

ランドサットTMデータによるカラー合成画像 の色調効果について

杉村, 俊郎 / Sugimura, Toshiro / Tanaka, Sotaro /
Suganuma, Hideki / Yoshimura, Mitsunori / Oshima, Taichi
/ 大嶋, 太市 / 吉村, 充則 / 菅沼, 英喜 / 田中, 総太郎

(出版者 / Publisher)

法政大学工学部

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学工学部研究集報 / 法政大学工学部研究集報

(巻 / Volume)

22

(開始ページ / Start Page)

187

(終了ページ / End Page)

199

(発行年 / Year)

1986-03

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00004032>

ランドサット TM データによるカラー 合成画像の色調効果について

大嶋 太市*・吉村 充則*・菅沼 英喜*
田中総太郎**・杉村 俊郎**

A Study of Color Tone Effect of TM Band Composite Image

Taichi OSHIMA*, Mitsunori YOSHIMURA*,
Hideki SUGANUMA*, Sotaro TANAKA** and Toshiro SUGIMURA**

Abstract

The problem of color tone effects by selecting band subsets from multispectral data, with particular reference to the choice of color combinations from Landsat 4 or 5 Thematic Mapper (TM) data, is addressed. Band composite images draw up the three primary colors and Thematic Mapper has seven spectral bands of data. Accordingly, it is difficult that selecting the most effective three-band color composite images. Because three-band combinations have 120 kinds from six bands (except thermal band; Band 6, in the case of non-considering the three primary color; 20 kinds).

The authors have attempted to select three-band sets from six bands by examining statistics of six bands and some categories, respectively. From the above examination we obtained 20 kinds of images in turn so as rank of band combinations considering with 120 kinds of images, the following a tendency of color tone effects are obtained;

- (1) In the case of images are higher in band-set rank
Intensity is high but both hue and saturation are low compared with intensity.
Accordingly, we think this rank is fit to Landsat map.
- (2) In the case of images are middle in band-set rank
Intensity, hue and saturation are high.

Accordingly, we think rank is fit to setting up training areas for making classified imagery.

§ 1. はじめに

一般にリモートセンシングのカラー表示は、多数のスペクトルバンドから3つのバンドを選択し、各バンドの画像に R (red), G (green), B (blue) を割り当てて表示する方法を採っている。この表示方法によれば、バンド間の差異が色彩として表現される。しかし、これは RGB モニタ

* 工学部土木工学科

** (財)リモートセンシング技術センター

上での物理的表示であり、人間の視覚特性を考慮していないため、RGB の値と色彩との関連を調べることは困難である。

また、地球観測衛星ランドサットに搭載されているリモートセンシングセンサーには、MSS (Multi Spectral Scanner) と TM (Thematic Mapper) の2種がある。この TM データを利用して鮮明なカラー画像合成を行う場合、MSS よりさらにバンドの選択方法が重要になると考えられる。それは、MSS が可視～近赤外域を4つのバンドで観測するのに対し、TM は可視～熱赤外域を7つのバンドで観測しており、加えて各バンドの波長域が狭くなり、それぞれの特徴がより強く示されているためである。

したがって本研究では、ランドサット TM データを利用した鮮明なカラー画像合成を行うためのバンドの選択方法と、その結果を利用した3原色割り当てによる色調効果について考察を行った。

§2. TM と MSS との相異点

TM データの特徴を理解するために MSS との相異点を以下に記す。

2.1 分解能

MSS の瞬時視野 (Instantaneous Field of View: IFOV) は、地上分解能で57m×約80mである。一方、TM の IFOV は同様に熱赤外域 (バンド6) 以外は約30m×30mとなっており、約2倍良くなっている。また、バンド6のそれは120m×120mである。

2.2 スペクトルバンドおよび特徴

図1に MSS 及び TM の各バンドのスペクトル帯域図を示す。

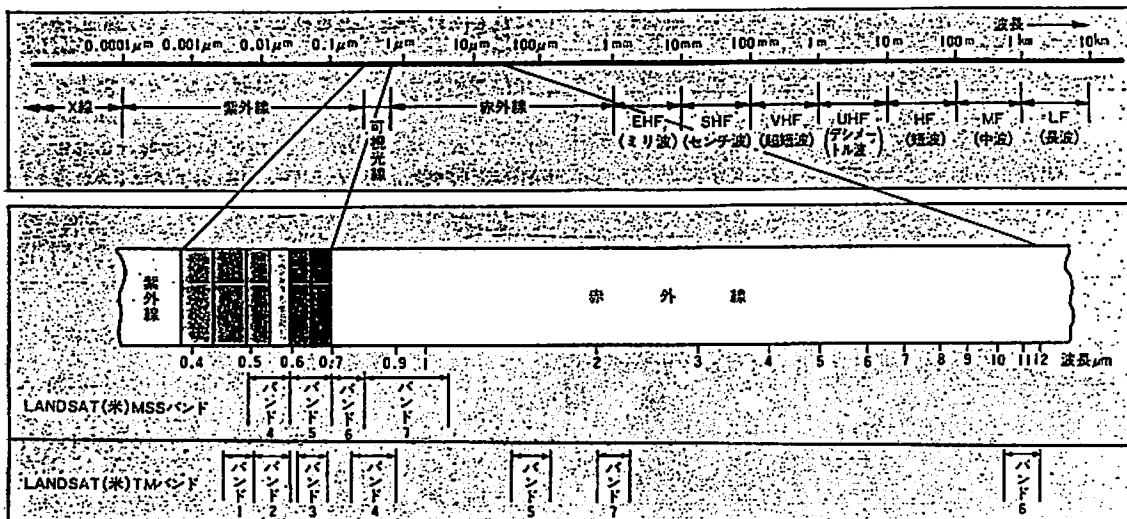


図1 スペクトル帯域図

MSS との相異点は、TM には MSS がないバンドが4つ (バンド1, 5, 6, 7) あることである。それらについて略説すれば、バンド1は MSS のバンド4よりさらに短い青から緑に見え

る可視域の波長帯であり、バンド5および7は、共に中間赤外域の波長帯であり、バンド6は熱赤外域の波長帯である。以下に TM の各バンドが何の判読に有効であると予想されるか記す。

(1) バンド1 (0.45~0.52 μm ; 青バンド)

治岸水、土と植生の判別および広葉樹と針葉樹の判別に対して利用される。しかし、大気の影響を受けやすいため、画像が気象条件等に左右され、全体的にぼやけたものとなる場合が多い。

(2) バンド2 (0.52~0.60 μm ; 緑バンド)

健康な植生からの反射が反影されているため、植生活生度評価に対して利用される。バンド1と似た性質を持つ。

(3) バンド3 (0.63~0.69 μm ; 赤バンド)

クロロフィルの吸収による植生分類等に利用できる。バンド1, 2と似た性質を持つ。

(4) バンド4 (0.76~0.90 μm ; 近赤外バンド)

水域と陸の輝度差がはっきり現れる性質があるため、水域の判読に利用される。

(5) バンド5 (1.55~1.75 μm ; 中間赤外バンド)

植物の含水率、雲と雪の判読に利用される。

(6) バンド6 (10.4~12.5 μm ; 熱赤外バンド)

温度図作成に利用できるが、スキャンノイズが多く鮮明な画像を得るのはかなり困難である。

(7) バンド7 (2.08~2.35 μm ; 中間赤外バンド)

岩石の熱水変質の調査に利用される。

§3. バンド選択の考え方

3.1 バンド選択の必要性

TM データを利用してカラー画像合成を行うには、7つのバンドから3つのバンドを選択し、3原色を割り当てて加色合成し表示させることは前述したが、本研究では、熱バンドを除く6つのバンドで鮮明な画像合成を行う方法について考察することにする。

ところで、リモートセンシングにおけるカラー合成画像はどのような目的に利用されるかが、まず問題となる。その1つには、ランドサットマップがある。これは、従来の国土地理院発行の地形図が線情報の集合であり、実際の地形との比較が難しいのに対し、ランドサットマップを利用すれば、それらの把握が容易にでき、また、両者の重ね合わせにより利用価値の高い地形図としての利用が期待されているものである。したがってこの用途に対して、より鮮明なカラー合成画像が要求されるのである。2つ目に教師付き分類実行用のトレーニングエリア選定に用いるカラー合成画像がある。この場合、正確なトレーニングエリアの選定が分類精度に大きな影響を及ぼすため、基本となるカラー合成画像は同様に鮮明であり、画像判読に適していなければならない。

スペクトルバンドに関しては、前述のように TM は MSS と比較した場合、多くの波長帯を持ち、情報量も豊富になっている。したがってバンド選択も慎重に行う必要があるものと考えられる。また、フルカラー画像、フォールスカラー画像と言われるバンドの組み合わせもすでに存在するが、MSS の場合のそれとは異なり、必ずしも画像判読に適している鮮明なカラー合成画像とは断言できない状況である。

また、6つのバンドから7つのバンド選択を行う場合の組み合わせは、原色割り当ての順序を考慮しない場合でも、 $C_3=20$ 通りあり、順序を考慮した場合には、 $P_3=120$ 通りもの莫大な数となる。したがって筆者らは以下に示す方法でバンド選択を行った。

3.2 選択方法の概要

バンド選択方法について図2-バンド選択方法の概念図にフローを示し、以下で略説する。

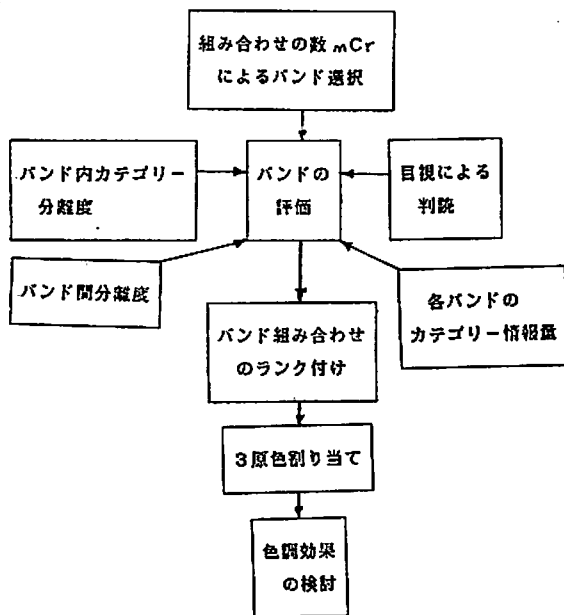


図2 バンド選択方法の概念図

バンド選択に先立ち、各バンドの評価を行い、ランク付けを行う。そのための項目は、バンド内カテゴリー分離度、バンド間分離度、各バンドのカテゴリー情報量、目視による判読の4つとする。また、各項目を検討する意義は後述することにする。

以上の方法により各々の項目に関してバンドのランク付けを行う。その結果から得られるランク付けの高いバンドの組み合わせは良好な選択であると予想されることから、それら画像の色調効果について検討する。

3.3 トレーニングエリアおよび対象物設定

対象地域における地表対象物の平均、分散などの基本総計量を求めるためのトレーニングエリアおよび目視による判読のための識別対象物を設定する必要がある。これには一般的な土地被覆分類図を作成するための項目と等しくなるよう設定した。それは、住宅地区として中高層住宅地（市街地）と一般住宅地（住宅地）、工業地区として工場、公共地区として公園緑地、施設として競技場駅および道路、林地として森林明部および暗部、水域として河川（海域）と河川敷（海岸）、農地として田および畑、以下、裸地、ゴルフ場とした。目視による判読においては、上述の項目に順ずるものとした。

3.4 カテゴリー分離度

単バンド画像の濃淡が不鮮明であるものを組み合わせてカラー画像合成を行っても良質な画像が得られないことは、一般的に考えられる。また、選択された3つのバンドがすべて鮮明であとは限らない。したがって、少しでも良質な単バンド画像を得るべく各バンドにおける対象物のス

ベクトル分離性の検討を行い、その結果をカテゴリー分離度検討の尺度として利用した。

その方法は、各カテゴリーの平均値の差を求め、得られた値の大小によって各バンドのランク付けを行うものである。

3.5 バンド間分離

一般に多バンドのデータの画像化においては、バンド間の相関が強い場合には単色の画像となる傾向がある。したがって相関の弱いバンドを組み合わせれば、それぞれの特徴が生かされ鮮明な画像となることが考えられるそのため、バンド間の相関係数を利用し、バンド間分離性検討の尺度とした。

その方法は、あるバンドに対して、他のバンドとの相関係数の大小の比較によって各バンドのランク付けを行うものである。

3.6 カテゴリー情報量

分散値の大小は、そのカテゴリーの情報量を反映しているものである。すなわち、各々の分散が小さい画像は単色になると考えられる。したがって各カテゴリーの分散の大小によってカテゴリー情報量の尺度とする。

その方法は、各バンド各カテゴリーの分散の値の大小関係を求め、バンドのランク付けを行うものである。また、ここで一定量以上の分散値を持つものは、そのトレーニングエリア設定、すなわち情報量の正確性に疑問が持たれるため検討対象から除外する。

3.7 目視による判読

TM のスペクトルバンドは、それぞれのスペクトル特性が異なるため、各バンドの画像データの最小値および最大値を求め、その間を255段階に表示するようコントラスト増幅を行った。そして各バンドの白黒濃淡画像について目視による識別性の検討を行った。

識別性は、対象物の形状が、○) 良好に識別される、△) それらしい物が見える、×) 他の対象物との区別がつかないの3つのランクで評価する。

対象物は、航空写真を利用した土地利用区分の項目に順ずるものとし、基本的には、先に述べたトレーニングエリアの設定における項目と等しくなるようにした。そして、その結果を利用し、バンドのランク付けを行う。

3.8 バンド選択

バンド選択は、上述の3.4~3.7それぞれの項目でのバンドのランク付けの高い組み合わせを順に計算し、選択するものである。したがって3バンド選択におけるランク付けの高い組み合わせのカラー合成画像は、各検討により陰影、きめ及び模様が鮮やかなものとなることが予想できる。

§ 4. 3 原色割当てによる色調効果

§ 3. で選択された3つのバンドに対する3原色割り当ては、1つの組み合わせについて6通り

考えられる。このカラー合成画像について色効果を検討する場合、その効果は、個々の感覚に依存するものと思われる。加えて筆者らのバンド選択ではその感覚を考慮していないため、この種の考察を行うためにはアンケート調査が有効であろうと考えられる。

カラー合成画像に対する色調効果は、その画像判読のしやすさと密接な関係があると考えられる。以下に判読の要点を示す。

- (a) 色調 色はマンセルの表色系では、明度（明るさ）、色相（色の種類）、彩度（色のあざやかさ）の属性で表されるが、本研究で用いる色調とは、これらを総合したものである。
- (b) きめ（テクスチャー） 個々の画素が見分けられない程度の縮尺になると、画像の集合がきめとなって現われる。したがって地表対象物は、きめの粗さおよび細かさが判読可能となる。
- (c) 形および大きさ 形には、ゴルフ場や田のように、それぞれの条件により整形、不整形、曲線形等の形を示すものがあり、その形によって判読が可能である。またコンビナート、団地などは、その建物の集合に特有な配列から判読できる。また大きさについても同様である。
- (d) 模様（パターン） 形とよく似た概念である。しかし形の連続性が模様として認識できるため、対象物判読の手掛りとして利用できる。
- (e) かげ 山地の起伏がかげを利用することによって判読できる。
- (f) ハレーション 温室のガラス板や工場のトタン屋根などが反射によって判読できる。

筆者らの方法によって得られたバンド選択は、データの独立性や情報量の多少を考慮しており、上述のいくつかの項目を各バンドにおいて数値的に検討しているものである。

§5. 武蔵府中における応用例

以下に多摩ニュータウンを中心とした武蔵府中地域の TM 画像に対して前述の方法を適用した例を示す。

この地域は、東京西南部に位置し、南部に多摩丘陵、北部に多摩川および浅川が流れており、特徴ある地形を持っている。図3に対象地域の地形図を示す。また、図4は適用地域の基本統計量である。

作業の前処理として、画像のひずみによって目視による判読が妨げられないよう幾何補正を施し、地形図と正確に一致させる。

5.1 トレーニングエリアおよび対象物設定

トレーニングエリアは、多摩ゴルフ場北東側で森林（暗）、多摩動物公園南東側で森林（明）、桜ヶ丘ゴルフ場でゴルフ場、多摩ゴルフ場南側の造成地で裸地、多摩川で河川敷(1)、(2)および河川、聖蹟桜ヶ丘駅南部で畑、多摩動物公園で公園緑地、東京競馬場で競技場、永山駅周辺で中高層住宅地、中河原駅周辺で一般住宅地の計12項目を設定した。

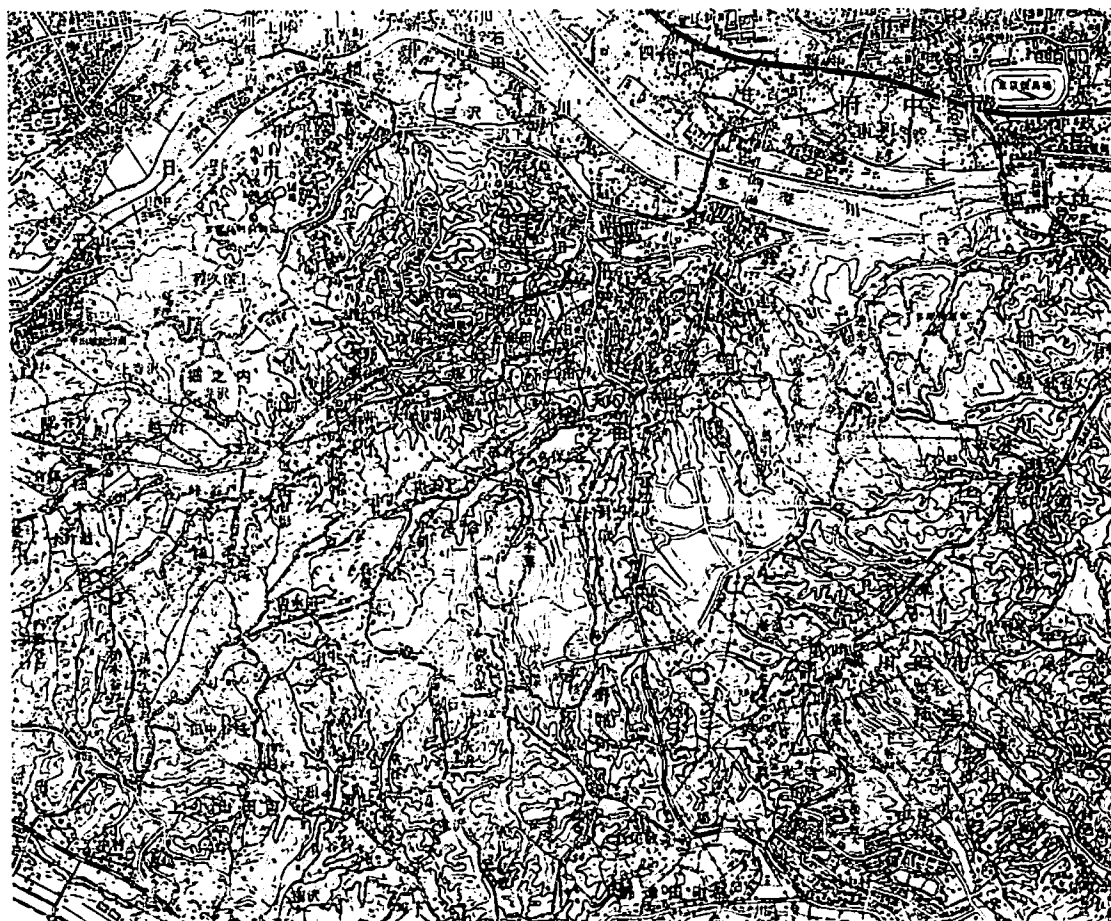


図3 対象地域

	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 7
MIN.	18	12	5	2	0	0
MAX.	137	67	98	88	171	255
MEAN.	68.8	27.6	31.3	29.5	44.7	23.6
S. D.	5.2	3.7	6.6	7.0	14.5	8.5

図4 基本統計量

識別対象物としては、上述の項目の他に鉄道、道路等の線状構造物と工場などの大型構造物を追加した。

5.2 カテゴリー分離度

各バンドにおいて、地表対象物のスペクトル特性について求めた結果を図5 スペクトル特性に示す。グラフからバンドによってカテゴリーの分離性が大きく異なることが判断される。この分離性について検討することが本項目であるので、より詳細に計算を行った。

その方法は、12カテゴリーについて、2種間の平均値の差 ($C_1C_2=132$ 通り) を求める。そして、その値が大きければ大きいほど分離性が良いことであるから、計算結果を0～2, 2～4,

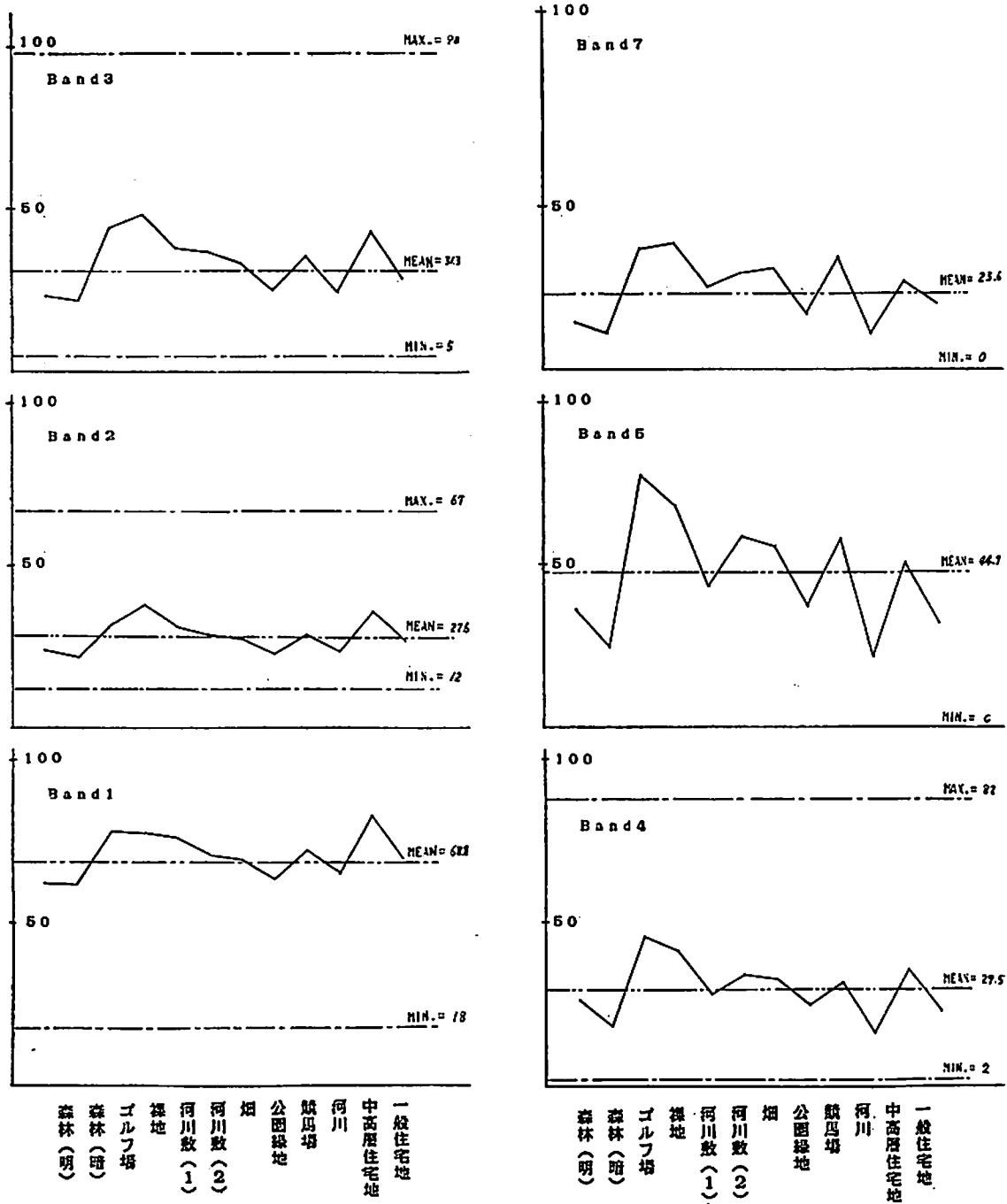


図5 スペクトル特性

4~6, 6~8, 8~10, 10以上の6つのランクに分割し、バンド内のカテゴリー分離性の検討を行ったものである。その結果、カテゴリー分離性の良好なバンドは、順にバンド5, 4, 7, 3, 1, 2となった。

5.3 バンド間分離

バンド間の相関係数を求めた結果を図6 バンド間相関係数に示す。表からバンド1, 2, 3は0.8以上の強い相関があり、それ以外のバンドは比較的相関が弱いことが読み取れる。したがっ

	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 7
Band 1	1.000					
Band 2	0.887	1.000				
Band 3	0.833	0.945	1.000			
Band 4	0.421	0.100	0.674	1.000		
Band 5	0.444	0.591	0.667	0.831	1.000	
Band 7	0.601	0.706	0.750	0.694	0.894	1.000

図6 バンド間相関係数

て、あるバンドに関して他バンドとの平均的な相関の強弱を求める。

その方法は、相関係数が0.45以下、0.45から1.00までを0.11ごとに区切り、計6つのランクに分割し、バンドの分離性について検討を行ったものである。その結果、他バンドとの相関が弱い順にすなわちバンド間分離性の良い順にバンド1, 4, 5, 7, 2, 3であった。

5.4 カテゴリー情報量

各地表対象物の分散値を図7 カテゴリー分散値に示す。各バンドで各々の分散値を比較すれば、バンド1, 2, 3は比較的小さな、バンド4, 5, 7は大きな値を示している。それをより詳細に調べるため、値を0から80まで10きみで8つのランクに分割し、分散値を検討し、得られた結果から情報量の多少を判断した。また、80以上の大きな値を示すものは、トレーニングエリアの選定に疑問があるとし、検討項目から除外した。その結果、情報量が豊富であると考えられるバンドから順に、バンド5, 7, 4, 3, 1, 2であった。

	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 7
森林(明)	2.71	1.19	1.84	32.01	103.10	17.19
森林(暗)	1.60	0.69	1.55	9.83	41.99	10.14
ゴルフ場	11.07	10.09	30.53	37.32	169.20	49.44
裸地	17.21	9.21	25.07	23.43	159.67	74.89
河川敷(1)	7.73	3.98	9.01	7.63	71.61	28.37
河川敷(2)	4.33	1.35	5.07	6.33	21.15	6.95
畑	2.30	1.19	3.24	8.88	33.37	15.88
公園緑地	3.57	1.17	1.95	16.86	71.93	16.65
競馬場	8.46	3.97	8.45	10.59	54.93	21.89
河川	8.66	4.20	17.81	43.75	347.37	98.67
中高層住宅地	22.42	11.03	23.19	15.91	35.97	10.96
一般住宅地	8.13	1.96	4.11	3.18	15.29	7.57

図7 カテゴリー分散値

5.5 目視による判読

判読に先立ち、単バンドの白黒濃淡画像を作成する。また、判読が容易となるよう図4基本統計量を参考とし、各バンド画像のコントラスト増幅を行う。各単バンド画像全般から判読されることは、バンド1のそれは、全体的にぼけている印象を受け、バンド4、5は比較的鮮明である印象を受けるという2点である。それらの画像を利用した判読結果を図8目視による識別結果に示す。判定方法は、○) 良好に識別される、△) それらしい物が見える、×) 他の対象物との区別がつかないの3段階である。その結果を基に全般に識別性の高いバンドから、バンド5, 4, 3, 7, 2, 1の順が得られた。

	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 7
森林(明)	×	×	×	○	○	△
森林(暗)	×	×	×	○	○	△
ゴルフ場	△	△	○	○	○	△
裸地	×	○	○	△	×	×
河川敷	×	×	×	○	○	△
公園緑地	×	×	×	×	×	×
競馬場	○	○	○	△	○	△
河川	×	×	△	○	○	△
中高層住宅地	×	×	△	○	○	×
一般住宅地	×	×	△	○	○	×
工場	○	○	○	△	△	×
水田	×	×	×	△	○	△
畑	×	×	×	△	○	△

図8 目視による識別結果

5.6 バンド選択

5.2から5.5までの検討から得られた結果を基に、平均的に各項目を満足しているバンドの組み合わせを求め。それは、各項目のバンド評価の高いものから順に重み付けをし、バンド選択を行った場合、それぞれの重みの合計が大きな値を示す順に出力させる方法である。ここではTMの熱バンドを除く6つのバンドを使用しているため、 $C_6^3=20$ 通りの組み合わせがある。また、結果を以下に示す。

順位	バンド選択	順位	バンド選択
1	7・5・4	11	7・4・2
2	5・4・3	12	5・3・2
3	5・4・1	//	5・2・1
4	5・4・2	14	4・3・1



写真1 カラー合成画像

5	7・5・3	15	4・3・2
6	7・5・1	//	4・2・1
7	7・4・3	17	7・3・1
8	7・5・2	18	7・3・2
9	7・4・1	//	7・2・1
10	5・3・1	20	3・2・1

5.7 3原色割り当てによる色調効果

5, 6で選択されたバンドの組み合わせに対して3原色割り当てを行いカラー画像合成を行ったもののいくつかを写真1, カラー合成画像に示す。また, 1つの選択されたバンドの組み合わせについて原色割り当てによる画像は6種類作成される。そして, それらを1つのグループとし, 以下で色調効果について検討する。

写真1, のカラー合成画像に示される画像のバンド選択のグループは, 各々ランク付け1位のバンド7・5・4, 同様に11位の7・4・2, 同様に20位の3・2・1である。

ランク付けに伴うバンド選択の各グループの色調効果について全般的な傾向を述べれば, ランク付け上位の画像における明度は比較的高いが, 色相, 彩度はそれに比べ低い。したがって全体的な土地被覆の状況は目視により把握できるが, 細かく判読するには, 色の種類が少ないため注意深く観察する必要がある。また, 異和感の少ない画像であるため, 自然色表示に近くなっている。ランク付け中位の画像においては, 明度, 色相, 彩度それぞれが高くなる傾向がある。また, 色の種類が多いため, 目視による判読では有利であるが, 画像使用者に対して, 異和感を生じさせ易い。全般にフォールスカラー, ナチュラルカラーに近い画像が多い。ランク付け下位の画像は, 明度, 色相, 彩度ともに低く, 目視による判読も細部にわたっては不可能に近い。以上の結果から彩度と色相は密接な関係があると判断される。

§6. 考 察

選択された3つのバンドについて検討すれば, 中間赤外および近赤外域のバンドを多く含む組み合わせほどランク付けが高くなり, 逆に可視域のバンドを多く含む組み合わせほどランク付けは低くなる傾向を示している。また, 3原色割り当てによる色調効果から判読されることは, ランク付けの高い組み合わせは, 自然色に近いいため, 地形図等を併用するランドサットマップに, また, ランク付けが中位の組み合わせは, 色の種類が多く, 判読が容易であるため, 分類図作成時のトレーニングエリア選定に用いる画像に有効であると思われる。

したがって, カラー画像合成を行う場合のバンド選択方法として筆者らの方法を利用することは, 1つの有効な手段であると考えられる。また, 地質分野, 植物分野を目的としたバンド選択を行う場合, 各項目に対してこれらの重み付けを考慮する必要があると思われる。

参 考 文 献

- 1) Charles Sheffield, C.: Selecting Band Combinations from Multispectral Data, *Photogrammetric engineering & Remote sensing* Vol. LI, No. 6, June 1985.
- 2) 渡辺・安藤・浅田・高野: カラー画像合成のためのエントロピーによるバンド選択の方法について。日本リモートセンシング学会第3回学術講演会論文集, 1983年12月。
- 3) 大嶋・吉村・杉村: ランドサット TM データの数値変換によるカラー画像合成について。土木学会第40回年次学術講演会講演概要集, 1985年9月。
- 4) 日本写真測量学会編: 空中写真の判読と利用。
- 5) リモートセンシングデータの画像処理講習会資料: セマティックマッパー画像のデジタル処理, 1984年11月。
- 6) 豊田, 田中: ランドサット4号のセマティック・マッパーによる最初の画像, 日本リモートセンシング学会誌, Vol.2, No.4, 1982。
- 7) 東京大学出版会, ウィルス初等統計解析。