

大阪大学工学部 学生員 ○吉富 敦史 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 大阪大学大学院 学生員 谷本 泰雄

1. はじめに 都市の土地被覆や地表面形状は、都市の形成過程において改変されてきた。そのため都市の熱環境は、コンクリートやアスファルトなどの蓄熱効果、風の変化などの要因により変化している。近年では都市特有のヒートアイランド現象が観測され、大気汚染や集中豪雨などの原因となっている。このような現象の改善のためにも都市の熱環境の観測が必要とされている。環境観測を行う有効な技術として広域性、同時性、周期性などの特徴を有した衛星リモートセンシングが挙げられる。一般的に衛星リモートセンシングによる地表面温度観測は、地表面の放射特性を黒体と仮定した算出方法がとられている。しかしながら、地表面被覆物の放射特性は黒体ではなく、被覆物ごとに様々な特徴を有している。本研究では、①Landsat 7号/ETM+を使用して土地被覆物ごとの放射率を考慮した地表面温度を算出し、②得られた地表面温度と土地被覆の関係を調べることを目的とした。

2. 対象地域について 観測データは2000年8月25日、a.m10:26に大阪府(Path110, Row36)を観測したLandsat7号/ETM+のデータを使用した。対象地域は、大阪府都心部で比較的低温域を形成していた中央区、高温域を形成していた阿倍野区、低温域を形成していた大阪城公園を選定した。それぞれの範囲は、 $0.96 \times 1.44\text{km}$ 、 $1.38 \times 0.72\text{km}$ 、 $0.48 \times 0.66\text{km}$ である。また、各対象地域の代表的土地利用は、中央区では商業用地、阿倍野区では住宅用地、大阪城公園では緑地である。

3. 放射率を考慮した地表面温度の算出 本研究では、観測データの分解能(60m)に応じた放射率を算出するため、各ピクセル内での土地被覆物の面積割合を算出した。地表面被覆物の面積割合は、住宅地図(1/1500)、空中写真及び現地調査を基にコンクリート、アスファルト、瓦、植生、水、土壌の6種類に土地被覆分類を行い、算出した。次に、それぞれの土地被覆物に対して放射率測定を行った。放射率測定の結果、コンクリート、アスファルト、瓦、植生、水、土壌の放射率はそれぞれ0.953, 0.960, 0.941, 0.920, 0.980, 0.980となった。各ピクセルの放射率 ε を式(1)より算出した。

$$\varepsilon = (\varepsilon_c \cdot A_c + \varepsilon_a \cdot A_a + \varepsilon_g \cdot A_g + \varepsilon_s \cdot A_s + \varepsilon_w \cdot A_w + \varepsilon_r \cdot A_r) / A_{all} \quad (1)$$

ε : 放射率, A : 各ピクセルでの占有面積(m^2)

c: コンクリート, a: アスファルト, g: 植生, s: 土壌, w: 水, r: 瓦, all: 全地域

各ピクセルの放射率算出結果をもとに放射率を考慮した地表面温度 T を式(2)より算出した。また全ピクセルの放射率の平均値は阿倍野区、中央区、大阪城公園でそれぞれ0.950, 0.951, 0.968であった。

$$T = \frac{K_2}{\ln(\varepsilon K_1 / L_\lambda + 1)} \quad (2)$$

T : 衛星位置で検出される地表面温度 (K), L_λ : スペクトル放射 ($\text{W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}$), ε : 放射率

K_1 , K_2 : 校正定数 $K_1 = 666.09$ ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{ster}^{-1} \cdot \mu\text{m}^{-1}$), $K_2 = 1282.71$ (K)

4. 結果と考察 補正後の地表面温度は、中央区では補正前と比較して平均で 3.60°C 上昇し 34.7°C 、阿倍野区では平均で 3.7°C 上昇し 37.8°C 、大阪城公園では平均で 2.31°C 上昇し 30.3°C となった。その結果、緑地である大阪城公園と人工被覆物が大半を占める中央区、阿倍野区の温度差は、より鮮明になった。次に各ピクセルにおける占有率と地表面温度の関係について検討した。図1に阿倍野区の植生の占有率と地表面温度の関係を示した。植生や水は、潜熱が大きいため温度の低減効果のある被覆物であり、本研究の結果においても植生の占有率増加に伴い地表面温度が減少する傾向が見られた。さらに、植生の占有率が15%以上では、平均地表面温度は 36.1°C となり、阿倍野区の平均地表面温度と比較して 1.7°C 低いことがわかった。この結

果から植生による地表面温度低減効果が確認された。次に中央区のコンクリートと地表面温度との関係を図2に示す。図2より、コンクリートの占有率の増減に伴う地表面温度の変化は見られなかった。しかしながら、一般的な概念ではコンクリートは、表面温度の高温なる物質であり、得られた結果はこの概念と異なる。これはコンクリートの熱特性が影響していると考えられる。図3に被覆物の熱物理係数($J^2s^{-1}K^{-2}m^{-4}$)を示す。熱物理係数とは温度変化の度合いを表す係数であり、この値が大きいほど温度が変化しにくいことを表している。図3より、コンクリートは分類項目の中で最も熱物理係数の高い物質である。また衛星観測時である午前10時26分では、日照時間が3.1時間程度であり、当日の最高気温を示した午後1時と比べ3.5時間日照時間が短いため日射量が不十分であったと考えられる。この結果、衛星観測時でコンクリートの表面温度は上昇せず、占有率と地表面温度の間に相関が確認されなかったものと考えられる。さらに被覆物別の熱物理係数から、土壌が最も熱物理係数の低い物質であり、最も温度変化しやすい物質だと考えられる。図4より、土壌では熱物理係数の値が示すとおり、占有率の増加とともに地表面温度上昇の傾向を示した。また、土壌の占有率が約90%で阿倍野区における最高温度を示した。このピクセルは、補正前において阿倍野区全体の平均値 34.1℃に対し 34.2℃と高温ではなかったが、放射率の補正により熱物理係数が示す傾向と同様の結果になった。次に、アスファルトと瓦は熱物理係数の値がほぼ等しいため、同様の温度傾向になると考えられる。しかしながら、瓦の占有率と地表面温度との間に正の相関が見られたが(図5)、アスファルトの占有率と地表面温度の間に相関は見られなかった(図6)。この傾向の相違は、影の影響と考えられる。現地調査を行った結果、ビルの谷間にある道路の多くは建物の影で覆われていることが確認でき、また太陽高度が低い時間帯では、御堂筋のような幅の広い道路も高層ビルの影響により影で覆われていることがわかった。影に覆われることによりアスファルトは、他の被覆物と比較して日射が遮られる結果となる。一方、瓦は住宅地の屋根の被覆物であるため十分な日射を受ける。このように被覆物の立地条件の違いによって、入射する日射量は異なる。そのために瓦がアスファルトと比べ、表面温度が上昇する傾向にあると考えられる。

5. まとめ 今回用いた衛星の観測条件下では、補正前では土壌の地表面温度は低く抑えられていたが、放射率の補正により土壌の温度が高くなることが確認された。また、他の被覆物においても影の影響を受けていると考えられるアスファルトを除いては熱物理係数で考えられる傾向と同様の結果が表れた。このことから本研究で行った地表面温度の放射率補正の妥当性が示された。

[参考文献] 1) 近藤純正：地表面に近い大気科学 理解と応用，pp116，東京大学出版会，2000.9

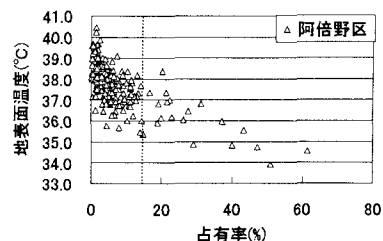


図1 占有率と地表面温度の関係(植生)

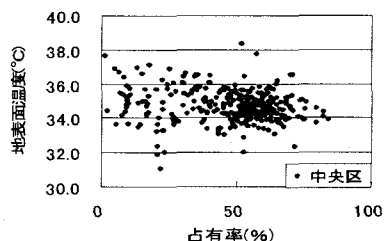


図2 占有率と地表面温度の関係(コンクリート)

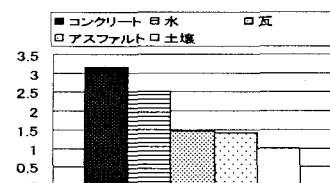


図3 被覆物の熱物理係数

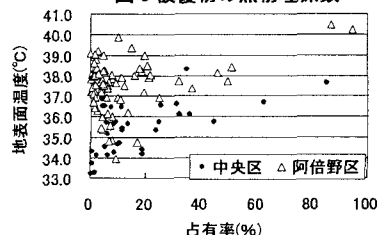


図4 占有率と地表面温度の関係(土壌)

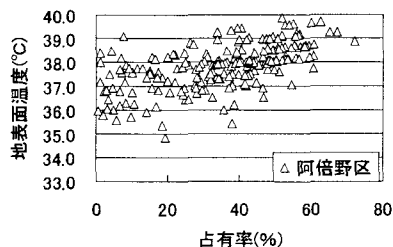


図5 占有率と地表面温度の関係(瓦)

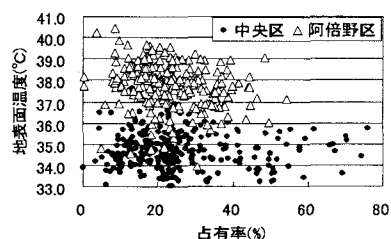


図6 占有率と地表面温度の関係(アスファルト)