

巻頭言

災害把握のためのリモートセンシング技術の展望

防災科学技術研究所主幹研究員

千葉大学名誉教授

山崎 文雄

筆者はもともと建設会社の土木技術者として、構造物の耐震設計や地震応答解析を業務として行ってきたが、約30年前に大学に籍を置くようになり、より幅広く都市防災やライフライン防災を研究するようになった。そのような中で、約20年前より広域災害把握のためのリモートセンシング技術の利用を研究するようになった。この間、1995年兵庫県南部地震、2011年東北地方太平洋沖地震、2016年熊本地震、2018年西日本豪雨をはじめとする我が国の自然災害や、2004年スマトラ島沖地震、2008年中国四川地震、2011年タイ大洪水などの世界各地の災害状況を現地調査するとともに、衛星や航空機からのリモートセンシングデータを用いた被害把握を行ってきた。

リモートセンシングは、宇宙や空中より、光や熱などの電磁波を観測するセンサを用いて、地表や大気の状態を把握する技術を指す。代表的なものが、人工衛星による気象観測や陸域観測であり、すでに約半世紀の歴史を有する。このような観測データの主な利用先は、以前は衛星画像の空間分解能が最大で20-30 m 程度であったこともあり、資源探査や環境把握に使われていた。防災利用に関しては、大規模な斜面崩壊などの地盤災害や、堪水が長期に続く大陸型洪水の把握など、地表における変状が広域にかつ長期にわたるものに限定されていた。取得されたデータの典型的な利用法は災害前の現況を把握するもので、これは防災利用に限られたものではなく、都市計画や環境保全分野と同様の使い方である。もう1つの利用法は、災害発生後の被害状況の把握で、自然災害や人為災害、環境破壊なども含めて、地球表面の時系列変化を観察するものである。

とくに1995年兵庫県南部地震以降、リモートセンシングの防災利用が拡大したのは、センサとプラットフォーム（衛星、航空機など）の技術革新に負うところが大きい。センサとしては、光学（可視・近赤外）センサ、マイクロ波センサ、熱赤外センサなどが代表的なものであり、これらの空間分解能が大幅に向上したことが、利用が拡大した最大の要因といえる。これまでは市街地の延焼範囲や浸水範囲を把握できる程度だったのに対し、



図1 空間分解能15 m (左) と同60 cm (右) の光学衛星画像 (イラン・バム市) の比較

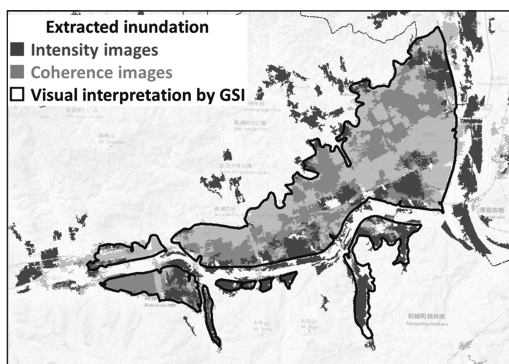


図2 ALOS-2 衛星画像による2018年西日本豪雨による倉敷市真備町の浸水範囲抽出結果

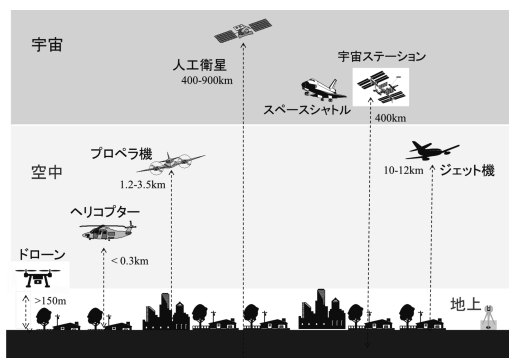


図3 リモートセンシングに用いられる各種のプラットフォーム

2000年以降、解像度1 m 以下の高分解能光学衛星が登場し、建物1棟単位の(被災)状況も観測できるようになった(図1)。また、全天候型のマイクロ波センサ(合成開口レーダ:SAR)を搭載した衛星が増えたことも、気象災害などへの利用が拡大した一因である。波長の長いマイクロ波は雲や煙を通すため、台風や火災の時でも地表の様子を観測可能で、浸水域の抽出などに極めて有効である(図2)。

近年、世界各国の宇宙機関と政府防災機関は、大災害時の衛星画像の提供に関する協定「国際災害チャータ」を締結し、緊急観測された衛星データは、当事国の緊急対応や国際的な救援・支援活動に利用されている。また国際チャータのアジア太平洋版ともいえるのが、JAXAが提唱し2006年に発足したセンチネル・アジアで、同地域の自然災害の監視を目的として頻繁に発動され、日本の衛星画像もこれらの活動に提供されている。

各種のセンサを搭載するプラットフォームについては、図3に示すように大気圏外のプラットフォームとして光学センサやSARを搭載した人工衛星、それに全球の標高データ作成に貢献したスペースシャトルなどが挙げられる。大気圏内では、固定翼航空機やヘリコプターが代表的なものであり、デジタル航空カメラや各種センサが搭載される。また最近では、4つ以上の回転翼を有する無人航空機



図4 熊本県西原村の大切畑大橋周辺のドローン空撮画像(左)とそれらから構築した3Dモデル(右)

(UAV, ドローン)の高性能化・小型化が進み、地上からのアクセスが容易でない場所の空撮や輸送手段として、急速に利用が広がりつつある。災害調査においては、有人機では困難な数十メートル程度の低空から高細密な画像を取得することができ(図4)、操縦が容易で機動性に優れる点などから、本格的に活用されるようになった。その一方で、ドローンが安全やセキュリティ上問題のある場所を飛行する事例が多発し、日本では2015年12月以降、人口密集地域や空港周辺などの飛行が規制され、さらに2022年6月からは重量100g以上の機体の登録も義務付けられた。構造物の点検や被災調査、行方不明者の捜索などにおいてドローン空撮は極めて有効と考えられ、その利便性が損なわれないことを希望する。

航空リモートセンシングでもう1つ重要なものが、航空レーザー計測である。航空機にスキャン式レーザー測距儀とGPSを搭載し、地上基準局のGPS受信データと照合することでセンサ位置を求め、航空機の姿勢計測装置(IMU)によって照射方向を高精度に把握する。照射レーザー光が地表面から反射して戻ってくるまでの短い時間を計測して対地距離を求め、これらからレーザー光のフットプリント(地上測点)の位置情報(緯度、経度、標高)をデジタルデータで取得するものである。この航空レーザー計測で得られたデータを空間補間して作成した地表面モデルは、DSM(数値表面モデル)と呼ばれ、建物等を含

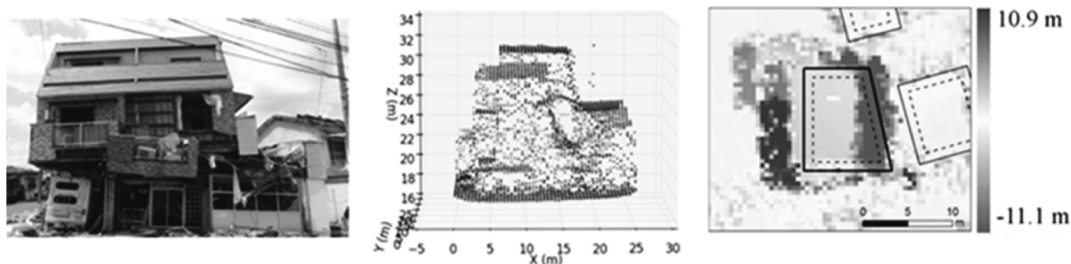


図5 熊本地震で層崩壊した建物(左)と航空レーザー計測による本震前後の建物DSM(中)および建物DSMの差分による変化抽出(右)

む全ての地表面の位置情報デジタルデータである。一方、DSM から建物等の構造物を除去（フィルタリング）した地形モデルはDEM（数値標高モデル）と呼ばれる。国土地理院の「数値地図5mメッシュ（標高）」はこのDEMである。図5は熊本地震の本震の前後に取得された倒壊した建物のDSMを比較している。航空レーザー計測では、地表面の詳細な3Dモデルが得られるので、構造物の被害把握にも大いに利用が期待される。

本稿では、宇宙及び空中からのリモートセンシングによる災害把握の最近の動向について解説した。リモセンデータの特徴は空間情報を定量的かつ視覚的に理解できることである。また、災害発生直後にアクセスが難しい被災地の状況を観測することによって、災害応急対応に必要な情報を与えてくれる。しかし残念なことに、災害対応業務を行う人たちには、未だリモセンデータの解釈や利用法が充分には普及していない。防災科学技術は実用に供して初めて有用なものといえるので、今後多くの若手研究者が、リモセンデータの防災利用の研究開発と普及に加わってくれることを期待している。