

## リモートセンシングデータのデジタル処理 (第1報)

## — 地球資源衛星データのパターン分類 —

## Digital Processing of Remote Sensing Data (1)

## - Pattern Classification for LANDSAT MSS Data -

村井俊治\*・奥田勉\*

Shunji MURAI and Tsutomu OKUDA

## はじめに

村井研究室では、ここ4年間にわたり、地球資源衛星 (LANDSAT) データ、航空機搭載マルチスペクトルスキャナデータ、マルチバンド写真の数値化データおよびサーマルスキャナデータなどのデジタル処理を行ってきた。この間、本誌およびその他の学術誌にこれらの研究成果を発表してきた。しかし、研究途上で得られた発想やくりかえされた試行の中に、将来の可能性をもつ内容があると思われるにもかかわらず、十分な形で発表されないものが数多くある。ここでは、これらの成果を速報として連載してゆきたいと考えている。

## 1. LANDSAT MSS データの分光的特徴

地球資源衛星 (LANDSAT) は、900 km の高度を、18 日間で太陽周期の円軌道で地球観測をしている人工衛星で、4 バンドのマルチスペクトルスキャナを有し、185 km 四方を 1 シーンとして、地上から反射される電磁エネルギーを記録している。4 バンドの波長帯域およびデータのビット数は表 1 のとおりである。

表 1 LANDSAT MSS データのバンド構成

バンド No	名称	呼び名	波長帯域	ビット数
1	MSS 4	緑バンド	0.5 ~ 0.6	7 (0 ~ 127)
2	MSS 5	赤バンド	0.6 ~ 0.7	7 (0 ~ 127)
3	MSS 6	近赤外バンド	0.7 ~ 0.8	7 (0 ~ 127)
4	MSS 7	赤外バンド	0.8 ~ 1.1	6 (0 ~ 63)

これらのデータは、1 シーンが、3264 画素 × 2340 ラインのマトリクス状のデジタルデータとして計算機用磁気テープ (CCT: Computer Compatible Tape) に記録されている。これらの LANDSAT MSS データの詳細は、米国 NASA の発行している Data Users Handbook に述べられているので参照していただきたい。

ただ、LANDSAT のデジタルデータをデジタル

処理する上で、ぜひとも知っていなければならない分光的特徴をつぎに示そう。

(1) マルチスペクトルスキャナの検知素子は、一つのバンドについて六つの検知素子が用いられ、1 回の走査で 6 ライン分が同時に記録される。したがって、隣り合うラインのデータには、検知素子の微小な相違による相違が含まれる。

(2) 4 バンドのデジタルデータは、リモートセンシングで分光測定される放射輝度 (Radiance; 単位  $\text{m}^{\text{W}}/\text{cm}^2 \cdot \text{sr}$ ) そのものではない。4 バンドのデジタルデータ ( $x_1, x_2, x_3, x_4$ ) を放射輝度で表わされたデータ ( $x'_1, x'_2, x'_3, x'_4$ ) に変換するには、つぎの式に示されるように係数をかけなければならない。

$$\left. \begin{aligned} x'_1 &= 2.48 \times \frac{x_1}{127} \\ x'_2 &= 2.00 \times \frac{x_2}{127} \\ x'_3 &= 1.76 \times \frac{x_3}{127} \\ x'_4 &= 4.60 \times \frac{x_4}{63} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

(3) 与えられるデータ ( $x_1, x_2, x_3, x_4$ ) は、数学的には、点ベクトルと見なされるが、実際には、地上で 59 m × 76 m の面積からの合成反射電磁エネルギーに対応している。したがって、点データより面データであると考えた方がよい。

(4) 地上解像力 59 m × 76 m の面積の中には、わが国の土地利用現況から見て、数多くの異なる物体が含まれていると考えられる。したがって、一つのデータが、常に一つの物体に対応しているとは限らない。

(5) 高度が高いために、大気からの散乱による電磁エネルギーがかなり高い割合を占めている。このため、センサーに入力される電磁エネルギーは大きくなるが、コントラストは悪くなっている。

\* 東京大学生産技術研究所 第 5 部

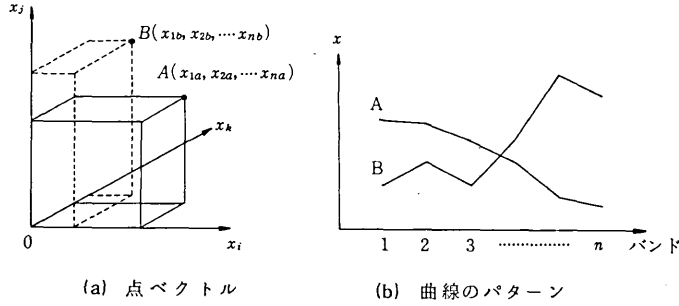


図1 マルチスペクトルデータの取り扱い

2. 分光特性曲線のパターン分類

従来リモートセンシングで扱われる多次元データ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ )は、点ベクトルとして扱われ、多次元空間座標における点の位置が重要な意味を有している。本研究では、このような考え方を尊重する一方、図1に示されるように、 $x$ のつくる曲線のパターンを考慮して、データのもつ特性を探ろうとした。

四次元のマルチスペクトルデータであるLANDSATデータを、このような分光特性曲線のパターンで分類しようとした理由は以下による。

(1)四つの値の組合わせからつくられる曲線のパターンは、図2に示されるようにただか27であり、数量の上から取扱いに便利である。

(2)物体の物理的特性の相違が、顕著に曲線のパターンの相違になってあらわれることが多い。たとえば、クロロフィルムを含む植物は、赤のバンドで極小値をもち、赤外バンドで急激に値が大きくなる、いわゆるクロロフィルディップとよばれる曲線のパターンを有している。

(3)大気による散乱の影響をうけて、分光特性曲線の値が大きくなっても、曲線のパターンは変わらない。

(4)異なる物体からの合成反射と考えられる場合、それらの物体の混合率によって、分光特性曲線のパターンが変化する。

分光特性曲線のパターンによって、地上の物体の物理的特性を分類することは、従来デジタル処理で行われている多次元空間座標における点の位置から分類する方法にくらべて、新しい可能性が付加されると考えられる。しかし、曲線のパターンによる分類は、異なる物体の間の分類に対しては、良い結果を示すが、同じ物体の模様の変化を見るには適していない。なぜなら、曲線のパターンは、曲線の値の大小を見ているのではなく、図2に示されるように隣り合うバンドの値の大小の比較でつくられているので、同じパターンの曲線の形をさらに細分類することはできないからである。したがって、このよ

NO	SYMBOL	PATTERN
1	+, +, +	
2	+, +, 0	
3	+, +, -	>
4	+, 0, +	> <
5	+, 0, 0	> <
6	+, 0, -	> < >
7	+, -, +	> < > <
8	+, -, 0	> < > <
9	+, -, -	> < > < >
10	0, +, +	> < >
11	0, +, 0	> < >
12	0, +, -	> < > <
13	0, 0, +	> < > < >
14	0, 0, 0	> < > < >
15	0, 0, -	> < > < > <
16	0, -, +	> < > < > < >
17	0, -, 0	> < > < > < >
18	0, -, -	> < > < > < > <
19	-, +, +	> < > <
20	-, +, 0	> < > <
21	-, +, -	> < > < >
22	-, 0, +	> < > < > <
23	-, 0, 0	> < > < > <
24	-, 0, -	> < > < > < >
25	-, -, +	> < > < > < > <
26	-, -, 0	> < > < > < > <
27	-, -, -	> < > < > < > < >

図2 4バンドからつくられる曲線のパターン

うに分光特性曲線のパターンを用いる場合には、大分類をするのに用い、つぎに、曲線の値そのものを見る点ベクトルの考え方を導入するとよい。

3. LANDSAT データのパターン分類の応用例

3-1 利用データ

昭和47年11月26日に、LANDSAT-1号からとられた関東地方のマルチスペクトル映像のうち、図3に示すように、5万分の1の地図の「千葉」の図郭に対応するデータを地理的に補正して、100メートル四方の画素からなる228×188のマトリクス状の画像データベースを作成した。

3-2 分光特性曲線のパターン分類

まず最初に、(1)式に示されるように、CCTの四つのバンドのデジタルデータに、それぞれ2.48, 2.00, 1.76,

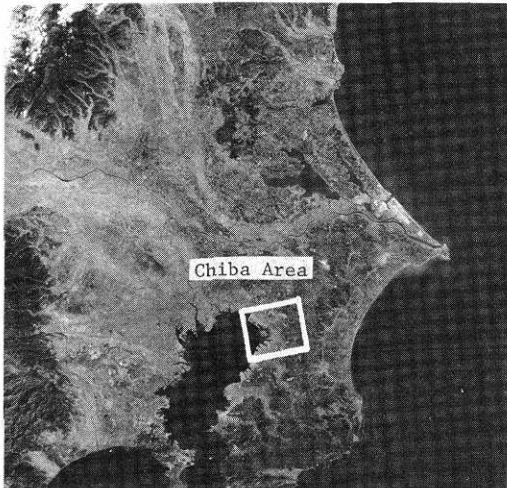


図3 LANDSAT 画像と対象地域

9.20を乗じて放射輝度に比例するレベルに変換する。つぎに、おのおののデータが、図2に示される27のパターンのいずれに属するかを見た。

表2は、パターン分類の結果である。

表2 パターン分類の応用例

パターンNo	画素数	%
19	17,193	40.1
25	13,373	31.2
27	12,297	28.7
合計	42,864	100.0

(千葉, 228 × 188画素)

この表からわかるように、対象地域のすべてのデータは、大きく三つのパターンに分類された。

図4は、5万分の1の地図に対応するLANDSAT画像データが分類されたパターンの分布を示している。

図4のパターン分布図と、5万分の1の地形図および土地利用図を比較すると、つぎのようなことがわかった。

(1)No.19のパターンは、森林、田、畑、ゴルフ場など植物が含まれる地区に対応している。

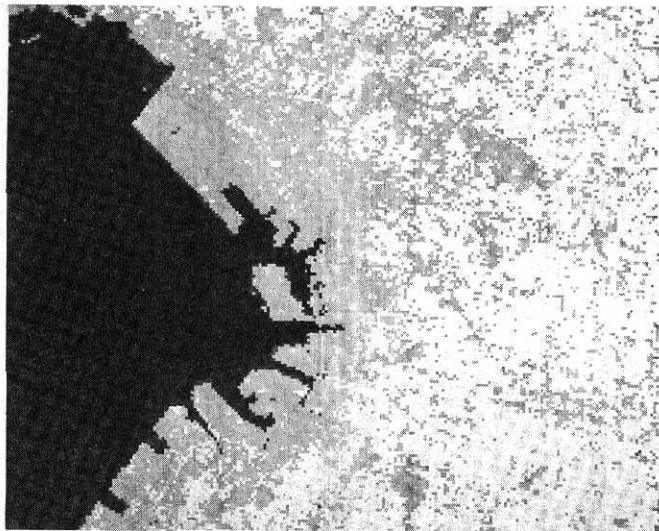


図4 「千葉」におけるパターン分布図  
(白; No.19, 灰; No.25, 黒; No.27)

(2)No.25のパターンは、市街地、工場、住宅地、宅造地、裸地など、陸域において緑のない地区に対応している。

(3)No.27のパターンは、水域に対応している。

3-3 分光特性曲線のパターンと土地利用の関係

分光特性曲線のパターンと地上における物体との関係をさらに詳細に精査するために、228 × 188画素からなる千葉の5万分の1の地図の中から、さらに120 × 80画素分のテスト地区を選定した。

表3は、テスト地区のパターン分類と統計量を示したものである。

図5は、土地利用図と画像データとの関係を丹念に示らせた結果、代表的な土地利用の分光特性曲線のパターンをプロットしたものである。この図からもわかるように、分光特性曲線のパターンと土地利用とは、きわめて高い相関を有していることがわかる。

研究速報

表3 テスト地区におけるパターン分類と統計量

パターンNo	19	25	27
画素数	3759	3904	1937
MSS 4 平均値	47.2	54.9	42.5
MSS 4 標準偏差	4.3	8.4	5.6
MSS 5 平均値	27.6	36.1	17.9
MSS 5 標準偏差	4.8	8.1	4.7
MSS 6 平均値	33.8	30.0	8.2
MSS 6 標準偏差	5.9	6.8	3.3
MSS 7 平均値	92.2	68.0	6.2
MSS 7 標準偏差	20.1	19.0	6.0

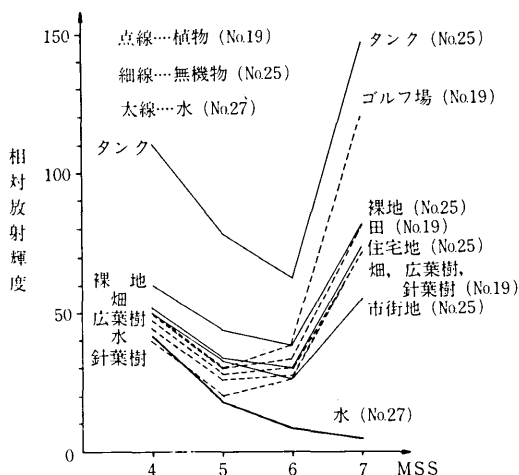


図5 代表的な土地利用の分光特性曲線とパターン

4. 混合問題へのアプローチ

以上に述べた分光特性曲線のパターン分類により、地

上の物体を、大きく、植物(パターンNo.19)、無機物(パターンNo.25)、水(パターンNo.27)の三つに分けることが可能であることがわかった。しかし、実際の地上の状態は、これらの物体の構成が混合されている。たとえば、住宅地には、道路や屋根などの無機物と、樹木や草花などの植物とが混在する。

したがって、それぞれのパターンの示す曲線に、三つの基本要素がどのくらいの混合率で含まれているかを定量的に求め、その混合率にもとづいて土地利用の区分を細分類する必要がある。

次報には、このような混合問題を多変量解析で用いられる距離の概念を用いて、定量的に解決する方法を示すことにする。(1976年11月24日受理)

参考文献

- 1) NASA, Goddard Space Flight Center; Data Users Handbook
- 2) 村井, 奥田, 建石; 地球資源衛星データを用いた首都圏の土地利用判読; 生産研究 vol 27, No 6, 1975
- 3) S. MURAI; Land Cover Classification by Spectral Pattern Analysis with Use of LANDSAT MSS Date; US-Japan Seminar on Image Processing in Remote Sensing, Nov. 1976
- 4) S. MURAI; Evaluation of Land Use and its Color Representation in Tokyo Districts with LANDSAT Digital Data; Proceedings of the Xth International Symposium on Remote Sensing of the Environment, Oct. 1975
- 5) 村井, 奥田; LANDSAT デジタルデータのパターン分類による土地利用判読; 日本写真測量学会, 昭和51年度学術講演会発表論文集, 昭和51年5月