

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
Evaluation of urban surface temperature by using land cover information based on high-resolution
satellite image and energy budget model

上野賢仁*
Takahito UENO*

ABSTRACT; Urban surface conditions are easily assessed using high-resolution satellite images. It means that parameters for numerical simulation models can be accurately determined. In this paper, the urban surface temperatures were calculated by energy budget model with parameters determined by using satellite images. First, the land cover condition of Fukuoka city area was analyzed with LANDSAT TM data and IKONOS data. Then, the parameters for the model simulation were determined based on this information. The temperature distributions were made for each satellite image, and compared with LANDSAT TM brightness temperature. Next, five typical land cover areas were chosen and surface conditions/parameters were determined. The surface temperatures were calculated and compared with LANDSAT TM brightness temperatures.

KEYWORDS; urban climate, brightness temperature, LANDSAT TM, IKONOS, energy budget model

1. はじめに

近年、高分解能衛星画像を利用することにより、比較的容易に都市域の地表面被覆状態を把握することができるようになった。それまでは、都市域の熱環境を決定する主要因である地表面状態を把握するには、数十m分解能の衛星画像を使うのが有効な方法であった。分解能が向上することによって、都市の複雑な地表面状態を考慮した数値計算のための精度良い計算パラメータ決定の可能性が開けてくる。筆者らは、以前に、LANDSAT衛星画像と熱収支モデルを組み合わせて都市の地表面被覆と表面温度の関係について検討した¹⁾。また、昨年²⁾の報告ではIKONOS衛星画像による被覆分類結果とLANDSAT輝度温度とを回帰分析により関係付けて考察した²⁾。本研究では、高分解能衛星IKONOSの画像を用いて福岡市域の地表面被覆を求め、熱収支モデルに必要な計算パラメータを決定することにより、同市域の地表面温度について評価した。本研究は、現実に近い都市地表面情報をもとに計算パラメータを決定し、地表面温度を計算しようとするものであり、将来的には地表面の改善などの都市熱環境対策とその効果を検討する際に応用が可能である。

2. 解析方法

図-1に解析概要を示す。まず、従来の方法として30m分解能のLANDSAT衛星画像を用いて被覆分類した。分類カテゴリーに対応した地表面パラメータを用いて熱収支モデルで計算した。分類図に計算温度を割り当てることにより都市域の温度分布を作成した。同様の解析をIKONOS 画像について実施した。また、IKONOS 分布画像は航空写真に匹敵するくらい鮮明に地表面状態を見ることができる。このため、この特徴を活かして、予め選んだ5地点について計算パラメータを決定し、計算した。

(1) 計算モデル

基本的な地表面での熱収支モデルを用いて、地表面の物理的なパラメータと計算結果とを比較考察した。計算モデルの概要を図-2に示す。基本的に文献1)のモデルと同じものである。

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

(2) 地表面パラメータ

計算に使う地表面パラメータは、LANDSAT衛星による分類とIKONOS衛星による分類の2つの結果をもとに決定した。また、IKONOS衛星については典型的な都市地表面を5地点(500m×500m)対象領域として選び、地点ごとにパラメータを決定し、計算した。

(3) 使用したデータと解析範囲

LANDSATデータは1997年4月24日のものである。表-1にIKONOSデータの概要を示す。解析対象範囲を図-3に示す。これは昨年度の報告²⁾と同じ範囲である。図中A～Eは、典型的な都市地表面として選んだ5地点である。地点Aはオフィスビル街(博多駅前)、Bは商業地(天神)、Cは大規模公園(南公園)、Dは住宅地(城南区田島)、Eは田園(粕屋町)である。

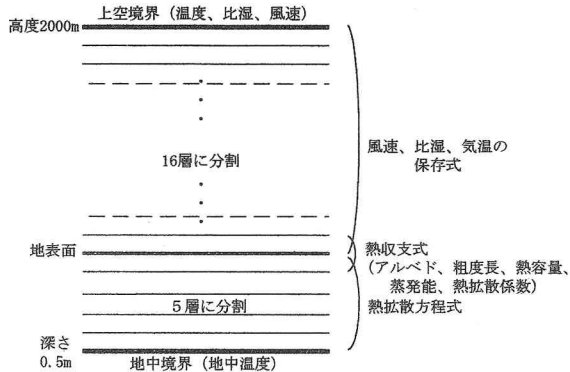


図-2 計算モデルの概要¹⁾

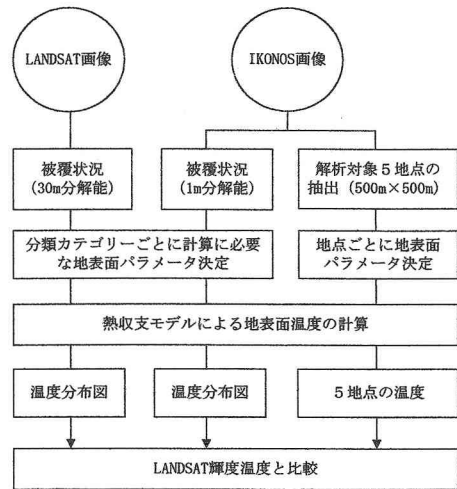


図-1 解析概要

表-1 IKONOS画像データの概要

撮影日時 2001年10月3日		
左上	北緯	33.55406989°
	東経	130.35268853°
左下	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)

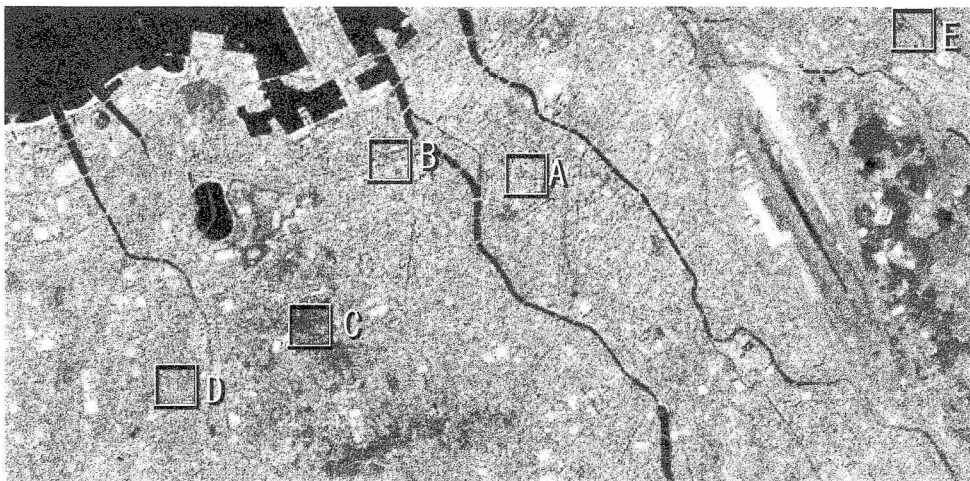


図-3 解析範囲

表-2 主な地表面の計算パラメータと計算結果

	地表面パラメータ					計算温度	
	アルベド —	熱拡散係数 $10^{-6} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$	熱容量 $10^{-6} \text{JK}^{-1} \text{m}^{-3}$	粗度長 m	蒸発能 —	地表面 ℃	1.5m ℃
1. 水域	0.10	0.17	4.2	0.0001	1.0	34.6	29.5
2. 裸地	0.20	0.17	1.3	0.001	0.3	29.7	25.8
3. 緑地	0.15	0.23	1.5	1	0.7	20.2	19.3
4. 林	0.10	0.22	1.6	0.1	0.3	28.6	25.7
5. 草地	0.20	0.42	2.1	0.005	0.5	22.8	21.2
6. 田	0.15	0.52	3.1	0.01	0.8	19.2	18.5
7. 低層建物（住宅地）	0.25	0.32	2.0	1	0.1	26.5	24.5
8. 高層建物（ビル）	0.30	0.97	2.8	3	0.0	22.3	21.5
9. コンクリート	0.30	0.97	2.8	0.003	0.0	22.6	21.4
10. アスファルト	0.20	0.08	2.2	0.003	0.0	35.3	30.0

※水域の計算結果はかなり高い値であるため、温度分布図作成にはLANDSAT輝度温度を使用することにした。

3. 分類結果を用いた都市域計算温度

(1) 計算条件

表-2は計算パラメータである。今回はLANDSAT衛星画像、IKONOS衛星画像ともに簡単な分類方法を採用した。クラスター分類で10カテゴリーに分類した。表-2のパラメータは分類結果に対応する主なカテゴリーのもので、文献1)の値を用いた。表-2の右端には計算結果を示している。LANDSAT観測時刻に近い10時の計算値である。

表-3は計算に用いた境界条件である。LANDSAT 観測日の気象台データをもとに決定した。ただし、地中温度はデータがないので仮定したものである。

(2) 都市域の表面温度

図-4はLANDSAT輝度温度である。図-5 (a) はLANDSAT被覆分類をもとに作成した温度分布図である。図-5 (b) は同様にIKONOSによるものである。計算で求めた分布図を輝度温度と比較すると、絶対値が大きいことがわかる。図-5 (a) を見ると、西側（右側）の部分で高温になっているのが目立つ。図-5 (b) では都市中心部がかなり高めの結果となっている。

表-3 計算に用いた境界条件

上空境界 (2000m)	風速 (ms^{-1})	9.0
	温度 (℃)	0.78
	比湿	1.165×10^{-2}
地中境界 (0.5m)	温度 (℃)	15.0

※上空境界は、1997年4月24日福岡管区気象台
高層データをもとに決定した。

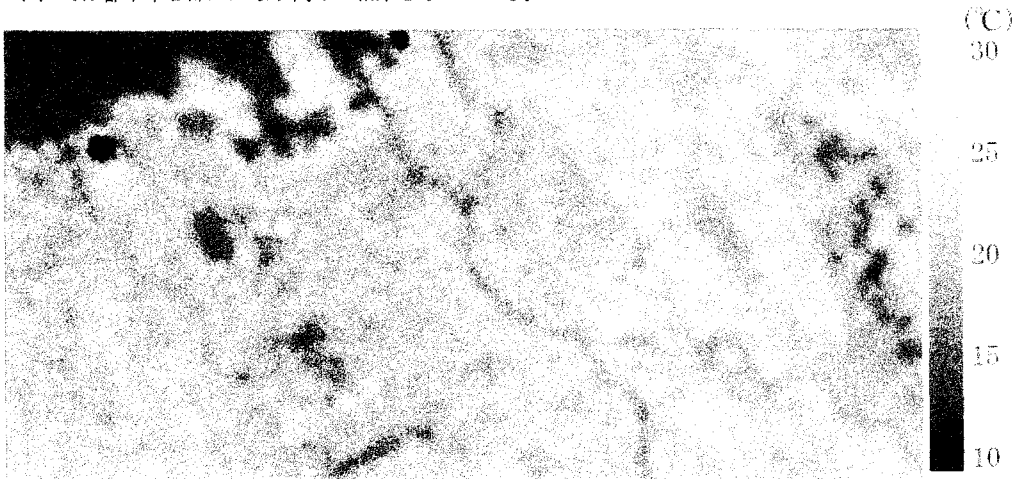


図-4 LANDSAT 輝度温度図



(a) LANDSAT被覆図を用いて作成



(b) IKONOS被覆図を用いて作成

図-5 被覆情報と熱収支モデルによる都市域地表面温度

4. 主な都市地表面5地点の比較

図-6は選んだ5つの地点のIKONOS画像である。IKONOS画像は詳細な情報を得られるが、機械的な分類は簡単ではない。ここでは、画像処理ソフトを用いて手作業で分類することにした。図-7は分類結果である。IKONOS画像は鮮明であるが、実際に作業してみると判読が難しいところもある。とはいえ、これまでの衛星画像に比較して非常に細かい分類が可能で、より現実的な計算パラメータを決定できることは確かである。

表-4は5地点の被覆割合である。表-5は分類結果をもとに決定した計算パラメータである。パラメータの算出方法は色々考えられると思うが、今回は単純に平均して求めた。表-5右端は計算温度である。図-8は5地点の計算温度をLANDSAT 輝度温度と比較したものである。地点E（田園）を除くと、全般的に計算結果は5℃程度高めの値である。

3.の方法では、被覆ごとに計算温度を割り当てるため、都市域の地点ごとの検討は難しい。一方、ここでの方法は地点ごとにパラメータを決定するため、都市域全体の検討をする際にはその特徴を考慮



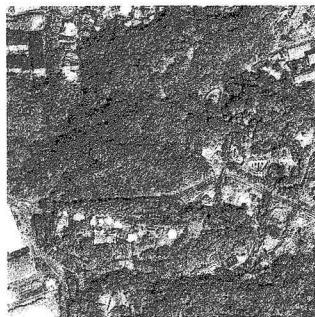
(a) 地点A (オフィスビル街)



(b) 地点B (商業地)



(c) 地点C (住宅密集地)

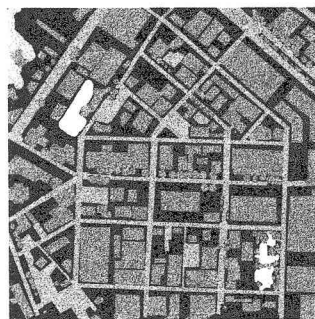


(d) 地点D (大規模公園)



(e) 地点E (田園)

図-6 解析対象5地点 (IKONOS画像、500m×500m)



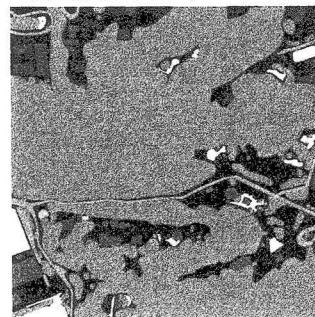
(a) 地点A (オフィスビル街)



(b) 地点B (商業地)



(c) 地点C (住宅密集地)



(d) 地点D (大規模公園)



(e) 地点E (田園)

- 1. 高層建物
- 2. 低層建物
- 3. 裸地
- 4. 田
- 5. 草地
- 6. 緑 (樹木)
- 7. 水
- 8. アスファルト
- 9. コンクリート
- 未分類

図-7 解析対象5地点の分類結果

表-4 5地点の被覆割合

	1. 高層 建物	2. 低層 建物	3. 裸地	4. 田	5. 草地	6. 緑 (樹木)	7. 水	8. アス ファルト	9. コンク リート	10. 未分 類
地点A	36.0	0.0	1.6	0.0	5.4	4.7	0.0	19.4	0.0	33.0
地点B	37.8	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	18.3	0.0	36.9
地点C	0.0	22.0	5.2	0.0	0.0	6.4	0.0	7.6	0.0	58.8
地点D	0.0	3.5	2.7	0.0	2.5	68.6	0.0	2.9	0.0	19.7
地点E	0.0	1.7	15.9	66.8	1.0	0.4	3.2	2.5	2.7	5.7

表-5 5地点の地表面パラメータと計算温度

	地表面パラメータ					計算温度	
	アルベド —	熱拡散係数 $10^{-6} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$	熱容量 $10^{-6} \text{JK}^{-1} \text{m}^{-3}$	粗度長 m	蒸発能 —	地表面 ℃	1.5m ℃
1. 地点A (オフィス街)	0.25	0.60	2.44	1.68	0.10	24.2	23.0
2. 地点B (商業地)	0.25	0.63	2.48	1.91	0.08	24.3	22.9
3. 地点C (住宅密集地)	0.21	0.24	1.87	0.690	0.20	26.4	24.3
4. 地点D (大規模公園)	0.12	0.23	1.56	0.898	0.63	21.4	20.3
5. 地点E (田園)	0.16	0.44	2.75	0.0302	0.66	20.6	19.5

した精度良いパラメータ決定が可能である。今回の方法では分類作業等に時間と労力が必要であるが、この点については大いに改善が可能である。特に、地表面の改善や改良による都市熱環境対策とその効果を検討する際には、モデルの改善等まだまだ課題は残るものの今後の発展が期待できるため、十分に活用できるものと考えられる。

5. まとめ

本研究では、高分解能衛星画像と基本的な熱収支モデルを用いて、都市域の地表面温度について検討した。高分解能衛星画像を利用することによって、計算に必要なパラメータをこれまで以上に現実に対応した形で決定することが可能である。今回は簡単な算出方法を採用したが、今後、特に従来の分解能では正確に判読できなかった緑被率や粗度長についても改善が期待できる。

なお、本研究は基礎的な熱収支モデルを用いて検討したため、計算に用いる数値モデルによってはパラメータ決定の方法に改良、改善が必要である。

謝辞：本研究の一部は科学研究費（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) 上野賢仁ら：都市の熱環境制御手法に関する研究—一次元熱収支モデルによる地表面温度とリモセン輝度温度との比較—, 環境システム研究, Vol. 20, pp. 262-269, 1992.
- 2) 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.

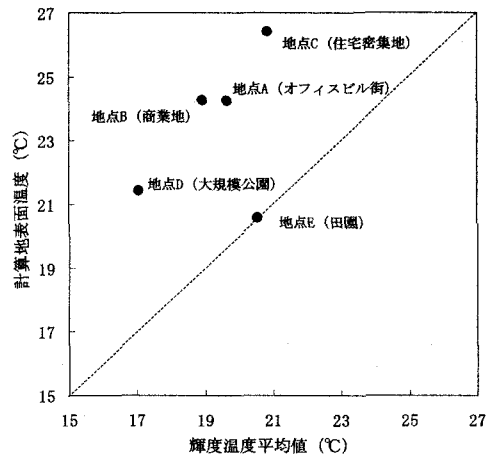


図-8 解析対象5地点の輝度温度平均値と計算結果の比較