

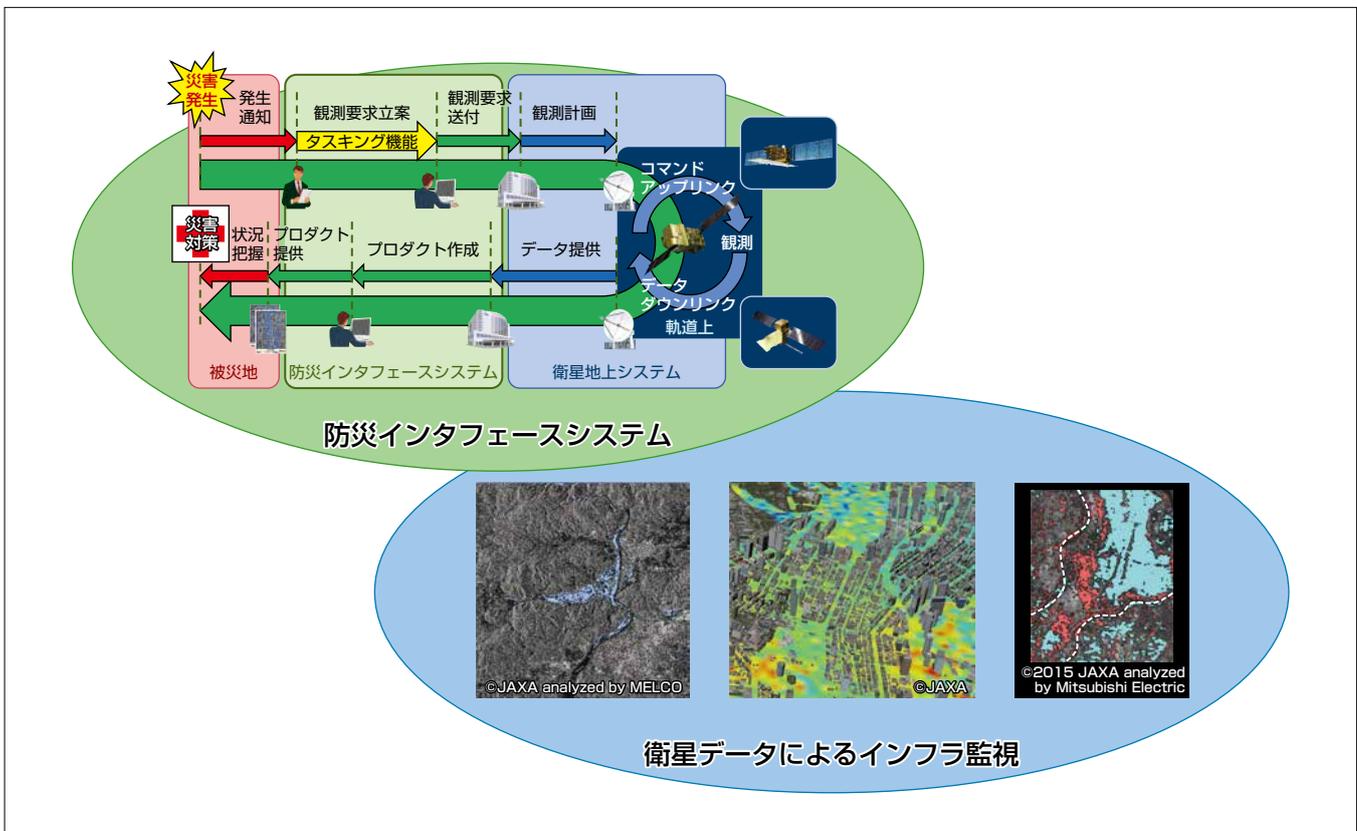
# 防災向け衛星観測ソリューション

Earth Observation Solutions for Disaster Prevention

## 要 旨

三菱電機では、防災分野での衛星観測ソリューションについて、①衛星データの実利用の促進、効率化を図る防災向け衛星観測インタフェースシステムの構築、②平時での災害予防・減災を目的とした河川堤防・海岸堤防などのインフラ監視を主体とする衛星データ解析サービスの提供に取り組んでいる。①では、国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構(JAXA)の防災インタフェースシステムを2017年度から開発中である。防災インタフェースシステムは、防災・災害対応を行う国内外の機関からの緊急観測やプロダクト提供等の要求受付、光学衛星及びレーダ衛星のデータから生成した各種プロダクトの提供を、ワンストップサービスで実現する。②では、サービス提供の実現に向け、インフラ監視に対する衛星データ利用の可

能性・有用性の実証を行う段階にあり、国立研究開発法人防災科学技術研究所(防災科研)で推進されている戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「国家レジリエンス(防災・減災)の強化」で、合成開口レーダ(SAR)衛星の時系列観測データを用いたインフラ監視の実証実験を実施しようとしている。防災インタフェースシステムの2020年度の開発完遂を目指すとともに、並行して機能高度化の検討開発を進め、防災向け衛星観測インタフェースシステムとして拡充を図る。衛星データによるインフラ監視の実証実験で衛星データの有用性を示す確実な成果を挙げるとともに、サービス実現に向けた当社独自サービスの具体化・差別化の検討を進める。



## 防災インタフェースシステムと衛星データによるインフラ監視

防災インタフェースシステムは、防災・災害対応を行う国内外の機関からの緊急観測やプロダクト提供等の要求受付から、光学衛星及びレーダ衛星のデータから生成した各種プロダクトの提供までを、ワンストップサービスで実現する。衛星データの防災向け利用として、災害予防・減災を目的とした河川堤防などのインフラ監視を主体とする衛星データ解析サービスが検討されている。

## 1. ま え が き

観測衛星から得られる情報の多様化・高頻度化・高精度化が進み、それを活用した多様な分野でのソリューション創出が期待されているが、その中の一つに、地震・火山・土砂・風水害等に対する発災時の状況把握・解析、平時での災害予防・減災のための監視といった、防災を目的としたソリューションがある。

当社では、防災分野での衛星観測ソリューションとして、現状、次の二つに取り組んでいる。一つは、JAXAの防災インタフェースシステムをベースとした、衛星データの実利用の促進、効率化を図る防災向け衛星観測インタフェースシステムの構築、もう一つは、平時での災害予防・減災を目的とした河川堤防・海岸堤防・港湾施設などのインフラ監視を主体とする衛星データ解析サービスの提供である。

本稿では、現在開発中のJAXAの防災インタフェースシステムとインフラ監視サービス実現の初期段階として実施するインフラ監視の実証実験について述べる。

## 2. 防災インタフェースシステム

### 2.1 概 要

防災インタフェースシステムは、防災・災害対応を行う国内外の機関からの緊急観測やプロダクト提供等の要求受付、光学衛星及びレーダ衛星のデータから生成した各種プロダクトの提供を、ワンストップサービスで実現することを目指している。観測要求受付からデータ提供までを円滑に実現するため、陸域観測技術衛星2号(ALOS-2)、先進光学衛星(ALOS-3)、先進レーダ衛星(ALOS-4)等の複数の衛星と、防災関係機関等のユーザーとのインタフェースを一元的に担う共通システムとして整備されている。

図1に防災インタフェースシステムを示す。また、表1に

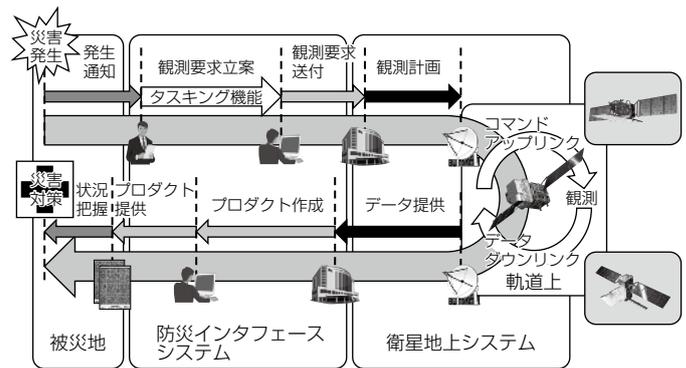


図1. 防災インタフェースシステム

表1. 防災インタフェースシステムに接続する外部システム

接続外部システム	関連衛星
ALOS-2利用・情報システム	ALOS-2
ALOS-3衛星運用システム	ALOS-3
ALOS-3利用推進システム	
ALOS-4利用・情報システム	ALOS-4
ALOS-4利用推進システム	
ALOS-4衛星管制・ミッション運用システム	
火山活動・林野火災速報システム	-
地震被害推定システム	-
防災機関災害情報システム	-
センチネルアジア	Resourcesat-2
	Cartosat-2
	VNREDSat-1A
	THEOS-1
	FORMOSAT-5
	DubaiSat-2
国際災害チャータ	RapidEye
	WorldView-1/2/3/4
	GeoEye
	Sentinel-2A/2B
	TerraSAR-X/TanDEM-X
	RADARSAT-2
バイ協定機関	Sentinel-1A/1B
	-

防災インタフェースシステムに接続する外部システムを示す。

### 2.2 機 能

防災インタフェースシステムは、表2に示す機能で構成している。

表2. 防災インタフェースシステムの機能

機能名	機能概要
タスキング	・防災ユーザーからの防災対応プロダクト提供要求を基に、衛星の緊急観測やアーカイブデータの提供に関する要求を立案する。
データ保存管理	・光学/レーダ観測衛星から提供された標準プロダクト及び防災インタフェースシステムで作成した防災対応プロダクトの保存管理を行う。 ・各種補助情報の保存及び更新を行う。 ・光学/レーダ観測衛星のカタログ情報の保存管理を行う。
外部インタフェース	・関連する衛星の地上システム、防災ユーザー、補助情報提供元との情報のやり取りを行う。 ・防災ユーザーから受け付けた防災対応プロダクト提供要求を、タスキング機能に送付する。 ・光学/レーダ観測衛星から提供された標準プロダクトや災害対応処理機能で作成した防災対応プロダクトを、防災ユーザーに提供する。
災害対応処理	・光学/レーダ観測衛星から提供された標準プロダクトと補助情報を用いて、防災対応プロダクトを作成する。
ステータス管理	・各機能での処理の進捗や防災ユーザーへのデータ提供状況等の管理を行う。
ユーザー管理	・防災ユーザーのアカウント管理やユーザー認証を行う。 ・防災ユーザーに応じたデータ利用や処理機能提供の権限の管理を行う。 ・災害種別や防災対応の枠組みに応じた、防災ユーザーのグルーピングやプロダクト伝送の優先度の設定等を行う。
その他	・ヘルプ機能によって、防災ユーザーによる防災インタフェースシステムの操作をサポートする。 ・訓練機能によって、関係者による防災・災害対応時の訓練を行う。

### 2.2.1 タスキング機能

タスキング機能は、Webブラウザを用いたインターネット経由で受け付けた防災ユーザーからの防災対応用プロダクト生産要求に基づいて、衛星への緊急観測の要求及びアーカイブデータの提供要求を作成する。表3に、緊急観測要求に対応可能な衛星の一覧を示す。

要求立案では、観測対象データベース(重要施設・インフラ情報等を含み、大規模災害時の観測対象や観測の優先順位をデータベース化したもの)及び観測条件データベース(災害種別ごとの複数衛星の観測センサや観測条件、抽出可能情報をデータベース化したもの)に基づき、災害種別ごとに有効な観測が可能なシーンを緊急観測の候補としてWeb GIS(Geographic Information System)上に表示し、立案の支援を行う。図2にタスキング機能による要求立案時の画面イメージを示す。

タスキング機能で立案された衛星への緊急観測要求は、外部インタフェース機能によって、各衛星の地上システムに送信される。

### 2.2.2 災害対応処理機能

災害対応処理機能は、外部インタフェース機能によって各衛星の地上システムから受領した衛星の標準プロダクト、防災インタフェースシステムで保存管理されている各衛星の標準プロダクト、地図情報及び補助データ(河川氾濫エリア、降水情報等)を用いて、防災ユーザーに提供する防災対応用プロダクトを作成する。表4に、災害対応処理機能で作成する防災対応用プロダクトの種類と概要を示す。

次に、主要な防災対応用プロダクトについて補足する。

#### (1) 災害速報図

災害速報図は、光学観測衛星及びレーダ観測衛星の標準プロダクトから、浸水域や土砂崩落域を含む被害区域を抽

出した図で、基本的に自動で作成される。図3に災害速報図のイメージを示す。

表3. 緊急観測要求に対応可能な衛星

種類	衛星名
光学観測衛星	ALOS-3 センチネルアジアに加盟している宇宙機関の光学観測衛星 Resourcesat-2 Cartosat-2 VNREDSat-1A THEOS-1 FORMOSAT-5 DubaiSat-2
	国際災害チャータに参加している宇宙機関の光学観測衛星 RapidEye WorldView-1/2/3/4 GeoEye Sentinel-2A/2B
	商用光学衛星 SPOT-6/7 Pleiades-1A/1B
レーダ観測衛星	ALOS-2 ALOS-4 国際災害チャータに参加している宇宙機関のレーダ観測衛星 TerraSAR-X/TanDEM-X RADARSAT-2 Sentinel-1A/1B COSMO-SkyMed



図2. タスキング機能の画面イメージ

表4. 防災対応用プロダクト

プロダクト名	概要
緊急観測プロダクト(光学)	・光学観測衛星が緊急観測したデータから作成した標準プロダクト及びこれらから作成したパンシャープン画像。
緊急観測プロダクト(レーダ)	・レーダ観測衛星が緊急観測したデータから作成した標準プロダクト。
発災前プロダクト(光学)	・光学観測衛星が過去に観測したデータから作成した標準プロダクト及びこれらから作成したパンシャープン画像。
発災前プロダクト(レーダ)	・レーダ観測衛星が過去に観測したデータから作成した標準プロダクト。
だいち防災マップ	・ALOS-3又はALOSの観測したデータに地図情報等を重畳したプロダクト。 ・光学画像はパンシャープン画像を使用。 ・プロダクト作成の対象範囲は日本国内とする。 ・ALOS-3のベースマップ整備後は、ALOS-3の最新のベースマップを使用。
災害速報図	・光学観測衛星又はレーダ観測衛星の緊急観測で取得したデータを基に、自動処理で被災域の識別等を行った画像情報及び浸水域・土砂災害域などの被害域を自動抽出したポリゴン情報。 ・防災ユーザーからの要求内容に応じて、注目箇所の自動及びマニュアルでの切り出し処理を実施。
被害区域図	・災害速報図に解析者がマニュアル判読等を行い、各被害域の抽出精度を高めたプロダクト。
光学/レーダ複合プロダクト	・光学観測データとレーダ観測データのそれぞれの特徴と長所を合わせ、被害域と被災地物の両方を識別させたプロダクト。
その他	・被災した地物の識別等、高付加価値なデータを重ね合わせた情報。 ・火山活動・林野火災速報システムが作成する地表面温度や火山活動状況のプロダクトを含む。 ・JAXA/EORC、西日本衛星防災利用研究センター、解析を自ら実施する防災ユーザーが作成したプロダクト等を含む。

EORC: JAXA地球観測研究センター

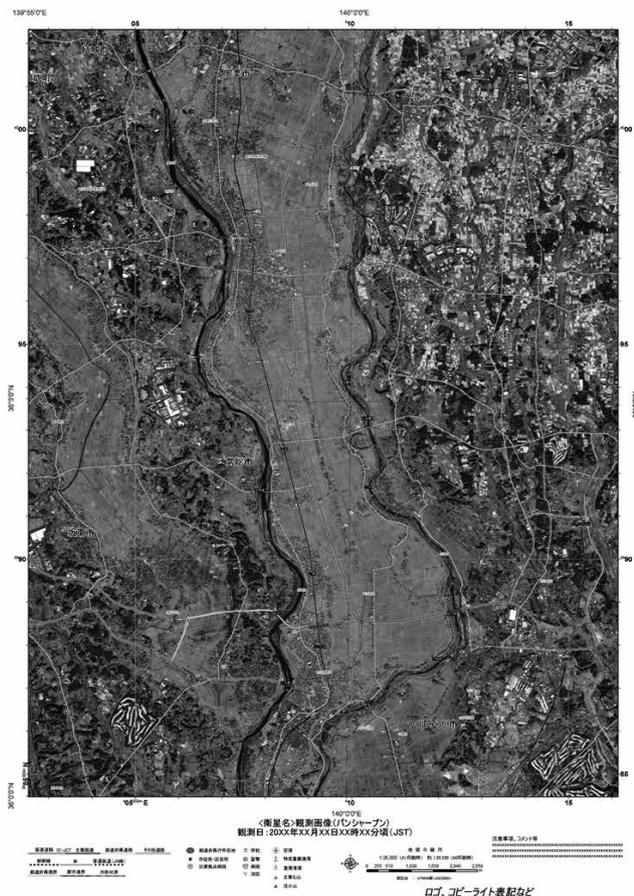


図3. 災害速報図のイメージ

(2) 被害区域図

被害区域図は、災害速報図に対し、運用者が災害対応処理機能で提供される各種編集機能(切り出し、拡大・縮小、各種補助データや地図情報の重畳、被害域/浸水域のポリゴンの作成)を用いて、被害域の抽出精度の高度化、防災ユーザー向けの補足説明追加等の加工をしたものである。

図4に被害区域図の作成画面イメージを示す。

(3) 光学/レーダ複合プロダクト

光学/レーダ複合プロダクトは、光学観測衛星及びレーダ観測衛星の標準プロダクトや浸水域抽出情報、建物ポリゴン、DEM(Digital Elevation Model)情報等を重ね合わせ、各々の衛星データの特徴を生かして、防災ユーザーに災害推定情報を提供するものである。図5に光学/レーダ複合プロダクトの作成画面イメージを示す。

2.3 今後の計画

防災インタフェースシステムは、現在開発中であり、2020年度から運用が開始される予定である。一方、並行して、SIPの「国家レジリエンス(防災・減災)の強化」で、タスキング機能を中心に高度化が検討されている。検討、試作等を経て、2021年度から防災インタフェースシステムの改良が計画されている。



図4. 被害区域図の作成画面イメージ



図5. 光学/レーダ複合プロダクトの作成画面イメージ

3. 防災向けインフラ監視の実証実験

衛星データ解析サービスを中核とした防災向けソリューションについては、SIPでの社会実装検討等を活用した、平時での利用を含んだインフラ監視サービスの提供や、防災向けの衛星データ解析アプリケーションの提供等による事業化が検討されている。現在は、事業化に向けた最初のステップとして、インフラ監視に対する衛星データ利用の可能性・有用性について実証実験を実施する段階にある。次に、防災科研から請け負っている実証実験について述べる。

実証実験の目的は、SIP課題「国家レジリエンス(防災・減災)の強化」(管理法人：防災科研)に位置付けられ、防災科研が推進しているテーマⅡ「衛星データ等即時共有システムと被災状況解析・予測技術の開発」で、SAR衛星による定期的な時系列観測データを用いたインフラ監視についての利活用の可能性の実証、インフラ監視を含めた被災状況解析技術を実装・運用する持続的な仕組みの構築を目指した社会実装化の検討支援である。

現在、実証実験の実実施計画を立案する段階にあり、次にその内容を述べる。

3.1 監視対象と衛星データ

実証実験でのインフラ監視の対象は、海岸堤防、河川

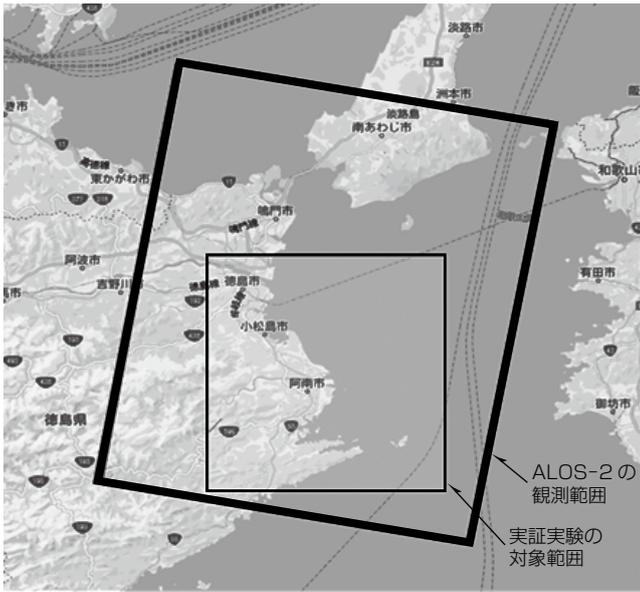


図6. ALOS-2データの観測範囲

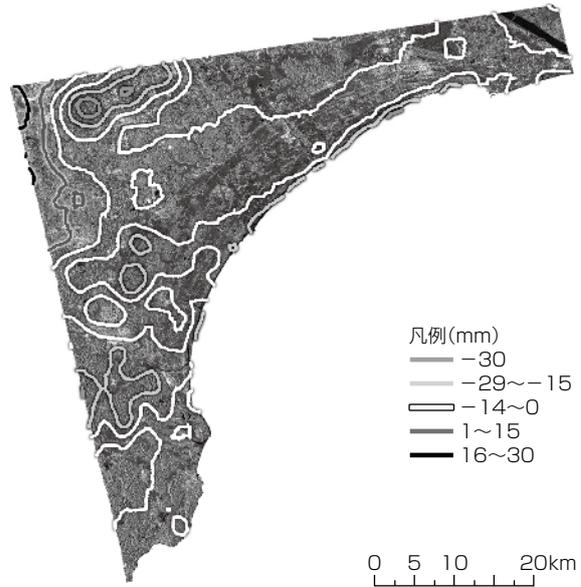


図7. 変動量の表示イメージ

表5. 時系列干渉解析手法

手法	手法概要	利点	欠点	適すると想定される対象
PSInSAR解析	信号が安定した点(PS点)の時系列的な変位量を抽出	変位量が高精度に得られる	変位量は点(PS点)でしか得られない	海岸堤防 港湾施設(堤防等)
SBAS解析	複数の干渉解析結果から逆問題を解き、時系列的な変位量を抽出	面的な変位量が得られる	PSInSAR解析と比較し、抽出精度が劣る	河川堤防 港湾施設(埋立地等)

PSInSAR : Persistent Scatterer Interferometry SAR, SBAS : Small Baseline Subset method

堤防、港湾施設である。使用する衛星データは、ALOS-2のSAR観測データを用いる。また、ALOS-2に比べて空間分解能は劣るものの、観測頻度が高い欧州宇宙機関(ESA)のSentinel-1のデータを収集し、精度比較等の検討に活用する。図6に、使用するALOS-2データの観測範囲を示す。

### 3.2 実証実験

実証実験では、監視対象となる堤防・施設の測量データとの精度比較を行う。複数の大きさのデータ平滑化を試行して精度劣化要因を分析し、監視対象のインフラ規模に対して適切なデータ平滑化手法について実証する。また、時系列干渉解析手法については表5に示す二つの手法を用いて、それぞれの利点に着目し、監視対象インフラへの適用効果について実証を行う。実証実験では、監視対象の海岸堤防や河川堤防等について、沈下・隆起等の変動を時系列で解析評価する。図7に変動量の表示イメージを示す。

### 3.3 利活用可能性の検討

実証実験の結果から、利活用可能なユースケースの検討、

制約条件の具現化を行う。検討に当たっては、監視対象インフラの管理にかかわる利用想定ユーザーへのヒアリングを行い、ユーザーの視点も考慮して、衛星データによるインフラ監視の利活用の可能性等について検討する。

## 4. むすび

防災分野での衛星観測ソリューションの二つの取組みとして、現在開発中の防災インタフェースシステムと衛星データによるインフラ監視の実証実験について述べた。

防災インタフェースシステムについては、2020年度の開発完遂を目指すとともに、並行して機能の高度化についての検討開発を進め、防災向け衛星観測インタフェースシステムとしての拡充を図る。衛星データによるインフラ監視については、実証実験で衛星データの有用性を示す確実な成果を挙げるとともに、インフラ監視サービス提供に向けた当社独自サービスの具体化・差別化の検討を進める。

### 参考文献

- (1) 小山 浩, ほか: 宇宙システム利活用の新時代, 三菱電機技報, 92, No.2, 100~104 (2018)