表示

[モニタ (1)]

[モニタ (2)]

[モニタ (3)]

車両状態モニタ



遠隔監視室:特定自動運行主任者卓例

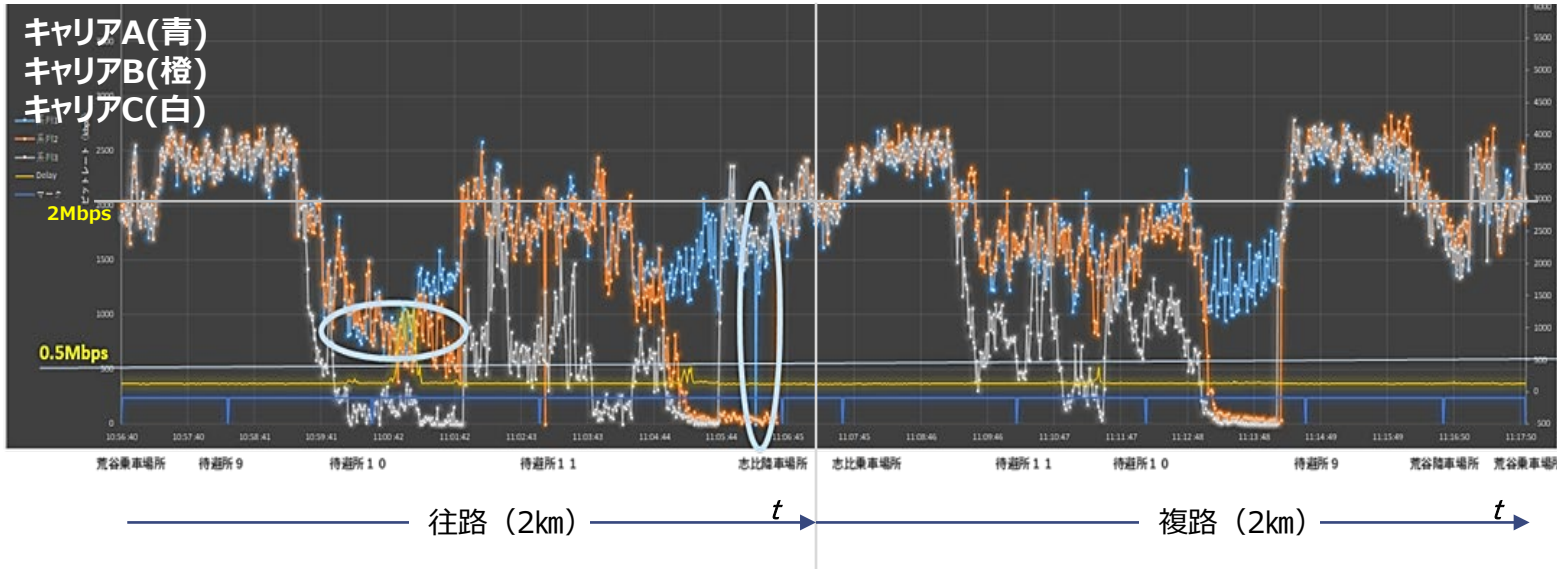
3モバイルキャリア同時通信方式（マルチキャリア方式）による通信の安定性確保

20240304荒谷-志比-荒谷

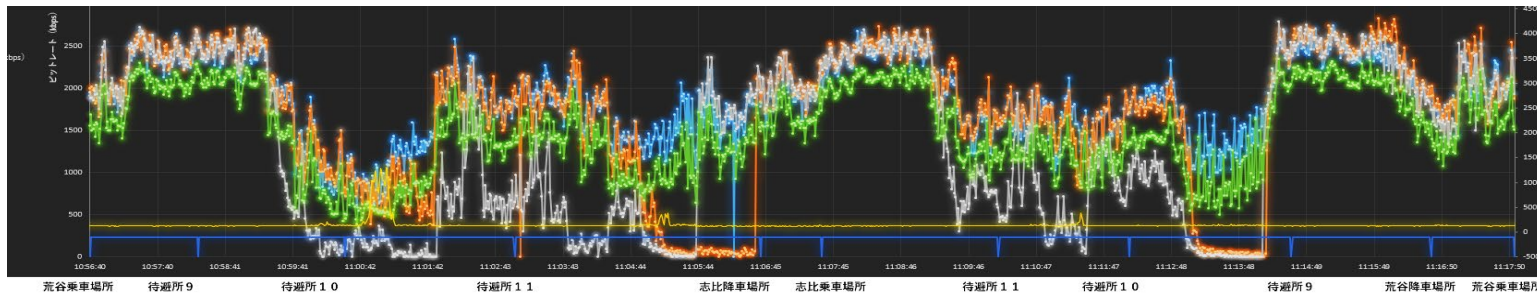
V2 単独走行

		0.1Mbps 未滿	0.2Mbps 未滿	0.3Mbps 未滿	0.5Mbps 未滿	0.5Mbps 以上	計
キャリアA	時点数	1	1	1	1	1275	1276
	%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	99.9%	100%
キャリアB	時点数	134	147	153	169	1107	1276
	%	10.5%	11.5%	12.0%	13.2%	86.8%	100%
キャリアC	時点数	171	241	284	357	919	1276
	%	13.4%	18.9%	22.3%	28.0%	72.0%	100%
3CH マルチ	時点数	0	0	0	11	1265	1276
	%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	99.1%	100%

(V2単独#2) 20240304 11:18-11:39データ 天候曇り



【参考図：マルチキャリア（緑）】

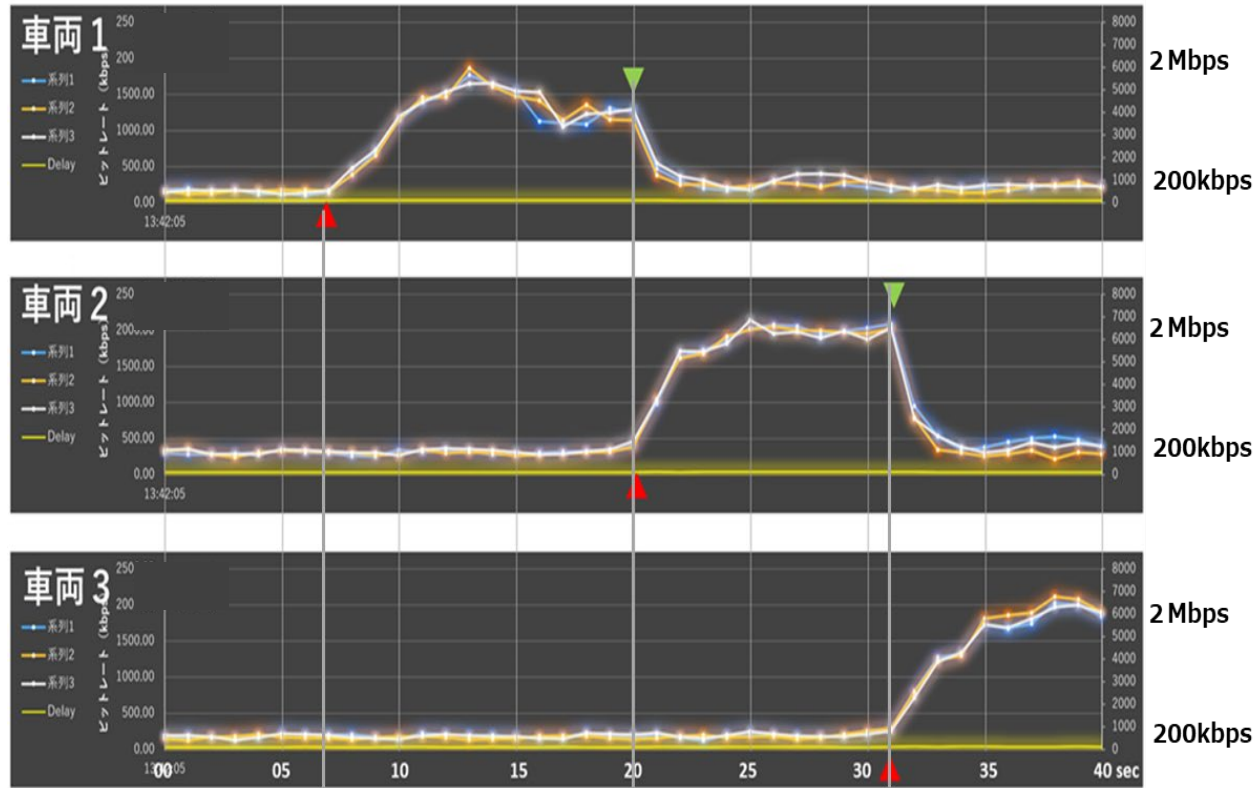


* 3マルチキャリアにおいても、車両-遠隔監視室間の通信遅延（G-to-G）は約0.2秒を維持

- 3マルチキャリアは、キャリアB,キャリアC単独よりも品質は良好。
- キャリアAとは、全体を通し、指示帯域（目標帯域）内で、ほぼ同等の品質を確保。
- キャリアAでの映像通信断をもたらす急激な品質劣化を、3マルチキャリアでは抑止し、通信安定化に貢献。

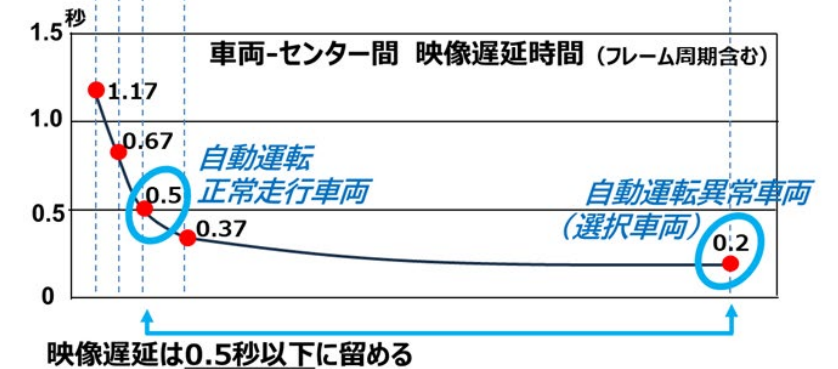
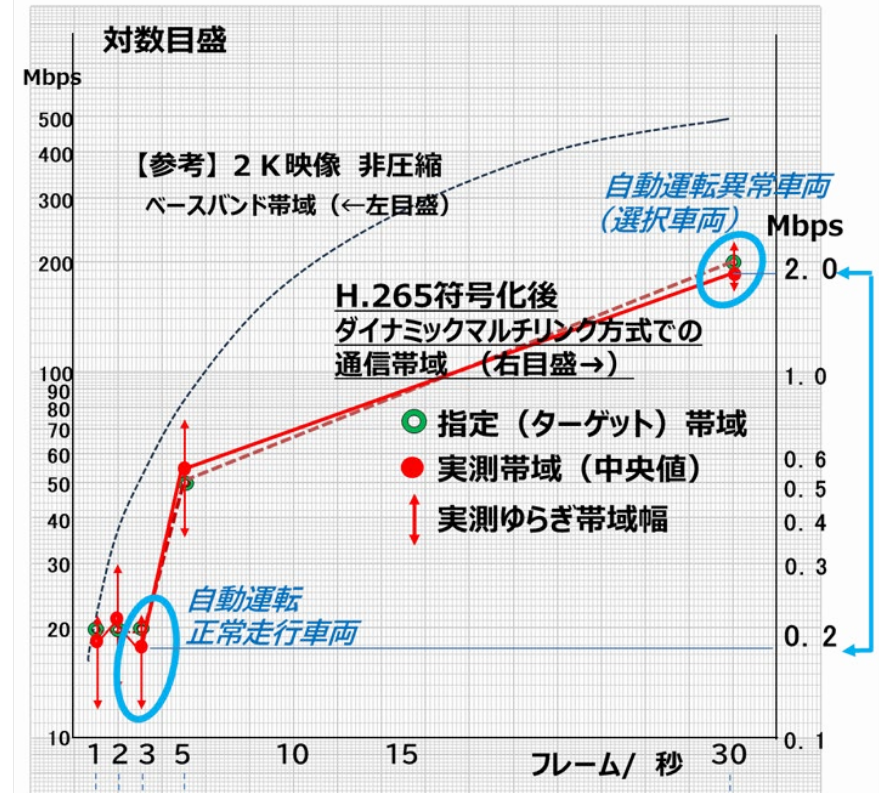
■ マルチキャリア方式における通信量の自動低減（「ダイナミックマルチリンク」方式）

- **正常走行の自動運転車両**については**遠隔監視の通信帯域を自動低減**
（1名の遠隔監視者で3車両の自動運転 同時監視の例）



車両1 走行異常 (車両1 監視者選択) 車両2 走行異常 (車両2 監視者選択) 車両3 走行異常 (車両3 監視者選択)

- 帯域低減は、映像の2K精細度維持のため**フレームレートを低下させることで実現**
- フレーム周期を含む**映像遅延を0.5秒以下**に抑えるため、3フレーム/秒以上と設定



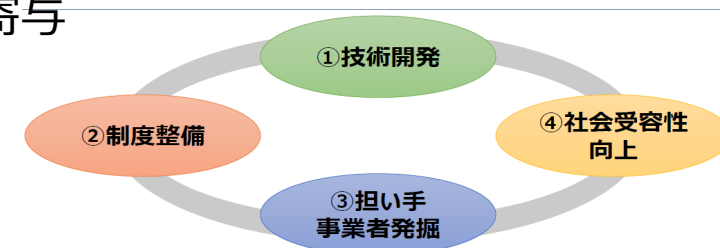
テーマ1とその後のフォローアップにおける主な成果

■ 遠隔監視型レベル4 自動運転の移動サービスを実現する技術開発と長期運行の実現

- 人手不足・コスト低減には必須となる複数台の車両を少人数で運行するための遠隔監視型の自動運転車両や遠隔システム、通信機等の技術開発と必要要件等の整理
- メーカー（車両、自動運行装置、通信）による量産や事業運行が可能な技術開発と長期検証

■ レベル4 自動運転移動サービスの実現のための許認可プロセスの構築に寄与

- 道路運送車両法、道路交通法、道路運送法等の関連規則、ガイドライン等の整備に寄与
- 第三者試験による自動運転車両の安全性や性能の評価（考え方や方法）の先例
- 乗務員乗車型と遠隔監視型の自動運転レベル4の定義や無人化移行の先例
- 許認可プロセスや手続き資料等の先例情報の提供、許認可までの期間短縮に寄与



■ 地域の理解と社会受容性の醸成

- 公共サービスや地域活性等の**自動運転の導入目的等の自治体や住民、運行事業者等の理解向上**
- **ステークホルダ間の責任分界点と意識**、事故対応（事前訓練、一元対応・情報管理、関係者対応）、保険商品開発支援

■ 他地域でのレベル4 自動運転移動サービスの導入に対する自治体や開発者、運行事業者等への情報提供

- 他の地域での自動運転移動サービスの導入に向けた手引きの作成に寄与
- 視察や試乗の受入れによる運行や導入に対する情報共有や意見交換の実施
- 事前のリスクアセスメントや地域に適合する運行形態や事業モデルの事例、許認可取得、責任分界、持続可能性の課題等の整理と情報提供

長期運行を通じて得られた想定外の事象等と対応実績、関係者間で意識すべき要点等

■ 運行不具合状況と原因、対策・改善対応などを集計し、事例としてのまとめを実施

・ 不具合等の原因と対応・対策実績例

・ 機器故障等：

- ・ 機器コネクタ接続不良：走行振動等（ハーネス・コネクタ固定、整備・点検、部品再考・交換、設計再考）
- ・ 機器熱暴走：気温上昇、日射等（復帰回路付加、遮熱・放熱・排熱処理、作動温度範囲再考）
- ・ 劣化：経年劣化、使用劣化（整備・点検、部品再考・交換、設計再考）

・ 想定外の減速、停止：

- ・ センサの誤検知等：過検知等（頻度・影響調査、検知機能強化、制御判定の再考、過検知要因の減少・除去）
- ・ ODD外等：ODD外設定・判定等（頻度・影響調査、検知の再考、設定・判定の再考）

・ インシデント、事故等：

- ・ 要因分析、潜在リスク分析（頻度・影響調査、走行戦略等の再考、対策評価、関係者了承・合意、実装）

・ 改善要求：点検・操作の容易化、効率化（UIの再考・更新、運行マニュアルの再考・更新）

■ 関係者間で意識すべき要点としての可用性と安全性とのバランスについての考え方のまとめを実施

・ 長期走行等における特に運行サービスへの影響を考慮した検証と対応

⇒ **運行サービスに影響を及ぼすODD外や想定外の事象等に対する頻度と程度による対策、対応の優先度の検討**

- ・ エッジケース、ロングテールの不具合等の事象の原因分析と対応、対策の検討
- ・ 開発事業者、運行事業者、走路管理者、自治体、利用者等の各視点での課題解決法とコスト効果等を検討
- ・ 事前評価(シミュレーション等)、対策の選択、試験場・現地評価、更新合意、実装

⇒ **可用性等を考慮して、関係者間の合意を各対応・対策に応じて再考し、バランスや責任範囲等を決定**

■ レベル4 自動運転移動サービスの社会実装における課題

- **自動運転車両等の導入・運用・維持・メンテナンス等のコストと地域便益・効果の不均衡と不明確**
 - ⇒ 市場見通しの不透明さによる開発事業者等の参入や競争の妨げや遅れ
 - ⇒ 公共交通や地域活性等のニーズの見極め、地域便益・効果の評価や証明の難しさ
 - ⇒ コスト効果の不明確さによる導入・本格運行への躊躇、継続運行の障壁

■ 今後の展望

- 運転手不足、コスト削減に寄与する**遠隔監視型レベル4 自動運転移動サービスの事例増進**
 - ⇒ 市場見通しの透明化やコスト効果の明確化等
- 地域の連携や協調による**導入・運用等の規模拡大、需要拡大**
 - ⇒ 地域ニーズの実態や課題共有、運行の持続可能性を考慮した車両等の共同的な導入や運用
- 移動サービスにとどまらない**付加価値サービスの導入**
 - ⇒ 移動 + α による自動運転だから可能な新しい移動サービスの実現



例) グリスロをベースとした低速自動運転車両による低コスト化：地域ニーズにあった技術・運用等の選択

例) MRコンテンツを搭載した自動運転車両でのエンタメサービスや見守り・警備等：付加価値の追加

以上、ご清聴ありがとうございました

連絡先

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

情報・人間工学領域 インテリジェントシステム研究部門

首席研究員 加藤 晋

E-mail : shin.kato@aist.go.jp