

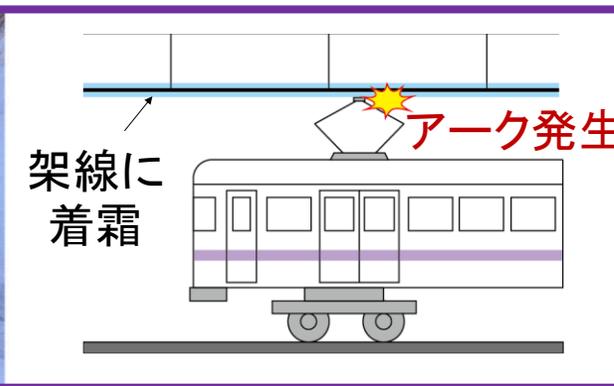
防災技術に関する最近の研究開発

防災技術研究部長 布川 修

背景と目的(気象災害に対する防災技術の研究方針)

Railway Technical Research Institute

気象災害による鉄道の被害を軽減・防止する技術



- 激甚化する気象災害
- 働き手不足

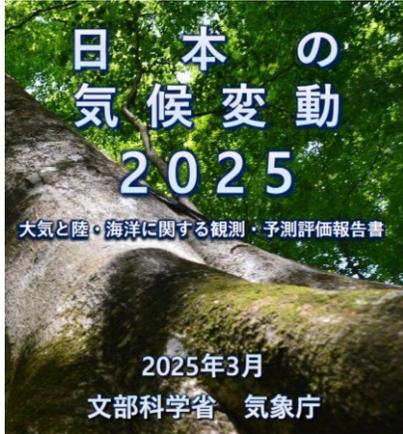


安全性を向上させつつ、効果的・効率的な対策に資する技術の提案

【写真の引用】雨、風化：鉄道総研、事故に学ぶ鉄道技術 災害編(2012) 風：鉄道事故調査報告書(2008) 雪：鉄道事故調査報告書(2016)

1. 防災技術に関する最近の研究開発
(本日の発表の位置づけ)
2. 防災技術に関する研究概要

日本の気候変動①



【降水(観測結果)】

- **極端な大雨**: 発生頻度が増加しており、強い雨ほど増加率が高い
 - 1年で最も多くの雨が降った日の降水量(年最大日降水量)も増加傾向
 - 一方、日降水量が1.0mm未満の日も増加
- **年降水量**: 過去約130年間を通じた変化傾向は確認できない

【近年の大雨に見られた地球温暖化の影響】

雨の降り方が極端になっている

例えば、平成30年7月豪雨(2018年6月28日~7月8日)では

- 地球温暖化の影響により、瀬戸内地域における「50年に一回のレベル」の3日間降水量の発生確率が約3.3倍となっていた
- この約40年間における日本域の気温上昇により、西日本の期間積算降水量が約6.7%底上げされていた

日本の気候変動②

【降雪】

観測結果

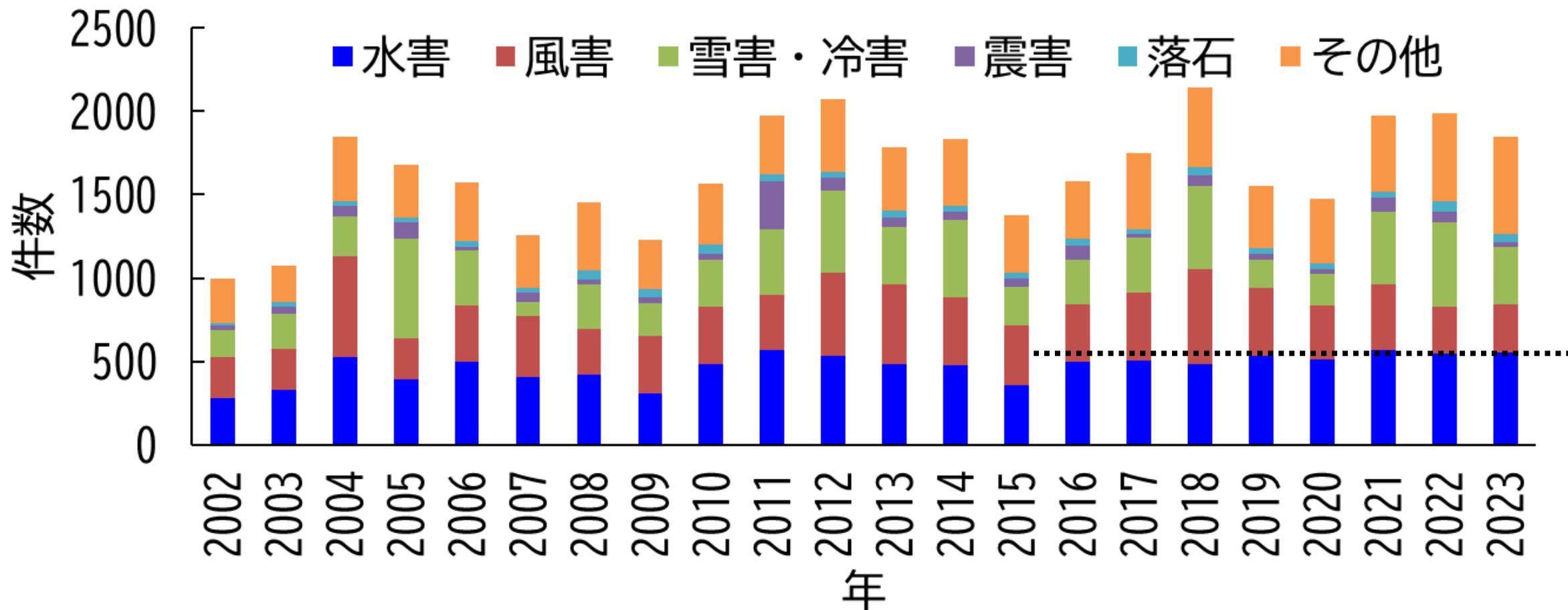
- 1962年以降に観測された日本の年最深積雪は、日本海側の各地域とも減少傾向が現れている。1日に20cm以上の降雪が観測される日数も、各地域で減少している。

将来予測

- 4℃上昇シナリオの場合、21世紀末の日本の年最深積雪及び年降雪量は20世紀末と比べて全国的に有意に減少すると予測されている(確信度が高い)
- 2℃上昇シナリオの場合、本州以南の地域で有意に減少する(確信度が高い)一方で、北海道では変化傾向が不明瞭である。
- 気温上昇に伴い平均的な降雪量が減少した場合であっても、本州の山間部や北海道の内陸部等の一部地域では、極端な大雪時の降雪量が増加する可能性はある(確信度は中程度) ← 「日本の気候変動2020」では「低い」と評価(確信度が高まった)

※地球温暖化に伴う気温や海面水温の上昇の影響によって、大雪事例において降雪量が増加した可能性が高いと指摘する研究あり

自然災害による輸送障害の発生件数



鉄道技術推進センター「鉄道安全データベース」のデータを利用
輸送障害(旅客30分以上、旅客以外1時間以上) 列車衝突事故等の運転事故は含まない、自然災害のみ

「激甚化する自然災害に対する強靱化」(将来指向課題)

Railway Technical Research Institute

今年度からスタート(2025年~2029年の5年間)

降雪時の運転規制手法

- ・積雪による立往生メカニズムの解明
- ・軌道上の積雪深と積雪性状推定手法

複数の災害種類に対応した線路内の支障物検知手法

- ・複数の災害種類に対応した線路内の支障物検知手法

自然災害に対する防災対策効果の定量化手法

- ・自然災害発生時に生じるイベント分析
- ・地震による列車運行影響度の評価手法
- ・降雨による列車運行影響度の評価手法
- ・災害時等を想定した鉄道物流代替輸送計画の数理モデル

強雨

- ・盛土の降雨対策工が地震時の耐力向上に及ぼす効果

盛土の地震・降雨対策技術

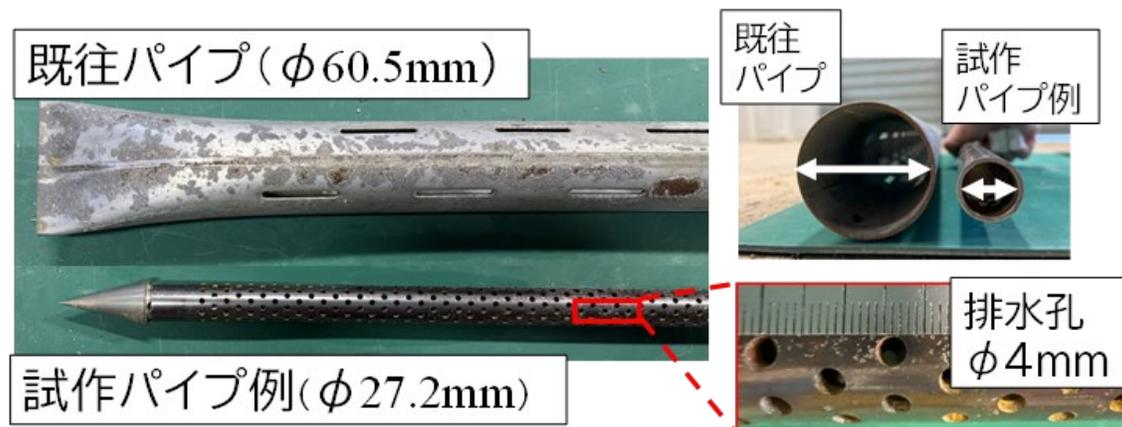
後半に青字のテーマについてご紹介

防災技術に関する最近の主な研究開発

雨



- ・強雨時の運転中止・再開判断手法 (本日発表)
- ・施工性を向上した低貫入抵抗型排水パイプの開発
- ・土石流のハザードマッピング技術の開発 (本日発表)
- ・旧式もたれ壁構造物等の維持管理方法の検討



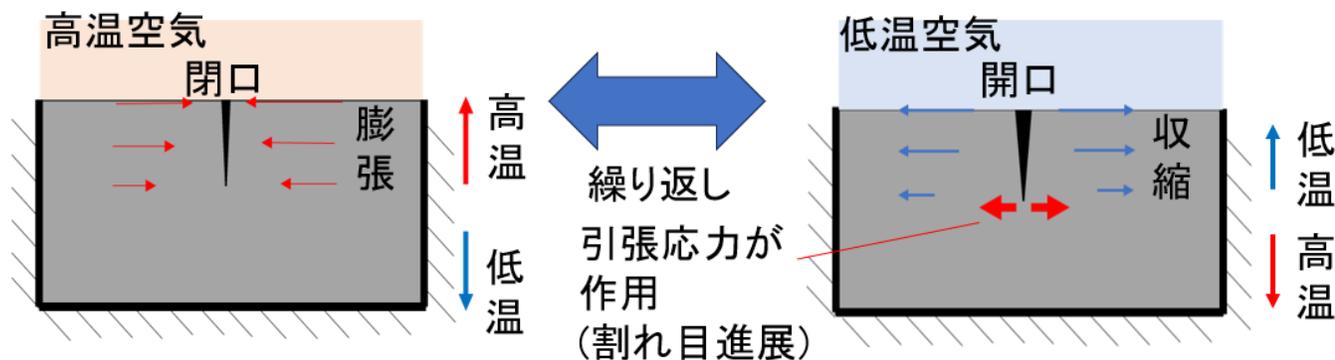
既往製品よりも施工の工期を短縮

防災技術に関する最近の主な研究開発

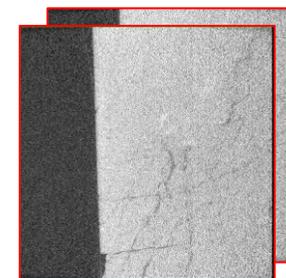
風化等



- ・岩石中の割れ目の進展性評価手法
- ・地形情報等を用いた地質・地盤リスク要因の抽出方法



岩石表面の変形や割れ目開口幅と、割れ目進展の
関係のモデル案



CT撮影等

岩石の外部と内部の
割れ目構造の把握

岩盤の経時変化を考慮した評価を目指す

防災技術に関する最近の主な研究開発

風



- ・強風時の運転中止・再開判断手法
- ・局地風に対応した風速予測手法

(本日発表)

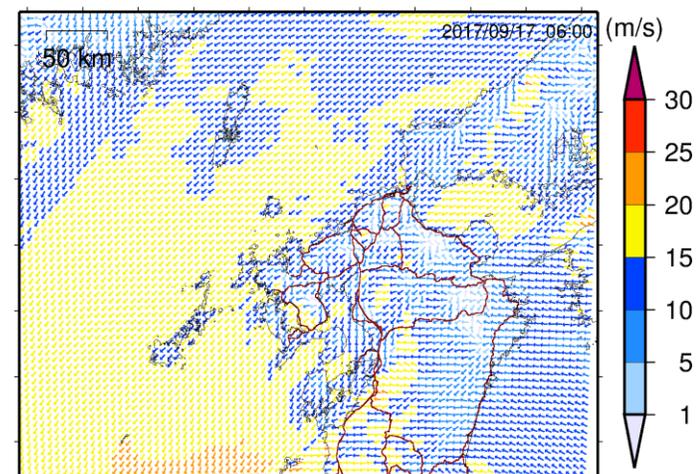


現地観測

局地風の予測に寄与する
気象要素の把握



風速予測モデルの改良



気象シミュレーション

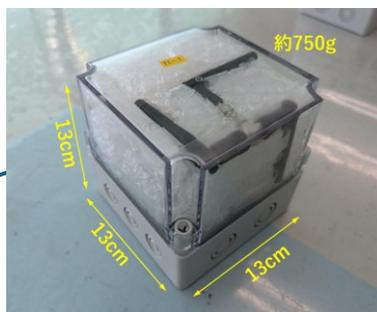
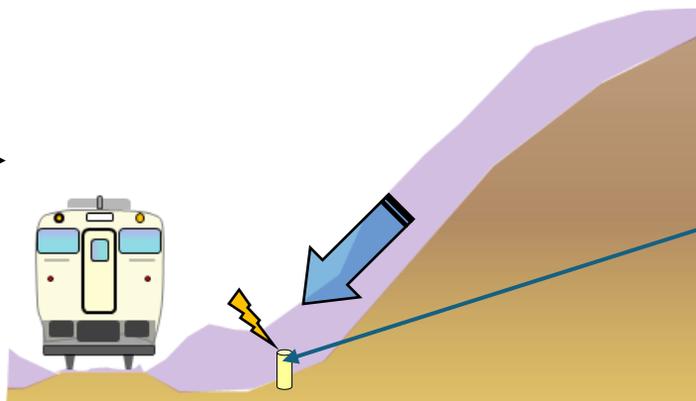
局地風に対応した風速予測方法の提案

防災技術に関する最近の主な研究開発

雪氷



- ・無対策斜面を想定したなだれ検知装置
- ・車両着落雪推定手法を活用した着雪対策支援ツールの開発



検知装置(試作)



実験による検証

既設対策工のない斜面を想定したなだれ検知装置の開発

1. 防災技術に関する最近の研究開発 (本日の発表の位置づけ)

2. 防災技術に関する研究概要

【将来指向課題 激甚化する自然災害に対する強靱化(2025年～2029年)】

- ・自然災害発生時に生じるイベント分析(全体)
- ・降雨による列車運行影響度の評価手法(雨)
- ・複数の災害種類に対応した線路内の支障物検知手法(風化(落石等))
- ・積雪による立往生メカニズムの解明(雪)
- ・軌道上の積雪深と積雪性状推定手法(雪)

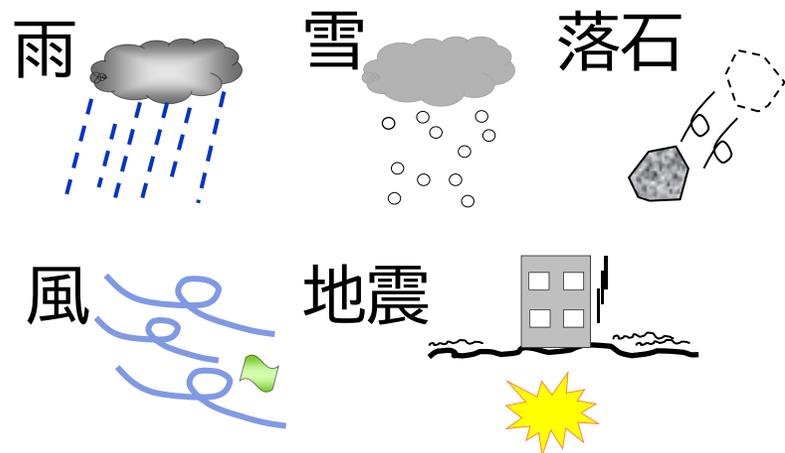
⇒ 研究方針を説明

自然災害発生時に生じるイベント分析(2025~2026)

目的 自然災害に対する効率的・効果的な防災対策計画を支援する

自然災害時に想定されるイベントを分析し網羅的に整理する

- ・過去の災害事例等の調査(文献、鉄道事業者へのアンケート)
- ⇒想定イベントが起こりうる条件を明示するフォルトツリー分析(FTA)

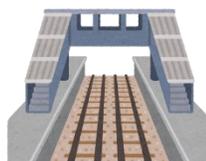


文献等から災害別に
想定イベントに区分したうえで
被害や周辺状況などを整理

列車運行



設備



想定イベント

(1)人命にかかわるまたは列車が立ち往生となるイベント (乗客等被害)

(2)乗客や鉄道以外の重要設備が脅かされるイベント (乗客等外被害)

(3)運行再開までに長時間を要するイベント (長期運休と長時間点検)

自然災害ごとの防災対策の効果を明示する手法として活用

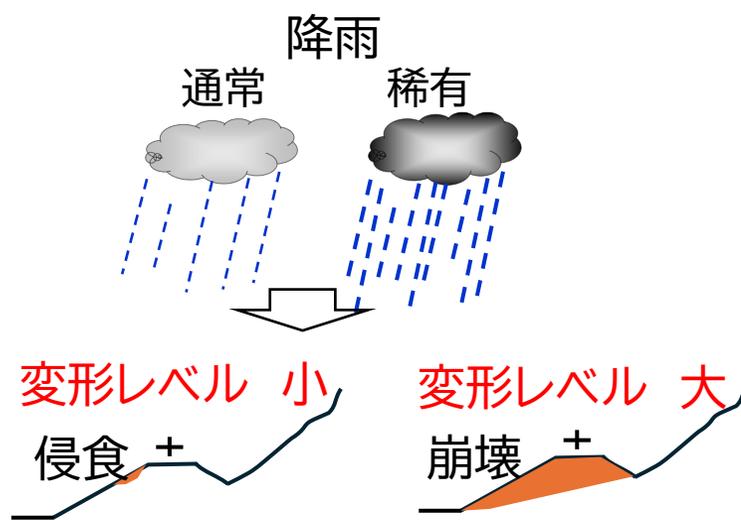
降雨による列車運行影響度の評価手法(2025~2027)

Railway Technical Research Institute

目的 降雨災害に対する効率的・効果的な防災対策計画を支援する

定量的かつ統一的な指標である損失指標を用いた降雨による列車運行影響度の評価法の開発

- (1) 降雨の発生確率に応じた土構造物の被害発生確率の算出
- (2) 復旧作業条件等の影響を加味した降雨発生時の列車運行影響度の定量化
- (3) 災害事例を用いた試算(検証と修正)



外力規模等
に応じた
変形レベル \times 変形レベルごと
の復旧時間

列車運行影響度
(復旧時間)

影響を定量化

構造条件: 高さ, 勾配
復旧条件: 寄り付き, 道路離隔等

【災害復旧記録】
・復旧日数の実態
・復旧費用等



写真: 鉄道総研、事故に学ぶ鉄道技術 災害編(2012)

防災対策ごとの列車運行への影響低減の効果を評価する手法として活用

複数の災害種類に対応した線路内の支障物検知手法(2025~2027)

目的 落石等の支障物を確実に検知することで重大事象の発生を防ぐ

振動や画像等による支障物検知手法を提案

【検知対象】

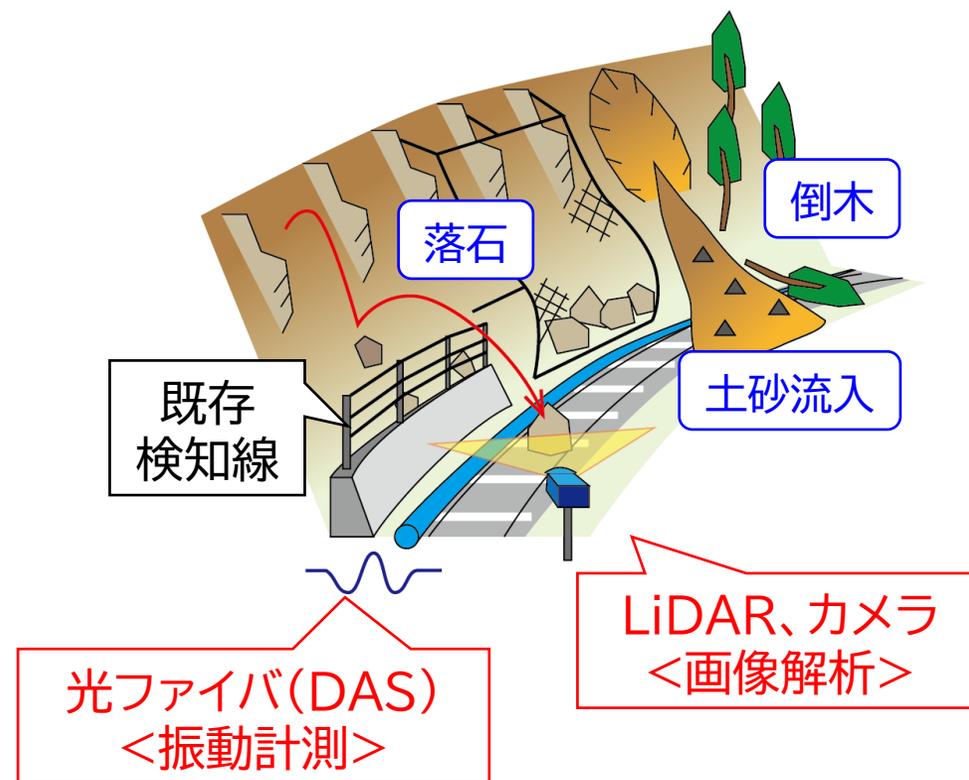
重大事象を引き起こしうる災害支障物
(落石、土砂、倒木等)

【開発する検知方法(アルゴリズム構築)】

- ・光ファイバによる振動計測(DAS)
- ・LiDAR、カメラによる画像解析

【目標精度】

DASでの見逃し率20%以下
画像解析での見逃し率10%以下



複数方法を組み合わせた検知システムの仕様を提案

積雪による立往生メカニズムの解明(2025~2027)

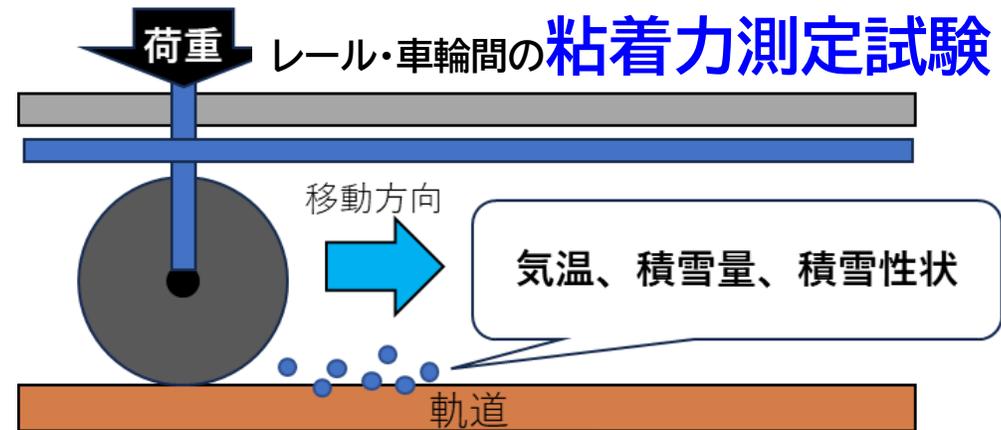
Railway Technical Research Institute

目的 降積雪時に発生する列車立往生被害の防止・軽減

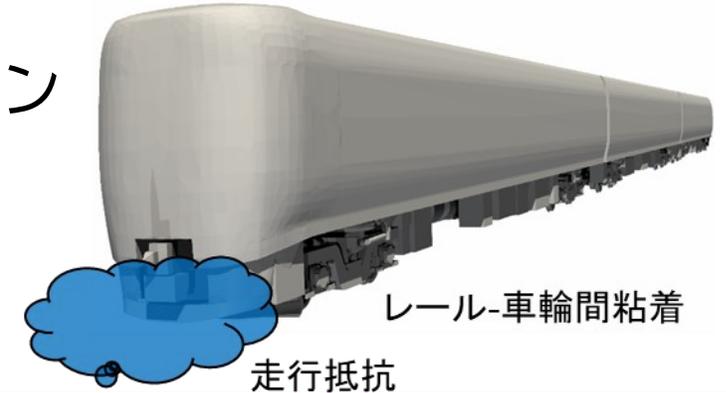
実験およびシミュレーションによる積雪時の列車立往生メカニズムの解明

① 模型実験

積雪性状が列車の走行抵抗やレール・車輪間の低粘着へ及ぼす影響



② シミュレーション 上記影響の 再現モデル



積雪による列車立往生危険度評価における**耐力評価**方法として活用

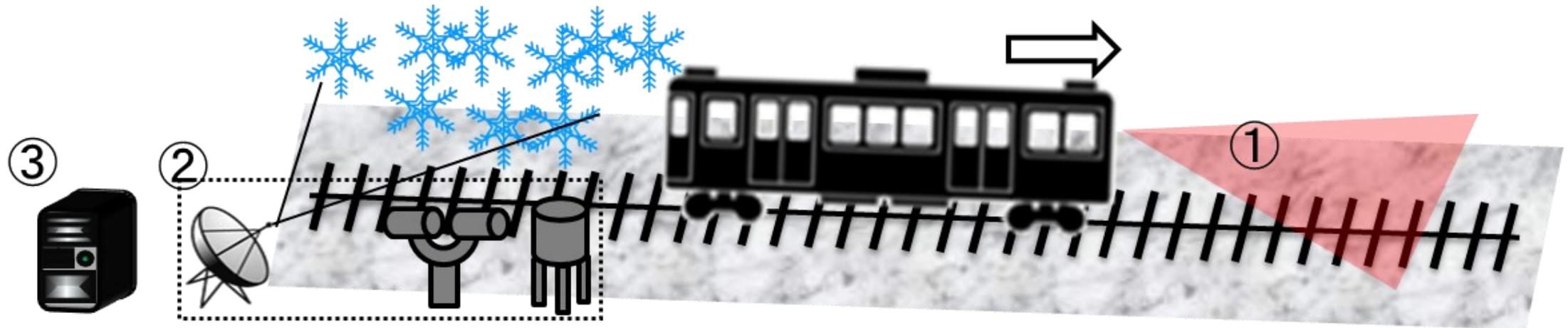
軌道上の積雪深と積雪性状推定手法(2025～2027)

Railway Technical Research Institute

目的 降積雪時に発生する列車立往生被害の防止・軽減

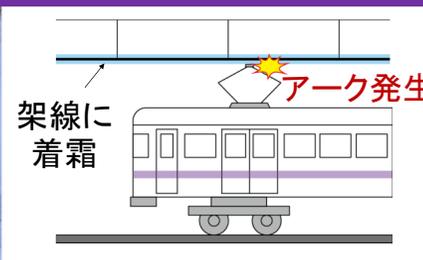
任意の時刻・地点の降積雪深、性状を推定・予測する手法の提案

- ① 車上センシング等による軌道上の降積雪深の測定手法 ⇒ 初期値補正
- ② 気象レーダー等の観測情報による降雪深および性状の推定手法
- ③ 気象モデル等による降雪深および性状の予測手法



積雪による列車立往生危険度評価における外力評価方法として活用

気象災害による鉄道の被害を軽減・防止する技術



降雪時の運転規制手法

- ・積雪による立往生メカニズムの解明
- ・軌道上の積雪深と積雪性状推定手法

複数の災害種類に対応した線路内の支障物検知手法

- ・複数の災害種類に対応した線路内の支障物検知手法

自然災害に対する防災対策効果の定量化手法

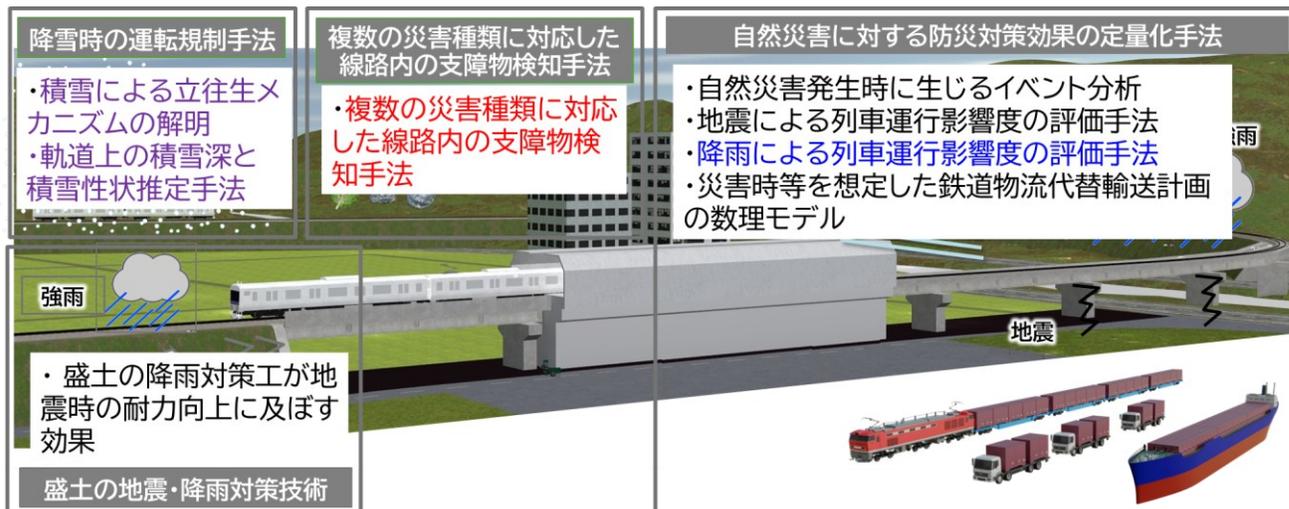
- ・自然災害発生時に生じるイベント分析
- ・地震による列車運行影響度の評価手法
- ・降雨による列車運行影響度の評価手法
- ・災害時等を想定した鉄道物流代替輸送計画の数理モデル

強雨

- ・盛土の降雨対策工が地震時の耐力向上に及ぼす効果

盛土の地震・降雨対策技術

地震



- 激甚化する気象災害
- 働き手不足



激甚化する気象災害に対して、
安全性を向上させつつ
省力化・効率化を図れる技術を
提案することを目指す

【写真の引用】雨、風化：鉄道総研、事故に学ぶ鉄道技術 災害編(2012) 風：鉄道事故調査報告書(2008) 雪：鉄道事故調査報告書(2016)