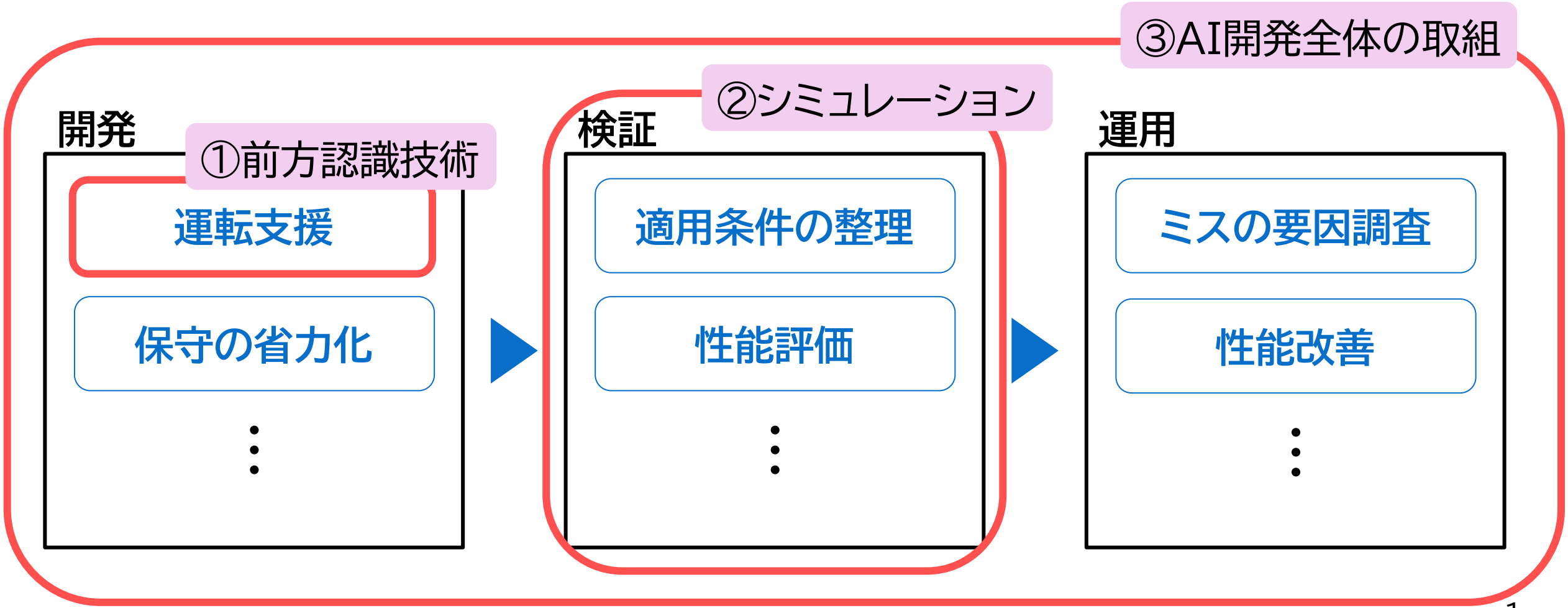
「特別セミナー　鉄道におけるAI活用の発展と課題」
―安全・安定運行への活用に向けて―

画像・AIによる前方監視・認識技術

情報通信技術研究部　画像・AI研究室
主任研究員　向嶋 宏記

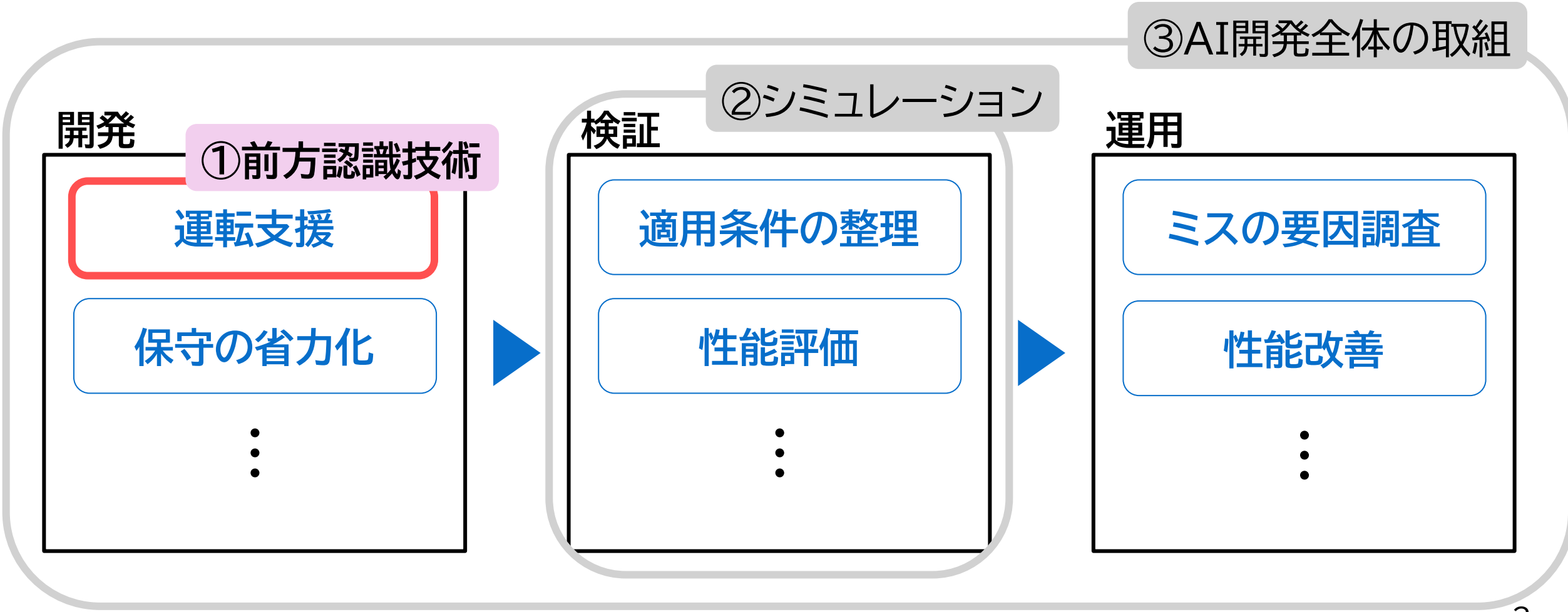
特別セミナーにおける3件の発表

- 研究開発の各ステップに対する取組について紹介



特別セミナーにおける3件の発表

- 研究開発の各ステップに対する取組について紹介



もくじ

- 背景
- 研究事例の紹介
  - 運転に関わる設備の認識
  - 前方の異常事象への対応
  - 視界不良への対応
- まとめ

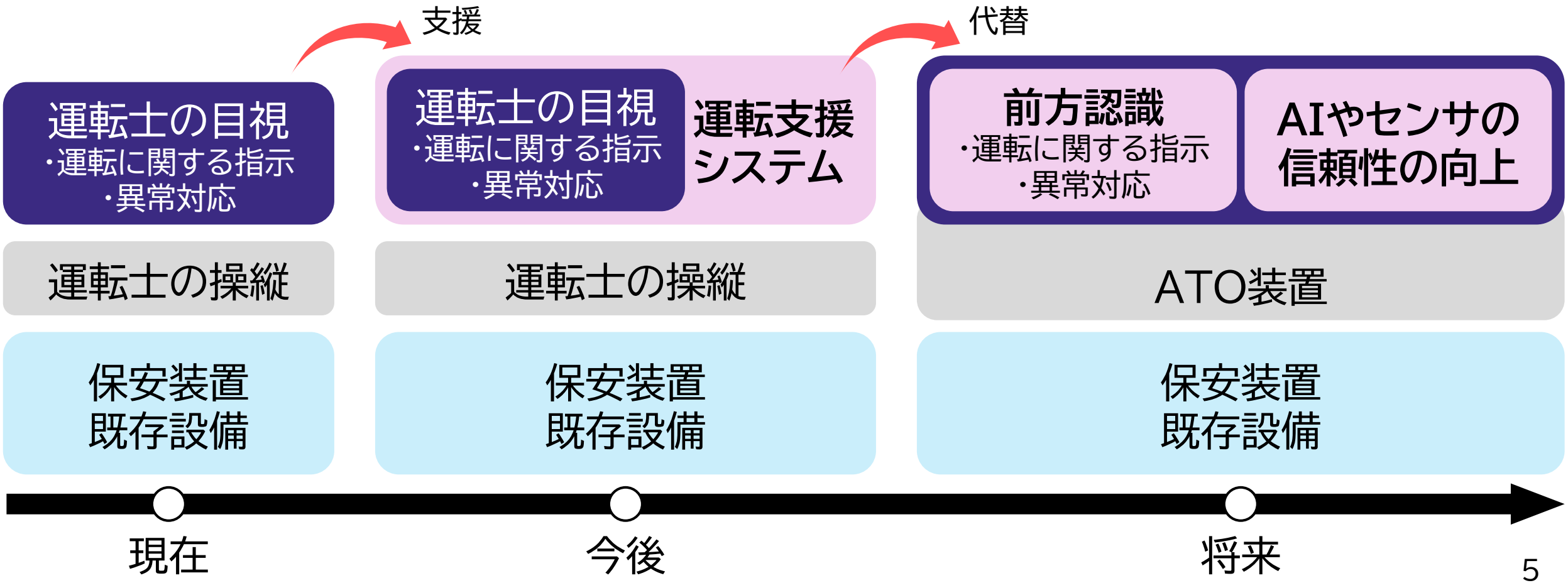
鉄道をとり巻く人材不足

- 人口減少に伴う**労働人口の減少**
  - 生産年齢人口は2020年から2050年で約2,000万人減少と予測†
- 一部の鉄道事業社では**一般的な線区での自動運転**を導入・検討
  - GOA2.5の導入
  - GOA3／GOA4の導入に向けた検討が進む
- 安全・安定の鉄道を維持するために
  地域鉄道での自動運転が必要になるのでは？

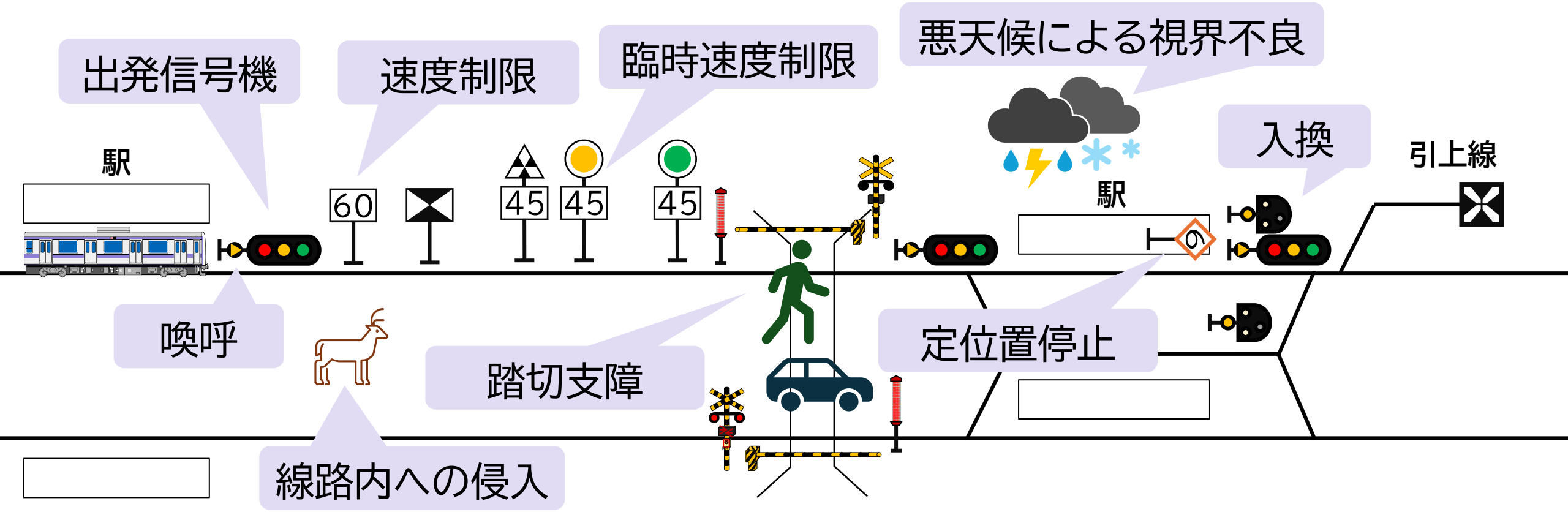
†厚生労働省「令和7年版　厚生労働白書」,
https://www.mhlw.go.jp/stf/wp/hakusyo/kousei/25/index.html

将来的なシステムの構成イメージ

- **既存のシステムへの変更は最小**としつつ
  運転士が担っている部分をシステムで支援／代替する



運転士が目視で確認しているタスクの整理



運転士の視覚タスクを代替するためにこれらの課題に取り組んでいる

特に目視に大きく依存する項目

- 運転操作において特に定常業務外で対応が求められるもの


特殊信号発光機の現示



臨時信号機による臨時速度制限への対応

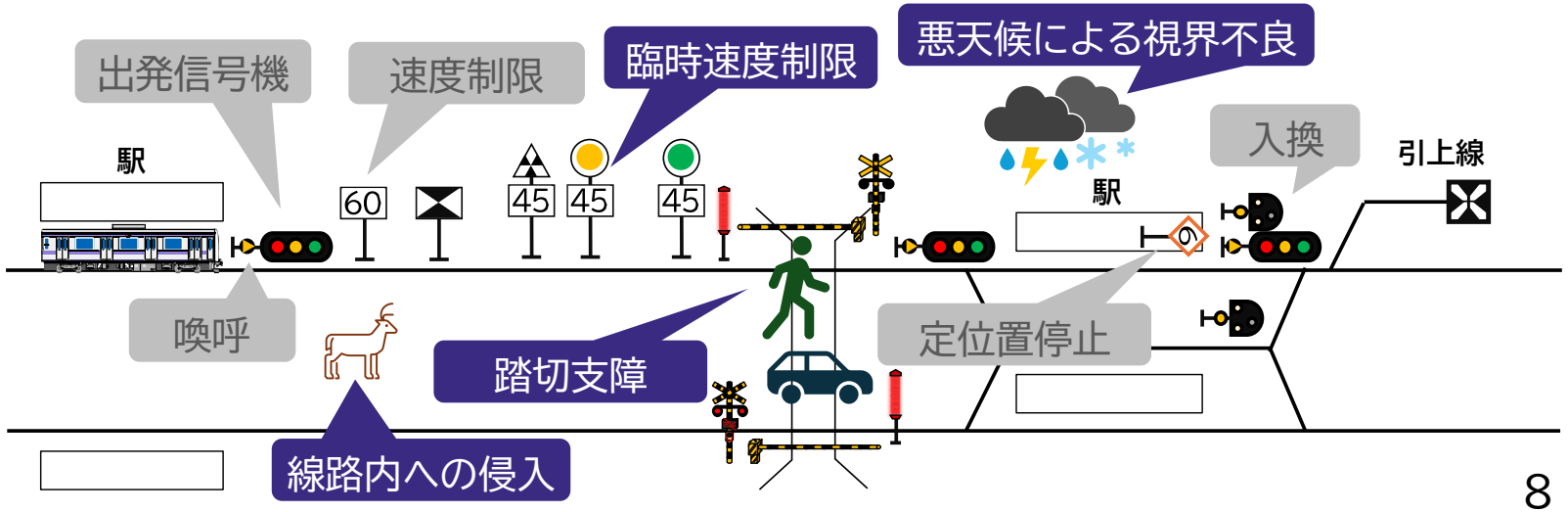

線路内への侵入などの異常


悪天候による視界不良への対応

まずはこれらのタスクに対して運転士を支援する技術の実用化を目指す

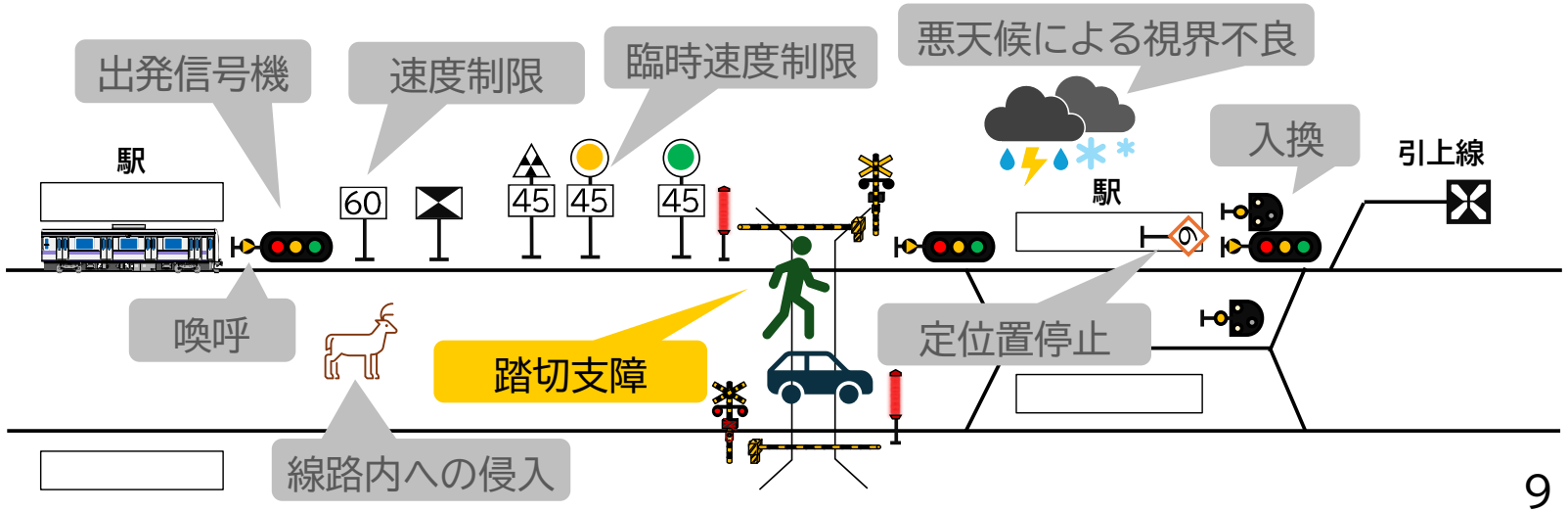
運転支援に関する研究開発の事例

- 運転に関わる設備の認識
  - 特殊信号発光機の明滅検知装置
  - 臨時信号機の検出
- 前方の異常事象への対応
  - 線路内へ侵入する特定物体の検出
- 視界不良への対応
  - 視認性向上AI



運転支援に関する研究開発の事例

- 運転に関わる設備の認識
  - 特殊信号発光機の明滅検知装置
  - 臨時信号機の検出
- 前方の異常事象への対応
  - 線路内へ侵入する特定物体の検出
- 視界不良への対応
  - 視認性向上AI

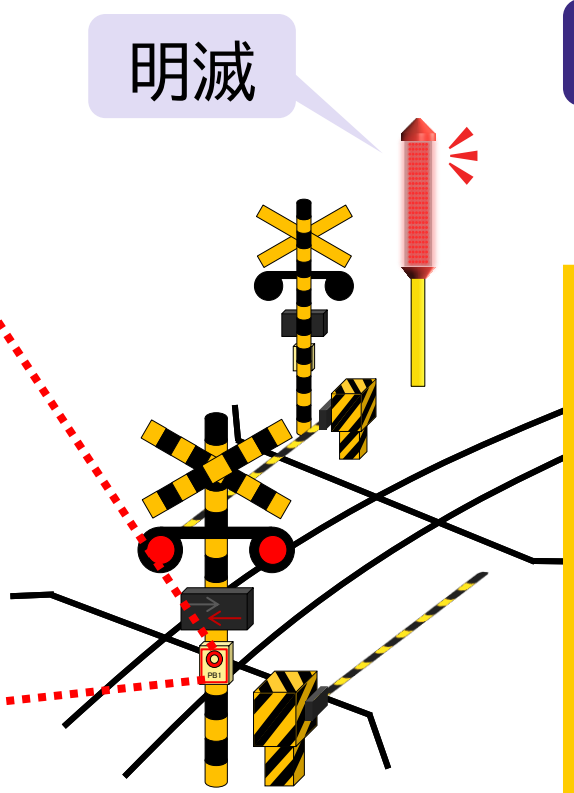


特殊信号発光機の明滅検知装置の開発

- 特殊信号発光機は多くの路線で運転士の**目視に依存**
- 特発の**発光を検知**して運転士へ通知する装置を開発



非常ボタン

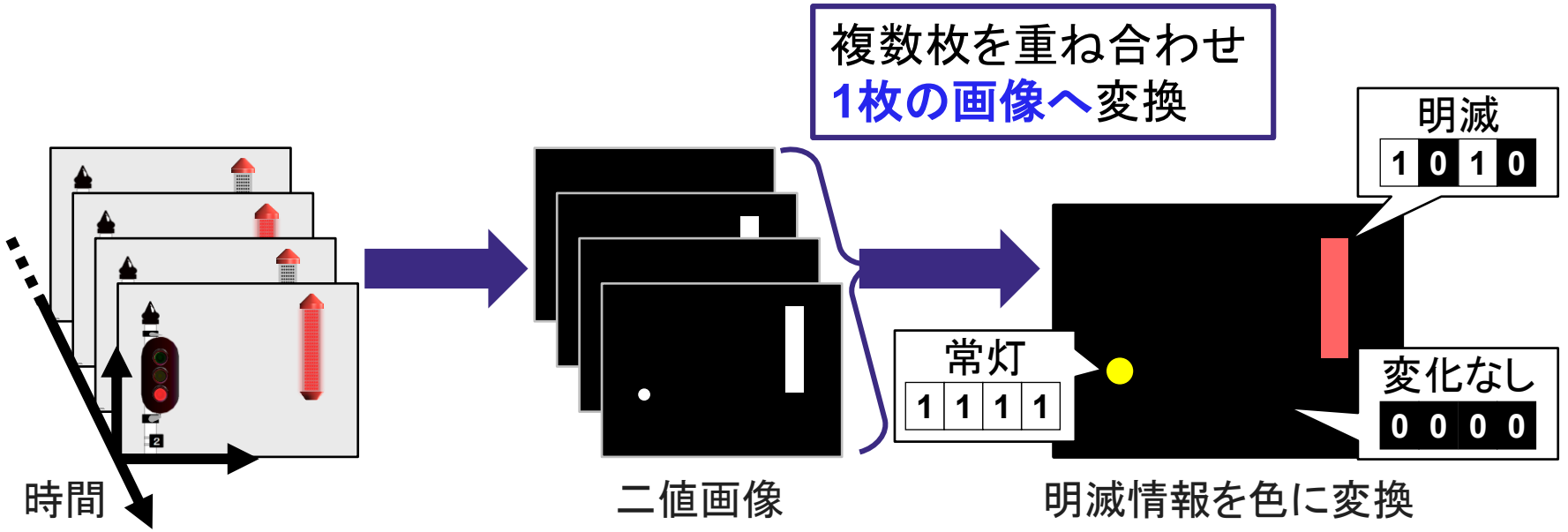




出典：「特殊信号発光機の明滅検知装置の開発」，鉄道総研報告，Vol.39，No.8，2025.

特殊信号発光機の明滅検知手法

- 連続するフレームを統合し探索空間を**3次元から2次元に削減**



発光を検知するために
時間軸上で情報を探索

動画探索（3D）から
画像探索（2D）に
計算量を削減

計算量を削減しリアルタイム処理を実現

営業列車でのモニタラン試験の結果

- 全期間で**87%**, 日中**95%**, 夜間52%の検知率
- 誤検知に関しては運転士から**否定的な意見はなし**
  - 運転支援装置として活用が可能

	明滅回数	検知率	誤検知率
日中	91件	95.6%	
夜間	21件	52.3%	
全期間	112件	87.5%	0.69回／時間

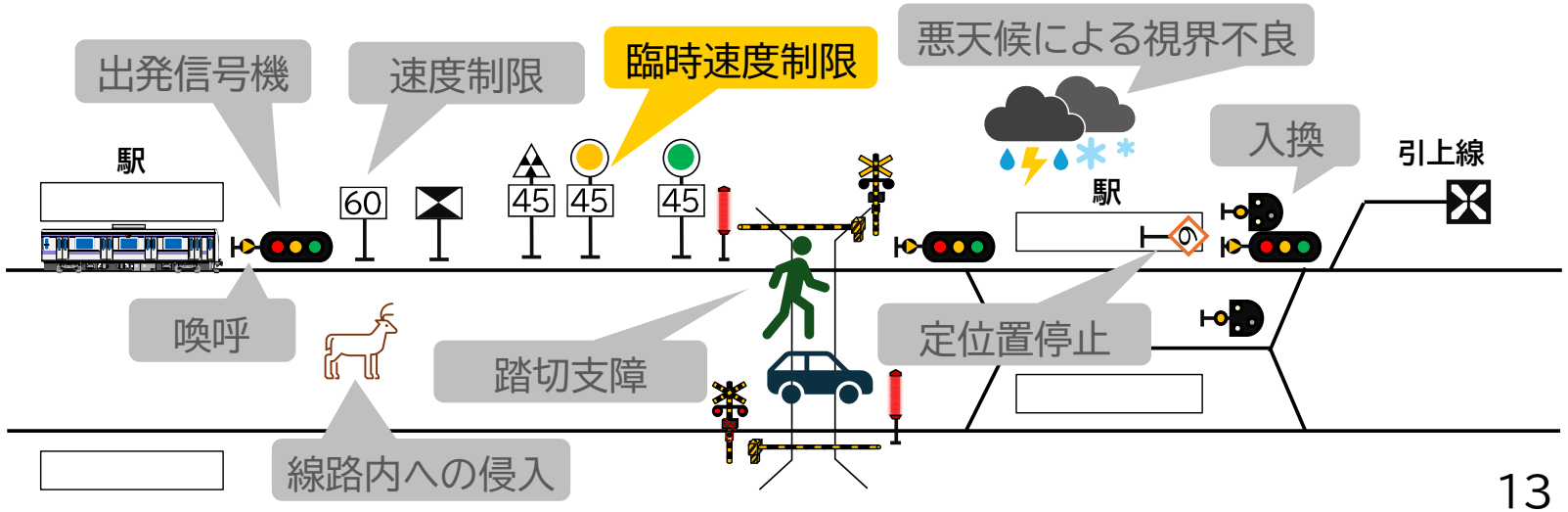


今後の課題：夜間における性能の向上

出典：「特殊信号発光機の明滅検知装置の開発」, 鉄道総研報告, Vol.39, No.8, 2025.

運転支援に関する研究開発の事例

- 運転に関わる設備の認識
  - 特殊信号発光機の明滅検知装置
  - 臨時信号機の検出
- 前方の異常事象への対応
  - 線路内へ侵入する特定物体の検出
- 視界不良への対応
  - 視認性向上AI



臨時信号機

- 工事等の影響で速度制限が必要な場合に使用する**臨時信号機**
- 運転士の**目視で**徐行信号機を確認して運行





徐行予告信号機



徐行信号機



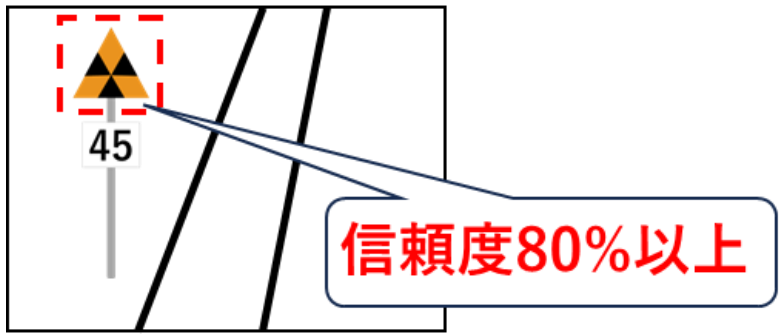
徐行解除信号機



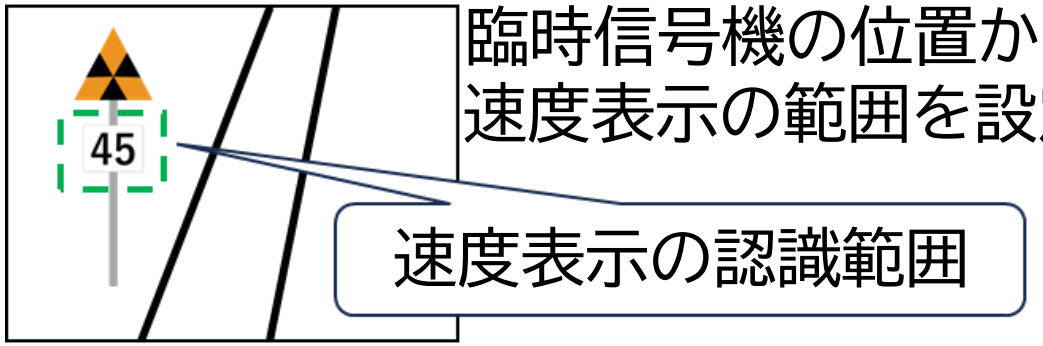
徐行解除目標

臨時速度制限の認識手法

①物体検出AIによる臨時信号機の検出

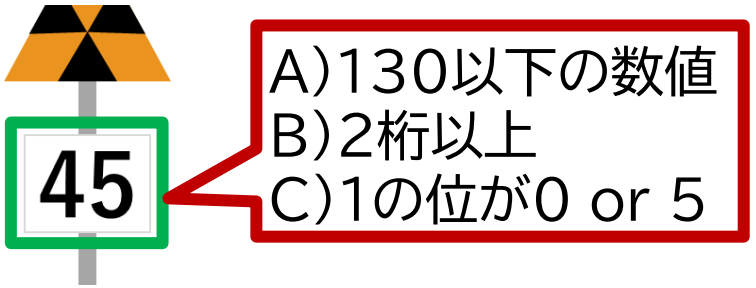


種別・位置を検出



臨時信号機の位置から
速度表示の範囲を設定

②OCRによる文字認識



ルールとAIの組合せ

45km/hの徐行予告信号機と認識

所内試験線におけるリアルタイム動作試験

- 試験内においては**臨時信号機を全て検出**
  - のべ40基の臨時信号機を対象

制限速度の認識結果

検証画像の枚数	539
正答率(枚数)	97%
誤答率(枚数)	3%



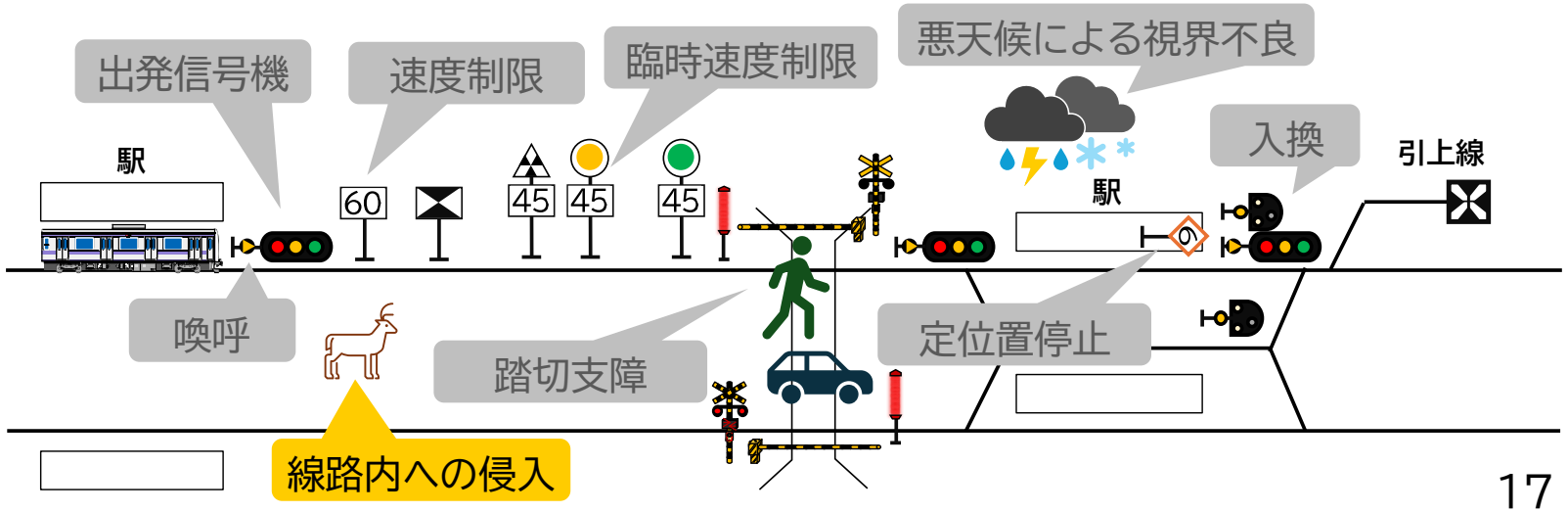
今後の課題:文字認識の精度向上

運転支援に関する研究開発の事例

- 運転に関わる設備の認識
  - 特殊信号発光機の明滅検知装置
  - 臨時信号機の検出

- 前方の異常事象への対応
  - 線路内へ侵入する特定物体の検出

- 視界不良への対応
  - 視認性向上AI



これまでの研究事例(2025年度月例発表会)

センサ部

列車の前面に搭載



処理部

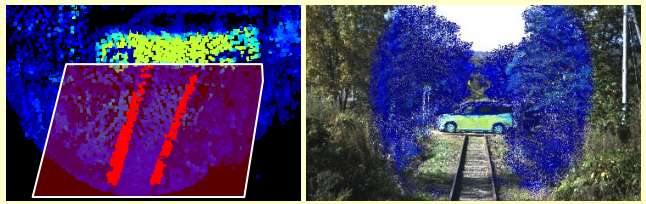
①検知範囲設定

線路領域を推定して建築限界に拡張

②フレームごとの物体検知

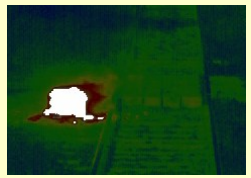
特定物体検知(可視光カメラ)

立体物検知(LiDAR)



レール面より
上を抽出

高温物体検知(遠赤外線カメラ)



一定温度を超える
領域を抽出

③検知範囲の内外判定

検知範囲内に存在するか判定





④検知結果の確定処理

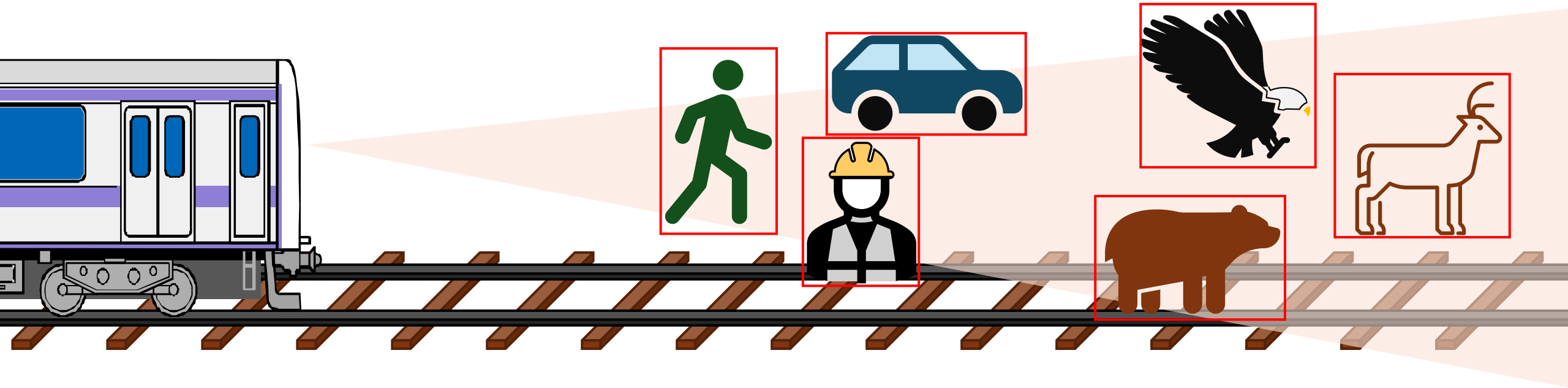
検知の連続性で出力を確定

本日は特定物体の検出に関する検討の深度化について紹介

線路内へ侵入した物体を検出するために

- 人物や作業員，自動車，野生動物などの侵入が考えられる
- 物体検出AIのための学習データを**どう集めるか？**

線路内に物体が侵入したデータを集めるのが困難



生成AIによって線路内に特定の物体が侵入した異常なシーンを生成

生成AIによる線路内への対象物合成手法

- 通常の列車の前方映像に対して**線路内に対象物体を合成**する
  - レールを抽出した情報を使うことで対象の大きさの整合を保つ
  - 合成位置が明確であるためアノテーション作業を自動化可能



1.描画領域を指定　2.領域を切り出し　3.対象を生成　4.背景画像へ合成

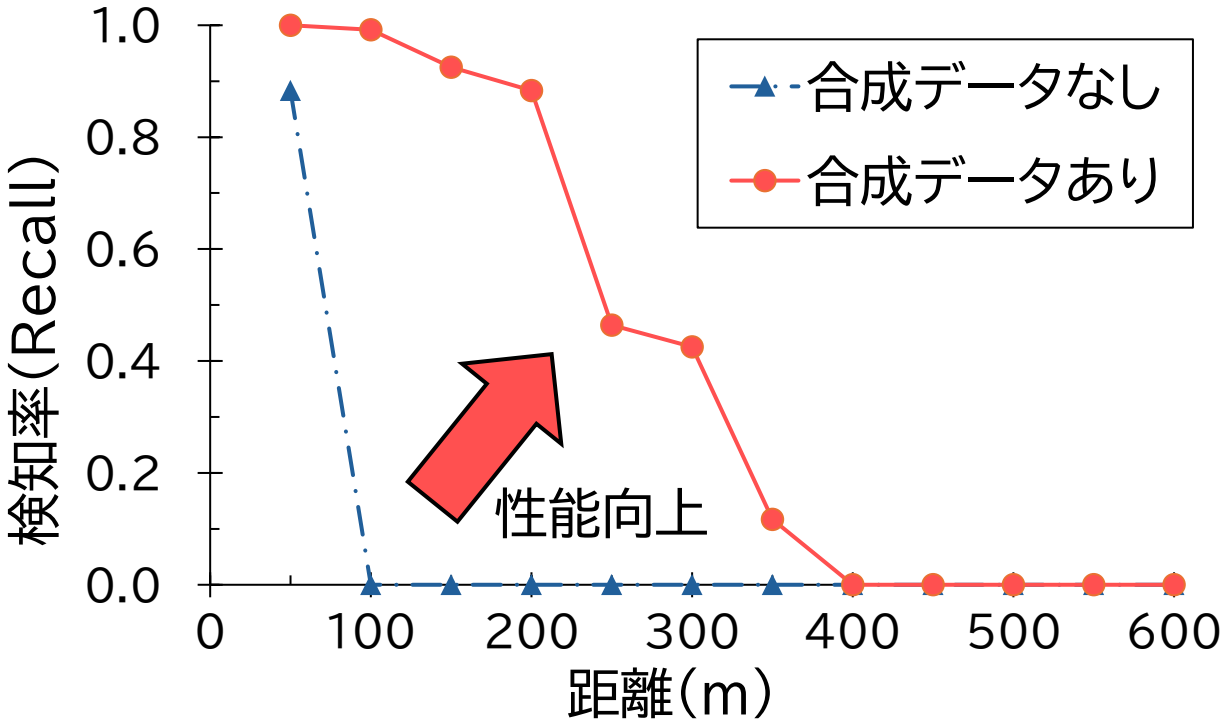
合成により鉄道環境における任意の物体の学習データを収集

合成データによる性能向上

- CGシミュレーションの画像を使って距離別の検知性能を評価



50m地点にシカを配置した
シミュレーション画像

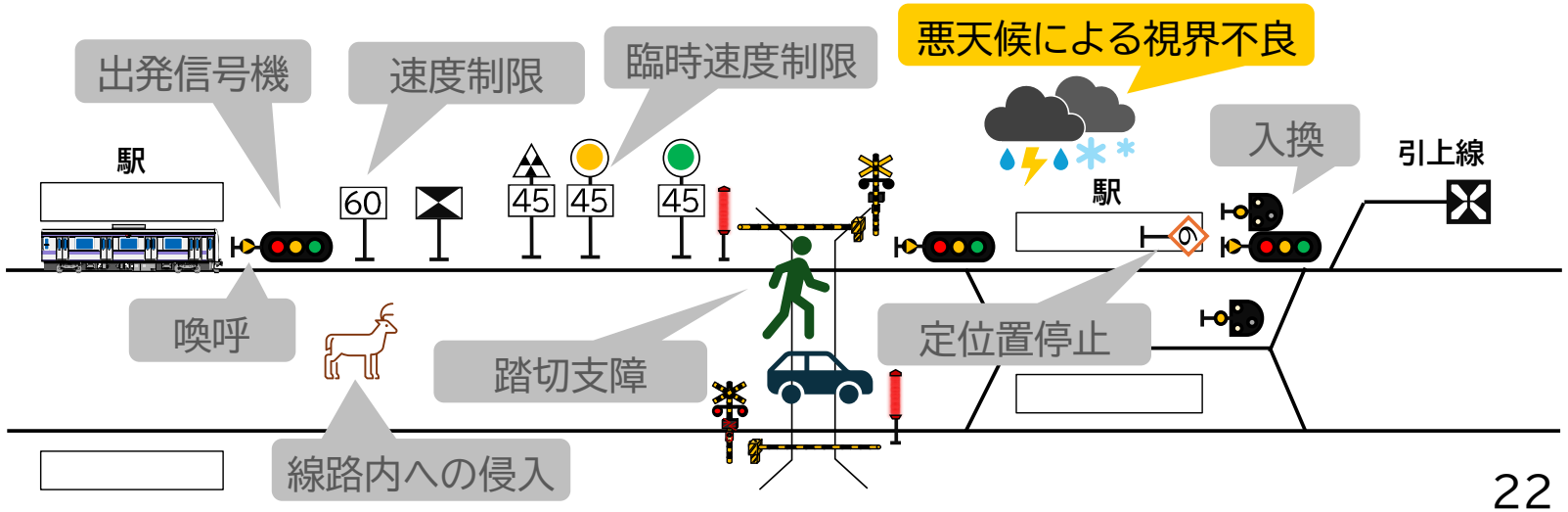


距離別シカ検知率の比較

今後の課題:他の対象物への適用性の検討

運転支援に関する研究開発の事例

- 運転に関わる設備の認識
  - 特殊信号発光機の明滅検知装置
  - 臨時信号機の検出
- 前方の異常事象への対応
  - 線路内へ侵入する特定物体の検出
- 視界不良への対応
  - 視認性向上AI



視界不良への対応

- 降雨や降雪等による**視界不良**が性能低下に繋がる恐れ
- カメラで撮影した画像の**視認性を向上**させて性能低下を防ぐ



視認性向上AIの学習について

- 雪のない画像に対して**雪画像を合成**してデータセットを構築
- ノイズ画像から**雪を除去するAI**を学習させる

データセットの構築



視認性向上AIの動作例





入力映像

視認性向上AI

デノイズ後の映像

今後の課題：リアルタイム化と高速走行条件での性能向上

まとめ

- **労働人口の減少**に対して安全・安定な鉄道を維持するための画像・AIによる前方監視・認識技術の研究開発

- 運転士の**目視を支援**するための研究開発の事例紹介
  - 特殊信号発光機の明滅検知装置
  - 臨時信号機の検出
  - 線路内へ侵入する特定物体の検出
  - 視認性向上AI

- **運転士支援**として活用し，**将来的な自動運転への適用**を目指す

参考文献

- 小室翔嗣, 向嶋宏記, 長峯望：特殊信号発光機の明滅検知装置の開発, 鉄道総研報告, Vol.39, No.8, pp.41-48, 2025
- 小室翔嗣, 合田航, 中曽根隆太, 長峯望： 臨時信号機検知システムにおける速度表示の認識についての性能評価, 電気学会 交通・電気鉄道/マイクロマシン・センサシステム合同研究会, TER-24-045, 2024
- 横山昇太, 向嶋宏記, 長峯望： 画像上の軌間幅と画像生成AIを用いた野生動物検知用学習データセットの自動構築, 電気学会産業応用部門大会, 4-7, 2026
- 向嶋 宏記, 前田梨帆, 長峯望： 降雪除去アルゴリズムによる保守用車の視認性向上に関する検討, J-RAIL2025, S7-5-3, 2025