

駅構内における 旅客流動のリアルタイム把握システム

既設の防犯カメラの映像を解析・統合することで、リアルタイムに駅全体の旅客流動を可視化・把握するシステムです。

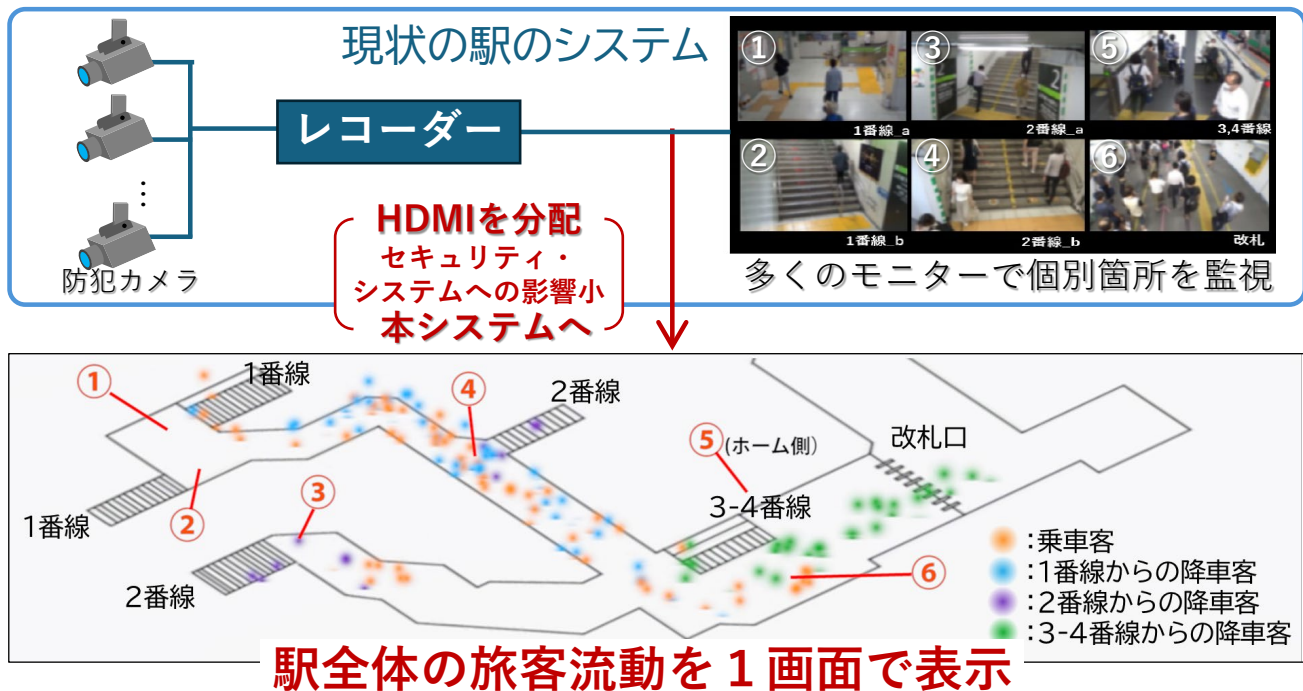
研究の背景と目的

- 混雑の制御や適切な誘導案内によって駅の安全性・快適性を向上させるためには、駅構内における旅客流動状況をリアルタイムに把握することが重要です。
- 既存の防犯カメラシステムの改修を最小限に、駅構内の流動状況を瞬時に把握するための旅客流動の可視化システムを開発しました。

研究成果

- AI(人工知能)を用いた防犯カメラ映像の解析により、カメラ設置箇所の通過人数を自動的に計測し、その計測結果を基に数理モデルを用いてODデータ(起終点データ)を推計します。このODデータを基に旅客流動シミュレーションを実行することで、駅構内の旅客流動をリアルタイムに可視化します。

旅客流動のリアルタイム把握システム



今後の展開

- 実駅での検証を重ね、流動予測の精度を向上しシステムの機能強化を行います。

地域鉄道における 駅乗降客数の推測手法

鉄道事業者が保有する既存の統計データを活用し、現状より精度の良い地域鉄道の駅乗降客数の推測手法を提案しました。追加コストを抑えつつ、駅営業施策の検討に必要な精度で推測できます。

研究の背景と目的

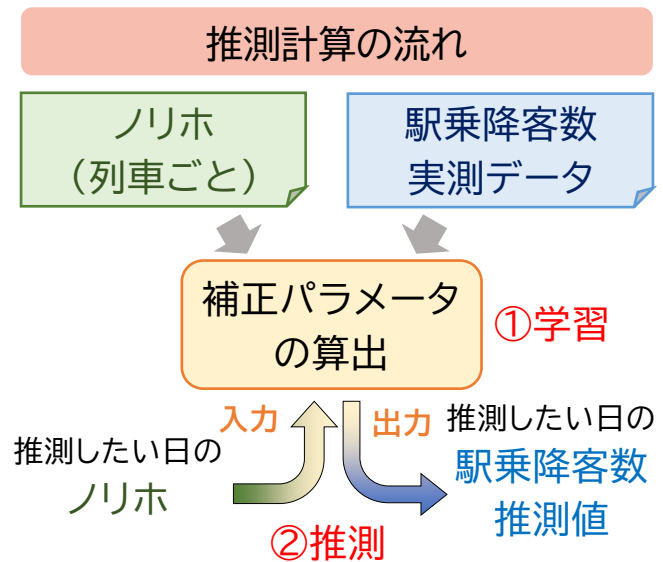
- 駅の利用実態の把握は、鉄道の利用促進や二次交通の充実などの施策検討のために不可欠です。しかし、地域鉄道では自動改札機等の設備が十分でなく、きっぷの発売実績の月次集計だけでは、実際の利用状況と乖離する場合があります。一方、現地調査等による実測は人的負担が大きく、日常的に実施することは困難です。
- 本研究では鉄道事業者が保有するノリホ(車内人数データ)等の統計データと、駅乗降客数の実測データを組み合わせることで、駅乗降客数をきっぷの発売実績よりも精度よく推測手法を提案しました(特許出願中)。

研究成果

- 実路線でのケーススタディにより、提案手法では、従来法(きっぷ発売実績集計)より、推測誤差が37%から14%まで低減することを確認しました。
- 駅施策や二次交通の検討に活用可能な推測精度を得られることや、きっぷ発売実績では捉えにくい日別の駅乗降客数の変動を考慮できることを確認しました。

今後の展開

- 本ケーススタディでは、補正パラメータの算出に実測データ31日分を用いていますが、少ない実測データでもパラメータは算出可能です。実測データを得るにはコストがかかるため、より少ない実測データで、高い推測精度を示す推測手法を、今後検討します。
- 必要な推測精度を得るための実測データの量を明らかにし、より導入しやすい推測手法へ発展させます。
- 他時期・他路線での検証を進め、地域鉄道に広く適用可能な手法を目指します。

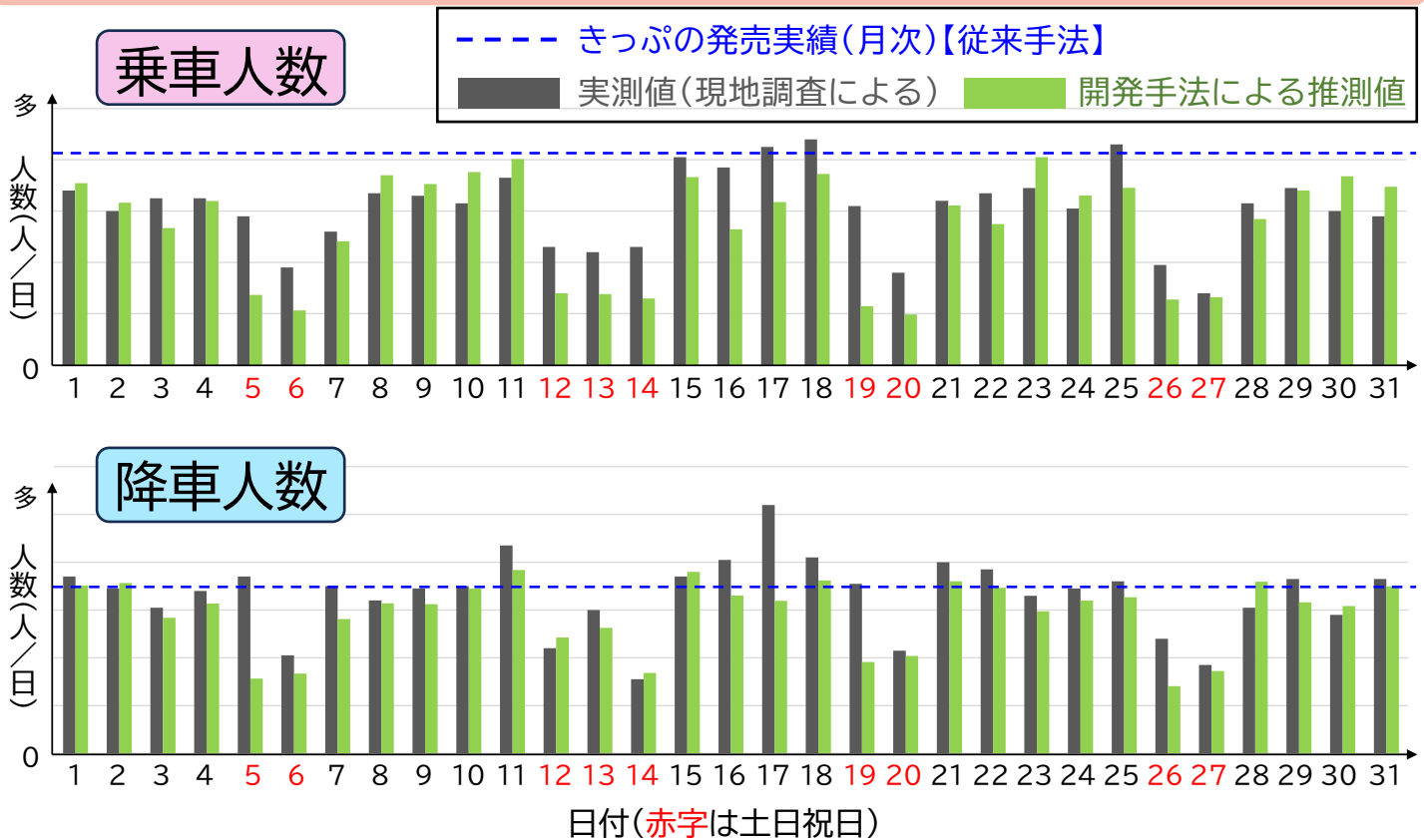


ケーススタディ対象路線と分析に使用したデータ

ケーススタディ対象路線・駅		ある地域鉄道路線の連続した16駅 (駅乗降客数:平均50人/日程度)
分析対象期間		・2023年10月1～31日 ・2024年10月1～31日 (合計62日間)
使用データ	現地調査で取得	・対象期間全列車の駅別乗降客数(実測データ)
	鉄道事業者による提供	・対象期間全列車のノリホデータ

ケーススタディとして、2023年10月の31日間の実測データ・ノリホデータを用いて補正パラメータを算出し、2024年10月のノリホデータを用いて、2024年10月の駅乗降客数を推測しました。今後は、より少ない実測データを学習に用い、推測を可能にする方法を検討しています。

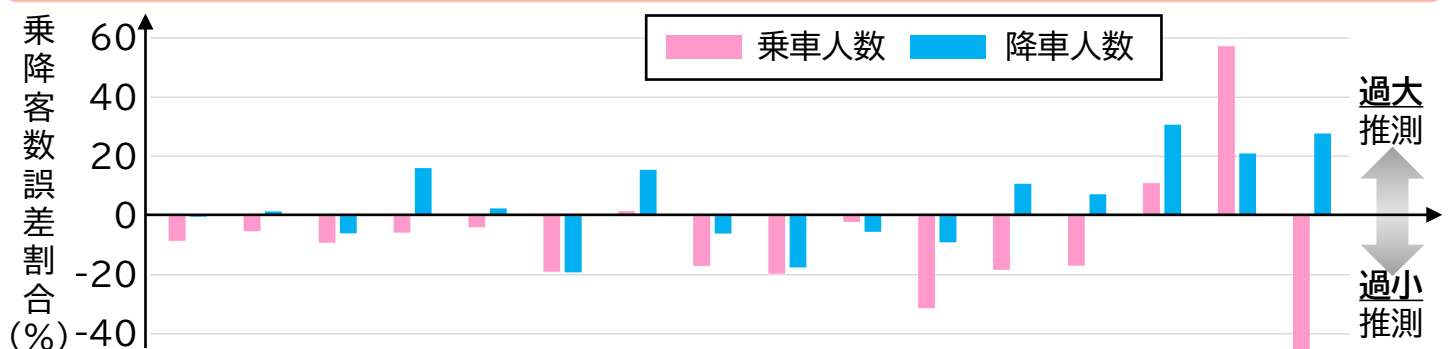
駅乗降客数についての、開発手法による推測値と実測値の比較例



ある駅における2024年10月の駅乗降客数の比較

平均誤差: きっぷ発売実績:37.2%(10人超)→開発手法:14.2%(5人以下)

ケーススタディ対象16駅における開発手法による推測値の平均誤差



多い駅 ← ケーススタディ16駅のうち、乗降客数が → 少ない駅

利用者の多い駅では、誤差割合も小さく、良好な推測結果が得られています。

E-3

三次元・時系列情報による 覚醒レベル推定システム

運転士の顔画像の三次元・時系列情報のみで覚醒レベルを推定するシステムを開発するとともに、覚醒レベル低下を知らせる警報音の慣れ対策を提案しました。

研究の背景と目的

- 運転中の眠気対策は鉄道事業者にとって重要な課題となっています。
- 鉄道総研では過去に、運転士の顔画像から覚醒レベルをリアルタイム推定し、覚醒レベル低下を警報音によって知らせるシステムを開発しました(推定精度80%)。
- 安全性をさらに高めるため、覚醒レベルの推定精度向上を目指すとともに、覚醒レベル低下を知らせる警報音の慣れなどへの対策提案と効果検証を目的としました。

研究成果

- 覚醒レベル推定モデルに三次元・時系列情報を取り入れることで推定精度**85%以上**を達成しました。
- **現車環境**においても、推定精度**85%以上**となり、警報鳴動に対する覚醒向上効果は6点満点中**5.2点**、システムの使いやすさは5点満点中**4.1点**となりました。
- 警報音の**馴化(慣れ)対策**を提案し、心理量・生理量・行動量によって、馴化が認められ始める30分以降から1時間後の実験終了まで警報音の覚醒効果があることを確認しました。
- 局所**振動刺激による警報**提示手法として、腕時計型ウェアラブルデバイスを使用し、覚醒に必要な大きさを明らかにしました。

覚醒レベル推定システム使用イメージ

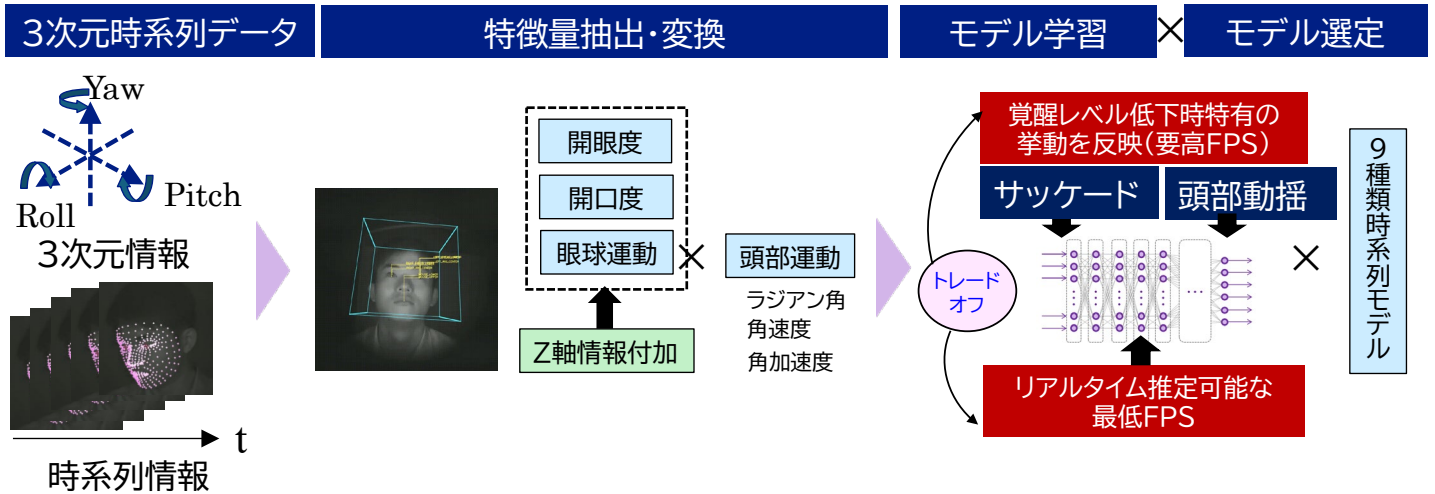


今後の展開

- 再学習による精度向上を目指すとともに、現場での検証を重ねます。
 - 各線区への試用を支援します。
- 本テーマは、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施しました。

三次元・時系列データによる覚醒レベル推定モデル

三次元・時系列データを用いることで、推定精度87.0%を達成しました。
キャリブレーションや事前情報不要で、GPUなしで推定が可能です。

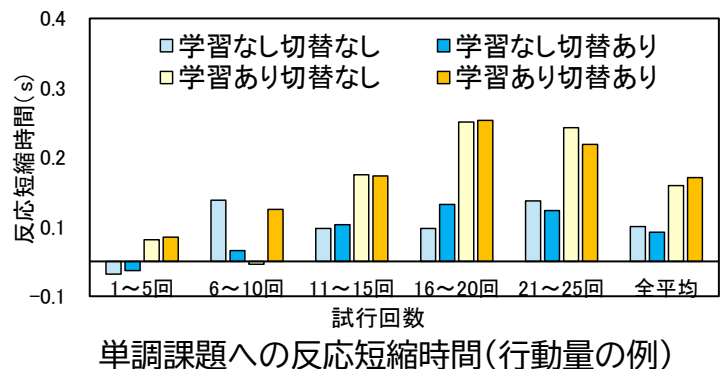
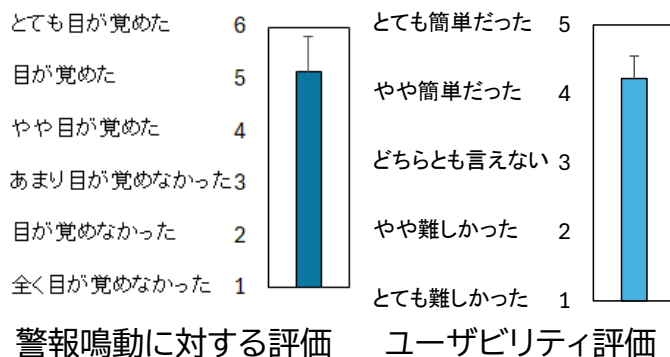


現車環境による精度検証

営業車両でも推定精度87.1%となりました。警報の効果、システムのユーザビリティ(使いやすさ)、ともに高い評価が得られました。

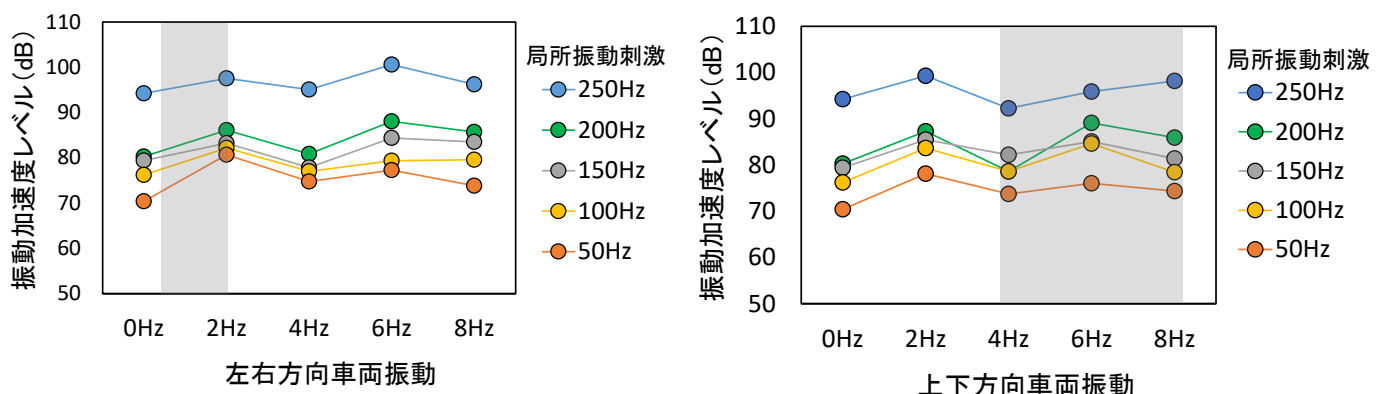
警報音への馴化(慣れ)対策

条件付けを利用した馴化対策を提案し、対策の効果を検証しました。1時間後の実験終了時まで効果が認められることが示されました。



局所振動刺激による警報提示手法の検討

聴覚刺激によらない警報提示手法として、腕時計型ウェアラブルデバイスによる局所振動刺激を提案し、覚醒に必要な大きさを明らかにしました。



E-4

有料特急列車を含む 乗車率推定手法

特急列車に乗車する旅客の行動選択モデルを構築しました。乗車率推定システムに搭載することで、特急列車を含む乗車率の推定が可能となり、改正ダイヤ案の検討に活用できます。

研究の背景と目的

- 既開発の乗車率推定システムでは、現行ダイヤあるいは改正ダイヤ案における各列車・駅間の乗車率が推定できますが、有料の特急列車は未対応でした。
- 特急列車に乗車する旅客の行動選択モデルを構築して、モデルに寄与する影響因子を明確化し、特急列車を含む乗車率の推定を可能とすることを目的としました。

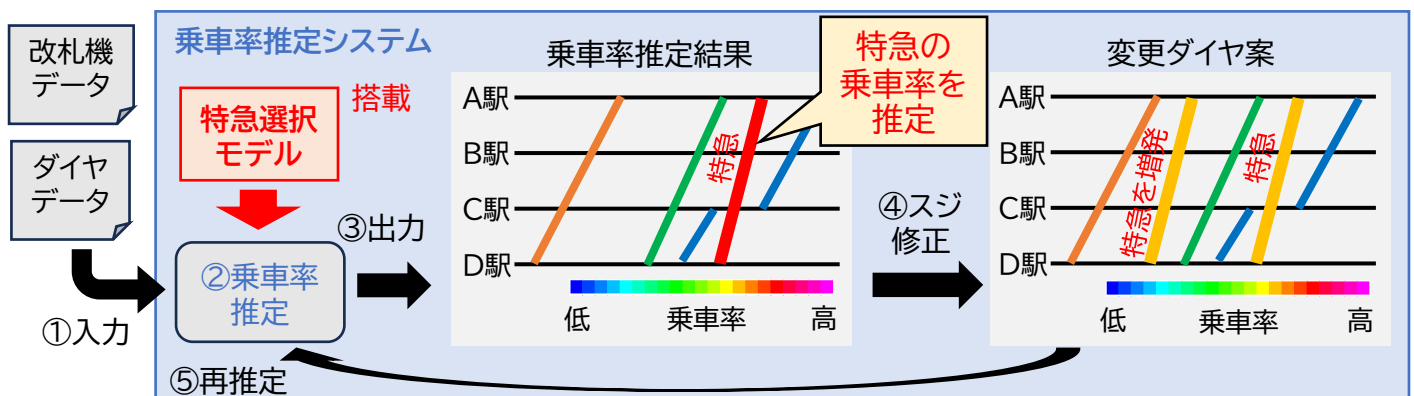
研究成果

- アンケート調査結果とICカードデータのそれぞれを用いて、非集計ロジットモデルにより2種類のモデルを構築しました。その結果、特急利用／非利用時の乗車時間や、特急乗車距離あたりの料金が特急選択に寄与していることを明らかにしました。
- 構築したモデルを乗車率推定システムに搭載し、実路線を対象に推定精度を検証したところ、速達タイプの特急の乗車率を16～24%pt、準速達タイプの特急の乗車率を7～14%ptの誤差で推定できることを確認しました。

今後の展開

- ダイヤ案自動作成手法の基盤技術として活用予定です。

改正ダイヤ案検討への活用イメージ



構築した特急列車の選択行動モデル

特急を利用する／利用しない、の二値を目的変数に非集計ロジットモデルにより構築。先行研究にて多く採られるアンケートを用いるアプローチと、アンケート調査が不要で、事業者保有データのみで構築できるICカードデータを用いるアプローチの2つを検討。

説明変数	アンケート調査結果を用いたモデル				ICカードデータを用いたモデル			
	下り		上り		下り		上り	
	β	t 値	β	t 値	β	t 値	β	t 値
切片	-	-	-	-	-2.18	-14.17***	-3.58	-23.20***
各経路の列車乗車時間(分)	-0.04	-3.35***	-0.06	-2.82***	-	-	-	-
乗換回数(回)	-	-	-	-	-0.86	-13.23***	-0.37	-5.94***
乗換時の最大待ち時間(分)	-0.07	-1.57	-	-	-	-	-	-
最大乗車率(100%を1.0)	-	-	-	-	-0.35	-3.69***	-1.04	-10.90***
両経路の到着時刻差(分)	-	-	-	-	-0.08	-27.78***	-0.10	-29.51***
距離あたりの料金(円/km)	-0.05	-3.24***	-0.10	-3.91***	-0.03	-7.75***	-0.02	-5.96***
全区間で特急利用(0 or 1)	-	-	1.05	1.93*	-	-	-	-
修正済尤度比	0.28		0.38		0.40		0.44	
正解率	83.0%		82.9%		86.4%		88.3%	

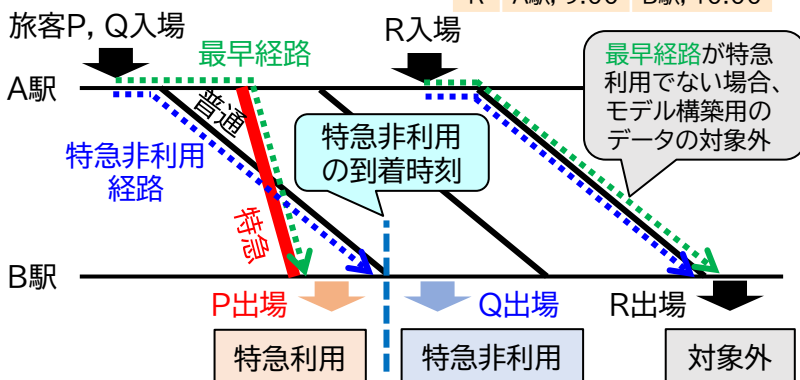
***: $p < 0.01$, **: $p < 0.05$, *: $p < 0.1$

■: 特急利用経路の効用のみに加算 ■: 特急非利用経路の効用のみに加算 ■: 各経路の効用に加算

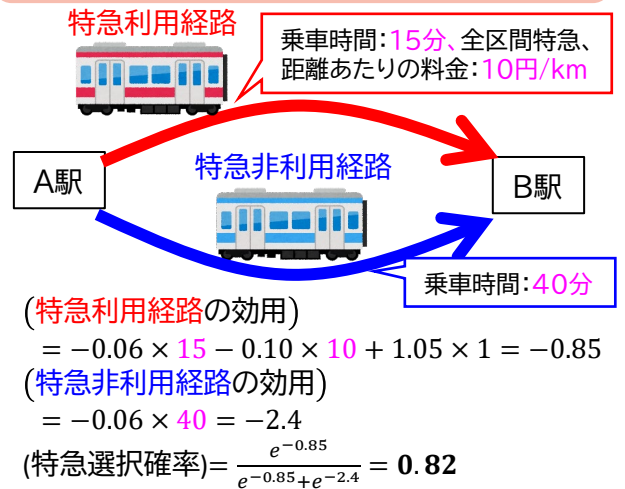
→両モデルとも、尤度比が0.2以上、正解率が80%以上のモデル

ICカードデータを用いた特急利用判定方法

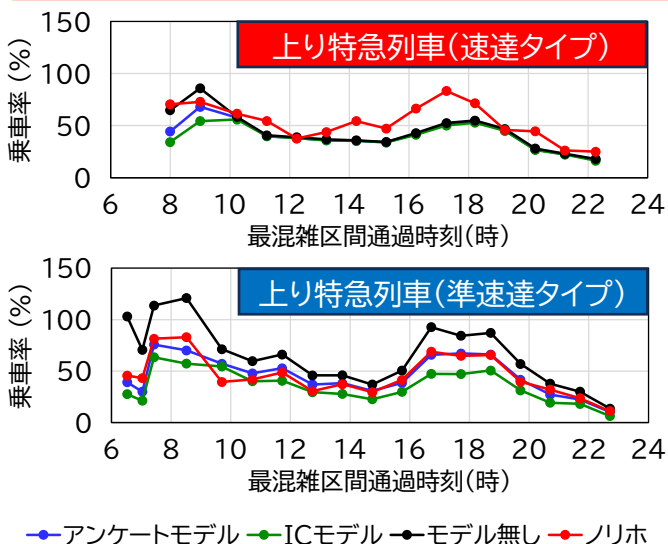
各旅客の出場時刻が、
特急非利用経路の到着
より早いか遅いかで判定



特急選択率の計算例(アンケート結果を用いたモデル(上り)使用)



実路線に対する乗車率推定結果(特急の結果のみ抜粋、1列車毎)



- 大都市通勤路線を対象
 - 正解値は車掌による人数計測データ(ノリホ)
 - 「モデル無し」は特急を快速と同等に扱う
- [結果]
- 速達タイプはモデルに関わらず過少推計
→改札データの詳細な分析が必要
 - アンケートモデルの方が小さい誤差で推計
 - ICデータモデルは過少推計傾向
→利用者が多く、到着時刻の差が小さい、近距離利用に適合するモデルの可能性

到着遅延人数を縮小する 運転整理案自動作成手法

輸送障害時に、旅客への影響を考慮した運転整理案を自動で作成する手法を開発し、指令員と同等の到着遅延人数となる運転整理案を2分以内で作成できることを確認しました。

研究の背景と目的

- 輸送障害時には、列車順序変更等の手配を組み合わせて列車ダイヤを変更する運転整理が行われます。この際、旅客への影響も考慮し、適切な手配を短時間で判断・実施する必要があり、指令員への負担が大きいという課題があります。
- 指令における運転整理業務の省力化を目的として、目的駅への到着が遅れる人数である「到着遅延人数」を縮小する運転整理案を自動作成する手法を開発しました。

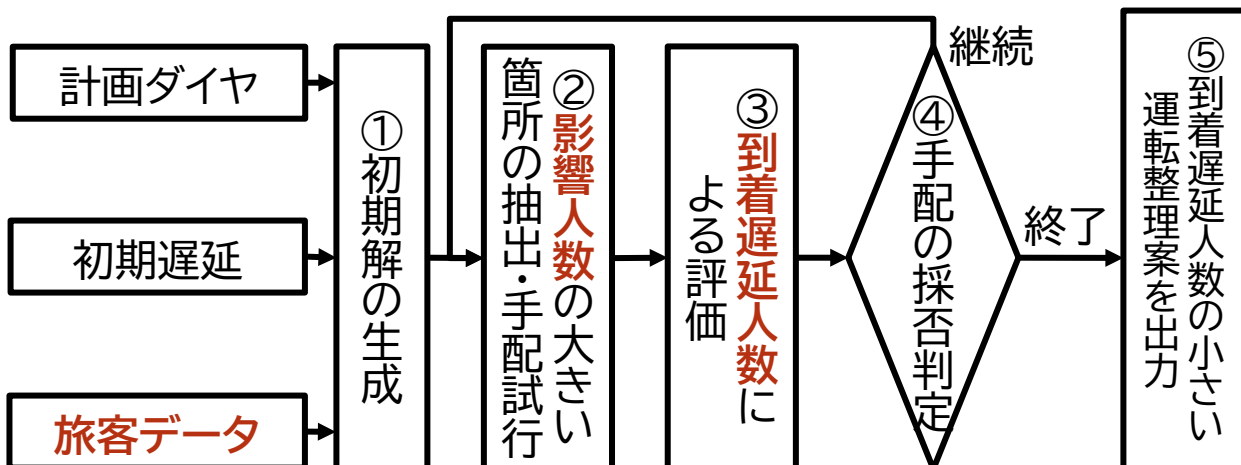
研究成果

- 計画ダイヤ、旅客データ、初期遅延を入力として、旅客遅延を改善するための手配を抽出・試行し、到着遅延人数を縮小する運転整理案を出力する手法を構築しました。なお、本手法で試行する手配は**順序変更と番線変更**とし、運休は対象外としました。
- 実路線における約30分の遅延事例に対し、計算時間上限を2分に設定してケーススタディを行った結果、待避駅が適切に設定された運転整理案を自動作成でき、指令員による運転整理と同等の到着遅延人数となることを確認しました。

今後の展開

- 単線区間の手配にも対応した運転整理自動作成アルゴリズムを開発する予定です。

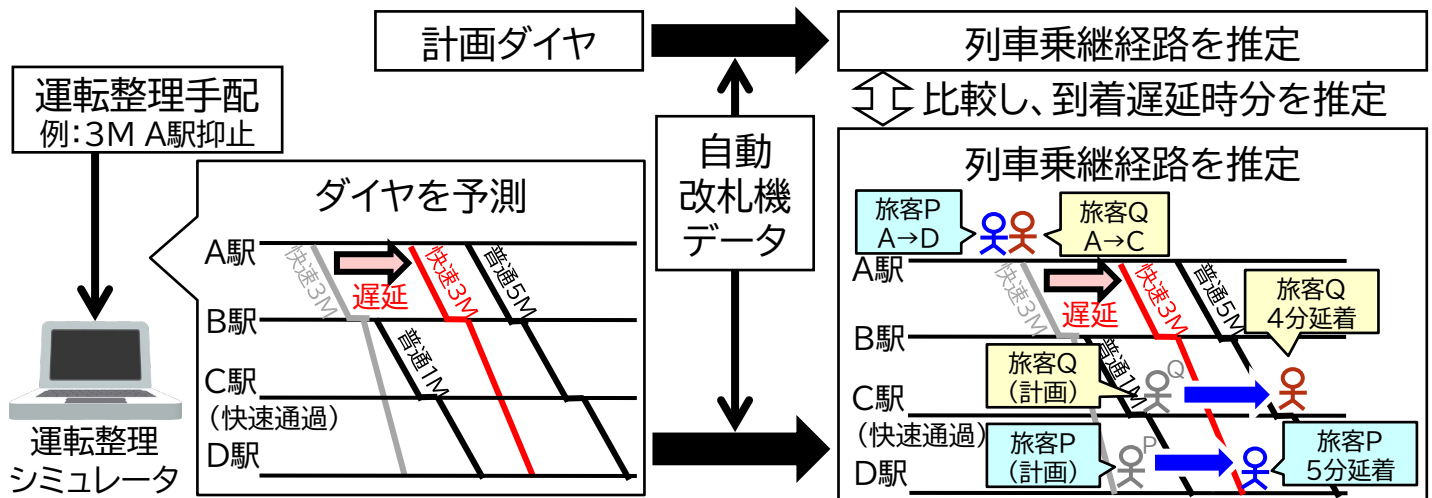
提案手法の流れ



自動作成で用いた評価値:到着遅延人数

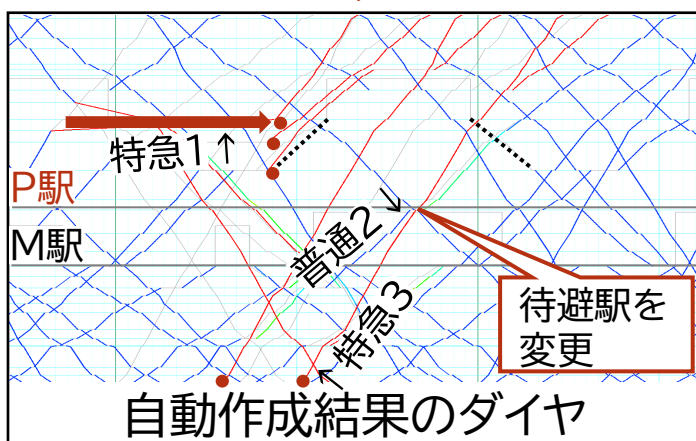
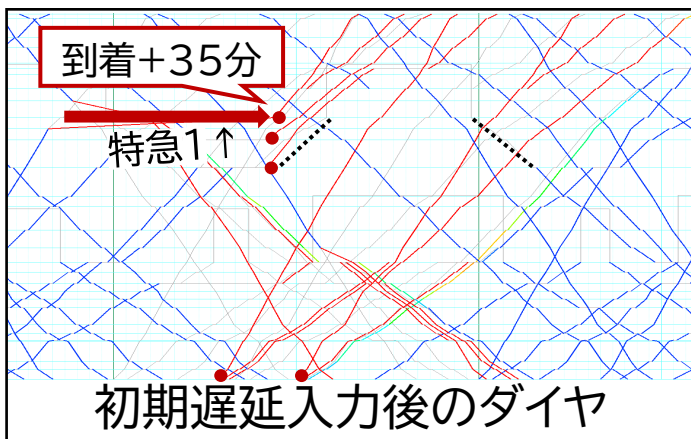
- その運転整理を実施時に、目的駅到着が閾値(分)以上遅れた旅客の人数

到着遅延人数の算出方法



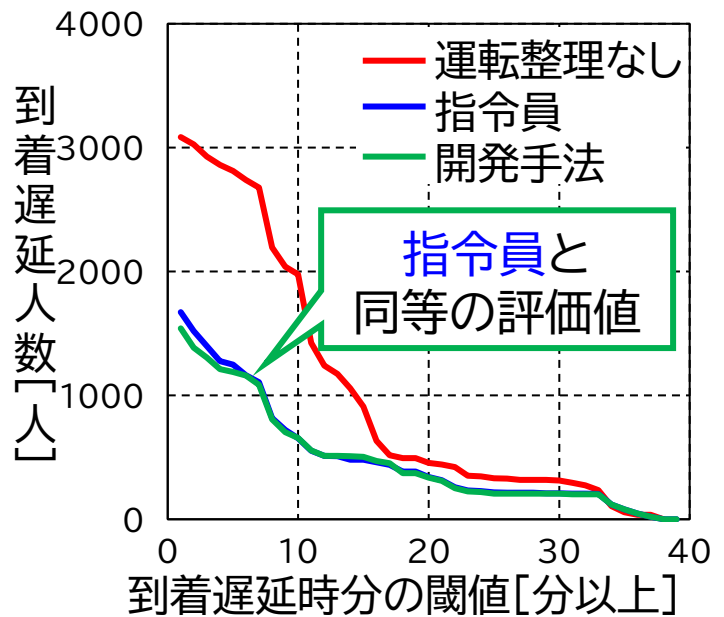
運転整理案の自動作成結果

計算時間上限を2分に設定しても、待避駅が適切に設定された運転整理案が自動作成できることを確認しました。

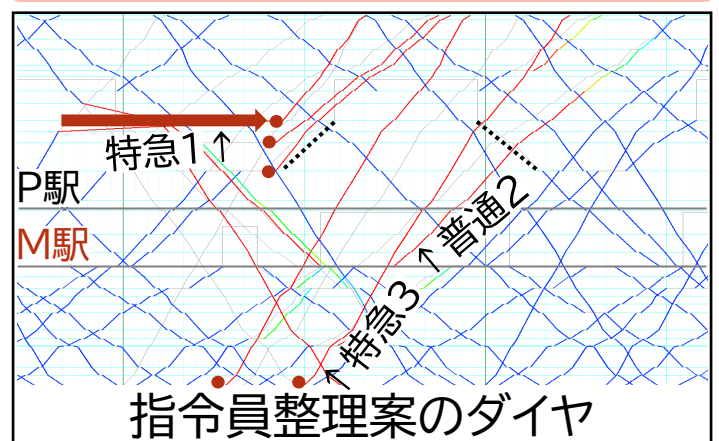


到着遅延人数の比較

指令員の運転整理と同等の評価値となる運転整理案が得られることを確認しました。



指令員整理案との比較



鉄道ダイナミックマップ

指令業務を効率化するために、既存システムから得られる沿線情報の集約・運行判断支援を行う情報基盤を開発しました。

研究の背景と目的

- 異常時には、指令において迅速・確実な情報集約および運行判断が求められます。
- 運行判断に必要な情報は複数システムのシステムから集めるため、情報集約に時間と労力がかかるうえ、指令員の技能にも左右されます。
- 情報集約および運行判断における指令業務の負担軽減と脱技能化による、効率的な指令業務を実現するため、鉄道ダイナミックマップを開発しました。

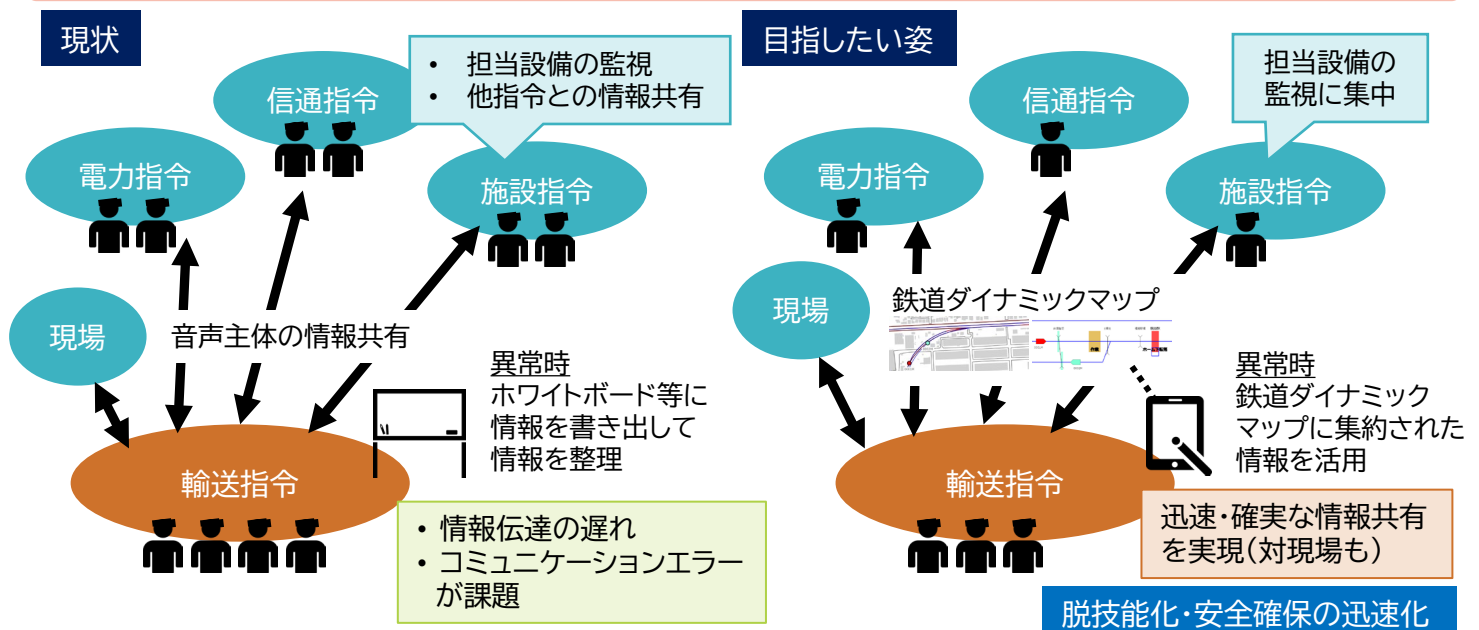
研究成果

- 既存システムとの接続により防災、設備、運行管理などの情報を集約し、リアルタイムに地図・線路図上に展開できる情報基盤を開発しました。
- 判断支援情報(進入禁止区間、停止禁止区間など)を表示し、指令員の運行判断の負担を軽減する機能を実現しました。
- 開発したプロトタイプによる検証結果、鉄道事業者へのヒアリングに基づき、基本仕様を定めました。

今後の展開

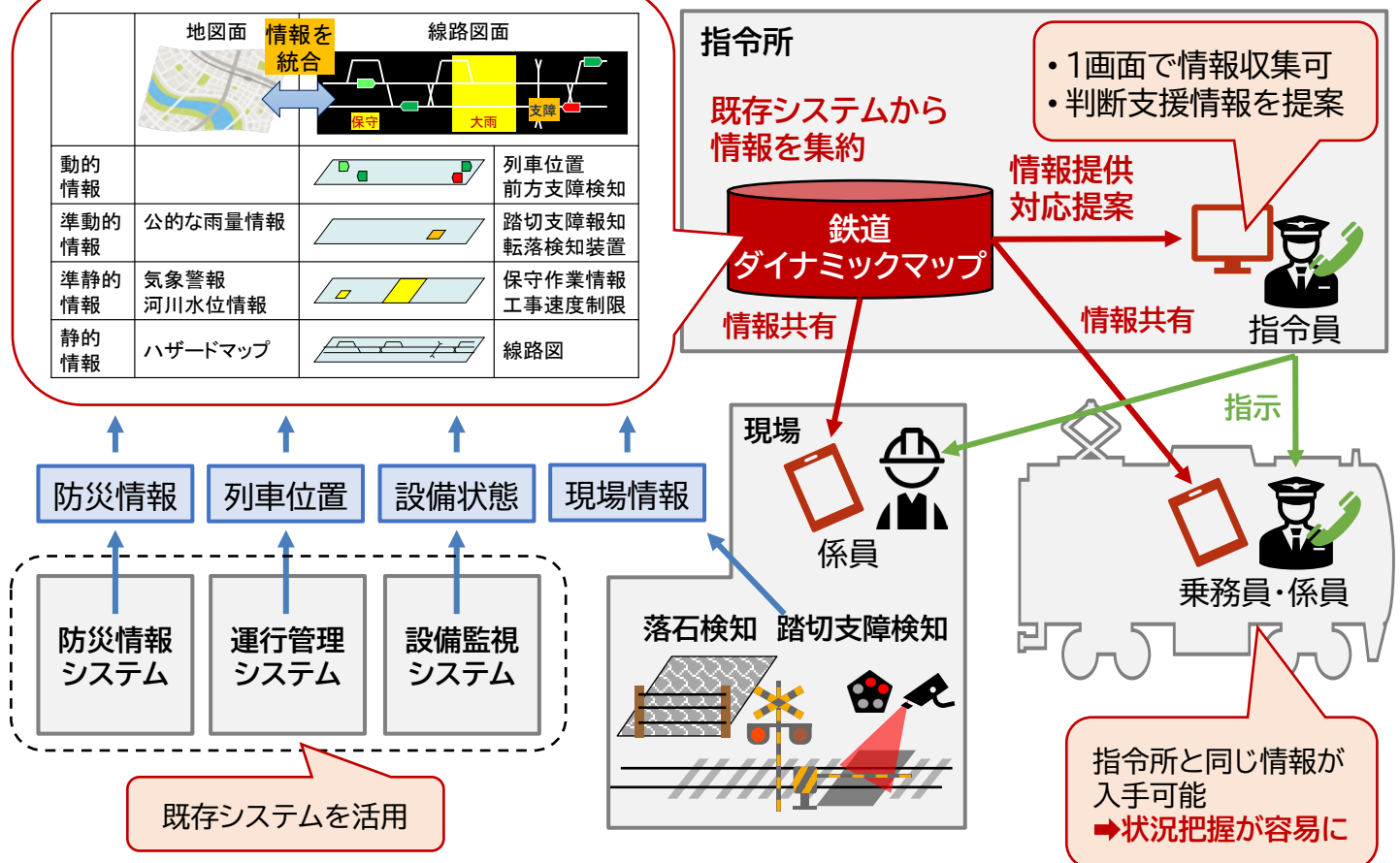
- 既存システムとのインターフェースの開発と検証を進め、より実務に即した仕様を実装仕様書として策定します。
- 鉄道ダイナミックマップで集約・共有した情報の活用方法を示す、ガイドを作成します。

鉄道ダイナミックマップによる指令業務の効率化イメージ



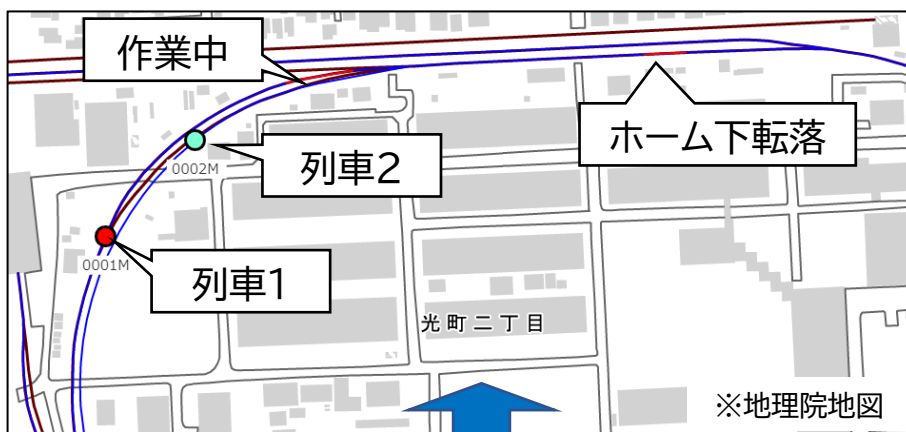
鉄道ダイナミックマップの構成および状態情報の流れ

鉄道ダイナミックマップの構成

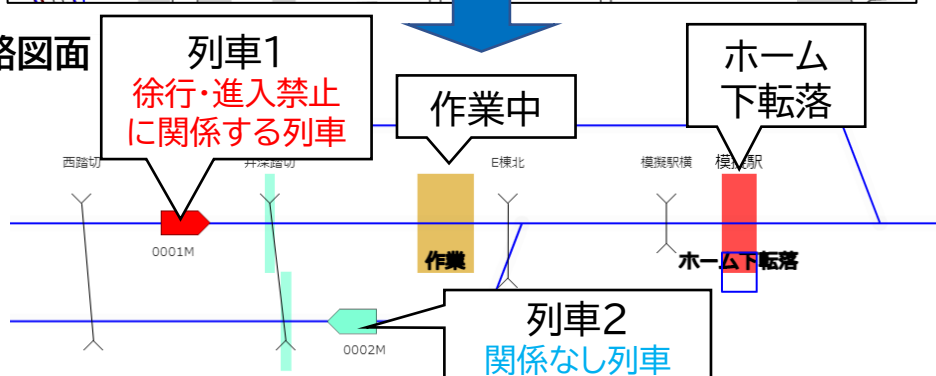


鉄道ダイナミックマップの例と判断支援情報

地図面



線路図面



判断支援情報

異常なし

通常走行可能

徐行

減速して区間を通過
例) 風・雨規制

停車禁止

区間内に停車しない
例) 車両火災時の
トンネル内

進入禁止

区間進入前に停車
例) 線路内支障物

鹿忌避音自動吹鳴装置

列車先頭から「鹿忌避音」を自動的に吹鳴し、前方の鹿を早期に逃走させることにより、列車と鹿との接触事故を防止する、鉄道車両搭載型の鹿忌避音自動吹鳴装置を開発しました。

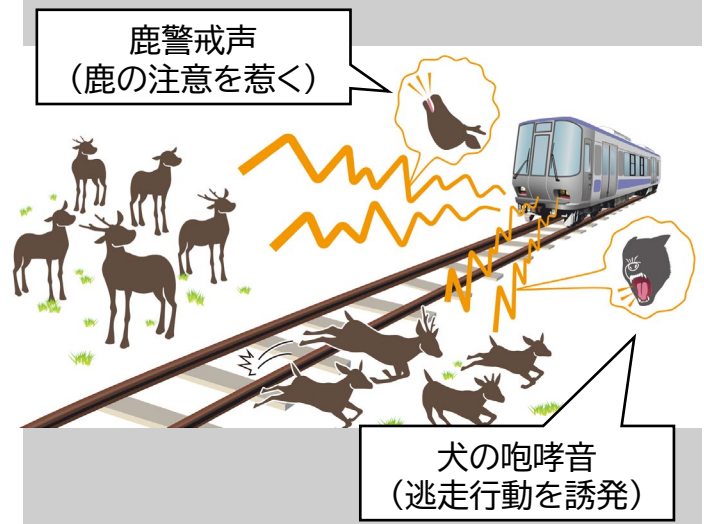
研究の背景と目的

- 鹿の個体数の急激な増加や生息域の拡大を背景に、列車と鹿との接触事故件数は毎年10%程度ずつ増加しており、有効な対策方法の開発が求められています。
- 鹿の習性を利用した鹿忌避音による事故防止対策の有効性を検証するとともに、事故防止効果と沿線環境への配慮を両立する実用的な自動吹鳴装置を開発しました。

研究成果

- 鹿の注意を惹く「鹿警戒声」と、逃走行動を誘発する「犬の咆哮音」を組み合わせることで、鹿に線路から速やかに離れる行動を促す「鹿忌避音」を開発しました。
- 鉄道車両の先頭部に設置し、乗務員による操作を一切必要とせず、吹鳴のON/OFFや音量を100m単位で任意に設定できるほか、時間帯・列車速度・進行方向に応じて自動的に吹鳴を制御する自動吹鳴装置を開発しました。
- 同一線区で約3年間にわたり実施した現地試験の結果、鹿忌避音の吹鳴区間では、列車と鹿との接触事故件数が約38%減少し、3～4割程度の低減効果が長期的に持続することを確認しました。

鹿忌避音自動吹鳴装置の吹鳴イメージ



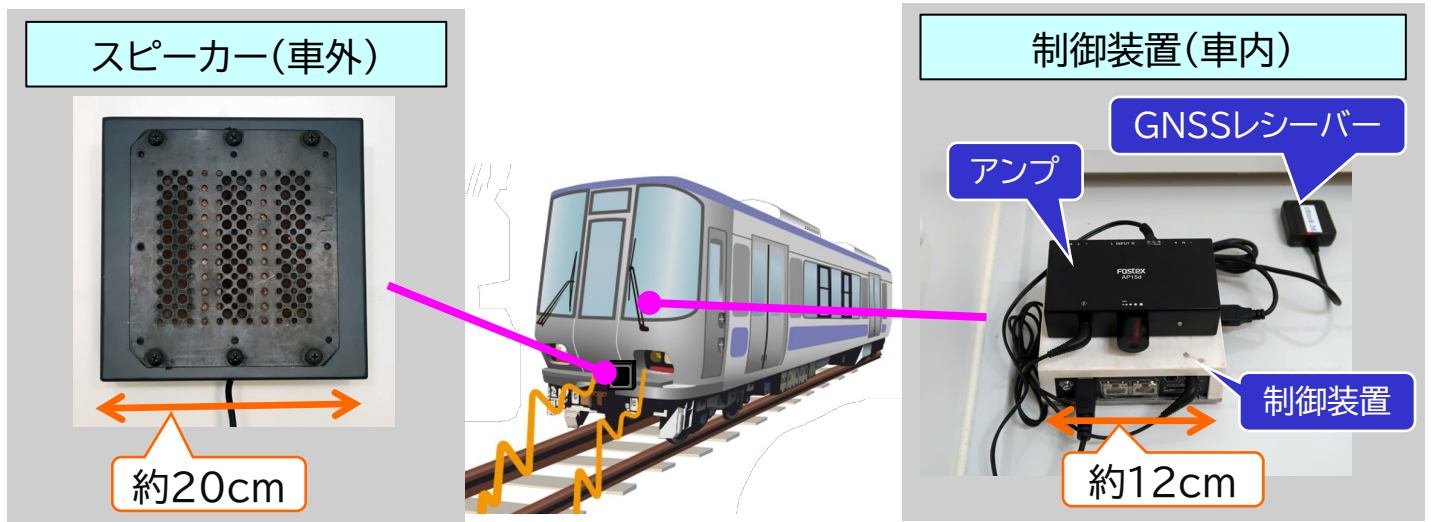
今後の展開

- 2025年9月から鹿忌避音自動吹鳴装置の販売(リース)を開始しました。

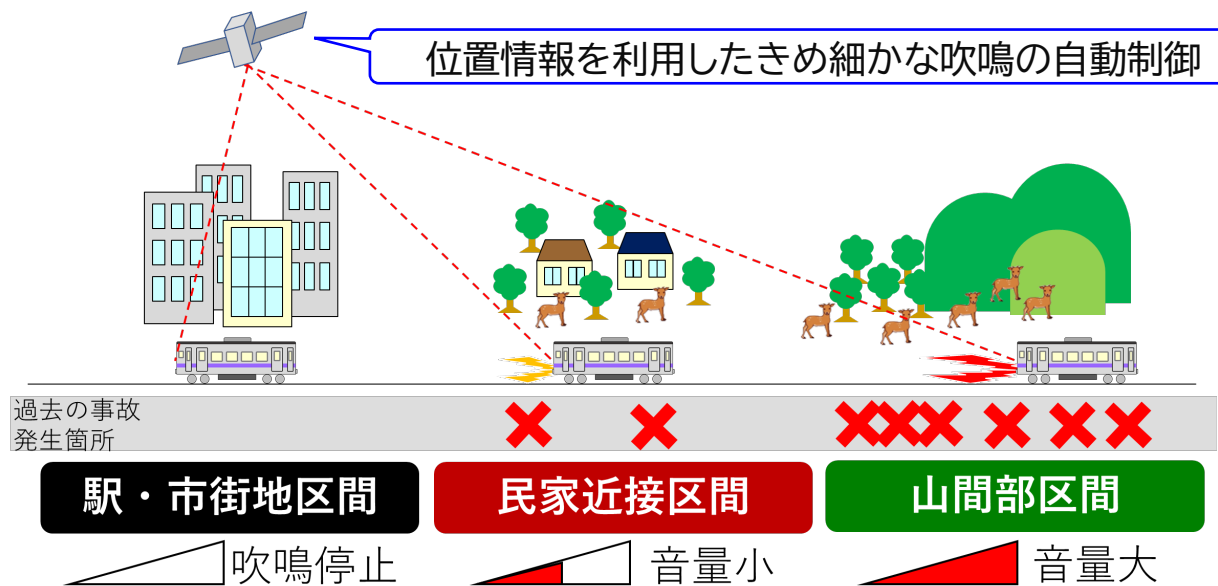
※一般社団法人北海道開発技術センターとの共同研究の成果を含みます。

※特許第6858076号

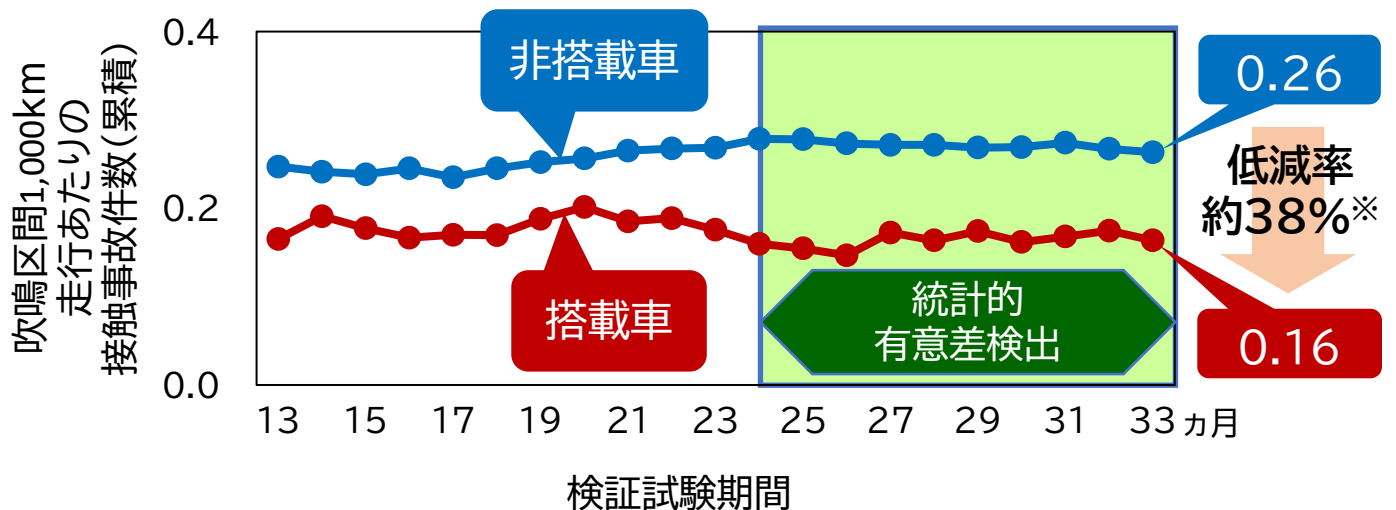
鹿忌避音自動吹鳴装置の外観



接触事故防止効果と沿線環境への配慮を両立する自動吹鳴制御



列車と鹿との接触事故防止効果と効果の持続



※ $(1 - \text{鹿忌避音搭載車の事故件数} / \text{鹿忌避音非搭載車の事故件数}) \times 100$

E-8

し忘れ防止の先取喚呼教育ソフト - 反復型・イメージング型 -

誰にでも簡単に実施できるし忘れ(失念)防止法として、先取喚呼を提案し、その教育ソフトを開発しました。

研究の背景と目的

- し忘れ(失念)は、時には重大事故につながる可能性があり、その防止は重要です。失念を防止するために、メモを使用したり、アラームを使用したりと様々な対策が取られていますが、失念をなくすには至っていません。
- そこで、特別な道具を必要とせず、簡単に実施可能な失念防止法の提案、及びその教育ソフトの開発を目的としました。

研究成果

- 失念防止法として、先取喚呼を提案しました。これは、し忘れてはいけない予定について、あらかじめその予定を実施しているところをイメージして、その内容を喚呼したり(イメージング型)、喚呼を反復して、常に意識上にその予定を維持したり(反復型)することで失念を防ぐという方法です。一般の方と鉄道運転士を対象とした検証実験により、その効果を確認しました。
- 先取喚呼のやり方を学ぶことができ、その失念防止効果を手軽に体感できるソフトを開発しました。このソフトを使用して、先取喚呼について教育すると、「先取喚呼を実施しよう」という動機づけが向上することを、鉄道運転士を対象とした検証実験により確認しました。

先取喚呼(イメージング型)

区所等で、
イメージング型喚呼

A駅の先に臨時の徐行区間あり。
A駅出発時は、フルノッチを
入れない。



先取喚呼(反復型)

運転中に、
反復型喚呼

ボソッ

徐行、4 5

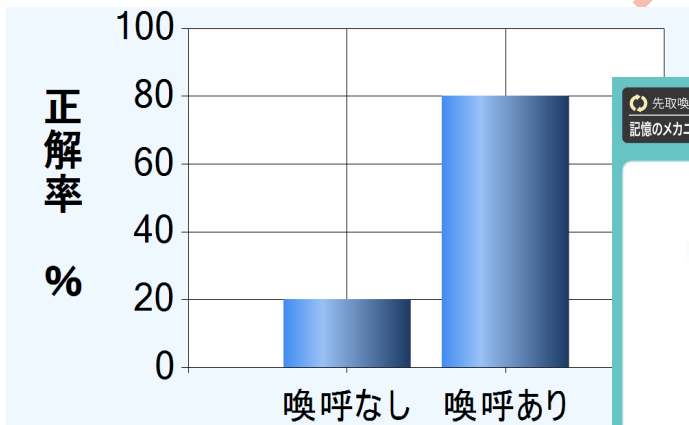


今後の展開

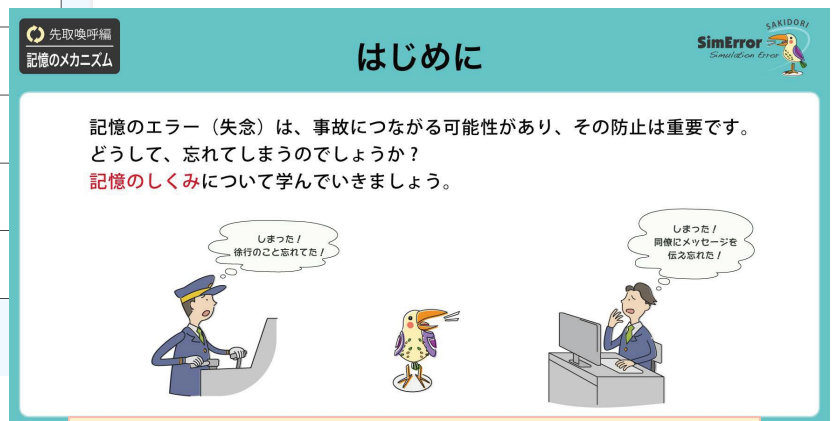
本ソフト(SimError(先取喚呼編))は販売中です。ソフトを用いた研修等も対応します。

ソフトの活用イメージ

ニーズに沿った多様な学び方(体験学習)が可能です。

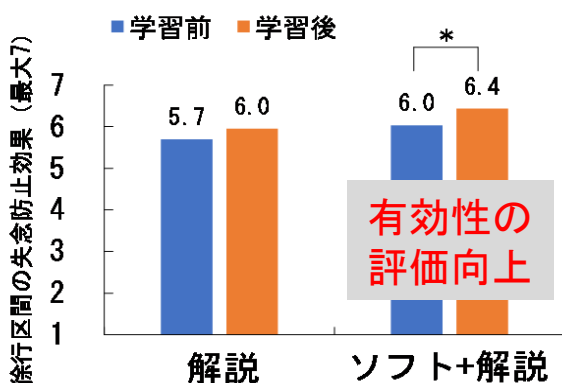
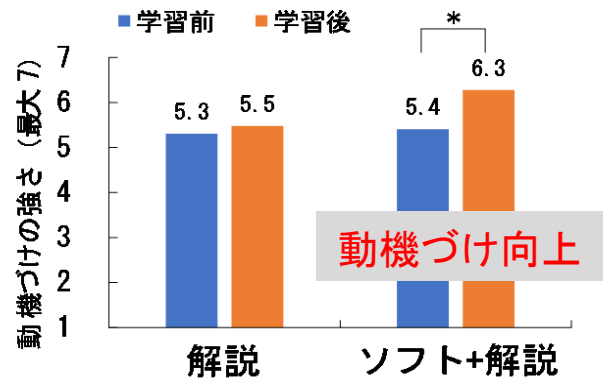


先取喚呼の効果を体感



解説スライドで先取喚呼を学ぶ

教育ソフトの効果

徐行区間失念防止に有効？
(1:有効でない ~ 7:有効)先取喚呼を実施したい？
(1:使いたくない ~ 7:使いたい)

※対象:運転士94名

リモート講義における 受講生の理解度可視化システム

運転士養成の学科講習において、リモート受講者の理解度を可視化するシステムを開発しました。

研究の背景と目的

- 運転士養成の学科講習は約3か月にわたり、研修施設などでの長期宿泊が必要となる場合もあります。
- 2024年から国土交通省の通達によりリモート講義が認められ、受講者の負担軽減が期待されますが、各教科がリモート講義にどれだけ適するか(リモート親和性)を定量評価する方法はありませんでした。また、リモート講義は、講師が受講生の理解度を把握しにくいという課題がありました。
- そこで、リモート親和性を定量的に評価する手法を開発しました。また、リモートで把握しづらい受講生の理解度を容易に可視化し、リモート親和性に応じて理解度低下を早期に知らせるアラート機能を備えたシステムを開発しました。

研究成果

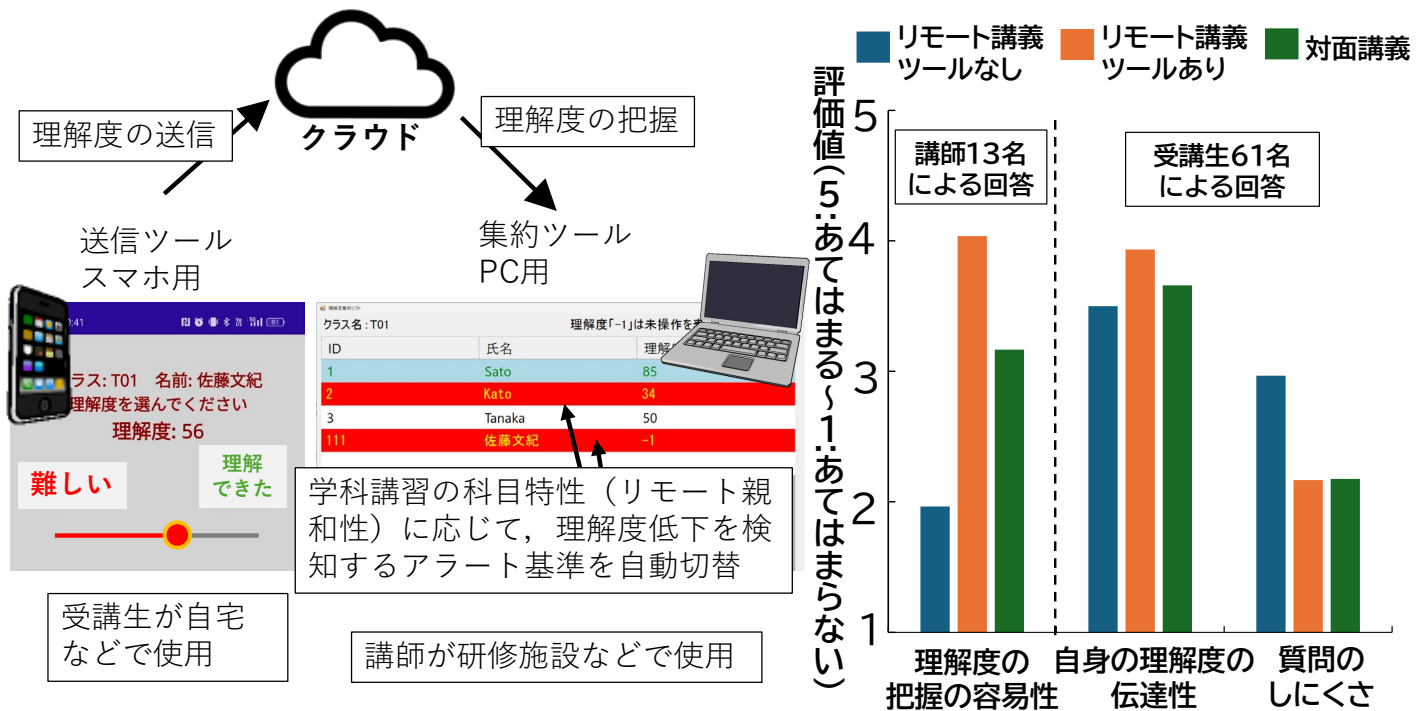
- 受講生271名に対する調査と統計分析を行い、リモート親和性を定量的に評価する評価手法を開発しました。
- 受講生がスマートフォンアプリ内のスライダーバーを操作することで、自身の理解度を講師に送信できるシステムを開発しました。受講生は理解度を随時送信でき、講師側の集約ツールでは各受講生の理解度を一目で確認できます。
- システムにはリモート親和性の評価手法を実装しており、リモート親和性に応じて、理解度の低い受講生の存在を知らせるアラートの基準を変更できます。
- 講師からは「受講生の理解度を把握しやすくなった」、受講生からは「質問がしやすくなった」との評価を得ました。

今後の展開

- 受託等で、理解度可視化システムの導入を支援します。

特願2026-075132

理解度可視化システムの概要とその効果



リモート親和性の評価手法

下記の「教科の難易度」「講義の工夫の必要性」に関する質問項目に回答することで、リモート親和性を評価できる

各項目に「1:あてはまらない～5:あてはまる」で回答

教科の難易度	講義の工夫の必要性
鉄道知識の必要性	補助教材の必要性
理系知識の必要性	グループワークの必要性
記憶量の多さ	現物教育の必要性
記憶の難しさ	個別フォローの必要性
情報の複雑さ	

リモート親和性の評価手法

例:「制御装置」は難易度が高く、つなぎ図などの補助教材も多いのでリモート親和性が低い

