

災害時初動調査計画への OR 手法導入の試み

国土交通省 国土技術政策総合研究所 ○阪上雅之・國友優・松下一樹・鈴木大和
株式会社パスコ 小川智也・吉川和男・彦坂修平・平松敏史

1. はじめに

南海トラフ地震のような巨大地震が発生した場合、人命救助や救援物資輸送等のため、速やかに道路啓開を行うとともに、二次災害防止対策に着手する必要がある。地震の発生が夜間や悪天候時の場合には、航空機やヘリコプターを活用することが難しく、このような場合には天候等に左右されず地上の観測が可能な合成開口レーダ(以下 SAR)の活用が効果的である。「情報空白時間・地域」を可能な限り排除するとともに、小規模な道路法面や橋梁の状況把握の必要性まで考えると、他国が運用する人工衛星 SAR(以下 Sb-SAR)や、分解能が高い航空機搭載 SAR(以下 Ab-SAR)まで調査リソースとして見込まなければならない。しかしながら、使用する SAR プラットフォームの数が増えると、統合運用が非常に複雑となり、円滑なオペレーションのためには何らかの対策が必要となる。

このため本研究では、①Sb-SAR や複数の航空機等が併用された、2011 年東日本大震災の初動調査をレビュー行った上で、②複数の SAR プラットフォームを用いて効率的に初動調査を実施するためのアルゴリズムを検討し、③オペレーションズリサーチ(以下「OR」)の手法を用いた災害時初動調査計画立案支援システム(Mission Planning Support System for Disaster Reconnaissance, 以下「MiPSS」)を構築した(プロトタイプ版)。また、MiPSS を活用し、九州地方における南海トラフ巨大地震による想定震度 5 強以上の地域について、複数 SAR プラットフォームを組合せた初動調査に関するシミュレーションを試みた。

2. 初動時の対応状況及び留意点の整理

近年あった大規模災害から、リモートセンシングによる調査実績が多かった東日本大震災を取り上げ、リモートセンシングセンサの活用状況や、画像取得に要した時間について情報を整理し、留意点を抽出した。東日本大震災初動時の実績について以下に示す。

- 最も早く現地状況を確認できたのは、ヘリコプター「みちのく号」(東北地方整備局)で、地震発生 30 分後に仙台空港を離陸した¹⁾。ヘリコプターは、1 回の飛行で観測可能な範囲は衛星と比較して局所的だが、機動性に優れており迅速な現地確認に効果的であった。
- 光学衛星(以下「Sb-Opt」)ALOS での撮影は最速で地震後 20 時間後²⁾であったが、衛星軌道が東北地方の内陸部が中心であり、雲が多く、被害状況は局所的にしか観測できなかった。センチネルアジア

(注:地球観測衛星など宇宙技術を使ってアジア太平洋域の自然災害の監視を目的とした国際協力プロジェクト)の枠組みにより、FORMOSAT-2 で 19 時間後に撮影。データも 4 時間で届き、海外 Sb-Opt の利用が迅速な被害状況の把握に役立った³⁾。

- SAR 画像を最も早く撮像できたのは、Ab-SAR (Pi-SAR2:NICT)であった⁴⁾。Sb-SAR での撮影は、軌道の関係で地震後 26 時間後であった²⁾。

以上のように、天候が悪い時は Sb-Opt による災害状況の把握は難しく、Sb-SAR を積極的に活用することになる。しかしながら、衛星軌道やデータ送受信の関係から Ab-SAR の方が画像取得できるタイミングが早い場合もある。このため、初動時のクリティカルパスを短縮化するためには Ab-SAR の積極的利用を念頭に検討を進める必要がある。また、ヘリコプターを用いて情報収集できる範囲は局所的ではあるが、災害直後に離陸できるため、優先度が高い地域を事前に設定して、観測計画に含めることが望まれる。

3. MiPSS の構築

検討した MiPSS の基本アルゴリズムを図 1 に示す。天候等の環境条件が良い場合は航空機等による光学観測を優先的に行い、観測タイミングの時刻の雲量等をメソ数値予報モデル GPV から判断し、光学観測が難しい場合に SAR を用いた観測を行うフローとした(なお、現時点で雲量等を自動で取り込む機能等は実装していない)。MiPSS は、地方整備局での利用を念頭におき、発災時の環境条件を「Microsoft Excel」に入力し、指定した対象地域と Sb-SAR 等各種センサプラットフォームによる観測機会検索を「Systems Tool Kit(AGI 社)無償版」で行い、「Microsoft Project」で全てのタスクを統合し、タスク処理のクリティカルパスを計算するようシステムとなっている。

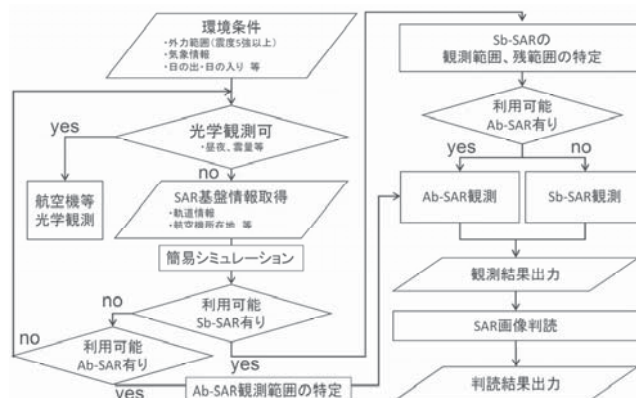


図 1 MiPSS の基本アルゴリズム

4. 初動調査シミュレーションの試行

4.1 対象範囲

内閣府報道発表資料(2012/8/29 発表)の「南海トラフの巨大地震による津波高・震度分布等」のうち、最も大きな被害が想定されている震度分布(陸側ケース)の九州地方で震度5強以上の地域を対象に設定した。

4.2 使用センサ

Sb-SARは、災害時に利用可能な主な4種類を検討した。Ab-SARは、航続可能距離が長いガルフストリームIIの使用を想定した。Ab-SARのセンサについては、本検討では観測刈幅の広いPi-SAR-L2を用いることとした。

表1 使用リソース諸元及びタスク処理時間

(a) 使用リソースの諸元		(b) タスク処理時間	
プラットフォーム	備考	タスク	時間(h)
衛星SAR (Sb-SAR)	ALOS-2	衛星の観測オーダーまでの時間	2
	TerraSAR-X	航空機のスクランブル発進までの時間	1
	RADARSAT-2	1機の航空機が2回以上の観測を行う際の再フライトまでの時間	1
	COSMO-SkyMed1-4	衛星or航空機から画像データを取得するまでの時間	1
航空機SAR (Ab-SAR)	ガルフストリームII	判読等の処理に要する時間	2
	Pi-SAR-L2(JAXA)	判読結果を出力する時間	1

4.3 検討条件

地震発生時の天候は悪く光学画像での観測は不可能な状況を想定。

Sb-SAR ALOS-2が

Noon-midnight 軌道であることを念頭に、「発災時刻」は、発災直後にALOS-2で撮像可能な午前10時と、撮像機会を逃す午後0時の2ケースとした。シミュレーションに用いたリソースの諸元とタスク処理時間を、それぞれ表2(a)及び(b)に示す。なお、Sb-SARは2016年2月29日を起点に観測タイミングを計算した。

4.4 シミュレーションの試行

(発災後直ちにSb-SARで観測可能な場合)

発災3時間後にALOS-2により大分県から鹿児島県の沿岸部を観測できるが、内陸部については発災32~33時間後のCOSMO-SKYMEDを待つ必要がある。

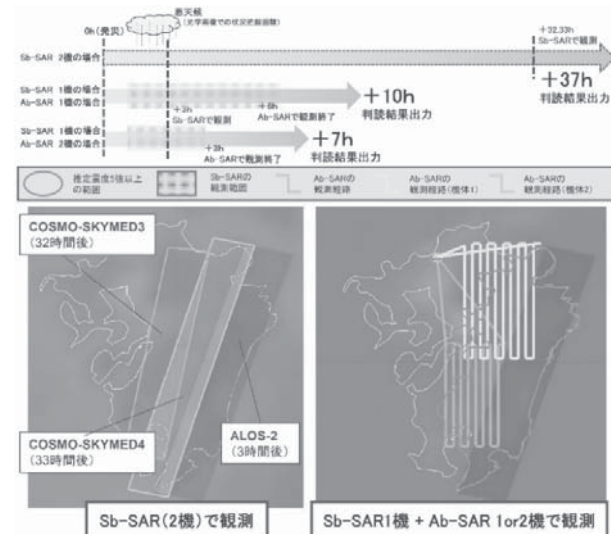


図2 発災後すぐに衛星で観測可能な場合の計画案判読結果の出力には発災後37時間程度を要する。

Sb-SAR1機とAb-SAR1機または2機を組合せた場合は、発災7時間、10時間後に判読結果を出力することができ、機動性の高い航空機を併用することでクリティカルパスを大幅に短縮可能となる。

(発災後直ちにSb-SARでの観測ができない場合)

このケースの場合、Ab-SARにより観測を行うことになる。Ab-SAR1機による観測を行う場合、判読結果出力までは概ね14時間、仮に2機投入できれば発災後10時間で判読結果の出力が可能であった。

このように、発災後直ちにSb-SARの観測可能範囲とタイミングを知ることができれば、重複無いうちにAb-SARによる観測対象範囲を決定することが可能となり、効率的かつ迅速な初動調査計画の立案が可能となる。

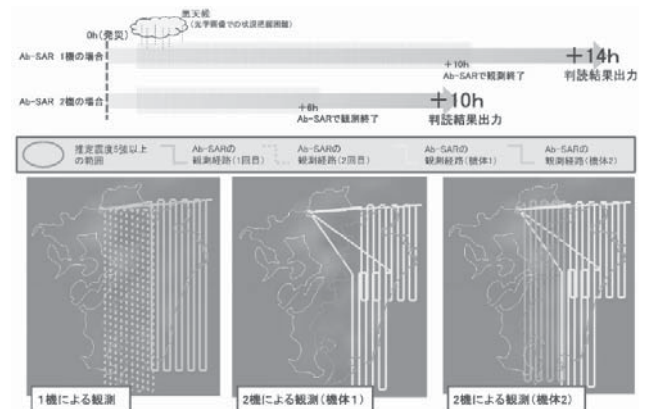


図3 発災後すぐに衛星で観測できない場合の計画案

5. 結論

本研究では、複数のSARプラットフォームを組み合わせ、効率的かつ迅速な初動調査計画を立案するためのツールMiPSSの開発を行った。現時点ではあくまでプロトタイプ版に過ぎず、シミュレーションに関してもタスク処理時間等については机上のものであり、調査完了までに要した時間自体、現時点では意味があるものではない。このため、今後、効率的に対象物(例:天然ダムや崩壊地等)を発見できるよう、OR分野で使用されている搜索理論等を活用したアルゴリズムの高度化を図るとともに、防災訓練等を通して各種タスク処理時間の評価式の精度向上等に努めていきたい。

<参考文献>

- 1) 国土交通省東北地方整備局(2015)東日本大震災の実体験に基づく災害初期指揮心得, 2651p.
- 2) 一般社団法人 日本写真測量学会(2012)東日本大震災への写真測量分野の活動記録
- 3) 独立行政法人 宇宙航空研究開発機構(2011)東日本大震災対応報告書, 104p.
- 4) 浦塚(2011)東日本大震災被災地のPi-SAR2による緊急観測. NICT NEWS, 404, 1-2
- 5) 原田ほか(2015)高高度滞空型無人航空機システム:研究開発構想と土砂災害防災ミッション. 日本航空宇宙学会 第53回飛行機シンポジウム講演要旨