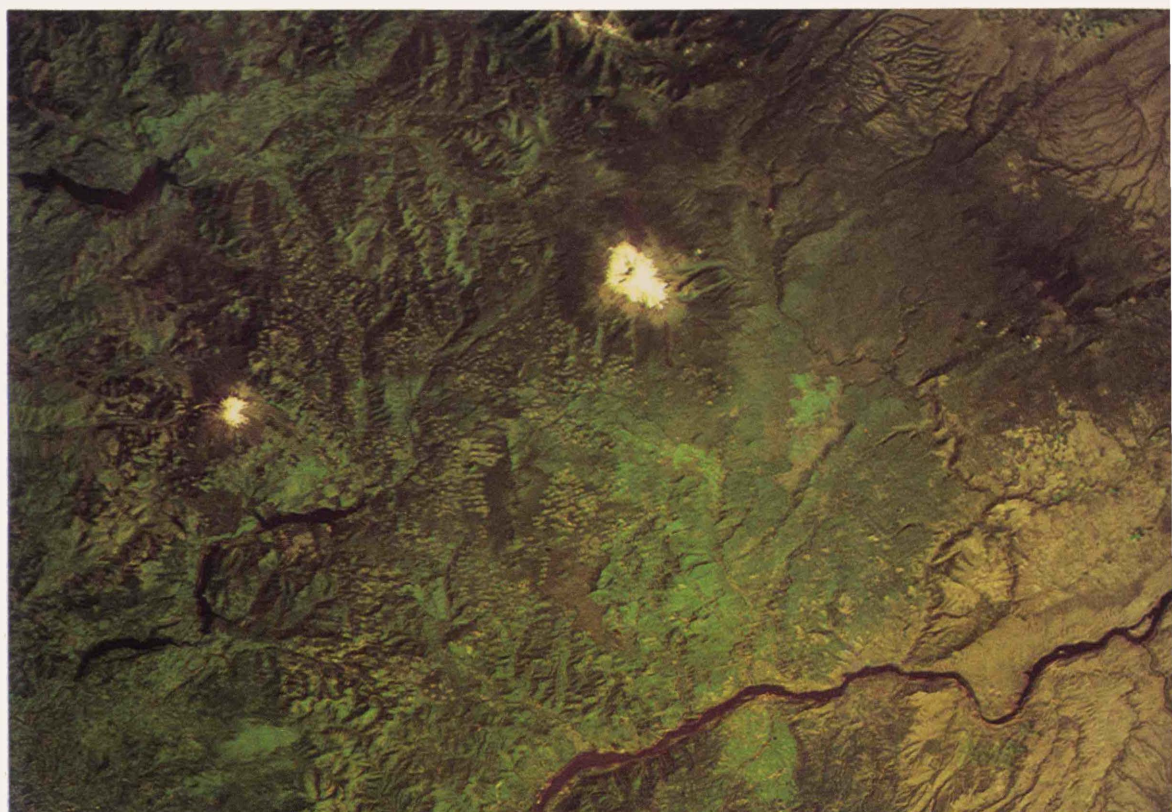


防災科学技術 NO.45

科学技術庁 国立防災科学技術センター



も く じ

1	第三の目・リモートセンシング一序に代えて一	大平 成人	・ 1
2	リモートセンシング技術の現状と将来の展望	竹田 厚・植原 茂次	・ 2
3	防災分野でのリモートセンシング技術の利用可能性	植原 茂次	・ 5
4	国立防災科学技術センターにおけるリモートセンシング研究		
4.1	地震防災	幾志 新吉	・ 8
4.2	火山防災	熊谷 貞治	・ 12
4.3	水害防災	植原 茂次・佐藤 照子	・ 17
4.4	沿岸防災 (マイクロ波リモートセンシングによる波浪及び 海上風の広域観測方法の研究)	竹田 厚	・ 23
4.5	雪害防災		
4.5.1	衛星DCSの利用による山地積雪の測定	木村 忠志	・ 27
4.5.2	雪氷領域におけるランドサット映像写真の一利用 一鳥海山域での融雪流出一	中村 勉	・ 30
4.6	画像解析	諸星 敏一	・ 33
	センター新刊		7 ・ 11
	一般公開のお知らせ		・ 16
	国立防災科学技術センターの動き		・ 22

表紙写真説明

アメリカ西北部ワシントン州にあるセントヘレンズ火山は、1980年5月18日に大噴火を起し、山体の北側山腹が崩壊し、岩石雪崩・地すべり・泥流によってコロンビア川の支川を埋没し、大洪水を引起した他、爆発時の猛烈な爆風による森林の破壊や、降灰等による農作物被害、交通等社会生活にも甚大な影響を与えた。

表紙に掲げた写真は、ランドサット衛星が噴火前(1979年9月11日)と噴火後(1980年9月5日)に撮った映像のフォールスカラー画像であり、東西約130 km、南北約90 kmの範囲を比較したものである。

1 第三の目・リモートセンシング —序に代えて—

大 平 成 人

第三の目

多くの昆虫には、二つの複眼の他に、第三の目である単眼がある。人類の祖先ともいわれるある種の古代魚や恐竜にも第三の目があったという。脳の一部に光を感じる部分があり、頭蓋骨はそこが半透明で光を通した。人類の脳に残る「松果腺」はその痕跡だという。

われわれは、われわれが「見る」もの、「聞く」ものだけが現実存在すると思いがちだが、人類の感覚の範囲外の紫外線・赤外線・超音波などが現実存在し、かつそれらを感じ利用する生物もいる。人類は進化途上で第三の目を失い、文明が開けるにつれてさらにいくつかの感覚を失った。

科学の目—空中写真

ところが人類は科学の力により新たな第三の目を獲得した。空中写真を例にとってみれば、飛行機という新たな足場から見た地球の姿は、その表面に住んでいた人類にとって大きな驚きであった。人類はさらに地表の姿を写真に残すことを知り、二枚の連続写真を実体視する技術を覚えた。これは基線長（相隣る写真の中心間の距離、多く利用される二万分の一の広角写真ならば約1.8 km）と同じ間隔に二つの目を持った巨人が上空から地表を見下ろした時の感覚である。人類はかくして一つの新たな感覚を得たといえる。

空中写真は、白黒から赤外、カラー、赤外カラーへとその感覚の幅を拡げ、防災研究など多くの分野で利用されるようになった。

リモートセンシング時代

宇宙時代の到来とともに、人類の足場は人工衛星にまでひろがり、近赤外・遠赤外まで含む多バンドの情報が得られるようになり、また磁気テープの利用により情報の質・量・保存性・再現性等

が格段に伸びた。さらにコンピューターによる画像情報処理技術の進歩とともに、画素（画像の単位）ごとに各バンドの情報の加・減など演算が自在に出来るようになり、その結果を任意の色で表示し、ある要素だけを抽出して強調（エンハンス）することも容易になった。

地表から放射される光波・電磁波を受動的に受けることからさらに進めて、当方から能動的に電磁波を放射しその反応を検出する、いわゆるアクチブ・リモートセンシングの技術も発達し、新たな発展と応用が開けつつある。

防災研究とリモートセンシング

当センターでは草創期から空中写真を防災研究に活用して来た。例えば1964年の新潟地震で、建物や地盤の被害の調査に有用なことを示した。活断層の調査にも空中写真は応用された。地すべり分布の調査は空中写真が最も有効に利用された例で、その最近の成果を近く刊行する。

リモートセンシングを防災研究に利用するに当たって、衛星画像では対象範囲が広すぎ、また分解能の不足な場合がある。ローカルな問題を対象とする場合、航空機からのリモートセンシングが見直されるべきであろう。また、特に研究途上の問題の場合、要所要所における地上（海上）の事象（グラウンド・トゥース、マリーン・トゥース）の調査とあいまって初めてその効果があがることを強調しておきたい。

本号では、当センターの最近の研究活動におけるリモートセンシング利用の数例を紹介し、関係の方々の御参考に供すると同時に、現代科学の「第三の目」を透徹させて防災研究の一層の発展を指向する自身へのフィードバックとしたい。

Naruto Ohhira・所長

2 リモートセンシング技術の現状と将来の展望

竹 田 厚 ・ 植 原 茂 次

地球観測リモートセンシング

リモートセンシング（隔測，または遠隔探査）の本来の意味からは，溶鉱炉内部の温度を，外から放射温度計で測定することも，音波によって海中の魚群や水深を探ることも，その範疇に入るが，最近のこれに対する世の中の関心は，もっぱら人工衛星や航空機から電磁波を媒体として地表を観測する「地球観測リモートセンシング」に集中しているようである。

防災科学技術に応用されるのも，地上レーダなどを除けばほとんどこの型のリモートセンシングに属するものである。

地球観測リモートセンシングの歴史は航空写真測量に始まるといわれるが，今日のようなめざましい発展を見たのは，1960年に気象衛星タイロスⅠ号が，はじめて宇宙空間から撮った地球上の雲写真を地上に送ってきたとき以来，わずか20年ほどの間である。すなわち，人工衛星の出現が，現在の高度なリモートセンシング技術を生み出したと言っても過言ではない。したがって，従来あるいは近い将来の地球観測衛星のミッションで要求され実現されてきた，またはされる予定のリモートセンサーを見ることによって，最先端のリモ

ートセンシング技術の動向を伺うことができるであろう。

地球観測リモートセンシング技術は，媒体である電磁波の波長（または周波数），及びそのエネルギー源をセンサー自身が持つか否かによって表1のように分類できる。

表2は，表1での分類にしたがって，おもなセンサーを，最初に衛星に搭載された年代順に示したものである。

地球観測衛星のミッションを年代に沿って見ると，1970年代のはじめまでは，その重点は可視・赤外域の写真撮影や放射測定による気象観測にあったが，1972年にはアーツ（のちのランドサット）の高分解能・分光画像による地上の事象の探査がこれに加わり，応用分野も資源，農業，環境，防災などへと飛躍的に広がった。さらに1973年のスカイラブ，及び1978年のシーサットではマイクロ波域の放射計やレーダによる全天候型・高分解能画像による地上探査，特殊レーダによる海洋観測などへと広がっていった。このような急速な進歩を見ると将来どのような発展があるかを予測することはきわめてむずかしい。ただ，この20年間のリモートセンシング技術がほとんどアメリカの主導で進められてきたのに対し，今後はヨーロ

表1. 地球観測リモートセンシングの分類

電磁波エネルギー源		波長帯	可 視 域 (0.4~0.7 μm)	赤 外 域 (0.7~1000 μm)	マイクロ波域 (1000 μm <)
受 動 型	日射または 黒体放射		可視域受動型R. S. (写真またはTV画面)	赤外域受動型R. S. (放射計)	マイクロ波域受動型R. S. (マイクロ波放射計)
能 動 型	センサーがもつ		可視域能動型R. S. (レーザ機器)	———	マイクロ波域能動型R. S. (レーダ)

R. S. : リモートセンシング, () は一般的な例

表2 衛星搭載地球観測リモートセンシング技術の発達

暦 年	搭 載 衛 星 (国名, 米国以外)	セ ン サ ー			備 考
		受 動 型		能 動 型 (マイクロ波域)	
		可視域	赤外域		
1960~66	TIROS -1~8, ESSA-1~2	VCS			静止衛星
1964~72	NIMBUS -1~3, 5	AVCS	HRIR		
1966~67	ATS -1~3	SSCC			
1972~76	NOAA -2~5		VHRR		有人
1972~78	LANDSAT -1~3 (ERTS)	RBV, MSS			
1973	SKYLAB			MR	
1974	SMS -1~2	}	VISSR		} 静止衛星
	GOES -1~3				
1976	NIMBUS -6			ESMR	測地
	GEOS -3				
1978	SEASAT-1	VI RR		SMMR	
	NIMBUS -7	CZCS		SMMR	熱容量地図 ARGOS System
	HCMN -1		HCMR		
1978/79	TI ROS-14/NOAA6		AVHRR		
(予 定)					
1982	SPACELAB (ESA*)				スペースシャトル
1982~83	LANDSAT -D-D'		MSS, TM		
1984	ERBE		(VIRR?)		
	SPOT (フランス)	HRV			放射収支 OFF-NADIR VIEWING
1986?	ERS -1(ESA*)				
	MOS -1(日本)				
	GRAVSAT		MESSR VTIR	MSR	重力測定
	TOPEX				
1988	FI REX				
×	MOS -2(日本)	CS	I R	MSR	?
×	ERS -1(日本)		I R		
×	? (カナダ)				

* European Space Agency, センサーのアクラニムは本文参照。

ッパや日本が加って、すでに成功している技術の実用化をめざした、性能や機能の向上が図られる方向に向うことはまちがいない。以下で、表2中の主なセンサーについてその概要を述べる。

受動型センサー

1. 可視赤外域：

a. AVCS(Advanced Vidicon Camera System)：雲写真を撮るためのカメラで、初期のビデオカメラを改良したもの。

b. SSCC (Spin Scanning Cloud Camera)：静止衛星上から高分解能の雲写真をとるため衛星の姿勢制御スピンの利用して望遠カメラで広い範囲の地表面を走査するもの。

c. RBV (Return Beam Vidicon)：可視または近赤外域の高分解能(38m)カメラ。

d. MSS (Multi-Spectral Scanner)：バンド4(0.5~0.6 μ m, 緑), バンド5(0.6~0.7 μ m, 赤), バンド6(0.7~0.8 μ m, 近赤外), バンド7(0.8~1.1 μ m, 近赤外), 及びバンド8(10.4~12.6 μ m, 熱赤外)の可視-赤外域の

5バンドについての分光画像を80mの分解能(バンド8は240m)で得ることができる。現在ランドサットのセンサーとして、広い応用範囲をもっている。ランドサットのMSS画像1シーンの範囲は185km×185kmでR B V画像の約4倍。

e. CZCS (Coastal Zone Color Scanner) : 単にCSとも呼ばれる。MSSよりも狭いバンド幅で可視(青, 緑, 黄, 赤)と近赤外をカバーして分光画像を得る。分解能は低下するが, 青色域によって海中のクロロフィル濃度(海洋の基礎生産量の指標)を検出できるので, 水産分野での利用度は高い。また海水の濁度の推定にも使われる。

f. TM (Thematic Mapper) : MSSをさらに高性能化したもので波長域は0.45~0.52, 0.52~0.60, 0.63~0.69, 0.76~0.90, 1.55~1.75, 2.08~2.35, 10.4~12.5 μm の7バンドに細分化され, 分解能も30m(赤外域の1バンドのみ120m)と大幅に向上している。とくに第6バンドは熱水変質の検出, 第5バンドは雲と積雪の判別に有効であるといわれる。このセンサーは近く打上げられるランドサットD及びD'ではじめて登場するもので大きな期待が寄せられている。

g. HRV (High Resolution Visible imaging system) : これも将来型センサーの一つで可視域近赤外域の4バンドをもつ高分解能画像を得るセンサーである。フランスが1984年に打上げる予定のSPOTの目玉になっている。10mという分解能もさることながらOFF-NADIR VIEWING機構による針視観測が自由にできる点が大きな特長で, 同一地域の集中観測や立体視という新しい衛星リモートセンシング技術の分野が拓かれようとしている。

h. VISSR (Visible and Infrared Spin Scan Radiometer) : 1970年代のアメリカの静止気象衛星に搭載されたセンサーでGARP計画のFGGE観測で活躍した。

i. AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) : 60年代のHRIR, 70年代初期のVHRRが改良されて今日では2700km幅の地表面の温度分布を, 精度1℃分解能1kmで観測できるようになった。

2. マイクロ波域:

j. SMMR (Scanning Multifrequency

Microwave Radiometer) : 地表面からの放射はマイクロ波域まで及んでいるが, 温度以外にも誘電率, 水分, 表面の粗度などに依存し, また波長によってその依存関係も異なる。SMMRはマイクロ波域の5バンドによって上記の地表パラメータをそれぞれ独立に抽出できるもので, 雲層を透して21kmから121kmの分解能で, 温度なら0.2~0.3℃の精度で測定ができる。海洋については塩分や海上風の測定も可能であるといわれている。また大気中の水蒸気量や水滴についての情報も得られる。これからの利用技術の研究にまつところも多い。

能動型センサー

k. ALT (radar ALTimeter) : 極めて高精度の電波距離計で10cmの精度で平均海面の凹凸を測る。これから地球のGeoidや海流を求めることができる。また受信パルスの変形から, 海面の有義波高を知ることでもある。少なくともGeoidについては大きな成果が得られている。

l. SCAT (microwave SCATterometer) : 海上風を測定するためのradar(本号24頁参照)。

m. 2FS (2 Frequency SCATterometer) : 波浪の2次元スペクトルを観測するためのradar(本号25頁参照)。

n. SAR (Synthetic Aperture Radar = 合成開口レーダー) : マイクロ波の画像レーダで雲に関係なく20m程度の分解能で地上を探索する。衛星搭載例は1回しかないが, すでに10年前から航空機に搭載され実用に供せられている。可視赤外画像センサーとは異った情報が得られ, その利用については多くの可能性を秘めている。

結 び

以上, 簡単に最近の地球観測リモートセンシング技術のハード面を展望したが, 今後重要性が増すのはソフト面, すなわちデータの利用法の研究であろう。

Atsushi Takeda

・平塚支所沿岸防災第1研究室

Shigetsugu Uehara

・第3研究部

3 防災分野でのリモートセンシング技術の利用可能性

植 原 茂 次

リモートセンシングから得られる情報の特徴は、広域性、同時性、周期性にあると云われている。災害の多くは、広域の異常な自然現象によって惹起され、災害の発生する場も広範囲にわたり、複雑な過程を経て顕在化する。このようなことから、リモートセンシング情報は防災分野にとっては、非常に有効な新しい手段として活用することが期待できると考えられる。勿論、リモートセンシング技術は開発途上の技術であり、現在利用できる範囲は相当限定されたものであるが、今後数年間の開発の進展を念頭に置いて、防災分野での利用可能性について考えてみたい。

防災分野の利用には大きく分けて次の3つのカテゴリーが考えられる。

- (1) 災害に係わる自然現象の把握
- (2) 災害状況の把握
- (3) 災害の予測への利用

上記に対する可能性と問題点について以下に略述する。

災害に係わる自然現象の把握

我々は既に気象現象に関する広域的情報を地上からのレーダー観測、更には静止気象衛星からの映像情報として毎日その効用を享受している。しかしながら、災害に係わる自然現象の種類は多く、波浪・高潮・津波等の広域的な海象、地震発生に関係するプレート動態等の地殻活動現象、火山活動現象の他、洪水氾濫の動態や地すべり・崩壊等の地表変動現象、雪害に関係した積雪融雪現象等がある。これらの現象の空間的広がりや時間的な動態は様々であり、リモートセンシング技術の利用可能性は、各々の現象の特徴、センサーの機能、観測周期、既存観測手段との補充性等に依存する。

一般的に云って災害に係わる自然現象は、時間的に変化が速いことから、観測時期及び周期に対

する随時性・選択可能性が特に重要である。また雨・雲等気象的障害に煩らわされず、また昼・夜間を問わない観測が必要となることが多い。従って、静止衛星や地上レーダーの様に常時監視の可能なもの、広域をカバーして短周期の観測が可能な軌道衛星及び狭域ではあるが随時性のある航空機リモートセンシングで、センサーはパッシブよりもアクティブの方が利用可能性は高いことになる。しかし総べての自然現象を観測できる汎用的なりリモートセンシング技術は不可能であることから、海洋観測衛星とか、測地衛星と云った目的別のリモートセンシング技術が開発されようとしている。一方、海岸や河道の変動等時間的変化の緩慢な現象、或は非常に変動の激しい現象であっても、広域的な自然現象の構造的側面に注目する場合は、ランドサットデータ等の利用は十分考えられる。

災害に係わる自然現象の把握の側面では、今まで気象分野を除くと、その利用の実例は多くはないが、マイクロ波散乱計による海上風向・風速の衛星・航空機からの観測、大規模な火山噴煙等の静止及び軌道衛星からの検出、大陸大河川の拡大移動する洪水氾濫域の軌道衛星からの検出、広域積雪・融雪の地域的分布と変動の軌道衛星からの検出等の事例がある他、航空機リモートセンシングとしては、火山熱分布、地すべりの移動、洪水氾濫、河道内洪水流速分布等多くの事例がある。

この面で特に注目したいのは、衛星のDCS(データ・コレクション・システム)による大気・海洋・山岳地等における自然現象の遠隔自動観測システムの活用である。このシステムによって、地球の大気大循環・潮流等の動態や、気象・海象に係わる各種データが得られつゝあり、また従来観測が困難であった山岳地の積雪、火山の各種観測等が容易となり、リモートセンシングデータのグランドトールズとしても重要な意味を持っている。

災害状況の把握

発生した災害の状況を地形・地質・植生等の自然環境及び土地利用等の人為的な環境の条件の下で明らかにすることは、異常な自然現象の把握と合わせて、災害の発生機構及び過程を明らかにする上で重要であるばかりでなく、被害の数量的評価及びその社会・経済的影響を把握すると同時に、後述の災害予測の基礎的資料としても重要である。従来、災害の状況は、被害額の集計表やその発生の地域については、地図上に概略示めされるに過ぎないことが多く、被害の量的な確認、及び被災個所の諸条件を災害の種類とともに広域的に判断できる資料に乏しかった。

リモートセンシングデータを利用する災害状況の把握は、従来、関係行政機関毎に調査されてきた地上調査の結果を、統一的な手法で広域的に検出・評価して、その整合性を確保し、また地上調査の困難な地域の補足データを付加して、総合性を確保するために有効と考えられる。被害状況の把握は、一般的に云って、災害による状況の変化として捉えることにより可能となる。従って、リモートセンシングデータの災害前後の比較により、その変動を場所的・量的に抽出し、それについて災害の種類や程度を確認し、分類及びマッピングを行い、或は量的計測を行うことになる。

そのために、比較すべき災害前後のデータの入手が必要となるが、両者の時間的間隔は成るべく短い方が良く、また季節を一致させる必要がある。これは土地利用変化及び季節的な変動を成るべく除く必要があることから当然のことである。次に災害の痕跡については、災害の種別及び被災の度合によって様々であり、その時間的な変化も異なる。例えば、山地の大規模崩壊地のように長く痕跡を止めるものもあれば、洪水による農作物の浸水・冠水被害の様に、被災状況が時間的に遅れて顕在化するものもあり、更に災害後の復旧事業等人為的な状況変化も加わることもある。従ってデータの選択入手については、これ等の事情を十分に配慮することが必要であるが、要求を十分満足する衛星データの入手は、現在では相当困難であり、今後の地球観測衛星の数の増加による観測機会の増大に期待するところ大である。

この面に関する実例は、航空機リモートセンシ

ングでは、洪水、山地崩壊、火山噴火等の災害調査に多数ある。衛星データを利用した実例としては、火山降灰分布等火山災害、稲作冷害、山地崩壊、大規模焼失地、林木・作物の病虫害等の研究例があるが、主として地理的な分布と範囲の検出であり、被害の量的評価まで結びつけるところまでは進んでいない現状であり、今後、現地調査との詳細な比較実証的な研究が必要である。

災害の予測への利用

最近、大規模震災対策計画策定の基礎として、各行政機関において、災害発生の予測に関する調査が実施されているが、その統一的・効率的手法の開発に対する要請は緊急なものとなっている。災害の発生は、地震・台風・豪雨等と云った誘因としての異常な自然現象と、地盤・斜面の崩壊、洪水の流出氾濫等を惹起す地形・地質・植生等の自然的素因とに加えて、被害を受ける人間の社会・経済的条件・行動等が複雑に関連している。災害の予測は、地域の自然的・社会経済的条件の中で、誘因によって災害現象がどの様に発展・拡大するかを模擬することにより行われている。リモートセンシングの利用は、地域の自然的及び社会・経済的条件に対するデータベース作成に適用されるところにあり、問題は要求を満す質的・定量的データとなり得るか否かにある。現在広域のデータベースは、一般的には500m~1kmメッシュで作成されているが、徐々に詳細なメッシュデータを要求する方向にある。ランドサットデータの地上分解能は80m程度であり、100mメッシュのデータベース作成に利用可能である。この面の研究は空中写真利用が現在中心となっているが、衛星データを使った土地利用又は土地被覆分類等の手法が開発されつつあり、広域のデータベースを効率的に作成するためにその利用には大きな期待がかけられている。

以上述べた点を災害カテゴリー毎に大略整理して表1（7頁）に例示することにする。

Shigetsugu Uehara・第3研究部

表 1. 防災分野でのリモートセンシング技術の利用可能性

利 用 災 害	災害自然現象	災 害 状 況	災 害 予 測
1.異常気候・気象	台風・低気圧・海水・冷 海流等	干害・冷害・霜害・雹害等	都市気候・地域環境・耕種 と冷害
2.風水害	洪水氾濫等	流亡・埋没・冠水被害・風 害等	土地利用変化と流出・水害 地形
3.地すべり・崩壊	地すべり地の動態・土砂 移動等	地すべり・崩壊・土石流発 生箇所等	災害発生場の地形・地質等 の条件
4.地 震	前兆現象・重力分布と変 化・プレートの動態等	地震災害(焼失・倒壊・津波 ・地すべり・崩壊)の分布	活断層・地震災害環境条件 (土地利用・地形等)
5.火 山	熱分布・地磁気・重力の 変化、噴煙・海底火山	火山噴出物分布・泥流災害 ・植生被害等	歴史火山活動・火山周辺環 境条件(同上)
6.雪 害	雪雲発達移動・広域積雪 融雪等	雪崩の分布・都市雪害状況 等	雪崩の地形・都市雪害環境 条件
7.沿岸災害	海上風・波浪・沿岸流・ 漂砂等	海岸線変動・高潮浸水域と 被害	海岸地形条件・沿岸土地利 用等

セ ン タ ー 新 刊 (1)

●国立防災科学技術センター研究報告，第26号，154頁，昭和56年11月

海外の河川における洪水の水文学的研究（その1）外7編

●紀伊半島地震津波史料，防災科学技術資料，第60号，392頁，昭和56年11月

三重，和歌山，奈良の各県の地震・津波史料について，明治5年（1872年）以前の記録484点を収録した。

●雷雨性豪雨災害の統計調査，防災科学技術資料，第63号，27頁，昭和56年7月

局地的な被害をもたらす雷雨性豪雨について，季節的頻度，地域的分布，降水量の特徴及び被

害形態に関して，仙台・東京・大阪・福岡各管区気象台発行の異常気象報告等により，1973年～1977年の5年間について結果をまとめた。

●長岡における積雪観測資料（5），防災科学技術研究資料，第64号，11頁，昭和56年7月

1980年12月から1981年4月までの間の雪害実験研究所構内における降雪深等の記録を収録。

●関東・東海地域における孔井検層資料集，防災科学技術研究資料，第65号，162頁，昭和56年9月

深層観測井3本をはじめとする8本の地震観測等に使用している井戸（深さ450～3,510m）に関する，密度等4項目の資料集。

4.1 地震防災

幾 志 新 吉

まえがき

大震時における都市防災は、わが国における恒常的かつ緊急の命題であるが、そのための基礎調査及び調査資料の利用状況は未だ十分であるとは言い難い。

昭和39年の新潟地震、同43年の十勝沖地震を経て、資源調査会から出された「都市域地盤測定に関する第2次勧告」（昭和43年7月）に沿って、当センターでは都市地盤データベースの開発とその利用手法の研究を継続して実施してきた。これはわが国唯一の研究であり、その成果は川崎市、静岡県等の自治体において実用に供されており、現在首都圏で1万本、静岡県下で4千本のボーリング土質柱状図が電算化されている。

一方、都市域における震害予測を行うためには、都市地盤に立地する構築物の分布現況、さらに包括的視野からサイスミック・マイクロゾーニングを行うための最新の土地利用状況に関する情報が必要である。

したがって、衛星及び航空機によるリモートセ

ンシング・データの利用が有効となってくるが、ここで要求される土地利用情報は、振動特性などの防災上の特性に依存して区分されたものでなければならない。また経時変化の監視に有効なものではない。

本研究は、都市地盤データベースとリモートセンシングによる土地利用情報を面的に整合することにより、巨視的視野から震害予測を行う総合技法を開発し、都市域における震災対策に資するものである（図1）。

本稿では、ランドサット情報と都市地盤情報の重ね合わせについて述べる。

土地被覆分類

リモートセンシングが直接取り扱うのは土地被覆であって土地利用ではない。土地被覆は、地表の対象物の物理的特性を指すのに対して、土地利用は、対象物の機能的側面をも包含する概念である。例えば土地被覆では密集市街地と表現される地域が、土地利用では商業地区であったり、業務

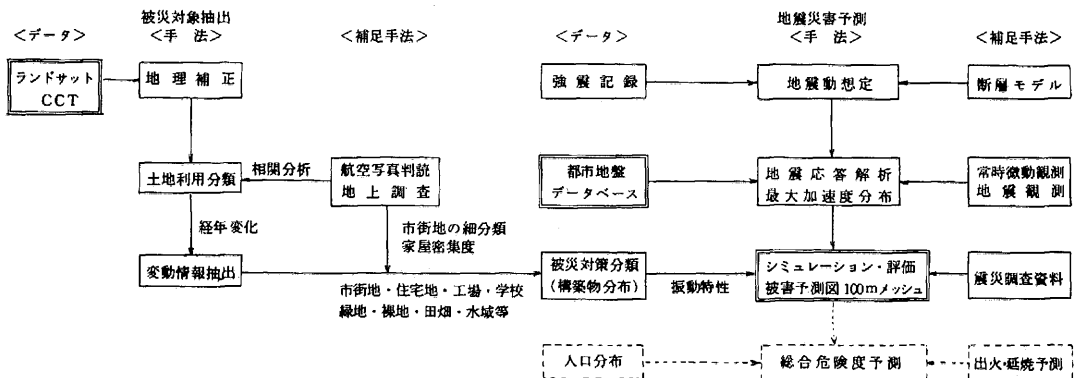


図1 都市域震害予測手法のフローチャート

地区であったりする。本研究の現段階では土地被覆を扱っている。

現在、ランドサットMSSの地上分解能は約80mである。このMSSデータから、都市域の代表的カテゴリーである密集市街地、住宅地、工場・倉庫などの大型建造物、運動場などの空地・裸地、緑地、水域さらに田畑などの分類を電算機を用いて行うことが可能である。

ケーススタディとして、ランドサット3号の1979年3月1日の東京シーンから京葉地区を切り出し、市街地を家屋等建築物の密集度により二分したものを写真4.1.1に示した。写真の説明は次頁に譲るが、密集度の高い地域が赤系統の色調で、低い地域が青

系統の色調で表わされている。密集度は特に近赤外域のバンド7の反射強度と密接に関連しているが、これは一つの画素に集約される地上の区画（瞬時視野）を構成する建築物、空地、植生等の面積率からくる特性と考えられる。

都市地盤データベース

建物・道路・鉄道・港湾等の構造物の基礎調査の際のボーリング土質柱状図資料を収集・電算化し、種々の検索・解析を可能にしたシステムである。土質柱状図は各地層の深さ・土質名・色調と地盤の堅さを表わすN値（標準貫入試験値）より

E 139.40.48.0
N 35.32.48.0
H 5.40
W 1.55
Y 1970.07
NO 1389

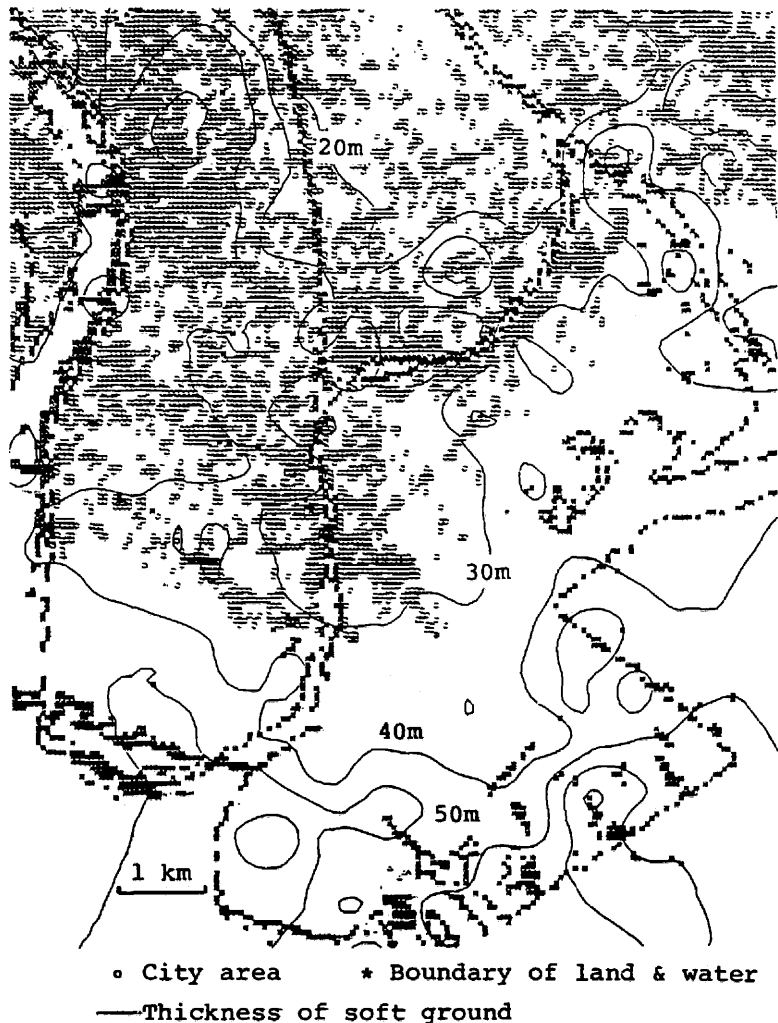
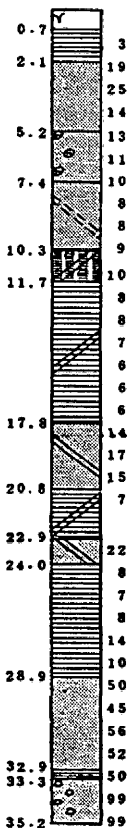


図2 土質柱状図出力例

図3 土地利用（市街地）と地盤情報の整合

成り、ボーリング位置は経度4.5″、緯度3.0″のメッシュ（二万五千分の一地形図のたて・よこを百等分したもので約100m平方）で表わされる。軟弱地盤地域のものがほとんどで、深さは20～60mである。

検索法の典型として、XYディジタイザーにより地形図上で指定した点または線に沿う土質断面図のCRT（メモリー・スコープ）表示を、マン・マシン応答で行う方法がある。図2はコード化されて記憶されている柱状図を、定められたパターンを用いて電算機が自動的に作図し、FAX（高速印画装置）に出力したものである。

解析例として、地盤の固有周期、入力地震動に対する最大加速度、液状化危険度の推定などがある。図3のコンターは、このうち最も基本的な軟弱地盤の層厚分布を、N値=50の等深線として示したものである。

土地被覆と地盤特性の重ね合わせ

ランドサット画像に、経緯度に基づく地理補正を施し、地盤情報との位置的な整合を行う。

写真4.1.1は、軟弱地盤の層厚を10m間隔の階級に分け、坚硬地盤に緑の暗い濃度を、軟弱地盤に緑の明るい濃度を割り当て、一方、ランドサット画像から抽出された密集市街地に原色の赤を、低密度市街地に原色の青を割り当ててカラーモニター上で合成したものである。この表示法によれば、原色に近い市街地ほどその立地する地盤が坚硬で、緑との中間色に近い市街地ほどその立地する地盤が軟弱であることになる。

この写真から、密集市街地のうち例えば船橋から小岩にかけての国鉄総武線沿線の地盤は堅く、江戸川区と江東地区の地盤は軟弱であることがよくわかる。

さらにこの合成表示法において、軟弱地盤の層厚に対する緑の濃度の与え方を逆にする、すなわち堅い地盤に明るい濃度を、柔らかい地盤に暗い濃度を割り当てれば、軟弱な地盤に立地する密集市街地ほど原色の赤に近い色調を呈することになる。一方、大震時においては都市地盤が軟弱なほど大きな被害をもたらすという観点に立つならば、上記の表示法は、そのまま密集市街地における震害危険度を表わしているということができよう。

また、図3は軟弱地盤の層厚分布と密集市街地を電算機内で重ね合わせ、写真4.1.1の一部に相当する地域を、国土地理院発行の地形図と同じUTM投影図法によって、XYプロットに出力したものである。軟弱地盤の層厚を10m刻みのコンターで、市街地を○印で表示した。○印がランドサットの1画素にほぼ対応している。

この図から、例えば江戸川の自然堤防に沿う市川市行徳から浦安へかけての旧市街が、軟弱層厚30m以内の比較的堅い地盤上に立地していることも読み取れる。

なお、これらの地理的な位置関係を示すため、ランドサット・データから得られる水域と陸域の境界ないしはそれと同等の反射特性をもつ対象を、写真4.1.1では白点で図3では*印で示した。

以上の手法により、都市地盤に立地する土地利用の形態が把握され、さらにその人工被覆の各カテゴリーの平均的振動特性を仮定すれば、面的、地域的な震害予測が可能となる。また反復して定期的に得られるランドサット画像を互いに重ねることにより土地被覆の変動を捉えることができるから、住宅地の増加等の都市域の変動に即応した震害予測も可能である。

あとがき

本稿では、ランドサット情報と地盤情報の整合による都市域震害予測手法の一端について紹介した。

この課題においては、航空写真の併用による土地被覆の細分類や、さらに社会的機能を含む土地利用分類の必要性が考えられる一方、震災予測が一般に500mメッシュで行われていることを考慮すると、ランドサット・データを用いたマイクロゾーニングが無意味とは思われない。因みに1982年に打上げが予定されているランドサットDのTM（セマティック・マップ）では地上分解能が30mに向上する。

また、多大の費用と年月を要する従来の調査法に対して、調査の補足手段として人工衛星データを利用することは、地方自治体等にとってその経済性からも有益な方法となろう。

いずれにしても、この課題におけるリモートセンシングの可能性と限界を明らかにして行かなければならない。当面、京葉地区の土地被覆に関する航空写真メ

シュデータを作成し、工場・倉庫・校舎・高層住宅等の大型建物の分類及び中小建物の密集度とランドサットMSSデータとの相関分析を進めている。

また、土地利用変化が顕著でかつ地上調査が容易な筑波地区を対象として、ランドサットMSSの短波長域から経年変化を、近赤外域から季節変化の抽出を行ったところ、それぞれ無機質の被覆に変遷した領域、及び植生、水量が大きく変動する領域を、変動域の典型として抽出することができた。この結果、MSSの短波長域に相当し、地上分解能の高いRBV（リターン・ビーム・ビジコン）データを用いた、経年的な都市化の検出が可能であること、また季節変化を利用して、より確度の高い土地被覆分類が可能であることが推察される。

地震防災分野におけるリモートセンシング技術の利用に関する研究課題としては、本文にその一端を紹介したような他情報との整合による予測ないしは監視に関する課題のほか、発災後の調査に関する課題がある。当センターにおける後者の研究事例として、新潟地震（1964年）による市内の被害を航空写真の判読によって調査した例がある。

また、主として伊豆半島沖地震（1974年）と伊豆大島近海地震（1978年）に起因する東伊豆地域の山地崩壊を、地震発生前後のランドサット・データを用いて検出しようとする試みが、科学技術振興調整費による「リモートセンシング技術の利用実証に関する研究」の中の「災害状況調査法」の一環として行われている。

参 考 文 献

- 幾志新吉・諸星敏一、昭和55年9月：ランドサット情報と都市地盤情報の重ね合わせ。防災科学技術No.40
幾志新吉、昭和56年7月：ランドサット・データによる筑波研究学園都市の土地被覆時変化の抽出。防災科学技術No.43。
高橋 博・有賀世治・西尾元充、昭和44年2月：空中写真による地震災害調査法の研究。防災科学技術研究資料6号。
幾志新吉、昭和50年6月：都市地盤土質柱状図データの検索；情報管理。日本科学技術情報センターVol. 1.18-No.3。
国土庁計画調整局総務課国土情報整備室、昭和56年3月：国土情報整備事業のあらまし。

Shinkichi Kishi・第4研究部
情報処理研究室

セ ン タ ー 新 刊 (2)

- 災害予防指針 第1巻，防災科学技術研究資料，第66号，58頁，昭和56年11月

本誌は、国連災害救助調整官事務所（UNDRO）が1976年に刊行したものの訳である。災害予防の一般原理を述べ、その基礎的な指針を示すために発刊された3巻の第1巻で、居住地における各種の災害を予防するため、建物等の物的対象をどのように配置すべきか、すべきでないか、について考え方を述べている。

- 三次元精密振動台による小型模型実験，防災科学技術研究資料，第67号，139頁，昭和56年11月

小型の三次元振動台を用いて行った配管系、液体貯槽等の実験結果をまとめた。

- 昭和56年豪雪による北陸地方の災害現地調査報告，主要災害調査，第17号，392頁，昭和57年2月

昭和55年-56年冬期、東北地方南部から北陸地方、中部地方の北部及び近畿地方の北部は、56年豪雪と称する大雪に見舞われた。この豪雪は、平地部では38年豪雪以来、山地部では昭和20年以来的大雪となり、各地でなだれ災害、農林災害、交通障害及び都市災害が発生した。本誌は、この災害のうち、主になだれ災害及び福井市外4市における都市雪害に関する調査結果をまとめた。

4.2 火 山 防 災

熊 谷 貞 治

まえがき

火山防災分野におけるリモートセンシングは、これまで火山活動を監視するため、地熱地帯等火山体の温度測定を、地上及び航空機から赤外放射温度計、赤外映像装置を利用して行ってきた他、火山噴出物の分布、火山災害調査のために、空中写真、航空機MSSデータの利用が行われてきた。最近の火山噴火予知研究の結果、火山体の熱データは、短期的な火山噴火予知の有力な情報として期待されており、現在の空中赤外映像装置を改良し、常温から融解したマグマの高い温度までの测温機能、高い地上分解能、火山噴火の緊急性に即応できるリアルタイムデータ伝送・処理・解析システムを備えた火山専用空中赤外映像装置の開発が、測地学審議会の第2次火山噴火予知計画の建議に基づいて、国立防災科学技術センターで進めている。

一方、人工衛星データを火山防災のために利用するための研究も最近急速に増えており、特に米国では、1980年5月18日に大噴火を起したセントヘレンズ火山の火山現象及び災害等の調査手段に、各種リモートセンシングを活用し、その実用性が明確に示された。当所では、1979年10月28日の御岳山噴火の降灰分布を、ランドサットデータから検出し、その利用可能性を示したが、更に、火山災害予測等の面にも積極的な活用を図るための研究を進めている。

こゝでは、人工衛星データを火山防災分野に利用しようとする国内の研究の現状と、防災センターの研究の概要について以下に紹介する。

火山防災分野における衛星リモートセンシング利用研究の現状

この面については第19回火山噴火予知連絡会の

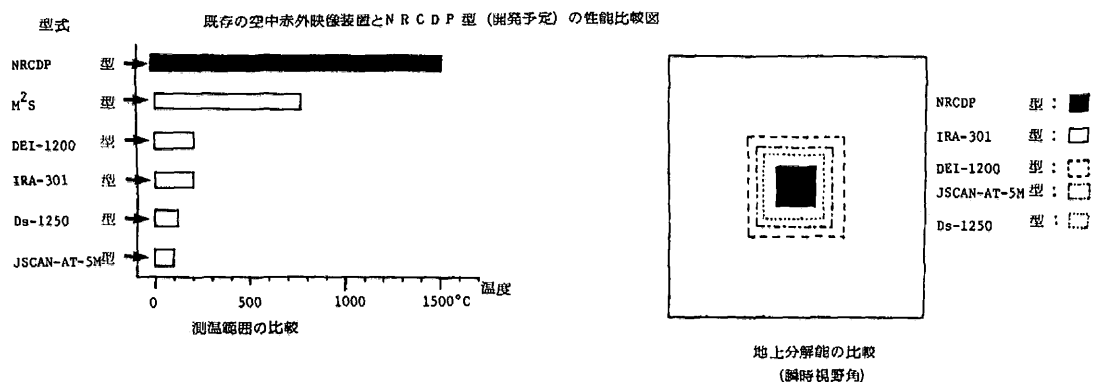


図 1

测温機能：温度測定可能な範囲のことで、開発予定の装置は、一応溶融したマグマの温度より少し高い温度まで測定可能な機能。

地上分解能：通常、瞬时視野角をmRadで表わし、1mmRad. とは、1,000mの上空から地上の1m×1mのものを識別できる能力をいう。図では、相対的面積が小さいほど地上分解能が良い。

資料に、関係各機関の昭和 54、55 年度の研究計画及び 54 年度実施状況が集約されているので、それに基づいて以下に述べることにする。

1. リモートセンシングによる火山の表面状態監視手法の開発（気象研究所）

日本全国の活火山を対象に、可視、赤外域の 4 バンドを適当に組合せることにより地勢の特徴を検出し、さらに MS S の熱赤外バンドによって熱の状態を検出し、火山活動の監視方法を開発する。

実施状況：日本に分布する火山のうち約 15 火山が写っているランドサット映像を収集した。雲や雪にかくれ、撮影映像数の 2% 程度が利用可能な映像数であった。4 つのバンドの映像をジアゾマシンで処理し色調の特徴を検出することを試みたが、バンド 7 は火山地帯の熔岩流、砂礫地帯等がよく現われている。

2. ランドサットデータによる火山性変色水の調査（海上保安庁・水路部）

西之島新島、福徳岡の場及びさつま硫黄島の 3 火山について、それらの火山活動の違いによる変色水の色、分布等をランドサット・データにより調査する。

実施状況：ランドサットデータの 70 mm フィルム及び、CCT により火山性変色域について解析を行った。1979 年の海洋におけるランドサットデータの取得率は、雲の障害により約 3% と低いものであったが、海底火山付近に存在する変色水域についての情報を検出し得ることが判明した。

3. 南九州火山の熱的状态と桜島火山の噴煙、降灰の状態の研究（京都大学防災研究所・桜島火山観測所）

(1) 火山の活動状態の監視と予測にランドサットデータをいかに取扱うかの基礎的研究

(2) 桜島火山の噴火による環境汚染のメカニズムの研究

実施状況：ランドサットの熱赤外データ故障のため主に噴煙、降灰状態について調べた。

1979 年 1 月 30 日から 1979 年 12 月 20 日までについて Path 121, Row 38 の合計 21 シーンのうち雲量が 50% 以下で桜島が見えるのは 8 例で全体の約 38% であった。この 8 例のうち 3 例は撮影前火山性の連続微動が発生、これに伴う連続噴煙が撮影されていた。

噴煙の検出に適当な Band としては、4、5、6、

7 及びフォールスカラーの各データの比較により Band 4 及び 5 が適当であることが分った。

4. 広域地熱構造物の解析研究及び大規模地熱開発地域の環境把握（地質調査所）

(1) 地熱地域に広域的観点から火山地質プロビンズ毎に整理区分し、共通の場の規制を受ける断裂系、地下水涵養域等を明らかにし、詳細理解への指針を与える。

(2) 将来大規模に開発が予想される地熱地域について、広域の自然環境を事前に把握する。

5. 御岳山の噴火に伴う降灰分布及び火山活動監視に関する基礎研究（国立極地研究所）

当研究では極地域の諸現象を解析するための一手法として、画像解析システムを導入し、成果をあげつつある。御岳山の噴火を機に、その手法開発の地域として御岳山を選び、2 シーンの CCT の購入、研究を開始した。本研究はその続きで、1) 御岳山を中心とした 50 km 四方の範囲の画像パターンの季節変化、2) 噴火前後、雪のある季節、雪のない季節などの特徴を描き出し、噴火直後の降灰分布を求めるとともに、噴火地域の変化も求める。

6. ランドサットデータ利用による防災研究手法の開発研究（国立防災科学技術センター）

防災研究の手段としてランドサットデータの利用可能性を「火山噴出物の分布とその検出法」について研究する。桜島、三宅島、火山列島硫黄島をテストエリアとし、ランドサット映像の拡大、合成、強調等により火山噴火に伴う噴煙、火山灰等の分布を地上データ及び空中写真と比較しつつ判読し、その利用可能性を検討する。

7. 噴煙等による火山の活動及び災害状況の常時監視に関する研究（国立防災科学技術センター・京都大学防災研究所桜島観測所）

桜島火山を対象として以下の研究を行う。

(1) クイックルック画像から噴煙の濃度及び分布を計測し、その相対的な数値化をみると共に、火山性地震の発生回数等火山観測データとの比較照合を行い、火山活動と噴煙の映像との関係を明らかにする。

(2) 噴煙の拡散状況と気象観測データとの対比を行い、その特性を明らかにすると共に、地上の降灰観測結果とも対比する。

火山活動監視のフローチャート

手法 \ 時期	平常時	異常検出時	噴火活動中	噴火活動終了
地上等現地踏査 (定期的)	B	B	C	B
地上等現地踏査 (臨時)		A	C	
空中探査 (熱、地形等)航空機	B	A	A	
空中探査・人工衛星	C	C	B	C
観測機器 (常時観測)	A	A	B	A
観測機器 (臨時観測)		A	A	

図2 火山活動監視は図に示すようなフローチャートが考えられる。図中のA：有効な方法，B：普通，C：不適当という意味で特に詳細な定義ではない。なお，空中探査・人工衛星の手法は現在のセンサーによる精度等である。火山活動監視の手段として人工衛星による方法は他と比較して良いといえない。データ取得の安定性という点に問題がある。

なお，図中の実線が太くなる程踏査・探査・観測の度数が増加し，点線は危険が伴うことを示す。

以上の研究は軌道衛星のランドサットによるデータの利用を目的としている。

しかし，軌道衛星によるデータは，広域性，同時性，情報の多様性，経済性に航空機等のプラットフォームと比較し優れた点を有している反面，情報の迅速性に乏しく，2個のランドサット衛星データを使用しても9日に一度の観測の機会しかない。また，その機会があっても前述した調査結果ではデータの収集率は2～3%にとどまることや地上分解能を考えると火山防災分野における利用の限界がおのずと示されよう。すなわち，火山噴火予知に必要な火山体の温度分布の異常検出や火山活動の監視には適さない。しかし，火山噴出物による災害現況の把握，火山噴出物による災害（人的被害を除く）の予測に必要な土地被覆，土地利用の状況を知る上では十分に役立つと考えられる。

次に，以上のランドサットデータの利用上の制約をふまえた国立防災科学技術センターにおける火山防災分野のリモートセンシング利用の研究実施状況について述べる。

1. 「1979年の御岳山，阿蘇山噴火の特別研究」（特別研究促進調整費）の中で，「御岳山噴火に関する研究」のうち「火山噴出物の検出」について。

1979年10月28日に木曽御岳山が噴火し，その周辺地域に火山放出物が降下堆積した。火山噴火発生前の10月23日及び後の11月1日にランドサットにより良質なデータが得られた。この2時期のデータの変動部分から，火山噴出物の検出に努めた。その結果，航空機による空中写真で目視判読では検出ができない程，少量の降灰があった地域からもランドサットデータの精密な処理と解析により検出できることが判明した。（写真4.2.1参照）

2. 「火山災害とその防止に関する研究」

前述した当所の研究題目6のうちの三宅島及び伊豆大島についてランドサットデータを利用して，縮率五万分の一の土地被覆状況図を作成した。この状況図は空中写真，国土地理院発行の地形図による地被物の分類及び地上踏査の結果等と非常によく対応している。また，三宅島については，ランドサットデータから，地形図及び航空機による空中写真（ $1/10,000$ ）から判読できない1874年の火山噴火によって噴出した熔岩流を検出している。反射特性の差を精細に調べ，更にデータの処理解析手法を検討すれば時期の異なる熔岩流等火山噴出物の検出が可能ではないかと考えられる。（写真4.2.2参照）

これまでのランドサットデータの有効性の検討とその利用の限界を考慮しつつ，現在入手可能なランドサ

ットデータを有効に利用して「火山災害とその防止に関する研究」の中で富士山を対象とした研究に着手している。

これと類似した研究は、文部省の科研費により、「噴火災害の特質とHazard Mapの作製及びそれによる噴火災害の予測の研究」（研究代表者：下鶴大輔）の課題で昭和53年度を初年度とする3カ年計画で行われている。対象とした火山は、樽前山、有珠山、北海道駒ヶ岳、鳥海山、磐梯山、浅間山、新潟焼山、妙高山、富士山、阿蘇山、桜島、開聞岳の12火山であった。この結果は、第18回自然災害科学総合シンポジウムにおいて発表されている。しかし、諸般の事情からDisaster Mapにとどまった由である。当所において、富士山のHazard Map（災害予測図）が完成してもその公表については、いろいろの問題があり配慮する必要があるが、予想される東海大地震を想定した地震災害に対する種々の災害予測が現在なされている以上、火山災害についても当然に検討しておく必要があると考えている。

富士山の火山災害予測図（図3）

1707年10月28日に紀伊半島沖を震源とするM：8.4の地震が発生し、その後12月16日に富士山は大噴火して現在の宝永火口が生成された。富士山の噴火活動と東海沖地域に発生する大地震との関連についてもいろいろと関係者により検討され、その発生に関するモデルも公表されている。これらの考え方もふまえると、現在世上で問題とされている東海

大地震が発生すると、この地震がトリガーとなって富士山が噴火する可能性が考えられる。

そこで、宝永噴火の規模で火山噴火が富士火山体のどこかで発生することを想定し、被害予測を、そして災害予測図まで作成することを目的としたものである。

現在までに富士山の噴火によってもたらされた主な火山災害について述べる。（日本活火山要覧）

800～801年：山頂火口からと思われる噴火があり、猿橋熔岩流発生、降灰多量、足柄路は埋没、802年に箱根路が開かれた。

864～866年：北西山腹から噴火、降灰多量、熔岩流出（青木が原熔岩）、北西に流れたのは本栖湖に達し、また荊の海を精進湖、西湖に二分、北東に流れたものは吉田付近に達する。この熔岩流で民家多数埋没、湖の魚被害。

1707年：南東山腹から噴火（宝永噴火）12月16日の朝噴火し、黒煙、噴石、空振、降灰砂、雷、その日のうちに江戸にも多量の降灰。

富士山の噴火によって発生した災害は、(1)火山灰、砂、(2)火山弾、(3)熔岩流、(4)泥流によるものがあり、この他に熔岩流による融雪泥流及び岩なだれが考えられる。

災害の種類、火山噴火の規模（噴火の規模は、

研究のフローチャート（富士山の例）

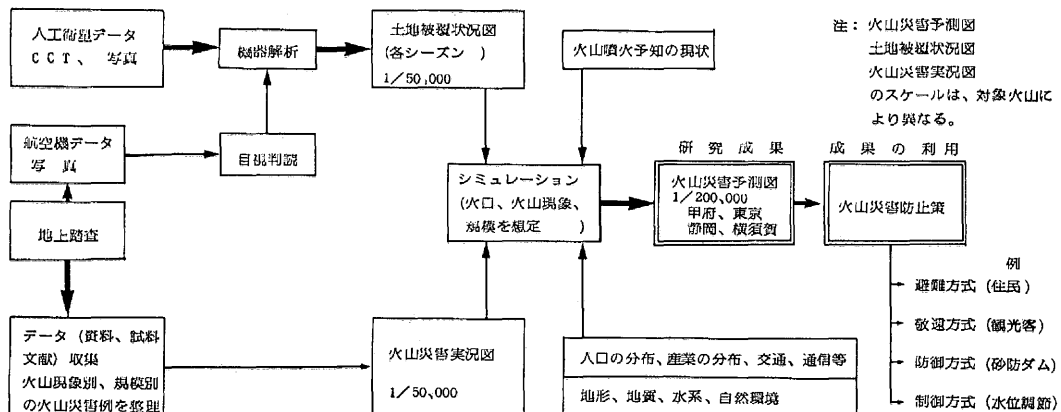


図3 富士山の災害予測図は、5万分の1地形図の富士山、山中湖、富士宮及び御殿場図幅の地域について詳細に調査検討し、放出物だけが分布すると予想される地域は、20万分の1地形図にマッピングする。

熱エネルギー、振動エネルギーなどで算出することがあるが、火山災害を対象としているので火山噴出物の量をここでは言う)、被害対象と火山現象の種類による組合せや火山噴火の位置、季節を想定して研究を推進するが、人工衛星データは、被災対象の区分と富士山の雪による被覆の状況を知る上で利用し、それらの検出・分類及びマッピングの手法を研究する必要がある。

特に泥流の発生は雪の分布とその深さに関係しその規模が想定されるため、経済性、周期性を考えると人工衛星データの利用は有効であろう。

人工衛星によるデータの質は今後向上し、その利用範囲は増大すると思うが、現状での利用は、地上分解能の精度から云っても前述のような範囲にとどまらざるを得ないと思われる。

将来、天候にかかわらずに必要なデータが収集

でき、地上分解能の良い、少くとも一日一回以上の周期でデータの利用ができるセンサーとプラットフォームが開発されれば、火山活動監視の有力な手段となろう。

軌道衛星によるデータ収集の欠点を一部補っているのが静止衛星であろう。地上分解能は軌道衛星と比較し静止衛星は悪いが、「ひまわり」を例にとれば、通常3時間毎に同一地域の映像を撮影しているため、火山噴火発生後、火山活動の推移を噴煙の移動・拡散などから推測する上で有効である。しかし、一定以上の火山噴火の規模がなければ利用はできない。今後、人工衛星データの質と量の向上を期待する。

Teiji Kumagai・第3研究部主任研究官

一般公開のお知らせ

昭和57年度科学技術週間行事の一環として、当センターでは本所、3支所及び府中地殻活動観測施設を下記のとおり公開します。多数ご来所下さるようご案内いたします。

場 所	日 時	内 容
本所(筑波研究学園都市:茨城県新治郡桜村) 問い合わせ先 0298-52-0814	4月17日(土) 10時-16時	1. スライド「防災センターの紹介」 2. 研究施設 (1) 関東・東海地方の地殻活動監視施設 (2) 大型耐震実験施設「マグニチュード7を体験してみませんか」 (3) 大型降雨実験施設「集中豪雨の日本記録(150ミリ/時間)を体験してみませんか」
雪害実験研究所(新潟県長岡市) 問い合わせ先 0258-35-7521	4月16日(金) 10時-16時	研究施設 (1) 低温実験施設「-20℃の世界を体験してみませんか」 (2) 自然エネルギー利用による屋根雪融雪実験施設
平塚支所(神奈川県平塚市) 問い合わせ先 0463-32-7159	4月16日(金) 10時-16時	研究施設の紹介
新庄支所(山形県新庄市) 問い合わせ先 02332-2-7551	4月16日(金) 10時-16時	1. 映画「支所の紹介」外 2. 研究施設 (1) 低温実験施設「-20℃の世界を体験してみませんか」
府中地殻活動観測施設(東京都府中市) 問い合わせ先 0298-52-0814	4月15日(木) 11時-16時	府中の大なまずは……、地震予知研究の成果の紹介

4.3 水 害 防 災

植 原 茂 次 ・ 佐 藤 照 子

利用の現況と今後の方向

空中写真は、河川・砂防計画に一般的に利用されてきたほか、水害発生時には、洪水氾濫・崩壊・土石流の発生地区及び災害状況等を把握するため、随時活用されている。防災センターでは、このような災害時の空中写真の利用が防災研究の上で非常に有効であり、情報の保存上からも重要な手段であることから、主要災害毎に空中写真を極力収集・整理し、研究に活用するとともに、要請に応じて貸し出しを行っている。しかしながら、広域にわたる水害が発生した場合、空中写真でその総てをカバーすることは、経済的にもデータの処理・解析上からも困難であることから、衛星データの利用可能性を明らかにし、狭域の空中写真との組み合わせによる効率的な広域水害調査手法を確立することが必要である。

更に、都市化・土地利用変化が、流域の水文特性を変え、洪水ピーク流量の増大・流出の加速化をもたらし、水害の激化を招いているが、このような流域条件とその変化を把握し、洪水対策に資するために、リモートセンシング技術を利用することも重要である。ここでは未だ開始したばかりであるが、水害調査へのランドサットデータの利用研究について以下に紹介したい。

昭和 56 年 8 月石狩川流域水害に関するリモートセンシング利用研究例

1. 目 的

56年8月3日から6日にかけて、北海道は前線と台風 12号による豪雨に見舞われ、全道的に甚大な水害を受けた。特に石狩川中下流域は、最大総雨量 400 mm をこえる未曾有の豪雨による洪水氾濫が発生した。氾濫は、札幌市北・西部の低平地都市化地域、石狩川本川の江別市美原地区、支川千歳

川、幌向川、旧美唄川、産化美唄川、奈井江川、大鳳川等広域にわたり、家財の損壊、農作物被害、交通及びその他公共施設被害等大きな影響を与えた。このような広域的な水害の影響を、ランドサット映像から検出する可能性を検討するため、防災センターは、宇宙開発事業団、千葉大学と協力して目下研究を進めている。水害の影響としては、石狩川中下流域のような低平地における氾濫は、土砂の堆積・泥土による被覆は殆どみられず、氾濫水の湛水深と湛水時間が農作物に与える影響が痕跡として残ると推定されたので、農作物被害の痕跡の検出可能性が主目的となる。現在第一段階としての画像解析を行ったところで、十分な成果は得られていないが、以下に概略を示す。

2. ランドサットデータ(L.D.)とその画像解析

L.D.としては、8月27日と10月2日の札幌シーンが、雲量は多いが、石狩川中下流部の一部は利用可能であったので利用することにした。特に災害の激しかった幌向川・千歳川流域は完全に雲に覆われていたので、空中写真も撮られている旧美唄川・産化美唄川流域にわたる地域を切り出し、パルク処理のまゝの画像を分類し、空中写真及び8月20日頃行った現地調査の資料等と比較しつつ考察を行った。解析範囲は図 1 に示す。画像の分類は、ディスプレイ上のフォルスカラー画像中の特徴的な土地被覆を確認して、その各バンドごとの輝度範囲を確定し、その条件により分類し加色した。表 1 及び表 2 に分類の種類とその輝度範囲を示し、写真 4.3.1, 4.3.2 に分類結果を示す。なお、写真 4.3.3, 4.3.4 は両流域の氾濫状況を示す空中写真のモザイクで、水害直後の8月7日撮影のものである。

3. 結果の考察

8月27日のL.D.分類結果を考察すると、水田 1 (R・F・1 緑) は被害は少いとみられる。これに対し水田 2 (R・F・2 褐) は、石狩川本川の高水敷

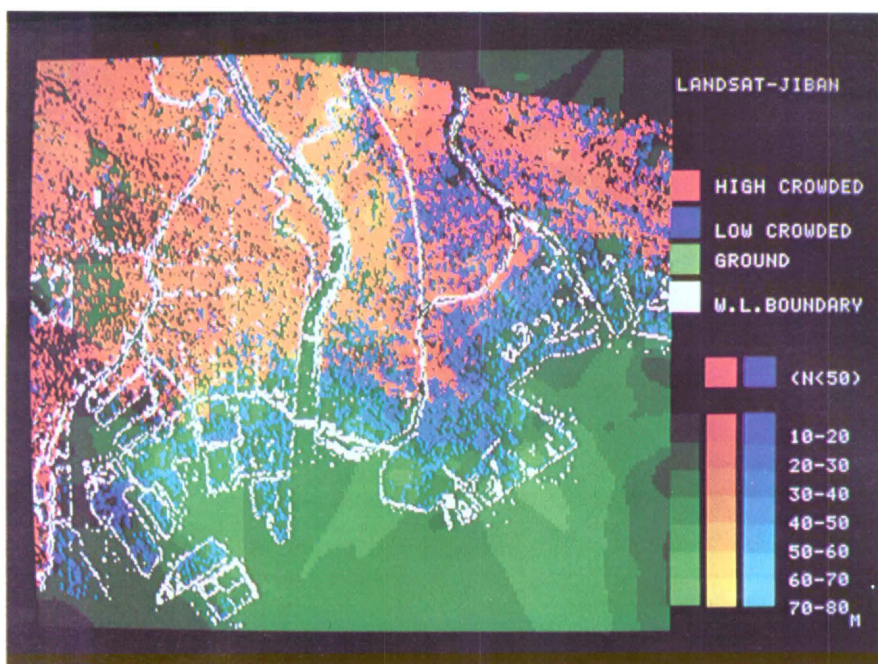


写真 4.1.1

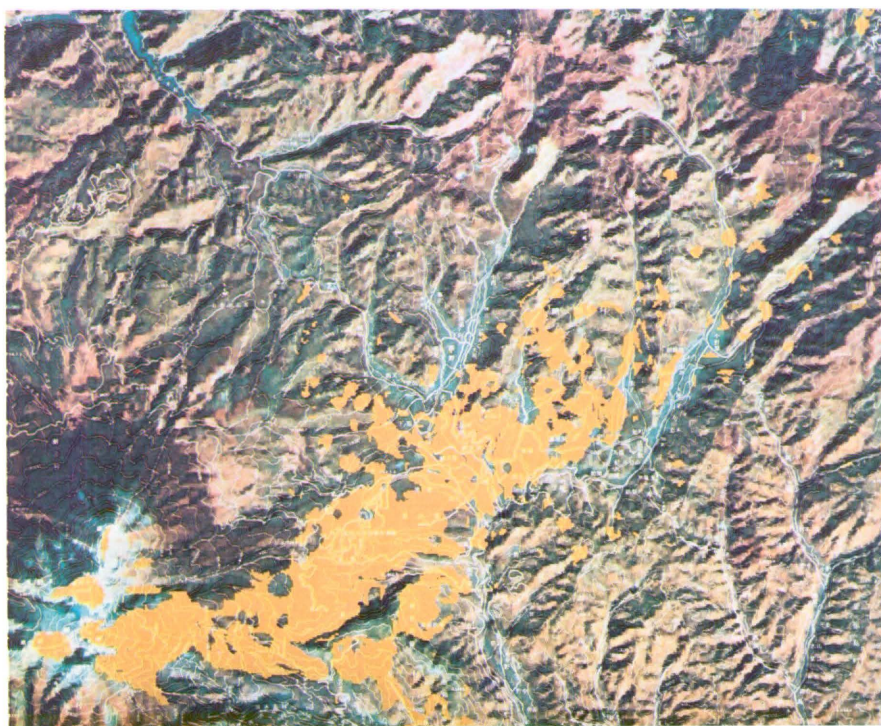


写真 4.2.1



写真 4.2.2

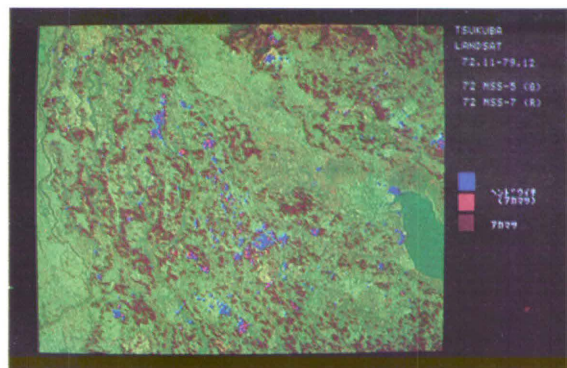


写真 4.6.1

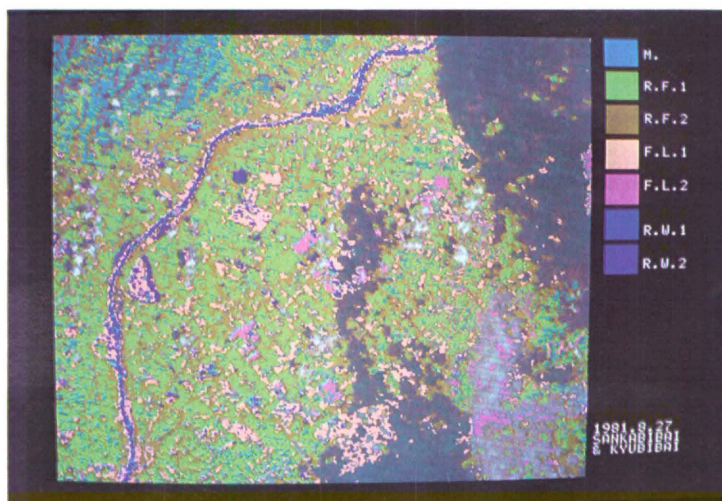


写真 4.3.1



写真 4.3.2

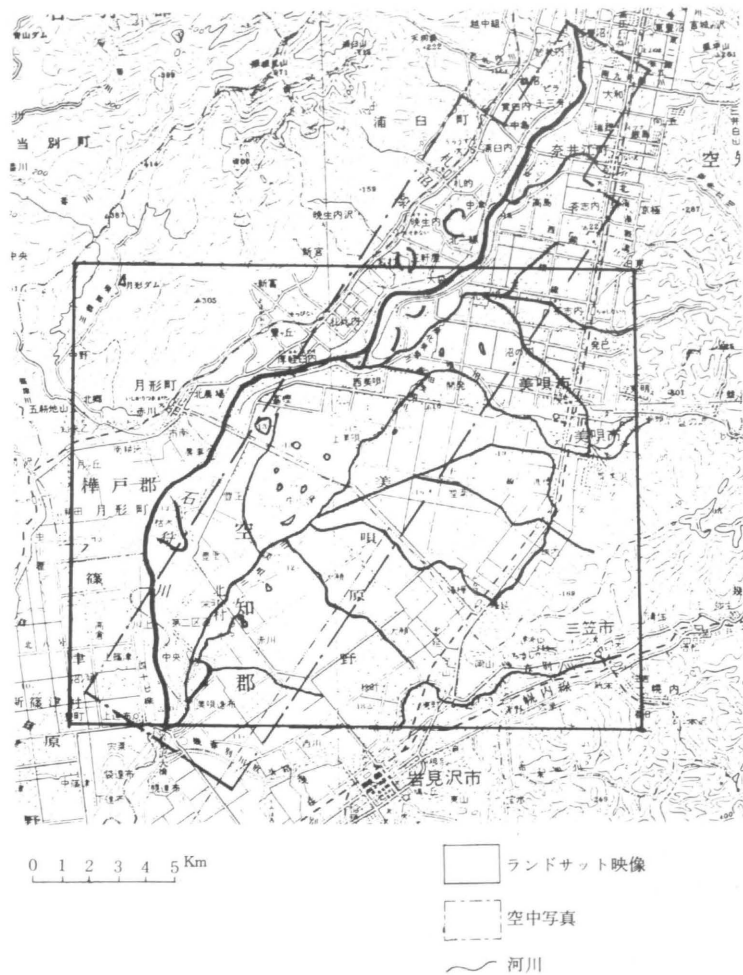


図1. 対象地域



写真4.3.3 旧美根川流域内水氾濫状況(空中写真モザイク)
8月7日撮影

0 1 2 3 4 5 Km



写真4.3.4 産化美根川流域外水氾濫状況(空中写真モザイク)
8月7日撮影

及び産化美唄川・旧美唄川の河道とそれに沿った部分、即ち氾濫が長引いたとみられる区域に拡がっており、輝度がバンド7でR・F・1に比して低いことから、水稻等の植物被害がバンド7の反射率低下として表われたとみられる。畑は輝度特性が大きく異なる2つのカテゴリーに分類される。各バンド共輝度の低い畑1（F・L・1 淡赤）と輝度の高い畑2（F・L・2 桃）であるが、これはフォルスカラー画像でも明瞭で、F・L・2はF・L・1に比して湿度の低い裸地とみられ圃場整備を実施中の所と考えられる。F・L・1は転作による小麦畑が主体であるとみられるが、水害は丁度収穫期

にあったため被害は甚大であったが、L.D.は水害後3週間を経た時点であるため畑地の整理も進んだことから、被害箇所を推定することはできなかった。

10月2日の分類結果を以下に考察する。本年の水稻の収穫時期は遅れ、丁度作業が開始された時点であるとのことから、水田2（R・F・2 茶）は水田1（R・F・1 褐）に比してバンド7の輝度が低いので、収穫作業がR・F・1より進んだ状況にある水田とみられる。水害の影響としては、河道（R・C 濃緑）として分類した部分が、バンド5の輝度がR・F・2より低く、8月27日のR・F・2と大体一致していることから、この部分に含まれる水

表1. 1981年8月27日 産化美唄川・旧美唄川流域L.D.分類（パルク処理データ）

分類	配色	三色混合比			各バンドごとの分類上の輝度範囲（量子比6ビット）											
		B	G	R	バンド4				バンド5				バンド7			
					0	20	40	60	0	20	40	60	0	20	40	60
水田1 P.F.1	緑	00	60	00												
水田2 P.F.2	褐	00	30	30												
畑1 F.L.1	淡赤	30	30	60												
畑2 F.L.2	桃	60	00	60												
山林 M	青緑	30	00	30												
河川 R.W.1	青	60	00	00												
沼田川 R.W.2	藍	50	00	10												

表2. 1981年10月2日 産化美唄川・旧美唄川流域L.D.分類（パルク処理データ）

分類	配色	三色混合比			各バンドごとの分類上の輝度範囲（量子比6ビット）											
		B	G	R	バンド4				バンド5				バンド7			
					0	20	40	60	0	20	40	60	0	20	40	60
水田1 R.F.1	褐	00	30	30												
水田2 R.F.2	茶	00	00	30												
畑1 L.F.1	桃	60	00	60												
畑2 L.F.2	淡赤	30	30	60												
畑3 L.F.3	赤	00	00	60												
山林 M	青緑	30	30	00												
河道 R.C	濃緑	00	60	20												
河川 R.W.1	青	60	00	00												
沼田川 R.W.2	藍	50	00	10												

田に表われているものと推定される。8月27日の画像には中央から右側に雲の陰影が多いので10月2日の画像との比較が十分にできないが、10月2日の畑・1 (F・L・1 桃)は8月27日のF・L・2 (桃)に対応し非常に明瞭に分類される。畑・2 (F・L・2 淡赤)は8月27日のF・L・1 (淡赤)には対応しているが、畑3 (F・L・3 赤)として分類されたものは各バンド共輝度が低く、水分の多い裸地とみられることから、水害後耕耘して、野菜等を作付けした畑ではないかと推定される。

以上の判読は、L.D.が撮られた時点でのグランドトゥースが無いため、水害後の資料と電話による問い合わせにより行ったものであり、今後、詳細な解析研究を進めながら、更に調査を進める予定である。

4. 今後の研究の方向

水害の痕跡は崩壊を除いては比較的短時間に消滅し或は人為的に復旧されるため、第一には衛星データの入手が水害後早い時期に行われ、観測周期も短いことが要請される。水稻等の植生被害は氾濫の深さ及び継続時間等によって異なり、その顕在化も時間的経過の中でみて行く必要がある。そのような微妙な変化を検出するために、災害前の衛星データとの差を求める方法があるが、そのためには、地理的及びラジオメトリックな精密補正が必要となる。本研究の場合、災害前のL.D.としては、54、55年にわたって2・3の利用可能と思われるデータがあるが、季節的な違いや、土地利用状況の違いがあるため、解決すべき多くの研究課題が残っている。

Shigetsugu Uehara・第3研究部

Teruko Sato・第3研究部降雨実験室

国立防災科学技術センターの動き

●昭和56年度防災技術セミナー

国際技術協力の一環として行っている防災技術セミナーは、今年、5年目を迎え、気象・洪水等の災害を対象に、昭和56年10月1日から12月15日までの間、フィリピン、チリ等8カ国10人の研修生が参加して行われた。

●非エネルギー分野における日米科学技術協力

昭和55年5月に大平総理大臣とカーター大統領の間で署名された、非エネルギー分野における日米科学技術協力は、昭和54年5月に締結された日米エネルギー研究開発協力協定ではカバーされない分野における協力を促進しようという目的で締結されたものである。この協定に基づいて当面推進するプロジェクトとしては、地殻プレート運動の研究、スペースラブでのライフサイエンス研究等、合計47のプロジェクトがあり、それぞれ両国のコンタクト・パースンの間で連絡して進めている。この中に、「雪・なだれの制御及び地すべりの予知・制御の研究」がある。このプロジェクトの日本側関係機関は、北海道開発局土木試験所、林野庁林業試験場、建設省土木研究所、当センター等があり、コンタクト・パースンは当センターの大平所長が当たっている。昭和56年8月には、米国側メンバー（コンタクト・パースンのM.マルチネリ博士：農務省森林局ロッキー山森林実験場）以下6人が来日し、プロジェクト推進のための協議を行った。この結果、情報及び研究者の交換等について積極的に実施することが検討された。

今回、この推進の一環として、具体的な推進方策について検討するため、大平所長が3月10日から10日間、米国農務省をはじめ関係機関との協議のため米国に出張した。

4.4 沿岸防災（マイクロ波リモートセンシングによる波浪及び海上風の広域観測方法の研究）

竹 田 厚

研究目的

経済大国・日本を支えているのは海岸の埋立地であるといっても過言ではないほど、鉄鋼・電力・石油など多くの基幹産業が、そこに立地している。さらに港湾・道路・鉄道などの重要施設が、これに加って、人工的な新しい海岸線を形成して行く。またこれらの海岸線の背後には多くの人口が集中する都市が連なっている。このような沿岸地域の景観は、狭隘で急峻な地形の島国という条件下で、高度な経済的發展を続けるわが国にとっては、いわば宿命的なものとして今後も増加するであろう。

このように開発の進んだ沿岸地域を、海洋の破壊力から守り、さらに新たな開発を、より安全に、より経済的に進めて行くためには、土木技術の発達と相俟って、自然条件に対するよりの確な情報収集とそれにもとづく合理的な判断が要求される。

沿岸海域で大きな破壊力をもつ危険な現象としては、いうまでもなく津波・高潮があげられるが、一方、風が原因でひき起される波浪の力も無視できない。津波や高潮が、発生頻度も少く、災害をひき起す場所もかなり限定され、現象自体が一過性であるのに対し、波浪の発生はきわめて日常的であり、すべての海岸で、年間を通じては、一発の津波や高潮とは比較にならないほどの莫大なエネルギーを放出しているものと推定される。このエネルギーは直接、波圧として作用するほか、碎波帯内に循環流を形成し、漂砂による侵蝕や土砂堆積等をひき起す。高波による直接的な災害に加えて、波浪災害には、このように徐々に海岸の構築物を破壊に導くような面が多いことを忘れてはならない。

波浪のこのような作用を支配するパラメータとしてはそのエネルギーの大きさの他に伝播方向

（波向）が極めて重要な意味をもつ。「波向」は防波堤の向きや、漂砂の防止にとってはとくに重要である。これらのパラメータについての情報は、「波浪の2次元（または方向）スペクトル」(図1)によって総合的に表わされるが、従来、これを現場で継続的に測定ないしは推定するための適当な方法がなかった。

「2次元波浪スペクトル」を観測によって求める技術は、海岸保全、港湾建設、埋立、水産養殖などに係る沿岸災害の防止技術を発展させるための前提となる共通的、基礎的技術であるという認識に立って、リモートセンシング技術によってこれを開発・実用化しようというのがここで述べる研究のねらいである。この成果は沿岸海域のみならず洋上の船舶の航海等にも利用されるであろう。

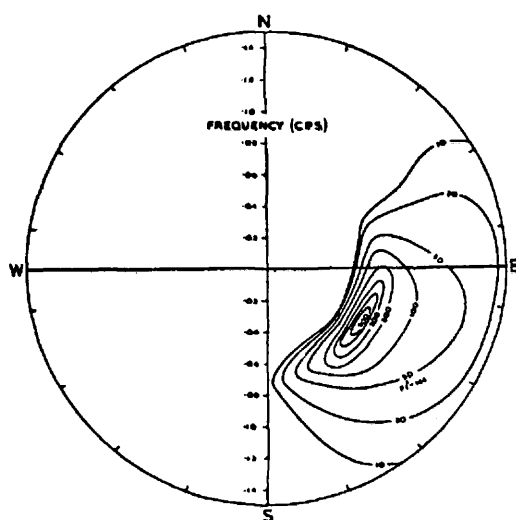


図1. 波浪の2次元スペクトルの例

研究対象

われわれが開発しようとしている技術の最終目標の一つは日本の沿岸海域のすべての地点で、波浪の長期変化特性（wave climate）が、2次元波浪スペクトルの形で求められるような体制を作ることである。これは、前に述べたように波浪エネルギーの長期間の積分効果が災害につながるという観点に立って、各地点での2次元波浪スペクトルの月平均、あるいは季節平均によって、その地点の波浪特性が表わせるようなデータの取得を可能にすることである。

このためには人工衛星からの海上リモートセンシングによって広域的かつ継続的に観測データを得る手法が最適であると考えられる。これらの手法としては、現在の技術ではつぎの三つが考えられる。

1. マイクロ波散乱計（SCAT）による海上風の測定：

これによって得られる海上風向・風速場から風波の発達予報モデルを使って沿岸域に到来する波浪を推定し、2次元波浪スペクトル情報に代用する。

2. 合成開口レーダ（SAR）による海面画像の測定：

2次元画像として得られる信号からフーリエ解析によって、2次元波浪スペクトルを求める。この場合、波浪の振幅情報についてはレーダ高度計（ALT）による有義波測定データを補助的に使う必要があるかも知れない。

3. 2周波マイクロ波散乱計（2FS）による2次元波浪スペクトルの測定：

2次元波浪スペクトルを直接測定する。

これら三つのどの手法もマイクロ波を使用するアクティブリモートセンサー（レーダ）で、昼夜に関係なく、雲を透して地上（海上）を連続的に観測できる。但し、まだ現用のものはなくデータの利用はできない。1と2については、1978年米国のSEASAT衛星に搭載され、実際には成功している。近い将来、日本とヨーロッパ宇宙機構（ESA）で、これらを搭載した衛星をそれぞれ打ち上げる予定である。3については西ドイツを中心に基礎実験が進められている段階である。

以上のように、現状で要求されるのは、これら

の手法を早く実用化するための研究である。

これらのマイクロ波センサーの特徴として、利用技術の確立、とくに海洋現象を表わすパラメータと、センサー出力との定量的な関係を記述する「アルゴリズム」が確立されるまでは、現象についての専門家である利用者自身による予備的研究が不可欠であることがあげられている。

そこで、この研究におけるわれわれの研究対象は、上記の三つの手法のそれぞれについて、2次元波浪スペクトルを測定するための「アルゴリズム」の作成というリモートセンシング技術のソフトウェアの開発研究に重点をおくものである。なおハードウェアの開発研究は、日本の場合、宇宙開発事業団が中心になって行っている。

研究方法

三つの手法についてそれぞれ次のような方法で研究を進めている。

1. マイクロ波散乱計による測風技術とその応用

a. SEASAT衛星の散乱計データの解析を独自に行って、海上気象データと比較しながら、解析方法の改良を行うとともに、問題点を検討しその解決方法を考える。また散乱計データの波浪予報モデルへの適用法についても研究をすすめる。

b. 測風散乱計の海上実験とアルゴリズムの作成を行う。

将来わが国で実施される測風散乱計の衛星搭載に備えて、海上実験を行う。平塚支所では昭和52年以来、この研究にとりくみ、まず、衛星搭載モデルに近い仕様の測風用マイクロ波散乱計を製作し、海上観測塔あるいは航空機の上で、風向・風速と海面の散乱係数 σ^0 との関係を明確化する実験を行い、多くの成果を得ている。

2. 合成開口レーダ（SAR）の海面画像から2次元波浪スペクトルを求める方法

近い将来、日本においてもSARを搭載した衛星が実現する可能性は高いが、おそらくそれより前に、外国の衛星データとして、SARの海面画像情報を利用できることになろう。また、これらの予備研究として、国内で航空機に搭載したSARを使った実験も計画されている。そこでこれらの機会を利用して、世界的にもまだ未完成の、2次元波浪スペクトルをSAR画像から求めるための

利用技術を独自に開発する準備をすすめている。

3. 2周波散乱計による2次元波浪スペクトルの測定技術の確立

2周波散乱計は、きわめて近い二つの周波数のマイクロ波を重ね合わせて送信するレーダで、その原理は1972年Ruck等によって理論的に考案された。海面にはほとんど常に存在する「さざ波」は、その波長と同程度（数センチメートル）の波長のマイクロ波に対し、回折格子として作用し、入射角約20度以上の入射波について「Braggの共鳴散乱」をひき起す。この散乱波の強さは通常、散乱係数 σ^0 によって表わされるが、これは共鳴条件をもつ「さざ波の波形勾配」に依存し、それはまた風速に依存するので、すでに述べたような風速測定にマイクロ波の海面散乱が利用できるわけである。さざ波の波形勾配は風に対する向きによって変わるので風向測定もできる。さて、2周波散乱計の原理も基礎はBragg散乱にあるが、測定対象はさざ波よりはるかに波長の長い（1m～600m）波浪である。マイクロ波の散乱体であるさざ波は波浪に重った場合、流体力学的な作用で変調される。いま2周波の各成分の散乱波中に含まれる、この変調情報を、各成分波の信号のビート成分を取り出すことによって検出できる。2周波数差 Δf のビート成分がもっている変調情報は、周波数 Δf の電波と共鳴条件をもつ「波浪」の成分によるもので、これからレーダの照射方向についての、その波浪成分のスペクトル値を求めることができる。ここで Δf を少しずつ変えてゆくとその方向についての波浪の波長（または波数）スペクトルが分り、さらにレーダのアンテナの方位角を変えて、同じ操作をくり返すと、2次元波浪スペクトルが求まる。

2周波散乱計は、このように、現場で継続的に、2次元波浪スペクトルを直接測定できる方法として、おそらく、現在考えられる唯一のものであろう（従来、行われてきた方法は、航空機からのステレオ写真の解析によるものや、特殊な波浪計測ブイや波高計アレイなどを使った実験解析によるもので、継続的現場観測には不向きであると考えられる）。2周波散乱計は西独や米国で実験的研究が進められているが、まだその成果は少い。しかし、ヨーロッパ宇宙機構（ESA）では1982年中にスペースシャトルを使って宇宙空間からの

実験を行う予定である。

われわれは、この一連の研究計画の中で、この測定技術の開発に最も力を入れて行きたいと考える。幸い、平塚支所には、2周波散乱計の海上実験には恰好な、波浪等観測塔という、世界中にもあまり例のない実験施設があることが、この研究の展開には有利である。

具体的には基礎実験装置を作って観測塔で実験を行い将来は航空機搭載用装置を作って、相模湾や伊豆諸島を広域テストエリアとして実用化をめざして開発を進めたい。

結果と考察

以上述べたように、この研究は、いくつかのアプローチで進められているが、つぎの項目についてはすでに研究成果を得ている。

1. マイクロ波散乱計による海上風の測定（担当、内藤玄一、徳田正幸、渡部勲 1980 1981）
2. SEASAT 衛星の散乱計データによる海上の風向風速場の解析（担当、竹田 厚 1981）
3. 実験用2周波散乱計の試作（担当、竹田 厚、徳田正幸、渡部勲 1982）。

以下でその概要を述べる。

1. マイクロ波散乱計による海上風の測定

マイクロ波散乱計は16GHzのパルスをビーム

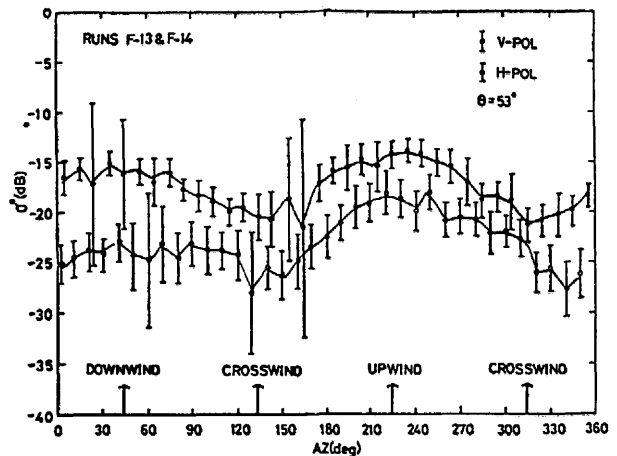


図2. 航空機実験で得られた散乱計の風向特性
（内藤、徳田、渡部 1981）

幅 2° にしぼって海面に当てるもので、海岸の建物上、海上の観測塔上、及び航空機に設置して、実験を行ってきた。

当面の目標は、風向・風速対 σ の関係式を求めることにある。風上に向けた測定では、風速対 σ の関係は既存の研究報告等にはほぼ合致する結果を得た。しかし対風向特性は、地上観測ではプラットフォームの影響でとくに横風や風下方向については満足な結果が得られなかった。しかし相模湾上での航空機実験(写真 4.4.1)の結果では図 2 に示すように、期待された特性が現われている。これらの特性を表わす関係式を確立して、測風アルゴリズムを完成するまでには、さらに多くの実験を重ねる必要がある。

2. SEASAT 衛星の散乱計データによる海上風向・風速場所の解析

将来、衛星の散乱計データを現業や研究に利用するためには、解析等の技術を十分開発しておく必要がある。この研究では SEASAT 散乱計の処理済データに、地上天気や、気象衛星「ひまわり」の雲写真等の補助情報を加えて、台風時の日本近海の海上風速場を求め、いろいろの問題点の検討を行っている。アルゴリズムが四つの解をもつことや雨による減衰誤差等、解析に際しては種々の考慮を要するが、得られた結果は、図 3 に示すように台風を囲む渦巻状の風系がみごとに現われており風速値についても、海上気象観測のデータと比較してかなりよい相関がみられる。このような海上風に関する稠密な情報は沿岸防災の面にも新しい発展を促すであろう。

3. 実験用 2 周波散乱計の試作

10GHz 帯の実験用小型レーダを試作し、波浪等観測塔上に設置して実験を行っている。試作段階の造波水槽実験では、一応理論通りの結果が得られているが、観測塔では、ステレオビデオカメラを使って、波浪によるさざ波の変調の様子を観測しながら、定量的な測定法の確立をねらって実験を進めている。航空機搭載用についても設計仕様を検討している。

Atsushi Takeda・平塚支所沿岸防災第 1 研究室

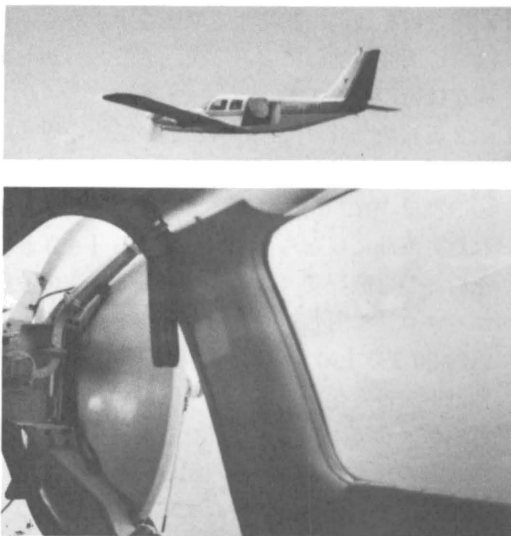


写真 4.4.1 相模湾上におけるマイクロ波散乱計の航空機実験

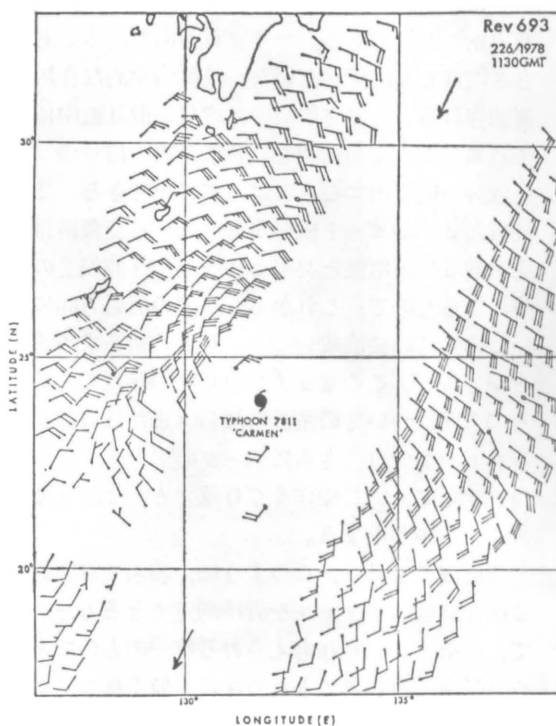


図 3 SEASAT 衛星の散乱計データから求めた日本付近の海上風向・風速分布図(1978年8月14日 11時30分GMT)。矢羽根の矢が風向を、長、短の羽根はそれぞれ 1 本が 5 m/s、2.5 m/s の風速を表わす、矢の先に○印のついたものは地上データ。(竹田, 1981)

4.5 雪 害 防 災

4.5.1 衛星 D C S の利用による山地積雪の測定

木 村 忠 志

山地の積雪の量と性状を、広い地域にわたって把握することは、実用上とは、水資源の開発計画と運用計画において不可欠であるが、このほか、なだれの防御と予知、融雪制御等の研究にも有用であり、山地がその大半の面積を占め、かつ、南北に細長く分布した多雪地帯をもつわが国においては、防災上重要である。

このような意味での山地の積雪の測定は、わが国においては、水資源開発に関連した調査、いわゆるスノー・サーベイの形で、1950年頃から本格的に行われている（大沼匡之、1960）。わが国のスノー・サーベイは、調査流域内の詳細なサンプリング測定によって貯雪量を出す方法が主流であって、正確ではあるが、多大の労力を要し、最近では殆んど行われていない。

1950年代のスノー・サーベイの本格化は、一方において、積雪量測定器の試作と、山地の積雪量の遠隔測定技術の開発を促進した。このころわが国で試作され、ある程度実用になった積雪量測定器には、ブリキ円筒の側面に等間隔にあけたピンホールによる太陽像の軌跡を、円筒内に固定した青写真用印画紙に記録する、大沼式スノー・レコーダー（大沼匡之・小島忠三郎、1950）といった、独創的なものもあったが、遠隔測定の可能なものとしては、1950年ごろ米国で開発が始まった、 γ 線の積雪による吸収・減衰を利用した、ラジオ・スノー・ゲージの適用化が試みられている。ラジオ・スノー・ゲージは、水量としての積雪量、即ち積雪相当水量を直接測定するものであるが、テレメータリング・システムとしてまとめたものは、東京電力が1956年に、奥利根で試用した無線ロボット雪量計（服部正一、定方希夫、1956）が、わが国では最初である。一方、東京電力の装置より、わずかに発表が遅れたが、まったく同じ時期に、北海道大学理学部の中谷教室でも、ラジオ・スノー・ゲージによる山地の積雪のテレメータリ

ング・システムが研究されていた（東 晃他 1956）。これは、然別ダム流域という寒冷地で実用するために、エレクトロニクスを地表面近くに埋設し、 γ 線源を雪面上数米の高さに設置して、 γ 線を積雪の上から下に透過させるという新形式をとっていた。テレメータ方式は、無線ロボット雨量計と同じ400 MHz帯によるもので、測定値は、当時のラジオ・ゾンデで採用されていた、機械式のA/D変換機構によって符号化された。この装置の開発は、筆者が北大に入りたてのころ、進められていて、構造などを直接見学する機会にめぐまれたが、たとえば、タイマーは電池式の振子時計、受信側には、モールス符号化された測定値を鉛筆で自動記録する紙テープレコーダがあり、まだトランジスタが一般化していなくて真空管を用い、メカニカルな部分はすべて研究室で手造りしたという労作であった。北大のラジオ・スノー・ゲージの開発研究は、その後1959年まで続き、これを生産するメーカーも現われたが、この装置は γ 線源として、 ^{60}Co を数10 mcも必要とするため、最近では製作されていない。現在、宇宙線の積雪による減衰を利用した雪量計（和田雅美他 1975）が実用化されつつある。

わが国のラジオ・スノー・ゲージは、無線ロボット雨量計のテレメータリング・システムを、ほとんどそのまま利用して開発された。この無線ロボット雨量計は、山地の雨量を測定するもので、気象庁が1951年に、剣山でテストしたものが、わが国では最初であり、雨ロボと称されて現在でも全国で多用されている。雨ロボは、センサーが転倒マス式雨量計のため、冬季間は沈黙してしまう。また、400 MHz帯を用いているので、受信アンテナを見通せる位置に送信アンテナを設置しなくてはならず、任意の地点に設置できない。

一方、最近では、航空機や人工衛星によるリモートセンシング技術を利用した、山地積雪の広域測

定方法の研究が実施されるようになった。これは将来、雲の影響が解決され、また、量的及び質的な測定が、数米の深さの積雪についても可能になれば、積雪の広域測定についての、ほとんど最終的な手段となるであろう。しかし、それに至る、かなり長期になるであろう開発過程においては、山地の積雪の遠隔測定装置は重要な存在であり、グラント・トルースの供給源としても、活用されることが考えられる。このことは、人工衛星で積雪の分布範囲が撮影できるようになった1970年代後半において、その写真から積雪量を推定する手法の開発に伴って、実証資料を得る手段として、スノー・サーベイが実施されている（武田 要 1980）ことから予想されることである。

山地の積雪のテレメータには、人工衛星によって送信電波を中継するシステムが、1970年代初期に米国で実用化され（W. D. Carter and R. W. Paulson 1977）、強力な手段が実現している。これは、DCS（Data Collection System）と称し、雨ロボと同じ400MHz帯の送信電波を国際的に使用している。1977年7月14日に打上げられ、同年9月8日から実用に供された、わが国の静止気象衛星（GMS, Geostationary meteorological Satellite）にも、133本のDCS回線が設備されていて、1977年以来、日本郵船の箱崎丸に海洋気象の自動観測送信装置を気象庁が設置し、試験観測が実施されていた。この種の自動観測送信装置をDCP（Data Collection Platform）と称する。DCPによる山地の積雪観測では、人工衛星に送信すればよいので、GMSによるわが国のDCPの場合には、送信アンテナの最大放射方向を、仰角40°以上（地点により異なる）で南向きに設置することになり、雨ロボにくらべて設置点選定の自由度が大きい。

1979年から日米共同研究「Snow and Evaporation」が、科学技術庁とNASAによって実施されているが、防災センターはこのなかで「DCSによる融雪気象要素の測定手法の開発」の小テーマで、積雪DCPの開発と、それによる山地積雪観測網の展開を担当している。この研究には、昭和54、55年度の科学技術庁特別研究促進調整費が計上され、積雪DCPの原型装置の製作と、奥只見ダム付近への設置が実現した。昭和56年度は、

防災センターの経常研究費によって、保守管理と動作試験が実施されている。

この積雪DCPは、写真4.5.1のような外形をしていて、わが国における積雪DCPの第一号であり、いまだ唯一の存在であるが、送信部の仕様、無線局免許、データ受信等において、気象庁の関連部門の絶大なご援助を得て設置・運用が実現した。現在は日本気象協会に受信作業をお願いしている。

積雪DCPは、東経140°、赤道上空35,800kmに静止しているGMSに、設置点（新潟県北魚沼郡湯之谷村大字芋川字大鳥1317-3）の地上高10mの送信アンテナから、出力5W、402.101600MHzの電波で観測資料を送信する。設置点は北緯37°9'30"、東経139°15'00"、海拔750mに位置し、GMSまでの直線距離は約38,000kmである。送信電波の周波数は、昭和53年度に廃局となった箱崎丸設置の船舶DCPのものを、受信実績が多いところから、割当てていた。また、

積雪DCPは、内蔵するシーケンス・プログラムによって作動するセルフタイム型DCPで、年間精度が15.7秒以内の水晶時計によって制御される。連続動作期間は10月下旬から翌年の5月下旬まで、210日間とした。計測する気象要素は、積雪の深さ、積雪相当水量、日積算日射量、0℃以上の日平均気温の4種で、積雪の深さは、積雪DCPのために開発した、可動部分を全くもたない赤外線反射式積雪の深さ計が測定する。そのほか、積雪相当水量には、直径2.4mのプレッシャー・ピロー（木村忠志 1977）を、日積算日射量には、モル・ゴルチンスキー日射計を、0℃以上の日平均気温には、温度・周波数変換ICを、それぞれ使用した。これらのセンサーと送信部は、4個の防水ケースに収納し、センサーにはそれぞれ独立した電池電源を組みこんだ。一方、送信部の電源には国産の金属亜鉛燃料電池（12V、800Ah）を別ケースに入れて、ケーブルで接続するようにした。測定値の送信信号は、GMSのDCS回線の規格（桃井保清他 1980）に従って構成した。伝送速度は100bps、変調方式は60°PSKマンチェスターコード、発射電波は右旋円偏波で、毎日0905と0910の2回、各12秒間、同じ資料を送信し、その後の2秒で、内蔵するカセットテープに送信内容を記録して一連の作動を終了する。

この積雪DCPで最も問題になったのは、各部

の収納ケースの漏水と電池の不良であった。とくにセンサー部に使用したイスラエル国製のリチウム電池が成績不良で、送信部に使用した国産の燃料電池はきわめてすぐれていた。現在、電源を燃料電池のみとして作動をつづけている。積雪DCP原型は製作におよそ800万円を要した。奥只見ダム流域内にDCP観測網を展開するためには、積雪DCPの単価を大巾に引き下げる必要があろう。このことが当面の大問題である。

1980年以来、積雪DCP設置場所の貸与、点検時の除雪人夫の手配などについて、奥只見ダムを管理している電源開発株式会社小出電力所から、多大のご援助を得ている。前述した気象庁とあわせて、深く謝意を表明する。



写真 4.5.1

参 考 文 献

大沼匡之, 1960: スノー・サーベイ。雪氷の研究No.3, 最近の雪氷に関する研究展望(1950~1958), 日本雪氷学会, 21。

大沼匡之・小島忠三郎, 1950: 積雪自記計の試作。雪氷, 12(2), 20-33。

服部正一・定方希夫, 1956: 奥只見における積雪量測定に利用した放射能同位元素を利用した無線ロボット雪量計について。発電水力, No.24, 43。

東 晃・板垣和彦, 1956: ラジオアクティブ・スノーゲージ実用化の研究(第1報)。応用物理, 25(3), 93-98。

和田雅美・小玉正弘・川崎信吉, 1975: 宇宙線雪量計の開発(第1報), 理研報告, 51, 1-10。

武田 要, 1980: LANDSAT雪線情報と積算暖度法による流域, 地域最大積雪水量算定に関する研究。昭和55年11月, 武田 要(印刷), 1-133。

W. D. Cater and R. W. Paulson, 1977: Introduction to Monitoring Dynamic Environmental Phenomena of the World Using Satellite Data Collection Systems. 1977, COSPAC Technical Manual Series Manual No. 8, Prepared at the Request of COSPAC Working Group VI, Meteorology and Earth Resources, 1-20。

木村忠志, 1977: Pressure Pillowによる積雪相当水量の測定(第1報)。雪氷, 39(3), 17-23。

桃井保清・坂井武久, 1980: GMSによる気象資料の収集方式。気象衛星センター技術報告(特別号I-1), GMSシステム総合報告, I 機器解説編その1, 63-80。

Tadashi Kimura ・ 雪害実験研究所
第2研究室

4.5 雪 害 防 災

4.5.2 雪氷領域におけるランドサット映像写真の一利用

——鳥海山域での融雪流出——

中 村 勉

はじめに

今冬の降雪量は何トンだったのであろうか？世界中の、いや日本国内だけの値でもよい。この問いに正確に答えられる人は恐らくいまい。今冬は、ヨーロッパや北アメリカでは、数10年ぶりの寒波と豪雪、そして所によっては大洪水による被害が甚大と大きく、地球上各地の降雪量分布を毎冬しっかり掴むことができれば、地球全体の熱力学というものの姿は、よりはっきりし、毎冬の地球上での豪雪の程度やその分布や予知などが判明するに違いない。我々新庄支所のグループがランドサット映像写真を用いて行っている鳥海山等での残雪調査は上の問いへの答の第一歩にすぎないのだが、それについて簡単に紹介してみよう。

調査の対象と方法

誰しも、衛星ランドサットが撮影した雪の写真を見ればそれから雪の面積を求めてみたくなるであろう。所が、ランドサット映像写真（以下L.P.と略記する）中の雪の像は、実際の雪をどの程度正確に写し出しているのでしょうか？我々はまずこの点の調査から始めることにした。

対象は、山形・秋田両県にまたがる独立峰である鳥海山（標高2230m）と月山（1980m）とし、その積雪の融雪過程における変化を調べることにした。L.P.中の残雪域の大きさと実際のもの（グラントルース）とを比較するために一番確かな方法は、物指で残雪域を測ることであろう。しかし、実際にはこれは不可能である（小規模ならば勿論可能である）。それ故グラントルース（以下G.T.と略記する）としては当支所屋上からの撮影写真でかえることにした。一夏の写真撮影調査の結果、鳥海山における残雪域の変化の追跡の方が、月山に対するものよりも容易であることが判

ったので、現在は鳥海山に的をしばって調査をしている。この稿でも鳥海山について記述する。

結果と考察

写真4.5.2は1979年5月の融雪期における鳥海山の残雪の様子（L.P.）である。L.P.上での雪線のコントラストの最も良いのは4バンドの写真なので、以後の解析にはこの4バンドの写真を用いることにした。他方、写真4.5.3は同時期の当支所屋上から撮影した同山の写真である。この種の写真の枚数はごく少い。何故ならば、L.P.の方は撮影間隔の大きいこともあるが、地上写真も含めて撮影の最大の敵である雲に邪魔されてしまうからである。使用可能写真を1979年についてみると、L.P.については5月22日と11月9日の2日のみ、地上写真についても11月の初雪まで10日程度のものである。撮影日の似かよったもの同志〔1979年5月22日（L.P.）と同月24日（G.T.）及び同年11月9日（L.P.）と同月1日（G.T.）〕について、まず雪線の位置（標高）の比較をすると、その差に規則性はみられないが、約200m位の差がある。例えば5月22日、L.P.からは800m、一方2日後の24日の地上写真からは1070mといった具合である。

L.P.の枚数はわずか2枚なので、これからはこの残雪域の経時変化を調べることはできなかったが、地上写真からは図1の様な結果を求めることができた。これは写真4.5.3の様な地上写真の各標高別の面積残雪率の経時変化を表わすものである。すなわち、例えば1200～1400mまでの5月24日の約53%というのは横手方向（新庄支所方向）からみた斜面の垂直面への全投影面積を100%とし、そこに残っている被雪面積を%で表わしたものである。これをみて特徴的なことは、標高1200～1400m内の残雪率の6月中旬迄の変化率が2000

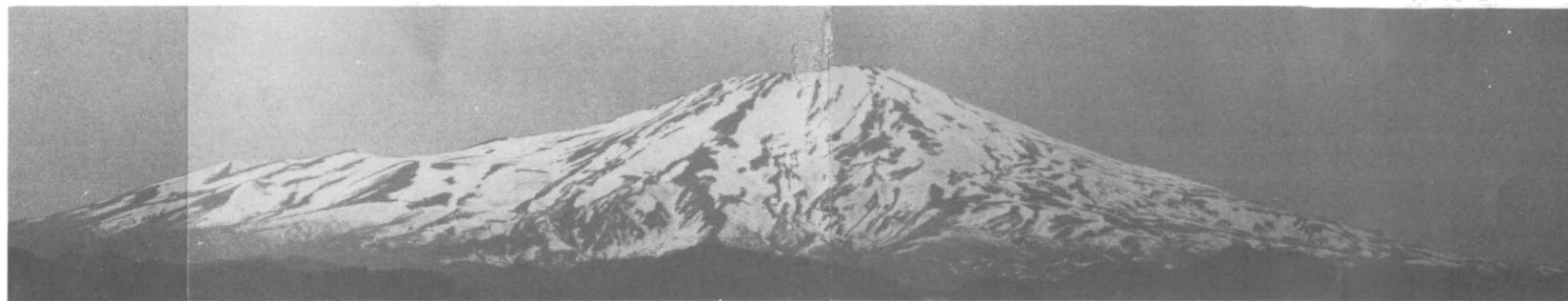


写真 4.5.3

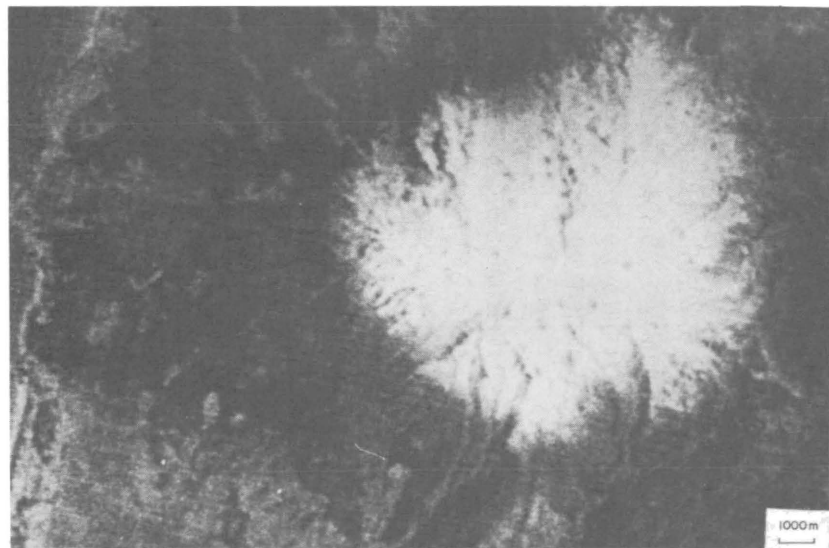


写真 4.5.2

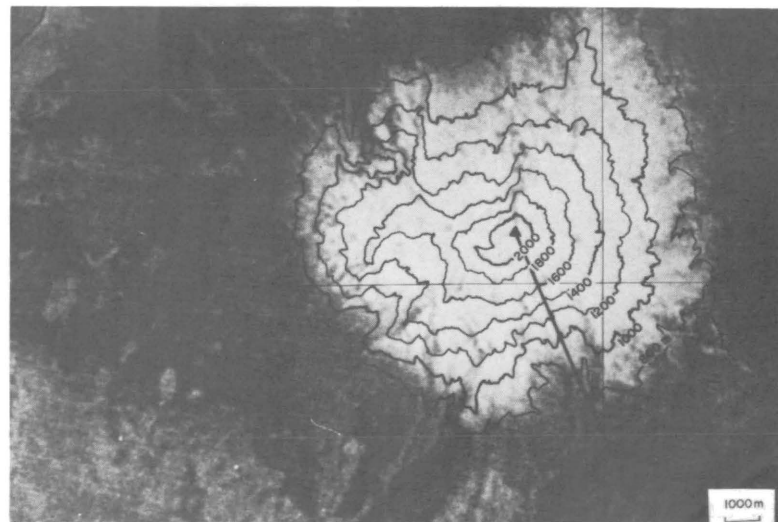


写真 4.5.4

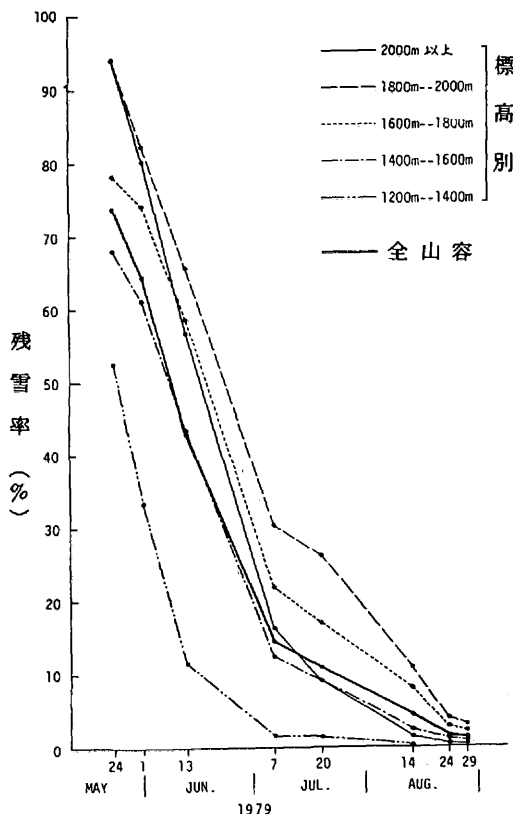


図1 残雪率の経時変化（標高1200 m以上）

m以上の7月上旬迄の変化率と相似かよっていること、及び1400~2000m内のもの3本の値の7月上旬迄の値はそれぞれ相似かよっているが、2000m以上のものよりもその変化率が小さいことである。

L. P. からは残雪の経時変化を追跡できなかったが、L. P. からは地上写真からは調査することの不可能な雪の平面的様子がうかがえるはずである。写真4.5.4は、雪の部分白ぬきで表現したL. P.とこれに五万分の一の地形図から求めた等高線を重ね合わせた合成写真である。同写真から分るように、鳥海山の西側、すなわち日本海側である風上側での雪の量が反対側よりも少いことが分る。これは融雪期の写真であるが季節風による初雪直後の合成写真（省略）からも知られる通り、降雪量は山頂の風下側に多い。

河川流量を同山の月光川を含む南西流域27km²について調べてみると（月光川ダム地点での測定値）1979年1月には 0.8×10^7 ton/月のものが、

融雪と同時に徐々に上昇し、6月には最大の 2.6×10^7 ton/月を示している。他方、同流域面積内の気温融雪量と降水量及び山体からの定常流出量の和を求めてみると、それは6月で約 3.2×10^7 ton/月となり、前出の実測流量と良い一致を示している。

あとがき

今回のこれらの融雪量の値は、L. P.の直接的解析から出てきたものではない。これらの値をL. P.から求めるためには、L. P.の内蔵する種々の物理量をそこから汲みとらねばならない。その物理量とは、例えば、積雪域の面積から雪重量を求めるために必要な積雪深や密度、そして融雪速度や透水係数等に関係してくる雪質やその変態速度等である。これらの物理量をL. P.から汲みとるためには両者間の相関関係式が必要であり、そのためには基本的な調査研究が"Remote Sensing Techniques"に先立たねばならぬ。この技術が確立されれば、はじめて、"まえがき"で述べた様な地球全体の降雪量分布及びその変化まで把握できよう。そうすれば、地球全体の熱力学的研究もより一層進歩しようから翌年の降雪量の分布の予測にまでも到達しよう。この様なわけで、ランドサット映像の雪氷領域での活用も、他領域に比べると同じく科学技術の進展の寄与へは勿論のこと雪氷災害防除へ貢献するものと大いに期待されているところなのである。

Tsutomu Nakamura・新庄支所

4.6 画 像 解 析

諸 星 敏 一

まえがき

1979年1月、宇宙開発事業団が埼玉県比企郡鳩山村の同事業団地球観測センターにおいて、米国の陸域観測衛星LANDSATのデータの受信を開始して以来、その利用面の開発研究が多方面で進められている。

当センターにおいても、災害の各分野におけるデータの利用が検討されており、第4研究部情報処理研究室ではこの情勢に先がけて、リモートセンシング画像解析手法の開発を行ってきた。

本稿では、画像処理システム、簡易型画像処理システム、ランドサット画像の処理、画像解析手法について述べる。また解析例として2時期のランドサット画像を用いた筑波地区の経時変化の抽出について紹介する。

画像処理システム

ランドサット、航空機等によるリモートセンシング画像データは、CCT（計算機適合磁気テープ）と写真画像に大別できる。写真データは一般に目視判読に利用され、画像処理を行うには、ドラムスキャナー等により数値化する必要がある。

現在配布されているCCTデータは、大容量デ

ータであり、その処理を行うには大容量の記憶装置を持った大型計算機によらなければならない。またその反面、リモートセンシング解析には、グランドトゥースとしての災害情報等、他のデータと比較しながら行うマン・マシン処理が必要である。このような観点から当センターでは、汎用大型計算機、ミニコンピュータ、マイクロコンピュータ等を処理内容により使い分けるシステムを開発した。（図1）

本システムの特徴は、汎用大型計算機ACOS-700、汎用ミニコンピュータT-40A、マイクロコンピュータG-8₂に各々の画像処理ソフトウェアをくみ込み、効率よく処理を行うことである。すなわち大容量のデータ処理、高度な計算処理は汎用の大型機で、小容量のデータ処理、簡単な計算処理、マンマシン応答処理は小型の専用機で行うものである。

また、ミニコンT-40A、マイコンG-8₂におかれた各々の画像処理ソフトウェアが手動スイッチの切換えにより、インテリジェント・カラーディスプレイ装置M-306を共用できること、従ってマイコン単独でも基礎的な画像処理が可能で低価格な簡易型画像処理システムが実現されていること、ランドサットデータのコンパクトな媒体となり得るカセットデッキが設けられていること、

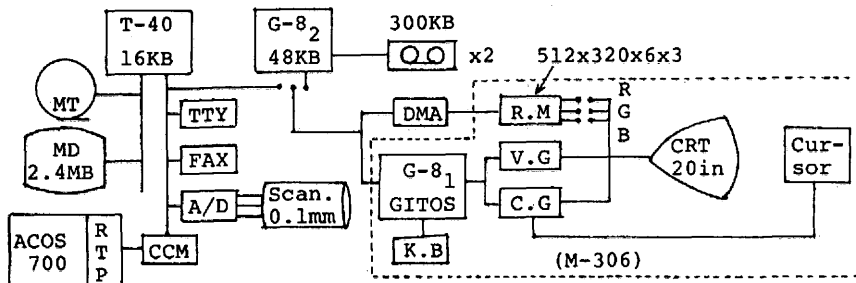


図1. 画像処理システム

画像解析に占める解析者の認識・判断の割合が高いことからマンマシン応答を基調としていること等の特徴がある。

大型計算機ACOS-700で翻訳・処理されたランドサットCCTデータは、磁気テープ(MT)を媒体として画像メモリ(R.M)へ送られカラーモニタ(CRT)に表示される。カラー航空写真はドラムスキャナー(Scan)で3色分解され、数値化されると同時にR.Mに送られ、3色合成されてCRTに表示される。

簡易型画像処理システム

カセット磁気テープ(CMT)に格納されているデータに対して、G-8₂のROMに書き込まれた画像処理ソフトウェアのコマンドをキーボード(K.B)から指定することにより実行し、マンマシン応答処理を行う。

画像処理コマンド(図2)は、色調・濃度変換、論理・算術演算、セル法による判別分類等を行うもので、アルファベット2文字のニーモニックコードの指定により、バンド間演算、画像分類等の解析処理を行うことができる。

ランドサットMSS・CCTデータの処理

一般に配布されるランドサットMSS(マルチ・スペクトル・スキヤナ)・CCTデータには、以下に示す問題点がある。

- (1) データのフォーマットが多種である。
- (2) 6個のセンサーによるスキャンノイズがある。
- (3) 広範囲、大容量の画像である。
- (4) 幾何学的歪みを含む。
- (5) 場所・季節等によりシーン毎の濃度基準が異なる。

これらの問題点を以下の手順により解決していく。

(1) フォーマットの統一化

一般配布されているCCTを“防災フォーマット”と仮称しているフォーマットに変換する。このフォーマットは、NASA流に表現すればBIP1に当るもので、1画素が計算機の1語に対応し、各画素をフォートラン言語の引数で直接読み書きできる特徴を持っている。

(2) スキャンノイズの除去

ランドサットのMSSは、同時に6個の検知器で走査するため検知器の感度特性の相異による縞状のノイズが生じる、これは、画像データから検知器ごとに求められる平均値、標準偏差を合致させるような一次変換を、原画像に施すことにより除去することができる。

(3) 対象領域の切出し

ランドサットの1シーンは、撮影範囲約185km×170km、データ容量約43MBである。防災リモートセンシングの対象領域は、一般に各分野とも広範囲のものではない。また分野により必要な地上分解精度が異なる。そこで、対象領域を1シーンの中から適当な縮尺を与えて切出す。切出しの

種類	コード	コマンド	時間	種類	コード	コマンド	時間	種類	コード	コマンド	時間
処理空間	PP	点		算術	AP	四則算	27	測定	MP	点値	97
	ZN	領域			AN	チャンネル間	307		MA	面積	
	CN	チャンネル		色調変換	CX	色調変換	28		MH	ヒストグラム	
	BL	ブロック			CT	色調転送	30		MT	いき値	
幾何変換	GE	拡大	16	濃度変換	CW	色調書込	26	判別	DS	判別分類	24
	GC	縮小	118		DE	濃度増幅	8		WP	プロテクト別	224
	GT	並進	29	フィルタリング	DI	濃度反転	288		WC	カセット書	
	GR	回転			SM	平滑化	78		RC	カセット読	
	GI	反転			DF	微分	86		RL	ラベル読	
論理	LS	シフト	46		FL	フィルター			RW	リワインド	60

注. 時間は、1/2画面(256×320画集×3チャンネル)相当の処理時間(秒)

図2. マイコンG-8₂の画像処理コマンド

手順は、縮尺十分の一の全体画像をC R Tに表示し、その画像からカーソルで対象領域の切出し原点を求め、その値と必要な縮尺を与えて切出しを行う、ちなみに、ランドサットの1画素を約50mとすると、五万分の一地形図の範囲は400×320画素となる。

(4) 座標変換による幾何学的歪み補正

ランドサット画像の幾何学的歪みに対する補正は、画像座標系を国土地理院発行の地形図で代表される経緯度に基づく座標系に変換することにより行う。この変換を行うには、画像系と経緯度系との間の変換式を求め、ランドサット画像を経緯度メッシュに合せてリサンプリング（再配列）する必要がある。

変換式は座標の平行移動、回転、伸縮の効果をもつ一次式を用いれば十分である。変換式の係数は、両系におけるG C P（地上基準点）の座標値を用いて最小二乗法によって定める。G C Pとして道路・河川等の特徴的な数地点のうち数点を選定し、その座標値は画像系についてはC R T上でカーソルにより、経緯度系についてはXYディジタイザーにより地形図から入力する。

リサンプリングの方法としては、メッシュの大きさ等により、ニアレストネイバ法、バイリニア法、キュービックコンボリューション法を選択する。

経緯度系に変換することは、単に幾何学的歪みを補正するだけでなく、他の情報（国土数値情報等）との併用による解析に効果的である。

(5) 濃度補正

(4)の方法により同一地形図上に投影された2時期の画像の濃度間の関係を一次式で推定し、画像濃度間の相対補正を行う。トレーニングエリア内の画素のみを用いて、2画像の濃度間の変換式の係数を最小二乗法によって定め、この変換式をもって全域の濃度変換を行う。

画像解析手法

1. コントラスト増幅、エッジ抽出

画像の有効濃度の最大値がC R Tの最高輝度、最小値が最低輝度になるように濃度を増幅して、見やすい画像にする。また、画像の空間微分を行い対象物のエッジ抽出を行う。これらの処理は、

目視判読、G C P 及びトレーニングエリアの指定等に効果的である。

2. 土地被覆分類

土地被覆分類の基本的な考え方は、すべての物体が種々の波長に対して（分光）、それぞれ異った放射（または反射）特性を示すという原理に基づいている。代表的物体である水・土・植物の分光放射特性をランドサットのバンドに従って述べると、水はバンド4、5で明るくバンド6、7で極端に暗い。また土に代表される無機物は同様の傾向を示すが全体的に水よりも明るい。逆に植物はバンド4、5で暗くバンド6、7で極端に明るい。

さて、土地被覆分類法としては、セル法と呼ばれるマン・マシン処理による分類、統計的計算による自動分類等が一般に行われている。

セル法による分類手順は次のとおりである。解析者がC R Tに表示された対象地域を見ながら、抽出しようとするカテゴリー（例えば市街地）に該当すると思われる領域をカーソルで指定し、その領域内の濃度の度数分布図を表示する。次にその分布図を見ながら抽出カテゴリーのもつ分光放射特性を“教師”としてカーソルで指定し、画面内の各画素のもつ分光放射特性が教師に似ているか否かの判別が行われ、似ている画素がカテゴリー領域として出力・表示される。表示された領域の妥当性を判定しながら操作を繰り返すことにより分類を行う。

統計的分類法としては最尤法をよく用いる。この方法は、点分類に最も良く用いられている分類手法であり、一般には教師が正規分布をしていると仮定した上で、ある画素がもつ正規確率密度関数（尤度）が最も大きな値をもつカテゴリーに帰属分類させる方法である。

解 析 例

1972年11月26日ランドサット1号と1979年12月14日ランドサット3号の東京シーンから筑波地区の経年変化を抽出した。

2時期とも同一季節でしかも植生によるじょう乱の少い初冬のデータであり、学園都市の建設・整備状況から変動が予想される。人工的に無機質の被覆に変わったところを、短波長域の濃度の増加

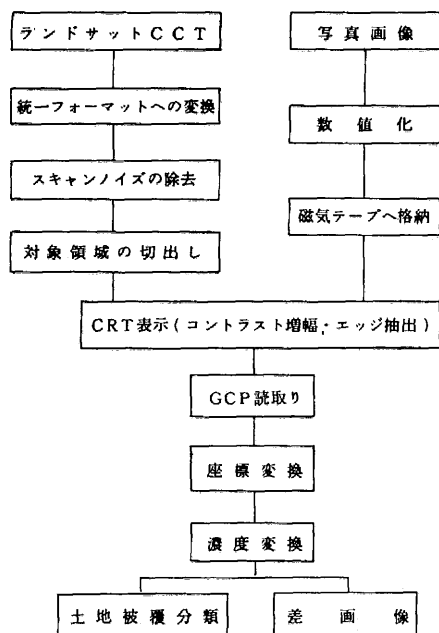


図3. 画像解析手順

したところとして抽出することを試みた。

処理手順(図3)は、原データを統一フォーマットに変換し、スキャンノイズの除去を行った各々のシーンから筑波地区を切出してCRTに表示し、GCPを読取って、座標変換を行い五万分の一地形図に投影することにより2時期の画像の重ね合わせを行う。次に濃度変換を行いバンド4に関して1979年から1972年を差引いた画像を作成する。(写真4.6.1参照)

写真は、差画像に1979年のバンド5を重ねたものである。差の値は強調してあるが、移転機関の施設、団地、造成地、採石場等が濃度の増加したところとして妥当に抽出されていることがわかる。

土地利用の面からみると、この結果は、主に森林・畑・荒地等が構造物・造成地等に変化したところを抽出したものであり、1972年時点で既に整地または建設された施設は、不変動域に含まれ抽出されないことになる。

また、同一年の初夏と初冬のデータ(1979年12月14日、1979年5月21日東京シーン)から季節変化の抽出を行った。

筑波地区における季節変動は植生や水田の状態を反映するものと推測されるので近赤外の濃度の増減を経年変化とほぼ同じ解析手法により調べた。

その結果、水田、桑・たばこ・くり畑等におい

て明瞭な変化が抽出された。

あとがき

本稿では、当センターで行われているリモートセンシング画像解析について、画像処理システム、簡易型画像処理システム、ランドサットCCTの処理、画像解析手法に分けて述べた。

このシステム及び解析手法をはじめ、各防災分野で一定の成果をあげている。

また、ランドサットRBV、気象衛星ひまわり、気象衛星NOAA等の画像解析を考慮中である。

今後開発すべき手法として、災害前後の画像に於ける季節変化等の影響を除去するため、2時期の画像をそれぞれ分類してから変動を求める手法、山地の画像に対しては標高データを入力して、地すべり地形等の立体表示を行い、かつ立体的に輝度補正を行う手法がある。

一方、リモートセンシング画像処理は、防災、資源探査等の目的によって違いはあるが解析の有効性については未だ開発研究段階であり、研究機関はもとより、地方自治体、発展途上国等、多方面における分散処理による独自の試行が必要である。このような観点からも簡易型画像処理システムの改良・整備が必要となろう。

また、筆者らはランドサットデータの実用化の過程において、現行CCTの統一フォーマット、地域的なランドサットデータのコンパクトな媒体としてのカセットテープの有効性を実証し、その配布を提言しているが、そのフォーマットについては関係機関において定め、配布を実施されることが期待される。

参考文献

- 諸星敏一・幾志新吉：リモートセンシング画像処理システムの開発に関する研究，国立防災科学技術センター研究報告，第22号，131-144.
- 幾志新吉：ランドサット・データによる筑波研究学園都市の土地被覆経時変化の抽出，防災科学技術，No.43，5-8.

Toshikazu Morohoshi ・第4研究部
情報処理研究室

防 災 科 学 技 術

No. 45

昭和57年 3 月25日 印刷

昭和57年 3 月30日 発行

編集兼
発行人

国立防災科学技術センター
茨城県新治郡桜村天王台 3 丁目
TEL. (0298) 51-1611 (代)

印 刷

アサヒビジネス株式会社
