

名古屋市域を対象とした高分解能衛星画像による 土地被覆と衛星輝度温度の解析

上野賢仁¹・井村秀文²

¹正会員 博(工) 崇城大学助教授 工学部環境建設工学科 (〒860-0082 熊本市池田四丁目22-1)

E-mail:ueno@ce.sojo-u.ac.jp

²正会員 工博 名古屋大学教授 大学院環境学研究科都市環境学専攻 (〒464-8601 名古屋市中種区不老町)

名古屋市を対象として、高分解能衛星IKONOSによる土地被覆状況とLANDSATによる輝度温度の関係を解析した。第一に、緑被率と輝度温度の関係をみた。この結果、緑被率0~1に対して輝度温度は23.2~18.6℃(-4.6℃)という結果が得られた。第二に、被覆分類結果と輝度温度を用いて重回帰分析を行った。クラスター解析で10分類し、カテゴリ1と2は水域または影の部分、3は樹木の緑地、4~6および8と9は建物や舗装面、7は草地の緑地、10は裸地に分類された。重回帰分析の結果から、カテゴリごとの輝度温度への寄与をみた。カテゴリ1は係数が負、2は正であった(係数:-5.926および8.579)。カテゴリ3は、カテゴリ1に続いて温度が低くなることが示された(係数:-4.480)。また、カテゴリ7は草地等の緑地であるが、割合増に対する温度低下は小さい値となった(係数:-0.358)。

Key Words : urban climate, brightness temperature, land surface conditions,
high-resolution satellite, IKONOS, LANDSAT

1. はじめに

都市熱環境の問題はとても重要な問題になってきており、大都市では特に深刻な問題になっている。この問題を考えるとき、広範囲の温度情報が必要であるが、これには衛星による温度情報が役に立つ。また、都市地表面の状態を把握するのに衛星情報は有用である。近年、1m分解能の衛星画像を利用できるようになった。この詳細な情報を活用することによって、これまで以上に詳しく都市の温度を説明することができる。

筆者らは、一昨年、福岡市を解析対象地域とした高分解能衛星IKONOSによる土地被覆状況と、地球観測衛星LANDSATによる輝度温度の関係解析を行った¹⁾。この解析では、回帰分析によりIKONOSの詳細な土地利用情報による都市温度(衛星輝度温度)の説明を試みた。この結果、今後の方向性を見出すことができたが、同時に、精度向上等の課題もでた。また、昨年度は熱収支モデルを使って都市温度を計算し、これと衛星輝度温度との比較解析を試みた²⁾。本研究では、一昨年の解析精度向上を主目的として、名古屋市域を対象地域として選び、解析を実施した。

2. 解析方法

(1) 解析概要

図-1に解析概要を示す。図左はIKONOS画像を用いた解析である。右はLANDSAT画像の解析である。

IKONOS画像の解析では、幾何補正した後、NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)を計算し、これを使って緑被率を求めた。また、別に実施したクラスター分類による被覆分類結果から求めた緑被率と比較し、分類精度を確認した。得られた緑被率と輝度温度の関係から緑地の温度低減効果をみた。

一方、LANDSAT画像からは輝度温度変換をして輝度温度情報を得た。

本解析では、LANDSATによる輝度温度情報1画素に対して、IKONOSによる地表面情報は数千が対応することになる。

(2) 解析範囲と使用したデータ

解析範囲を図-2に示す。IKONOSデータの詳細を表-1に示す。解析対象地域の名古屋市域のIKONOS画像は南北に4,320m、東西に7,200mである。左上の緯度は35.18157658°、経度は136.90260703°である。

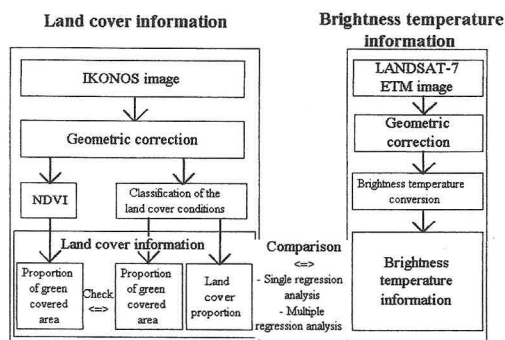


図-1 解析概要

表-1 使用したIKONOSデータ

Photograph date: April 7, 2001, 1:39 (JST)	
Top left.	35.18186821 degrees north latitude, 136.90107649 degrees east longitude.
Bottom left.	35.14151735 degrees north latitude, 136.90107499 degrees east longitude.
Top right.	35.18186595 degrees north latitude, 136.98189453 degrees east longitude.
Bottom right.	35.14151585 degrees north latitude, 136.98094598 degrees east longitude.
1 pixel is 1m × 1m and the image size is 7,373 pixel (east-west) × 4,494 pixels (north-south).	

輝度温度にはLANDSAT-7画像(センサー: ETM+)のバンド6を用いた。撮影日は2001年4月15日である。

3. 衛星画像の前処理

(1) LANDSATによる輝度温度情報

図-3は、幾何補正したLANDSAT画像である

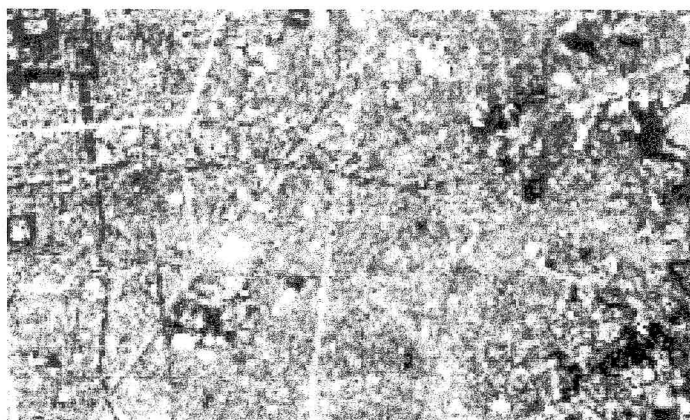


図-3 LANDSAT 幾何補正画像

(ツルカラー: 赤: バンド3, 緑: バンド2, 青: バンド1)

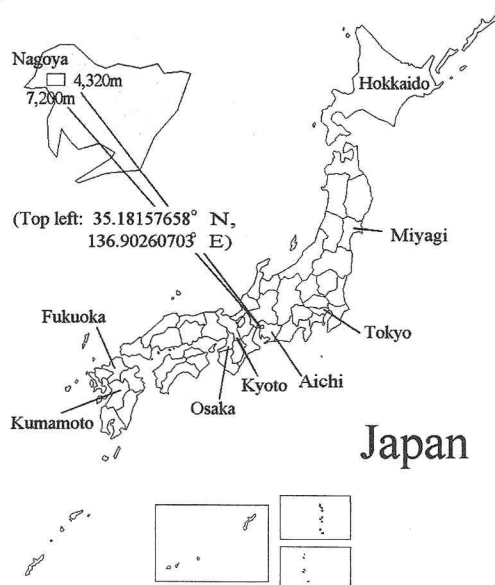


図-2 解析範囲

(UTM. 1画素: 30m)。画像サイズは、IKONOSデータに合わせて東西240画素7,200m、南北144画素4,320mである。図中、左上に名古屋城の一部がある。右下に名古屋大学、右上に平和公園がある。

この画像のバンド6から輝度温度情報を得る。

図-4は、輝度温度図である。温度は画像中央部で概ね24~28℃である。その周辺は少し低く14~20℃である。今回の解析では、この画像の120m四方の温度と土地表面情報を関係付ける。なお、LANDSAT-7 ETM+バンド6の分解能は60mである。

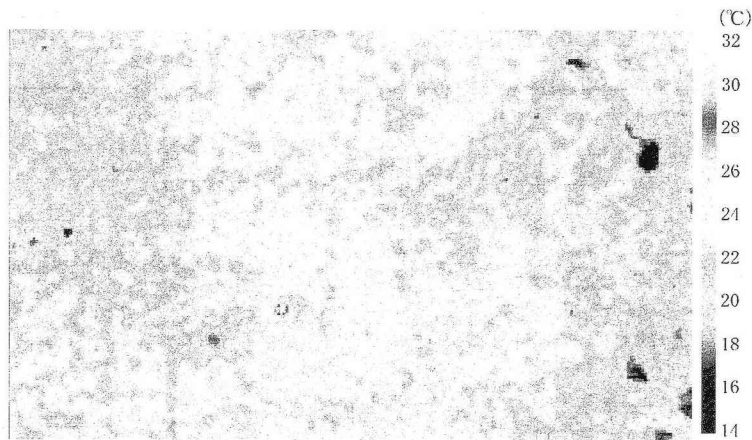


図-4 LANDSAT 輝度温度図



図-5 IKONOS 画像による都市地表面状態

(2) IKONOS画像による都市地表面状態

図-5は、名古屋市域のIKONOSオリジナル画像を幾何補正したものである。1mの分解能で地表面を見ることができる。右上には、一部画像がない部分があるが、この部分については解析から除外する。

(3) IKONOS NDVIによる緑被率

IKONOS画像をもとにNDVIを計算した。廣田らはNDVIを求め、境界値を設定して緑被部分を求めている^{3)~5)}。本解析では、同様にこの方法で求めた。境界値は0.224である。図-6に、NDVIの図を示す。この図は、緑地に緑を彩色している。このようにして緑地を判定したデータをもとに緑被率を求める。

(4) IKONOSを用いた土地被覆分類

地表面は、クラスター分類によって10個の被覆カ

テゴリーに分類した。この分類結果をIKONOSオリジナル画像（図-5）と視覚的に比較し、分類結果が何かを判定した。結果を図-7に示す。若干の誤分類は見受けられるが、典型的な地表面については比較的良く分類できた。

カテゴリ1と2は、水あるいは影の部分、カテゴリ3は樹木の緑地、カテゴリ4と5、6、8、9は舗装面、建物、家あるいは道路、カテゴリ7は草地の緑、カテゴリ10はグラウンドや裸地である。この分類結果を使って120m四方の被覆割合を算出した。

ここで、緑地について分類の精度を確認するため、NDVIを用いて算出した緑被率と、クラスター分類による緑被率との関係をみた。結果を図-8に示す。相関係数 $r=0.986$ で、良く分類されているといえる。

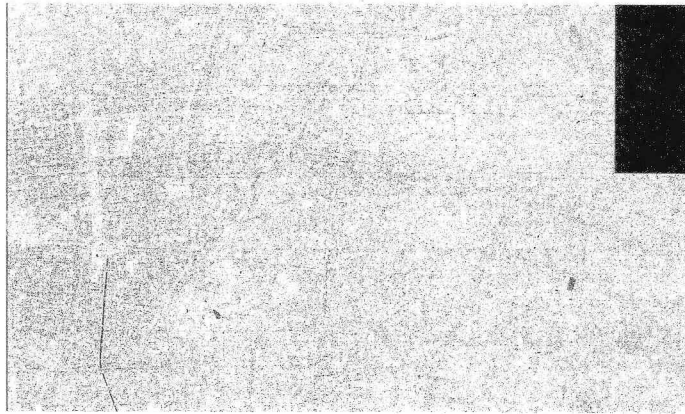


図-6 IKONOSによるNDVI画像（NDVIが0.224以上を緑に彩色）

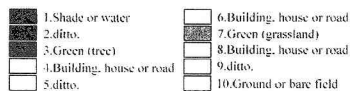


図-7 IKONOS 画像による土地被覆分類結果（クラスター解析で10個に分類）

4. 結果と考察

(1)LANDSAT輝度温度とIKONOS NDVIによる緑被率の関係

120m四方のIKONOS土地被覆情報をLANDSAT輝度温度情報に対応させたが、図-9はその関係を示したものである。相関係数は $r=0.577$ である。緑被率が0.1増えると、輝度温度は 0.461°C 下がることになる。相関はやや低いようにも思われるが、全てのデータを使つての結果であり、不適当なデータを除外すれば十分良い値が得られると思われる。また、そうした場合、緑地の効果（回帰係数の絶対値）は大きな値となる。

(2) LANDSAT輝度温度とIKONOS土地被覆情報の重回帰分析

次に、LANDSAT輝度温度を被説明変数とし、IKONOS画像による土地被覆を説明変数として、重回帰分析を行った。結果を表-2に示す。相関係数は $r=0.732$ であった。

水域または影と判定したカテゴリー1の回帰係数（被覆割合に対する温度の増減）は -5.926 であった。これに続いて、樹木を主とした緑地と判定したカテゴリー3の係数は -4.480 であった。

分類時、カテゴリー1と2はどちらも水または影の部分と判定したが、カテゴリー1の係数が負であるのに対して、カテゴリー2は正であった。この理由としては、カテゴリー2は主に影の部分であること

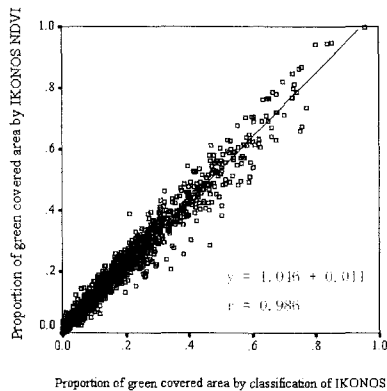


図-8 IKONOS NDVIによる緑被率と IKONOS クラスター分類による緑被率の関係

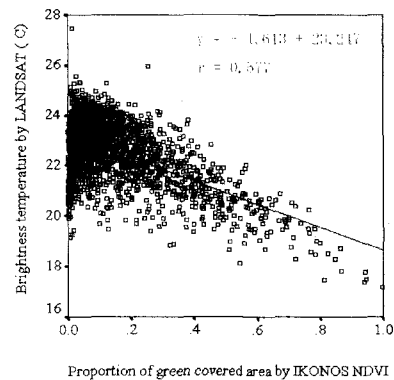


図-9 LANDSAT 輝度温度と IKONOS NDVI によって求めた緑被率の関係

が考えられる。影は、高い建物がある市街地中心部に多く存在するが、その地点は高温の地域でもあるからである。

カテゴリー7は草地の緑地と判定したが、係数は予想とは違い、若干だけ正の値で-0.358となった。また、カテゴリー8は建物と家、道路と判定したが、係数は-3.513で負の値となった。これらについては、原因として分類が適切でなかったことも考えられる。

5. まとめ

本研究では、名古屋市域を解析対象として、温度情報としてLANDSAT-7（センサー：ETM+）バンド6を用い、都市地表面の詳細な情報としてIKONOS画像を用い、両者の関係を解析した。

第一の解析では、LANDSAT輝度温度とIKONOS NDVIによる緑被率との関係をみた。相関係数は $r=0.577$ であった。この結果、緑被率が0.1増加することで、輝度温度は0.461下がること示された。

第二の解析では、LANDSAT輝度温度を被説明変数、IKONOSによる土地被覆情報を説明変数として、重回帰分析を行った。相関係数は $r=0.727$ で比較的良好な結果が得られた。しかし、幾つかのカテゴリーについては予想と反する結果となった。特に、水域あるいは影と判定したカテゴリー2は、同じ被覆と判定したカテゴリー1と符号が反対になった。一般には、水域や影は温度が低いと考えられる。しかし、影については、高層の建物がある市街地の中心部に多く存在すると考えられるため、今回のような解析では、影が多いからといって必ずしも温度が低くなると限らないと考えることもできる。

表-2 重回帰分析の結果

(説明変数：IKONOS 土地被覆割合、被説明変数：LANDSAT 輝度温度。

Cat.1, 2：水域、影、Cat.3：樹木の緑、Cat.4と5, 6, 8, 9：建物、家、道路、

Cat.7：草地の緑、Cat.10：グランド、裸地)

Evaluation of the model

Model	R	R ²	Adjusted coefficient R ²	Standard error of the estimate value
1	0.732 ^a	0.535	0.533	0.86268

Dispersion analysis^b

Model	Sum of squares	Degree of freedom	Mean square	F value	Significant probability
1 Regression	1770.187	10	177.019	237.858	0.000 ^a
1 Residual	1536.813	2065	0.744		
Whole	3307.000	2075			

Coefficient^b

	Non-standard coefficient	Standard coefficient		t	Significant probability
Model	B	Standard error	Beta		
(Constant)	21.705	0.247		88.047	0.000
Cat.1	-5.926	0.402	-0.300	-14.747	0.000
Cat.2	8.579	0.881	0.249	9.742	0.000
Cat.3	-4.480	0.351	-0.367	-12.775	0.000
Cat.4	2.373	1.183	0.081	2.005	0.045
Cat.5	2.007	1.634	0.056	1.228	0.219
Cat.6	9.694	1.514	0.213	6.403	0.000
Cat.7	0.358	0.504	0.017	0.710	0.478
Cat.8	-3.513	0.919	-0.097	-3.825	0.000
Cat.9	1.298	0.573	0.048	2.266	0.024
Cat.10	0.542	0.460	0.023	1.178	0.239

a. Independent value (constant); Cat.10, cat.8, cat.1, cat.4, cat.9, cat.7, cat.2, cat.6, cat.3, cat.5. b. Predicted value; brightness temperature from LANDSAT

今回、水域と影の分類が十分にできなかったが、こうした分類精度について今後も引き続き改善が必要である。

参考文献

- 1) 上野賢仁, 井村秀文: 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, 2002.
- 2) 上野賢仁: 高分解能衛星画像による土地被覆と熱収支モデルを用いた都市域地表面温度の評価, 第31回環境システム研究論文発表会講演集, pp. 585~590, 2003.
- 3) 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.
- 4) 廣田福太郎, 大西暁生, 森杉雅史, 井村秀文: 高分解能衛星画像を用いた都市内緑地分析に関する研究, 環境システム研究論文集, Vol. 30, pp. 91~99, 2002.
- 5) 大西暁生, 廣田福太郎, 吉川拓未, 森杉雅史, 井村秀文: 高分解能衛星画像を用いた詳細土地被覆情報と輝度温度との関係—緑地の特性に着目して—, Vol. 31, pp. 357~365, 2003.

ESTIMATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN LAND COVER CONDITIONS FROM HIGH-RESOLUTION SATELLITE IMAGE AND BRIGHTNESS TEMPERATURE IN CASE OF NAGOYA CITY

Takahito UENO and Hidefumi IMURA

The relationship between satellite brightness temperature information from LANDSAT-7 (sensor: ETM+) band 6 and land cover information acquired from the high-resolution satellite, IKONOS, was analyzed in case of Nagoya City. In the first analysis, the brightness temperature information from LANDSAT-7 was compared with the proportion of green covered area from IKONOS NDVI. In the second analysis, a regression analysis was carried out. The brightness temperature data from LANDSAT-7 were the dependent variables, and the proportions of land cover obtained from IKONOS were the independent variables. In this analysis, a comparatively good correlation was obtained.