

論 説

リモートセンシングによる土地被覆分類
—ランドサット/TMによる神奈川県の場合—Land Cover Map by Remote Sensing :
In the case of Kanagawa area by LANDSAT/TM

新井田秀一

神奈川県立生命の星・地球博物館

Shuichi Niida

Kanagawa Prefectural Museum of Natural history, 499 Iryuda, Odawara, Kanagawa 250-0031, Japan

Abstract. As for this report, the Land Cover map using LANDSAT/TM is evaluated. A typical point of the land cover was made for the Land Cover map as a training area by using the data in November, 1995 by "Supervised classification method". The first evaluation of the classification result in Tanzawa Mountains was done by the comparison with the latest vegetation map. The point of the classification method used at this time which should be improved is abundant. However, it could be confirmed that excellent accuracy could be expected. Next, I examined the change observed in the data of November, 1984 about the entire Kanagawa Pref. As a result, this map showed the expansion of the town ground etc.

Key Word : remote sensing, Land Cover, LANDSAT/TM

I はじめに

リモートセンシング (remote sensing) とは、離れた場所から対象物を調べる技術のことである。リモートセンシングという術語は、1972年にランドサット1号(当時：アーツ1号)の打ち上げ以来、利用されるようになってきた。

地球観測衛星によって、全地球表面をくまなく、しかも細かな地表パターンを繰り返し観測できるようになった。多重スペクトルによる観測は、対象物について細かく分類することを可能にした。

この技術を用いれば、土地被覆図を作成することができる。土地被覆とは、森林、草地、コンクリートなど地表面を覆っている物理的な状態のことである。土地被覆図は従来から作成されてきた土地利用図や植生図に対し、土地の利用目的までは知り得ないという欠点を持つ。しかし、人工衛星からの観測データを用いれば、更新期間を圧倒的に短縮できるという長所がある。

神奈川県域の土地被覆図について、当館で所蔵しているランドサット5号のデータを使用して作成した。分類精度について、従来作成されている植生図などと比較検討したので、ここに報告する。

II 衛星画像を用いた土地被覆分類方法

1. 地球観測衛星ランドサット

本報告で使用したデータは、1984年3月1日に打ち上げられたアメリカ合衆国の地球観測衛星ランドサット5号に搭載されているセマティックマップパー (Thematic Mapper: TM と略す) というセンサが観測したものである。

ランドサットは、公称軌道高度705kmの極軌道を取り、約99分で地球を1周する。1日に14+9/16周まわり16日間で地球全体の観測を行う。このため、定期的に継続した観測を行うことができる。TMは、初期のランドサットで使用されていた多重スペクトル走査放射計 (Multi Spectral Scanner: MSS と略す) の改良型である。MSSの空間分解能83m、観測波長帯4バンドに比べ、TMでは30m、7バンドと改良されている(表1)。TMの観測幅は185kmとなっており、関東地方を一度に観測できる。

2. 当館における衛星画像処理とデータ所有状況

当館では、「自然との共生を考える」展示室内に、CPU roomを設けている。ここには、当館の「博物館情報システム」の中核となるワークステーションが設置され、研究室や収蔵庫、ミュージアムライブラリーなどに置かれているパソコンに対して館内LANによるネットワークが形成されている。

「博物館情報システム」は、収蔵資料に関する情報だけでなく、写真・画像資料、学芸員の研究の成果など博

表1 TMの観測波長帯と応用分野

バンド	波長帯[nm]	空間分解能[m]	主な応用例
1	0.45-0.52	30	土壌と植物の区別 落葉樹と針葉樹の区別
2	0.52-0.60	30	植物の活力度
3	0.63-0.69	30	植物の種類を決定するためのクロロフィル吸収
4	0.76-0.90	30	バイオマス調査 水塊調査
5	1.55-1.75	30	植物水分測定 雪と雲の区別
6	10.4-12.5	120	温度
7	2.08-2.35	30	熱水作用

表2 分類基準

数値地図(*1)	土地利用現況図(*2)	今回の分類	
		項目	内容
田	田	} 耕作地	水田・畑
畑	畑		
果樹園	} 樹園地	} 果樹園	みかん畑など
桑畑・茶畑			
—	牧草地	} 草地	牧草地やスキ草原など
その他の樹木畑	野草地・裸地		
針葉樹林	針葉樹	常緑針葉樹林	スギ・ヒノキを中心とした林
広葉樹林	広葉樹	夏緑広葉樹林	ブナを中心とした林
—	—	常緑広葉樹林	クスを中心とした林
—	—	雑木林	クヌギ・コナラ群集
—	—	松林	クロマツ
その他の森林	その他の森林	—	—
—	伐採跡地	—	(伐採後の被覆状況によって異なる)
荒地	—	} 空地・荒地	地表に植物のない地域
空地			
建物用地	中高層住宅地	高密度市街地	コンクリート建造物が密集した地域
—	一般住宅地	} 市街地	} (利用目的までは特定できないため分類不能)
—	商業用地		
—	業務用地		
—	工場用地		
—	ゴルフ場遊園地等	工場	金属光沢のある屋根の建物・タンクなど
—	公園用地	芝地(ゴルフ場)	シバで覆われた地域
—	教育文化体育施設	—	} (利用目的までは特定できないため分類不能)
—	防衛施設	—	
—	工事中造成地	—	
鉄道・道路	運輸流通施設用地	—	—
湖沼・池	水面・河川・水路	河川・湖水	—
河川敷	—	—	—
海浜	—	—	—
海水域	—	海	—
その他	その他	雲・未分類地	—

*1 数値地図ユーザーズガイド(1992)による

*2 土地分類基本調査(1990)による

博物館に蓄積されている膨大な量の知的財産を一元管理し、館内外へ提供するシステムである。研究活動や学習支援活動に対する支援も目的とされている。このシステムにおいて衛星画像処理については、「展示(共生)支援システム」として整備されている。本稿でデータ解析に使用したワークステーションは、富士通 S-4/20(メモリ96MB、ディスク容量3.15GB)である。衛星画像データは磁気テープによって配布されるため、これを読み取るための磁気テープ装置 Shugart Model-9662を備えている。衛星画像処理ソフトについては、EXPIA/S(富士通 FIP製)を使用した。

当館の資料に関する基本的な考え方として、衛星画像のようなものについても、博物館資料と位置づけている。神奈川県域を中心に関東から中部地方にかけての環境の変遷をモニタリングするために当館では、ランドサット/TM データについて1984年から継続して収集している。

3. 地図投影変換

ランドサットのデータは、世界標準座標(Worldwide Reference System: WRS と略される)と呼ばれる標定システムによって、位置を特定することができる。当館の所蔵データは、関東全体をカバーすることを考え、Path 107-Row035と Path107-Row036の2種類ある。神奈川県域はちょうどその境目にあたる。

ランドサットは極軌道衛星であるため、経線に対し斜めに移動し、地表を観測する。したがって、得られた画像は画面上部が真北になっていない。そこで、衛星画像において明らかに読みとれる地形・人工構造物について二万五千分の一地形図から緯度経度を読みとり、衛星画像と対応させて位置を決定した。

本稿では、神奈川県を含むエリア(北緯35度7分~35度42分、東経138度42分~139度48分)と、植生図などと分類精度について比較検討するため丹沢山地(北緯35度25分~35分、東経139度0分~15分)を使用した。なお、観測日は1984年11月4日と1995年11月19日である。

4. 分類の仕組み

リモートセンシングにおいて、電磁波の観測から対象物の情報を調べることができるのは、「すべての物体は、種類および環境条件が異なれば、異なる電磁波の反射または放射特性を持つ」という特性に基づいている。ランドサット/TMのような、複数の波長帯を観測するセンサから得られるデータは、対象物の持つ波長ごとの特徴(分光特性)を含んでいる。

分類する手法としては、「教師付き分類法(Supervised Classification)」と「教師なし分類法(Unsupervised Classification)」の2種がある。「教師付き分類法」は分類したい対象物の存在するエリアをトレーニングエリアとして設定し、その分光特性をトレーニングデータとして与え、その特徴から分類する方法である。それに対し、「教師なし分類法」では、トレーニングデータをあらかじめ与えず、実際のデータの中で分光特性の異なる群を抽出する方法である。トレーニングエリアを設定しなくてもよい反面、抽出されたものが何を分類しているのか判断

する必要がある。

本稿では、あらかじめ分類項目を設定する「教師付き分類法」を採用し、16種に分類した。分類基準は、数値地図で採用している土地利用区分の定義を参考にしたが、植生図における凡例を考慮している(表2)。

分光特性を利用した分類法では、特に植生に関して、生活形態に基づいた区分に分けることは困難である。しかし、数値地図で採用している土地利用区分にある「針葉樹」と「広葉樹」のような単純なものでは、あまりにも分類が荒すぎる。今回使用するランドサット/TMは7バンドあるため、植物の光学的な特性を利用して細かく分類できると期待できる。したがって、植生に関しては植生図の凡例を参考にし、最上層に優占している植物種を基準とした。たとえば、「落葉広葉樹林」はブナ、「常緑針葉樹林」はスギ・ヒノキである。「水田」と「畑」の区分は、イネの収穫の終えた11月のデータを使用しているために困難であると考え、「耕作地」としてまとめである。また「雑木林」と設定したのは、相模原市教育委員会編(1988)の植生図にあるクヌギコナラ群集を参考にしている。

次に分類群(クラス)ごとに分光特性を抽出するためのトレーニングエリアを設定した。この設定には、市町村発行の植生図および現地調査を参考にした。例えば、「雑木林」は相模原市教育委員会編(1988)の植生図から、保存状態のよいとされるものを選んでいく。これらの一覧は、表3にまとめてある。このトレーニングエリアから、7バンドそれぞれに対して分光特性を抽出してトレーニングデータを設定して、最尤法(土屋編, 1990)に基づいて分類した。最尤法は、ベイズ(Bayes)の定理に基礎を置いている。各クラスに対する未知の点の尤度を求め、尤度最大のクラスにその点を分類する方法である。尤度とは、あるデータが観測されたとき、それがクラスから得られたものであるという事後確率のことである。

Ⅲ 分類結果の評価

1. 丹沢地域の比較

丹沢大山自然環境総合調査報告書(1997)には、付図3として「丹沢山地の山地帯(ブナクラス域)の現存植生図」が付属している。これは、標高1000m以上のエリアについてまとめられた最新の植生図である。このような航空写真や現地調査を元に作成された図と比較することで、今回作成した土地被覆図(図1)を評価する。

土地被覆図は、植生図に比べ分類項目が荒いため単純に比較はできない。しかし、土地被覆図にて「夏緑広葉樹林」と分類されたエリアは、植生図で「山地夏緑広葉樹林」と分類されているエリアと同じような分布をしている。「常緑針葉樹林」として分類したスギ・ヒノキは、姫子周辺に植林されているものを正確に区分している。また、この植生図の範囲にはないが、札掛や堂平のスギの植林地帯についても正確に区分している。

五万分の一地形図「秦野」や「上野原」と比較すると、崩壊地を区別していることが分かる。崩壊地は、崩壊地植生であるフジウツギ群落やフジアザミヤマホタルブ

表3 トレーニングエリアの設定

分類区分	概 要	ト レ ー ニ ン グ エ リ ア
高密度市街地	ビルなどの密集地	横浜駅西口, 横浜市庁舎周辺部
市街地	住宅地	鴨宮駅・湯河原駅周辺部
工場	工場・タンク・倉庫など	横浜市鶴見区扇島, 横浜市磯子区臨海工業地域 相模原市田名工業団地, 平塚市東八幡工業団地, 横須賀市夏島町
耕作地	田・畑	小田原市栢山, 平塚市入野・北豊田, 三浦市初声町, 横須賀市津久井
芝地(ゴルフ場)	シバの存在する土地	箱根湖畔GC, 大箱根CC, 湘南シーサイドGC
果樹園	ミカン畑など	小田原市石垣山
雑木林	クスギ・コナラなど	横浜市緑区新治, 相模原市大野台
松林	マツ	茅ヶ崎市柳島海岸
常緑針葉樹林	スギ・ヒノキなど	箱根三國山芦ノ湖側山麓部, 山北町ユースン・熊木沢出合・弁当沢の頭 横浜市緑区三保市民の森
夏緑広葉樹林	ブナなど	箱根三國山山頂部, 大室山山頂部
常緑広葉樹林	クスなど	真鶴岬
草地	シバ以外の草地(牧草地など)	山北町大野山山頂, 箱根町仙石原
空地・荒地	植物等の存在しない土地	逗子市池子
河川・湖水	河川, 自然湖・人造湖・池など	芦ノ湖, 丹沢湖, 相模湖など
海		
雲・未分類地		

クロ群集などに覆われていれば、土地被覆図においては「草地」として分類される。また、岩石が露出している場所は、今回は「市街地」や「工場」などに分類された。土地分類基本調査(1990)に収録されている表層地質図によれば、丹沢山の東側の崩壊地は「火山れき岩を中心とした凝灰岩」とされ、これらはかなり白っぽい色をしている。これは、分類基準に岩石に相当するものがなく、コンクリートの分光特性を基準にしている「市街地」などに判断されたものと思われる。

全体的な傾向として、急峻な山地では地形の影響がそのまま土地被覆図の分類に反映しているようなところがある。特に、南北方向に走る尾根によって生じた西側の斜面は影が大きく、誤分類している可能性がある。地形図や植生図によれば、丹沢山頂北西部には崩壊地形があるが、土地被覆図ではそれが見られない。同じようなことは、蛭ヶ岳山頂北西部でも見られる。また、「夏緑広葉樹林」と「常緑針葉樹林」との区分についても、尾根をはさんで区別される部分がある。特に影の部分を「夏緑広葉樹林」と分類する傾向がある。このため焼山周辺の尾根は、北西-南東方向に走る尾根のパターンに沿って分布が変化している。調査年度が1986年と少し古い土地分類基本調査(1990)に収録されている土地利用現況図においては、そのようなパターンは見られない。このような地域は、現地調査が必要である。

分類結果は日射の影響をかなり受けることが分かった。この手法は日射の十分にあたる斜面においては、かなりの精度で分類でき、実用的であると考えられる。

2. 95年の神奈川県のカテゴリ

以上の結果を踏まえ、神奈川県全体について分類を行った。その結果を図2に示す。ここでは丹沢山地を除いたエリアを中心に評価する。

山麓部においては「果樹園」と分類されたエリアが多

く見られる。大磯丘陵西部の曾我山の西側斜面などは正しく分類されているが、誤分類と思われるエリアも多い。特に高麗山は、宮脇他(1991)によるとスダジイ林やタブノキ林に覆われているが、そのほとんどが「果樹園」に分類された。この点は分類項目を細かくしていくなど改良が必要だろう。

「松林」については、図2では小さくて分かりにくいですが、湘南海岸沿いに植林されたクロマツについては正しく区分されている。

三浦半島については、大楠山南斜面を例にする。土地分類基本調査の土地利用現況図では、山頂から山麓までほぼ「広葉樹林」と分類されている。土地被覆図では山頂部に「夏緑広葉樹林」があり、それをとりまくように「雑木林」があり、山麓部を「果樹園」のように分類している。調査年度が1974年と古い遠山他(1974)によると、オオシマザクラ林(落葉広葉樹)がかなり目立つが、シロダモアオキ群集(常緑広葉樹)も多く見られるとされている。この点でも、「果樹園」の分類基準について改良を要する。また「雑木林」については、「夏緑広葉樹林」との区別を11月の時点で落葉しているかを参考にしており、低地での夏緑広葉樹を分類に含んでいる可能性がある。

「高密度市街地」については、コンクリート構造物の密度の多いエリアを基準にしたため、道路・鉄道などもこの中に分類されてしまった。図中で細い線状に表されている部分である。これ以外については「市街地」も含め、正確に分類されている。

「工場」は、金属光沢を持つ屋根で覆われた建物を基準にしているため、大規模な工場や石油・ガスタンクを区分している。しかし、予想より反射率が高いものがあるためか、工場地帯に一部未分類のデータがあるので基準を整理したい。

海や河川・湖水は、ほぼ正確に分類できた。河川から

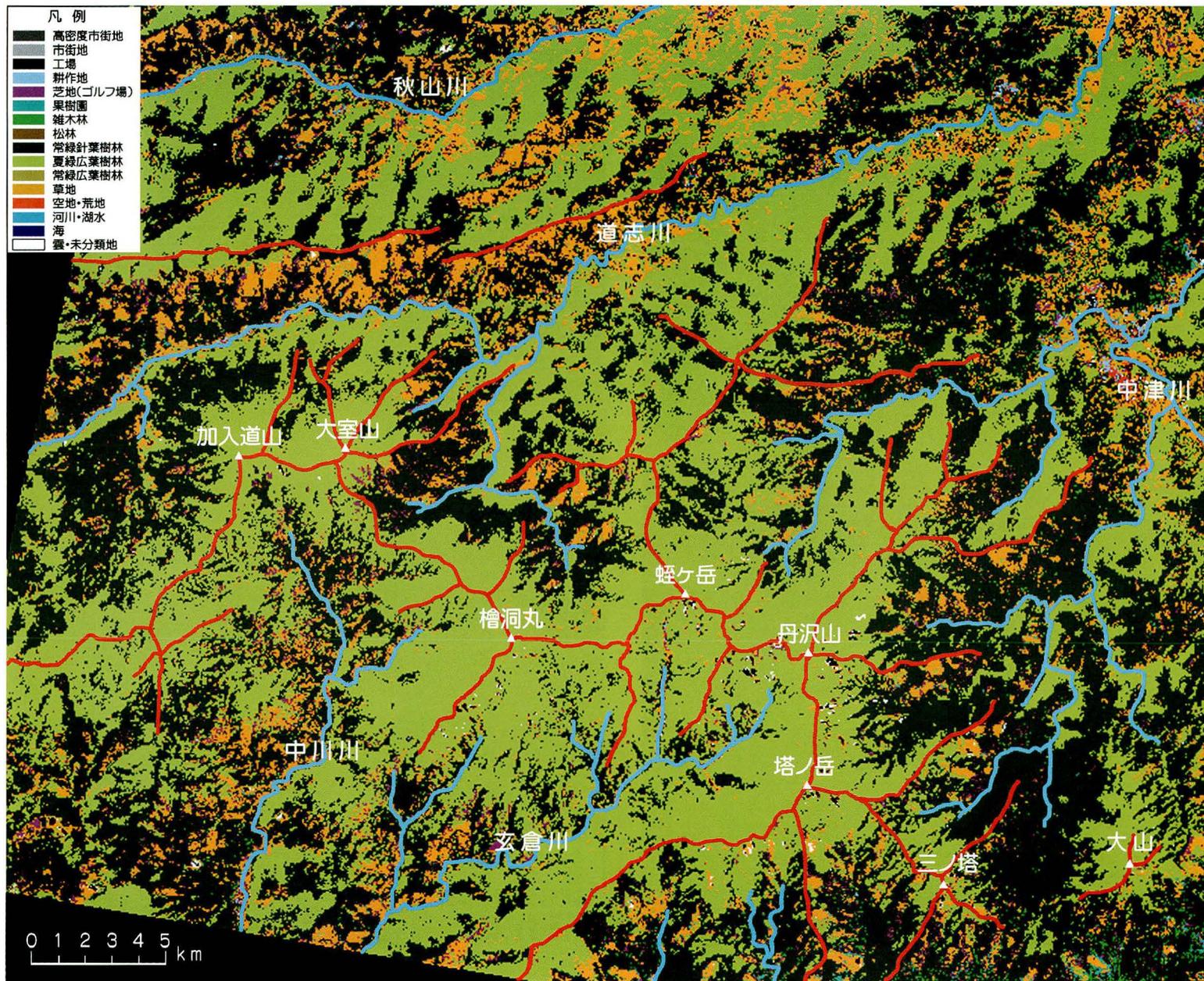


図1 丹沢山地の土地被覆図 (1995年11月19日観測)



図2 神奈川県土地被覆図(1995年11月19日観測)

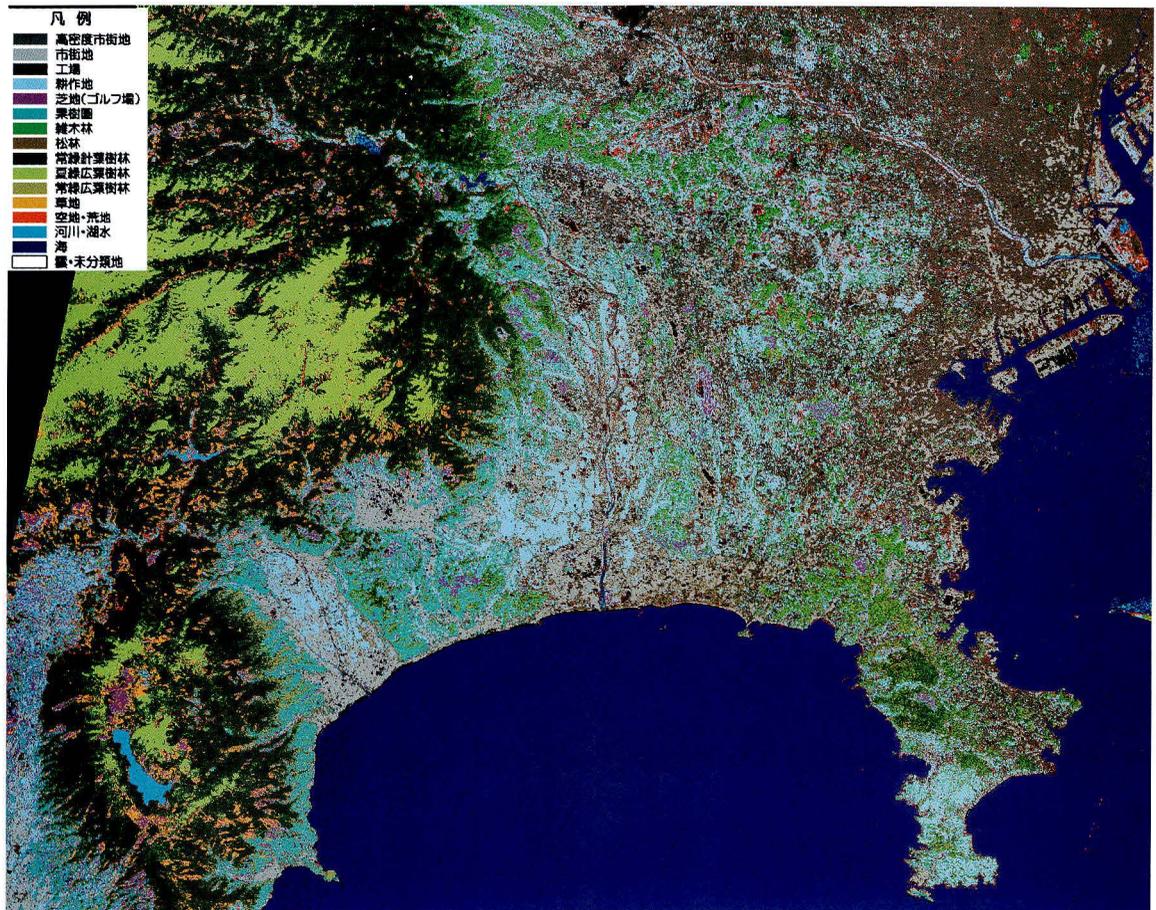


図3 神奈川県土地被覆図(1984年11月4日観測)

表4 分類結果一覧

分類区分	概要	結果
高密度市街地	ビルなどの密集地	} 山地にて露出した岩石を分類に含んでしまった
市街地	住宅地	
工場	工場・タンク・倉庫など	} 未分類として残ったエリアもあるが、おおよそ実用に耐える
耕作地	田・畑	
芝地(ゴルフ場)	シバの存在する土地	} かなり正確に分類できた
果樹園	ミカン畑など	
雑木林	クスギ・コナラなど	} 予想より区分された範囲が広いので、検討が必要
松林	マツ	
常緑針葉樹林	スギ・ヒノキなど	} クロマツについては分類できた
夏緑広葉樹林	ブナなど	
常緑広葉樹林	クスなど	} 谷あいなどの日影の部分に、誤分類がある
草地	シバ以外の草地(牧草地など)	
空地・荒地	植物等の存在しない土地	} かなり正確に分類できた
河川・湖水	河川、自然湖・人造湖・池など	
海		かなり正確に分類できたが、ダム湖の一部を「海」と分類した
雲・未分類地		かなり正確に分類できたが、沿岸部に一部未分類エリアがある

の流入部などに一部未分類なエリアが残り、津久井湖・城山湖において海と分類されてしまったエリアがあるが、実用上それほど問題はないと思われる。

3. 1984年との比較

1984年のデータは11月4日に観測されたものであるが、1995年のものに比べて影の占める面積が少ない。衛星の観測時間はどちらも9時38分ごろである。そこで、この時期の太陽高度を調べてみると1984年の33度24分に対し、1995年では29度41分となり、この高さの差が影の面積を大きく原因であった。影の存在は、分類精度に大きく影響を与えるため、山地での比較は単純にはできない。

図3は1984年の土地被覆図である。「常緑針葉樹林」や「夏緑広葉樹林」の分布は、1995年とは異なり、地形の影響をあまり受けていないように思われる。そのためか、「常緑針葉樹林」と分類されたエリアが1995年に比べて広い。「果樹園」や「雑木林」については分類基準を見直していないので、1995年と同様に誤分類を含む。

「市街地」はおおよそ10年間の間に県央部へ拡大した。特に「高密度市街地」と分類されるものは、厚木市域や相模原市域などで増加している。

「芝地」と分類されるものは、大部分がゴルフ場である。ゴルフ場は、1984年のほうが見分けやすい。1995年では、「草地」や「果樹園」と分類されるものが多く混入していて輪郭が不鮮明になっているが、この原因は不明である。

「耕作地」については、1984年では一様に塗りつぶされているのに対して、1995年では他の分類が多少虫食い的に入ってきているのが見られる。おそらく、農地を転用している影響だろう。

IV まとめ

リモートセンシングによる土地被覆図は、植生や人工物などをかなり正確に分類できることが確認できた。今回の分類についての評価を、表4に示す。いくつかのト

レーニングデータによって分類できることは、広い範囲を効率よく分類していくうえで有効であるといえる。このため植生図では不可能に近い年単位での更新も可能であり、経年変化を調べることができるようにある。

本研究では特に針葉樹林と広葉樹林を明確に区別するため、11月の観測データを使用した。このことが影の影響を大きくし、分類精度を低下させた。このことを踏まえ、太陽高度の高い時期のデータについて分類評価する必要がある。また植生に関しては、頻繁には作成できない植生図の更新を補うためにも、分類項目を細分化するとともに、分類精度を向上させていきたい。

謝辞

本研究を進めるに当たり、当館学芸員の勝山輝男氏、田中徳久氏、元神奈川県立博物館学芸部長の高橋秀男氏には有益なアドバイスをいただきました。また、1995年のデータについては、元データは米国政府が所有するものであり、EOSAT/宇宙開発事業団から提供を受けました。これらのご厚意に対してお礼申し上げます。

参考文献

- 遠山三樹夫・持田幸良・伊藤賢一, 1974. 大楠山南斜面の植生, 30pp. 三浦植生調査会, 神奈川.
- 神奈川県, 1986. 土地分類基本調査 横須賀・三崎 5万分の1. 神奈川県.
- 神奈川県, 1990. 土地分類基本調査 上野原・五日市 5万分の1. 神奈川県.
- 神奈川県, 1990. 土地分類基本調査 秦野・山中湖 5万分の1. 神奈川県.
- 相模原市教育委員会, 1988. 相模原市の植生, 228pp. 相模原市教育委員会.
- 宇宙開発事業団地球観測センター編, 1990. 地球観測データ利用ハンドブッカーランドサット編・改訂版, 6+298pp. リモート・センシング技術センター, 東京.
- 土屋清編著, 1990. リモートセンシング概論, 322pp. 朝倉書

店, 東京.
宮脇昭・藤原一繪・寺田仁志, 1991. 大磯町の植生, 4 + 116pp.
大磯町役場.
日本地図センター編, 1992. 数値地図ユーザーズガイド, 494pp.
日本地図センター, 東京.

日本リモートセンシング研究会編, 1992. 図解リモートセンシング, 4 + 308pp. 日本測量協会, 東京.
神奈川県公園協会・丹沢大山自然環境総合調査団企画委員会編, 1997. 丹沢大山自然環境総合調査報告書, 636pp. 神奈川県環境部.

摘 要

新井田秀一, 1998. リモートセンシングによる土地被覆分類—ランドサット/TMによる神奈川県の場合—. 神奈川県立博物館研究報告(自然科学), 27:85-92. (S. Niida, 1998. Land Cover Map by Remote Sensing: In the case of Kanagawa area by LANDSAT/TM. Bull. Kanagawa prefect. Mus. (Nat. Sci.), 27:85-92.)

本報告は、地球観測衛星ランドサットに搭載されているセマティックマッパー (TM) を用いて作成した土地被覆図について評価したものである。この土地被覆図は、1995年11月のデータを用い、土地被覆の代表的な地点をトレーニングエリアとして「教師付き分類法」によって作成した。丹沢山地での分類結果を最新の植生図と比較したところ、かなりの精度が確認できた。次に、神奈川県全体について1984年11月のデータとの変化を調べた。その結果、この地図は市街地の拡大などを示すことができた。

(受付: 1997年11月30日, 受理: 1997年12月11日)