

「未来を切り開くスマートインフラマネジメント ～デジタルツイン×データプラットフォーム×AI～」シンポジウム



SIP

人工衛星によるインフラモニタリング

2025年11月4日
日本電気株式会社
ビジュアルインテリジェンス研究所
久村孝寛
SIPスマートインフラマネジメント サブ課題D

生活に不可欠な都市インフラを平常時から安定的に支え、
事故の未然防止や災害・事故発生時の被害抑制を目指す

平常時の備え



平常時のインフラ保全を高度化し、
災害・事故時の被害を抑止

災害時の迅速対応



災害・事故発生時の被害深刻化を防ぐため
迅速な状況把握／避難誘導

平常時の備え

災害時の迅速対応

広域センシング × AI × デジタルツイン

光学衛星



SAR衛星

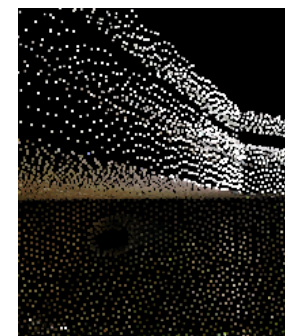


SAR: Synthetic Aperture Radar
合成開口レーダ

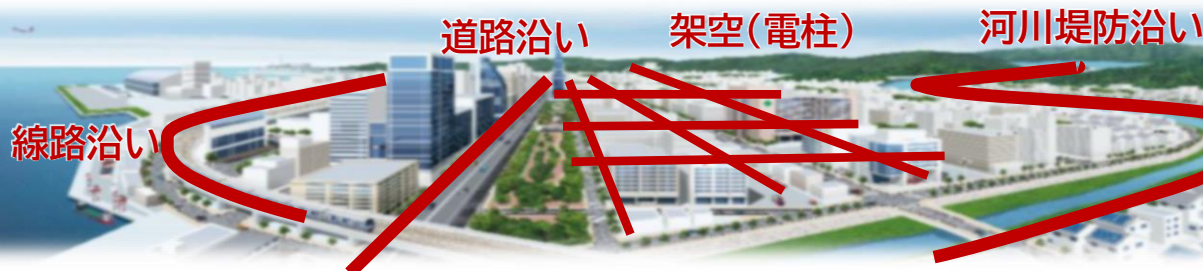
現場のカメラ画像



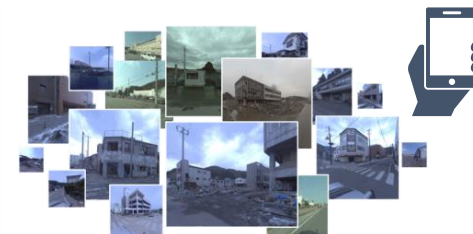
現場のLiDARデータ
(3D点群)



既設の通信用光ファイバを活用したセンシング



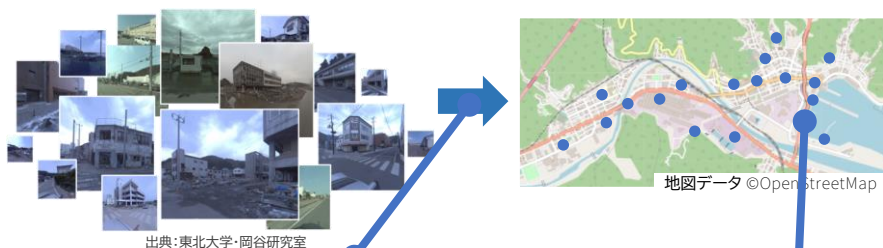
膨大なカメラ画像



出典: 東北大学・岡谷研究室

高度な専門知識が必要な画像解析とLLM（大規模言語モデル）を融合。
チャット形式で迅速な被災状況の把握を可能にする

災害発生現場画像をマッピング & 問い合わせ可能に



出典:東北大学・岡谷研究室

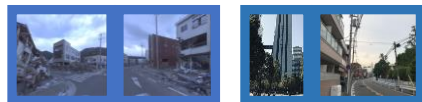
上空画像と照合してマッピング



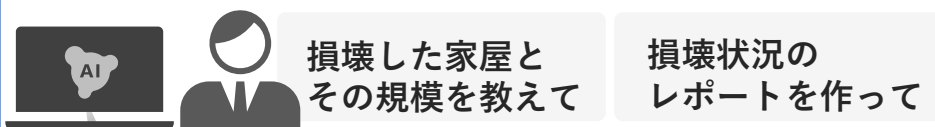
自然言語で問い合わせ

倒壊した建物を探したい
道路上にがれきりはありますか...

画像による問い合わせ



損壊状況の査定

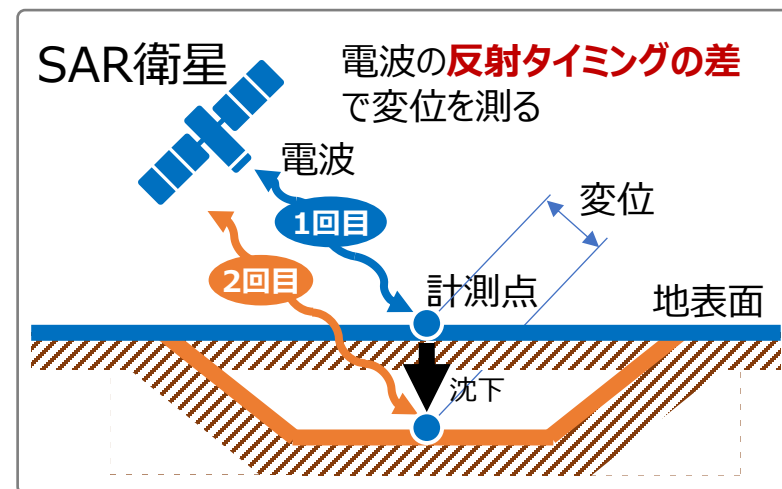
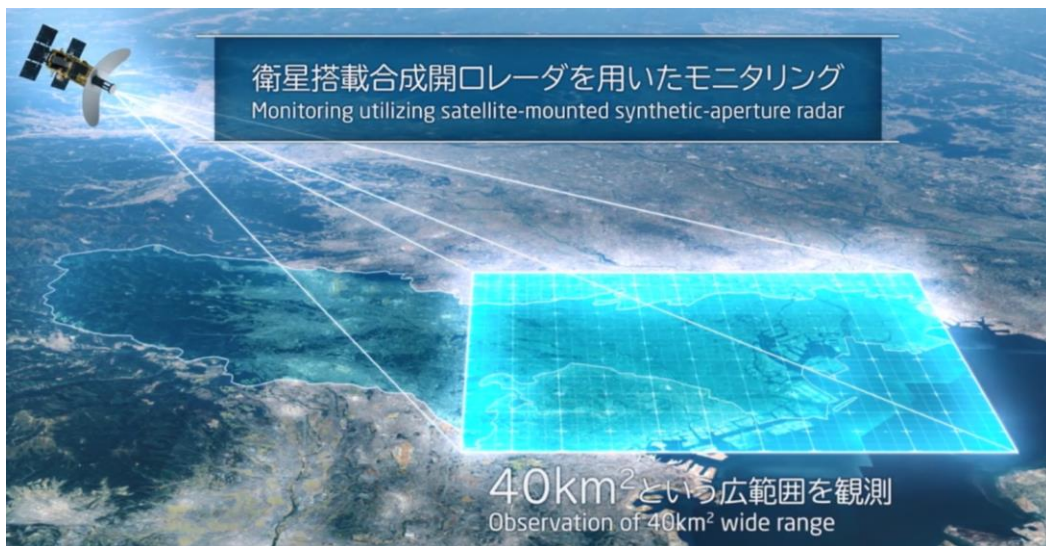


損壊した家を検出して規模に応じて順位づけ



画像から文章を生成してレポートに

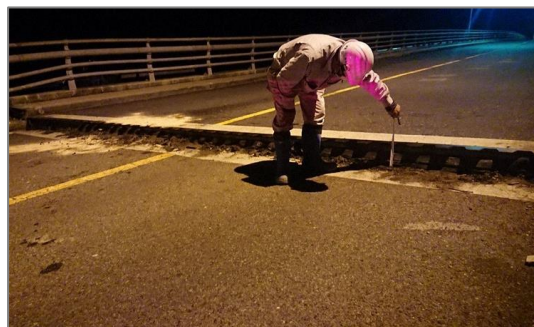
重要な構造物等の維持管理において、常時モニタリングは理想的だが、個別のセンサ設置はスケールしにくいいため、我々は人工衛星に注目



橋の崩落や部材破断など、重大損傷の事例



近畿地整HPより

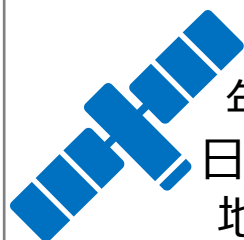


毎日新聞HPより

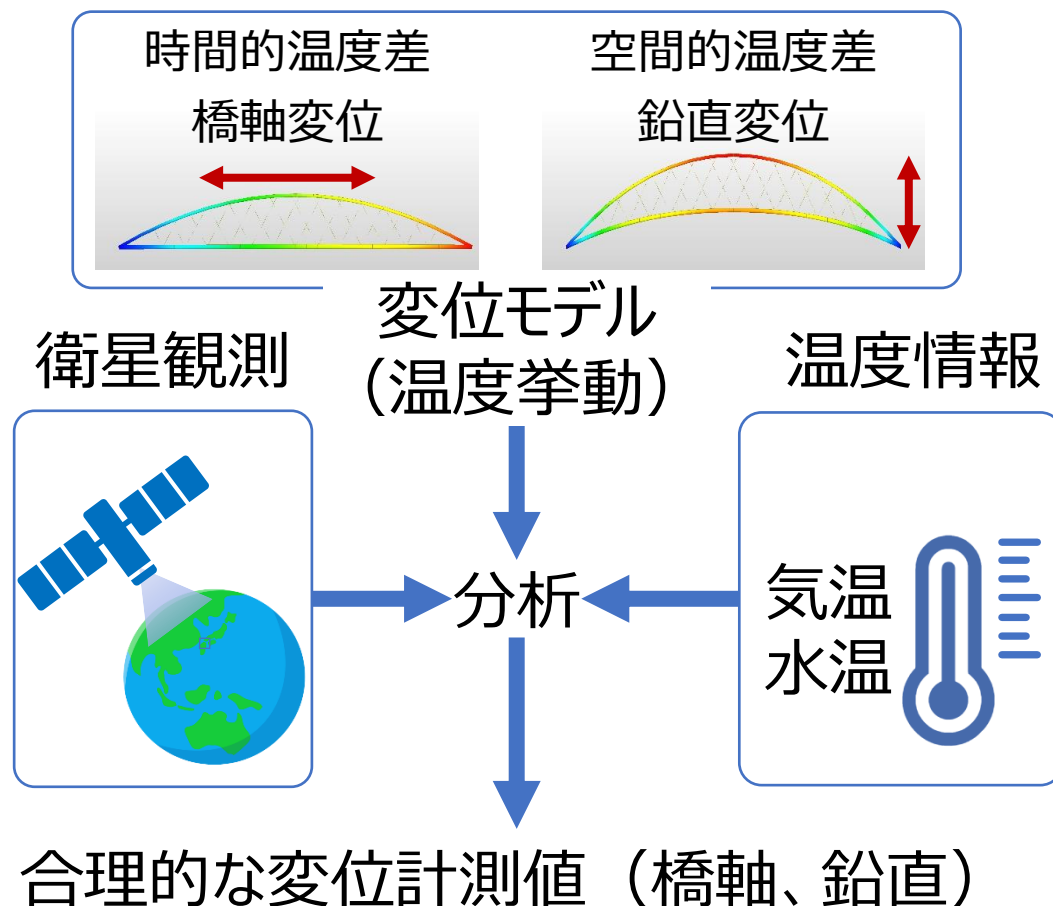
平常時の多数の観測データを使った分析によって、事故につながる異変を察知する

多頻度の衛星観測とデジタルツインによる変位モデルを使って橋や地盤の変位を計測、
橋の垂れ下がりや地盤の沈下を検知

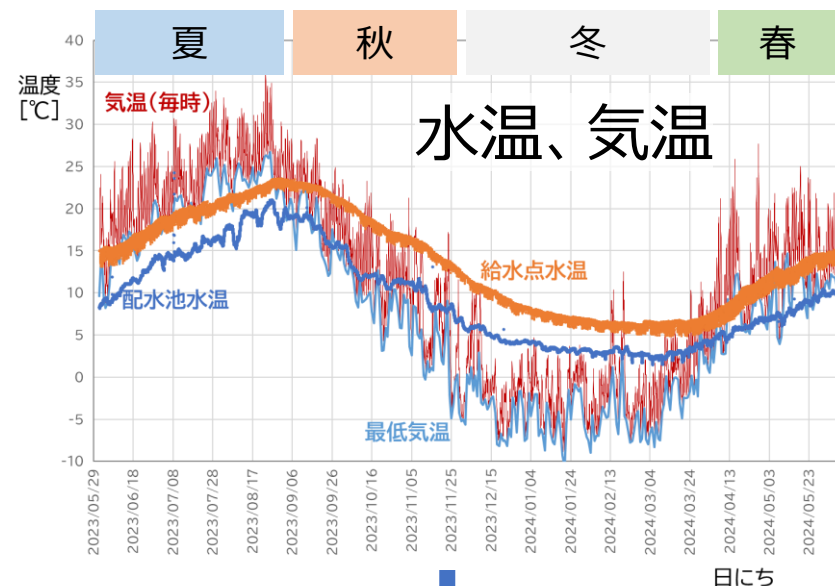
オープンなSAR衛星画像を活用



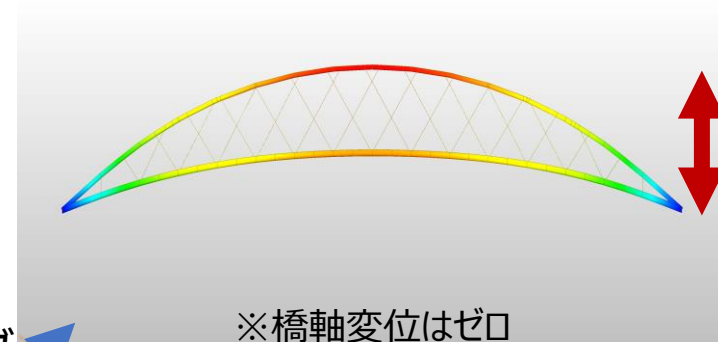
12日間隔で
年30回の定期観測、
日本全国、2015年～、
地上分解能20x5m、
波長56mmの電波で観測



水管橋の温度と変位の関係

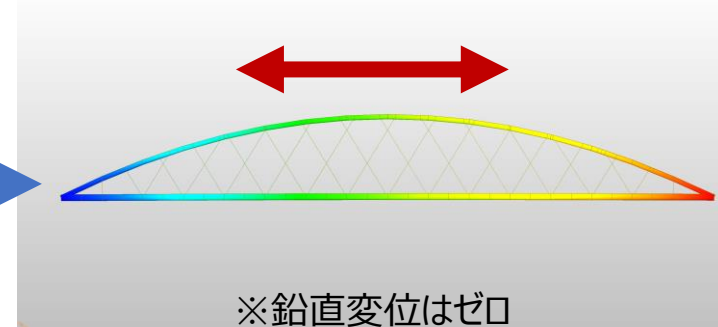


鉛直の反り・たわみ



本管とアーチリブ
の温度差

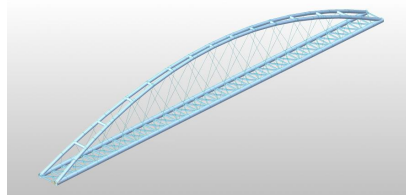
長手方向に伸縮



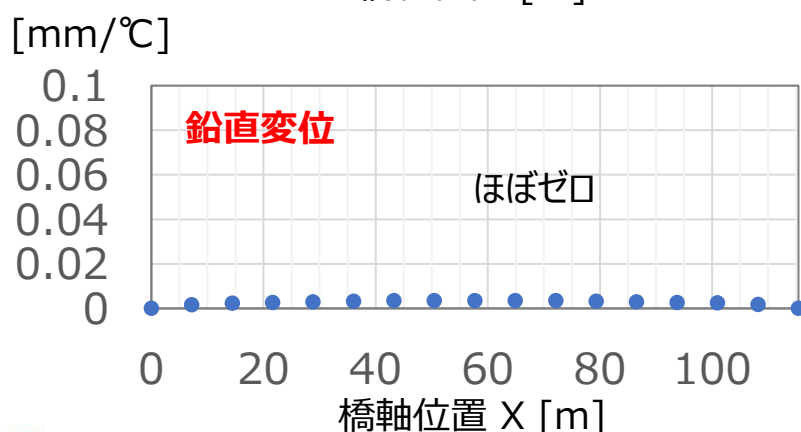
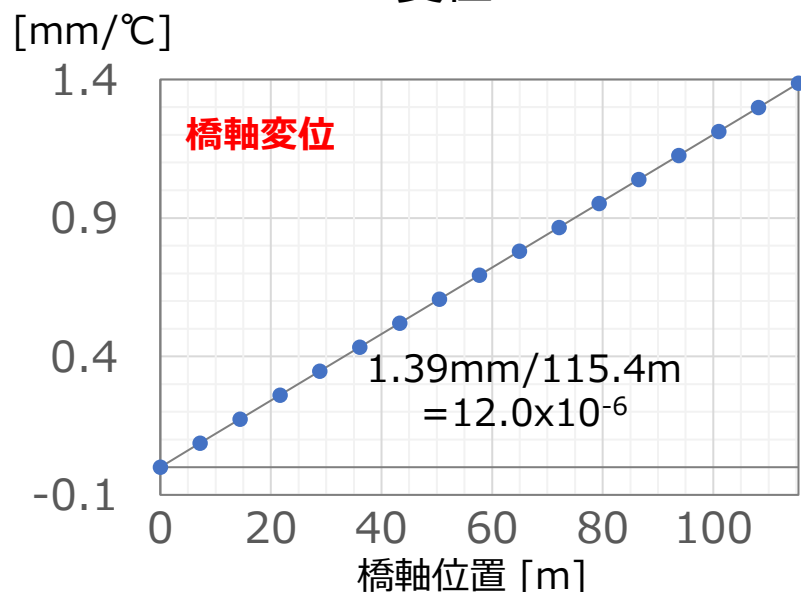
アーチリブ (水温影響受けない)

水管橋

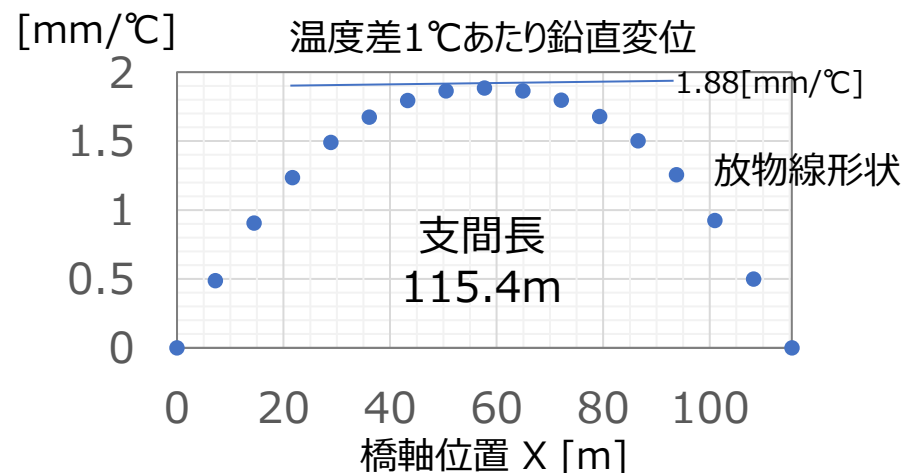
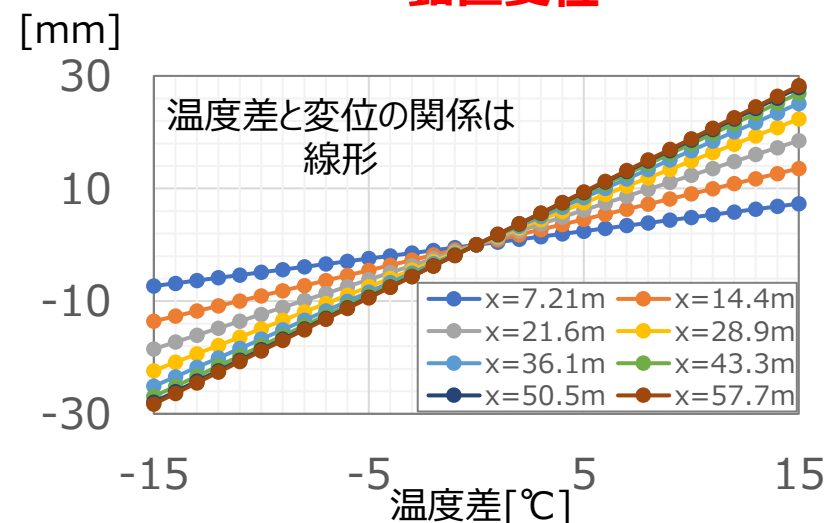
本管 (水温の影響強い)



**全体温度変化1℃あたり
の変位**



**本管とアーチリブの温度差による
鉛直変位**



1方向の衛星観測、2種類の温度情報、で熱膨張変位をモデル化

時間的溫度差 $\Delta T_t(t)$

橋軸変位

$d_x(t)$



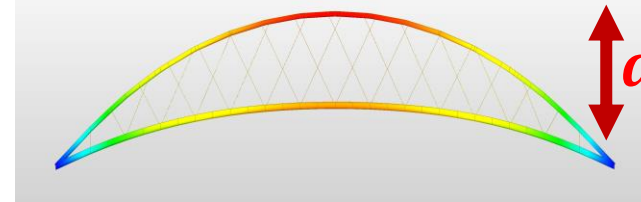
$$d_x(t) = k_x \Delta T_t(t)$$

$\Delta T_t(t)$ の例 季節温度差

空間的溫度差 $\Delta T_s(t)$

鉛直変位

$d_z(t)$

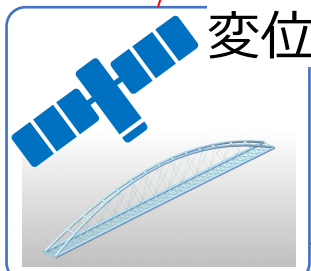


$$d_z(t) = k_z \Delta T_s(t)$$

$\Delta T_s(t)$ の例 部材温度差

$$d_{\text{LoS}}(t) = d_x(t) \sin \theta \cos \alpha + d_z(t) \cos \theta + \varepsilon$$

衛星観測
変位



衛星観測角度

※未知変数は2個 (k_x , k_z)、
2種類の温度情報があれば
 ε の最小化問題として解ける

LoS: 衛星視線方向(Line of Sight)

分析事例：水管橋の変位、実測比較

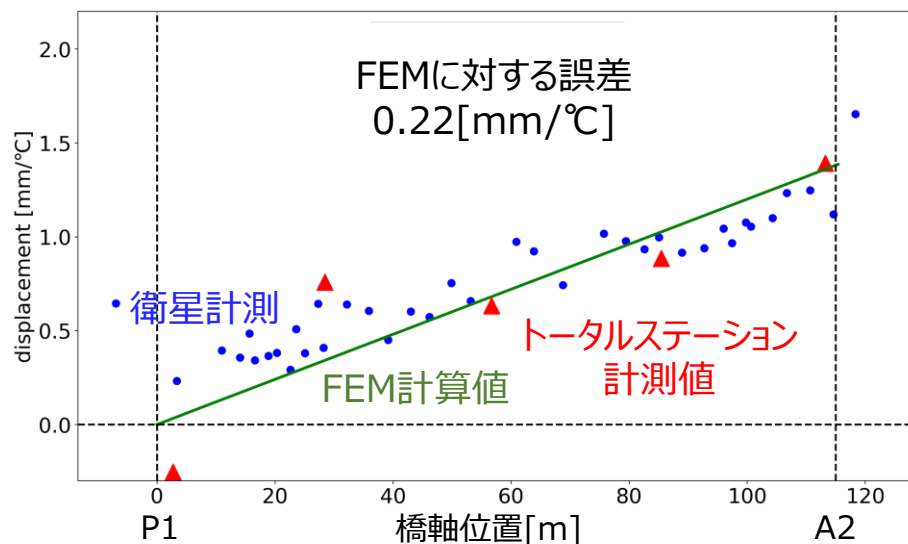
8年分234回の衛星観測と温度情報で計測
バラツキあるものの計測値はFEMと傾向一致

本管温度	配水池水温で代用
アーチリブ温度	気温で代用
SAR衛星	欧州宇宙機関 Sentinel-1 南行軌道
観測期間	2015-2023年, 計234回
撮像時刻	午前5時半頃



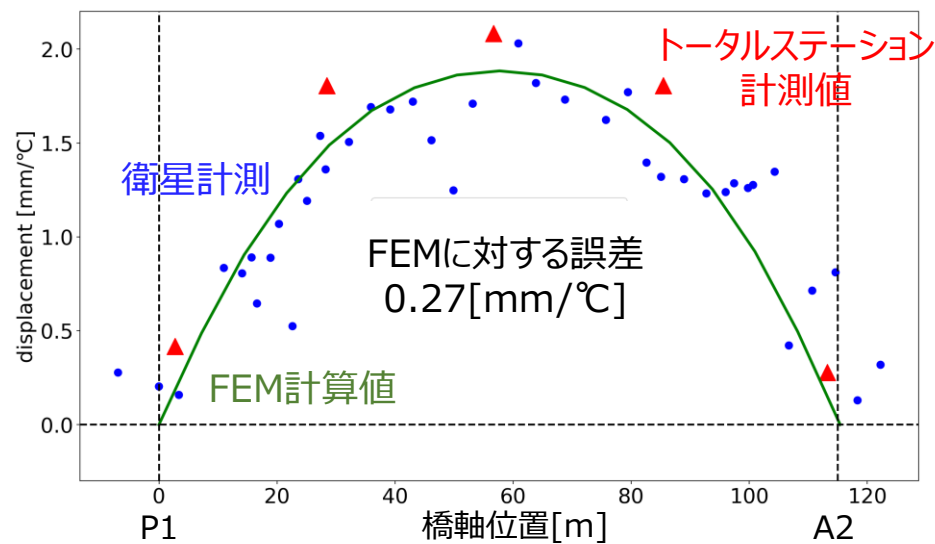
本管温度1℃あたり橋軸変位成分

[mm/℃]



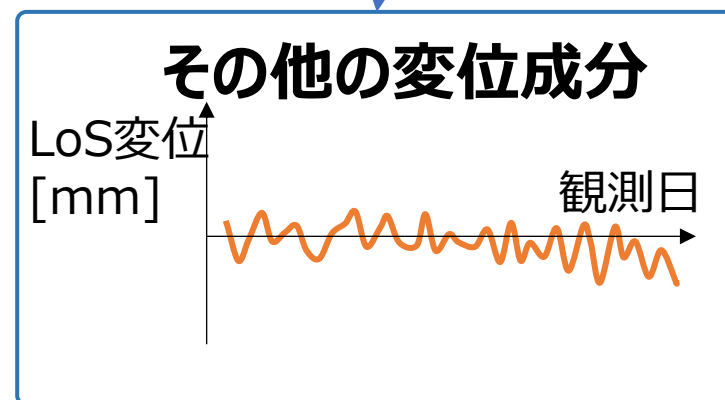
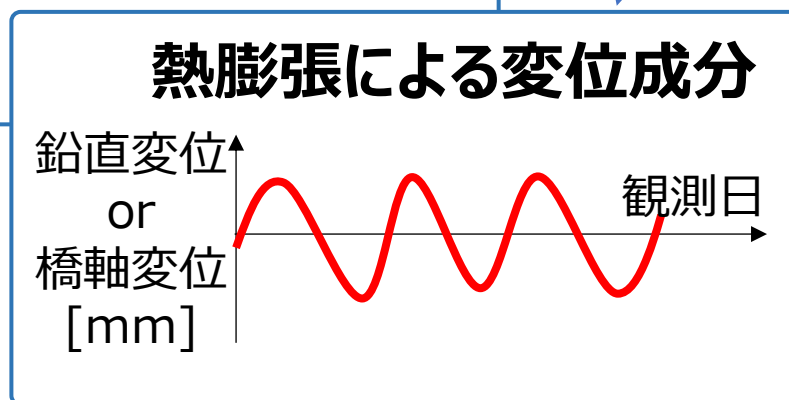
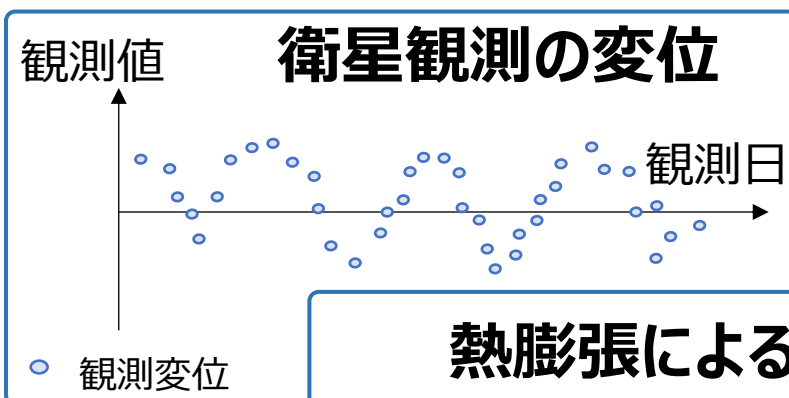
本管とアーチリブの温度差1℃あたり鉛直変位成分

[mm/℃]



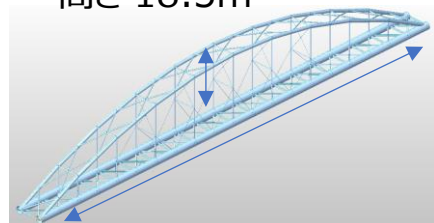
熱膨張による変位成分を除去した残差を使って、
垂れ下がりなど経年的な変位を分析

$$d_{\text{LoS}}(t) = d_x(t)\sin\theta\cos\alpha + d_z(t)\cos\theta + \varepsilon$$



垂れ下がりや沈下、
雑音、など

高さ 18.5m



スパン長 59.3m

2021年10月3日 スパン4崩落



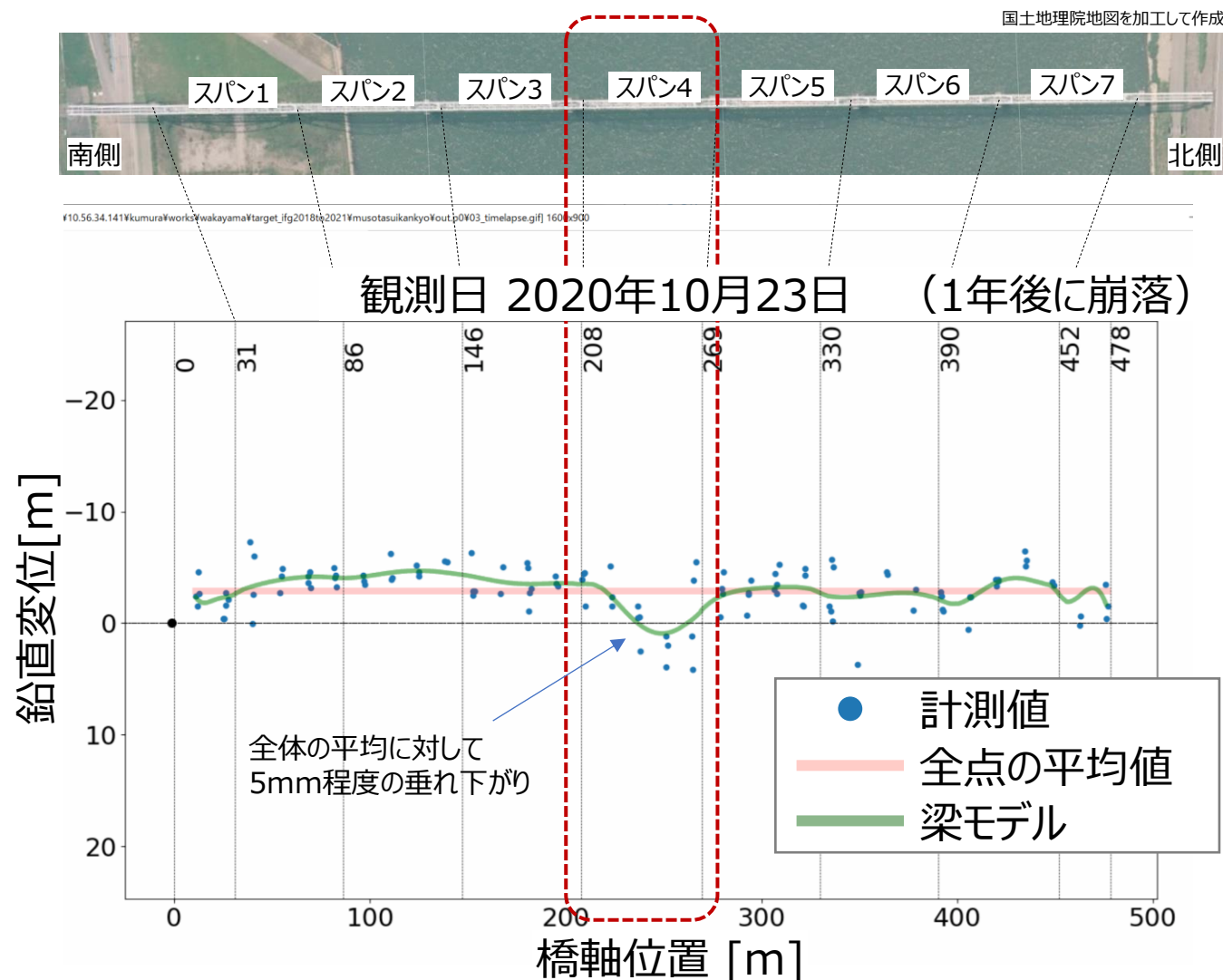
出典

<https://www.kkr.mlit.go.jp/profile/movie/wakayamamusota-2.html>

2022年5月31日撮影 修繕後



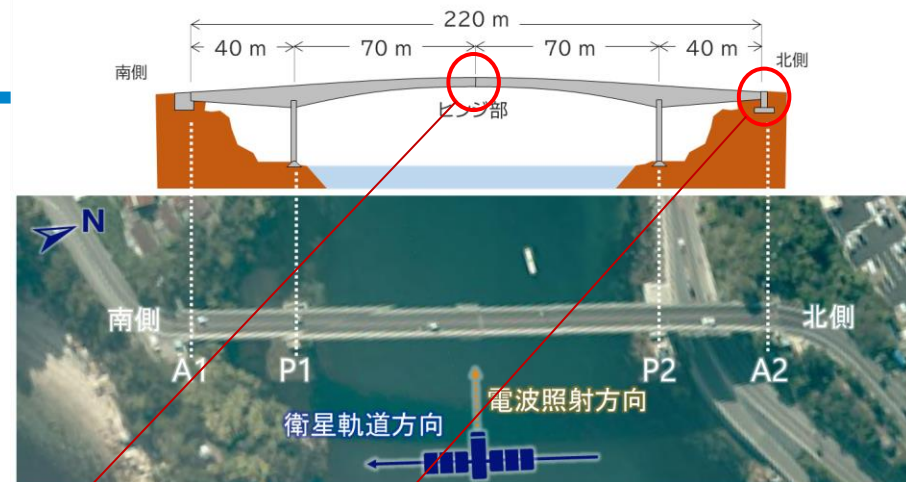
崩落した水管橋の変位を事後分析、
吊材破断によると考えられる垂れ下がりが計測された



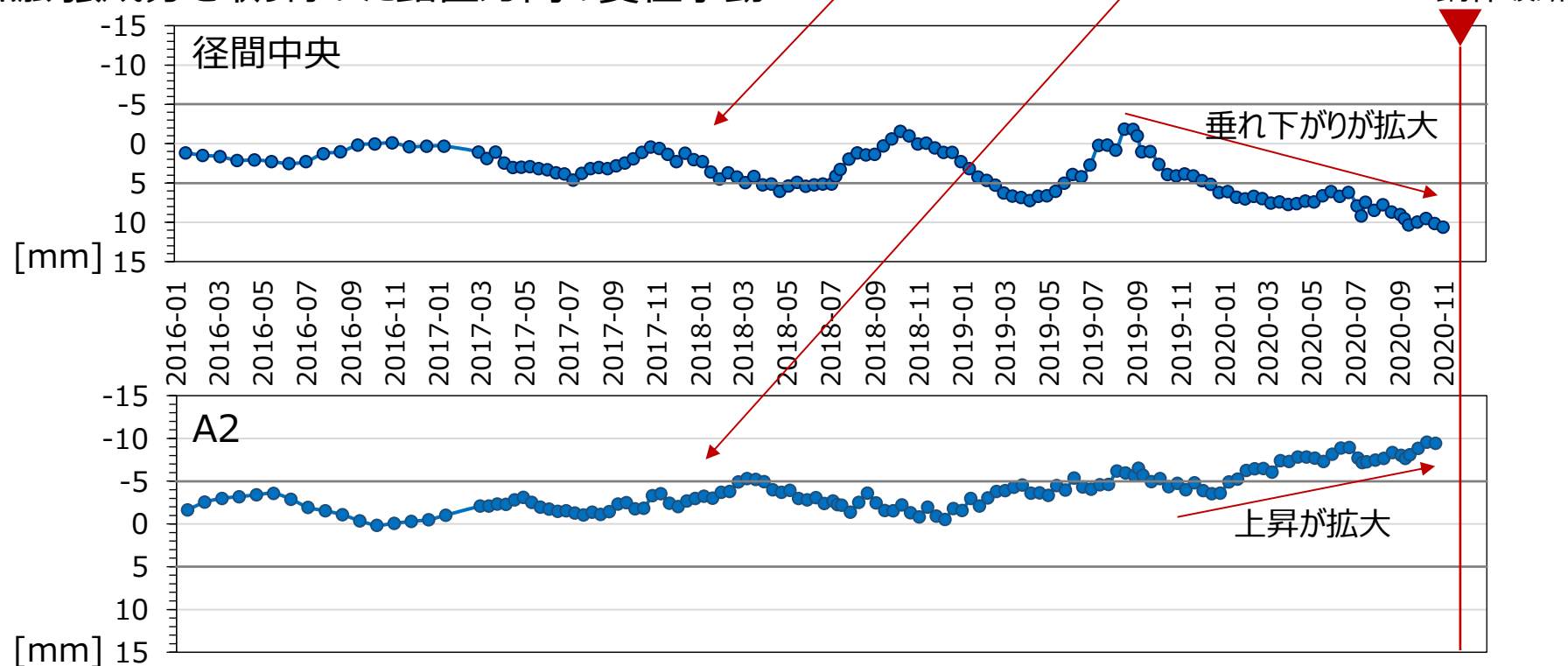
熱膨張成分を取り除いた鉛直方向の変位挙動

分析事例：有ヒンジPC橋の異常変位

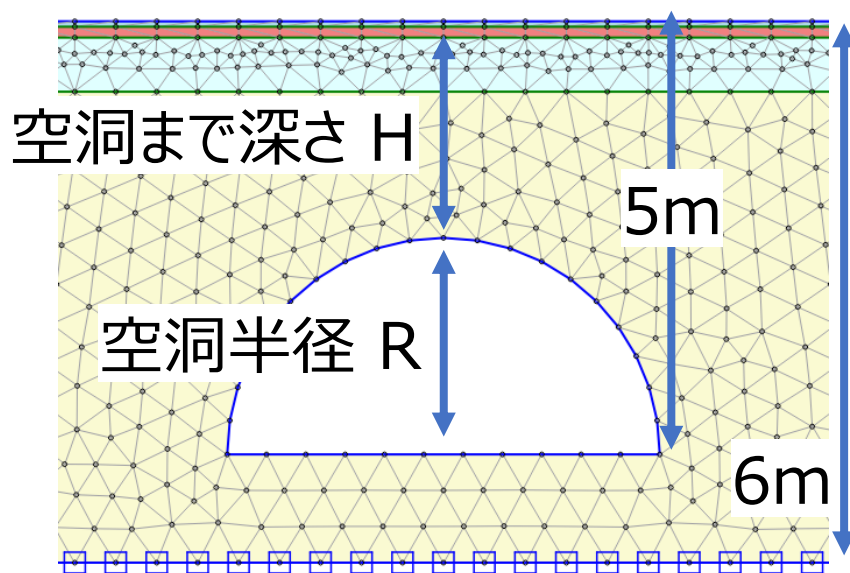
有ヒンジPC橋のA2側の梁を固定する鋼棒が破断した事例を事後分析、
ヒンジ部の垂れ下がりが10mm程度まで増加、
A2が10mm程度まで上昇、
という傾向が得られた



熱膨張成分を取り除いた鉛直方向の変位挙動



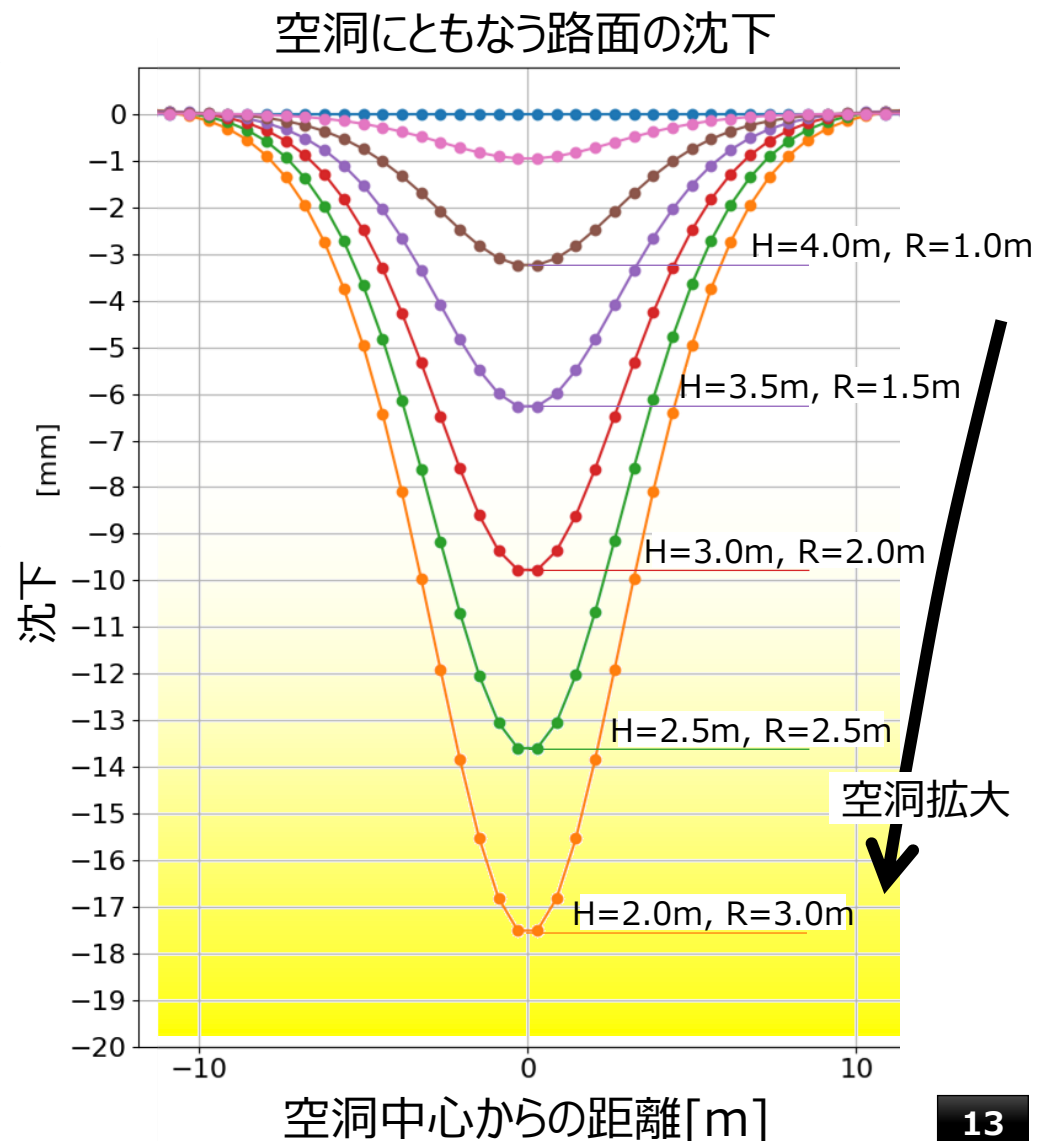
軟弱地盤の大規模な空洞による沈下は、SAR衛星で分析可能性あり



軟弱地盤

	構成要素	密度 [kg/m ³]	弾性係数 [MPa]	ポアソン比
100mm	アスファルト	2300	600	0.35
200mm	碎石	1900	300	0.35
1000mm	路床	1800	20	0.4
4700mm	地山	1800	20	0.4

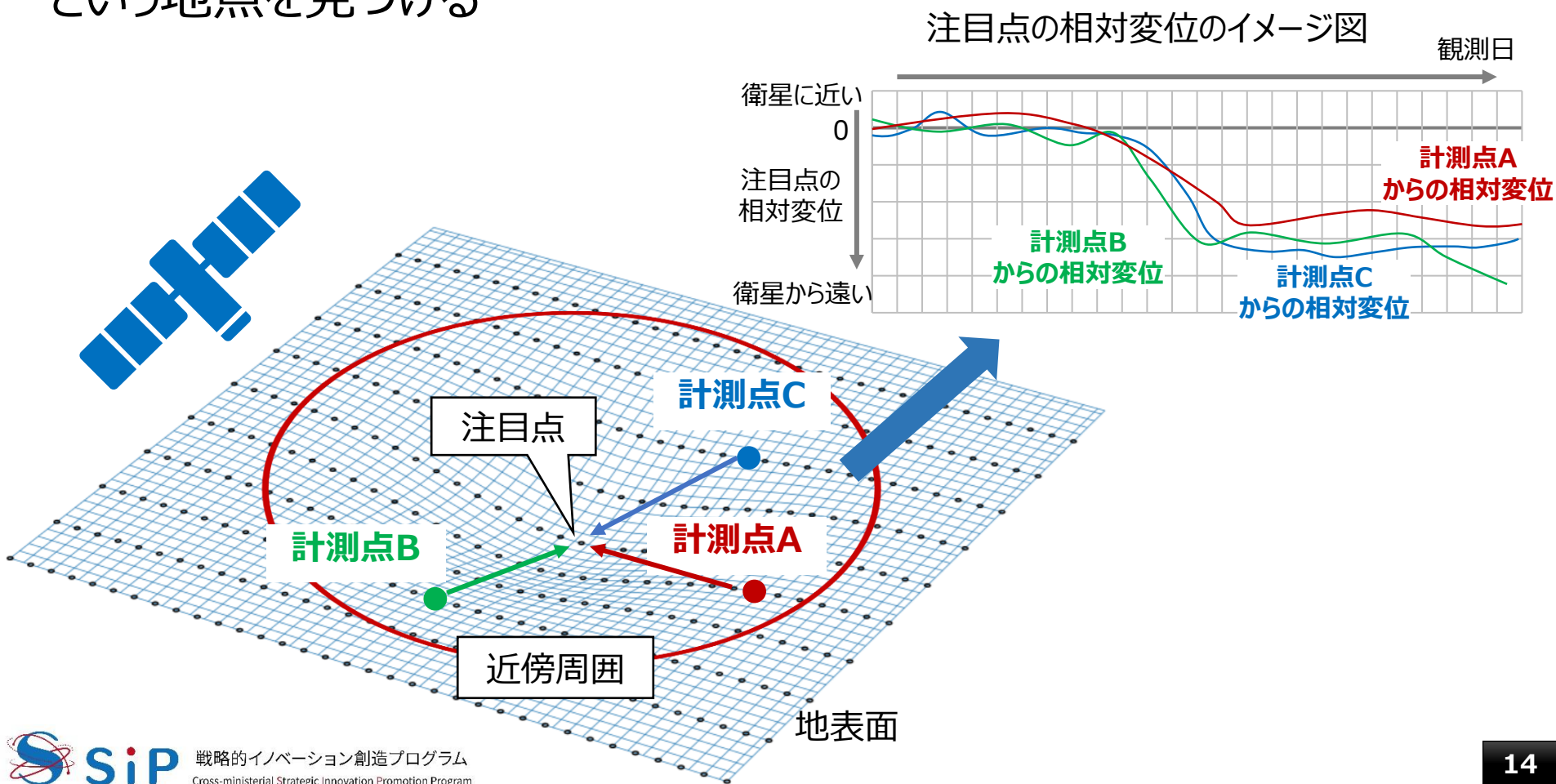
N値=10程度に相当



多数の観測データを使い、近傍周囲との相対変位について、

- ・速度が大きく、
- ・類似する時系列変化が複数ある、

という地点を見つける



分析事例：道路陥没

大規模な道路陥没を事後分析。
陥没場所の沈下を検知しているが、他での検知も多い、絞り込みが課題。



国土地理院地図より引用

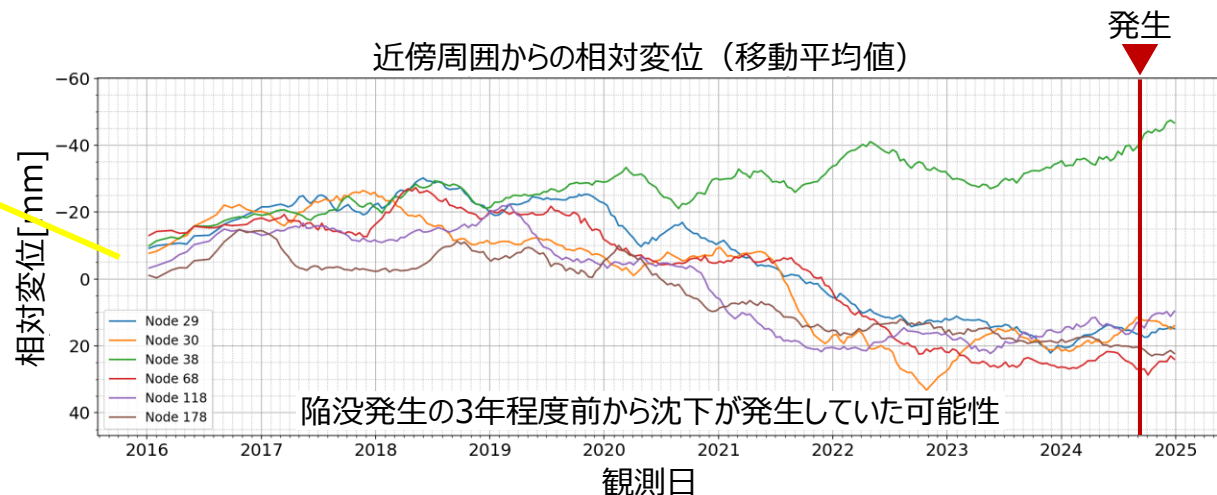
日本の事例

雨水管破損

幅	15 m
長さ	5.5 m
深さ	1 m



出典 https://www.ktr.mlit.go.jp/kisha/kisha_01691.pdf



Google Maps より引用

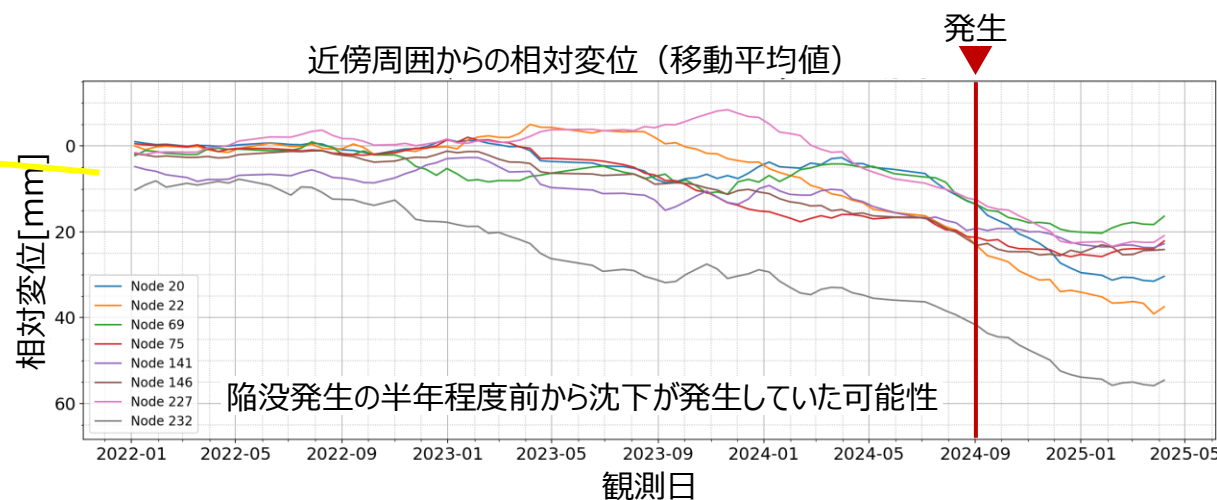
韓国の事例

原因不明

幅	4 m
長さ	6 m
深さ	2.5 m



出典 <https://newsdig.tbs.co.jp/articles/-/1390697>

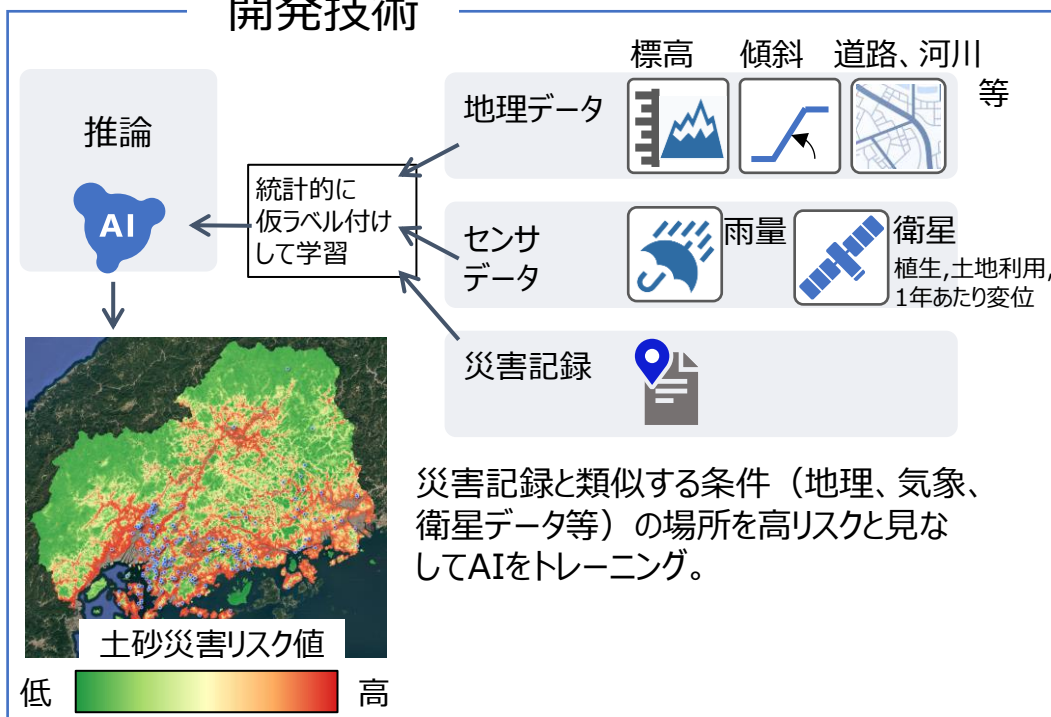


目的： 任意地点の土砂災害リスクを評価する技術を開発する。

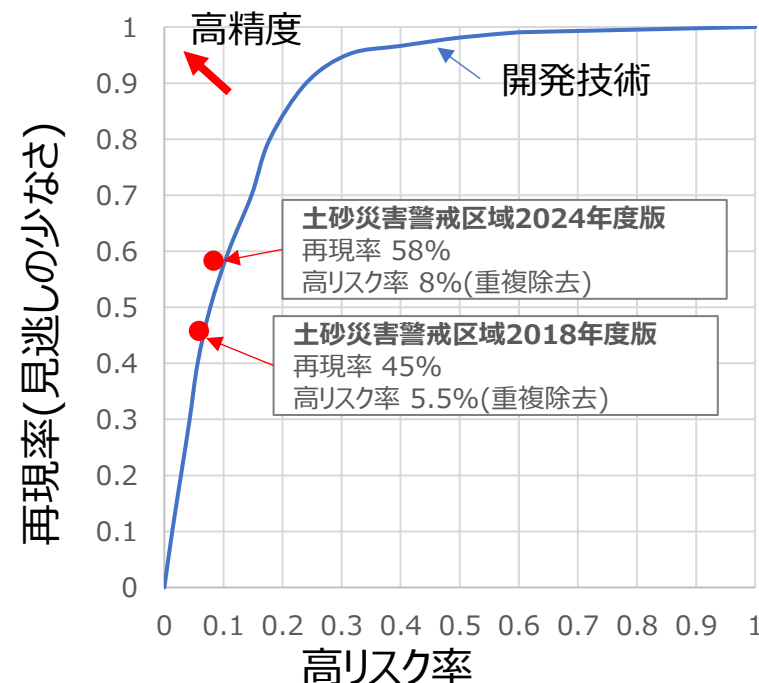
提供価値： 警戒区域外に建設されることも多い太陽光発電所などのリスクを推定する。

開発技術は警戒区域にせまるレベルで、過去の土砂災害を高リスクと推論。
今後、結果の説明性を向上させていく。

開発技術



過去の土砂災害に対する再現率の例



(対象地域全体に占める高リスク区域の割合)

SAR衛星データの解析結果をクラウド上で管理しWeb経由で利用できるSaaSサービス(NEOSAP)を立ち上げ。

今後、機能を追加していく予定。

<https://jpn.nec.com/solution/space/insarpf/index.html>

2025年2月にNEOSAPのサービス開始
(現状はSARデータを用いた変位解析機能のみ)

サービス概要



サービスの主な特徴

見たい場所だけ

1km²単位でデータ購入



早く

Web上でデータ受け渡し

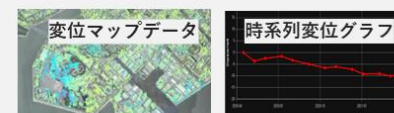
データをダウンロードし、お客様自身のGISシステムで編集する事も可能



利便性高く

シンプルなデータ表示機能

契約時より過去の情報も遡り閲覧可能



生活に不可欠な都市インフラを平常時から安定的に支え、
事故の未然防止や災害・事故発生時の被害抑制を目指す

平常時の備え



災害時の迅速対応



開発中の技術について社会実装を進めてまいります