

# 衛星リモートセンシングデータを利用した流域森林管理技術の確立

誌名	研究報告 / 広島県立林業試験場
ISSN	03887898
著者名	東,敏生 寺田,公治
発行元	広島県立林業試験場
巻/号	26号
掲載ページ	p. 75-87
発行年月	1992年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



# 衛星リモートセンシングデータを利用した 流域森林管理技術の確立

—ランドサットTMデータによる筒賀川流域の林況把握—

東 敏生・寺田 公 治

東 敏生・寺田公治：衛星リモートセンシングデータを利用した流域森林管理技術の確立，—ランドサットTMデータによる筒賀川流域の林況把握—，広島県林試研報26:75～87, 1992. ランドサットTMデータ（1987年5月8日）を用い、太田川の一支流（筒賀川流域）について、土地利用形態、林況、植生指標区分を行った。

1. 標準地として、ひのき林、すぎ林、まつ林、広葉樹林、針葉樹と広葉樹の混交林、住宅地、水田、裸地、高速道路、及び水域の合計37地点を設定し、バンド3、4、5、7の4つのバンドを用いた最尤法によって林況区分をおこなった。つぎに、各標準地の平均値を相関関係が弱いバンド3-4、4-5、4-7の各二次元図上に描き、分布パターンから判断し37地点の標準地を最終的に11の分類項目に整理した。
2. 筒賀村領域に限って分類項目毎に推定面積を算出した結果、いずれの推定面積についても、行政資料の樹種別面積とおおむね10%以内の誤差で推定が行われた。とくに、筒賀村の70%以上を占める針葉樹林については誤差率が3%であった。
3. 筒賀川流域に限って解析を施し、土地利用形態及び森林状況別の推定面積を集計した
4. 樹木の活力度(VI)を次式で定義し、分類項目別に比較した。 $VI = [(BAND4 - BAND3) / (BAND4 + BAND3) + 1] \times 127$ 、その結果、指標値が150を境にして植生項目と非植生項目とが明瞭に区分できた。

[キーワード] 衛星リモートセンシング、ランドサットTM、流域管理、林況

HIGASHI Toshiro and TERADA Koji : **Establishment of Forest Management Technique, Using Satellite Remotesensing Data. With Special Reference to Grasping the Forest Condition of Tsutsuga River Watershed by Means of Landsat-TM-data.** Bulletin of Hiroshima Prefectural Forestry Experiment Station No.26 : 75～87, 1992. Using Landsat-TM-data (MAY 8,1987), land-use type, forest condition and vegetation index classification was made of tributary watershed (Tsutsuga river watershed) of Ohta river.

- (1) As standard places, a total of 37 points including forests of *Chamaecyparis obtusa*, *Cryptomeria japonica* and *Pinus*, broad-leaved forest, needle-leaved forest and mixed forest of both these, residential quater, rice field, bare area, superhighway and water area were set up, and forest condition classification was made by means of maximum likelihood classifier using 4 bands 3,4,5 and 7. Next, the mean value for each standard place was described on each two-dimensional diagram of bands 3-4,4-5 and 4-7 having weak mutual relations, and judging from the distribution pattern, standard places consisting of these 37 points were finally arranged into 11 items for classification.
- (2) The results of calculaculation of estimated areas by items classification only for the Tsutsuga village region revealed for every estimated area an estimation in an error approximately within  $\pm 10\%$  compared with the areas by kinds of tree according to administrative materials. Especially for the needle-leaved forest representing not less than 70% of the area Tsutsuga Village, the rate of error was 3%.
- (3) Analysis was made only of the Tsutsuga river watershed according to the mask processing, estimated areas by land-use type and forest conditions were summed up.
- (4) The degree of tree viability (VI) was defined by the following formula and compared by items for classification :  $VI = [(BAND4 - BAND3) / (BAND4 + BAND3) + 1] \times 127$   
As a result, vegetation part and non-vegetation part could be distinctly classified whth index value 150 as threshold value.

[Keywords] Satellite remotesensing, Landsat-TM, Watershed managemant, Forest condition.

# 目 次

1. はじめに	76	4.1 解析に使用するバンドの選択	79
2. 調査の方法	76	4.2 二次元図による分類項目の統合	79
2.1 資料の収集	76	4.3 分類結果の集計と評価	81
2.2 現地調査	76	4.4 筒賀川流域の土地利用形態及び林況別の推定面積	83
3. 解析の手順	76	4.5 新たな流域評価指標(植生活力度)の利用	83
3.1 解析システムと使用したデータ	76	5. おわりに	84
3.2 解析用データの調整	76	6. 参考文献	84
3.3 標準地の設定	79	写 真	86
4. 解析の結果と考察	79		

## 1. はじめに

近年,"地球環境の保全"の考えの一つとして、森林の持つ多くの機能が見なおされ、大きな期待すら持たれるようになっていく。特に、国土保全・水源かん養機能への期待が大きく、適切な森林整備の方法及び流域管理技術の確立が望まれている。

そのためには、まずこれらの機能を数量的に評価する手法や、広い地域(広島県全体など)あるいは任意の領域(市町村、流域、林地開発候補地域など)を対象とした林況把握、機能分級、集計・評価などの各手法の早急なシステム化が必要である。

このような考えに立って、この研究は、衛星リモートセンシングデータと既存の地形、地質、植生図などの地理情報とを用いて、流域を単位とした土地利用、及び森林の状況把握のための解析技術、さらには流域森林管理技術の確立を目的としている。

今回は、ランドサットTMデータを用いて、広島県で代表的な河川である太田川の一支流の筒賀川流域について、土地利用形態、林況、植生指標などの区分を行ったので、その解析手法と解析結果について報告する。

## 2. 調査の方法

### 2.1 資料の収集

筒賀川は写真1に見られるように、太田川の一支流をなし、流域の大部分は筒賀村に含まれている。また森林の多くは筒賀村の村有林である。そこで、当地域の森林簿の写しを入手するとともに、筒賀村林務課を訪ねて村有林の樹種、林齢、所在地を聞き取り調査し、面積的にまとまって存在する林分や、新しい植栽地の所在位置を

1/25,000地形図に記載した。また1986年以降にこの地域を撮影した写真及び空中写真を参考にして、林況を確認した。

### 2.2 現地調査

1990年11月19日には現地調査を行い、標準地としての候補地点の位置を確認し、周辺の林況を写真に撮影した。

## 3. 解析の手順

### 3.1 解析システムと使用したデータ

解析作業を行ったシステムは、32bit パソコンを基本とするPC-ERDAS (Ver. 7.4) [アメリカ: ERDAS社開発]である。周辺装置は、磁気テープ装置、カラーディスプレイ(1024×1010画素表示可能)、カラーハードコピー装置、及びデジタルザー(A0版)である。

使用したデータは、LANDSAT-5、TM、1987年5月8日のPATH=112、ROW=36のシーンで、バルク補正済みCCT(サブシーンB、サブシーンD)である。

### 3.2 解析用データの調整

サブシーンBのCCTからはピクセルNo.401~No.1900、ラインNo.2584~No.2983、サブシーンDのCCTからはピクセルNo.601~No.2100、ラインNo.1~No.600の範囲のデータを取出し、新たなデータファイルを作成した。このファイルはバンド毎(1~7バンド)にピクセル方向に1500とライン方向に1000のデータからなる。

表1 座標基準点の地理的位置とデータ上の位置及び変換後のデータ座標と誤差

GCP No.	1	2	3	4
東経(度分秒)	132°11'48.6"	132°14'0.5"	132°14'47.9"	132°20'7.9"
北緯(度分秒)	34°33'50.4"	34°34'5.3"	34°33'19.0"	34°34'47.5"
UTM-E (m)	242850.1	246236.6	247394.1	255625.6
UTM-N (m)	3827886.0	3828637.8	3826792.3	3829300.3
FILE-P	456	566	620	885
FILE-L	493	444	498	353
変換後-P	455.89	566.91	619.97	884.91
P-誤差	0.107	0.905	0.035	0.092
変換後-L	493.47	443.4	498.53	353.41
L-誤差	0.473	0.604	0.531	0.414
画素誤差	0.485	1.089	0.532	0.424

GCP No.	5	6	7	8
東経(度分秒)	132°16'37.6"	132°19'6.7"	132°21'24.4"	132°19'59.2"
北緯(度分秒)	34°32'17.7"	34°31'21.7"	34°28'47.7"	34°25'24.7"
UTM-E (m)	250139.9	253896.4	257283.1	254944.1
UTM-N (m)	3824826.0	3822999.8	3818161.3	3811963.8
FILE-P	730	870	1022	986
FILE-L	547	583	724	954
変換後-P	728.49	870.76	1021.97	986.11
P-誤差	1.511	0.757	0.032	0.115
変換後-L	546.45	582.31	724.35	954.08
L-誤差	0.553	0.685	0.349	0.075
画素誤差	1.609	1.021	0.350	0.137

ただし、変換式及び変換係数はつぎのとおりである。

$$(\text{変換後-P}) = B1 + (\text{UTM E}) * B2 + (\text{UTM N}) * B3$$

$$(\text{変換後-L}) = A1 + (\text{UTM E}) * A2 + (\text{UTM N}) * A3$$

$$B1 = 19626.35 \quad B2 = 0.034377010 \quad B3 = -0.00718906$$

$$A1 = 133780.4 \quad A2 = 0.007158851 \quad A3 = -0.03436581$$

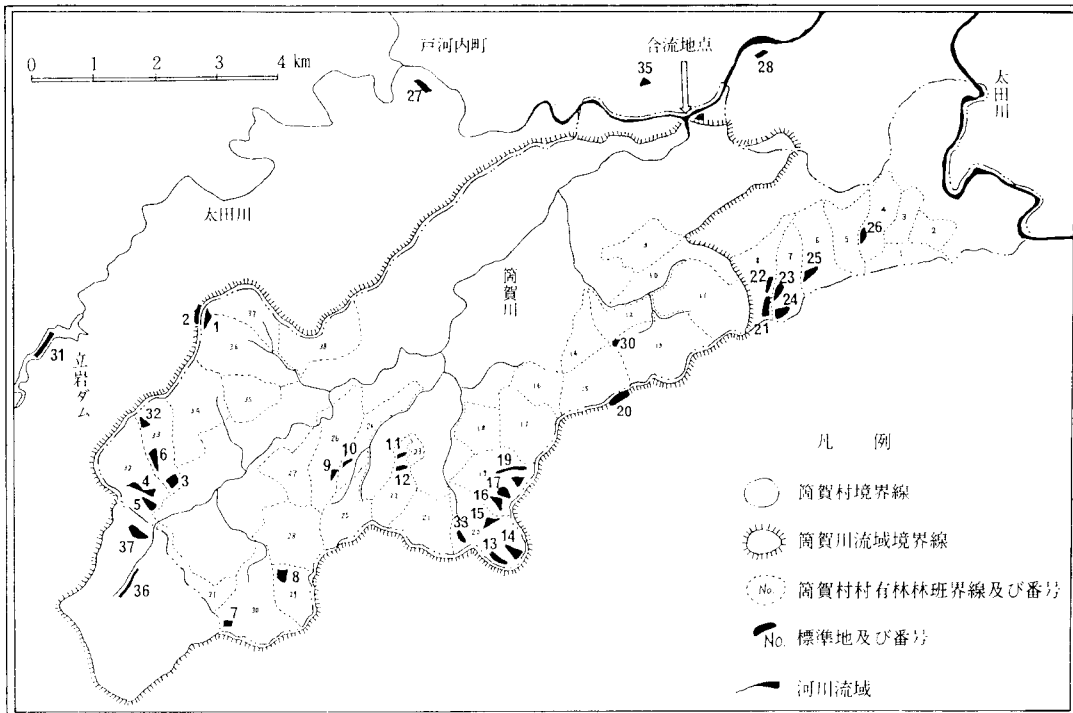


図1 筒賀村、筒賀川流域と標準地の位置図

つぎに、1/25,000の地形図上とカラーディスプレイの合成画像上との両方で位置が確定できる地点（池、ランドなど利用）を座標基準点として8点選定し、データ座標（ピクセルNo.、ラインNo.）を読取った。

一方、地形図からは、座標基準点の経度及び緯度を求め、UTM座標を算出した。

8地点の座標基準点について、データ座標とUTM座標間で一次のアフィン変換係数を求め、東経132度9分19秒、北緯34度34分19秒の地点が始点、東経132度20分28秒、北緯34度29分13秒の地点が終点、1画素が28.5m x 28.5mのサイズとなるよう最近接内挿法（ニアレストネイバー）によりデータをリサンプリングした。リサンプ

リング後のデータサイズは、590ピクセルx360ラインx7バンドである。座標基準点の各座標及びアフィン変換係数については、表1に示したとおりである。

筒賀村境界及び筒賀川流域界は、1/50,000地形図をもとに、デジタイザーにより境界線をポリゴン入力し、パソコンに直接取り込んだ。これにより村域あるいは流域など、任意の領域に限り解析を行うことが可能である。

写真2は、リサンプリング後のデータの内バンド3、4、5にそれぞれ青、緑、赤色を配色した解析対象地域の合成画像である。

表2 筒賀村における土地利用形態と林況区分のための標準地の状況

区 分	分 類 項 目	地 点 番 号	植 栽 年	方 位
ひのき	新 植 地	26	1987	E
ひのき	新 植 地	16	1986	W
ひのき	新 植 地	10	1986	S
ひのき	新 植 地	9	1985	W
ひのき	幼齡ひのき林	3	1982	SW
ひのき	若齡ひのき林	19	1979	S
ひのき	若齡ひのき林	18	1979	NW
ひのき	壯齡ひのき林	13	1958	N
ひのき	壯齡ひのき林	7	1920—	N
すぎ	新 植 地	5	1985	SW
すぎ	若齡すぎ林	25	1979	NE
すぎ	若齡すぎ林	8	1975—	NW
すぎ	壯齡すぎ林	24	1970—	N
すぎ	壯齡すぎ林	4	1965	NE
すぎ	壯齡すぎ林	23	1960—	NE
すぎ	壯齡すぎ林	22	1960—	NW
すぎ	壯齡すぎ林	12	1958	SE
すぎ	壯齡すぎ林	11	1958	NE
すぎ	壯齡すぎ林	21	1915—	NW
まつ	ま つ 林	20		S
ま	ま つ 林	33		SW
ま	ま つ 林	15	1966	SW
ま	ま つ 林	17	1938	N
広葉樹	新芽の展葉がまだの林	32		SE
広葉樹	新芽の展葉がまだの林	2		W
広葉樹	まがつが混在した広葉樹林	14		NE
広葉樹	南面で新緑あざやかな林	35		S
広葉樹	新芽の展葉がまだの林	1		E
広葉樹	北西面で新緑あざやかな林	34		NW
広葉樹	南東面で新緑あざやかな林	37		SE
針広混交林	針葉樹と未展葉広葉樹との混在林	6		E
住宅地	戸河内町の住宅街	27		S
裸地	水田を埋立てた造成地	29		
水田	水の入った水田	28		
裸地	林道開設にともなう残土処理場	30		
水域	立岩タムの貯水池	31		
高速道路	中国自動車道	36		

### 3.3 標準地の設定

収集した資料と現地調査の結果をもとにして、ひのき林9、すぎ林10、まつ林4、広葉樹林7、針葉樹と広葉樹の混交林1、住宅地1、水田1、裸地1、高速道路1及び水域1箇所の合計37地点の標準地を設定した。

すぎ、ひのき林の標準地設定に際しては、さまざまな林齢及びあらゆる斜面方位が含まれるように配慮した。各標準地の位置は図1に示した。また、各標準地の状況は表2のとおりである。

## 4. 解析の結果と考察

### 4.1 解析に使用するバンドの選択

演算速度に制約があるパソコンシステムによる解析作業では、最尤法などの複雑かつ膨大な計算量を伴う分類手法を実行すると、処理時間が非常に多く必要となり、あまり実用的ではない。そこで、最少限のデータ量から最大の情報量を得るための工夫が必要である。

今回、標準地における各バンドデータの平均値と標準偏差を算出し(表3)、さらに平均値について2つのバンド間の相関係数を求め(表4)、その結果から相関関係が強いバンド1, 2, 3の群からはバンド3を選択し、さらにバンド4, 5, 7を加えた合計4つのバンドのみ使用して、教師付き最尤法分類を実施することにした。なお、バンド6は熱赤外情報であり、他のバンドデータとは空間分解能が異なるため使用しなかった。

表4 標準地での輝度値の平均値のバンド間相関係数

	BAND1	BAND2	BAND3	BAND4	BAND5	BAND7
BAND1	-	0.966	0.974	0.299	0.779	0.891
BAND2		-	0.976	0.512	0.868	0.919
BAND3			-	0.391	0.869	0.947
BAND4				-	0.680	0.509
BAND5					-	0.964
BAND7						-

### 4.2 二次元図による分類項目の統合

当初の標準地の分類項目は、「樹種」や「土地利用形態」の違いなど、従来から慣例的に使用されてきたものではない。衛星データを用いて、各種の分類を試みる場合、物体表面の状況の違いに着目した判定基準による分類項目の設定が検討されるべきと考えられる。そこで、ここでは、相関関係が弱いバンド3-4、バンド4-5、バンド4-7について標準地での平均値の二次元図を作成し、その分布パターンより分類項目を再編成し、反射特性を加味

した項目名に改めた。

ところで、たとえ同一の土地被覆状態であったとしても、北西向き斜面に対して南東向き斜面の反射輝度値が相対的に大きく観測されることから、山岳地域を対象とした解析では、斜面の方位と傾斜角度の違いが反射輝度値に及ぼす影響が問題となる。このことは、バンド3-4の組合せについて示した図2上では、同一林齢のひのき林でありながら、南向き斜面にあたる地点No. 19の方が北西向き斜面の地点No. 18よりも右側上方に分布していることで理解される。即ち、山岳地域に設けた標準地に

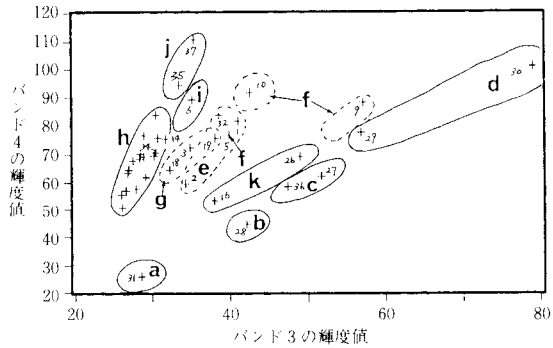


図2 標準地のバンド3とバンド4の平均輝度値の二次元図

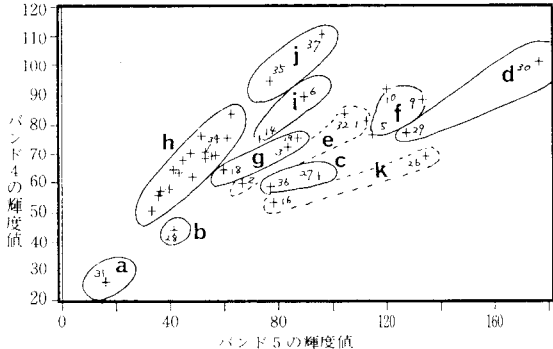


図3 標準地のバンド4とバンド5の平均輝度値の二次元図

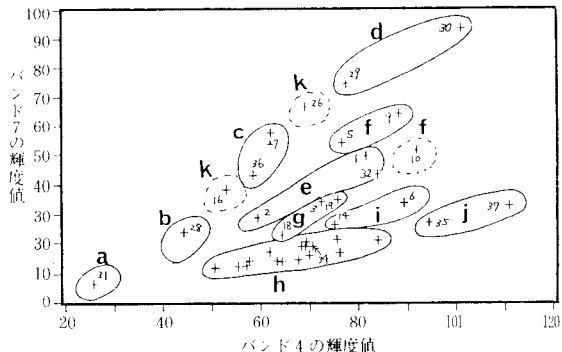


図4 標準地のバンド4とバンド7の平均輝度値の二次元図

表3 1987 / 5 / 8 筒賀村, 林相区分標準地輝度値の平均値と標準偏差

No.	状況	標準地No.	画素数	BAND1		BAND2		BAND3		BAND4		BAND5		BAND7	
				SD	平均	SD	平均	SD	平均	SD	平均	SD	平均	SD	
1	ひのき	26	45	104.1	2.32	43.1	1.29	49.0	2.44	69.2	3.55	134.3	9.14	66.8	5.66
2	ひのき	10	23	99.5	3.65	43.7	2.41	42.6	4.30	91.8	5.25	120.0	6.62	51.2	4.22
3	ひのき	16	28	96.0	1.52	38.2	1.37	37.9	1.96	53.1	2.54	77.9	6.01	38.4	3.54
4	ひのき	9	14	109.6	7.49	51.0	6.46	57.1	9.33	88.4	3.44	133.2	7.89	64.6	8.85
5	ひのき	3	26	92.2	1.66	37.2	1.45	34.8	1.76	72.5	6.56	83.4	9.91	34.5	4.35
6	ひのき	19	25	95.1	2.70	39.3	1.22	38.1	1.86	75.8	4.72	87.1	8.14	35.0	3.89
7	ひのき	18	25	91.7	1.18	35.6	1.26	32.2	1.35	64.3	4.68	59.6	7.12	22.5	3.01
8	ひのき	13	33	87.1	1.73	32.8	1.17	27.9	1.24	57.6	3.51	39.7	5.49	14.0	2.32
9	ひのき	7	23	86.7	1.33	32.8	0.59	28.3	0.90	68.3	2.79	52.7	2.48	18.8	1.56
10	すき	5	33	96.9	3.42	40.6	2.24	39.8	3.79	76.7	7.32	114.8	13.26	53.7	9.11
11	すき	25	32	90.4	2.60	36.0	2.59	30.4	3.23	83.9	10.96	62.3	12.88	20.8	5.08
12	すき	8	43	85.8	1.60	32.2	0.99	26.8	1.02	63.3	4.57	43.0	4.04	14.1	1.45
13	すき	24	37	84.9	1.08	31.4	0.75	26.5	0.64	57.0	3.19	36.3	3.41	12.7	1.06
14	すき	4	42	87.0	1.30	33.7	1.22	28.4	1.02	70.0	5.42	47.4	4.78	15.7	2.01
15	すき	23	29	86.4	1.19	32.0	0.96	26.9	0.66	64.4	6.13	40.9	4.95	13.6	1.75
16	すき	22	40	85.5	1.14	30.9	0.57	26.0	0.74	55.5	2.82	35.7	3.17	12.1	1.30
17	すき	12	37	87.9	1.15	34.0	1.15	28.9	1.31	76.3	6.15	51.2	3.70	16.5	1.62
18	すき	11	34	86.7	1.18	33.2	0.80	27.5	0.65	67.7	2.98	44.5	2.65	14.4	1.14
19	すき	21	40	84.4	1.20	30.8	0.84	26.1	0.80	50.7	2.43	33.1	3.52	11.7	1.75
20	ま	20	40	89.7	1.87	34.7	1.35	30.2	1.49	69.4	5.44	56.6	7.56	20.4	3.14
21	ま	15	49	90.3	1.29	35.9	1.04	30.7	1.00	75.7	4.49	61.1	5.76	21.0	2.48
22	ま	33	29	89.6	1.00	33.7	0.74	29.2	0.86	61.7	3.37	48.0	2.63	17.0	1.59
23	ま	17	20	89.5	1.28	34.8	1.47	28.9	1.19	69.2	8.16	55.1	6.97	18.9	2.03
24	広葉樹	32	23	94.1	0.97	39.7	0.96	38.5	1.28	83.9	5.07	104.5	5.90	43.1	2.60
25	広葉樹	14	25	90.0	1.27	37.5	1.13	31.8	1.13	75.3	9.07	73.2	10.74	26.2	3.75
26	広葉樹	37	43	93.4	1.22	43.0	1.01	35.3	1.15	110.9	5.32	96.4	3.96	33.0	1.76
27	広葉樹	34	19	92.6	1.13	37.0	1.08	30.4	0.98	70.7	8.50	52.7	7.76	18.8	2.06
28	広葉樹	35	29	95.3	1.88	40.9	1.52	33.4	1.10	94.4	7.49	77.0	10.02	27.0	3.48
29	広葉樹	2	25	90.6	1.30	35.1	0.63	34.3	1.04	59.5	3.18	66.8	5.77	28.6	2.59
30	広葉樹	1	45	94.9	1.39	40.0	0.65	41.0	1.13	81.6	1.95	112.8	3.80	48.0	1.91
31	針広混交林	6	38	92.2	1.63	39.7	1.45	35.1	1.96	89.3	5.43	89.3	11.06	33.9	4.90
32	住宅地	27	22	114.1	4.04	48.1	2.58	51.7	4.07	61.9	7.58	94.9	13.67	57.4	8.15
33	水田	28	13	103.0	3.44	41.0	1.96	42.1	3.12	44.3	5.01	41.5	11.40	23.5	7.48
34	裸地	29	19	116.7	6.92	52.0	4.47	56.8	7.09	77.7	6.89	127.3	15.92	74.6	13.33
34	裸地	30	12	132.3	12.34	67.2	10.42	79.1	15.58	101.2	7.61	176.5	23.03	93.5	15.23
36	裸地域	31	64	92.1	3.33	33.6	2.27	28.5	3.78	25.8	4.90	16.1	8.70	6.8	3.28
37	高速道路	36	38	111.1	3.83	46.4	2.06	47.5	2.92	58.4	4.92	77.0	6.52	42.7	4.45

表5 バンド3-4, 4-7, 5-4の各二次元図上で区分が可能な分類項目および該当する標準地の番号

記号	B4/B3	B4/B5	B7/B4	分類項目	該当標準地
a	*	*	*	水域	31
b	*	*	*	水田	28
c	*	*	*	住宅、道路	27, 36
d	*	*	*	裸地	29, 30
e	-	-	*	新芽の展葉がまだの落葉広葉樹林	1, 2, 32
f	-	*	*	幼齢期のひのき、すぎ植林地	5, 9, 10
g	-	*	*	若齢ひのき林	3, 18, 19
h	*	*	*	針葉樹林	
				h-1 若齢すぎ林	8, 24, 25
				h-2 壮齢すぎ林	4, 11, 12, 21, 22, 23
				h-3 壮齢ひのき林	7, 13
				h-4 まつ林	15, 17, 20, 33
i	*	*	*	針葉樹と落葉広葉樹との混合林	6, 14
j	*	*	*	新芽の展葉があざやかな広葉樹林	34, 35, 37
k	*	-	-	伐採地	16, 26

ついでに整理にあたっては、反射輝度値に及ぼす斜面の方向と傾斜角度の影響が、二次元分布上で原点を中心とする放射線方向に出現するとの考え方で作業を進めた。

バンド3-4の組合せの図2では、水域(a)、水田(b)、住宅・道路(c)、裸地(d)、針葉樹林(h)、針葉樹と新芽の展葉が始まっていない落葉広葉樹との混交林(i)、新芽の展葉が鮮やかな広葉樹林(j)、及び伐採地(k)などが明瞭に区分された。しかし、新芽の展葉がまだの落葉広葉樹(e)、幼齢期のひのき、すぎ植林地(f)、若齢のひのき林(g)などは分布域が大きく重複しており、バンド3とバンド4のデータだけでは区分が困難と考えられる。

同様に、バンド4-5の二次元図上(図3)から、幼齢期のひのき、すぎ植林地(f)、若齢ひのき林(g)が、さらにバンド4-7の関係(図4)からは新芽の展葉が始まっていない落葉広葉樹(e)が区分された。ただし針葉樹林に含まれた若齢すぎ林(h-1)、壮齢すぎ林(h-2)、壮齢ひのき林(h-3)、まつ林(h-4)については各図上での分布域の違いは目視判定では困難であった。

最終的に、これらの図を参考にして、あらかじめ19区分に設定されていた37地点の標準地を表5に示す(a)～(k)の11区分に整理することにした。筒賀村領域についての分類項目整理後の土地利用及び林況区分図は写真3のとおりである。また、整理前の区分ごとの算出面

積は表6のとおりであった。ただし、算出面積は次の式(1)によって求めた値である。

$$S_i = P_i \times 0.285 \times 0.285 \dots \dots \dots (1)$$

ただし、 $S_i$ は、項目*i*に属する面積(ha)

$P_i$ は、項目*i*に属する画素数

#### 4.3 分類結果の集計と評価

つづいて、分類結果の面積的な適合性を判定するため分類項目ごとに、分類項目整理後の面積集計結果と行政資料から集計した面積とを比較した。

ただし、行政資料によれば筒賀村の土地面積は5,418haであるのに対して(表7)、分類作業から求められた筒賀村領域の総面積は、表6に示すとおり5,464haと算出され、若干の誤差が生じたため、ここでは、各算出面積に補正係数として0.9916(5418/5464=0.9916)を乗じて推定面積とした(表8)。

図5は、各種推定面積を縦軸に、広島県行政資料(昭和63年3月31日現在)を横軸にし比較したものである。いずれの推定面積についても、おおむね10%以内の誤差で推定が行われ、特に、筒賀村の70%以上を占める針葉樹林については誤差率が3%で、判別精度が高かった。しかし、針葉樹林をさらに区分すると、まつ林については行政資料の601haに対して、推定面積が1,163haで、



表6 分類後の区分ごとの画素数と算出面積

区 分	No.	画素数	記 号	算出面積 (Ha)
水 域	31	32	a	2.6
水 田	28	498	b	40.5
高 速 道 路	36	2293	c	186.2
住 宅 地	27	1005	c	81.0
裸 地	30	336	d	27.3
裸 地	29	706	d	57.3
広 葉 樹	1	233	e	18.9
広 葉 樹	32	660	e	53.6
広 葉 樹	2	818	e	66.4
ひ の き	10	684	f-1	55.6
す ぎ	5	1276	f-2	103.6
ひ の き	9	179	f-1	14.5
ひ の き	19	1276	g	103.6
ひ の き	18	2735	g	222.2
ひ の き	3	1051	g	85.4
す ぎ	25	3724	h-1	302.5
す ぎ	24	1456	h-1	118.3
す ぎ	8	2521	h-1	204.8
す ぎ	12	1971	h-2	160.1
す ぎ	11	1757	h-2	142.7
す ぎ	23	1209	h-2	98.2
す ぎ	22	1290	h-2	104.8
す ぎ	4	2004	h-2	162.8
す ぎ	21	4527	h-2	367.7
ひ の き	13	4040	h-3	328.1
ひ の き	7	2460	h-3	199.8
ま ま つ	17	4637	h-4	376.6
ま ま つ	20	2241	h-4	182.0
ま ま つ	33	3812	h-4	309.6
ま ま つ	15	3749	h-4	304.5
広 葉 樹	14	2956	i	240.1
針 葉 混 交 林	6	1840	i	149.5
広 葉 樹	37	741	j	60.2
広 葉 樹	34	3350	j	272.1
広 葉 樹	35	2597	j	210.9
ひ の き	26	154	k	12.5
ひ の き	16	452	k	36.7
総 数		67270		5464.0

562ha多めに見積もる結果となった。これは図2～図4からも判断されるとおり、針葉樹林どうしの反射輝度値の分布がよく似ていたために、最尤法分類では、これらの区分が困難であったためと考えられる。

表7 筒賀村の種別土地面積 (1988年3月現在)

種 別	分類項目	内訳(注1)		
		民有林	国有林	
森 林	す ぎ 林	1986	1957	29
	ひ の き 林	1100	1078	22
	ま つ 林	602	601	1
	他の針葉樹	99	95	4
	広 葉 樹 林	997	991	6
	竹 林	1	1	0
	無 立 木 地	105	105	0
	更 新 困 難 地	47	47	0
	そ の 他	4	0	4
	小 計	4941	4875	66
耕 地	田	76	76	0
	畑	16	16	0
	樹 園 地	8	8	0
そ の 他		377	377	0
土地総面積		5418	5352	66

注1) 民有林については行政資料を、国有林については農林業センサス(1980)を参照した。

表8 筒賀村領域の土地利用形態及び森林状況別推定面積,集計結果,推定誤差率

記号	分類項目	推定面積 (Ha)	項 目	集計面積 (Ha)	推定誤差率 (%)
a	水 域	2.6	その 他 (a, b, c, d)	392.3	- 4.1
b	水 田	40.2			
c	住 宅 地	265.6			
d	裸 地	83.9			
e	新芽の展葉がまだの落葉広葉樹林	137.8	広葉樹林 (e, i, j)	1062.7	- 6.6
f-1	幼齡期のひのき林(植林地)	69.5			
f-2	幼齡期のすぎ林(植林地)	102.7	す ぎ 林 (h-1, h-2, f-2)	1750.6	11.9
g	若齡ひのき林	407.7			
h-1	若齡すぎ林	620.2	ひ の き 林 (g, h-3, f-1)	1000.8	9.0
h-2	壯齡すぎ林	1027.6			
h-3	壯齡ひのき林	523.6	ま つ 林 (h-4)	1162.9	-93.2
h-4	ま つ 林	1162.9			
i	針葉樹と落葉広葉樹との混交林	386.3	針葉樹林 (すぎ+ひのき+まつ)	3914.3	- 3.4
j	新芽の展葉が鮮やかな落葉広葉樹林	538.6			
k	伐採地	48.8	森 林 総 計 (e-k)	5025.8	- 1.7
	土地総面積	5418.2	土地総面積	5418.2	0

ただし、推定誤差率(%) = [(行政資料による面積) - (補正後の推定面積)] / (行政面積) × 100とする。

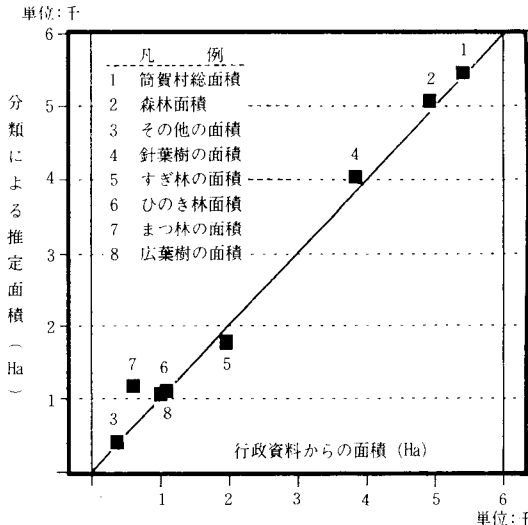


図5 分類結果による各種推定面積と行政資料との比較

#### 4.4 簡賀川流域の土地利用形態及び林況別の推定面積

簡賀村領域における分類集計結果は、行政資料に対して、満足のできる適合性が得られたので、つぎに簡賀川流域に限って、土地利用形態及び森林状況別の推定面積を集計した。集計の結果は表9のとおりである。

簡賀村領域や簡賀川流域のような任意の領域について、集計を変更あるいは繰り返す作業が極めて簡易に行えることは、PC-ERDASシステムの特徴の一つである。

#### 4.5 新たな流域評価指標(植生活力度)の利用

ところで、山地小流域からの水の流出過程は、気象、森林植生、森林土壌、地質、地形など多くの因子によって影響されるが、なかでも、植生因子は重要な因子の一つである。また、林地の貯水機能は土壌中に占める孔隙量と極めて強い関係があり、特に表層土壌中の孔隙の形成は樹木からの落葉落枝の供給とその分解作用、あるいは林床植生や堆積腐植層による表層土壌の保護作用によって促進されといわれている。

このような植生の生育状況に関する指標について従来は、樹種、林齢、疎密度、成長量などが利用されてきたが、調査及び解析作業量が膨大となるため、広域を対象とした経年及び季節的変化を把握するまでには至っていない。この点については、定期的に広域の情報が得られる衛星リモートセンシングデータの最も得意とする分野であり、ようやくいくつかの試みも見られるようになった。

さて、健全状態の樹木は、紅葉や枯れが進行するにつれて葉の緑色が黄、赤、褐色に変化したのち落葉する。

表9 簡賀川流域の土地利用形態および森林状況別推定面積の集計結果

記号	分類項目	推定面積(Ha)
a	水域	0.2
b	水田	28.6
c	住宅、道路	240.0
d	裸地	64.3
e	新芽の展葉がまだの落葉広葉樹林	164.5
f	幼齢期のひのき、すぎ植林地	156.2
g	若齢ひのき林	512.4
h	針葉樹林	2859.5
h-1	若齢すぎ林	(502.6)
h-2	壮齢すぎ林	(869.1)
h-3	壮齢ひのき林	(463.5)
h-4	まつ林	(1024.3)
i	針葉樹と落葉広葉樹との混交林	398.9
j	新芽の展葉があざやかな落葉広葉樹林	422.8
k	伐採地	47.1
簡賀川流域総面積		4894.5
森林面積(e, f, g, h, i, j, k)		4561.4
その他の面積		333.1
針葉樹の面積(f, g, h)		3528.2
すぎ林の面積(f, h-1, h-2)		1471.5
ひのき林面積(f, g, h-3)		1032.3
まつ林の面積(h-4)		1024.3
(f'はNo.5を, f''はNo.9,10を示す)		
広葉樹の面積(e, i, j)		986.2
伐採地(k)		47.1

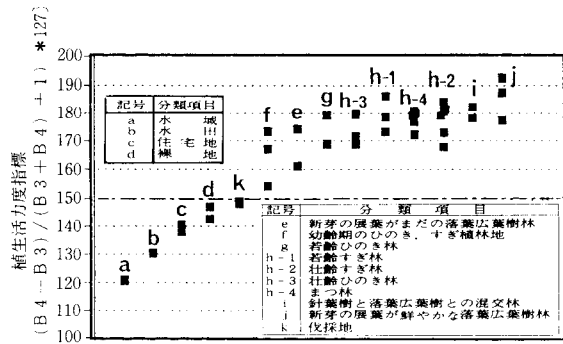


図6 分類項目別の植生活力度指標の比較

この過程を分光反射特性からみると、可視光の赤色の部分(TM-3バンド)では反射率の上昇によってとらえることができる。さらに、樹木活性が増し、葉色が淡緑から濃緑色へと変化するにつれて、近赤外部分(TM-4バンド)の反射が上昇する。そこで、ここでは、樹木の活力度をバンド3とバンド4を用いて次式(2)で定義し、さらに図6で分類項目別に比較した。

$$VI = ((B4 - B3) / (B4 + B3 + 1)) \times 127 \dots (2)$$

ただし、VIは植生の活力度指標

B3, B4は3.4バンドの輝度値

その結果、植生の活力度指標は水域(a)が最も小さく以降、水田(b) < 住宅地・道路(c) < 裸地(d) < 伐採地(k) < 幼齢期のひのき、すぎ植林地(f) ≤ 新芽の展葉がまだの落葉広葉樹林(e) ≤ 若齢ひのき林(g) ≤ 壮齢ひのき林(h-3) ≤ 若齢すぎ林(h-1) ≤ まつ林(h-4) ≤ 壮齢すぎ林(h-2) ≤ 針葉樹と落葉広葉樹との混交林(i) ≤ 新芽の展葉が鮮やかな落葉広葉樹林(j)の順に大きくなる。特に、指標値の150を境にして植生項目と非植生項目とが明瞭に区分された。さらに、植生項目については「樹種区分」とは異なる「樹木の活力度区分」のような新たな指標によって区分できることがわかった。写真4は、筒賀川流域について作成した植生の活力度指標区分図である。

なお、解析の手順及び使用したプログラム上でのコマンド名とその機能については図7のとおりである。

## 5. おわりに

衛星リモートセンシングデータと地理情報を同時に利用すれば、土地利用形態や森林の状況を行政域や流域単位で把握でき、しかもその特徴を数量的に表現することが可能である。さらに、植生の活力度指標などを導入することで、流域を単位とした河川流量、水質などに及ぼす森林の影響を定量的に解析するための新たな指標を得ることも可能である。

今回は、針葉樹林と落葉広葉樹林との判別は良い精度で行われたが、針葉樹中の樹種区分については、まつ林とすぎ林の区分が一部困難であった。樹木の成長活動は季節によって大きく変化するため、できるだけ異なる季節のデータを複数使用することで、樹種区分の適合度を高めることができると考えられる。また、山岳地域を解析する際には、斜面の傾斜角度と方位の違いが反射輝度値に及ぼす影響が問題となるが、異なる二つのバンド間の比演算値の利用や標高データによる輝度値の補正についても今後検討する必要がある。

今後は、この解析技術をさらに発展させ、森林の「緑のダム」機能を始めとするその他の機能の適正な算定手法や、林地開発が、森林の諸機能に及ぼす影響評価手法さらには流域森林の適正配置、造成・管理技術について解明してゆくことを考えている。

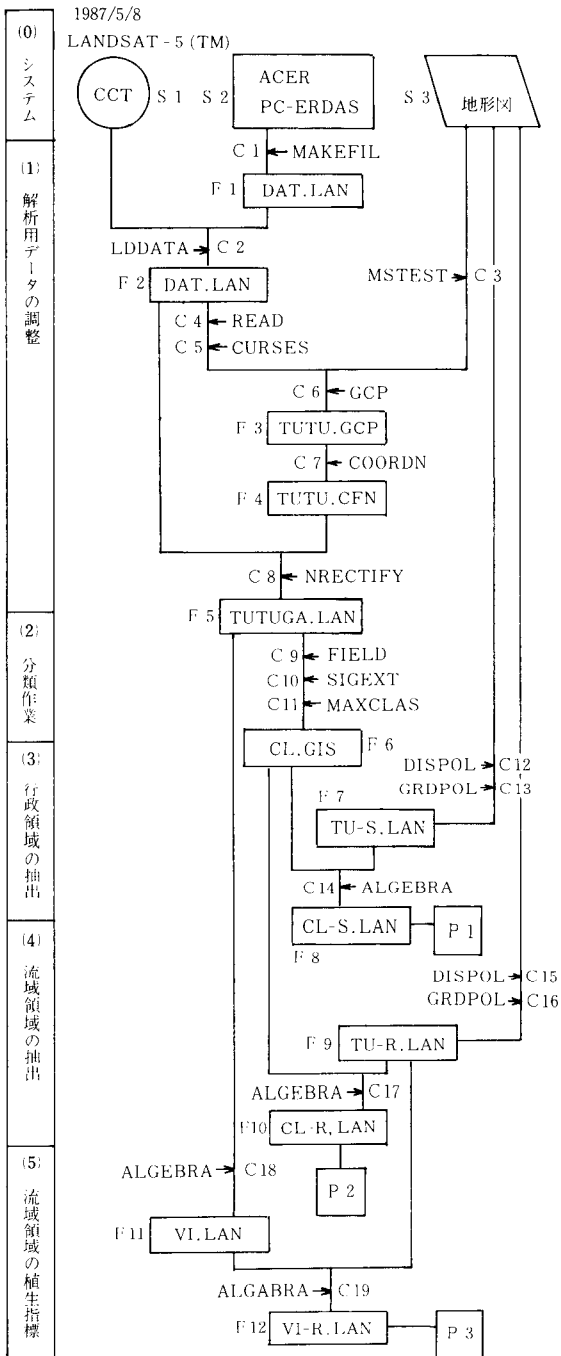
最後になったが、筒賀村林務課長の大江義明氏をはじめ筒賀村役場の職員の方々には、資料収集に際してたいへんお世話になった。ここに記して謝意を表する。

なお、この研究の一部は1990、1991年度の文部省科学研究費補助金(総合研究A：課題番号 0230286)の援助に

よるものである。

## 6. 参考文献

- 1) 林野庁：平成2年度林業白書——林業の動向に関する年次報告——, 29~33, 日本林業協会, 東京, 1991
- 2) 東 敏生・寺田公治：衛星リモートセンシングデータ利用による森林被害実態の把握——二期時のランドサットTMデータを用いた松枯れ被害拡大地域の抽出——, 広島県林試研報25, 101~128, 1991
- 3) 寺田公治・東 敏生：リモートセンシング技術の林業への利用——広島県におけるランドサットデータ解析の現状と方向——, 広島県林試研報24, 115~126, 1990
- 4) 有光一登：森林土壌の保水のしくみ, 創文, 東京, 199pp, 1987
- 5) 林野庁：太田川水系森林整備計画調査報告書, 222 pp, 1976
- 6) 青木定敬・西川 肇・村井 宏：衛星リモートセンシングデータによる林地保全機能の判読と降雨流出解析への応用, 日本リモートセンシング学会誌, Vol.10 No.4, 55~67, 1990
- 7) 三浦 晃・西川 肇・青木定敬：森林の分光反射特性と林地土壌の物理的性質との関連について, 日本リモートセンシング学会第11回学術講演会論文集, 109~110, 1991
- 8) 栗屋善雄・中北 理・カーリィ・アズィズ・ハイム：ランドサットTMデータを利用した森林区分——マレー半島の熱帯降雨林の事例——, 日本リモートセンシング学会誌, Vol.10, No.3, 101~107, 1990
- 9) 妹尾俊夫：森林データの特性——輝度補正——, 日本リモートセンシング学会誌, Vol.10, No.3, 42~46, 1990



(0) システム

- S 1 : 1987/5/8 の LANDSAT-5-TM データ, 磁気テープ (1600BPI)
- S 2 : 32bit パソコンと解析用プログラムの PC-ERDAS
- S 3 : デジタイザーと地形図

(1) 解析用データの調整

- C 1 : ハードディスク内にデータ格納領域を確保する。
- F 1 : あらかじめ確保されたデータファイル名
- C 2 : 磁気テープからデータ F 1 に転送する。
- F 2 : 1500ピクセル×1000ライン×7バンド分のデータファイル
- C 3 : 座標基準点の候補地点の地理的位置を読み取る。
- C 4 : 座標基準点の候補地点付近の合成画像を作成する。
- C 5 : 座標基準点の候補地点のファイル上での座標を読む。
- C 6 : 座標基準点の候補地点の位置データを記録する。
- F 3 : 座標基準点の候補地点の位置データファイル
- C 7 : F 3 の位置データファイルを用いて、1 次のアフィン変換を実施し、誤差が 2 画素以内に納まるように候補地点を選択する。
- F 4 : アフィン変換係数を納めたファイル
- C 8 : アフィン変換を用いて対象領域にデータを再配列する。
- F 5 : 再配列後のデータファイルで、590ピクセル×360ライン×7バンド分のデータを持つ。画素サイズは 28.5m × 28.5m。

(2) 分類作業

- C 9 : 最尤法分類のための標準地を設定する。
- C 10 : 標準地の各バンドデータの平均値と標準偏差の算出
- C 11 : 最尤法分類の実行
- F 6 : 分類結果

(3) 行政領域の抽出

- C 12 : 1/50,000 地形図上から簡賀村の境界線データを読み取る。
- C 13 : 境界線のベクターデータをラスターデータに変換する。
- F 7 : 村の領域内が [1], 領域外が [0] の値を持つデータファイル
- C 14 : 分類結果の F 6 と F 7 を画素ごとに掛算する。
- F 8 : 簡賀村領域の分類結果ファイル
- P 1 : 分類結果に着色し、プリンターに出力する。

(4) 流域領域の抽出

- C 15 : 1/50,000 地形図上から簡賀川流域の境界線を読み取る。
- C 16 : 境界線のベクターデータをラスターデータに変換する。
- F 9 : 流域内 [1], 流域外 [0] の値を持つデータファイル
- C 17 : 分類結果の F 6 と F 9 を画素ごとに掛算する。
- F 10 : 簡賀川流域の分類結果
- P 2 : 分類結果に着色し、プリンターに出力する。

(5) 流域領域の植生指標

- C 18 : F 5 のバンド 3 及び 4 を用い、植生の活力度指標を求める。
- F 11 : 植生の活力度指標の結果ファイル
- C 19 : F 9 と F 11 とを画素ごとに掛算する。
- F 12 : 簡賀川流域の植生活力度指標ファイルを作成する。
- P 3 : 分類結果に着色し、プリンターに出力する。

図 7 解析に使用したプログラムのコマンド名と作成されたファイル名及び作業内容

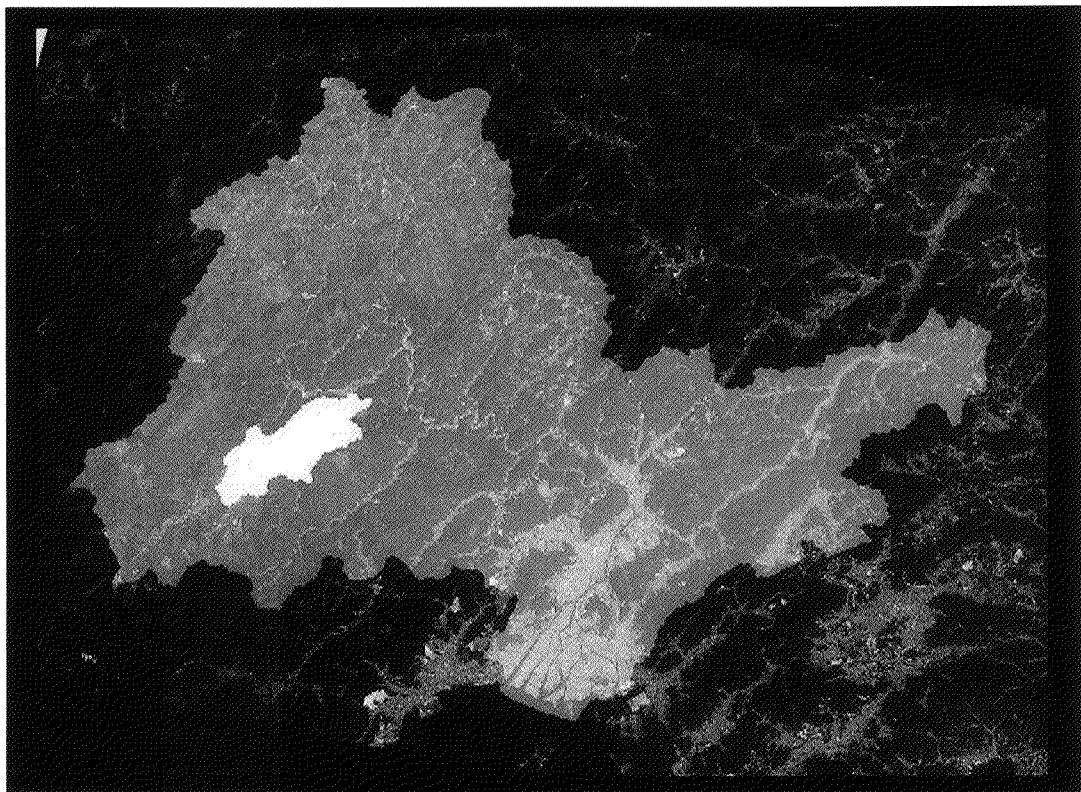


写真1 太田川流域と筒賀川流域

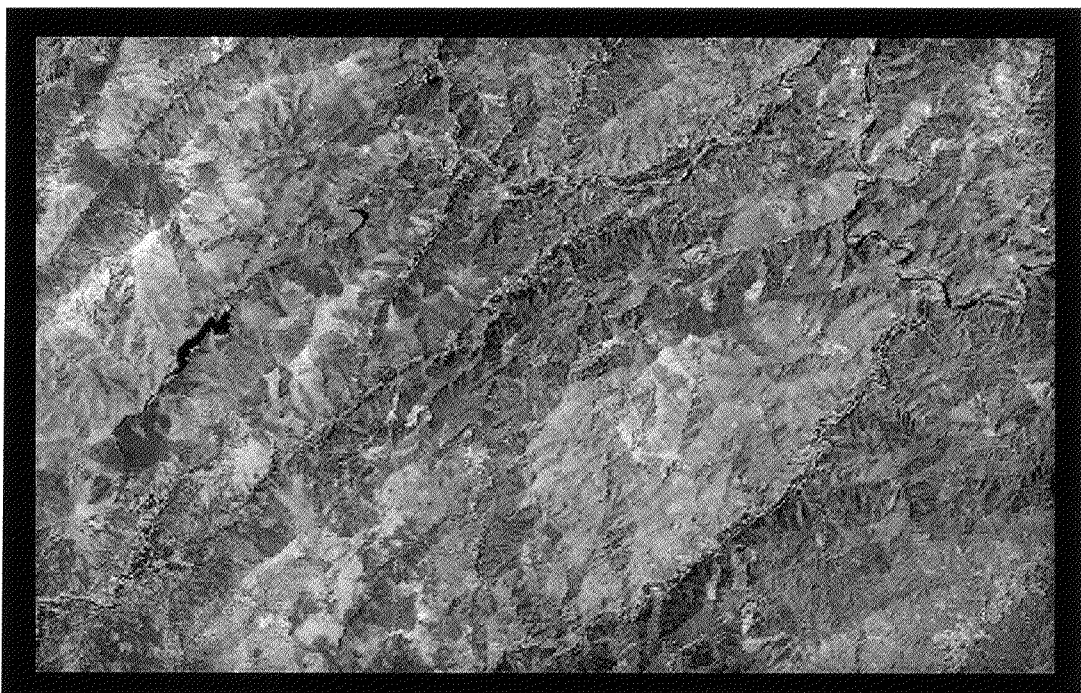


写真2 解析対象地域の合成画像

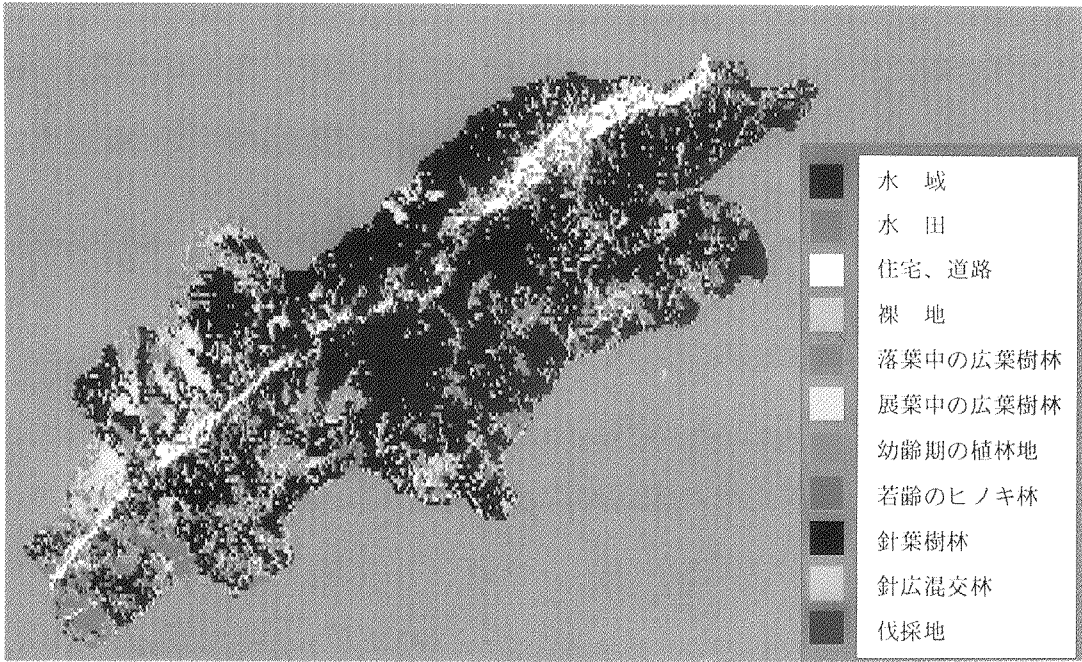


写真3 筒賀川流域の土地利用及び林況区分

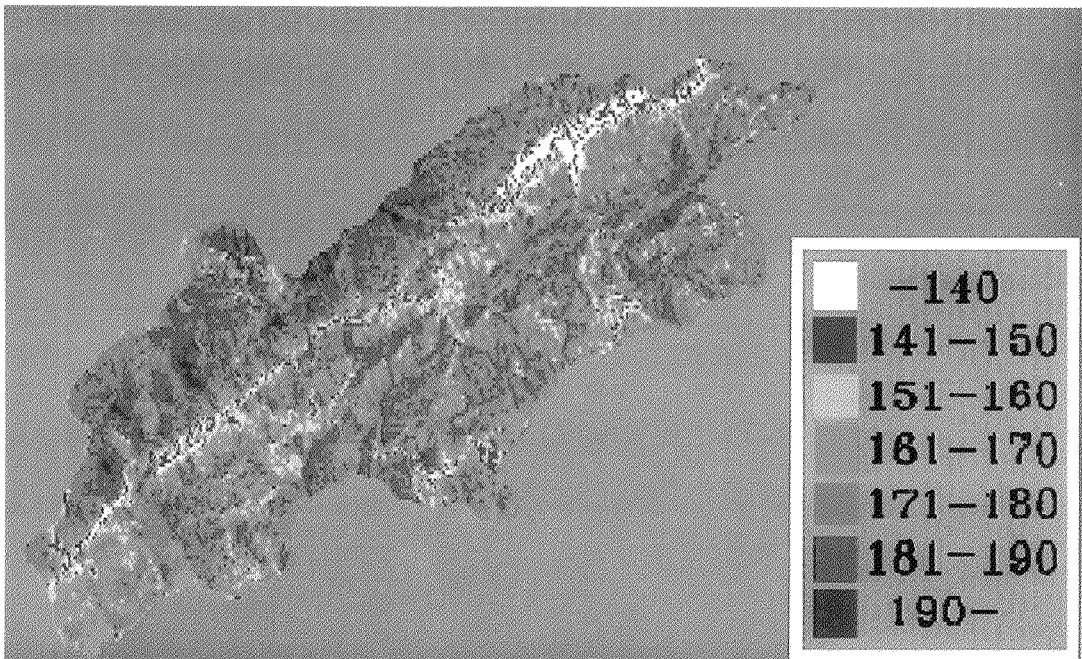


写真4 筒賀川流域の植生活力度指標区分

