

7-9. 災害等に対応した人工衛星利用技術に関する研究

「災害等に対応した人工衛星利用技術に関する研究」

国土技術政策総合研究所
 国土地理院
 土木研究所
 建築研究所

1. 研究の目的

我が国は、その自然的条件から、地震・火山噴火・台風・豪雨等による災害が発生しやすく、かつ、人口・資産が高密度に集積している社会的条件から、ひとたび大規模な災害が発生すると甚大な被害に見舞われる可能性が潜在している。また、地球温暖化・都市部のヒートアイランド現象・環境ホルモン等、人々の生命や住環境に影響する環境面の問題が顕在化している。これらの災害や環境問題に的確に対応するためには、国土全体に対する面的・広域的かつ定常的な監視・観測を行うことで、国土管理に必要な様々な情報を一元的・包括的に収集・分析・管理し、迅速な情報提供および情報共有を可能とする「国土管理技術」を構築する必要がある。

一方、航空宇宙技術分野では地球観測衛星に搭載される光学センサの高分解能化や SAR（合成開口レーダ）の実用化が進展しており、解析技術の高度化や各国の観測衛星打上げ計画等の状況から、今後、衛星データの利活用分野が飛躍的に広がると考えられている。

本研究では、国土の状況を広域的、かつ、瞬時に繰り返

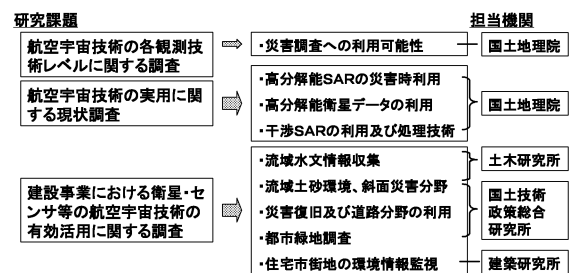


図-1 研究課題の構成

返し観測するための技術である衛星リモートセンシング等の航空宇宙技術について、脆弱な国土構造下における災害リスクや環境リスクの軽減を図ることを目的とした利用の現状を調査し、基本的課題の整理を行うとともに、今後の国土交通省における衛星データ利用の方向性についてとりまとめた。また、「国土管理技術」の展開を支援するため、情報収集手段としての人工衛星利用技術の有効活用を図ることを目的とした研究課題を設定して調査研究を行った。研究課題の構成を図-1に示す。

2. 研究内容

2.1 国土交通省における衛星データ利用の方向性

(概要) 衛星利活用の現状および課題を整理し、国土交通省における衛星データ利用の方向性を提示することを目的に「航空宇宙技術委員会」（委員長：大林成行・東京理科大学教授）を開催した。委員会では、国土交通省における衛星データ利用の課題として①衛星データ固有の課題②利用体制・利活用モデル等の課題③連携に関する課題をあげ、個別課題ごとに、技術的課題および体制・仕組み等の課題に整理した。技術的課題に関しては、情報処理技術の発展や新たな衛星計画等において利用環境が整いつつあることが示された。一方、体制・仕組み等の課題に関しては、役割分担等を含めた衛星データ利用の方向性を示し、具体的な体制整備や利用モデルの適用を図っていく必要があるとされた。そこで、これらの課題と①衛星データの具体的な利活用モデル②産・官・学、国土交通省内の役割分担および研究体制③今後の宇宙技術利用と技術開発等の方向性について報告書を取りまとめた。

2. 2 航空宇宙技術の各観測技術レベルに関する調査

2. 2. 1 航空宇宙技術の災害への利用の可能性に関する調査

(研究概要) 自然災害（地震災害、火山災害、風水害、雪氷災害）に対して、「災害のライフサイクル（発生前、発生直前、発生直後、救助復旧時、復興時、復興後）」の各段階において、災害対策上必要となる衛星データの種類・精度を明らかにするとともに、全国の主な自治体、公共公益施設管理者等の防災担当者に対し、防災 GIS と衛星データの利用状況についてアンケート調査を実施し、災害調査における衛星データ活用フロー図としてとりまとめた。

(研究成果)

(1) 災害種別ごとに、自然事象・災害事象・行政対応が互いに連鎖しあって構成される時系列連鎖フローと災害のライフサイクルの考えに基づき、データ利用主体（調査者・行動者・対策者）別に必要となる情報を明らかにした。また、災害種類別に衛星データに求められるものには、地震災害では高分解能化・多頻度観測化、火山災害では高スペクトル分解能化・悪天候や夜間においても観測が可能な SAR データ、特にポラリメトリック SAR や InSAR など取得データの多様化、風水害では多頻度観測化・SAR データの多様化、雪氷災害では高空間分解能化・SAR データの多様化があげられた。

(2) 全国の主な自治体等の防災担当者に対して、衛星データのニーズ並びに衛星データと GIS の連携利用に関するアンケート調査を行った結果、衛星データを迅速かつ廉価に入手できること、衛星データを扱う技術の習得や技術者の育成、国や自治体間で連携したシステムの整備が望まれていることが分かった。

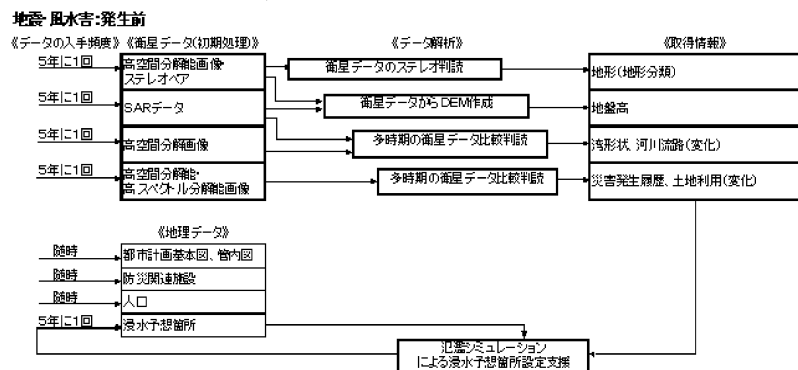


図-2 衛星データと地理データの連携利用フロー図
(地震・風水害：発生前の例、一部抜粋)

(3) 以上の検討をもとに、衛星データの利用可能性が高いと評価された項目を対象として、災害種類別、災害ライフサイクルの段階別に衛星データおよび地理データの具体的な活用フロー図として、利用方策をまとめた (図-2)。

2. 3 航空宇宙技術の実用に関する現状調査

2. 3. 1 災害状況把握のための高分解能SARに関する調査・研究

本研究は、衛星 SAR による災害状況把握に必要な観測パラメータ等を航空機 SAR と既存の衛星データを使って検討を行い、衛星搭載センサの基本仕様について検討することを目的とする。

(研究成果) 平成 13 年度は、平成 11 年度～12 年度に行った災害状況把握の研究をもとに、(1)研究成果の取りまとめ、(2) SAR センサ基本仕様の考察、を行った。

(1) 研究成果の取りまとめ：平成 11 年度～12 年度に行った研究成果について、災害種類別に、対象地域、使用衛星データの諸元、処理解析手法、照合データ、結果を取りまとめた。その結果、下記の知見を得た。①洪水時の浸水域の抽出は、輝度値差分法を用いることにより有効に行えることが示された。②地震時の被災域の抽出は、相関法を用いることにより行えることが示されたが、不正解率も高いことがわかった。またスペクトル法の 2 次スペクトルを用いることにより被災域を面的に抽出でき、1 次スペクトルを用いることにより被害の大きさを推測することができることが示された。③火

山噴火時の地表面形状の把握、DEM による火口陥没状況の把握が行えることが示された。④地すべり変動の把握を試みたが干渉縞を得ることが出来なかった。これはフライトごとのビー

表-1 災害状況把握のための SAR センサ仕様および処理解析手法

災害種類	バンド (波長)	処理解析手法	期待される成果
洪水	X, C, L	輝度値差分法	浸水域抽出
地震	X, C, L	相関法、スペクトル法	被災域抽出 被災程度把握
火山噴火	X, C, L	画像判読、シングルパス干渉処理 (リピートパス干渉処理)	火口状況把握 火口地形変動把握
地すべり	L	リピートパス干渉処理	変動領域把握 変動量把握

ム照射角の差が大きかったこと、植生の変化による干渉性の劣化等に起因すると思われる。

(2) SAR センサ基本仕様の考察：洪水・地震・火山噴火・地すべりの各災害に対し、どのような仕様の SAR センサおよび処理解析手法が有効であるかを表-1 に取りまとめた。ただし地すべりに関しては本研究では検出できなかったもので、文献で調査した結果、有効と思われる手法を記載してある。

2. 3. 2 高分解能 SAR 画像による災害状況把握手法に関する調査・研究

(研究概要) まず、災害時に必要となる地理情報データの調査を行った。次に、地理情報データと SAR 画像を組み合わせるために、表示方法についての検討を行った。さらに、岩手山と神戸において、SAR 画像と地理情報データとの組み合わせを行い、判読結果を比較、検討した。

(得られた成果)

(1) 災害時に必要とされる地理情報データの調査：水害、斜面災害、火山災害、地震被害などの災害を対象に、これまでに作成された地図や数値データについて調査を行い、報告書にまとめた。

(2) 衛星データと地理情報データとの重ね合わせ手法の検討：広域災害の場合に SAR 画像をつなぎ合わせるためのモザイク処理、SAR 画像と地理情報データを重ね合わせて表示する手順、SAR 画像と地理情報データを並列に表示する手順など、

SAR 画像と地理情報データを組み合わせるために必要と思われる作業について試行し、マニュアルにまとめた。岩手山のデータを用いて、SAR 画像と数値化されていない地図との比較の方法も試行した (図-3)。

(3) 研究地域における解析：実際の災害地のデータとして、神戸と岩手山の SAR 画像を用いて、SAR 画像のみを用いた場合の判読と、地理情報データと組み合わせた場合の判読を行い、その結果を比較し、報告書にまとめた。神戸では、SAR 画像と街区データと道路中心線データを組み合わせることにより、道路幅が判読可能であった。都市部において、地理情報データを重ね合わせることにより、暗く見えて混同しやすい池や公園や裸地や大きな屋根の建物などの区別も可能であった。したがって、地理情報データと組み合わせることにより、SAR 画像だけでは読み取れない詳細な情報を把握できることが確認された。

(結論) 本研究により、SAR 画像と地理情報データの組み合わせの有効性が確認された。災害時に SAR 画像を取得し、可能な限りのデータ～災害前の SAR 画像や地理情報データ (数値化されていないものも含む) など～と組み合わせることにより、より多くの情報取得が可能となる。したがって、普段から、SAR 画像や地理情報データを整備し、それらを組み合わせる手法について検討をしておく

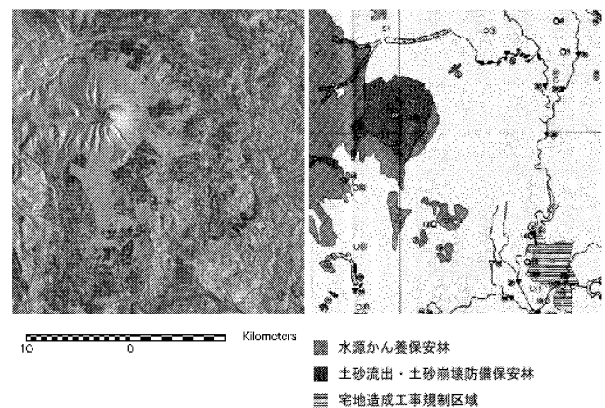


図-3 岩手山の SAR 画像 (JERS-1) と スキャナーで読み込んだ図の並列表示

必要がある。

2. 3. 3 高解像度衛星データの災害時利用のための基本仕様に関する調査・研究

(研究概要) 平成7年兵庫県南部地震において発生した災害事象について、SPOT衛星データおよび高分解能衛星（ALOSシミュレーション）データによる抽出可能性を評価し、可能性が高いとされた抽出手法についてマニュアルとして取りまとめた。

(研究成果) 衛星データからの震災情報抽出に関して、立体視画像判読、震災前後の画像の重ね合わせ・比演算を行ったところ、延焼、液状化、山腹崩壊に対する効果が見られた。また、レベルスライス、クラスター分類による自動抽出結果では、液状化や地盤沈下、山腹崩壊などに有効であるとの結果が出た。

(2) 高度な震災情報抽出のためには、衛星データが震災情報の抽出に適応した形態である必要がある。しかし、既存の衛星の多くが午前10時30分頃に観測する軌道を採用しており、ポインティング機能により2日間隔程度で観測は可能であるものの、①高分解能センサと広範囲観測センサの2種類を備えること、②取得頻度が十分高いこと、③衛星画像データ入手までの時間の短縮と衛星画像の時系列アーカイブの整備が求められる。

(3) 震災発生時には、職員が直接あるいは委託により震災情報を抽出することになるが、その際の基礎となる震災情報マニュアルを本検討結果に基づいて作成した。本マニュアルでは、衛星画像の選択・入手、前処理、解析の各作業段階の手順の解説を行うとともに衛星画像による判読事例（図-4）を盛り込み、衛星画像による震災状況の把握が可能なものとしている。

ALOSシミュレーション（PRISM, AVNIR-2）画像による延焼地域の判別

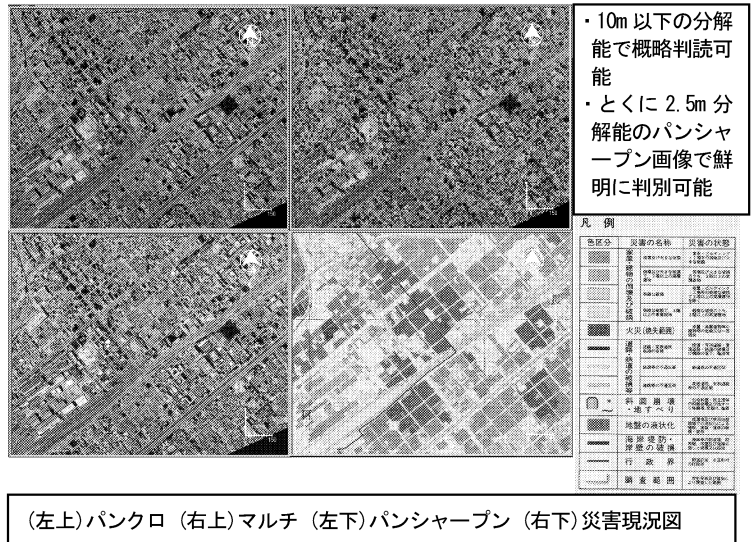


図-4 衛星データ判読事例

2. 3. 4 干渉SARデータの高速自動処理技術に関する研究

(研究成果) 平成12年度までに、ユーザからの情報収集および分析、試験解析、ソフトウェアの改良等を行い、基線推定の工程について自動化を実施した。平成13年度には、高速自動化の基本となる高い干渉度を得られる画像ペアの選定を高速化する、SARデータの効率的な管理方法の検討を行った。従来は、データをシーンごとに管理していたため、データベースの中から干渉可能なペアを捜すには、知識と経験のある解析者が多くの時間を割く必要があった。そこで、データ間の関係（時期の違い、軌道間距離、気象条件の違い）を考慮して、干渉ペアとして扱って管理する新しい方法とその実現方法が考案された。「干渉可能画像ペア」、「干渉確率」という新しい概念を導入、あるデータを指定すると、干渉可能ペアを検索し、軌道間距離（B）、観測時間間隔（期間）、気象要素等を計算、表示することができる（図-5）。これらの情報を考慮して、解析者は迅速に干渉処理のプランを決定することができるものと期待される。

(結論) SARデータの干渉解析処理について、基線推定という一部の工程ではあるが、自動化・高速化がなされた。また、データ管理方法の検討により、干渉可能ペア選定の高速化の方法も示される等、

本研究の所期の目的はほぼ達成された。

(成果の適用と今後の課題) 平成16年6月に打ち上げが予定されているALOS衛星に搭載されるPALSARセンサによって取得されるデータの前処理システムの仕様書作成にあたり、本研究成果が生かされ、新しいデータ管理方法が実現する見込みである。解析の完全自動化を実現するには、いくつかの課題が残されていると同時に、自動化システムの構築には数億円の予算措置が必要とされる。

Date	Path	Row	A/D	...
20040622	63	239	D	
20040908	63	239	D	
20041021	63	239	D	
20050204	63	239	D	

従来の管理方法

Path:63, Row:239 Master date: 20040622 気温: 29 降水量: 64

Slave Date	B _L (m)	期間	気温	降水量	干渉確率	...
20040908	23.4	1	24	24	9	
20041021	658.6	2	19	0	6	
20041206	1321.1	4	6	3	3	

干渉可能画像ペアごとの管理方法

図-5 SARデータの管理方法の比較

2. 3. 5 干渉SARデータの防災への有効利用に関する研究

(研究概要) 干渉SARデータを防災へ有効に利用するための条件を明らかにするため、国土地理院の航空機搭載X-band SARを利用して、火山地域である伊豆単性火山群地域（静岡県伊東市周辺）において地殻変動検出に適したリピートパスデータ取得を行い航空機干渉SARが実現可能であることを実証した。火山、地震、地すべり、地盤沈下等の災害に関連して発生する地殻変動・地表変動の面的把握に干渉SAR手法を適用するために適した使用波長、観測条件、解析方法等のパラメータを明らかにするための分析を行った。

(研究成果) この研究において、国土地理院の航空機搭載X-band SAR装置を用いて実験を行い、技術的にリピートパス干渉SARが航空機でも可能であることを確認した。さらに、飛行経路の推定について全体がフラットになるように調整する技術を開発し、解析を進めた結果、フラットな干渉画像を得ることができた(図-6)。全体的に位相の変化は1サイクル程度であり、1cm程度の誤差で地殻変動が検出できる可能性を示す結果である。このように、航空機搭載システムは、技術開発の結果十分に応用が可能な段階まで達してきたが、経費がかかることは否めず、全ての観測を航空機で行うことは合理的ではないと考えられる。航空機搭載システムと衛星搭載システムはそれぞれ長所・短所があり、対象とする災害によってどちらのシステムがより有効かが異なる。航空機システムと衛星システムとの合理的な役割分担について分析をおこない、それぞれの手法が特に有効な応用分野を明らかにした。

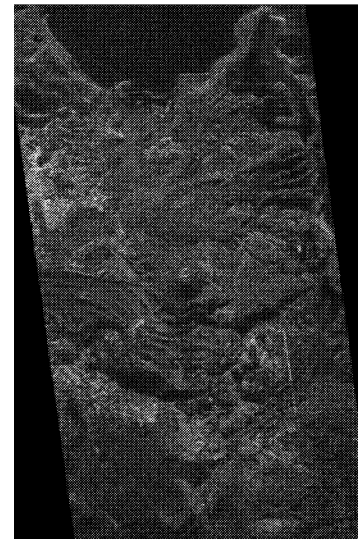


図-6 航空機搭載SARによる干渉画像

本研究以前の類似の研究では、衛星SARについては各種の解析事例があるが、リピートパス航空機干渉SARについては解析の事例が少なく、また、その実現の可能性についても十分検討されていない。本研究では、航空機干渉SARによる地殻変動把握の可能性を実証することができた。この成果は、防災に限らずリモートセンシングの各方面に応用可能な技術的情報を提供できるものである。

2. 4 建設事業における衛星・センサ等の航空宇宙技術の有効活用に関する調査

2. 4. 1 人工衛星利用技術を活用した流域水文情報収集技術に関する研究

(研究課題の概要) 河川・水資源の計画・管理分野において、人工衛星や航空機をプラットフォームとしたリモートセンシングを有効活用することにより、河川区域や河川流域の基盤情報を迅速・的確かつ効率的に収集

する手法を開発・検証することを目的として、(1)河川調査・管理を支援する情報取得手法の検討と、(2)流域水循環監視・モニタリングへの活用手法の検討を行った。後者では、山地森林域の水循環機能評価に関連した土層深分布の評価手法の開発等を実施した。

(成果の概要)

(1) 河川調査・管理を支援する情報取得手法の検討

① 高分解能商業衛星画像を活用した河川区域モニタリングの検討：商業衛星 IKONOS 画像（地上分解能：パンクロマティック画像 1m、マルチスペクトル画像 4m）により河川区域内の樹木・構造物や河川内の船舶・波浪等の判読が可能であったが、構造物詳細状況（例えば被災状況）を把握するには 1m 分解能は必ずしも十分ではない。一方、河道低水路や河川敷内被覆状況の変化抽出には高分解能衛星画像情報を活用した土地被覆分類解析が極めて有効であることが判明した。

② 航空機プラットフォームセンサ画像による河川区域モニタリングの検討

：ヘリコプタ搭載レーザプロファイラによって、植生のない箇所で 10～20cm 程度以内の河川区域内の標高測定精度を確保するとともに植生高さ情報を取得できることを確認した。一方、航空機搭載デジタル立体視写真センサ（スライインセンサ）においては、画像情報と一体となった標高分布（等高線）情報の抽出が可能であった。また、高い空間分解能により、緊急時の河川構造物の被災状況やゴミや不法係留船の監視といったような主に河川パトロールに対応した調査にも利用可能と考えられる。河床砂礫の粒径分布情報についても粒径に応じて直接・間接的に分級評価が可能であることを示した。

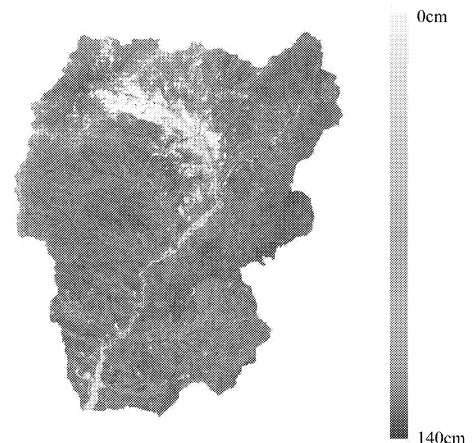


図-7 衛星情報とDEMに基づく草木ダム流域土層厚分布評価図

(2) 流域水循環監視・モニタリングへの活用手法の検討

解像度の異なる衛星光学センサ画像を用いて都市河川流域の水文特性評価で重要な緑被率および浸透域/不透透域の面積割合を評価し、空間解像度向上が情報抽出精度に与える影響を調査した。また、山地森林域の水循環機能評価に関連した土層深分布と衛星情報、GIS 属性データとの関係を調べた結果、人工衛星画像から算出した NDVI（正規化植生指標）と数値地図から算出した斜面傾斜角の両者と土層厚との間に区分線形的な相関関係があり、その区分は森林調査簿に記載されている林種に関連づけられることが判明した。その関係を用いて草木ダム上流域全体の土層厚分布図の作成を行い（図-7）、概ね現地土層厚分布を再現することができた。

(おわりに) 今後は河川流域管理の現場で応用実績を積み重ね、現場で要求される情報の精度や項目を詳細に網羅した具体的な衛星画像の利用方法や利用に関する指針の確立が必要であると考えられる。

2. 4. 2 人工衛星による流域の土砂環境把握等に関する研究

(はじめに) 土砂流出に関与する山地環境の変化を広域かつ迅速に把握する手法の開発を目的に、衛星リモートセンシングが航空写真等に対して優位性があると考えられる場合の適用性を検討した。また、IKONOS や干渉 SAR などの新技術について、土砂災害の把握・予測手法への適用性を検討した。

(検討結果)

(1) 人工衛星による流域の土砂環境把握：検討の結果および課題は表-2 のとおりである。現在の衛星リモートセンシング技術はそれぞれの場面で一定の適用性を有する一方、その活用を図るための課題も多い。それらを航空宇宙技術開発・運用者とユーザである土砂災害対策担当者とに分け、次のようにまとめた。(1) 航空宇宙技術開発・運用者への要求仕様：①歪みのない衛星画像の供給のための DEM

などの一体的整備、②撮像機会の増加およびデータ配信の迅速化、③SAR 衛星の高精度軌道制御技術の開発(2) 土砂災害対策担当者としての課題:①地物判読技術の向上、②衛星画像を補足する各種 GIS データの充実および GIS 上での効果的な情報処理手法の検討、③画像同士の位置合わせ精度の向上。

表-2 人工衛星リモートセンシング技術による土砂災害情報の把握

検討課題	メリット	検討結果	今後の課題
噴火中の火山における土砂災害の調査	噴火活動中でも安全に情報収集が可能	・ IKONOS 画像を用いれば、噴火時に必要な情報はほとんど得ることができる ・ 空間分解能の低い SPOT 画像であっても、降灰範囲などの検出には有用である ・ 高空間分解能ポラリメトリック SAR 画像を用いれば、降灰範囲、土砂流出範囲なども検出可能である	・ 光学系センサ画像が有用なのは、雲や噴煙に覆われていない場合に限られる ・ ポラリメトリック SAR 画像の利用は始まったばかりであり、その適用性は未知数である
広域土砂災害の調査	広域を迅速かつ安価に概略調査が可能	・ 比較的大きな斜面崩壊であれば、SPOT や LANDSAT 等でも概況把握が可能である ・ SAR 強度画像を用いた解析では天然ダムの検出が可能であると考えられる ・ 基本的に SPOT や LANDSAT 等で調査を行う方がコストが安い。特に 1,000 km ² を上回る面積を調査する場合には、費用は 10 分の 1 以下である	・ 画像中に雲があると斜面崩壊の誤抽出が多くなる ・ SAR 強度画像の差画像を作成してもほとんどの斜面崩壊を抽出することができない。ポラリメトリック SAR 画像などの適用性の検討が必要である
海外の土砂災害の調査	地図などの情報が得られない外国においても情報収集が可能	・ SPOT 等の衛星画像のみから土砂災害発生状況の定性的な把握が可能である	・ DEM の入手が困難とすると重ね合わせ画像の歪み補正ができない。全球 DEM が公開されればより精度の高い解析が可能となる
新技術を用いた調査	干渉 SAR 技術の利用	・ 広域にわたる数 cm という微小な地盤変動が検出可能 ・ 現状では干渉 SAR によって滑動している地すべりを抽出することは困難である	・ 森林に覆われた山地斜面において干渉性を高める工夫が必要である ・ 干渉 SAR を行うことが可能な画像ペアが得られるように、SAR 衛星の高精度軌道制御技術が必要である
	IKONOS 画像の利用	・ 従来の衛星画像に比較して空間分解能が高く、最大階調領域が多い ・ 土石流の氾濫堆積範囲は把握可能 ・ 土石流流下部分は樹林の影となり判別困難 ・ 流木の有無、粒径、施設の破損状況なども判別困難	・ 通常発生するような比較的小規模の土砂災害に対して衛星リモートセンシングを適用して詳細情報を得ようとする事は避けるべきであると思われる

(2) 岩盤斜面変動量抽出の検討: 衛星データによる岩盤斜面監視手法の検討として、InSAR 処理による岩盤斜面の地形変動量抽出の可能性について検討を行った。その結果、重要な条件としては基線長（長いと干渉性が悪い）、撮像時期の相違による地表面の変化（植生等）の影響（変化が大きいと後方散乱の変化が大きく干渉性が悪い）、地形の影響（起伏に富む方が干渉性が悪い）等があげられる。さらに、変動域の大きさが分解能に対し十分広くないと（数km～数十km四方程度以上は必要）有意な抽出は困難であることから、豊浜トンネル程度の規模の岩盤斜面への適用は難しい。また、SAR 強度画像（後方散乱係数）による被災地域の抽出可能性の検討のため、4 地域の SAR データを用いて地表面の状況（植生・岩質等）による後方散乱係数の比較を行った。その結果、後方散乱係数に若干の差が見られる場合もあったが、それらの頻度分布は重なる部分が多いため、後方散乱係数の値あるいはその差分などしきい値等によって植生の有無や岩質の違いを判定するのは困難である。

(おわりに) IKONOS のような光学系高分解能衛星画像であれば、既に航空写真と同等の分解能を有している。したがって、衛星リモートセンシング技術の利活用を図るためには、今後はむしろ画像の迅速な提供などの運営面での充実が重要と考えられる。

2. 4. 3 災害復旧作業における高分解能衛星データの利用に関する研究

(研究目的) 近年、衛星リモートセンシング技術の向上により、高精度の衛星データが取得可能となったが、災害復旧対策への利用はほとんど無い。本研究では、過去の災害事例および衛星データの精度等について調査を行い、衛星データの利用方法や有効性の検証、および衛星データに対する要求仕様をまとめることを目的として実施した。

(研究結果)

(1) 防災分野における衛星データの適用性: 災害復旧時には、災害発生直後に被災箇所、被災状況、規模を速やかに、管理対象となる範囲をくまなく客観的に把握する必要があるが、現在の高分解衛星のデータ配信頻度、配信時間や空間分解能から通常の災害への適用は難しい。ただし、被災地近傍に立ち入れない場合や、海上での油流出事故など上空からの情報取得以外に有効な観測手法がない場合では衛星データの利用は有効である。特に災害は荒天時に発生することが多いため、天候に左右され

ない SAR は有効である。一方、平常時では防災計画の立案に必要なデータ収集など、広域に周期的にある程度のコストで観測できるメリットを活かした利用可能性(例えば、河川への雨水流入量解析に必要な情報である土地被覆把握)が大きい。

(2) 災害分野における衛星データの要求仕様：災害分野における衛星データの要求仕様の検討結果を表-3 に示す。警戒時では平常時よりも高頻度で観測対象をモニタリングする必要がある。空間分解能は、観測対象によって異なるが法面変状による斜面崩落危険性を予測するには、1m 以上の空間分解能が必要となる。なお、夜間や荒天時における地形変化を捕捉することが新たなニーズとして存在するので SAR データでも同様の空間分解能が求められる。災害発生時には、災害規模や被災範囲、道路の通行可否状況の把握などの情報が、通常規模の災害ならば被災発生確認から 3 時間以内の入手が望まれている。またデータの内容も局所的な危険性把握は既存の情報取得で十分あるため、二次災害危険箇所が事前に面的に様な把握が求められている。

表-3 災害時の利用対応を前提とした衛星データ要求仕様

段階	データの取得頻度	取得データの取得内容	取得データの配信時間	取得情報項目(利用可能業務例)
平常時	年1回程度データ更新	光学センサ(空間分解能 1m~50cm)	数週間程度	家屋分布の把握(防災計画の基礎情報収集)
	年1回程度データ更新	SARデータ(InSAR、空間分解能 10m)	数週間程度	標高分布(防災計画の基礎情報収集、災害前後の地形変化の把握)
警戒時	1日~数日に1回	光学センサ(空間分解能 数m)	半日程度	火山火口部の状況(溶岩ドーム、噴出物等)(火山活動モニタリング)
	1日~数日に1回	SARデータ(InSAR、空間分解能 数m)	半日程度	火山火口部の地形変化(火山活動モニタリング)
	月1回程度	光学センサ(空間分解能 1m)	数日程度	斜面・法面の小崩壊、落石等(崩壊危険性の把握)
	月1回程度	SARデータ(InSAR、空間分解能 1m)	数日程度	斜面・法面の変形(亀裂・隆起等)(地すべり危険性の把握)
災害時	災害発生から1時間以内	光学センサ(空間分解能 1m~数m)	2時間程度	斜面崩壊状況等(被災直後の状況把握、初動体制支援)
	災害発生から1時間以内	SARデータ(空間分解能 10m)	2時間程度	浸水域の把握(被災直後の状況把握、初動体制支援)
	数時間に1回程度	SARデータ(空間分解能 10m)	数時間程度	浸水域の把握(浸水域の時系列変化の把握)
	災害発生から1日以内	光学センサ(空間分解能 1m~数m) SARデータ(空間分解能 10m)	1~2日以内	斜面崩壊状況、交通ネットワーク寸断状況、施設倒壊箇所の把握(大規模災害時の状況把握、二次災害対策)

2. 4. 4 衛星通信技術の道路分野への適用可能性に関する研究

(研究目的) 本研究では、航空宇宙技術の道路事業分野への適用性に関して調査を実施し、利用可能性の高いと判断される分野について、衛星データ利用を前提とした業務モデルを構築するとともに、それぞれの業務の特性に応じた衛星データの要求仕様を整理することを目的として実施した。

(研究結果)

(1) 道路分野における衛星データの利用ニーズと適用可能性：道路分野においては限られた人的資源の中で長大な道路を維持管理していくために、現状の手法による情報収集が十分であるわけではない。衛星データを利用したコスト縮減や、現在の手法でカバーできない情報を得る方法として、将来は衛星データの利用可能性が増大していくものと考えられる。以下に、道路事業分野において期待される衛星データの利用方法を述べる。計画・設計段階における情報収集の目的は、地形等の現況把握、交通状況の把握などである。衛星データが持つ空間的な精度の限界から概略設計程度レベルまでの範囲で、標高や土地利用情報の取得に衛星データの適用可能性がある程度である。計画段階の基礎資料として、衛星データから把握可能な最新の土地被覆情報や環境情報等の把握に衛星データの適用が期待できる。また、道路交通センサ等の定点観測による交通状況の把握の代替手段として、面的な交通状況を短時間で継続的に低コストで観測できる衛星データ利用に関しても、将来的な期待は大きい。施工段階では、工事状況の把握には非常に高度な空間分解能が要求されるため、大規模造成等を除くと適用できる分野は少ない。しかしながら、工事による周辺環境への影響を把握する場合などにおいては、比較的広域を繰り返し低コストで観測できる衛星データへの期待は大きい。運用・管理段階においては、現在の衛星データの空間分解能は必ずしも十分ではないが、今後、高分解能衛星データの取得が容易になれば観測対象も広がってくると考えられる。また、道路区間内の植生状況の把握や、現在の道路パトロールで確認できない沿道斜面の上部の状況把握などにおいては、衛星データを利用する新たな管理手法の実現に対する期待が大きい。

(2) 道路分野からみた

表-4 衛星の要求仕様

高分解能衛星の要求仕様：道路事業分野における衛星データへの要

	データの取得頻度	取得データの内容	取得データの配信時間
従前情報の把握	少なくとも年1回	・光学センサ（分解能1m～3m程度）	データ取得後、数日内
道路運用状況の把握	週1回または月1回程度 毎年1回（同時期）	・光学センサ（観測対象により、分解能は1m～10m程度）	通常はデータ取得から数日内、異常時には1日以内

求は、特に即時性を要するものは少ないが、運用段階における定期的な情報取得とデータ蓄積によって継続的なモニタリングを行うことが重要である(表-4)。これらの情報から客観的な事業評価を行うことができれば、道路事業の新たな業務の一つとして期待できると考えられる。また、車両や道路施設の観測においては、高分解能衛星の利用が有効であるが、取得データの解析にあたっては、車両の自動検出など処理手法の確立が求められる。

2. 4. 5 都市緑地調査における人工衛星技術の活用に関する研究開発

(研究目的及び概要) 本研究は、都市における緑地総量の把握や、CO₂ 固定量算定など、都市緑地の様々な調査・解析における人工衛星データの活用手法を開発することを目的として実施している。

平成 13 年度は、都市域における緑地の増減と地理的・社会的土地条件との関係の解析を、LANDSAT/TM 画像と GIS を用いて試みた。

対象都市は、さいたま市、千葉市、船橋市、世田谷区、練馬区、武蔵野市、横浜市、平塚市、鎌倉市とした。緑地の増減の比較は、1990 年と 2000 年の 2 時期とし、教師付き最尤法により、樹林地、草地、農地を緑地として抽出した。土地条件は、地理的条件として標高、傾斜方位、傾斜度、社会的条件として地価、人口密度、土地所有区分、緑地関連の土地利用規制、用途地域区分をとりあげた。なお、法規制は 1989 年、他の条件は公表されている最新のものを用了。

(研究成果) 以下に、土地利用規制と緑地増減の関係について例示する。図-8 は、1990 年に存在した緑地の 2000 年時点での残存率を都市域全体と各土地利用規制区域について示したものである。なお、データは 9 都市すべてを合計して用了。土地利用規制区域も含めた都市域全体の緑地残存率が 68%であるのに対し、土地利用規制区域では、いずれもそれを上回り、法律による土地利用規制が緑地保存に一定の役割を果たしていることが確認される。また、標高や傾斜などの地理的条件と

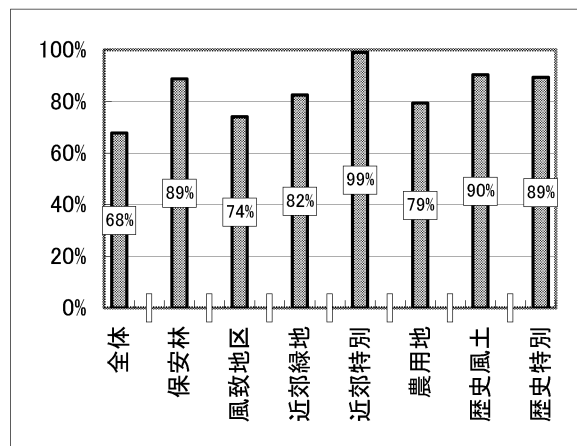


図-8 各土地利用規制区域内の緑地残存率 (9都市合計 1990→2000)

緑地の増減についても一定の傾向が認められ、都市の開発トレンドとして把握される。このようなトレンドの把握は、緑地保全政策の検討に際し有用なものであるが、地図を用いた地道な作業を要するため、行われた例は少ない。しかし、今回の試みにより衛星画像と GIS を用いることにより、比較的容易に行えることが示唆された。

(今後の課題) 今回用了データの精度では、緑地の増減と土地条件との関係は、大まかな傾向として把握される。より即地的な解析には、都市緑地抽出精度の向上が課題となる。

2. 4. 6 住宅市街地の環境情報監視技術に関する研究

(研究目的) 自治体では定期的に緑被調査を実施しているが、航空写真から緑を目視で判読し、手作

業で図化を行っているものが大部分である。最近では都市内の身近な緑の創出が重要なテーマとされており、環境情報の都市整備の必要性が指摘されているが、GIS等を活用して効率的なシステム化を施したものはほとんど見られない。航空機MSS（マルチスペクトルスキャナ）は波長分析により緑の自動抽出が可能であるが特殊なセンサの搭載を前提とするため価格面で普及が遅れている。本研究は住宅市街地の緑、熱などの環境情報を都市計画基本図上に整備して自治体の環境計画への反映を目的とする。解析対象を逗子市とし、市街地とその周辺の里山を含む市全体を対象にして航空機MSS観測を行い、建物、道路配置に即した形で熱や緑、土地被覆等の情報についてレジストレーションを実施し環境情報データベースを作成した。そして、自治体が各種の計画策定に活用するための支援システムのプロトタイプを構築したものである。平成13年度は平成11年度、平成12年度に実施した調査の結果をGISに整備し、環境・地理情報Viewerを構築した。

(研究成果) 環境・地理情報Viewerとは、都市計画情報、航空機MSSデータ等をパソコンに収録し、

これらを画面表示するソフトウェアである。任意の縮尺、組み合わせ表示が可能であり、トポロジ演算機能、印刷機能を装備している。なお、エンジンはGiobaseを活用している。解析対象は平成11年度、平成12年度に調査を実施した逗子市としている。当該市域では航空機MSSによる冬期、夏期における昼、夜の計4時期の観測が実施されており、市が所有する現地調査に基づく植生図を活用した緑抽出の関連パラメータの最適化も施してある。環境・地理情報Viewerの表示例を図-9に示す。リモートセンシングは科学技術としては一定の成熟度に達して

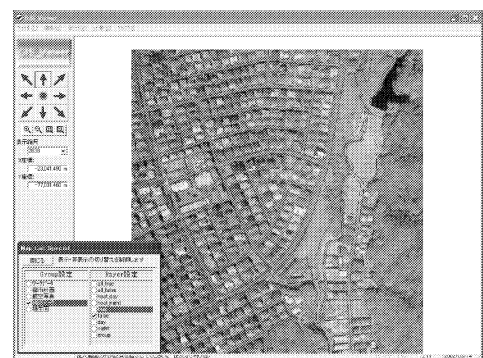


図-9 環境・地理情報Viewerの画面表示

いるが、自治体に活用されることはほとんどなく、実務的に見ると先端技術となる。実際、市街地の詳細な緑、熱の情報は専門の研究機関でしか取り扱うことができず、実務上必要とされる都市計画基本図との位置関係を保証・言及した事例は見られない。本研究で作成した環境・地理情報Viewerは、リモートセンシング研究と地方行政の橋渡しを担うものであり、質の高い都市空間の創出に役立つと期待される。

(今後の課題) 現Viewerをより良く実務に活用するための今後の検討課題を以下に述べる。まず、情報量とパソコンの処理速度のバランスの適正化、効率的なメニュー構成の検討が必要である。また、地区の緑、熱の分布を表示するだけでなく、環境情報の指標化を行い行政上の目安の値を提供することが望ましい。これらの検討と改善は、一方的な技巧に走らず自治体側のニーズを職員へのサウンディング等も行いながら細やかにかつ幅広い意見に基づいて実施するべきである。

3. おわりに

本研究では、衛星リモートセンシング等の航空宇宙技術を災害・環境などの分野で利活用するために必要な、衛星データ処理技術などの基礎技術、具体的利用場面を想定した応用技術の開発を行った。本研究の成果として、報告書「国土交通省における衛星データ利用の方向性」および個別課題報告書を取りまとめた。また、現場での衛星データ利用の啓発・促進のため、衛星データ利用の際に必要な事項および活用事例を「衛星データ利用マニュアル(案)」として取りまとめた。今後も、「国土管理技術」への衛星データの活用を図っていく。