

# 合成開口レーダ衛星によるインフラ 変位モニタリング

日本工営株式会社  
衛星情報サービスセンター

陰山 建太郎

# 近年の衛星データ活用の取組み

2014～ 2018 ALOS-2の利用拡大に係る取組みとして、SIP第1期でJAXAとの共同研究

2019.09 第3回インフラメンテナンス大賞 情報通信技術に優れた活用に関する総務大臣賞を受賞

2019.11 スカパーJSAT(株)と「衛星データを活用した防災・減災業務効率化サービス」の共同開発に向けた業務提携を発表

2020.07 2020年度内閣府「課題解決に向けた先進的な衛星リモートセンシングデータ利用モデル実証プロジェクト」に採択

2020.10 スカパーJSAT(株)、(株)ゼンリンと「衛星防災情報サービス」提供に向けた業務提携を発表

2021.06 衛星データサービス企画株式会社設立(三菱電機(株)、(株)パスコ、他3社と共同設立) 

2021.06 福岡市実証試験フルサポート事業「宇宙」に採択(スカパーJSAT(株)、(株)ゼンリン、日本工営(株)、(株)QPS研究所)

2021.07 社内組織に事業部として「衛星情報サービスセンター」を設立

2021.12 宇宙ベンチャー(株)QPS研究所への資本参加、戦略的業務提携を発表し既存事業の高度化・拡大を目指す

2022.07 2022年度内閣府「課題解決に向けた先進的な衛星リモートセンシングデータ利用モデル実証プロジェクト」に採択

2022.11 スカパーJSAT(株)、(株)ゼンリンとインフラモニタリングサービス「LIANA (Land-deformation and Infrastructure ANalysis)」を発表

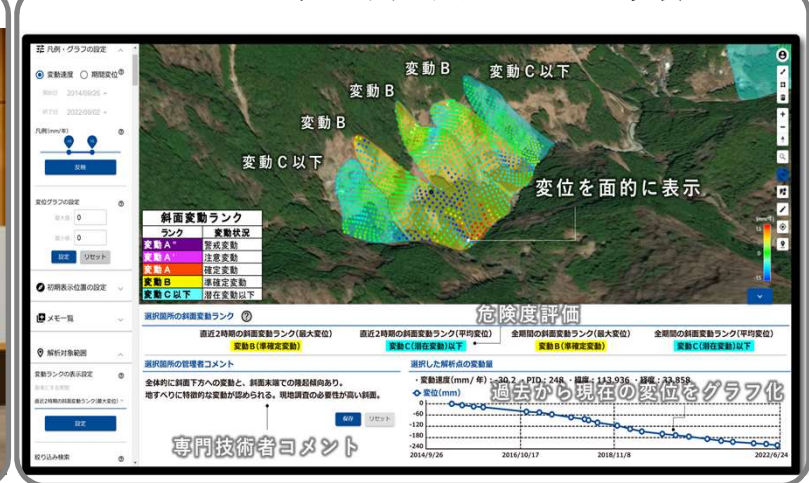
2020 スカパーJSAT・ゼンリンと業務提携



2021 QPSとの戦略的業務提携



2022 インフラモニタリングサービスLIANA発表



# 本日の内容

---

## 1 衛星リモートセンシング技術の概要

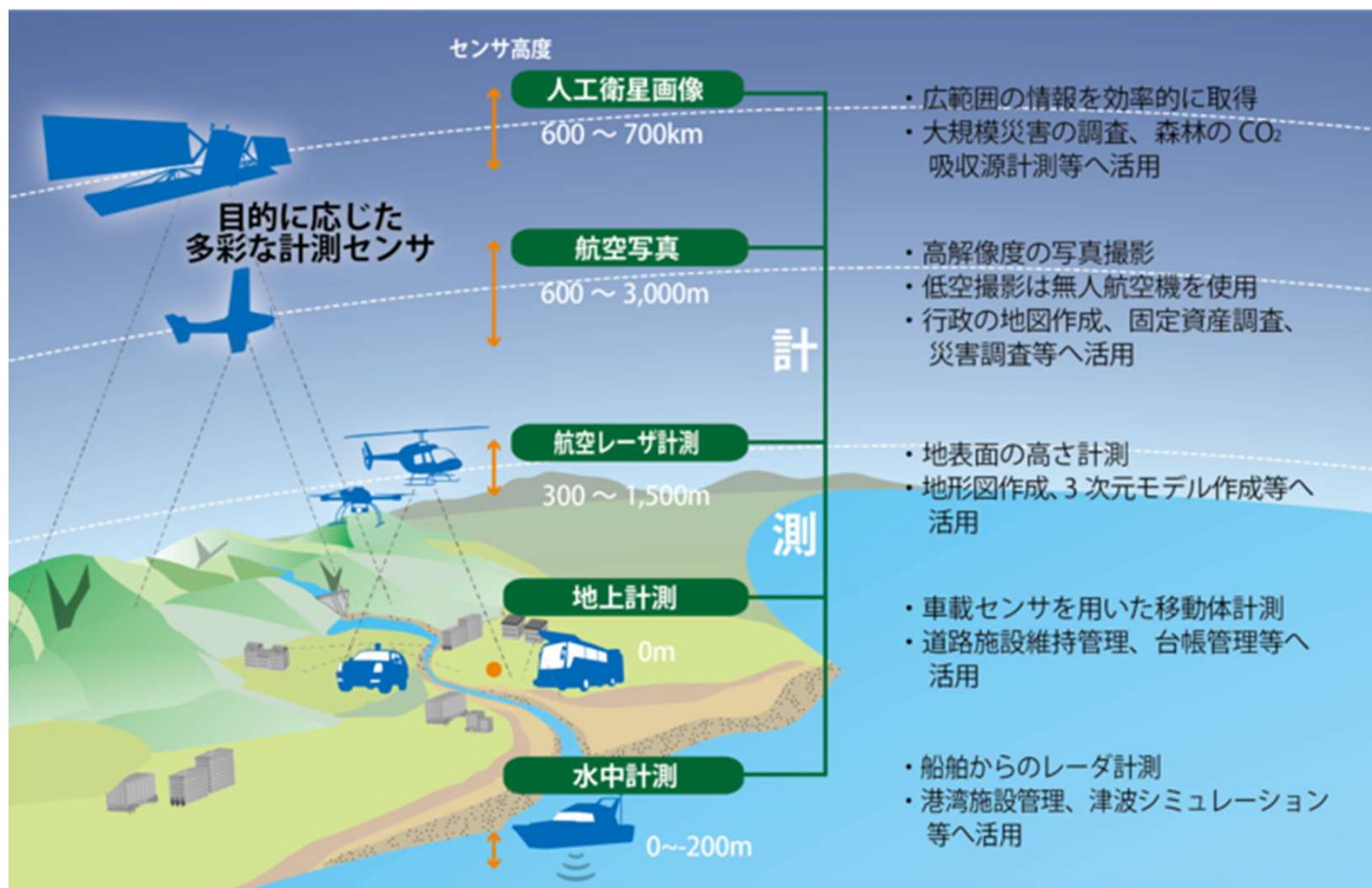
## 2 河川堤防観測への適用事例

## 3 空港施設観測への適用事例

## 4 今後の展望

# 1. 衛星リモートセンシングの概要

- ✓ リモートセンシングとは、対象物に直接触れることなく観測する技術
- ✓ 目的に応じた多様なプラットフォーム(船舶、車両、UAV、航空機、衛星)
- ✓ 人工衛星を介して行うものを「衛星リモートセンシング」



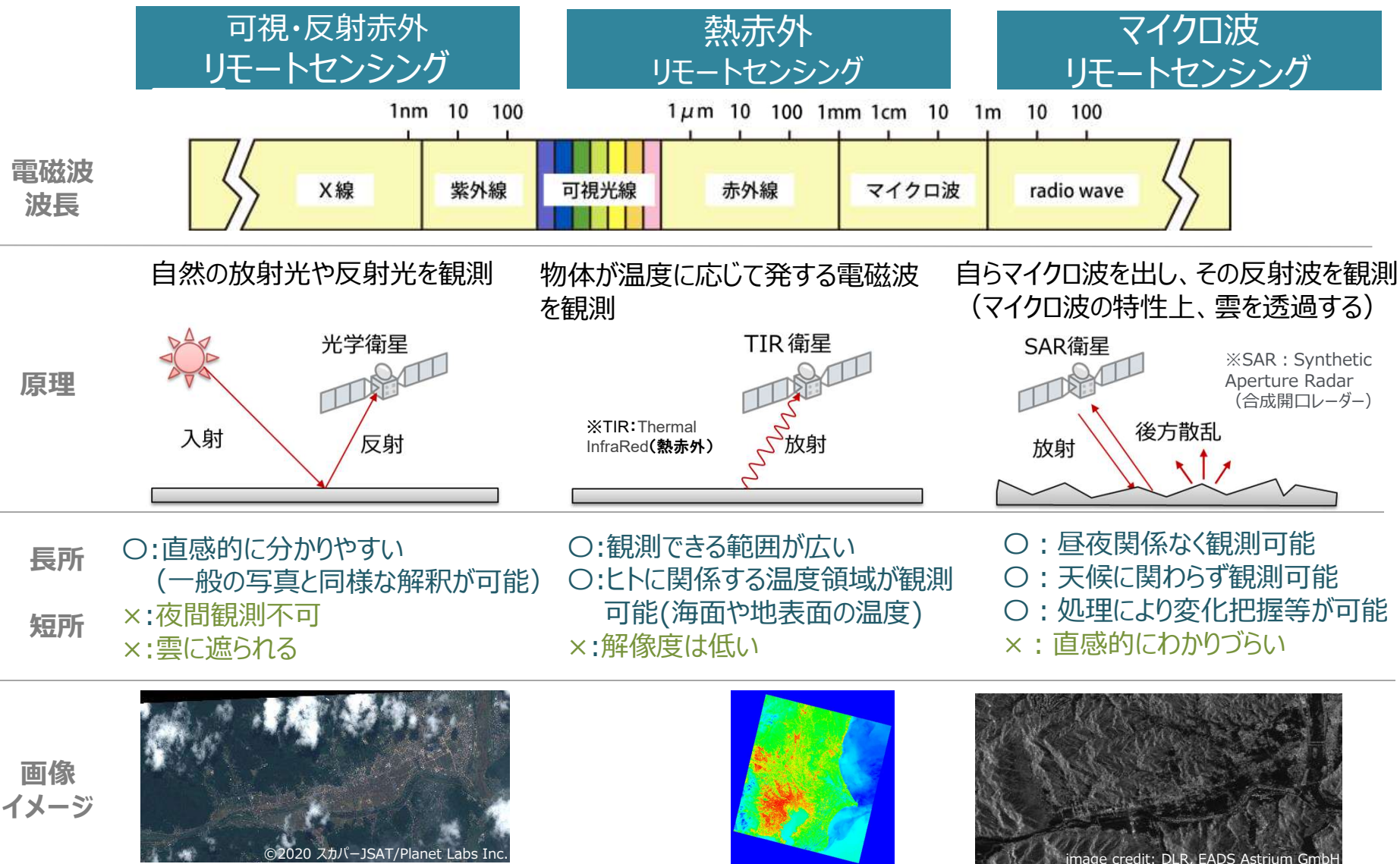
出典：<http://mogist.kkc.co.jp/history/development/04/index.html>

# 1. 衛星リモートセンシングの概要



# 1. 衛星リモートセンシングの概要

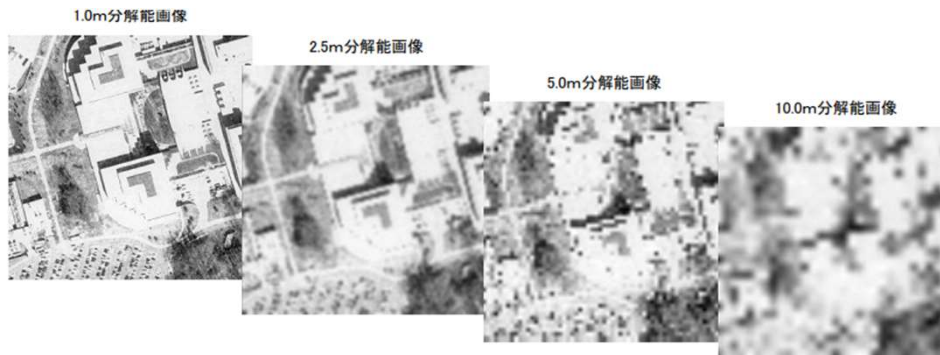
## 主な衛星搭載センサーの種類



# 1. 衛星リモートセンシングの概要

## 光学衛星の特徴

- 対象物の状況を直感的に把握できるデータを取得可能な衛星。
- 解像度が高いほど、細かいものを把握できるが、1度に観測できる領域が狭い。
- 解像度は、無償の光学衛星で数十m程度、有償の商用衛星で0.3～3m程度。
- 雲や夜間は撮影できない、光の当たり方で見え方が大きく変わってしまう。
- カメラと異なる点は可視光だけでなく人間には見えない**近赤外線**を観測可能である。



(出展: FAS IMINT 101-Introduction to Image Intelligence home page より)

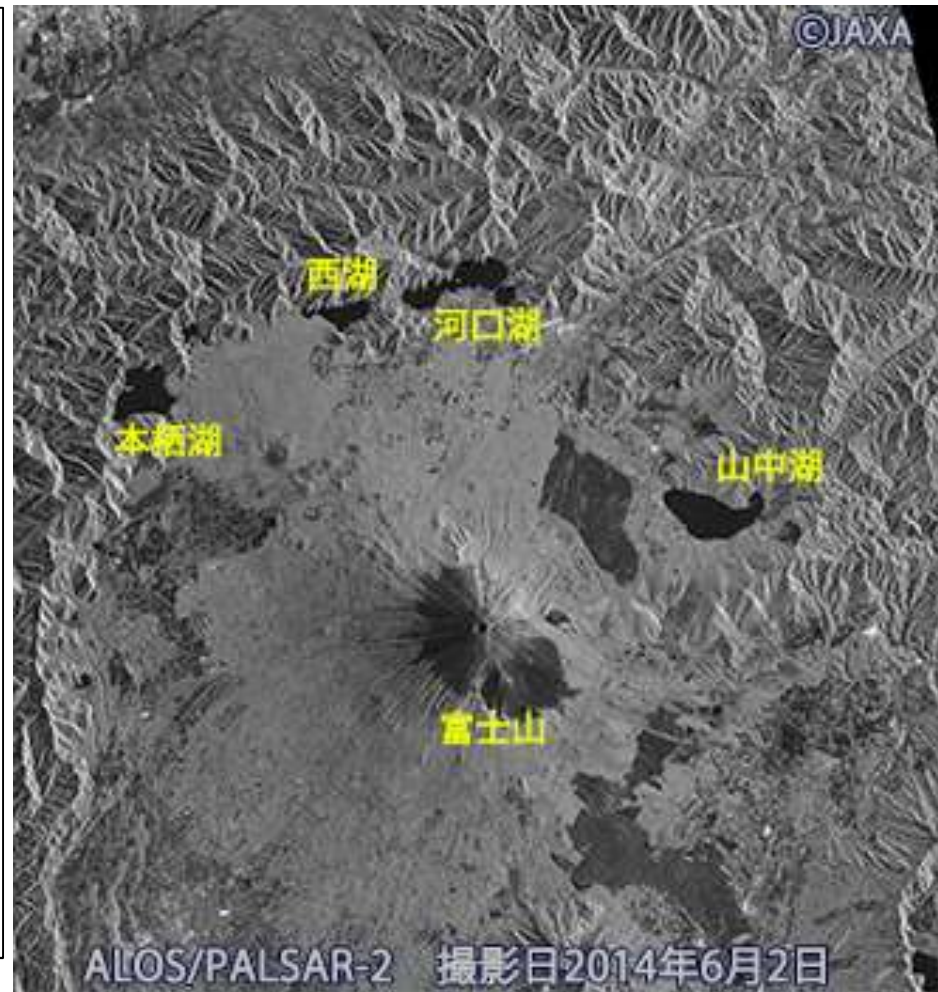


出典: [https://www.sed.co.jp/sug/contents/edu/edu9a\\_sarexampleuse.html](https://www.sed.co.jp/sug/contents/edu/edu9a_sarexampleuse.html)

# 1. 衛星リモートセンシングの概要

## 合成開口レーダー(SAR衛星)の特徴

- マイクロ波を発射し対象物から反射したマイクロ波を受信することで、対象物の形や材質を把握できる衛星。**雲を透過**できるため、**夜間や雲があっても地上を観測可能**。
- 平滑面や水面は電波が衛星側に反射しないため黒く映り、凸凹など反射しやすいものは白く映るエコー画像のように映るため、画像としてわかりづらい。
- バンド帯(波長)によって、何に反射して跳ね返ってくるかが異なる。波長が長いLバンドは植生を透過するため、地面の様子が分かり、CバンドやXバンドはより細かいものを把握するのに適している。



出典:[https://www.sed.co.jp/sug/contents/edu/edu9a\\_sarexampleuse.html](https://www.sed.co.jp/sug/contents/edu/edu9a_sarexampleuse.html)

波長が長い“Lバンド”は雲・雨・葉・枝も透過し、地表まで届きやすい。ALOS-2で採用。



# 補足 周波数帯による特徴

- ✓ SAR衛星は観測に利用する電波の周波数帯(バンド帯)によって特性が異なる。一般的に用いられるのはLバンド、Cバンド、Xバンドである。周波数が長いほど植生を通過して地表面の観測を行いやすく、短いほど細かいものの観測に適しているなどの特徴がある。

SARセンサと観測周波数



	Pバンド	Lバンド	Sバンド	Cバンド	Xバンド	
観測周波数	0.25~0.5GHz	1~2GHz	2~4GHz	4~8GHz	8~12GHz	
【画像に関する観点】						
解像度	粗い	←		→		細かい
透過性	大きい	←		→		小さい
対象物	自然物	←		→		人工物
【衛星に対する観点】						
必要な電力	大きい	←		→		小さい
小型化	難しい	←		→		易しい
衛星例	Biomass	ALOS-2	NovaSAR	Sentinel-1	TerraSAR	

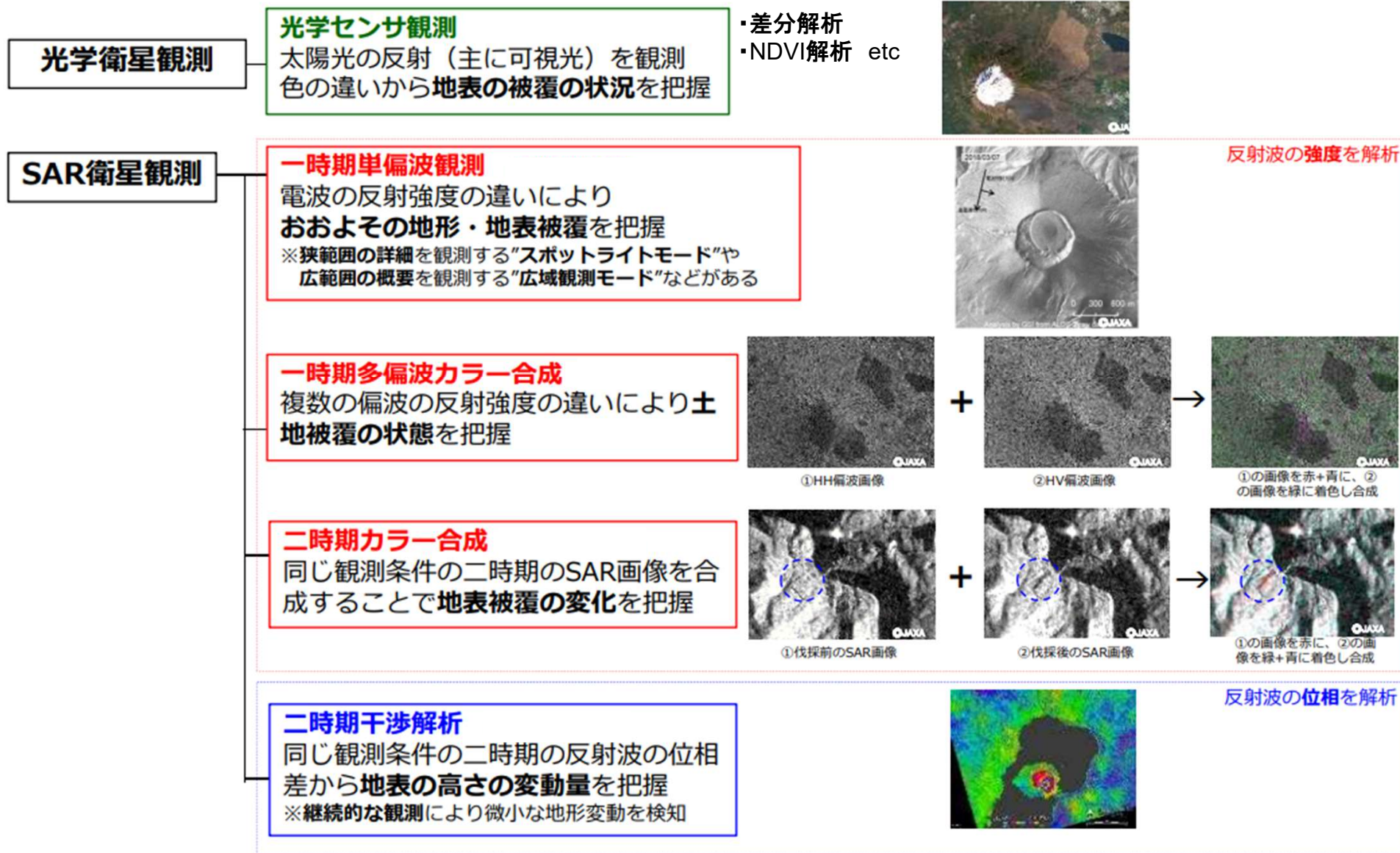


[https://earth.jaxa.jp/files/application/disaster/space\\_application\\_for\\_disaster\\_monitoring.pdf](https://earth.jaxa.jp/files/application/disaster/space_application_for_disaster_monitoring.pdf)

衛星名	周波数	分解能	観測幅	観測周期
ALOS-2	Lバンド	3m×3m	50km	3か月程度
Sentinel-1	Cバンド	5m×20m	250km	12日
TerraSAR-X	Xバンド	3m×3m	30km	11日

※一般的な干渉解析に利用する場合の観測モードにおける値を参照

# 1.衛星リモートセンシングの概要(主な解析手法)



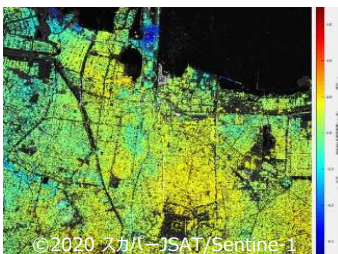
# 1.衛星リモートセンシングの概要(活用の領域)

- ✓ 衛星技術活用の幅は広く、地表・物体の変化や移動量を定量的に評価することができ、様々な領域への利活用が提案され、国内外で概念実証が進められている。

## 国土交通分野で活用を期待する領域



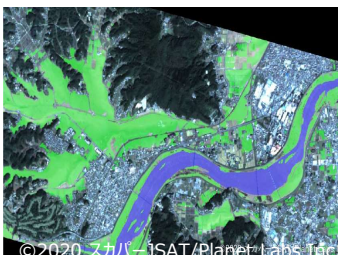
**物流領域**  
サプライチェーン可視化  
物流・運行効率化



**インフラ領域**  
変化抽出・モニタリング  
地形把握



**地図情報領域**  
都市モデル・3次元地図  
建設・不動産



**災害領域**  
土砂崩れ・浸水域判読  
損害額推定



**海洋領域**  
船舶監視・航海支援  
オイル漏れ検知



**農林水産業領域**  
森林域モニタリング  
農作物の生育予想



**金融領域**  
在庫・活動量推定  
株価予測  
(原油貯蔵量の推定)

# 1. 衛星リモートセンシングの概要(インフラ領域のニーズ)

- ✓ 特にインフラ領域については、老朽化する各種インフラ監視に係る抜本的な効率化、高度化に関するニーズが多いと考えている。

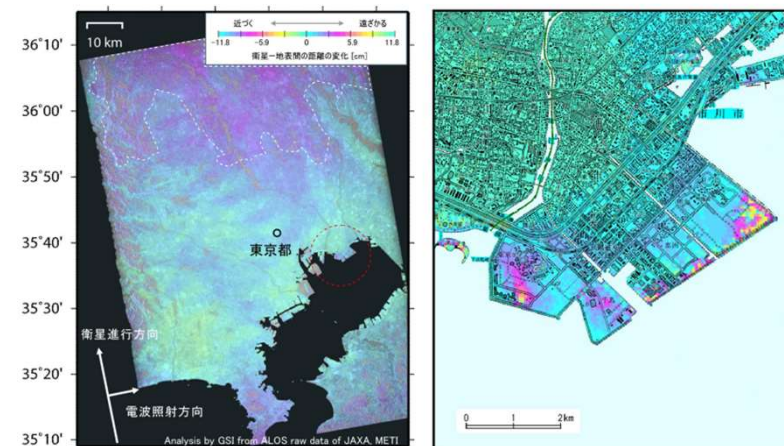
インフラ監視ニーズ:老朽化する各種インフラ監視の抜本的効率化

- ✓ **河川堤防の管理・点検**や河道における樹木の把握等
- ✓ 地盤沈下監視(水準測量と衛星データ併用)
- ✓ 道路構造物(切土、盛土、斜面等)監視
- ✓ 砂防基礎調査実施個所の選定
- ✓ **港湾・空港(施設・堤防)の動態監視**
- ✓ 不法投棄・違法建築の監視
- ✓ 道路安全走行(段差検出)

**干渉SAR解析**により  
特定期間内の施設の微細な  
変状を可視化。  
解析結果から広域施設の変  
状状態を確認し、管理に活用  
することが可能。



出典:合成開口レーダー(SAR)の道路土構造物の維持管理への活用マニュアル(案)

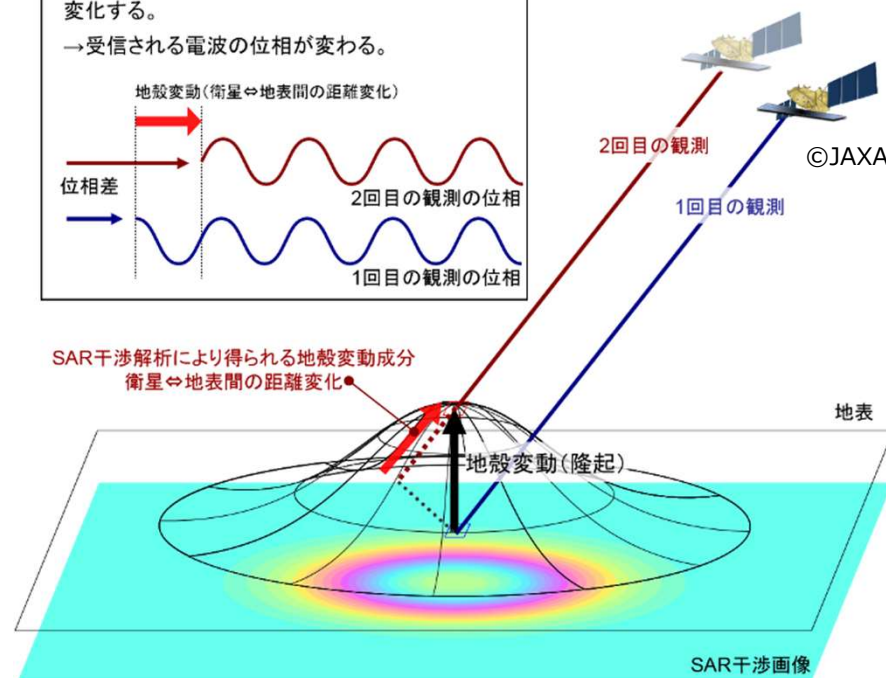
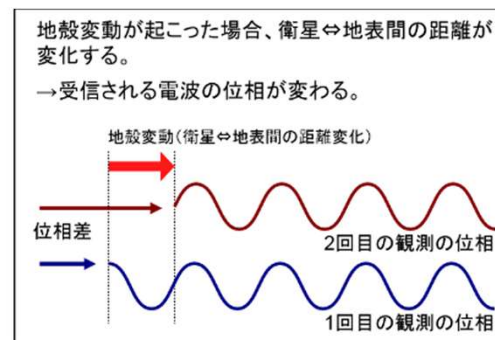
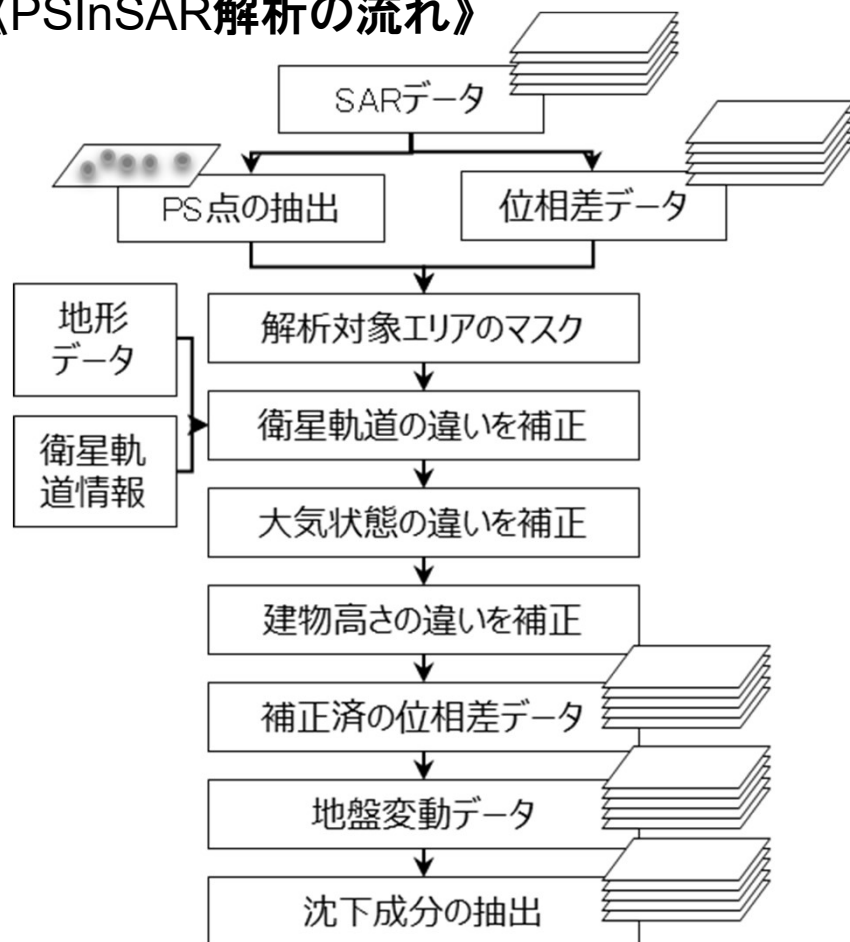


出典: [https://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/sar/result/sar\\_data/report/H23\\_kanshi.pdf](https://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/sar/result/sar_data/report/H23_kanshi.pdf)

# 1.衛星リモートセンシングの概要(干渉SAR解析の原理)

- ✓ 合成開口レーダ(SAR)では、対象に電波を照射し、対象から反射して衛星側に戻る信号の時間差を観測し、位相(距離)の情報を取得
- ✓ 1回目と2回目の観測の位相差から変動量を算出することが可能

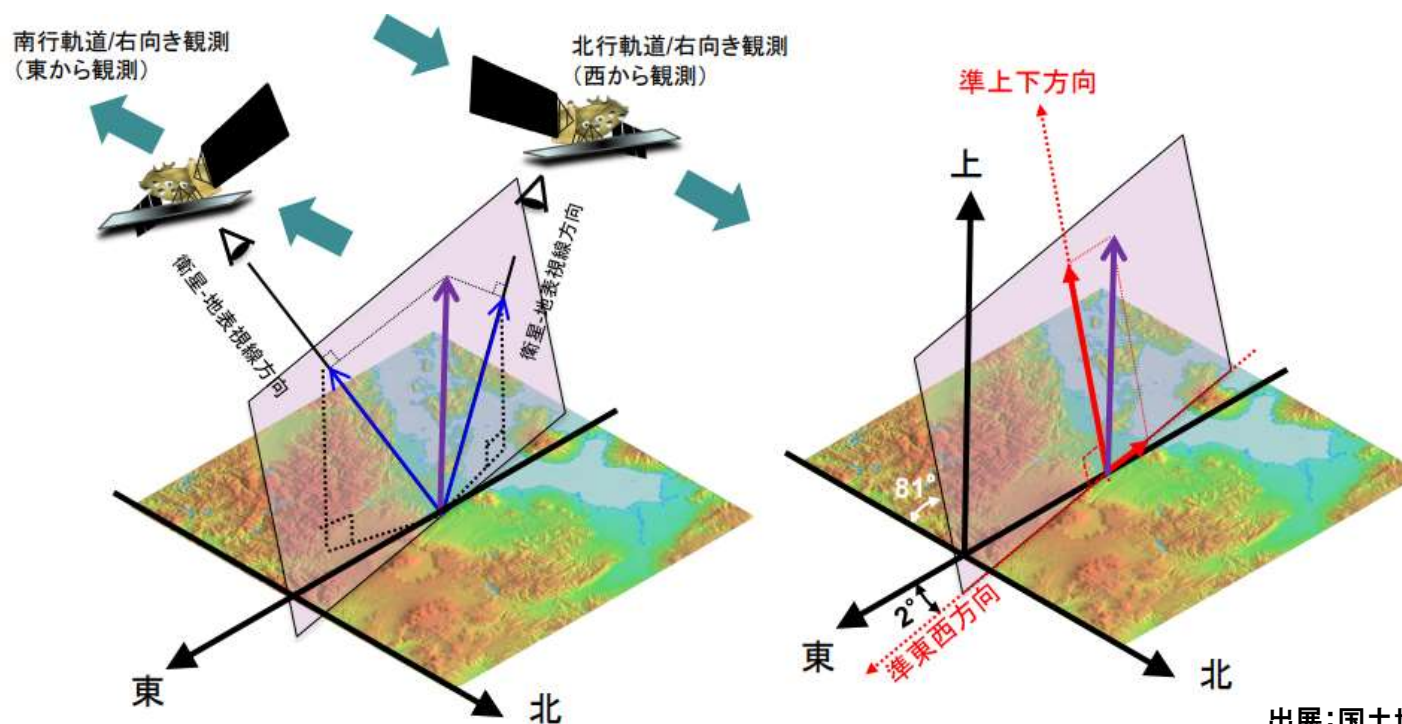
## 《PSInSAR解析の流れ》



図の引用：国土地理院 [https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/sar\\_mechanism.html](https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/sar_mechanism.html)

# 1.衛星リモートセンシングの概要(2.5次元解析)

- ✓ 干渉SAR解析で算出する変動方向は衛星視線方向に対しての距離(青矢印)であり、鉛直方向、水平方向の両方の成分が含まれる。
- ✓ 衛星の軌道には北行軌道と南行軌道が存在するため、同じ対象物に対して2方向(東側観測、西側観測)からの観測が可能である。
- ✓ この2軌道分のデータを合わせることで、2次元(ピンクの平面)の変動量(紫矢印)を推定し、準上下成分、準東西成分(赤矢印)に分離することができる。
- ✓ ただし、推定可能な変位量は準上下方向と準東西方向の成分のみのため、南北方向を含む3次元的な変動は推定不可となる。



出展:国土地理院HP

# 本日の内容

---

1 衛星リモートセンシング技術の概要

2 河川堤防観測への適用事例

3 空港施設観測への適用事例

4 今後の展望

## 2.河川堤防観測への適用事例

### ◆河川堤防の現在の維持管理方法《堤防点検》

- ・点検：年2回（出水期前・台風期）に加え、出水時、出水後、地震後（震度4以上）実施



#### ■点検で確認する事象

- ①亀裂、②陥没や不陸、③法崩れ、④沈下、⑤堤脚保護工の変形、⑥はらみ出し
- ⑦寺勾配、⑧モグラ等の小動物の穴、⑨樹木の侵食、⑩侵食（ガリ）、⑪漏水・墳砂
- ⑫植生の異常、⑬排水不良、⑭護岸の変形・変状

#### ■点検結果の評価（目視での経験的判断を要する）

- 区分a：異常なし（目視できる変状がない、または軽微な変状は確認できるが機能に支障無）  
区分b：要監視段階（軽微な補修が必要であるが機能に支障無、進行する可能性がある）  
区分c：予防保全段階（機能に支障はないが予防保全の観点から措置を行うことが望ましい）  
区分d：措置段階（機能に支障をきたしている、補修または更新が必要）

➡ 衛星リモートセンシングを活用することで定量化、見逃し防止が可能か？



## 2.河川堤防観測への適用事例

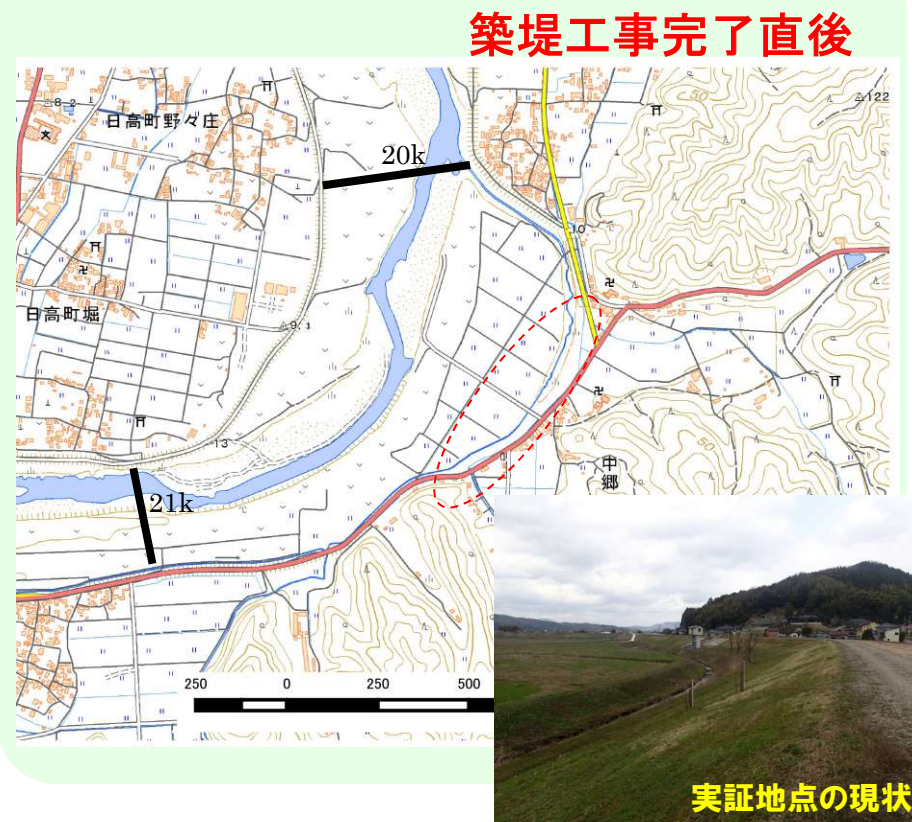
【円山川での実証試験（JAXAとの共同研究：SIP I期）】

- ALOS-2のデータを使用して時系列SAR干渉解析を実施し、変状量の算定
- 現地測量（単点測量）、UAV（LP）を実施、取得した現地データと①の解析結果を比較評価し、精度評価

【実証区間①】円山川右岸 13.0k～14.0k



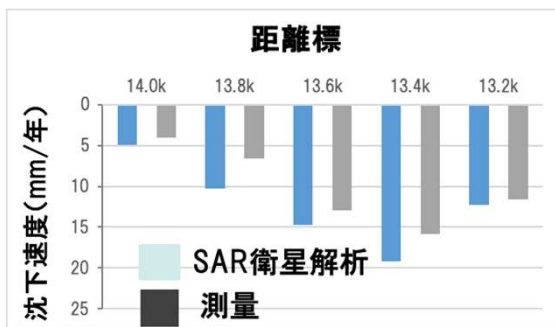
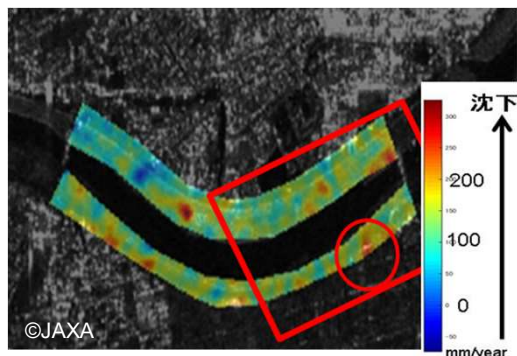
【実証区間②】円山川 右岸 20.2k～20.6k



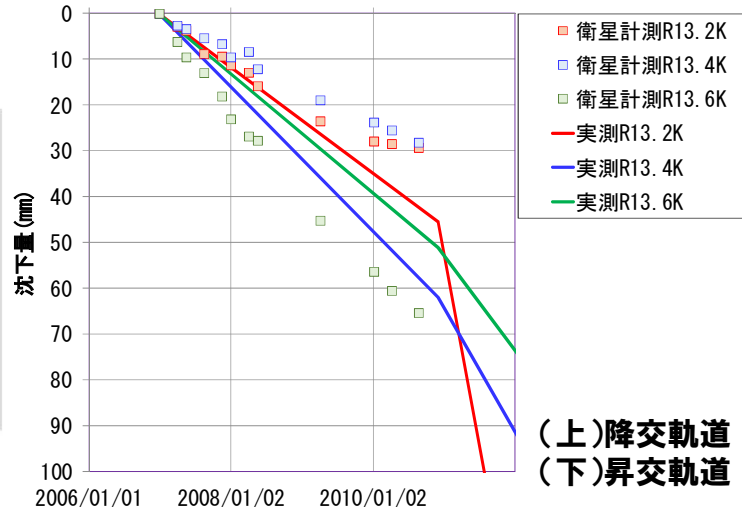
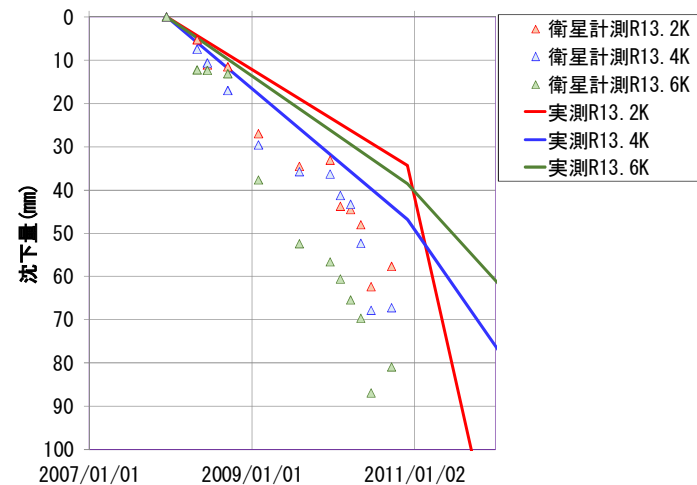
## 2.河川堤防観測への適用事例

### 【ALOSのアーカイブデータによる変状計測結果】

- 実証区間①の代表箇所での地形変動量（実測）を時系列解析結果と比較した結果、地盤高変化誤差（沈下板と解析）は、10mm～30mm程度、沈下傾向は一致



時系列解析結果と各測点の沈下量比較

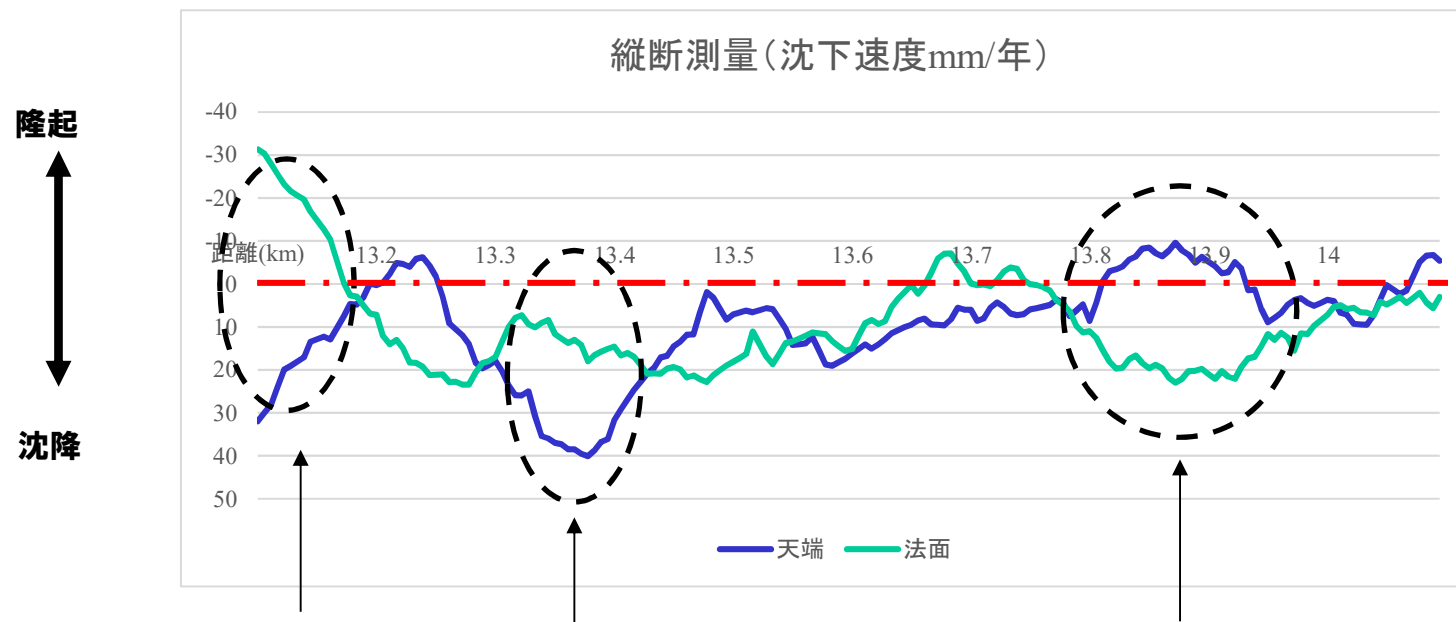


軌道	降交軌道	昇交軌道
観測日	2006/12/28	2007/12/13
	2007/3/30	2008/4/29
	2007/5/15	2008/6/14
	2007/8/15	2008/9/14
	2007/11/15	2009/1/30
	2007/12/31	2009/8/2
	2008/4/1	2009/12/18
	2008/5/17	2010/2/2
	2009/4/4	2010/3/20
	2010/1/5	2010/5/5
2010/4/7	2010/6/20	
2010/8/23	2010/9/20	
観測方向	真西から北方向 へ約10度	真東から北方向 へ約10度

## 2.河川堤防観測への適用事例

【差分干渉解析結果を分析することで把握できる事象】

- 天端付近と法面付近の変状と現地堤防状態を評価した結果、寺勾配区間は天端に変化はないが法面のみが沈下、はらみ出し区間は天端、法面ともに沈下
- 地被類繁茂箇所は、地上観測と異なり法面で大幅に隆起



- ・ 植生が高く誤差の可能性がある。
- ・ 下は植生高さの参考写真

- ・ 防災拠点整備地の箇所。
- ・ 法面評価は川表側。
- ・ はらみ出し位置

- ・ 天端の沈下が遅く、法面の沈下が速い。
- ・ 現場調査時に見られた法面がへこんだ箇所



## 2.河川堤防観測への適用事例

### 【実証区間②変状計測結果】

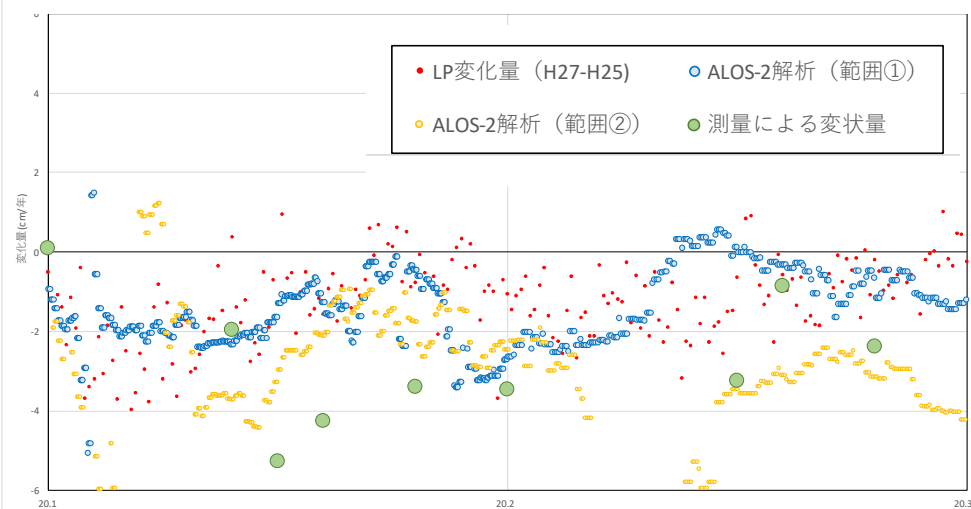
- 天端の地上測量結果（緑丸）と天端の変状を抽出結果（黄色）を比較すると実証区間①同様10mm程度の誤差
- 20.16k～20.25kの区間は、法面が隆起し、堤防が沈下するはらみだしの傾向を確認（堤防全体の平均値（青）は変状無であるが、天端（黄）が大きく沈む傾向）
- LP（赤）とSAR解析期間は異なるため、参考値であるが、解析結果と同様に沈下傾向

### 【評価】

- 鉛直方向の変状量の精度は、一定水準を満たすが、空間分解能が3mでは定期横断測量の代替は困難
- 堤防のどの地点を計測した結果であるかが明確でなく、スクリーニングには利用できる可能性はあるものの、堤防の高さ管理には利用困難



範囲①：堤体全体(青) 範囲②：天端のみ(黄)、測量(緑)は天端のみ



測量値とALOS-2解析結果による変動量の比較

## 2.河川堤防監視に向けた取組

### 堤防解析の精度向上に向けた取組

(河川砂防技術開発公募:R1~R3)

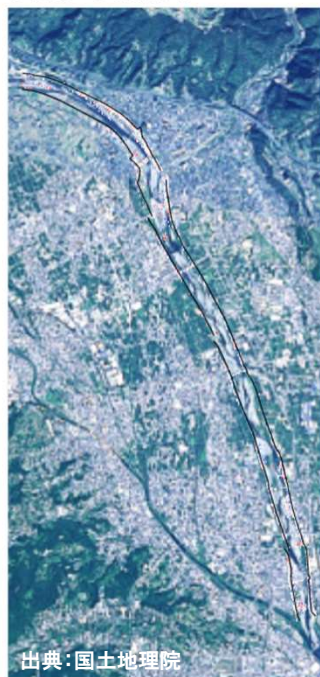
- ◆「河川の流下能力を衛星リモートセンシングのみで評価する手法開発」の中で、SARによる堤防変状量観測を二級河川酒匂川で実施
  - ①解析の標準化に向けたフィルタリングサイズの適正化検討(31m以上で安定)
  - ②解析基準点補正による精度向上の可能性を評価

#### 平面的な変動分布

フィルターサイズ 01\*01



フィルターサイズ 11\*11



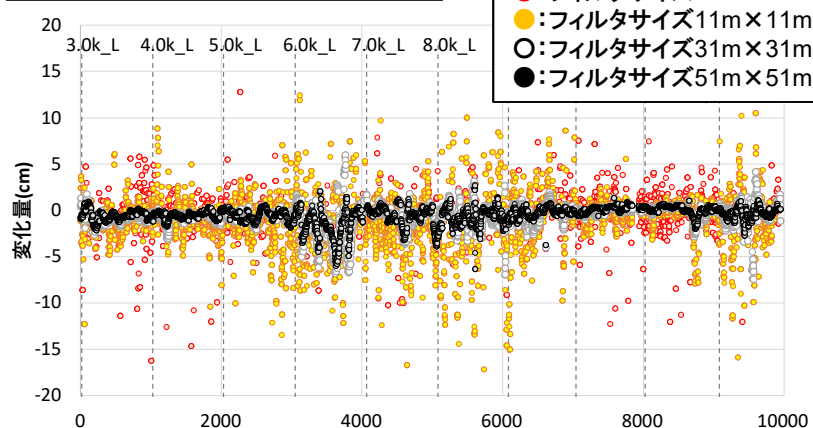
フィルターサイズ 31\*31



フィルターサイズ 51\*51



#### 堤防天端縦断方向の変動分布



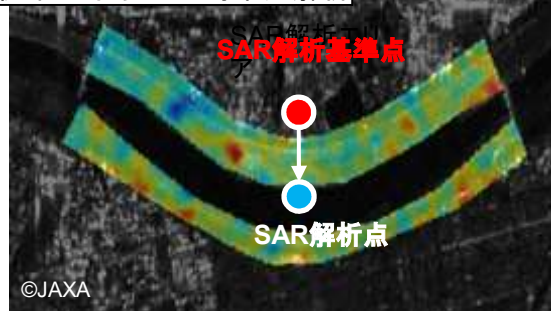
## 2.河川堤防監視に向けた取組

### 電子基準点を用いた解析精度向上ツール開発

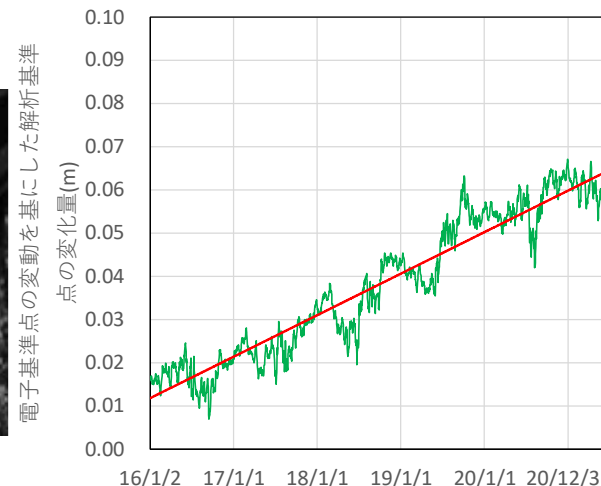
- 解析基準点に対し、外部の電子基準点の内挿により絶対沈下量を推定し、基準点の変動量を解析範囲全体に反映することで精度向上が図れるツールを開発・実装
- 今回の解析範囲に適用した場合、年1cm程度の隆起を確認
- 干渉SAR時系列解析結果を補正することで解析値が実測値により近似

### 《電子基準点を用いた干渉SAR時系列解析の補正イメージ》

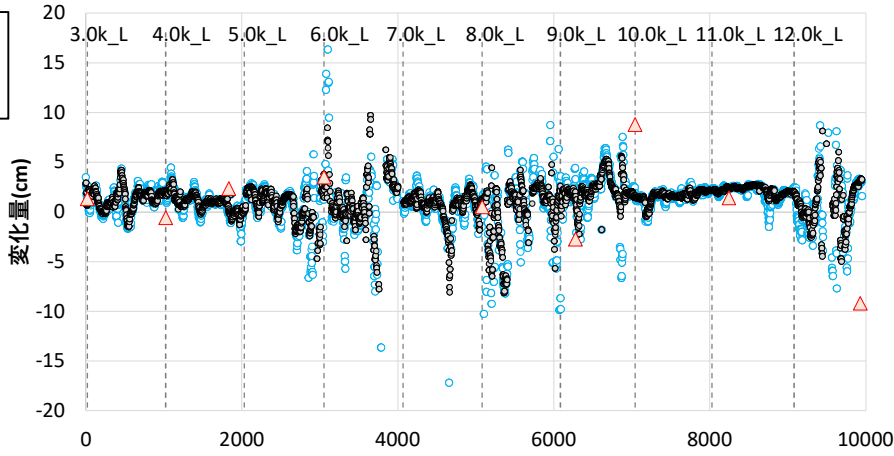
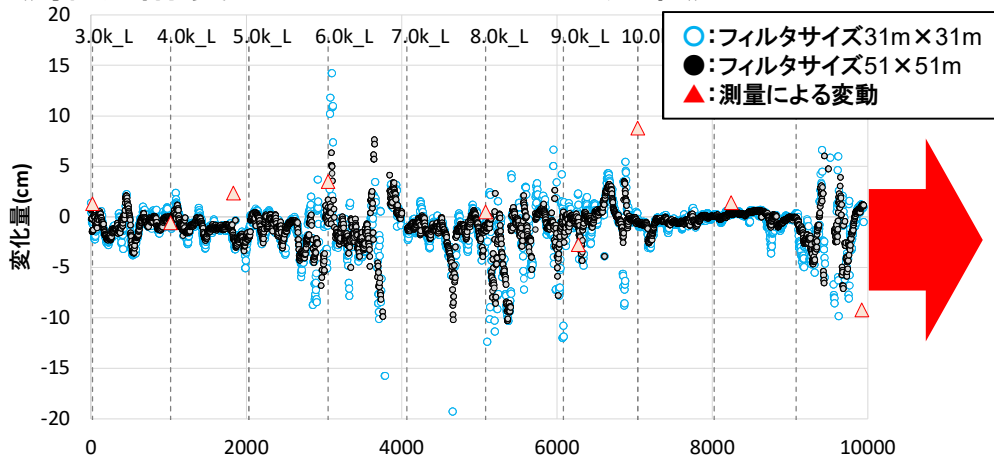
従来の干渉SAR時系列解析



干渉SAR時系列解析+電子基準点



### 《解析精度向上ツールによる効果》

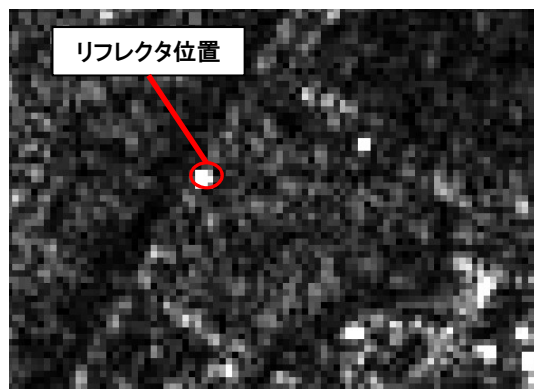


## 2.河川堤防観測への適用事例

### ●リフレクターによる解析基準点精度向上方策(検証中)

- 時系列SAR干渉解析時に任意で与える基準点は、移動していないことを前提とした不確実な値を使用
- 基準点の不確実性が解析精度の低下につながるため、良好な反射が得られる既知点としてリフレクタを利用
- リフレクタを定期的に計測することで位置補正、変動量補正を行い、解析精度を向上
- R4年度より実証開始（佐波川：山口大学との共同研究）

### リフレクタの位置(右:SAR画像)



© Hisdesat Servicios Estratégicos S.A., 2023



3面張りの粘り強い堤防

### 設置したリフレクタ



# 本日の内容

---

1 衛星リモートセンシング技術の概要

2 河川堤防観測への適用事例

3 空港施設観測への適用事例

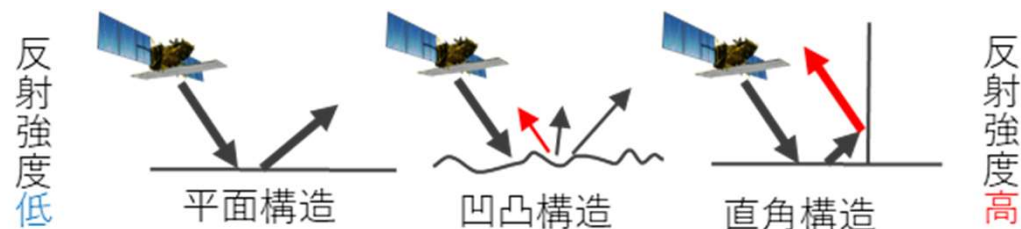
4 今後の展望



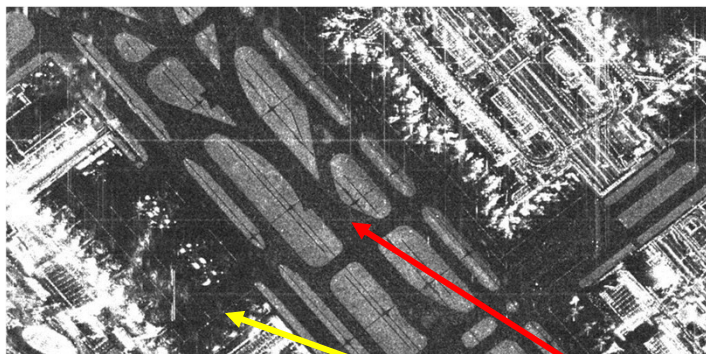
### 3.空港施設観測への適用事例

内閣府「課題解決に向けた先進的な衛星リモートセンシングデータ利用モデル実証プロジェクト」

- 堤防監視で構築した解析モデルを改良して空港施設への適用性を評価
- SARの特性から空港のような平滑な面は、十分な後方散乱が得られず不得手

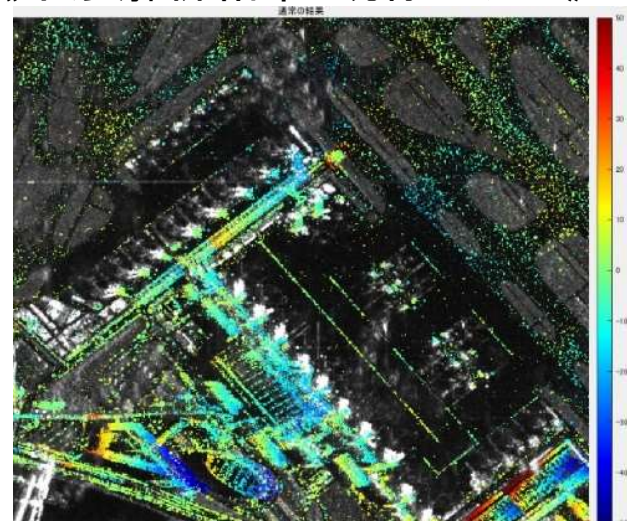


《SAR画像》 © Hisdesat Servicios Estratégicos S.A., 2021



コンクリート平面であるエプロン、滑走路部分は反射が弱く暗く映る

《干渉解析結果: 既存モデル》



© Hisdesat Servicios Estratégicos S.A., 2021

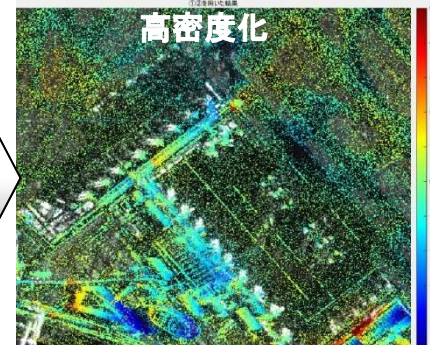
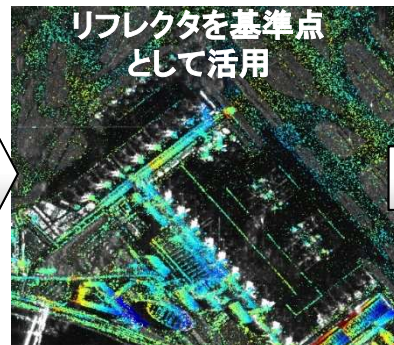
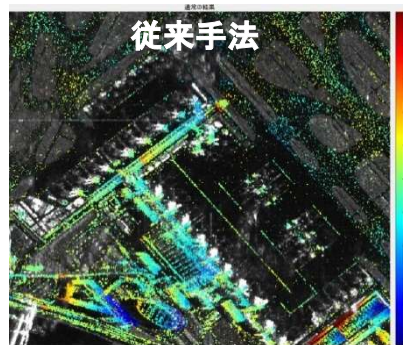
#### 社会実装上の課題

十分な観測精度は確保できているが、ユーザーの求める①観測密度の確保、②解析地点の信頼性(信憑性)の確保が必須

# 3.空港施設観測への適用事例

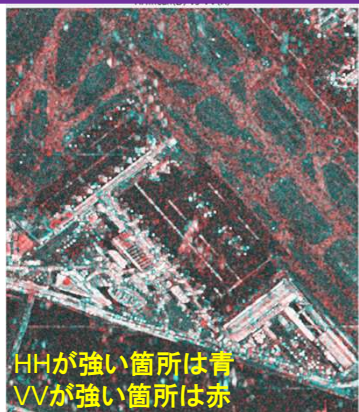
- 堤防解析用に開発したモデルは、平滑な空港施設には不向きであるため、観測密度を高密度化できるようにモデルを改良
- 空港等平滑面監視の標準化に向けてSAR衛星の観測モード及び解析パラメータの比較検証
- 解析の信頼性向上を目的に位置補正、変動量補正のためのリフレクタ検証

## 観測密度の向上

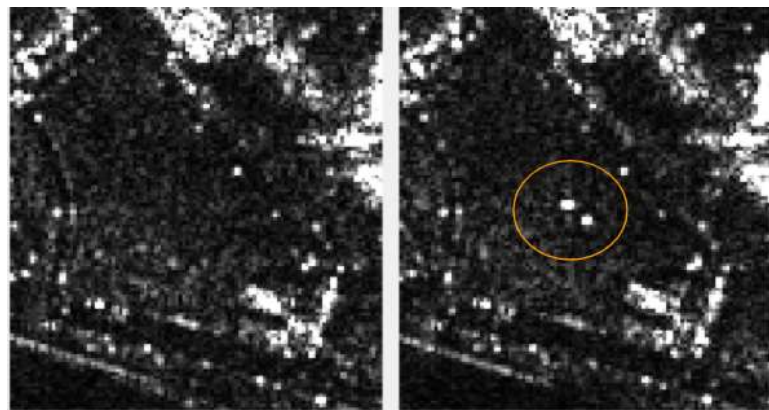


© Hisdesat Servicios Estratégicos S.A., 2021

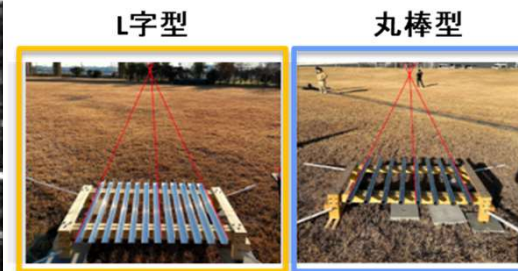
## 観測モードの標準化



## リフレクタの検証



© Hisdesat Servicios Estratégicos S.A., 2021



サイズ：1.4m × 1.0m

サイズ：1.4m × 1.0m

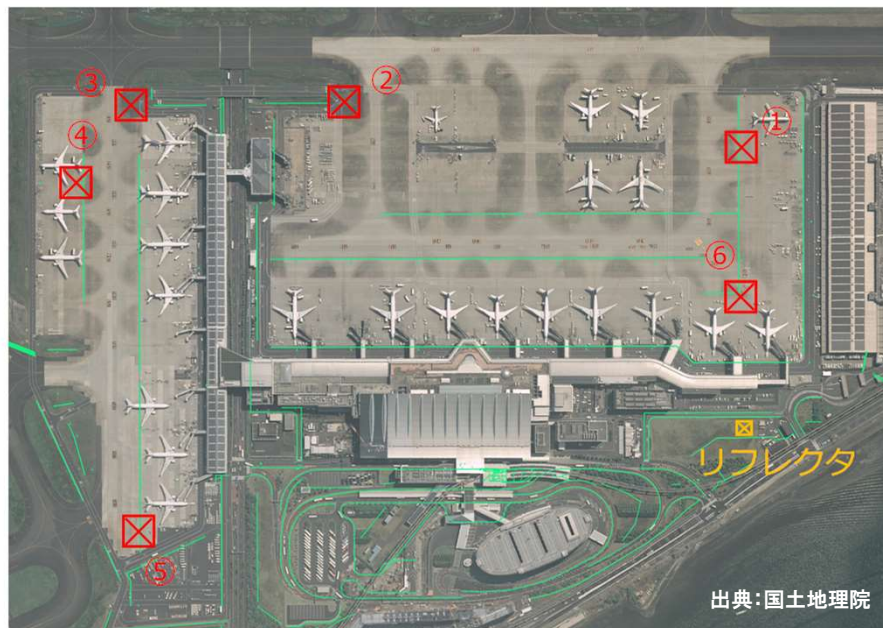
**NIPPON KOEI**

# 3.空港施設観測への適用事例

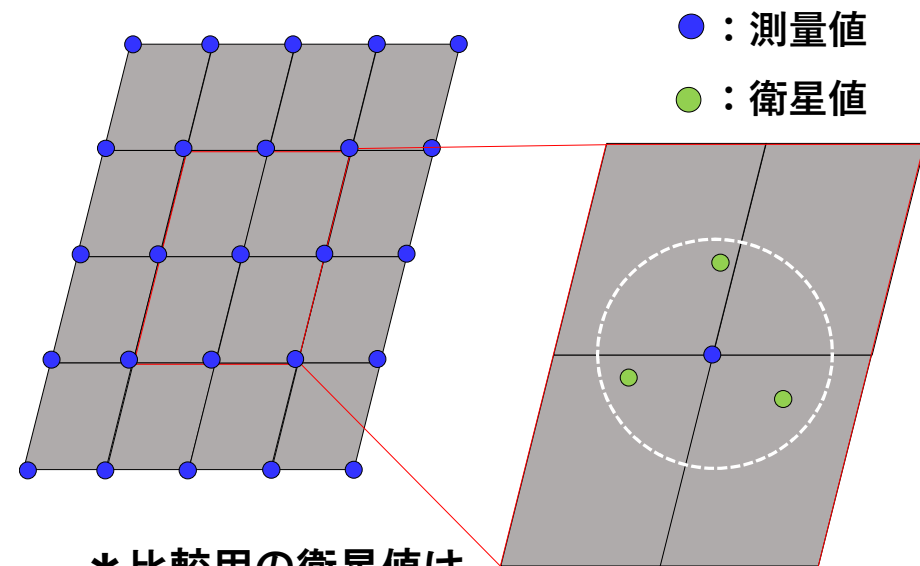
## 観測精度の検証方法(大成JVによる測量成果の活用)

- エプロンは、コンクリート版構造で、1回/年観測
- 実証期間中の精度検証のため、地上測量により変動量を取得して、精度を検証
- 精度検証は、測量点から5m以内の解析点平均値を比較することで評価
- リフレクタ(SAR解析基準点)は、2週間に1回(衛星の通過時)に高さを観測

解析基準点として用いる  
グレーチング(赤)とリフレクタ(黄)



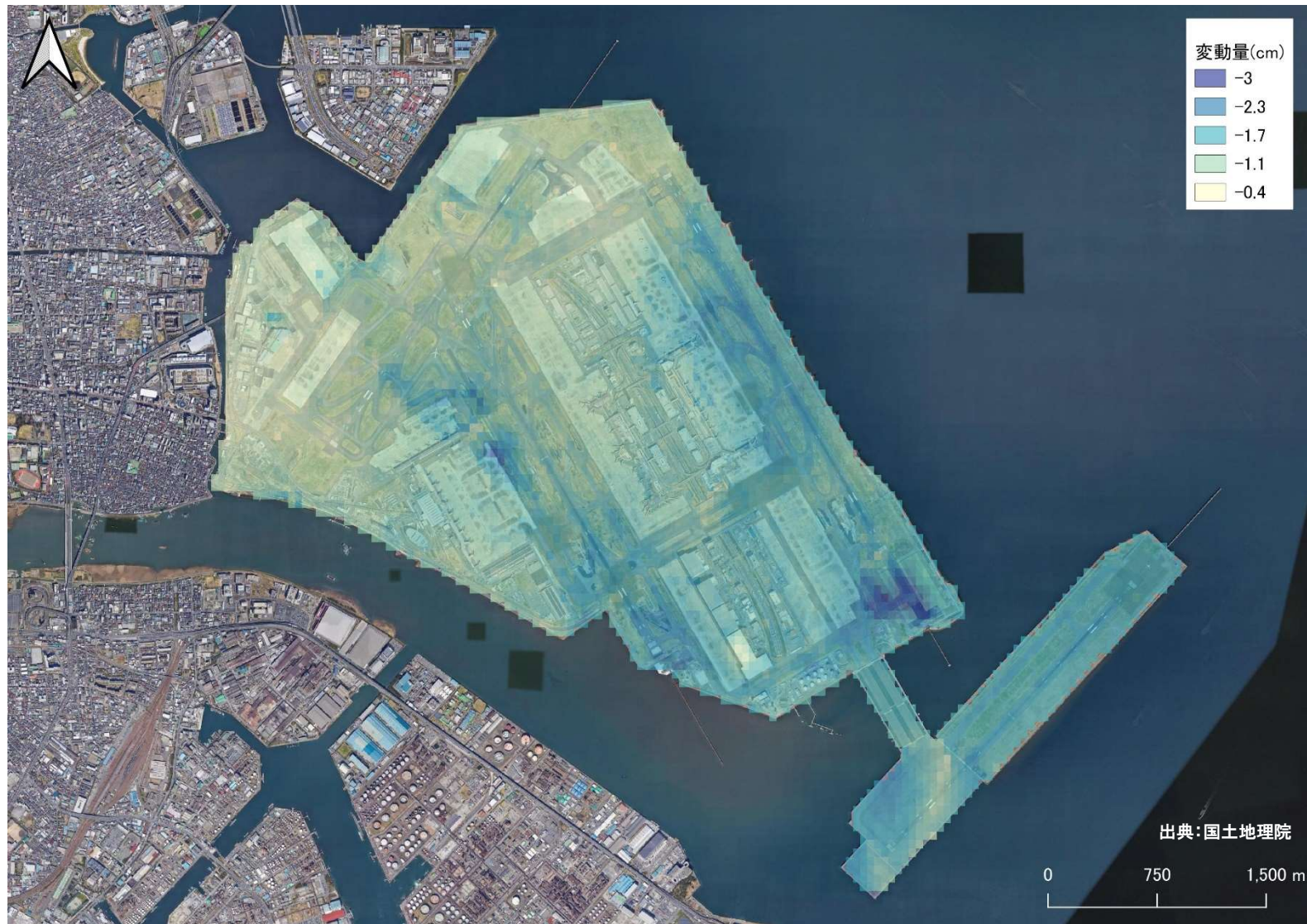
## 精度比較方法イメージ図



\* 比較用の衛星値は  
測点から半径5m以内の衛星値の平均値

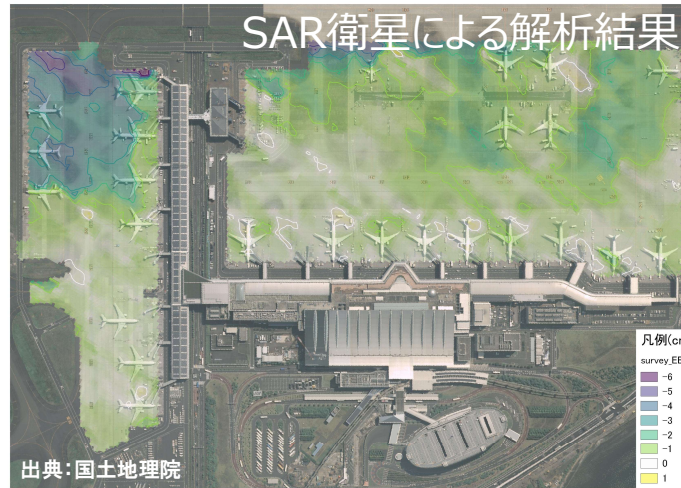
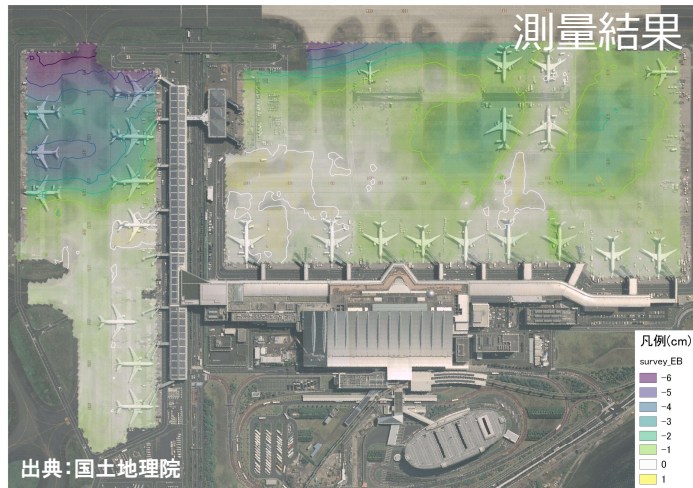
### 3. 空港施設観測への適用事例

空港全域の解析結果：A滑走路、C滑走路南端及び国際線誘導路付近で大きく沈下傾向

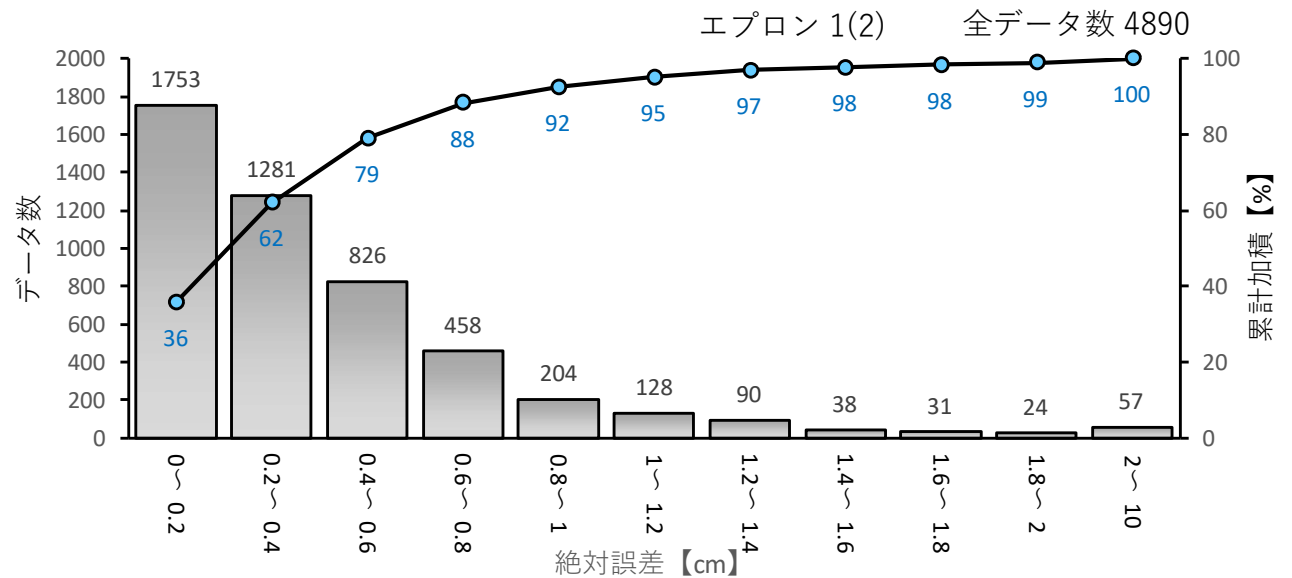
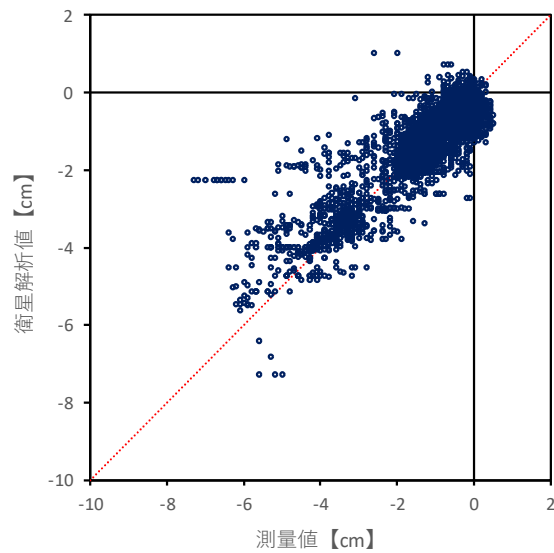


# 3.空港施設観測への適用事例

## 変動量の平面分布 (Sentinel-1)

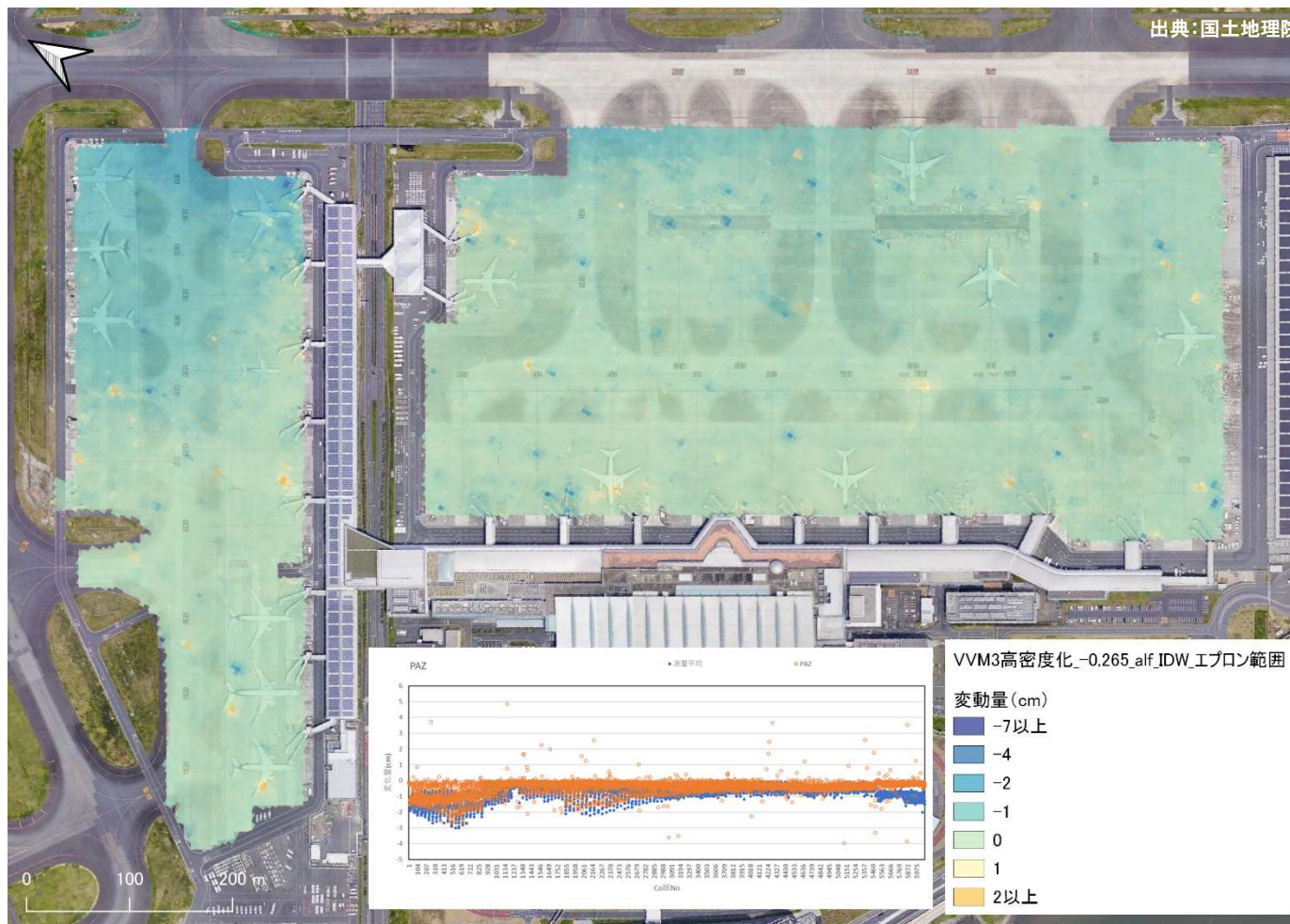


- 紫→青→緑の順に沈下傾向が強いことを示す。
- 全体的な傾向は、測量成果と衛星解析で一致していることが分かる。
- **RMSE : 0.61cm**
- **絶対平均誤差 : 0.42cm**



### 3.空港施設観測への適用事例

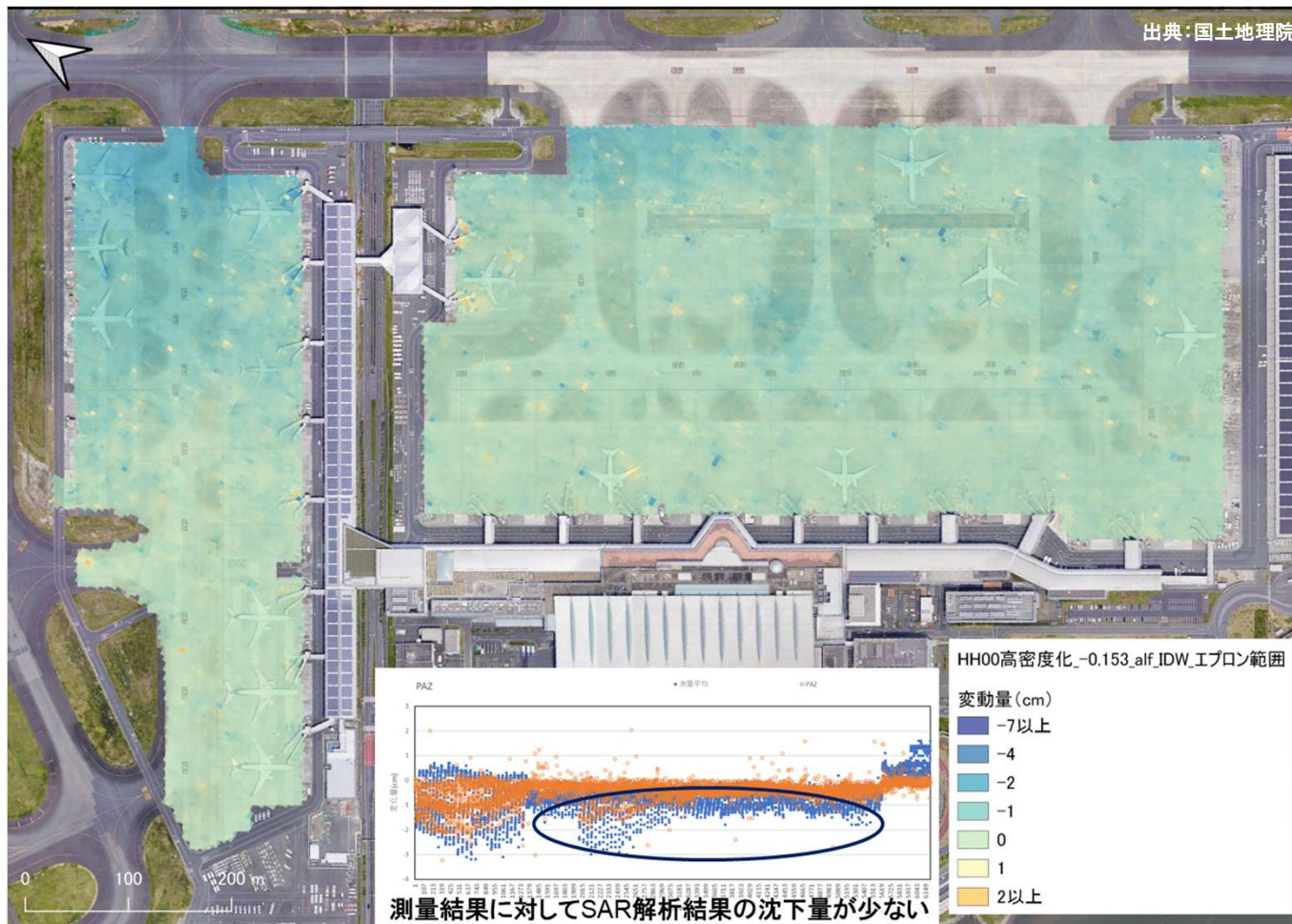
#### 変動量の平面分布 (PAZ) : VVEモード



- 観測期間は異なるものの、PAZにおいても比較を実施し、Cバンドよりも高い精度の結果を得た。
- RMSE : 0.49cm
- 絶対平均誤差 : 0.37cm

### 3.空港施設観測への適用事例

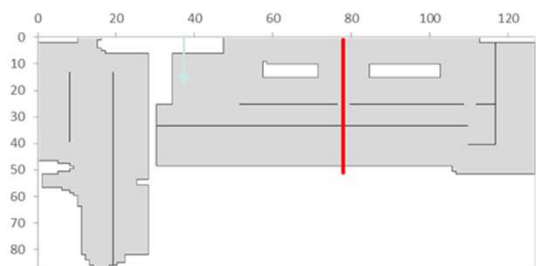
#### 変動量の平面分布 (PAZ) : HHモード



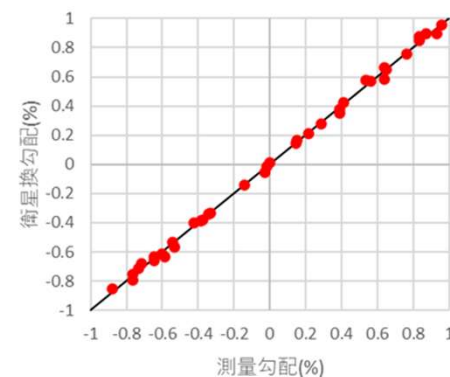
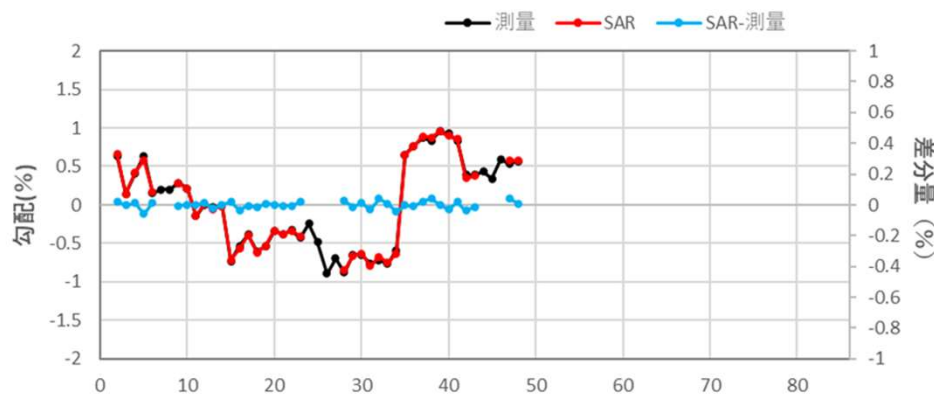
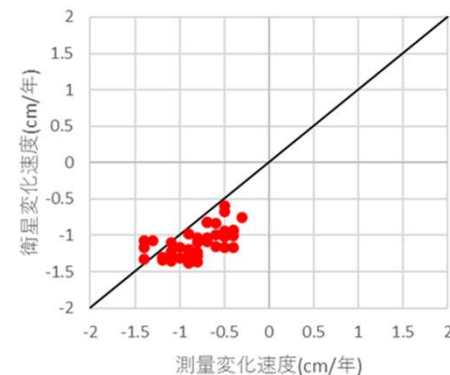
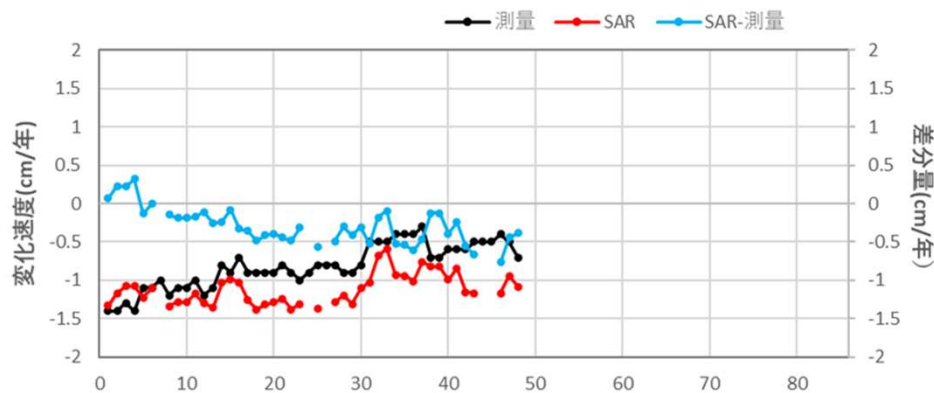
- HHモードは、VVモードよりも精度は低く、分解能の低い、Cバンドよりも精度が低下
- RMSE : 0.77cm
- 絶対平均誤差 : 0.61cm

# 3.空港施設観測への適用事例

## 縦横断図



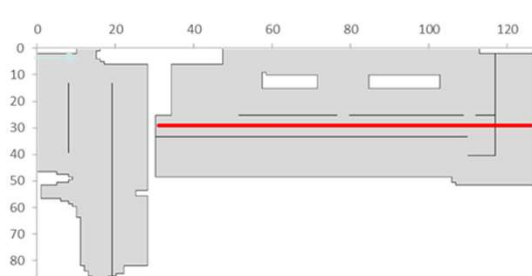
		変化速度(cm/年)	勾配(%)
データ数		43	38
平均値		-0.826	0.005
MAE	平均絶対誤差	0.331	0.018
MSE	平均2乗誤差	0.142	0.001
RMSE	平均平方2乗誤差	0.377	0.023
R2	相関係数2乗	0.351	0.962



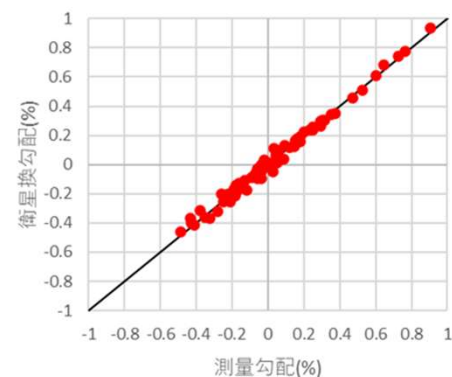
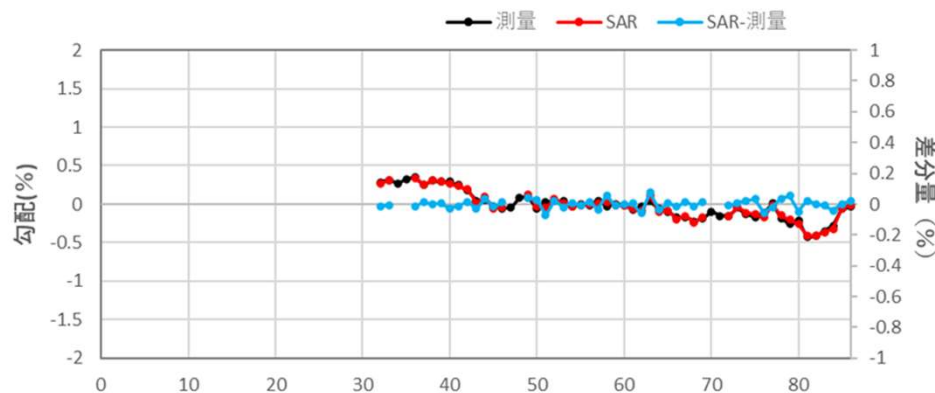
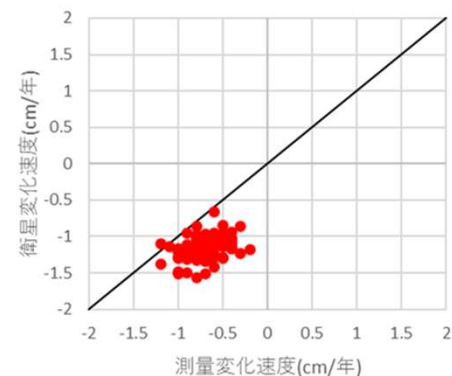
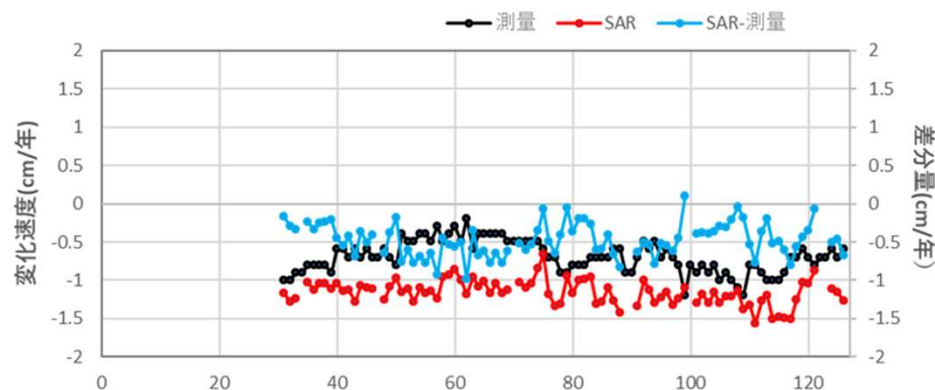


# 3. 空港施設観測への適用事例

## 縦横断図



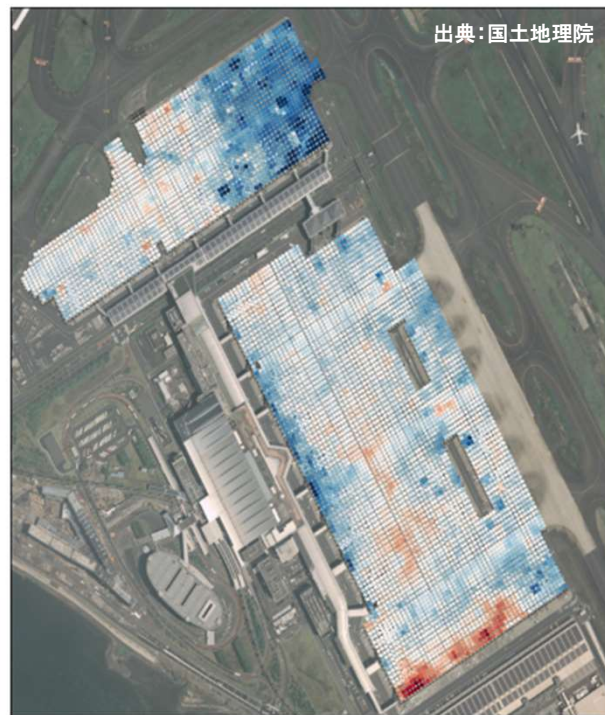
		変化速度(cm/年)	勾配(%)
データ数		88	81
平均値		-0.686	0.055
MAE	平均絶対誤差	0.475	0.023
MSE	平均2乗誤差	0.270	0.001
RMSE	平均平方2乗誤差	0.519	0.029
R2	相関係数2乗	0.113	0.989



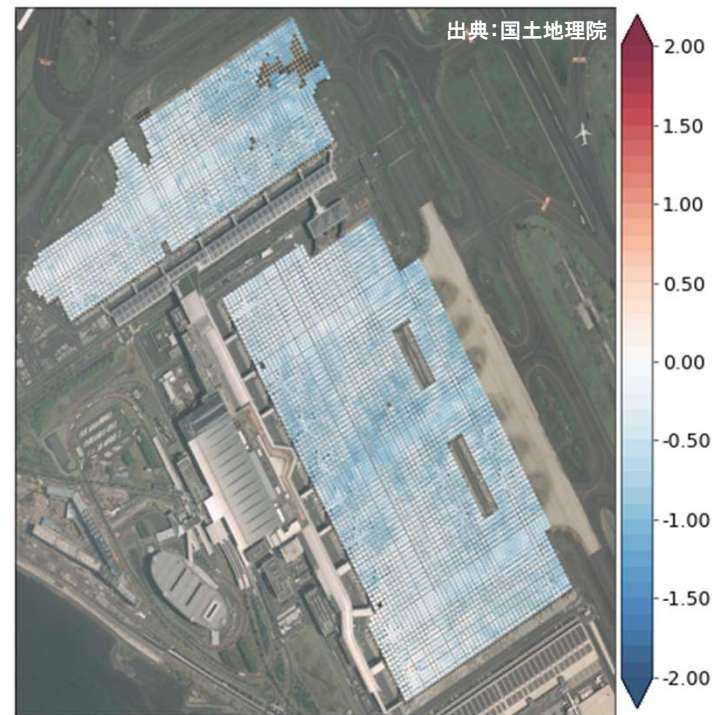
### 3.空港施設観測への適用事例

#### シーン数と観測季節の偏りによる解析への影響

- 左図は9月から1月までに観測された14シーンを用いて解析  
⇒ノイズが多く、コンクリートが季節の温度変化によって影響を受けたものと推察
- 右図は9月から6月に撮影されたシーンから、時期が均等な間隔となるようデータを抜粋して解析  
⇒観測期間が長くなることによって、季節的な影響がキャンセルされ、ノイズも軽減されたものの、シーン数が少ないためか全体的に変動量が過小評価



SAR 14シーン

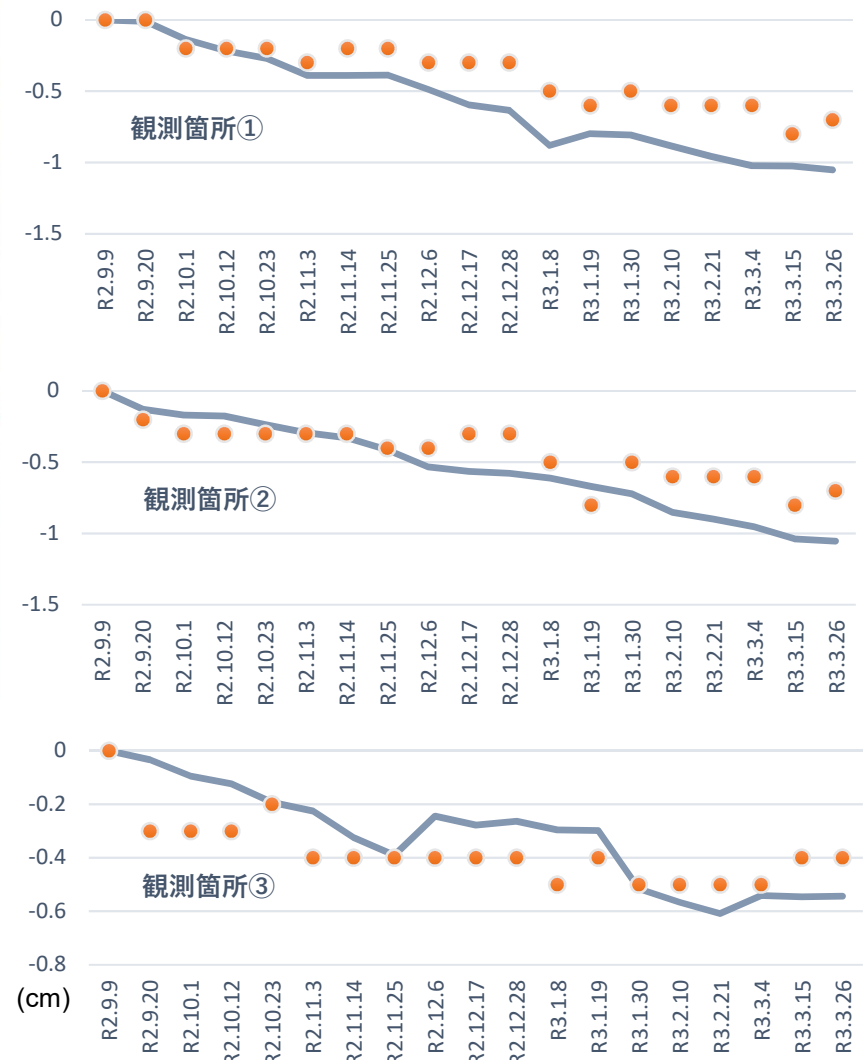


SAR12 シーン(抜粋)

# 3.空港施設観測への適用事例

## 時系列変動量比較

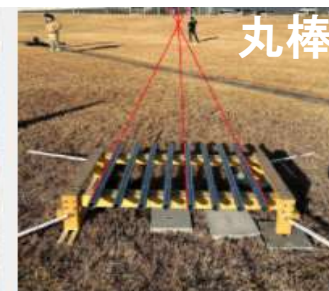
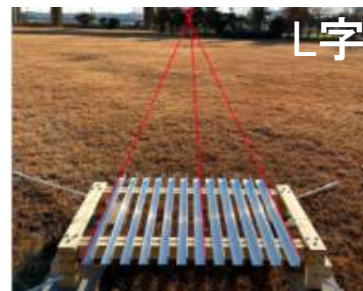
排水施設（グレーチング）において、SAR解析と測量による時系列変動量を比較した結果、同様の沈下傾向を確認



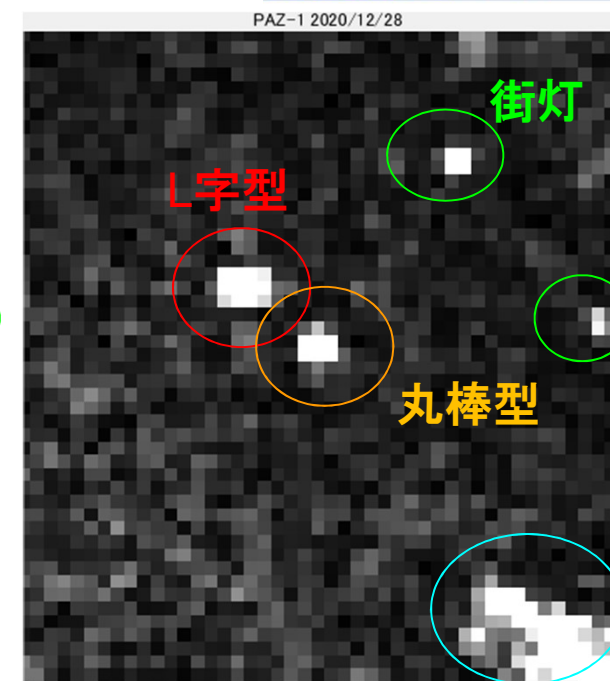
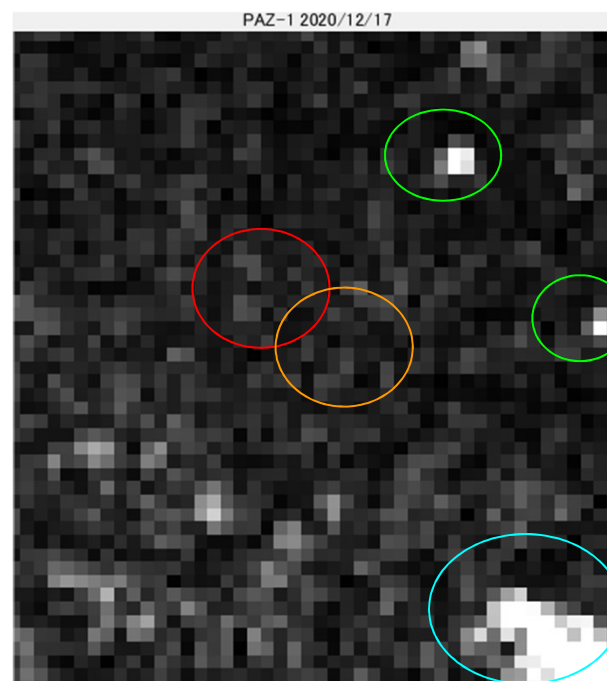
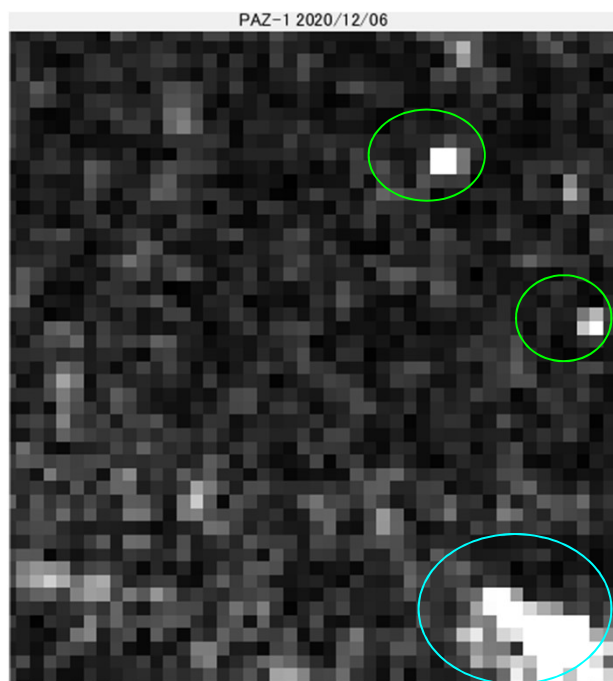
### 3.空港施設観測への適用事例(リフレクタ実験)

#### □ 試行したリフレクタ形状

- L字型・・・最も強い反射
- 丸棒型・・・強い反射
- グレーチング・・・弱い反射



#### □ 反射強度画像での見え方



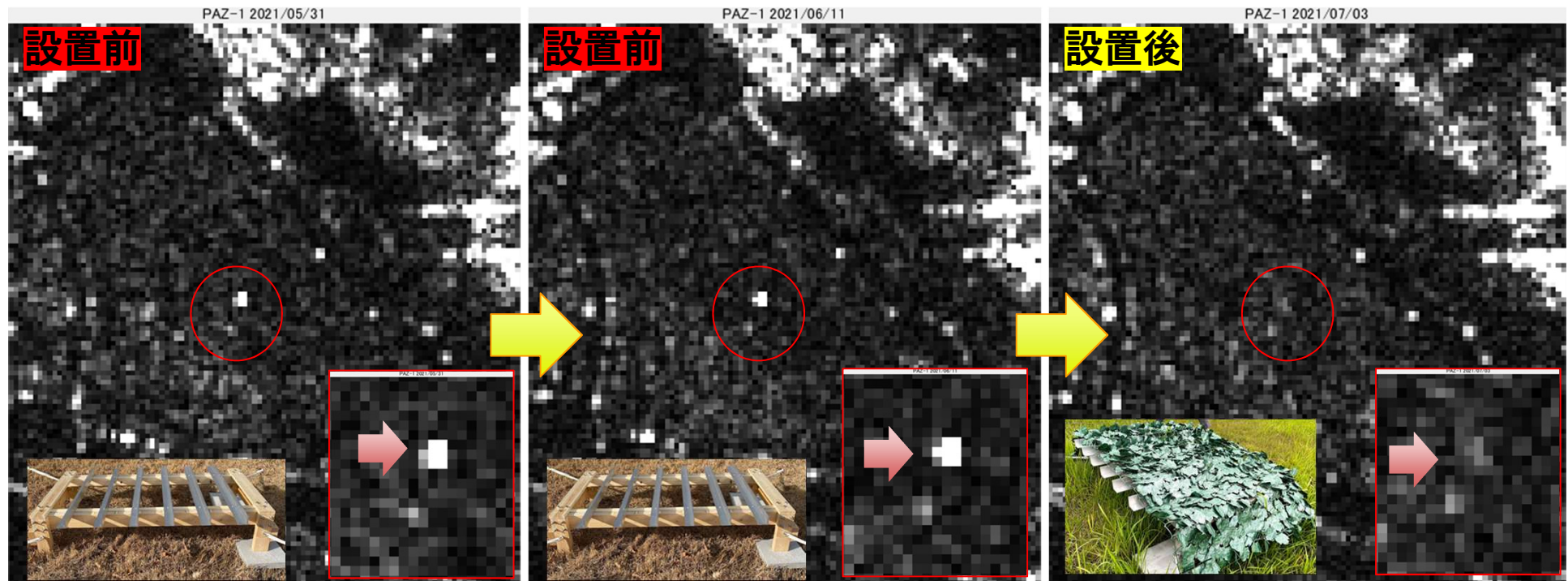
© Hisdesat Servicios Estratégicos S.A., 2023

#### □ 反射強度値の違い

- L字リフレクタ:6446
- 丸棒リフレクタ:1251
- (参考) 付近の最も高強度な街灯:576
- (参考) 空港敷地内グレーチング:平均約150・・・芝生の反射強度も同程度のため、芝生の中に設置したグレーチングは識別が困難

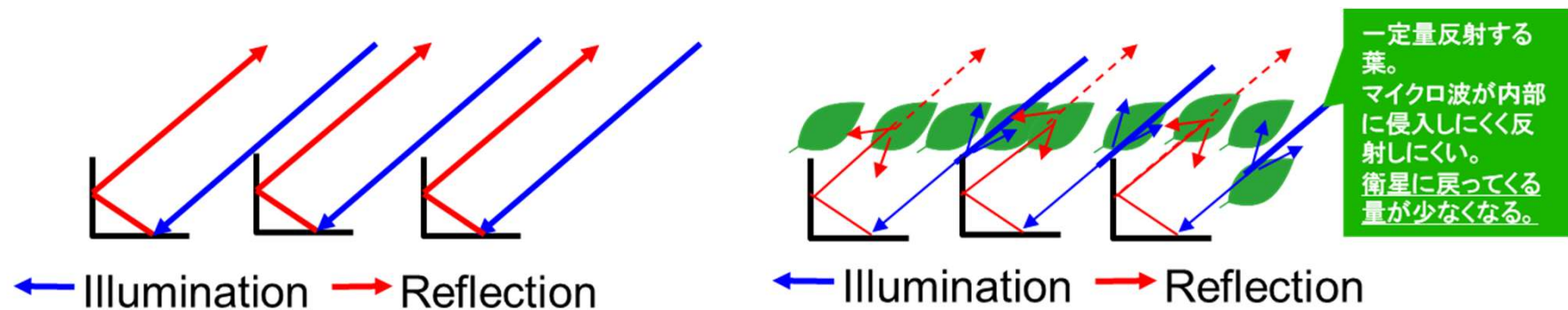
# 3. 空港施設観測への適用事例(リフレクタ実験)

## □ 植生影響の検証



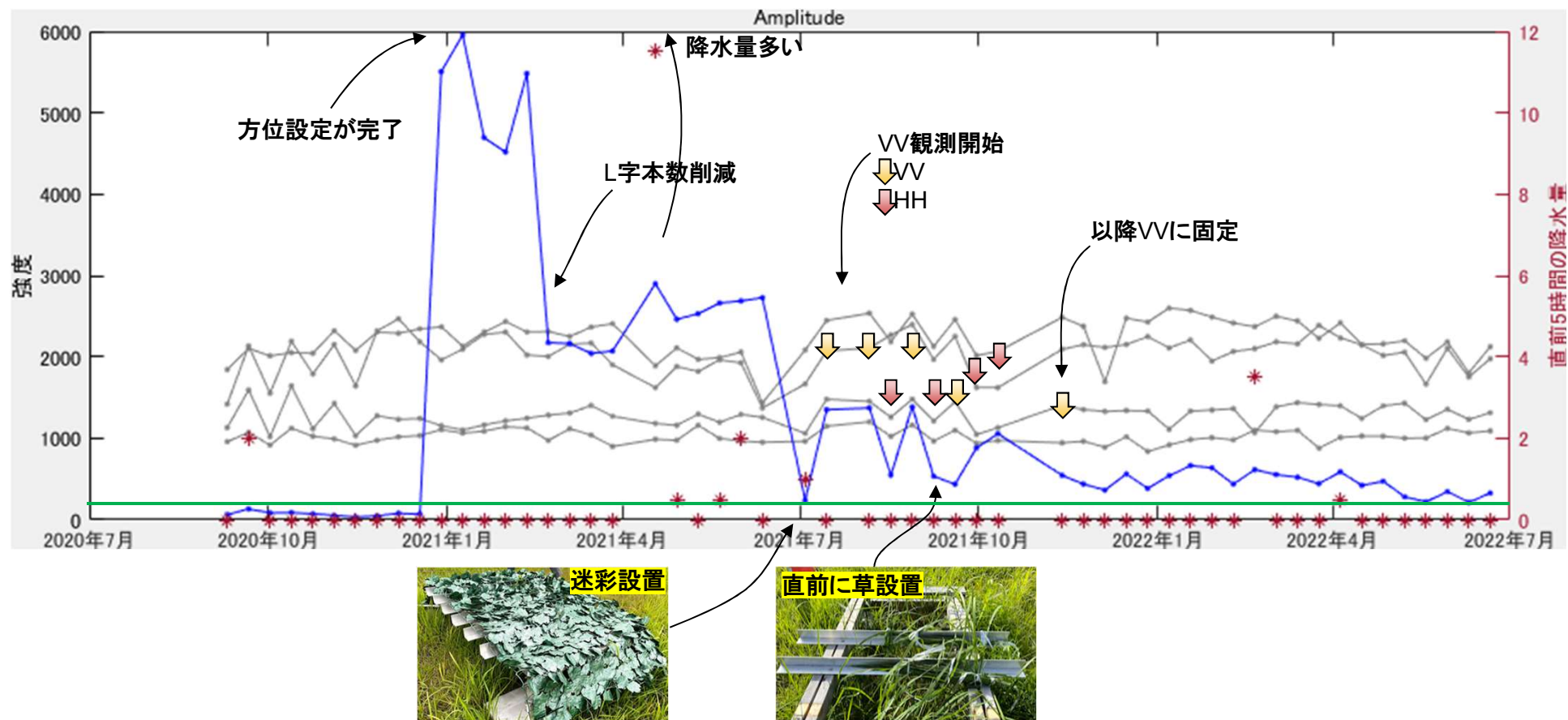
© Hisdesat Servicios Estratégicos S.A., 2023

**金属葉設置後**  
周囲の草むら程度の反射に抑えられている



# 3.空港施設観測への適用事例(リフレクタ実験)

## □ L字リフレクタの反射強度の推移



### 検証成果

- 実地での観測により、十分な反射強度が得られていることが確認できた。これにより人口構造物に組み込む際にも必要な強度を満たす範囲内でサイズのコンパクト化が可能と判断できた。
- 気候やVV/HH観測、明細や自然の植物による被覆などの諸条件によるデータの安定性と、超長期に設置した際の傾向なども十分なデータが得られた。一方で複数回の調整により設置の課題についても知見が得られた。

# 本日の内容

---

1 衛星リモートセンシング技術の概要

2 河川堤防観測への適用事例

3 空港施設観測への適用事例

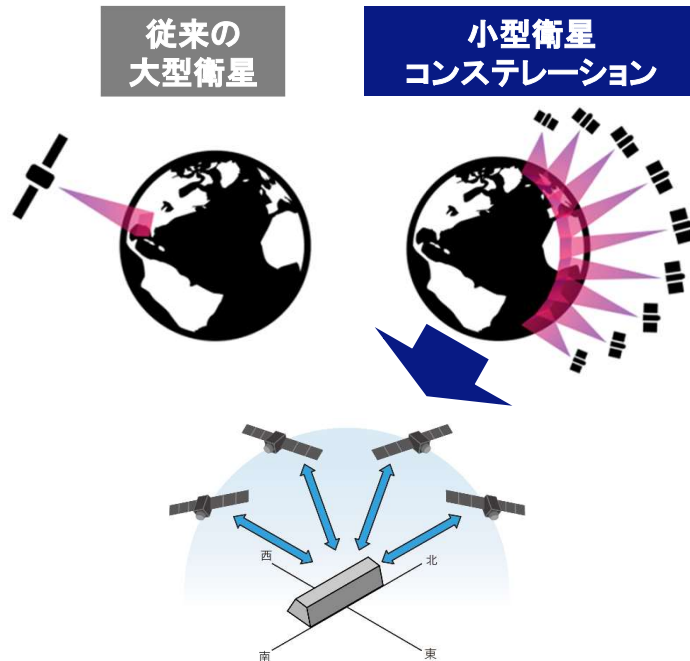
4 今後の展望

## 4. 今後の展望

### ● 干渉SAR解析技術の将来展望

#### 【小型コンステレーションの構築】

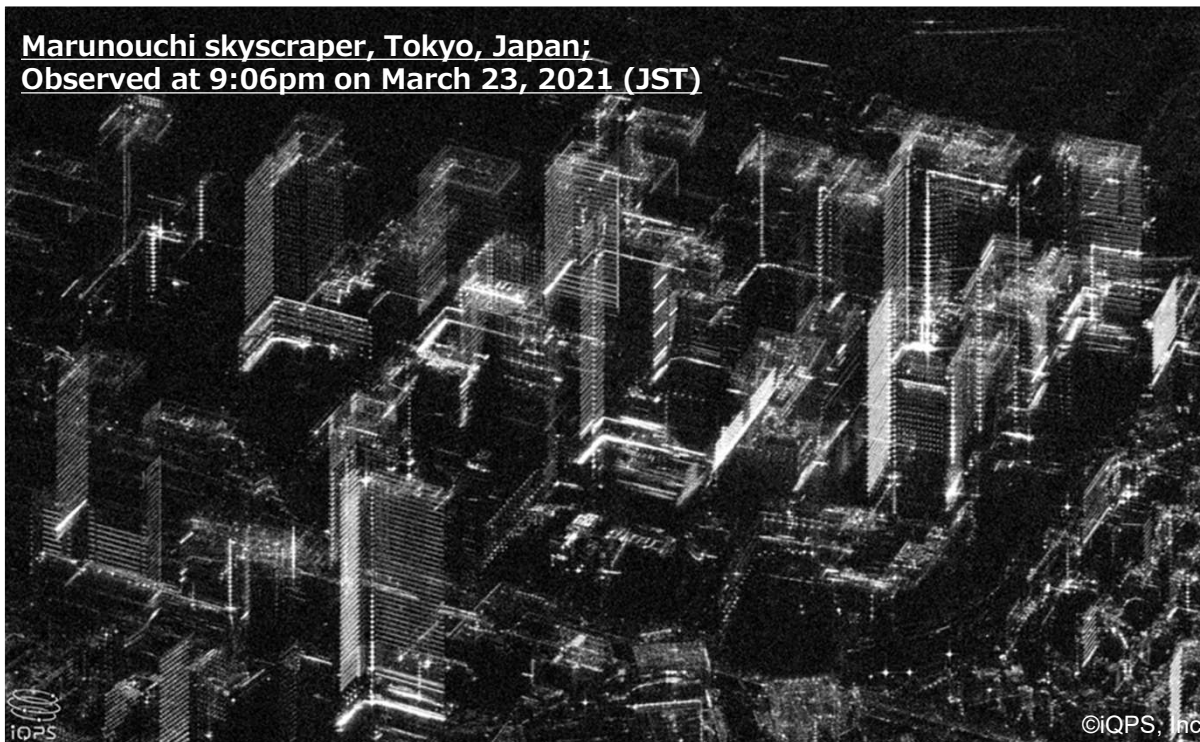
- ✓ 小型衛星コンステレーションとは、小型衛星を複数打ち上げ**同時に運用**
- ✓ 小型衛星は従来の大型衛星の1/50程度のコストで配備ができ、**民間事業者の参入も活発化**
- ✓ 将来的な衛星観測は**時間と空間の観測密度を上げられる**と期待
- ✓ 南行軌道、北行軌道以外の軌道にも衛星を投入する予定のため、従来の2.5次元解析で課題であった南北方向の水平変位も含め、**構造物の3次元的な変状把握も期待**
- ✓ **内閣府「小型SARコンステレーション衛星利用実証試験」にて国土交通省で5テーマを実証中**



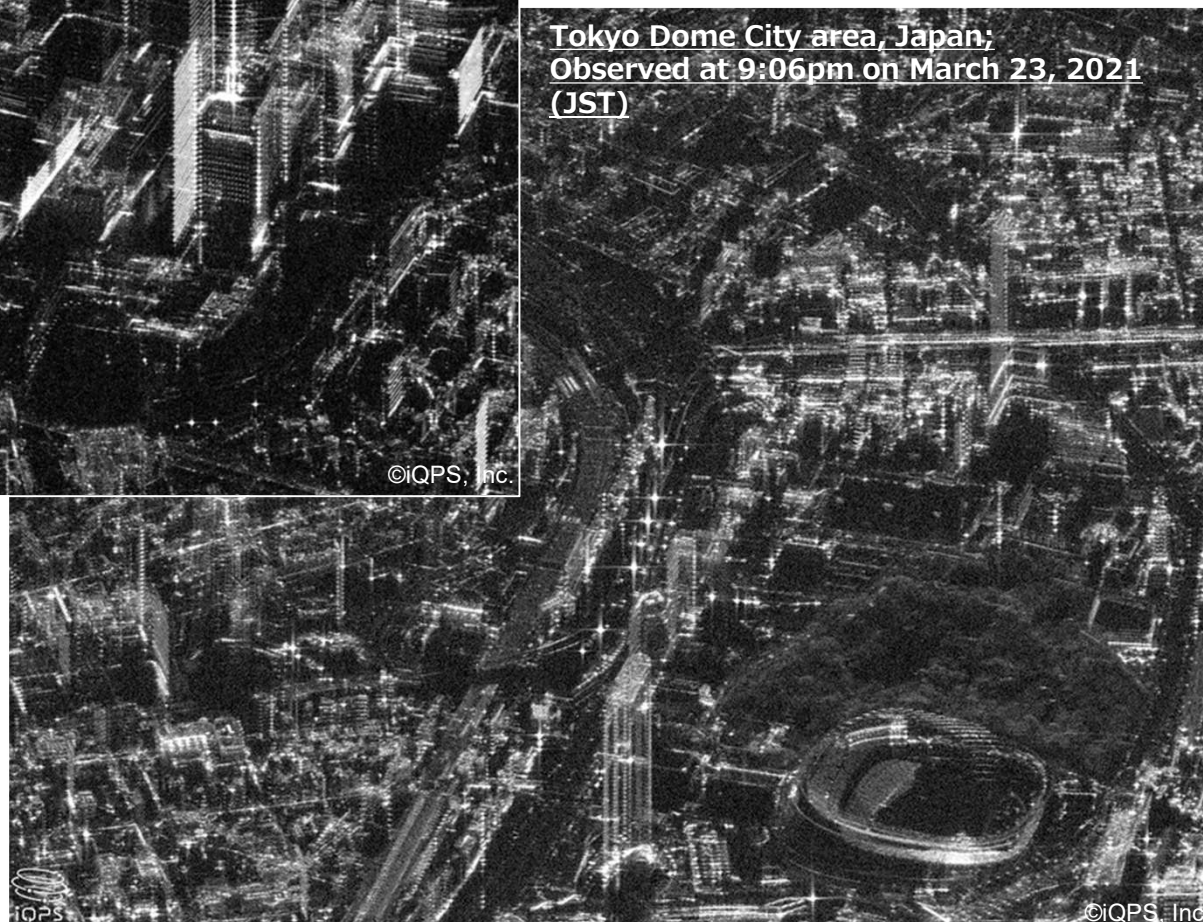


## 4. 今後の展望

Marunouchi skyscraper, Tokyo, Japan;  
Observed at 9:06pm on March 23, 2021 (JST)



Tokyo Dome City area, Japan;  
Observed at 9:06pm on March 23, 2021  
(JST)



## 4. 今後の展望

衛星				
国	日本	フィンランド	米国	日本
イメージ				
仕様	搭載センサ: X band	搭載センサ: X band	搭載センサ: X band	搭載センサ: X band
分解能	StripMap: 1.8m × 0.46m	StripMap: 1.6m × 2.5m	StripMap: 1.7m × 0.7m	StripMap: 2.5m × 3m
撮影幅	StripMap: 7km	StripMap: 30km	StripMap: 5km	StripMap: 30km
衛星配備計画	36機(現時点2機)	40機(現時点21機)	36機(現時点2機)	30機(現時点2機)
観測頻度	極域を除く世界のほぼどこでも平均10分間隔で観測	世界のどこでも約1時間で観測	世界のどこでも約1時間で観測	世界のどこでも約2時間以内で観測
軌道	傾斜軌道 (一部太陽同期軌道)	太陽同期軌道	太陽同期軌道	太陽同期軌道

\*1 2022年8月時点の独自リサーチにより公開している情報(HP、論文、記事等)をもとに作成したものであり、正確性を保証するものではない。

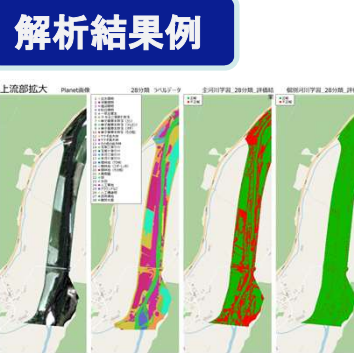
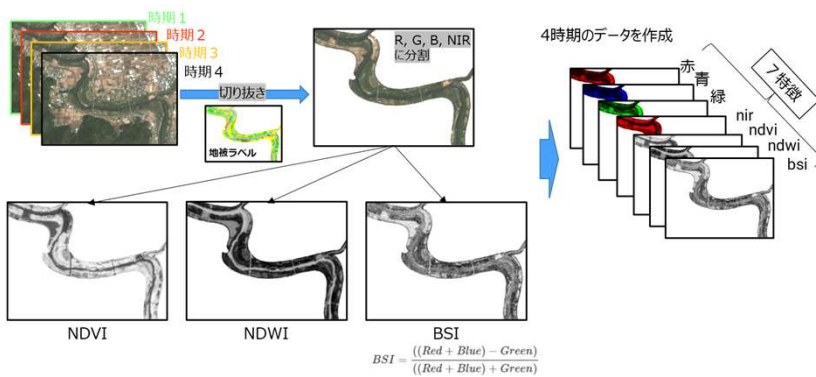
# 4. 今後の展望

・光学衛星を活用した河川管理に資する研究 (SDS、リバーフロント研究所、スカパー-JSATと共同研究)

## ■河道内地被分類判読

- ・ **機械学習による河川地被判読モデルを構築**
- ・ **正解率8~9割の高い精度で判読可能であり、河川水辺の国勢調査効率化及び河川維持管理に活用するには十分な精度を実現**

機械学習モデルによる地被分類の教師データ作成



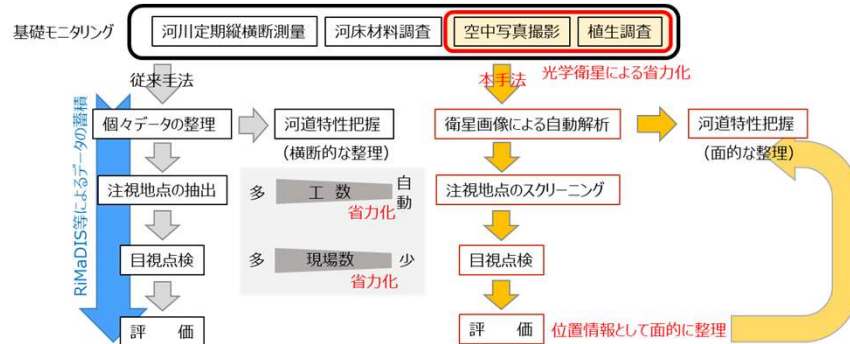
河川毎の教師データによる判読結果

No.	河川名	調査年度*	植生28分類の判読正解率	植生13分類の判読正解率	植生7分類の判読正解率
1	常呂川	2019	88.97%	90.36%	88.97%
2	鶴川	2019	85.99%	87.83%	85.99%
3	鶴川	2020	89.44%	91.00%	89.44%
4	札内川	2019	83.78%	86.80%	83.78%
5	札内川	2020	84.12%	87.08%	84.12%
6	北上川下流	2018	93.55%	95.10%	93.55%
7	北上川上流	2017	87.95%	90.02%	87.95%
8	北上川上流	2018	87.34%	89.56%	87.34%
9	富士川	2021	84.70%	86.81%	84.70%
10	阿賀野川	2017	87.91%	90.22%	87.91%
11	狩野川	2018	81.92%	91.00%	81.92%
12	雲出川	2018	85.72%	86.69%	85.72%
13	円山川	2021	92.47%	93.51%	92.47%
14	九頭竜川	2020	89.39%	91.22%	89.39%
15	斐伊川	2021	85.07%	86.90%	85.07%
16	吉井川	2019	90.66%	91.52%	90.66%
17	高梁川	2019	79.22%	81.09%	79.22%
18	佐波川	2020	84.39%	86.02%	84.39%
19	物部川	2021	85.55%	87.64%	85.55%
20	山国川	2021	84.09%	85.45%	84.09%
21	緑川	2020	88.39%	89.21%	88.39%
22	大淀川	2021	91.55%	92.63%	91.55%

※：調査年度は河川水辺の国勢調査の年度であり、同一年度の衛星データを購入し実証を行っ

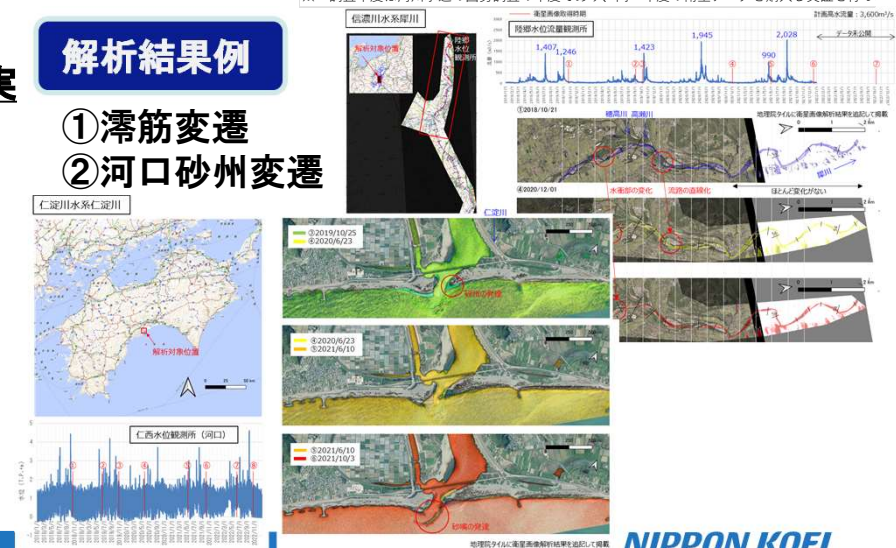
## ■水路変化変遷判読

**洪水による水路変化、高波浪による河口砂州の変化を本実証によるモデルで精度良くモニタリング可能**



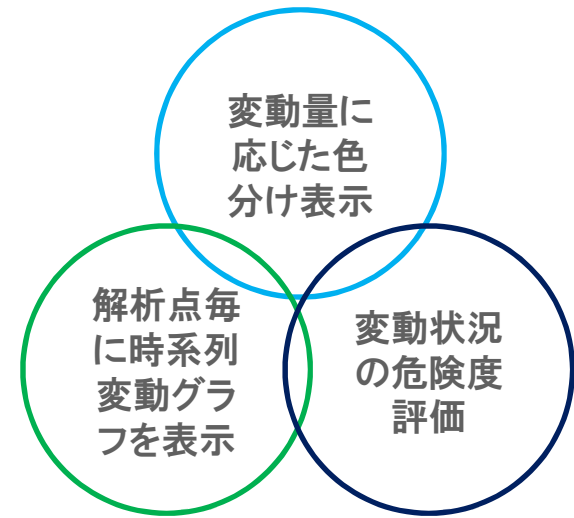
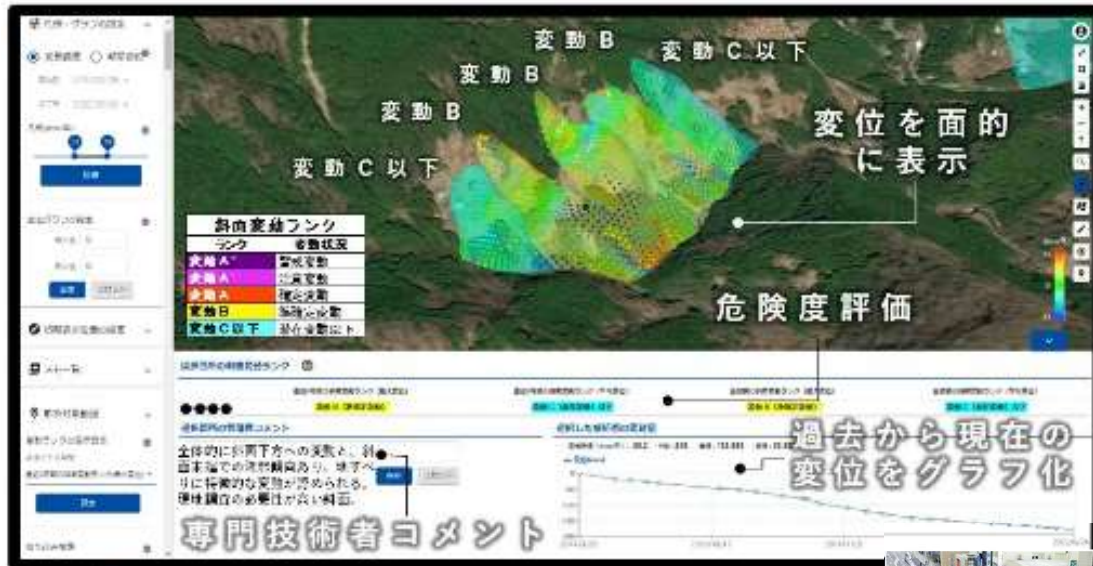
## 解析結果例

- ① 滞筋変遷
- ② 河口砂州変遷



# 4. 今後の展望

・解析結果web閲覧システムの開発



スカパーJSAT ZENRIN NIPPON

