

衛星SARを用いたインフラ メンテナンス技術の紹介

基礎地盤コンサルタンツ株式会社
技術本部 G空間事業部 吉川猛

目次

1. はじめに
2. 衛星SAR解析技術の概要
3. 自主解析事例の紹介
4. まとめ

1. はじめに

- 港湾インフラの点検

例えば、、、

「外郭施設の一般定期点検診断の方法は、陸上及び海上からの目視によることを標準とする。」

(港湾の施設の点検診断ガイドライン、ページ2-2)



見える範囲は良いが、、、

沖防波堤、離島など遠隔地、広範囲の目視点検は非効率

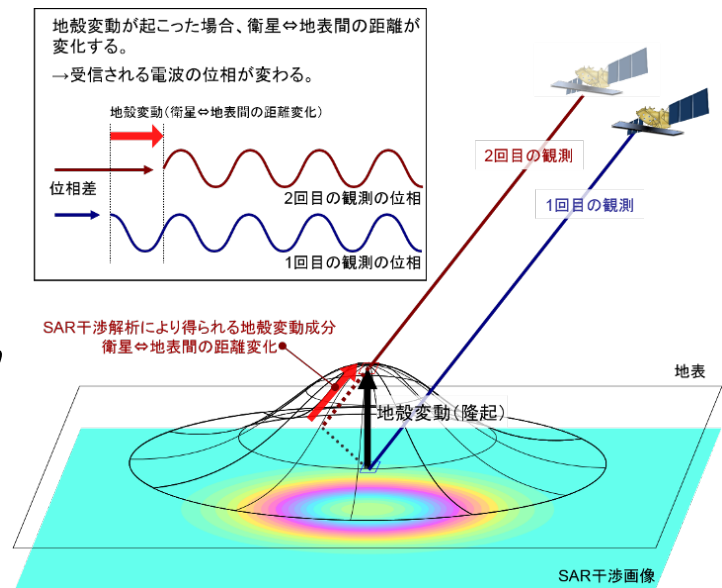


衛星SARの解析技術を活用してはどうか

2. 衛星SAR解析技術の概要

SAR: Synthetic Aperture Rader: 合成開口レーダー

- ・人工衛星を利用した地上観測技術(リモートセンシング)
- ・マイクロ波を地上に照射
→ 反射波の振幅・位相を観測
- ・太陽光不要、雨雲を透過
⇒ **雨天時、夜間**でも観測可能
- ・異なる2時期以上のSARデータで干渉解析を行うと、対象地域の経年地盤変位を抽出可能
→ 最大mmオーダーの精度



干渉SARの概念図(出典:国土地理院)

SAR衛星の種類

バンド	Xバンド	Cバンド	Lバンド
波長	短い←←← →→→長い		
	3cm	6cm	24cm
検出できる 変動の大きさ	小さい←←← →→→大きい		
変動の検出 (干渉性)	植生部分は干渉しにくい		干渉しやすい
代表的な衛星	TerraSAR-X (独) COSMO-SkyMed (伊) Strix (日)、QPS (日)	Sentinel-1 (欧)	ALOS-2 (JAXA) ALOS-4 (JAXA)
アーカイブ 整備状況	不定期観測 (要求に応じて)	定期観測 (12日間隔)	定期観測 (年4回) (2週間隔)
費用	有償 (数万円～100万円)	無償	有償 (8万円)

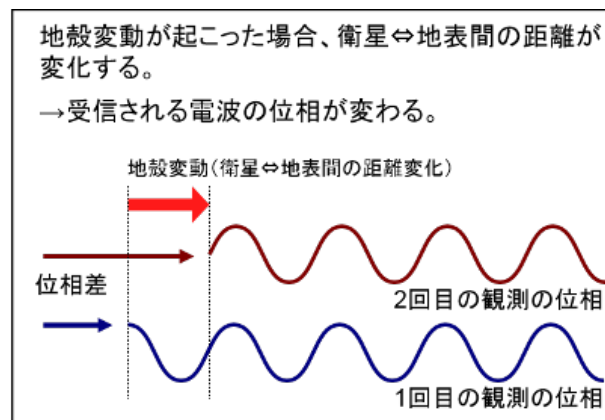
干渉SAR解析方法の基本

・複数のSARデータについて干渉処理

→データ間の位相差を算出

→位相差を距離に変換

→変位量を算出する



干渉SAR解析

差分干渉SAR解析
(DInSAR)

- ・ 同一条件で撮影された二時期のデータ
- ・ 土地の変位の分布や傾向を把握する。

時系列解析

SBAS

- ・ 複数時期のデータを利用
- ・ 累積変位の推移や変位速度の推定

PSInSAR

- ・ 干渉性の高いデータのみ利用
- ・ 高精度な解析結果が得られる。
- ・ 解析結果獲得領域が少ない

観測範囲の例

日本の衛星(だいち2号、北向軌道の場合)



観測範囲の例

日本の衛星(だいち4号、北向軌道の場合)



観測は200km幅、販売は縦70km、横50km (ALOS-2に合わせる)

3. 自主解析事例の紹介

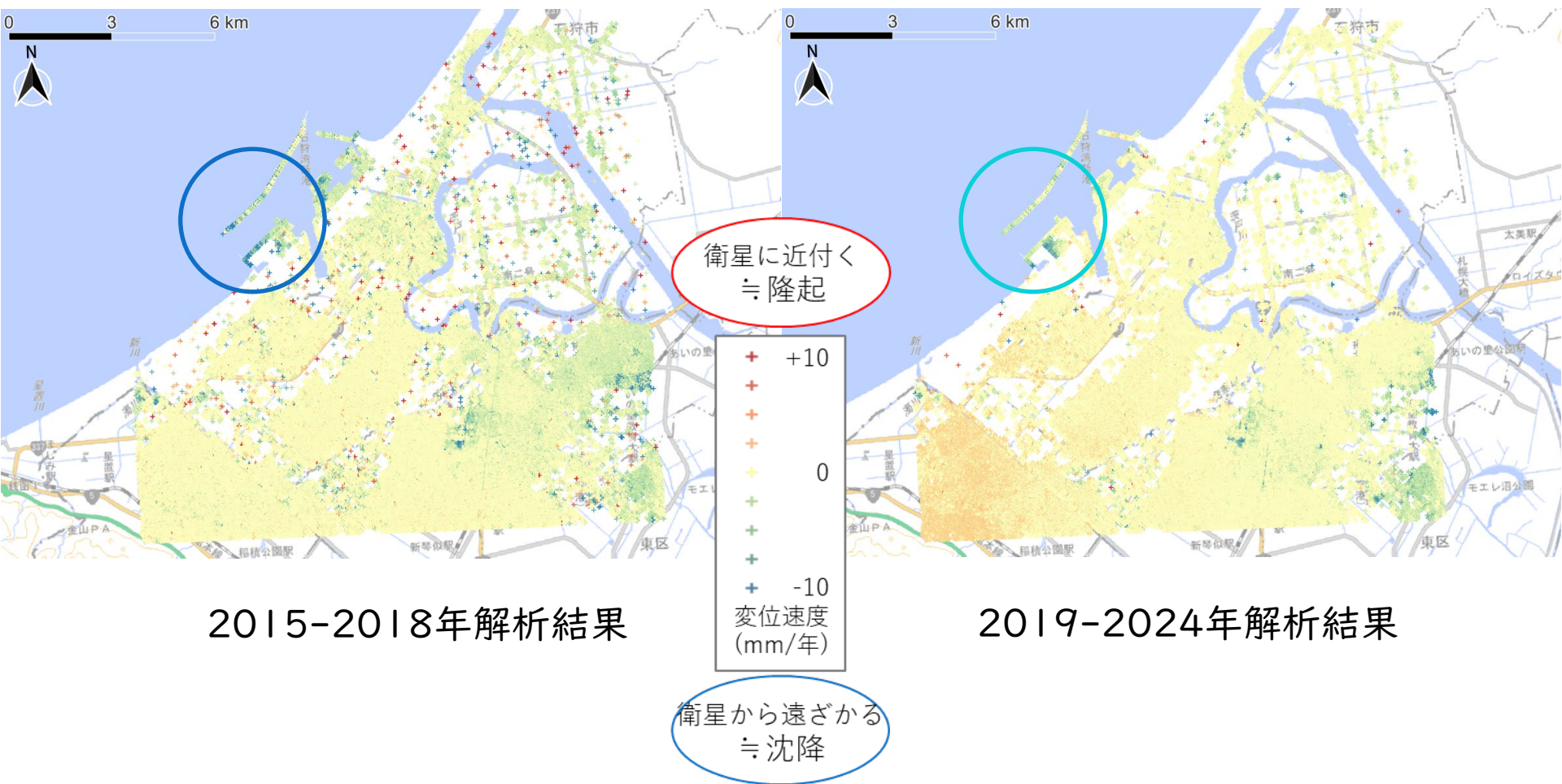
①北海道石狩湾新港沖の北防波堤

- 全長約4500m、平成24(2012)年より北側にさらに400mの延伸工事が行われている。
- 1978年2月施工開始。
- 供用済み堤体の沈下を計測

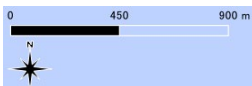


- 利用データ: Sentinel-1 (欧州宇宙機関)
 - 無償でデータを公開中
 - Cバンド (変位分解能・高)、空間分解能・低
- 2014~2018、2019~2024年、
2024年~2025年の期間でPSInSAR解析を実施
- 1年間に8データ (1.5ヶ月に1シーンのイメージ)
- グリッドサイズ: 15m×15m

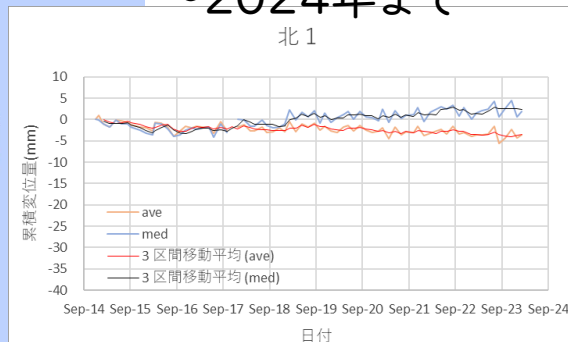
● 解析範囲全体の変位速度分布図（昨年までの紹介例）



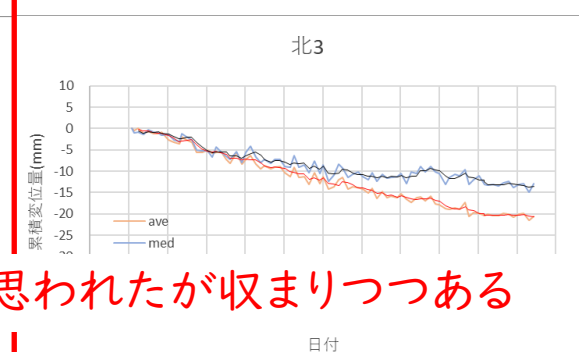
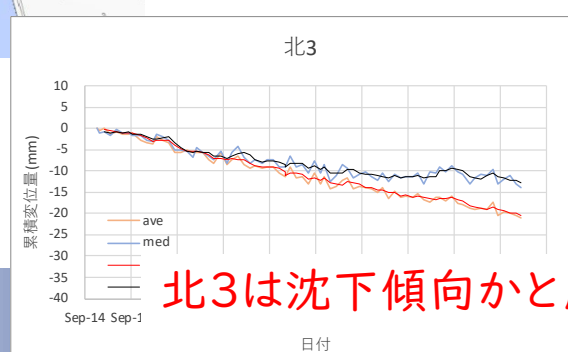
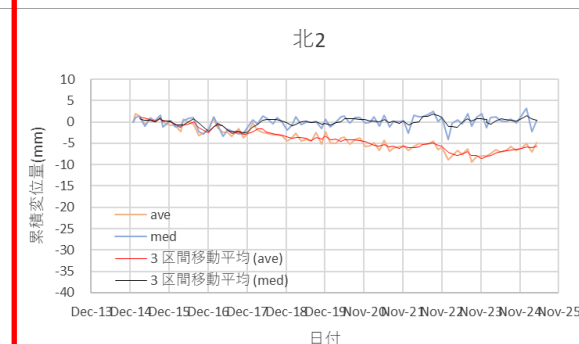
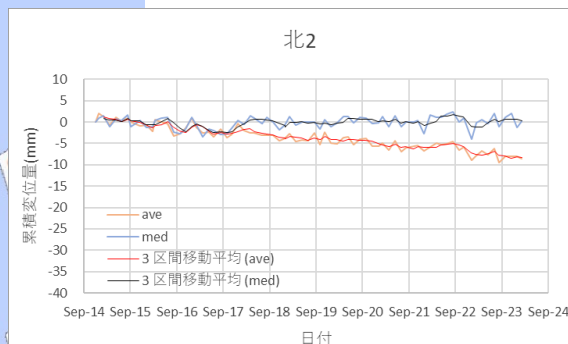
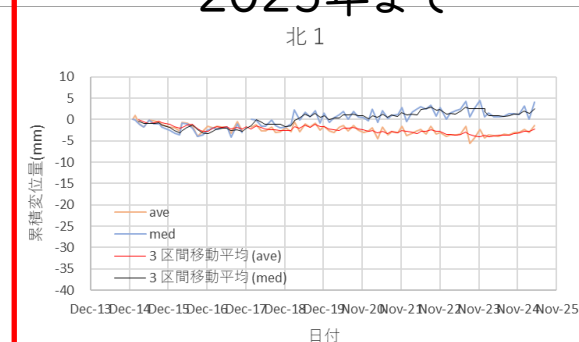
● 北防波堤周辺の累積変位量の推移



～2024年まで



～2025年まで

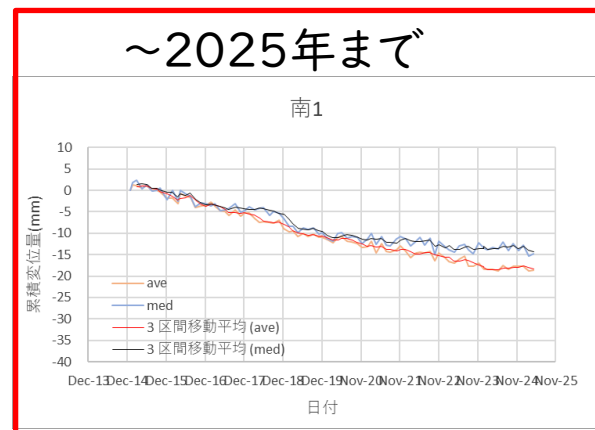
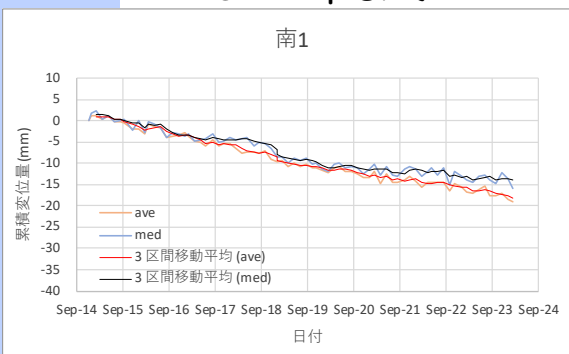


赤線:平均 青線:中央値
 平均値>中央値
 ⇒ 局所的に大きな変位

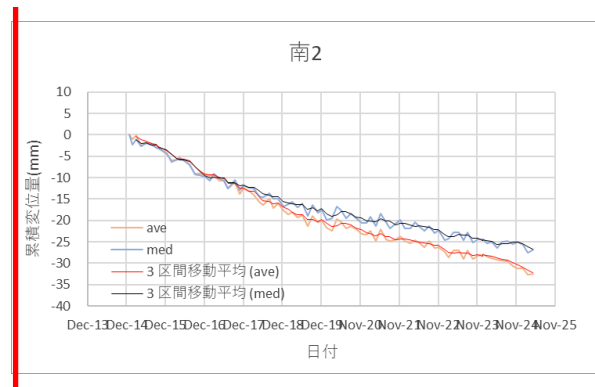
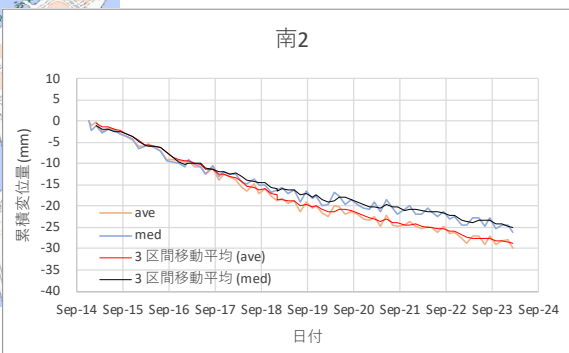
北3は沈下傾向かと思われたが収まりつつある

● 北防波堤周辺の累積変位量の推移

～2024年まで



南1は沈下が収まりつつある



南2は引き続き沈下傾向？

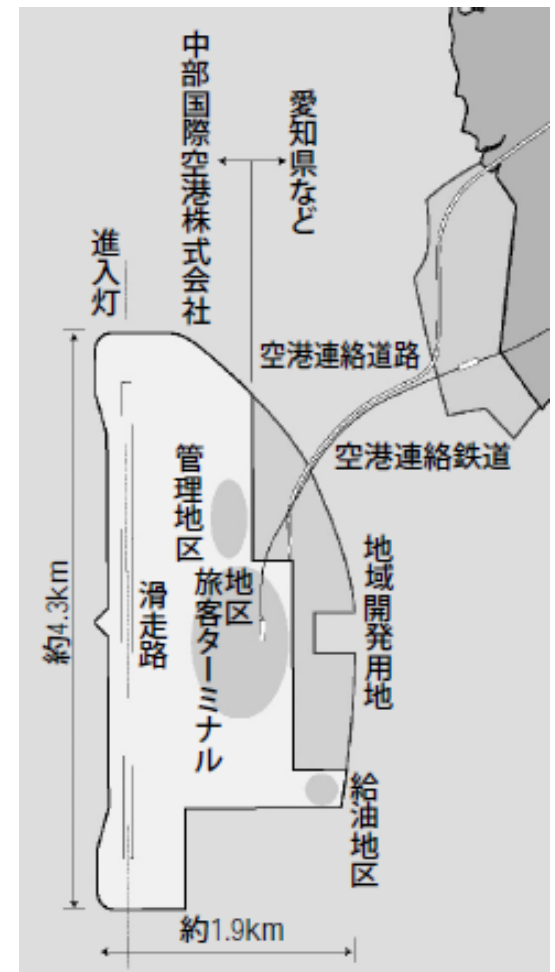
赤線: 平均
青線: 中央値
平均値 > 中央値
⇒ 局所的に大きな変位

②中部国際空港の解析事例

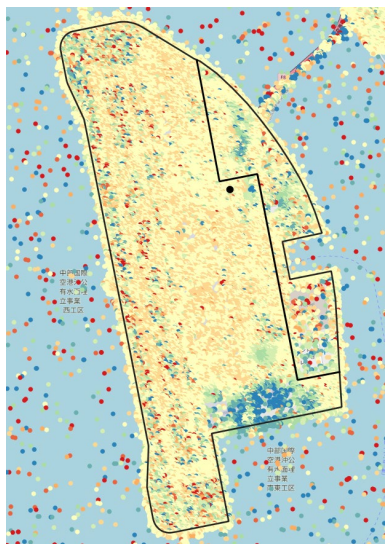
- 開港後の大きな地盤沈下はない
- 中部空港警察署で
不同沈下が確認された
(報道で知られるように
なったのは2024年)



- 利用データ: Sentinel-1 (欧州宇宙機関)
 - ・無償でデータを公開中
 - ・Cバンド(変位分解能・高)
 - ・空間分解能・低
- 2014~2025年の期間でPSInSAR解析を実施
- 1年間に12データ(1ヶ月に1シーン)
- グリッドサイズ: 15m×15m



上用ほか、2002、海洋開発論文集より引用



2014~2017



2017~2019



2020~2022



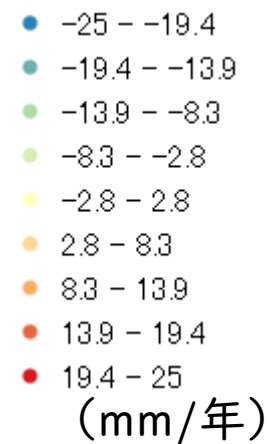
2023~2025

最南端の区画に顕著な変動が認められる

⇒第2ターミナルの完成(2019)

⇒初期は平、その後、盛土

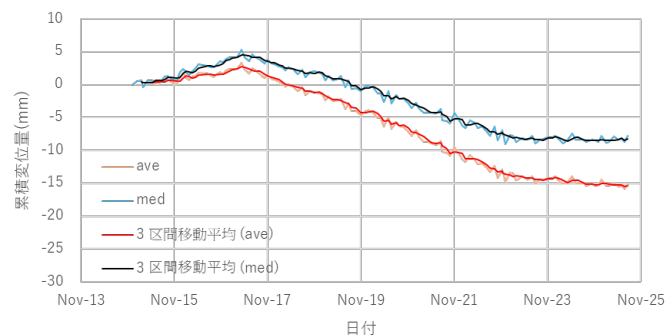
⇒人工改変の影響?



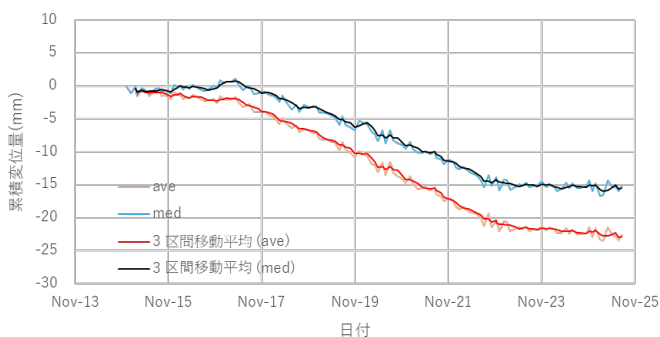
出典: 中部国際空港株式会社

● 各区域の平均累積変位量の推移

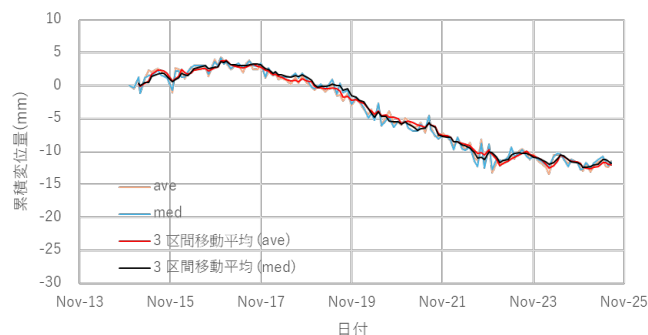
空港用地



地域開発用地



中部空港警察署



中部空港警察署

地域開発用地

空港用地

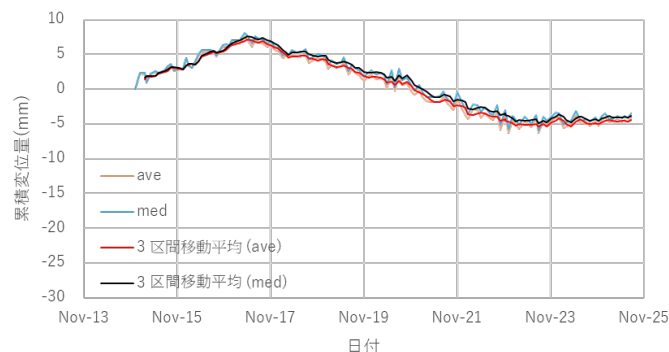


- ・2014～2016にかけて隆起傾向
- ・2016～2022にかけて沈下傾向
- ・ただし、値は小さい。年2～3mmの沈下。

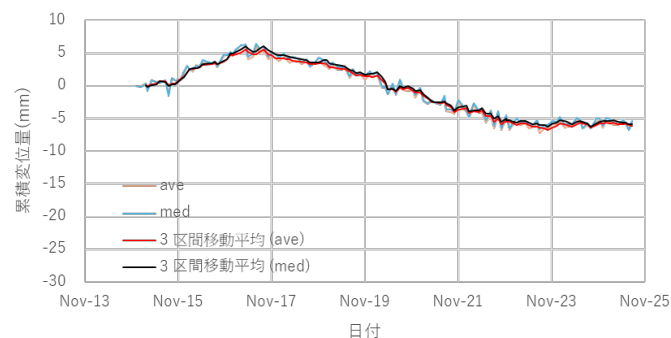
赤線:平均 青線:中央値

● 各区域の平均累積変位量の推移

滑走路



駐機場



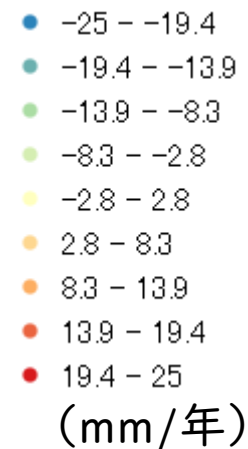
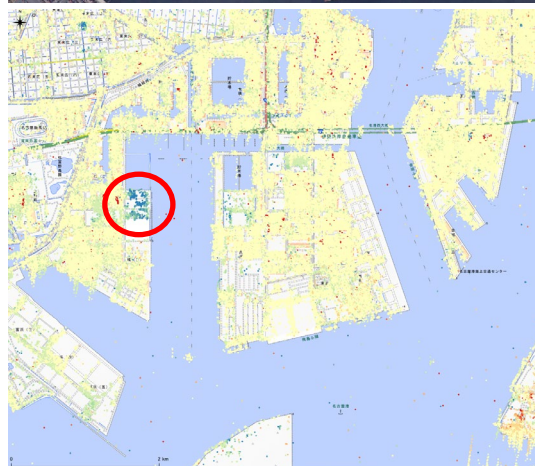
- ・2014～2016にかけて隆起傾向
- ・2016～2022にかけて沈下傾向
(傾向は同じ)

- ・ただし、値は非常に小さい。
- ・年2mmも無い程度。

赤線:平均 青線:中央値

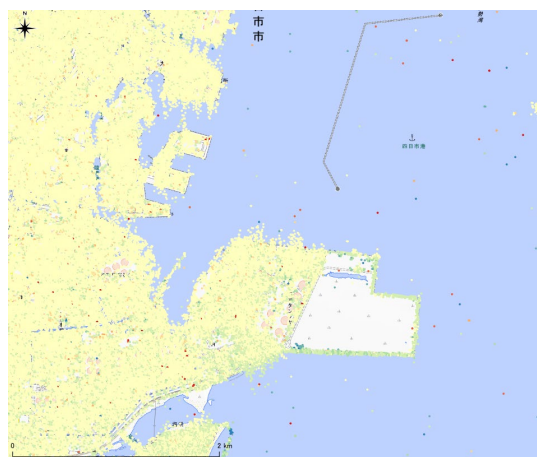
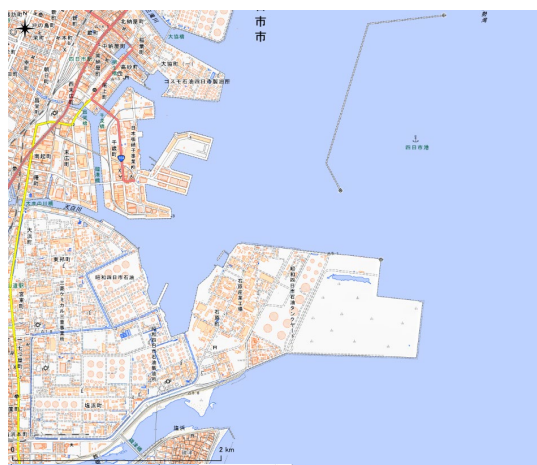


③飛鳥ふ頭周辺の解析事例

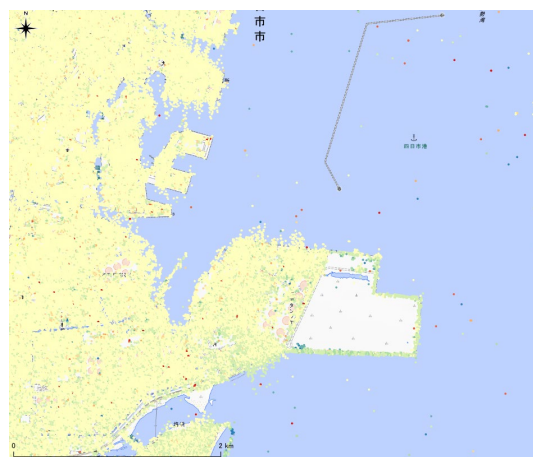


時期によって微妙に用途が変わっている

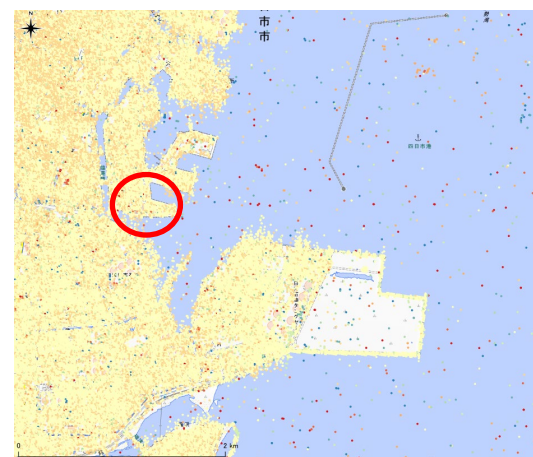
④四日市周辺の解析事例



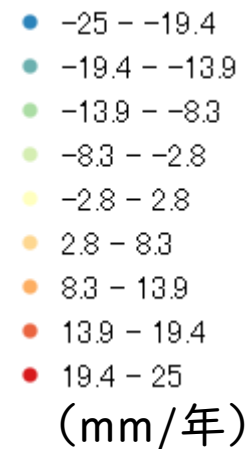
2017~2019



2020~2022



2023~2025



沈下の様子はほとんどない

4. まとめ

- 遠隔地、広範囲を監視するには衛星SARは有効。
- 机上の作業となるため現場作業が発生しない。
- 広範の変位は把握できるが、詳細な変状把握（ひび割れなど）は困難。
- 衛星の定期観測により継続的な利用が可能。
- 時系列解析費用は概算で200～300万円程度。
- 別途、衛星データ購入費用がかかる。

ご清聴ありがとうございました

基礎地盤コンサルタンツ株式会社
技術本部 G空間事業部

吉川 猛

yoshikawa.takeshi@kiso.co.jp

03-6861-8876