

地球資源衛星データをを用いた首都圏の土地利用判読

Land Use Classification in Tokyo Districts using LANDSAT Digital Data

村井俊治*・奥田 勉*・建石隆太郎*

Shunji MURAI, Tsutomu OKUDA and Ryutaro TATEISHI

はじめに

地球資源衛星 (LANDSAT旧称ERTS) のマルチスペクトルデータの1画素は、地上で約57m×76mの面積に対応する。わが国の土地利用の単元は、一般に小面積で複雑に入り組んでいることが多いため、LANDSATデータは複数の土地利用の合成反射特性をあらわしていると考えられる。このようなデータから土地利用の分類名を識別することはきわめて困難である。

従来、土地利用は森林、田、畑、市街地、工場用地、湖沼など、またはさらに細分化された分類名がつけられ、それぞれに対応する色で土地利用図に記入されてきた。たとえば土地利用図で工業用地は、工場のあるところと工場の横の空地とが区別されずに青色にぬられている。しかしながら、リモートセンシングによって得られるデータは、工場と空地とは明らかに異なる物体からの反射特性を示す。さらに畑に例をとれば作物の種類または季節によって緑の多小が異なるはずであるが、従来の土地利用判読では、これらの相違にかかわらず、畑に用いられるべき土地としての“畑”と判読されなければならなかった。

リモートセンシングデータによって土地利用を判読する場合、データ収集時における土地利用の実態が判読されるべきである。したがって、土地利用の実態をあらわすのに、土地利用の分類名でおきかえるのは、上にのべた理由から適切ではないので、新しい土地利用の実態をあらわす分類基準が必要となる。

本研究では、リモートセンシングデータの反射特性を考慮に入れて、土地利用の実態を、植物、水および無機物の三原要素で構成されていると考え、その尺度をそれぞれ緑、青および赤の三原色に対応させて色表現することにした。

1. 三原要素による土地利用の表現

土地利用の実態は、たがいに独立である植物、水および無機物の三原要素によって表現される。地球資源衛星データにおける三原要素の反射特性をのべるとつ

ぎのようになる。

- 1) 植物は、赤バンドにおいてクロロフィルの吸収のために反射が小さく、赤外バンドにおいてクロロフィルの反射のために大きい値をもつ。
- 2) 水は赤外バンドにおいて吸収のために小さい値をもつ。水が清浄の場合には赤バンドにおいても小さな値であるが、濁水の場合には反射値が大きくなる。
- 3) 裸地、コンクリート、アスファルトなどの無機物は赤バンドおよび赤外バンド両者に同時に関係した値をとる。コンクリートやアスファルトの多い市街地や工場地は、赤外バンドで吸収のため小さな値をとり、赤バンドでは、森林より大きな値をとる。宅地造成やゴルフ場造成などのように裸地が増加すると、赤バンドおよび赤外バンド共に増加するが、赤バンドにおける増加の方が大きい。工場のうちでもタンク群は赤バンドにおいて特に大きな反射値をもつ。

さて、土地利用の実態が上記の三原要素であらわされることの例をあげてみよう。

森林は、植物の中で、もっとも緑の多い土地利用と考えられる。すなわち、赤バンドで小さな値をもち、赤外バンドで大きな値をもつ。冬季における広葉樹は、緑が少なく無機物の要素が含まれる。

牧草は、森林にくらべて緑は少ないが、ゴルフ場の芝にくらべて緑は多い。すなわち、赤バンドにおいては森林より大きい値をとるが、ゴルフ場の芝より小さな値をとる。ゴルフ場は牧草や森林にくらべて無機物の要素が多い。

田は、水があるうちは、緑と水の混合であるが、収穫後の田は、わずかな緑と無機物の混合となる。

砂地は、砂漠であれば無機物が殆どきわめてわずかな緑が含まれるが、海岸の砂浜であれば無機物と水との混合となる。

埋立中の土地や河からの濁水は水と無機物の混合と考えられる。

以上の例のように、土地利用の実態は、植物、水、無機物の混合であらわすことができ、図1に示すように、リモートセンシングデータとの対応もつけられる。

* 東京大学生産技術研究所 第5部

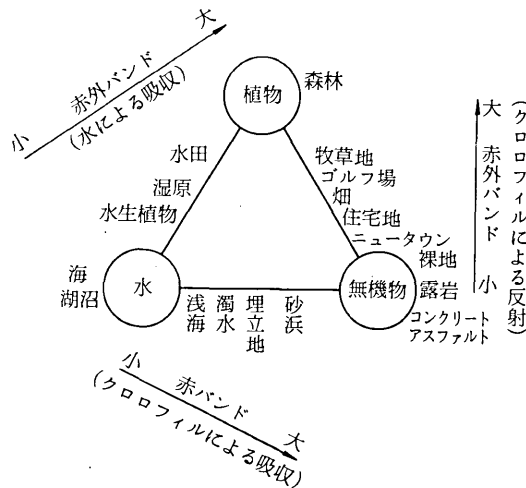


図1 三原要素による土地利用の表現

2. 土地利用とLANDSAT画像データとの相関

LANDSAT 1号の首都圏のデジタル画像データ (I D No.112600484, 昭和47年11月26日) を用いて、つぎのケースに対する土地利用と画像データとの相関を求めてみた。

ケース1: 首都圏のほぼ全域にわたって、土地利用が均質と思われる地点をサンプリングする。

ケース2: 5万分の1の地図「千葉」の画枠内を100メートルメッシュに分割して、土地利用と画像データを全点調査する。

ケース1に対しては、2万5千分の1の地図から土地利用が読取られ、ケース2は5万分の1の土地利用図の色から土地利用が読取られた。

表1は、ケース1に対応するLANDSATデータの画像特性をあらわしている。ここで、MSS 4とは緑バンド (0.5~0.6μの波長域), MSS 5とは赤バンド (0.6~0.7μ), MSS 6とは近赤外バンド (0.7~0.8μ), MSS 7とは赤外バンド (0.8μ~1.1μ) をあらわしている。

表2はケース2に対応するLANDSATの画像特性を示している。

表に示された統計値を見ると、異なる土地利用に対応する画像データの領域に共有集合が多いため、土地利用の識別領域を設定することは困難である。この理由は、まえにものべたように、地図や土地利用図に記載されている土地利用は実態ではなく分類名であるために生じる誤差と、複数の異なる土地利用の合成値が含まれているためのばらつきによる。

そこで、地図や航空写真を再度参照しながら、LANDSATデータをさらに詳細に精査してみると、土地利用の実態に対応する画像領域があきらかになる。

表3は、精査により得られた画像空間をあらわしている。この表についても異なる土地利用間に共有集合が認められる。また境界についても必ずしも断定的に決められない。したがって、この表に記載された識別領域にもとずいて土地利用の自動判読を試みても、分類名で表現される土地利用図としては、きわめて誤差の多い判読結果となる。

以上のことからわかるように、画像データから土地利用の実態をあらわす傾向なり指標なりを新しくつくりたい。4つのバンドを用いた多次元画像解析を行った結果、土地利用の実態をあらわすには、赤バンドと赤外バンドが主成分であることがわかった。

図2は、赤バンドと赤外バンドの二次元画像空間に

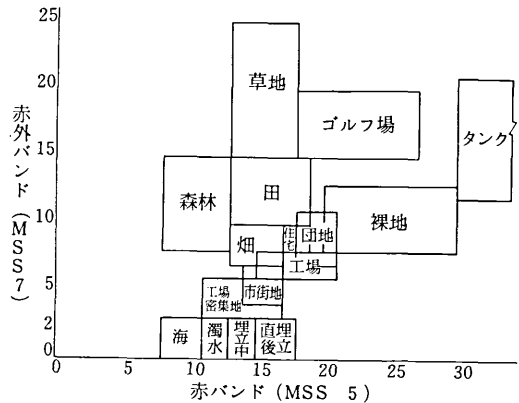


図2 土地利用の識別画像領域

示された土地利用の識別領域である。この図を見ると植物、水、無機物の画像領域がどの位置を占めているかがわかる。この図をもとにして、つぎにのべるような色表現による指標を設定してみた。

3. 土地利用実態をあらわす色指標の確立

国土計画を担当する計画者が構想を模索することのできるような土地利用の実態に関する情報を視覚化したい。土地利用の実態を示す指標を数字におきかえることも有意義であるにちがいないが、最終的には人間の眼を通じて、計画の構想が組立てられるのであるから、指標が色で示されることはさらに実効がある。

土地利用の実態を植物、水、無機物の三原要素で構成されていると考え、これらを色感覚上それぞれ、緑、青、赤の三原色に対応させる。

さて、数字を与えて色を発生させるには、緑、青、赤の三原色に対する数字を与えなければならない。本

表1 首都圏の土地利用の画像特性

土地利用	画像データ					
	バンド	データ数	最大	最小	平均値	標準偏差
田	4	241	24	16	19.4	1.37
	5		21	10	15.0	2.02
	6		26	11	17.8	3.21
	7		14	4	8.4	1.89
畑	4	225	28	15	20.3	2.22
	5		25	8	15.2	2.90
	6		34	11	19.5	4.80
	7		19	5	9.9	2.84
森林	4	528	22	14	17.3	1.43
	5		18	7	11.3	2.20
	6		37	9	20.1	4.30
	7		24	4	11.4	3.25
ゴルフ場	4	133	27	18	22.6	2.08
	5		25	13	19.4	2.41
	6		40	20	30.4	4.09
	7		23	10	16.4	2.84
空用地	4	127	29	14	22.3	3.66
	5		31	9	19.2	5.20
	6		35	12	22.4	4.63
	7		22	8	10.9	2.93
家屋密集地	4	127	27	17	21.7	2.06
	5		21	12	16.3	1.77
	6		19	11	15.7	1.76
	7		9	4	6.7	1.14
住宅地	4	192	29	16	21.0	2.90
	5		28	9	16.2	3.61
	6		28	15	20.6	2.61
	7		15	7	10.4	1.62
海域 (河口を除く)	4	96	24	15	18.6	2.35
	5		14	7	9.5	2.57
	6		9	2	4.5	1.16
	7		2	0	0.6	0.52

表2 5万分の1の地図「千葉」の土地利用の画像特性

土地利用	画像データ						
	バンド	データ数	最大	最小	平均値	最多データ	最多頻度
田	4	3,749	31	16	19.51	19	1,291
	5		31	9	14.73	15	813
	6		34	9	19.21	19	564
	7		20	4	9.88	10	645
畑	4	4,902	28	14	18.89	19	1,574
	5		27	8	14.10	14	971
	6		34	9	17.68	17	827
	7		21	3	8.76	8	1,258
針葉樹	4	5,776	31	14	17.62	18	1,708
	5		27	7	11.18	13	1,040
	6		33	6	17.56	17	1,082
	7		19	2	9.01	9	1,400
商業地区	4	574	39	17	22.05	22	109
	5		42	10	17.54	16	99
	6		35	6	17.44	15	76
	7		15	0	7.22	8	132
住居地区	4	5,385	30	16	20.83	19	995
	5		30	8	15.83	15	840
	6		31	6	17.80	17	930
	7		19	1	8.15	8	1,570
工業地区	4	1,680	51	15	22.38	22	196
	5		41	7	19.06	20	211
	6		34	3	19.18	20	226
	7		20	0	8.06	8	289
造成地	4	2,249	40	16	23.43	24	329
	5		35	8	19.60	20	266
	6		33	5	20.21	19	318
	7		19	1	8.96	9	460
海域	4	12,282	34	13	16.32	16	2,986
	5		33	4	7.95	7	3,618
	6		28	2	3.97	3	3,694
	7		14	0	0.60	0	5,851

研究速報

表3 精査された土地利用の識別画像領域

土地利用	MSS 4	MSS 5	MSS 6	MSS 7
田	19, 20, 21	14, 15, 16, 17	19~25	9~14
畑	18, 19, 20	13, 14, 15, 16	14~18	7, 8, 9
森林	15, 16, 17	8~12	14~24	7~14
牧草地	19, 20, 21	12, 13, 14, 15	30~41	20~24
ゴルフ場	22, 23, 24, 25	18~26	26~35	15~19
住宅地	19, 20, 21, 22	17, 18	15, 16	7, 8, 9
ニュータウン	25, 26, 27, 28	19~28	17~26	8, 9, 10, 11
市街地	19, 20, 21, 22	14, 15, 16	11, 12, 13, 14	4, 5, 6
工場密集地	18, 19, 20	11~16	10, 11, 12, 13	3, 4, 5
工場地	21~26	15~20	14~18	6, 7
タンク群	30以上	30以上	27以上	12~20
裸地	21~29	20~29	21~30	9, 10, 11, 12
埋立中	21, 22, 23, 24	14, 15, 16, 17	7~11	0, 1, 2

研究では、ダイコメッド社製のカラープリンタD-47を使用した。この装置は、8ビット256段階の露光尺度をもつ。色発生させるには、緑、青、赤に対して0から255の数字の組が与えられる。色相および彩度は三原色に与える数字の比によってきまり、明度は数字の大きさによってきまる。白色はともに255、黒色はともに0、灰色はともに中間の等しい値を与えればよい。さて、図2に示した土地利用の画像領域を色表現するのにつぎに示すような基準を設定した。

- 赤バンドおよび赤外バンドの画像データの組に対して、色感覚的に土地利用を連想させる配色とし、土地利用を一色にせず、データの変化に応じて連続的に変化するような配色にする。
- 赤外バンドの値 x_7 が2以下のときは水域であり、3以上は陸域とし、色基準を変える。
- 陸域においては赤外バンドの値 x_7 が大きい程緑に与える値を大きくする。
 $G = 16x_7 - 20$
 $G > 255$ のとき $G = 0$
- 赤外バンドの値 x_5 が大きい程、赤色に与える数字Rを大きくさせる。同様につぎの基準式を設定した。
 $R = 16x_5 - 100$
 $x_5 < 8$ のとき $R = 0$
 $R > 255$ のとき $R = 255$
- 水域においては、赤外バンドの値にかかわらず緑の値Gを一定の値を与える。
 $G = 150$
- 水域においては、赤バンドの値 x_5 が小さい程青

色に与える数字Bを大きくさせる。

$$B = -20x_5 + 400$$

$$x_5 > 20 \text{ のとき } B = 0$$

$$B > 255 \text{ のとき } B = 255$$

- 陸域においては、赤バンドの値 x_5 が小さい程青色に与える数字Bを大きくする。

$$B = -32x_5 + 482$$

$$x_5 \geq 15 \text{ のとき } B = 0$$

$$B > 255 \text{ のとき } B = 255$$

以上へのべた基準をフローチャートにすると図3の

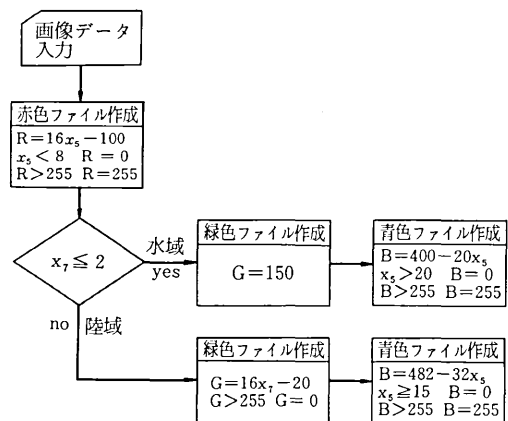


図3 土地利用の色指標基準

ようになる。

図4は、首都50km圏を250mメッシュに分割された

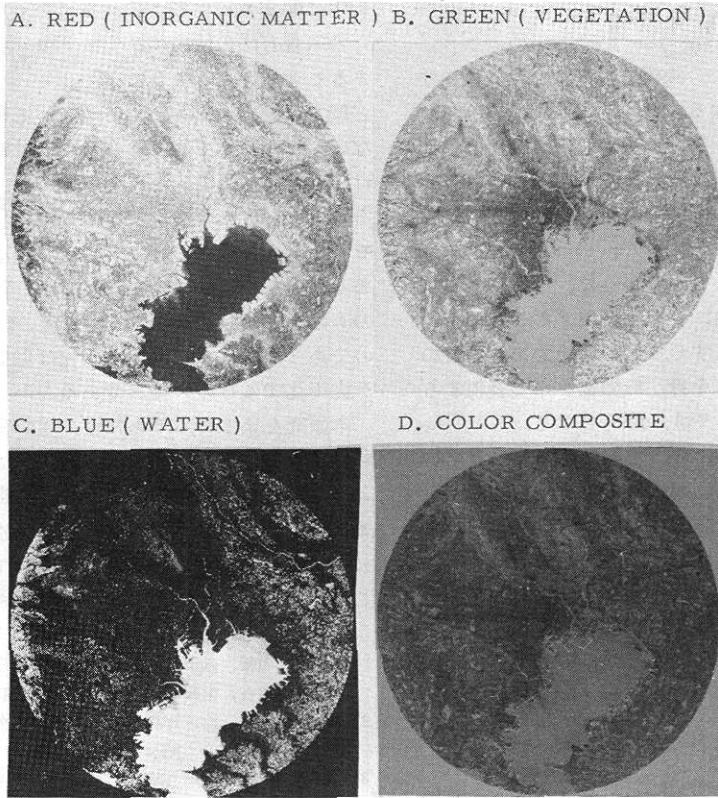


図4 ERTS-1による首都50km圏の土地利用判読

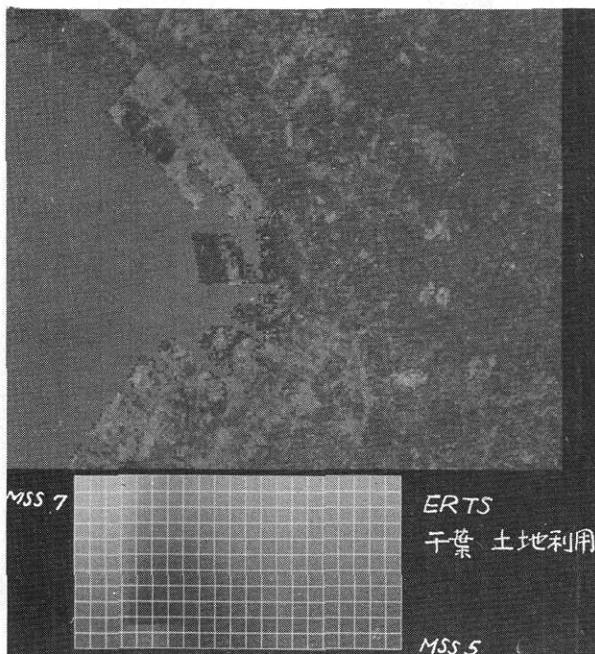


図5 ERTS-1による「千葉」の土地利用判読

LANDSATデータを上記の基準にあてはめて、赤色ファイル(無機物)、緑色ファイル(植物)、青色ファイル(水)とそのカラー合成(土地利用)にあらわしたものである。カラー合成図は、印刷の都合上白黒で表現されているが、色のついた図の見方は、赤や橙系統の色程無機物の要素が多く、緑色程植物の要素が大きい、青みがかかる程水の要素が含まれる。

上記の基準では、ニュータウン—橙、ゴルフ場—明るい黄緑、牧場—緑、森林—青緑、田畑—黄緑、市街地—茶色、海—青となる。

図5は、5万分の1の地図「千葉」の画枠を100メートルに分割し、その画像データを上記の基準にあてはめ、土地利用の実態を色表現したものである。カラー合成は印刷の都合で白黒表現されているが、原図を、国土地理院発行の土地利用図または基本図と比較すると、きわめてよくその実態があらわされていることがわかる。

図の下には、赤バンドと赤外バンドの値の組(x_5 , x_7)に対してどのような色になるかを示すために、横軸に x_5 、縦軸に x_7 をとった2次元の座標に、2ずつの間隔に仕切って色指標の基準の色を出してある。

研究速報

4. 研究成果

以上にのべたことから、本研究で得られた成果をまとめると以下ようになる。

- 1) リモートセンシングの立場から土地利用の実態を表現する指標を確立することが可能である。
- 2) 土地利用の実態を植物、水および無機物の三原要素に分解して考えると、リモートセンシングデータを活用しやすいことがわかった。
- 3) 土地利用の実態を、カラー表現することにより、視覚的な指標を設定することが可能である。この場合、植物を緑、水を青、無機物を赤で表現すると色感覚的に理解しやすい配色となる。
- 4) 土地利用の実態をあらゆる配色基準を一定にしておけば、季節変化、開発による変化など、時系列的な変化を色の相違として認識することが可能となるであろう。
- 5) 本研究により、将来、植物環境、水環境、無機物環境について、他のバンドを用いてさらに詳細にその色指標を確立するための手がかりが得られた。

おわりに

本研究の動機は、リモートセンシングデータの有効

利用に関する利用者との討論にあった。すなわち、既存の調査方法の代用にリモートセンシング技術を利用することを考える場合には、リモートセンシングは殆ど無力に近いが、きわめて精度が低いと云わざるを得ない。しかしリモートセンシングは既存の調査方法では得がたい他の情報を与えてくれる。これらのことから、リモートセンシングを有効利用するためには、リモートセンシングの立場から新しい基準なり指標を定める必要が要請されていた。しかし新しい基準が従来のもので、かけ離れすぎていたり、説明のつかないものであってはならない。本研究は以上にのべた考え方を実用化するための提言である。

本研究をまとめるにあたり、本研究の動機となる御意見を下さった国土庁の河内局長はじめ担当官、および科学技術庁の関係者の方々に謝意を表す。なお本研究の出力画像は科学技術庁の特別研究促進調整費によって整備された装置を利用させていただいた。ここに謝意を表す。

(1975年4月11日受理)

参考文献

- 1) 村井, 加藤, 吉田, 地球資源探査衛星写真を用いた首都圏の環境調査, 生産研究Vol26, No. 3 昭和49年3月
- 2) 村井, 辻内 ; 地球資源衛星データの多次元画像解析生産研究Vol26, No. 8 昭和49年8月
- 3) 村井, 前田, 奥田 ; 地球資源デジタルデータの地理的補正, 写真測量, Vol. 13, No. 4 昭和49年度

