

リアルタイムデータを活用した 地震後の早期運転再開技術

鉄道地震工学研究センター
山本 俊六

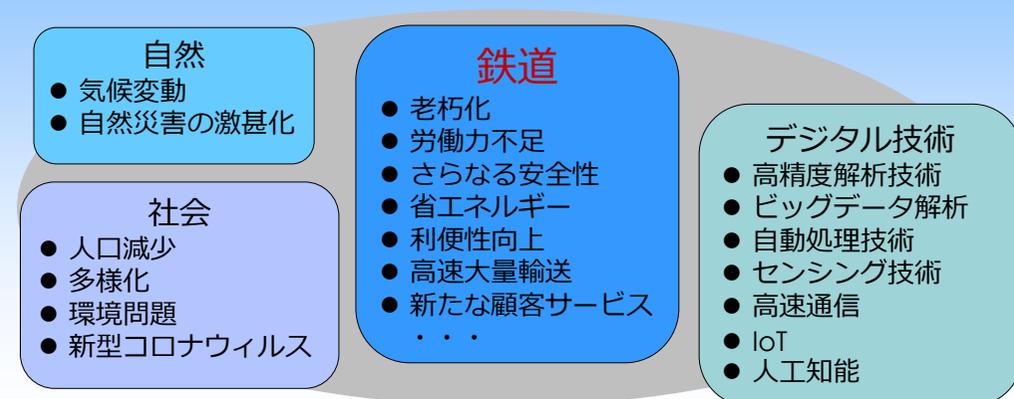
本日の話題

1. デジタル技術と早期運転再開
2. 被害シミュレーション（事前評価）
3. モニタリング情報の活用（実測）
4. 即時被害シミュレーション(即時推定)
5. まとめ

本日の話題

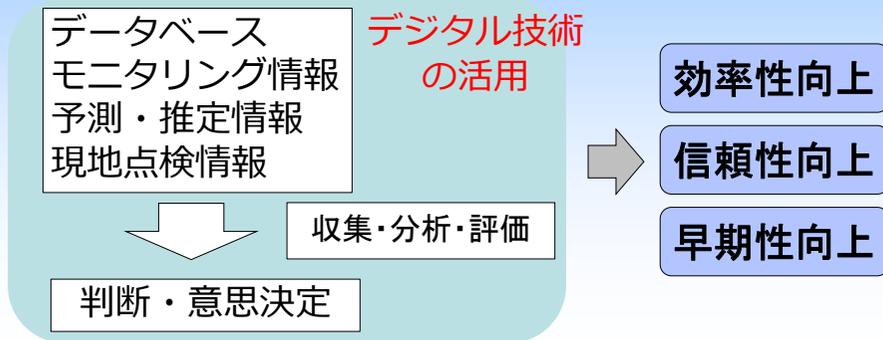
1. デジタル技術と早期運転再開
2. 被害シミュレーション（事前評価）
3. モニタリング情報の活用（実測）
4. 即時被害シミュレーション(即時推定)
5. まとめ

鉄道を取り巻く自然・社会・デジタル技術の変化



デジタル技術による効率性と信頼性向上の追求

今後、これまで以上に効率よく信頼性の高い対応が求められる
 ※メンテナンス・地震対策ともに



地震後の早期運転再開に対する社会の期待

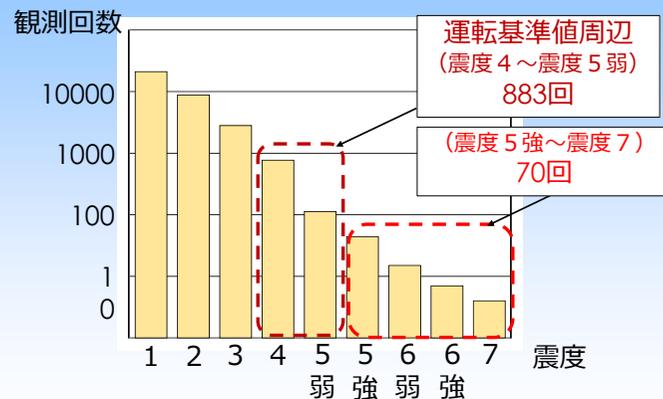


朝日新聞 (2018/6/19朝刊)



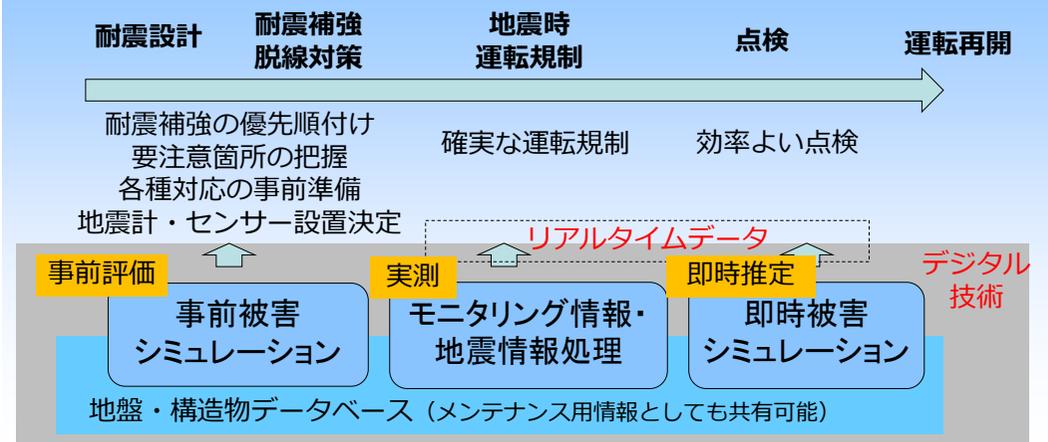
朝日新聞 (2019/2/22朝刊)

運転規制が必要となる地震は多い

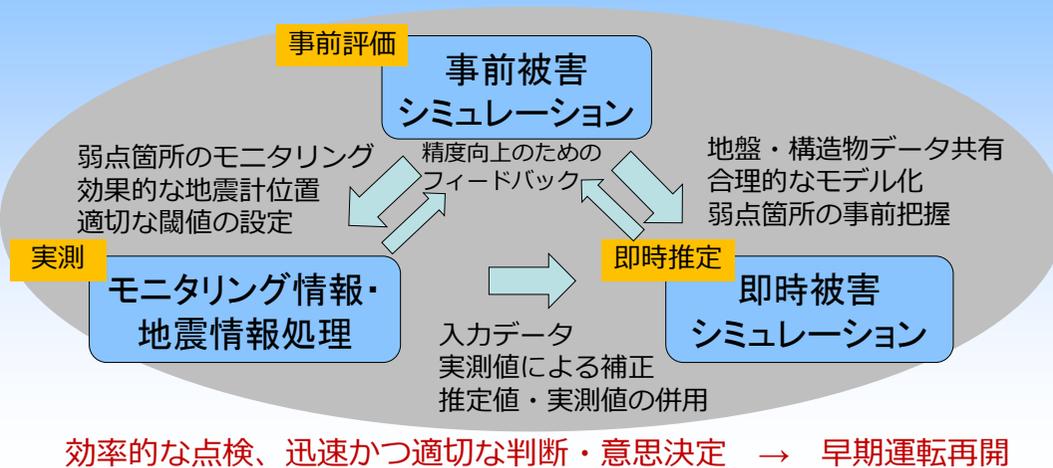


全国の地震計により観測された震度別回数
 全期間 (2010/1/1~2019/12/16) の累積

デジタル技術の早期運転再開への活用イメージ



デジタル技術による早期運転再開の効率的な高度化



本日の話題

1. デジタル技術と早期運転再開
2. 被害シミュレーション（事前評価）
3. モニタリング情報の活用（実測）
4. 即時被害シミュレーション(即時推定)
5. まとめ

鉄道災害シミュレータによる事前評価

事前評価

地震がある地点で発生した場合に、鉄道線路全線の地盤の揺れや構造物の被害レベルを、地盤や構造物の特性を考慮して評価する数値解析システム



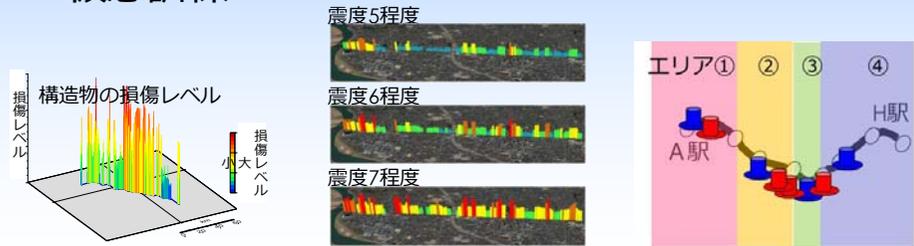
鉄道災害シミュレータの特徴

事前評価

- ✓ 数十～数百キロに及ぶ線区単位で地震時の発災シナリオを評価可能
- ✓ 任意の地震に対する評価が可能
海溝型地震、活断層地震
ex) 南海・東南海地震、首都直下地震
- ✓ 解析の目的や、データの多寡に応じて解析レベルを選択可能
- ✓ 情報を更新して再計算が可能

鉄道災害シミュレータの活用例

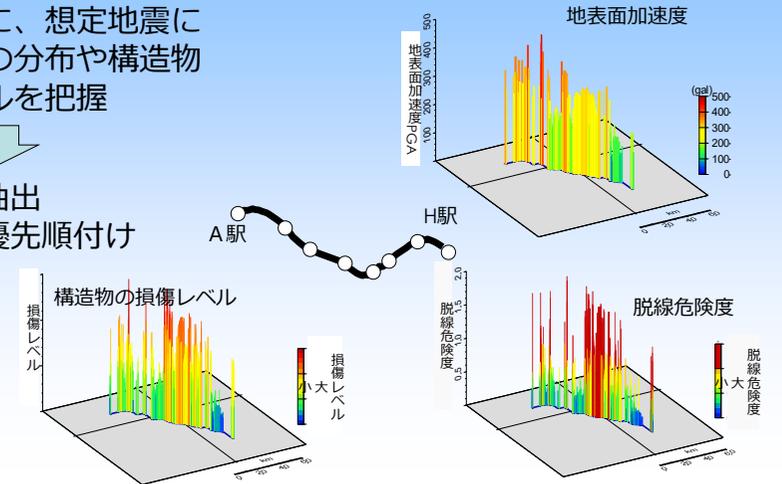
- 弱点箇所の抽出 1（想定地震の被害把握）
- 弱点箇所の抽出 2（ストレステスト）
- 地震計・センサーの効果的な設置支援
- 仮想訓練



弱点箇所の抽出 1（想定地震の被害把握）

地震発生前に、想定地震に対する揺れの分布や構造物の被害レベルを把握

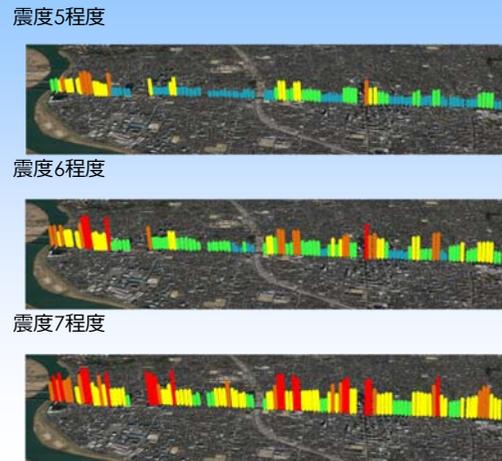
弱点箇所の抽出
耐震補強の優先順位付け



弱点箇所の抽出 2（ストレステスト）

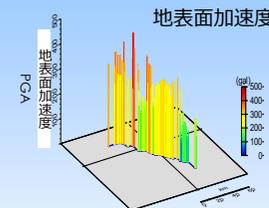
入力する地震動の強さを段階的に変化させ、耐震性のレベルや各路線のクリティカルポイントを把握

弱点箇所の抽出
耐震補強の優先順位付け

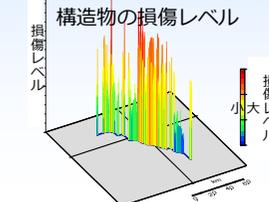


地震計・センサーの効果的な設置支援

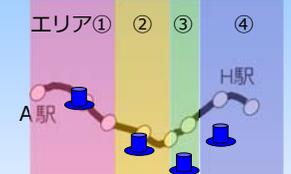
Step1：全線の揺れ(易さ)を把握



Step3：構造物の脆弱性の評価

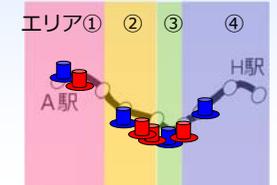


Step2：全線のエリア分割
(地盤の揺れ易さに注目した設置)



● 分割数は地震計台数の制約を加味して設定

Step4：最終的な地震計設置位置



仮想訓練



自由な地震シナリオ設定が可能

例えば、今の知見では想定されていないが、「**万が一**」、ここで巨大地震が発生したらどうなる？

任意の位置に**任意の規模**の断層を設定し、その結果として、**どのような被害**が発生するのか？
 どう補強したら、被害を軽減できるのか？

⇒ 事前に演習することが可能

本日の話題

1. デジタル技術と早期運転再開
2. 被害シミュレーション (事前評価)
3. モニタリング情報の活用 (実測)
4. 即時被害シミュレーション(即時推定)
5. まとめ

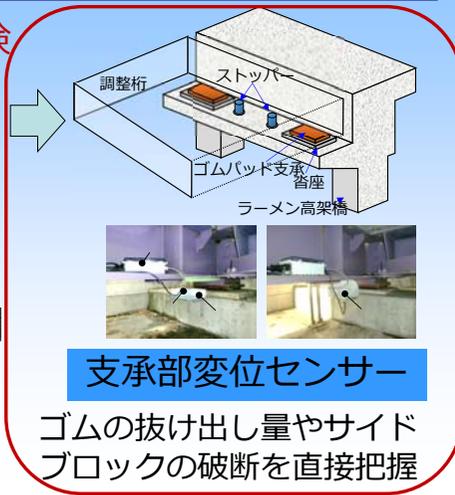
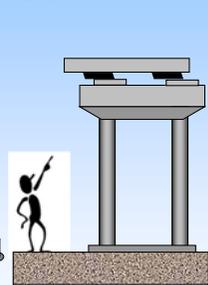
地震計と支承部変位センサー

地震計

地盤の揺れを直接把握

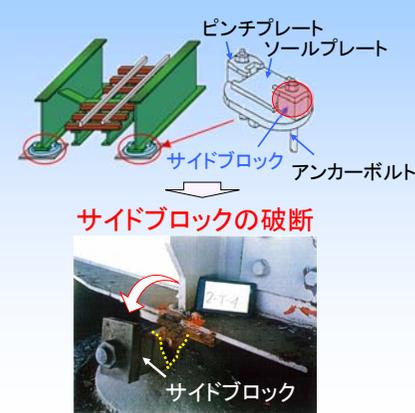


地震後の点検

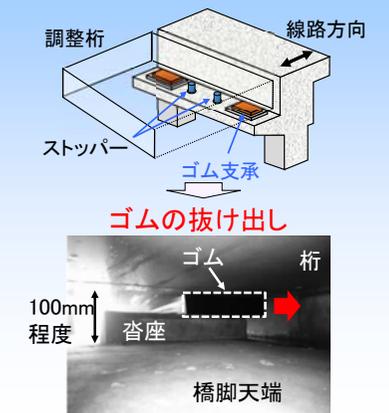


支承部変位センサーの設置箇所

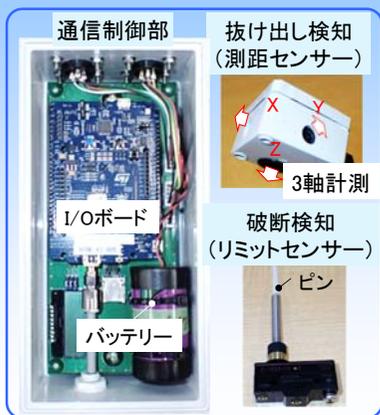
○ 鋼製線支承



○ ゴム支承



支承部変位センサーの構成と特徴



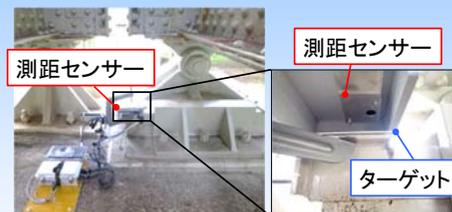
ゴムの抜け出し・サイドブロックの破断を検知でき、リモートでデータ確認可能

項目	変位センサーの性能
測定範囲	40~150mm (測距センサー)
精度	1mm (測距センサー)
通信距離	ゲートウェイから半径2km
電池寿命	5年以上 (10分間隔計測)
価格帯	約5万円/基 (プロトタイプ)

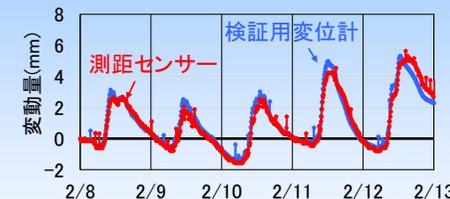
※株式会社ミライトとの共同研究で開発

支承部変位センサーの性能検証

実橋りょうにセンサーを設置・長期計測 (2020/2~継続中)



支承にターゲットを固定して計測



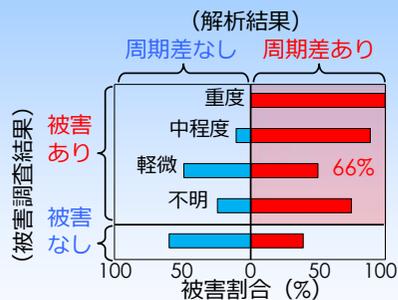
線路方向の支承変位測定例

→狭あい・損傷検知部に設置可能
実環境でも精度1mmで計測可能

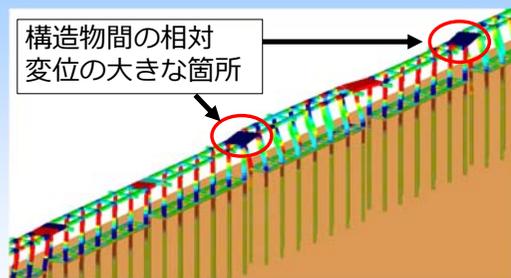
支承部変位センサーの優先設置箇所

熊本地震におけるゴム支承の被害傾向

災害シミュレータによる事前評価が効果的



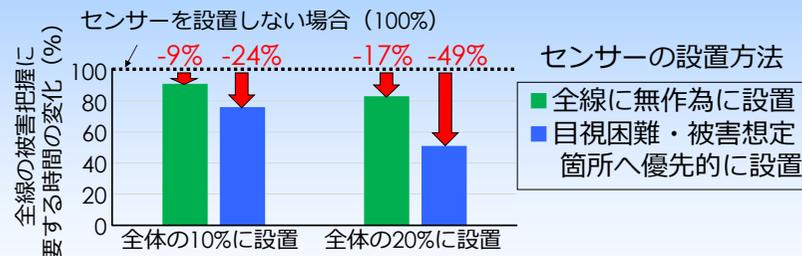
ゴム支承の抜け出し被害は構造物間の相対変位が大きくなると多い



災害シミュレータの事前評価により効果的な設置場所を抽出可能

支承部変位センサーの設置効果

想定 全線に1000箇所の支承が存在 (うち20%が目視困難・被害が想定される箇所) →通常より点検時間を要すると仮定



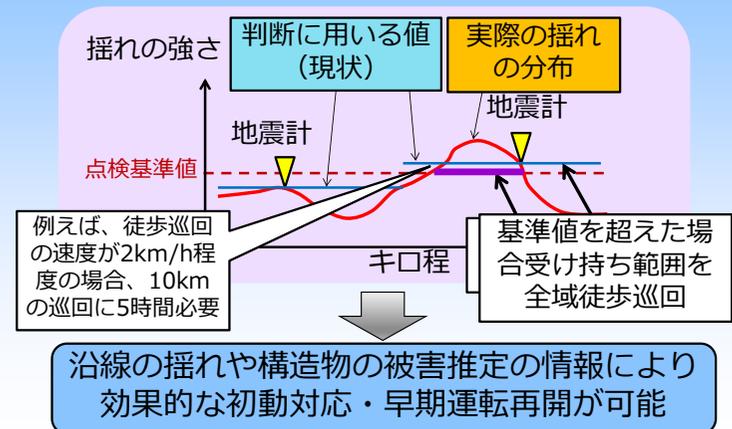
- センサー設置によって被害把握時間を短縮
- 目視困難・被害想定箇所を抽出・設置することでより高い効果

本日の話題

1. デジタル技術と早期運転再開
2. 被害シミュレーション（事前評価）
3. モニタリング情報の活用（実測）
4. 即時被害シミュレーション(即時推定)
5. まとめ

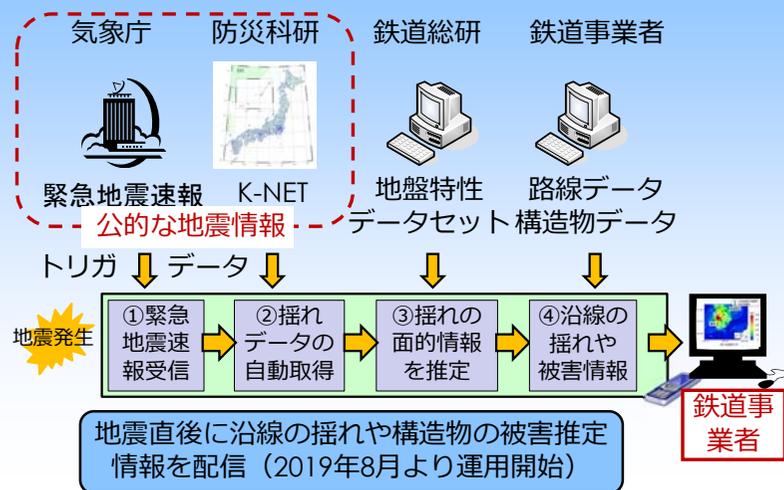
即時推定

地震直後の揺れや被害推定の必要性



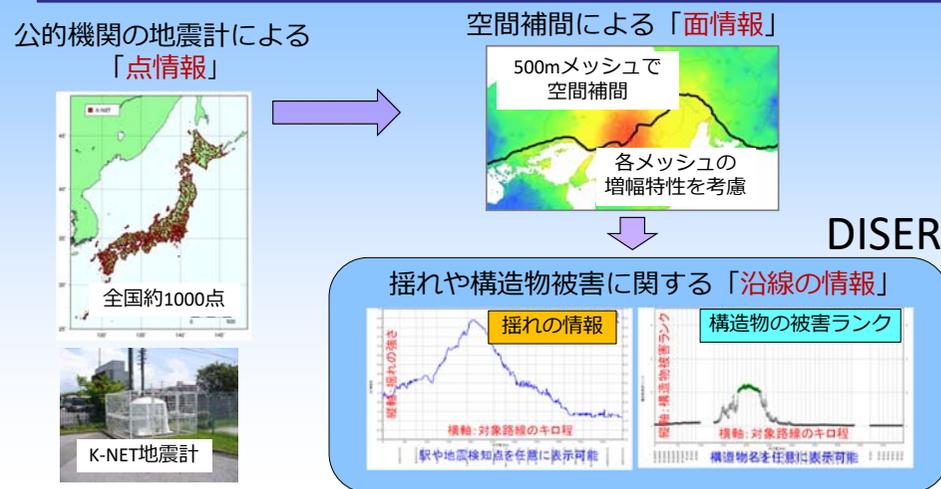
即時推定

鉄道地震被害推定情報配信システム (DISER)の概要



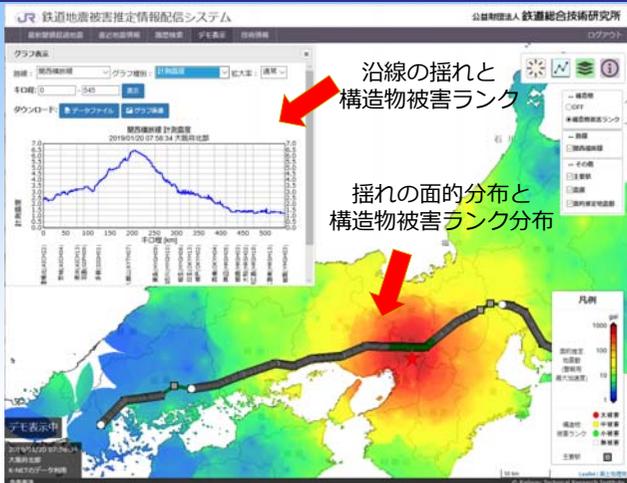
即時推定

DISERの配信する情報



即時推定

配信情報のイメージ 1



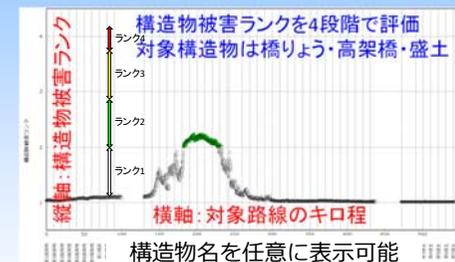
即時推定

配信情報のイメージ 2

揺れの情報



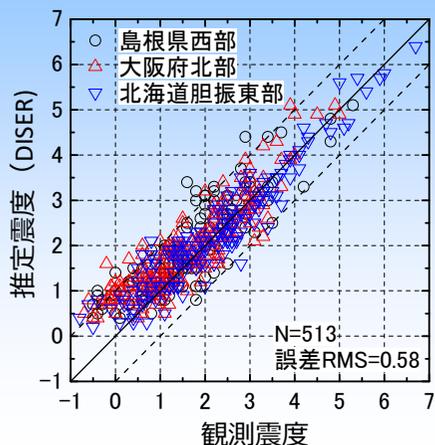
構造物の被害ランク



- 被害ランク1: 無損傷または軽微なひび割れなど構造的には影響がない程度の損傷
- 被害ランク2: 軽微な損傷の場合によっては補修が必要となる程度の損傷
- 被害ランク3: 補修が必要となる損傷
- 被害ランク4: 大幅な補修が必要で運転再開に長時間を要する損傷

即時推定

配信情報の精度



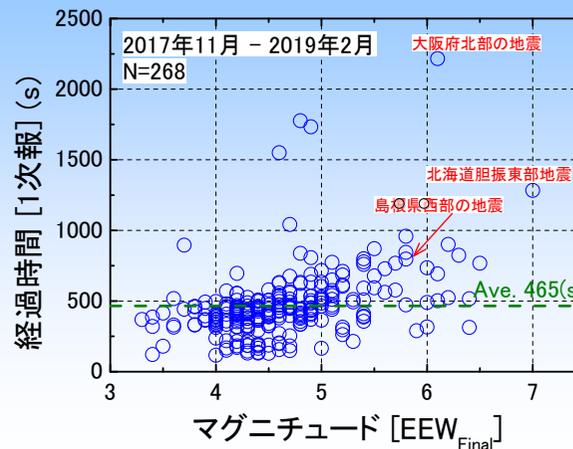
観測値と推定値の比較 (513データ) により精度を検証

推定誤差は震度で約0.6

※緊急地震速報における推定誤差の目標は1.0以下

即時推定

配信情報の即時性

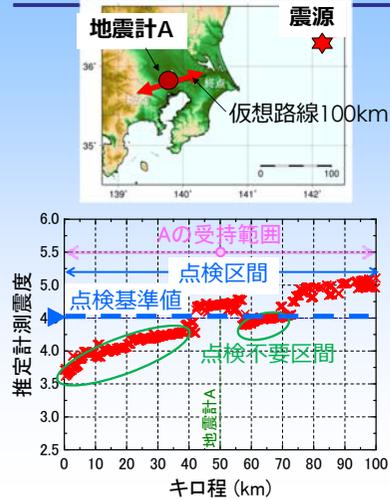


268地震で即時性を検証

- 配信までの平均所要時間は465秒 (約8分)
- 規模が大きな地震程、時間を要する

即時推定

システムの導入効果の試算



左図の事例では、

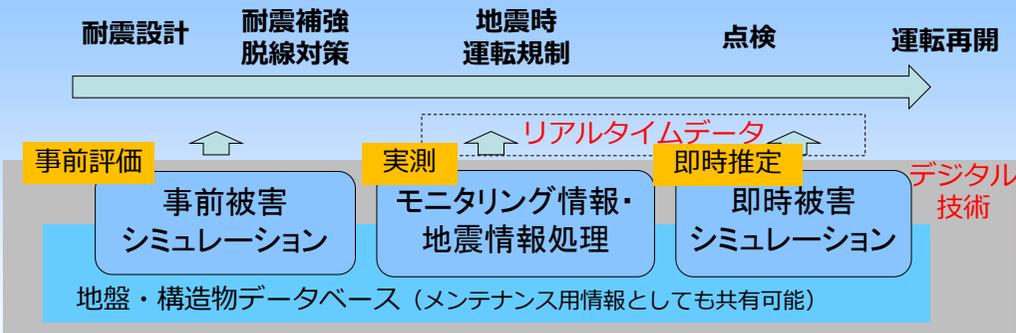
- ◆地震計Aが基準値超過
- ◆全線100kmで運転規制
- ◆ただし点検不要区間は延べ約61 km
- ◆不要区間の点検により15時間程度の損失(点検速度4km/時間の場合)

DISERの活用により、延べ15時間の点検時間の短縮が可能

本日の話題

1. デジタル技術と早期運転再開
2. 被害シミュレーション (事前評価)
3. モニタリング情報の活用 (実測)
4. 即時被害シミュレーション(即時推定)
5. まとめ

効率よく信頼性の高い早期運転再開に向けて



事前評価、実測、即時推定を組み合わせ、
データ・結果を共有・活用することが効果的である