

CS-14

衛星リモートセンシングを用いたウォーターフロント地域の開発前後に見る熱環境変化

長崎大学大学院 学 大森誠太郎

長崎大学工学部 正 後藤恵之輔

1. はじめに

近年、都市域が拡大するにつれて、地表面の被覆状態の多くが土壌や森林、水面などの自然なものからコンクリートやアスファルトなどの人工的なものへと、大部分が変化してきている。これにより、植物の蒸発散効果が低下を招くとともに、人工熱の放射が顕著になるため、地表面が高温化し地球規模で熱環境に悪影響がもたらされている。

また一方で、我が国は人口の増加に伴い都市部では過密化が進み、都市は新たな地域への拡大を余儀なくされ、その一つとして近年ではウォーターフロント地域が注目されるようになってきた。

そこで、ウォーターフロントの対象地として、多くの植栽を施したり運河を張り巡らせたりするなど、様々な点において環境に配慮した設計を行っている「新しいまち」である長崎県佐世保市のハウステンボスを取り上げ、衛星リモートセンシングを用いた解析を行い、植生指標並びに開発化指標と関連付けて、開発前から開発後にかけての熱環境の変化を調査した。

2. 解析方法

本研究で使用的是、表-1のような人工衛星 LANDSAT5 号の TM センサーで観測した夏の昼間データである。これを基に、バンド 6 (熱赤外域) の CCT 値 (デジタルカウント) より、地表面温度を次式を用いて算出した¹⁾。

表-1 使用した衛星データ

建設時期	観測日
建設前	1985年8月19日
建設中	1991年8月14日
建設後	1994年8月22日

$$T = \frac{1.7651 \times 10^{-2} \pm \sqrt{0.017651 \times 10^{-4} \times 5.1292 \times 10^{-5} (1.6023 - R)}}{2 \times 5.1292 \times 10^{-5}} - 273.15 \quad (1)$$

ここで、 T は地表面温度(°C)、 R はバンド 6 の CCT 値を基に算出した単位波長当たりの放射輝度($\text{mW}/\text{cm}^2 \cdot \text{sr} \cdot \mu\text{m}$)である。

また、植物の活性度は正規化差植生指標 $NDVI$ (Normalized Differencial Vegetation Index)を用いて調べた。LANDSAT/TM における $NDVI$ は、0~255の範囲にスケーリングした次式により算出される²⁾。

$$NDVI = \left(\frac{BAND4 - BAND3}{BAND4 + BAND3} + 1 \right) \times 128 \quad (2)$$

ここで、 $BAND3$ 及び $BAND4$ はそれぞれ、LANDSAT/TM のバンド 3 (可視光域の赤色波長帯)、バンド 4 (近赤外線域の波長帯) の CCT 値を表している。

さらに、著者らは都市域と植生域の CCT 値の大小関係が逆転していることに注目し、アスファルトやコンクリート等の被覆の度合い、すなわち都市の開発化を表す指標として開発化指標 DI (Development Index)を提案し、これと地表面温度及び植物活性度の関係についても調査した。なお、 DI の定義式は次のとおりである。

$$DI = \frac{BAND2 - BAND4}{BAND2 + BAND4} \quad (3)$$

ここで、 $BAND2$ は LANDSAT/TM のバンド 2 (可視光域の緑色波長帯) の CCT 値を表している。

キーワード：LANDSAT/TM, ウォーターフロント, 地表面温度, 植物活性度, 開発化指標

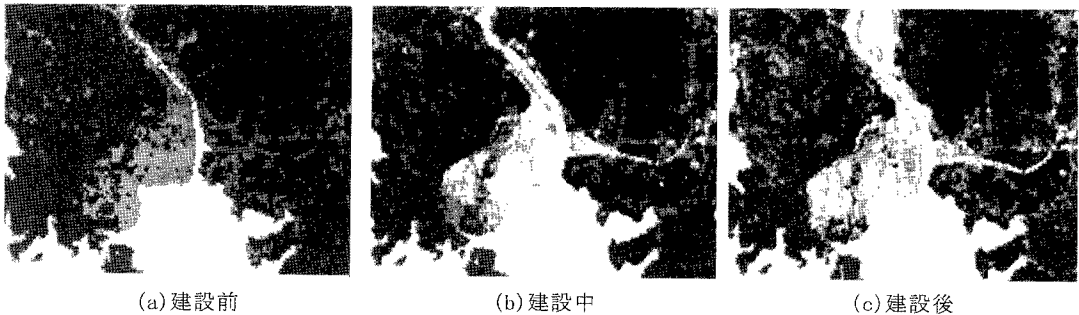
連絡先：〒852-8521 長崎市文教町 1 番 14 号 TEL 095-848-9638 FAX 095-848-3624

3. 解析結果

まず、地表面温度について言えることは、開発の進行に伴って、ハウステンボスのとりわけ北部と西部で上昇傾向が強いということである。この箇所は、駐車場や広場などであるため、主にアスファルトなどの人工物の被覆であったり、コンクリート製の構造物が建ち並んでいることにより、地表面温度が高くなっている。

一方、海上のハウステンボスマリーナ、南部のフォレストパークやパレスハウステンボスなど、運河や海洋に面した箇所は低温である。水辺が、温度低減に大きく寄与していると言える。特に、海辺では海風の影響も少なからず貢献している。

地表面温度を開発化指標と照合して検討してみる。建設前から建設後の DI の変化を画像-1（原図はカラー）に示す。画像-1 を全体的に見てみれば、植物が生い茂った半ば荒れ地状態であった建設前と比較して、造成によって植被覆状態の大半が人工物へと変化している建設中の開発化が進行している。一方、建設後は 40 万本の樹木や 30 万本の草花を植えたことにより、ワッセナーなどでは開発化の低下傾向が見られるとともに、地表面温度も低下傾向が見られる。また、ハウステンボスマリーナやその直北のビネンスタッドなど開発が著しい地域では、高い値を示した。



画像-1 ハウステンボスにおける DI の変化（赤色ほど開発化が高く、青色ほど低い）

4. 開発化指標と地表面温度及び植物活性度の相関性

ハウステンボス内のいくつかの地点における DI と $NDVI$ 及び T の計算値を抽出し、それらの関係をプロットしたものを図-1 に示す。最小二乗法を用いて算出した相関式は、次のようになった。

$$T = 0.550DI - 23.569 \quad (4)$$

$$NDVI = -0.982DI + 251.833 \quad (5)$$

相関係数は順に、 $R_1 = 0.923$ 、 $R_2 = -0.870$ となり、いずれの関係も比較的高い相関性が表れている。このことから、 DI の信頼性及び利用性が高いことを実証した。

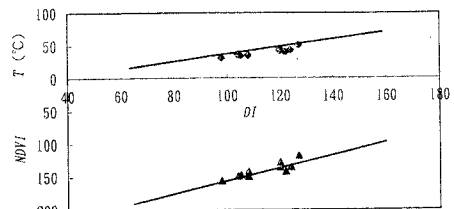


図-1 DI と地表面温度及び $NDVI$ の関係

5. おわりに

本論から、植物活性度を上昇させるとともに、コンクリートやアスファルトの被覆すなわち開発化を抑えることが、都市域の地表面温度の低下につながる可以说。ウォーターフロント地域は特有の海風の影響が生かせるだけに、植物活性及び開発化を念頭に置いた設計を行えば、ハウステンボスの他、横浜のみならずみらいや福岡市沿岸などの地域でも今後一層の発展を見込めると期待される。

参考文献 1) 後藤恵之輔・北嶋宏康：衛星リモートセンシングによる大規模ごみ処分場の維持管理の試み、長崎大学工学部研究報告，第 27 巻，第 49 号，pp. 261～264，1997. 7. 2) 後藤恵之輔・前間英一郎・中村晋一：LANDSAT/TM データで探る 1997 年鹿児島県北西部地震と出水市土石流災害との関係，平成 9 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp. 740～741，1998. 3.