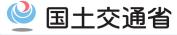
# 2. インフラ管理や気象予測などへの活用状況



# ①道路の管理・点検におけるのり面性状等の把握等



- 土工構造物点検及び防災点検の効率化技術について、技術検証を通して計測原理や適用条件、 計測性能等を整理し、性能カタログを整備
- 令和5年度は、「計測・モニタリング」技術など性能の確認に時間を要する技術分野を主な対象と して、フィールドテストや性能カタログの作成などを行う

## 【検討の流れ】

検証方法の検討

R3年度

R2年度

技術公募(R3.7.6~R3.8.10) 応募資料による検証技術の選定

R4年度

選定された技術のフィールドテスト の条件整理

R4年度

「画像計測」関連のフィールドテス ト・性能力タログ素案の作成

R5年度

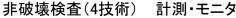
「画像計測」以外の技術の検証 性能カタログの作成

現場実装

#### 【令和4年度までの検討内容】

- ■技術公募
- ○「土工構造物点検及び防災点検の効率化技術」の技術公募
- ■応募資料による検証技術の選定
- ○応募資料内容に基づき応募技術を選定(リクワイヤメントへの整合を確認)

画像計測(14技術)



計測・モニタリング(7技術) データ収集・通信(2技術)



MMSによる計測状況



打音検査状況



計測機器設置:計測状況



■「画像計測」関連のフィールドテスト

#### 【令和5年度の検討内容】

- ■「画像計測」以外の技術の検証
- ○「計測モニタリング」など、性能確認にある程度の計測期間を要する技術や、大変形時の挙動 の確認が必要な技術などが対象
- ■性能カタログの作成
- ○「計測モニタリング」など「画像計測」以外も含めた技術の性能力タログ案の作成

## ①衛星SARの活用等を含む土工の点検支援技術性能カタログを作成!(令和5年11月)

○ 現地で取得した画像データ等を活用し、防災点検や土工構造物点検の効率化を図るため、 衛星SARの活用を含む画像計測7技術について、カタログを作成。







目視により自然斜面や土工構造物の点検を実施

#### 画像計測技術(7技術)



携帯型計測機器による点検技術 <掲載技術名> ハンドヘルドレーザ計測による浮石転石

分布抽出、対策効果の確認



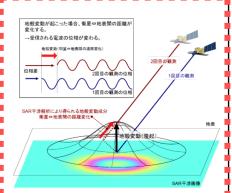
ドローンを活用した点検技術

- <掲載技術名>
- ・各種カメラ搭載ドローンを活用した道路 のり面管理技術
- ・全方向衝突回避センサーを有するド ローン技術



MMS※1を活用した点検技術

- <掲載技術名>
- ・一般車両搭載型 斜面・のり面点検システム ・LPデータと衛星SARによる道路土工点
- ・3次元点群ブラウザを用いた変位解析によ る変状筒所の抽出
  - ※1 MMS(モービルマッピングシステム)■ ※2 国土地理院ウェブサイトより出典

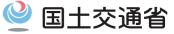


衛星SAR等を活用した点検技術※

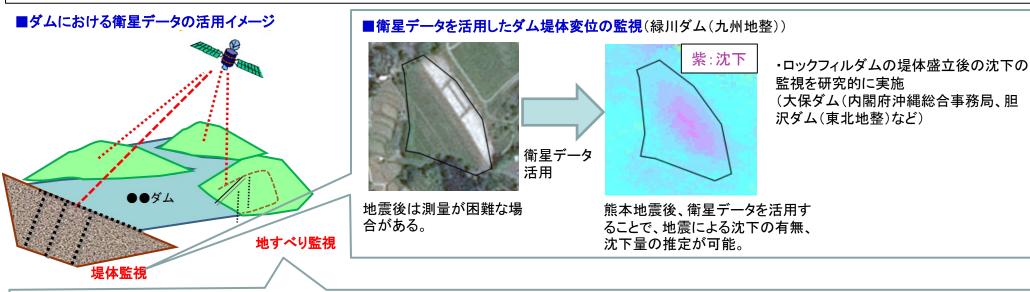
- <掲載技術名>
- 検及び防災点検の効率化
- ・防災点検における高精度地形データを 活用した定量的な安定度調査

\_\_\_\_\_

# ②ダム貯水池の周辺斜面の地すべり監視・ダム堤体変位監視



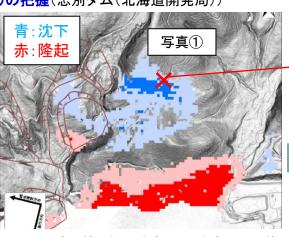
ダム貯水池斜面の地すべりやダム堤体変位の監視において、SAR衛星データを活用することにより、状態把握業務の効率化・高度化を図る。



#### ■衛星データを活用した大規模で変動のある地すべりの把握(忠別ダム(北海道開発局))



外見で変状が確認されているが、変動している範囲を正確に把握することが困難な場合がある。

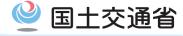


センサー計測等と組み合わせて地すべりの状態を俯瞰的に把握。



衛星データから推定された変動範囲の境界付 近において見つけにくかった変状を確認。 19

# ②ダム貯水池の周辺斜面の地すべり監視・ダム堤体変位監視



「衛星SARデータを用いたロックフィルダムおよび貯水池周辺斜面の変位計測マニュアル(案)」の作成。衛星 SAR データを利用する上で理解すべき基本的な事項や、実際の導入にあたり必要になる技術的事項について、 実務的な対応方法の例、留意点等を記載。

	ISSN 1346-7328 国総研授科 第1233号 合 和 4 年 12 月				
国土技術政策総合研究所資料					
TECHNICAL NOTE of National Institute for Land and Infrastructure Management					
No.1233 Decemb	ber 2022				
衛星 SAR データを用いたロックフィルダムおよび 変位計測マニュアル(家)	び貯水池周辺斜面の				
<b>佐藤仁行、金綱</b>	<b>科史、小服俊秀、櫻井寿之</b>				
Manual for Displacement Measurement of Rockfill Dam Slopes Around Dam Reservoirs Using Satellite SAR Data					

資料公開HP

http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1233.htm

#### 国土交通省 国土技術政策総合研究所

Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Jap

#### 目 次

#### はじめに

- 1. 総説編
- 1.1 本資料の目的と構成
- 1.2 衛星SARデータを用いた変位計測の特徴
- 1.3 衛星SARの特徴
- 1.4 衛星SARデータを用いた変位解析の概要
- 1.5 ダムの安全管理における衛星SARデータの活用
- 2. 解説編
  - 2.1 はじめに
- 2.2 解析対象ダムの諸元・各種条件の確認
- 2.3 変位計測期間の設定
- 2.4 利用する衛星データの選び方
- 2.5 解析の実施
- 2.6 解析結果とその出力
- 2.7 解析結果の精度検証
- 2.8 データの蓄積・管理

巻末参考 試行適用事例

事例1:ロックフィルダム堤体の変位計測事例 事例2:貯水池周辺斜面の変位計測事例

## ■平常時のモニタリングへの活用

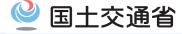
目的	ロックフィルダムや貯水池周辺斜面の面的な変位を把握。
実施内容	定期的(あるいは計画的)に衛星SARデータを 取得して干渉SAR解析を実施。
導入成果	ロックフィルダムの圧密沈下の収束傾向(不同 沈下の有無等)を面的に把握。貯水池周辺斜面 の変動領域と変動方向を把握。

## ■災害時のモニタリングへの活用

目的	大規模地震時等の災害時に迅速にロックフィル ダムの変位や貯水池周辺斜面の変動を把握。
実施内容	災害前と災害直後に観測された衛星SARデー タを用いて干渉SAR解析を実施。
導入成果	ロックフィルダム堤体の変位ほか、貯水池周辺 斜面の変動について、現地に行くことなく迅速に (現地アクセスが困難な状況でも)面的かつ広 域に把握。
	•

20

# ②ダム貯水池の周辺斜面の地すべり監視・ダム堤体変位監視



内閣府において、小型SAR衛星コンステレーションの利用拡大に向けた実証を行っている。将来的に、小型SAR衛星が30機の体制となり、衛星コンステレーションとしての活用ができるようになった場合は、災害時等はより迅速にダムの状況把握を行うことが可能となると考えられる。小型SAR衛星を活用するための検討を、研究開発成果の社会実装への橋渡しプログラム(BRIDGE)によりR5~R6の期間で実施中。

#### ■活用する衛星データ

SAR衛星の基本情報を表-1に示す。活用する衛星 データは、現在はALOS-2の活用を行っている。なお、 災害時の計測には1~2日間程度を要している。

将来的に、小型SAR衛星が30機の体制となり、衛星コンステレーションとしての活用ができるようになった場合は、より迅速な状況の把握が可能となると考えられる。

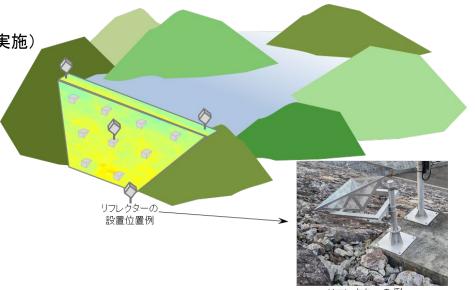
表-1 SAR衛星の基本情報

衛星名	使用 波長帯	分解能	計測範囲	計測頻度
ALOS-2	Lバンド	3m	50-70km	年4回程度 (災害時には1~2日に1回観測)
ALOS-4	Lバンド	3m	100-200km	2週に1回程度
小型SAR衛星 コンステレーション	Xバンド	1~3m	10-30km	2時間(30機のコンステレーション が構築された場合)

### ■検討内容

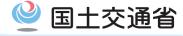
小型SAR衛星コンステレーションの活用に関する検討(R5、R6年度実施)

- →小型SAR衛星が使用する波長帯Xバンドによるダムでの計測精度の検証。測量(GPS)計測結果や、Lバンドによる計測結果との比較。
- →計測位置や変位計測の精度向上のため、安定的に観 測できる恒久散乱点としてリフレクター(反射板)を設置 した検討(図-1)。
- →小型SAR衛星を活用したロックフィルダムおよび貯水池 周辺斜面の変位計測のための手引書の作成



リフレクターの例

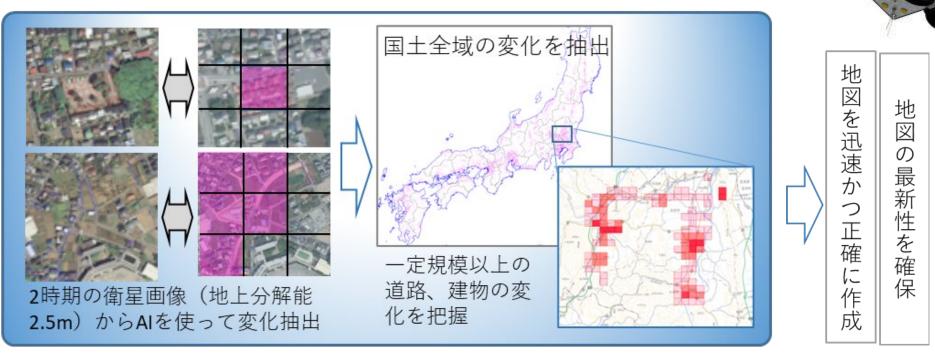
# ③民間光学衛星を活用した地図更新の効率化



- 国土地理院では、我が国の国土の現況を表した、様々な地図の基礎となる地図(電子国土基本図)を効率的に更新するため、2時期の衛星画像とAIの画像分析技術を用い、全国の国土変化を把握するための技術開発・システム構築を実施。
- 変化情報に基づき**変化箇所の多いエリアの空中写真撮影を行うことで、地図更新を効率化**。

アクセルスペース社 光学衛星GRUS(グルース)

衛星画像及びAIを用いた変化抽出技術の開発



# 4衛星による気象データの充実化・高度化を通した気象予測の精度向上



国土交通省

ひまわり8号運用開始画像

(平成27年7月7日撮影)

(トゥルーカラー再現画像)

#### ひまわり8号・9号の概要

- ◆ 平成27年7月7日より8号の観測運用開始、平成29年3月10日より9号の待機運用開始
- ◆ 今和4年12月13日に2機の役割を交代し、9号の観測運用開始、8号の待機運用開始

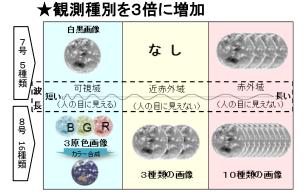
## 防災監視機能を大幅に強化 → 世界最先端の静止気象衛星



★観測回数を6倍に増加 地球の丸い画像を1時間に1回

#### 大幅増

地球の丸い画像を1時間に6回 (日本域:30分間隔→2.5分間隔)



効果

【防災のための監視機能を強化】

台風や集中豪雨等の観測情報をより精密により早く提供

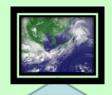
【地球環境の監視機能を強化】

海面の温度、海氷の分布、大気中の微粒子等を対象とした観測をより高精度に実施

(年度) H17 H20 H22 H27 H28 H30 H31 H24 H26 H29 R10 R11 (R元) 2010 2020 2025 2005 2015 打上 観測 衛星製作 待機 ひまわり8号 衛星製作 待機 ひまわり9号 今後とも、宇宙基本計画に基づき後継機を切れ目なく整備し、 打上げ(8・9号-括契約) 衛星打上げ 万全な観測体制を構築

### ひまわり8号・9号の貢献分野

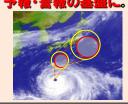
#### 国民生活 日々の天気予報に 不可欠



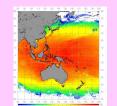
### 防災·減災

#### ・台風の監視

・データはスーパーコンピュータで処理され、 **予報・警報の基盤に**。



#### 環境 地球環境の監視に貢献 (海面水温、黄砂)



#### 交通安全 航空機、船舶等の安全で 経済的な運航に寄与



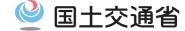
#### 国際貢献

東アジア・西太平洋地域の国々において、台風や 集中豪雨等の実況監視等を通して防災対応に大 きく貢献。



26

## ④衛星による気象データの充実化・高度化を通した気象予測の精度向上



#### ひまわりの役割

## ひまわりは安全・安心な国民生活・社会経済活動に不可欠な社会インフラ

#### 防災

- ✓ 台風・集中豪雨・ 線状降水帯の監視・予測 (特に洋上は唯一の手段)
- ✓ 観測データはスーパーコン ピュータによる数値予報で 処理され、予報・警報の基 盤となっている。



#### 国民生活

- ✓ 日々の天気予報に不可欠
- ✓ お茶の間に広く浸透



#### 国際貢献

- ✓ 世界気象機関(WMO)における 世界的な観測網の一翼を担う
- ✓ 地球環境・森林火災・ 噴火の監視



#### 産業·交通安全

- ✓ 農業、観光等の各種産業における 基盤情報として利用
- ✓ 航空機、船舶等の安全で経済的 な航行に寄与

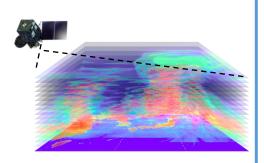




### ひまわり後継機の整備計画

- 〇現行の静止気象衛星ひまわり8号、9号は令和11(2029)年度までに設計上の寿命を迎える
- 〇線状降水帯や台風等の予測精度を抜本的に向上させるため、大気の三次元観測機能「赤外サウンダ」 など最新技術を導入した次期静止気象衛星の整備に令和5(2023)年に着手
- ○宇宙基本計画(令和5年6月13日閣議決定)に沿って、<u>令和11(2029)年度の運用開始に向け、着実に</u> 整備を進める



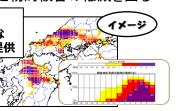


3次元観測イメージ (大気の立体的構造)

#### ◎市町村単位で危険度の把握が可能な気象情報を半日前から提供し、

早期避難による人的被害の最小化と物的被害の低減を図る

令和11(2029)年~ 市町村単位で危険度の把握が可能な 危険度分布形式の情報を半日前から提供



◎台風の進路を正確に予測することにより、鉄道・空港などの的確な運用

(計画運休)、広域避難等を可能に

#### 3日先の台風進路予測精度を大幅に向上 (H30年台風第21号の例)

黒:実際の台風経路 青:現状の予測

赤:精度向上した予測



24

# (参考)PLATEAUにおける3D都市モデル更新 (Project P

- 3D都市モデルの整備・活用・オープンデータ化の推進 (Project PLATEAU)
- ▶ 2020年にスタートした「Project PLATEAU (プラトー)」は、スマートシティをはじめとしたまちづくりのデジタルトランスフォーメーションを進めるため、そのデジタル・インフラとなる3D都市モデルの整備・活用・オープンデータ化を推進する国土交通省のプロジェクト。
- プロジェクト開始から3年目を迎えた2022年度には、従来のリーディングプロジェクトとしての実証的性質から社会基盤としての実装フェーズへと転換し、 地方公共団体に対する新たな補助制度も創設したところ。
- ▶ PLATEAUは「2027年度までに500都市を整備」等の実現を中長期方針として掲げ、デジタル・インフラとなる3D都市モデルの全国整備・社会実装の実現に向け、取組を推進。

#### 3D都市モデルの整備



- <u>都市の形状全体をデータとして再現</u>するとともに、建物等のオブジェクトーつーつが<u>用途や構造等の属性情報を保持</u>し、「カタチ」だけでなく「意味」もデータ化(Google Earthとの違い)。
- データフォーマットには地理空間情報分野における国際標準化団体が国際標準として策定した"CityGML 2.0"を採用し、多様な分野における活用が可能な高い相互流通性を実現。
  - <整備都市数>

2020年度:約60都市

2022年度:約70都市(累計約130都市)

※地方公共団体への補助制度を創設

→2023年度:累計<u>200</u>都市(目標) →2027年度:累計<u>500</u>都市(目標)

#### 3D都市モデルの活用(ユースケース開発)

- 防災・防犯、環境・エネルギー、まちづくり、モビリティ、地域活性化・観光等の多様な分野で活用事例(ユースケース)を創出し、地域課題の解決やニーズに合わせたサービスを創出
- ■防災・防犯

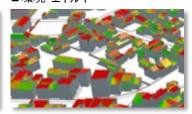


✓災害リスクの三次元可視化 ✓浸水範囲に応じた適切な避 難ルートの可視化アプリ 等 ■都市計画・まちづくり



- ✓都市計画情報の重畳による 都市構造の可視化
- ✓XR技術を活用した住民参加 型まちづくり支援ツール 等

■環境・エネルギー



- ✓太陽光発電量の精緻なシミュ レーション
- ✓エリア単位の熱環境のシミュ レーション 等

#### 3D都市モデルのオープンデータ化

- G空間情報センターにて、広く一般にデータを公開。 オープンライセンスを採用し、<u>二次利用を可能</u>とすることで、 各分野における研究開発や商用利用を促進。
- ・地方自治体職員向けのガイダンスから、民間企業、エンジニア向けの技術資料、ソースコードまで<u>幅広く知見を公開</u>することで、3D都市モデルの全国展開を促進。
- オープンデータとしての価値を高めるため、ハッカソン、ハンズ オン支援、LT、ピッチイベント、アプリコンテスト等を開催し、 PLATEAUのコミュニティ形成を支援





# (参考)PLATEAUにおける3D都市モデル更新 衛星データの3D都市モデルへの活用

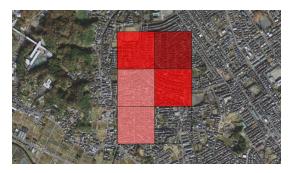


### 光学衛星画像を用いて作成したデータの精度の検証(2020年度)

RESTEC社/AW3Dと共同して衛星画像を用いた3D都市モデル(LOD1建築物モデル)のデータ作成を実証を行い、地図情報レベル2500の作成に成功した。より低コストかつ高頻度な3D都市モデルの整備・更新ができる可能性がある。

#### (課題)

- ・衛星データのライセンス規定
- ・LOD2以上の高詳細度モデルの作成
- ·公共測量申請
- https://www.mlit.go.jp/plateau/file/libraries/doc/plateau\_doc\_0000\_ver03.pdf

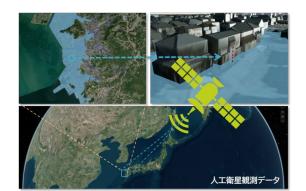


### 3D都市モデルの更新優先度マップ(2022年度)

3D都市モデルの鮮度を衛星画像等のデータを使って可視化するAIモデルを開発した。

低コストかつ迅速な差分検出を実現することで3D都市モデルの更新を促進する。

https://www.mlit.go.jp/plateau/use-case/uc22-007/



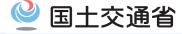
### 人工衛星観測データを用いた浸水被害把握(2023年度)

浸水被害発生直後の人工衛星観測データ(SARデータ)から分析した浸水範囲と3D都市モデルをマッチングさせることで、家屋単位での浸水深の算出および被災判定を行うシステムを開発する。

被災者の生活再建に必須となる罹災証明書の発行業務の効率化を目指す。

https://www.mlit.go.jp/plateau/use-case/uc23-01/

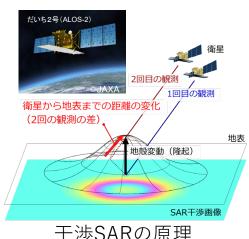
# (参考)活火山の地殻変動監視



国土地理院では、だいち2号のSARデータを用いて、日本全 国の地表の動きを監視。

衛星による干渉SARは、雲や噴煙の有無にかかわらず、また 昼夜問わず広域的かつ面的に地表の動きを観測することができ、 人の立ち入りが困難な離島や活動が活発な火山でも、地殻変動 を捉えることが可能。

解析結果は、火山噴火予知連絡会に提供しているほか、国土 地理院HPから公開。



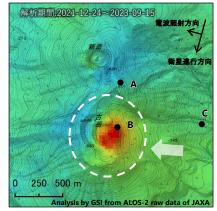
干渉SARの原理

## 衛星SARで捉えた火山活動に伴う地殻変動【口永良部島】

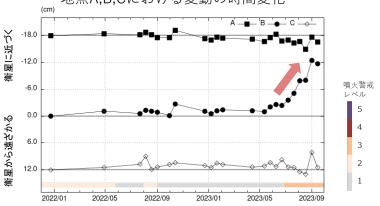
2023年6月27日に噴火警戒レベルが3 (入山規制)に引上げられた口永良部島において、古岳山頂周辺 に膨張を示す変動を検出、現在も継続する地殻変動の推移を監視中。



変位速度(1年あたりの平均的な変動量)



地点A,B,Cにおける変動の時間変化



2023年5月以降、膨張を示す衛星に近づく変動が継