建物による陰影の分布がランドサット TM データに 及ぼす影響について

リモートセンシングデータによる市街地形態の推定に関する研究 その1

EFFECT OF SHADE DISTRIBUTION BY BUILDINGS ON LANDSAT TM DATA

A study on the estimation of urban space form by remote sensing data part 1

斉藤 郁雄*, 石原 修**

Ikuo SAITO and Osamu ISHIHARA

The object of this study is the establishment of the estimation methods of urban space form by remote sensing data.

In this paper, the relationship between Landsat TM data and shade distribution by buildings was investigated by survey and simulation for urban space model.

In the three or more storied building areas, the coefficient of correlation between the building coverage and the average of CCT counts of Band 4, 5, 6 or 7 was a negative value. The three or more storied building areas exhibited higher standard deviations of CCT counts than one or two storied building areas. And, these results of survey were theoretically substantiated by simulation.

Keywords : Landsat TM data, urban space form, shade distribution, survey, simulation

ランドサット TM データ, 市街地形態, 陰影分布, 実測調査, シミュレーション

1. はじめに

ランドサットなどの地球観測衛星によって得られるリモートセンシングデータは、解像度の向上に伴って都市域の環境情報解析の分野においても徐々に利用されつつある。

地表面が平坦である場合、リモートセンシングデータは地表面被覆材料の反射特性に対応して、地表面被覆物の分布状況のみを反映していると考えられる。しかし、都市域では建物などの凹凸によって陰影が生じるため、放射照度分布が不均一になる。したがって、都市域を観測して得られるリモートセンシングデータは地表面被覆物の分布状況と陰影の分布状況の2つの情報を反映している。

梅干野らの研究¹⁾や垂水らの研究²⁾からも明らかなように、分解能の高い航空機からのリモートセンシングデータは都市内の日向部分と日影部分の判別が比較的容易であるが、地球観測衛星からのリモートセンシング

データは建築的スケールに対し解像度が十分でないため、1つのピクセル内に日影部分も含めた複数の被覆材料が混在し、いわゆるミクセル状態になることが多い。したがって、地球観測衛星からのリモートセンシングデータを用いた土地被覆分類、特に分類項目の設定においては市街地形態³⁾に伴う陰影の分布状況を考慮する必要がある。

また、従来リモートセンシングデータを都市域の環境情報の解析に利用する場合、地表面被覆物の反射特性に注目することが多かった。その場合、建物などの陰影の存在は、目的とする地表面被覆情報に対してノイズとなる。しかし、建物の凹凸による陰影の分布性状とリモートセンシングデータの関係が明らかになれば、このノイズを逆に市街地形態の情報として利用することも可能であると考えられる。

こうした建物などの凹凸に着目した研究としては、尾島らによる一連の研究^{3), 4)}がある。また、土地被覆を含

* 八代工業高等専門学校土木建築工学科 講師・修士(工学)

** 熊本大学工学部建築学科 教授・博士(工学)

Lecture, Dept. of Civil Engineering and Architecture, Yatsushiro National College of Technology, M. Eng.

Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Kumamoto Univ., Dr. Eng.

めた市街地の状況とリモートセンシングデータの関係についていくつか報告されている^{5)~9)}が、建物の大きさ、高さ、建蔽率などの市街地形態の実測値とリモートセンシングデータの関係について調べた例はまだ少ない。

本研究では、都市域の市街地形態すなわち市街地エリア内^{註2)}の建物の大きさ、高さ、建蔽率、密度などに着目して、こうした要因がリモートセンシングデータに与える影響について解析し、リモートセンシングデータによる市街地形態の推定の可能性を検討する。

本報告^{註3)}では、まず、熊本市内より抽出した41か所の市街地エリアについてその市街地形態を調査し、ランドサットTMデータとの関係について考察する。また、市街地形態モデルを作成し、建物による陰影の分布がTMデータに与える影響について検討する。

2. 市街地形態とランドサットTMデータの関係

市街地エリアをランドサットから観測する際に、観測値に影響を与える市街地形態の要因としては、以下のことが考えられる。

- ① エリア内の各建物の平面的な大きさ
- ② エリア内の各建物の高さ
- ③ エリア内の各建物の形状
- ④ エリア内の各建物の方位
- ⑤ エリアにおける建蔽率

そこで以下に述べる方法により、いくつかの市街地エリアにおいて市街地形態の特徴を抽出し、そのエリアにおける各バンドのCCT数値の統計値との関係について調べた。解析に使用したランドサットTMデータの観測概要を表一1に示す。

2.1 市街地形態の特徴の抽出

航空写真地図をもとに選定した41か所の市街地エリアについて、1/2500国土基本図から各エリアのエリア面積、エリア内の建物棟数、各建物の屋根面積を座標読取機を用いて計測した。そして、それらの計測結果をもとに各エリアにおけるエリア面積に対する屋根面積の比（以下、便宜的にこれを建蔽率と呼ぶこととする）、1000m²当たりの建物棟数（以下、これを建物密度と呼ぶこととする）、1棟当たりの屋根面積、屋根面積の標

準偏差を算出し、これらをそのエリアの市街地形態の特徴とした。なお、階層については現地調査により、エリア内の建物が平屋および2階建てが主であれば低層、3~5階建てが主であれば中層、6階建て以上が主であれば高層とした。

2.2 TMデータの切出しと統計値の算出

前項で抽出した市街地エリアは面積的に小さく、またその周辺にも同様の市街地形態を有する地域が存在している場合が多い。したがって、画像上でそのエリアの境界を求めてデータを切り出すことは困難である。そこでまず、1/25000地形図における地図座標と画像座標の関係式（アフィン変換）を求めた。そして、同地形図からエリアの地図座標を座標読取機によって求めてデータの切出しを行った。ただし、変換式作成のためのGCP（Ground Control Point）の数は17個で、X、Y方向の残差の標準偏差は1ピクセル以下であった。次に、切り出されたTMデータからバンドごとにエリア内のCCT数値の平均および標準偏差を算出した。

2.3 解析結果

（1）市街地形態とエリア内のCCT数値の平均の関係

図一1は各エリアにおけるバンド5とバンド2のCCT数値の平均の散布図である^{註4)}。

中高層市街地および低層市街地とも建蔽率および建物密度がともに高いエリア、すなわち密集度の高いエリア（■、●）は密集度の低いエリア（□、○）に比べてバンド5の値が小さくなっており、また、尾島らがランドサットMSSデータについて調べた結果³⁾などと同様に密集度の高い中高層市街地は低層市街地よりバンド5の値が小さくなっている。建物の密集度が高くなると、ある一定のレベルまでは建物による日陰面積も増加し、みかけの反射率は低下すると考えられる。その結果が上述の密集度とバンド5の関係に表れているものと考えられる。密集度が低い場合には日陰の影響は小さくなり、建物周囲の被覆物の影響が大きくなる。中高層市街地の場合、建物周囲に樹木などの緑は少なく、道路や駐車場などであることが多いためにCCT数値は大きくなる。

スレート葺きの県営住宅団地（×）および建蔽率の非常に高い工場（◇）ではバンド2、バンド5の値がともに大きくなっているが、県営住宅団地の場合はスレートの反射率が高いことが原因と考えられる。また、工場の場合はエリア内に日陰や樹木がほとんどないためにCCT数値が大きくなったものと考えられる。

表一2および表一3は密集度とCCT数値の関係をより明確にするために、抽出したエリアを低層市街地と中高層市街地に分けて市街地形態の特徴とCCT数値の平均との相関を調べた結果である。低層市街地についてはあまり有意な関係は見られないが、中高層市街地では建蔽率とバンド4、5、6、7の相関が高くなっておりいずれ

表一1 TMデータの観測概要

観 測 日		1984年10月22日	
観 測 時 刻		10時17分（現地時間）	
観測シーン		112-037	
太 陽 高 度		38. 37'	
太陽方位角		-37. 43'	
バ ン ド 別 波 長 帯	1	0. 45～	0. 52 μ m
	2	0. 52～	0. 60 μ m
	3	0. 63～	0. 69 μ m
	4	0. 76～	0. 90 μ m
	5	1. 55～	1. 75 μ m
	6	10. 40～	12. 50 μ m
	7	2. 08～	2. 35 μ m

図-1 各市街地エリアにおける CCT 数値の平均の散布図

表-2 低層市街地の空間的特徴と CCT 数値の平均の相関係数

バンド	建蔽率 (%)	建物密度 (棟/1000 ㎡)	1棟当りの 屋根面積 (㎡)	屋根面積の 標準偏差 (㎡)
1	0.387	0.358	-0.150	-0.135
2	0.275	0.207	-0.077	-0.132
3	0.349	0.315	-0.168	-0.118
4	-0.656	-0.660	0.145	-0.197
5	-0.312	-0.312	-0.169	-0.374
6	0.186	0.186	-0.031	-0.156
7	0.173	0.173	-0.314	-0.279

表-3 中高層市街地の空間的特徴と CCT 数値の平均の相関係数

バンド	建蔽率 (%)	建物密度 (棟/1000 ㎡)	1棟当りの 屋根面積 (㎡)	屋根面積の 標準偏差 (㎡)
1	0.121	0.268	-0.228	0.037
2	-0.130	0.115	-0.207	-0.102
3	-0.129	0.092	-0.164	-0.052
4	-0.872	-0.646	0.164	-0.412
5	-0.827	-0.580	0.087	-0.329
6	-0.834	-0.663	0.134	-0.450
7	-0.649	-0.412	-0.022	-0.271

図-2 各市街地エリアにおける CCT 数値の標準偏差の散布図

も負の相関を示す。

(2) 市街地形態とエリア内の CCT 数値の標準偏差の関係

図一2は前項と同様にして求めた標準偏差の散布図である⁽⁴⁾。図から分かるようにスレート葺き住宅団地などを除くほとんどの低層市街地は、中高層市街地より標準偏差が小さく、特にバンド5では低層市街地と中高層市街地差が明確である。低層市街地は1戸当たりの屋根面積が小さく地表面被覆状況は複雑であるため、TMデータ1ピクセル(28.5×28.5m)内にはいろいろな被覆物が含まれる。また、建物による陰影も小さいため、1ピクセル内には日向と陰影も複雑に存在する。CCT数値はそれらの反射特性の平均的な値を示すために、このようにピクセル間のCCT数値の差が小さくなるものと考えられる。

(3) CCT数値の平均・標準偏差に関する主成分分析

以上のように低層市街地と中高層市街地はバンド2およびバンド5のCCT数値の標準偏差によりある程度判別が可能であり、またバンド4、5のCCT数値の平均は建物の密集度と関連性のあることが分かった。そこで、CCT数値の平均および標準偏差をもとに主成分分析を行い、さらにそれらの関係について調べた。

図一3に主成分分析の結果を示す。横軸は平均に関する主成分分析によって得られた第1主成分のスコアで、縦軸は標準偏差に関する主成分分析によって得られた第1成分のスコアである。

図よりエリア内のCCT数値の平均に関しては主に密

横軸：各市街地エリアのCCT数値の平均に関する第一主成分のスコア

縦軸：各市街地エリアのCCT数値の標準偏差に関する第一主成分のスコア

図一3 主成分分析の結果

集度と、標準偏差に関しては主に階層と関連していることが分かる。特に中高層低密市街地および中高層高密市街地が比較的良く分離しており、エリア内のCCT数値の平均と標準偏差を用いることにより市街地形態の分類が可能になるものと考えられる。

3. 市街地形態に伴う陰影の分布状況がTMデータに与える影響

前項での検討の結果、市街地エリア内のTMデータの平均あるいは標準偏差は、建物の密集度や階層などの市街地形態と関係があることが分かった。また、その原因としては市街地形態の違いによる陰影の分布状況の違いが考えられた。ただし、上記の検討に使用したTMデータは地表面被覆物の分布状況の影響も含んでいる。そこで、地表面被覆物の分布状況の影響を無視して考えるために、以下のような市街地形態モデルを作成して、市街地形態に伴う陰影の分布状況の影響を検討した。

3.1 TMデータに対する建物の陰影の影響

人工衛星から観測する、地表面上のある点の放射輝度 L_λ は、地表面が平坦で大気吸収および散乱の影響を無視できると考えた場合、次式で表される。

$$L_\lambda = \frac{\rho_\lambda \cdot E_\lambda}{\pi} \quad (1)$$

ただし、 ρ_λ ：地表面のある点の分光反射率

E_λ ：地表面のある点における全天空分光放射照度

E_λ が観測対象エリア内で均一であると仮定した場合には L_λ は地表面の反射特性のみを示すはずである。しかし、地表面に凹凸がある場合には、その凹凸によって生じる陰影のために地表面の放射照度変動するため、たとえば土地被覆物の反射特性が均一であっても放射輝度は変動する。地表面に凹凸がある場合のある点における分光放射照度を E'_λ で表せば、実際に観測される分光放射輝度 L'_λ は次式で示される。

$$L'_\lambda = \frac{\rho_\lambda \cdot E'_\lambda}{\pi} \quad (2)$$

また、 E_λ に対する E'_λ の比を α_λ とすると、(2)式は

$$L'_\lambda = \frac{\alpha_\lambda \cdot \rho_\lambda \cdot E_\lambda}{\pi} \quad (3)$$

となる。ここで、天空光の照度分布が均一であると仮定すると α_λ は(4)式で表され、地表面が平坦である場合が最大で1となる。

$$\alpha_\lambda = \frac{E'_\lambda}{E_\lambda} = \frac{D \cdot Ed_\lambda + S \cdot Es_\lambda}{Ed_\lambda + Es_\lambda} \quad (4)$$

ただし、 Ed_λ ：ある点における水平面直射日光照度

Es_λ ：ある点における水平面散乱光照度

D ：ある点における直射日光の有無

(日向:1, 日影:0)

S:ある点における天空率

ランドサット TM データの各ピクセル (28.5×28.5 m) の値, すなわち CCT 数値はそのピクセルエリア内の放射輝度 L_λ の面積平均である。したがって, CCT 数値はピクセルエリア内の被覆物の平均反射率 $\bar{\rho}_\lambda$ とピクセルエリア内の α_λ の平均 $\bar{\alpha}_\lambda$ の強度を表している。

次に, ある市街地エリア全体を観測する場合について考えてみると, エリア内の CCT 数値の平均は $\bar{\alpha}_\lambda \cdot \bar{\rho}_\lambda$ の平均, すなわち 1 ピクセルの場合と同様にエリアの反射特性と陰影特性を表すと考えられる。一方, エリア内の CCT 数値のバラツキは, 地表面の凹凸の空間周波数が 1 ピクセルの大きさ (28.5 m) に比べて十分小さい場合には反射率の分布に対応したものになると考えられるが, 市街地エリアの場合には, $\bar{\alpha}_\lambda$ の分布特性, すなわち市街地形態に伴う地表面の陰影の分布特性が強く影響してくるものと考えられる。

3.2 市街地形態モデルの作成

前節で述べた $\bar{\alpha}_\lambda$ に影響を与える市街地形態の要素のうち①建物の大きさ②建物の高さ③建蔽率の3つの要素に関していくつかの市街地形態モデルを設定し $\bar{\alpha}_\lambda$ を算出した。なお, そのほかの要素に関しては, 以下のように仮定した。

- 1) 建物および周辺の土地被覆物の反射率は 1 とする。
- 2) エリアの大きさは 300×300 m とし, 建物はエリア内に均一に建つ。
- 3) 建物の形状は東西を長辺とする直方体で, 短辺と長辺の比は 1:2 とする。
- 4) 建物同士の隣棟間隔は, 東西方向と南北方向の比を 1:2 とする。

ただし, 3) については市街地形態の実測データのうち, 矩形建物 2700 戸について調べた結果, 建物の短辺と長辺の比の平均は約 1:1.7 で, 東西南北軸からの辺の振れ角は約 4 割が 10 度以内であったことから, 建物形状

図-4 建物および太陽の天球への投影

a) 建物の大きさ(短辺= 4m), 建物の高さ(5m), 建蔽率(20%)

b) 建物の大きさ(短辺= 4m), 建物の高さ(5m), 建蔽率(40%)

c) 建物の大きさ(短辺=20m), 建物の高さ(20m), 建蔽率(20%)

d) 建物の大きさ(短辺=20m), 建物の高さ(20m), 建蔽率(40%)

図-5 市街地モデルにおける α_λ および $\bar{\alpha}_\lambda$ の分布
ただし, $Ed_\lambda : Es_\lambda = 1 : 0.3$ として 10 月 22 日の値を計算した結果

表-4 α_λ 算出における入力データ

	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
対象地点	北緯 32° 49' 東経 130° 43' (熊本)					
対象月日	6月21日 夏至		10月22日 TMデータの観測日		12月22日 冬至	
対象時刻	10時17分					
太陽高度	61.95°		38.37°		26.93°	
太陽方位角	-78.25°		-37.43°		-30.86°	
Ed:Es	1:0.3	1:0.1	1:0.3	1:0.1	1:0.3	1:0.1

をこのように設定した。

また、建物形状および隣棟間隔については東西方向および南北方向の比を逆に2:1にした場合についても計算を行ったが、以下の計算結果と概ね同様の結果であった。

3.3 $\bar{\alpha}_\lambda$ の算出

まず、各市街地モデルについて α_λ を1m間隔で算出した。(4)式において、 D を求めるためには問題とする点が日向か日影かを判別することが必要で、また S を求めるためには問題とする点における天空の立体角投射率を求める必要がある。そこで、太陽および各建物を半径1の天球上に投影したものをさらに水平面に投影して、太陽光線が建物によって遮られるかどうかの判別をすると同時に、立体角投射の法則に基づいて天空部分の面積から天空率を求めた。図—4に投影の結果の一例を示す。

ただし、建物上のある点 P の投影面における座標値 (X, Y) は、点 P の問題とする点に対する相対座標 (x, y, z) を用いて次式で求めた。

$$X = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} \dots\dots\dots (5)$$

$$Y = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} \dots\dots\dots (6)$$

また、天空部分の面積の算出に当たっては、パソコンディスプレイ上に投影図を作図して天空部分をペイントし、その色に対応するドット数をカウントすることにより求めた。日向・日影の判別に必要となる太陽位置のデータは、表—4に示すように日影面積の最小となる夏至、最大となる冬至および前節の使用データに合わせて10月22日の値を使用して計算を行った。

水平面直射日光照度 Ed_λ および水平面散乱日光照度 Es_λ は波長や大気の透過率あるいは太陽高度によって異なる。平田らは岡山、呉、奈良などで直射日光照度および散乱日光照度の実測を行っているが、今回はこの実測結果¹⁰⁾を参考にして、 Ed_λ と Es_λ の比が1:0.3 (可視

域を想定)の場合と1:0.1 (近・中赤外域を想定)の場合の2通りについて計算を行った。

次に、得られた α_λ をもとに1ピクセル28.5mの範囲ごとに平均値 $\bar{\alpha}_\lambda$ を算出した。図—5に α_λ および $\bar{\alpha}_\lambda$ の算出結果の例を示す。

3.4 市街地形態と $\bar{\alpha}_\lambda$ の関係

図—6および図—7に市街地形態 (大きさ、高さ、建蔽率) と $\bar{\alpha}_\lambda$ のエリア内の平均および標準偏差の関係を示す。

まず、建物の大きさと $\bar{\alpha}_\lambda$ の関係についてみた場合エリア内の $\bar{\alpha}_\lambda$ の平均は建物の大きさに伴って、大きくなる傾向にあるが、建物が大きくなるにつれて増加傾向は鈍くなる。 $\bar{\alpha}_\lambda$ の標準偏差は多少バラツキがあるが単調増加の傾向にあり、可視域より近・中赤外域、夏至より冬至の方が標準偏差は大きい。建物が小さい場合にはいづれもあまり差がない。それぞれの観測値はピクセル内の日向・日影の平均的な値であるために、空間周波数が小さい場合には各ピクセル値が平均化され、エリア全体でのバラツキが小さくなるためであると考えられる。

次に、建物の高さについてみた場合、 $\bar{\alpha}_\lambda$ の平均は建物の高さに伴って減少する傾向にあり、太陽高度が低いほど減少傾向は強い。 $\bar{\alpha}_\lambda$ の標準偏差は太陽高度が高い場合には建物の高さに伴って増加する傾向にあるが太陽高度が低い場合にはあまり変動しない。太陽高度が低い場合あるいは建物が高い場合には、建物周囲の日影面積は一定になり $\bar{\alpha}_\lambda$ の標準偏差は変化しなくなる。

建蔽率についてみた場合、 $\bar{\alpha}_\lambda$ の平均は建蔽率50%前後までは減少するが、それ以上になると再び大きくなる。建物の数が増えてくると建物周囲の日影面積が増えるためにエリア内の平均放射輝度は低くなるが、それ以上建物が増えると建物周囲の面積が小さくなるために日影面積も小さくなり屋根面の反射状況が反映されて、再び放射輝度は高くなってくると考えられる。 $\bar{\alpha}_\lambda$ の標準偏差は太陽高度が低い場合には建蔽率の増加に伴って小さくなる傾向にあるが、太陽高度が高い場合は逆の傾向を示

図—6 エリア内の $\bar{\alpha}_\lambda$ の平均と市街地形態の関係

図-7 エリア内の $\bar{\alpha}_\lambda$ の標準偏差と市街地形態の関係

図-8 実際の市街地エリアにおける α_λ の分布 ($Ed_\lambda:Es_\lambda=1:0.3$)

表-5 市街地エリアにおける $\bar{\alpha}_\lambda$ と TM データの関係

		エリア1	エリア2	エリア3	エリア4
市街地形態		中層低密	中層高密	低層低密	低層高密
階層		5 F	3 F	1~2 F	1~2 F
建蔽率		25.7%	38.9%	17.0%	44.5%
$\bar{\alpha}_\lambda$ の平均 (標準偏差)	$Ed_\lambda:Es_\lambda=1:0.3$	0.55(0.19)	0.79(0.10)	0.84(0.07)	0.67(0.07)
	$Ed_\lambda:Es_\lambda=1:0.1$	0.52(0.22)	0.78(0.11)	0.84(0.08)	0.66(0.07)
CCT 数値 の平均 (標準偏差)	バンド1	86.4(8.2)	87.3(5.5)	77.9(5.3)	91.7(3.2)
	バンド2	36.8(3.9)	36.9(3.2)	31.0(2.9)	37.9(1.5)
	バンド3	39.6(6.0)	41.5(5.4)	31.8(4.5)	42.5(1.5)
	バンド4	48.2(11.0)	40.9(5.1)	43.0(3.1)	35.3(1.9)
	バンド5	50.0(9.9)	59.2(10.1)	49.6(6.1)	52.5(4.0)
	バンド7	23.9(7.0)	34.2(7.1)	24.6(4.0)	31.5(2.0)

す。また、建蔽率が60%を越えるといずれの場合もバラツキは同じになる。

4. $\bar{\alpha}_\lambda$ と TM データの関係

実際の市街地エリアに対し $\bar{\alpha}_\lambda$ を算出し、TM データとの関係について調べた。対象とした市街地エリアは中層低密、中層高密、低層低密、低層高密の4つの市街地タイプである。それぞれのエリアにおける α_λ の分布状況を図-8に、 $\bar{\alpha}_\lambda$ と TM データの関係を表-5に示す。

まず、 $\bar{\alpha}_\lambda$ と CCT 数値の平均の関係について見た場合、4つのエリアの $\bar{\alpha}_\lambda$ の大小関係は CCT 数値の大小関係とあまり一致していない。これはエリア3において樹高の高い樹木が多くあることを無視して $\bar{\alpha}_\lambda$ を算出したことと、地表面被覆物の反射率の違いが影響していると考

えられる。

これに対し、 $\bar{\alpha}_\lambda$ と CCT 数値の標準偏差の関係についてみた場合、エリア1, 2, 3, 4の順で $\bar{\alpha}_\lambda$ および CCT 数値の標準偏差は小さくなっており、中層より低層、低密より高密の方が標準偏差は小さくなる傾向にある。

5. まとめ

本研究では市街地形態を調査し、ランドサット TM データとの関係について検討するとともに、市街地形態モデルを作成し、建物による陰影の分布が TM データに与える影響について検討を行った。

その結果、まず市街地形態の実測結果と TM データの関係について以下の知見が得られた。

① 高密市街地は低密市街地よりエリア内のバンド5の

平均が小さくなる傾向にあり、特に中高層市街地において建蔽率は、エリア内のバンド4, 5, 6, 7の平均と高い負の相関を示す。

② 中高層市街地は低層市街地に比べて、エリア内のバンド5のCCT数値の標準偏差が大きくなる傾向にある。

また、市街地形態モデルにおける陰影の分布状況のシミュレーション結果から以下の知見が得られた。

① 建蔽率、建物高さが一定であれば、建物が大きいほどエリア内の放射輝度の平均および標準偏差は大きくなる。

② 建物の高さが高いほど放射輝度の平均は小さくなるが、ある高さ以上になると放射輝度は変化しなくなる。

③ 放射輝度の平均は建物の大きさ、高さが一定であれば、建蔽率が50%程度のときに最低となる。

④ 市街地形態が放射輝度に与える影響は可視域よりも近・中赤外域において大きい。

注

- 1) 本研究での市街地形態とは都市域における建物の形状、大きさ、高さ、建蔽率などによって決定される建物およびその周辺の空間形態を意味する。
- 2) 本研究でいう市街地エリアとは街区程度の広さを想定している。
- 3) 本報は既に発表した下記報告を再検討し、修正加筆したものである。
 ・斉藤郁雄，石原 修：地域環境の解析・評価におけるランドサットTMデータの応用に関する研究（その1），日本建築学会九州支部研究報告，pp.125～128，1986.3
 ・斉藤郁雄，石原 修：地域環境の解析・評価におけるランドサットTMデータの応用に関する研究（その2），日本建築学会中国・九州支部研究報告，pp.101～104，1987.3
- 4) ここでは、バンド間の相関を考慮して、可視光線である

バンド2と陰影の影響が現れやすいと考えられる中赤外線バンド5を用いて散布図を作成した。

参考文献

- 1) 梅干野 晃，小松義典：リモートセンシングデータの空間分解能と住宅地の土地被覆分類結果との関係，日本建築学会計画系論文報告集，第394号，pp.1～9，1988.12
- 2) 垂水弘夫，藤井修二：都市域におけるLandsat Thematic Mapper Imageの解析，日本建築学会計画系論文報告集，第405号，pp.39～46，1989.11
- 3) 尾島俊雄，円満隆平，飯坂譲二：リモートセンシングデータによる都市空間の構造解析（その1），日本建築学会論文報告集，第305号，pp.122～130，1981.7
- 4) 円満隆平，尾島俊雄：リモートセンシングデータによる都市空間の構造解析（その2），日本建築学会論文報告集，第334号，pp.101～108，1983.12
- 5) 尾島俊雄，円満隆平，依田浩敏：ランドサットThematic MapperとMulti Spectral Scannerの比較，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.597～598，1984.10
- 6) 梅干野 晃，乾 正雄，龍谷光三：リモートセンシングによる住宅地の熱環境の解析（Ⅱ），日本建築学会論文報告集，第309号，pp.115～126，1981.11
- 7) 梅干野 晃，浦野良美，藤井 修：リモートセンシングによる住宅地の熱環境解析（Ⅳ），日本建築学会建築環境工学論文集，pp.133～140，1984.11
- 8) 新井正見，高木直樹，浅野良晴，松井昌幸：リモートセンシング技術による地方都市の土地被覆分類に関する研究（第1報），日本建築学会北陸支部研究講演梗概集，Vol.30，pp.169～172，1987.6
- 9) 高木直樹，新井正見，浅野良晴，松井昌幸：リモートセンシング技術による地方都市の土地被覆分類に関する研究（第2報），日本建築学会北陸支部研究講演梗概集，Vol.30，pp.173～176，1987.6
- 10) 平井更一，安田嘉純：太陽放射の測定，日本国土海洋総合学術診断研究報告，pp.439～455，1975.10

（1992年2月5日原稿受理，1992年8月4日採用決定）