

人工衛星データを用いた地盤データベースの作成

The Making of The Ground Database by Satellite Data

田邊雅之 Masayuki TANABE (広島工業大学大学院)
 島重章 Shigenori SHIMA (広島工業大学建設工学科)
 吉國洋 Hiroshi YOSHIKUNI (広島工業大学建設工学科)

リモートセンシングは、宇宙船、人工衛星、航空機などの飛行体に搭載されたセンサによって空間の諸現象、諸物体の電磁波分光特性を利用して、諸現象、物体を広域に、かつ間接的に調査する手法・技術をいう。そこで、近年の新しい調査技術の1つである人工衛星による広域解析を行うことで、電磁波分光反射特性をもとに、地表面の被覆状況を把握・分類し、広島市西部丘陵地域周辺の風化・土地利用・植生・表層地質の4種類のデータベースを作成することとする。本研究から得られた地盤データベースは、地盤状況の変化を地盤工学的なデータとして捉えた地盤災害予知のための実施設計・施工への検討資料を得ることや、生態系を考慮した地域計画・防災計画・環境影響評価・都市の発展状況の経時的な調査等にも適用されるものである。

キーワード：風化, リモートセンシング, 重回帰分析, 画像処理 (IGC : C-1)

1. はじめに

対象地区である広島市西部丘陵の土地利用基本方針は、保全系土地利用地区と位置付けられ、自然環境の保全、田園環境の保全、自然・田園環境の活用を図ると共に、都市開発として緑豊かな自然環境を活かした魅力ある都市空間を形成することである。

しかし、近年の土砂災害を見ると、開発行為によって

自然環境を変化させた地域に多発する傾向がある。このような傾向を持つ斜面・土砂災害を防止するためには、開発前の自然斜面の安定状態に対する基礎的データが必要である。しかし、現在それが整えられていないままに、広島市西部丘陵部の開発が進んでいる。

そこで本研究では、人工衛星 LANDSAT5 号から送信されてくる 1992~1996 年の衛星データから、数種の TM (LANDSAT に搭載されているセンサ: Thematic Mapper の略称) データをもとに、広島市西部丘陵の風化度区分・植生指標・土地利用区分・表層地質の地盤主題図と経年変化についての広域地盤データベースを作成し、その結果に考察を加えた。

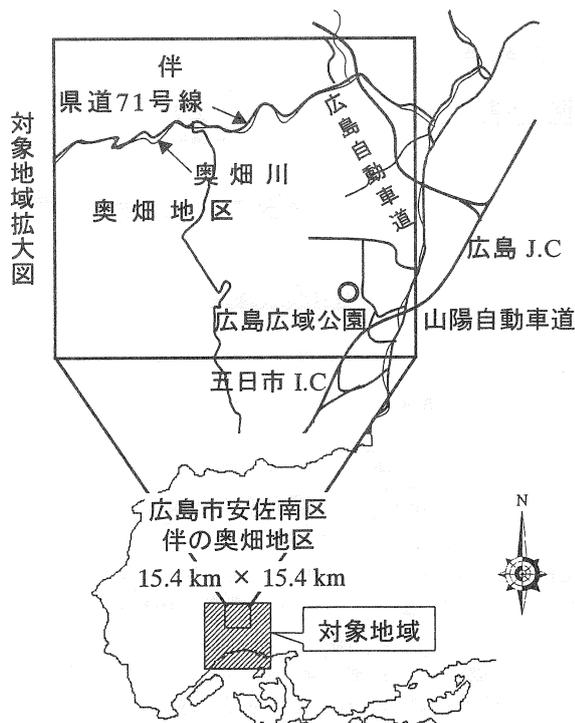


Fig.1 対象地域概要

2. 対象地域

2.1 対象地域概要

対象地域は、Fig.1 に示すように、広島市安佐南区伴の奥畑地区に位置し、標高約 200m、県道 71 号線に沿う、南北 15.4 km×15.4 km の範囲である。

当該地域は農家が散在し、谷に沿って小規模な水田が分布する農村であったが、現在では、住宅団地が造成され、第 12 回アジア大会のメイン会場 (広島広域公園) にもなり地域開発が進められた場所でもある。

2.2 地盤特性

この付近の地形は、対象地域中央を奥畑川が西から東に蛇行しながら流れており、対象地域はこの川沿いの沖積低地で、この川を中心にした谷状の地形を呈している。

これを挟む南北の山塊は、壮年期の山地地形を呈し、山地～稜線部の標高は 500~600m である。

この地域の地質は、いわゆる広島型花崗岩類に属する中粒～粗粒の黒雲母花崗岩が基盤となっており、基盤花崗岩の上層部は風化し、まさ土となっている。

山腹斜面の一部には、土石流堆積物あるいは崖錘堆積物が分布し、奥畑川周辺の平坦部は、沖積層として玉石を含む砂礫層が分布している^{1) 2)}。

この地域の土地利用状況および生態系環境は、山地斜面はアカマツを主体とした森林で、一部に落葉広葉樹(アカメガシワ等)が散在し、山麓部や奥畑川周辺には竹林が見られる。平坦部には水田や畑作地なども分布している。奥畑川の流れは清澄でホタルの生息地となっており、自然環境の保護に関しても住民の関心は高い³⁾。

3. 人工衛星データ解析

人工衛星データは、物体から反射または放射される電磁波の固有性に着目し、電磁波を観測して物体の識別やそれが置かれている環境条件を把握する技術である。ここでは、最も利用頻度の高い衛星データの1つであるLANDSAT/TM データを用いて、地盤データベース作成を行うものである。使用したデータはTable 1 に示す3種であり、解析方法はFig. 2 に示すフローに従う。

Table 1 データの撮影日

Satellite/Sensor	Path-Row	観測日
LANDSAT-5/TM	112-036	1992年4月21日
		1993年3月5日
		1996年5月16日

*112-036…中国地方西部 180 km 四方を示す。

3.1 幾何補正

マルチスペクトルデータ(一般に、衛星マルチスペクトルデータ)には、データ収集時における衛星の姿勢の変化、地球の自転、地表面の比高等のさまざまな要因による幾何学的歪み(位置的歪み)が含まれており、いわゆるリモートセンシングデータ上に表現される地表面の物体の位置は、実際の位置とは異なったものになっている。マルチスペクトルデータを有効に利用していくうえで、地図座標系と整合性をとるといった幾何学的歪みの補正処理を行う必要がある。

幾何学的歪みの補正方法として、GCP (Ground

Control Point: 地上基準点)を用いた補正を行うことにする。GCPを用いた補正とは、システム補正のみでは必要な幾何学的精度を得ることが出来ない場合に用いられる手法であり、画像上で地上座標を測定することができる点(GCP)を選定し、これらの点を用いて画像座標系(カラム, ライン)と地上座標系(X, Y)との間で変換式を設定して、画像データを地上座標系に対応するように変換するための補正である⁴⁾。ここでは、システム補正の終了した衛星データを用いるので、アフィン変換による線形変形補正を行うこととする。

そのためのアフィン変換式は、

$$u = p_1x + p_2y + p_3 \quad \dots\dots (1)$$

$$v = p_4x + p_5y + p_6 \quad \dots\dots (2)$$

ここに、(x, y) は(カラム, ライン)を示す画像座標であり、(u, v) は地図座標、 $p_i (i=1\sim6)$ は変換係数である。

3.2 単バンド画像表示

使用したデータは、約180 km四方のエリアをカバーする幾何補正後のCCT (Computer Compatible Tape: 広帯域磁気テープ)から15.4 km四方を領域とするファイル

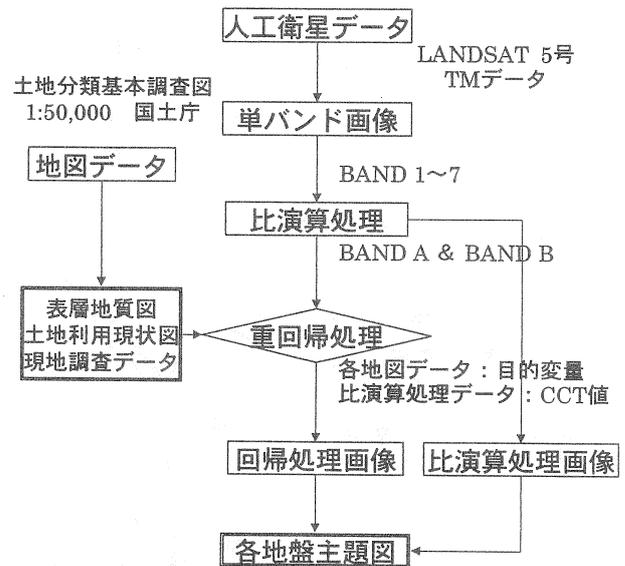


Fig. 2 人工衛星データの解析方法

Table 2 単バンド画像から得られる情報⁴⁾

色調	波長帯(μm)	LANDSAT/TM	単バンド画像から得られる情報
青	0.45~0.52	BAND 1	水域パターン, 土壌と植物, 落葉樹と針葉樹の区別
緑	0.52~0.60	BAND 2	植物の活力度推定, 水域パターン抽出
赤	0.63~0.69	BAND 3	植物のクロロフィル吸収帯, 土地利用の判別
近赤外	0.76~0.90	BAND 4	植物のバイオマス調査, 水域分布調査, 地形判読 地形・地質判読, 水系判読
中間赤外	1.55~1.75	BAND 5	植物の水分判定, 雪と雲の区分
	2.08~2.35	BAND 7	熱水作用地域の判別, 鉱物資源の探査
熱赤外	10.4~12.5	BAND 6	温度の検出, 植物のヒートストレス調査

を切り出し、パソコンによるデータ処理を主とするものである。ここに、幾何補正後の新しい1画素は、1辺約30mの正方形となっている。

衛星データは、地表面の反射強度を前もって決められた波長ごとに観測し、数値情報として記録されたデータである。通常、1つのデータ(画素)は8ビットで構成されているため、1画素は0~255(256段階)の数値(CCT値:コンピュータ適合データ値)として表現される。

そのため、各画素にその画素のCCT値に対応した暗~明の輝度を割当てることにより、衛星データを白黒の濃淡画像として視覚化することが可能となるのである。すなわち、画像の濃淡表現とは、画像の濃度値(CCT値)を黒(0)~灰色~白(255)に対応させて表現することをいうのである⁵⁾。

LANDSAT/TMデータは、可視から熱赤外域に及ぶ広範囲のデータを7種の単バンドデータとして提供し、南北方向に17日周期によって同位置を観測している。

本研究に用いたデータはいずれも3月から5月の春期観測データ(CCTデータ)であり、ほぼ同じデータとして取り扱うことができると考えられる。

LANDSAT/TMデータの各バンドの画像を、白黒の濃淡画像で表現した時の特徴についての一覧をTable 2にまとめている。

3.3 比演算処理データ

比演算処理はバンド間の濃度の比をとることによって、その相互関係を強調し、バンドの重ね合わせだけでは得られないわずかな反射強度の差を判明させることが出来る。演算処理は、2画像間の画素同士について数学的な演算を行い、新しく画像ファイルを作成するというものである。

ここに比演算処理(RATIO)の算式を、次式に示す。

$$RATIO-AB = \frac{(BAND A) - (BAND B)}{(BAND A) + (BAND B)} \quad \dots\dots (3)$$

(BAND A)、(BAND B)は1~7種のバンドを示し、式(3)により7種のバンドを用いて42(7×6=42)種類の比演算処理画像(RATIO-AB)を作成できる。この式(3)で計算した値は0~1に圧縮処理されるので、ここではデータ値を0~255にするために、LOG変換によって正規化数値処理により比演算処理画像を作成する⁶⁾。

比演算処理の典型的な利用例として植生指標が挙げられる。植生指標とは、気象衛星や地球観測衛星からの画像データからグローバルな植生の分布状況を把握するための指標である。

計算式は幾つかあるが、ここでは正規化差分植生指標(NDVI: Normalization Difference Vegetation Index)を用いて表すことにした。

植生指標における地盤主題図は、BAND 4とBAND 3による比演算処理RATIO-43が最も植生を表していることが分っているので、これを使用した⁵⁾。

$$NDVI = \frac{(BAND 4) - (BAND 3)}{(BAND 4) + (BAND 3)} = RATIO-43 \quad \dots\dots (4)$$

ここに、(BAND 4): バンド4のCCT値

(BAND 3): バンド3のCCT値

式(4)を用いて、植生活性度を3段階に画像区分した。

この比演算処理から得られた植生指標図を、次節4.

2のFig. 6-1、6-2に示している。

4. 重回帰処理画像(地盤主題図)の作成

地図データ(現地データ)と画像データ間の高い相関を示す関係を得るために、多変量解析の幾つかある種類の中から重回帰分析を用いて得られる最良重回帰式をもとに、4種類の地盤主題図(風化度区分図・植生指標図・土地利用区分図・表層地質区分図)を作成する。

4.1 重回帰分析処理

重回帰分析(Multiple Regression Analysis)は、目的変数と説明変数との関係を調べ、関係式を作成し、これを用いて次の事柄を明らかにする手法である。

- ① 予測/潜在能力/評価
- ② 説明変数の目的変数に及ぼす影響度
- ③ 説明変数の大事さランキング

重回帰分析に適用できるデータは、目的変数、説明変数のいずれも数量データである。

重回帰分析は、一般に目的変数Yを説明するために、説明変数として X_1, X_2, \dots, X_n というn個の量を考える。得られる重回帰分析の数学モデルは、最良重回帰式と称して次式で示される。

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + \dots + a_n X_n \quad \dots\dots (5)$$

ここに、 $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ は偏回帰係数である⁷⁾。

このような重回帰分析によって、Yの予測値を何個かの説明変数によって求める場合、その変数が多すぎるとは計算処理上難しくなる場合がある。変数の選び方の基準としては、

- (a) Yの変動をよく説明できるもの
- (b) 操作や測定のしやすいもの
- (c) 説明変数間の相関係数があまり大きくないもの等がある⁸⁾。

このような基準を考慮しながら、観測された種々の説明変数の集合から適当な部分集合を選び出し、回帰式を求める手法として段階的手法が最も実用的である。

ここでは、段階的手法として変数減少法を用いた。変数減少法は、全ての変数を取り入れた後、相関性の最も少ない変数から順次取り除いていく方法である。

予測値Yを求めるにあたり、その推定法がどの程度有効であるかを検定する方法としては、ここでは重回帰係数および分散分析によるT検定、F検定を用いる。

前節の比演算処理により求めた衛星データを説明変数として、表層地盤の風化度を予測するための重回帰分析

を行った。求める最良回帰式は、できるだけ説明変量を少なくし、観測値と予測値の差の平方和ができるだけ小さいものでなければならない。

ここでは、プログラム計算による変数減少法によって42種類の中からRATIO-36、およびRATIO-71が選ばれ、Table 3に示す結果が得られる。風化度指標のCCT値を目的変量Yとする説明変量Xは、比演算処理RATIO-36およびRATIO-71について重相関係数0.945、分散分析によるF検定は危険率が1%以内、T検定はRATIO-36について1%以内、RATIO-71について10%以内という信頼性の高い結果を得た。この結果から得られた偏回帰係数をまとめると、次のような最良回帰式になる。

$$Y = 0.714X_1 + 0.131X_2 - 147.813 \quad \dots\dots (6)$$

ここに、Y：風化度指標

X_1 ：比演算処理RATIO-36のCCT値

X_2 ：比演算処理RATIO-71のCCT値

この最良回帰モデル式を画像化プログラミング処理し、目的変量の風化度指標YをRATIO-36およびRATIO-71の説明変量により表示する重回帰処理画像を作成した。

一般に画像処理は、多色(256色)によるカラー表現も可能である。ここでは風化度、および植生等の指標図の区分を行う場合、多色の表現はかえってその区分を不明瞭にし、目的変数を画像から判読するには不適切であるという事から、白黒濃淡4色で表現した。

風化度指標を表示する区分図は、式(6)を用いて表層弱風化(風化厚3m以浅)、中風化(風化厚10m以浅)および深層強風化(風化厚10m以上)を表し、ここでは風化度指標 α 、 β 、 γ として示し、3段階で判読することができる⁹⁾。

植生指標を表示する区分図は、式(4)のNDVIを用いて、植生活性度を活性度大、活性度中、活性度小の3段階に画像区分した。

土地利用、表層地質についても同様の処理を行い、得られた最良回帰式をもとに、画像化表現したものが地盤主題図である。それぞれの重回帰処理結果および最良回帰式をTable 4に示した。

Table 4において、各処理における説明変量Xが異なる

理由として、精度の高い画像を得るためにプログラム計算による変数減少法結果から、相関性の良いものを選んだことにより、各目的変量Y(風化度、表層地質、土地利用)による説明変量Xが年度ごとに異なった。

4.2 各地盤主題図

Fig.4-1~Fig.7-1に示した各種画像は、Fig.3の範囲を示し、重回帰処理により対象地域を各地盤主題図とし

Table 3 風化度区分のための重回帰処理結果

重回帰分析 (1996年 広島市西部丘陵)					
重相関係数	(R)=	0.9449			
寄与率	(100RR)=	89.288			
調整寄与率	(100RR*)=	86.908			
残差調整誤差		0.9257			
分散分析表					
変動要因	自由度	平方和	平均平方和	F値	危険率
回帰	2	64.287	32.144	37.509	1%
残差	9	7.712	0.857		
合計	11	72	6.545		
重回帰係数					
変量	標準偏回帰係数	偏回帰係数	T値	危険率	
RATIO-36	0.678	0.714	4.041	1%	
RATIO-71	0.321	0.131	1.913	10%	
定数		-147.813			

*寄与率… この値によって回帰による変動が、全変動に対してどの程度の割合を占めているかを表す。



Fig.3 各地盤主題図と同縮尺の地形図

Table 4 重回帰処理結果および最良回帰式

地盤主題図	年度	(X_1), (X_2), (X_3)	相関係数 (R)	回帰処理式 (Y)
風化	1992年	R-62, R-71	0.728	$5.408X_1 + 0.309X_2 - 1368.6$
	1993年	R-36, R-61	0.964	$0.389X_1 - 1.135X_2 + 200.258$
	1996年	R-36, R-71	0.945	$0.714X_1 + 0.131X_2 - 147.813$
表層地質	1992年	R-54, R-56, R-61	0.989	$0.048X_1 + 0.155X_2 - 0.196X_3 + 75.108$
	1993年	R-54, R-61, R-67	0.991	$0.196X_1 - 0.635X_2 + 0.038X_3 + 100.66$
	1996年	R-53, R-56	0.987	$-0.343X_1 - 0.290X_2 + 27.010$
土地利用	1992年	R-16, R-74	0.944	$0.370X_1 + 0.207X_2 - 109.514$
	1993年	R-16, R-74	0.944	$0.370X_1 + 0.207X_2 - 109.515$
	1996年	R-42, R-76	0.951	$-0.306X_1 + 0.166X_2 + 52.151$

* 表記のR-62, R-71等の「R-」は、「RATIO-」のことを意味する。

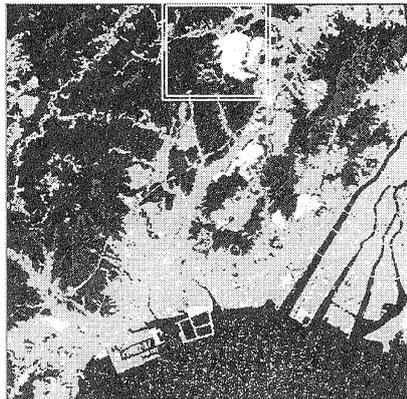
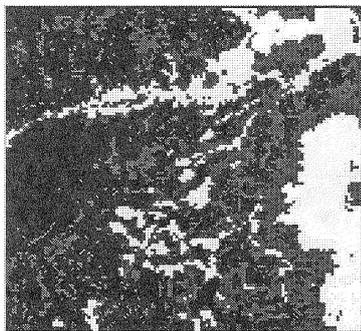


Fig. 4-1 風化度区分図 (1996年)

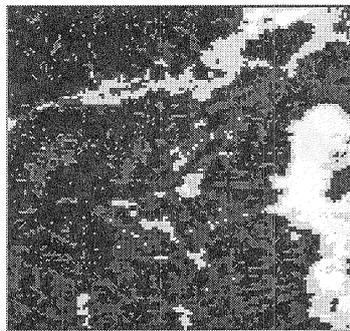
・風化度
 α (弱風化)
 β (中風化)
 γ (強風化)
 造成地・他

Table 5 占有率 (Fig. 4-2 の場合)

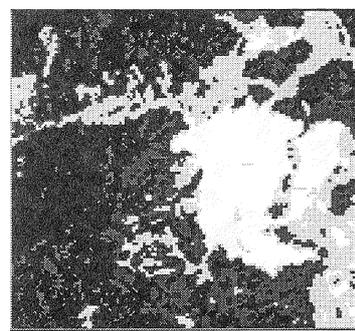
風化度	占有率 (%)		
	92年	93年	96年
α	50.1	52.2	42.3
β	28.1	30.3	17.4
γ	14.3	11.1	14.7
造成地・他	7.5	6.4	25.6



(a) '92年



(b) '93年



(c) '96年

Fig. 4-2 風化度区分拡大図

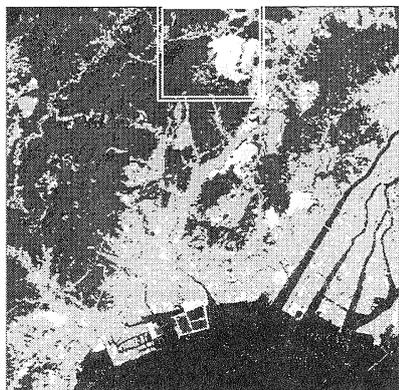
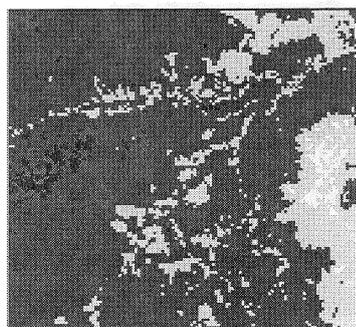


Fig. 5-1 表層地質区分図 (1996年)

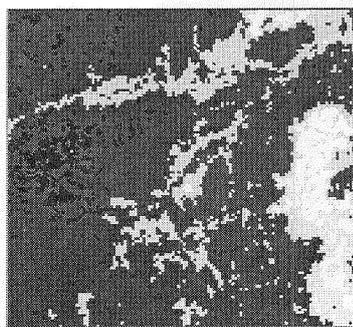
・表層地質
 固結堆積物
 深成岩
 未固結堆積物
 造成地・他

Table 6 占有率 (Fig. 5-2 の場合)

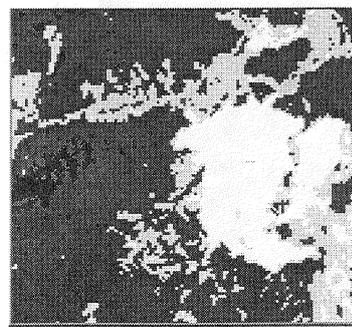
表層地質	占有率 (%)		
	92年	93年	96年
固結堆積物	1.9	4.5	3.1
深成岩	76.8	68.4	58.9
未固結堆積物	20.1	22.2	21.0
造成地・他	1.2	4.9	17.0



(d) '92年



(e) '93年



(f) '96年

Fig. 5-2 表層地質区分拡大図

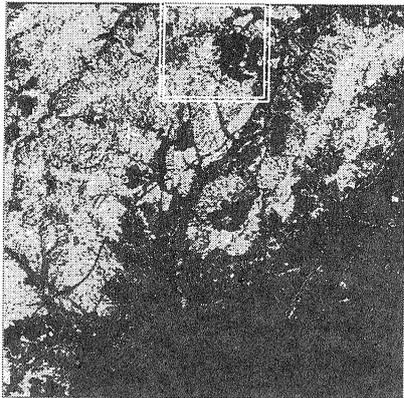


Fig. 6-1 植生指標図 (1996年)

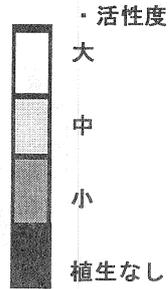
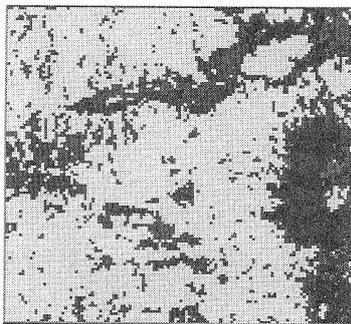
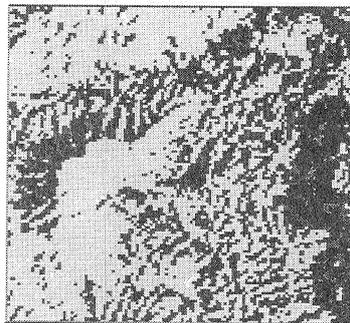


Table 7 占有率 (Fig. 6-2の場合)

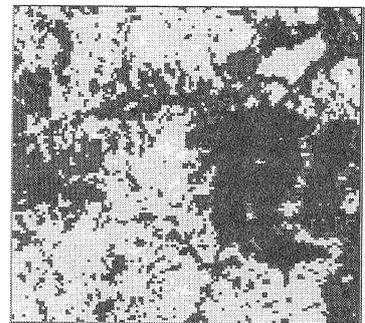
活性度	92年	93年	96年
大	18.3	23.1	18.6
中	49.3	33.1	30.7
小	22.9	30.3	29.8
植生なし	9.5	13.5	20.9



(g) '92年



(h) '93年



(i) '96年

Fig. 6-2 植生指標拡大図

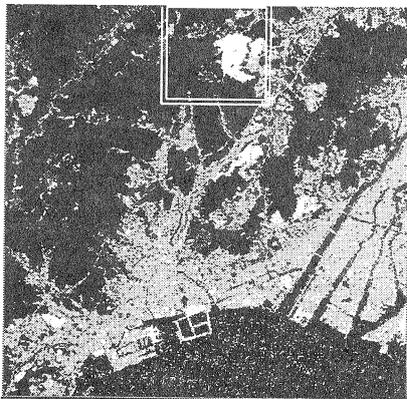


Fig. 7-1 土地利用区分図 (1996年)

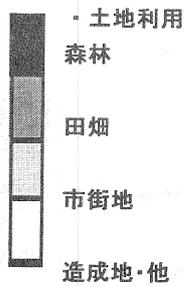
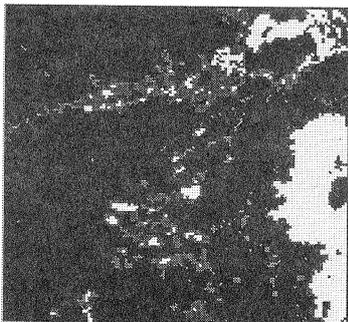
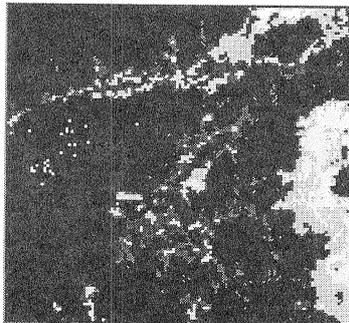


Table 8 占有率 (Fig. 7-2の場合)

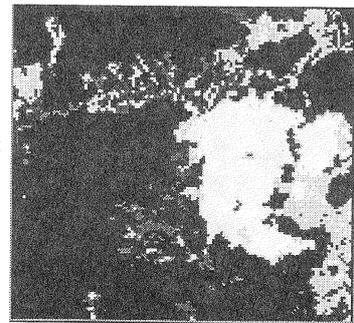
土地利用	92年	93年	96年
森林	75.2	74.1	63.9
田畑	11.2	10.7	10.5
市街地	10.4	10.9	12.5
造成地・他	3.2	4.3	13.1



(j) '92年



(k) '93年



(l) '96年

Fig. 7-2 土地利用区分拡大図

て作成したものである。

その地盤主題図内の白枠で囲んだ場所（奥畑地区：3.9 km×3.6 km）をさらに拡大し、経年変化状況を並列比較したものが Fig. 4-2～Fig. 7-2 である。画像の目視表示だけでは変化状況が判読しにくいことから、各区分の占有率を求め Table 5～Table 8 に示した。

各地盤主題図に示した地域を拡大表示した理由は、この地域の開発が進められていることから、画像による変化状況を捉えやすい場所であるということである。

風化度区分図は前節のとおり風化度を α （弱風化）、 β （中風化）、 γ （強風化）、植生指標図についても活性度大、活性度中、活性度小、表層地質区分図については固結堆積物、深成岩、未固結堆積物、土地利用区分図については森林、田畑、市街地という様に、各地盤主題図を3区分して表示することとした。

5. 各地盤主題図の評価

重回帰処理により得られた画像をもとに、対象地域である広島市西部丘陵の各地盤主題図を示し、Fig. 3 に示す同縮尺の地形図と合わせて検討した。

さらに、同地域の奥畑地区（拡大部分）について、画像の判読および経年変化の比較をするために Fig. 4-2～Fig. 7-2 に3ヶ年の画像を示した。

5. 1 風化度区分図

風化度区分図については、拡大した画像 Fig. 4-2 を見ると、山地と山地の谷間が特に風化しており、山地の風化残積土が長年における降雨水により、浸食・運搬され谷地形に風化崩積土としての堆積層が存在し、深層風化層を形成している。

また 1996 年は造成地の増加に伴い、造成地・他の区分の占める割合が変化しているが、周辺の風化度区分の変化は他の年の拡大図を比較してもあまり変わりのないことが分かる。

5. 2 表層地質区分図

表層地質区分についても、エリアを拡大した画像 Fig. 5-2 を同縮尺の地形図と重ね合わせた結果、固結堆積物（泥質岩）、深成岩（広島型花崗岩類）、未固結堆積物（礫・砂）の区分がよく表れている。

ここに、固結堆積物の区分については泥質岩からなり、この付近に見られる古生層の存在が確認される。

1996 年においては造成地の増加に伴い、造成地・他の範囲が広がり、占有率が大幅に増加していることが画像を見ても判読でき、その増加以外は、大きな変化が見られないことが分かる。

5. 3 植生指標図

植生指標図についてもエリアを拡大した画像 Fig. 6-2 を作成し、各年の画像とともに、日照時間の長い山の南東側が活性度が良いということがよく分かった。

また、極度に日当たりの悪い部分では植生があるにも関わらず、植生なしの区分に分類されている部分もある。植生の活性度は、季節、降水量や台風、酸性雨等の様々な影響を受けるため完全に一致しない。

1992、1993、1996 年の画像の観測日は、Table 1 に示したように、順に 4 月 21 日、3 月 5 日、5 月 16 日であり、最大約 70 日もの差があることから、3. 2 で述べた「3 月から 5 月の観測データは、ほぼ同じデータとして取り扱うことができる」というのは、季節的な影響を考えると、植生指標については適用できないことがいえる。

5. 4 土地利用区分図

土地利用区分についてもエリアを拡大した画像 Fig. 7-2 を作成した。その結果として、土地利用区分は、裸地・造成地、市街地、森林と区分した場合では精度の良い画像を得ることができたが、田畑や4種類の樹木（天然針葉樹林・広葉針葉樹林・人工針葉樹林・混合林）の区別を明確に表わすことができなかった。

1992、1993、1996 年の3ヶ年の画像を比較すると、1996 年の大規模な造成による裸地の増加以外は目立った変化は見られない。

占有率を見ても、1992 年と 1993 年の変化はほとんどないが、1996 年は開発に伴う造成地の埋立により、裸地・造成地が増加し、森林が減少していることが結果から分かる。

以上により、衛星データによる土地利用区分図は、年度の変化に伴う区分の変化において、開発行為に伴う裸地の増加を顕著に表すことが判明した。

6. まとめ

本研究の目的は、地球観測用人工衛星 LANDSAT5 号の TM データを用いて、広島市西部丘陵地域の画像処理を行い、同地域の経年変化による変遷状況を地盤データベースの作成という概念から捉え、1992 年、1993 年および 1996 年における3年間の衛星 TM データを使用し、広島市西部丘陵地域の安佐南区伴の奥畑地区を中心とする地域について過去に発行された国土基本図（昭和 53 年度発行）を用いて、今後の地域環境開発のための新たな検討資料を作成しようとするものである。

得られた地盤主題図は、風化度区分図、表層地質区分図、植生指標図、土地利用区分図の4種類である。得られた結果を要約すると以下ようになる。

(1) 単バンドデータは、陸域、水域、植生、山地形状などを判読することが可能であり、1 画素約 30m 四方の地上サイズの集合体であることから、広域地域の表示には適合できるが、1 画素単位で判読を要する場合には比演算処理による特徴抽出が必要である。

ここでは比演算処理を用いた正規化差分法によるデータの植生指標への適用、および重回帰処理の説明変量データとしての適用を試みた。

(2) 比演算処理は7種のバンドを用いて42種類の比演算処理データとして作成できる。ここでは正規化差分法により対数変換処理を行った比演算処理データを用いるもので、画像の持つ形態的補正を施したデータとして、風化度区分図、表層地質区分図、土地利用区分図の説明変数データとして利用できる。

(3) 風化度区分図は、BAND 6 および BAND 7 を共通とし、比演算処理画像のうちRATIO-36、RATIO-61、RATIO-62、RATIO-71 を使用し、重相関係数 0.700 以上の回帰処理画像を作成した。得られた結果から各年の画像を比較し、土地分類基本調査等の地形情報との重複により、広域情報としての風化状況の位置的一致を知ることができた。

(4) 表層地質区分図においてはBAND 5 が共通し、回帰処理画像は表層地質図とよく一致しており、結果として重相関係数 0.980 以上の画像を作成することができた。

(5) 植生指標図は、BAND 4 と BAND 3 の比演算処理によって得られたNDVIであるが、同季節のデータでも画像としての反射波長特性に違いが見られる。

それは、観測時期の季節的な影響との関係が高く、またその他の環境条件の変化が大きく関連しているものと考えられる。

(6) 土地利用区分図においては、BAND 4、6、7 が共通しており、得られた画像は土地利用現況図とよく一致しており、結果として重相関係数 0.940 以上の画像を作成することができた。

(7) 得られた各地盤主題図は、地形図との重ね合わせが容易にでき、目視による画像判別により地盤状況の変化を地盤情報的なデータとして捉えることができる。

また、災害予知のための検討資料や、同位置を観測できるといった周期性を持っていることなどから、経時的な調査等にも適用できる。

これらの結果から、周期性を有する衛星データを用いることで、広島市西部丘陵地域の面的な情報を主とする地盤データベースを作成することができた。

以上、人工衛星データを用いて1992、1993、1996年の表層地盤主題図を作成し、地盤経年変化を調べた。

本研究では画像の作成精度を上げることを主としたため、各年の継続的な共通項についての検討が十分であるとは思えない。

それは、得られた画像がどのように現地との対応を示しているかであり、例えば気象変化の影響や周囲環境の今後数年間の状況とも併せて画像処理を行うことが必要であり、得られた画像について更に地盤情報との適合を検討することが肝要かと考えられる。

[参考文献]

1) 広島市都市整備局西風新都事務所(1995):西部丘陵環状線(I-7工区),地質調査「報告書」

- 2) 広島市都市整備局西風新都事務所(1996):西部丘陵環状線(I-6工区),地質調査「報告書」
- 3) 広島県企画振興部地域振興課(1991):土地分類基本調査,「土地分類基本調査(広島)」
- 4) 大林成行(1995):「実務者のためのリモートセンシング」, pp.58-61, pp.78-92, pp.134-142
- 5) 日本リモートセンシング研究会(1996):図解リモートセンシング, pp.2-9, pp.120-240
- 6) 島重章・後藤恵之輔(1997):重回帰分析による表層地盤分類主題図の作成,「写真とりリモートセンシング」, Vol.36, No.3
- 7) 菅民郎(1993):重回帰分析,「多変量解析の実践(上)」, pp.26-50
- 8) 河口至商(1981):重回帰分析,「多変量解析入門I」, pp.3-17
- 9) 島重章・吉國洋・神谷誠・小川隆一(1997):衛星リモートセンシングを利用した法面崩壊発生の予測,「土と基礎」, Vol.45, No.6