

《研究ノート》

ユニバーサルパターン展開法を用いた
土地被覆分類の研究

青 井 麻 美

(奈良女子大学・大学院人間文化研究科)

村 松 加奈子, 古 海 忍

(奈良女子大学・共生科学研究センター)

醍 醐 元 正

(同志社大学経済学部)

1 はじめに

環境の時代と言われる 21 世紀において、自然環境や歴史的環境への関心が高まりつつある。過去を振り返ると、工業化の拡大により海や河川の水質汚染といった公害が各地で起こり、また都市開発の展開により多くの緑地が破壊されてきた。今後、今までのような人間の身勝手な活動のために多くの自然を失うようなことがあってはならない。

また、1970 年代から陸域を主とした地球の衛星による観測が始まっている。これらのデータを用いて、都市化による植生や地表面温度、植生の二酸化炭素固定量などの変動を把握し、人口、消費エネルギーなどの統計データとを比較する事で、自然環境変動と人間活動との関わりを広い視野で把握していくことができる。

そこで、本研究では、衛星 Landsat データの処理を行い、1970 年代から現在までの土地被覆分類を行なうことを目的とし、土地被覆分類方法に関して研究を行なう。

2 使用データ

本研究では、ある 1 つの衛星データに着目して、土地被覆分類条件を決めた。

着目した衛星データは 1985 年、8 月 24 日に TM センサでとられた、関西地区（パス 110, ロウ 36）をとらえたものである。また、検証用として、1985 年の奈良市土地利用図も利用した。

2.1 解析データ

本研究で使用した衛星データは1985年8月24日の日本の関西地区をとらえたデータである。このデータはLandsat衛星4,5号に搭載されたTMセンサ(Thematic Mapper)でとられたものである。このデータの空間分解能は約30mである。図1(a)に本研究で使用した衛星データ画像を示す。図1(a)を拡大し、奈良県付近のデータを主に使用した。図1(b)に1985年8月24日の奈良県付近を拡大した衛星画像を示す。

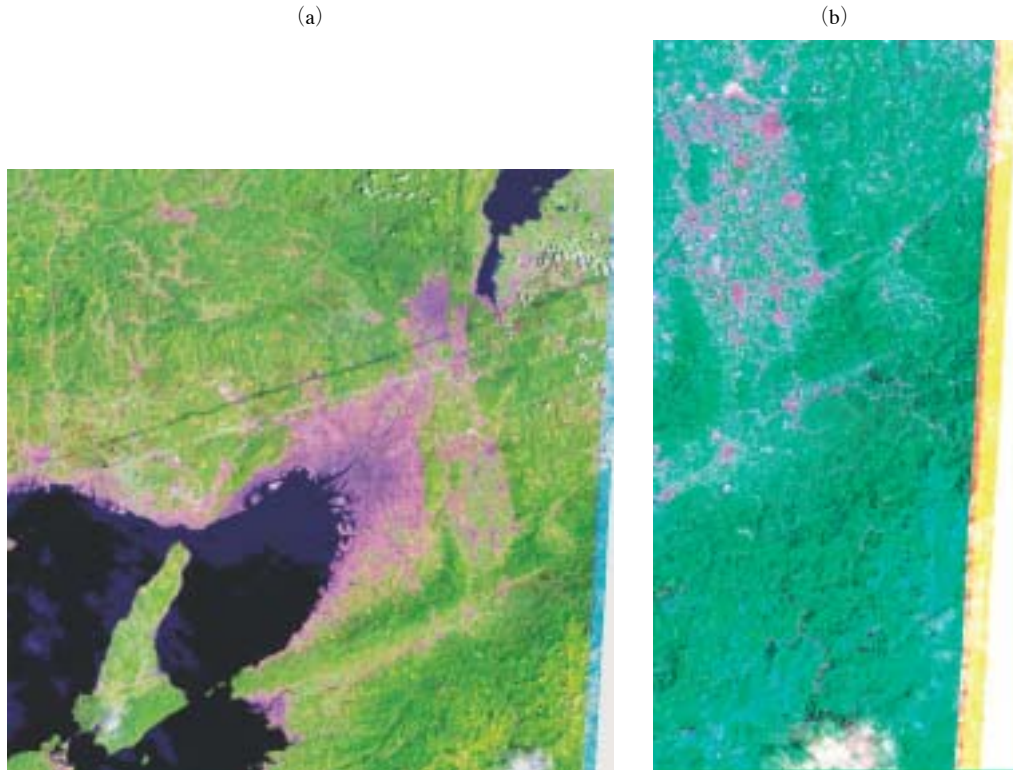


図1 (a) 1985年8月24日 日本の関西地区の衛星データ画像

(b) 1985年8月24日 奈良県付近の衛星データ画像

注：現在使用しているデータは奈良県全域をカバーしたデータではない。およそ15%の県領域がかけた状態である。

2.2 検証用データ

検証には、土地利用データを使用した。

土地利用データとは、国土地理院による数値地図データで、その土地が何の目的で使用されているのかを表したデータである。今回は、分類条件の精度をたしかめるために使用した。このデータの空間分解能は10mである。表1に1985年の奈良市の土地利用項目を、図2に1985年の奈良市の土地利用図をそれぞれ示す。図2の土地利用項目の色は表1中に記す。

表1 土地利用項目と色分け

土地利用項目	色
山林、公園・緑地等	黄緑
田	水色
畑・その他の用地	黄色
造成中地，工業用地，その他公共公益施設用地，住宅地，商業用地，その他（基地，皇室関係）	オレンジ
住宅地，空き地	赤
道路用地	ピンク
河川・湖沼等	青

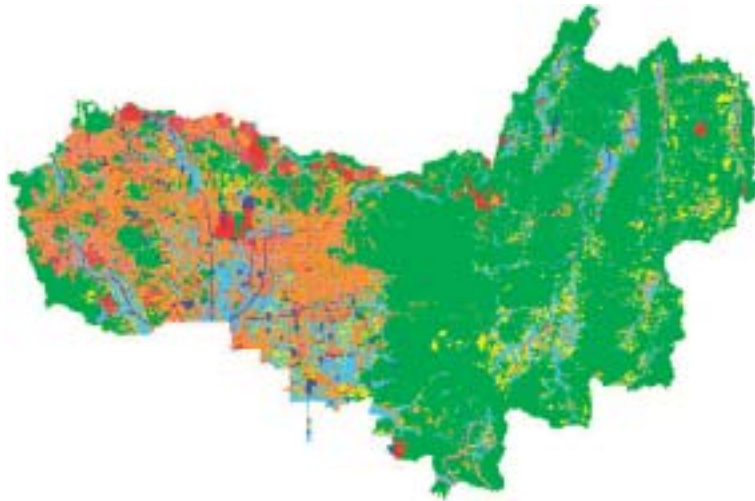


図2 1985年 奈良市の土地利用図

3 解析手法

今回、土地被覆の条件決めにはパターン展開法（PDM）を発展させた、ユニバーサルパターン展開法（UPDM）を用いた。この手法は、多次元の衛星観測データを解析するために開発された、季節や年代・地域への依存度の少ないデータ解析法である。これは、Landsat から得られるデータの情報を代表的な土地被覆物である、水、植生、土壌、補足の4次元によるスペクトルで表現する手法である。そのため土地被覆分類を容易に行うことができる。

3.1 パターン展開法（Pattern Decomposition Method）

パターン展開法は、任意の画素の多重分光データが、そこに含まれる複数の土地被覆物の面積比を係数としたそれぞれの多重分光データの線形結合で表されるという概念に基づいてい

る。ユニバーサルパターン展開法の基となる解析手法である。

また、パターン展開法では任意の画素の多重分光データに含まれる情報の95%程度を3つの基本的な土地被覆物である水、植生、土壌のスペクトルパターンで展開できることを示すことにより、多次元データを3次元データに変換することを可能にしている。したがって、パターン展開法による植生の展開係数が植生の特徴の全体像を捉えた係数であることを示している。

パターン展開法では、水、植生、土壌の3つの基本的な土地被覆物の n 個の波長の換算データが作るスペクトルの形を抽出するために、衛星データから得た代表的なサンプルの換算データを規格化する。この3つの規格化したスペクトルの形のことを3つの基本パターンと呼ぶ。3つの基本スペクトルパターンは、それぞれの特徴がもっとも顕著に現れる季節、地域から分光反射率データをサンプリングし、それらの各換算データの平均から求める。

サンプリング場所は以下のようにになっている。

- 水の基本スペクトルパターン…和歌山県加太港の海
- 植生の基本スペクトルパターン…アラカシの葉を10枚重ねたもの
- 土壌の基本スペクトルパターン…中国の敦煌・鳴沙山の砂

3つの基本スペクトルパターンを図3に示す。

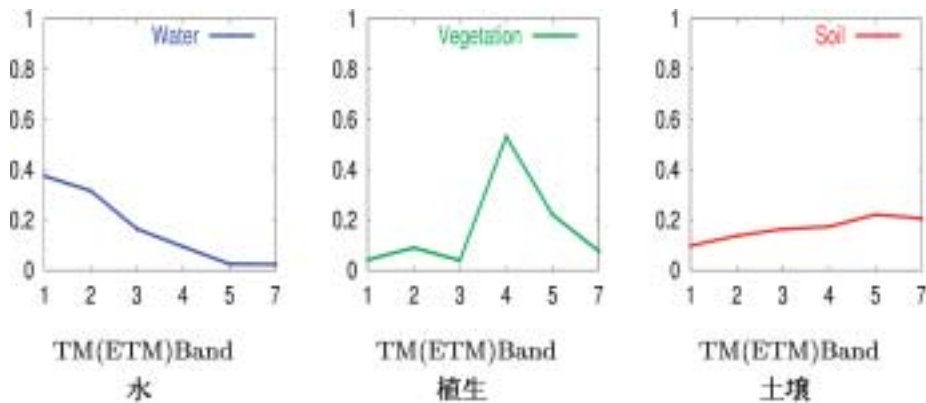


図3 PDMの基本パターン

この3つの基本パターンを用いて、任意の画素のアルベドスペクトルを展開する。この際、水 (C_w)、植生 (C_v)、土壌 (C_s) の3つの展開係数は非負条件付きで最小二乗法を使って決める。

任意の画素の n バンドの換算データ (A_1, \dots, A_n) を、水の基本パターン (P_{w1}, \dots, P_{wn})、植生の基本パターン (P_{v1}, \dots, P_{vn})、土壌の基本パターン (P_{s1}, \dots, P_{sn}) に3つの展開係数 C_w, C_v, C_s を乗じた線形結合で表す。使用バンドは熱赤外バンドを除いた6バンドを使用する。

$$\begin{aligned}
 A_{(1)} &\simeq C_w P_{w(1)} + C_v P_{v(1)} + C_s P_{s(1)} \\
 A_{(2)} &\simeq C_w P_{w(2)} + C_v P_{v(2)} + C_s P_{s(2)} \\
 &\vdots \\
 A_{(n)} &\simeq C_w P_{w(n)} + C_v P_{v(n)} + C_s P_{s(n)}
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$[\text{条件}] \quad C_w \geq 0, C_v \geq 0, C_s \geq 0 \tag{2}$$

$$\sum P_{li} = 1 \quad (l = w, v, s) \tag{3}$$

3つの基本パターン P_{wi} , P_{vi} , P_{si} はそれぞれ水・植生・土壌の基本パターンのバンド i の換算データを式 (3) のように土地被覆物ごとの和が1になるように規格化したものである。式 (1), 式 (2) より, 式 (1) における誤差がほとんど0の場合, 3つの展開係数は, 画素内の土地被覆物のアルベド和, つまり明るさを含んだ形になっている。そのため, 山陰などにおける入射光量の違いは, 3つの展開係数をそれぞれ3つの展開係数の和で割ることで補正できる。

3.2 ユニバーサルパターン展開法 (Universal Pattern Decomposition Method)

観測波長の異なる衛星センサを用いても, 土地被覆分類に用いる判定条件をそれぞれの衛星に合わせて変えることなく, 同一の条件にすることができる解析手法である。

パターン展開法からの改良ポイントとして, 必要な時につける「補足パターン: uC_4 」が付け加わり, 基本パターンの規格化の方法が変わっただけであり, その基本的な考え方は変わらない。

補足パターンは例えば, 黄色い葉のような, 植生の詳細な変化の解析などに用いられる。ユニバーサルパターン展開法では, 式 (1) は次のように変化する。

$$\begin{aligned}
 A_{(1)} &\simeq uC_w P_{w(1)} + uC_v P_{v(1)} + uC_s P_{s(1)} + uC_4 P_{4(1)} \\
 A_{(2)} &\simeq uC_w P_{w(2)} + uC_v P_{v(2)} + uC_s P_{s(2)} + uC_4 P_{4(2)} \\
 &\vdots \\
 A_{(n)} &\simeq uC_w P_{w(n)} + uC_v P_{v(n)} + uC_s P_{s(n)} + uC_4 P_{4(n)}
 \end{aligned} \tag{4}$$

UPDM では, バンド i の水・植生・土壌・黄色い葉の基本パターンの換算データは, 式 (5) のように波長 350~2500 nm の連続したスペクトルを用いて規格化される。

$$\int |P_k(\lambda)| d\lambda = \int d\lambda \quad (k = w, v, s) \tag{5}$$

$P_k(\lambda)$ は式 (6) のように定義される。

$$P_k(\lambda) = \frac{\int d\lambda}{\int |A_k(\lambda)| d\lambda} A_k(\lambda) \quad (k = w, v, s) \tag{6}$$

それぞれのバンドでの基本パターンは,

$$P_{ki} = \frac{\int_{\lambda_{si}}^{\lambda_{ei}} P_k(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda_{si}}^{\lambda_{ei}} d\lambda} \quad (k = w, v, s) \tag{7}$$

で定義される。 λ_{si} はバンド i の最短波長, λ_{ei} は最長波長を表し, $\int_{\lambda_{si}}^{\lambda_{ei}} d\lambda$ は波長幅を表す。

黄色い葉の基本パターンは、次のように定義される。

$$P_4(\lambda) = \frac{r_4(\lambda) \int d\lambda}{\int |r_4(\lambda)| d\lambda} \quad (8)$$

$r_4(\lambda)$ は、バンド i での黄色い葉の値である。

$$r_4(\lambda) = R_4 - \{uC_w P_w(\lambda) + uC_v P_v(\lambda) + uC_s P_s(\lambda)\} \quad (9)$$

ここで、 $R_4(\lambda)$ は黄色い葉のサンプルで測定された値、 $r_4(\lambda)$ は余りの値から計算できる。式 (7) から PDM と同様にして求めたパターン展開係数 $uC_w \cdot uC_v \cdot uC_s \cdot uC_4$ を水・植生・土壌・黄色い葉の係数として地上被覆物の指標にする。

本研究では、このユニバーサルパターン展開法を使って、奈良県の土地被覆の分類条件を決める。

4 ユニバーサルパターン展開法を用いた奈良県の土地被覆分類

前項で説明したユニバーサルパターン展開法を用いて実際に地上被覆物の特徴を調べ、その地上被覆物が何であるかを定めるための条件を求める。

各土地被覆毎のユニバーサルパターン展開係数の特徴を調べるために、サンプリングを行なう。このとき、サンプリングは、奈良県内 (図 1 (b)) から行なった。

また、今回サンプリングは植生域、市街域、水域、雲について行なった。植生域については 2 つの項目に分け、植生域 1 と、植生域 2 とした。(植生域 1 は、山林など、植生域 2 はゴルフ場などの芝地等に対応する)

4.1 土地被覆毎の展開係数と植生指標の特徴

各土地被覆毎の展開係数の特徴を調べるため、衛星データ画像上から、植生域、市街域、水域、雲と思われる範囲のサンプリングを行ない、それぞれの C_w , C_v , C_s , C_4 の値を求める。

植生域 1 のサンプリングは 18 地点、植生域 2 のサンプリングは 3 地点、市街域のサンプリングは 5 地点、水域のサンプリングは 14 地点、雲のサンプリングは 6 地点で行なった。また、参考までに奈良県外の水域である、大阪湾 5 地点、琵琶湖 7 地点でもサンプリングを行なった。

図 4 (a) に植生域 1、図 4 (b) に植生域 2、図 5 に市街域、図 6 に雲、図 7 (a) に水域、図 7 (b) に奈良県外の水域 (大阪湾、琵琶湖) についての C_w , C_v , C_s の頻度分布を示す。図 4 から図 7 中の、赤色は C_s 、緑色は C_v 、青色は C_w を表す。また、図 7 (b) 中のピンクは大阪湾の C_s 、水色は大阪湾の C_v 、黄色は大阪湾の C_w を表す。

図 4 (a), (b) をみてわかるように、植生域 1、植生域 2 では C_v が高くなり、 C_s が低くなる傾向がみられる。反対に図 5 の市街域では C_v が低くなり、 C_s が高くなる傾向がみられ

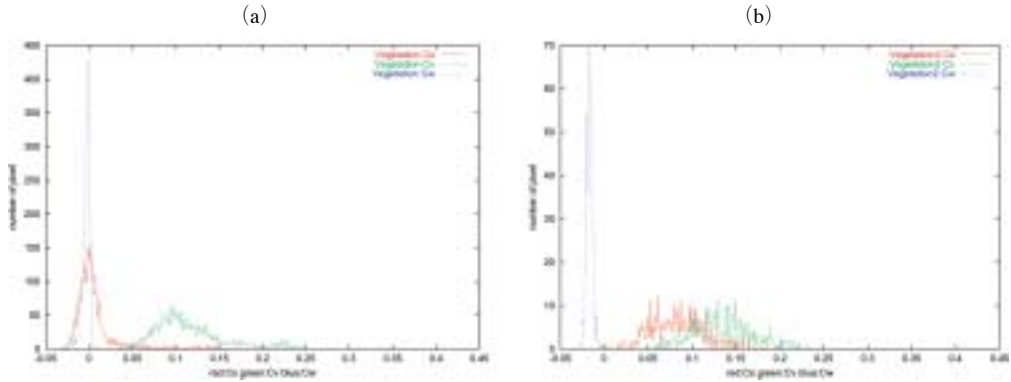


図4 (a) 植生域1のサンプル全ての Cw (青), Cv (緑), Cs (赤) の頻度分布 (b) 植生域2のサンプル全ての Cw (青), Cv (緑), Cs (赤) の頻度分布

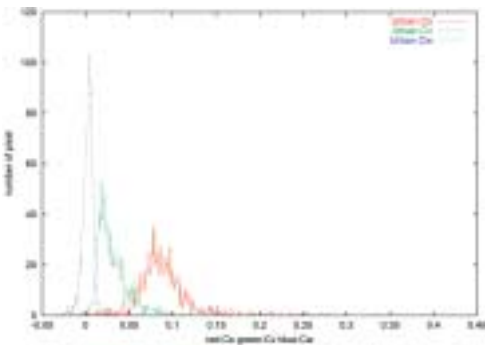


図5 市街域のサンプル全ての Cw (青), Cv (緑), Cs (赤) の頻度分布

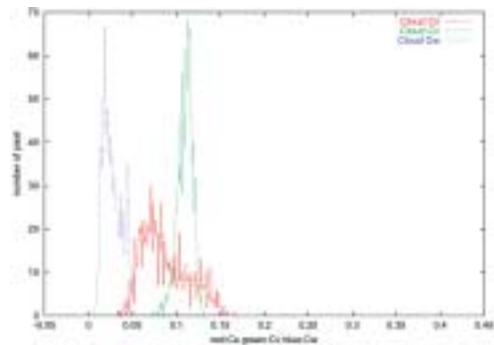


図6 雲のサンプル全ての Cw (青), Cv (緑), Cs (赤) の頻度分布

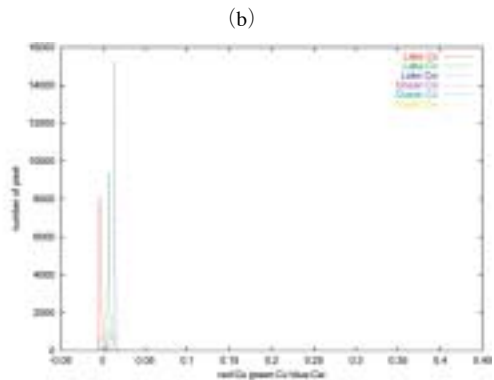
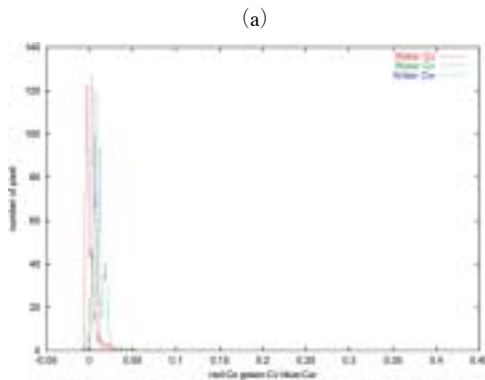


図7 (a) 水域のサンプル全ての Cw (青), Cv (緑), Cs (赤) の頻度分布 (b) 琵琶湖のサンプル全ての Cw (青), Cv (緑), Cs (赤) の頻度分布と大阪湾のサンプル全ての Cw (黄), Cv (水色), Cs (ピンク) の頻度分布

る。また、図6より、雲のサンプルでは、Cw, Cv, Cs すべてが高めの値をとっている事がわかる。さらに、図7 (a), (b) より、水域全般で、Cv, Cs が低い値をとることがわかる。

そこで、図 8 (a) に植生域 1, 植生域 2, 市街域, 雲, 水域それぞれの C_w, C_v, C_s の和, 図 8 (b) に植生域 1, 植生域 2, 市街域, 雲, 水域それぞれの C_w の値について、一緒にヒストグラムにしてみる。図 8 (a), (b) 中の、赤色は市街域の C_w, C_v, C_s の和, 緑色は植生域 1 の C_w, C_v, C_s の和, 青色は植生域 2 の C_w, C_v, C_s の和, ピンク色は雲の C_w, C_v, C_s の和, 水色は水域の C_w, C_v, C_s の和を表す。図 8 (a) からみてとれるように、雲のデータでは、 C_w, C_v, C_s の和の値が植生域 1, 市街域, 水域に比べて高い事がわかる。また、図 8 (b) からみてとれるように、雲のデータでは、 C_w の値が植生域 1, 植生域 2, 市街域, 水域に比べて高い事がわかる。

さらに、植生指標 ($MVIUPD^1$) を用いて植生域と市街域の特徴をつかむ。図 9 に植生域 1 (緑色), 植生域 2 (青色), 市街域 (赤色) についての植生指標 ($MVIUPD$) の頻度分布を示す。

植生域 2 の植生指標 ($MVIUPD$) は植生域 1 より、低い値に多く分布し、市街域よりは高い値に多く分布している事がわかる。このことから、植生域 1 は密な植生域であり、植生域 2 は

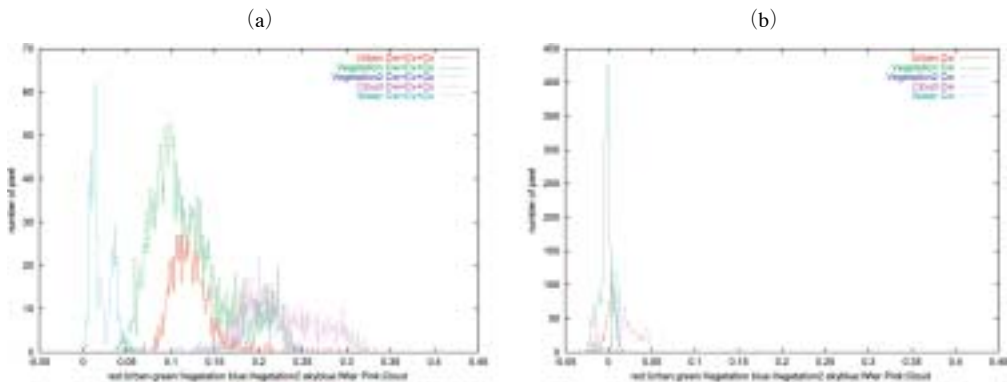


図 8 (a) $C_w+C_v+C_s$ の頻度分布 (b) C_w の頻度分布：植生域 1 (緑), 植生域 2 (青), 市街域 (赤), 雲 (ピンク), 水域 (水色)

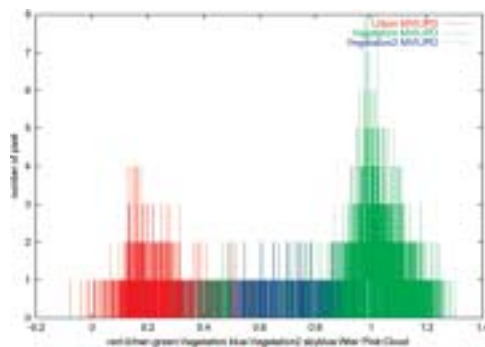


図 9 植生域 1 (緑), 植生域 2 (青), 市街域 (赤) それぞれについての植生指標 ($MVIUPD$) の頻度分布

表2 それぞれの分類項目におけるユニバーサルパターン展開係数と植生指標の平均値と標準偏差 (Σ は、Cw, Cv, Cs の和を表す)

	平均値	標準偏差		平均値	標準偏差		平均値	標準偏差		平均値	標準偏差		平均値	標準偏差
植生域 1			植生域 2			市街域			雲			水		
Cw	-0.031	0.005		-0.016	0.003		0.003	0.006		0.028	0.011		0.008	0.003
Cv	0.116	0.041		0.135	0.034		0.031	0.018		0.111	0.009		0.011	0.008
Cs	0.007	0.026		0.082	0.029		0.090	0.032		0.088	0.027		0.002	0.007
Σ	0.120	0.043		0.201	0.022		0.124	0.028		0.226	0.041		0.021	0.014
MVIUPD	1.015	0.158		0.722	0.143		0.139	0.171		0.295	0.108		0.029	0.537

素な植生域であると考えられる。

表2にそれぞれの分類項目の展開係数の平均値と標準偏差を記す。

4.2 土地被覆分類条件と分類のカテゴリー

以上の事から、植生域1、植生域2、市街域についてはMVIUPDの値を用いて条件を決め、雲についてはCw, Cv, Csの和、Cwの値で条件を決め、水域についてはCv, Cs値を用いて条件を決める。植生域、市街域、雲についての分類条件はそれぞれ平均値からの差が、95%のデータが入る 2σ までの値として決め、水域についての分類条件はそれぞれ平均値からの差が、99.7%のデータが入る 3σ までの値として決めた。(重なる範囲は中心で区切る)

分類のカテゴリーは以下のものとした。

- 植生域
- 市街域
- 雲
- 水域

結果、それぞれの分類項目の条件は表3のようになった。ただし、判定の優先度は表の上部ほど高い。また、どの観測点もいずれかのカテゴリーに分類される。

この分類条件を植生域1、植生域2、市街域、雲、水域の分布を特徴的に表す散布図にのせると図10、図11、図12のようになる。

表3 分類項目の条件

分類項目	Cw	Cv	Cs	Σ	MVIUPD
雲	$0.007 \leq Cw$			$0.144 \leq \Sigma$	
水域		$Cv \leq 0.035$	$Cs \leq 0.022$		
植生域					$0.458 \leq MVIUPD$
市街域					$MVIUPD < 0.458$

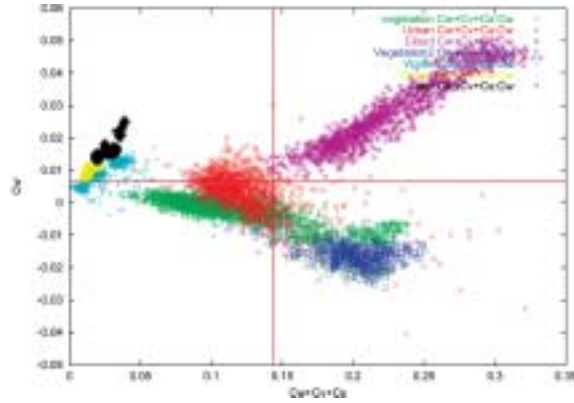


図 10 Cw+Cv+Cs と Cw の関係 Green：植生域 1 Blue：植生域 2 Red：市街域 Pink：雲 Skyblue：水域 Black：琵琶湖 Yellow：大阪湾

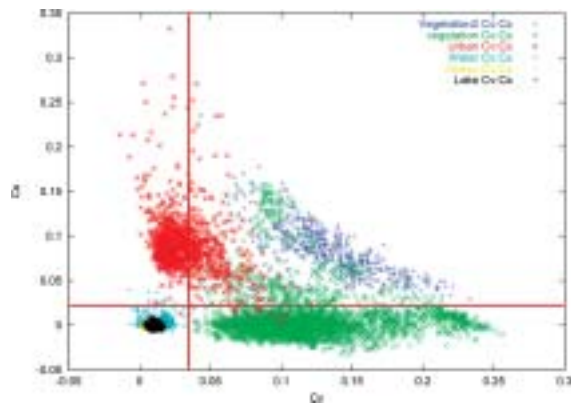


図 11 Cv と Cs の関係 Green：植生域 1 Blue：植生域 2 Red：市街域 Sky-blue：水域 Black：琵琶湖 Yellow：大阪湾

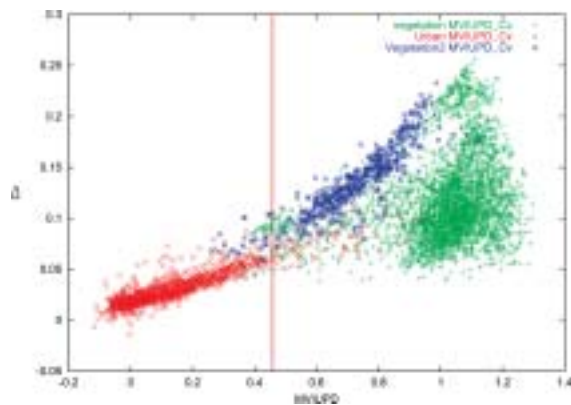


図 12 MVIUPD と Cv の関係 Green：植生域 1 Blue：植生域 2 Red：市街域

図 10 は $Cw+Cv+Cs$ 対 Cw の関係を表す。図中の緑色のプロットは植生域 1 を、青色のプロットは植生域 2 を、赤色のプロットは市街域を、ピンク色のプロットは雲のプロットを、水

色のプロットは水域を、黒色のプロットは琵琶湖を、黄色のプロットは大阪湾を表し、赤いラインは雲とその他の領域を分ける境界線、 $C_w=0.007$, $\Sigma=0.144$ を表す。

図 11 は C_v 対 C_s のプロットを表す。図中のプロットの色分けは図 10 と同様である。赤いラインは水域と植生域 1, 植生域 2, 市街域を分ける境界線、 $C_v=0.035$, $C_s=0.022$ を表す。

図 12 は植生指標 (MVIUPD) 対 C_v のプロットを表す。図中のプロットの色分けは図 10 と同様である。赤いラインは植生域 1 植生域 2 と, 市街域を分ける境界線, 植生指標=0.458 を表す。

4.3 奈良県の土地被覆分類結果

この分類条件を用いて図 1 (b) の 1985 年 8 月 24 日の奈良県付近の衛星データ画像を分類した結果は図 13 のようになる。



図 13 1985 年 8 月 24 日の奈良県付近の衛星データ画像を分類 Green : 植生域 Blue : 市街域 Red : 水域 Gray : 雲

5 分類結果の検証

前項までで決定された土地被覆分類条件の妥当性を検証するために、国土地理院による土地利用データとの比較を行なう。

衛星データも、土地利用データも奈良県全域をカバーしていないため、どちらのデータも揃っている奈良市について比較検討を行なった。

5.1 検証の前処理

5.1.1 検証分類項目の統一

衛星データと、土地利用データでは、分類項目が一致しないため、土地利用データの分類項目をまとめ直す。

土地利用データの分類項目は、比較時期を考え山林の他に、田、畑の 3 項目を植生域とし、工業用地、住宅地、商業用地、道路用地を市街域とし、河川、湖沼などを水域、その他を実際の土地被覆の状態が正確に現れていないものとして検証の際には項目から外した。

- 衛星データの分類項目

ー 植生域 1 → 植生域

- ー植生域 2 →植生域
- ー市街域 →市街域
- ー雲 →雲
- ー水域 →水域

• 土地利用データの分類項目

- ー山林 →植生域
- ー田 →植生域
- ー畑 →植生域
- ー工業用地, 住宅地, 商業用地 →市街域
- ー住宅地 →市街域
- ー道路用地 →市街域
- ー河川・湖沼等 →水域
- ー公園・緑地等 →不適
- ー造成中地, その他(基地, 皇室関係),
 その他公共公益施設用地 →不適
- ー空き地 →不適

5.1.2 衛星データと土地利用データの位置合わせ

今回使用した 1985 年 8 月 24 日 TM センサの衛星データの空間分解能が 30 m なのに対し、土地利用データの空間分解能は 10 m である。そこで、TM データ 1 画素の対し、土地利用データ 3×3 画素が対応するようにした。土地利用データに対しては、3×3 画素中 50% 以上 (9 画素中 5 画素) の植生域が含まれる画素を植生域とし、対応する TM 1 画素を比較した。

5.2 奈良市の分類結果の検証 1

5.2.1 分類結果の正答率

図 14 に 1985 年、奈良市の土地利用データと 1985 年 8 月 24 日の奈良市上の衛星データを、先に決めた分類条件で分類したものの差画像を示す。図 14 の色分けの項目は表 4 に記す。

正当率は以下の式より求めた。

$$\text{正当率} = \frac{\text{両データが同じ分類項目と判定した画素数}}{\text{土地利用データがその分類項目と判定した画素数}}$$

結果、植生域の正当率は 95%、市街域の正当率は 77%、水域の正当率は 14% となった。

5.3 奈良市の分類結果の検証 2

図 14 中で、分類の不一致を表しているのは黄色、黒色、ピンク色、オレンジ色の領域である。この分類の不一致がでた主な理由について以下に述べる。

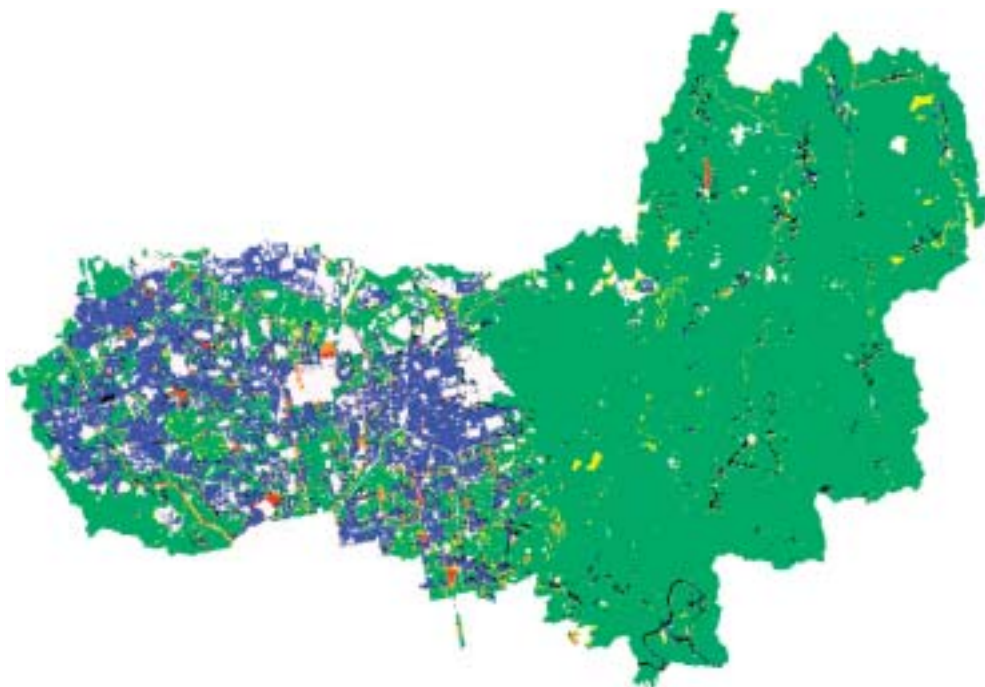


図14 1985年、奈良市の土地利用データと1985年8月24日の奈良市上の衛星データの差画像

表4 図14の色分けの項目

	土地利用データ	衛星データ
緑	植生域	植生域
黄	植生域	市街域
青	市街域	市街域
黒	市街域	植生域
ピンク	植生域 or 市街域	水域
赤	水域	水域
オレンジ	水域	植生域 or 市街域
白		雲
白	不適	

まず、黄色の領域について試みる。この領域は、土地利用データが「植生域」と判定したのに対し、衛星データが「市街域」と判定した領域である。今回の分類で不一致になった大きな黄色の領域は土地利用データで「畑」とされている領域である。「畑」というのは実際には常に植生で覆われているわけではなく、土壌がむき出しになっていることも多い。そのため、「植生域」ではなく、「市街域」と判定されたのではないかと考えられる。次に、黒色の領域について試みる。この領域は、土地利用データが「市街域」と判定したのに対し、衛星データ

が「植生域」と判定した領域である。今回の分類で不一致になった大きな黒色の領域は土地利用データで「住宅地」や「道路」とされている領域である。今回この不一致は山間の住宅地や、道路といった狭い領域で多くでている。よって、この不一致は両データの空間分解能が異なるためではないかと考えられる。土地利用データの空間分解能は 10 m、衛星データの空間分解能は 30 m であるので狭い「市街域」を衛星データで「市街域」と判別することができなかったのではないかとと思われる。最後に、水域についての不一致をみる。これは図 14 中でピンク色、オレンジ色になっている領域である。ピンクの領域は土地利用データが「植生域」または「市街域」としたのに対し、衛星データが「水域」としたものである。このような不一致はほとんどなく、奈良市全体が 234234 ピクセルある中の 83 ピクセルしかなかった。また、オレンジ色の領域は土地利用データが「水域」としたのに対し、衛星データが「植生域」または「市街域」としたものである。この不一致は 3516 ピクセルあり、両データが「水域」と判定した 561 ピクセルに比べ非常に多い。この不一致も両データの空間分解能が異なるためではないかと考えられる。奈良市内の狭い水域では土地利用データで「水域」と判別できても衛星データで「水域」と判別することができなかったのではないかとと思われる。

つまり、ほとんどの不一致が、土地利用データと衛星データの空間分解能の違いからくるものである。よって、分類条件の設定は妥当なものであったといえる。

5.4 奈良県の植被率

この分類条件を用いて、奈良県の植被率を求めた。

用いた式は以下に記す。

$$\text{植被率} = \frac{\text{衛星データが「植生域」と判定した画素数}}{\text{全画素数} - \text{奈良県外画素数} - \text{「雲」と判定した画素数}}$$

注：この式に代入した値は、奈良県領域がおよそ 15% 切れた図 13 の領域のものである。

結果、奈良県の植被率は 90% となった。

6 まとめと今後の課題

今回の研究では、1985 年 8 月 24 日の衛星データについて衛星データ画像とデジタルマップの位置合わせを行ない、奈良県についての各土地被覆ごとのユニバーサルパターン展開係数の特徴を調べた。そして、この係数を用いて、各土地被覆を分類することのできる条件を決め、これにより、奈良県の植被率を求めることができた。また、土地利用図と比較することで、この分類条件の精度の検証も行なった。

今後は、異なる衛星センサの搭載されている、1970 年代や、2000 年代の土地被覆分類行ない、経年変化や、季節変化を見ていくことで、広い視野で、自然環境変動を把握していき

い。

謝辞

本研究で使用した Landsat データは、宇宙航空研究開発機構 (JAXA) より、研究用として提供されたものである。

また、本研究は文部科学省フロンティア推進事業 (平成 11 年～平成 20 年度) により行われた。ここに感謝の意を表したい。

注

1 植生指標 ($MVIUPD$) =
$$\frac{C_v - C_w - 0.2 \times C_s - C_4}{C_w + C_v + C_s}$$

参考文献

- [1] Daigo, M., Ono, A., Urabe, R., and Fujiwara, N. 「Pattern decomposition method for hyper-multispectral data analysis.」. *Int. J. Remote Sensing*, 25(6), 1153–1166. 2004.
- [2] Fujiwara, N., Muramatsu, K., Furumi, S., Hazumi, T., and Ochiai F. 「Pattern expand method for satellite data analysis. (In Japanese)」. *J. of Remote Sensing Soc. Japan*, 16(3), 17–34 1996.
- [3] Muramatsu, K., Furumi, S., Hayashi, A., Fujiwara, N., Daigo, M., and Ochiai F. 「Pattern decomposition method in the albed space for landsat/TM and MSS data analysis.」. *Int. J. Remote Sensing*, 21, 99–119. 2000.
- [4] 古海 忍, 林 礼美, 塩野由美子, 村松加奈子, 藤原 昇. 「Landsata/MSS, TM データを使ったパターン展開法による関西地域の植生変動解析」. *日本リモートセンシング学会誌 Vol. 17, No. 4*, pp. 34–49, 1997.
- [5] L. F. Zhang, S. Furumi, K. Muramatsu, N. Fujiwara, M. Daigo and L. P. Zhang 「Sensor-independent analysis method for hyper-multispectral data based on the pattern decomposition method」. Department of Economics, Doshisha University, Working Paper No. 17 2004
- [6] L. F. Zhang, S. Furumi, K. Muramatsu, N. Fujiwara, M. Daigo and L. P. Zhang 「A New Vegetation Index Based on the Universal Pattern Decomposition Method」. Department of Economics, Doshisha University, Working Paper No. 18 2004.
- [7] Yan XIONG 「人工衛星データによる全球陸域純一次生産量の推定手法に関する研究」. 博士学位論文, 奈良女子大学, 2005.