

令和6年度 最終評価様式

住宅・社会資本分野における人工衛星等を活用した リモートセンシング技術の社会実装

令和7年5月
国土交通省

- 実施する重点課題（特に該当するものには◎、そのほかで該当するものには○（複数可）を記載）

業務プロセス転換・ 政策転換に向けた取組	次期SIP/FSより 抽出された取組	SIP成果の社会実装 に向けた取組	スタートアップの事業創出 に向けた取組	若手人材の育成 に向けた取組	研究者や研究活動が 不足解消の取組	国際標準戦略の促進 に向けた取組
○	○	○				

- 関連するSIP課題（該当するものには○を記載）

持続可能な フードチェーン	ヘルスケア	包摂的 コミュニティ	学び方・ 働き方	海洋 安全保障	スマート エネルギー	サーキュラー エコノミー	防災ネット ワーク	インフラ マネジメント	モビリティ プラットフォーム	人協調型 ロボティクス	バーチャル エコノミー	先進的量子 技術基盤	マテリアル 事業化・ 育成エコ
							○	○					

1. 社会実装に向けた施策・取組等の全体俯瞰の中での成果（進捗の説明）

① 全体概要

<Ⅰ 解決すべき社会課題>

- ・災害発生時に、被災状況を速やかに把握し、救命・救助の生命線であり社会経済を支えるインフラを迅速に復旧することは、国土交通省の使命
- ・近い将来に予測される東海・東南海トラフ地震のような広域災害時には、まず全体の被災状況等を把握したうえで個別の被災箇所を詳細に調査することが必要
- ・従来、広域的な被災状況等調査は「航空機・ヘリ」の利用が一般的だが、悪天候時・夜間は利用困難
- ・「人工衛星」は広範囲にデータを取得可能であり、特にSAR衛星については悪天候時・夜間でも観測可能
- ・近い将来実現が見込まれる「小型SAR衛星コンステレーション」が実現すれば、観測頻度や解像度も向上すると期待

【課題に対する目標】

インフラ管理者等が人工衛星観測データを活用し、他の手法と組み合わせることにより、広域の災害時においても迅速かつ高い精度で被災状況等を自ら把握できるようにすること

<Ⅱ 取組施策の内容>

1) 被災状況（インフラ・市街地・建築物）の把握手法の開発

「応急復旧フェーズ」に必須な、被災状況の把握手法を開発

2) 小型SAR衛星コンステレーションへの適応技術等の開発

既に国内基幹衛星・海外衛星で開発した手法について、民間・国産の小型SAR衛星コンステレーション等への適応、精度向上を目指す。

3) 現場実務に直結する「技術基準」・「標準仕様」への反映

上記の技術開発に加え、現場で使用可能な「技術基準案」「標準仕様案」を作成することで、国・県を中心とした施設管理者のルーチンに衛星データ活用を組み込み、災害後に着実に実施できる体制を構築

【技術開発の対象分野】

- ①河川分野
- ②河川管理分野
- ③海岸分野
- ④ダム分野
- ⑤道路分野
- ⑥建築構造・設備分野
- ⑦市街地・建築分野
- ⑧市街地火災分野

<Ⅲ 成果の社会実装【成果概要】>

1) インフラ管理者等による被災状況把握手段としての実装

- ・実災害の被災箇所又は模擬的に再現した被災箇所において、人工衛星データの活用によるインフラ等（河川、海岸、ダム、道路、建築物及び市街地）の被災状況等の把握手法の実用性・有用性を実証
- ・実証結果等を踏まえて、インフラ管理者や地方公共団体等による人工衛星データの活用ツールとして、手引き、ガイドライン及び支援サイト等（案の段階も含む）を作成

2) 衛星データ提供者との連携に基づく価値の高い衛星データの供給促進

- ・防災科学技術研究所等によるBRIDGE施策「日本版災害チャータの構築と実証」と連携
- ・災害発生時に、インフラ管理者（ここでは本BRIDGE施策）が災害チャータに対して人工衛星による災害発生エリアの観測を要請し被災状況把握に必要な観測データを得る「緊急観測要請」（次頁参照）の実証を実施
- ・災害発生時における衛星による緊急観測要請から被災状況把握に至るまでのタイムライン、ワークフロー等、社会実装に直結する技術的知見等を共有

【社会実装に貢献する主な成果】

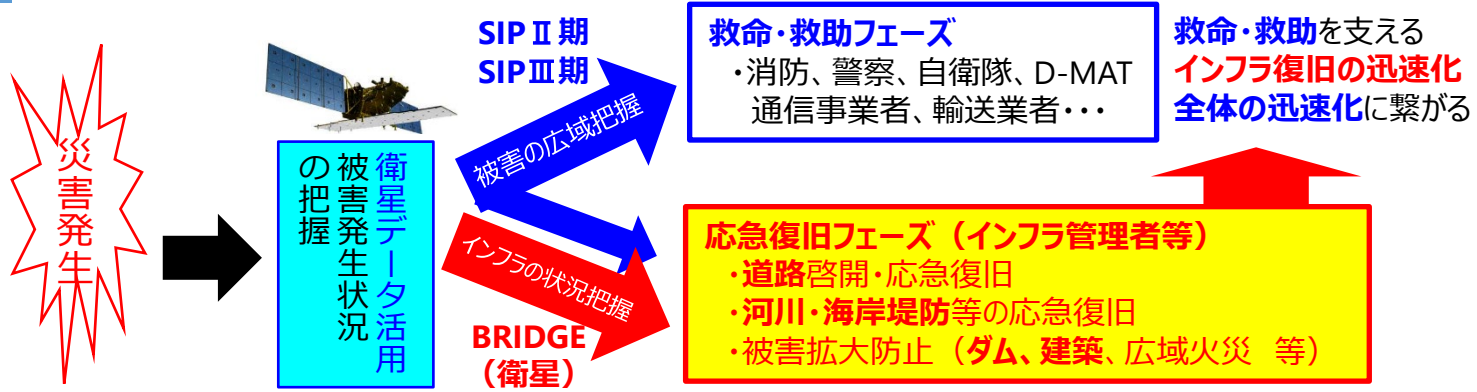
- ・海岸線モニタリング支援サイトの構築、及び手引き案（管理者向け）作成
- ・ダムおよび貯水池周辺斜面の変位計測の手引き案（管理者向け）作成
- ・地震時における市街地被害解析ガイドライン案の策定
- ・大船渡市林野火災における技術実証、火災被害検出結果の県災害対策本部や首相官邸等への提供 等

BRIDGE施策の実施を通じ、災害チャータ、JAXAをはじめとした国内外の衛星事業者等との連携・協力関係が進展し、インフラ管理者等のニーズに応じた衛星データの供給が期待

1. 社会実装に向けた施策・取組等の全体俯瞰の中での成果（進捗の説明）

② 全体俯瞰図（1 / 2）

I 解決すべき社会課題



国総研の役割

- 国土交通政策の企画・立案、普及を支える研究開発（技術基準・手法の体系的提示、現場実装等）
- 災害・事故対応への高度な技術的支援と対策技術の高度化（現場対応支援、原因究明、復旧・復興計画の検討、対策等への技術的助言等）
- 地方整備局等の現場技術力の向上を支援（実務を知る立場での指導・助言、人材の受入れ、研修等）
- 政策形成の技術的基盤となるデータの収集・分析・管理、社会への還元

インフラ管理者等（河川・海岸・ダム・道路・建築物等）の
技術的ニーズに基づき研究開発や現場支援を行う研究機関

解決すべき主な課題

- 災害時の多忙な状況下で、現場で衛星データを個別に入手する必要
- 被災状況把握の際、衛星以外からの情報と併せて、現場が個別に被災状況を判断しなければならない
- 光学画像は目で見て把握可能だが、生のSAR画像データからはインフラ管理者等が被災状況を把握することが困難

本BRIDGE施策における技術開発の観点

- 災害時の現場において衛星データを活用可能にするため、被災状況が即座に把握可能で、かつ適時に衛星データが提供されることが重要
- 被災状況の把握手法は、衛星データと衛星以外からの情報との併用を前提として、被災状況把握や災害対応に関する技術基準やマニュアル等に反映されることが必要
- 被災状況が容易に把握可能となるよう、SAR画像に解析・加工等を加えたうえでインフラ管理者等に提供されることが必要

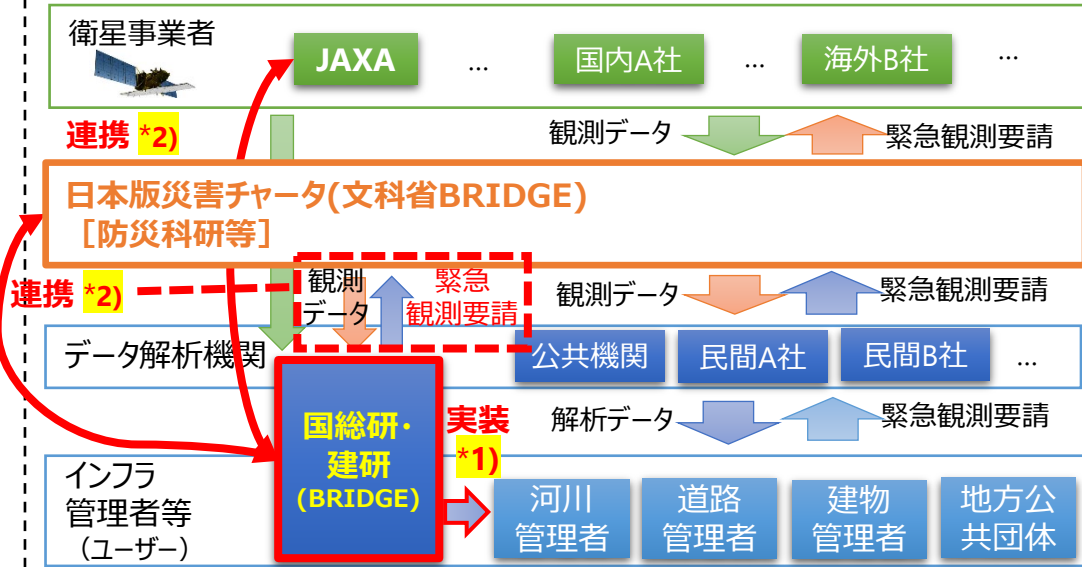
1. 社会実装に向けた施策・取組等の全体俯瞰の中での成果（進捗の説明）

② 全体俯瞰図（2 / 2）

II 取組施策

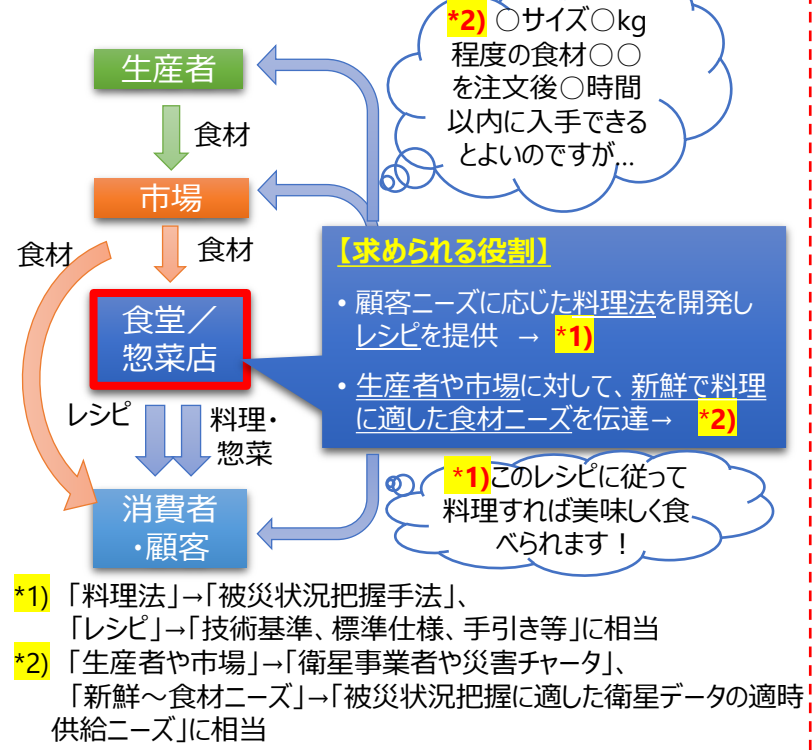
III 成果の社会実装 の位置づけ

災害発生時における衛星データ流通のイメージ



- *1) 前頁「Ⅲ 1」インフラ管理者等による被災状況把握手段としての実装
- *2) 前頁「Ⅲ 2」衛星データ提供者との連携に基づく価値の高い衛星データの供給促進

食品流通に例えると...



日本版災害チャータ（文科省BRIDGE施策）の役割

- 一元的プラットフォーム（日本版災害チャータ）による各衛星事業者の人工衛星データの集約・提供
- 災害時の緊急観測要請への対応

→インフラ管理者等のニーズ（タイミング・データ仕様等）を踏まえた衛星データを提供すること

国総研・建研（当BRIDGE施策）の役割

- インフラ等の種類（河川・海岸・ダム・道路・建築物等）に応じた被災状況把握手法の開発（＝顧客ニーズ）
 - 開発した被災状況把握手法を各インフラの技術基準等に反映、インフラ管理者向けガイドライン、マニュアル等に反映
- インフラ管理者等が災害時に適時かつ迅速に衛星データを活用可能にすること（インフラ管理者視点の技術開発）

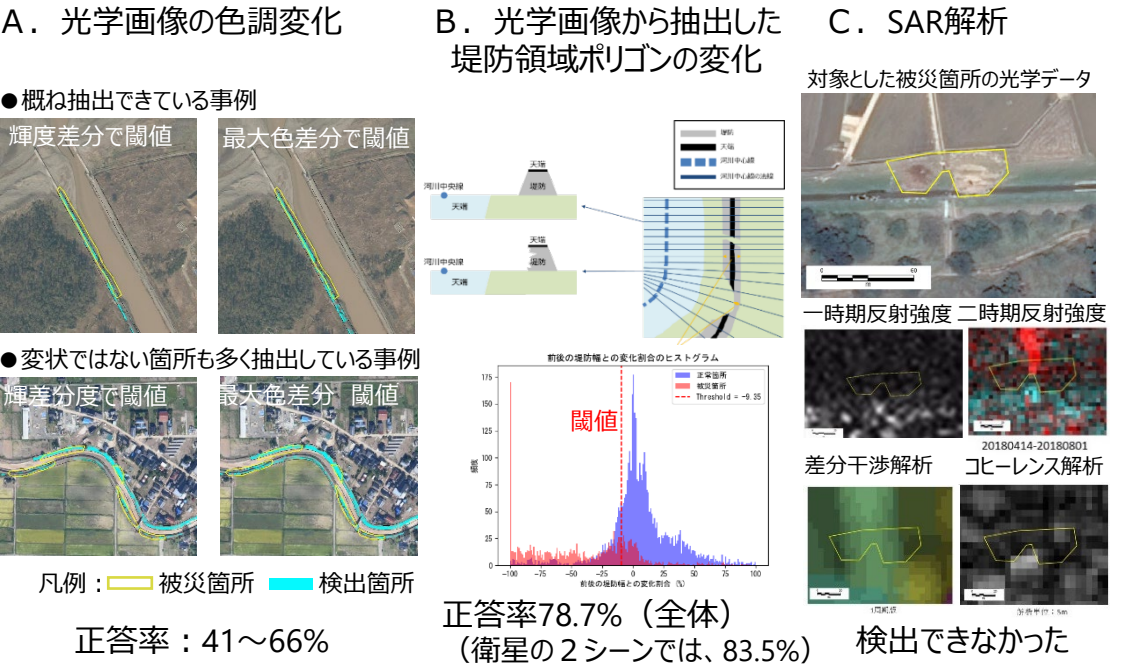
2. 研究成果及び出口戦略、達成状況（取組全期間）

テーマ ①河川分野（河道及び河川管理施設）

目標：衛星画像を用いた河道および河川管理施設における変状の自動抽出技術の開発、標準仕様書案の作成

① 研究成果及び達成状況

- ・南海トラフ地震のような広域的な地震被害等が発生した場合に、堤防が大規模に欠損している箇所などを、人工衛星観測データから自動検出できる技術を開発するための検討を実施した。
- ・衛星データや予定されている衛星観測解像度に合わせた航空写真画像やSAR画像を使用して様々な解析手法を試行した。主要な結果は以下、A～Cのとおり（右図のA～Cと対応）。
- A. 被災前後の光学衛星画像について色調補正を行った上で、色調の変化（輝度差分と最大色差分）から被災箇所を抽出する手法を開発した。被災前後の画像の撮影間隔が短い場合には、正解率が向上することを期待。
- B. 光学画像から、堤防または堤防天端の範囲をポリゴンとして自動抽出した上で、ポリゴン形状の変化から被災箇所を抽出する手法を開発した。ポリゴン自動抽出技術が向上することで正解率も向上することを期待。
- C. SAR観測データから4種類の解析によって変状の抽出を行ったが、収集できたデータからは、抽出出来なかった。



② 出口戦略・研究成果の波及

目標：・衛星画像を用いた河道および河川管理施設における変状の自動抽出技術の開発、標準仕様書案の作成
→自動抽出が可能と思われる複数の技術的アプローチを見いだした。

衛星コンステレーションが構築された場合

- ・時空間的に観測精度が向上した段階で、複数の手法から最適手法を選定
- ↓
- ・河川堤防等の大規模被災箇所自動抽出システムの実装に向けた標準仕様書案の作成
- ・システムの構築・運用、データ蓄積による更なる精度向上

③ 目標達成状況等の特記事項

- ・本件で対象とする河川堤防等の大規模な損傷については、発生頻度が低い事象であるとともに、災害の規模拡大を防止するために早急な応急復旧が行われるため、被災した状態が存置されて観測されることが少ない。このため、当初、想定した以上に、検証対象とする観測データの収集が難航。
- ・このような対象については、衛星コンステレーション構築した段階で時空間解像度の向上した観測データを用いて、AIの学習や画像解析での閾値設定等を見直し、技術的熟度を向上させる必要がある。更に、構築後も、グランドデータとリモートセンシングデータのデータセットを収集して、継続的に精度向上を図る必要があるものと思われる。

2. 研究成果及び出口戦略、達成状況（取組全期間）

テーマ ②河川管理分野

目標：小型衛星コンステレーションを想定したXバンドSAR画像による河川縦断水位推定の実施と精度検証、水位予測への活用に向けた手引き（案）の作成

① 研究成果及び達成状況

■SAR衛星画像を用いた水際判読技術の開発

- 平常時と出水時でSAR画像の位相や強度情報の特性が異なることを利用し、**SAR差分情報と地形データを活用することで河川水位を推定する手法を実証**した。
- 既存画像を入手可能なLバンド画像（ALOS-2）を活用した分析では、R5年度に用いた位相差の干渉処理、コヒーレンス値の干渉解析は判読誤差が2.6～3.4mにも及んだため、R6年度は**散乱強度の干渉解析を用いることで判読誤差が0.35mに向上した**（表-1、図-1）
- **Xバンド（3mメッシュ）画像（小型SAR衛星コンステレーション）を活用した分析**では、ノイズ除去により**単画像処理でも精度が±0.67mに向上**
- 水際判別地点周辺の土地利用による散乱強度への影響分析を行い推定精度の向上を図った。

■SAR衛星画像と着水流下型ドローンを活用した水位把握技術の開発

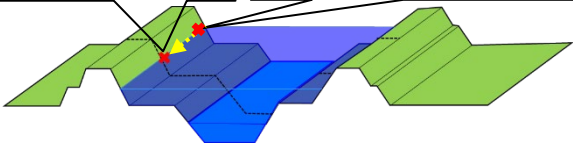
- 今後のSAR衛星画像による水位把握の精度向上に向けた研究に必要な水位データを取得する方法として、リフレクタを搭載した着水流下型ドローン（SBIRで開発中、RTK搭載）を用いて、**SAR画像中の水面位置（リフレクター）の水位データを計測する技術を開発（同技術は国総研にて特許査定済み・登録待ち）**
- 防災科研災害チャータ実証試験と連携し、日光川で観測試験を実施。SAR衛星による水面上のリフレクタ撮像に成功した。なおドローンによる水位把握では**±0.03mと高精度の結果が得られた**。（表-2）

（表-1）条件別水位推定精度一覧（平均絶対誤差）

周波数	撮影方法	処理方法	指標	地形比較位置	R5年度	R6年度	データ数
Lバンド	ストリップマップモード (3mメッシュ)	2時期比較	コヒーレンス値	点 (水位観測所位置)	2.45m		34
			位相差		3.04m		29
			散乱強度	平面		0.35m	6
Xバンド	スポットライトモード (1mメッシュ)	単画像処理	散乱強度	点 平面	2.80m	1.42m	34(R5) 6(R6)
			散乱強度	平面		0.56m	5
						1.39m	1

R5水位観測所位置で
水際的位置を推定

R6平面で水際線的位置を判定し、
水位観測所位置で水位検証



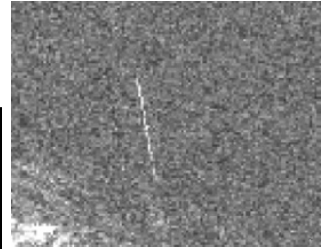
（図-1）水際判読の地形比較位置

（表-2）日光川におけるSAR衛星画像とドローンの水位推定精度の比較

利用技術	水位観測所	Xバンド画像 (表-1より再掲)	着水流下型 ドローン
観測水位 ※推定水位	-0.39m	-1.78m※ (▲1.39m)	-0.36~-0.42m (▲±0.03m)



着水流下型ドローン（リフレクター装備）



衛星で撮像したドローンの軌跡

② 出口戦略・研究成果の波及

■衛星による河川水位推定手法（素案）についてとりまとめ

（内容を精査後、本年度内に公表予定）

- ・着水型ドローンとの組み合わせにより、水位推定精度向上の可能性

今後、小型SAR衛星コンステレーションが活用可能となると、

- 小型SAR衛星コンステレーションと着水流下型ドローンの連携により、全国各地で河川の縦断水位の把握が可能となる。

③ 目標達成状況等の特記事項

- R6年時点では精度向上の検討に十分な出水時のXバンド画像が入手できなかったことから、引き続き、小型SAR衛星撮像や着水流下型ドローンによる実証の蓄積を図っていく必要がある。

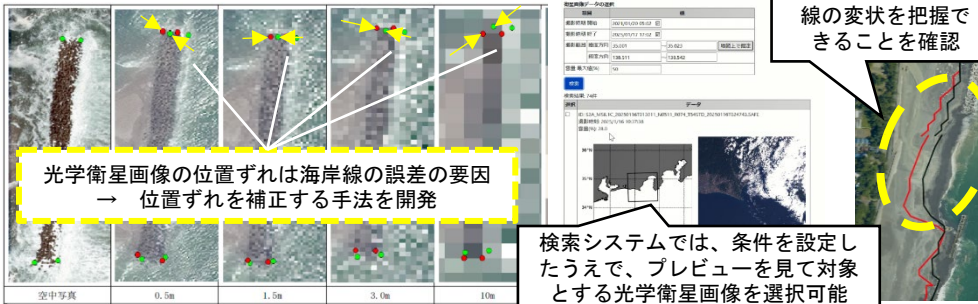
2. 研究成果及び出口戦略、達成状況（取組全期間）

テーマ ③海岸分野

目標：衛星画像を活用した海岸線モニタリングの海岸管理者向け支援サイトの構築、海岸管理者向け衛星利活用手引き（案）の作成

① 研究成果及び達成状況

- 光学衛星画像の位置補正手法を開発し、位置ずれによる海岸線誤差5m程度を補正することが可能となった（海岸線抽出精度の向上に寄与）。
- 光学衛星画像から判読した海岸線を測量結果と比較すると、解像度0.5m、1.5m、3.0m、10mの画像で、海岸線位置の差の平均は10m以内であることを確認した。
- AIを活用し、光学衛星画像から海岸線を自動抽出するモデルを開発し、実際の台風による海岸線の変状事例を把握できることを確認した。
- 準リアルタイムでモニタリングを行えるよう、Sentinelの光学衛星画像を検索し、選択した衛星画像から海岸線を自動抽出するツールの提供や、海岸線の抽出結果の提供等を行う海岸管理者向け支援サイトを構築した。（今後データを蓄積し、海岸管理者を対象に令和8年度に本格運用開始予定）
- 従来の海岸線のモニタリング（汀線測量）は、費用の観点から、限られた海岸で行われていたが、今回検証した静岡、鳥取、福岡沿岸では、7年間で、約480枚から1600枚のSentinelの光学衛星画像が蓄積されており、これまでの年1度の測量よりも高頻度な数週間～数ヶ月に1度、広範囲のモニタリングが可能となることを確認した。
- 衛星画像を活用した海岸線モニタリングの手引き（案）を作成し、海岸管理者が集まる会議等で支援サイトのデモンストレーション等を実施した。
- 小型SAR衛星による海岸線変状把握の実用化に向け、XバンドSAR衛星のアーカイブ画像を用いて、海岸線の変状を把握できることを確認した。
- なお、内閣府「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」と連携し、定期的な打合せでの意見交換や、令和6年能登半島地震の被災調査結果（位置情報付きの写真）の提供等を実施した。



光学衛星画像の位置ずれは海岸線の誤差の要因
→ 位置ずれを補正する手法を開発

台風通過後の海岸線の変状を把握できることを確認

検索システムでは、条件を設定したうえで、プレビューを見て対象とする光学衛星画像を選択可能

図 位置ずれの評価(左)、衛星画像検索システムと海岸線抽出事例(右)

No	対象海岸	年ごとのデータ数量							総数
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
1	静岡県沿岸	0	42	130	432	216	51	217	1088
2	鳥取県沿岸	3	29	54	193	79	22	97	477
3	福岡県沿岸	1	88	182	634	299	80	329	1613

表 各県の海岸部におけるSentinelの衛星画像数

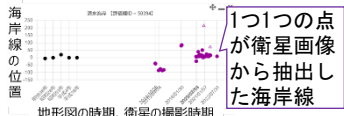


図 地形図の時間、衛星の撮影時期

1つ1つの点が衛星画像から抽出した海岸線



写真 海岸管理者への説明状況等

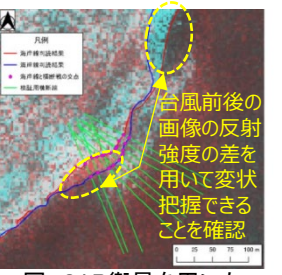


図 SAR衛星を用いた台風後の海岸線の変状把握事例

② 出口戦略・研究成果の波及

- ✓ 衛星画像を用いて海岸の変化をモニタリングするための手引き（内容精査後、本年度内に公表予定）
⇒光学衛星：中長期的な海岸線変化の傾向把握に活用
⇒SAR衛星：災害時の急激な海岸線変化や海岸保全施設等の被災状況の把握に活用
- ✓ 「河川砂防技術基準調査編」へ反映（次期更新時に反映予定）
⇒海岸線および海岸保全施設の新たなモニタリング方法として規定する
- ▶ 海岸侵食の兆候を早期に察知することで、侵食の深刻化前に対策を講じることが可能になる
- ▶ 海岸の被災状況を早期に把握可能となることで、被災箇所に対する応急対策が迅速化する
- ▶ 今後小型SAR衛星コンステレーションが活用可能となると、
 - ・海岸線変化：高波浪時の短期変動が把握され、砂浜の管理断面の設定精度が向上
 - ・被災状況把握：海岸堤防の破堤箇所を早期把握でき、海岸周辺における救助活動の実施判断にも寄与

③ 目標達成状況等の特記事項

- 光学衛星画像から判読した海岸線と測量結果の差は10m程度であり、観測時期のずれや波浪等の影響と考えられる。
- 2か年で、直轄事業を実施する海岸と静岡県、鳥取県、福岡県におけるデータ整備を実施。今後他の沿岸のデータ整備を進める。
- 小型SAR衛星コンステレーションに関する成果等を踏まえ、作成した手引き（案）の内容の見直しを図っていく。

2. 研究成果及び出口戦略、達成状況（取組全期間）

テーマ ④ダム分野

目標：XバンドSAR衛星を活用したダムおよび貯水池周辺斜面の変位計測に関する活用の手引き（案）の作成

① 研究成果及び達成状況

- ✓ 小型SAR衛星データを用いた災害発生時のダム堤体の変状把握の検討
 - 災害時には迅速なダムの変状把握が求められるが、現状では目視点検やGNSSによる計測等を行っているものの、夜間の変状把握は困難であり、ダムへのアクセス通路の被災や電力寸断等が生じた場合には変状把握に時間を要する等の課題がある。
 - 小型SAR衛星（QPS、分解能0.46m×0.46m）による観測により、ダム堤体の形状を正確に判別可能であることを確認した（図-1、2）。
 - これにより、大規模地震発生後等に、夜間や悪天候時で光学写真が撮影できない場合、GNSS等の計測機が故障した場合及びダムへのアクセスができない状況であっても衛星SARの単画像で光学写真による目視判読と同様にダムの被災状況の把握が可能となる。
 - 実際のダムを対象に災害チャータの実証試験を行い、発災から16時間で堤体全体の撮像画像を入手することが可能であることを確認。災害チャータを用いた衛星SARデータ取得・分析による災害時のダムの迅速な安全管理の手法を構築した。
- ✓ XバンドSAR衛星を用いたダム堤体の平常時も含めた変位計測手法を開発
 - 労働人口が減少している近年において、ダムの平常時の安全管理における変位計測の高度化、省力化が課題である。
 - 小型SAR衛星と同様の波長帯であるXバンドSAR衛星（COSMO-SkyMed、分解能1m×1m）のデータを用いて、ダム堤体のPSInSAR解析等を実施し、XバンドSAR衛星によるダム堤体の変位及び変位が発生した範囲の把握が可能であることを確認した（図-3）。
 - ダムの安全管理上必要な精度での計測を行う上で、時期や観測条件の異なる衛星観測データ同士の位置合わせや計測値の補正に課題があり、ダムの計測に適したリフレクター形状等の要件について検討した。
 - 実際のダムに設置して衛星SARによるリフレクターの形状評価（反射強度・位相の安定性）を実施し（図-4）、リフレクターの活用により、観測データの位置合わせや補正が容易になり、解析の作業効率が向上することを確認した。

- ✓ XバンドSAR衛星を活用したダムおよび貯水池周辺斜面の変位計測に関する活用の手引き案の作成
 - 検討結果を基に、衛星データを用いたダム変位計測の標準仕様案を含む手引き案を作成。

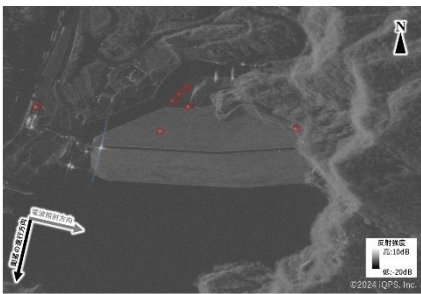


図-1 小型衛星の堤体観測結果
（強度画像 QPS-SAR Spotlightモード）

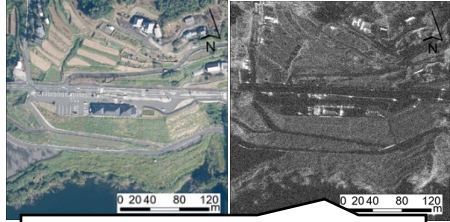


図-2 航空写真と衛星撮像画像の比較
（ダム近隣の道の駅、強度画像 QPS-SAR Spotlightモード）

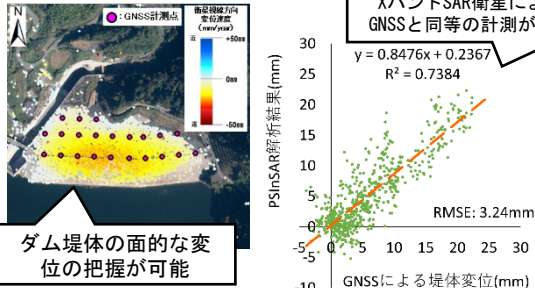


図-3 ダム堤体変位実測データとの比較



図-4 リフレクターの反射状況
（強度画像 COSMO-SkyMed）

② 出口戦略・研究成果の波及

- ✓ 標準仕様案及びダム管理者向け活用の手引（内容精査後、本年度内に公表予定）
⇒複数のダム管理者に災害発生時の被害状況確認のための変位計測において活用の試行を依頼
- ✓ 「河川砂防技術基準 維持管理編（ダム編）」等にR7年度中に反映予定
⇒ダム堤体及び貯水池周辺斜面の、安全管理のための新たな計測方法の一つとして規定

「面」的な変位分布の計測が重要となるフィルダムにおいて、SAR衛星を活用することで、より正確なダム状況の把握、ダム現地に行くことなく計測を実施することが可能となる。

今後、小型SAR衛星コンステレーションが活用可能となると、

- ・ 計測頻度の向上
⇒大規模地震発生後のダムの臨時点検の報告において、より迅速な対応が可能となる。
- ・ 計測範囲の拡大
⇒複数の衛星軌道による計測が可能となり、これまで計測できなかった範囲の状況把握が可能となる。

③ 目標達成状況等の特記事項

- ✓ R6年時点では、小型SAR衛星の軌道の安定性などに課題があり、干渉解析ができなかったが、これらの課題は衛星の制御技術の向上により今後改善が見込まれる。
- ✓ 利用コストを下げる等の課題があるが、平常時の変位計測技術を構築できた。小型SAR衛星事業が拡大し、各社の撮像価格が下がってくると活用が活発になることが期待される。

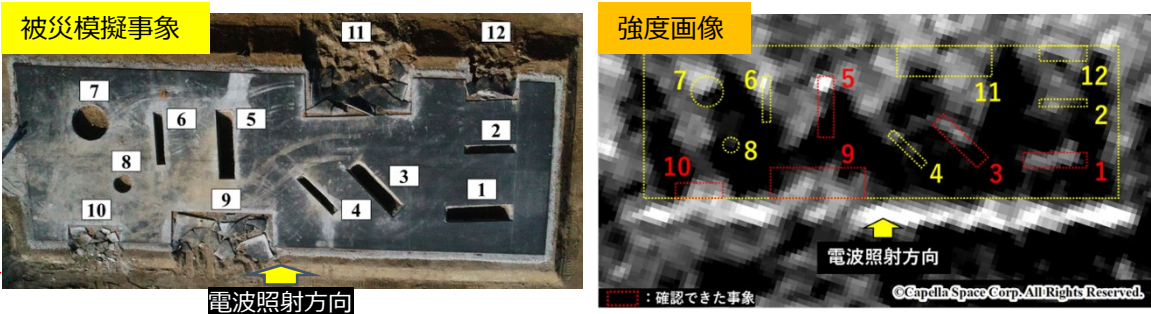
2. 研究成果及び出口戦略、達成状況（取組全期間）

テーマ ⑤道路分野

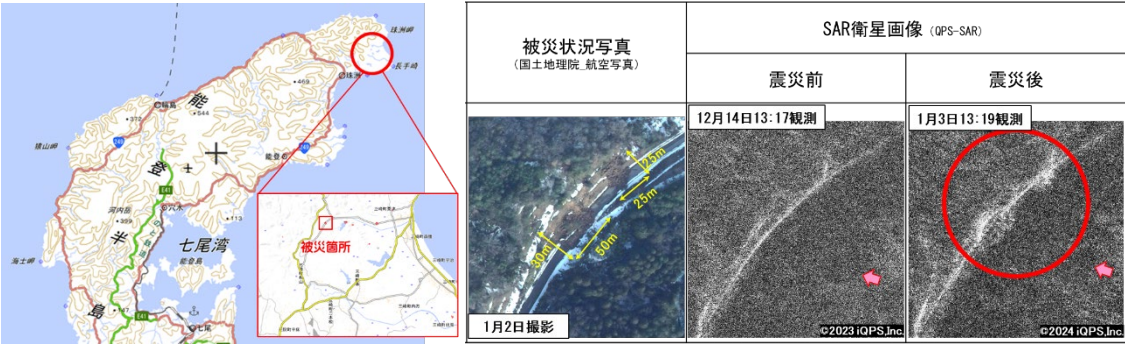
目標：施設の種類・被災形態に応じ最適な解析手法（反射強度解析）の検討、衛星データ活用のための標準仕様書案(反射強度解析編)を作成

① 研究成果及び達成状況

- 道路被災事象や模擬事象をALOS-2や日本で進められている小型SAR衛星コンステレーションと同スペックの米国の小型SAR衛星（Capella衛星）を用いて観測することにより、抽出可能な道路被災事象や規模等を明確化
 - 上記実験結果と同様に、令和6年能登半島地震における道路被災状況把握が可能であるか小型SAR衛星画像を用いた検証を実施するとともに、効率的な判読を実施する際の判読時の留意事項を整理
 - ALOS-2や小型SAR衛星等、活用する衛星種別に応じた最適な解析手法（反射強度解析、コヒーレンス解析等）を整理
- ↓
- 衛星データを活用した道路被災状況把握の活用手続き素案（標準仕様素案を含む）を作成



小型SAR衛星を用いた道路被災事象把握実験結果（反射強度解析の例）



令和6年能登半島地震における道路被災状況把握結果（反射強度解析の例）

② 出口戦略・研究成果の波及

- 衛星を用いた新たな道路被災状況調査手法として、道路震災対策便覧等に反映し活用を促進する。
- 最終目標である衛星データ活用のための手続き書案や標準仕様書案を作成し、撮影から成果品作成までの一連のプロセスを明らかにすることで、民間企業における衛星データ活用のためのシステム開発や技術力の向上を促す効果が期待される。
- 衛星データ活用のための手続き書案をより活用しやすくするため、防災訓練等に取り入れ、活用促進を図る。

③ 目標達成状況等の特記事項

2. 研究成果及び出口戦略、達成状況（取組全期間）

テーマ ⑥ 建築構造・設備分野

目標：衛星測位データから算定した変位量に基づき構造体の被災判定を行うシステム等を開発、実建物における検証、システムの設置ガイドライン素案等作成

① 研究成果及び達成状況

- 本研究では、建築物の被災判定システム構築に資する検討として、みちびき信号情報およびタイムスタンプを用いたデジタルトラスト技術の開発（左下図）と検証を行った。その特徴は、地震観測時に妨害電波などによるデータ詐称および観測結果を普及させた後に行われるデータ改ざんを対象としたものである。次に、当該デジタルトラスト技術を実建物に実装（右下写真）するとともに、地震時の建築物を対象とした被災判定システムを構築するために必要となる条件を整理し、そのための設置基準を纏めた。その特徴としては、被災判定を実施するための観測システムの要件やそのシステムを構成するGNSSセンサおよび加速度センサの仕様を示すとともに、観測システムの設置基準およびその検収方法、さらには維持管理内容について示した。今回の実装までの一連の検証により、GNSSアンテナ等の落下防止対策について、想定する荷重を設定し、必要な対策を明記した。

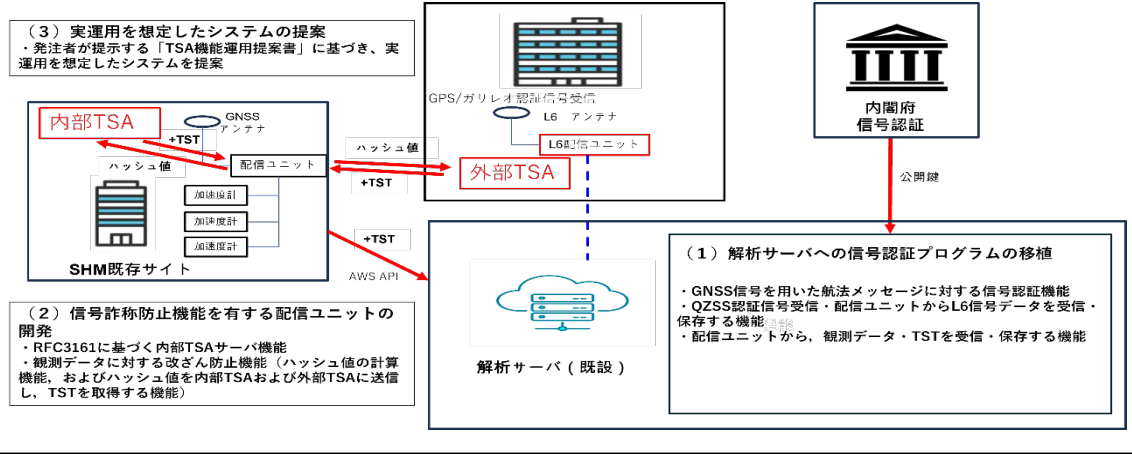
② 出口戦略・研究成果の波及

- ここで開発した研究成果により実際の建築物に適用できる状態となったため、これらのシステムを用いた地震による建物の応答データの観測を実施し、より広く普及を図るための、センサを用いた被災判定マニュアルを整備する。またここで示すマニュアルに基づき、それらセンサを組み合わせたシステムを販売する民間事業者が独自に検討を進められるように資料を整備する。

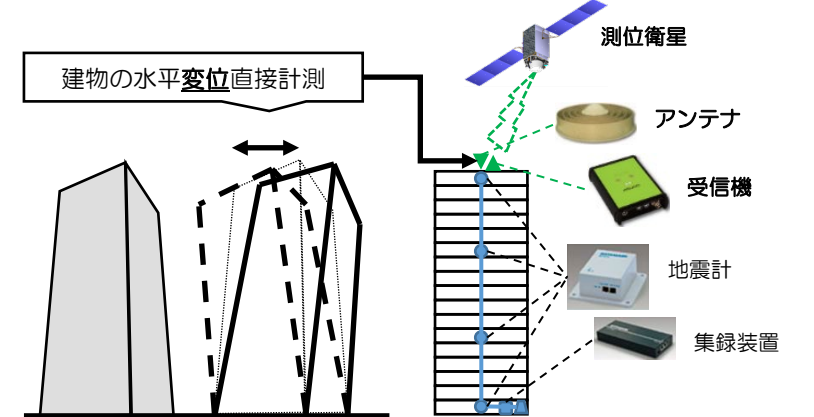
③ 目標達成状況等の特記事項

- ここで開発した研究成果により実際の建築物が大地震時遅滞なく稼働するかについては今後引き続き検証が必要である。また今回示した観測システムを設置した後に維持する体制および策定した設置基準を改定するための体制作りが必要となる。

- 衛星測位データの信頼性の柱となる、受信機特性に対応した改ざん防止技術を開発。



- 地震時に観測される衛星測位データに基づく建築物の被災判定のための設置基準を構築し、それに基づき実建物への設置を実施。



2. 研究成果及び出口戦略、達成状況（取組全期間）

テーマ ⑦市街地・建築分野

目標：地震時の市街地の被害分布の把握技術の実用版システムの開発、市街地被害解析ガイドライン案の策定

① 研究成果及び達成状況

対応衛星の追加によるさらなる適応性と解析精度の向上

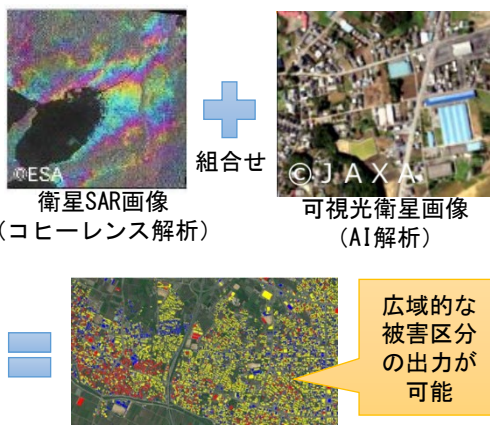
【背景・課題】

- ✓ SIP2期では、衛星SARや高分解能可視光データを用いた、地震時の市街地（建物群）の被害分布を可視化するための解析システム（右図）を構築
- ✓ SIP2期では、ALOS-2, Sentinel-1, Worldview等の衛星に対応できているが、社会実装においては、観測頻度を上げるために必要な要素技術の開発を継続することが不可欠
- ✓ SIP2期で構築した解析システムでは、衛星データを処理した画像から、建物部分だけを抽出する処理を行っているが、その建物データが古いと、現実との乖離があり、解析精度が低下する傾向が見られた。これを解決する簡易的な技術を確立。

【今年度の取組と成果】

- 中分解能観測衛星データや多偏波SARデータのインポート機能の追加
- 観測予定情報の被害解析システムへの組み込み（観測予定情報から類推して、衛星データの取得から解析までを自動化）. R7.4より、クラウド上で稼働開始。
- 観測衛星データの解析結果から建物部分だけを抽出する際に用いる建物データの簡易的な最新化ツールを概成（これにより、被害解析の精度が数%程度向上）

地震時の市街地（建物群）の被害分布を可視化するための解析システム



観測衛星データを活用した市街地の被害解析ガイドライン案の策定

【背景・課題】

- ✓ 市街地の災害対応に必要な解析プロダクトを作成する手順等について参照できるドキュメントが存在しない
- ✓ SIP2期で構築した解析システムだけでカバーできない場合も含めた多様な被害情報取得のニーズへの対応が未成熟
- ✓ 災害後の時間的フェーズに応じた、解析手法の選択が困難

【今年度の取組と成果】

- 建研で開発した被害解析システムだけでなく、他の解析手法も盛り込んだ、市街地被害解析ガイドライン案を策定
 - 有識者6名から構成される検討会を設置して内容を議論。
 - R7年度上半期中に建築研究所の出版物として公表予定
 - 説明会等の普及に向けたプロモーションを実施予定。

ガイドライン案のイメージ



② 出口戦略・研究成果の波及

- 【着手済】これまで他分野よりも活用が遅れていた市街地被害解析での観測衛星データ活用に向けた各種のプロモーションの推進（自治体・コンサル等を想定）
- 【今後の目論見】建研以外の機関も巻き込んだ解析体制づくりに向けたコミュニティの形成

③ 目標達成状況等の特記事項

- 解析結果利用者（自治体等）-データ解析者（建研や大学・コンサル等）-衛星データ供給者（衛星運用会社）間での観測衛星データの入手コスト負担についてのコンセンサスを醸成するための議論がプロジェクト期間内で十分でなく、今後の継続的な取り組みが必要
- 新たな衛星、解析手法等に対応したガイドライン案の改訂に向けた体制づくり（建研以外の機関も巻き込んだ体制づくり）

2. 研究成果及び出口戦略、達成状況（取組全期間）

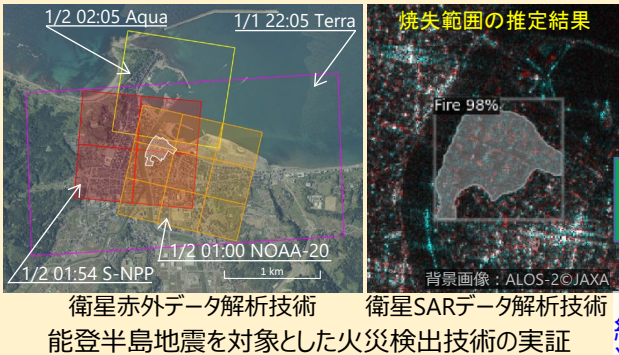
テーマ ⑧市街地火災分野

目標：衛星画像等に基づき広域火災の発生及び延焼リスクを検出・予測する技術の開発

① 研究成果及び達成状況

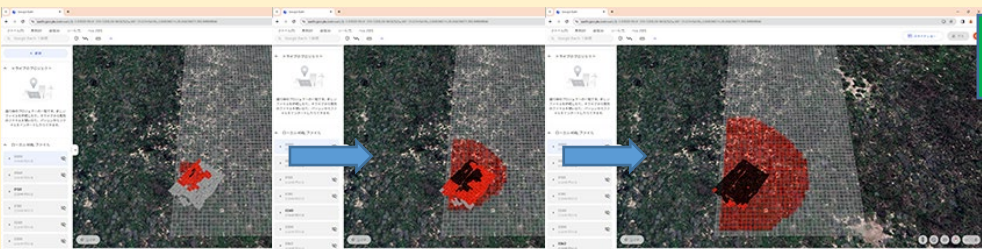
① 人工衛星による熱赤外・SARデータ解析による火災検出技術を開発

・衛星データを用いた火災検出技術を開発し、渡良瀬遊水地ヨシ焼き、令和6年能登半島地震、大船渡市林野火災等で実証。



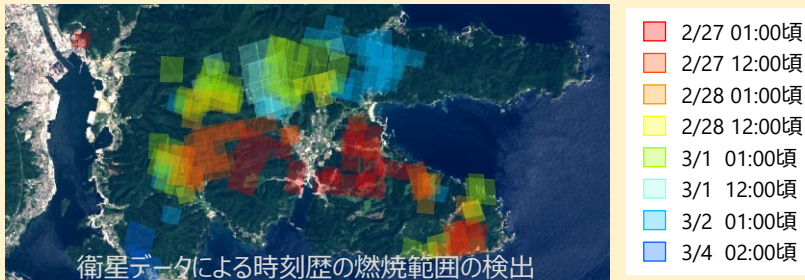
② 広域火災リスク評価技術を開発

・過去の気象データ、火災被害データ、衛星データに基づいて、火災リスクを評価する統計モデル、及び、広域火災の延焼予測技術を開発。



③ 広域火災リスクモニタリングシステム開発及び社会実装

・広域火災リスクモニタリングシステムを開発。大船渡市の大規模林野火災において、衛星データに基づき時刻歴で燃焼範囲を把握。
・また、建築物の焼損被害を衛星データで判読し現地調査で検証。
・これらの結果は、現地災害対策本部・官邸等へ共有し、災害状況の把握等に活用された（実災害で実証 BRL：5 TRL：6）。



衛星データによる災害状況把握への活用・実証

検証結果	衛星判読	
	被害なし	被害あり
現地調査 焼損なし・軽微	632	2
全半焼	14	164

② 出口戦略・研究成果の波及

広域火災リスクモニタリングシステムの実用化・社会実装

・技術検証のための運用を継続し、災害発生時等の情報共有と実災害利用におけるフィードバックによる社会実装に向けた成熟度レベルの一層の向上。
・小型SAR衛星データによる火災範囲の解析技術の有用性及び今後の可能性を整理し、より実用性の高いプロダクト創出に向けた基盤を確立。

・本技術開発の成果により、市町村は、**科学的根拠に基づく広域火災対応**が可能となり、**多くの人命の保護と財産の保全が実現**。
・防災活動支援システムに対する市町村の関心が高まることで、**関連製品にかかる民間投資を誘発**。
・**本技術開発の成果を活用すれば、今後小型SAR衛星のコンステレーションが実現した際の、実用化に向けた、より幅広い技術開発・実証研究が可能となる**。

③ 目標達成状況等の特記事項

・特になし

3. 到達目標（KPI）に対する実績

テーマ名	実施内容の概要と到達目標（KPI）	到達目標（KPI）に対する実績	最終年度（単年度）の実施内容と実績
①河川分野 （河道及び河川管理施設）	衛星画像を用いた河道および河川管理施設における変状の自動抽出技術の開発、標準仕様書案の作成 BRL：5 TRL：6	堤防に関して、光学衛星画像を用いた変状の自動抽出技術について、正答率最大 8 割の精度で検出できる可能性があることを確認した。 BRL：4 TRL：5	光学衛星画像や能登半島地震等の被災地を撮影した光学衛星画像と同程度の解像度の航空機画像等を対象に、河川堤防の大規模な変状箇所を自動抽出する技術のFSを実施した。
②河川管理分野	- 今後、実現する小型衛星コンステレーションを想定した、XバンドSAR画像による河川縦断水位推定の実施と精度検証 BRL：5 TRL：6 - 衛星で推定した河川水位を水位予測への活用に向けた手引き（案）の作成 BRL：5 TRL：6	- Lバンド、XバンドSAR画像による河川水位推定の実施と精度検証を行った。 BRL：4 TRL：5 - 衛星による河川水位推定手法（素案）を作成。 - 日光川を対象に災害チャータ実証試験との連携により、上記素案の手法の有効性を確認。 BRL：4 TRL：5	- 水位推定の実施と精度検証、衛星による 河川水位推定手法(素案)の作成を行った。 - 災害チャータ実証試験を連携実施した。 - 上記実証試験では、衛星による水位推定値の補正による精度向上の一環として、「リフレクター・水位計搭載型の着水流下型ドローン（特許出願中）」による、衛星でのドローン位置の判定とドローンによる任意位置での水位観測試験を行った。
③海岸分野	- 衛星画像を活用した海岸線モニタリングの海岸管理者向け支援サイト（全国の海岸線変化データを閲覧・入手できるサイト及び、衛星画像から海岸線を自動抽出する手法を利用できるサイト）の構築 BRL：5 TRL：6 - 海岸管理者向け衛星利活用手引き（案）の作成 BRL：5 TRL：6	- 海岸管理者向け支援サイトを構築した。（直轄海岸、3 県の海岸を対象） 海岸管理者を対象にヒアリングを実施し、海岸管理者の実務上の有効性を確認した。 BRL：5 TRL：6 - 海岸管理者向け衛星利活用手引き（案）を作成した。 海岸管理者を対象にヒアリングを実施し、意見を手引き（案）に反映した。 BRL：5 TRL：6	- 支援サイト構築、手引き（案）作成を行った。 - 支援サイトで2019年の台風による海岸線の変状を把握できることを確認した。 - 支援サイトや手引き（案）について、海岸管理者を対象にヒアリングを実施した。 （主な意見） 「砂浜侵食が問題化したときに過去の状況を把握できることは有益」、 「予算が限られる中で、測量の補間データ となることを期待」
④ダム分野	XバンドSAR衛星を活用したダムおよび貯水池周辺斜面の変位計測に関する活用の手引き（案）の作成 BRL：5 TRL：6	- XバンドSAR衛星を活用したダムおよび貯水池周辺斜面の変位計測に関する活用の手引き（案）を作成した。 - 緑川ダムを対象に災害チャータ実証試験との連携により、上記手引き（案）のうち、災害時のダムの安全管理の手法の有効性を確認した。 - 河川砂防技術基準（維持管理編）のR7改定に衛星活用の内容を反映予定。 BRL：5 TRL：6	- XバンドSAR衛星を活用したダムおよび貯水池周辺斜面の変位計測に関する活用の手引き（案）を作成した。 - 手引き（案）の作成にあたり、XバンドSAR衛星および小型SAR衛星の観測によりリフレクターを用いた変位計測の検証を行った。 - 災害チャータ実証試験を連携実施した。

3. 到達目標（KPI）に対する実績

テーマ名	実施内容の概要と到達目標（KPI）	到達目標（KPI）に対する実績	最終年度（単年度）の実施内容と実績
⑤道路分野	- 施設の種類・被災形態に応じた最適な解析手法（反射強度解析）の検討 - R5の実験結果を実現場で検証し、衛星データ活用のための標準仕様書案(反射強度解析編)を作成 BRL：5 TRL：6	- 活用する衛星種別に応じた最適な解析手法を整理 - 施設の種類・被災形態に応じ、判読可能な撮像方位や規模を整理 - 衛星データを活用した道路被災状況把握のための活用手引き素案（標準仕様素案を含む）を作成 BRL：5 TRL：6	- 実災害による道路被災状況を撮像した衛星データを用いて、被災箇所の把握が可能であるか分析することにより、判読可能な事象を整理 - 衛星データを活用した道路被災状況把握のための活用手引き素案（標準仕様素案を含む）を作成
⑥建築構造・設備分野	衛星測位データから算定した変位量に基づき、構造体の被災判定を行うシステム等を開発するとともに、開発したシステムについて実建物において検証する。また、システムの設置ガイドライン素案等を作成する。 BRL：5 TRL：6	衛星測位データを用いて建物の相対変位を算定する方法を構築し、それらを用いて被災判定を行うシステムを開発するとともに、それらを国土交通省が所有する事務所ビルへ設置し稼働検証を実施した。また設置基準原案を作成した。 BRL：5 TRL：6	みちびき認証信号を用いて真正性を確保する仕組みを開発し、それらを実際の被災観測システムに実装した上で、国土交通省が保有する事務所ビルへ設置するとともに、設置基準原案を纏めた。
⑦市街地・建築分野	地震時の市街地の被害分布の把握技術の実用版システムの開発と市街地被害解析ガイドライン案の策定 BRL：5 TRL：6	地震時の市街地の被害分布の解析システムの改良による実用度の向上と、市街地被害解析ガイドライン案を策定（R7年度上半期に公表予定） BRL：5 TRL：6	解析対象の観測衛星データの種類の追加や解析精度向上のための補助ツールの改良，有識者検討会での議論も加味した市街地被害解析ガイドライン案を策定
⑧市街地火災分野	衛星画像等に基づき広域火災の発生及び延焼リスクを検出・予測する広域火災リスクモニタリングシステムの開発及び実証 BRL：5 TRL：6	広域火災リスクモニタリングシステムの開発を行い、能登半島地震（R6.1）や大船渡市林野火災（R7.2）等、実災害を対象に実証を実施。大船渡市林野火災では、災害対策本部等へ成果を提供し活用された。 BRL：5 TRL：6	- 広域火災リスクモニタリングシステムを開発。 - 能登半島地震で発生した市街地火災を対象とした実証を行い、国際学会等で成果を発表（R6.10）。 - 渡良瀬遊水地のヨシ焼きを模擬火災と見なして技術実証を実施（R7.3）。 - 大船渡市林野火災による被害の検出を行い、県災害対策本部、官邸等へ提供し災害対応の現場で活用された（R7.3）。

4. 実施体制及び実施者の役割分担

PD : 国総研所長

◆ 課題名	◆ 実施内容	◆ 実施主体	◆ 作業主体
①河川分野（河道及び河川管理施設）における衛星データの活用～河川管理施設の被災状況の把握技術の開発に向けた標準仕様案の作成～	衛星データを用いた河川管理手法を実装するための標準仕様案の作成	国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室	アジア航測・みずほリサーチ&テクノロ ジーズ設計共同体
②河川管理分野における衛星データの活用～河川水位予測技術の開発に向けた標準仕様案の作成～	河川水位予測における衛星データ活用手法の標準仕様案の作成	国土技術政策総合研究所 河川研究部 水循環研究室	パシフィックコンサルタンツ・リモート・セン シング技術センター設計共同体
③海岸分野における衛星データの活用～砂浜の地形変化のモニタリング技術の開発に向けた標準仕様案の作成～	海岸調査における衛星データの活用に係るマニュアル案の作成	国土技術政策総合研究所 河川研究部 海岸研究室	みずほリサーチ&テクノロジーズ・アジア 航測設計共同体
④ダム分野における衛星データの活用～ダムの変位計測技術の開発に向けた標準仕様案等の作成～	衛星データを用いたダム変位計測の標準仕様案等の作成	国土技術政策総合研究所 河川研究部 大規模河川構造物研究室	国際航業株式会社
⑤道路分野における衛星データの効果的な活用手法の検討～道路の被災状況把握に衛星画像を利用するための管理者向け標準仕様案の作成～	道路の被災状況把握に衛星画像を利用するための管理者向け標準仕様案の作成	国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部 道路地震防災研究室	日本工営・リモート・センシング技術セン ター設計共同体
⑥建築構造・設備分野における衛星データの活用～地震による建築物及びエレベーターの被災状況及び使用継続に係る判定システムの開発～	地震時の建築物の被災判定及び設備再稼働に関する技術開発	国土技術政策総合研究所 建築研究部 構造基準研究室 基準認証システム研究室 国立研究開発法人建築研究所 構造研究G	国際航業株式会社・しくみラボ・エイ ツー
⑦市街地・建築分野における衛星データの活用～地震による市街地の被害分布の把握システムの開発～	地震時の市街地の被害分布の把握技術開発	国立研究開発法人建築研究所 住宅・都市研究G	一般財団法人リモート・センシング技術 センター、みずほリサーチ&テクノロ ジーズ株式会社
⑧市街地火災分野における衛星データの活用～広域火災リスクモニタリング技術の開発～	衛星画像等に基づき広域火災の発生及び延焼リスクを検出・予測する技術の開発	国土技術政策総合研究所 建築研究部 防火基準研究室 都市研究部 都市防災研究室 国立研究開発法人建築研究所 防火研究G	みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社、 国際航業株式会社、一般財団法人リモ ート・センシング技術センター

5. 民間研究開発投資誘発効果及びマッチングファンド

① 民間研究開発投資誘発効果（財政支出の効率化）

- ・衛星地球観測コンソーシアム (CONSEO) 提言（令和5年3月23日）によると日本企業による衛星地球観測市場の規模は2030年で3600億円程度、2040年で約2兆円程度と推計されており、本BRIDGE施策による民間研究開発投資誘発効果は非常に大きい見込み。
- ・宇宙基本計画によると、「国の衛星（ALOSシリーズ）を民間小型SAR衛星コンステレーションで補完することによって概ね3時間に1回の頻度で国土の観測が可能となることが期待」されており、日本のスタートアップのQPS社やSynspective社等による小型SAR衛星コンステレーション構築により、本BRIDGE施策の成果が活用され更に投資が促進されることが期待できる。
- ・本BRIDGE施策の実施において、建設コンサルタントをはじめとした多様な民間事業者が公募に参加し、災害発生時等における国土交通省による衛星データの活用ニーズが民間事業者に広く周知され、今後の投資促進が期待できる。
- ・文部科学省のBRIDGE施策（日本版災害チャータ）との連携や情報共有を通じて、日本版災害チャータに参画する民間事業者と市場規模や市場ニーズに対する認識を共有できたことで、今後の事業化に向けた日本版災害チャータに関する投資が期待される。
- ・本BRIDGE施策の実施や成果の発信を通じて、能登半島地震や大船渡市での森林火災等の実災害時における衛星データ活用の有用性が認識されたことにより、QPS社やSynspective社等の日本企業だけでなく複数の海外企業からコンタクトを受け、利用ニーズやユースケースなどについて意見交換を行っており、今後の市場拡大を見据えて研究開発投資が加速することが見込まれる。
- ・文部科学省のBRIDGE施策（日本版災害チャータ）における人工衛星への緊急観測要請の模擬実証に連携・協力するとともに、本BRIDGE施策における開発技術の実証データ収集も兼ねて緊急観測を計画することにより、緊急観測により得られた衛星データを有効活用し、財政支出を効率化した。

② 民間からの貢献度（マッチングファンド）

本BRIDGE施策の成果主体は、インフラ管理者や施設管理者等の公共機関が大半であると想定されるためマッチングファンドは大きくないが、民間からの主な貢献は以下のとおりである。

● 人的資源の貢献

- ・民間企業等が自ら人件費を負担する研究員を国総研が受け入れる「交流研究員」制度を活用して、人工衛星関係の研究に従事する交流研究員を複数受け入れた。
- ・ガイドライン作成に向けた検討会等を通じて学識者等からの知見を得た。

● 物的資源の貢献

- ・独自の広域火災実験をする代わりに渡良瀬遊水地の野焼きを模擬火災として活用することについて、BRIDGE施策への物的貢献となる協力を得ることによりコスト削減につなげた。

【参考】人工衛星リモートセンシング技術と他の被災状況等把握手法との関係

	人工衛星 (現在)	人工衛星 (小型SAR衛星コンステレーション)	航空機・ヘリ・ UAV	現地調査	監視カメラ等 固定調査機器
データ取得の 即時性・頻度	低い	中程度	中程度	低い	高い
1度にデータ 取得可能な範囲	広い	広い	やや広い	狭い	ごく狭い
データの精度	中程度～低い	中程度	中程度	高い	高い
他のメリット	・発災前後の比較が可能			・状況に応じて更に 詳細な調査が可能	・リアルタイムで把握可能
他のデメリット	・SAR画像の分析には一定の技術力が必要		・悪天候時・夜間は 把握困難	・現地に行けない状況の場合は困難 ・一定の技術力を持った者が必要	・停電時等は利用不可 ・設置箇所周辺しか把握できない
発災直後(広域的調査)(詳細調査)					

- ・災害時に現場では、まず広域的に被災状況等を把握したうえで、被災箇所を詳細に調査
- ・広域的な被災状況等の把握には、「航空機・ヘリ」と「人工衛星」を併用
※ ただし、「航空機・ヘリ」は悪天候時・夜間は利用困難
- ・「人工衛星」は広範囲にデータを取得可能だが、現在は頻度や精度が「航空機・ヘリ」にやや劣る
※ 今後、小型SAR衛星コンステレーションが実現すれば「航空機・ヘリ」と同程度になると期待

人工衛星と他の手法を併用し、現場でより迅速かつ精度よく被災状況等が把握できるよう、技術開発したうえで現場での災害対応業務のルーチンに組み込むことが必要

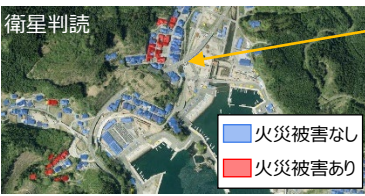
全体概要

※各分野の研究成果等については、次頁以降に掲載

1. 被災状況（インフラ・市街地・建築物）の把握手法の開発

「応急復旧フェーズ」に必須な、被災状況の把握手法を開発。

市街地
火災分野



衛星判読

比較・検証
現地調査

検証結果	衛星判読	
	被害なし	被害あり
焼損なし・軽微	632	2
全半焼	14	164

現地調査

衛星データによる被災状況把握手法の実証（大船渡市の大規模林野火災）

道路
分野



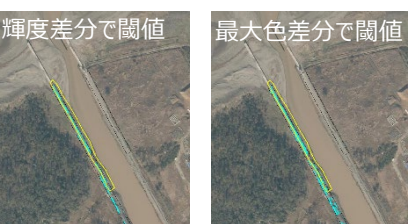
被災模擬事象

強度画像

電波照射方向

小型SAR衛星を用いた道路被災事象把握実験結果（反射強度解析の例）

河川
分野



輝度差分で閾値
最大色差分で閾値

凡例：被災箇所 検出箇所

光学衛星による被災箇所の検出



河川管理分野

SAR画像

河道内の地形データ

SAR衛星画像を用いた河川水位推定



水際の位置を検知

SAR画像から水際の位置を検知

水際の検知位置と地形データを照合し、水位を推定

2. 小型SAR衛星コンステレーションへの適応技術等の開発

既に国内基幹衛星・海外衛星で開発した手法について、民間・国産の小型SAR衛星コンステレーション等への適応、精度向上を実現。

ダム分野

建築物・設備分野



測位衛星

アンテナ

受信機

地震計

集録装置

建物の水平変位直接計測

平時 地震時

衛星測位データによる地震時の建築物の被災判定

ダム堤体の面的な変位の把握が可能

小型SAR衛星によるダム堤体変位の把握技術

3. 現場実務に直結する「技術基準」、「標準仕様」等への反映

開発した手法・技術について、インフラ管理者等が災害時に活用できるよう、技術基準等への反映、手引き・ガイドライン等を作成。

市街地・建築分野

海岸分野



市街地の地震被害分布の可視化システムとガイドライン案の作成イメージ

管理者向け海岸線自動抽出ツール

台風通過後の海岸線の変状を把握

社会実装/普及に向けた今後の取組

- JAXAとデータ利用に関する合意書を締結し、R7運用開始の「だいち4号(ALOS-4)」のデータを新たに活用するほか、運用数の急増が見込まれる小型SAR衛星データ活用等により、観測の精度・即時性を更に向上。
- SIP（第3期）と連携し、現場における上記のBRIDGE成果の実証／試験運用等により社会実装を推進。