

TIER IV

2026/03/31

自動運転バス運行業務 定義書素案

デジタルライフライン整備事業／自動運転サービス支援道の開発（一般道）

本書について

- 本書は、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）による事業「デジタルライフライン整備事業／自動運転サービス支援道の開発（一般道）」における成果物のひとつである「自動運転バス運行业務定義書素案」として作成したものです。
- 本取り組みでは、自動運転移動サービスの普及を通じた人流課題の解決を目指し、データ連携基盤群から取得される先読み情報を遠隔支援で活用する仕組みの標準化・実用化を進めています。今回はその第一歩として、自動運転移動サービスの導入を検討している事業者等のご意見を取り入れながら、仕様書のたたき台となる素案を作成しました。
- 本書では、遠隔監視型レベル4を見据えた運行モデルにおいて、先読み情報を活用した遠隔支援を前提としたオペレーションを示しています。また、本書で整理したオペレーションを実現するために必要となるデータの種類、インターフェースなどの要件については、「データ連携による先読み情報を活用した遠隔支援システム データ要件定義書素案」で整理します。さらに、それらの業務要件およびデータ要件を、各システム間の連携構成へ具体化したものを「データ連携による先読み情報を活用した遠隔支援システム システムアーキテクチャ設計素案」として整理します。すなわち、本書は3つの文書の起点としてオペレーションの観点からあるべき姿を定義する位置付けとなっており、残りの2つがシステムの観点でこれを具体化する関係にあります。

Contents

- 01 解決すべき課題と自動運転サービス支援道の位置付け
- 02 自動運転バス移動サービスにおける運行費用の改善策
- 03 自動運転バス移動サービス：ユースケースAs-Is
- 04 自動運転バス移動サービス：ユースケースTo-Be
- 05 自動運転バス移動サービスへの要求仕様
- 06 自動運転バス移動サービスのフィージビリティスタディ
- 07 特定自動運行に関する法規制論点の整理
- 08 まとめ

サマリー

本検討では、自動運転バス移動サービスにおける遠隔監視型レベル4を想定した運行業務とその課題を整理し、課題解決に向けた対応策を検討しました。

自動運転バスは、省人化による運転手不足の補完や公共交通バスサービス維持の観点から、早期の導入が求められています。一方で、社会実装を進めるにあたっては、「導入費用」と「運行費用」の最適化が重要な論点となります。

特に運行費用が高止まりする主因として、自動運転バスが「立ち往生状態」に陥った際に必要となる人的対応が挙げられます。具体的には、自動運転バス1台あたりに遠隔監視を行う特定自動運行主任者と、現場へ駆け付けて対応する現場措置業務実施者の2名を常時確保する必要があり、その人件費が大きな負担となることが想定されます。

そこで本報告書では、データ連携による先読み情報を活用した遠隔支援の導入により、遠隔から車両へ適切な遠隔支援を実施することで自動運転を再開できる運行体制を検討しています。この仕組みにより、現場対応要員の削減が可能となり、人件費の大幅な低減が期待されます。

また、自動運転バス移動サービスの運行業務設計を明確化したうえで、自動運転バス移動サービスモデルの要求仕様を提示しています。システム・アーキテクチャについては、既存のバス運行システムとの整合性を確保する必要があり、システム冗長化、共通用語・共通ユーザーインターフェースの整備が求められます。

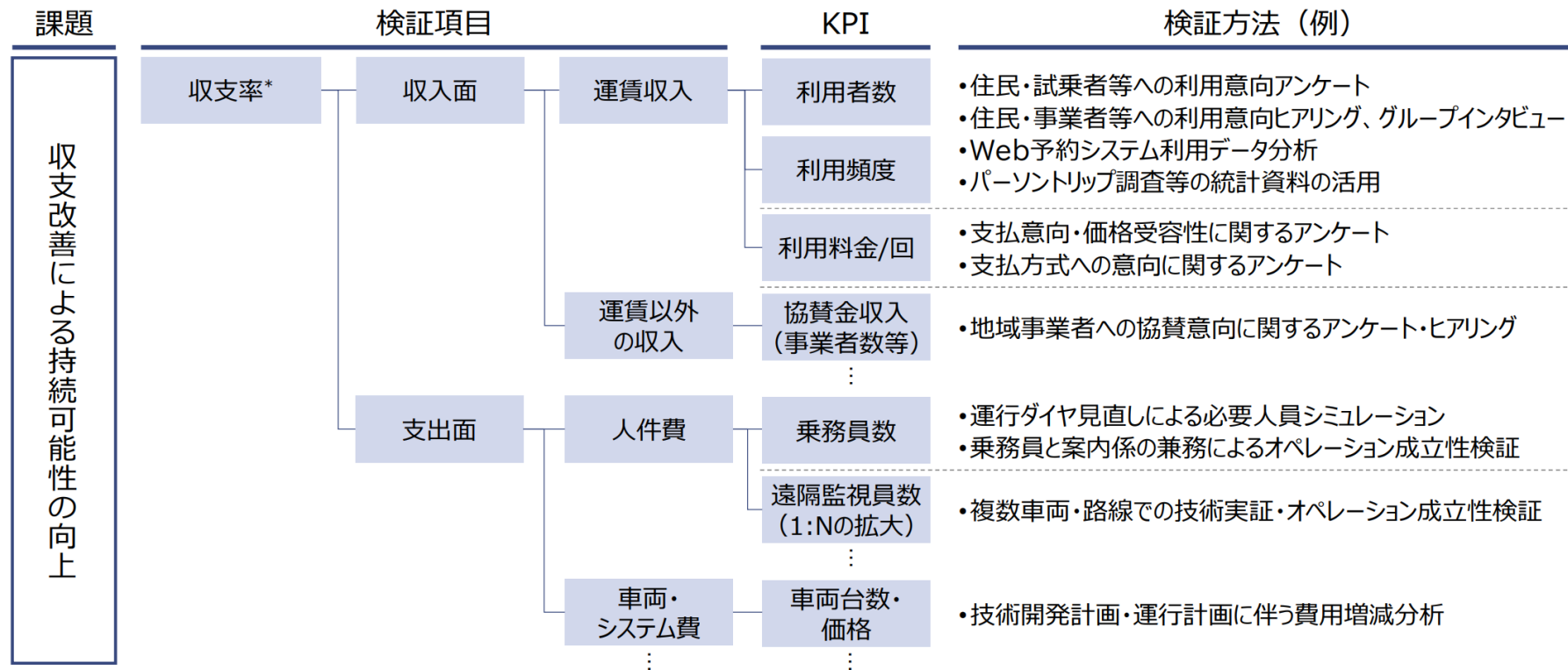
解決すべき課題と自動運転 サービス支援道的位置付け

01

1.1 事業課題：自動運転移動サービスの事業性向上には収益改善が必要

- 自動運転移動サービスの実証実験は各地で進んでいますが、技術の実装コスト、安全基準、社会受容性などの課題は依然として高く、商用化は限定的な状況です。特にバス業界は財務余力や人材確保の面で制約が大きく、社会実装を推進するための体制強化が課題となっています。
- 過去の実証実験では、収益性向上の観点から課題が収入面と支出面の両面で整理されています。支出面では、人件費等の運行費用の低減と、車両・システム費等の導入費用の低減が必要とされています。

▼収支改善に向けた検証項目・KPI設計イメージ

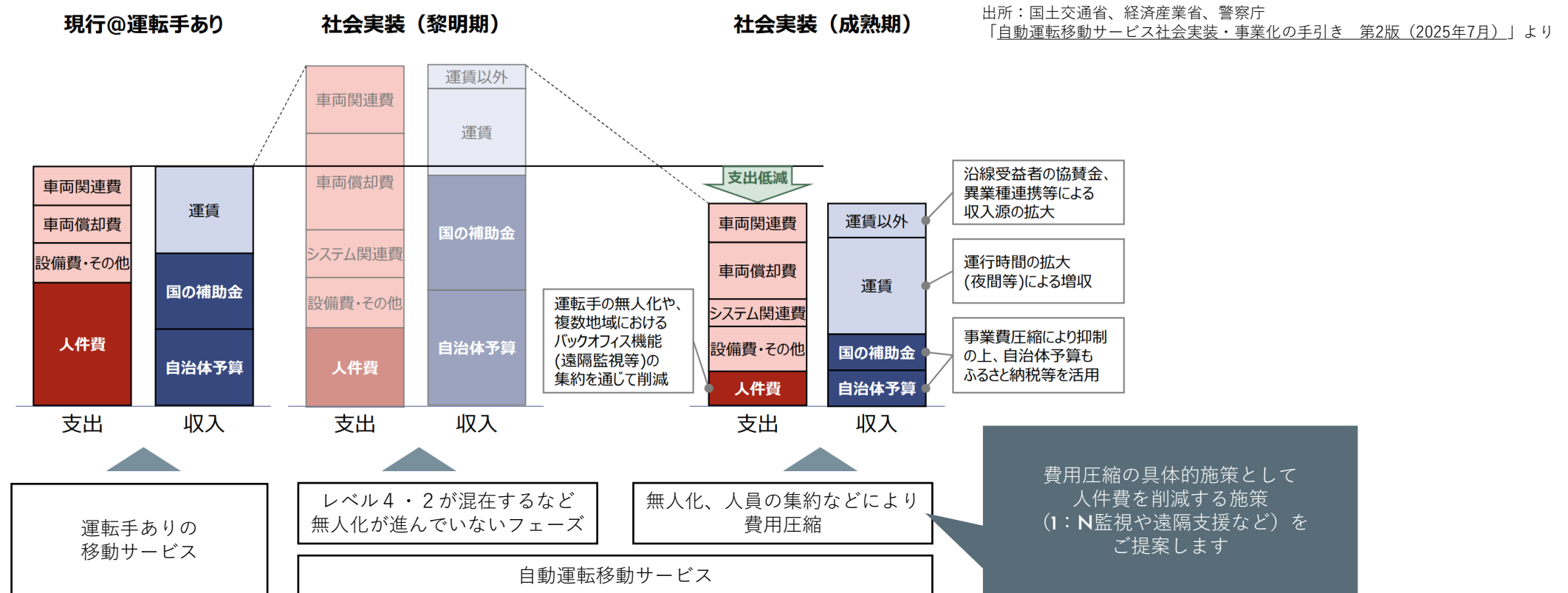


* 収支率は検証項目の一つであり、持続可能性の向上においては経済波及効果、クロスセクター効果等も含めた総合的な検証が重要

1.2 事業課題：支出面改善には「導入費用」と「運行費用」の圧縮が重要

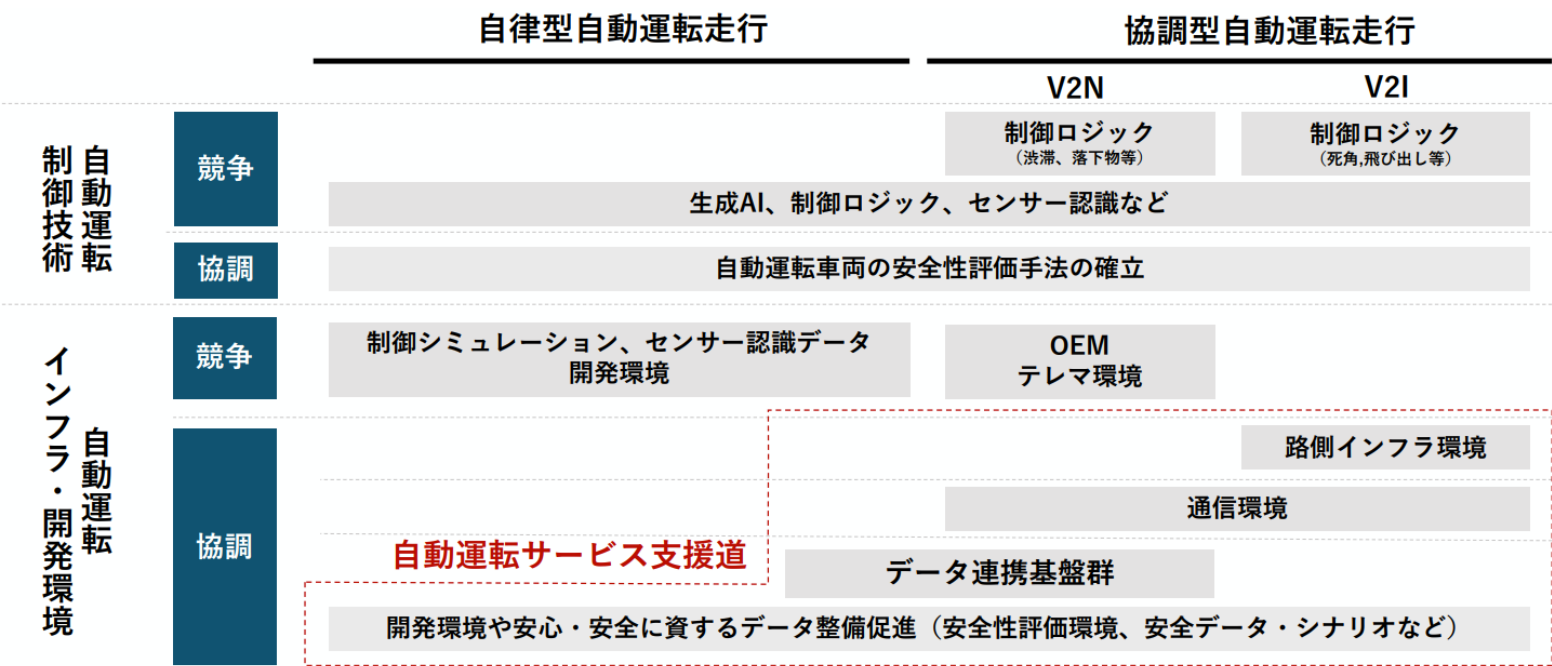
- 自動運転移動サービスにおける支出削減には、「導入費用」と「運行費用」の最適化が重要です。自動運転移動サービスの実装にあたっては、車両費やシステム費などの導入費用の低減も重要である一方、特に運行費用の中でも大きな割合を占める人件費の削減は重要な課題です。中でも、遠隔監視をはじめとする運用改善は、運行管理社が主体的に取り組むことのできる施策であり、優先的に検討すべき取り組みといえます。
- そこで本書では、主に運行費用のうち人件費の削減を対象として検討します。詳細は「2.3運行費用の低減」で説明します。

▼事業収支見通し（1台あたり）のイメージ



1.3 実装に向けた政策：自動運転サービス支援道の開発（一般道）

- 人手不足に伴う人流クライシスの解決に向けて、一般道での自動運転移動サービスの実装を目指しています。自動運転バスの社会実装には、車両・運行・インフラ・サービス設計など多くの主体の連携が必要となります。
- デジタルライフライン全国総合整備計画で整備する自動運転サービス支援道では、データ連携基盤群をはじめとした協調領域を官民一体で整備し、協調型自動運転走行を支えます。データ連携基盤を活用することで自動運転バスの実装に必要な事業者やシステム間の連携を実現します。
- 本書は、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構によるデジタルライフライン整備事業のうち自動運転サービス支援道の開発（一般道）の検討をとりまとめたものです。



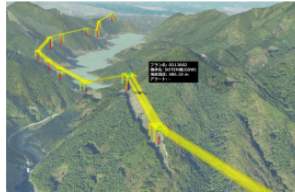
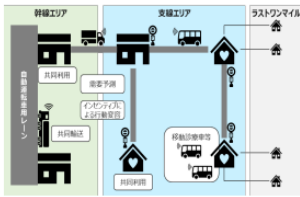
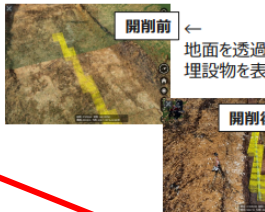
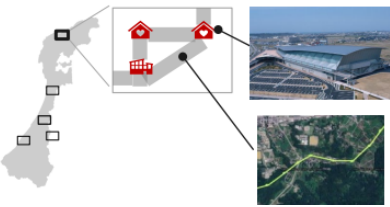
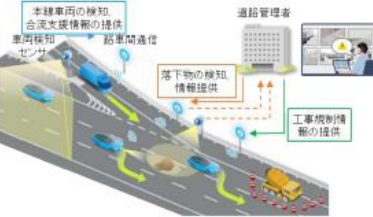
出所：経済産業省、デジタルアーキテクチャ・デザインセンター「第1回 自動運転サービス支援道普及戦略ワーキンググループ 事務局資料」より

1.3 実装に向けた政策：「自動運転サービス支援道」の先行地域

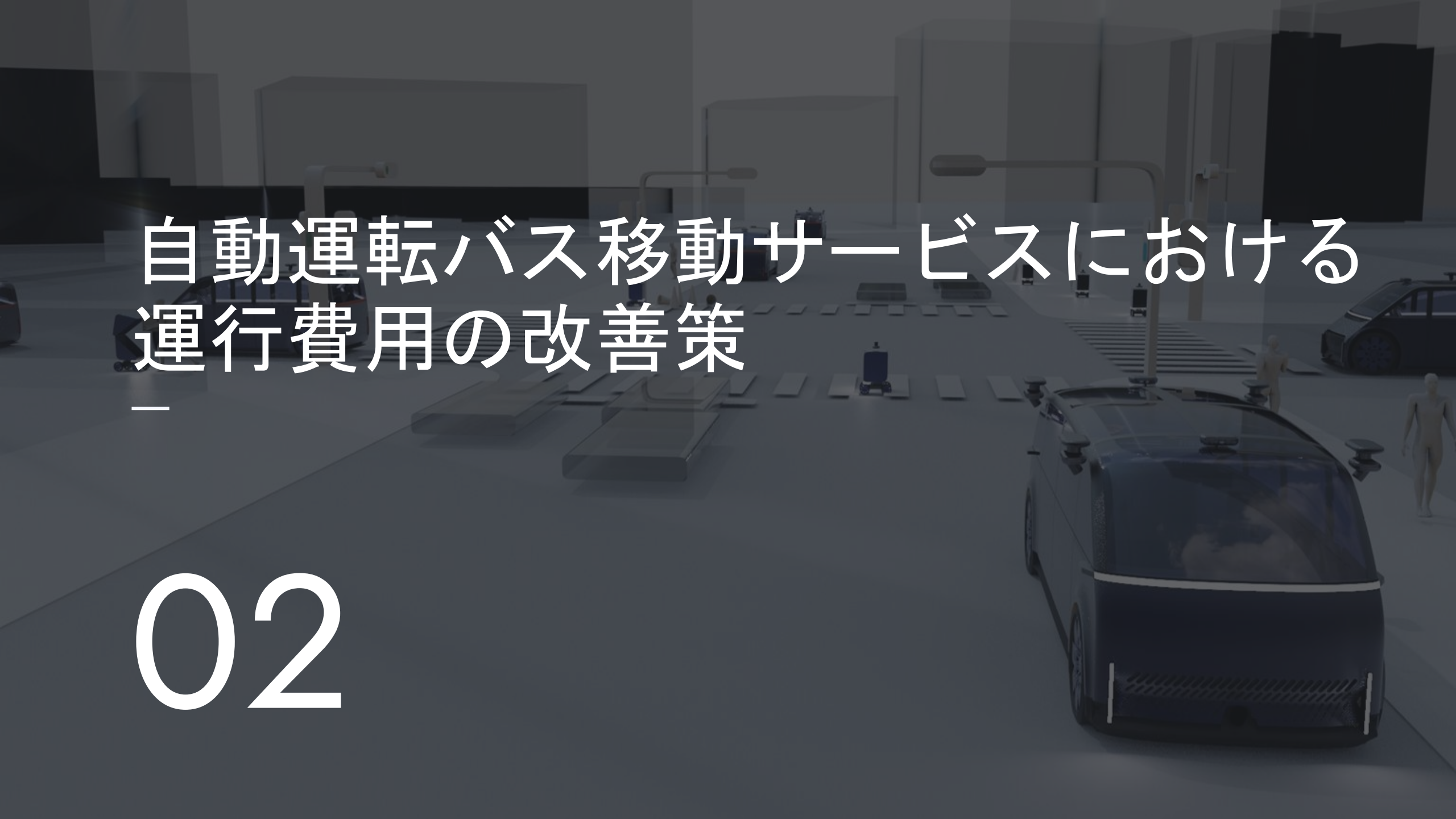
- 「デジタルライフライン全国総合整備計画」で掲げる三つの分野のうち、「自動運転サービス支援道」の先行地域として、ひたちBRTに隣接する日立市大甕駅周辺の一般道がアーリーハーベストプロジェクトの対象地域に選定されています。

アーリーハーベストプロジェクト



	ドローン航路	自動運転サービス支援道	インフラ管理DX
定義	特定の運航環境において、運航者の安全かつ効率的な運航の支援のためのシステムや、機体やドローンポート等の共同利用可能な資源の共有を促進するもの	自動運転走行の安全性を高める運行環境（自動運転車優先レーン等）の提供や、ニアミス情報等の走行データの共有を行う環境	協調領域として複数事業者が活用可能なインフラ設備の3Dデジタル化に加え、競争領域としてのアプリケーションが多数創出されることを目指す一連の取組
イメージ	 出典：グリッドスカイウェイ有限責任事業組合	 出典：EARTHBRATN	 出典：EARTHBRATN
面的展開	奥能登版デジタルライフライン ドローン航路等の線を面に展開する際の結節点となるモビリティ・ハブの整備等により、平時・災害時ともに活用可能な地域モデルの確立を目指す取組  デジタルライフラインの実装例 2024年度に新東名高速道路の一部区間において100km以上の自動運転車優先レーンを設定し、自動運転トラックの運行の実現を目指す。また、2025年目途に全国50箇所程度、2027年度までに全国100箇所以上で自動運転車による移動サービス提供が実施できるようにすることを目指す。 自動運転サービス支援道（※幹線となる道は高速道路等での設定を想定） インフラからの情報提供 カメラ、LiDAR等で検知した周辺環境の状況を車両に情報提供することで自動運転を支援 先行地域 日立市大甕駅周辺  提供：自動運転実証実験関係者 ※イメージ写真 自動運転車優先レーン 新東名高速道路 駿河湾沼津-浜松間約100km 自動運転車優先にすることで2024年度の自動運転実現を支援 		

自動運転バス移動サービスにおける 運行費用の改善策



02

2.1 日立地域における取り組み

- 日立市大甕駅周辺の一般道はアーリーハーベストプロジェクトのうち「自動運転サービス支援道」の先行地域に選定されています。この一般道のルートは以下の特徴があります。
 - **複雑な交通環境**：専用道BRTのような限定空間ではなく、他の多様な交通参加者が存在する混在空間です。
 - **路車協調システム**：一般道の交差点などにセンサーやカメラなどのインフラ設備を設置し、道路側から車両へ情報（死角の歩行者や車両の状況など）を伝える「路車協調」の仕組みが導入されています。
 - **「ひたちBRT」との接続**：もともと日立電鉄線の跡地を利用した「バス専用道」で自動運転の実証を重ねており、運用性向上のため、駅周辺の一般道へと走行範囲の拡張を検討しています。
- 上記の走行環境を念頭に本書は検討しています。

日立地域で進めている集約的な運用モデル



- 中型バスでの運行モデルの確立
- ・ レベル4 + 遠隔監視型での営業運行実現
 - ・ 路線単位で定常的に運行するための要件検証



- サービス支援道連携モデルの確立
- ・ インフラ支援によって、人の介入を抑制した運行モデルの実現
 - ・ 面的に集約した路線で事業性が成立する運行モデルの検証

アーリーハーベストで確立を目指す運用性の高い日立モデル

Michinori Holdings All Rights Reserved - 2 -

出所：みちのりホールディングス「日立地域における事業性検討状況について」（2024年12月）より

2.2 2024年度の実証実験の概要

- 2024年度NEDO事業「デジタルライフラインの先行実装に資する基盤に関する研究開発」において、日立市大甕駅周辺の一般道において自動運転レベル4相当のバス車両を用いた実証実験を行い、手動介入の回数およびその要因を分析し、対策案の検討を行いました。本サービス実証では、公道の交通流への影響を避けるため、運転手が乗車するレベル2相当の運用形態で実施しており、MRMやMRCに移行する前の段階で手動介入を行っています。自動運転による移動サービスの可用性を向上させるためには、このような手動介入の発生頻度を低減することが重要です。
- 実証の結果、ルート上に存在する路上駐車や工事等が、自動運転の運行継続性を阻害する要因となり得ることが明らかとなりました。なお、発生件数が最も多かった「BRT接近表示器の誤認識」は、ひたちBRTにおいて車両同士のすれ違いを円滑に行うために設置された二灯式の専用設備に起因するものです。この事象については、自動運転システムの認識モジュールを再学習することで対策しています。
- 実証結果から、「障害物（路駐車）回避」によるMRM発生について優先度高く対策すべきことが明らかになりました。

条件

走行（検証）期間	2024年9月26日～10月1日（計6日間）
走行（検証）回数	計30回
総走行距離	156km
ルート	発着：大甕駅西口 走行距離：3.1km
車両	ティアフォー Minibus



結果

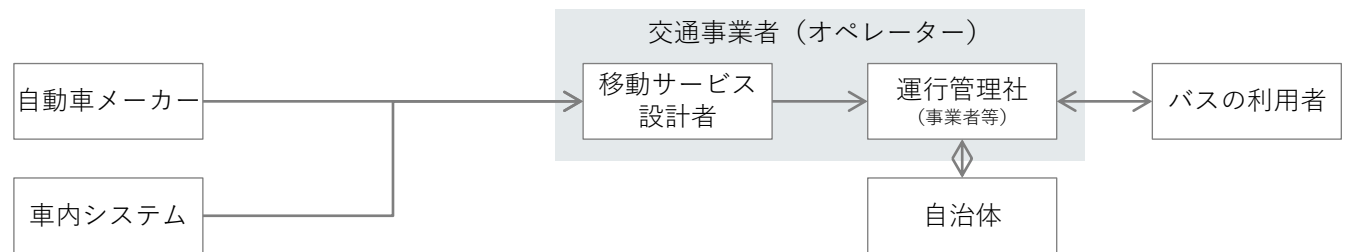
順位	手動介入の要因	件数	割合	インフラ支援の情報例
1	BRT接近表示器の誤認識	70件	29%	灯色情報
2	障害物（路駐車）回避	42件	18%	路駐車の情報
3	障害物（工事）回避	24件	10%	工事計画情報&地図、工事に関する物標情報
4	周辺交通優先	21件	9%	進入先道路にある車両情報、調停機能
⋮	省略			
	総計	240件	100%	

2.3 運行費用の低減：バスの運行管理社が費用効率化を検討する主体

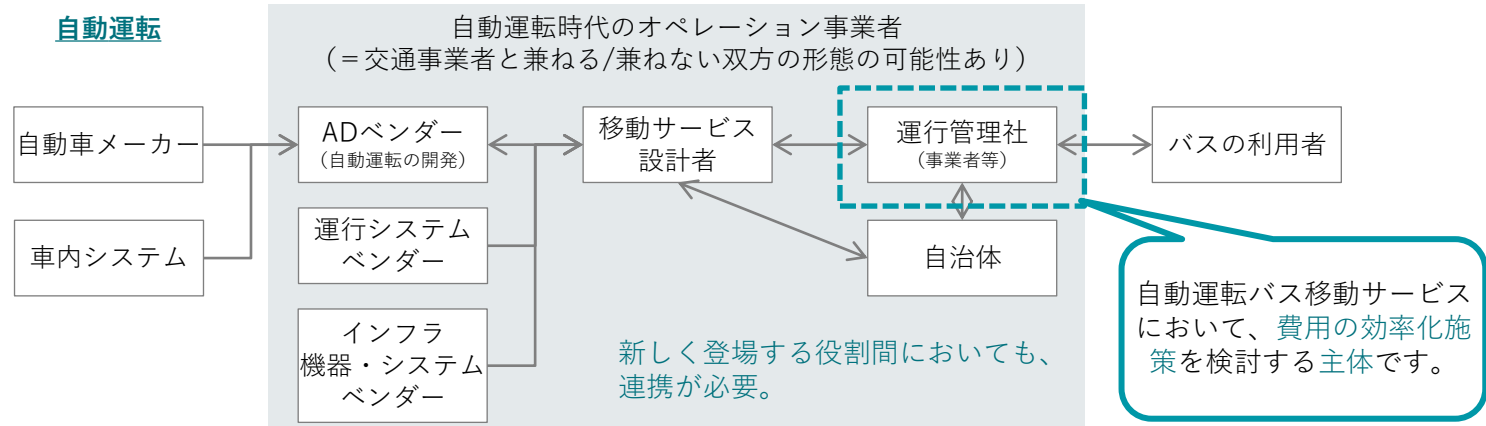
- 自動運転移動サービスを社会実装するにあたっては、自動運転技術の開発・提供するベンダー、運行システムベンダー、インフラ機器・システムベンダー、移動サービス設計者など、多様なステークホルダーの連携が不可欠です。実装地域ごとに個別に連携のあり方を検討すると、全体として導入・運用コストの増加につながるため、業務やシステムの標準化が重要になります。ここで、各主体の役割については「自動運転移動サービス社会実装・事業化の手引き 第2版（2025年7月）」を参考に定義しています。
- また、無人化や車両・システムの導入に伴いコスト構造も変化しています。「1.1 事業課題」に示すとおり、特に運行管理社に係る運行費用のうち、改善の余地があり、かつ影響が大きい人件費の最適化が重要な課題となります。

自動運転化によるバリューチェーンの変化と新たな役割

手動運転



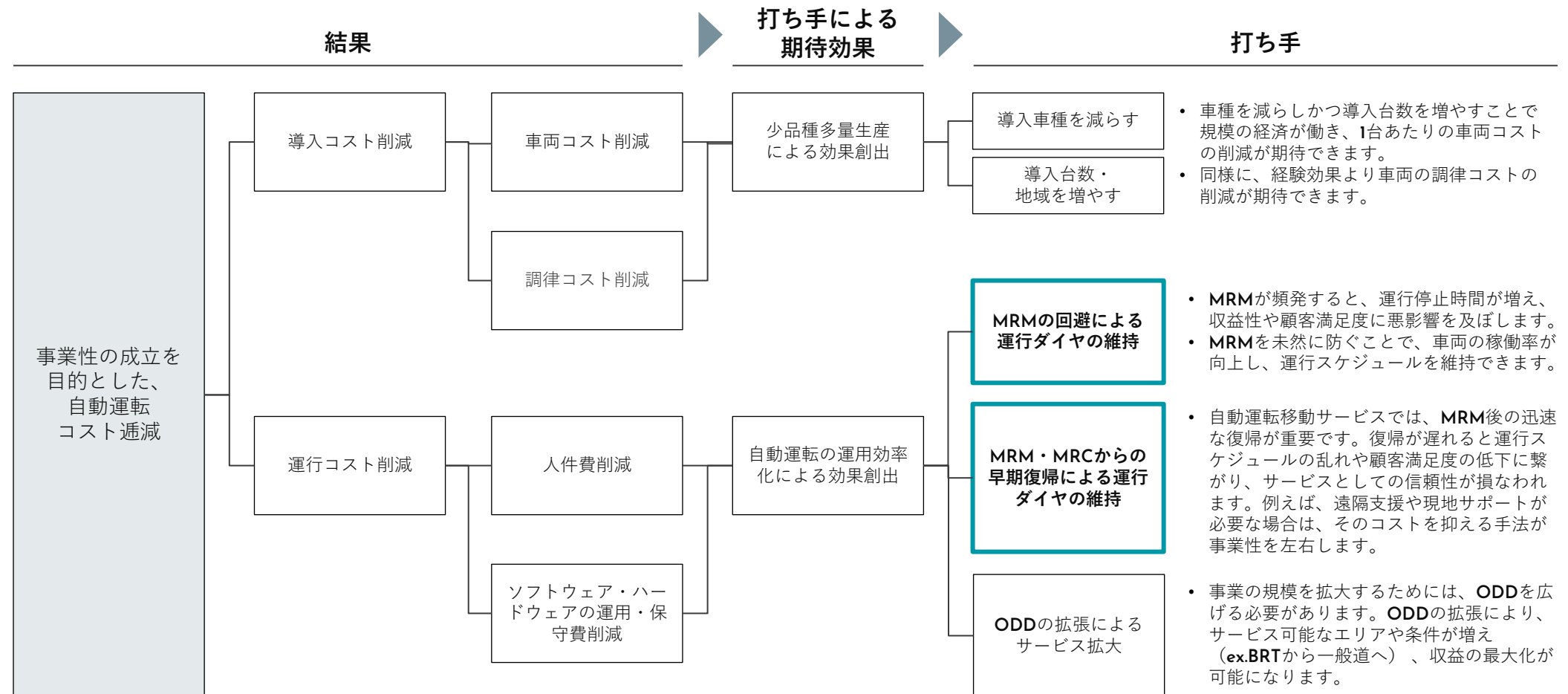
自動運転



主体	役割
自動車メーカー	自動車の提供
車内システム	バス用機器の提供
移動サービス設計者	移動サービス導入の検討・推進
運行管理社	移動サービスの運行
自治体	利用者ニーズの把握
バスの利用者	移動サービスの利用
ADベンダー	自動運転技術の提供
運行システムベンダー	遠隔監視システム等の提供
インフラ機器・システムベンダー	自動運転と連携したシステムの提供

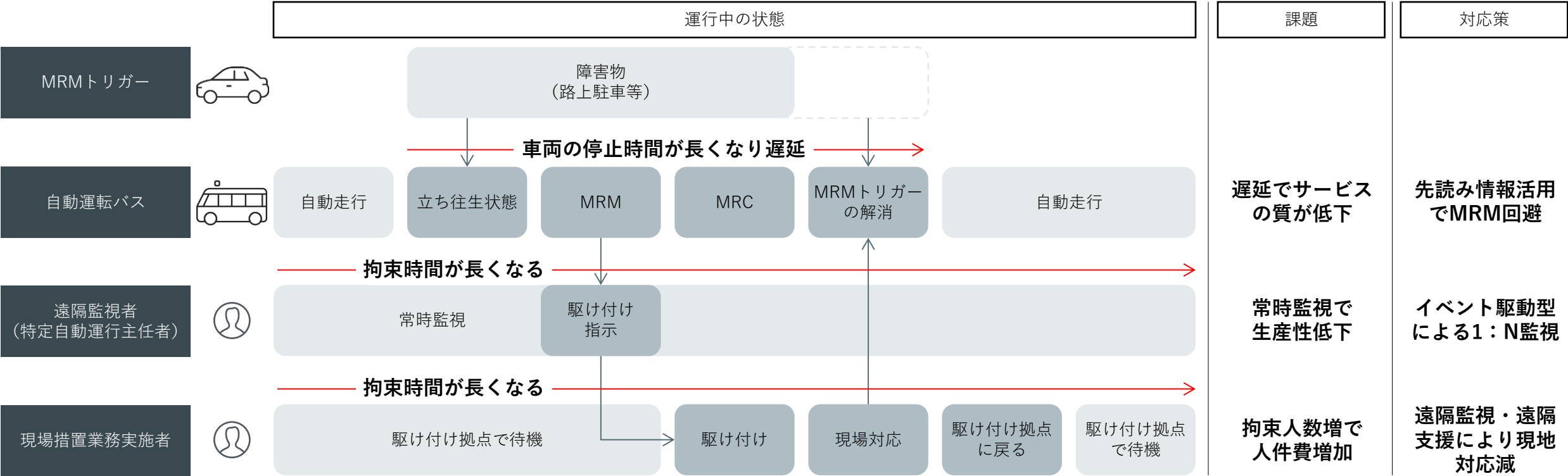
2.3 運行費用の低減：運行費用の圧縮のためにMRM発生頻度低減が重要

- 自動運転移動サービスの運用費用を圧縮するためには、**MRM**および**MRC**の発生頻度を低減し、発生時の早期復帰を実現することが重要です。
- 自動運転レベル2における運行では、**MRM**の発生を回避するために運転手による手動介入が行われています。遠隔監視型自動運転レベル4を実現したとしても、駆け付けや遠隔対応を要する事象が頻発すれば、遠隔監視体制の強化が必要となり、運用性の向上は限定的となります。



2.4 MRMの発生と対応策

- 実証時の自動運転バスは、路上駐車や工事などの障害物を検知した場合、安全確保のために停止する仕様となっています。実証は自動運転レベル2で実施しているため、運転手が手動介入することで走行を継続できます。一方、自動運転レベル4で運行した場合、以下の図のように障害物によってバスが立ち往生し、後述する遠隔監視型の自動運転レベル4においては現場措置業務実施者が駆け付けて対応するまで自動走行を再開できません。このような運用では、駆け付け対応のための人員が必要となり、運行コストの増加につながります。
- ここで、遠隔監視者等の役割については「3. 自動運転バス移動サービス：ユースケースAs-Is」で後述します。

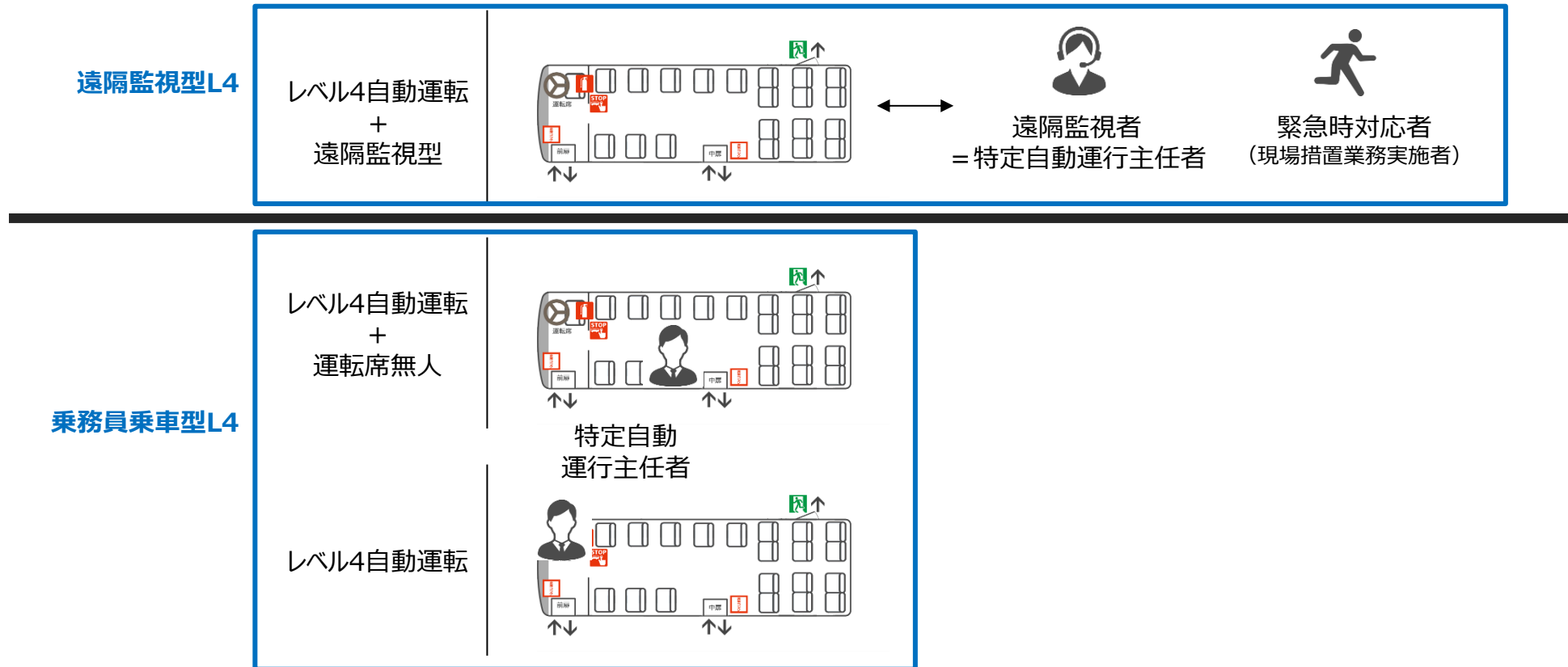


自動運転バス移動サービス： ユースケースAs-Is

03

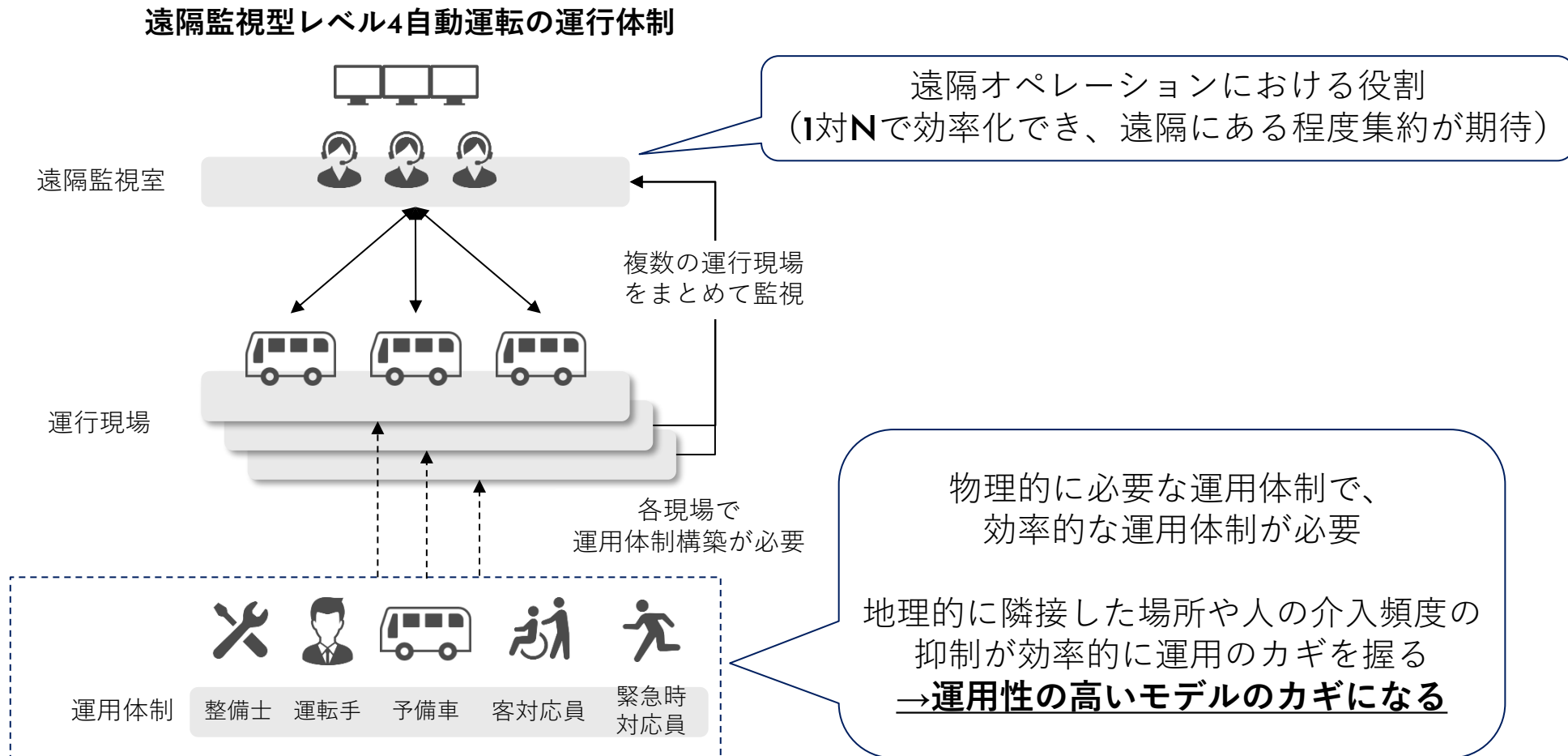
3.1. ユースケースAs-Is(遠隔監視型レベル4)の概要：運行業務比較

- 自動運転バス移動サービスにおける、乗務員乗車型レベル4と遠隔監視型レベル4の概要比較を示しています。
- 本検討においては、兼務や1:N対応によるコスト削減効果を期待して、遠隔監視型レベル4を想定しています。



3.2. ユースケースAs-Is(遠隔監視型レベル4) の課題

- 遠隔監視型レベル4において、トラブル時に遠隔からの対応する役割を1:Nにすることで、人件費の効率化が期待されます。一方、複数台で同時にトラブルが発生時に、現場措置業務実施者が駆け付ける必要があり、Nが小さくなり効率化が図れません。
- 効率化効果を大きくするためには、遠隔から監視可能な台数Nをなるべく大きくする必要があります。

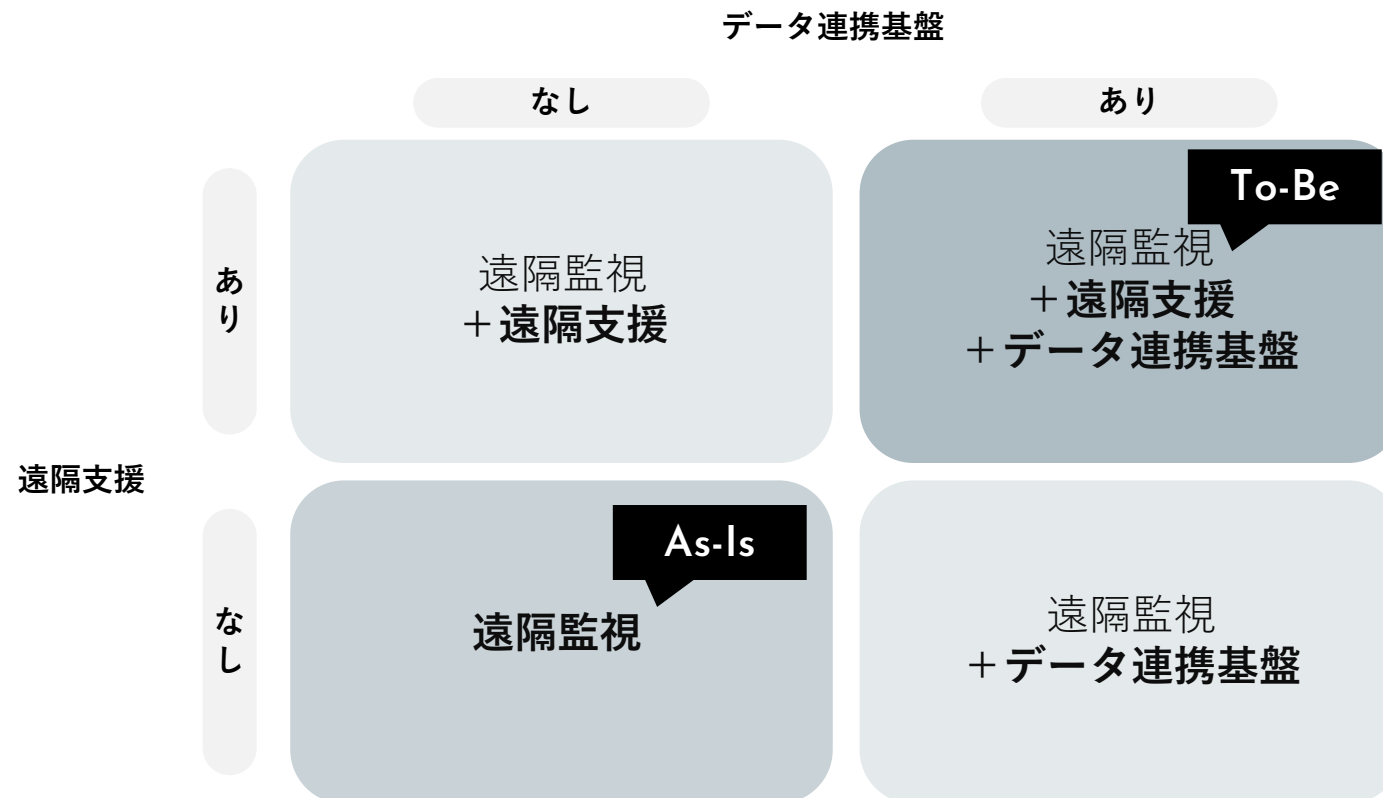


自動運転バス移動サービス： ユースケースTo-Be

04

4.1. ユースケースTo-Be(遠隔支援+データ連携基盤)の概要

- 問題として、回避して良い障害物かどうか自動運転システムでは判断が難しいエッジケースが存在します。「2.4 MRMの発生と対応策」で示したように遠隔監視型のオペレーションではサービス再開のためには現場措置業務実施者の駆けつけが必要になります。駆けつけの頻度が高いと、現場措置業務実施者の要員数が大きくなり、生産性が損なわれるという課題があります。
- そこで、生産性の高い遠隔監視型レベル4の実現に向け、継続して運行する仕組み＝データ連携基盤（先読み情報）＆遠隔支援の組み合わせを検討します。データ連携基盤および遠隔支援については以降で説明します。本検討では、先読み情報を活用した遠隔支援により、サービス停止から復帰までのリードタイムを短縮し、人員配置を最適化することで、1対N型運行モデルにおける生産性および事業性を向上できると仮定しています。



4.1 ユースケースTo-Be(遠隔支援+データ連携基盤) の概要：データ連携基盤

- 自動運転サービス支援道のデータ連携基盤群のうち、以下のシステムを活用することを想定しています。各システムの活用を前提にデータ要件ならびにシステム連携については「データ連携による先読み情報を活用した遠隔支援システム データ要件定義書素案」ならびに「データ連携による先読み情報を活用した遠隔支援システム システムアーキテクチャ設計素案」で整理しています。データ連携基盤からは先読み情報として自動運転バスの走行ルート上のODDに係る情報を取得し、遠隔監視者へ伝達し、運行に役立てます。

- データ流通システム

- 業界横断でのデータ連携を迅速にサービス展開可能とする仕組みです。
- 24年度「産業DXのためのデジタルインフラ整備事業」にて開発・PoCを行い、データ流通システムAPIはGithubで公開されています。

Githubリンク：<https://github.com/digilineEH-dts/C-1/tree/main/DigitalZensoAPI>

- 車両情報連携システム

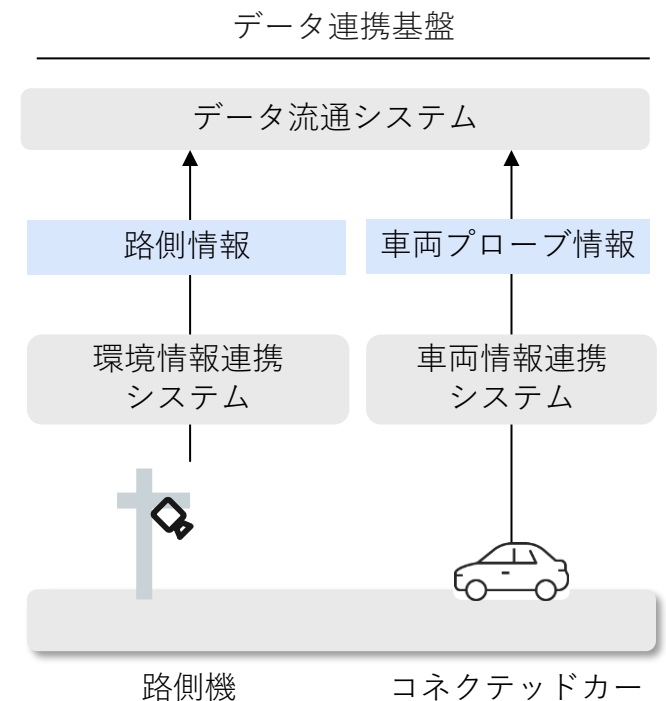
- OEM各社のコネクテッドシステムに収集された車両プローブ情報を統合し、安全走行支援情報として配信する仕組みです。
- 2028年度以降のサービス提供開始を目指しており、仮仕様書が公開されています。

デジタルアーキテクチャ・デザインセンター：<https://www.ipa.go.jp/digital/architecture/reports/vehicle-data-collaboration-system-specification.html>

- 環境情報連携システム

- 道路上に設置した路側デバイス(カメラやLiDAR等)の情報を収集・管理・提供するクラウドシステムです。
- 24年度「産業DXのためのデジタルインフラ整備事業」にて開発・PoCを行い、Githubで公開されています。

Githubリンク：<https://github.com/ODS-IS-CAVC/environmental-information-integration-system>



4.1 ユースケースTo-Be(遠隔支援+データ連携基盤)の概要：遠隔支援

- 遠隔支援（Remote Assistance）とは、自動運転車両が走行中に判断が困難な状況に直面した際に、遠隔監視者が情報を確認し、車両の運行継続に必要な助言を行う仕組みです。これにより、車両が停止した状態からの復帰や、運行の継続を支援します。遠隔支援は、遠隔から直接車両を操作する遠隔操縦（Remote Driving）とは異なり、車両がDDT（動的運転タスク）を実行することを前提として、人が助言を行う仕組みです。
- これにより、自動運転移動サービスの可用性向上が期待されます。

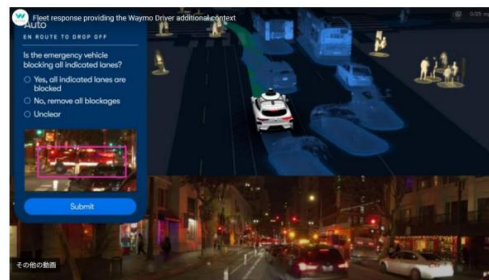
遠隔支援を活用した自動運行継続の事例



- ・ 無人の自動運行継続を実現する為に、従来の遠隔監視から遠隔支援¹を対策として検討。
- ・ 下記の事例に示す通り、既にロボタクシーにおいて遠隔支援の機能を活用することで、車両単体では対応できないエッジケースに対応し、自動運行の継続性に寄与する実績有り。



- ・ 車両が自律走行中に予期せぬ状況や複雑なシナリオ（例えば、工事現場や警察官による交通整理など）に直面した際、車載カメラ映像等を確認し、遠隔のオペレーターが車両に追加情報や指示を提供²



出典 [https://waymo.com/blog/2024/05/fleet-response\(fleet response agent\)](https://waymo.com/blog/2024/05/fleet-response(fleet response agent))



- ・ テレガイダンスという遠隔支援システムを開発。
例）自動運転車が道路工事現場等に差し掛かった際、自動運転車が遠隔者に連絡し、遠隔者が障害物を回避するための推奨経路を提案³



出典 ZOOX Operational Safety (Remote Operator)



※24/12月開発中止

- ・ Cruise CEOであるKyle Vogt氏は、車両が複雑な都市環境で走行する際、2-4%の頻度で遠隔支援が必要であると言及⁴
- ・ 自動運転車が道路工事現場等に差し掛かった際、自動運転車が遠隔者に連絡し、遠隔者が障害物を回避するための推奨経路を提案⁵

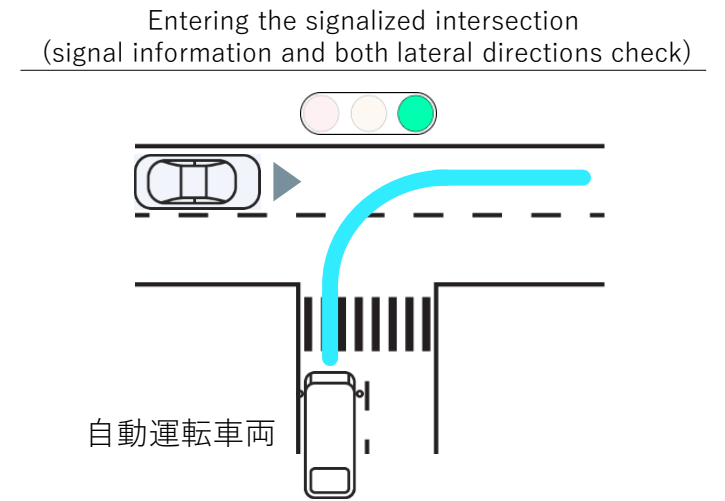
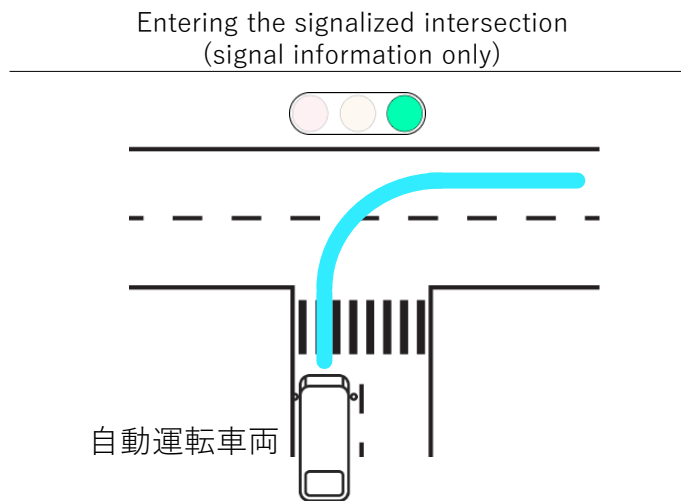
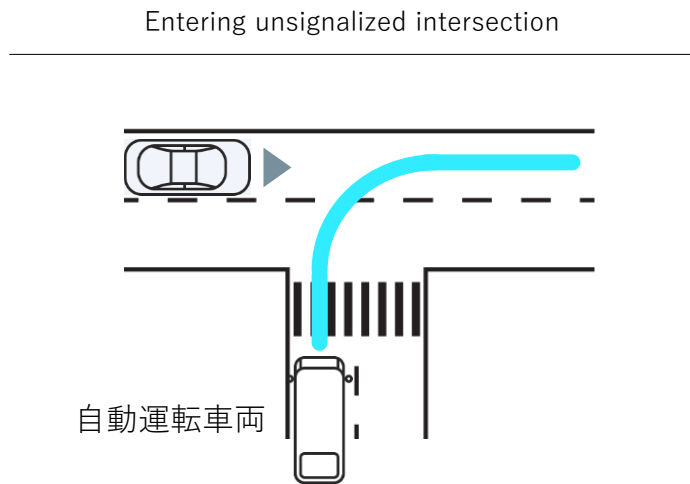
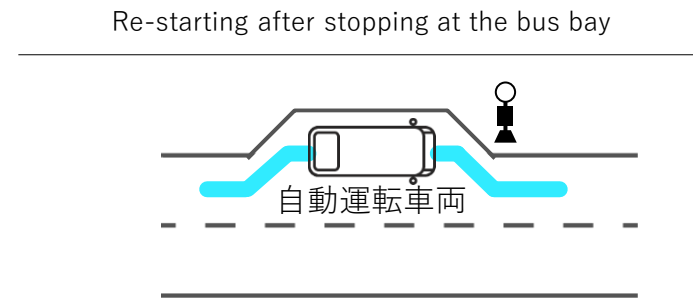
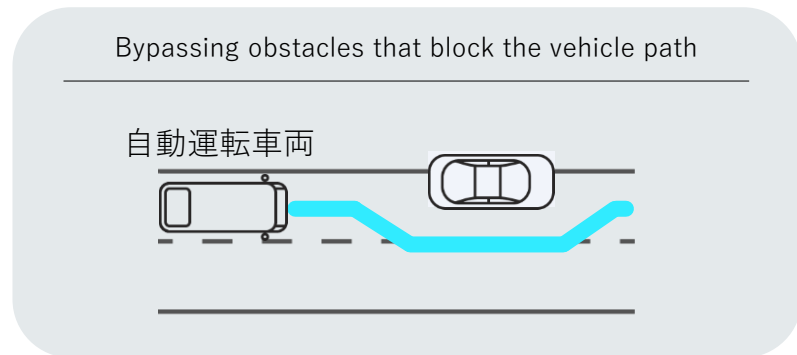


出典 <https://www.youtube.com/watch?v=YnhYeTWvFB0>
(remote assistance team)

1. 遠隔支援：自動運転システムが管理不能な状況に遭遇した際、行程の継続を促すための、遠隔地にいる人間による、事象主導の、運転者なしの操作における自動運転システム搭載車両への情報又は助言の提供すること。
(<https://chukyo-u.repo.nii.ac.jp/record/2000685/files/106350590201nakagawa-chukyo-u.pdf>) 「レベル4車両の補助機能」と整理。（例：EU2022/1426の“remote intervention operator”）車両制御は自動運転システムが行う。
2. Fleet response: Lending a helpful hand to Waymo's autonomously driven vehicles (<https://waymo.com/blog/2024/05/fleet-response>)
3. <https://www.youtube.com/watch?v=NKQHutVx78>, ZOOX Operational Safety (<https://www.datocms-assets.com/134289/1738875865-zoox-safety-report-volume-3-0-published-2024.pdf>)
4. <https://www.cnn.com/2023/11/06/cruise-confirms-robotaxis-rely-on-human-assistance-every-4-to-5-miles.html>
5. <https://www.youtube.com/watch?v=YnhYeTWvFB0>

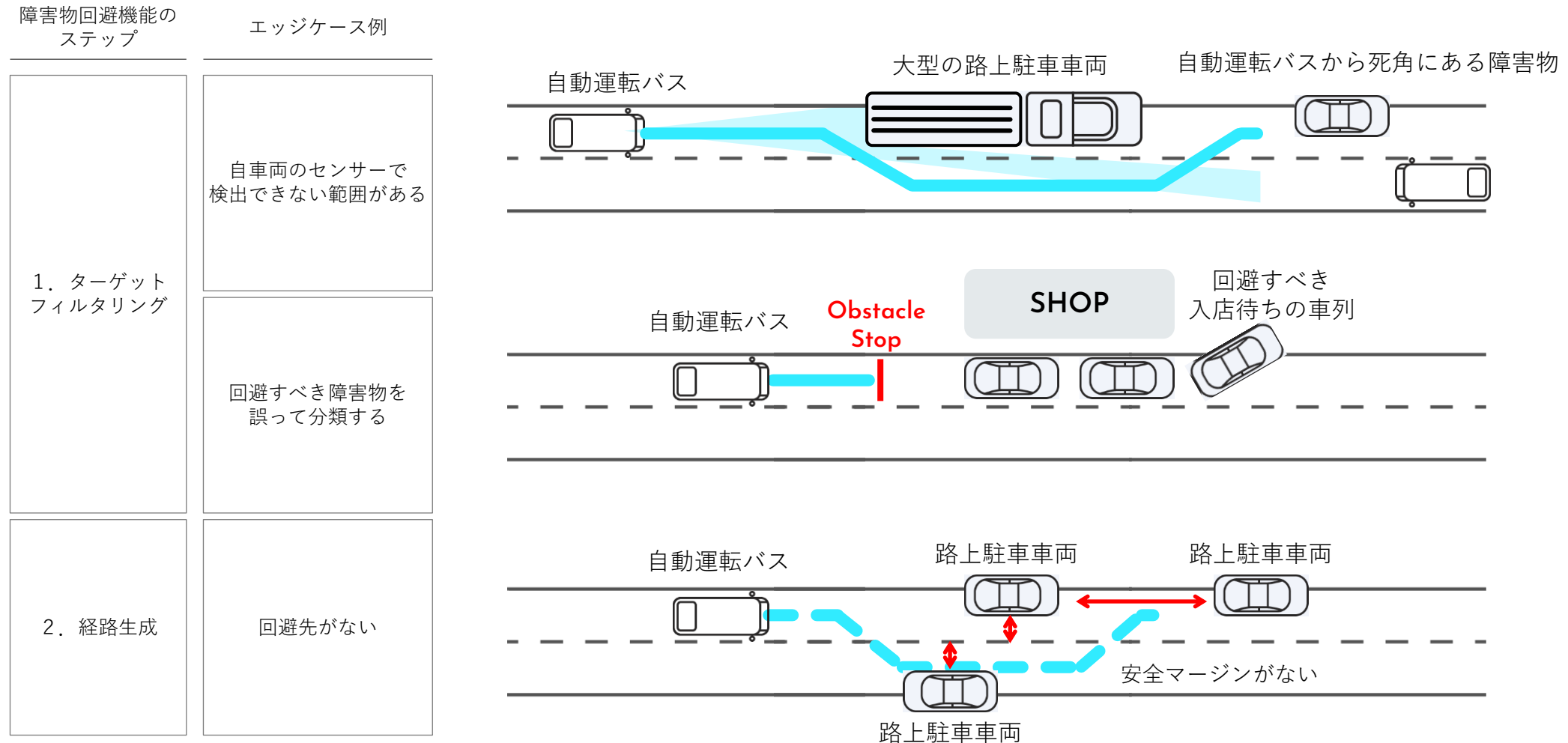
4.1 ユースケースTo-Be(遠隔支援+データ連携基盤)の概要：遠隔支援シナリオ

- 遠隔支援のユースケースについては、近年公開されたISO 7856:2025 (Intelligent transport systems —Remote support for low speed automated driving systems) において5つのシナリオが示されています（以下、図）。
- これらシナリオのうち、「2.2 2024年度の実証実験の概要」に示すとおり、日立地域では路上駐車等の路上障害物の回避が自動運転の実装の課題となっています。そのため、本検討では特に路上駐車回避（Bypassing obstacles that block the vehicle pathに相当）に着目します。



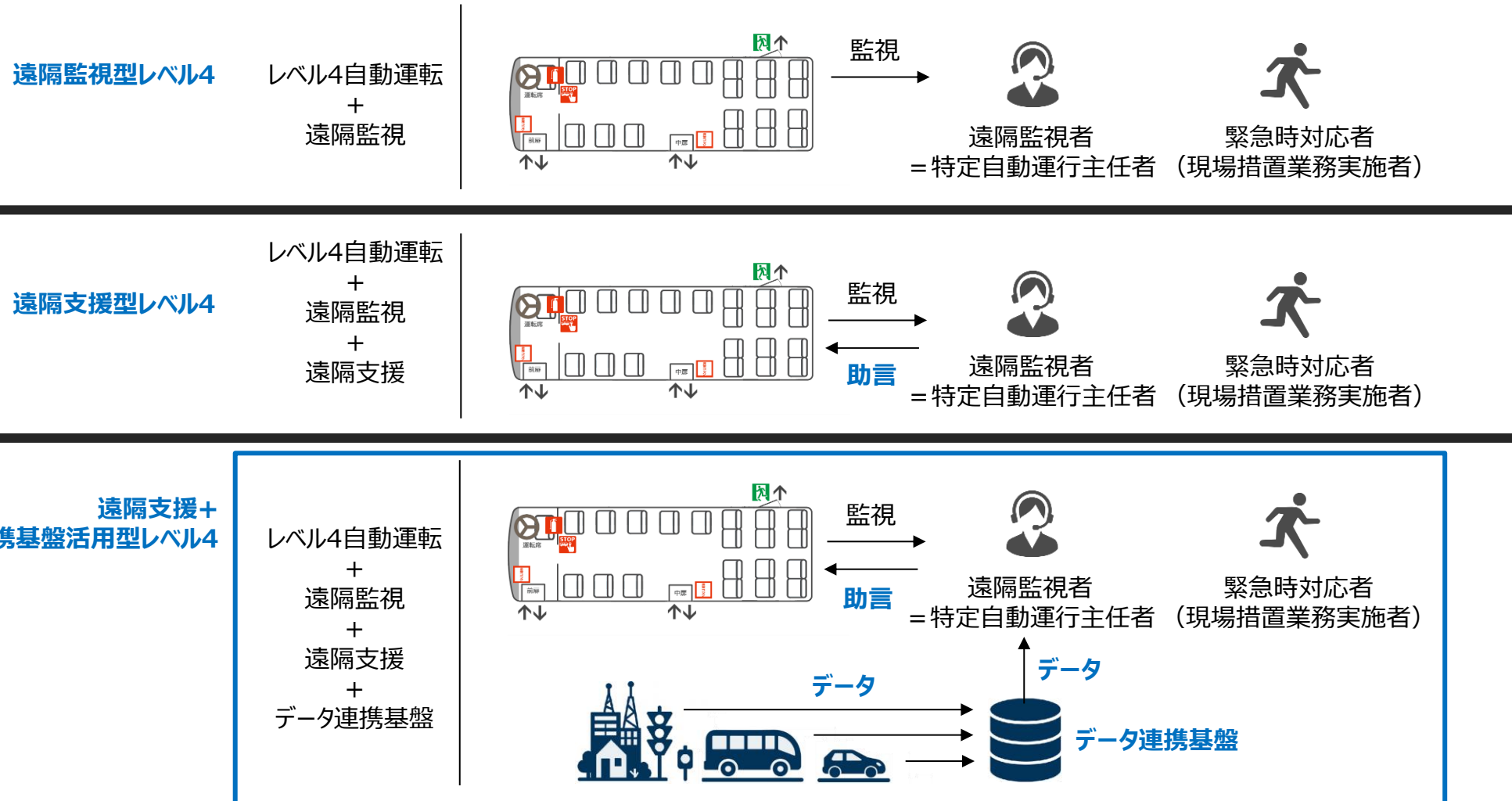
4.1 ユースケースTo-Be(遠隔支援+データ連携基盤) の概要：エッジケース

- 自動運転用オープンソースソフトウェアである**Autoware**の障害物回避機能により路上駐車車両の回避は可能であり、すでに市街地走行に対応できるレベルに至っています。一方で、車両単体では対応が難しいエッジケースも存在します。このようなケースには、遠隔支援などの人による対応が考えられます。



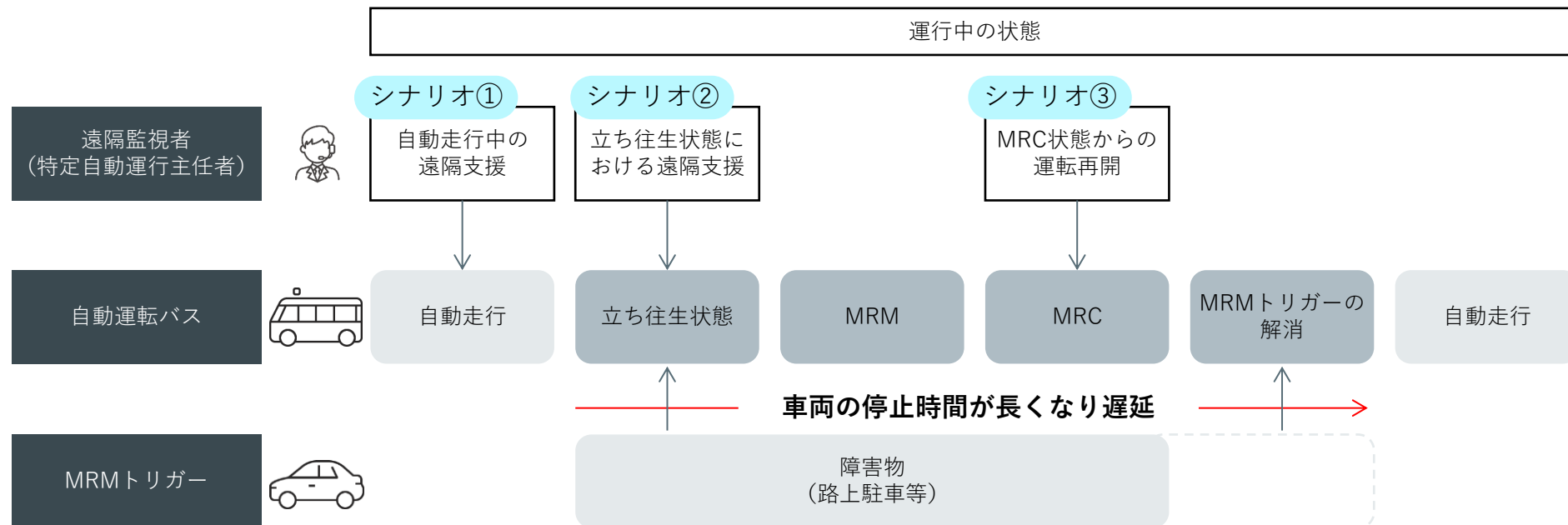
4.2 ユースケースTo-Be(遠隔支援+データ連携基盤)の概要：運行業務比較

- 自動運転バス移動サービスにおける、「遠隔監視型レベル4」を「遠隔支援型レベル4」と本検討で焦点を当てる先読み情報を活用した遠隔支援を含む「遠隔支援+データ連携基盤活用型レベル4」の概要を比較しています。



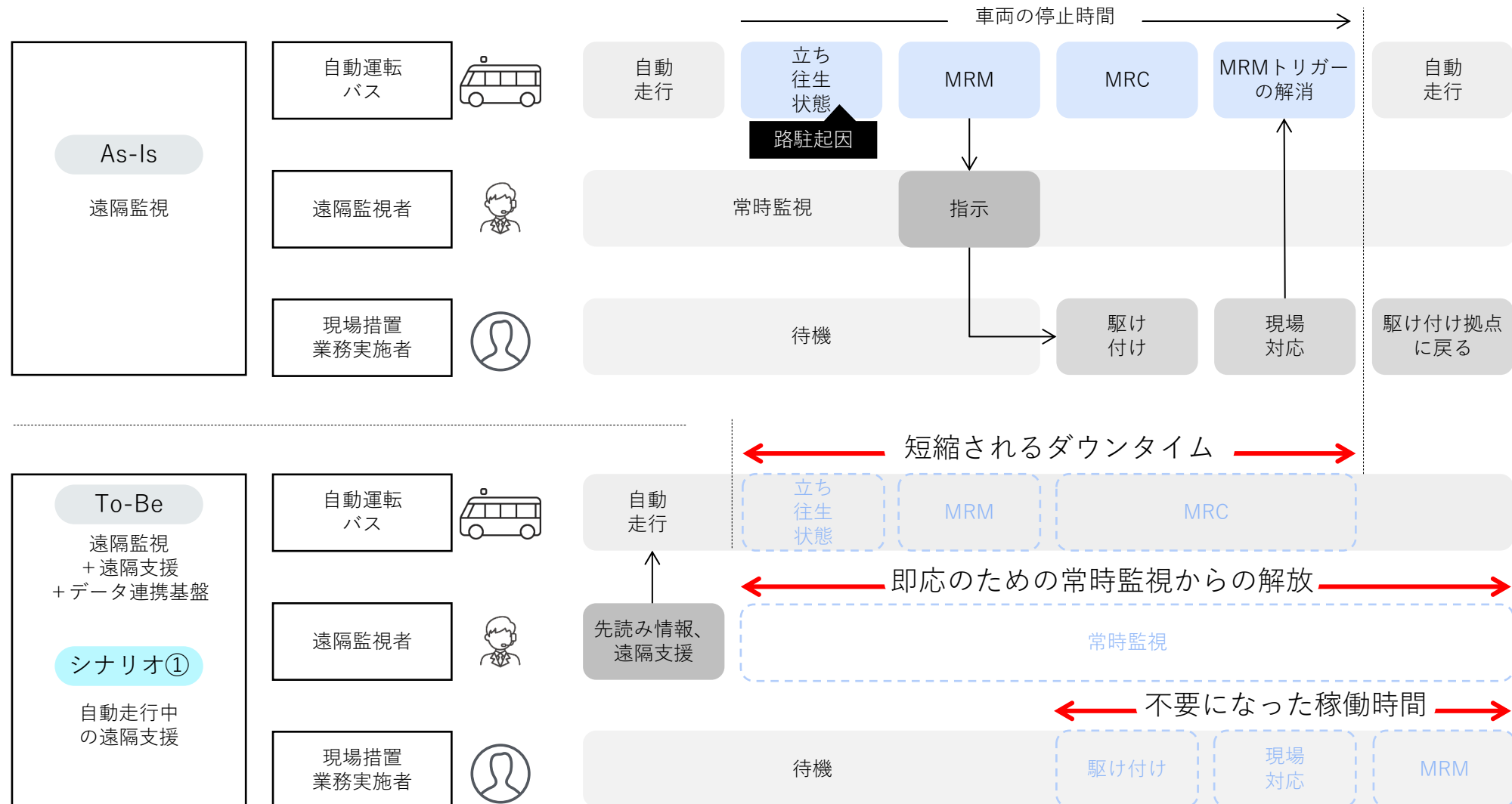
4.3 対応シナリオ

- 遠隔からの介入タイミングにより3つのシナリオを想定します。
 - シナリオ①：自動走行中の遠隔支援
 - シナリオ②：立ち往生状態における遠隔支援
 - シナリオ③：MRC状態からの運転再開
- 「2.2 2024年度の実証実験の概要」に示すとおり、日立地域では路上駐車が自動運転の実装の課題となっています。以降では、路上駐車をMRMトリガーとして検討を進めています。



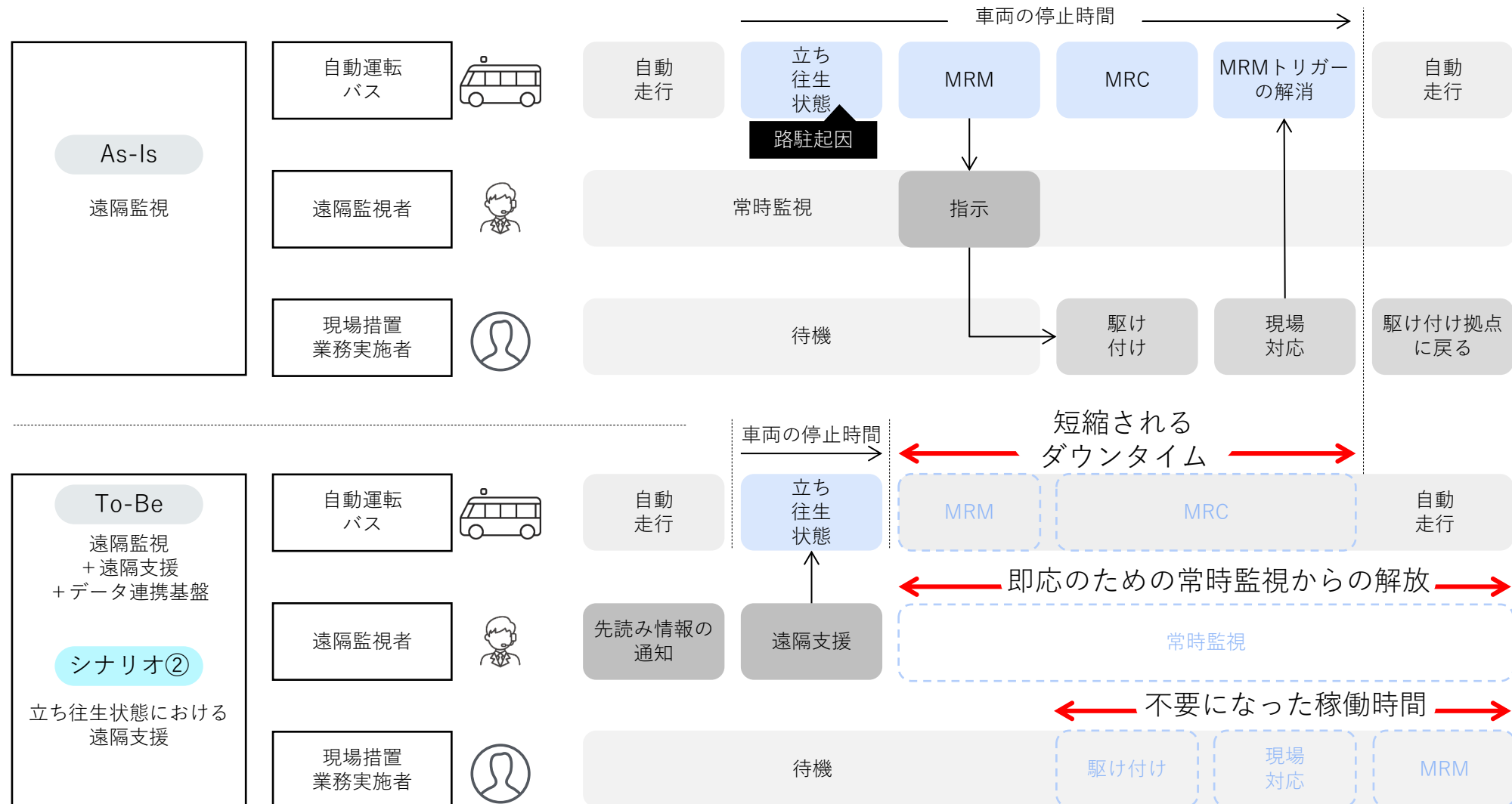
4.3 対応シナリオ 4.3.1 シナリオ①自動走行中の遠隔支援

- 路上駐車等の障害物に関する先読み情報を受け取った遠隔監視者は、車両が停止する前の段階で車両へ遠隔支援します。これにより、立ち往生状態を回避しながら自動運転の継続を支援します



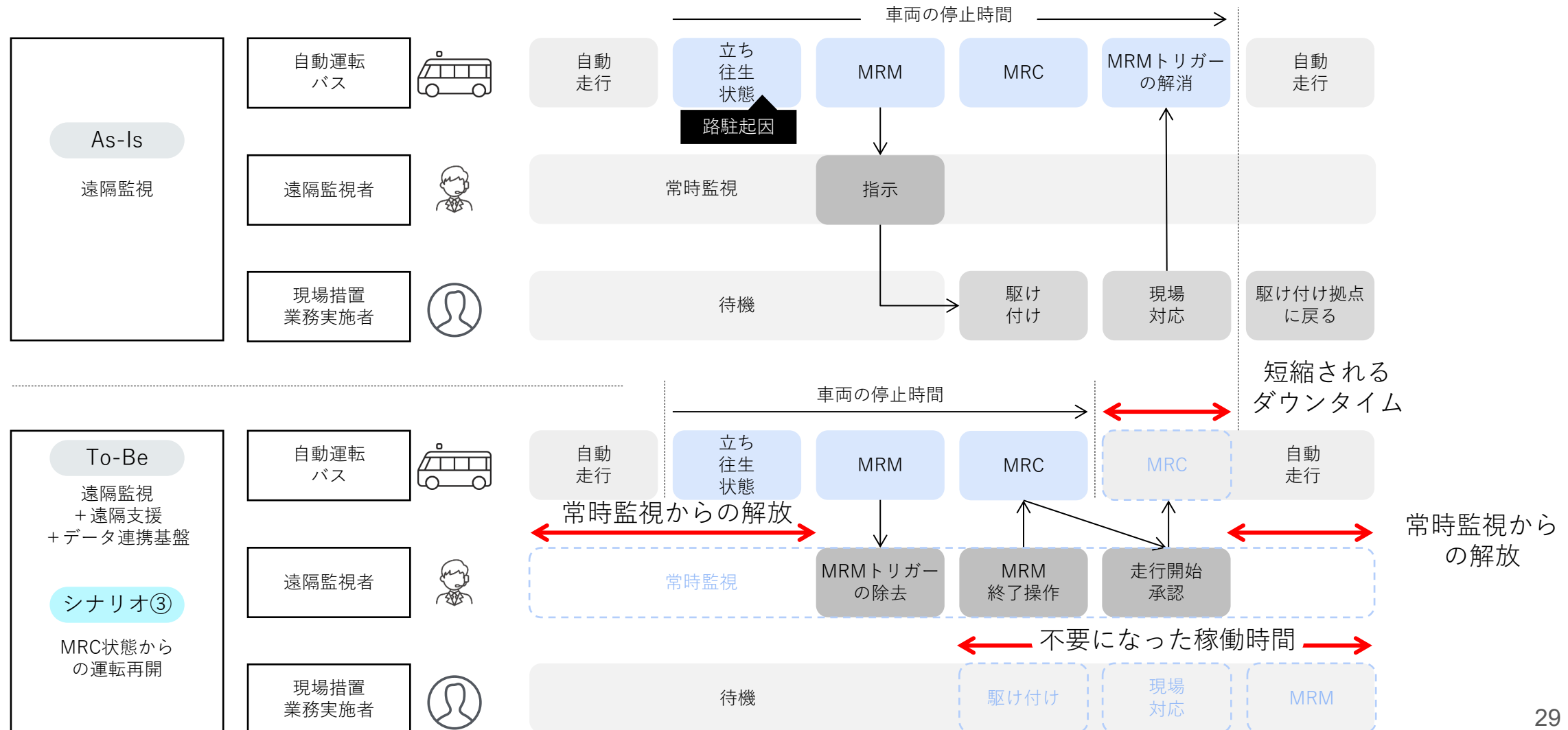
4.3 対応シナリオ 4.3.2 シナリオ②：立ち往生状態における遠隔支援

- 車両は障害物を検知し、車両が回避すべきか判断できずに立ち往生した場合、遠隔支援をリクエストします。遠隔監視者は周辺状況を確認し、回避すべきかを車両へ助言します。



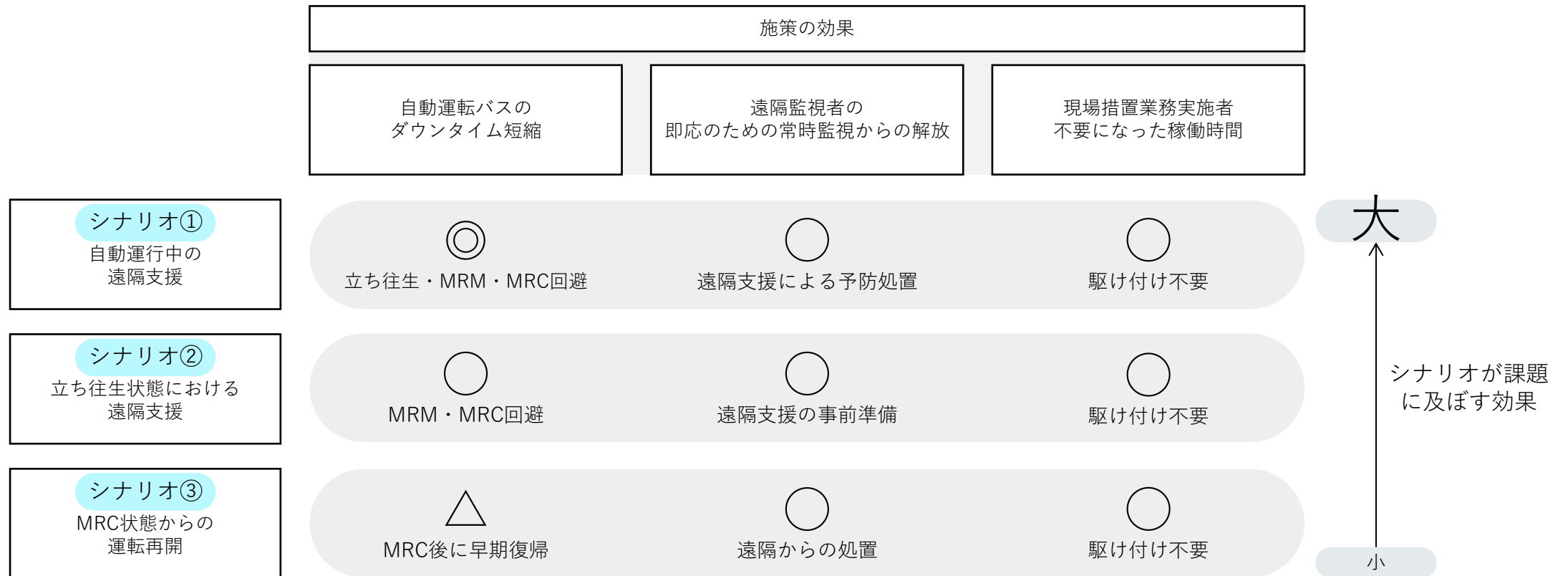
4.3 対応シナリオ 4.3.3 シナリオ③MRC状態からの運転再開

- 立ち往生状態が続くと車両は、MRMおよびMRC状態へ遷移します。遠隔監視者が車両の周辺状況を確認し、MRMトリガーの解消（例えば路駐車がいなくなった場合）を確認します。運転再開が可能な場合は、遠隔監視者が自動運転再開を承認し、車両が自動走行を再開します。



4.4 ユースケースTo-Be(遠隔支援+データ連携基盤)の効果サマリー

- 遠隔監視型レベル4のユースケース（**As-Is**）では、現場措置業務実施者の駆け付け対応が必要となり、人件費が増加するという課題があります。これらの課題に対し、本検討では生産性の高い遠隔監視型レベル4の実現に向けて、車両が継続して運行できる仕組みとして「遠隔監視+遠隔支援+データ連携基盤」の組み合わせを検討しました。
- ユースケース**To-Be**には3つのシナリオが想定されますが、**MRM**トリガーにより早く対処できるシナリオほど、得られる効果が大きいことがわかります。



自動運転バス移動サービスへの 要求仕様

05

5.1. 自動運転バス移動サービスモデルの要求仕様

- 本検討では、「4.2. ユースケースTo-Be(遠隔支援+データ連携基盤) の概要：運行業務比較」で示した「遠隔支援+データ連携基盤活用型L4」を実現するため、運行管理社視点での要求仕様を以下でまとめています。

分類	項目	要求仕様	詳細な説明
データ	1.データへのアクセス	・ 個別の遠隔監視システムから分離され、他システムからも使用可能であること	・ 複数の異なるベンダーから車両調達をすることを前提とする場合、車両やデータ連携基盤から取得できるデータを別システムからも使用可能であることが望まれる。
	2.データ取得の範囲と頻度	・ 設定した遠隔支援のユースケースを実現するために必要なデータが必要な頻度で取得できること	・ 遠隔支援のユースケースは大きく二つです。一つ目はMRM発生後に遠隔支援を指示をするための判断材料を取得すること。二つ目はMRM発生前にインフラ側からアラートを受け取り、遠隔支援への対応準備をすること。この二つを実現するためのデータ連携側の機能としては、「アラートを発する機能」、「データ検索機能」、「データ提供機能」等を想定している。付属として、「アラートの発生条件を設定する機能(≒車両のODDをシミュレーションする機能)」等も細かくすると必要になる。「データ検索」も経度・緯度や時間で検索するのは通常の人間には不可能だと思うため、遠隔支援に必要な検索方法も検討する余地がある。
	3.ログの回収	・ ログの回収を円滑かつシンプルにすること	・ 現在、車両から取得するログはデータ容量が大きく、クラウドへアップロードする際にSSDを取り外して接続する作業が発生する。このような手作業を不要とし、よりシンプルかつ効率的にログを回収できる仕組みが望まれる。
システム アーキテクチャ	4.現行システムとの整合性	・ 業界のレトロフィットをシステム・アーキテクチャに考慮すること	・ バス事業者の視点に立つと、既存システムとの整合性を踏まえたシステムアーキテクチャの設計が不可欠である。自動運転システムをゼロから独立して構築するのではなく、既存の運行管理システムとの連携や統合を前提とした構成とする必要がある。
	5.システムの冗長化	・ 冗長化の範囲を明確化	・ 実装段階でどの部分がどのように冗長化されているかをバス会社側も正確に理解していなければ、適切な対処方法を設計できない。期待通りの冗長化が実現されていれば「運行終了後に対処する」運用も可能となるが、現状の先モビでは冗長化の考え方に齟齬が見られる。
	6.車両側判断	・ 路駐の一部は車両で対応すること	・ 路上駐車車両（路駐）への対応については、センターラインを越えない範囲であれば車両側の自動運転機能で回避が可能である。センターラインの白線・黄線の区別は道路交通法で定義されており、実際に回避行動を取れるかどうかは車両側の判断に依存する。
ユーザビリティ	7.UX	・ 人が確認することを前提としたUX (ユーザーエクスペリエンス)を構築できること	・ 複数の画像データや点群データを人間に確認させることを前提とした場合、最終的なシステムで人間が確認するためにマージする必要がある (同じ空間を映している画像データと点群データを二つの画面で見ても把握することは人間にはできないため)。例えば、画像や点群データであれば、キャリブレーションデータを持ち、取得することができる仕組みなどで実現することが考えられる。
	8.用語とUI	・ 業界内や提供ベンダーで統一されていること	現在の遠隔監視のシステムは操作UI(ユーザーインターフェース)や用語が統一されていないため、遠隔支援においても一定の範囲で統一されるようにガイドがあると望ましい。
規格・法令	9.法令への対応	・ 法令への対応要件が明確であること	・ 現状の遠隔監視システムは、法令上の対応要件を満たしているのかがわからない。そのため、今後、遠隔支援(助言)やデータ連携基盤への対応についても、対応要件が表形式で提供されるなど、ユーザーからわかりやすい表記を実施することが望ましい。

5.2. 事業者へのヒアリング

- データ要件定義書およびシステムアーキテクチャ設計書の内容を直感的に理解いただくため、1対N型運用向けのモックを作成し、事業者へヒアリングを実施し、フィードバックを受けました。
- ヒアリングの対象は7組織（内訳は右の通り）としました。
- 得られた示唆は本書含む各種ドキュメントへ反映しました。

遠隔監視・
システム開発

3組織

バス運行
管理社

3組織

車両OEM

1組織

1

一目で理解できる情報が必須

7 / 7

- 全組織が、遠隔支援・1対N監視の成立条件として、「何が起きているかを一目で理解できる情報提示」が必要であると指摘した。具体的には、車両状態、異常内容、周辺リスク、推奨対応などを統合表示することが重要である。

2

車両状態・診断情報の充実

5 / 7

- 5組織が、車両ステータス、故障情報、エラー内容、運行状態などの不足を主要課題として指摘した。単に映像を増やすだけでは、非専門家である遠隔オペレーターが判断できる粒度に至らないことが示された。

3

優先順位付け・トリアージが必要

5 / 7

- 5組織が、対応が必要な車両、確認すべきカメラ、注目すべき対象を絞り込む仕組みが必要であると指摘した。
- 3組織は、先読み情報について、「情報を増やすこと」ではなく、「対応すべき事象だけを抽出して提示すること」を前提に設計すべきであると指摘した。

4

複数台運行はM対Nも想定

4 / 7

- 4組織が、バックアップ要員や主担当切替を含むM対N型運用の必要性に言及した。1対Nの規模感是一律ではなく、成熟段階では1人あたり10台規模を目標とする意見がある一方、初期段階や交通密度の低い地域では1対2程度が現実的であるとの意見もあった。想定されるNの大きさは、事業者ごとに応じて変動することが示唆された。

5

標準化は「画面設計の固定」ではなく「前提の共通化」

6 / 7

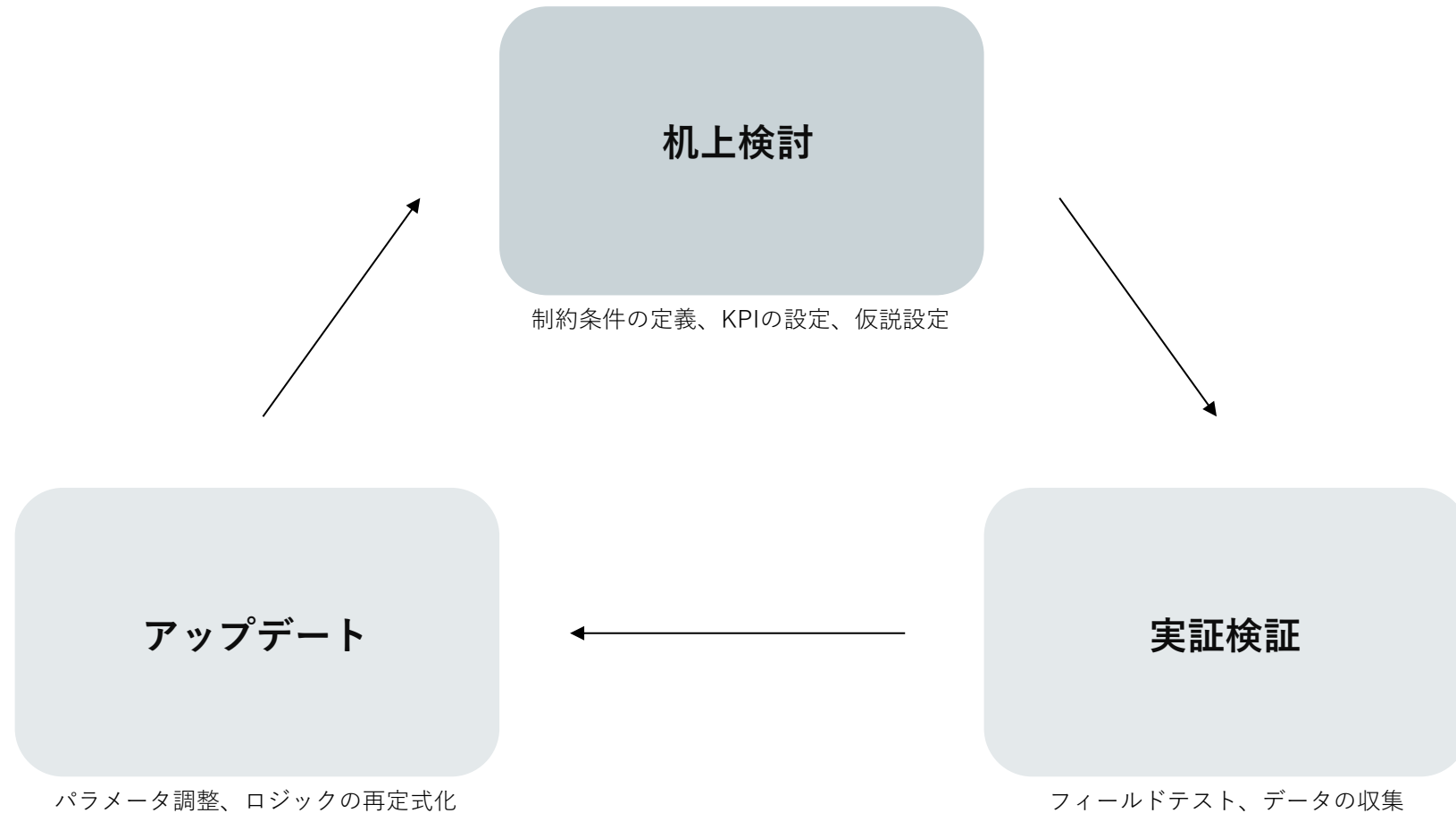
- 6組織が、何らかの共通化の必要性を肯定した。
- ただし、その内容は、一律の画面レイアウトを固定することではなく、データ形式、通知の意味、状態表現、相互接続、他システム連携の前提を揃えた上で、運用現場に応じたカスタマイズ余地を残すべきものであった。

自動運転バス移動サービスの フィージビリティスタディ

06

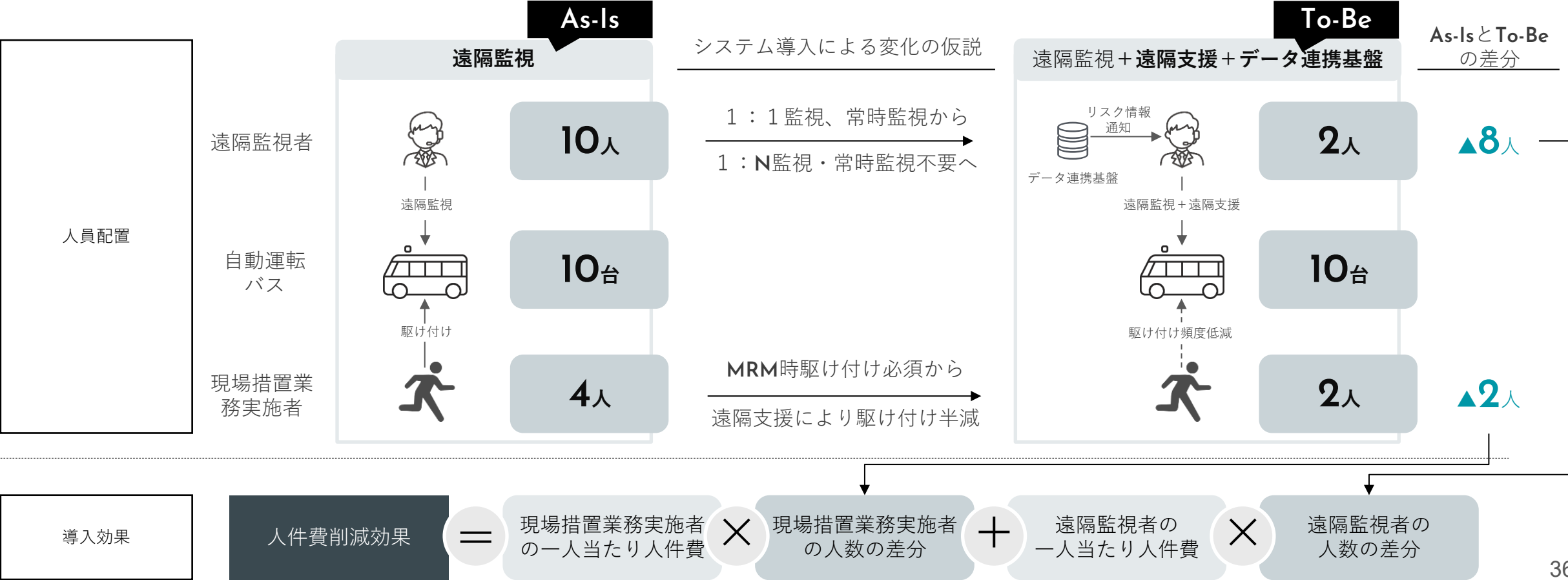
6.1 運行モデルの高度化サイクル

- 理論（机上）と現実（実証）のギャップを定量化し、モデルにフィードバックすることで、現場に即した高精度な運行の実現を目指します。
- 本書では、実証・実装に向けて、まず机上検討を行うことで仮説を設定します。



6.2 システム導入効果の机上検討

- ここで、自動運転バス10台での運行を想定し、データ連携基盤の導入による効果を試算結果を示します。**As-Is**では、常時監視や駆け付け対応が必要となるため、多くの運行要員を必要とします。これに対し、**To-Be**では、遠隔支援による駆け付け頻度の低減や、データ連携基盤を活用したイベント駆動型監視への移行により、1対N型の遠隔監視が可能になることを想定しています。その結果、一人あたりの生産性向上により、導入効果として年間数千万円規模の人件費削減効果（6.2.7で示す試算では、駆け付け確率が半減した場合において遠隔監視者が▲8人、現場措置業務実施者が▲2人）が期待されます。今後は、実証を通じて試算の妥当性を確認していく必要があります。



6.2 システム導入効果の机上検討 6.2.1 変数とパラメータの定義

- 以降では、試算の方法を説明します。本検討は、先行地域である日立を想定し検討を進めています。しかし、全国の自動運転移動サービスの走行環境、導入地域、事業環境は多様であり、本検討で得られる効果もそれに応じて変化します。そこで、本検討の効果を試算できるよう、効果の定式化を提示します。
- 「遠隔監視＋遠隔支援＋データ連携基盤」の導入により、特定自動運行主任者（以下、主任者）と現場措置業務実施者（以下、従事者）の稼働実態がどのように変化するかを数式化し、応答時間（サービスレベル）と人件費（コスト）のバランスを最適化するための人員配置モデルを構築します。
- 変数とパラメータの定義：定式化に際し、以下の変数を定義します。

分類	変数	単位	概要
決定変数	M_{ro}	人	特定自動運行主任者（遠隔監視者）の配置人数
	M_{wkr}	人	現場措置業務実施者の配置人数
システム・ 環境パラメータ	N	台	エリア内のバス運行台数
	H	時間/日	1日あたりのバスの稼働時間
	λ	回/（日・台）	バス1台・1日あたりのMRM発生頻度
	p	-	MRM発生時、遠隔支援で解決できず現場への駆け付けが必要になる確率
	T_{ro}	時間/回	遠隔監視者の1件あたりの遠隔支援対応時間
	T_{wkr}	時間/回	現場措置業務実施者の1件あたりの現場対応時間（駆け付け＋対応＋戻り含む）
コストパラメータ	C_{ro}	万円/年	遠隔監視者1人あたりの年間コスト
	C_{wkr}	万円/年	現場措置業務実施者1人あたりの年間コスト

6.2 システム導入効果の机上検討 6.2.2 導入効果の定式化

- 以降では、「遠隔監視＋遠隔支援＋データ連携基盤」の導入により、遠隔監視者および現場措置業務実施者の人数に与える効果を、それぞれ定式化します。

- ① 特定自動運行主任者（遠隔監視）への効果

- **導入前（常時監視）**：常時監視を前提とするため、自動運転バス1台につき1名の監視が必要であり、最低配置人数は以下の通り。

$$M_{ro} = N$$

- **導入後（イベント駆動）**：常時監視が不要となり、MRM発生時のみ対応（処理量： $N \times \lambda$ ）すればよいため、1人で複数台を担当する1：N体制が可能となる。

- **効果の定式化（稼働率の適正化）**：主任者全体の稼働率（ ρ_{ro} ）は以下の式で表されます。この稼働率が1（100%）を超えない範囲で M_{ro} を減らすことが可能になります。

$$\rho_{ro} = \frac{N \cdot \lambda \cdot t_{ro}}{M_{ro} \cdot H} < 1$$

- ② 現場措置業務実施者（現場対応）への効果

- **導入前**：原則すべてのMRMに対して現場急行が必要（ $p = 1$ ）。従事者全体の処理すべき総時間は $N \cdot \lambda \cdot t_{wkr}$ 。

- **導入後**：遠隔支援により現場駆け付け頻度が確率 p に減少するものとする。

- **効果の定式化（現場稼働時間の節約）**：従事者全体の稼働率（ ρ_{wkr} ）は以下となり、駆け付け頻度の減少（ p の低下）が直接的に必要な人数の削減に寄与します。

$$\rho_{wkr} = \frac{N \cdot \lambda \cdot p \cdot t_{wkr}}{M_{wkr} \cdot H} < 1$$

節約される単位時間あたりの総業務時間は $N \cdot \lambda \cdot (1 - p) \cdot t_{wkr}$ と定式化できます。

6.2 システム導入効果の机上検討 6.2.3 応答時間とコストのバランス

- 単に稼働率を満たす ($\rho < 1$) ギリギリまで人数を減らすと、複数台で同時にMRMが発生した際に「待ち時間（応答時間）」が長くなり、サービスレベルが担保できません。そこで、「一定の応答時間内の対応を担保しつつ、総コストを最小化する」制約付き最適化問題として定式化します。

- **目的関数（コストの最小化）**

- 特定自動運行主任者および現場措置業務実施者の年間総コスト Z は、次式で表される。

$$\text{Minimize } Z = C_{ro} \cdot M_{ro} + C_{wkr} \cdot M_{wkr}$$

ここで、稼働率を用いると、必要人数 M_{ro} および M_{wkr} は以下の関係にある。

$$M_{ro} = \frac{N \cdot \lambda \cdot t_{ro}}{\rho_{mo} \cdot H}, \quad M_{wkr} = \frac{N \cdot \lambda \cdot p \cdot t_{wkr}}{\rho_{wkr} \cdot H}$$

- **制約条件**

- **待ち時間の制約：**実際のバス運行では、MRMは均等な間隔で発生するわけではなく、ランダムに（確率的に）発生します。そのため、平均的な作業時間がシフトの枠内に収まっていたとしても、「たまたま同じタイミングで複数のバスでMRMが発生した」という場合には、対応可能な人員が塞がってしまい、応答遅延が生じます。今回は簡単のために平均的な対応時間 t_{ro} 、 t_{wkr} を採用します。
 - **法規制による制約：**

$$M_{ro} \geq 1, \quad M_{wkr} \geq 1 \quad (\text{整数})$$

6.2 システム導入効果の机上検討 6.2.4 感度分析の前提

- この定式化モデルから以下が示唆されます。実証を通じて定量的な検証が期待されます。
 - システム投資の正当化:
 - データ連携基盤の導入によって「常時監視制約 ($M_{ro} = N$)」が外れ、変数 p （現場駆け付け確率）が下がることで、目的関数 Z は低下することが期待されます。この効果 ΔZ が遠隔支援＋データ連携基盤といったシステムの導入・運用コストを上回れば、投資は正当化されます。
 - スケールメリットの可視化:
 - バス台数 N が増加した場合、必要な人数 M_{ro} 、 M_{wkr} は N に比例して増えるわけではなく、より緩やかに増加すると期待されます。理想的には主任者：バス：従事者 = 1： N ：1 の体制を実現することで高い生産性が得られますが、その水準に至らない場合でも、台数の増加に伴い1台あたりの運行コストは逡減します。
 - ボトルネックの特定:
 - 現場駆け付けにかかる時間 t_{wkr} が長い（エリアが広すぎる等）場合、制約条件を満たすために多大な M_{wkr} が必要になります。この式は「遠隔で解決できる割合（ $1 - p$ ）をいかに高めるか」が、人件費削減の最重要ファクターであることを示しています。
- 「6.2.3 応答時間とコストのバランス」で検討した目的関数 Z （主任者と従事者の人件費）と削減額 ΔZ （システム導入によるコスト削減効果）が、それぞれのシナリオでどのように変化するかを定量的に分析します。まずは評価に使用する定量モデル（前提条件と数式）を定義し、その後に各シナリオの計算プロセスと結果を示します。
- なお、本分析では各パラメータに数値を設定していますが、実際の値は走行環境・導入地域・事業環境によって異なります。本書を参考に各自で試算いただくことを想定しています。

6.2 システム導入効果の机上検討 6.2.5 前提条件の設定

- 比較を明確にするため、「システム導入前（Before）」と「システム導入後（After）」の2つの状態を定義し、その差分を ΔZ とします。

- 【固定パラメータの設定】

- 1シフトの稼働時間 H : 8時間/日・人
- 人員単価 C : 500万円/年・人（想定年収）
- 主任者全体の目標稼働率 ρ_{ro} : 1.0
- 従事者全体の目標稼働率 ρ_{wkr} : 1.0
- システム導入効果 p : 導入前は全件駆け付け（ $p = 1.0$ ）、導入後は遠隔支援により減少（ $p = 1.0 \rightarrow 0.7 \rightarrow 0.5 \rightarrow 0.0$ ）と仮定。

- 【必要人数 (M) の算出プロセス】

- 総作業時間（稼働負荷）を1シフトの稼働時間（8時間）で割り、切り上げた整数（ $\lceil \cdot \rceil$ ）を必要人数とします（※最低1名は配置）。
- 導入前（Before）:

- 主任者: 常時監視が必須のため、最低でもバス台数（ N ）と同じ人数が必要。

$$M_{ro} = \max\left(N, \left\lceil \frac{N \cdot \lambda \cdot t_{ro}}{H \cdot 1.0} \right\rceil\right)$$

- 従事者: 全件駆け付け（ $p = 1.0$ ）。

$$M_{wkr} = \max\left(1, \left\lceil \frac{N \cdot \lambda \cdot 1.0 \cdot t_{wkr}}{H \cdot 1.0} \right\rceil\right)$$

- 導入後（After）:

- 主任者: 常時監視が不要（イベント駆動）になるため、 $M_{ro} = N$ の縛りが消滅します。

$$M_{ro} = \max\left(1, \left\lceil \frac{N \cdot \lambda \cdot t_{ro}}{H \cdot 1.0} \right\rceil\right)$$

- 従事者: 駆け付け確率が減少するとします（ $p = 1.0 \rightarrow 0.7 \rightarrow 0.5 \rightarrow 0.0$ ）

$$M_{wkr} = \max\left(1, \left\lceil \frac{N \cdot \lambda \cdot p \cdot t_{wkr}}{H \cdot 1.0} \right\rceil\right)$$

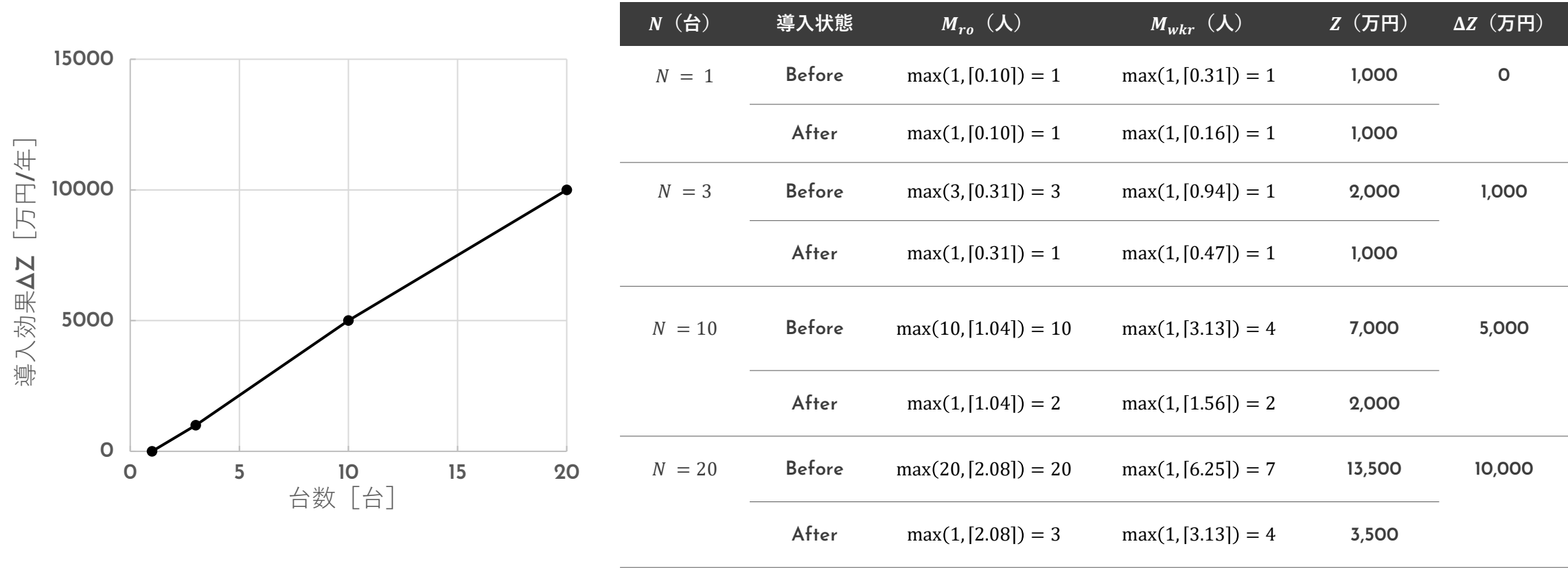
- 【目的関数と削減額】

- $Z = C \times M_{ro} + C \times M_{wkr}$ （単位：万円/年）

- $\Delta Z = Z_{before} - Z_{after}$ （単位：万円/年）

6.2 システム導入効果の机上検討 6.2.6 運行台数の変化の影響分析

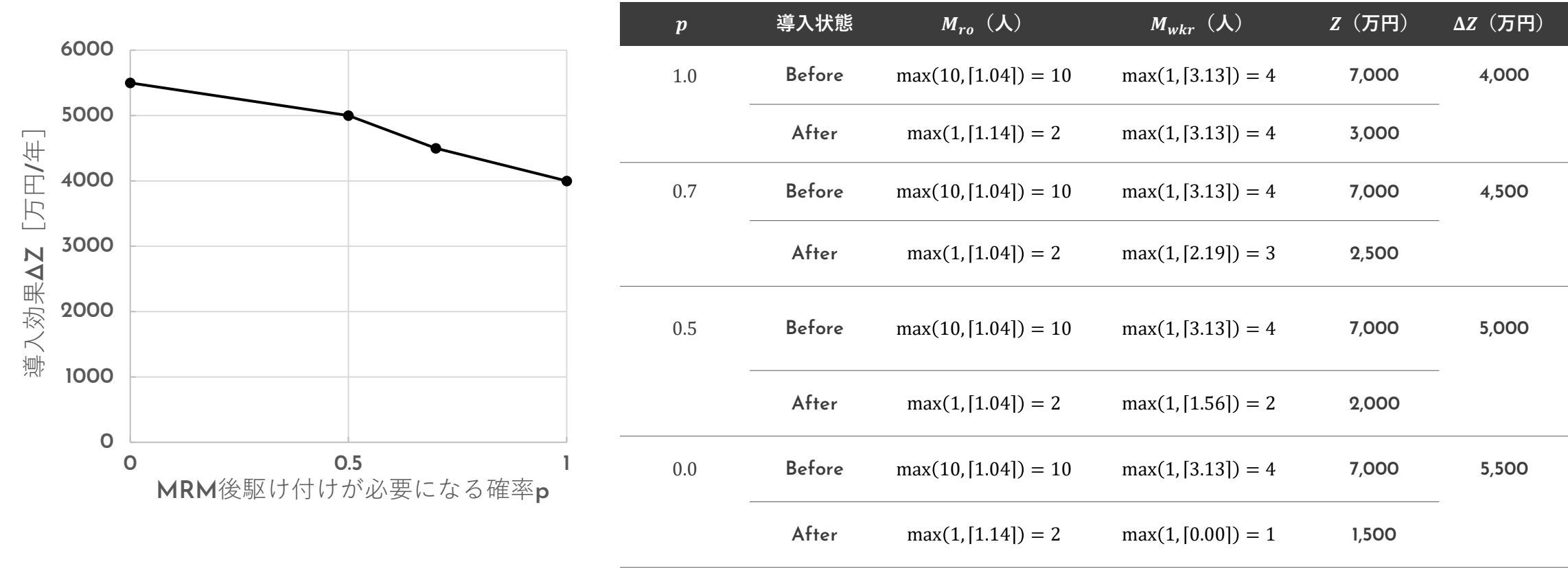
- バスの運行台数を段階的に増やした場合、システム導入によって常時監視不要となった際に1：N体制の恩恵がどのように現れるかを検証します。
 - 運行台数 N の変動 ($N = 1 \rightarrow 3 \rightarrow 10 \rightarrow 20$)
 - 固定値: $\lambda = 10$ 回/日、 $t_{ro} = 0.083$ 時間 (5分)、 $t_{wkr} = 0.25$ 時間 (15分)、 $p = 0.5$



- 【考察】 $N = 1$ の段階では、法規制により最低1名配置する必要があるため、システムを入れても人件費は1円も下がりません ($\Delta Z = 0$)。しかし、現実にはシステム導入によって生まれた余剰時間は他の作業ができますが、今回は簡単のために考慮していません。 $N = 20$ の場合には、システム導入により主任者を20人から3人へ、従事者を7人から4人へ大幅削減できた場合、年間10,000万円のコスト削減効果を生み出すことが期待されます。

6.2 システム導入効果の机上検討 6.2.7 駆け付け確率の変化の影響分析

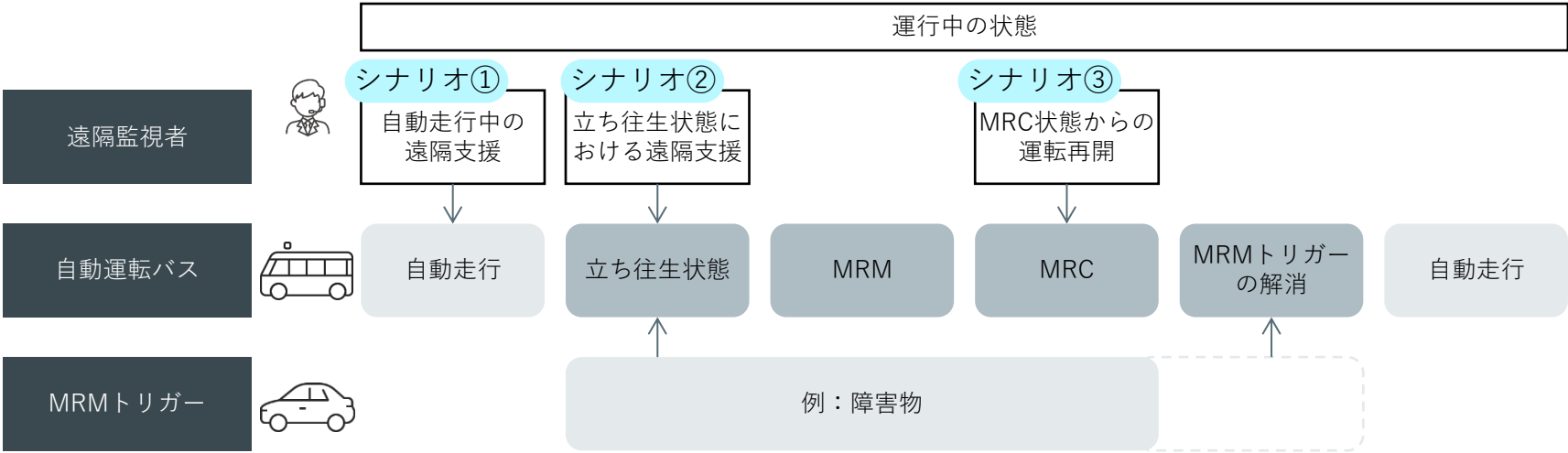
- 遠隔支援 + データ連携基盤の活用によって、現場駆け付けが必要になる確率が低下していくことに焦点を当てた分析を行います。
 - 従事者: MRM後に駆け付けが必要になる確率の変化 ($p = 1.0 \rightarrow 0.7 \rightarrow 0.5 \rightarrow 0.0$)
 - 固定値: $N = 10$ 台、 $\lambda = 10$ 回/日、 $t_{ro} = 0.083$ 時間 (5分)、 $t_{wkr} = 0.25$ 時間 (15分)



- 【考察】 たとえ遠隔でトラブルを解決できず、結局現場に向かうことになった ($p=1.0$) としても、データ連携基盤を入れて「1人1台の常時監視 (10人)」を「イベント駆動の監視 (2人)」に変えるだけで、年間4,000万円の巨大な削減が期待できます。さらに遠隔支援のユースケースが拡大し、現場に行かずに解決できる割合が増える (p が下がる) ごとに、現場待機要員 (M_{wkr}) を確実に減らすことができます。

6.3 MRM回避の高度化に向けた施策

- 「6.2. システム導入効果の机上検討」では、導入効果の試算結果を示しました。この人員配置の実現には、自動運転バスが立ち往生・MRM・MRCに陥らないことが重要であり、自動運転システム自体の改善が不可欠です。一方で、自動運転システムが成熟するまでの過渡期においては、遠隔支援や先読み情報を活用などを活用してエッジケースに対応し、可用性の高い自動運転移動サービスの実現を目指します。
- 以下に、遠隔からの介入タイミングごとに整理した改善手段を整理を示します。ここでいう改善手段とは、立ち往生の未然防止、MRMの回避、およびMRCからの復帰を実現するための手段を指します。



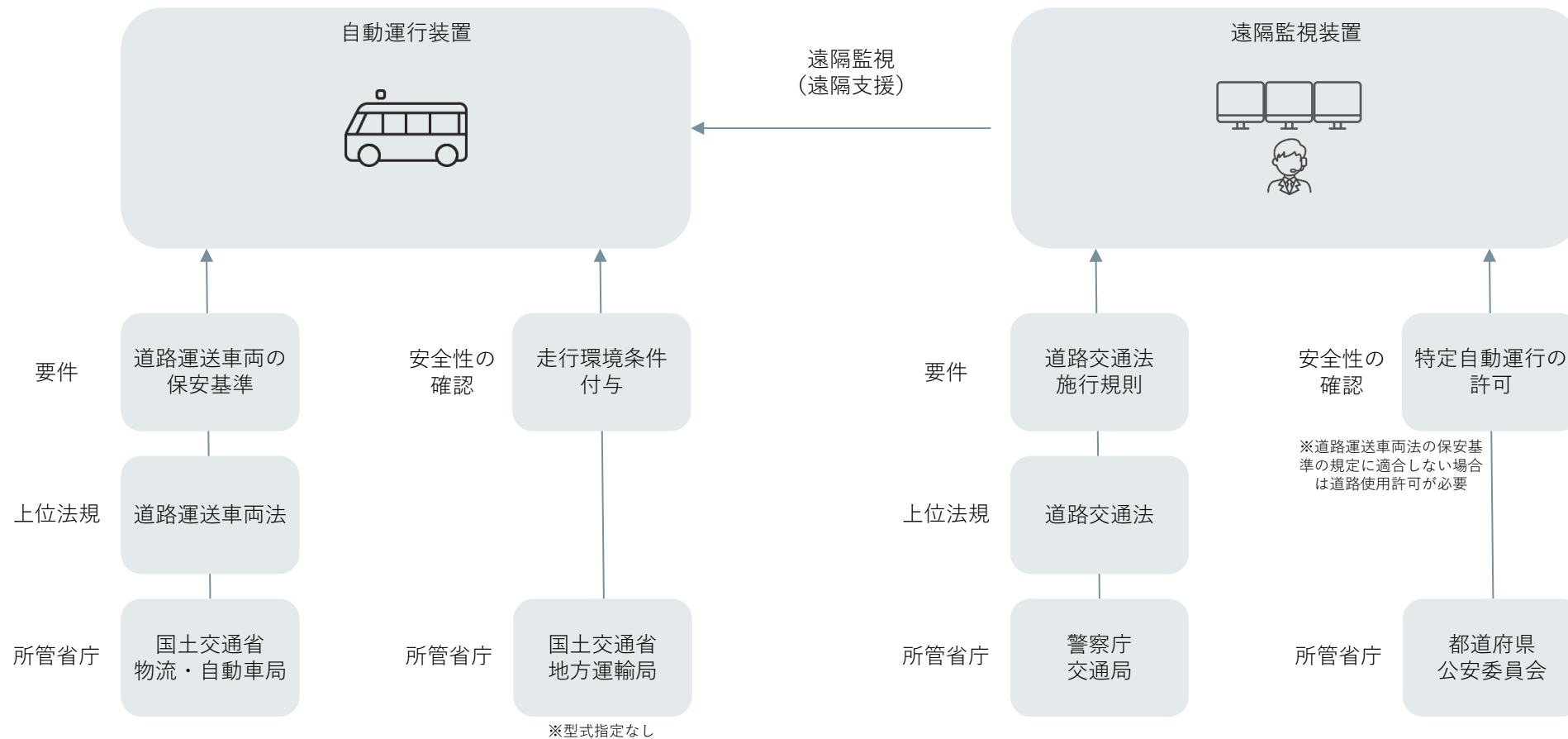
シナリオ	介入タイミング	立ち往生およびMRM回避・MRC復帰の手段
シナリオ①	自動走行中	自動運転システムのアップデート、先読み情報（路上駐車・工事）の拡張、遠隔支援のユースケース拡張（事前のレーンチェンジ）
シナリオ②	立ち往生状態	先読み情報（路上駐車・工事）の拡張、遠隔支援のユースケース拡張（事前の車線変更）
シナリオ③	MRC状態	遠隔から運転再開可否を判断し、自動運転の再開

特定自動運行に関する 法規制論点の整理

07

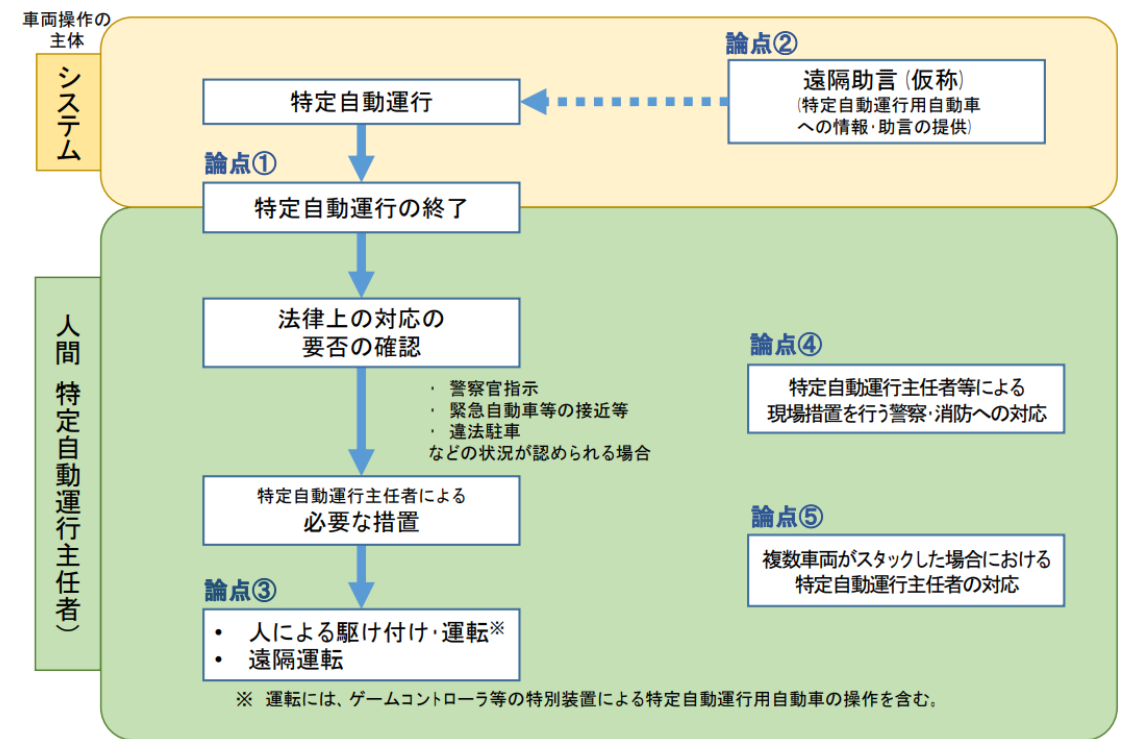
7.1 既存の法規

- 本事業で検討している先読み情報を活用した遠隔支援を日本国内で実装するには関連法規に則っているかの確認が必要となります。
- 日本国内では、レベル4自動運転サービスの社会実装を進める中で、遠隔からの人間の関与（遠隔監視・遠隔支援）をどの範囲まで法的に許容できるかが重要な論点となっています。現時点では、遠隔支援については規定が存在せず、後述する警察庁の検討結果を確認する必要があります。



7.2 遠隔支援に関する国内制度検討の動向

- 本書では、既存の国際規格やガイドラインに基づき、遠隔支援（Remote Assistance）およびデータ連携基盤の活用を検討しています。
- 一方、日本国内では、2025年度に警察庁を中心して、無人移動サービス車両に対する遠隔助言（仮称）について、道路交通法の観点から制度面の整理が進められています。警察庁の検討では、自動運転車が公道上でスタックした場合に、遠隔からの支援を含めた事業者の対応方法を整理・検討し、その結果を踏まえてガイドライン等を公表する方針が示されています。
- 本書で用いる遠隔支援は、AVSCやISO 7856などの国際的な整理に基づく技術的な概念であり、遠隔から情報提供や判断支援を行うものです。これに対し、警察庁が検討する遠隔助言（仮称）とは、「人間が特定自動運行用自動車に何らかの情報又は助言を提供するが、あくまでも自動運行装置による判断が行われるための提供にとどまるもの」を指しています。遠隔支援と遠隔助言（仮称）は機能面で重なる部分が大きいため、本検討では国際的な技術概念である遠隔支援を、国内制度上の遠隔助言（仮称）に対応する概念として解しています。
- 現時点では、制度上の詳細な位置付けや運用条件については、警察庁における検討によって具体化されるものと考えています。そのため本書においても現段階で制度解釈を示すのではなく、今後公表されるガイドラインや制度整理の内容を踏まえながら、遠隔支援を活用した運行モデルへの反映を検討します。



出所：警察庁：「自動運転の拡大に向けた調査検討委員会」（2025年10月1日）より

A grayscale 3D rendering of a city street scene. In the foreground, a dark-colored car is parked on the right side of the road. The road has white lane markings and crosswalks. Several other vehicles, including a bus and a van, are visible in the background. Pedestrians are walking on the sidewalks. Traffic lights and street lamps are also present. The overall scene is a detailed urban environment.

まとめ

08

8.1 まとめ

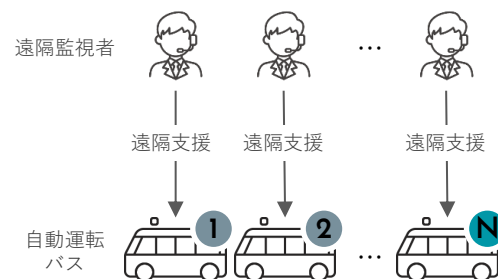
- 本検討では、遠隔監視・遠隔支援・データ連携基盤を組み合わせることで、運行全体の生産性向上を目指しています。
 - 1 第一に、遠隔支援を活用することで、立ち往生やMRM発生時における現場措置業務実施者の駆け付け頻度を低減し、現地対応に係る人件費の削減が期待されます。
 - 2 第二に、データ連携基盤から提供される先読み情報を活用することで、障害物や路上リスクへの事前対応が可能となり、MRM回避によるサービス継続性の向上が期待されます。
 - 3 第三に、ルート上のリスク情報やイベント駆動型の運用を通じて、遠隔監視者は必要なタイミングで複数車両へ効率的に対応できるようになり、1対N型の遠隔監視による生産性向上が期待されます。
- さらに、本書で整理した内容をもとに標準化の取り組みが進むと、自動運転移動サービスの導入を検討している関係者が共通の前提で連携しやすくなります。これにより、地域や事業者ごとに個別設計を繰り返すことなく、1対N型の遠隔監視・遠隔支援・データ連携基盤を導入しやすい環境が整い、コストメリットのある自動運転バスサービスの社会実装が期待されます。

遠隔監視
+ 遠隔支援
+ データ連携基盤

効果

実装に向けた今後の課題

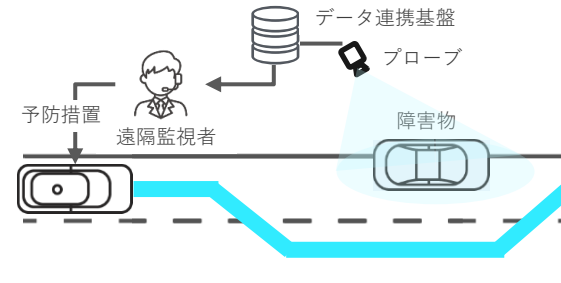
1 現場措置業務実施者の人件費減



遠隔監視・遠隔支援により現地対応減

遠隔からのMRM回避の高度化、
人員の役割分担明確化、法整備

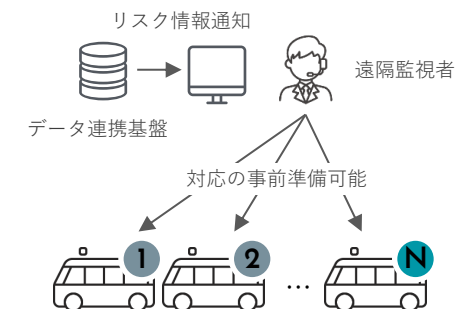
2 自動運転バスのサービス向上



先読み情報活用でMRM回避

データ連携基盤の実装

3 遠隔監視者の生産性向上



イベント駆動型による1：N監視

判断基準の明確化、
対応要請通知の精度向上

TIER IV