

鉄道地震工学における 最近の研究開発

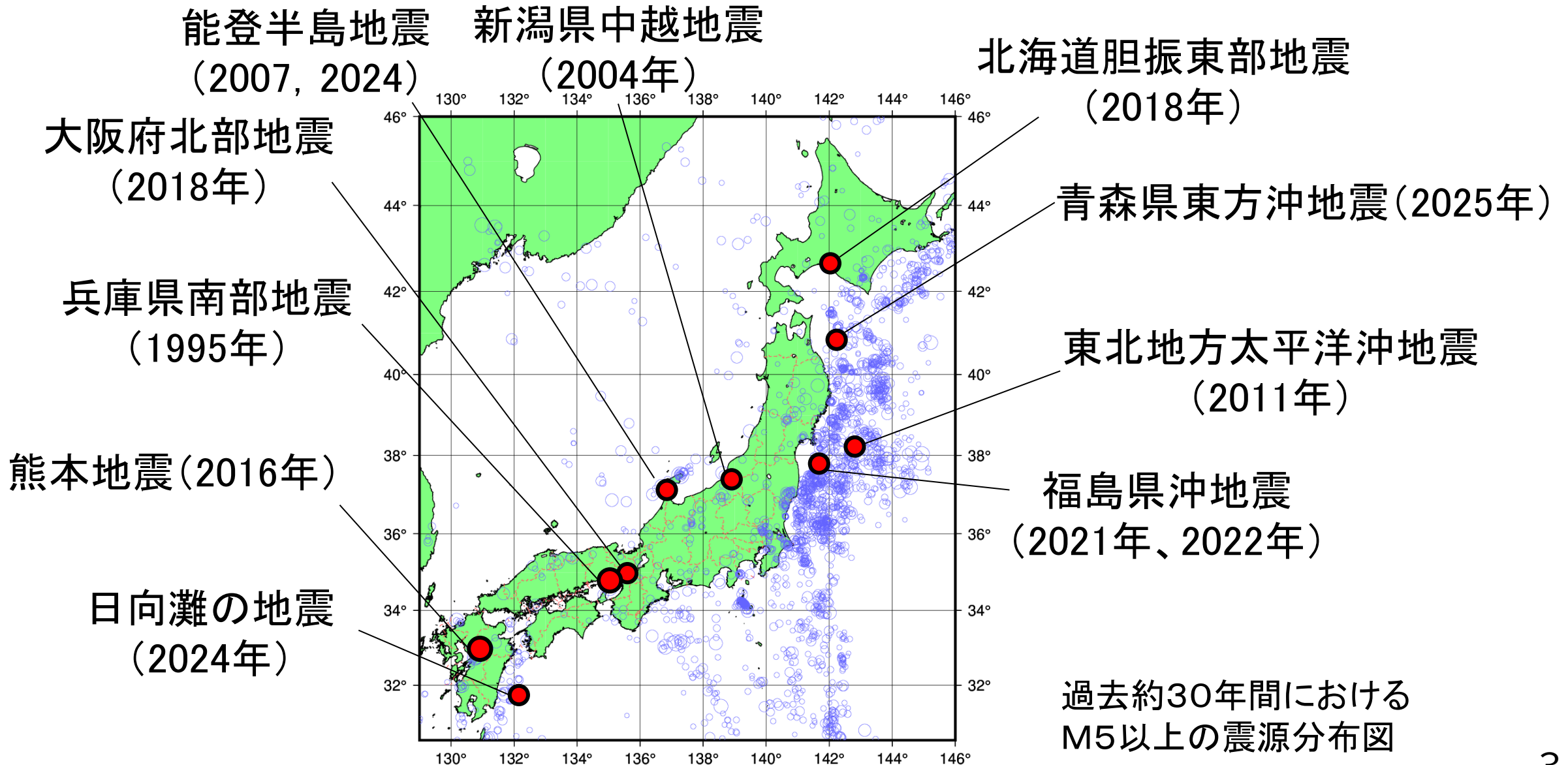
鉄道地震工学研究センター
研究センター長 豊岡 亮洋

- 激甚化する自然災害への対応
- 地震レジリエンス向上に向けた最近の研究開発の概要
(本日の発表の位置づけ)

- 激甚化する自然災害への対応
- 地震レジリエンス向上に向けた最近の研究開発の概要
(本日の発表の位置づけ)

我が国の地震発生状況と代表的な地震

Railway Technical Research Institute



自然災害の複合化

Railway Technical Research Institute

複数の自然外力が作用(**複合化**)
激甚化する個別外力と相まって**被害拡大**の懸念

降雨と地震の複合災害(イメージ)



降雨

地震発生

※本図は生成AI(Gemini)により作成されたものです。

自然災害の**激甚化+複合化**への対策が急務
(ex.R7能登半島地震とその後の9月豪雨)

複合災害(≡マルチハザード)に備える



1964新潟地震における落橋

(出典:USGS、パブリックドメイン画像をトリミング)



外力は異なるが
落橋という被害形態は類似



2005ハリケーン・カトリーナでの落橋

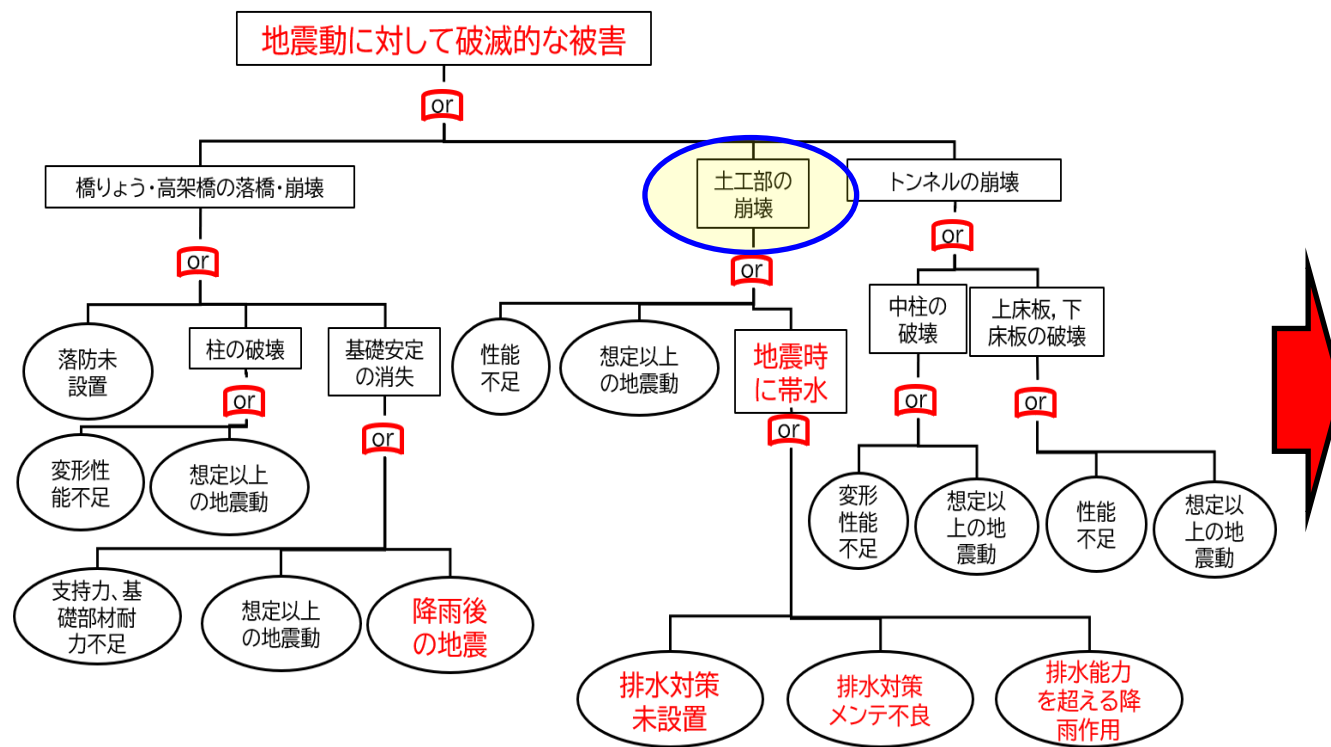
(出典:米国大統領行政府、パブリックドメイン画像をトリミング)

災害の「**種類**」ではなく「**シナリオ**」
(この場合は落橋)に着目した対策が有効

自然災害の複合化に対処する

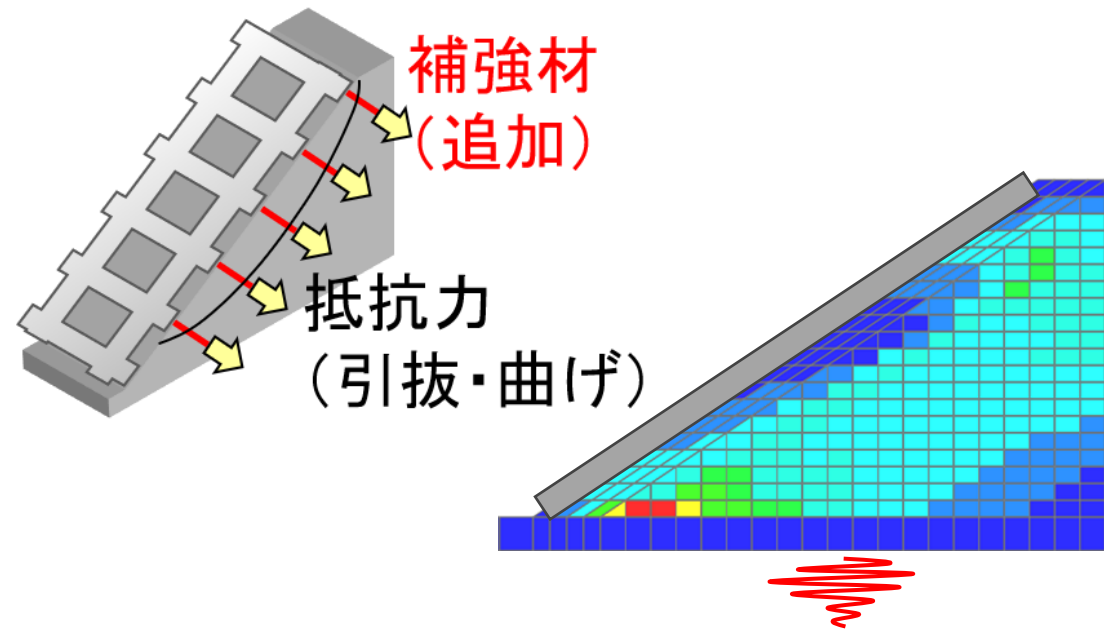
Railway Technical Research Institute

①様々な条件下での「シナリオ」の抽出
(複合外力:地震、雨、風・・・)



人命損失や大規模損傷など破滅的な
シナリオの抽出(危機耐性)

②複合災害(例:降雨と地震)シナリオに
対応した対策の開発と評価



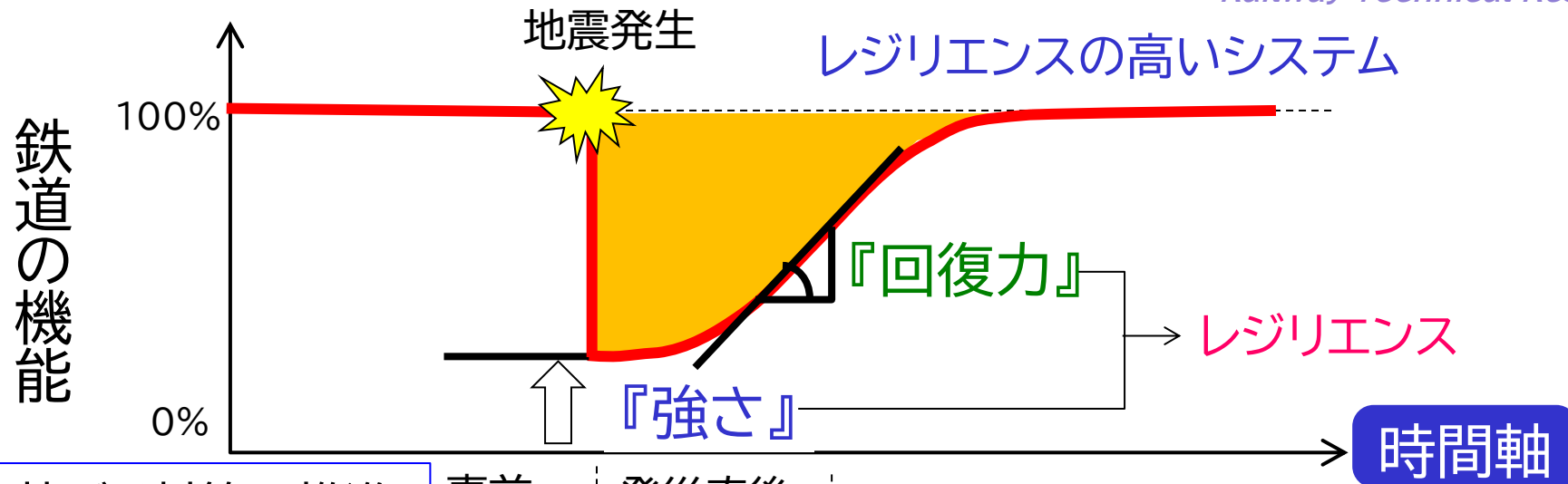
(例)既存のり面工が降雨後の地震時の
盛土に与える挙動評価

ある災害への対策(降雨)が他の災害(地震)
にも有効に機能する可能性

- 激甚化する自然災害への対応
- 地震レジリエンス向上に向けた最近の研究開発の概要
(本日の発表の位置づけ)

シームレスな地震対策の取り組み(この後の発表)

Railway Technical Research Institute



シナリオの把握等に基づく対策の推進

被害推定シミュレーション(発表7,8)

地震動・地盤挙動評価

耐震設計・耐震補強(発表5, 6, 9)

脱線逸脱対策

BCP策定、防災訓練

危機耐性向上

事前

発災直後

応急対応

復旧・復興

本復旧(現状復旧・強化復旧)
次の地震への備え
(継続的な取り組み)

お客様安全の確保

早期地震警報システム(発表2, 3)等

地震および被害の早期把握

揺れの強さや被害の推定・観測(発表4)

二次災害の防止、緊急輸送路の確保
早期のインフラ仮復旧、輸送の再開
復旧状況の見える化

耐震設計標準の改訂

Railway Technical Research Institute

鉄道構造物等設計標準

共通となる原則

基本原則編

構造物と構造要素の設計に関する事項

橋りょう編
土構造編

トンネル編※
耐震設計編※

部位と部材に関する事項

コンクリート構造編
支承構造編
鋼・合成構造編

基礎構造編(22-24)
複合構造編※
土留め編※

※今後審議、改訂予定

技術基準の三層化への対応、他の標準との整合を図りつつ最新の知見等を反映した設計標準へ改訂

具体的な検討項目の案

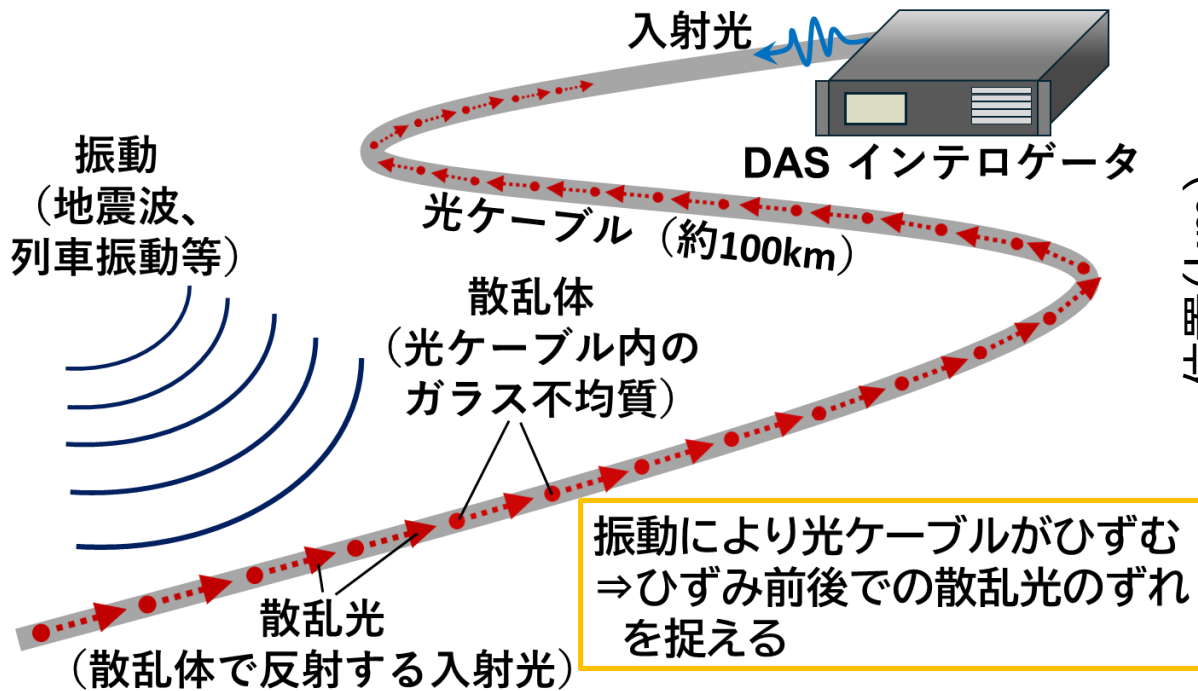
- (1) 構造物の地震時性能の検討
- (2) 設計地震動、地盤挙動の評価方法の整理
- (3) 構造物の応答値算定法の整理
- (4) 安全係数、修正係数の適正評価
- (5) 地震随伴事象(地表断層変位、津波、余震等)に対する設計法の確立
- (6) 技術の進歩に伴う標準的な設計手法の見直し

2025年度より改訂委員会を設置:2027年度末の成案作成に向け検討を実施

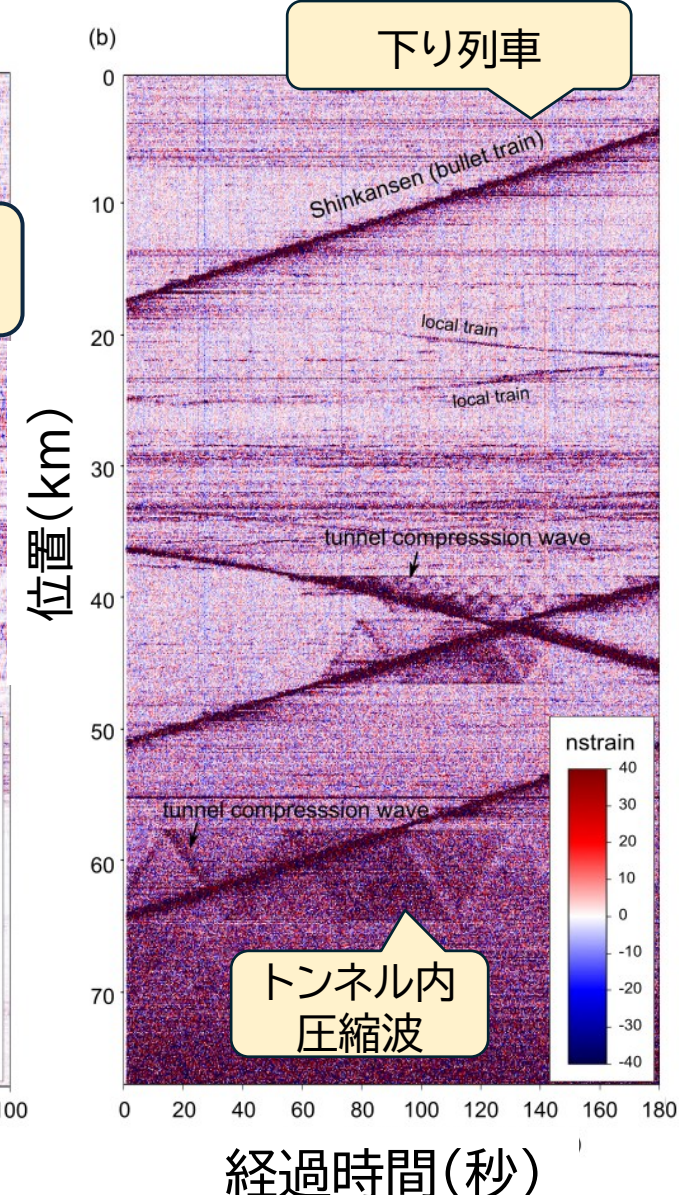
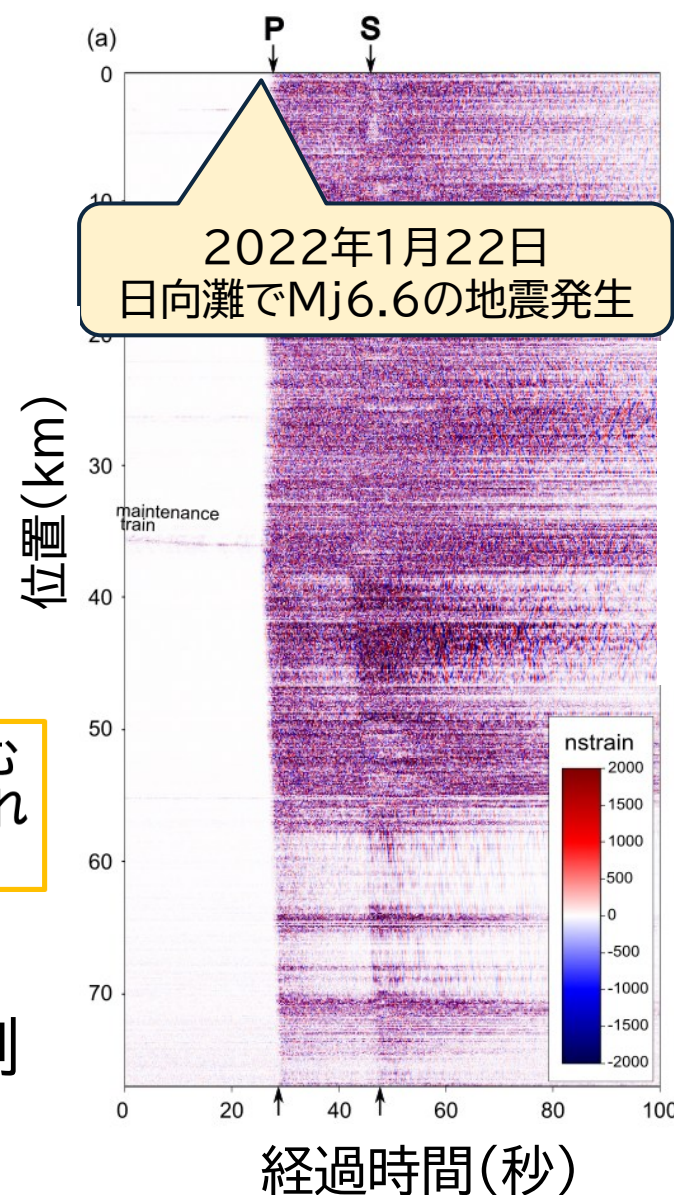
DASによる早期警報・被害把握・運転再開支援

Railway Technical Research Institute

鉄道沿線の**既設光ファイバー**を用いた
地震観測システム(DAS)の開発



数m間隔で揺れの大きさを**連続的**に観測



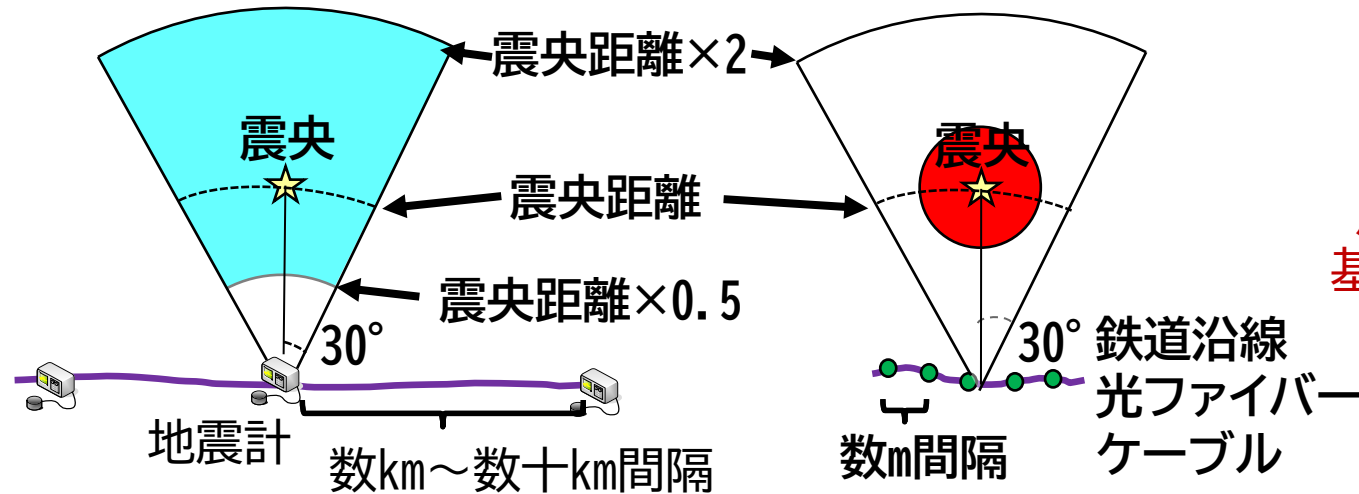
DASによる早期警報・被害把握・運転再開支援

Railway Technical Research Institute

活用1: 早期地震警報システム

地震計による警報

DASによる警報

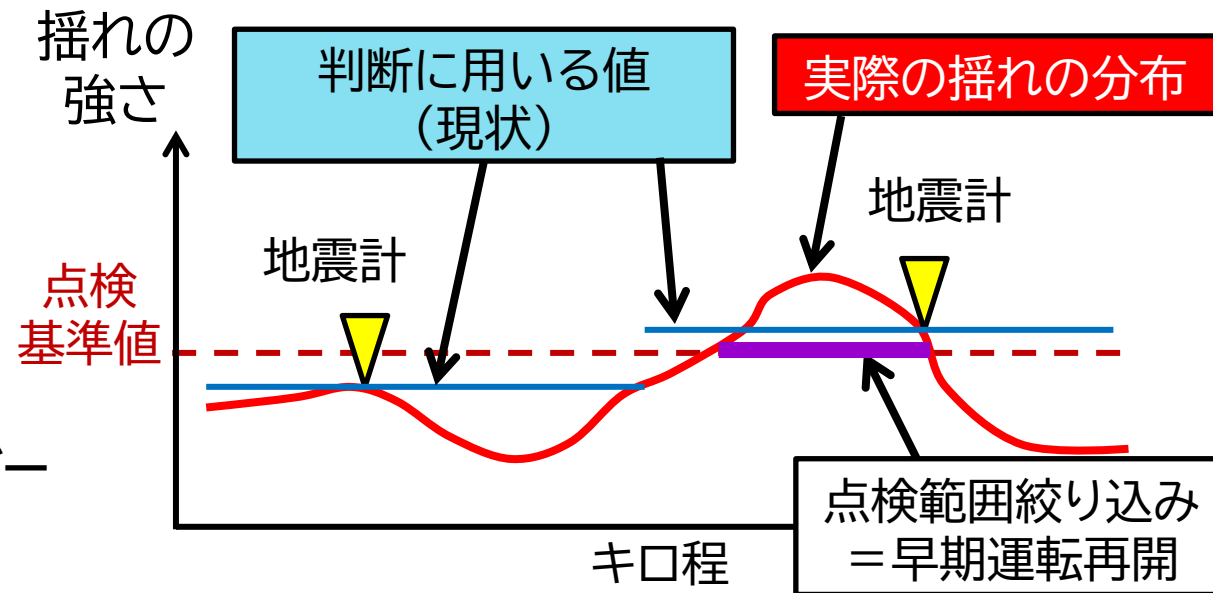


早期地震警報システムの地震諸元精度は地震波を検知する観測点数に依存する



DASによる高密度観測により誤差範囲を低減し精度の高い地震諸元推定が可能

活用2: 早期被害把握・運転再開支援



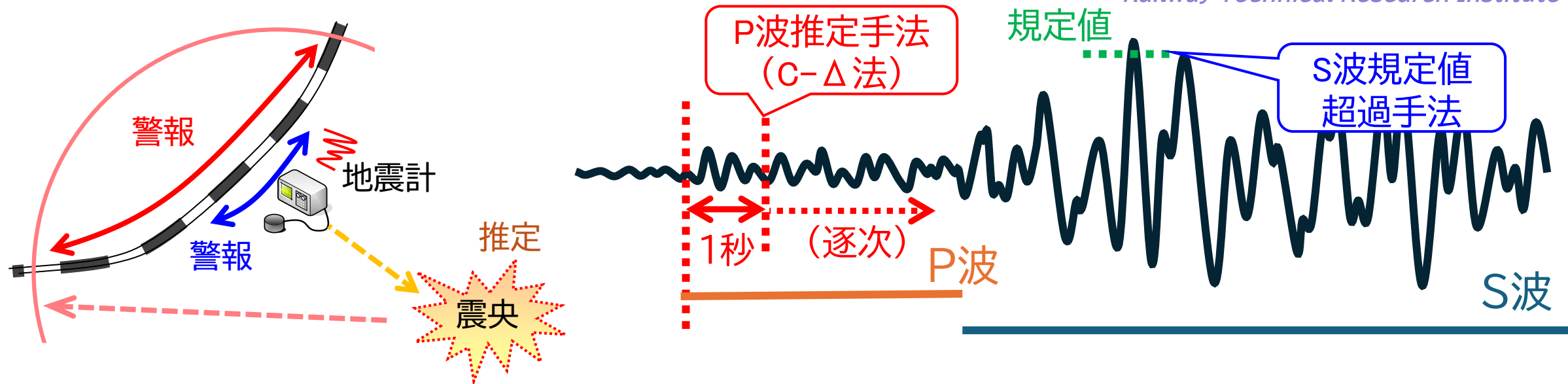
離散的(数十kmごと)な地震計の値による地震後点検は時間を要す場合がある



DASによる高密度観測により点検区間の絞り込みが可能

早期地震警報手法：従来の早期地震警報手法

Railway Technical Research Institute



【現行】P波推定手法(C-Δ法)

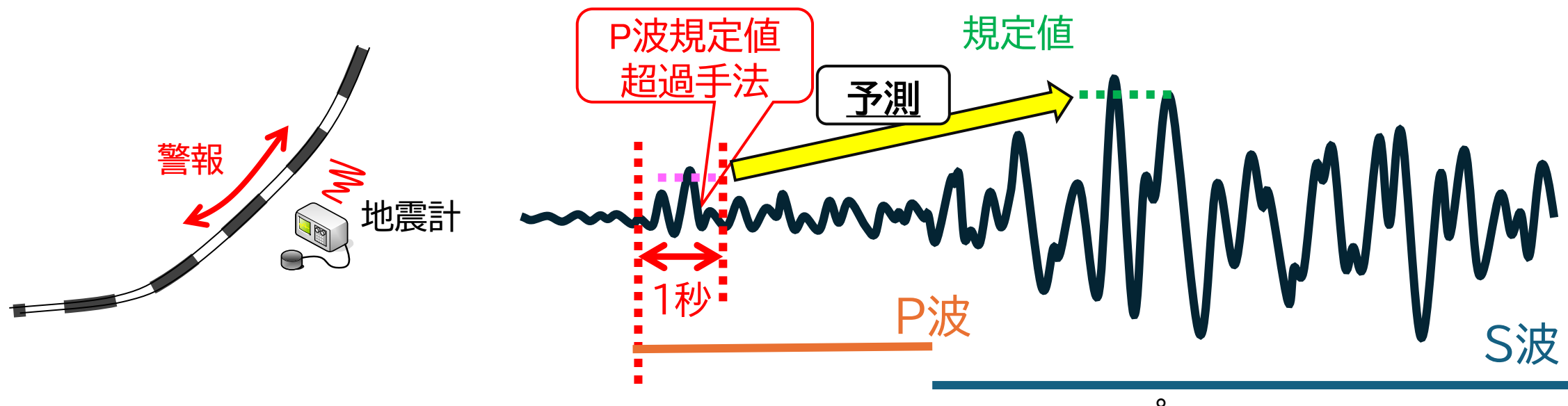
P波到達後最短1秒間の地震動データから地震諸元(震央位置、マグニチュード)を推定し警報出力の要否を判断

【現行】S波規定値超過手法

観測される揺れの大きさ(地震動)が規定値より大きくなったら警報出力

新たな早期地震警報手法（本日の発表：No.2）

Railway Technical Research Institute



【現行】P波推定手法(C- Δ 法)

P波到達後最短1秒間の地震動データから地震諸元(震央位置、マグニチュード)を推定し警報出力の要否を判断

【現行】S波規定値超過手法

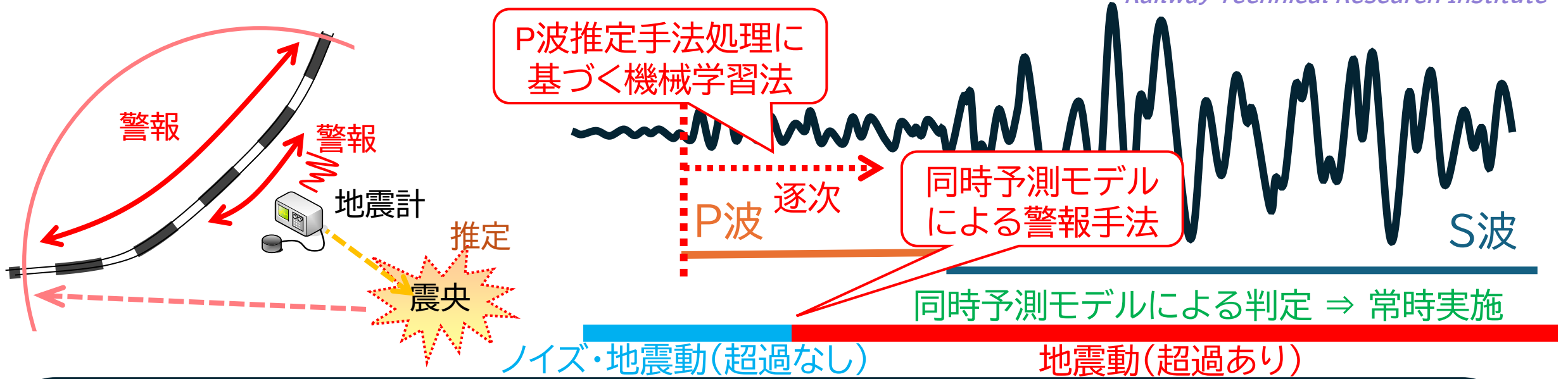
観測される揺れの大きさ(地震動)が規定値より大きくなったら警報出力

【新規】P波規定値超過手法(直下地震を対象とした警報即時性向上)

観測P波の大きさからS波の大きさを予測し、規定値超過する場合に警報出力

新たな早期地震警報手法（本日の発表：No.3）

Railway Technical Research Institute



【現行】P波推定手法(C-Δ法)

P波到達後最短1秒間の地震動データから地震諸元(震央位置、マグニチュード)を推定し警報出力の要否を判断

【現】【新規】機械学習モデルによる置き換え：即時性と精度の向上

観測される揺れの大きさ(地震動)が規定値より大きくなったら警報出力

【新規】P波規定値超過手法(直下地震を対象とした警報即時性向上)

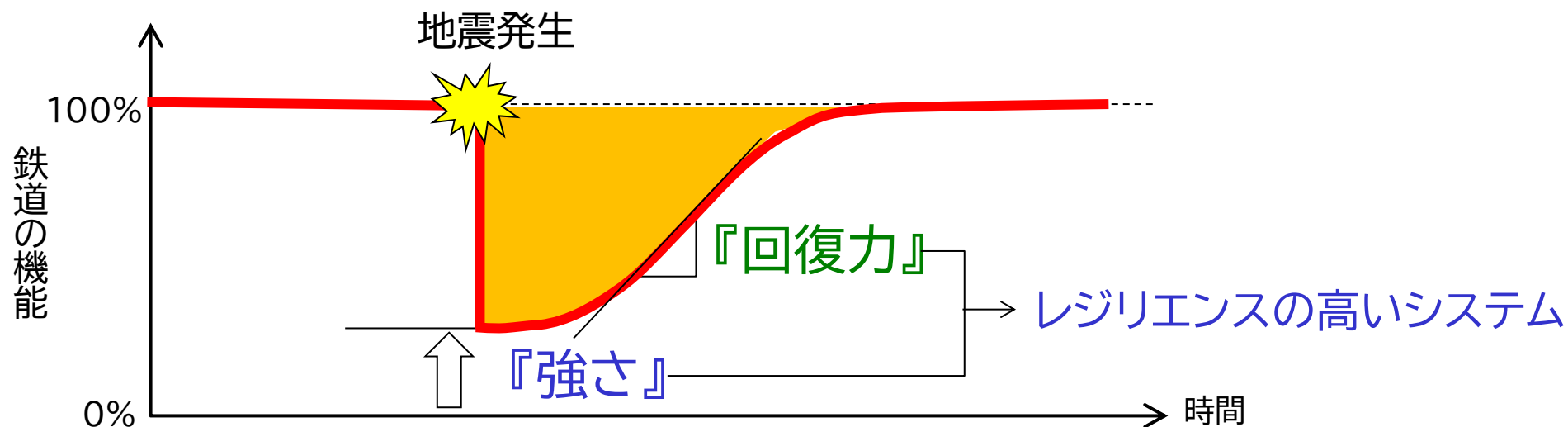
観測P波の大きさからS波の大きさを予測し、規定値超過する場合に警報出力

まとめ

- 地震は「いつ」(時間的) + 「どこで」「どの程度で」(空間的)起きるか**分からない**
- 近年の自然災害の形態: 「地震」**単体**への対処から「**複合**」災害の視点
- 様々な被害シナリオを**想定した対処**が必要: **被害の類型化**に着目した対策の共通化



様々なシナリオに基づき「時間的」にも「空間的」にも途切れのない備えを行い
地震に対してレジリエンスの高い鉄道システムを目指す



「DASによる早期警報・被害把握・運転再開支援」の一部は
国土交通省の鉄道技術開発費補助金により実施しました

1) 鉄道総合技術研究所:基本計画－持続可能な鉄道システムの創造

－ RESEARCH 2030 －

https://www.rtri.or.jp/rtri/rtri_J_research.html

2) Bruneau, M. et. al, State of the Art of Multihazard Design,

J. Str. Eng, 143(10), 2017

3) 国土交通省:能登半島での地震・大雨を踏まえた水害・土砂災害対策検討会

https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/kentoukai/noto_kentoukai/index.html

4) 鉄道総研プレスリリース:光ファイバーセンシング技術を用いて地震の影響を

即時に判断する手法を開発しました

https://www.rtri.or.jp/press/e6ea3j000000ep0d-att/20260325_001.pdf