

SCIENCE FOR RESILIENCE



2024年3月5日

令和5年度 第4回災害レジリエンス共創研究会  
「令和6年能登半島地震」報告会

# 能登半島地震における衛星観測状況と 多種センサを統合した常時被害把握に向けて

**国立研究開発法人 防災科学技術研究所**

防災情報研究部門 副部門長

研究統括（防災情報の統合解析・高度活用技術に関する研究）

先進防災技術連携研究センター 研究統括

**田口 仁**

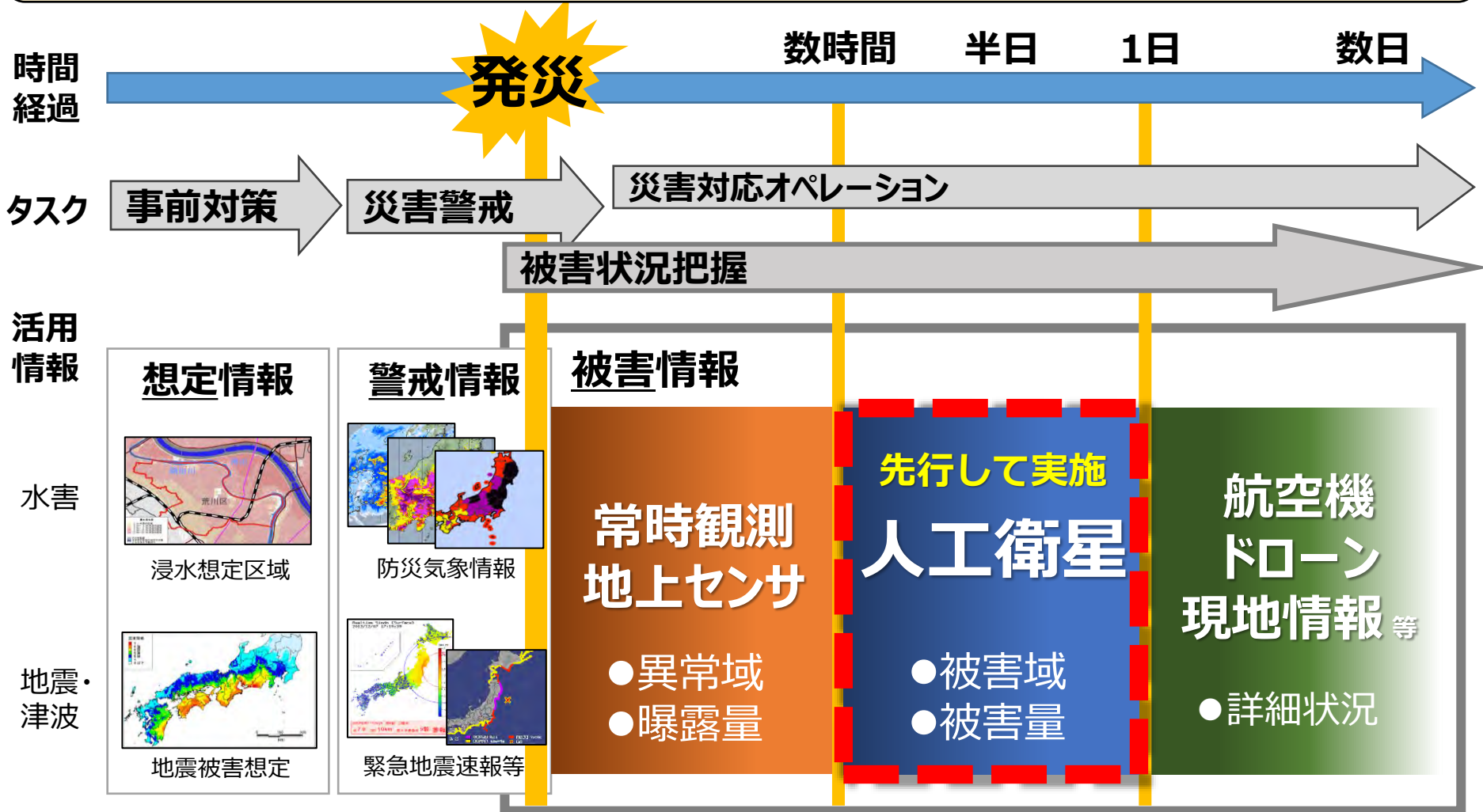
# 研究開発の背景

課題：平時の対策情報、発災時の警戒情報は多数あるが、被害状況の認識を統一する情報が無い  
 目標：災害対応オペレーションのために、発災直後から被害状況を把握できる情報プロダクツの創出  
 戦略：既存の衛星・地上マルチセンサの観測データ収集・集約と、それに基づく被害状況広域・常時推計



# 研究開発の背景

**課題**：平時の対策情報、発災時の警戒情報は多数あるが、被害状況の認識を統一する情報が無い  
**目標**：災害対応オペレーションのために、発災直後から被害状況を把握できる情報プロダクツの創出  
**戦略**：既存の衛星・地上マルチセンサの観測データ収集・集約と、それに基づく被害状況広域・常時推計



# 人工衛星を活用した被害状況早期広域把握技術の開発

- 発災直後に最適な衛星観測リソースを活用した被害状況早期広域把握に向けて、4ステップを提案。
- 4ステップの実現に向けて、観測域の特定技術（トリガリング情報生成技術）、最適な衛星を選定する技術（推奨観測領域計算技術）を開発

内閣府SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）第2期（実施期間 2018～2022年度）において研究開発

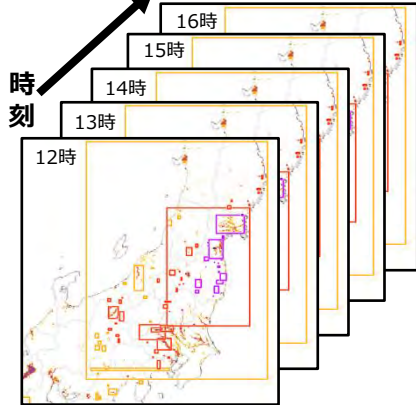
## 注目したポイント

### Trigger

いつ・どこを観測すべきか

観測情報や予測情報を活用した観測すべき地域の特定

トリガリング情報の例



観測域の特定技術  
(トリガリング情報生成技術)

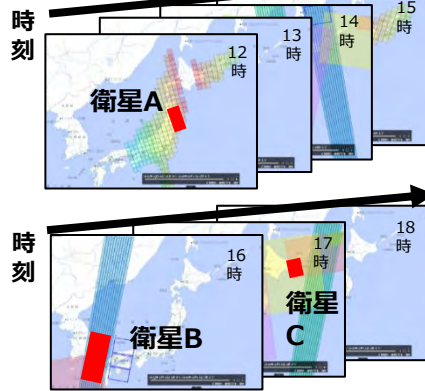
[特願2022-177725](#) (特許査定済)

### Select

どの衛星を選択すべきか

発災時刻及びエリアに基づく最適な衛星の自動推奨

最適衛星の自動計算の例



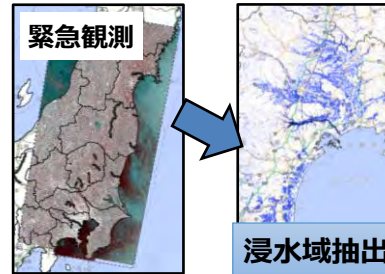
最適な衛星を選定する技術  
(推奨観測領域計算技術)

[特許7246656](#)、[特許7182232](#)

### Process

どこに被害があるか

衛星データから被災エリアを抽出して、具体的な被害量に変換



推定浸水建物数集計結果(市町村別)

観測要請 ↓ 衛星観測

### Deliver & Share

災害対応オペレーションへの活用



防災クロスビュー  
ISUT-SITE



- ・内閣府防災
- ・国土交通省 等
- ・都道府県
- ・市区町村 等

# 「衛星ワンストップシステム」の開発

- 4ステップおよび前述の開発技術に基づき、人工衛星の活用を最大化するための統合システムとして「衛星ワンストップシステム」を構想し、実証システムを開発。産官学連携で災害対応を通じて実践。

内閣府SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）第2期（実施期間 2018～2022年度）において研究開発



田口 仁, 石丸 公基, 工藤 拓, 平 春, 酒井 直樹, 六川 修一 (2023), 災害時における衛星リモートセンシングの実利用に向けた研究開発 – 「衛星ワンストップシステム」の開発 –, 防災科学技術研究所 研究資料, No.497, pp.1-170. <https://doi.org/10.24732/NIED.00006481>

# 災害時における人工衛星活用に向けての課題

## 技術面の課題

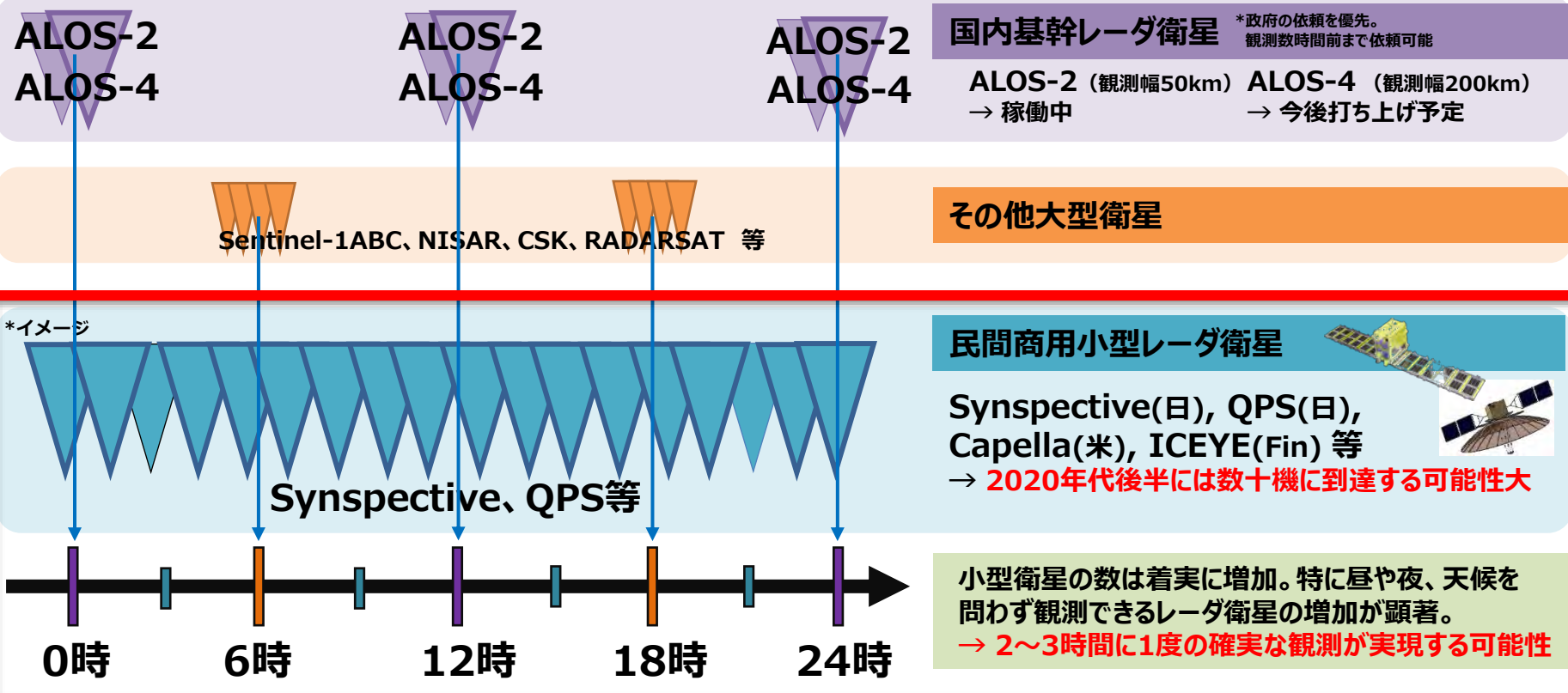
- 近年発展が著しく、今後衛星数が爆発的に増加する見込みの多種多様な民間商用小型衛星への対応
- 小型衛星を含む多種多様な衛星データから被害域を推定するためのデータ校正技術と汎用解析技術の開発

## 制度面の課題

- 官民連携によって、災害時に衛星観測リソースを最大限活用した最適タイミングの観測を実現する体制構築

## 今後の衛星観測タイミングの見通し

▲▼▲ 観測タイミング



# 令和6年能登半島地震における衛星ワンストップシステムの活用

- 令和6年能登半島地震の発災直後から、衛星ワンストップシステムを稼働して活用
- 複数の衛星運用機関と連携して国内外の各種衛星データを集約。
- 防災科研も参画している内閣府災害時情報集約支援チーム（ISUT）を通じて、政府現地対策本部等へ提供するとともに、防災クロスビューに掲載。

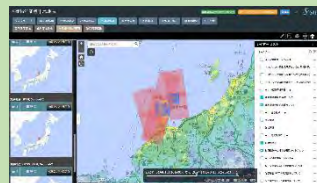
衛星運用  
機関等



## 衛星 ワンストップ システム

SIP4D-TSA

観測領域候補自動計算



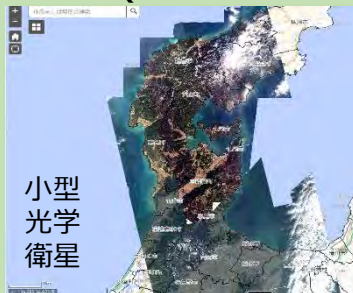
ALOS-2 (JAXA)



QPS



GRUS (アクセルスペース)



StriX (Synspective)



等

統合・可視化・発信



防災クロスビューで  
一般向けに発信

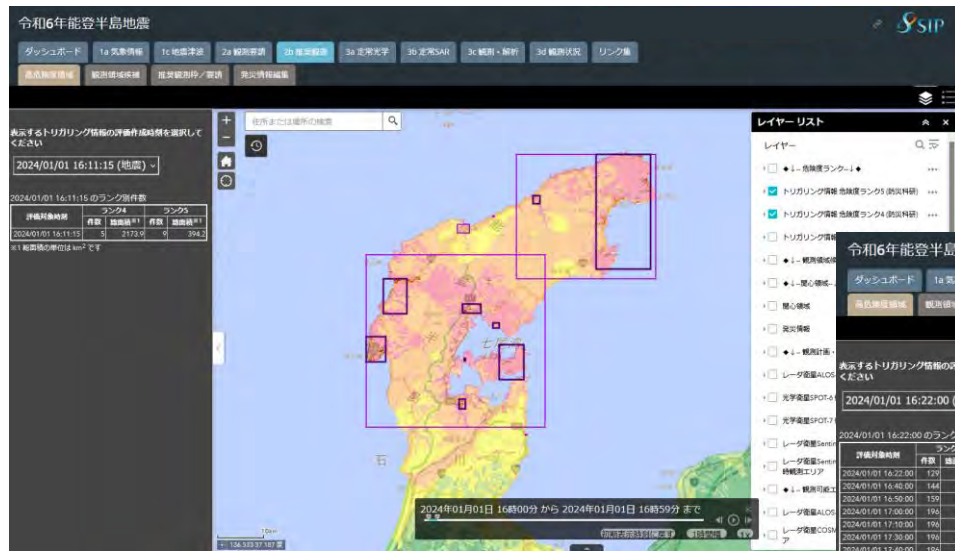


ISUTへ提供

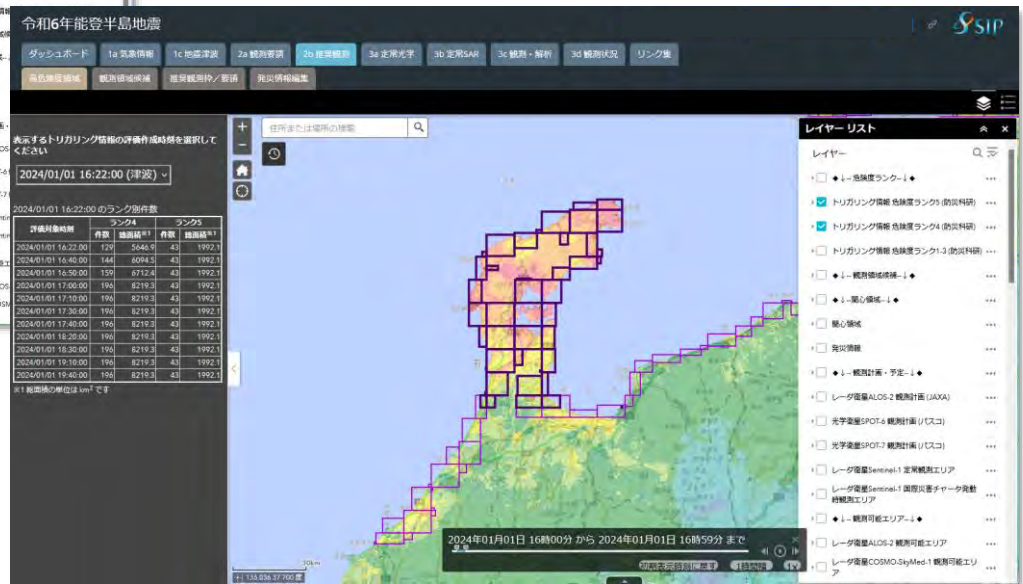
謝辞：内閣府宇宙開発戦略推進事務局「令和5年度 小型SAR衛星コンステレーションの利用拡大に向けた実証」および防災科研・JAXAによる「人工衛星を用いた防災活動における連携・協力に関する協定書」に基づき衛星データの提供を受けた。

# Trigger トリガリング情報生成

- 16:10 地震発生
  - 地震トリガリング情報自動生成
  - 津波トリガリング情報自動生成
- 16:30 衛星ワンストップシステム 災害対応ページ自動設置



↓ 津波トリガリング情報 (観測すべき地域の推定)



↑ 地震トリガリング情報 (観測すべき地域の推定)

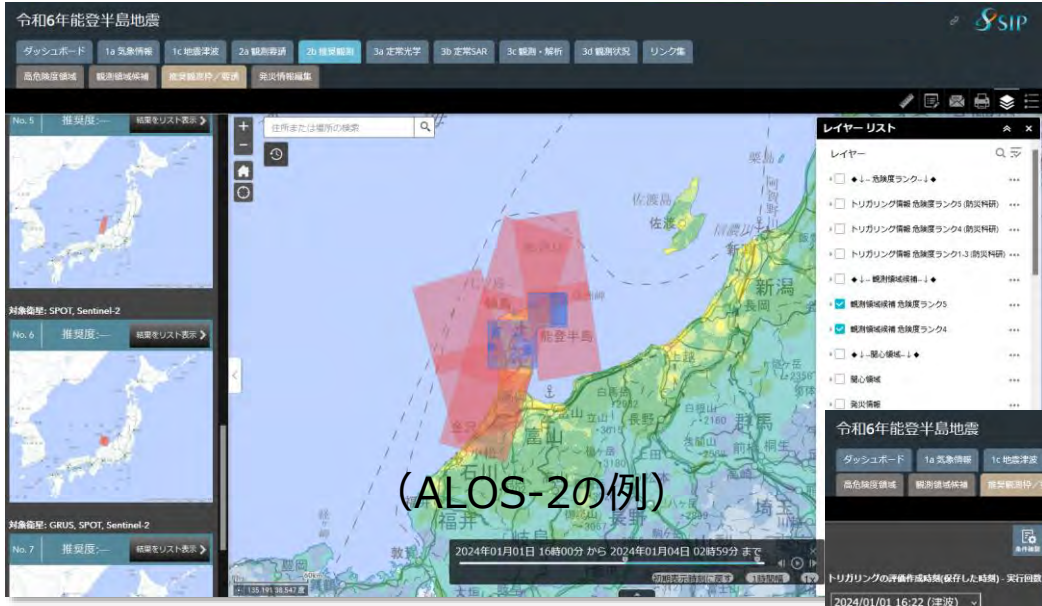
- 危険度ランク5
- 危険度ランク4

※大津波警報への変更を受けトリガリング情報は自動アップデート



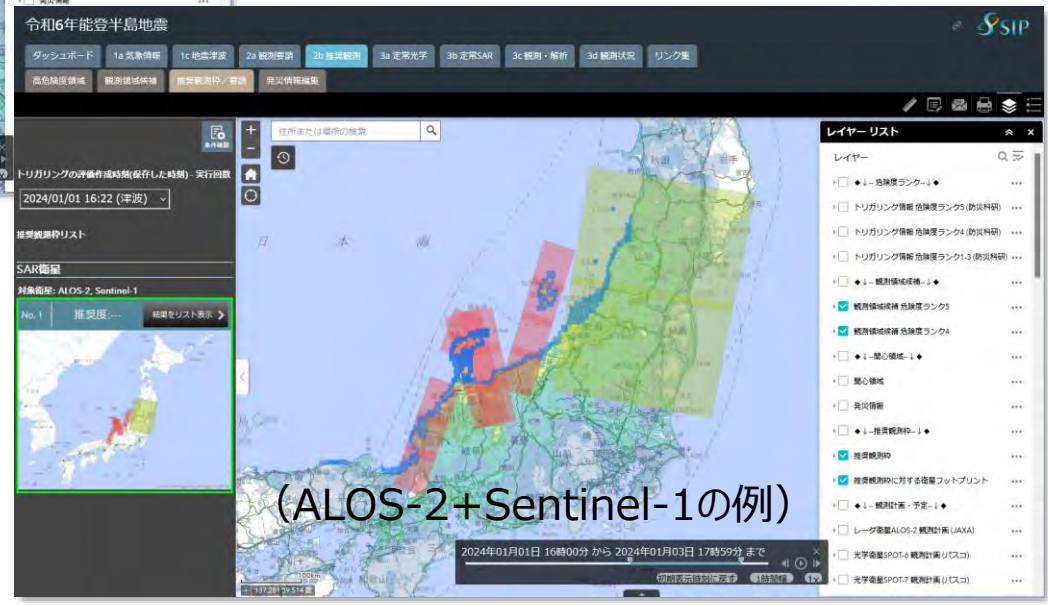
# Select 推奨観測領域の計算

■ 地震および津波被害エリア把握のための衛星観測候補の自動計算の実施（推奨観測領域計算技術）



(ALOS-2の例)

↓ 津波被害把握のための推奨観測例  
※津波のリアルタイム実施は初実施



(ALOS-2+Sentinel-1の例)

↑ 地震被害把握による推奨観測例

# 衛星データ集約状況：時系列整理

## ■ レーダ衛星

### ALOS-2 (JAXA)

A01 1/1 23:10  
A03 1/2 12:38

### QPS-SAR-6 (QPS)

A05 1/03 13:19 (珠洲市)  
A06 1/05 01:10 (輪島市)  
A08 1/06 13:56 (七尾市)  
A09 1/07 00:31 (輪島市)  
A11 1/08 13:17 (珠洲市)  
A13 1/10 01:07 (珠洲市)  
A16 1/11 13:53 (輪島市)  
A17 1/12 00:29 (珠洲市)  
A20 1/15 01:03 (輪島市)  
A22 1/16 00:44 (能登町)

### UMBRA4-7 (UMBRA)

A07 01/06 09:17, 09:25,  
09:26,09:58, 09:59,  
10:40, 10:41, 20:34

### StriX (Synspective)

A10 01/07 09:33  
A12 01/09 09:23  
A14 01/10 09:18  
A15 01/11 09:12  
A18 01/13 09:03  
A19 01/14 08:57  
A21 01/15 08:52  
A23 01/16 08:47  
A24 01/25 09:33  
A25 01/26 09:28  
A26 01/27 09:23  
A27 01/28 09:17

### Capella-6 (Capella)

A02 1/02 03:58

### TerraSAR-X (DLR)

A04 01/03 06:10  
※Int. Disasters Charter

## ■ 光学衛星

### GRUS-1 (Axelspace)

B01 1/2 10:04

### Dove (Planet)

B02 1/2 10:31  
B04 1/4 09:17, 10:34

### GeoEye-1 (MAXAR)

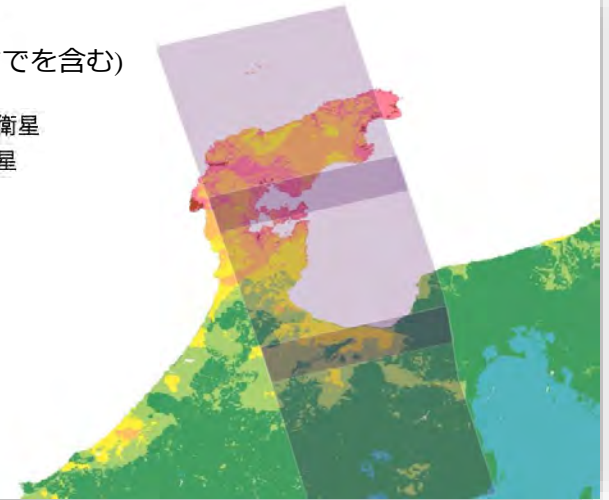
※Int. Disasters Charter  
B03 1/2 10:49, 10:50,  
10:51

## ■ 衛星の観測域

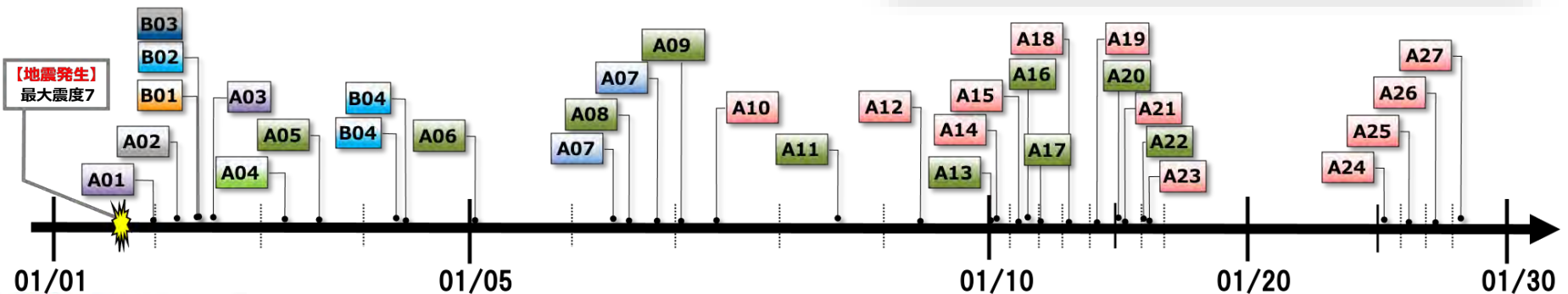
1/1 20:00

(+4時間後までを含む)

■ レーダ衛星  
■ 光学衛星

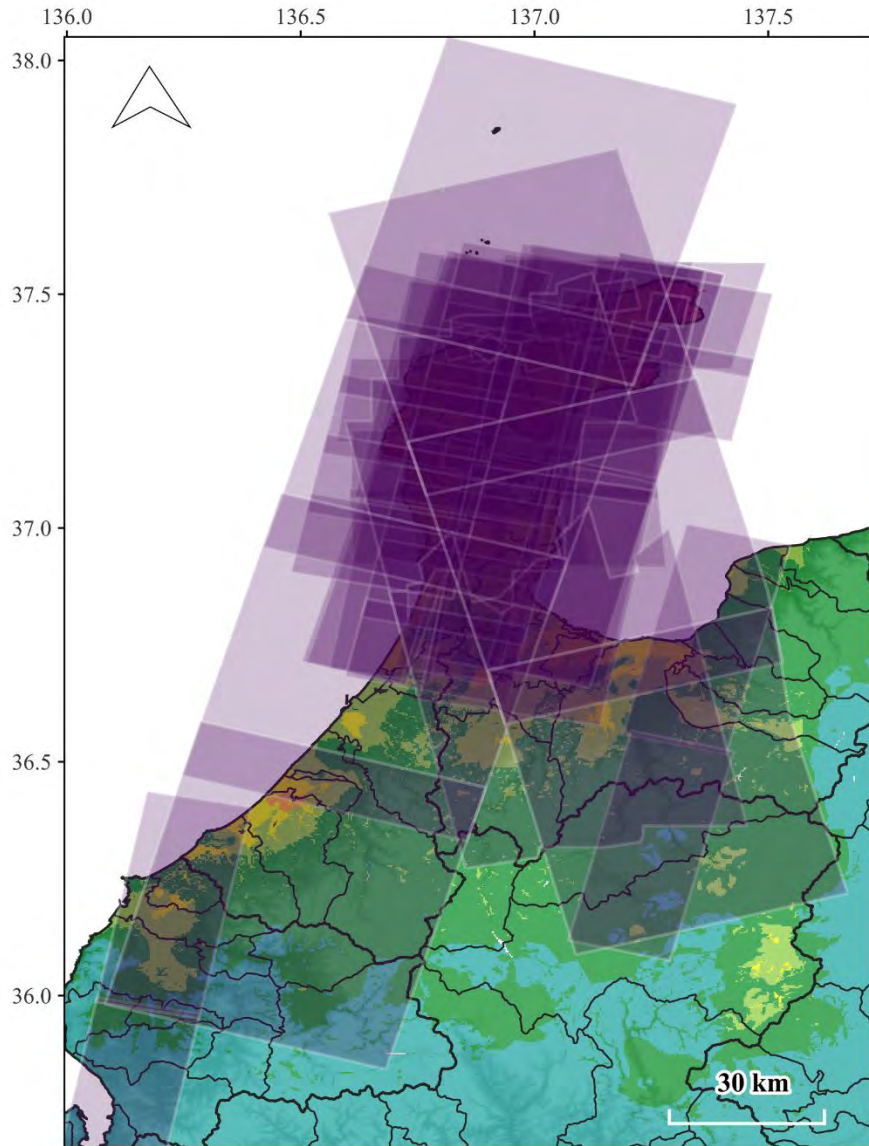


## ■ 衛星観測タイミング

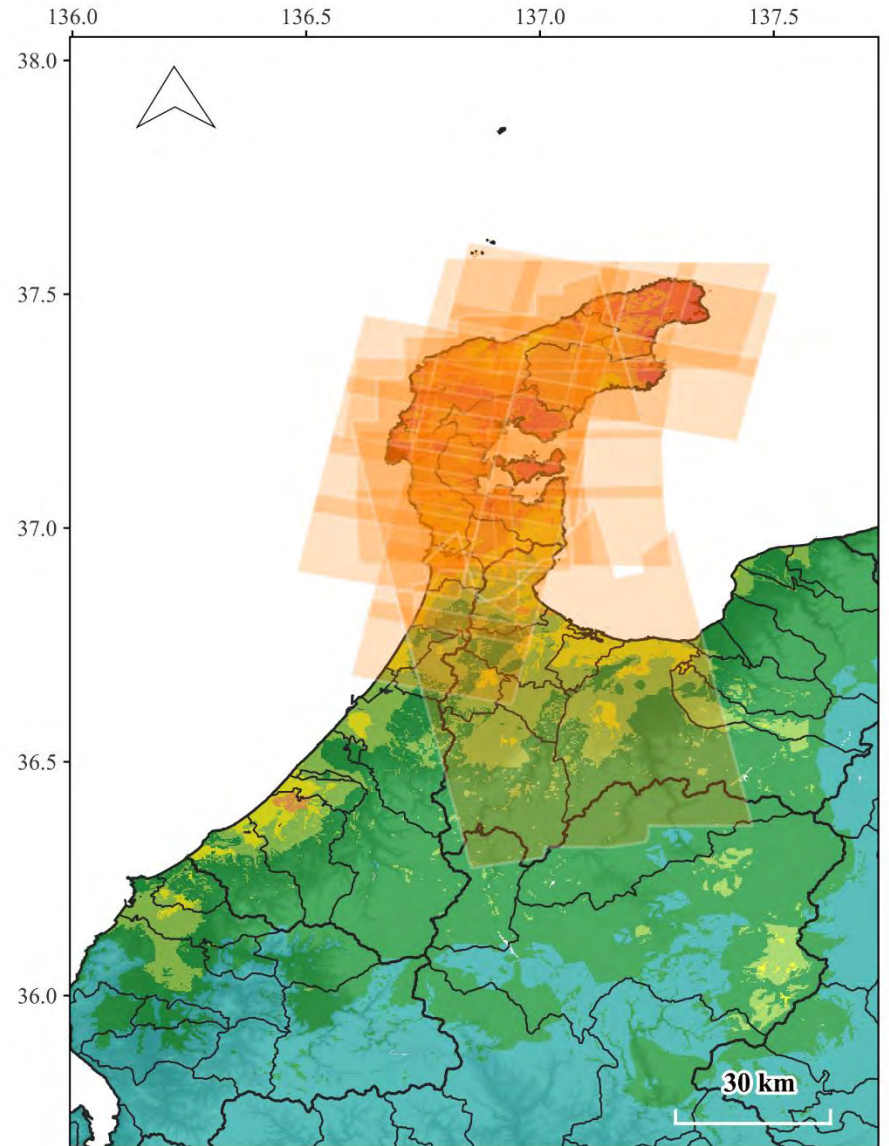


# 衛星データ集約状況：空間整理

## レーダ衛星



## 光学衛星



# 能登半島地震対応を踏まえた人工衛星活用に向けて

## ■ 成長著しい民間小型衛星が被災地を観測

- **更なる災害対応経験の蓄積に基づく迅速性や確実性の向上に期待。**

## ■ 衛星データから提供可能なプロダクトの明確化が必要

- 様々な組織が衛星データを使ったプロダクトを生成して公開したことを確認したが、いつ・どのようなプロダクトが出てくるか不明な状況では活用されない恐れ
- **災害対応に必要な共通的なプロダクトを定義して明確化することが大切**
  - ◆ 特に、能登半島地震では、建物被害の定量的な情報が、直後に生成された被害推定しか存在せず、被害の全体像の把握ができていない点は大きな課題
- 必要なプロダクトからバックキャストして、そのプロダクトに必要な衛星を選択し、災害時の衛星観測リソースの選択、解析手法の選択が必要

## ■ 災害時に衛星観測からプロダクト提供まで一貫して実施することが可能な「司令塔」が必要

- 発災直後から様々な衛星が被災地を観測したが、衛星運用者はそれぞれの判断で観測。どこを観測するべきか判断に迷ったという声あり。
- 被災地の網羅的な観測を行うための総合調整、共通的な被害プロダクトの生成と提供は誰が行うか？ ⇒ **司令塔としての「日本版災害チャータ」の必要性**

# 衛星観測リソースを結集する「日本版災害チャータ」の構築と実証

PD：山口靖（名古屋大学名誉教授） 研究代表：田口仁（防災科学技術研究所） 実施期間：令和5～6年度

## 背景・現状

◆ 発災直後に必ず発生する情報空白の時間帯における広域な被災状況は、あらゆる主体の初動対応において必須の情報である。今後の発生が懸念される首都直下地震や南海トラフ地震、気候変動による激甚化する風水害等の国難災害においては、被災状況把握は困難になることが予想される。さらに、ひとたび災害が発生すると、その後の二次災害が発生するリスクを無視することはできず、被災地の危険性を常時把握することは必須である。

## 課題と目標

◆ 上記対応に向けて、人工衛星の活用が期待されている。近年、数多くの衛星が打ち上げられているが、衛星を効果的に活用する社会的な仕組みが構築されていない。  
◆ そこで本施策は、災害時の初動対応のための広域被災状況把握、その後の二次災害のリスクを監視するために、最適な衛星リソースを結集させてデータを利活用する枠組みとして「日本版災害チャータ」の制度化・体制の構築を実現する。

## 施策全体像

最適な衛星リソースを結集させてデータを利活用する枠組みとして「日本版災害チャータ」の制度化・体制の構築を実現する。初動対応～復旧・復興～被害抑止のフェーズにおいて、災害対応機関および民間企業が最適な衛星観測リソースを活用し「迅速かつ的確な災害対応」、「発災後の的確なモニタリング」を実現し、レジリエントな社会を構築。

SIP第2期「国家レジリエンスの強化」(H30～R4年度)  
衛星データによる早期・広域被災状況把握技術



関連施策 SIP第3期「スマート防災ネットワークの構築」(R5～R9年度) 研究責任者 防災科研 田口仁

サブ課題A：災害情報の広域かつ瞬時把握・共有  
昼夜・天候を問わず災害情報を速やかに収集・統合分析し、氾濫範囲、建物被害、それらの動的変化等を瞬時に把握・共有する仕組みを構築

A-1衛星マルチセンシングデータ統合技術の研究開発

対象施策：防災科学技術研究所運営費交付金  
(R5年度予算：78.81億円の内数)  
データを統合・流通させるための基盤整備に向けた研究開発

データ統合 シミュレーション 情報プロダクツ生成



既存の研究成果を活用  
インプットデータへ活用

研究成果の反映 ↓ 社会実装における連携

実施事業：日本版災害チャータの構築と実証

【初動対応フェーズ】  
「日本版災害チャータ」の施行スキームを構築。政府機関及び指定公共機関、民間企業に対し、衛星データに基づく情報プロダクツをオンライン提供を行い、本スキームの有用性を実証。

【復旧・復興、被害抑止フェーズ】  
初動対応後の復旧・復興、被害抑止フェーズにおける光学およびレーダ衛星データのモニタリング技術を開発し、上記ユーザーに対して情報プロダクツの提供を行い有用性を実証。

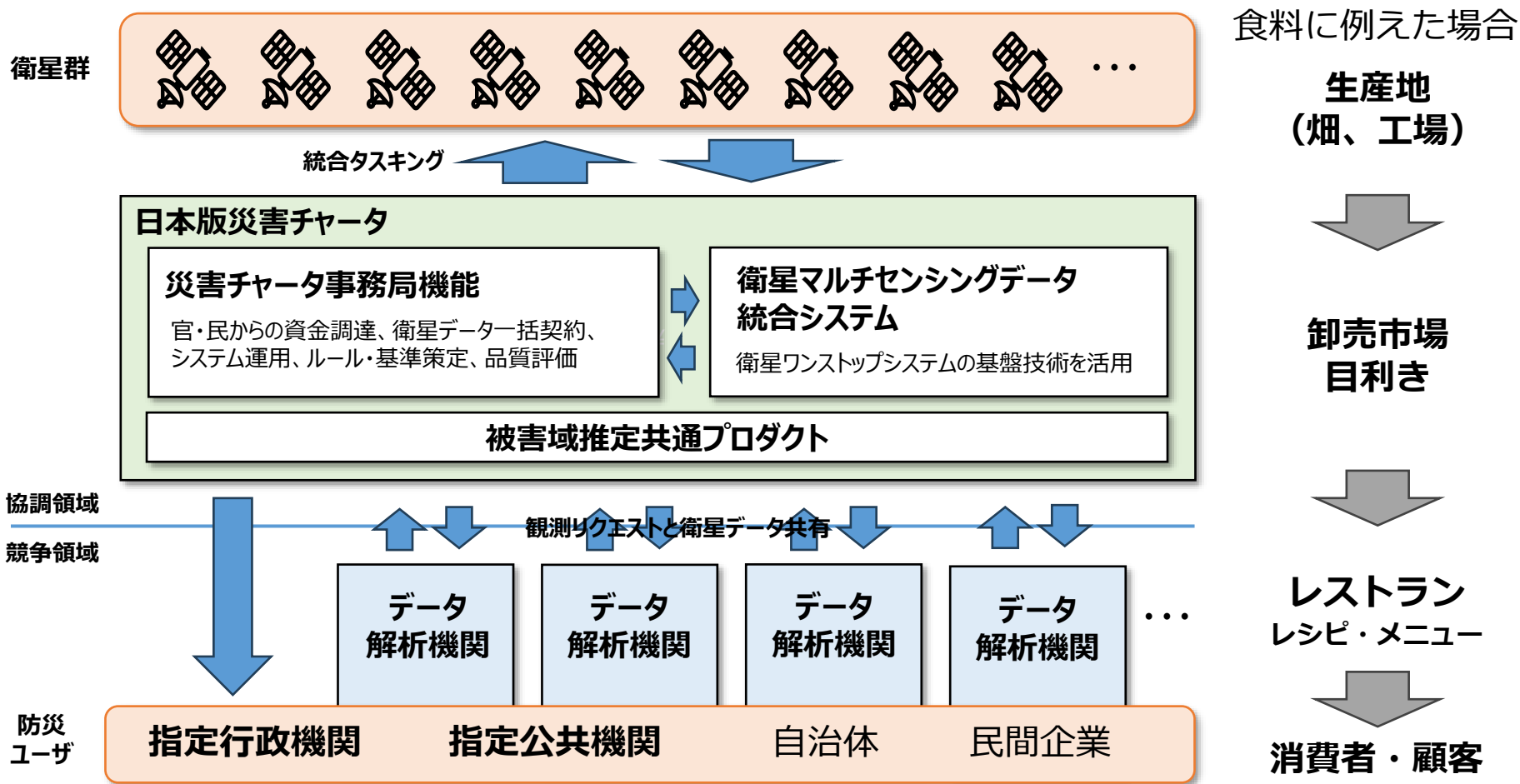
連携した実証

関連施策 BRIDGE  
「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」(R5～R6年度)  
国交省国総研

参画機関 日本版災害チャータの構築とその運用・実証・実用化に関わる研究開発 三菱電機、衛星データサービス企画、富士通 日本版災害チャータの利用とその実証・実用化に関わる研究開発 アジア航測、国際航業、パスコ、三菱電機、三菱総研

# 「日本版災害チャータ」の試行スキーム案

- 災害時に、官民が連携して発災直後から最適な衛星観測リソースによって被災エリアを迅速に観測し、被害状況の把握に資する共通的なプロダクトを生成すると共に、競争領域として、各防災ユーザに最適なプロダクトを提供できる官民連携体制。有償を前提に民間企業も対象。



国際災害チャータ ⇒ 無償(ボランティア)、公的機関限定  
 日本版災害チャータ ⇒ 有償前提、民間も対象

# 研究開発の背景

**課題**：平時の対策情報、発災時の警戒情報は多数あるが、被害状況の認識を統一する情報が無い  
**目標**：災害対応オペレーションのために、発災直後から被害状況が把握できる情報プロダクツの創出  
**戦略**：既存の衛星・地上マルチセンサの観測データ収集・集約と、それに基づく被害状況広域・常時推計

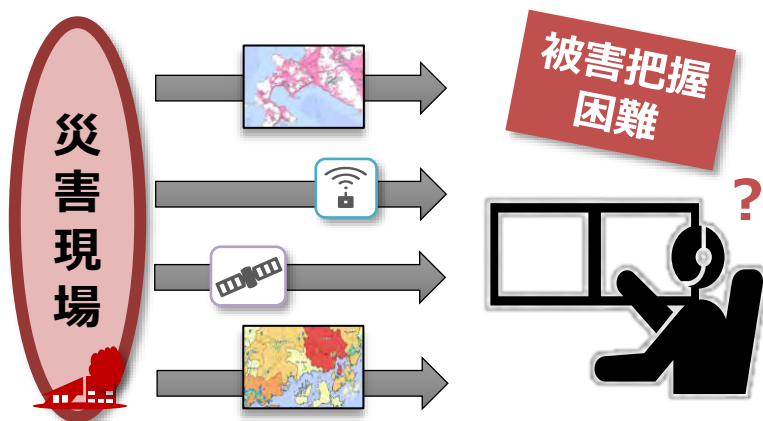


# 被害状況把握の「これまで」と「これから」

これからのプロダクト： マルチソース / マルチプロダクト → シングルプロダクト

## ●これまで

### ■マルチソース / マルチプロダクト

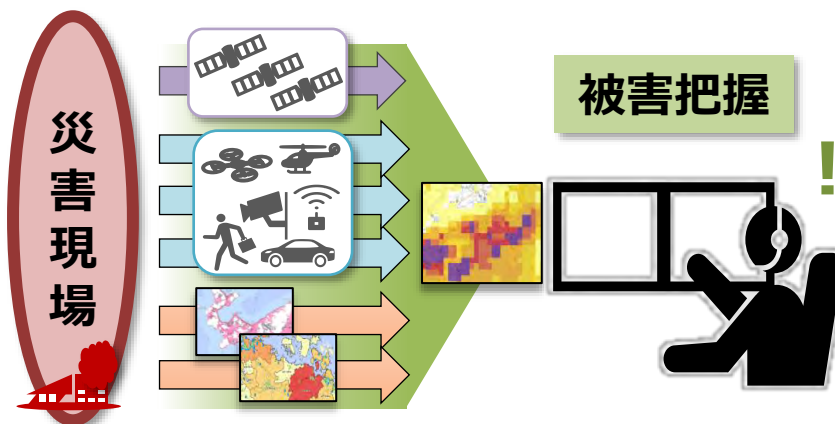


- 各種情報が個別のプロダクト（マルチプロダクト）として生成・提供
- 空間解像度や観測間隔がバラバラ
- プロダクトを個別に理解して参照する必要

今後、様々なデータ／情報が登場したとしても、災害時の混乱した状況下では、被害状況の把握に活用されない恐れ

## ●これから

### ■マルチソース / シングルプロダクト



- 災害対応に必要な被害状況がまとまったシングルプロダクトとして提供
- 観測タイミングや対象エリアの制約等を意識せずに活用が可能

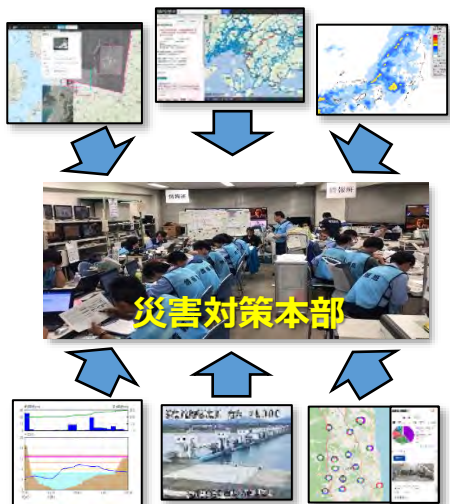
災害対応者が個別センサを意識せず、**知りたい時、知るべき時に把握すべき被害状況が把握できるようにするべき**



衛星・地上の多様なセンシングデータから、最新の被害状況の全容を捉えた情報プロダクトを創出  
災害対応者が利用可能なサービス化や、産官学民連携の研究開発を行う社会実装基盤を構築

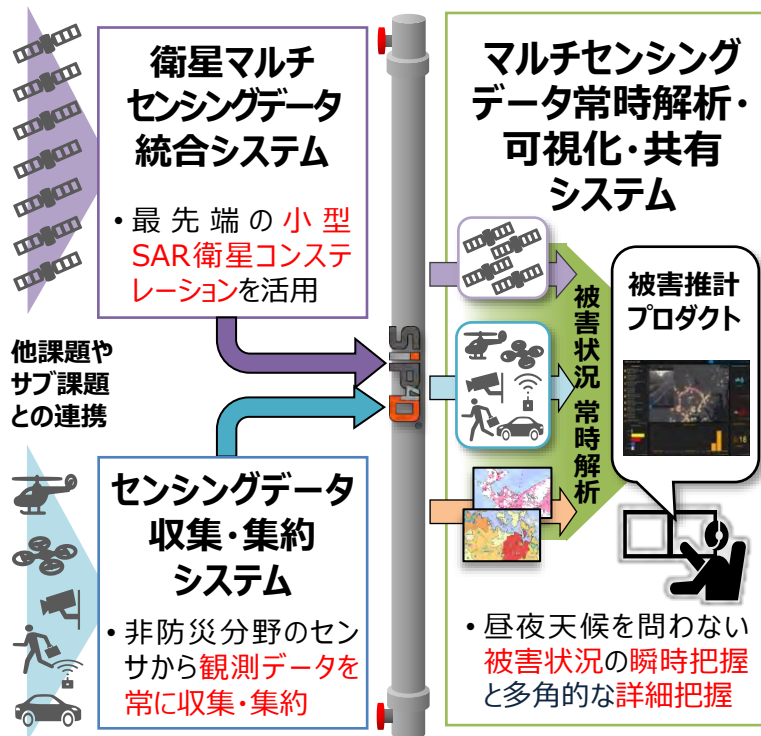
## 現状

- IoTの進展によって、多様なセンサが世の中に普及しているが、それらは個別に活用されている状況
- 既存センサを有効活用し、より迅速かつ的確な初動対応、要救助者や犠牲者の発生抑止に繋げる必要がある



## 研究開発

- 衛星・地上のセンサ群を迅速に収集・集約し、統合することで被害状況を常時推計
- 災害対応者が知りたい時、知るべき時に被害状況を提供することで瞬時把握を実現



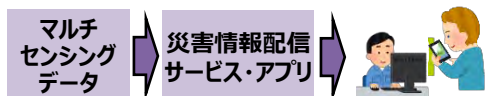
## 目指す姿

多様なセンサを活用し、鮮度の高い情報を活用した迅速・的確な災害対応を実現  
⇒ Society5.0へ貢献

### サービス化

サービスプラットフォーム  
ITテストベッド

災害情報配信サービス・アプリ開発による行政・民間へのサービス化



### 研究開発の促進

評価・検証プラットフォーム

産官学民が連携したセンサ活用のバーチャル実験環境を構築



# 災害情報の広域かつ瞬時把握・共有 研究開発の全体像

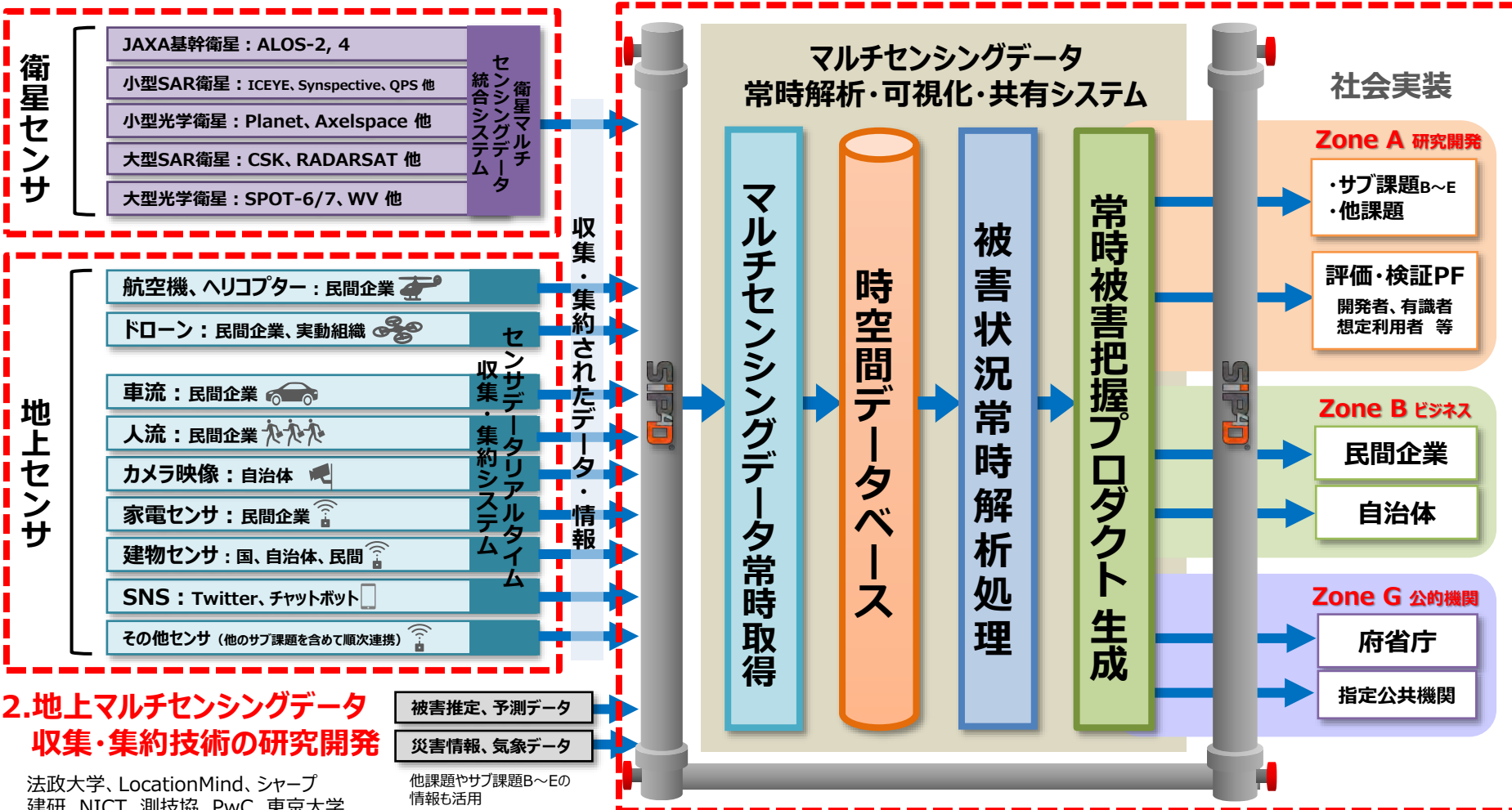
## 衛星マルチセンサ、地上マルチセンサ、常時解析技術の3つの研究開発テーマ

### 1. 衛星マルチセンシングデータ統合技術の研究開発

山口大学、富士通、東京海上日動、東京大学、三菱電機

### 3. 災害時被害状況常時把握技術の研究開発

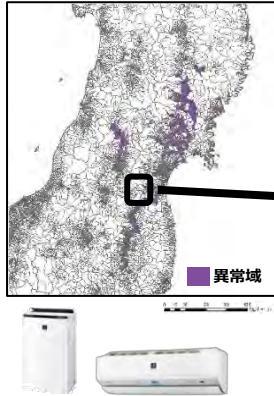
防災科研、東大CSIS、I-レジリエンス、京都大学



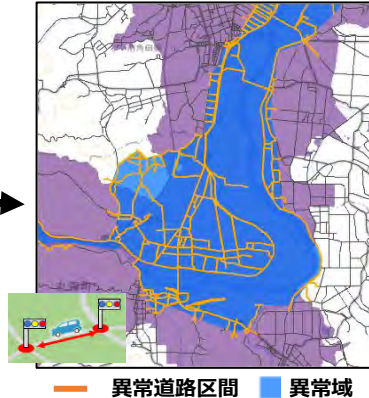
# 多種センサ統合による被害状況常時推計フロー（イメージ）

## ① 常時観測地上センサによる異常域・暴露量推計

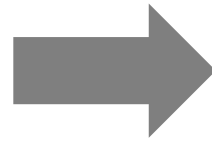
リアルタイム家電稼働  
状況に基づく異常域



リアルタイム道路通行実績に  
基づく異常域



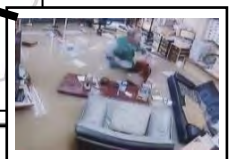
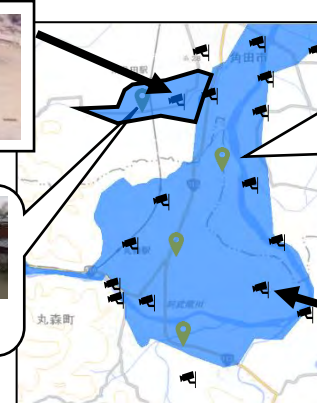
拡大



## ② 地上センサ等による異常域周辺の状況確認



ライブカメラ  
SNS投稿

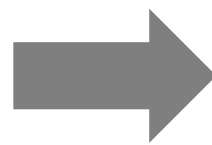
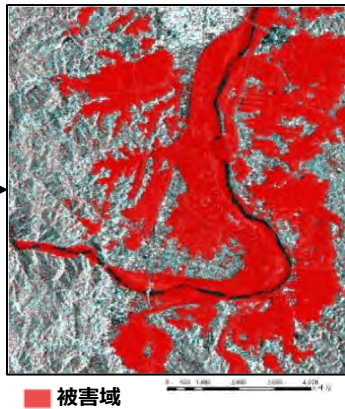


## ③ 人工衛星による被害域・被害量推計

SAR衛星観測データ



浸水域推計



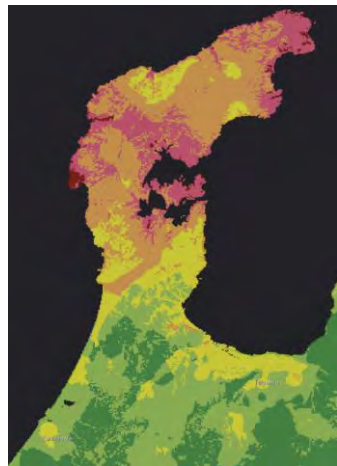
## ④ 詳細観測センサによる被害域の詳細確認



# 能登半島地震における衛星・上空マルチセンサデータの収集・集約

- 様々な衛星・地上センサ等による観測データを収集中。実際の被害域との関係性分析を実施中

## 発災直後 被害推定



推定面的震度



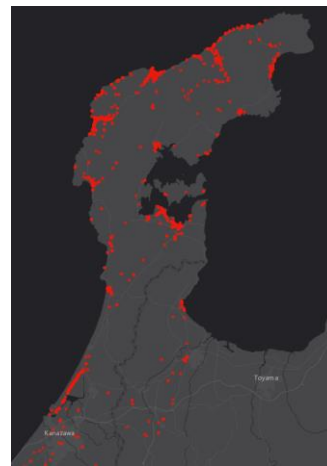
建物被害推定

リアルタイム地震被害推定・状況把握システム (防災科研)

## 衛星センサによる被害域



レーダ衛星による建物被害推定  
(山口大学、NSI)



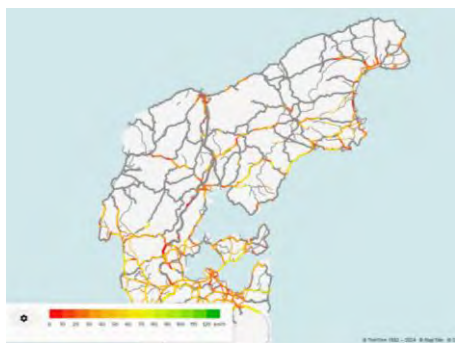
(JAXA)

## 被害域判読

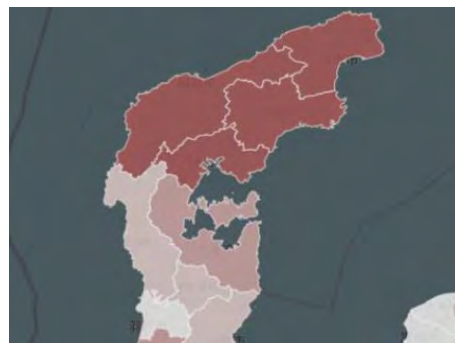


斜面移動域、津波浸水域  
(国土地理院)

## 常時観測地上センサ



交通流変化 (TomTom)



家電の稼働率 (シャープ)

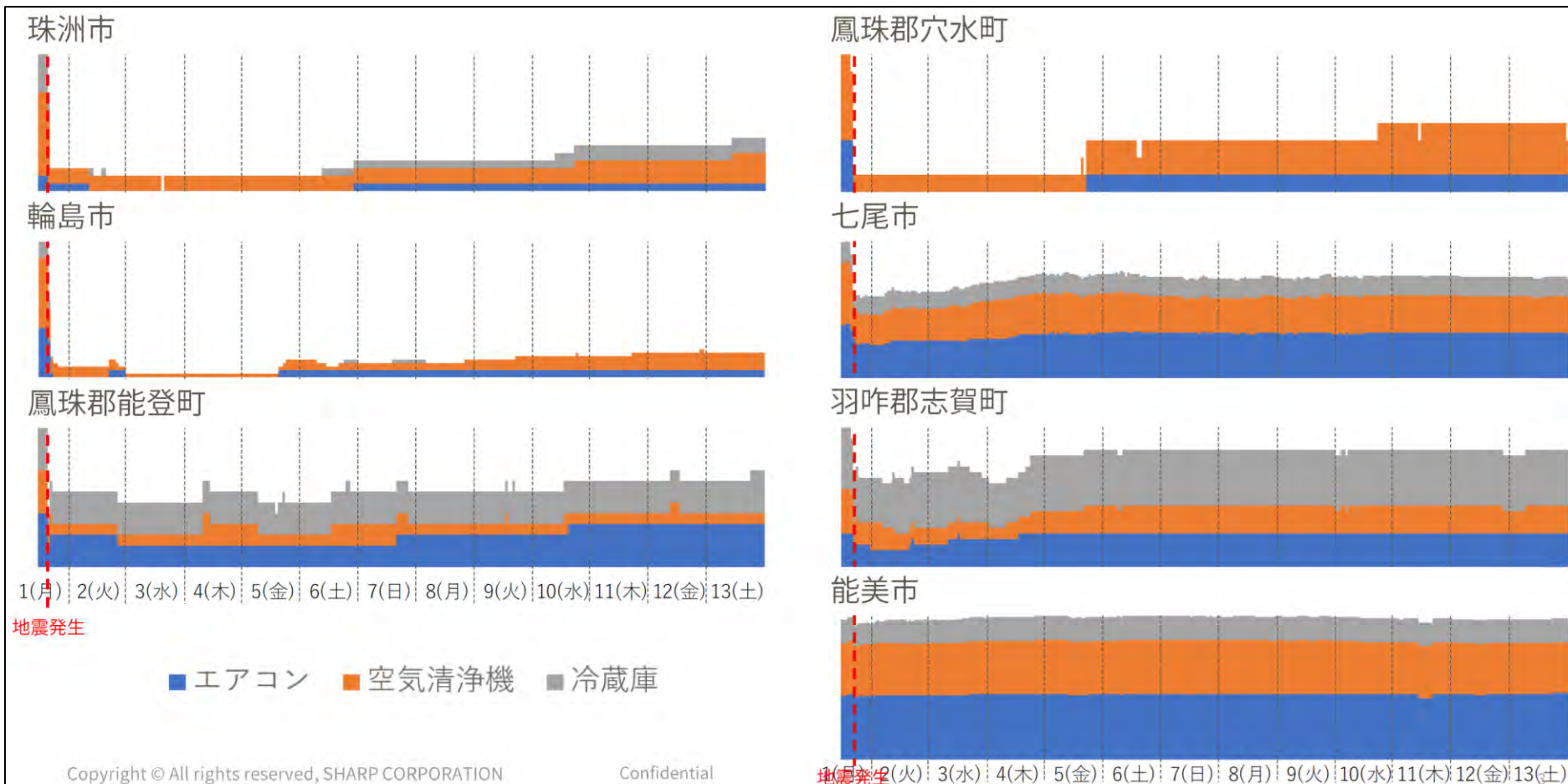


SNS (JX通信社) 人流データ (LocationMind)

# 家電稼働率の変化



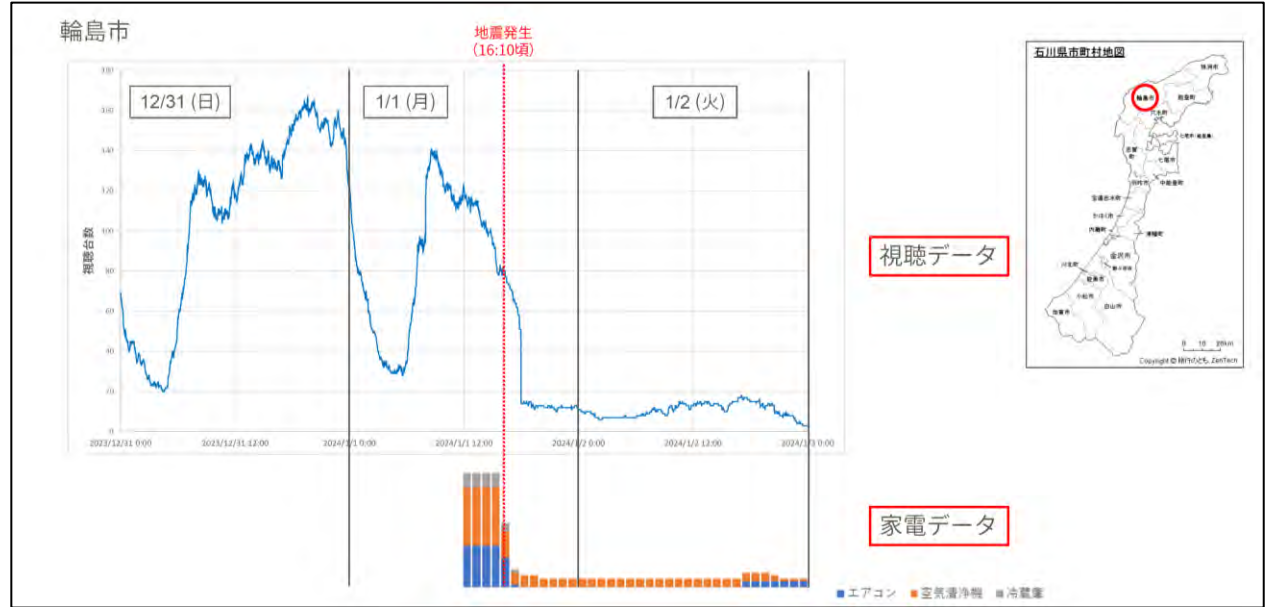
2024/1/1 (月) 12:00 ~ 1/13 (土) 24:00



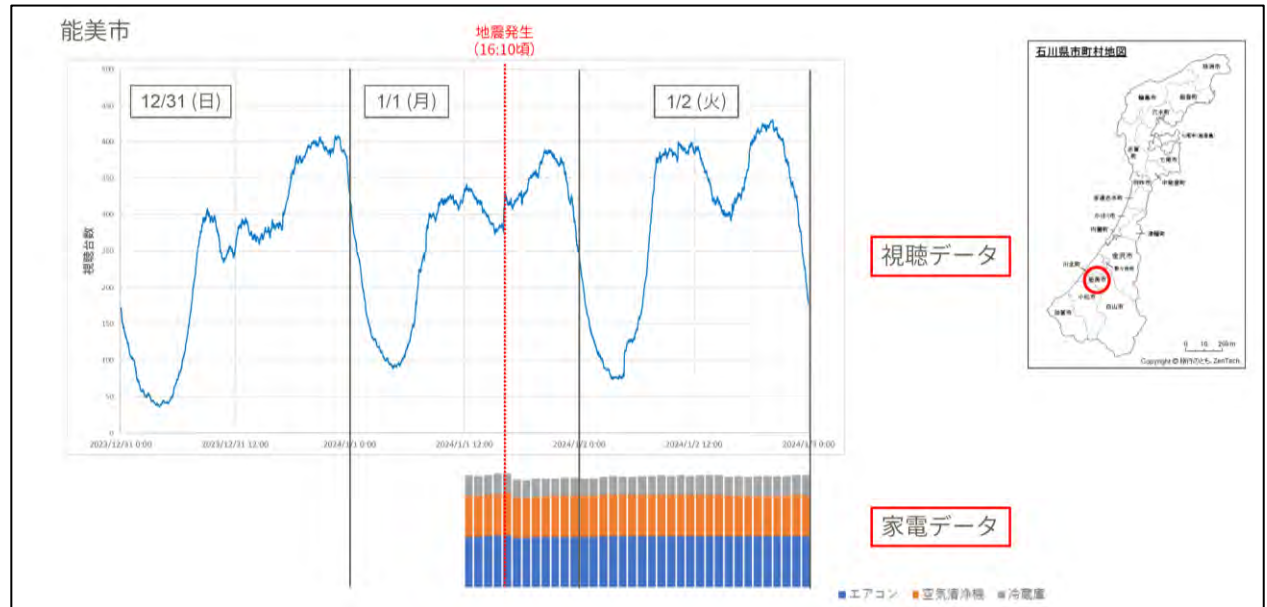
提供：シャープ

# テレビ視聴台数の変化

## 輪島市



## 能美市

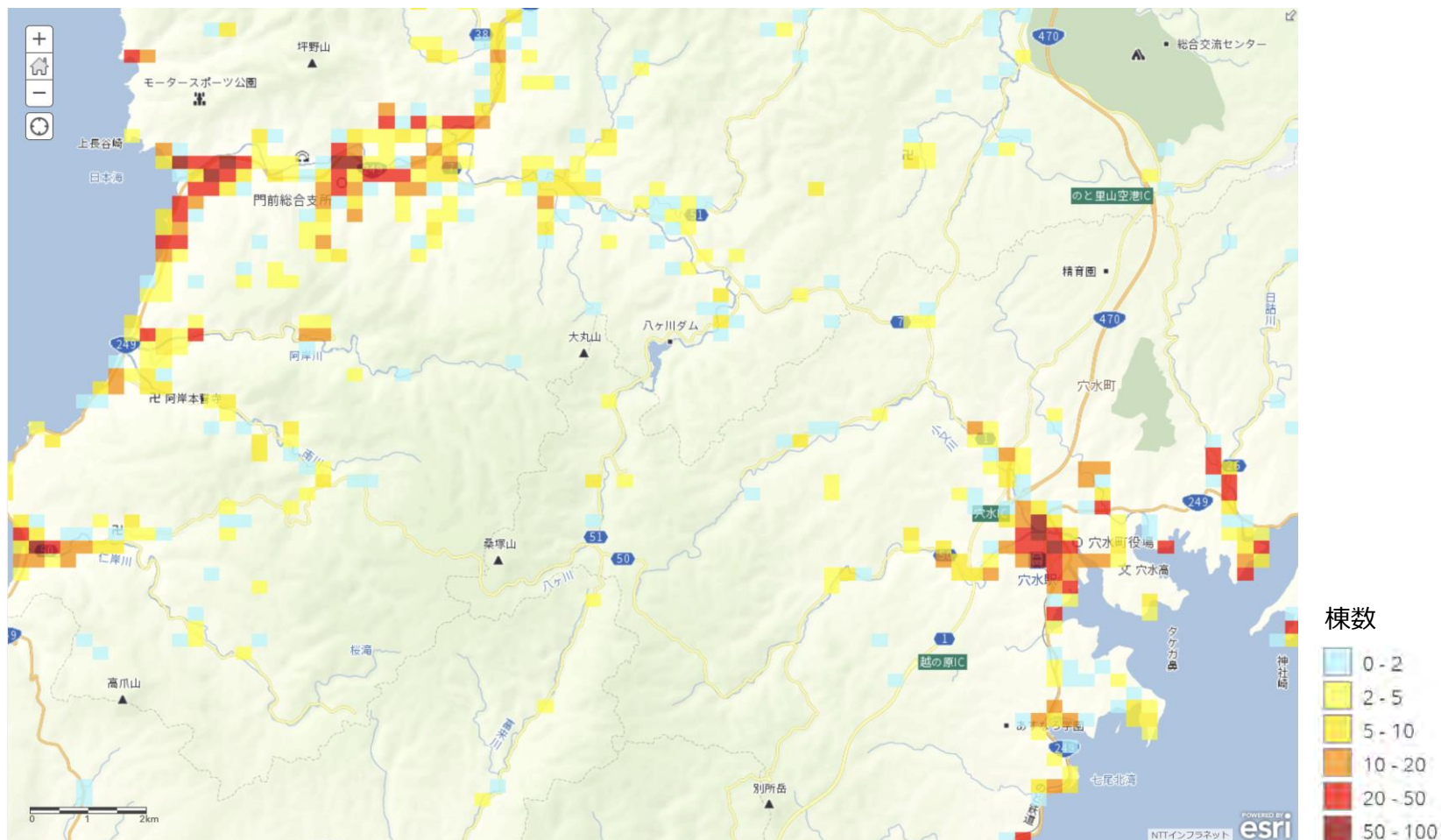


提供：シャープ



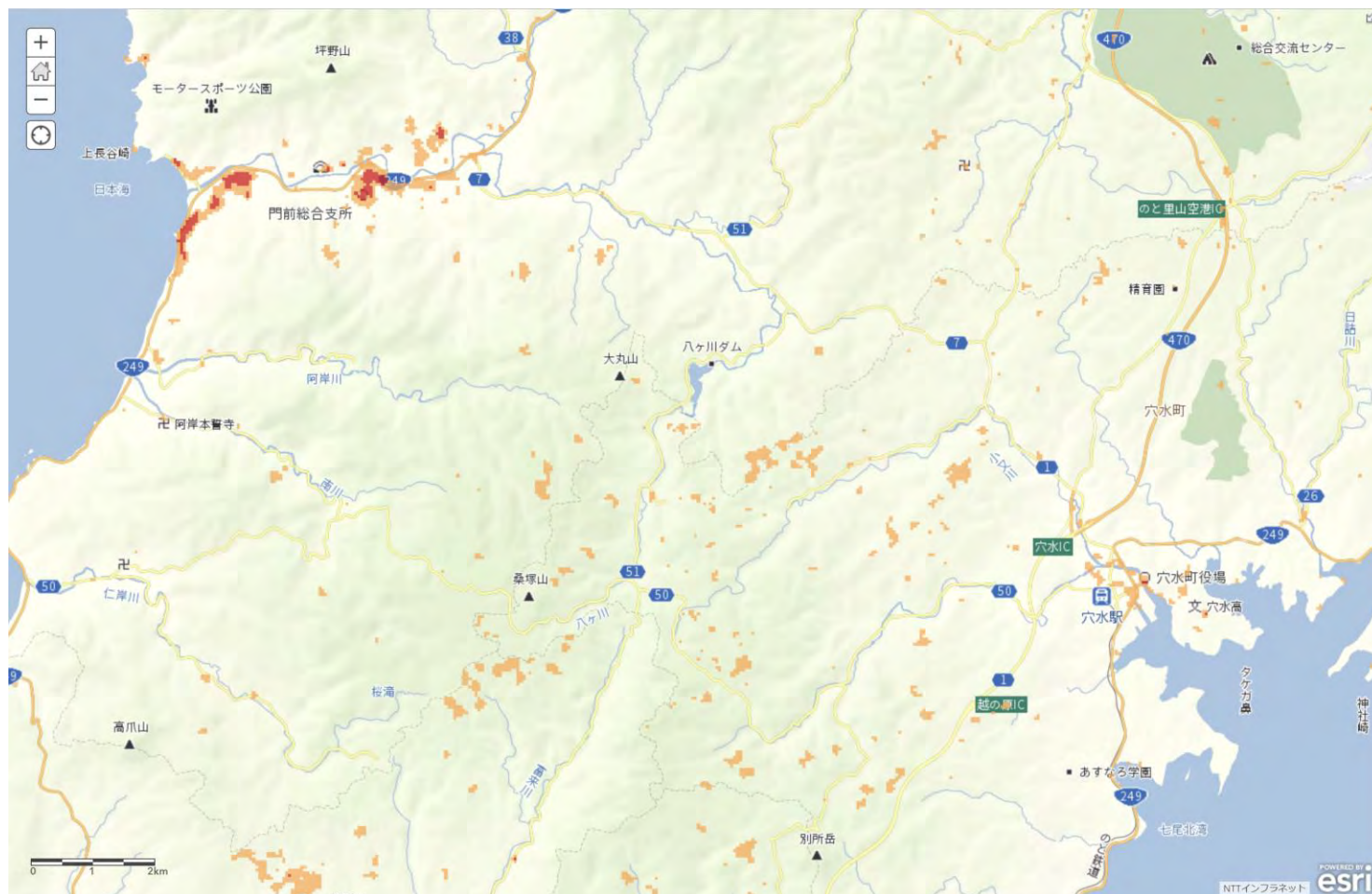
# 被害推定、衛星データ、現地調査との比較（建物被害）

## 建物被害推定（全壊棟数）



# 被害推定、衛星データ、現地調査との比較（建物被害）

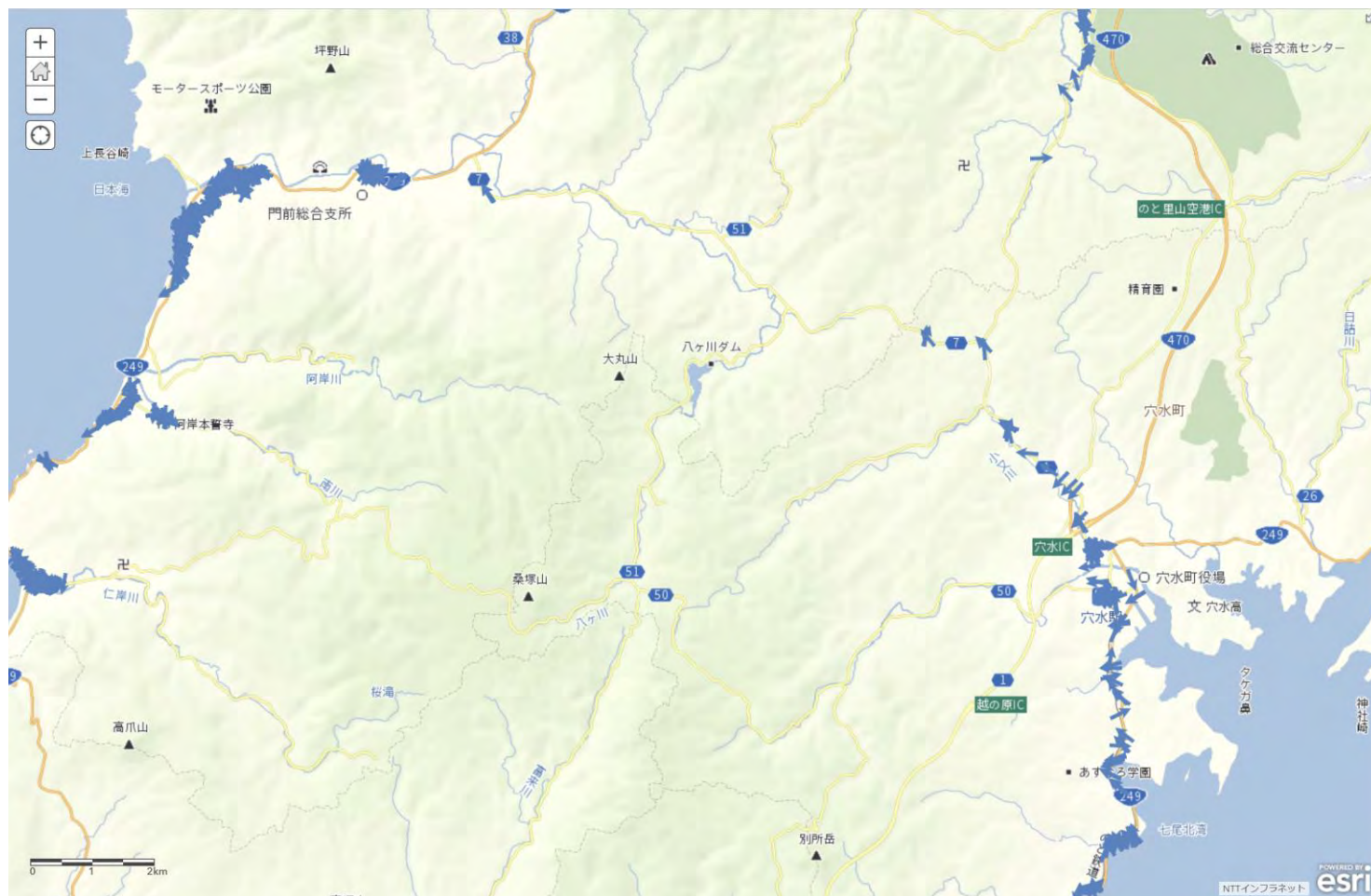
## 衛星データによる変化検出





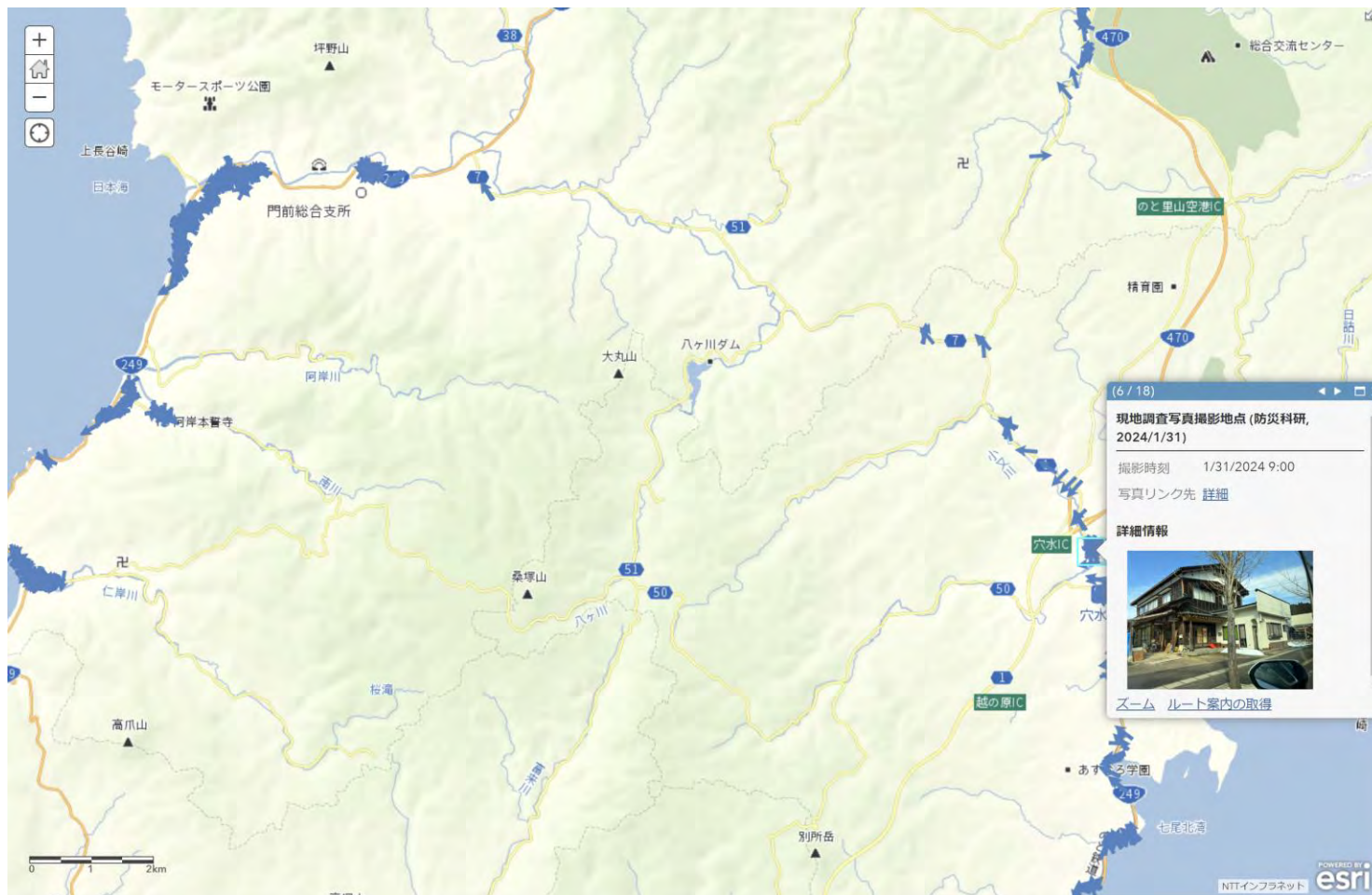
# 被害推定、衛星データ、現地調査との比較（建物被害）

## 現地調査（1/31～2/1）



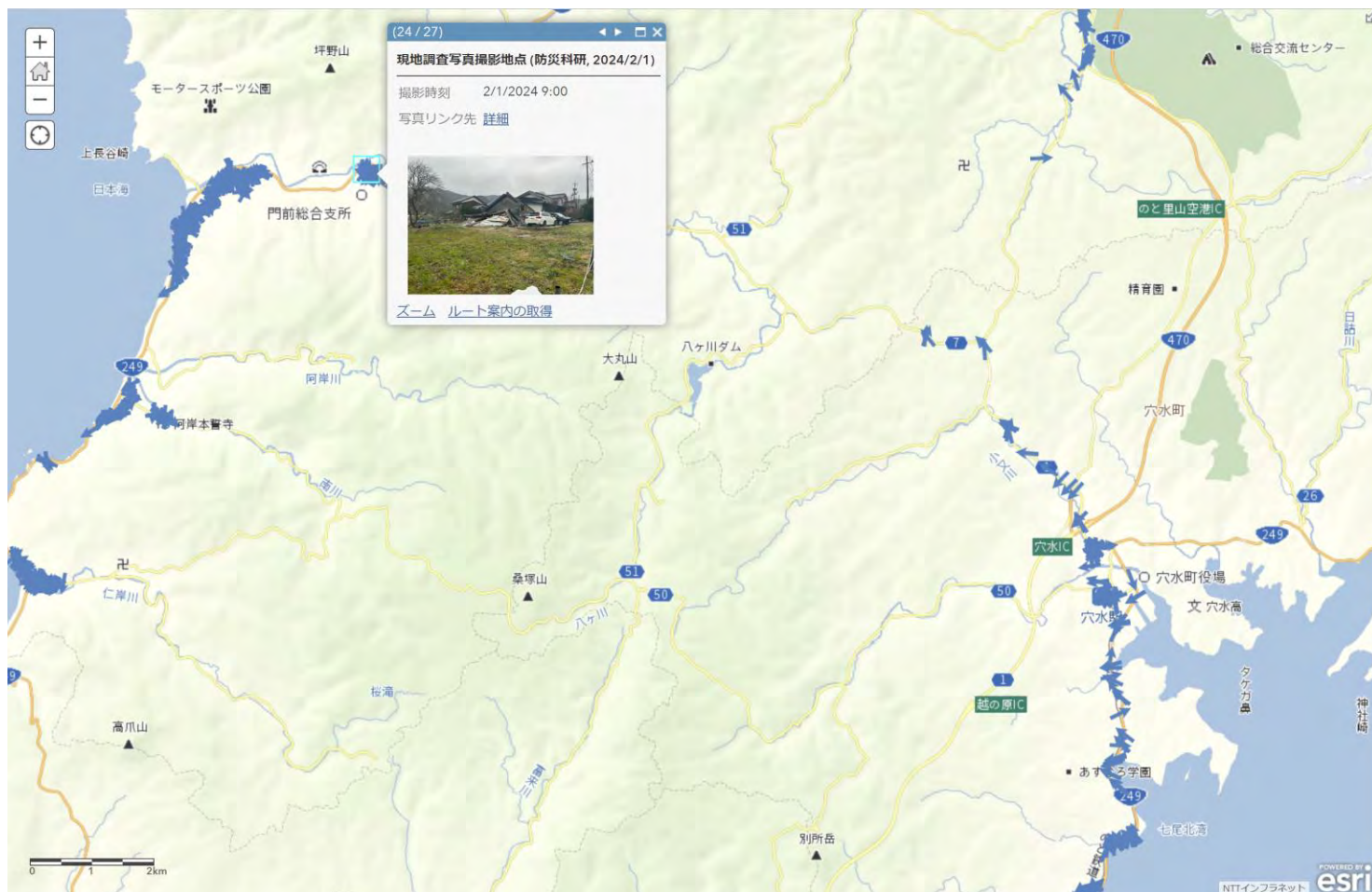
# 被害推定、衛星データ、現地調査との比較（建物被害）

## 現地調査（1/31～2/1）



# 被害推定、衛星データ、現地調査との比較（建物被害）

## 現地調査（1/31～2/1）



被害推定と衛星データそれぞれで過剰検出／未検出がありそう  
→ 現地情報によるリアルタイム補正も必要ではないか？

# 研究開発の背景（再掲）

課題：平時の対策情報、発災時の警戒情報は多数あるが、被害状況の認識を統一する情報が無い  
 目標：災害対応オペレーションのために、発災直後から被害状況が把握できる情報プロダクツの創出  
 戦略：既存の衛星・地上マルチセンサの観測データ収集・集約と、それに基づく被害状況広域・常時推計



# 発表のまとめ

## 【人工衛星を活用した被害状況早期把握に向けて】

- 内閣府SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）第2期（実施期間 H30～R4年度）において技術開発
  - 能登半島地震において、衛星データを収集・集約を行い、防災クロスビューやISUTへ共有
    - ◆ 国内外の様々な衛星データを効率かつ迅速に集約・提供
    - ◆ 発展著しい多数の民間商用小型衛星が被災地を観測
  - 問題意識・課題
    - ◆ 災害時に迅速に被災地の全容を捉えるために、多様な衛星に、いつ・どこを観測するか、という依頼を、誰が、どのような枠組みで行うのか？
    - ◆ 被害状況として、どのようなプロダクトが衛星から確実に提供できるのか？
- **「日本版災害チャーター」の構築：内閣府BRIDGE（実施期間 R5～R6年度）にて実施中**

## 【多種センサを統合した被害状況常時被害把握に向けて】

- 問題意識・課題
    - ◆ 様々な地上センサがそれぞれの目的をもってリアルタイムに観測しており、それらは災害時に活用できるのではないか？
    - ◆ 災害対応者は、被害を知りたい時・知るべきに、衛星センサ・地上センサを問わず、被害を早く把握したいというのが本音ではないか？
- **内閣府SIP第3期「災害情報の広域かつ瞬時把握・共有」（実施期間 R5～R9年度）にて、衛星及び地上マルチセンサから、被害状況の常時被害把握を実現するための研究開発を開始**
- **現在、令和6年能登半島地震のセンサデータや衛星データを収集して分析中**

生きる、を支える科学技術

SCIENCE FOR RESILIENCE



防災科研