

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り組み

2024年2月28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

元テーマ1リーダー※

※テーマ1の取り組みは、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等の検証を産総研が受託し開発関係者と運行事業者等と共に実施しています。

経産省・国交省「無人自動運転等のCASE対応に向けた実証・支援事業（自動運転レベル4等先進モビリティサービス研究開発・社会実証プロジェクト）
テーマ1「2022年度に限定エリア・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に向けた取組」
(2021/8～2023/6) 産総研、ヤマハ、三菱電機、ソリトンシステムズ

レベル4の目標に向けた課題意識：

- 現状の車両や遠隔システムは研究機関で主に開発されたため、その信頼性や耐久性については、ビジネス運用に十分とは言い難い。
- レベル3での事業化では負担低減やサービス持続性がまだ不十分。

【本プロジェクトでの研究・開発対応】：永平寺参ろーどでのレベル4 認可を目指す

- レベル4の車両等による事業モデルや運行条件の整理⇔ 他地域への横展開を意識した事業と運行のモデル化
- レベル4の高い信頼性や耐久性を持つ市販化の量産モデルに近い車両や自動運行装置、遠隔システムを、2022年度中に開発（4台程度）
⇔ メーカーが開発、メンテナンスを行い、ビジネス運用可能な品質を持つもの
- 遠隔システムや通信システムについては、他地域での横展開や多様な車両での応用も考慮に入れ、2022年度中に通信システムを開発（10台程度）⇔ 多様な地域、車両で利用可能なもの

※産総研は、前身PJ成果のレベル3の認可実績を基に、技術開発や許認可でメーカーや事業者を主導
(前身PJ：「専用空間における自動走行等を活用した端末交通システムの社会実装に向けた実証」2016年度～2020年度)

- 目標①：2022年度目途に限定エリア（廃線跡地の永平寺町参ろーど）・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。
- 目標②：基本的な事業モデルや制度設計の確立。

※22年度目途のレベル4実用化及び他地域への展開に向けた検討が中心。

※信頼性の高い市販化モデルとなる車両・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。

走行環境に合わせた技術実装が重要：多様性、変化

■ 永平寺町の走行環境での例：位置認識の困難さ ⇒ 先端技術が使えない現場もある

- ◆ 高精度GPSなどによる測位：走路周辺（木立）による影響



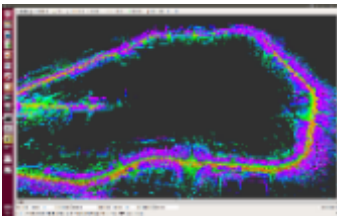
RTK-GPS(cm精度)
での測位：NG

- ◆ 白線検出による測位：天候変化（雪）による影響

- 路面の積雪により、白線が隠れる：白線検出測位：NG



- ◆ 高精度地図を用いマップマッチング（3D-Lidar、SLAM等）：
周辺ランドマーク（田畑内道路、草木）による影響



周囲に地物が無い、
草木が茂るため、
マッチング：NG



走路環境に応じた最適技術の適用例：電磁誘導線による自動運転技術を選択

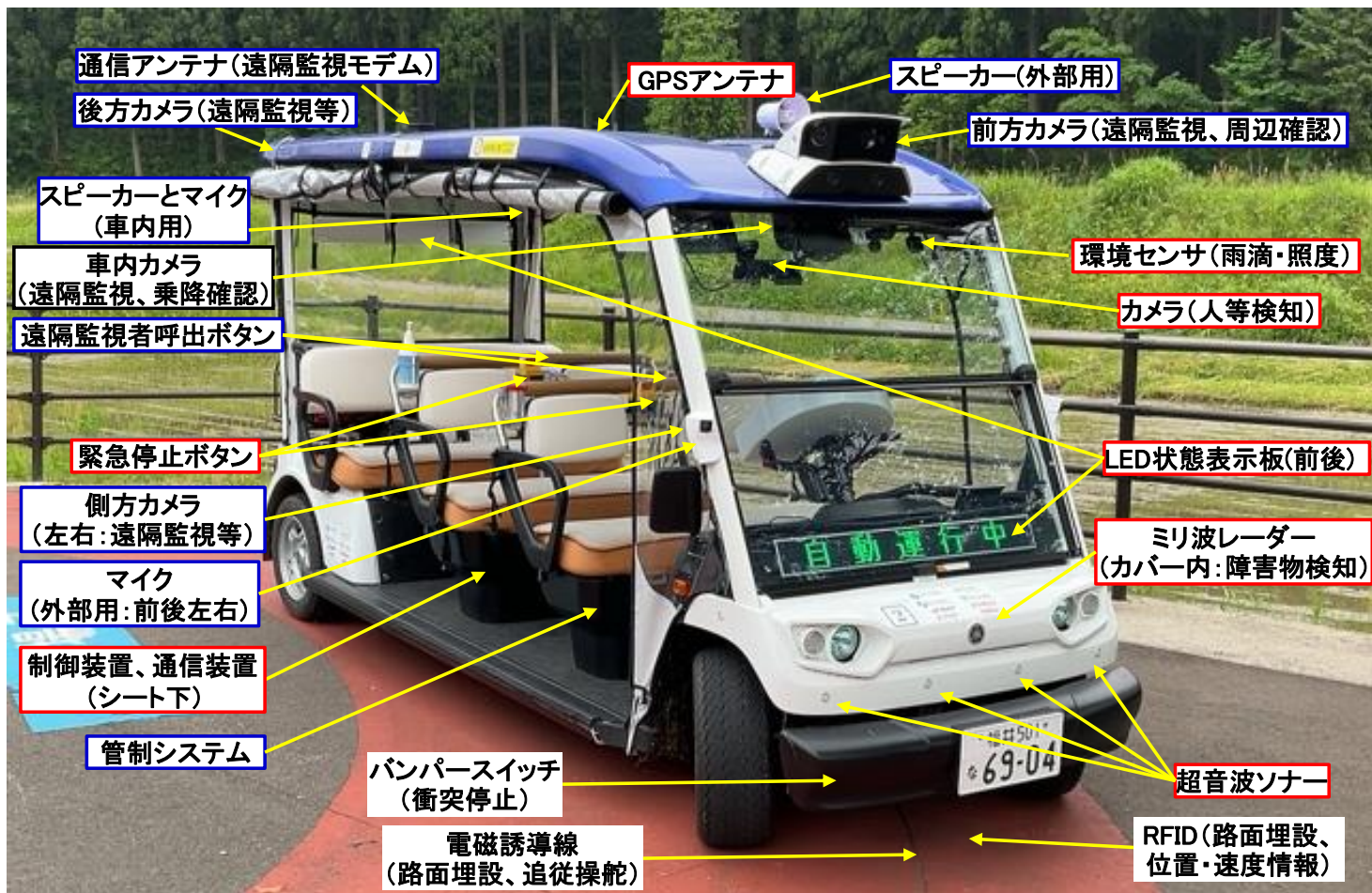
⇒ 電磁誘導線による自動運転：高信頼度、コスト効果、自由度減

※導入・運用・維持コストを考慮した設計かつ安全性、信頼性の確保が重要

永平寺町のレベル4 自動運転移動サービス用車両

- 永平寺町でのレベル4 自動運転移動サービス用車両は、ベース車両の**自動運転技術**を活用しつつ、**自動運行装置**と**遠隔監視システム**、**管制システム**を搭載し、走行中は、一切人の手を介さず、完全にシステムがドライバの代替えるもの*となっている。

※操作の主体は、自動運行装置であり、合理的に予見される防止可能な人身事故が生じないことが求められる



自動減速・停止制御

- ・ミリ波レーダー、カメラ、超音波ソナーによる障害物検知、距離・相対速度等による減速停止制御
- ・環境センサにより大雨等で自動停止
- ・緊急自動車のサイレン検知による自動停止

遠隔型自動運転

- ・遠隔監視者による車両位置、状態、車両内外カメラの映像監視
- ・乗客・外部との音声対話
- ・不具合、故障時等の遠隔監視者の呼出
- ・自動運転時の遠隔ブレーキ制動及び遠隔緊急停止と遠隔発進指示
- ・管制システムによる単路部進入制御
- ・自動運転車両間の接近抑制制御

遠隔での対応性能の強化

- ・車外カメラの7セット(9台)による遠隔からの状況確認性能を強化し、不具合事象への迅速な対応が可能
- ・通信システムの強化(マルチキャリア)低遅延、品質と安定性向上、低コスト化

走行環境条件の付与に向けて公的試験機関等での車両性能試験を実施

- 想定する走行環境条件（ODD）の内外や不具合となる想定シナリオに対する車両性能を確認するための第三者試験機関による試験を日本自動車研究所にて実施。⇒**ODD内外を判断できるセンサシステムが重要**
- 想定される**リスクシナリオのエッジケース試験**等の全ての項目について安全に車両が制御されることを確認。

走行環境条件	主な試験内容(ODD外) ⇒停止(MRM)
車両が電磁誘導線上にあり、車両が検知可能な磁気が存在すること	電磁誘導線電源喪失、電磁誘導線逸脱時
周辺の歩行者等を検知できない強い雨や降雪による悪天候、濃霧、夜間等でないこと	霧、降雨、薄暮での走行限界時
速度が約12km/h以下であること	通常走行時の基本的な走行性能の確認
路面が凍結するなど不安定な状態でないこと	空転時
緊急車両が走路に存在しないこと	サイレン音接近時

車両制御	主な試験内容(ODD内、不具合) ⇒停止(制御機能)
障害物がある場合	歩行者通過や飛び出し、寝ころび、自転車急接近や追い越し・割込み、障害物(最低地上高以上の障害検知)、固定障害物、障害物移動
システム不作動、センサ不作動	センサ電源喪失、センサに飛来物での対応確認



永平寺町レベル4 自動運転移動サービス用遠隔監視室

- 永平寺町でのレベル4 自動運転移動サービス用**遠隔操作室**は、運行する車両に車載する**車内外のカメラの映像や停留所に設置されたカメラの映像を確認**することができる。また、車両の映像は車両の選択と前面下部や車内などを選択して詳細に確認することができる。さらに、**車内外とはマイクとスピーカで対話**をすることが可能である。



- **不具合等が生じた場合や車両の呼出ボタンが押されると、異常・呼出ランプとチャイムで遠隔監視者に対応が促され、異常・呼出等モニタにその内容等が表示され、遠隔監視者への確認要求と確認状況が示される。**
- 車両の制御状態、バッテリーや通信状態等をモニタに確認でき、すれ違いの管制システムで状況確認ができる。
- 改正道交法による特定自動運行の許可に必要な**遠隔監視モニタ等の記録装置等も設置**している。

国内初！自動運転車のレベル4の認可と運行

- これまで産業技術総合研究所等が、福井県永平寺町において開発と実証を進めてきた自動運転システムについて、**遠隔監視のみの自動運行装置（レベル4）として、2023年3月30日に国内で初めて認可**
- 車両に搭載された自動運行装置は、自転車歩行者専用道（公道）に設置された電磁誘導線上を走行し、歩行者、自転車及び障害物等を検知し対応する装置（レベル4ではメーカーによる共同開発で高信頼性化）
- **2023年5月11日に国内初の特定自動運行の許可を取得し、2023年5月21日より本格運行を開始**

遠隔監視のみの自動運行装置（レベル4）の認可※の概要

※道路運送車両法に基づき、産総研が申請し、国交省中部運輸局が、車両4台(予備1台)を認可



1人の遠隔監視者が3台の無人自動運転車両を運行

人手不足・コスト低減に寄与

名称：**ZEN drive Pilot Level 4**

運転手は不要(常時監視不要の遠隔監視者のみ：不具合時等の待機)で、3台の自動運転車の運行が可能となり、**監視負担を軽減**

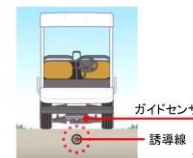


遠隔監視室

通信

走行環境条件

1. 道路状況及び地理的状况 (道路区間)
 - ・福井県吉田郡永平寺参ろ一ど：京福電気鉄道永平寺線の廃線跡地
 - ・町道永平寺参ろ一どの南側一部区間：永平寺町荒谷～志比(門前)間の約2km
 - (道路環境)
 - ・電磁誘導線とRFIDによる走行経路
2. 環境条件 (気象状況)
 - ・周辺の歩行者等を検知できない強い雨や降雪による悪天候、濃霧、夜間等でないこと
 - (交通状況)
 - ・緊急自動車が走路に存在しないこと
3. 走行状況 (自車の速度)
 - ・自車の自動運行装置による運行速度は、12km/h以下であること
 - (自車の走行状況)
 - ・自車が電磁誘導線上にあり、車両が検知可能な磁気が存在すること
 - ・路面が凍結するなど不安定な状態でないこと



12 Km/h以下

特定自動運行に係る許可※の概要

レベル4自動運転の運行許可として国内初（2023年5月11日取得）

※2023年4月1日に施行された改正道路交通法に基づき、福井県公安委員会が、特定自動運行を許可

- 申請者：まちづくり株式会社ZENコネクト
- 特定自動運行用自動車：7人乗りのグリーンスローモビリティ（電動カート公道仕様）に、自動運行装置（ZEN drive Pilot Level 4）を装備し、走行環境条件の付与を受けた車両4台（運行は3台で1台は予備）
- 運行区間：町道「永平寺参ろ一ど」荒谷停留所から志比停留所までの約2Km（京福電気鉄道永平寺線の廃線跡地）
- 運行日時：土日祝日の日中（午前10時始発、午後15時最終で毎時3便、ただし、12月後半から2月の冬季期間は運休予定）のほか、平日等9時から日没までの間にも、需要に応じて不定期での運行を予定
- 利用対象者：自力で乗降できる者（町民、来町者問わず）
- 利用料金（片道）：大人:100円、中学生以下:50円、未就学児:無料：自家用有償※
- 運休となる条件：降雪時、積雪時、路面凍結時、大雨、強風、雷警報の発令時（または発令が予想される時）、震度5以上の地震発生時など

※自家用有償登録にあたっては、道路運送法に基づき、地域公共交通会議を開催し、レベル3のものを変更し、2023年5月2日に登録

レベル4 本格運行の開始

- 2023年5月21日：レベル4自動運転移動サービスの開始に係る記念式典を実施し、本格運行※を開始（一般の方への運行サービス提供は2023年5月28日から）

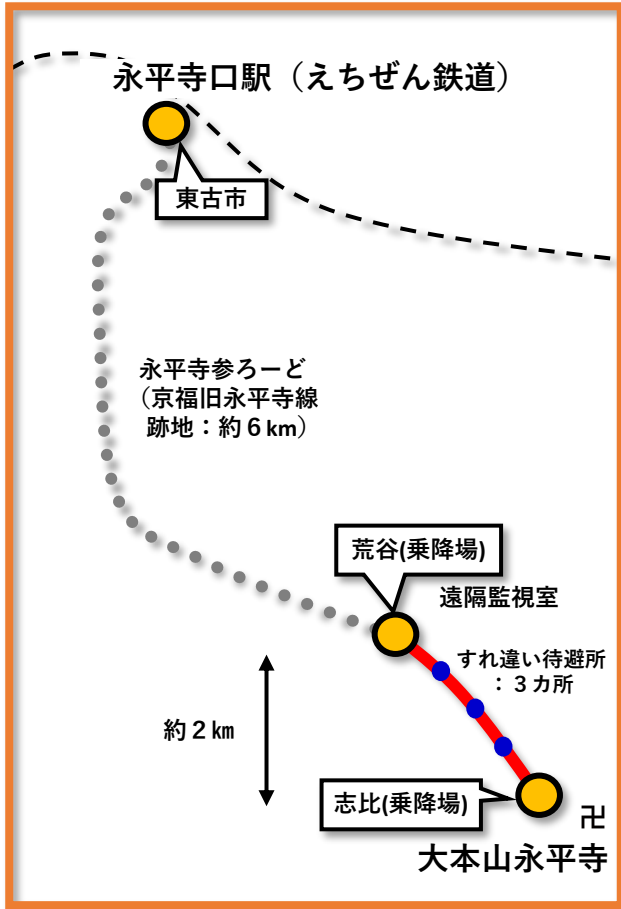
※特定自動運行主任者と特定自動運行保安員（道路運送法）は兼務して1名、複数車両の運行のため、現場措置業務実施者1名と合せ2名体制で運行

永平寺町自動運転「ZEN drive」運行形態 (2023年5月21日～)

- ✓ 自家用有償運行主体：永平寺町
- ✓ まちづくり株式会社ZENコネクト（三セク）：自主事業

◆ 土日・祝日の運行（自動運転レベル4）

- 運行区間 荒谷～志比間（約2 Km）：永平寺参ろ一どの一部（東古市～荒谷間は運行しません）
- 運行時間 10時～15時（12時を除く20分毎）
- 利用料金（片道） 大人：100円、中学生以下：50円（自家用有償旅客運送）
- 運行形態 遠隔監視者1名が、最大3台の車両を運行



車内乗客以外無人



遠隔監視のみ※

遠隔監視型のレベル4自動運転移動サービスとして運行

※特定自動運行主任者と現場措置業務実施者の2名体制で運行



ZENコネクトの遠隔監視者による運行



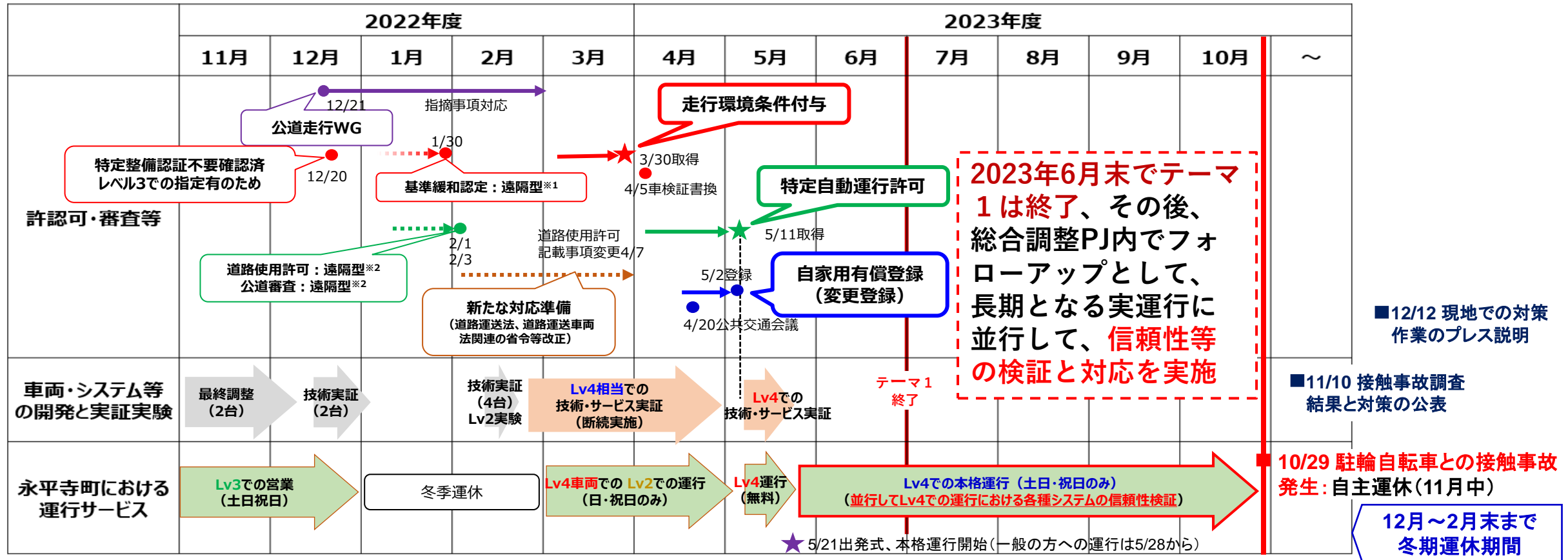
待避所での2台のすれ違い(管制制御)



料金箱による料金収受
(コスト効果等の検討により選択)

レベル4社会実装に向けた主な法制度面等の対応とその後の状況

- 2023年4月1日に施行された改正道路交通法や関連法規に伴い、永平寺町における特定自動運行に係る許可やレベル4自動運転移動サービスの事前実証、本格運行に至るまでの主な申請等の法制度面等の対応(下表5月まで)
- **本格運行前のサービス実証は短期間であり、車両や各システムの信頼性や耐久性、運用性等の検証が十分ではないため、本格運行と並行して信頼性等の検証と対応をフォローアップとして実施**：信頼性・可用性。耐久性の検証、不具合や障害・ヒヤリハット・事故等の情報収集と原因究明・改善対応、マニュアル更新等



※1：レベル4としては取得不要：遠隔型自動運転のレベル2としての認可等は1/30に取得済み

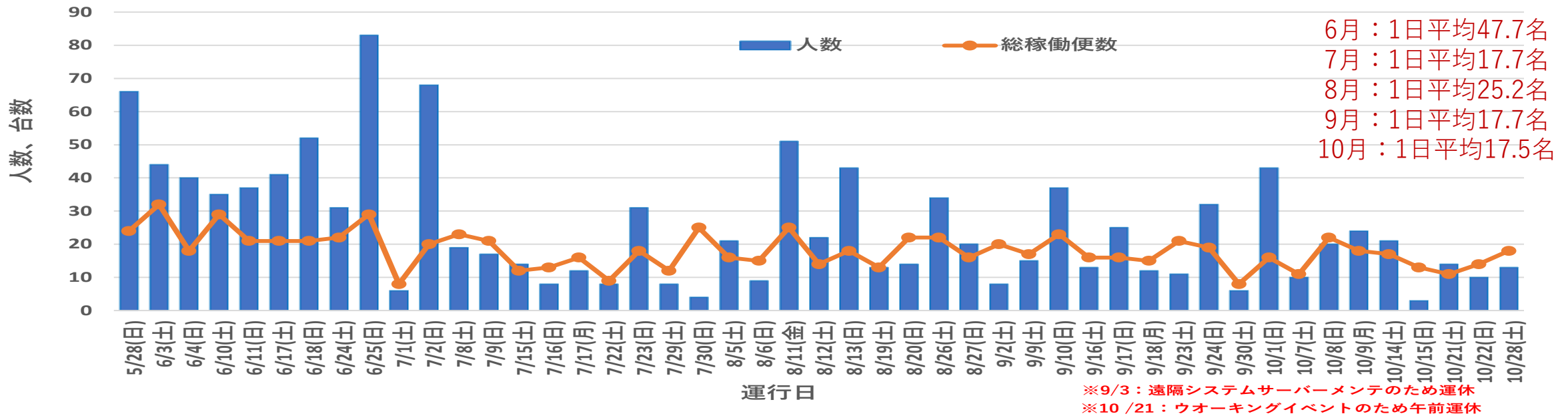
※2：レベル4としては取得不要：ただし、特定自動運行許可を受けるまでの模擬運行を行う際の遠隔型自動運転のレベル2としての認可等は2/3までに取得済み。4/7に記載事項変更

永平寺町のレベル4 自動運転移動サービスの状況

■ 運行状況 (10月28日までの集計)

- ◆ 5月28日～10月28日：**47日間**(土日、祝日：メンテやイベントでの運休1.5日有り)、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、8割以上は観光客)、視察は100件以上。

永平寺町レベル4 自動運転移動サービスの乗車人数と総稼働台数(2023年5月末～10月末)



■ 2023年10月29日無人の駐輪自転車との接触事故を受けて自主運休止、原因究明と対策対応等を実施中 (12月から冬期運休期間に入り、現在、現地検証などを実施中)

- ◆10月29日 当該接触事故に関する永平寺町より公表 (HP等)
- ◆11月10日 当該原因調査結果と対策に関する永平寺町より公表 (HP等)
- ◆12月12日 当該事故対策の現地作業に関する現地でのプレス説明 (永平寺町、産総研)

※報道関係への対応の一元化、
質問と回答の管理と共有

永平寺町ZENドライブ（自動運転）運行における駐輪自転車との接触事故

- 福井県永平寺町にて、まちづくり株式会社ZENコネクトが実施しているZENドライブ(自動運転)の運行において、2023年10月29日(日曜日)10時25分ごろに人が乗っていない駐輪中の自転車と自動運転車両が接触した事故が発生。
 - ◆ 対向車とのすれ違い待避所付近で、車両左前のバンパーと駐輪していた自転車の右ペダルとが接触。
 - ◆ 自転車には人は乗車しておらず、自動運転車両には4名の乗客にも、けが人は無し。



永平寺町での特定自動自動運行の走路と事故発生箇所



自動運転車両の接触箇所：バンパー左側
(接触跡は外観では判別不能)



自転車の右ペダルと自動運転車両の接触
状況の再現写真（自転車は同一でない）

■ 要因分析結果と対策

- ◆ すれ違いの待避所付近は、**前方カメラによる画像認識と合わせて自動ブレーキの制御判断を行う仕様**（対向する自動運転車両などの誤検知を抑制のため。ミリ波レーダおよび超音波センサは、正常に機能し検知）
 - ⇒**対策：制御判断の強化**（画像認識との整合がなくとも接触する可能性がある物体を検知で自動ブレーキ）
- ◆ **無人の自転車を認識するための事前の学習データが十分ではなく、前方カメラでは自転車の真後ろしか見えておらず、認識するための面積が小さかったことで、無人の自転車を認識できなかった。**
 - ⇒**対策：前方カメラの認識性能を向上**（検知の難しい向きを含めた無人の自転車の画像を追加学習）
- ◆ **注意喚起看板が荒谷と志比停留所に設置されていたが、自動運転車両が通行することの注意等の安全面配慮が必要であった。**
 - ⇒**対策：運用面での安全に配慮した措置**（注意喚起看板の増設、参道への案内看板を設置）

走路とシステム全体の安全性再確認と対策の検証や評価

現地環境でのデータの収集

対策の実装と評価

現地走行による
最終確認

※現地の積雪状況などを判断し実施

でレ
のベ
ル4
再
開
行

テーマ1の取り組みや成果等の情報発信や共有を実施

- **RoAD to the L4 総合調整コンソーシアム**が主催する「人の移動に関するタスクフォース(2023年3月、8月)」や関連WG、「**拡大タスクフォース(2023年11月)**」において、テーマ1の取り組みや成果の情報等を紹介
 - ◆ タスクフォース委員（自動車OEM、自動運行装置等業者、運行プラットフォーム事業者、運行関連事業者、インフラ連携関係者、交通事業者、RttL4 テーマ関係者）、オブザーバー（関係省庁・機関、コーディネート機関、関係団体・企業）
 - ◆ 拡大タスクフォースメンバー（上記のタスクフォースメンバーに加え、国交省補助事業の受託自治体や関連団体や企業）
- **これまでの紹介情報例**（以下は拡大TFの紹介資料）
 - ◆ 永平寺町における自動運転移動サービスの概要
 - ◆ レベル4自動運行の許認可プロセスについて
 - ◆ 特定自動運行の許可に係る必要書類について
 - ◆ リスクアセスメントによる事業者間の役割分担の検討手法について
 - 無人自動運転移動サービスにおけるリスクアセスメントとリスクアセスメントシートについて：2022年度報告書付録資料
 - 無人自動運転移動サービスにおける責任区分等の整理について：2022年度報告書付録資料
 - ◆ レベル4の自動運転移動サービスにおける乗務員乗車型と遠隔監視型について（テーマ2の内検討含む）

※取り組みや成果等の情報共有や意見交換などの要望がありましたらご連絡ください。

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 デジタルアーキテクチャ研究センター

首席研究員 加藤 晋

〒305-8568 つくば市梅園1-1-1 中央第2 E-mail : shin.kato@aist.go.jp