

都市域の熱環境解析のための詳細土地被覆情報に関する基礎的研究

A Study of Extracting Fine Land Cover Information
for Analyzing Urban Heat Environment

吉川 拓未¹

Takumi Yoshikawa

廣田 福太郎²

Fukutaro Hirota

大西 暁生¹

Akio Onishi

森杉 雅史¹

Masafumi Morisugi

井村 秀文¹

Hidefumi Imura

ABSTRACT: For the analysis of urban heat environment in Japan, Fine land cover information is necessary. In this study, fine land cover information in Nagoya city was supervised-classified with maximum likelihood. The misclassified items were then grouped and the sample data were organized. A measurement of the individual data group was also conducted by configuring threshold. As the result, more accurate and effective information on urban heat environment analysis was obtained

KEYWORDS : urban heat environment, fine land cover information

1 はじめに

近年、都市への人口及び経済活動の集中に伴い、都市のコンクリート化、緑地の減少などが進んでいる。それに加え、都市の消費エネルギーの増加による人工廃熱により都市の熱環境は悪化し、ヒートアイランド現象などの熱環境問題が顕在化してきている。図 1.1 を見ると、名古屋市内においても平均気温が年々上昇しており、熱環境の悪化が進んでいる事がわかる。こうした都市域の熱環境問題を改善することは環境保全上重要な問題であり、環境問題に対する意識が高まる昨今ではその対策を求める社会的要請も強い。しかしそれらの対策を講じるためには都市域の熱環境を十分に把握することが不可欠である。

都市域の熱環境解析には熱収支モデルを用いて行う方法がある。その解析には都市域の熱環境を決定する主要因子である地表面状態を把握することが必要となる。地表面状態を把握する方法としては、リモートセンシング、行政情報の利用、現地調査など様々な方法があり、その中でもリモートセンシングは広域性、同時性、反復性という点で優れているため利用頻度が高い。しかしこれまでリモートセンシングで用いられてきた衛星データは地上分解能が低いため、都市域という狭い地域の解析に用いるには十分な精度を持たず、地表面状態を正確に把握することは困難であった。ところが近年利用が可能となった高分解能衛星データは、これまでの衛星データに比べ地上分解能が飛躍的に高くなっており、これは都市域など狭い地域の解析に非常に有効であると考えられる。しかしその一方で、高分解能衛星データの持つ情報量は複雑かつ膨大であるため、そこから正確な地表面状態の情報を抽出することは難しく、その情報が十分に活用されているとはいえない。

そこで本研究では、都市域の熱環境解析のための詳細土地被覆情報抽出を目指した。まず都市域の熱環境解析に使用される一次元熱収支モデルのパラメータ設定に必要な土地被覆情報の分類項目を定め、それに基づき衛星データを教師付き分類によって土地被覆分類した。さらにその分類結果について閾値などを新たに設定することにより、精度の高い土地被覆情報の抽出可能性の検討を行った。

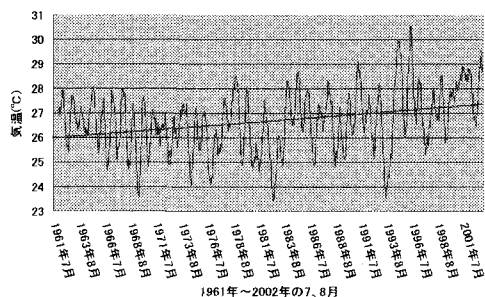


図 1.1 名古屋市の夏の平均気温の推移

¹ 名古屋大学大学院環境学研究科 Graduate School of Environment, Nagoya University

² 富士通エフ・アイ・ピー株式会社 FUJITU FIP CORPORATION

2 土地被覆分類

2.1 本研究での分類項目

本研究では、一次元熱収支モデルのパラメータ設定に必要で、かつ都市域の土地被覆を十分満足しているような分類項目の設定を行った。

熱環境解析に使われるためのパラメータとして、アルベド、粗度長、熱容量、蒸発能、熱伝導率がある。各パラメータとその決定因子の関係を図 2.1 に示す。

このうちリモートセンシングを用いた土地被覆分類では地表面の材質や色、構造物の配置、緑地のばらつきを把握することが可能なため、これらを考慮して表 2.1 のように分類項目を定めた。

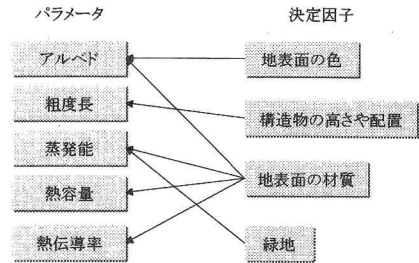


図 2.1 熱環境解析のパラメータとその決定因子

表 2.1 分類項目

コンクリート	水	土壌	黄土色	塗料	赤色	金属	赤色
木	影		緑色		青色		青色
草	アスファルト		赤茶色		灰色		緑色

2.2 予備分類

表 2.1 の分類項目に関して、予備分類として、最尤法により教師付き分類を行った。グランドトゥルース画像とその分類結果を図 2.3、図 2.4 に示す。今回の分類結果からは表 2.2 のような誤分類が確認できた。



図 2.3 グランドトゥルース画像



図 2.4 分類結果

アスファルト
コンクリート
木
草
黄土色
緑色
赤茶色
赤色
青色
灰色
赤色
青色
緑色
水
影

表 2.2 誤分類項目

3 分類精度向上の検討

3.1 グループ化

第 2 章で述べたように、最も一般的な手法である最尤法による教師付き分類を行っても誤分類が多く存在し、詳細な土地被覆情報を正確に抽出しているとは言い難い。そこで本研究では、第 2 章の教師付き分類結果をベースに、誤分類の多かった項目や特性の類似している項目をグループ化し、それぞれのグループに対し個別の対策をとることで土地被覆情報の精度の高い抽出を試みた。グループについてまとめたものを表 3.1 に示す。

3.2 手法

本研究では、分類精度向上のために、以下の 4 種類の手法を用いた。

- 1) Band の反射率 (DN 値) に対して閾値を設定

これはトレーニングデータの各 Band の DN 値をヒスト

分類項目	誤分類された項目
アスファルト	土壌(緑色)、塗料(灰色)、水、影
コンクリート	土壌(黄土色)
木	草、金属(緑色)
草	木、金属(緑色)
黄土色	コンクリート
緑色	塗料(灰色)、アスファルト、水、影
赤茶色	塗料(赤色)、金属(赤色)
水	塗料(青色)、土壌(緑色)、アスファルト、影
影	塗料(青色)、土壌(緑色)、塗料(灰色)、アスファルト、水
赤色	土壌(赤茶色)、金属(赤色)
青色	水、影、金属(青色)、金属(緑色)
灰色	土壌(緑色)、アスファルト、水、影
赤色	塗料(赤色)、土壌(赤茶色)
青色	塗料(青色)、金属(緑色)
緑色	木、草、塗料(青色)、金属(緑色)

表 3.1 グループ名とその構成

グループ名	グループに含まれる分類項目
植生	木、草
グループA	コンクリート、土壌(黄土色)
グループB	アスファルト、塗料(灰色)、土壌(緑色)、水、影
グループC	塗料(青色)、金属(青色)、金属(緑色)
グループD	塗料(赤色)、金属(赤色)、土壌(赤茶色)

グラムで表し、そのヒストグラム上で閾値を設定する方法である。例えば影と塗料（青色）に関しては、Band1において図 3.1 のように閾値を設定した。

2) 分光特性の Band 間の傾きに対して閾値を設定

これは分光特性の各 Band 間の傾きの違いに対し、閾値を設定する方法である。その際、分光特性の傾きをヒストグラムで表し、ヒストグラム上で閾値を設定した。例えば、図 3.2、図 3.3 はそれぞれ木と金属（緑色）の分光特性と、Band2 から Band3 にかけての傾きをヒストグラムで表したものである。ここでは図 3.3 のように閾値を設定した。本研究で使用したデータ中には DN 値が 0 のピクセルが存在するため、各バンドの DN 値に 1 を足したものを使用しバンド間演算を行ったが、それぞれを Band2+1, Band3+1 という形で表記した。

3) NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) の利用

これは、植生を推定するために一般的に用いられる正規化植生指標 NDVI を用いる方法である。各分類項目について、NDVI を求め、それについて閾値を設定した。

4) 誤分類箇所のトレーニングデータを再取得し、それを反映させて再度教師付き分類

誤分類された分類項目間において、Band の DN 値や分光特性の傾きに差が見られない場合、閾値設定が困難である。このような場合、教師付き分類結果での誤分類箇所のトレーニングデータを再取得し、それを反映させて、再度教師付き分類を行った。

以上の手法を用いて、各グループにおいて、手法の適切な組み合わせを考察し、各分類項目の抽出のフローを設定した。

3.3 木、草の抽出

植生の木、草の抽出のフローを図 3.4 に示す。

そして木、草の抽出結果を図 3.5 に示す。図 3.5 は左から教師付き分類結果、グランドトゥールース画像、閾値設定後の抽出結果である。

抽出結果を教師付き分類結果と比較すると、画像中央下側の建物の屋上の誤分類が減少していることが分かる。また全体的に本来よりも多く抽出されていた木、草に関して誤分類箇所が除去されている。

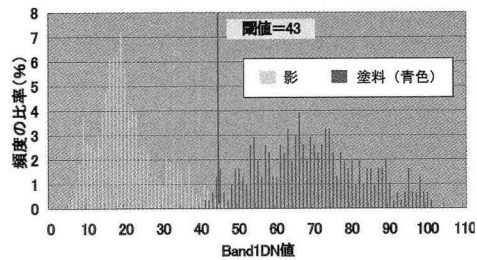


図 3.1 影と塗料（青色）の Band1 の DN 値

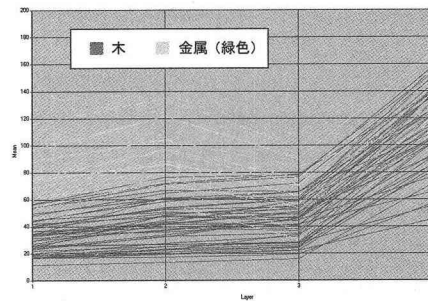


図 3.2 木と金属（緑色）の分光特性

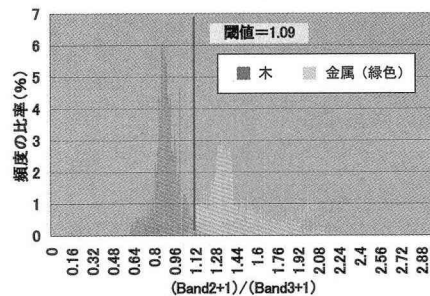


図 3.3 分光特性の傾きのヒストグラム

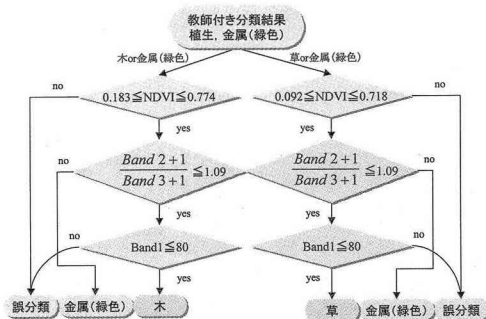


図 3.4 木、草の抽出のフロー



図 3.5 木、草の抽出結果

3.4 コンクリート、土壌（黄土色）の抽出

グループ A のコンクリートと土壌（黄土色）の抽出のフローを図 3.6 に示す。そしてその抽出結果を図 3.7 に示す。図 3.7 は左から教師付き分類結果、グランドトゥールズ画像、トレーニングデータ再取得後の抽出結果である。

抽出結果を教師付き分類結果と比較すると、画像右側のコンクリート道路の誤分類や、画像左上の公園の土壌（黄土色）の誤分類が減少している。



図 3.7 コンクリート、土壌（黄土色）の抽出結果

3.5 水、影の抽出

グループ B のうち、水と影の抽出のフローを図 3.8 に示す。そしてそれらの抽出結果を図 3.9 に示す。図 3.9 は左から教師付き分類結果、グランドトゥールズ画像、閾値設定後の抽出結果である。

抽出結果を教師付き分類結果と比較すると、画像左上の学校のプールの部分が抽出できており、全体的に水と影の誤分類が減少していることが分かる。しかし、教師付き分類結果よりも精度向上は認められたものの、若干の誤分類も確認することができた。水と影はその分光特性や統計情報の特徴が非常に良く似ており、様々な点から閾値設定の可能性を探ったが明確な差が出たものがなく、閾値を設定しても二つを明確に分離することはできなかった。それが誤分類の残った原因であると考えられる。

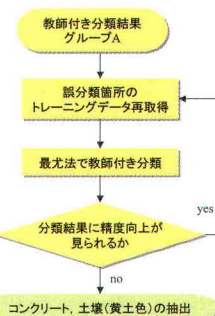


図 3.6 コンクリート、土壌（黄土色）の抽出のフロー

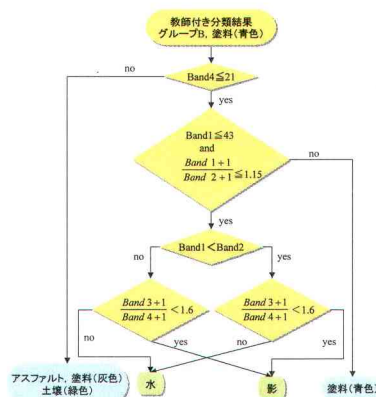
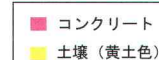


図 3.8 水、影の抽出のフロー



図 3.9 水、影の抽出結果

3.6 塗料（灰色）、アスファルト、土壌（緑色）の抽出

グループBのうち、塗料（灰色）、アスファルト、土壌（緑色）の抽出のフローを図 3.10 に示す。そしてそれらの抽出結果を図 3.11 に示す。図 3.11 は左から教師付き分類結果、グランドトゥルース画像、閾値設定後の抽出結果である。

抽出結果を教師付き分類結果と比較すると、画像右側のグランドの土壌（緑色）がより高精度に抽出できていることが分かる。しかし分類精度の向上が見られたものの、誤分類も多く存在する。これは塗料（灰色）とアスファルトの閾値設定ができなかったことが大きく影響していると思われる。また、アスファルトと土壌（緑色）についても、それらを明確に分類する閾値の設定が困難であった。このことも誤分類が存在する原因である。

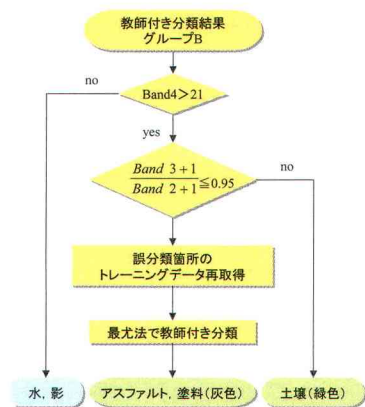


図 3.10 塗料（灰色）、アスファルト、
土壌（緑色）の抽出のフロー

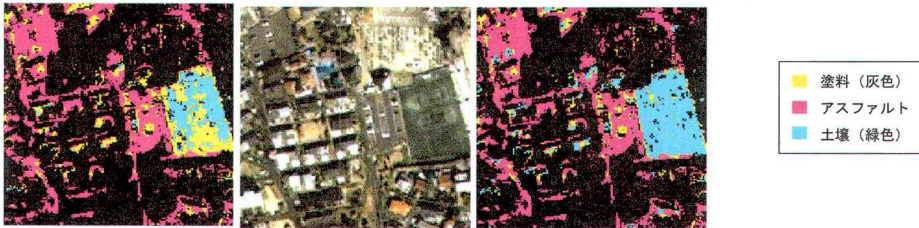


図 3.11 塗料（灰色）、アスファルト、土壌（緑色）の抽出結果

3.7 塗料（青色）、金属（青色）、金属（緑色）の抽出

グループCのうち、塗料（青色）、金属（青色）、金属（緑色）の抽出のフローを図 3.12 に示す。そしてその抽出結果を図 3.13 に示す。図 3.13 は左から教師付き分類結果、グランドトゥルース画像、閾値設定後の抽出結果である。

抽出結果を教師付き分類結果と見比べると、画像右上の屋根の金属（緑色）がより抽出できている。しかし閾値を設定することで、抽出できない部分も現れた。この原因として、閾値を設定するということは、その値の範囲外のを除去して抽出するというので、それにより抽出されない部分が存在してしまうためであると考えられる。つまりトレーニングデータの取得によって閾値の範囲が変わるため、塗料などのサンプルを取得しにくい項目に関しては、閾値を設定することが一概に分類精度の向上に貢献するとは言えない。

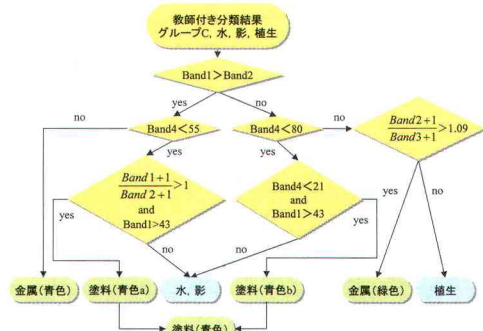


図 3.12 塗料（青色）、金属（青色）、
金属（緑色）の抽出のフロー

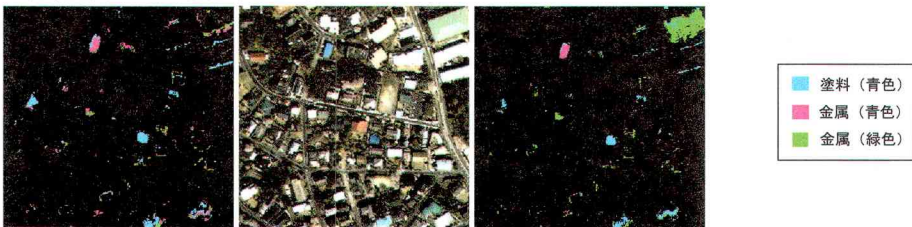


図 3.13 塗料（青色）、金属（青色）、金属（緑色）の抽出結果

3.8 塗料（赤色）、金属（赤色）、土壌（赤茶色）の抽出

グループ D の塗料(赤色)、金属(赤色)、土壌(赤茶色)の抽出のフローを図 3.14 に示す。そしてその抽出結果を図 3.15 に示す。図 3.15 は左から教師付き分類結果、グランドトゥールース画像、トレーニングデータ再取得後の抽出結果である。

抽出結果を教師付き分類結果と比較すると、画像左上のグラウンドの土壌(赤茶色)や右上の体育館の屋根の金属(赤色)がより抽出できている。また全体的に多く見られた塗料(赤色)が減少していることも分かる。しかし教師付き分類結果よりも精度の向上が見られるものの、明確な閾値の設定ができなかったため、誤分類も多く残っている。



図 3.15 塗料（赤色）、金属（赤色）、土壌（赤茶色）の抽出結果

3.9 抽出結果のまとめ

各分類項目のサンプルピクセルのうち、どれだけ正確に分類されたかを表す、分類の適合率を表 3.2 と表 3.3 に示す。これらから教師付き分類結果に比べ、抽出結果は適合率が大きくなっており、分類精度が向上していると言える。しかし、適合を検討した箇所のサンプル数が 30 と少ないことと、サンプルの取得箇所により適合率が大きく変わることにより、適合率の信頼性はあまり高くない。よって本研究ではこの適合率を精度評価の参考程度とし、目視での評価を重視している。

4 結論

4.1 研究のまとめ

本研究で得られた結果を以下に示す。

- 1) 本研究で定めた分類項目のうち、次の項目において教師付き分類結果よりも精度向上が見られた
 - a) 木、草、水、影、塗料(青色)、金属(青色)、金属(緑色)、土壌(緑色)に関しては、閾値を設定することにより、教師付き分類の分類結果よりも精度の向上が見られた。
 - b) コンクリート、土壌(黄土色)に関しては、教師付き分類結果での誤分類箇所のデータを反映して再度教師付き分類を行うことにより、精度の向上が見られた。
- 2) 本研究で定めた分類項目のうち、アスファルト、塗料(灰色)、塗料(赤色)、

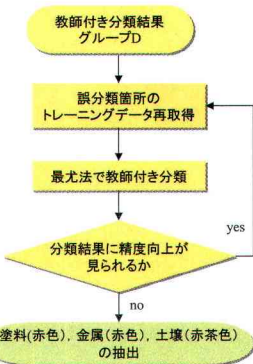


図 3.14 塗料（赤色）、金属（赤色）、土壌（赤茶色）の抽出のフロー



表 3.2 教師付き分類の適合率

分類項目	適合率(%)	
アスファルト	80.0	
コンクリート	73.3	
木	93.3	
草	80.0	
土壌	黄土色	96.7
	緑色	93.3
	赤茶色	90.0
	赤色	93.3
塗料	青色	76.7
	灰色	50.0
	赤色	90.0
金属	青色	96.7
	緑色	73.3
	水	70.0
影	86.7	
平均	82.9	

表 3.3 抽出結果の適合率

分類項目	適合率(%)	
アスファルト	90.0	
コンクリート	100.0	
木	93.3	
草	90.0	
土壌	黄土色	100.0
	緑色	93.3
	赤茶色	90.0
塗料	赤色	96.7
	青色	80.0
	灰色	73.3
金属	赤色	96.7
	青色	90.0
	緑色	76.7
水	73.3	
影	93.3	
平均	89.1	

金属(赤色)、土壌(赤茶色)に関しては、教師付き分類結果よりも精度向上が見られたものの、誤分類が多く残る抽出結果となった。

4.2 今後の課題

本研究では教師付き分類の分類結果を用いて、閾値などを設定することでより精度の高い抽出を目指し、その方法でほとんどの項目について精度の向上が見られた。しかし都市域の土地被覆は非常に複雑でなおかつ微小要素が多く、本研究のような簡便な方法で完全に土地被覆情報の抽出ができるとは言い難い。本研究で取得した分類項目の分光特性についても、材質との物理的な関連性を示すことができず一般的特徴を示しているとは言えない。よって本研究で用いた値を一般的に他の都市域のデータにおいて使用することはできないと考えられる。また IKONOS には観測波長帯が 4 バンドしかなく画像上の土地被覆情報を判読する材料が少ない。そのため、いまだ従来の衛星の利用価値は高く、それぞれの衛星データの利点を組み合わせた利用や、外部の知識情報として GIS などを利用することで、より正確な解析が可能であると思われる。

参考文献

- 瓜生良知, 上野賢仁, 井村秀文(1991):都市の熱環境制御手法に関する研究(第2報), 環境システム研究 vol.19, pp.83-88
- 上野賢仁・井村秀文(2002):高分解能衛星画像を用いた都市域の土地被覆状況と衛星輝度温度との比較解析, 第30回環境システム研究論文発表会講演集, pp.285-290
- 上野賢仁, 森圭太郎, 前田利家, 瓜生良知, 井村秀文(1992):都市の熱環境制御に関する研究, 環境システム研究 vol.20, pp.262-269
- 上野賢仁, 永嶋聡志, 井村秀文, 楠田哲也(1990):都市の熱環境制御手法に関する研究, 環境システム研究 vol.18, pp.101-106
- 近藤純正(2000):地表面に近い大気の科学, 東京大学出版会
- 中村英夫, 清水英範(2000):測量学, 技報堂出版, 385p.
- 日本リモートセンシング協会(1989):リモートセンシング用語辞典, 共立出版, 5p.
- 長谷川均(1998):リモートセンシングデータ解析の基礎, 古今書院, pp78-86
- ERSDAC(2001):宇宙からの地球観測, ERSDAC, 1p., pp.227-258
- 環境省(2002):ヒートアイランド対策に資する施策の状況調査(名古屋市), <http://www.env.go.jp/>
- 環境省(2001):平成 12 年度ヒートアイランド現象の実態解析と対策のあり方について報告書(増補版), pp.3-14, <http://www.env.go.jp/>
- 日本スペースイメーシング(2003):<http://www.spaceimaging.co.jp/>
- RESTEC(2003):<http://www.restec.or.jp/>