

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
Comparison of land cover conditions using high-resolution satellite image and satellite
brightness temperature of urban area

上野賢仁*

井村秀文**

Takahito UENO* and Hidefumi IMURA**

ABSTRACT; The brightness temperature observed by satellite is very useful for assessing area-wide temperature distributions for the study of thermal environment problems of urban areas. Satellite data is also useful for providing information on land cover. The recent development of high-resolution satellite images means that detailed analyses can now be expected. In this study, satellite brightness temperature information by LANDSAT TM band 6 was analyzed and compared with land cover information acquired from the high-resolution satellite, IKONOS, and the relationship between them examined. In the first analysis, the relationship between the value of the LANDSAT TM band 6 and the proportion of green covered area from IKONOS NDVI was examined. In the second analysis, a regression analysis carried out in which the data of LANDSAT TM band 6 were the dependent variables, and the land cover proportion obtained from IKONOS satellite image were the independent variables. Although it could not be said that the result of the first analysis was not very good, a better relationship was obtained from the second analysis than from the first.

KEYWORDS; urban climate, brightness temperature, LANDSAT TM band 6, land surface conditions, high-resolution satellite, IKONOS

1. はじめに

都市熱環境問題を考えるとき、広域の温度情報を把握することは非常に重要であり、その目的のためには衛星データから得られる輝度温度情報が役に立つ。また同時に、都市の地表面状態を把握するのに衛星データは有用で不可欠といっても良い。これまでの衛星では、分解能数十mの画像しか得られなかったが、今では1m程度の高分解能画像を入手することができる。温度情報についてはまだ高密度の情報が得られるわけではないが、土地被覆状況については格段の進展が期待できる。

衛星データを用いれば、都市温度と被覆状況の関係を比較的容易に評価することが可能であり、そうした研究事例は良く見られる。また、衛星情報を必ずしも使用しないが、都市域の温度分布（気温分布）を土地利用（または土地被覆）状況や割合で説明しようとする試みも特に建築分野で報告されている。両者の比較分析は衛星データを用いれば容易になる反面、これまでの衛星画像は土地被覆情報の分解能が低く、細密な分析は難しかった。この点1m分解能の衛星画像を使用できる現在、細密な検討が容易に実現できるものと期待される。広域の詳細な情報（しかもデジタルな情報）を用いて解析することによって、都市域の高温化を決定づける土地被覆について、これまでも増して貴重な知見を得ることが可能になると思われる。

以上の考えから本研究では、都市の温度分布と土地被覆状況の両情報を得る手段として衛星データを用い、輝度温度情報にLANDSAT TMバンド6を、土地被覆情報に高分解能衛星（IKONOS画像）を用いて、両者の関係を解析した。

*崇城大学 工学部 環境建設工学科 Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sojo University

**名古屋大学大学院 環境学研究科 Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University.

2. 解析内容

(1) 解析概要

図-1に本研究の解析概要を示す。まず、①解析対象範囲についてLANDSAT衛星画像から輝度温度情報を、IKONOS衛星画像から詳細な土地被覆状況を得た。次に、②緑被率に着目し、LANDSAT TMバンド6（輝度温度情報）との関係を調べた。また、③IKONOSによる土地被覆割合とLANDSAT TMバンド6との関係を調べた。

IKONOS衛星画像は視覚的に土地被覆状況を判断するには非常に優れている反面、撮影角度によって被覆の位置・座標に多少のずれが生じることや、分解能が高いため画像情報が膨大であること等の理由から適当な分類方法を選択しにくい。つまり、詳細すぎるために画像処理の難しさが伴う。今回の解析でも多少の問題が予想されたが、LANDSATの輝度温度情報1画素に対してIKONOSによる土地被覆情報は1万画素以上（＝約120×120）が対応することになり、前述の通り、従来は検討できなかった細密な解析も可能であり、魅力も多く期待する面も多い。多少の精度上の課題は含んでいるが、本研究では今後改善すべき点を明確にすることも期待しつつ解析を行った。

(2) 解析範囲と使用データ

図-2に解析範囲を示す。福岡市中心部の東西11km、南北5kmの範囲である。

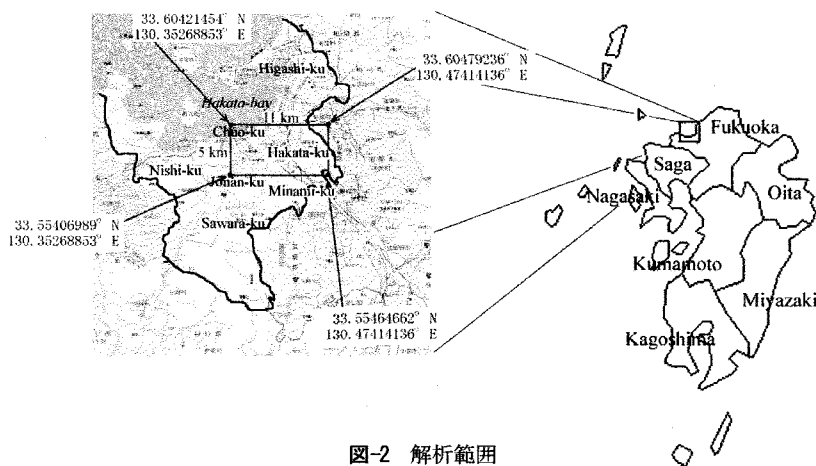


図-2 解析範囲

IKONOS画像データの概要を表-1に示す。範囲を選定する上で、①できるだけ市中心部であること、②色々な広さの緑地が適度に含まれていること、③可能な限り色々な土地被覆が含まれていること、の3点に留意した。また、複数の観測データをつなげる必要がある場所は避けた。なお、LANDSATの撮影日時は1997年4月24日である。

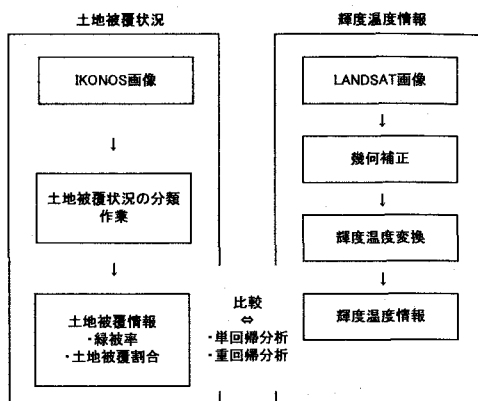


図-1 解析概要

(注：今回の解析では、変換を行わずバンド6の値をそのまま使用した)

表-1 IKONOS画像データの概要

撮影日時：2001年10月3日
左下：北緯33.55406989°，東経130.35268853°
左上：北緯33.60421454°，東経130.35268853°
右上：北緯33.60479236°，東経130.47414136°
右下：北緯33.55464662°，東経130.47414136°
1画素：1m×1m，画像サイズ：11306画素（東西） ×5562画素（南北）

3. 解析結果と考察

3. 1 LANDSAT衛星画像とIKONOS衛星画像の処理

(1) LANDSAT画像の幾何補正処理

図-3は幾何補正処理(UTM)を施した画像である。1画素を30m×30mとして、東西方向に377画素(11,310m)、南北方向に186画素(5,580m)である。

(2) LANDSAT TM バンド6 (輝度温度情報)

LANDSAT TM バンド6から適当な変換を施すことで輝度温度情報を得ることができるが、今回の解析ではバンド6の値をそのまま使用した。図-4にその画像を示す。値110~150の範囲に連続色をつけている。

(3) IKONOS衛星画像による土地被覆状況

図-5は解析範囲のIKONOSオリジナル画像である。

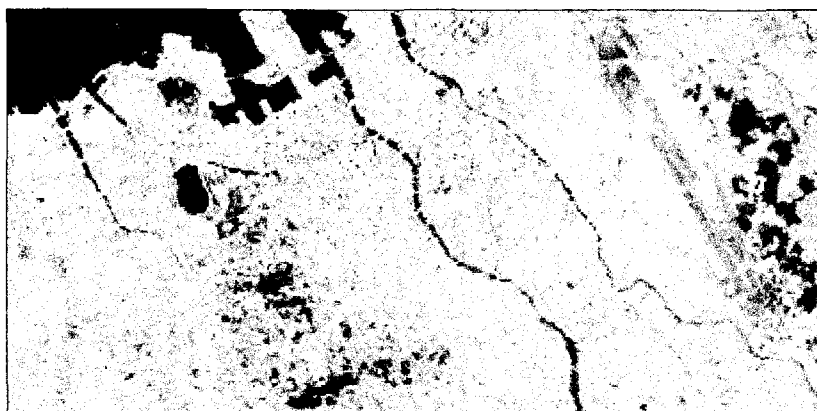


図-3 LANDSAT幾何補正画像
(ツルカラー表示。赤：バンド 緑：バンド2, 青：バンド3)

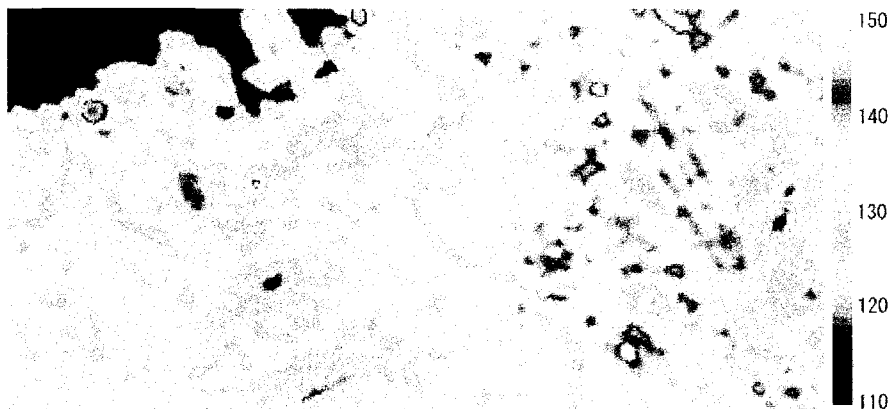


図-4 LANDSAT TM バンド6 (スケールはバンド6の値)

3. 2 LANDSAT TMバンド6とIKONOSによる土地被覆状況との比較

(1) LANDSAT TMバンド6とIKONOS NDVIによる緑被率の関係

廣田ら⁹⁾はIKONOSの近赤外バンドと可視光バンドからNDVIを算出し、NDVIの境界値を設定して緑地を区別して緑被面積を求めている。ここでも同様の方法で緑被率を求めることにした。境界値は0.281とした。図-6にNDVIを示す。

図-6に示したNDVI画像で120m四方の緑被率サンプルを作成し、次節で示す分類結果で水域が5割以上のデータを除外して、LANDSAT輝度温度と比較した。結果を図-7に示す。やや負の相関があるように見て取れるが、あまり良い相関は得られなかった（相関係数： $r = 0.330$ ）。参考まで、IKONOS NDVI で求めた緑被率と次節に示す被覆分類で得た緑被率との相関を図-8に示す。

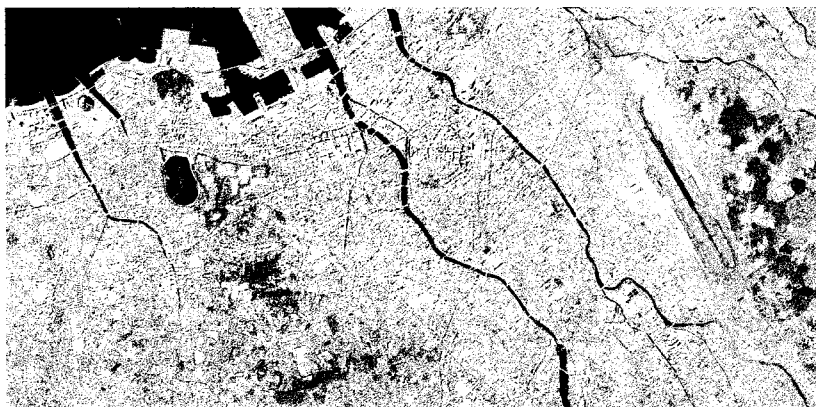


図-5 IKONOSオリジナル画像

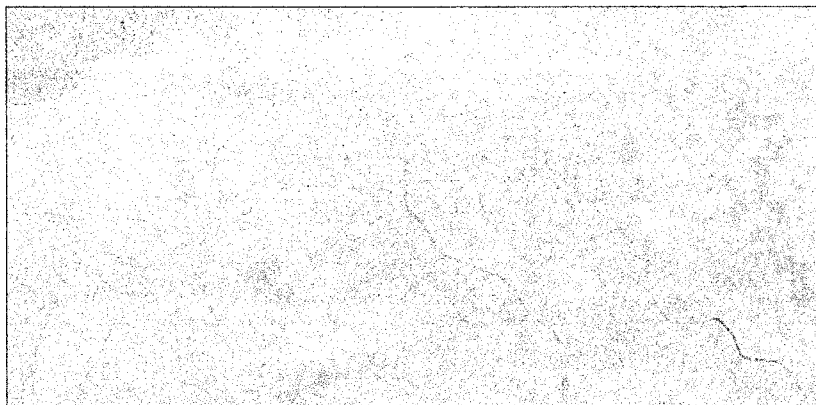


図-6 IKONOSによるNDVI (NDVI=0.281以上を緑で着色)

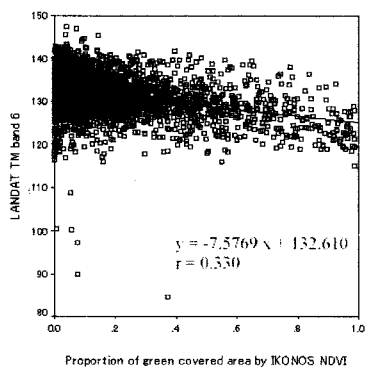


図-7 IKONOS NDVIによる緑被率とLANDSAT TM バンド6 との関係

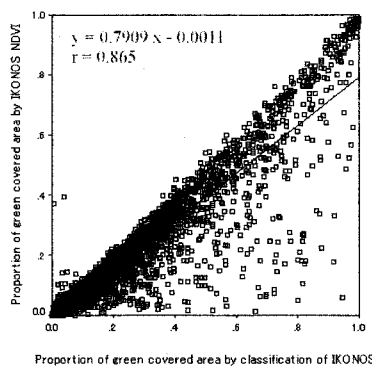


図-8 IKONOS NDVIによる緑被率とIKONOS被覆分類による緑被率との関係

(2) 重回帰分析：LANDSAT TMバンド6とIKONOSによる土地被覆割合との比較

図-5に示したIKONOS衛星画像から簡易な方法で土地被覆分類を行った（クラスター分析，10カテゴリー）。分類結果を図-9に示す。分類結果には多少の重複が認められたが，水域，緑地，舗装面，建物，裸地等主な土地被覆に分類できた。今回幾つかの分類方法を試みたが，精度良い適当な方法を見出すことができなかった。この結果を用いて30m四方の各カテゴリーの割合を求めた。これを説明変量とし，LANDSAT TMバンド6の値（輝度温度情報）を被説明変量として重回帰分析を行った。結果を表-2に示す。なお，誤分類が目立った水域の影響を極力取り除くため，水域が5割を越す場合は除外している。

表-2を見ると，「アスファルト，線路」（Cate.5とCate.4）が温度を高くする要因であり，「緑地（暗い部分）」（Cate.3）と「水域」（Cate.1）が低くする要因であることが確認できた。しかし，「田，草地」（Cate.7）が温度を高くする要因となっており，予想と反する結果となった。これは，図-9で見るとわかるように，解析対象に選んだ領域では「田，草地」と分類される地点が少ないことと，多くが比較的高温の空港に存在することが理由として考えられる。

図-10は回帰分析で得られた予測値との関係を示したものである（相関係数： $r=0.536$ ）。

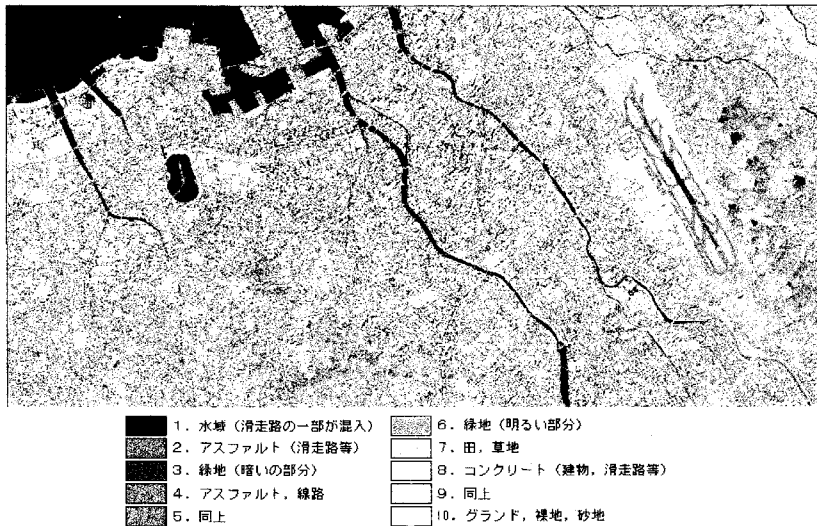


図-9 IKONOS画像の土地被覆分類（クラスター分析，10分類）

表-2(a) 重回帰分析の結果（説明変量：IKONOSによる土地被覆割合，被説明変量：LANDSAT TMバンド6。
Cate. 1～10はそれぞれ図-9の被覆 1. ～10. に対応）

モデル集計				
モデル	R	R ²	調整済み R ²	推定値の標準誤差
1	0.536*	0.287	0.285	3.73388

a. 予測値：（定数）、Cate.10, Cate.4, Cate.1, Cate.8, Cate.2, Cate.9, Cate.7, Cate.5, Cate.3

分散分析 ^{a)}						
モデル		平方和	自由度	平均平方	F 値	有意確率
1	回帰	22447.307	9	2494.145	178.896	0.000*
	残差	55823.161	4004	13.942	—	—
	全体	78270.467	4013	—	—	—

a. 予測値：（定数）、Cate.10, Cate.4, Cate.1, Cate.8, Cate.2, Cate.9, Cate.7, Cate.5, Cate.3

b. 従属変数：LANDSAT TM バンド6

表-2(b) 重回帰分析の結果（説明変量：IKONOSによる土地被覆割合，被説明変量：LANDSAT TMバンド6．
Cate.1～10はそれぞれ図-9の被覆1．～10．に対応）

モデル		係数 ^a			t	有意確率
		非標準化係数 B	標準誤差	標準化係数 ベータ		
1	(定数)	127.597	1.485	—	85.905	0.000
	Cate.1	-11.861	1.709	-0.188	-6.939	0.000
	Cate.2	0.654	2.154	0.006	0.304	0.761
	Cate.3	-12.128	3.162	-0.199	-3.836	0.000
	Cate.4	12.720	1.969	0.210	6.461	0.000
	Cate.5	13.789	1.978	0.225	6.972	0.000
	Cate.7	10.332	1.990	0.251	5.193	0.000
	Cate.8	-0.084	1.779	-0.001	-0.047	0.962
	Cate.9	3.676	1.970	0.051	1.866	0.062
	Cate.10	0.239	1.642	0.005	0.145	0.884

a. 従属変数：LANDSAT TMバンド6

4. まとめ

本研究では，都市域の広域的な温度情報を得る情報としてLANDSAT TMバンド6を用い，土地被覆状況を把握する手段として高分解能衛星IKONOSの画像を用い，緑被率と輝度温度との関係を見た．また，IKONOS衛星画像から求めた土地被覆割合を説明変量，輝度温度を被説明変量として回帰分析を行った．

緑被率と輝度温度の比較ではあまり良い相関は得られなかった（相関係数： $r = 0.330$ ）．緑被率を30m分解能のLANDSATデータから算出した場合でも今回の結果より良い相関が得られることを考えると，改善の余地が残されている．IKONOS画像の分類精度の向上や，IKONOS画像とLANDSAT画像のデータの対応の改善などである．特に，市街地において水域と誤分類されているのが目立ち，これが少なからず影響しているものと考えられる．

一方，回帰分析ではやや良い結果が得られた（相関係数： $r = 0.536$ ）．この結果から，それぞれの土地被覆の割合が輝度温度に与える影響の程度を見ることができた．

IKONOS画像は非常に詳細な地表面情報を提供してくれるが，今回の解析で，その情報量の多さ故の機械的・自動的処理の困難さを経験した．結果的に簡易な方法で分類したが，この点では改善が不可避である．

本研究で実施した解析は，衛星情報を用いて，都市域の温度情報を高分解能の土地被覆情報で評価しようとするものであるが，得られる関係は当然であるが物理的な関係を見出すものではない．あくまで簡易な評価方法である．それでも，従来では掴みにくかった都市域の地表面を目の当たりにするような高密度の情報を活用することができ，都市域の熱環境問題を考える上で非常に利用価値があるものと考えられる．

謝辞：本研究は科学研究費（若手研究（B））の補助を受けて実施しました．ここに記して感謝の意を表します．

参考文献

1) 廣田福太郎，森杉雅史，方偉華，井村秀文：高分解能衛星画像及びGISを用いた都市内緑地評価に関する研究－低解像度衛星データを用いた緑地把握手法の問題点抽出と再検討－，第29回環境システム研究論文発表会講演集，pp.163－168，2001．

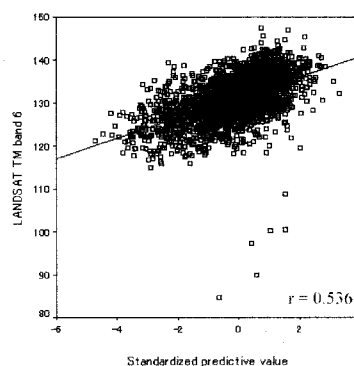


図-10 LANDSAT TMバンド6と回帰分析で得られた予測値との関係