

# 衛星情報による災害解析手法

原 政 直

衛星リモートセンシングは、宇宙から「複数の目」を持ったカメラで観測し、対象物の特徴や性質、あるいはその状況などの情報を抽出し、可視化する技術であり、地球観測には極めて有効な技術である。中でも防災への利用や環境のモニタリングへの利用のニーズは高く、それらを目的とした人工衛星は欧米を中心に、日本を含む各国で運用されている。

本報文では、防災利用を目的とした衛星リモートセンシングの特徴を説明し、災害適用の事例とその解析手法についての概要を述べるとともに、今後の展望について触れる。

キーワード：衛星リモートセンシング、地理情報システム、航空測量、防災、スペクトル解析、高分解能衛星、合成開口レーダ

## 1. はじめに

衛星リモートセンシングとは、人工衛星による地球観測を行う技術で、1970年に打上げられた米国海洋大気庁のTIROS/Mに始まる<sup>1)</sup>。以来、既に35年余を経過し、その間、気象観測や資源探査、農業、林業、水産業などの現業分野、土地利用、土地被覆といった環境調査や防災分野への研究や適用が行われてきている。

衛星リモートセンシングの特徴は、

- 一定周期で地球を周回し、繰返し観測する定期性と継続性、
  - 同じセンサで観測を行う均一性、
  - 数十キロから数千キロを一瞬にして観測できる広域性や同時性、
  - 観測されたデータがデジタルで地上に送られ、すぐに画像情報として閲覧、解析できる即時性、
- などが挙げられる。これらの特徴を生かしたアプリケーション開発は、制御技術やセンサ技術、通信やコンピュータ技術、画像処理や地理情報システム（GIS）などのソフトウェア技術のめざましい進歩とあいまって急速に進展してきた。かつては、衛星リモートセンシングといえばデータ容量が大きく処理にも時間がかかり、国の研究機関や大学でなければ利用できないといわれていたが、近年の小型軽量で高性能かつ安価なパーソナルコンピュータ（PC）の出現により、一般ユーザ

にも気楽に利用できる時代になってきた。

本報文では、このような背景の中、衛星リモートセンシングの防災利用について述べる。

## 2. 防災と衛星リモートセンシング

我が国をはじめとするアジア地域は、地形や地質あるいは気象的条件から自然災害が発生しやすい環境にあり、毎年、多くの人命や財産が失われている。しかし、現代の科学によっても自然災害の「予知」や「防止」はできない。最近では「災害を防ぐ」というより、「被害の軽減」を凶るという考え方から、その表現も「防災」から「減災」に変わってきている<sup>2)</sup>。

衛星リモートセンシングは、この被害の軽減に資するための一助を担うことができる。

衛星リモートセンシングを「減災」に利用する際、対象とする災害やその特質を知ることはもちろんであるが、利用しようとする衛星やその観測器（センサ）の性質についても、知識が必要になる。ここではいくつかの災害適用事例を示し説明する。

なお、本報文では「減災」という言葉は使わず、これまでの「防災」を使用するが、その意味するところは「減災」である。

### （1）気象衛星と防災

防災利用で最も実用化している衛星リモートセンシングに、気象災害で利用される静止気象衛星（ひまわ

り)がある。ひまわりは緯度的に日本付近を中心として、全球の観測を行い画像として見られる(写真-1)。

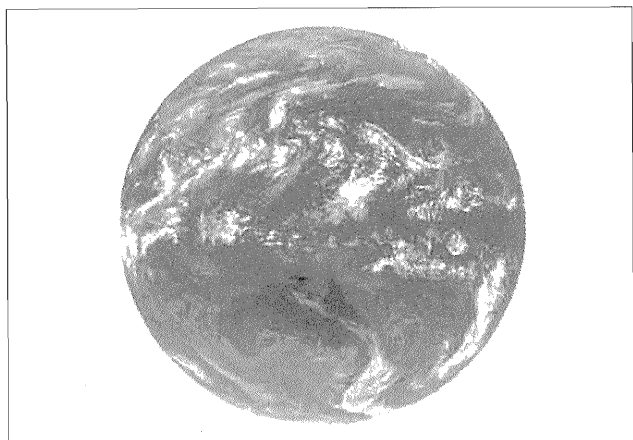


写真-1 気象衛星ひまわりで観測された雲画像

搭載しているセンサは可視光線や赤外線による観測ができるため昼夜を問わない観測ができる。また、地球に同期して周回する静止軌道は、1時間に1回という高い時間分解能で観測できるため、台風の発生からその成長過程、進路を逐次観測でき、特に、進路の予測には重要な役割を果たしている。ひまわりの観測範囲は、「天気は西から変わる」に対応して西はインド西端から、南北は両極までの広い観測幅を持ち、ロシア北部から下ってくる「冬将軍」なども察知でき、気象の予報には欠かせない存在になっている。

## (2) リモートセンシングと防災

リモートセンシングは、日本語で「遠隔探査」と表現しているが、中国語では「遥感」と表現されている。さすがに漢字の生まれた国だけあり、その特徴とするところを的確に表現している。つまり、リモートセンシングの最大の特徴である遠隔地から非接触で「対象



写真-2 NOAAで観測されたロシア東部の林野火災

物や場所」の「特性や状態」を知るための技術で、火山噴火のように人が近づけないような危険な場所や林野火災のようにアクセス方法がない場所の状態や状況の把握(写真-2)には最も有効な手段といえる。

特に、噴火中や噴火の恐れがある火山には、人が近づくことはもちろん、航空機による上空飛行ですらできない。しかし、衛星リモートセンシングでは噴火口を直上から観測することができる(写真-3)。

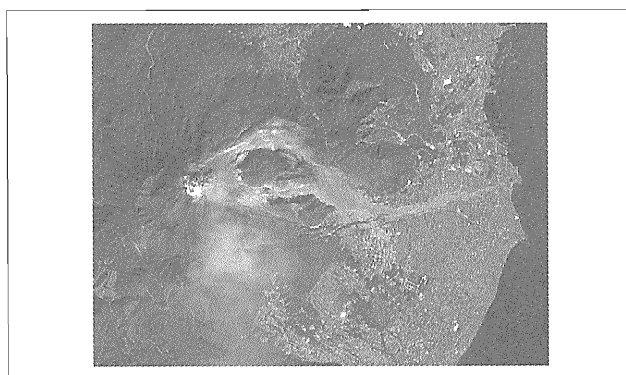


写真-3 SPOT衛星で観測された長崎県雲仙普賢岳の噴火  
(© CNES)

衛星リモートセンシングでは可視光線や近赤外線(0.78~1.3 $\mu\text{m}$ )のように太陽光の反射スペクトルだけではなく、短波長赤外や中間赤外(1.3~8 $\mu\text{m}$ )、熱赤外(8~14 $\mu\text{m}$ )という放射波長域でのスペクトル観測ができる。これらのスペクトルを解析することにより、噴火による降灰域や異常高温域の検出、噴煙と雲との分別など、その状況の把握や予兆現象を抽出することが可能である。

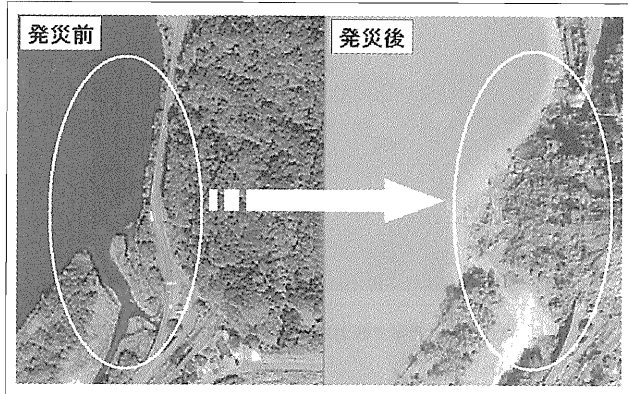
## (3) 高分解能衛星とリモートセンシング<sup>3)</sup>

「大災害」といわれるような「災害の規模」は、地震の震度や噴火の大きさ、洪水による冠水域の広さではなく、人命や財産に対する影響の大きさで決められる。したがって、震度が弱くても、都市部に発生する直下型の地震のように大災害になることがある。

大都市での発災は、高度に発達した道路や鉄道、通信網、電気、水道、ガス等のライフライン、建物、堤防、その他の人工構造物など、基盤インフラストラクチャが大きなダメージを受け、また、人口密度が高いことから人命、財産への直接的な被害が大きくなる。このような都市型の災害には、如何に早く初動体制をつくり、避難・救援活動ができるかが「減災」の重要な要素になる。初動体制を作るためには、被災域や被災状況の早期把握が必要で、この早期把握に高分解能衛星が利用できる。

衛星リモートセンシングの利用法は大きく二つに分

かれ、その一つが前項で述べたスペクトルを観測して利用する方法であり、もう一方が、航空測量で使われる航空写真的な利用法である。高分解能衛星は、この後者の使われ方が多く、地上分解能 60 cm~1 m 程度の写真として利用される。この高分解能衛星は都市域の密集したところでも、ビルや住宅の被災状況が判読できる。また、写真—4 に示すように、発災の前後の画像を比較するだけでも、その災害域やその状況の判読ができ、被災域や被災状況を早期に把握する一つの道具としての役割を担うことができる。

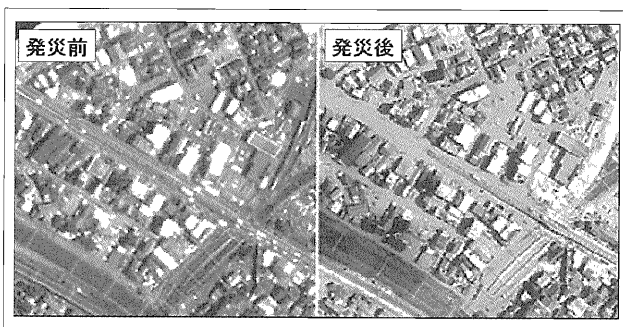


写真—4 高分解能衛星 IKONOS で観測された新潟県中越地震による岩石崩落前後の画像 (©日本スペースイメージング(株))

#### (4) 地理情報システムと防災

高分解能衛星画像は、測位システム (GPS) や地理情報システム (GIS)、あるいは CAD データなどと組み合わせ、災害救助や復旧支援への有効な利用が考えられる。

人工衛星で観測された画像データは、衛星の軌道情報などから精密な幾何補正を行い、地図投影処理を行うことにより、画像を構成する各画素に位置情報を持たせた精密な画像地図として利用することができる。この位置情報を利用することにより、距離や周長、面積などの計測や GIS のベースマップとしての利用、あるいは被災後の高分解能衛星画像と GPS データを組み合わせるナビゲーションシステムを構築し、



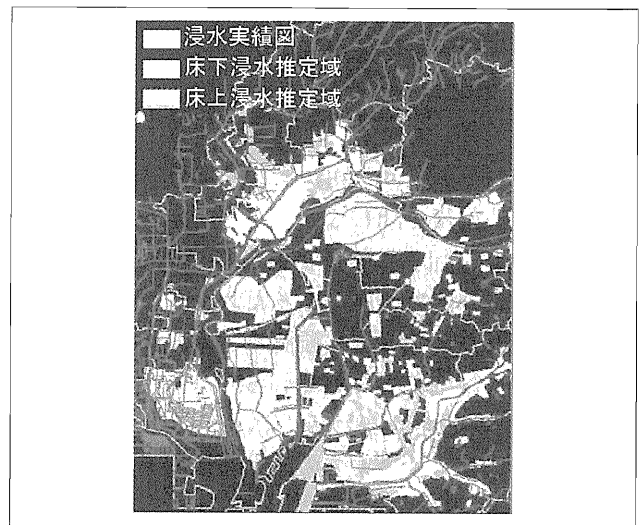
写真—5 高分解能衛星 IKONOS の東海豪雨災害前後の画像 (©日本スペースイメージング(株))

被災地の救助活動の支援システムとして役立てることができる。

写真—5 は 2000 年 9 月に発生した台風 14 号による東海豪雨災害後の高分解能衛星 IKONOS の画像である。

写真—6 はこの浸水前後の画像の鉄道や道路、陸橋などの構造物や地形図を参考にして浸水深の推定を行ったもので、災害状況の定量的な分析ができる。

さらに、過去の浸水実績図などと共に GIS 化することによって、水害ハザードマップの作成に役立てることができる。



写真—6 浸水前後の画像から生成した浸水深推定図 (©(株)ビジョンテック)

### 3. 衛星リモートセンシングの解析手法<sup>1)</sup>

独立行政法人宇宙航空研究開発機構では、その機構改革前の宇宙開発事業団時代から、「衛星利用推進委員会」を設け、その委員会下部に各分野の研究者、専門家、有識経験者で構成する「防災利用ワーキンググループ」を組織し、活発な活動を行っている。

このワーキンググループの活動の一環で、国の研究機関や大学など、これまで各所で行われた衛星リモートセンシングの防災分野への利用研究の成果を収集し、分類し、それぞれの解析事例や解析手法を簡潔に分りやすくしたものを「衛星情報による解析事例の紹介」として取りまとめ、ホームページを制作した。

このホームページの制作意図は衛星リモートセンシングの防災利用の普及と、実際に利用しようとする防災担当者のための入門書的なもので、その利用の促進に資することを期待したものである。

現在、このホームページ (写真—7) は下記のアドレスで公開している。

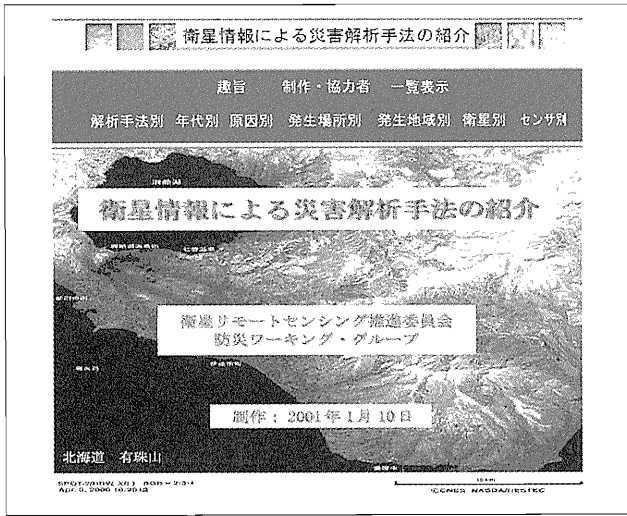


写真-7 「衛星情報による災害解析手法の紹介」のトップページ  
 (© CNES NASDA/RESTEC)

<http://www.restec.or.jp/eoc/bosai/bousai/v11.htm>  
 以下、このホームページについて簡単に紹介する。

(1) 特徴

衛星リモートセンシングを災害解析に適用した具体的事例を取上げ、その解析の手順がわかるフローチャートを付与し、そのフローチャートに可能な限り、中間処理画像やグラフ、表、数式などをリンクさせ、より理解しやすいものとしている。

現在、収集された災害適用事例（以下、事例という）は30例あり、これを解析手法別、原因別、発生場所別、発生地域別、年代別、衛星別、センサ別、一覧表示の8つの大分類から検索・閲覧できるようにした。それぞれの分類は、さらに中分類、小分類に分けられ、その各分類項目を選択することにより、該当する事例の一覧が表示される。この事例一覧から任意の事例を選択すればその事例で使用された解析手法の概要やフローチャート、中間処理画像、結果画像、評価・検証などが閲覧できる。

また、登録されている事例はいろいろな視点から検索、閲覧することができるように重複登録され、一つの事例を解析手法別、原因別、発生場所別などいずれの分類項目からでも検索できる。

(2) メニューの詳細

トップメニューにある大分類項目から選択する。大分類は解析手法別、一覧表示、年代別、原因別、発生場所別、発生地域別、衛星別、センサ別の8項目から構成されており、詳細は以下のとおりである。

(a) 解析手法別

各事例で使用している解析手法を抽出してキーワー

ドにし、そのキーワードを幾何補正、輝度補正、画像処理、スペクトル解析、統計解析、検証・比較、SAR解析の中分類と小分類にまとめている。表示された解析手法メニューの画面には、この中・小分類の項目を縦軸に、また、収集・登録された30の事例に付与した番号（文献管理番号という）を横軸に、マトリクス状に配し、表示している。縦軸、即ち、文献管理番号を選択すれば、その事例ではどのような手法を使用したのかが分かり、横軸を選択すれば、その選択された「手法」がどのような事例で使用されたのかが分かる。

(b) 一覧表示

登録事例の全数を一覧表示し、その一覧表示された事例の中から任意の事例を選択すれば、その解析手法の概要、フローチャート、中間画像や結果画像の閲覧ができる。

(c) 年代別

各事例で対象とした災害の発生時期を抽出し、1970、1980、1990、2000年の年代毎にまとめられ災害発生年代別に、検索・閲覧ができる。

(d) 原因別

各事例で対象とした災害の発生原因を抽出し、河川洪水、火砕流、地盤沈下などの小分類にまとめられている。したがって、原因別メニューの中からキーワードを選択することにより、災害の発生原因別に、事例の検索・閲覧ができる。

(e) 発生場所別

各事例で対象とした災害の発生場所を抽出し、都市、斜面、農地、森林、河川、海洋、地盤等に分類してまとめられている。したがって、写真-8に示す発生場所別メニューの中からキーワードを選択することにより、発生場所別に事例の検索・閲覧ができる。

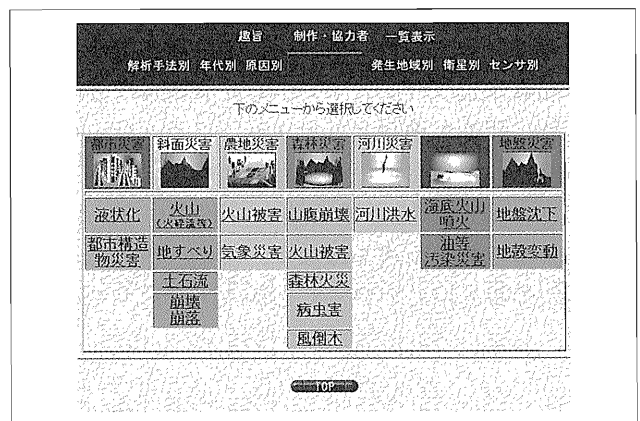


写真-8 発生場所別メニュー画面

(f) 発生地域別

各事例で対象とした災害の発生地域を抽出し、都道府県市単位に分類してまとめられ、その位置は日本地

図上にマーキングして表示される。このマーキングされた位置を選択することにより、その発生地域別に事例の検索・閲覧ができる。

#### (g) 衛星別

各事例で使用した地球観測衛星を抽出し、LANDSAT, SPOT, JERS-1, ERS-1, MOS-1, RADARSAT, 航空機別に分類してまとめられている。したがって、衛星別メニューの中から衛星名を選択することにより、その衛星を使用した事例の検索・閲覧ができる。

#### (h) センサ別

各事例が使用した観測センサを抽出し、センサ毎に分類してまとめられている。したがって、センサ別メニューの中からセンサを指定することにより、そのセンサを使用した事例の検索・閲覧ができる。

### 4. 防災利用における防災利用の展望

衛星リモートセンシングは、これまで述べてきたようにいろいろな特徴がある。しかし、一方で、被雲により観測が不能となるような不安定性と、衛星の周回に合わせた観測のため、発災時に合わせた観測ができないというタイムリー性の問題がある。

被雲の問題に関しては、全天候型のアクティブセンサである合成開口レーダの防災利用への研究が進められており、また、複数の周波数や偏波を組合わせて利用するような多周波・多偏波レーダの研究も始められており、今後の成果が期待される場所である。

一方、タイムリー性の問題に関しては、これまで衛星の直下の観測しかできなかったセンサに「首振り」の機能（ポインティング）を持たせ、地上からのコマンドで斜方向観測を可能にしたため、観測の頻度は向上してきている。また、準天頂衛星や静止型衛星、あるいは編隊衛星（コンスタレーション）などの利用による高頻度観測も検討されており、タイムリー性の問題が解決される日も近いものと思われる。

さらに、高分解能衛星の地上分解能が50 cm程度に向上する日もそう遠くはなく、また、世界で運用される衛星の数も増えていくことから、衛星リモートセ

ンシングの防災利用の今後は、発災の早期把握や予兆の検知への利用になっていくものと思われる。

### 5. おわりに

衛星リモートセンシングは、人間の目では見えないものを、画像という人間にとって最も分かりやすい形に変えて見る可視化の技術でもある。

形や色といった写真的な情報から、対象とする物の性質や状態を解析、抽出し、それを色で表し、分かりやすくする。色を合成するカラーコンジット法や分類画像の分類要素に色を割当てて表現するカラーマッピング（擬似カラー）法などによって、客観的で、誰にでも判読ができるような画像にして利用する。したがって、衛星リモートセンシングでは、その画像（画素）の持つ色に重要な意味を持つことが多い。

本報文では、印刷上の制限からモノクロ画像を使用しているが、是非、一度、衛星リモートセンシングの画像を手にして、実際に自分の目で見て頂きたい。また、本報文が衛星リモートセンシングの利用を考えている読者にとって、少しでも参考になれば幸いである。

#### 《参考文献》

- 1) 原 政直：リモートセンシングにおけるデータベースの重要性と今後の課題、計測と制御、計測自動制御学会, Vol. 43, No. 11, pp. 893-896 (2004).
- 2) 竹田 厚：「災害管理」と宇宙技術、自然災害科学、日本自然災害学会, Vol. 20, No. 2, pp. 127-128 (2001).
- 3) 村井俊治（総編集）：測量工学ハンドブック、朝倉書店、第9章、第5項 (2005).
- 4) 諸星敏一、原 政直：地球観測データによる災害状況検出事例集、第27回学術講演会論文集、日本リモートセンシング学会, pp. 219-220 (1999).

JCMA

#### 【筆者紹介】

原 政直（はら まさなお）  
株式会社ビジョンテック

代表取締役

工学博士

千葉大学環境リモートセンシング研究センター共同利用  
研究員

インドネシア国立ウダヤナ大学海洋科学リモートセン  
シング研究センター教授

