

衛星リモートセンシングを用いた地表面温度特性に関する研究

大阪大学大学院 学生員○谷本泰雄

大阪大学大学院 正会員 谷本親伯

大阪大学大学院 正会員 小泉圭吾

大阪大学工学部 学生員 吉富敦史

1. はじめに

都市の熱環境は、都市の自然環境、空間構成、地理的条件及び気候により異なり、都市ごとの熱環境特性を踏まえた対策が必要となる。そのため都市の熱環境の観測が重要となる。また、衛星リモートセンシングを用いた、より詳細な地表面温度の把握には、土地被覆の放射特性である放射率を考慮する必要がある。

本研究では、衛星リモートセンシングによる観測データをもとに、大阪市中心部における放射率を考慮した地表面温度を算出するとともに日影、土地被覆との関係から、都市の構成要素が地表面温度に与える影響について検討を行った。

2. 放射率を考慮した地表面温度の算出

本研究では、大阪市中心部で商業用地、道路用地の面積割合の高い中央区(0.96km×1.44km)を対象地域とした。衛星データは Landsat7 号 ETM+, 2000 年 8 月 25 日 10:26(Path:110,Row:36)を使用した。

土地被覆分類は、ゼンリン住宅地図(1/1500)、国土地理院発行空中写真及び現地調査をもとにコンクリート(建物、歩道及び隙間)、アスファルト(道路)、植物(緑地)、土壌(裸地)、水(水面)及び瓦(住宅地)で分類した。隙間は、街区と建物の間隙空間と定義した。

放射率測定は、土地被覆の分類項目を測定対象物として室内実験で行った。測定方法は、試料を熱平衡状態にし、サーミスタ温度計(SK-1250MCIII)と放射率 $\epsilon=1$ を初期条件とした赤外線放射温度計 (TH3104MR)の測定結果が等温となるときの放射率を測定対象物の放射率とした。コンクリート、アスファルト、植物、土壌、水及び瓦の測定結果は 0.953, 0.960, 0.980, 0.920, 0.980, 0.941 となった。

次に Landsat7 号 ETM+ Band6 の各ピクセル(60m×60m)における土地被覆の面積割合から、各ピクセルに対応する放射率を推定し、放射率を考慮した地表面温度を算出した。表 1 に各土地被覆を含むピクセル

ルの放射率による補正前後の平均地表面温度とその温度差を示す。中央区は平均約 3.60℃高くなった。放射率による補正前後の地表面温度差は、土地被覆によって地表面温度の上昇の程度が異なることから、土地被覆の違いによる物質特性を表している。

表 1 放射率による補正前後の平均地表面温度

		平均地表面温度	建物(コンクリート)	歩道(コンクリート系タイル)	道路(アスファルト)	緑地(植物)	裸地(土)	水(水)	隙間(コンクリート)	住宅地(瓦)
中央区	ピクセル数	314	191	74	106	63	12	12	142	7
	補正前地表面温度(℃)	31.11	30.99	30.88	31.23	30.96	31.51	31.47	31.19	32.58
	補正後地表面温度(℃)	34.71	34.62	34.51	34.69	34.44	36.11	34.24	34.79	36.54
	補正前後の温度差(℃)	3.60	3.63	3.63	3.46	3.48	4.61	2.77	3.60	3.96

3. 大阪市中心部における地表面温度の検討

図 1 に建物の土地被覆であるコンクリートを含むピクセル内でコンクリートの面積割合の変化に伴う地表面温度の傾向を示す。その結果中央区ではコンクリートの面積割合の変化に伴う地表面温度の明確な変化は確認されなかった。

表 2 に示すように、コンクリートは熱伝導率、熱容量が 1.626(W/mK), 1.936×10^6 (J/m³K)であり、他と比較して熱量を伝えやすく熱容量の大きい土地被覆である。また、温度変化の度合いを表す熱物理係数¹⁾が 3.148×10^6 (J²/sK²m⁴)であり、対象とした土地被覆で最も大きい値を示し、温度変化のしにくい土地被覆である。表 2 より建物(コンクリート)を含む

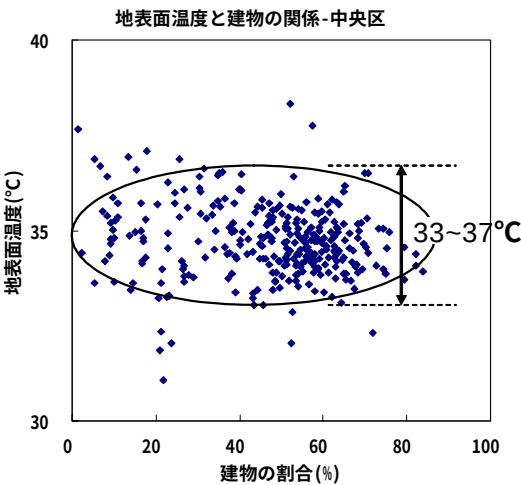


図 1 地表面温度と建物面積割合の関係

Key Words：熱環境、放射率、Landsat7 号-ETM+, 土地被覆、日影図
連絡先：〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院 工学研究科 地球総合工学専攻 TEL：06-6879-7346

表2 各物質の物質特性¹⁾

対象物	熱伝導率 λ (W/mK)	熱容量 c_p (J/m ³ K) $\times 10^6$	熱物理係数 $c_p \lambda$ (J ² /sK ² m ⁴) $\times 10^6$	アルベド ref
コンクリート	1.626	1.936	3.148	0.300
コンクリート系 タイル	1.298	2.006	2.604	0.300
アスファルト	0.726	1.950	1.416	0.100
土壌	0.630	1.588	1.000	0.300
水	0.600	4.192	2.515	0.100
瓦	0.959	1.508	1.446	

ピクセル内の熱物理係数、日射の反射率を表すアルベドは、コンクリートの面積割合の増加に比例する。

地表面温度の日変化は、余弦関数で表すことができる。表3にアルベド及び熱物理係数の基準条件がそれぞれ+0.1の増加、2倍変化した時の振幅と位相差の変化比を示す。振幅とは1日の地表面温度の最低温度と最高温度の幅のことを示し、位相差とは日射量が地表面温度に変換されるまでの時間差を示す。

表3よりアルベド及び熱物理係数が小さいピクセルは、建物(コンクリート)の面積割合の高いピクセルと比較して地表面温度の振幅の増加により1日の地表面温度差が大きくなることがわかる。また、位相差は減少し、地表面への日射の入射から地表面温度への反応が早まる。つまり、今回の解析条件では、建物(コンクリート)の面積割合が低いピクセルで地表面温度の上昇が早い傾向となる。しかしながら、図1に示したように建物(コンクリート)の面積割合の変化に伴う明確な地表面温度の変化は確認されなかった。図1に示したピクセルは、土地被覆が人工物であり、観測日より前5日間で降雨が観測されていないため土地被覆から直接生じる蒸発散等の影響は考えられない。また、対象地域の中央区は、総面積に対して46.88%が高層ビル群によって占められており、建物の面積割合の増加に伴い、日影面積割合が増加する傾向にある。つまり、地表面温度変化に直接影響を与える日射量が少なかったため、コンクリートの面積割合の低いピクセルで高温域が確認されなかったと考えられる。

以上のことから建物(コンクリート)で低温になっ

表3 物性値による地表面温度の変化特性²⁾

基準条件: $C_{p0}=0.01\text{ms}^{-1}$, アルベド $\text{ref}=0.0$, $L_{01}=100\text{Wm}^{-2}$, 平均日射 $S_0=300\text{Wm}^{-2}$, 日射振幅 $S_1=300\text{Wm}^{-2}$, 平均気温 $T_a=20^\circ\text{C}$, 気温位相 $\alpha=0.26\text{rad}$, 1hr , $q_{\text{sat}}(T_a)=0.6$, 蒸発効率 $\beta=0.4$, 熱物理係数 $c_p \lambda = 2 \times 10^6 \text{J}^2 \text{s}^{-1} \text{K}^{-2} \text{m}^{-4}$

基準条件のときの値: $A1=9.68^\circ\text{C}$, $\phi=0.275\text{rad}=15.05$

基準条件	条件の変化	地表面温度の振幅 A_1 の変化比(%)	放射量と地表面温度の位 相差 ϕ の変化比(%)
アルベド ref=0.0	+0.1	92	102
熱物理係数 $c_p \lambda = 2 \times 10^6 \text{J}^2 \text{s}^{-1} \text{K}^{-2} \text{m}^{-4}$	2倍	90	123

た原因として日照時間、アルベド、熱伝導率、熱容量及び熱物理係数といったコンクリートの物質特性及び日影の影響による日射量の低減が考えられる。

4. 日影を考慮した地表面温度形成に関する検討

対象地域における日影図の作成³⁾を行った。衛星データ観測日時の太陽位置は高度 57.92° , 方位角 16.54° であった。建物の高さはゼンリン住宅地図に記載された階数を階高3.5mと設定して算出した。

次に重回帰分析を行い、各ピクセル内のそれぞれの土地被覆、日影の構成が地表面温度形成に与える影響について検討した。目的変数は地表面温度、説明変数は、日影、建物(コンクリート)、歩道(コンクリート系タイル)、道路(アスファルト)、緑地(植物)、裸地(土)及び住宅地(瓦)とした。表4に結果を示すとともに、各変数の影響度をもとに地表面温度への回帰式を式(1)に示す。分析の精度を表す重相関係数は0.623を得た。地表面温度に与える影響度を表す標準偏回帰係数から、温度上昇の効果の高い要素は、裸地(土)、歩道、住宅地(瓦)の順であった。また、温度上昇の効果の低い要素として、道路(アスファルト)、建物(コンクリート)、緑地(植物)、日影の順で寄与していることが確認された。建物(コンクリート)は3.で確認された傾向と同様の結果となった。回帰式から、日影が地表面温度の温度上昇の抑制に影響を与えることが確認された。

表4 重回帰分析結果

重相関係数: 0.623

	影響度順位	変数名	影響度	回帰式係数
地表面温度 上昇効果高	1	裸地(土)	0.2647	0.0293
	2	歩道(コンクリート系タイル)	0.2236	0.0690
	3	住宅地(瓦)	0.1878	0.0223
地表面温度 上昇効果低	1	道路(アスファルト)	-0.3703	-0.0284
	2	建物(コンクリート)	-0.3467	-0.0216
	3	緑地(植物)	-0.3410	-0.0686
	4	日影面積割合	-0.1049	-0.0113

$$y = 0.0293 \times a + 0.0690 \times b + 0.0223 \times c + (-0.0284) \times d + (-0.0216) \times e + (-0.0686) \times f + (-0.0113) \times g \quad (1)$$

y: 地表面温度($^\circ\text{C}$)

a: 裸地(土), b: 歩道(コンクリート系タイル), c: 住宅地(瓦), d: 道路(アスファルト)

e: 建物(コンクリート), f: 緑地(植物), g: 日影面積割合 それぞれの占有率(%)

5. まとめ

1)衛星データ観測時の大阪府中心部の地表面温度分布の特徴が把握された。2)地表面温度に与える土地被覆、日影の影響が把握された。

参考文献: 1)日本建築学会: 建築材料用教材, 日本建築学会, pp.113, 1990.3.30 2)近藤純正: 水環境の気象学-地表面の水収支・熱収支-, 朝倉書店, pp.150-159, 1994.4 3)伊藤克三: 日照関係図表の見方使い方, オーム社, 1976