

マルチスペクトルスキャナを用いた人口急増地域の 土地被覆分類

Land Cover Classification in Increasingly Populated District by
Using Multi-spectral Scanner

村井俊治*・奥田勉*
Shunji MURAI and Tsutomu OKUDA

1. 人口急増地域における防災の課題とリモートセンシングの役割

ここでのべる人口急増地域とは、大都市圏内の旧市街地周辺に見られる開発地域をいい、俗にスプロール地域とよばれている。このような地域は、都市としての諸整備が不完全のままに居住人口が増加しているため、防災上の課題が数多く残されている。人口急増地域は、表1に示されるように大きく、農業地帯スプロール域、山林宅地造成地帯、その他地域（旧防災林・旧遊水地帯等）の三つに分類され、それぞれ表1に示されるような防災の課題を有している。

このような防災の課題を解決するために防災計画を策定するためには、まず第1に、対象地域の土地利用現況

と土地条件を正確に把握することが大切である。しかし、5,000分の1ないし10,000分の1の縮尺の土地利用図や土地条件図の整備は一般にきわめて遅れており、人口急増地域においては、地図の修正や更新はその変化に追いついていないのが現状である。また従来の地図作成方法では、このような地図の整備には多数の熟練技術者と時間を要するため迅速な整備に限界がある。

これに対して、リモートセンシングの技術は、以下にのべるように、在来手法の欠点を補う特徴と可能性を有している。

- (1) 定量的、数値的な扱いを機械的に行えるので、迅速な処理が可能である。
- (2) 使用する電磁波の帯域によっては、従来得られなかった新しい情報が得られる。

表1 人口急増地域と防災課題
(人口急増地域防災市街地計画調査：国土地理院より)

	性 格	防 災 課 題
農業地帯スプロール域	この地域はかつて平坦な水田地帯でその中に農林集落が散在していた地帯に都市化が進行したスプロール地帯を指す。この地帯には各種の宅地造成、工場建設等が無計画的に建設され、現在では旧農村集落と新設宅地や工場群が無秩序に乱立している。そして地価が高くなるに従い、宅地造成や工場建設がやや減少し、かなりの農地が残存したままとなっている。そのためこのような地域は都市的土地利用、農業的土地利用いずれの側面からみても、好ましくない状況にある。特に道路・水路の整備が、無計画的に発達した地域であるため不備であり、消防・公害上各種の問題を内含している地帯である。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 道路網が体系的でないため消防活動が不備である。 2. 平坦地であり、無秩序な都市化が進んでいるため、水路網が不備で局所的洪水に見舞われやすい。 3. 下水道が不完全で、公害発生の危険性に富む。 4. 計画的都市計画が進んでいないため、万一洪水に見舞われた場合避難場所に欠ける。 5. 周辺丘陵地帯が近い場合には、旧農業用ため池が決壊して洪水となる危険性に富む。 6. 低湿地であるところも多く、生活環境上好ましくないところが多い。
山林宅地造成地帯	この地域は旧丘陵地帯の山林、以前の俗称里山と言われていた地帯等の都市近郊にみられる山地の宅地等造成地帯をいう。ニュータウンの造成等も行われ、旧来の状況が一変してしまった地域である。この地帯は、新設であるため道路等の整備が、一応行われている場合でも、周辺部等で、ガケ崩等の多くの危険性を持つ地帯である。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 宅地造成地帯と山林との境界部の保護が一般に不備で、山崩れに見舞われる可能性が高い。 2. 道路施工が不十分なときは、山崩れで、道路災害を生む。 3. 上記1.2.の災害は、土砂流出を生み、下流部の水路を埋め、市街地に洪水を生む。
その他(防災林・旧遊水地帯等)	その他の地域で、主として大河川沿いの旧洪水防災用林や、大河川の遊水池となっていたところ等を指す。これらの地帯が埋立て等により開発されたため、洪水の被害の危険性があるだけでなく、日常的に湿気をおび、生活環境としても、好ましくない地帯である。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 旧防災用林の跡地は、洪水に見舞われやすい。 2. 旧池の跡地はいずれも1.の点のみでなく、上記「農業地帯スプロール域」と同種の災害を生みやすい。

* 東京大学生産技術研究所 第5部

- (3) リモートセンシングデータは地表から反射または放射される電磁エネルギーを収集したものであるから、土地の物理的性質を示す土地被覆 (Land Cover) に対応している。土地の機能的な役割を示す土地利用 (Land Use) は直接わからないので、土地被覆の情報を得るのに適している。

2. テスト地域と使用データ

本研究では、人口急増地域の防災計画に役立てるために、土地被覆図の自動作成に関する研究を以下にのべるテスト地域において以下のデータを利用した。

2.1 テスト地域

テスト地域として、つぎの二つの地域を選んだ。

- (1) 越谷：農業地帯スプロール域
- (2) 多摩丘陵：山林宅地造成地帯

2.2 使用データ

使用したデータは、米国ベンディックス社製航空機搭載用マルチスペクトルスキャナM²Sにより収集したデジタルデータであり、以下のような仕様を有する。

チャンネル数：11 (可視部7チャンネル, 近赤外部3チャンネル, 熱赤外1チャンネル)

瞬間視野角：2.5 ミリラジアン

画像データ：8ビット (256レベル)

記録方式：高密度デジタルテープ (HDDT)

二つのテスト地域に対して、それぞれ異なる日時および飛行高度でデータ収集が行われた。

- (1) 越谷：昭和51年1月9日 高度1,500 m
- (2) 多摩丘陵：昭和50年5月22日 高度2,000 m

紙面の都合で、以下には多摩丘陵のテスト地域を中心にして議論を進める。

3. 土地被覆の自動分類の方法

3.1 自動分類の流れ

多次元のマルチスペクトルスキャナデータ (以下MSSデータとよぶことにする) から土地被覆とコンピュータにより自動分類するには、つぎに示す段階に応じて行えばよい。

- (1) データの再編集：オリジナルの磁気テープに記録されているデータを、その後の作業に便利のように再編集して作業用ファイルを作成する。
- (2) 統計処理：対象地域のMSSデータが、どのような特徴を有しており、どのような値のばらつきを有しているかなどを統計分析する。
- (3) サンプルング地区選定：グラントルスデータとして採用する地区に対応する画像データを抽出し、対象物と画像データとの対応関係を確認する。
- (4) 土地被覆区分設立：最終的にどのような土地被覆区分に分類するかをきめることはきわめて重要である。

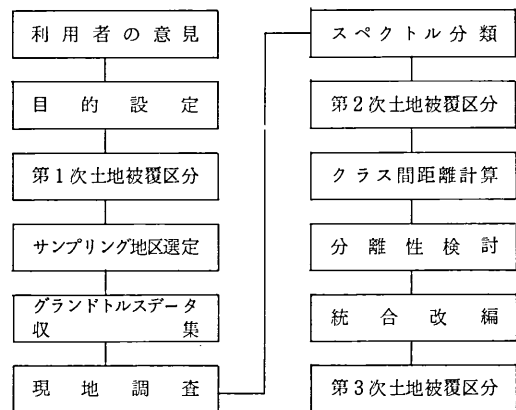


図1 土地被覆区分の設定

図1に示すように、最初に分類したいと思った第1次土地被覆区分が、スペクトル分類の上からは第2次土地被覆区分に細分され、さらに利用の上から最終的に統合改編されて第3次土地被覆区分が設定される。

- (5) 現地調査：現地調査を行い、設定した区分と画像データとの照合を行う。
- (6) グラントルスデータ収集：設定した区分ごとに適切な数だけの画像データを選び出す。
- (7) マルチスペクトル解析：分類すべき区分ごとの平均ベクトル、分散-共分散行列を求め、さらにクラス間の分離性などを検討する。
- (8) 自動分類のアルゴリズム確立：クラスごとのグラントルスデータを精査することにより適切な自動分類のためのアルゴリズムを確立する。本研究では、あとでのようにツリー型の自動分類のアルゴリズムを作成した。

(9) 自動分類：上記のアルゴリズムに従い、1点1点自動分類を行う。精度も同時に検討する。

(10) 土地被覆図作成：自動分類されたものに、色をあてはめ、土地被覆図に仕上げる。

3.2 マルチスペクトル解析

多摩丘陵地区に用いられたMSSデータの11チャンネルに対応する波長帯域毎に平均値、標準偏差、最小値、最大値、ヒストグラム等をまず最初に検討した。11チャンネルの相互間の相関係数行列Rは次頁のとおりであった。

多摩丘陵に用いられた土地被覆の最終的な区分はそれぞれ表2に示されているとおりである。また、典型的な土地被覆のスペクトル曲線を図2に示す。図2を見ると、いずれも、植物のスペクトル曲線は他の土地被覆とくらべて特徴があることがわかる。反面、植物以外の土地被覆については、季節により、クラス間に重複した共通の特徴がある。本研究では、クラス間のマハラノビスの距離を求め、分離性を検討した上で、クラスの統合改編を行い、分類しやすいようにした。

R =

1.0	0.991	0.968	0.927	0.918	0.911	0.892	0.373	-0.153	-0.111	0.194
	1.0	0.955	0.949	0.941	0.935	0.918	0.392	-0.143	-0.098	0.187
		1.0	0.886	0.973	0.962	0.951	0.479	-0.064	-0.022	0.129
			1.0	0.990	0.974	0.974	0.536	-0.015	-0.033	0.095
				1.0	0.994	0.994	0.473	-0.110	-0.072	0.163
					1.0	0.995	0.429	-0.163	-0.127	0.201
						1.0	0.452	-0.138	-0.100	0.195
							1.0	0.679	0.697	-0.360
								1.0	0.988	-0.570
									1.0	-0.569
										1.0

対 称 形

表2 第3次土地被覆区分(多摩丘陵地区)

コード	記号	区 分	含まれるもの
1		非 緑 物	
11	S	白色系 非緑物	コンクリート, スレート, トタン
12	G	灰色系 "	コンクリート, アスファルト, スレート, トタン
13	K	黒色系 "	影, 黒いトタン
14	B	青色系 "	青色, 緑色の屋根
15	R	赤色系 "	変更中の中, 田畑の土, 裸地, 枯草
2		水 域	
21	W ₁	水 深	川
22	W ₂	水 浅	川, 水路, プール
3		草 類	
31	V ₁	草類 緑が濃い	野菜畑
32	V ₂	草類 緑が中位	畑, 笹, 雑草地
33	V ₃	草類 緑が薄い	枯草交り
4		林 地	
41	F ₁	針 葉 樹	スギ, ヒノキ, 松
42	F ₂	広 葉 樹	落葉広葉樹, 常緑広葉樹

3.3 ツリー型の自動分類

リモートセンシングの分類には、最尤法 (Maximum Likelihood Method) が最も良く用いられるが、この方法には以下のような限界もある。

(1) グランドトルスデータが正規分布をしているときに対してつくられているので、正規分布をしていないようなデータには適用できない。

(2) グランドトルスデータの個数が少ないとき、またはグランドトルスデータが均質すぎたりすると、分散-共分散行列の逆行列が存在しなくなるときが生じるので、最尤法が用いられない。

(3) クラスごとに分散-共分散行列が大きく異なりすぎる場合には、尤度に対する解釈を機械的に行うことに無理が生じる。

そこで本研究では、最尤法の限界を改善するよう方法として、つぎのことが可能なツリー型の自動分類のアルゴリズムをつくった。

(1) 特殊な数値論理関係を利用する。たとえば、あるバンドの数値があるクラスに対してのみ特殊な論理関係をもつことがあれば、これを利用して分類を行う。

(2) 分類の優先順位をきめる。すなわち分離性の信頼性の高いクラスから先に分類を行う。

(3) 分離性の悪いクラスでは、AND 集合またはOR 集合をたくみに組み合わせる。

図3は多摩丘陵のテスト地区に対してつくられたツリー型の自動分類のアルゴリズムを示す。この図の中で、 d_i は、コード i のクラスへのマハラノビスの距離を示し、 C_i は、その許容値を示す。また X_k は、 k チャンネルの画像データを示す。

4. 土地被覆図の出力

土地被覆図を出力する場合には以下の事項を考慮するとよい。

(1) 土地被覆の区分のもつ意味を連想させるような色をわりあてる。

(2) おおのこの土地被覆の出現率を作成する。このとき単位面積には、既存のメッシュデータなどの斉合性

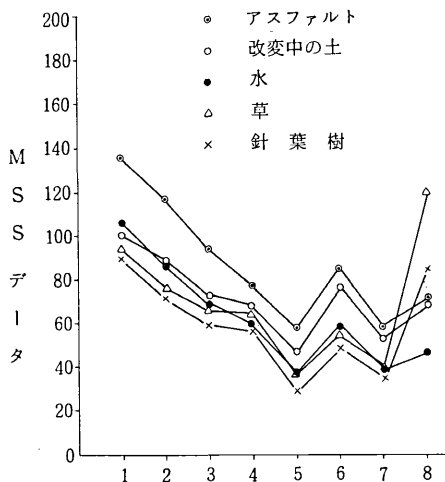


図2 典型的な土地被覆の分光特性

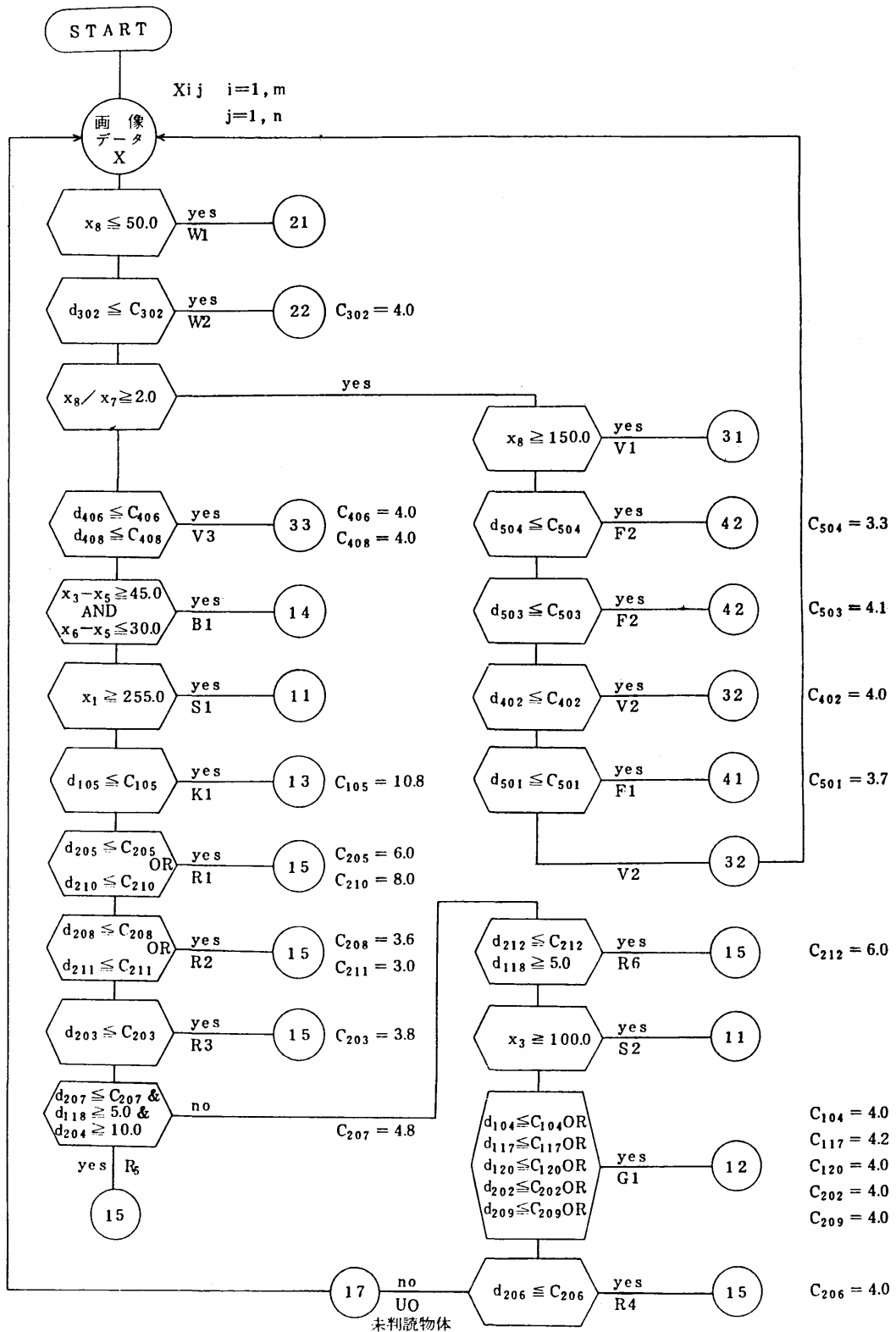


図3 多摩丘陵テスト地区における自動分類のアルゴリズム

を保つようにする。たとえば、1キロメッシュデータなどとあわせる。

(3) 地理的な位置関係がわかるようにする。たとえば画像を地図座標系に変換するか、または画像の中に地理的な位置を示すグリッドなどを挿入する。

(4) 出力された土地被覆図の分類区分がどの程度の信

頼性があるかを明らかにする。

図4(a),(b)は、多摩丘陵のうち、多摩動物園および百草団地付近の東西方向の2キロメッシュに対応する航空写真と、MSS データから自動分類して出力した土地被覆図(原画はカラー画像)である。

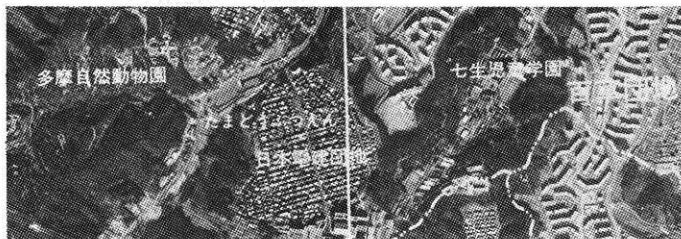
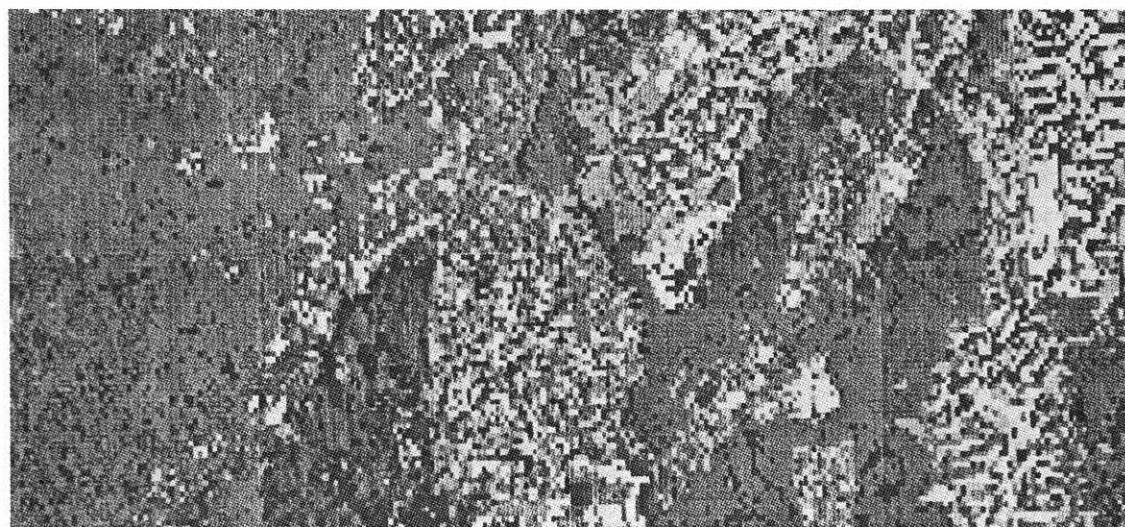


図4(a) テスト地区航空写真



記号	W1.W2	F1	F2	V1.V2	V3	B1	S1.S2	K1	G1	R1.R6	R2	R3.R4	R5	U0				
色																		
土地被覆	水・深	針葉樹	広葉樹	緑・濃	緑・中位	緑・薄い	青色系	白色系	白色系	黒色系	灰色系	改変中・土道	枯草混じり	水田・畑の土	裸地	芝・雑草混じり	赤土	未確認物体

図4(b) 土地被覆および土地利用図

5. 結論

(1) MSS データのスペクトル特性を有効に利用するためには、スペクトル特性を活用し得るような土地被覆区分の設定がきわめて大切であることがわかった。

(2) 土地被覆の中には、スペクトル的に分離性の良いものと、悪いものがある。今後リモートセンシングデータを利用するためには、目的に応じて分離性の良いものの判読を推進するとともに適切な季節を選ぶ必要がある。

(3) 一般に、水および植物の分離性はきわめて良い。

越谷のテスト地区のように冬季のMSS データでは、枯草や土または水田跡などの分離性が悪い。

(4) 団地や建物などは、点分類には向かない。また冬季の場合影の影響を強くうける。ただし、テクスチャ解析の概念を加えれば、構造物の分類精度は向上するであろう。

(5) 総合的に見て、MSS データから土地被覆の自動分類を行って、土地被覆図または土地被覆率を出力することは十分に実用化する可能性がある。

(1977年7月20日受理)