

列車運行の省人化のための 自律型列車運行制御システム

信号技術研究部 列車制御システム研究室
主任研究員 太田 佑貴

列車自動運転の拡大

従来の対象

- 地下鉄
- モノレール
- 新交通システム

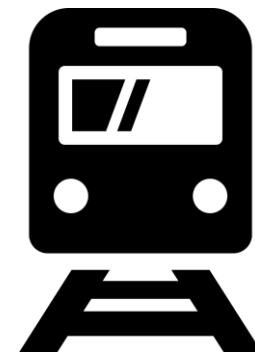
主に高架・地下等での実現



労働力不足
運営の効率化
技術進展

自動運転線区の拡大

- JR九州 香椎線
2024.3 営業開始
 - JR東日本 山手線
 - JR東日本 上越新幹線
 - 民鉄各社
- などで実証試験中／導入予定の発表



- 主に加減速を自動制御
- 異常時は、人(乗務員・指令員等)が対応

ドライバレス運転(GOA3～4*)をさらに高度化



「人手を要しない、賢い列車運行」 = 自律運転
安全性・安定性の向上、さらなる省人化・省力化

*GOA:Grade Of Automation
自動運転のレベルを0～4で示したもの
3～4が、ドライバレス運転

本発表のトピック

「人手を要しない、賢い列車運行」を実現する、
自律型列車運行制御システム(自律運転)を開発し、**鉄道総研所内で実証**

目次

- 自律型列車運行制御システムについて
- システム構成と各装置の機能
- 試験項目、試験結果
- 自律型列車運行制御システムの適用効果

自律型列車運行制御システム(自律運転)

Railway Technical Research Institute

自律運転

人手を要しない賢い列車運行



メリット

- 運転の省人化
- 列車運行全体の省人化
- 運行の柔軟性による
 - ・ お客さまサービスの向上
 - ・ 保守作業間合いの確保 (働き方改革)
- 省エネ運転の適用容易性 (脱炭素化への貢献)
- 列車運行設備の削減 (保守の省力化)

自律運転で実現する機能

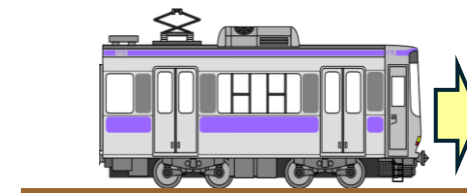
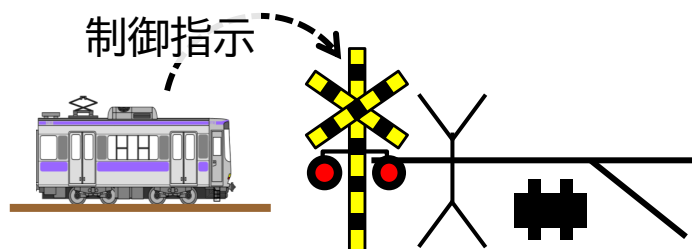
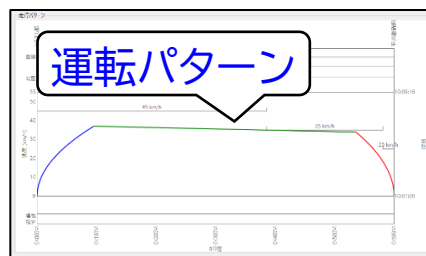
Railway Technical Research Institute

■通常走行

運転パターン自動生成

転てつ機・踏切制御

加減速制御



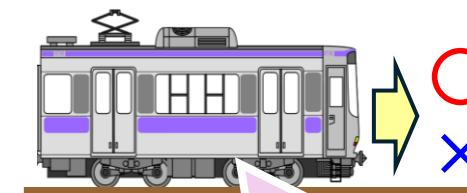
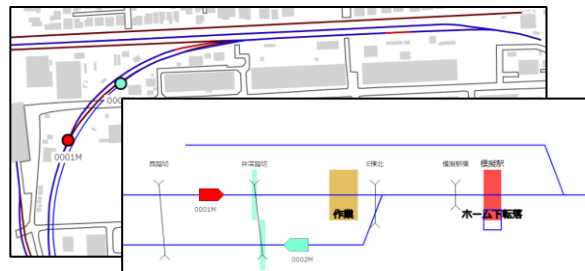
従来の自動運転

■異常時走行

線路内・沿線の異常知得

情報共有・運行判断

停車・運転再開



遅延回復も

加減速制御に加え、従来、人(運転士、指令員など)が担っていた制御、判断も自動化

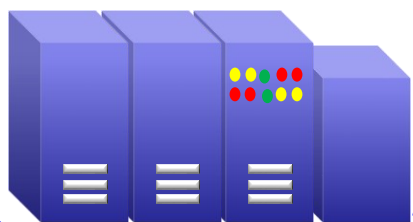
自律運転の要素技術

Railway Technical Research Institute

状態情報をもとに、各列車が地上設備を制御しながら、安全に走行速度を制御

④: 自動的な運行管理技術

線区全体の運行情報



防災・保守
情報

⑤: 公衆通信回線の利用も含む 情報共有技術

地車間、車車間の通信

前後駅の旅客情報



前後・近接列車の位置情報



①: 前方支障物検知技術

②: 車上での自動的な運行判断技術

自律的な進路制御と
車上での運行判断

速度



進入禁止
停止点

③: 車上からの地上設備制御技術

これらを組み合わせたシステムを構築

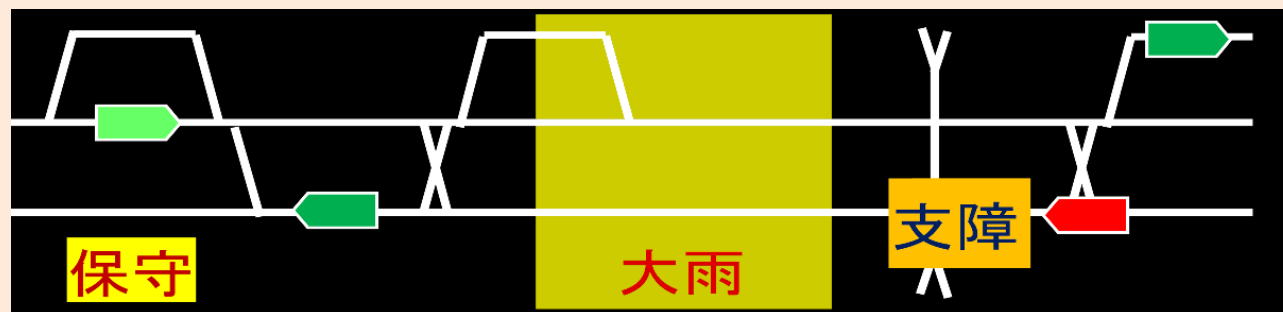
自律運転における主要な制御動作

■ 列車制御システム

状態情報(外部装置など)

②運行判断

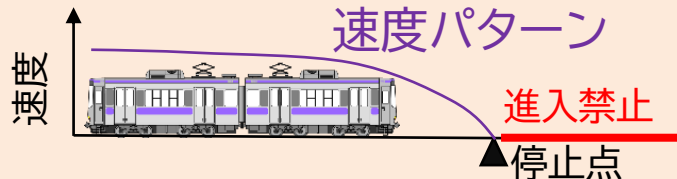
鉄道ダイナミックマップ



- ・ハザードマップ
- ・公的な雨量情報 …など
- ・保守情報
- ・踏切支障報知 …など

③列車・沿線設備制御

速度パターン



転てつ機

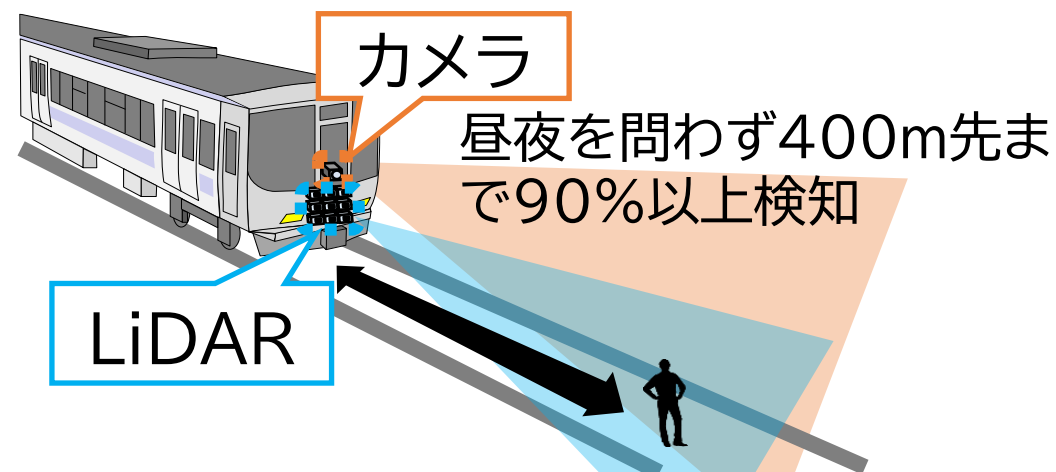


踏切



■ ①列車前方監視装置

- ・カメラとLiDARを融合
- ・線路内異常監視システム(地上)

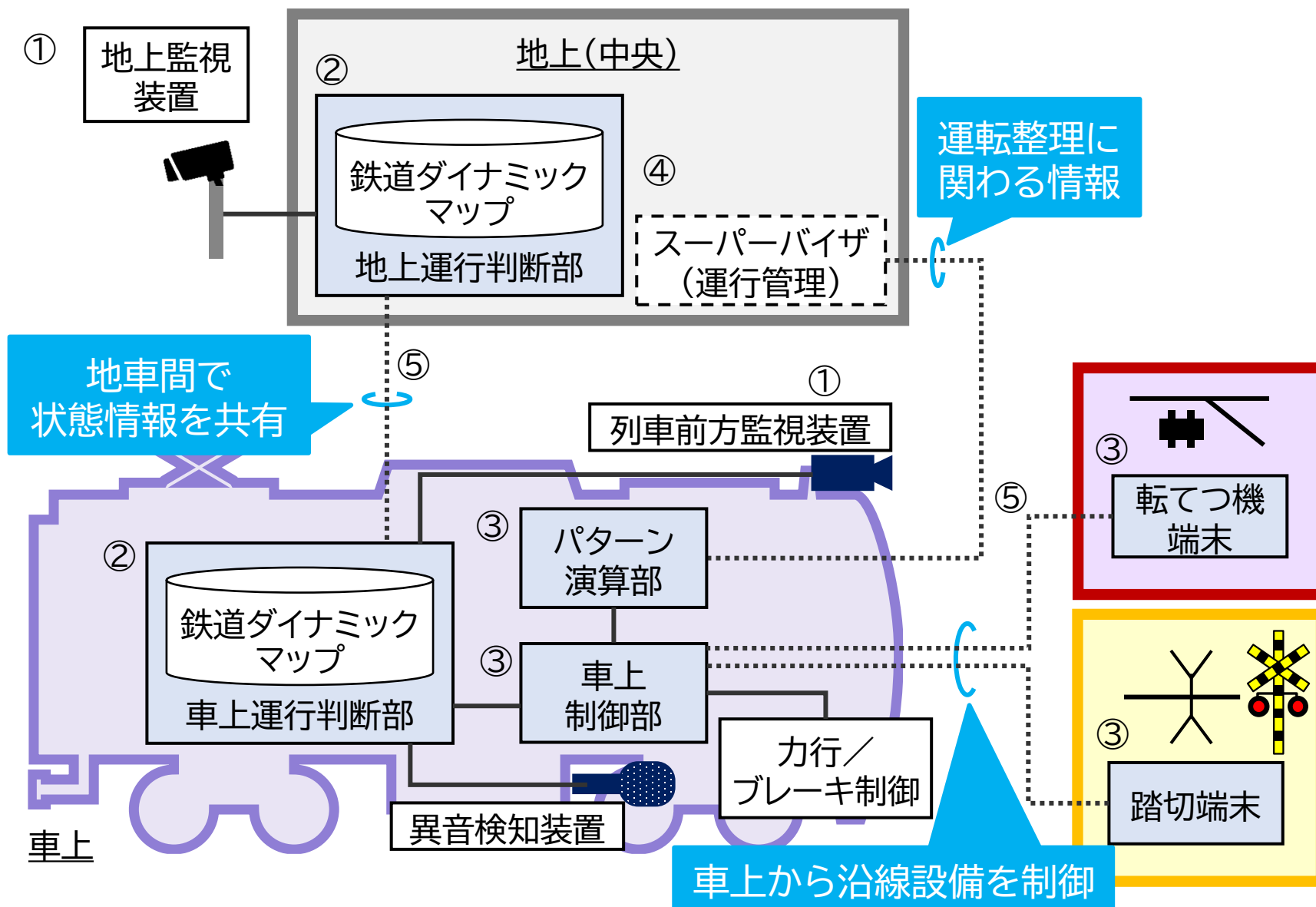


カメラの画像を用いたAIによる
高精度な物体識別

LiDARの高密度点群を
用いた物体検知

実証試験のシステム構成

Railway Technical Research Institute



各要素技術を搭載した装置同士を連携させ、プロトタイプシステムを構築

- 生成した運転パターンに基づく通常時の自動走行
- 列車前方監視装置の情報などを鉄道ダイナミックマップに反映して自動的に運行判断

実証試験の仮設概要

Railway Technical Research Institute

車上設備

車上制御部



前方監視装置

LiDAR

カメラ

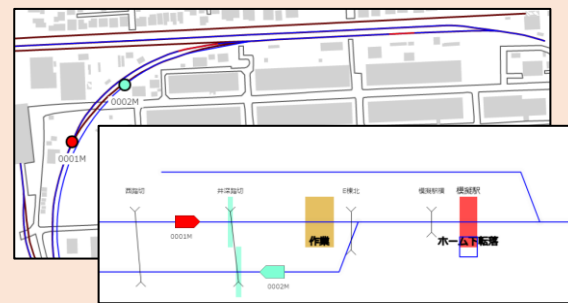
パターン演算部



公衆回線・
ローカル5G

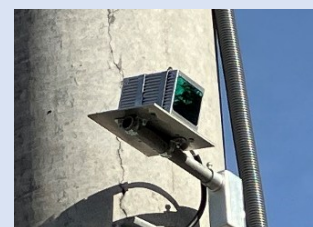
運行判断部

(鉄道ダイナミックマップ)



地上設備

地上監視装置



転てつ機端末

踏切端末

模擬指令室



スーパーバイザ
(運行管理)

先行
遅延

減速運転
指示

所内試験線にプロトタイプシステムを構築し、検証試験を実施

装置ごとに設定した確認項目を検証できる**走行試験シナリオを作成**し、試験を実施

シナリオ	主な検証内容
通常走行 (2通り)	- 進路確保、転てつ機転換、踏切の通常制御 - 運転パターンに沿った走行 - 鉄道ダイナミックマップ(鉄道DM)上の列車位置更新
運行判断部動作 (5通り)	- 鉄道DMへの進入禁止、停車禁止区間の設定、共有 - 進入禁止、停車禁止区間に対する停車、運転再開制御
列車前方監視 (4通り)	- 列車前方監視装置による支障物(マネキン)の検知 - 支障物情報の鉄道DMへの反映、共有 - 運行判断部を介した停車、運転再開制御
スーパーバイザ (2通り)	- 前後列車の運転状況に基づく運転抑止、減速運転の指示 - パターン演算部との連携

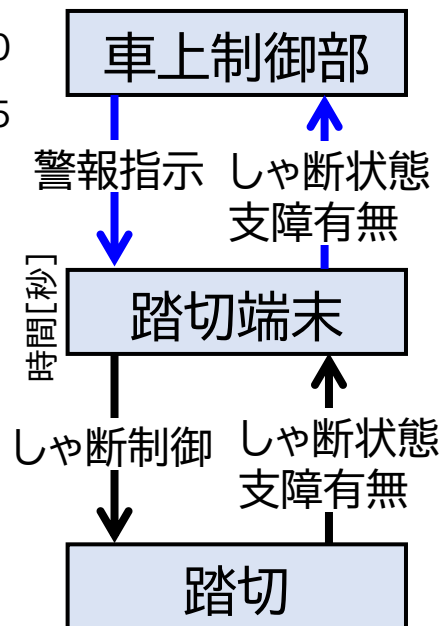
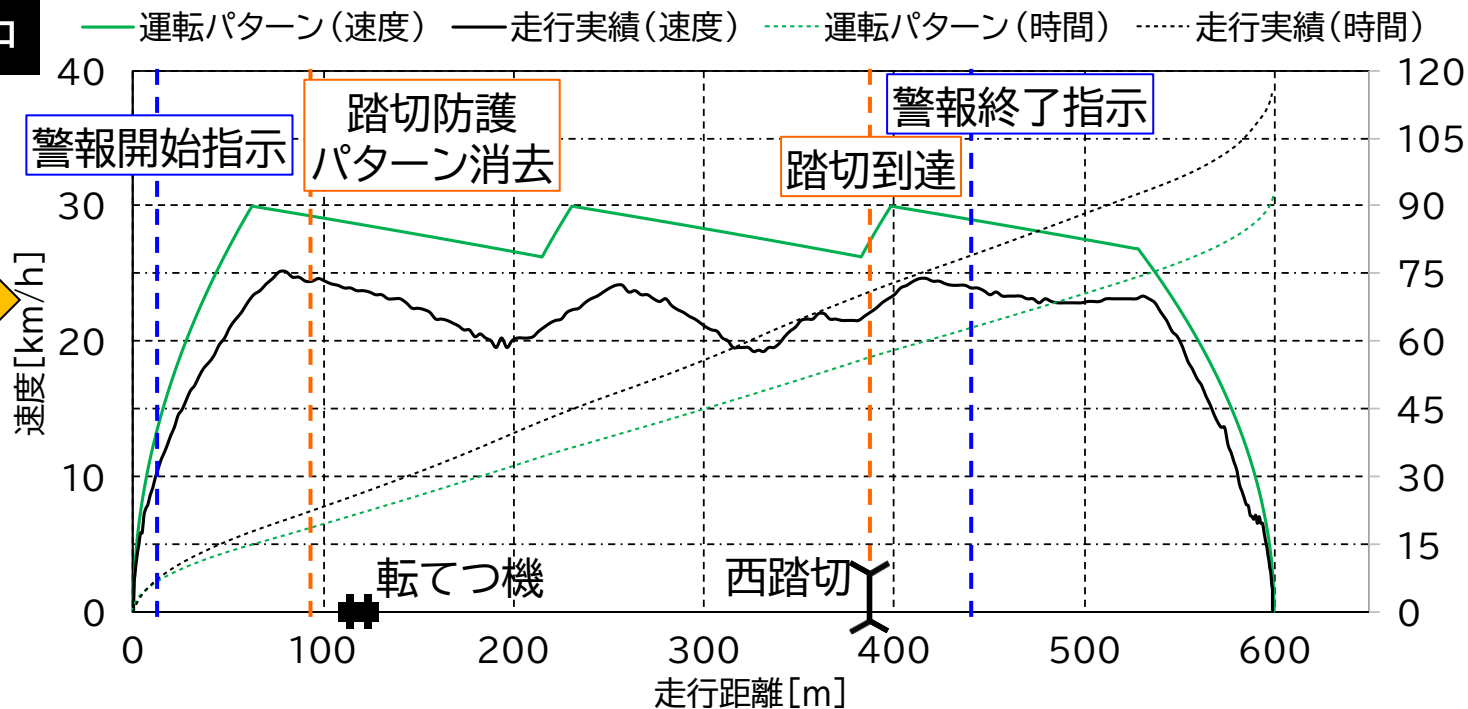
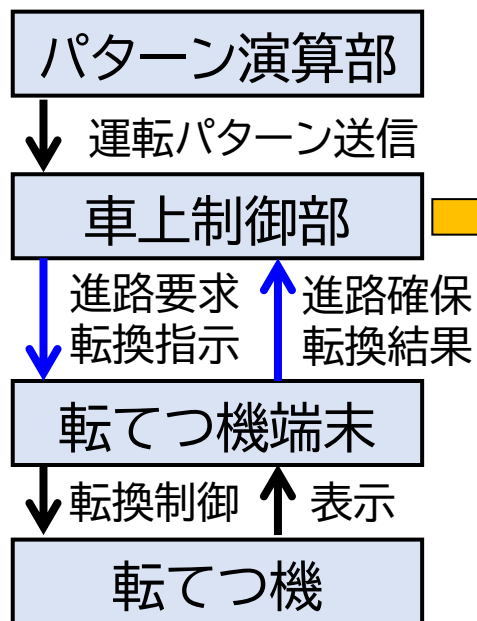
など、計18シナリオ

- 通常走行
- 列車前方監視
- 運転再開時の遅延回復制御について本日説明

試験結果(通常走行)

発車前

走行中



- 運転パターンに基づいた車上主体の**転てつ機制御、走行、踏切制御**を確認
- 無線(公衆回線、ローカル5G)を用いた**制御情報伝送、鉄道ダイナミックマップの情報共有の正常動作**を確認

各機能が正常に動作していることを確認

試験結果(線路内支障物に対する制御)

Railway Technical Research Institute

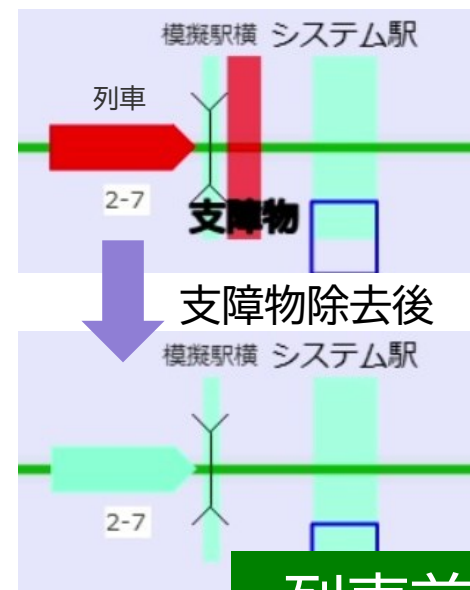
支障物の設置状況例



前方監視装置による検知結果



運行判断部(鉄道ダイナミックマップ)への反映

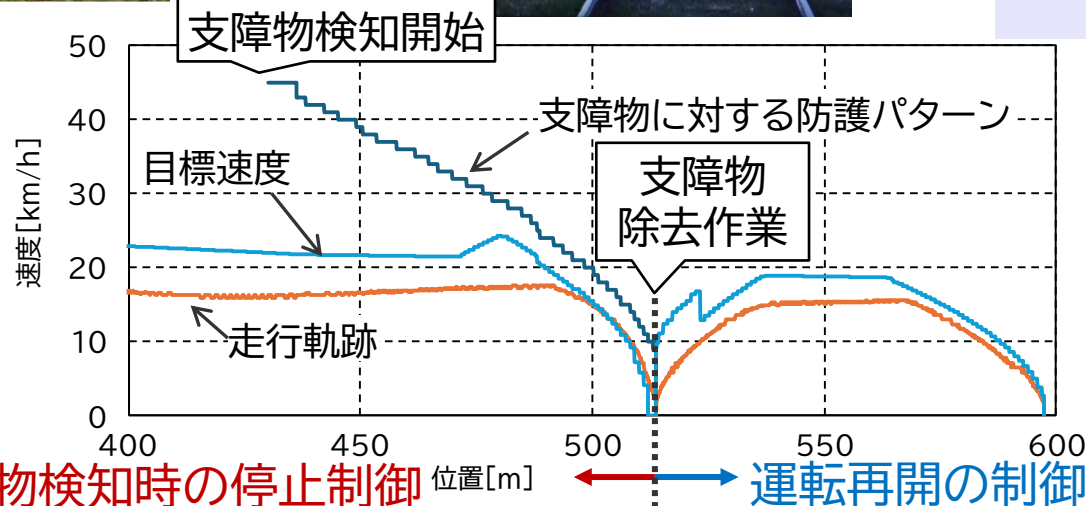


凡例

進入禁止

異常なし

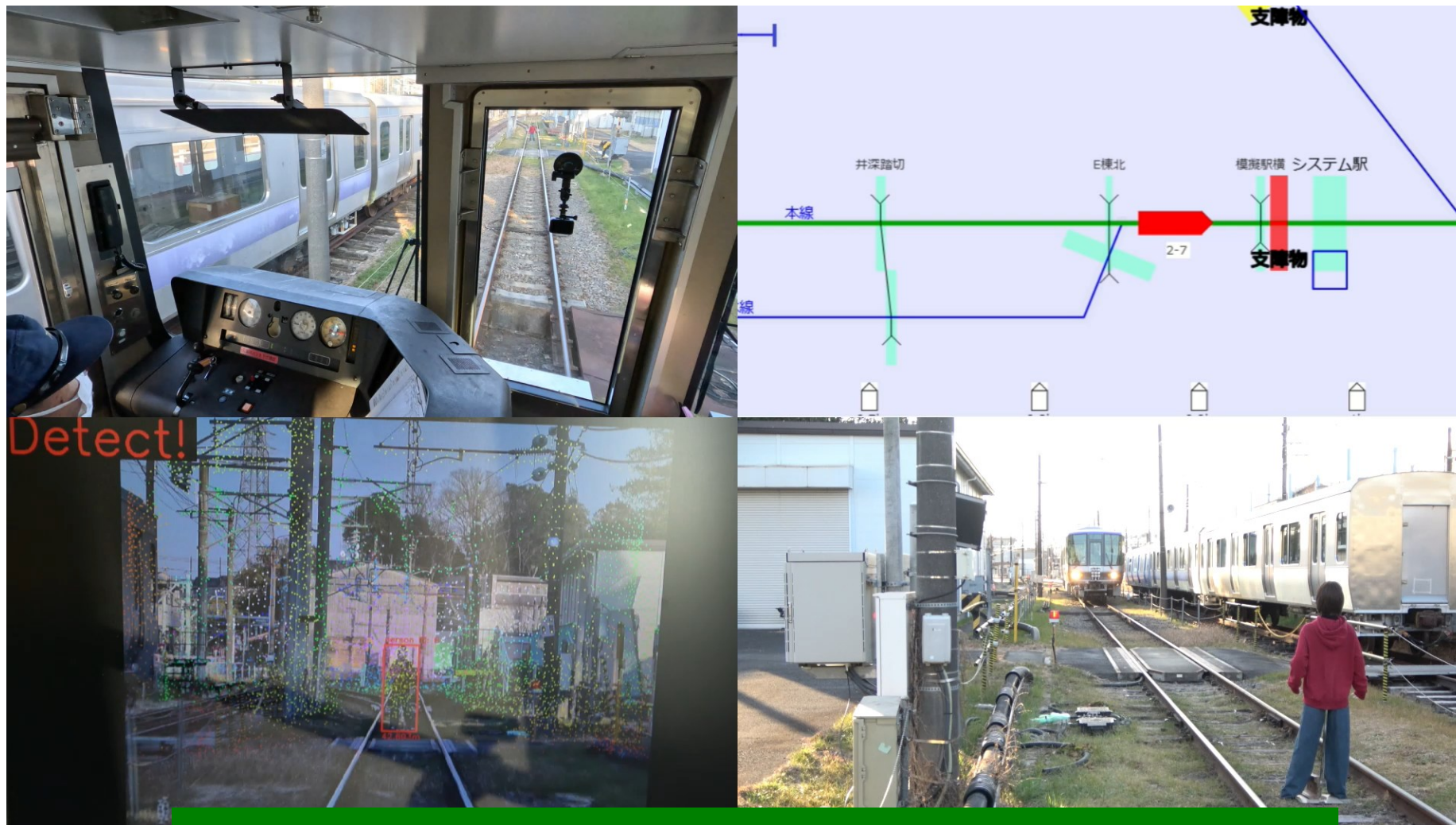
車上制御部の制御



・列車前方監視装置
・車上運行判断部
・車上制御部
の連携による
停止・運転再開の制御
を実現

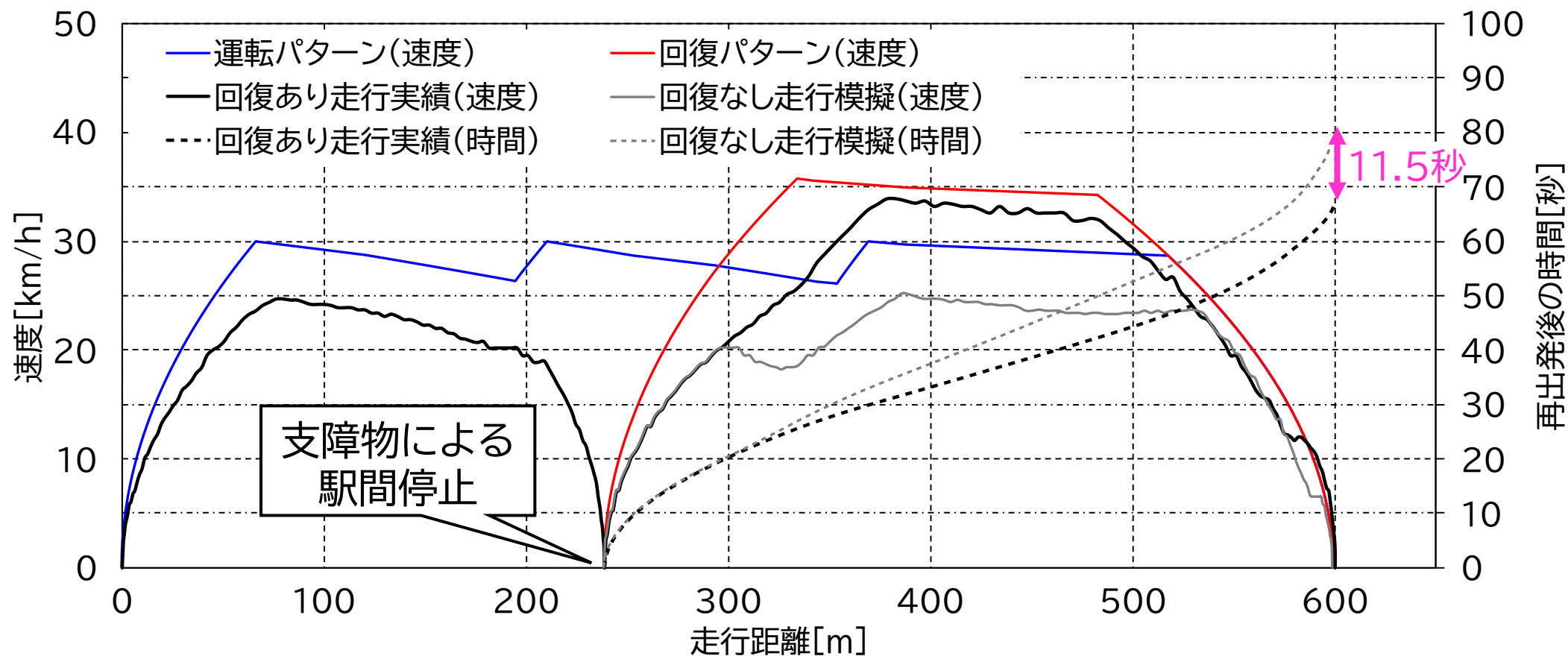
試験結果(線路内支障物に対する制御)

Railway Technical Research Institute



自動的な停止・運転再開の動作を確認

試験結果(遅延回復制御)



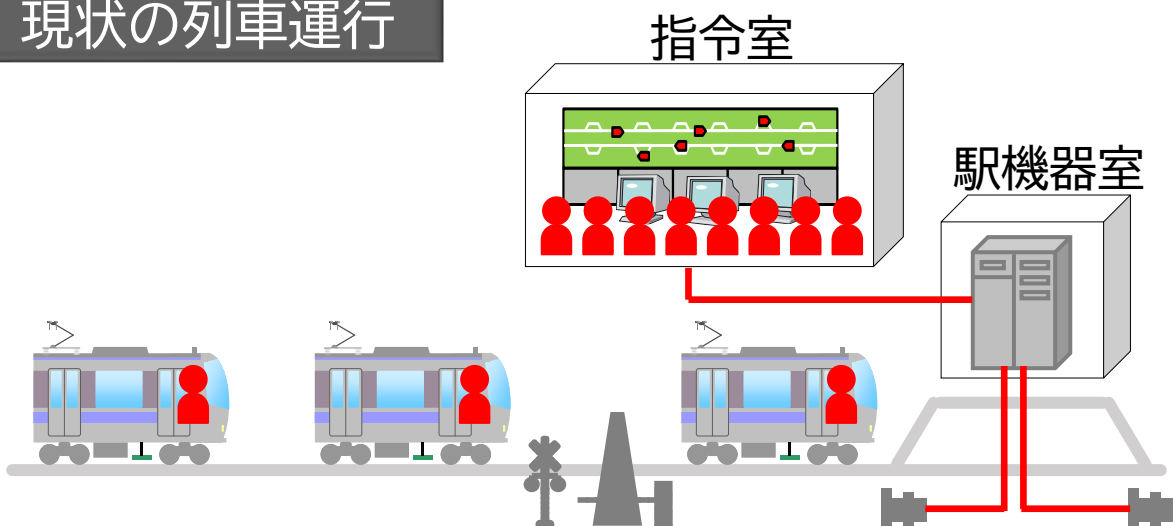
- 回復パターンを自動生成
- 出発時の運転パターンに沿った走行と比べ、11.5秒の短縮

運転再開時の自動的な
遅延回復制御を確認

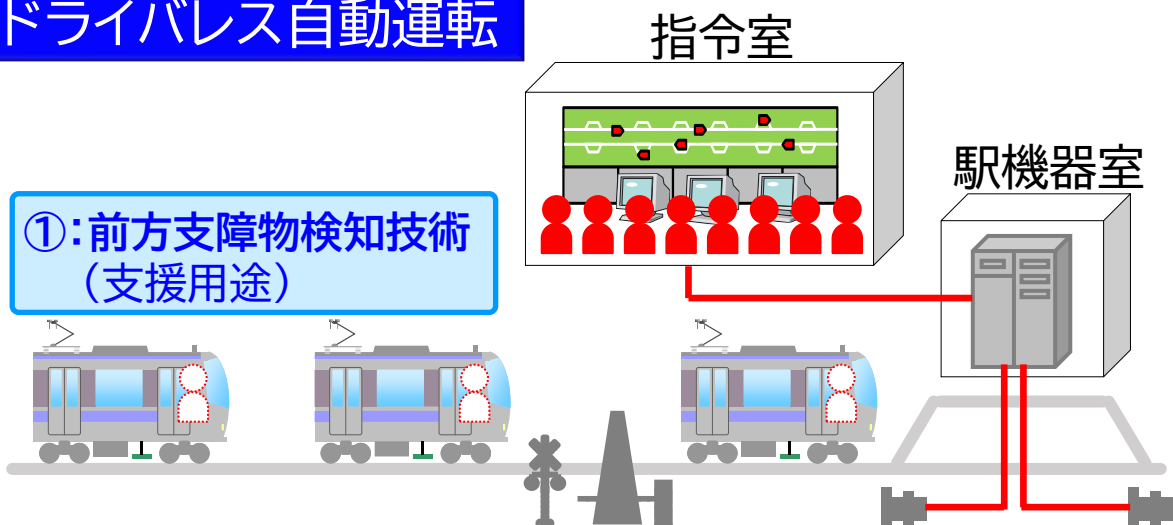
本システムの適用効果のイメージ

Railway Technical Research Institute

現状の列車運行

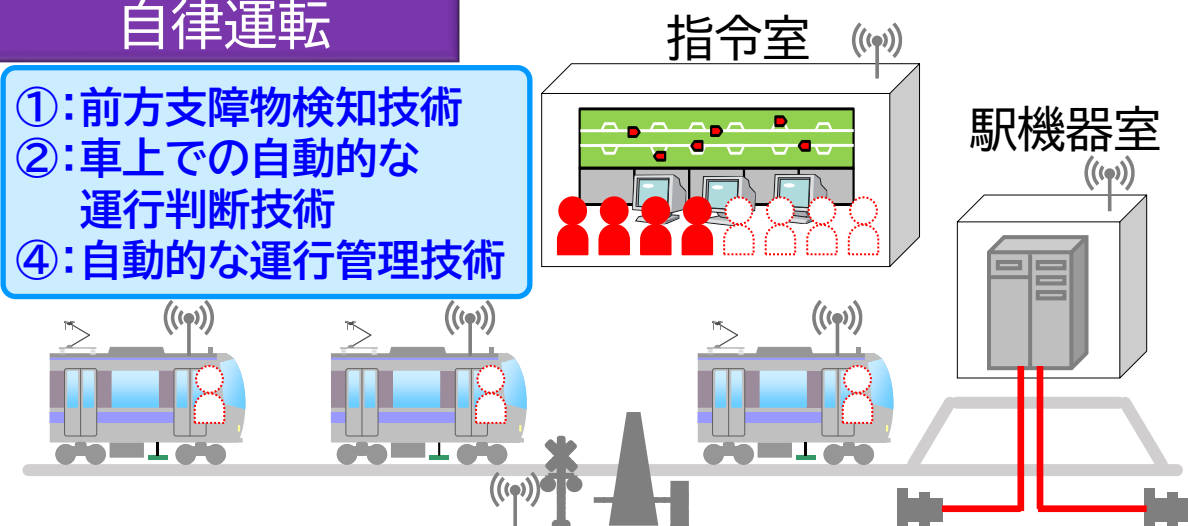


ドライバレス自動運転



自律運転

- ①: 前方支障物検知技術
- ②: 車上での自動的な運行判断技術
- ④: 自動的な運行管理技術

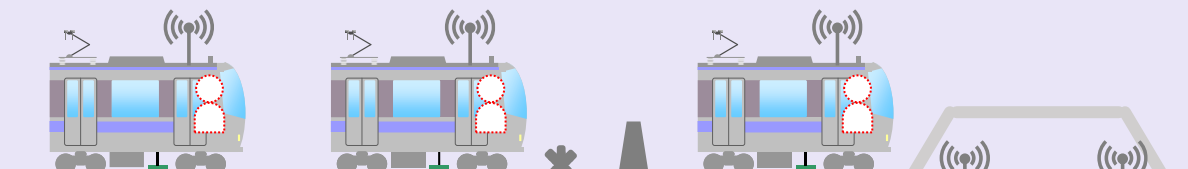


- ③: 車上からの地上設備制御技術

- ⑤: 公衆通信回線の利用も含む情報共有技術

自律運転(地域鉄道)

- 列車本数が少ない⇒指令室削減
- 小さな駅構内⇒駅機器室削減



運行業務の省人化、地上設備の削減による
設備管理の省力化が可能

- 所内試験線に**自律型列車運行制御システム**のプロトタイプを構築し、**各機能が問題なく動作することを実証**した
 - ◆ 自動的な運転パターン作成
 - ◆ 車上からの沿線設備制御
 - ◆ LiDAR、カメラによる線路内支障物の検知と検知結果に基づく制御 など
- 自律運転の効果として、以下を確認した
 - ◆ 車上での自動的な運行判断や自動的な運行管理による**列車運行全体の省人化**
 - ◆ 地上設備の削減による設備管理の**省力化**

- 将来の**高度なドライバレス自動運転**(特に無人運転)において、本システムを活用
- 各要素技術を、**ドライバレス自動運転の拡大**や**列車運行業務支援**などに活用

■要素技術の活用先

要素技術	適用効果	適用先の例
線路内監視	• 支障物検知の補助や代替	前方監視装置
鉄道ダイナミックマップ	• 状態情報管理の一元化 • 情報共有の効率化 • 指令業務の支援	運行管理システム 設備管理システム
車上からの地上設備制御	• 地上設備やケーブルの削減	信号保安システム
運転パターン演算	• 自動的な早期遅延回復	自動運転システム
運行管理	• 運転整理の効率化	運行管理システム

- 北野隆康, 熊澤一将, 藤田浩由, 杉山陽一: 車上主体の自律型列車制御システムの開発, 鉄道総研報告, Vol. 38, No. 3, 2024
- 太田佑貴, 祇園昭宏, 西本翔, 櫻井勇輝: 自律運転に向けた沿線・車両状態情報に基づく運行リスク評価手法, 鉄道総研報告, Vol. 38, No. 3, 2024
- 太田佑貴, 祇園昭宏, 西本翔, 櫻井勇輝: 状態情報をつないで迅速な運行判断を支援する, RRR, Vol.82, No.1, 2025
- 影山棕, 長峯望, 吉野純樹: 列車前方監視のためのカメラとセンサを用いた支障物検知手法, 鉄道総研報告, Vol. 38, No. 2, 2024