

最近の鉄道技術行政の動向について

国土交通省
大臣官房技術審議官(鉄道局担当)
江口 秀二



Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

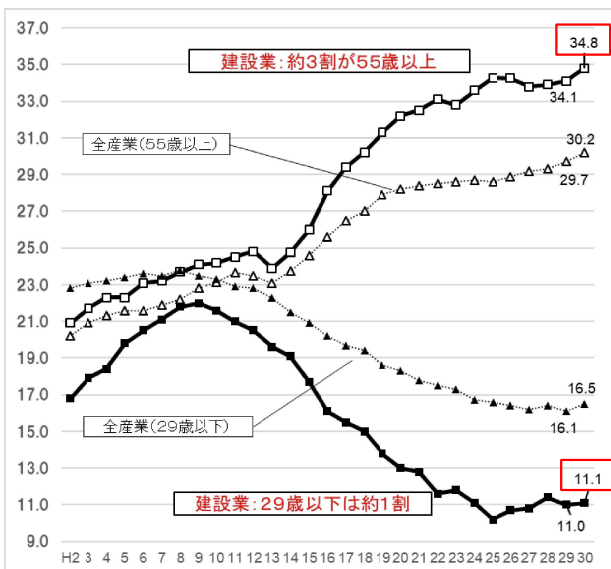
鉄道技術行政を取り巻く環境の変化



- 人材面
 - 人口減少 ⇒ 労働力の確保が困難、利用客の減少
 - 高齢化、ベテラン職員の大量退職 ⇒ 技術伝承が困難
 - 働き方改革 ⇒ 夜間作業を回避する傾向

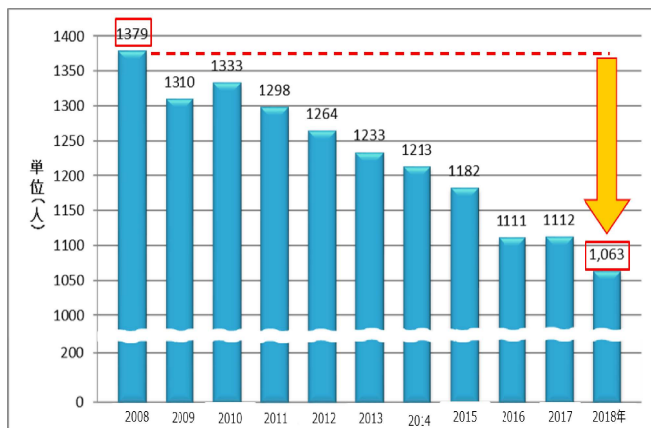
- 建設業就業者は、55歳以上が約35%、29歳以下が約11%であり、今後大量の離職者が発生することが想定される。
- 鉄道分野の建設工事等における労働者に関しても、今後、減少することが想定される。

建設業就業者の高齢化の進行



出典：総務省「労働力調査」を基に国土交通省で算出

ある建設会社の線路保守に従事する作業員



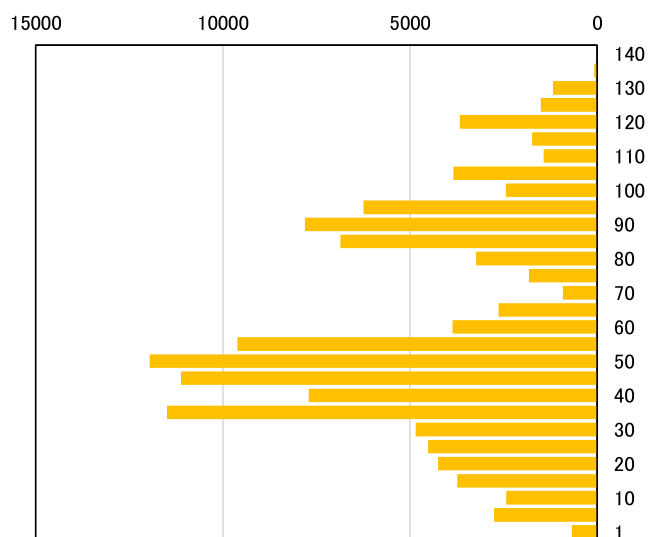
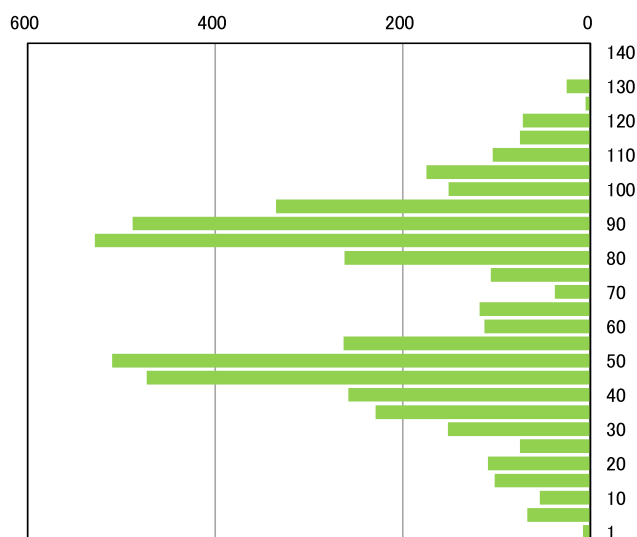
提供：JR西日本

鉄道技術行政を取り巻く環境の変化

- 人財面
 - 人口減少 ⇒ 労働力の確保が困難、利用客の減少
 - 高齢化、ベテラン職員の大量退職 ⇒ 技術伝承が困難
 - 働き方改革 ⇒ 夜間作業を回避する傾向
- 鉄道施設面
 - 施設の経年劣化 ⇒ 維持管理費の増加
 - 自然災害の多頻度化、激甚化 ⇒ 復旧費も増加

トンネル平均年齢：約70年

橋りょう平均年齢：約60年



(令和元年度末時点)

過去5年間の主な自然災害

年月	災害名
平成28年4月	平成28年熊本地震
平成29年7月	平成29年九州北部豪雨
平成29年10月	平成29年台風21号
平成30年7月	平成30年西日本豪雨
平成30年9月	平成30年台風21号
平成30年9月	平成30年台風24号
令和元年9月	令和元年房総半島台風(台風15号)
令和元年10月	令和元年東日本台風(台風19号)
令和2年7月	令和2年7月豪雨
令和3年2月	福島県沖地震

鉄道技術行政を取り巻く環境の変化

- 人の課題
 - 人口減少 ⇒ 労働力の確保が困難、利用客の減少
 - 高齢化、ベテラン職員の大量退職 ⇒ 技術伝承が困難
 - 働き方改革 ⇒ 夜間作業を回避する傾向
- 鉄道施設面での課題
 - 施設の経年劣化 ⇒ 維持管理費の増加
 - 自然災害の多頻度化、激甚化 ⇒ 復旧費も増加
- これらに新型コロナが追い討ち ⇒ 鉄道経営の悪化

7

鉄道技術行政としての取組

- これらの課題に対する対応策
 1. 新しい技術の活用(モニタリング技術、IT、AI)
 - メンテナンスの省力化・効率化
 - 視覚障害者のホームからの転落防止対策
 2. 既存ルール等の見直し
 - 終電繰り上げによる保守間合いの確保
 - 外国人材の受け入れ
 - 自動運転の検討
 - 鉄道事業法の改正
 3. 鉄道事業者間や鉄道以外の分野との連携
 - 災害復旧における連携

- 最近の話題

8

1. 新しい技術の活用

- ① メンテナンスの省力化、効率化
- ② 視覚障害者のホームからの転落防止対策

9

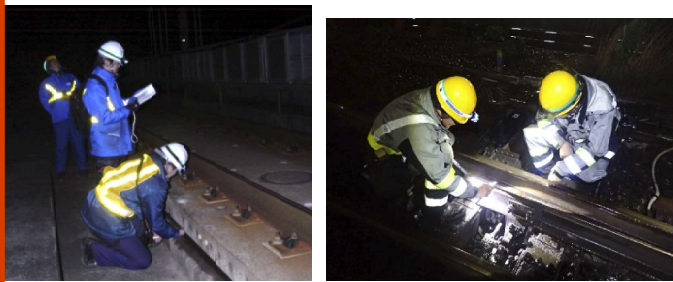
1. 新しい技術の活用

① メンテナンスの省力化、効率化

- ・モニタリング装置による軌道等の検査
- ・無線式列車制御システム(CBTC)の導入による線路設備の削減

10

従来の検査のやり方



現場で男性が夜間に徒歩で

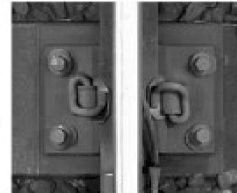
- ・ 終電後の限られた時間の中で、
- ・ 検査に必要な要員（検査員、記録員、見張員等）を確保し、
- ・ 終電後も貨物列車の走行など安全対策にも配慮しながら、実施

線路設備モニタリング装置(軌道材料検査)

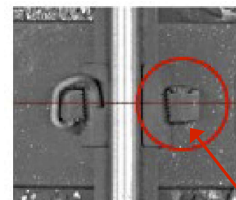


画像データ

【レール締結装置】



正常な状態



不具合を自動判定

締結装置の外れ

【継目板のボルト】



正常な状態



不具合を自動判定

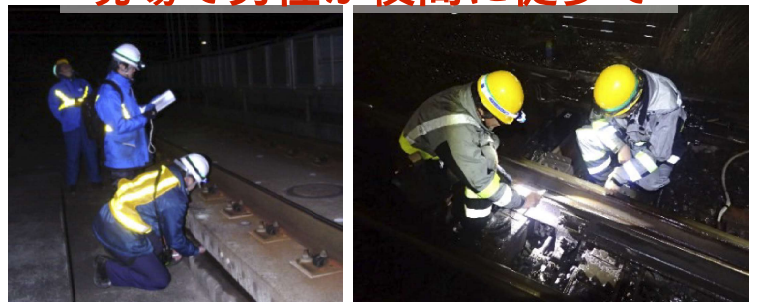
継目板のボルトの脱落

保線業務における働き方改革

現行

- ・ 終電後の限られた時間の中で、
- ・ 検査に必要な要員（検査員、記録員、見張員等）を確保し、
- ・ 終電後も貨物列車の走行など安全対策にも配慮しながら、実施

現場で男性が夜間に徒歩で

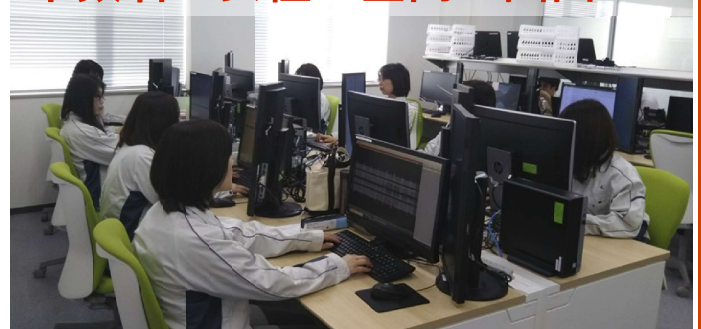


動き出した取組み

線路延長約6500kmの軌道材料を、
執務室で十数名の女性が昼間に画面で



データ送信



【画像解析技術を活用した検査業務支援システム】

【従来の点検・確認方法】

沿線環境の確認



係員が営業列車に添乗し沿線環境等を確認・判断

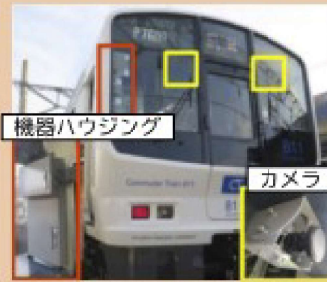
電車線路設備検査



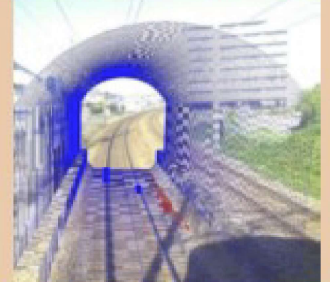
徒歩により検査係員が確認・判断

【今後の点検・確認方法】

撮影した動画を自動転送し支障箇所の自動判定を行う



車両への搭載状態



建築限界解析結果のイメージ

車上4Kカメラ画像確認により電車線路設備を検査



屋根上への搭載状態



画像による電車線路設備検査のイメージ

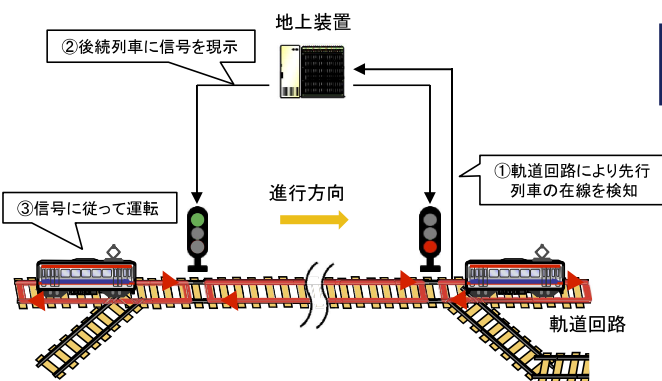
事務所で検査係員が確認・判断

無線式列車制御システム(地方鉄道事業者向け)

これまでの列車制御システム

- ・軌道回路により先行列車の在線を検知し、これを地上信号機に伝え、表示を切り替えることで、後続列車の運転を制御。

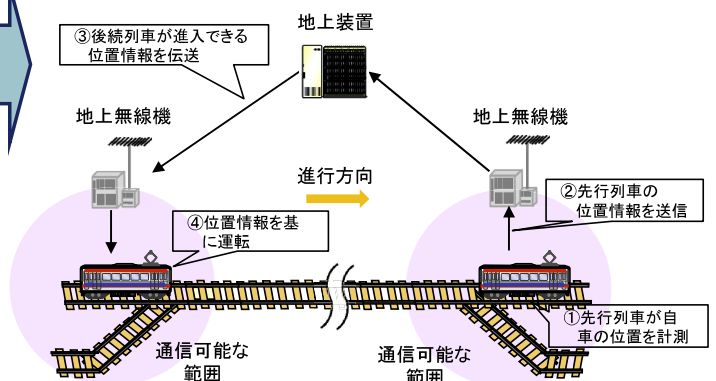
【これまでの列車制御システムのイメージ】



無線を活用した列車制御システム

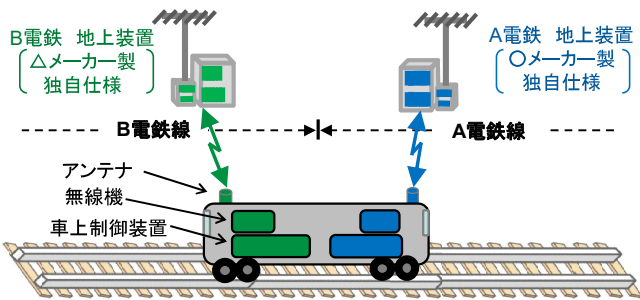
- ・先行列車が計測した自車の位置情報を、地上装置を介して無線で後続列車に伝送し列車を制御。

【無線を活用した列車制御システムのイメージ】



仕様共通化のイメージ

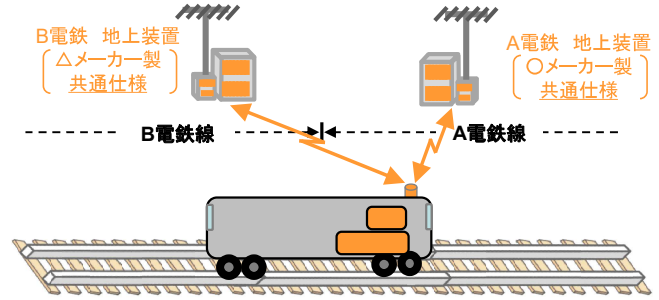
仕様共通化なし



車両に必要な装置

各社の独自仕様に対応する装置が必要

仕様共通化あり



車両に必要な装置

仕様共通化により自社の装置のみでよい

- A電鉄用 アンテナ
- A電鉄用 無線機
- A電鉄用 車上制御装置
- B電鉄用 アンテナ
- B電鉄用 無線機
- B電鉄用 車上制御装置

○導入コスト・メンテナンスコスト削減
○限られた車上設置スペースの有効活用 等



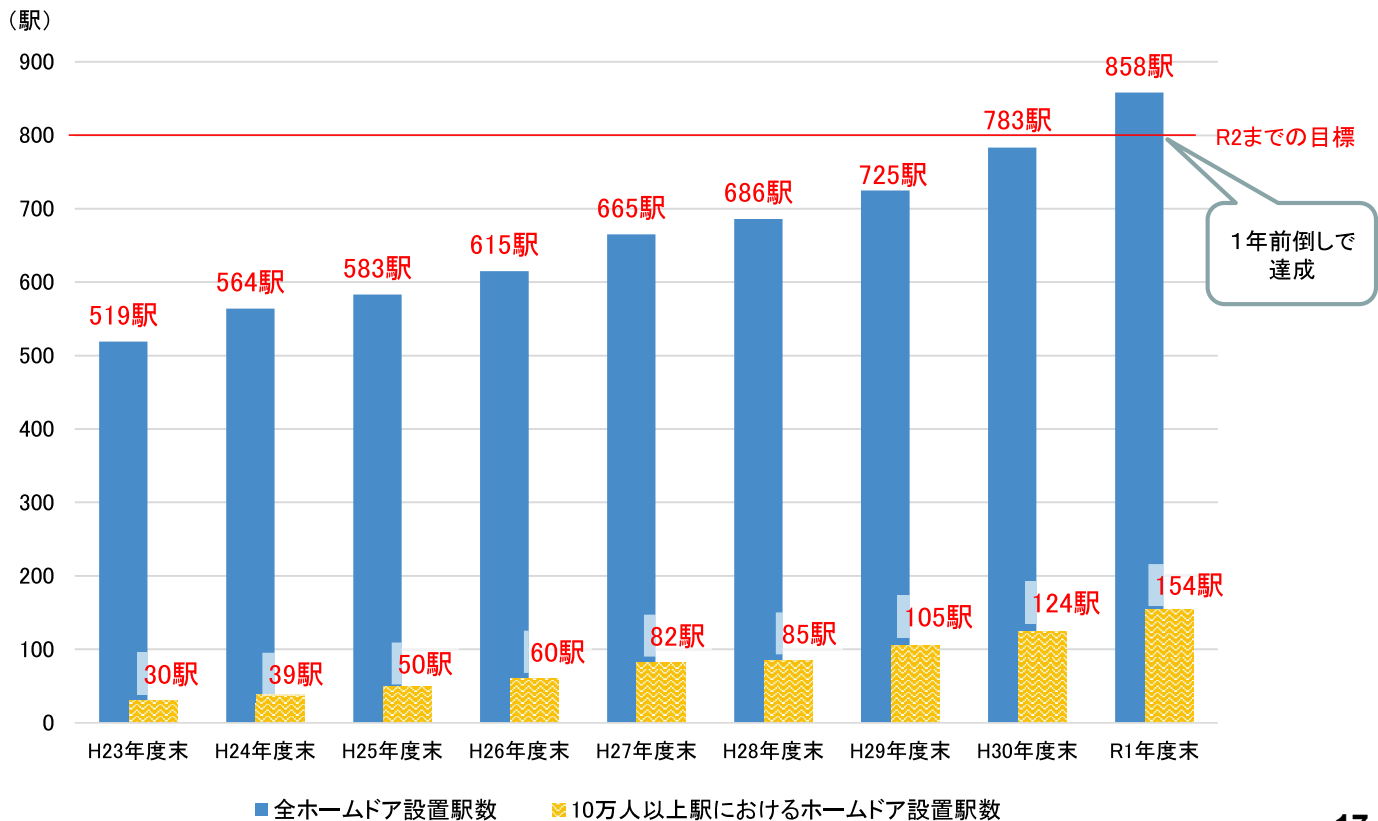
- 共通仕様に準拠したアンテナ
- 共通仕様に準拠した無線機
- 共通仕様に準拠した車上制御装置

(他社の装置は不要)

1. 新しい技術の活用

② 視覚障害者のホームからの転落防止対策

令和2年度までの整備目標：約800駅に設置



鉄道駅バリアフリー化に関する目標

	旧目標（令和2年度まで）	新目標（令和7年度まで）
段差解消 （エレベーター等の設置）	3千人以上/日の駅 （実績：令和元年度末） 91.8%で段差解消済み	2千人以上/日の駅 （最大+305駅※） ※3千人以上/日の段差未解消駅とあわせ、 最大+597駅
ホームドア	約800駅 （実績：令和元年度末） 858駅	3,000番線 （+1,047番線※） うち10万人以上/日の駅 800番線 （+353番線） ※整備ペースを2倍に加速化

新型ホームドアの技術開発等を進めることにより、ホームドア整備における課題を解消すべく取り組んでいる。

◆設置コストの削減、工期の短縮(軽量・低コストタイプ:写真1)


JR東日本の「スマートホームドア」は、開口部をフレーム構造とすること等により軽量化し、従来型のホームドア(山手線)に比べ設置コストを削減、工期は最大40%短縮可能。

◆異なる車両ドア位置への対応(昇降式タイプ:写真2)

JR西日本の「昇降ロープ式ホーム柵」は、開口部を昇降するロープで構成することにより、3ドア車両と4ドア車両が混在するホームでも適用可能。

◆車両のドア数を統一する取り組み

東京メトロ日比谷線、JR山手線等

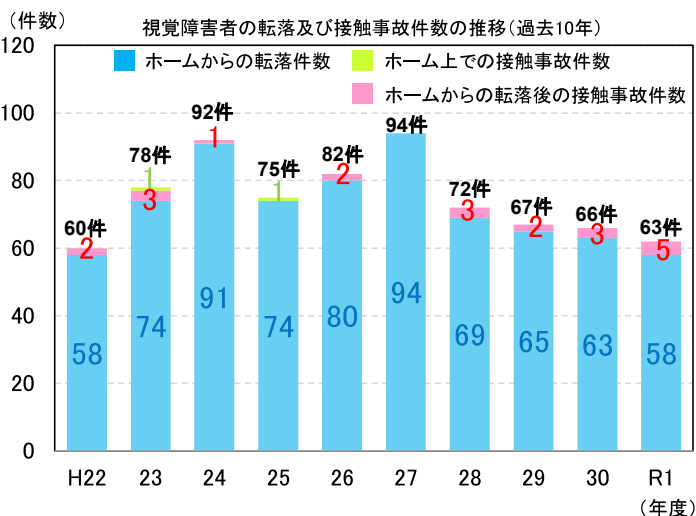
	軽量・低コストタイプ【写真1】 (JR東日本 スマートホームドア)	昇降式タイプ【写真2】 (JR西日本 昇降ロープ式ホーム柵)
外観写真	 <ul style="list-style-type: none"> ・京浜東北線 与野駅、蕨駅、東十条駅 ・中央・総武線 亀戸駅、小岩駅等 <p>【写真】蕨駅</p>	 <ul style="list-style-type: none"> ・神戸線 六甲道駅、三ノ宮駅、明石駅、神戸駅 ・京都線 高槻駅 ・大阪環状線 大阪駅 <p>【写真】六甲道駅</p>

視覚障害者の駅ホームからの転落事故の現状について

(「鉄軌道輸送の安全に関わる情報」及び鉄道事故等報告規則に基づく報告等により作成)

ホームからの転落事故の現状

- 視覚障害者の駅ホームからの転落は直近の10年間(平成22年度～令和元年度)で年間平均72.6件、また列車と接触した事故件数は年間平均2.3件発生。
- 昨年度(令和2年度)においても、令和2年7月にJR阿佐ヶ谷駅、11月に東京メトロ東陽町駅、令和3年1月に東武鉄道下赤塚駅で視覚障害者の転落事故が発生。



(注)・自殺等故意に列車等に接触したものは含まれない。
 ・ホームからの転落件数は、ホームから転落したが人身障害事故とはならなかった(列車と接触しなかった)件数。
 ・接触事故件数は、列車又は車両の運転により人の死傷を生じた事故(人身障害事故)の件数をいう。(鉄道事故等報告規則第3条第1項第六号)
 ・「ホーム上での接触事故件数」及び「ホームからの転落後の接触事故件数」は「ホームからの転落件数」の外数

令和2年以降における視覚障害者の駅ホームからの転落事故

発生日	鉄道事業者名 路線名	駅名	視覚の 状況	白杖使用の 状況
令和2年 1月11日	JR東日本 京浜東北線	日暮里駅	不明	使用
令和2年 3月19日	JR西日本 山陽線	垂水駅	弱視	不使用
令和2年 7月26日	JR東日本 中央線	阿佐ヶ谷駅	弱視	使用
令和2年 11月29日	東京メトロ 東西線	東陽町駅	弱視	使用
令和3年 1月28日	東武鉄道 東上本線	下赤塚駅	弱視	不使用

1. 設置趣旨

JR日暮里駅(令和2年1月)、JR阿佐ヶ谷駅(同年7月)などにおいて視覚障害者がホームから転落する痛ましい事故が続いている。転落事故を防ぐためにはホームドアの整備が有効だが、整備に多くの時間や費用を要することや、構造等の要因で整備が困難なホームもあることから、ホームドアによらない転落防止対策が喫緊の課題となっている。

このため、ホームドアの設置を引き続き推進するとともに、ホームドアが整備されていない駅ホームにおいて、ITやセンシング技術等を積極的に活用し、駅係員のみならず鉄道利用者による協力も視野に入れて、視覚障害者の方々に駅ホームを安全に利用いただくための対策についての検討を行うことを目的とする。

2. 検討内容

- ・視覚障害者のホーム転落の実態把握と原因分析
- ・視覚障害者がホーム端に接近した場合に、センサーやカメラでこれを検知し、危険であることを知らせる方策
- ・駅係員やスマホの音声等により視覚障害者を適切に案内・誘導する方策(誘導ブロックの適切な設置方法を含む)
- ・駅ホームや車両を活用した歩行訓練士による歩行訓練

3. 検討会メンバー

視覚障害者団体・支援団体、学識経験者、鉄道事業者、国土交通省(オブザーバー 厚生労働省)

〔※視覚障害者団体・支援団体：日本視覚障害者団体連合／東京都盲人福祉協会／日本弱視者ネットワーク
日本網膜色素変性症協会／日本歩行訓練士会／日本盲導犬協会〕

4. スケジュール

- 第1回検討会 令和2年10月9日
 - ・視覚障害者の転落事例 等
- 第2回検討会 令和2年11月9日
 - ・新技術を活用した転落防止対策等(7件)に関するヒアリング 等
- 第3回検討会 令和2年12月11日
 - ・駅ホームにおける視覚障害者の歩行訓練について 等
- 第4回検討会 令和3年2月12日
 - ・ホームからの転落に関するアンケート及びヒアリング結果について 等
- 第5回検討会 令和3年2月26日
 - ・新技術を活用した転落防止対策等に関するフォローアップ 等
- 第6回検討会 令和3年3月12日
 - ・ホームドアによらない転落防止対策の考え方について 等
- 第7回検討会 令和3年3月26日
 - ・とりまとめに向けた意見交換 等



第1回検討会(令和2年10月9日)より

視覚障害者の駅ホームからの転落事故の原因分析について

○ヒアリング調査により、57件(34人)の転落事例について、転落原因とホーム上の歩行方向(長軸方向・短軸方向)^{※1}から、(i)～(vi)の6つのケースに整理。

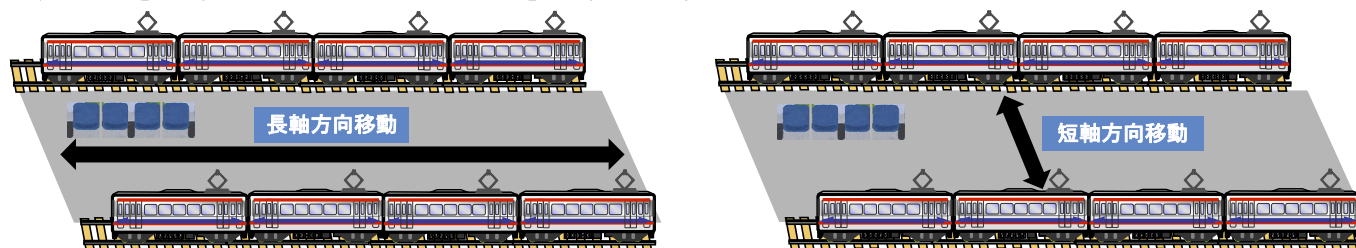
		【原因1】気付かずにホーム端に接近し、転落	【原因2】列車が停車していると勘違いし、転落	【原因3】他人との接触などにより転落	計
長軸方向	乗車	(i) ホーム中央付近を長軸方向に歩行中、本人がホーム端に接近していることに気付かずに転落するケース 18件	-	(iii) 点状ブロック沿いを長軸方向に歩行中、他人との接触などにより転落するケース 2件	35件
	降車	(ii) 点状ブロック沿いを長軸方向に歩行中、点状ブロックをそれていることに気付かずに転落するケース 15件			
短軸方向	乗車	(iv) 列車に乗車するために短軸方向に点状ブロック付近まで歩行しようとしていた際に転落するケース 3件	(v) 列車がホームに停車していると勘違いして短軸方向に歩行して転落するケース 12件	-	15件
	降車	(vi) 列車から降車して島式ホームを短軸方向に歩行していた際に反対側のホーム端に接近していることに気付かずに転落するケース 6件			
計		43件 ^{※2}	12件	2件	57件

※2) 短軸方向の乗車、降車のいずれにも分類されない事例を1件含む

○ヒアリングの結果、こうした転落に至る際には、本人の状態(遅刻等の焦り、体調不良、考え事等)や、現地の状況(ホーム上の混雑、狭い場所の歩行等)も影響することが確認された。

※1) 長軸方向・短軸方向の考え方

○「長軸方向」とは線路と平行な方向、「短軸方向」とは線路と垂直な方向のことを指す。



ホームドアによらない転落防止対策(新技術活用)

駅係員等による円滑な介助を行う対策

①AIカメラを活用して駅係員等による円滑な介助を行う方法

②スマホアプリを活用して駅係員等による円滑な介助を行う方法

③ホーム端に接近している視覚障害者を検知して注意喚起する方法

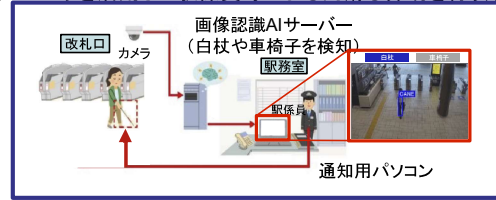
万が一転落しても事故に至らせない対策(新技術活用)

④転落を検知し速やかに列車を停止する方法

視覚障害者の歩行訓練の実施

鉄道利用者の協力

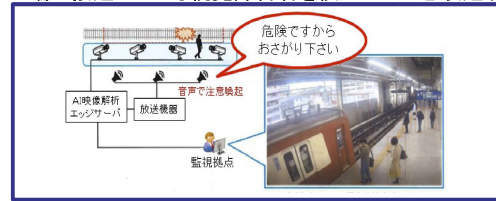
①AIカメラを活用して駅係員等による円滑な介助を行う方法



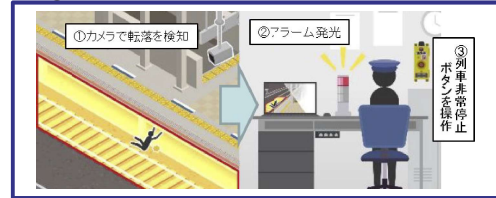
②スマホアプリを活用して駅係員等による円滑な介助を行う方法



③ホーム端に接近している視覚障害者を検知して注意喚起する方法



④転落を検知し速やかに列車を停止する方法

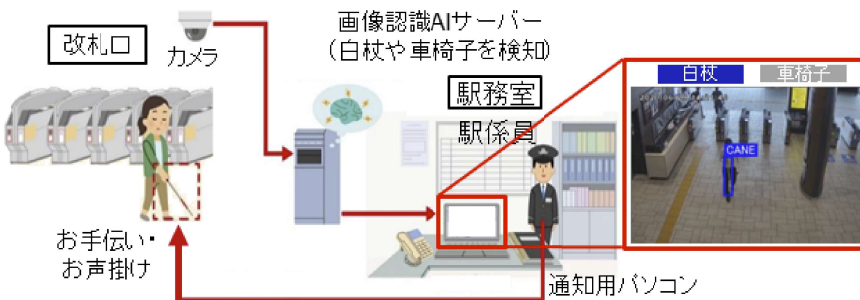


①AIカメラを活用して駅係員等による円滑な介助を行う方法

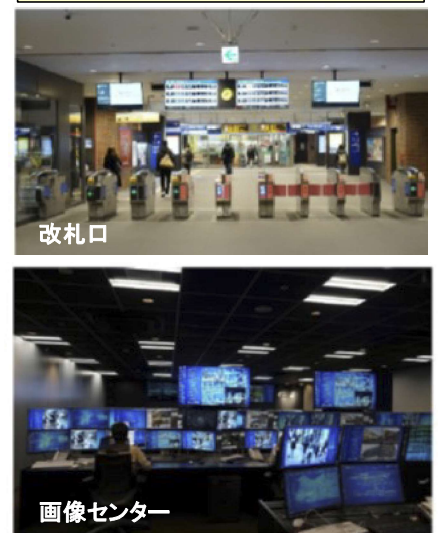
システム概要

- 改札に設置したカメラの映像から、白杖等をAIで認識し、駅係員に通報して迅速な介助を行う方法。
- 近鉄 大和西大寺駅、相鉄 二俣川駅、京阪電鉄 祇園四条駅、Osaka Metro 長居駅において実証実験が実施され、検知精度の向上等が図られている。

近鉄 大和西大寺駅(実証実験中)



相鉄 二俣川駅(実証実験終了)



システム概要

- 視覚障害者がスマホアプリで送信した支援要請を、駅係員等が受信し、確実に迅速な介助を行う方法。
- あらかじめ登録された情報や視覚障害者の位置情報もあわせて通知。※)視覚障害者の位置情報の送信はメッセージ機能利用時のみ

メリット

- ①メッセージ機能により、電話による介助要請に比べ手軽(通話中の待ち時間がない)。
- ②介助者(駅係員)にとっても、あらかじめ体制を整えやすい。
- ③地上設備不要で安価、クラウドとスマホで完結し、展開が容易。

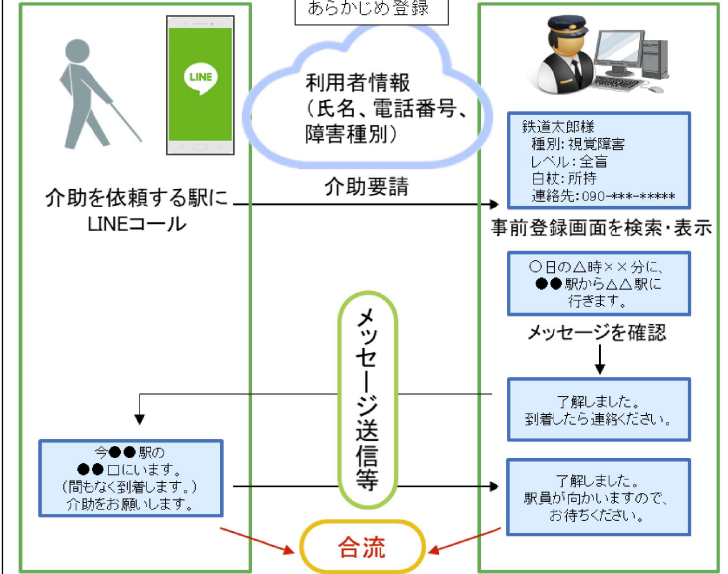
実証実験の概要

日時：令和3年3月6日～15日(10日間)
 場所：阪神 大阪梅田駅～武庫川駅間、桜川駅～大物駅間
 参加者：視覚障害者 5名

【介助要請アプリ利用者の感想】

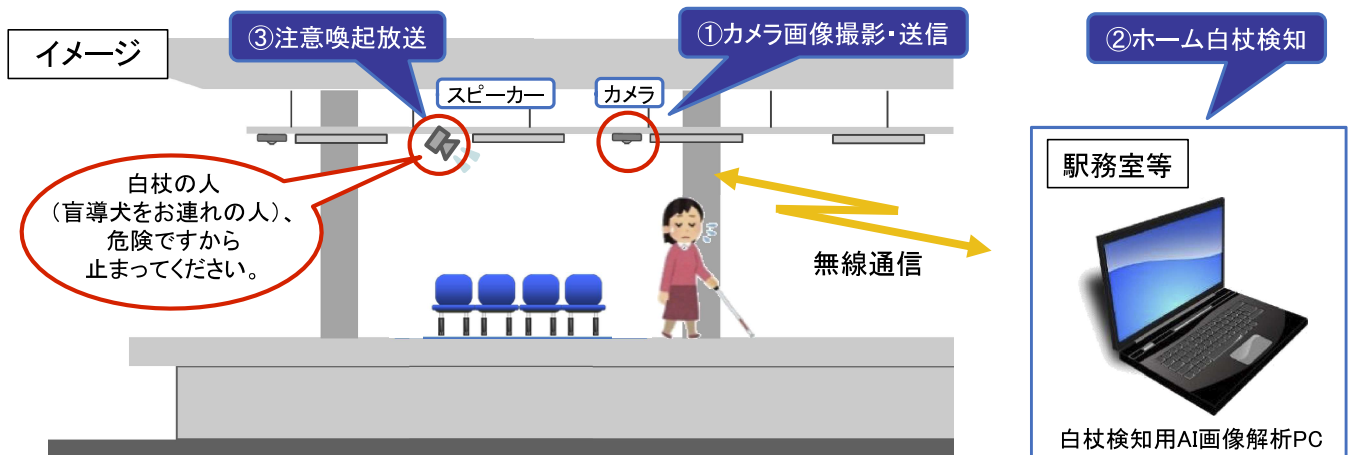
- ・便利なので、複数の鉄道事業者で使えるようにしてほしい。
- ・もっと少ない手数(てかず)で連絡したい。
- ・音声通話時も位置情報が送られると良い。

[イメージ]



システム概要

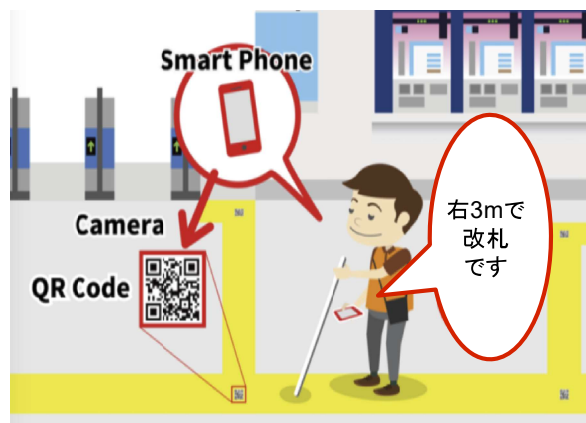
- ホームに設置したカメラの映像から、転落の危険性がある視覚障害者をAIで認識し、音声で注意喚起する方法。
- 令和3年夏頃より、首都圏の鉄道駅での実証実験が計画されており、転落防止効果や安全性の検証が行われる予定。



ホームドア設置ホームやコンコース階における移動円滑化システム

【概要】

・警告ブロックに貼付したQRコードをスマホで読み取り、専用アプリによる音声案内で誘導ブロック上を安全に誘導するシステム(東京メトロ 西早稲田駅、明治神宮前駅など9駅でサービス開始)



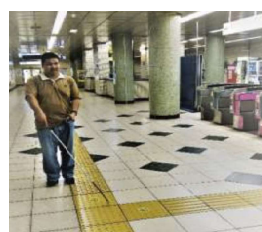
システムのイメージ

【システムの具体的な仕組み】

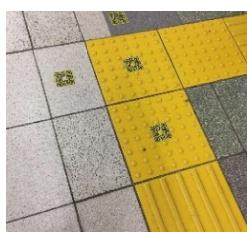
- ①専用アプリで目的地を設定
- ②スマートフォンのカメラを近くの警告ブロックに向け、QRコードを読み取り、現在位置情報を取得
- ③アプリ内の駅構内データとの照合により設定される、目的地までのルート of 音声案内に従い移動
- ④分岐箇所等で新たにQRコードを読み取る度に流れる、現在位置を踏まえた音声案内に従い移動

【システムの特徴】

・白杖を用い、誘導ブロックに沿って単独歩行が可能な視覚障害者を、目的地までの移動をサポート



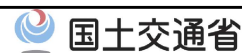
検証時のイメージ



QRコード設置イメージ

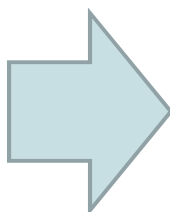
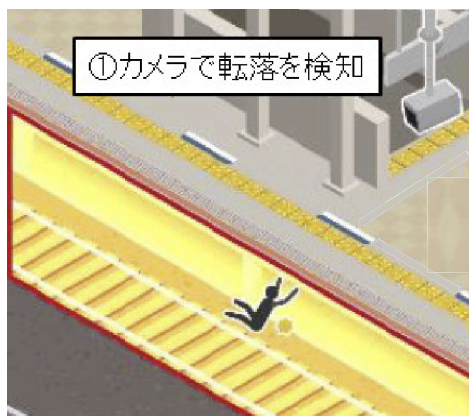
※ 東京地下鉄(株)の資料をもとに作成

④ 転落を検知し速やかに列車を停止する方法



システム概要

- ホームに設置したカメラ映像で転落した鉄道利用者をAIで認識し、接触を防止するために速やかに列車を止める方法。
- 一部の駅で既に導入されているのは、カメラが転落を検知した場合、これが駅務室に通知され、駅係員が転落を確認した後に列車を停止させる方法であるが、更なる検知精度の向上のため、令和3年度の実証実験の実施に向けた調整が行われている。



2. 既存ルール等の見直し

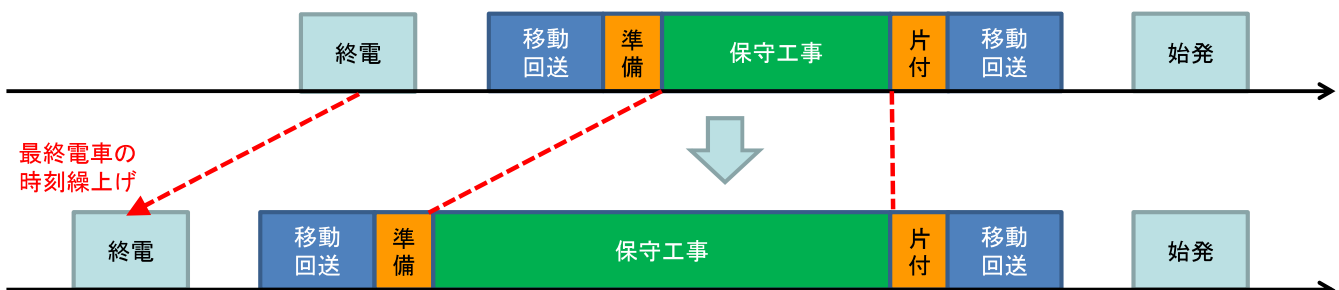
- ・ 終電繰り上げによる保守間合いの確保
- ・ 外国人材の受け入れ
- ・ 自動運転の検討
- ・ 鉄道事業法の改正

29

終電繰り上げによる保守間合いの確保

○軌道保守作業員の人手不足が進展する中、作業員の休日取得の促進などの労働環境の改善に向け、軌道保守工事の効率化を推進するため、最終列車の時刻を繰り上げ、夜間における軌道保守工事の作業間合いを拡大。

【間合い確保のイメージ】



一晩の作業量を増やすことができ、夜間作業日数が減る

作業員が休日を取りやすい環境が整う

30

※線路保守シミュレーションの例:最大30分程度採取列車を繰り上げた場合、年間の作業日数が概ね10%減少

1.在留資格における技能実習制度について

- 技能実習制度は、技能移転による国際協力を目的としており、現在、我が国において、83職種151作業で受け入れが行われている(令和3年3月15日時点)。
- 技能実習制度による在留期間は最長5年、また、技能の修得度に応じて1～3号に資格が区分されている(技能評価試験により、技能等の水準の高い次号への移行が可能)。
- 現在、JR東日本が「冷凍空調和機器施工職種」を活用して、車両の冷房装置メンテナンス業務にて実習生を受け入れ中。

2.鉄道分野における技能実習制度への職種追加について

鉄道分野における外国人材受入れに関する検討会

鉄道施設整備職種
(軌道保守整備作業)



鉄道施設整備職種
(信号設備保守整備作業)



鉄道車両整備職種
(走行装置検修・解ぎ装作業)
(空気装置検修・解ぎ装作業)



- 「鉄道施設整備職種(軌道保守整備作業)」については、(一社)日本鉄道施設協会を評価試験実施機関とし、厚労省の専門家会議での審議を経て、令和3年3月16日付で職種追加(厚労省・法務省令改正)。

3. 今後の予定について

- 「軌道保守」分野については、送り出し国の意向等を踏まえつつ、関係者間にて協議を進め、令和4年度からの受け入れに向けて令和3年度より調整を進める。
- 「電気設備保守」「車両整備」分野についても、先行する「軌道保守」分野の状況を踏まえつつ関係者間で協議を進める。

31

鉄道における運転士の乗務しない自動運転技術の検討

課題

- 人口減少社会を迎え、運転士や保守作業員等の確保、養成が困難となっており、特に地方鉄道においては、係員不足が深刻な問題。
- ⇒ 鉄道事業の維持等の面から、運転士の乗務しない自動運転の導入が求められている

これまでの自動運転

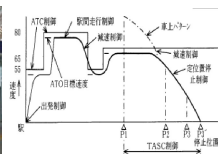
- 人等が容易に線路内に立ち入ることができないよう高架構造とするなど、自動運転を前提に建設された新交通システム等で実現。



高架構造



ホームドア



ATC+ATO

一般的な路線での自動運転

- 運転士の乗務を前提に建設された踏切がある等の一般的な路線では、安全・安定輸送の観点から自動運転の導入が困難。
- 特に地方鉄道では、自動運転のための大規模な設備投資は困難。

⇒ 一般的な路線で自動運転する際の技術的要件の検討が必要



地平(非高架構造)



踏切あり



ホームドアなし

鉄道における自動運転技術検討会

- 踏切がある等の一般的な路線を対象として、センサ技術やICT、無線を利用した列車制御技術などの最新技術も利活用し、鉄道分野における生産性革命にも資する自動運転の導入について、安全性や利便性の維持・向上を図るための技術的要件を検討。

【構成】 座長 古関 隆章(東京大学大学院教授)
委員 学識経験者、JR、大手民鉄、中小民鉄、研究機関、鉄道局

【開催状況】 2018年12月3日に第1回検討会を開催し、これまでに6回開催



鉄道の乗務形態による分類(自動化のレベル)

自動化レベル (IEC(JIS)による定義※)	乗務形態のイメージ ([]内は係員の主な作業)	国内の導入状況
GoA0 目視運転 TOS	運転士(および車掌)	路面電車
GoA1 非自動運転 NTO		踏切がある等の一般的な路線
GoA2 半自動運転 STO	運転士[列車起動、ドア扱い、緊急停止操作、避難誘導等]	一部の地下鉄 等
GoA2.5 (緊急停止操作等を行う係員付き自動運転) ⇒IEC及びJISには定義されていない	先頭車両の運転台に乗務する係員[緊急停止操作、避難誘導等]	無し
GoA3 添乗員付き自動運転 DTO	列車に乗務する係員[避難誘導等]	一部のモノレール
GoA4 自動運転 UTO	係員の乗務無し	一部の新交通 等

※IEC 62267(JIS E 3802):自動運転都市内軌道旅客輸送システムによる定義

GoA: Grade of Automation

TOS: On Sight Train Operation,

NTO: Non-automated Train Operation,

STO: Semi-automated Train Operation,

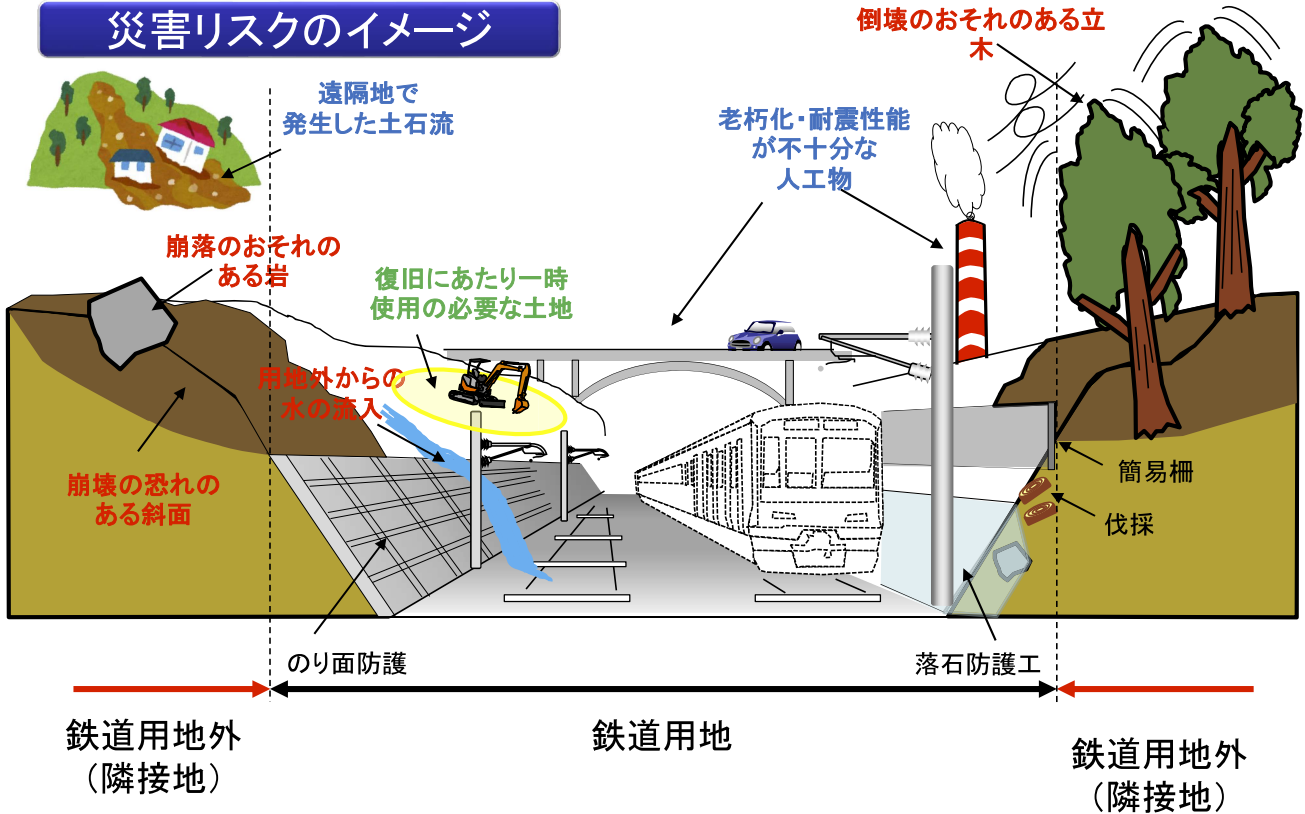
DTO: Driverless Train Operation,

UTO: Unattended Train Operation

鉄道事業者における自動運転に向けた取組み

		線区の設備等の状況	取組状況・今後の予定等
JR東日本	山手線 [試験路線]	<ul style="list-style-type: none"> 全周34.5km ホームドアあり[新宿駅、渋谷駅を除く] 踏切1箇所(第1種) [除却に向けて協議中] ATC 	<ul style="list-style-type: none"> 将来のドライバレス運転を目指し、平成30年度から令和2年度にかけて、夜間走行試験を実施 開発中のATOは、列車の加減速や停止位置制御などの一般的なATO機能に加え、列車ダイヤの遅延など運行条件を反映し、最適な運転を行う高性能なもの 導入路線や時期は未定
JR西日本	大阪環状線 及び 桜島線	<ul style="list-style-type: none"> 路線長 大阪環状線 全周:20.7km 桜島線 西九条駅～桜島駅間:4.1km ホームドアあり(一部) 踏切 大阪環状線:なし 桜島線:5箇所(第1種) ATS-P 	<ul style="list-style-type: none"> GoA2.5以上を目指し、令和2年2月に大阪環状線において夜間走行試験を実施 ATOと無線式ATCによる自動運転を導入予定 時期未定
JR九州	香椎線	<ul style="list-style-type: none"> 西戸崎駅～宇美駅間:25.4km ホームドアなし 踏切47箇所 (第1種46箇所、第4種1箇所) ATS(パターン制御式) 	<ul style="list-style-type: none"> GoA2.5を目指し、令和2年12月より運転士が乗務した状態で営業列車での実証運転を開始 ATS-DKとATOを組み合わせた自動運転 2021年度中に香椎線全線へ区間拡大・対象列車拡大予定 GoA2.5実現は時期未定
東武鉄道	大師線	<ul style="list-style-type: none"> 西新井駅～大師前駅間:1.0km ホームドアなし 踏切なし ATS(点制御式) 	<ul style="list-style-type: none"> GoA3を目指し、令和5年度以降に検証試験を開始する予定 時期未定

災害リスクのイメージ

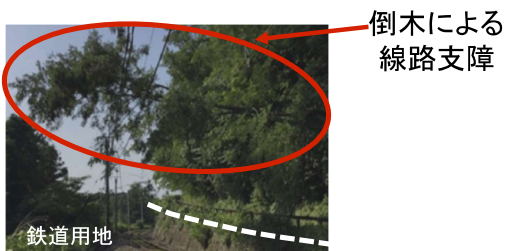


鉄道用地外からの災害に対する事前防災や早期復旧

- 鉄道の防災機能を強化するため、電気事業法や電気通信事業法の規定を参考に、鉄道施設に障害を及ぼすおそれがある植物の伐採等や作業場等のための他人の土地の一時使用等を可能とする制度を創設

(対策1) 鉄道施設に障害を及ぼすおそれがある植物の伐採等

- 事前防災に当たり、国土交通大臣の許可を受けた上で、鉄道事業者による鉄道施設に障害を及ぼすおそれのある植物の伐採等を可能とする
- ⇒ 倒木のおそれのある植物の早期伐採等により、輸送障害を未然に防止

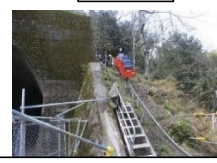


〔 鉄道用地外からの倒木が列車に接触し、輸送障害が発生した事例 〕

(対策2) 作業場等のための他人の土地の一時使用等

- 災害からの応急復旧に当たり、国土交通大臣の許可を受けた上で、鉄道事業者が一時使用できる隣接地の用途を拡充する
- ⇒ 隣接地を有効活用することで、重機の搬入等が容易になり、迅速な復旧が可能

< 拡充する用途 >



3. 鉄道事業者間や鉄道以外の分野との連携

災害復旧における連携

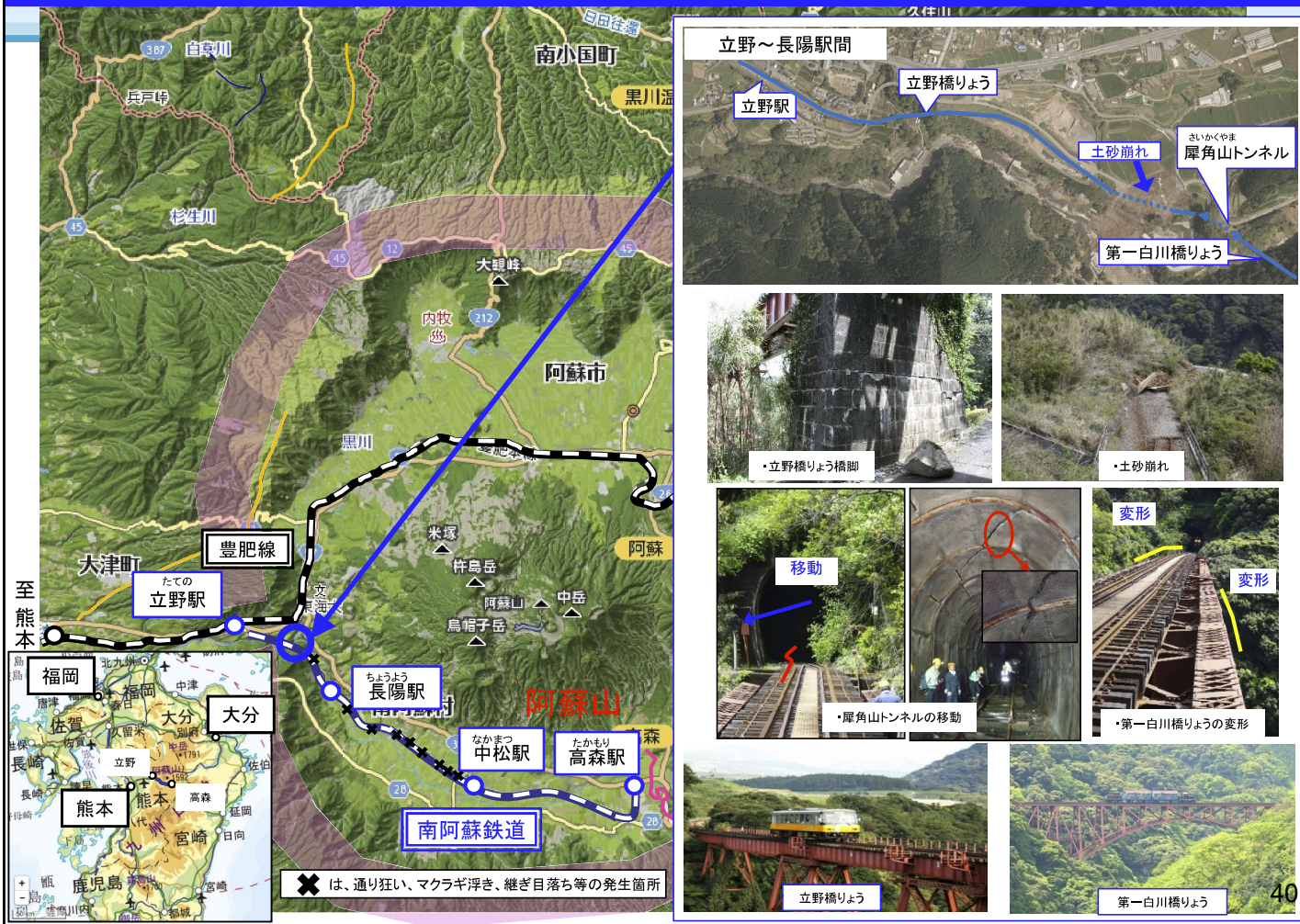
過去5年間の主な自然災害

年月	災害名
平成28年4月	平成28年熊本地震
平成29年7月	平成29年九州北部豪雨
平成29年10月	平成29年台風21号
平成30年7月	平成30年西日本豪雨
平成30年9月	平成30年台風21号
平成30年9月	平成30年台風24号
令和元年9月	令和元年房総半島台風(台風15号)
令和元年10月	令和元年東日本台風(台風19号)
令和2年7月	令和2年7月豪雨
令和3年2月	福島県沖地震

熊本地震による豊肥線の主な被害



熊本地震による南阿蘇鉄道の主な被害



- | | |
|---------|-------------------------------------|
| 1. 発生日 | 平成29年7月5日
<small>てるおか ひた</small> |
| 2. 場所 | 光岡駅～日田駅間 |
| 3. 運転再開 | 平成30年7月14日 |
| 4. 建設年 | 昭和9年 |
| 5. 構造 | 桁橋 |

約1年



41

- | | |
|---------|---|
| 1. 発生日 | 平成29年10月22日 |
| 2. 場所 | <small>たるい おざき</small>
樽井駅～尾崎駅間 |
| 3. 運転再開 | 平成29年11月1日(被災していない上り線を活用した単線運転)
平成29年11月23日より上下線での運転再開 |
| 4. 建設年 | 上り線: 明治30年 下り線: 大正7年 |
| 5. 構造 | 桁橋 |

約1ヵ月



上り線

下り線

42

- | | |
|---------|---|
| 1. 発生日 | 平成30年7月6日 |
| 2. 場所 | 狩留家駅 ^{かるが} ～白木山駅間 ^{しらきやま} |
| 3. 運転再開 | 令和元年10月23日 |
| 4. 建設年 | 大正4年 |
| 5. 構造 | 桁橋 |



約1年3ヵ月



- | | |
|---------|---------------------------|
| 1. 発生日 | 令和元年10月12日～13日 |
| 2. 場所 | 上田駅 ^{しりした} ～城下駅間 |
| 3. 運転再開 | 令和3年3月28日 |
| 4. 建設年 | 大正13年 |
| 5. 構造 | トラス橋 |



約1年5ヵ月



- | | |
|------------|---|
| 1. 発 生 日 | 令和元年10月12日～13日 |
| 2. 場 所 | 袋田駅 <small>ふくろだ</small> ～常陸大子駅間 <small>ひたちだいご</small> |
| 3. 運 転 再 開 | 令和3年3月27日 |
| 4. 建 設 年 | 大正15年 |
| 5. 構 造 | 桁橋 |



約1年5ヵ月



第1球磨川橋梁

- | | |
|----------|-----------|
| 1. 発 生 日 | 令和2年7月4日 |
| 2. 場 所 | 鎌瀬駅～瀬戸石駅間 |
| 3. 建 設 年 | 明治41年 |
| 4. 構 造 | トラス橋 |

第2球磨川橋梁

- | | |
|----------|---|
| 1. 発 生 日 | 令和2年7月4日 |
| 2. 場 所 | 那良口駅 <small>ならぐ</small> ～渡駅間 <small>わたり</small> |
| 3. 建 設 年 | 明治41年 |
| 4. 構 造 | トラス橋 |



被災前



被災前



1. 発 生 日	令和2年7月4日 <small>かわむら ひごにしむら</small>
2. 場 所	川村駅～肥後西村駅間
3. 建 設 年	大正13年
4. 構 造	桁橋

被災前



被災した鉄道施設への支援制度

1. 目的・事業概要

【目的】 地震や豪雨などの災害で被災した鉄道の早期復旧を支援する。

鉄道軌道整備法に基づく鉄道施設災害復旧事業費補助

特定大規模災害等鉄道施設災害復旧事業費補助

2. 制度の内容

2. 制度の内容

1. 従来の制度

【赤字事業者の赤字路線】

- 対象災害: 大規模の災害
- 補助要件: (いずれも満たすことが必要)
 - ・災害を受けた事業者が過去3年間赤字又は今後5年を超える赤字が見込まれること
 - ・災害を受けた路線が赤字
 - ・復旧費用が路線の年間運輸収入額の1割以上

2. 平成30年6月の法改正により追加

①黒字事業者の赤字路線を追加(JR豊肥線など)

- 対象災害: 激甚災害その他これに準ずる特に大規模の災害
- 補助要件: (いずれも満たすことが必要)
 - ・災害を受けた路線が過去3年間赤字
 - ・復旧費用が路線の年間運輸収入以上
 - ・長期的な運行を確保する計画の作成

■補助率:

国1/4	地方1/4	鉄道事業者1/2
------	-------	----------

②補助率嵩上げ(1/4→1/3) (JR只見線)

- 対象災害: 激甚災害その他これに準ずる特に大規模の災害
- 補助要件: 上記①に加え、以下のいずれも満たすことが必要
 - ・災害を受けた鉄道に代わる公共交通機関の確保が困難である場合
 - ・事業構造の変更により、鉄道事業者が復旧した鉄道施設を公的主体が保有



JR東日本 只見線(平成23年7月 豪雨により被災)

- 対象災害: 大規模災害からの復興に関する法律第2条第9号又は、特定非常災害の被害者の権利利益の保全等を図るための特別措置に関する法律第2条第1項に定める災害

- 補助要件: ・災害を受けた事業者が過去3年間赤字
・復旧費用が当該路線の年間収入以上
・長期的な運行の確保に関する計画の策定
・事業構造の変更により、鉄道事業者が復旧した鉄道施設を公的主体が保有 等

■補助率:

国1/2	地方1/2*
------	--------

※補助災害復旧事業債100%充当
元利償還金の95%に対して普通交付税措置

- 適用事例: 南阿蘇鉄道、三陸鉄道、上田電鉄



南阿蘇鉄道(平成28年4月熊本地震により被災)




- 平成30年7月豪雨災害において被災した鉄道施設の1日も早い復旧を図るため、関係者からなる「鉄道の復旧に関する連絡調整会議」を設置し、道路や河川等の関連する事業と連携することにより、被災鉄道の復旧工事工程を調整。

鉄道の復旧に関する連絡調整会議

○メンバー

国土交通省関係部局(大臣官房、水管理・国土保全局、道路局、鉄道局)、鉄道事業者

○早期復旧できた事例


JR山陽線(三原・白市間)	JR山陽線(柳井・下松間)	JR呉線(呉・坂間)
<p>並行する県道33号の敷地を鉄道復旧のための工事用作業ヤード等として提供。 工事用道路の構築にあたり、河川に係る許認可について、弾力的に運用。</p>  <p>運輸再開：11月中→9月30日</p>	<p>並行する国道188号4車線のうち2車線を鉄道復旧のための工事用作業ヤードとして提供。</p>  <p>運輸再開：9月末→9月9日</p>	<p>NEXCO西日本が鉄道用地上の土砂を一体的に撤去・搬出。国道31号用地を土砂仮置き場として提供。</p>  <p>運輸再開：11月中→9月9日</p>

- 令和元年東日本台風においても、道路や河川等の関連する事業と連携し、被災鉄道の早期復旧を支援。

●令和元年東日本台風での連携事例

箱根登山鉄道

神奈川県治山事業、河川事業と連携し、斜面の安定化やがれき等の撤去を速やかに実施し、橋りょう復旧事業を早期に着手。



崩落箇所、陸橋流失箇所の修復を治山、河川事業と連携して工事を実施

令和2年秋頃→令和2年7月23日

上田電鉄

堤防復旧工事で鉄道の橋台工事を同時期に実施できるように工程調整することで鉄道工事の手戻りを回避。



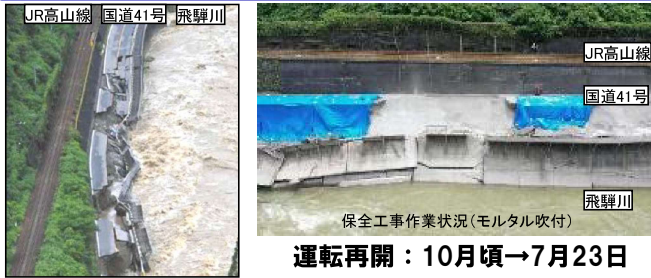
令和3年春頃→令和3年3月28日

○ 令和2年7月豪雨においても、道路や河川等の関連する事業と連携し、被災鉄道の早期復旧を支援。

●令和2年7月豪雨での連携事例

J R 東海（高山線）

併走する国道41号線の復旧事業と連携し、高山線の運転再開を最優先した作業を実施。



肥薩おれんじ鉄道

道路と連携し、堆積土砂搬出のための工事用道路を整備。(道路用地を提供)



大井川鐵道

河川管理者が再度の災害防止のために瀬替えを行った他、被災した護岸に大型土嚢を設置し、早期運転再開が可能となった。



J R 西日本（芸備線）

併走する市道の復旧作業を夜間等も実施したことから、早期に芸備線の施設点検が可能となり、運転再開が可能となった。



最近の話題

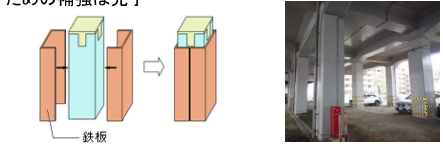
23:07頃 地震発生(最大震度6強)

(3月25日19時00分現在)

<東北新幹線の運行状況>

- 東北新幹線 那須塩原～一ノ関間
 - ・JR東日本は、14日に「新白河～古川間にて電柱が折損・傾斜するなど、新幹線設備に大きな被害が確認され、東北新幹線の全線運転再開までには概ね10日前後、要する見込み」と発表。
- 運転再開
 - ・2月16日、一ノ関～盛岡間 一部運転再開。
 - ・2月22日、仙台～一ノ関間 一部運転再開。
 - ・2月24日、全線運転再開。
 - ※暫定ダイヤで運転。所要時間プラス30分、運行本数が通常の8割
 - ・3月26日、通常ダイヤでの運転再開

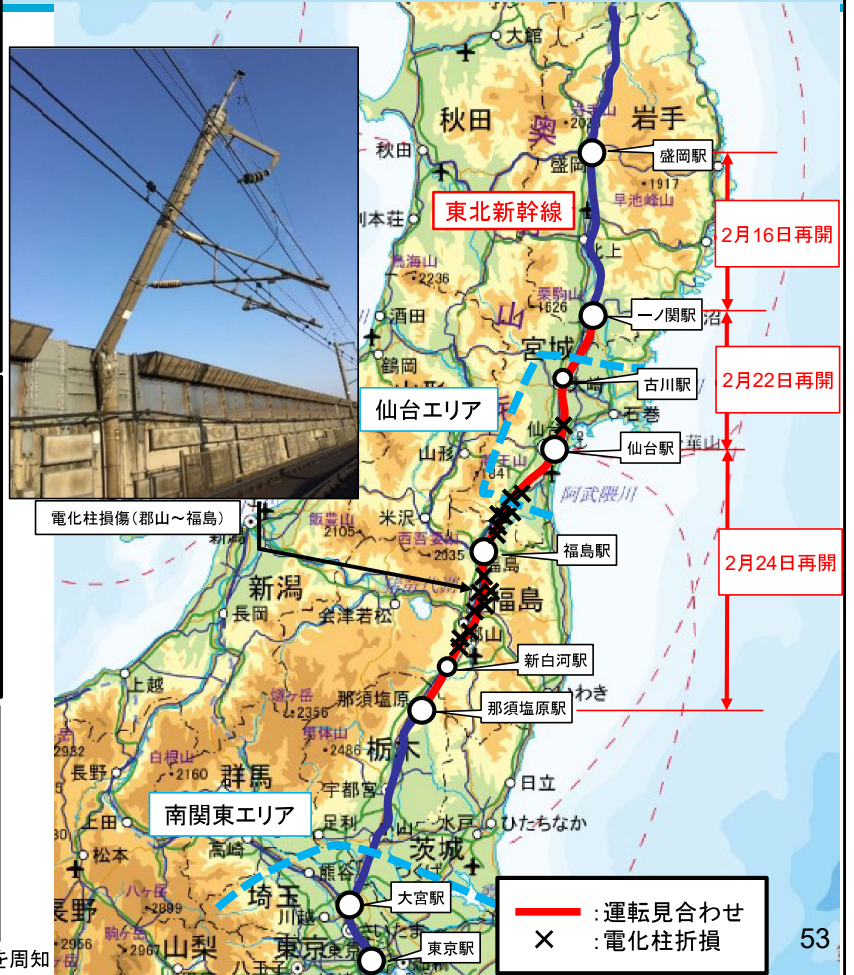
<施設被害>

- 東北新幹線 新白河～古川間
 - ・電化柱の折損(20本)
 - ・高架橋の一部損傷(大きな被害なし※)
- ※高架橋等の構造物については、耐震補強を進め、大きな損傷を防ぐための補強は完了
- 

<代替輸送>

- (高速バス)
 - 仙台～新宿間の高速バスの増便や、積み残しを出さないための続行便の運行
- (航空)
 - 通常は運航していない羽田～仙台・花巻便をはじめ、東北各地への臨時便の運航や機材の大型化
- (鉄道)
 - 常磐線、羽越線での臨時列車運転(2月24日まで)

☆国土交通省HPで毎日各モードの運行状況や事業者のURL等を周知



新幹線における車椅子用フリースペースの導入について

基本的な考え方

- 車椅子利用者がグループで快適に旅行等を楽しめること
 - 車椅子に乗ったまま、車窓を楽しむことができること
 - 隣の座席への移乗の有無や介助者等の有無、ストレッチャー式車椅子利用者など様々な障害の状態等に対応できること
- ➡ 世界最高水準のバリアフリー環境を有する高速鉄道の実現

【車椅子スペースの数は1編成あたりの座席数に応じて設定】

1編成あたりの座席数	車椅子スペース数		主な新幹線車両	備考
	旧基準	新基準		
1001席以上	2以上	6以上	N700S(東海道・山陽)	車椅子スペースの数は多目的室を除く
500～1000席		4以上	E5・H5系(北海道・東北)、E7・W7系(北陸)等	
500席未満		3以上	E8系(山形ミニ)等	

車椅子用フリースペース



旧基準※のN700S(車椅子スペース2席)
(※バリアフリー基準(移動等円滑化基準)平成30年3月改正、令和2年4月施行)



6席分の車椅子用フリースペースが整備されたN700S
(令和2年10月改正、令和3年7月施行)
※令和3年4月20日より営業運転開始

【赤羽大臣ご試乗(令和3年4月15日)】



赤羽大臣と車椅子使用者6名ほか参加者

段差・隙間の目安値(2019年10月 バリアフリー整備ガイドライン改定)

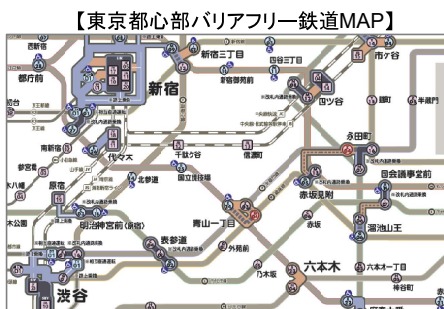
	コンクリート軌道		バラスト軌道	
	段差	隙間	段差	隙間
直線部	3cm	7cm	目安値(3cm)を参考にできる限り平らに	目安値(7cm)を参考にできる限り小さく
曲線部	3cm	— 〔できる限り小さく〕	目安値(3cm)を参考にできる限り平らに	— 〔できる限り小さく〕

※ 安全の確保を前提として、より多くの車椅子使用者が乗降できるよう、段差はできる限り平らに、隙間はできる限り小さくなるよう考慮することが望ましい
 ※ 「段差・隙間の目安値等」について、バリアフリー整備ガイドラインへ反映(2019年10月改訂)

取り組み状況等について

○東京オリンピック・パラリンピック競技大会の会場最寄り 駅やその乗り換え等に利用される首都圏の主要駅については、同競技大会に向けて対応可能なホームを選定し、優先的に整備を進めるよう、鉄道事業者を指導。

○単独乗降しやすい駅のマップ化(2019年12月公表)や鉄道事業者による利便性の高いアプリの策定などを促進するとともに、あわせて、一緒に乗降する一般の鉄道利用者が積極的に手助けをすることで、車椅子使用者の円滑な移動を確保することも望まれる。



※国交省HP、エコロジー・モビリティ財団ららくおでかけネットHPにおいて公表

整備事例

【JR東海 東海道新幹線 東京駅】



令和3年4月15日 赤羽大臣視察



隙間を埋めるくし状部材の設置

【JR東日本 山手線 高輪ゲートウェイ駅】



整備箇所付近の案内表示(床面やホームドアに貼付)

鉄道の感染症対策

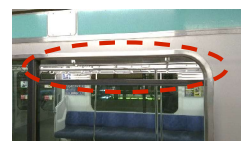
・「新しい生活様式」の実践に向け、鉄道連絡会で作成したガイドライン※等に基づいて対策を実施

※鉄軌道事業における新型コロナウイルス感染症対策に関するガイドライン(令和2年7月8日改訂)。JR7社、日本民営鉄道協会、日本モノレール協会、日本地下鉄協会、公共交通事業協会、鉄道貨物協会及び第三セクター鉄道等協議会からなる会議体で作成。作成に際しては、感染症対策等に係る有識者の助言を得た。

・鉄道事業者において、感染症対策の実施状況についてホームページ等で公表

「密閉」対策

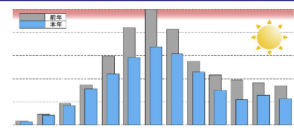
- ・空調装置等による換気が可能な車両については、当該装置により適切に換気を実施
- ・それ以外の車両については、窓開けを含めて適切に換気を実施
- ・利用者に対して、換気の実施状況等を周知



窓開けの状況

「密集」対策

- ・利用者に対して、テレワーク、時差出勤の呼びかけを実施
- ・都市鉄道では、鉄道事業者において、混雑状況の情報提供に努める



時間帯別混雑状況の開示例 出所：京急電鉄WEBサイト

「密接」対策

- ・利用者に対して、「マスク着用・会話を控えめにする」と呼びかけ
- ・指定席販売時の座席位置の配慮や、混雑時間帯に比較的空いている車両又は列車の利用の促進などによる可能な限りの利用者間の間隔の確保
- ・駅窓口でのアクリル板等の設置

これらに加え、車内・駅の定期的な消毒の実施や、主要駅への消毒液の設置等も実施

車内換気

窓開け

○ 車内換気のための窓開け(JR・大手民鉄・公営地下鉄など)



窓開けの目安と乗客への協力要請のメッセージを表示 (JR東日本)



こちらの窓を開けて換気しております
ご協力をお願いいたします
We open this window and ventilating

※窓の開閉について
お客さまのご協力をお願いいたします。
このシールを貼り付けた窓を
10cm程度開放して換気しています。

窓開けに関する乗客への協力要請のメッセージを表示 (南海電鉄)

車両改良

○ 窓を閉めた状態でも強制換気できるよう車両を改良
・暖房運転時に強制換気できるように車両を改良(京浜急行電鉄)

換気効果のシミュレーション、実証実験

- 鉄道総合技術研究所
 - ・通勤車両における窓開けによる換気効果(R2/6/5公表)
 - ・窓開けと空調機を併用した時の換気効果、車内混雑度の影響等(R2/10/28公表)
 - ・JR東日本 東海道貨物線で車両を用いて走行時の換気量を実測中
- 理化学研究所
 - ・窓開けと空調機を併用した時の換気効果、ドア開放による換気効果 (R2/11/26公表)
- 産業技術総合研究所
 - ・東京メトロ千代田線で車両を用いて走行時の換気量を実測(R2/12/3公表)

通勤型車両における換気の定量的効果に関する研究

鉄道総合技術研究所による取り組み

概要

- 鉄道総合技術研究所では、通勤型車両における換気の定量的効果について、スーパーコンピューターを用いたシミュレーションを実施。

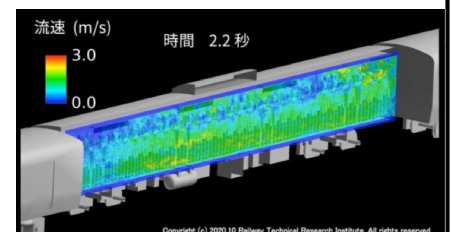
主な研究成果 (令和2年10月時点)

鉄道総合技術研究所の資料を基に作成

- 窓開けによる換気効果 (空車時)
窓を10cm程度開けて走行した場合、**車内の空気は概ね5～6分で入れ替わる。**
(検討条件：速度約70km/h、車両の長さ20m、窓6枚開、窓幅1.2m、空調装置切)
- 車内混雑度による換気効果への影響
乗車率0%、50%、100%それぞれの場合において、窓開けにより**車内の空気が入れ替わるために要する時間には大きな差がない。**
※ 乗車率が高くなるほど車内の空気体積が少なくなることから、乗車率が高い方が窓開けにより車内の空気が入れ替わるために要する時間はわずかに短くなる。
- 窓開けと空調装置 (外気導入あり) の併用
窓開けによる換気と空調による外気導入を併用した場合、混雑度 (乗車率) に関わらず、**車内の空気は概ね2～3分で入れ替わる。**
今後、車内の空気の流れの詳細分析や実際の車両による換気効果の検証 (測定) を実施予定。



研究成果を踏まえ、窓開けの目安を示している事例 (京王電鉄)



乗車率100%で窓開けした時の空気の流れ (赤、黄、緑の順で空気の流れが速い) 58

理化学研究所による取り組み

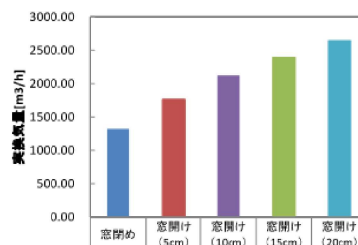
概要

- 理化学研究所では、開発・整備を進めているスーパーコンピューター「富岳」を活用して室内環境における飛沫の飛散シミュレーション等を実施。
(通勤車両だけではなく、オフィス、教室、病室の条件下においても実施。)

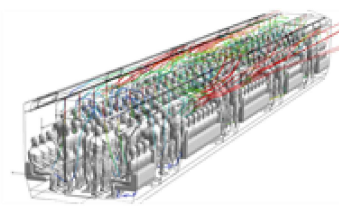
主な研究成果（令和2年11月時点）

- 窓開け量による換気効果への影響
(乗車率140%時、混雑時で乗客229人を想定)
窓開け量による換気効果は、**窓の開口面積に比例して増加**する。
(検討条件：速度約80km/h、車両の長さ20m、窓4枚開、窓幅1.2m、空調装置入)
- ドア解放時の換気効果
駅停車時に**約30秒ドアを開放した際の換気量は、窓を5cm空けて走行した際の換気量に相当**する。
(検討条件：速度0km/h、車両の長さ20m、窓閉、ドアは片側のみ4カ所、空調装置入)

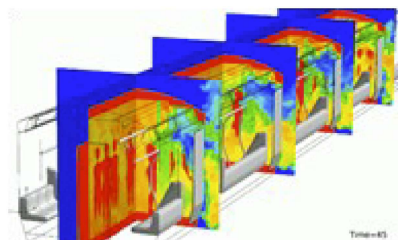
理化学研究所の資料を基に作成



窓開け量による実換気量
(窓開け量が多いと換気量は増加する)



走行時の換気シミュレーション
(赤、黄、緑、青の順で空気の流れが速い)



ドア開放時の換気シミュレーション
(青、緑、黄、赤の順で換気が進んでいる)

産業技術総合研究所による取り組み

概要

- 産業技術総合研究所では、現車走行時の換気量測定を実施。
(東京メトロ千代田線16000系で実測)

主な研究成果（令和2年12月時点）

産業技術総合研究所の資料を基に作成

- 窓開けによる換気効果（空車時）
窓を10cm程度開けて走行した場合、**車内の空気は約8分で入れ替わる**。
(検討条件：速度約40km/h（平均）、車両の長さ20m、対角窓2枚開、窓幅0.9m、空調装置切)
- 窓開け量による換気効果への影響
窓開け量による換気効果は、**速度や窓の開口面積に比例して増加**する。また乗客（マネキン）の有無による大きな差は無い。
(検討条件：速度約40km/h（平均）、車両の長さ20m、窓12枚開、窓幅0.9m、マネキンにより空車・満車状態、空調装置切)
- ドア開放による換気効果への影響
停車時のドア開放による**換気量は大幅に増加**する。
(検討条件：停車時、車両の長さ20m、窓閉、ドアは片側のみ4カ所、空車状態、空調装置切)



測定中の車内の様子



車両に充填したCO₂の濃度の走行時の変化によって換気量を測定



定期清掃での消毒作業の状況



コーティング処置イメージ



コーティング処置済表示イメージ

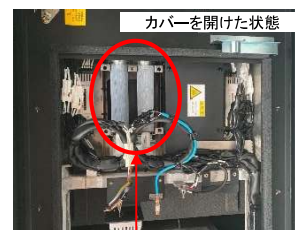
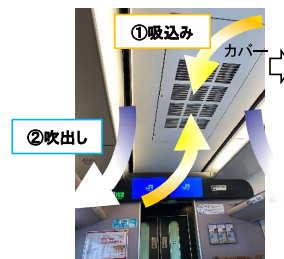
※鉄道車両等の空間における新型コロナウイルスの抑制効果については、現時点では確認できていない。 61

鉄道車両における空気清浄

① 既存の空調装置に新型インフルエンザ等の対策として設置した装置を新型コロナウイルスの抑制に併用

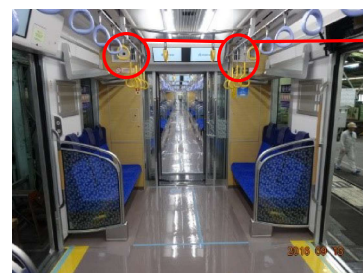


天井内部に設置



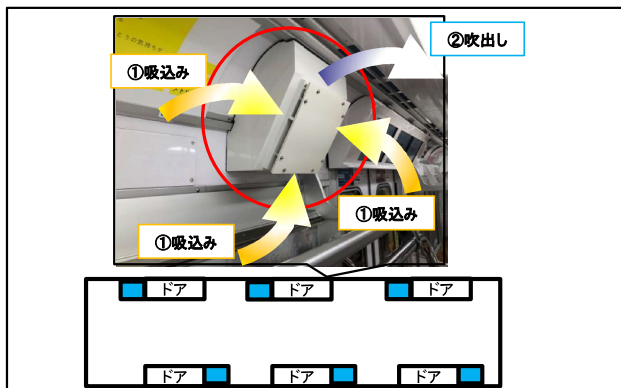
光触媒装置

② 新型インフルエンザ等の対策として設置した装置を、新型コロナウイルスの抑制に併用



空気清浄機

③ 新型コロナウイルス対策として、新たに空気清浄機を設置



※鉄道車両等の空間における新型コロナウイルスの抑制効果については、現時点では確認できていない。

地方鉄道を対象とした軌道状態の 省力化監視手法に関する取組

交通システム研究部 上席研究員 緒方 正剛

講演内容

1. はじめに
2. 従来の軌道管理の方法
3. 列車動揺検査の課題
4. 検討中の軌道管理手法
5. まとめ

1. はじめに

- 地方鉄道では、厳しい経営環境の中で安全な鉄道輸送の確保が求められており、新技術の導入・活用などによる維持管理コストの低減が課題
- 軌道状態の省力化監視手法として、小型情報端末を車両動揺の測定に活用した新たな手法を検討
- 従来の軌道管理の方法と課題、検討中の新たな手法について述べる

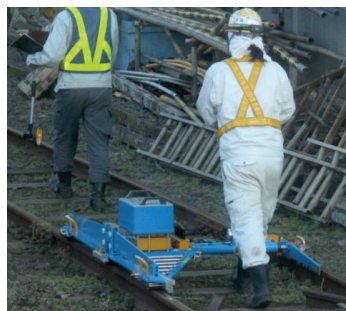
低コストでの輸送の安全確保を前提とする
地方鉄道の維持に貢献するための取組

2. 従来の軌道管理の方法 (軌道検測)

軌道検測車または簡易軌道検測装置を使って測定



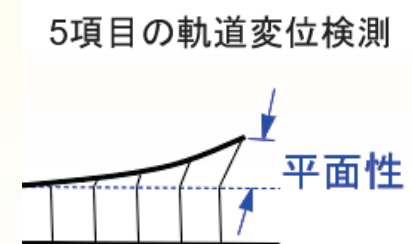
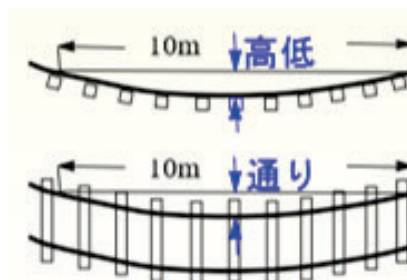
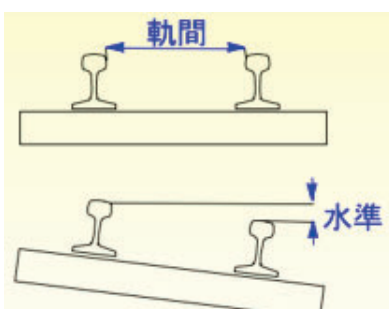
軌道検測車



簡易軌道検測装置

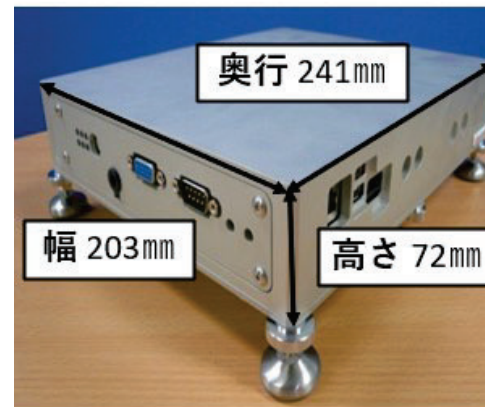


手検測



2. 従来の軌道管理の方法 (列車動揺検査)

車両床上のセンターピンに振動計を設置し、列車走行中の上下振動と左右振動を測定。振動の過大箇所を抽出して、補修箇所を特定。



従来の測定装置の例

2. 従来の軌道管理の方法 (管理方法の比較)

	価格	測定速度	測定頻度	測定項目	備考
軌道検測車	高	営業列車速度	年1回	軌道狂い5項目	大手事業者が採用
簡易軌道検測装置	中	徒歩程度	年1回	軌道狂い5項目	主に地方鉄道事業者が採用
列車動揺検査	低	営業列車速度	年2回~4回	列車の上下動・左右動	軌道狂い5項目の原因による列車動揺

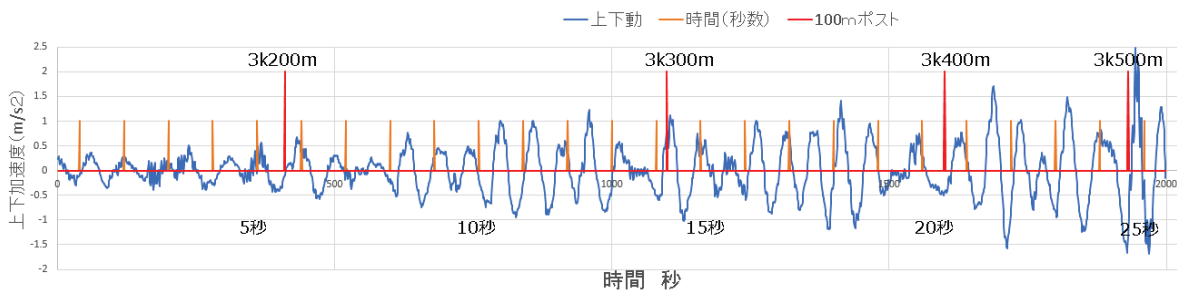
非常に高価な
軌道検測車

手押しによる測定のため
1日に10km程度しか
測定できない簡易軌道検測

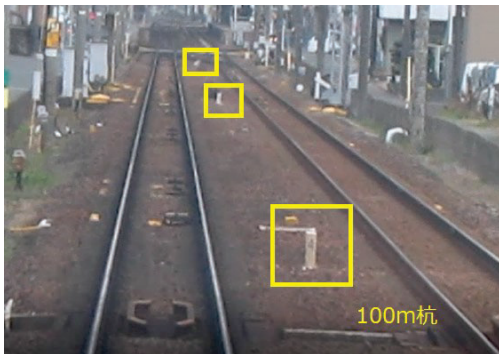
列車動揺検査に必要な加速度
センサなどの機材の低価格化
・小型軽量化

列車動揺検査の方法を応用して地方鉄道の軌道管理手法の構築を進めている。

3. 列車動揺検査の課題（現状の測定方法）



従来の列車動揺検査のチャート例



運転台の係員が100mポストの位置でマーカを手押し入力

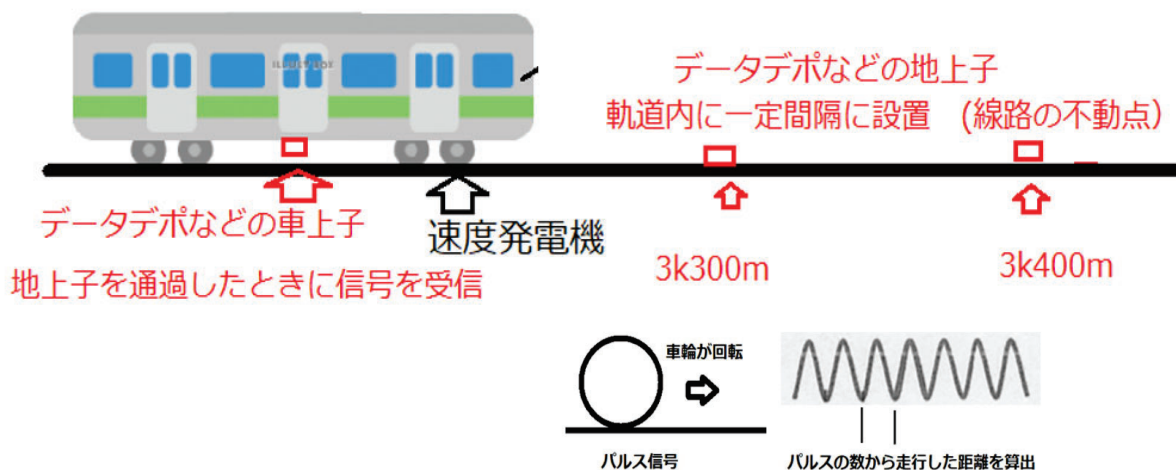
測定の基準が時間軸になっているが、検査結果は距離軸で出力したい。

現状の地点入力方法

1. 手入力のマーカ
2. 地上子と車輪の回転パルス
3. 衛星測位

3. 列車動揺検査の課題（現状の測定方法）

検査結果を距離軸で出力する方法（速度発電機）



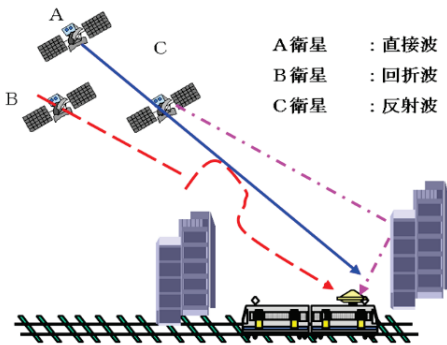
- 車輪の回転パルス（運転保安装置用速度センサ）から距離を拾う
- 安全面から運転保安装置を改造することができないので既存の速度発電機の利用は困難
 - 車輪径による誤差が発生

3. 列車動揺検査の課題（現状の測定方法）

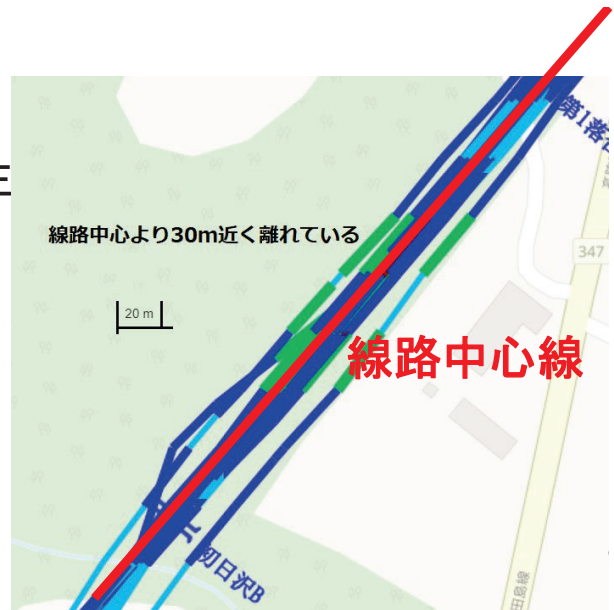
検査結果を距離軸で出力する方法（衛星測位の利用）

課題

トンネルで測定できない
マルチパスによる誤差の発生



マルチパスの種類



緯度経度情報による
車両の軌跡図 → 精度に問題

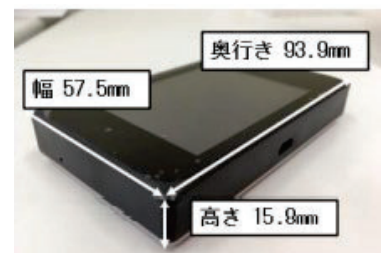
4. 検討中の軌道管理手法（コンセプト）

コンセプト

- 振動センサを内蔵した小型情報端末を利用する
- データ取得を、オンラインで可能とする
- 高頻度測定により、異常の早期発見を可能とする
- GPSの搬送波のドップラー効果を利用して、時間軸のデータを距離軸にて取得する
- 内蔵のジャイロセンサによって曲線の開始点・終点を検出し位置同定の精度を上げる

小型情報端末の要求仕様

- 3軸加速度・3軸角速度が測定できること
上下動・左右動以外に角速度から軌道状態を確認
- 衛星測位が利用できること
緯度経度情報以外にGPS速度が測定できること
- サンプリング周波数は50Hz以上のこと
- バンドパスフィルター使用（0.3Hz～10Hz）



使用した小型情報端末
W58 × D94 × H16mm
500g

4. 検討中の軌道管理手法（GPS速度の利用）

動揺データを距離軸で出力する方法

GPSの搬送波のドップラ効果により計測される「GPS速度」を用いる。
このGPS速度を積分した累積距離を距離軸として、動揺波形を出力する。

衛星と受信機を搭載した列車が「接近・離反」することによる周波数の変化分から速度を算出

単独測位による測定

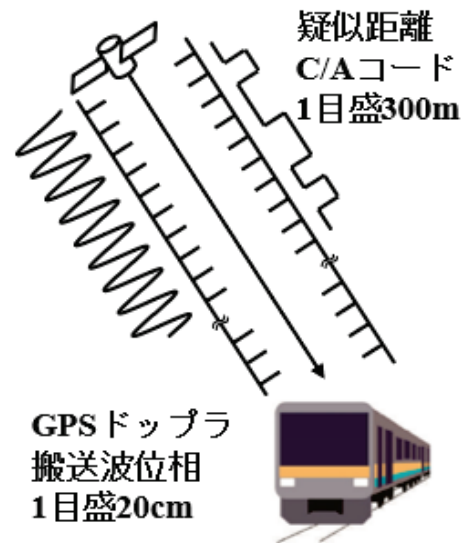
疑似距離 C/Aコード 1目盛300m



今回採用 GPSドップラ

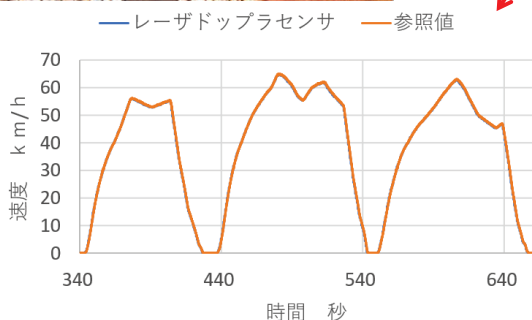
搬送波位相 1目盛20cm

$$\text{移動距離 [m]} = \text{GPS速度 [m/s]} \times 1 / \text{サンプリング周波数 [s]}$$



4. 検討中の軌道管理手法（GPS速度の検証方法）

測定精度±0.2%以内、再現性±0.1%以内の精度で測定できる、レーザドップラ速度計で検証



B鉄道事業者で実施

レーザドップラセンサ

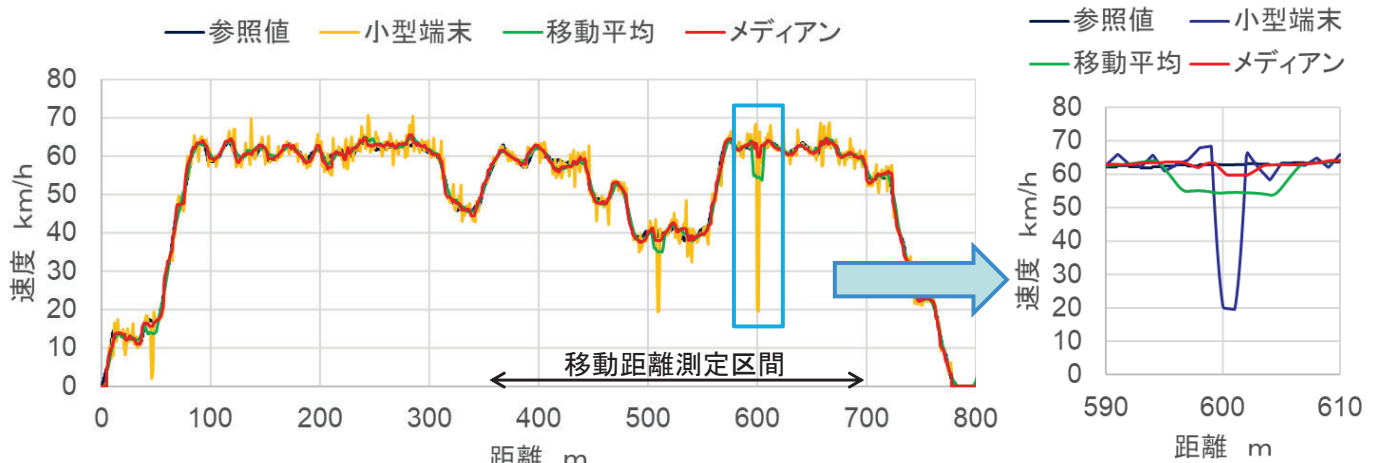
(参照値) 慣性計測装置
(GPSアンテナを屋根に設置)

A鉄道事業者で実施

小型端末(GPS内蔵、
アンテナは車室内)



4. 検討中の軌道管理手法（速度補正方法）



小型端末によって速度が低く測定され移動距離が短くなった箇所

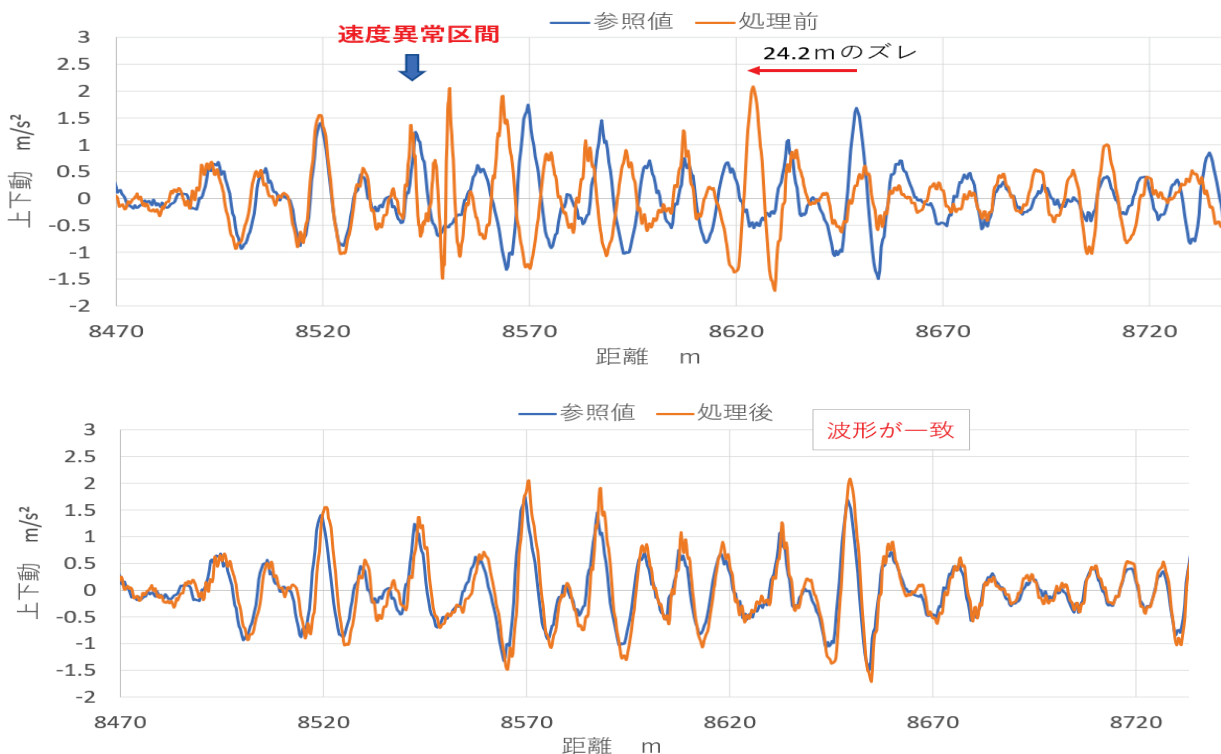
移動距離の測定値比較

	移動距離	参照値との差
参照値	347.31m	—
小型端末	325.74m	-21.57
移動平均	325.53m	-21.78
メディアンフィルター	346.37m	-0.94

- 小型端末：距離補正前
- 移動平均：前後10秒の値を平均したもの
- メディアンフィルター処理：データを小さい順に並べたときの中央の値（前後10秒間の値の中央値）

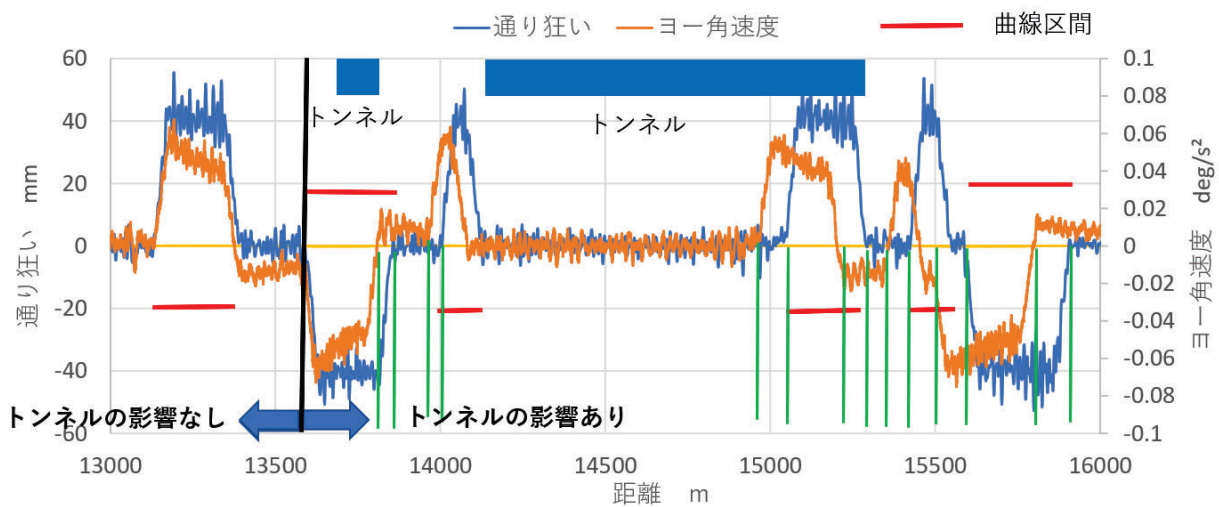
4. 検討中の軌道管理手法（速度補正結果）

メディアンフィルター処理による波形の位置同定結果



4. 検討中の軌道管理手法（位置同定精度向上方法）

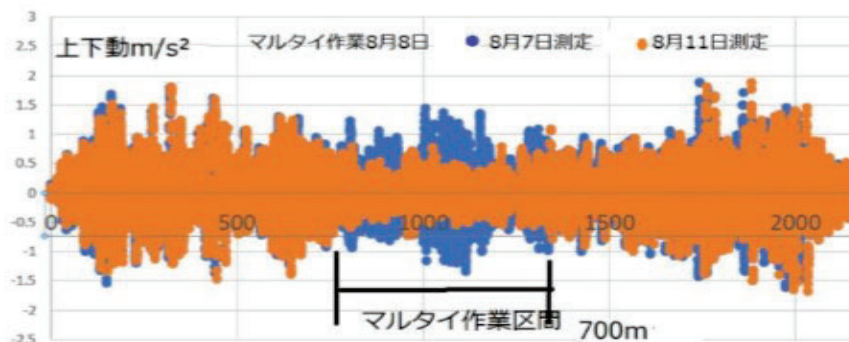
ヨー角速度による位置補正



- 軌道検測車による通り狂い(青線)は曲線区間と対応
- 小型端末(橙色の線)は、トンネル区間でGPS速度が正しく測定できなかったため、位置ずれが発生
- 小型端末で測定したヨー角速度は、曲線区間に対応するため、曲線の開始点・終点を検出して位置補正が可能

4. 検討中の軌道管理手法（作業効果の把握方法）

補修作業と動揺波形の関係性の把握



青色: 作業前
橙色: 作業後

マルタイ作業の前後の波形

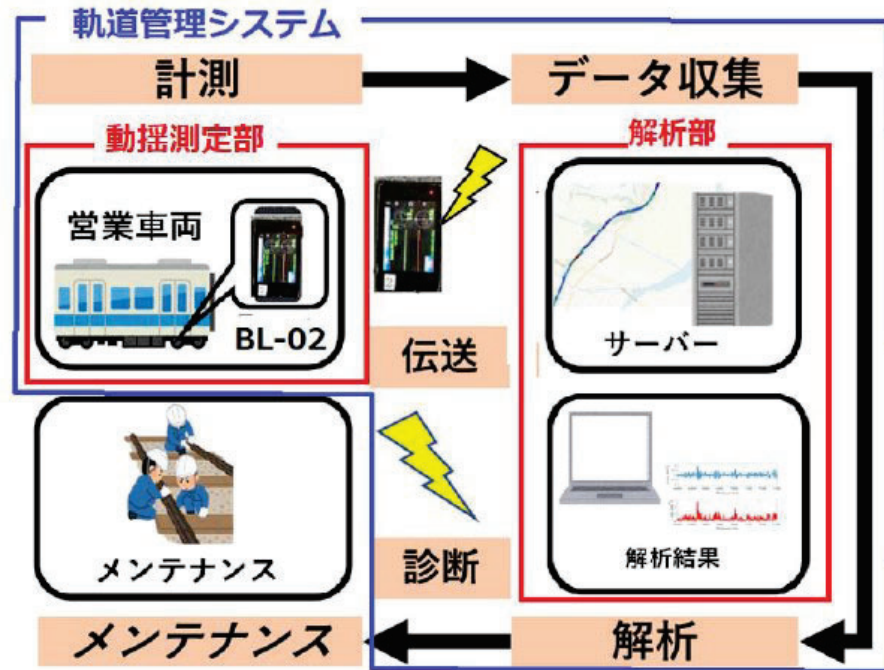
マルタイ作業

鉄の棒を碎石に差し込んで振動により締固め、軌道を良好な状態にする作業



4. 検討中の軌道管理手法（課題と今後の検討）

軌道管理システム



- 列車動揺データと軌道検測車による軌道検測データとの関係性の把握を進め、軌道状態の省力化監視手法の確立を図る。

4. 検討中の軌道管理手法（メリット）

	価格	測定速度	測定頻度	測定項目	備考
軌道検測車	高	営業列車速度	年1回	軌道狂い5項目	大手事業者が採用
簡易軌道検測装置	中	徒歩程度	年1回	軌道狂い5項目	主に地方鉄道事業者が採用
列車動揺検査	低	営業列車速度	年2回～4回	列車の上下動・左右動	軌道狂い5項目の原因による列車動揺



	価格	測定速度	測定頻度	測定項目	備考
小型情報端末による軌道管理手法	最低	営業列車速度	毎日	上下動・左右動	

地方鉄道で導入可能なシステム

1. 保安度の向上 高頻度な測定による軌道状態の把握
急峻に劣化する軌道狂いの検出
2. 管理費用の低減 省力化による測定費用の低減
3. 導入コストの低減 小型情報端末を活用し導入コストの低減

5. まとめ

- **地方鉄道において軌道管理の省力化**を実現するため、小型情報端末を列車動揺の測定に活用した新たな手法を検討し、コンセプトと要求仕様を提案
- **線路方向の位置情報を把握**するため、GPS速度情報を積分して位置情報を得る手法について検証し、速度データのフィルター処理による補正が有効であることを確認
- **軌道状態と列車動揺との関係性**を定量的に把握し、軌道の補修作業が行われた区間では動揺が低減したことなどを確認
- **軌道状態の省力化監視手法の確立に向け**、動揺データと軌道検測データとの関係性の把握を進め、地方鉄道の技術者が利用可能となるよう「日々の測定データをサーバに送り、サーバで解析・診断を行い、補修の指示」の自動化を目指す

参考文献名

(1) 篠田憲幸, 佐藤安弘, 緒方正剛, 森裕貴, 綱島均, 松本陽: 小型情報端末を活用した地方鉄道における軌道管理手法の構築, 鉄道工学シンポジウム論文集, 第24号, pp.39-46, 2020.

(2) 篠田憲幸, 佐藤安弘, 緒方正剛, 綱島均, 松本陽: 小型汎用情報端末を活用した列車動揺検査手法の開発, 第27回鉄道技術・政策連合シンポジウム, S2-2-3, 2020

(3) 篠田憲幸, 佐藤安弘, 緒方正剛, 綱島均, 松本陽, 朝山翔太: 列車動揺検査におけるGPS速度を用いた位置同定手法の提案, 第27回鉄道技術・政策連合シンポジウム, S2-2-4, 2020

(4) 篠田憲幸, 佐藤安弘, 緒方正剛, 綱島均, 松本陽: 列車動揺検査におけるGPS速度の補正方法について, 日本機械学会関東支部3年3月

(5) 篠田憲幸, 森裕貴, 水間毅, 綱島均: GPS速度の精度検証と列車動揺検査への活用について, 電気学会研究会交通・電気鉄道リニアドライブ合同研究会, pp.109-113, 2020.

新技術を含む公共交通の地域に応じた 導入促進評価に関する取組

交通システム研究部 研究員 小林 貴

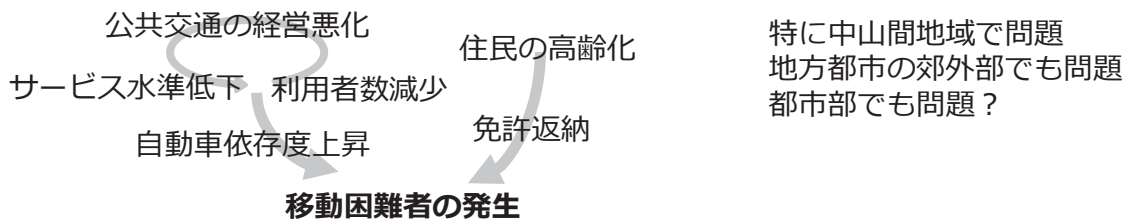
講演内容

はじめに

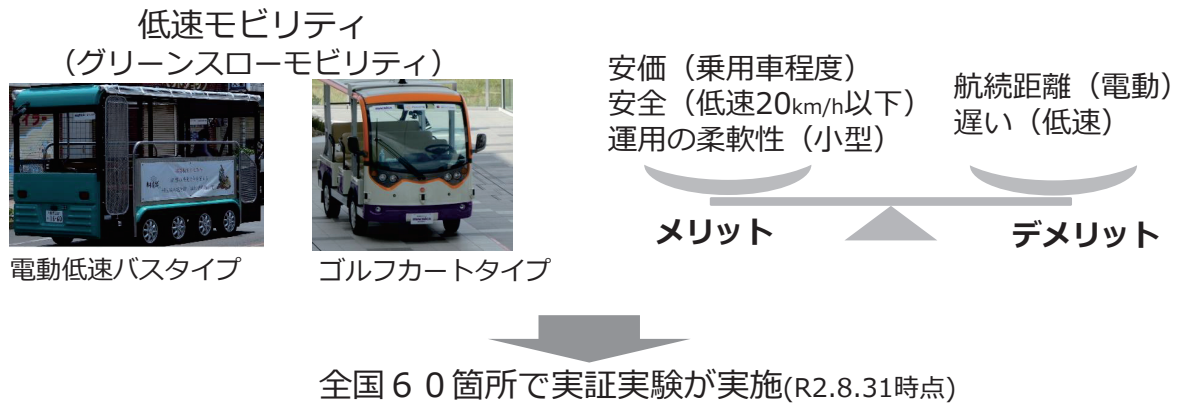
1. 導入支援ツールの概観
2. 移動困難な地域の特性の分析
3. 潜在的な移動需要の推定手法の開発
4. 既存交通への影響の評価方法の検討
5. まとめ

はじめに

●移動困難者の問題

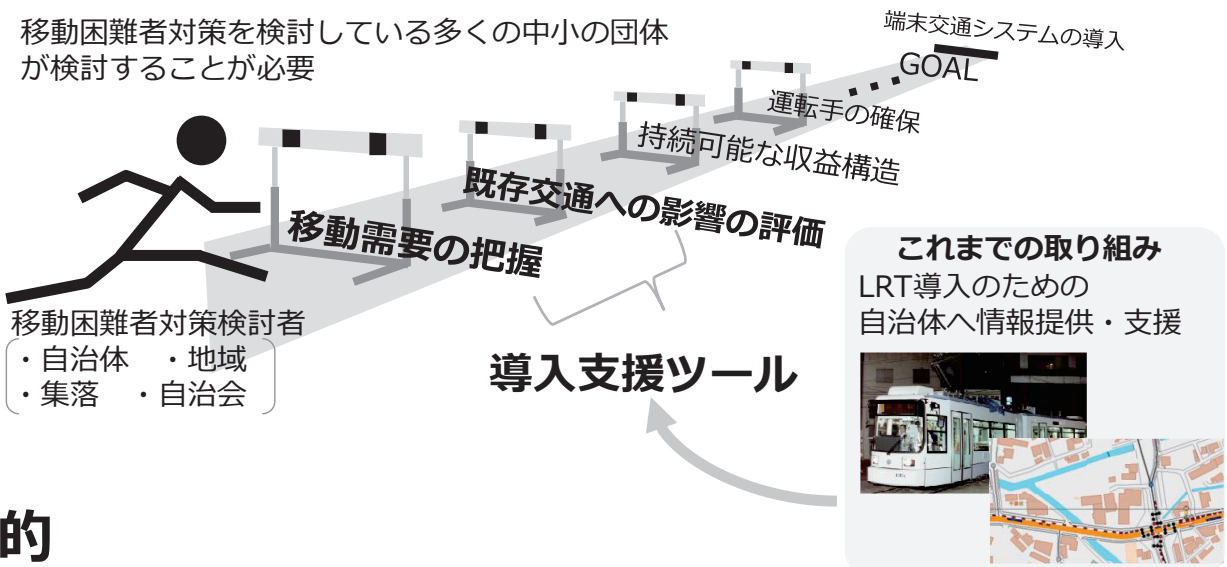


●低速モビリティの活用が着目



はじめに

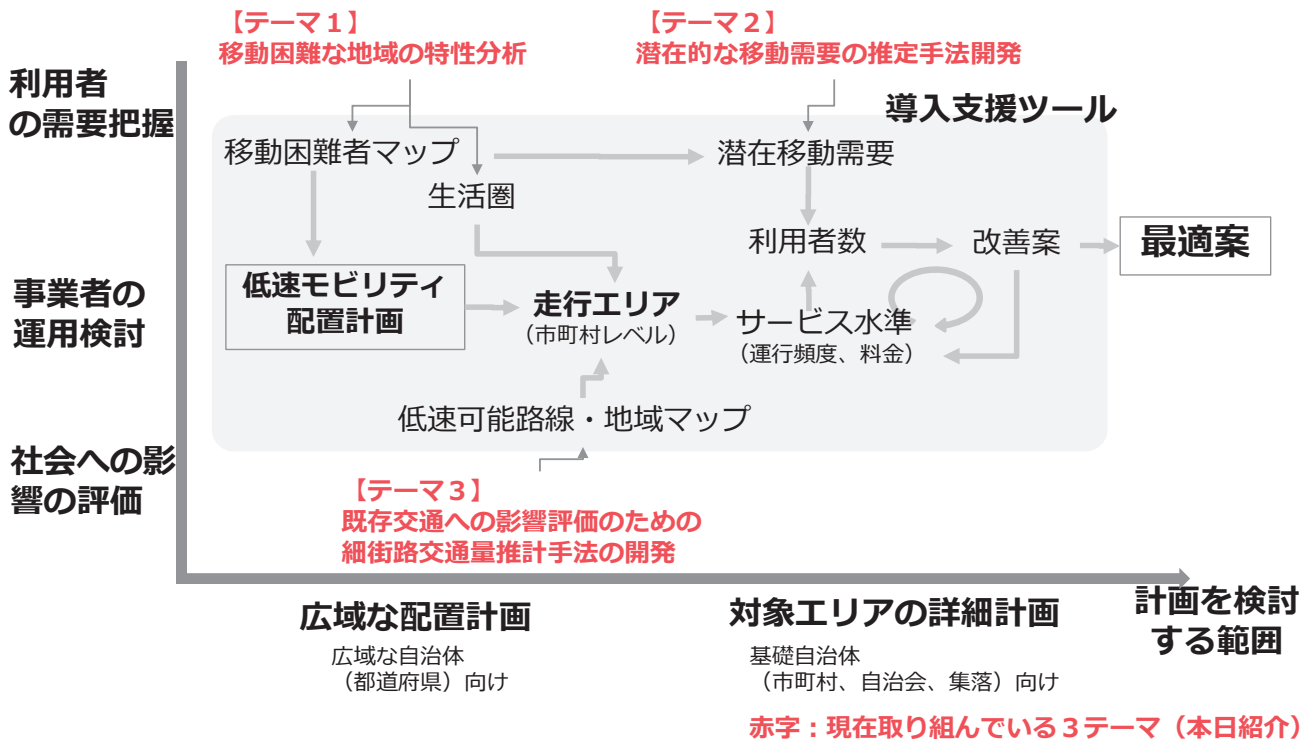
●低速モビリティを末端交通として普及させる課題



目的

低速モビリティの導入を支援するためのツール開発に向けた取り組み（3つの研究テーマ）を紹介

1. 導入支援ツールの概観



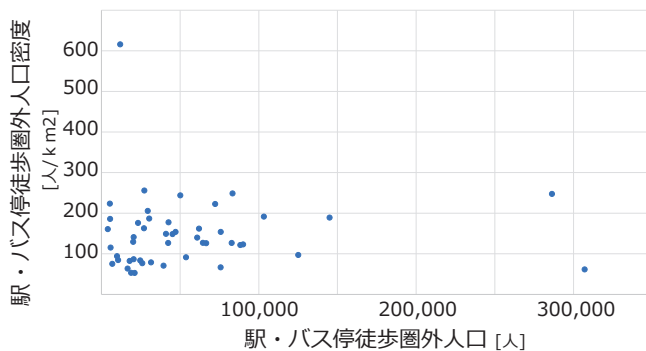
2. 移動困難な地域の特性の分析

答えたい問い・方法

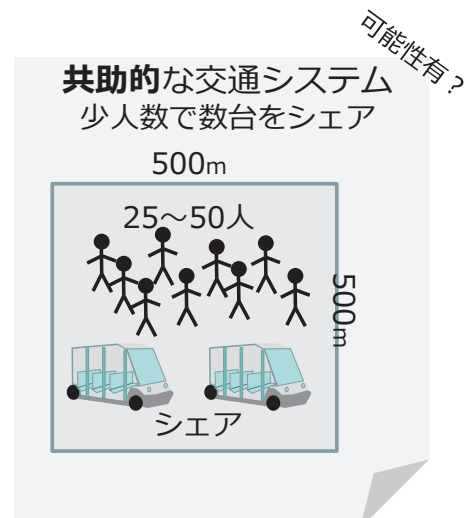
- 移動が困難な人はどんなところにどのくらい居住しているか？
- そのような地域はどんな地理的特性を有しているか？
- 低速モビリティを適用可能なエリアはどのくらいあるか？

GIS (地理情報システム) の情報を用いて移動困難な地域の特性を分析

移動が困難な人の量と密度



- 駅・バス停にアクセスしにくい人は 100~200 [人/1 kmメッシュ] 程度の密度で居住
- このような地域が平均300[メッシュ/県]存在

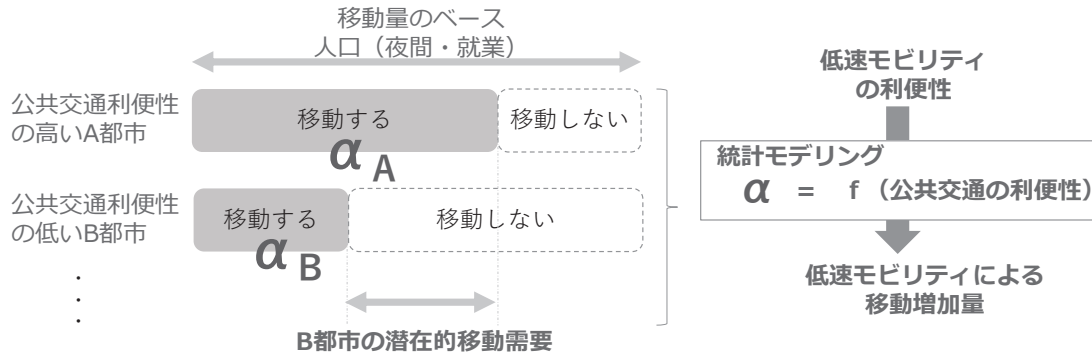


3. 潜在的な移動需要の推定手法の開発

答えたい問い・方法

- 移動を我慢している人が地域にどのくらいいるのか？

- PT調査の発生モデルのパラメータ（人口に対する移動の発生量）をメタ分析



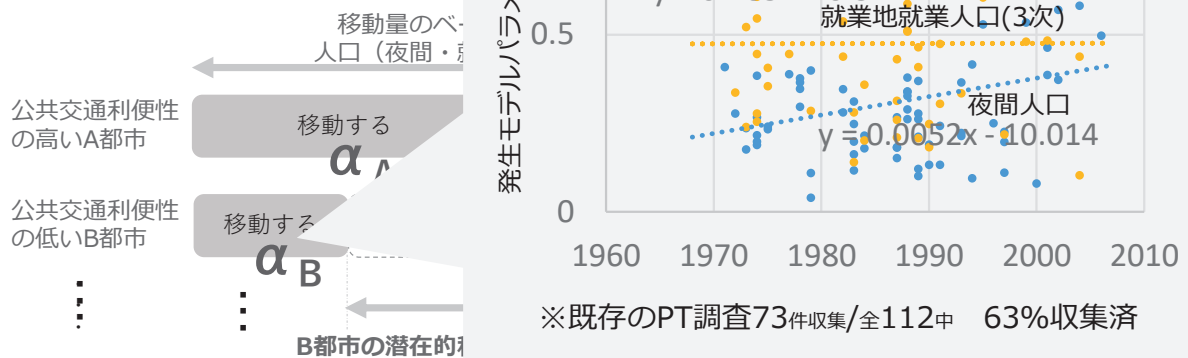
※PT調査

- ・ 1968年以降30万人以上の都市を対象にのべ100回以上実施
- ・ 同じ手法で推定されたパラメータ（人口あたりのトリップ数）を長期で比較可能

3. 潜在的な移動需要の推定手法の開発

- 移動を我慢している人が地域にどのくらいいるのか？

- PT調査の発生モデルのパラメータをメタ分析



4. 既存交通への影響の評価方法の検討

答えたい問い・方法

- 低速なモビリティでも交通の負荷の小さい路線とは？
- それを知るための交通量データをどうやって得るか？

交通量は主要な幹線道路しか把握されていない

	細街路	幹線道路
路線種別	市町村道	高速道路, 国道, 県道
交通量調査	無	道路交通センサス 5年に一度
道路延長 km	1,055,905	206,218

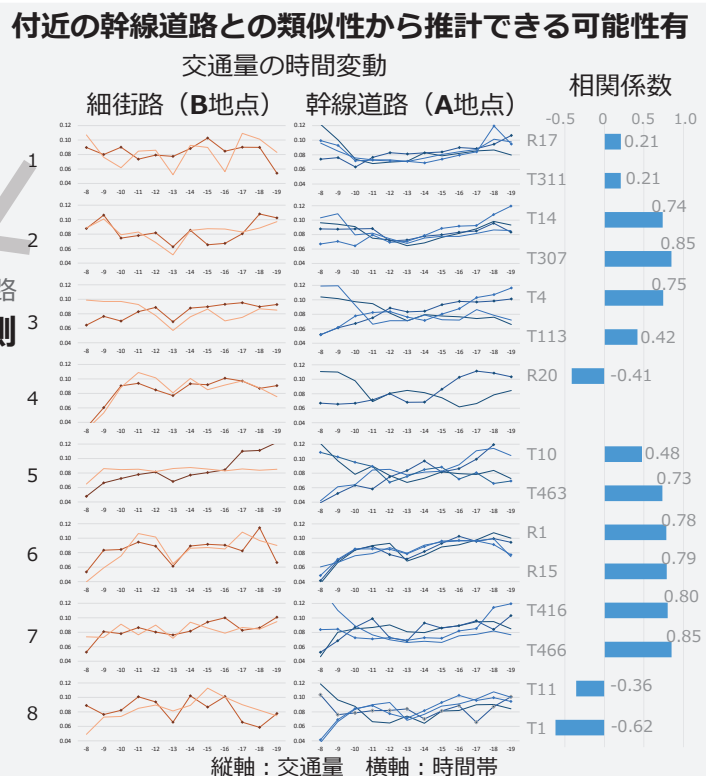
低速モビリティの活用領域

幹線道路的な細街路 (B地点)
 付近の幹線道路の交通量との類似性
 を利用した推計の可能性
生活道路的な細街路 (C地点)
 土地利用情報を用いた面的な推計の
 可能性



4. 既存交通への影響の評価方法の検討

4-1 幹線道路的な細街路



4. 既存交通への影響の評価方法の検討

4-2 生活道路的な細街路



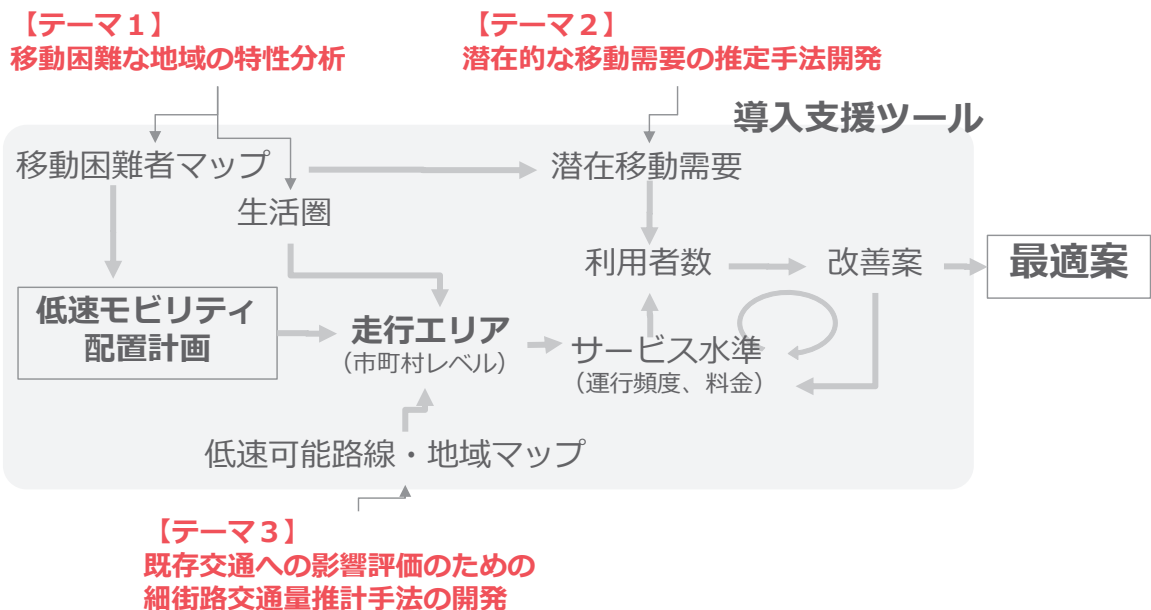
土地利用変数から推計できる可能性有

説明変数	メッシュ交通密度[台/km ²]		
	全線	幹線道路的細街路	生活道路的細街路
商業・業務用地割合	0.3 **		0.26 **
一般低層住宅地割合	-0.1*	-0.3**	-0.2*
密集低層住宅地割合		-0.2*	
駅数	0.16**		0.16*
駐車場数		0.49**	
中心からの距離	0.19**		
道路用地割合	0.27**	0.15	0.28**
支線延長		-0.2	
細線延長	-0.1**		-0.2*
決定係数	0.75	0.56	0.80
サンプル数	104	51	104

*有意水準P<5% **有意水準P<1%

5. まとめ

● 移動困難者に対する交通手段として新たに出現した低速モビリティの導入支援ツールを検討中。以下の3つのテーマに取り組中。



5. まとめ

● 今後、地域の末端交通手段の確保にむけて、低速モビリティ導入支援ツールの検討を進め、末端交通手段の確保を検討する自治体や地域に対する情報提供・技術的支援面で貢献していく

● さらに、持続可能な交通システムの構築に必要な採算面の課題や脱炭素社会の実現に対して、人と物の移動の効率化を含め広く検討を行う予定



新しい列車制御システムに対応した 安全性評価手法に関する取組

交通システム研究部 主任研究員 工藤 希

講演内容

1. はじめに
2. 背景
3. 安全性評価
4. 新しい列車制御システムに対応する
安全性評価手法の検討
5. まとめ

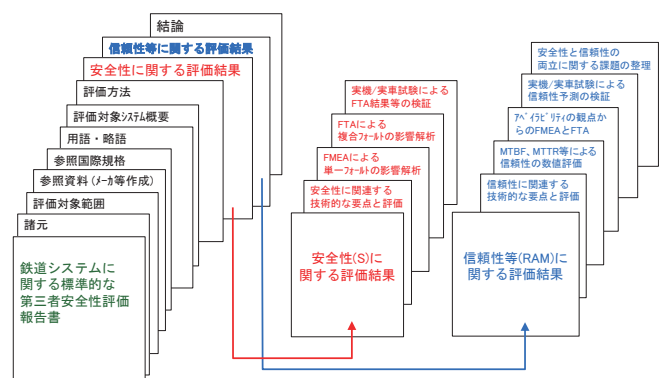
1. はじめに

- 交通安全環境研究所は鉄道技術に関する第三者機関としての安全性評価に数多く取り組んできた
- その中で、国内外の列車制御システムに対する安全性評価にも対応
- 近年では、新しい列車制御システムの導入検討が進んでいる

➡ 新しい列車制御システムに対応する安全性評価手法と、今後の方向性について検討を行った

2. 背景

- 鉄道信号分野における安全性評価は、新しいシステムや改修したシステムに対して、技術的な観点から、安全上の問題がないかについて評価をおこなうもの
- 鉄道システムの輸出に際し、その安全性を相手先に証明する方法として、第三者評価（安全性評価又は機能安全関連の国際規格への適合性評価／認証）を受けることが一般化
- 第三者評価には、規格適合性評価、認証と、技術的な安全性評価に大別
- 第三者による技術的な安全性評価も、機能安全関連の国際規格を参照して行われることが多い

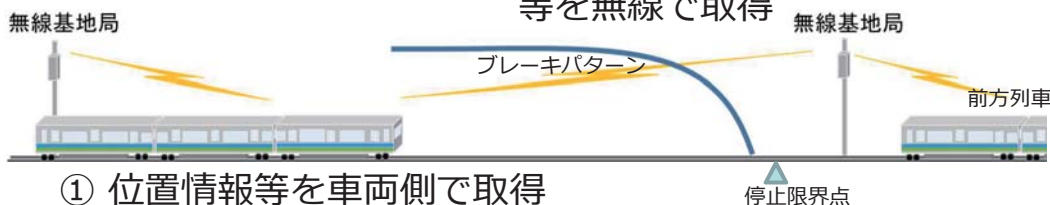


2. 背景

近年では、無線を使った新しい列車制御システム（CBTC、ATACS等）の導入・検討が進んでいる

② 取得した列車位置等を無線により地上装置に伝送

③ 停止限界情報等を無線で取得



① 位置情報等を車両側で取得

④ 停止限界情報等により
ブレーキパターン演算・制御

➡ 新しい列車制御システムに対応した安全性評価手法の確立が必要

3. 安全性評価

鉄道信号分野における安全性評価※は、新しいシステムや改修したシステムに対して、技術的な観点から、安全上の問題がないかについて評価をおこなうもの



新しいシステムや
改修したシステム等

※機能安全関連の国際規格への適合性評価／認証も広義の安全性評価に含まれるが、本報告ではこの定義に基づく。

事業者・メーカー等が作成した、システムの技術内容及び設計仕様等に対し、リスク分析に基づいた定量的評価や、システムの安全管理にかかわる定性的な評価などを行なう



設計安全性評価

3. 安全性評価

設計安全性評価の基本的な手順

① 対象とする段階、範囲等を決定

Ex) 走行試験等の有無、評価済み装置等との差異の確認

② 評価対象資料の確認

- 設計図書
- リスク解析結果
- …ハザード分析、FMEA/FTA等



3. 安全性評価

FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) :
システムに起こりうる故障モードを予測し、考えられる原因や影響を事前に解析・評価する手法

FMEAの例

アイテム	機能	故障モード	故障影響	故障原因	対策前			低減策	対策後		
					頻度	深刻度	リスクレベル		頻度	深刻度	リスクレベル
例) 機器A	速度照査機能	速度認識誤り	列車どうしの衝突	ハードウェア故障	低い	重大	望ましくない	多重系構成を採用、故障診断機能を付加	起こり得ない	重大	許容できる
...											

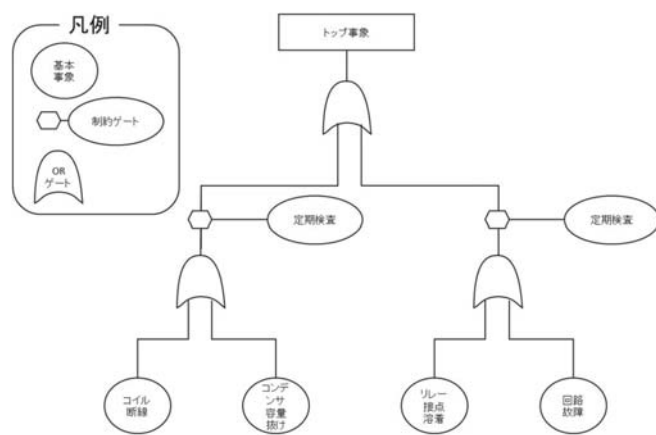
故障の影響の発生頻度と深刻度のレベルとのマトリクスの例

頻度	深刻度のレベル			
	I: 重要でない	II: 軽微	III: 重大	IV: 壊滅的
5: 頻繁に起こる	望ましくない	許容できない	許容できない	許容できない
4: 起こり得る	許容できる	望ましくない	許容できない	許容できない
3: 時々起こる	許容できる	望ましくない	望ましくない	許容できない
2: 低い	無視できる	許容できる	望ましくない	望ましくない
1: 起こり得ない	無視できる	無視できる	許容できる	許容できる

3. 安全性評価

FTA (Fault Tree Analysis) :

発生が好ましくない事象に対して、その事象を引き起こす要因を連鎖的に展開し、因果関係を樹形図に図示し、対策を打つべき発生経路および発生要因、発生確率を解析する手法



FTAの例

4. 新しい列車制御システムに対応する安全性評価手法の検討

- 列車位置等の伝送に無線を使う等、新しい列車制御システムは導入・検討が進んでいるところ
- 輸送密度等によって様々なシステムが想定される

都市鉄道向け無線式列車制御システム (CBTC)
仕様共通化検討会とりまとめ
<https://www.mlit.go.jp/common/001394016.pdf>



都市鉄道向けの高頻度運行を可能とするシステム

地上装置に起因する輸送障害の減少
高頻度運行が可能
遅延回復効果が高い

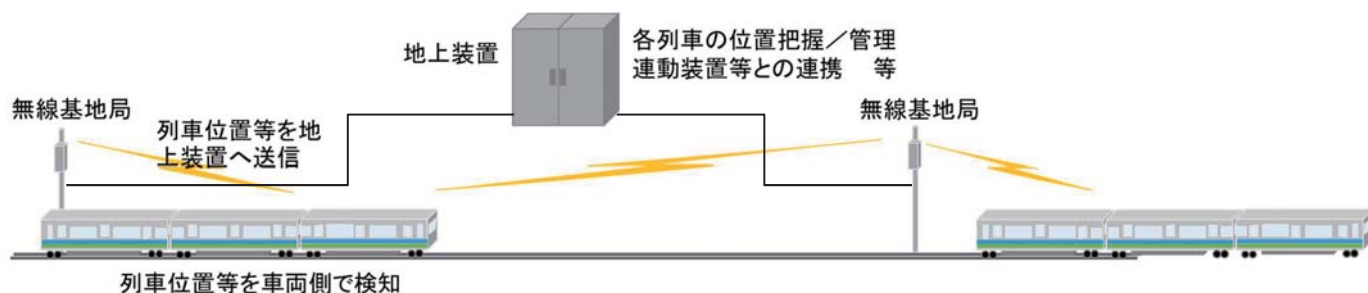
路線ごとに様々な装置構成が想定される



地方鉄道向けの低頻度運行を前提としたシステム

地上設備の簡素化
保守の効率化・省力化に期待

4. 新しい列車制御システムに対応する安全性評価手法の検討



【安全性評価の主なポイント】

- ・ 軌道回路式と同等の列車在線検知、閉そくの確保
- ・ 無線通信の信頼性、安定性（ノイズ対策、耐久性等）
- ・ 車上装置/地上装置の故障による影響と非安全事象の発生頻度
- ・ 無線通信途絶時の安全性担保（衝突/追突防止等）
- ・ 制御データ伝送の確実性（データ変化等のチェック）
- ・ 無線通信に関するセキュリティ（改ざん、なりすまし対策）
- ・ 国際規格との関連
- ・ FMEA/FTA等によるリスク解析

評価対象
システム
設計資料

（依頼元提示）



4. 新しい列車制御システムに対応する安全性評価手法の検討

- ・ これまでのFTA/FMEAは、多大な実績を有するが、機器の相互作用及び時間的遷移を伴うなどの複雑な事象の解析が難しい

	FMEA/FTA	STAMP/STPA
手順	FMEAにより、システムに起こりうる故障モードを予測し、考えられる原因や影響を事前に解析・評価し、その結果、発生が好ましくない事象に対して、FTAにより評価する	ハザードはシステムの中で安全のための制御をおこなう要素（コントローラ）と制御される要素（被コントロールプロセス）の相互作用が働かないことによって起きるというアクシデントモデル
メリット	部品レベルまで細分化して分析できるため、深い分析が可能	マクロな視点で機器の相互作用及び時間的遷移を含む解析を得意とする
デメリット	機器の相互作用及び時間的遷移を伴う等複雑な事象の解析に難	部品レベルに遡る解析には作業が膨大となることが想定される

STAMP…System Theoretic Accident Model and Processes

STPA…STAMP based Process Analysis

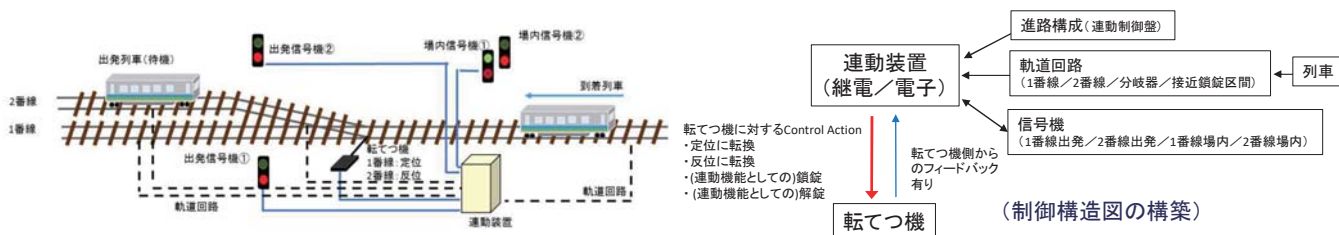
4. 新しい列車制御システムに対応する安全性評価手法の検討

- STAMP/STPAは2012年にマサチューセッツ工科大学の Leveson教授が提唱した要素間の相互作用と動的な遷移を考慮した安全解析手法
- 情報処理推進機構（IPA）の解説書では、踏切を例に解析されている
- 自動車等の他の交通モードにおいても、STPAを実施している事例が増えてきている

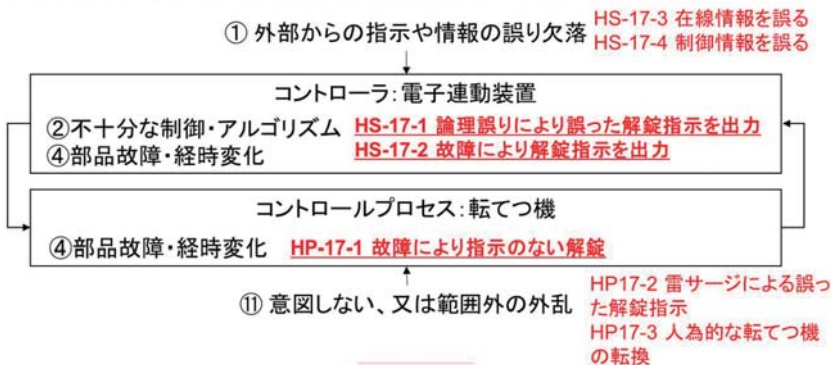


情報処理推進機構, "はじめてのSTAMP/STPA"
<https://www.ipa.go.jp/sec/reports/20160428.html>

4. 新しい列車制御システムに対応する安全性評価手法の検討



解錠指示 早すぎると 分岐器から進出前の車両が脱線 安全制約「列車が分岐器上に在線中は鎖錠しなければならない」に違反



ハザード誘発要因	対策
HS-17-1 論理誤りにより誤った解錠指示を出力	設計段階・製造段階での検査
HS-17-2 故障により解錠指示を出力	定期検査
HP-17-1 故障により指示のない解錠	定期検査

簡単な連動装置を対象に解析した例

4. 新しい列車制御システムに対応する安全性評価手法の検討

現時点でRAMS関連規格に明記されている評価手法にはSTAMPは含まれていないものの、手法としてはRAMS関連規格であるIEC 62425において、安全性水準（SIL）の高レベル製品での利用がHR(Highly Recommend)であるHAZOPの誘導語をより具体的にしたものと考えられる

➡ 今後も活用事例を増やし、検討を進める

HAZOP (Hazard and Operability Studies)
…1960年代、英国ICI社が、自社開発の新規化学プロセスを対象として、誘導語（Guide Word）を使って潜在危険性をもれなく洗い出し、それらの影響・結果を評価し、必要な安全対策を講ずることを目的として開発されたプロセス危険性の特定手法。

IEC 62425（鉄道信号システム）

Table E.6- Failure and hazard analysis method (referred to in 5.4)

Techniques / Measures	SIL 1	SIL 2	SIL 3	SIL 4
Preliminary hazard analysis	HR	HR	HR	HR
Fault tree analysis	R	R	HR	HR
Markov diagrams	R	R	HR	HR
FMECA	R	R	HR	HR
HAZOP	R	R	HR	HR
Cause-consequence diagrams	R	R	HR	HR
Event tree	R	R	R	R
Reliability block diagram	R	R	R	R
Zonal analysis	R	R	R	R
Interface hazard analysis	R	R	HR	HR
Common case failure analysis	R	R	HR	HR
Historical event analysis	R	R	R	R

PHA should only be considered at the early stages of the development. When precise technical information is available, during the design, the other methods should be preferred.

4. 新しい列車制御システムに対応する安全性評価手法の検討

新しい列車制御システムに対する安全性評価を実施する際の主な課題

- 評価基準は何か
 - "従来の装置と同等かそれ以上"の判断が難しい
 - 定量的な安全性の算定方法と、基準値の設定をどうするか？
- 「境界」で抜け漏れを起こさないように
 - 評価対象装置と対象外装置とのインターフェース
 - 事業主体とメーカーとの責任分担
 - 議論を重ねて抜け漏れを減らしていくことに意味があるため、評価には手間と時間がかかる
- 規格適合性評価／認証との併存
 - 規格適合性評価だけではカバーできない部分は何か？

5. まとめ

- 鉄道信号分野における安全性評価は
 - 新しいシステムや改修したシステムに対して、技術的な観点から、安全上の問題がないかについて評価をおこなうもの
 - これまで交通安全環境研究所では、国内外のシステムに対して安全性評価を実施してきた
 - 一方、国外向けシステムの安全性証明手段としては国際規格への適合性評価／認証を受けるケースが増加
- 近年では、CBTC等の無線を使った新しい列車制御システムの導入・検討が進んでいる
- 新しい列車制御システムに対応するため
 - 従来のFMEAやFTAに加え、相互作用及び時間的遷移を伴うなどの複雑な事象を対象とするSTAMP/STPAの活用を検討
 - 評価基準の設定や、特に評価対象外装置を含むシステムにおいて安全上の方策に抜け漏れがないかを確認する方法等について引き続き検討
- 今後も安全性評価を通じて、鉄道分野の発展に寄与していきたい

CBTC開発・導入における 国際規格の活用について

交通システム研究部 主席研究員 長谷川智紀
(前 鉄道認証室 主席研究員)

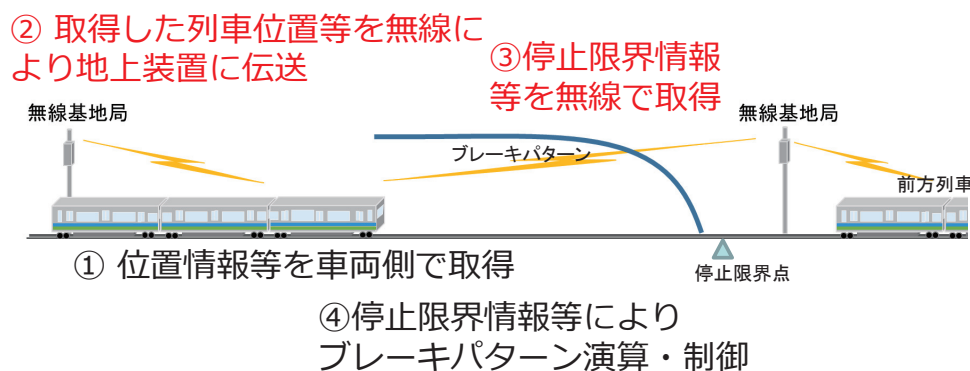
講演内容

1. 鉄道認証室の生い立ち
2. CBTCの特徴
3. 無線化による検討事項
4. 国際規格と規格適合
5. CBTCに適用される規格 (例)
6. CBTCに適用される規格が求めること
7. 規格を活用することの利点
8. まとめ

1. 鉄道認証室生い立ち

- 2008年6月 交通政策審議会 鉄道部会による提言
「今後、我が国の製品の国際規格への適合性評価のあり方を検討する必要がある。」
- 2012年9月 我が国初の鉄道分野の製品認証機関として認定を取得
(認定対象規格IEC 62425)
- 2016年9月 2規格の認定を取得
(認定対象規格IEC 62279、IEC 62280)
- 2018年5月 かねてより要望が多かったIEC 62278 (RAMS) の認定を取得
- 2021年4月 認証対象のRAMSライフサイクルを第9Phaseまで拡大
(認定取得のためのプレ認証案件の申請待ち)

2. CBTCの特徴



無線通信を使うことが特徴

いままでの信号システムでは、
保安情報は、有線による、1対1通信かクローズドネットワーク
ただし、レール・車上受電器間や、地上子・車上子間は近接通信
のため、意図的な攻撃等については考慮していない。

オープンエリアにおける無線通信による保安情報を送受

3. 無線化による追加検討事項

無線化に伴う新たに検討すべき事項例

- データの連続受信
 - データの消失
 - データの挿入
 - データの順番の変更
 - データの破壊
 - データの遅延
 - データの偽装
 - データが受信できない
 - 他者にデータを受信される
 - データの正確性
- 他

検討すること多数！！
どこまで、検討しておけばよいか？
説明責任はどのようにすれば果たせるか！？


4. 国際規格と規格適合

○PL指令※への対応

※PL指令：欠陥製造物に対する賠償責任に関する加盟国の法律、規制及び行政規定の等質化についての欧州諸共同体（EC：European Communities）閣僚理事会指令

以下のいずれかをメーカーが立証できた場合、メーカーが製造物責任を問われない。

- a.流通させなかったこと
- b.流通時点では欠陥がなかったこと
- c.販売目的で製造された物でなかったこと
- d.規制当局の指示で欠陥が発生したこと
- e.当時の科学・技術的水準では、欠陥の発見は不可能だったこと
(開発危険の抗弁)
- f.部品の場合、完成品側の設計に欠陥があったこと

 機能安全規格である
IEC 61508へ適合することで対応

4. 国際規格と規格適合

○機能安全規格とは、

技術仕様規格



試験により規格適合を証明

例：環境規格等

機能安全規格

技術的機能：安全性の技術的な達成

組織的機能：安全性達成業務のマネジメントの遂行



両機能による安全性達成

各種証拠文書が

規格に適合していることを証明

ex. IEC 61508, IEC 62425



「認証」による証明

5. CBTCに適用される規格（例）

- **技術要件** IEEE 1474、IEC/TS62773
- **機能安全** IEC 61508、IEC 62425
- **RAMS** IEC 62278
- **ソフトウェア** IEC 62279
- **通信** IEC 62280
- **セキュリティ** IEC 62443



通信とセキュリティで何が求められるか？

6. CBTCに適用される規格が求めること

IEC 62280と情報セキュリティの要素との比較

	情報セキュリティ	IEC 62280
機密性	○	× 情報の機密性を求めている
完全性	○	○ 削除、挿入、破壊
可用性	○	× 脅威に対する対策のため
真正性	△	○ なりすまし
責任追跡性	△	×
否認防止	△	×
信頼性	△	○ 重複、順序誤り、遅延

○：維持を求める △：維持を求めることができる ×：維持を求めている

6. CBTCに適用される規格が求めること

○安全対策と情報セキュリティ対策の違い

安全対策

- 一度対策を行えば、システムの変更を行わない限り、継続的に有効
- その対策システムが故障した場合、当該機器等の交換を行うことにより対策の効果を復元することが可能

情報セキュリティ対策

- 一度脆弱性として確認された場合、その対策は有効ではなくなる
- システムの状態変化が生じる際、第三者による介入の余地が生じる可能性がある
- セキュリティ対策を設計した時点に比べ、攻撃者側の攻撃力の強化が想定される



- Operation & MaintenanceやIEC 62278のRAMSライフサイクルの観点に加え、セキュリティ対策の機能維持を継続的に行うことが重要
- 悪意を持った通信設定の改変などの脅威へのセキュリティ対策も必要

6. CBTCに適用される規格が求めること

- IEC 62280で検討が求められていること
 - 通信環境の把握と、SILに基づく通信におけるリスクの対策

Table 1 – Threats/defences matrix

Threats	Defences							
	Sequence number	Time stamp	Time-out	Source and destination identifiers	Feed-back message	Identification procedure	Safety code	Cryptographic techniques
Repetition	X	X						
Deletion	X							
Insertion	X			X ^a	X ^b	X ^b		
Re-sequence	X	X						
Corruption							X ^c	X
Delay		X	X					
Masquerade					X ^b	X ^b		X ^c

^a Only applicable for source identifier. Will only detect insertion from invalid source. If unique identifiers cannot be determined because of unknown users, a cryptographic technique shall be used, see 7.3.9.

^b Application dependent.

^c See 7.4.3 and Clause C.2.

その対策が**十分**かの検討したエビデンスが必要

- ex. CRCを32bit→32bitで十分である理屈は？
シーケンスナンバーを3桁→3桁で十分である理屈は？

6. CBTCに適用される規格が求めること

- 車上主体型列車制御システムにおける情報セキュリティ対策

IEC 62280

- 鉄道の安全関連装置の設計時に検討すべき性能については記述されているものの、その性能の維持に関する要求事項は見受けられず

JIS Q 27001・IPAガイドライン

- JIS Q 27001や、IPAのガイドラインでは、情報セキュリティへの対策のみならず、情報セキュリティへの取組として、製品のライフサイクルを「企画」「開発」「運用」「廃棄」のフェーズ毎の取組方針を定めることが望まれている

IEC 62280
に追加

- ライフサイクル全般にわたる、**情報セキュリティ性能を維持するための計画、マネジメントシステムの策定**
- 第三者及び内部からの**攻撃を受けた際の対策の検討**、具体的には、その事象及び状況の**記録、解析方法及び対処方法の検討とその実行及び評価**
- ライフサイクル全般を含めた**セキュリティ対策の検討、実行及び評価**（管理も含む）
- 運行開始、運行中（システム間ハンドオーバーも含む）、運行停止及びシステム更新時等**各状態における情報セキュリティ上のリスクと対策の検討**
- 策定された計画に基づく**活動の実施及び評価**

7. 規格を活用することの利点

- 最低限検討すべき事項が示されている
 - 具体的な対策が示されているわけではないため、技術的な対策検討は必要
 - 導入先の安全に関する考え方等を事前に調査・検討は必要
- (海外では) PL法の説明責任を果たしたことになる
- 同じ視点で説明されるので比較がしやすい
 - 検討事項が同じように整理されるため、他者との比較が可能
- 第三者による認証制度が利用できる
 - 規格適合状況を、第三者機関に委ねることが可能

8. まとめ

- 既存の信号システムと、CBTCの違いについて説明
- 国際規格への適合は、説明責任を果たすにあたって、有効なツール
- 通信の規格はセキュリティ規格の完全性への対策のみ
- CBTCの開発に当たっては、今までの安全性に通信への対策を加えるとともに、セキュリティに関するライフサイクルの考え方を加えることが有効