

人工衛星リモートセンシングによる宍道湖の環境分析に関する試み

広島工業大学大学院	学生員	○大野 健志
広島工業大学	正会員	菅 雄三
(株)荒谷建設コンサルタント	フェロー会員	山下 祐一
(株)荒谷建設コンサルタント	非会員	林 栄一

1. はじめに

広島工業大学は、米国の地球観測衛星LANDSAT-7に搭載されているETM+(Enhanced Thematic Mapper Plus)の直接受信処理および解析のための地上局を設置した。著者らは、本地上局において平成12年4月から開始されたETM+データの受信処理と並行して、地上での表面温度の同期観測を行ってきた。本稿では、その同期観測データを基にして、本地上局において直接受信処理を行ったETM+データを用いて表面温度の時系列データセットの構築を行い、島根県宍道湖の環境分析を目的として、そこで得られた知見について報告する。

2. 使用データおよび対象地域

島根県宍道湖を対象地域に設定した。このための表面温度の時系列データセットの構築に使用したETM+データをTable 1に示す。宍道湖は、出雲平野および斐伊川流域を背後地として、周囲50km、面積79.7km²で最大水深が約6mである。

Table 1: Target and ETM+ data for multi-temporal dataset construction of surface temperature

Target	ETM+ data for multi-temporal dataset construction of surface temperature (D/M/Y;path-row)
Lake Shinji and its vicinity	01 April, 2000:112-35
	03 May, 2000:112-35
	20 June, 2000:112-35
	29 June, 2000:111-35
	22 July, 2000:112-35
	04 April, 2001:112-35

3. LANDSAT-7/ETM+データによる表面温度の推定

LANDSAT-7/ETM+データは、Level-1Gの通常各バンド毎の衛星画像データとしてユーザーに提供されるが、画像上では1画素にそのセンサーの空間分解能とほぼ同じ広さの地上からの反射輝度の強度をバンド毎に8ビットのデジタル値(DN)として格納している。DNは、式(1)により地表面からの分光放射輝度 L_λ ($Wm^{-2}ster^{-1}\mu m^{-1}$)に変換される¹⁾。

$$L_\lambda = L_{min} + (L_{max} - L_{min}) \times DN / DN_{max} \cdots (1)$$

ここで、 L_{min} , L_{max} は、それぞれのセンサーでの各バンドの最大および最小分光放射輝度であり、 DN_{max} は、 $2^8 - 1 = 255$ である。

分光放射輝度 L_λ は、センサーの瞬時視野内の地表面温度が均一であると仮定すると、次式で表される。

$$L_\lambda = 2\pi hc^2 \lambda^{-5} \tau_\lambda \epsilon_\lambda / [\pi \{ \exp(hc / \lambda kT) - 1 \}] \cdots (2)$$

ここで、 λ は波長[m]、 $h(=6.626 \times 10^{-34} Js)$ はプランクの定数、 $k(=1.380 \times 10^{-23} JK^{-1})$ k はボルツマン定数、 $c(=2.998 \times 10^8 ms^{-1})$ は光速、 τ_λ は大気放射率、 ϵ_λ は地表放射率、 T は地表面温度[K]である。この式(2)を変形すると(3)式となり、大気放射率 τ_λ および地表放射率 ϵ_λ を仮定すれば、分光放射輝度 L_λ から地表面温度 T を求めることができる。

$$T = c_2 / \left[\lambda \ln \left\{ (\tau_\lambda \epsilon_\lambda c_1 \lambda^{-5} / \pi L_\lambda) + 1 \right\} \right] \cdots (3)$$

ここで、 $c_1 = 2\pi hc$, $c_2 = hc / k$ である。ETM+の熱赤外バンド6に関しては、USGSにより大気放射率および地表放射率を仮定した温度変換係数 K_1 , K_2 が公開されており、この係数を用いて、衛星のセンサー入力値としての有効輝度温度を計算することができる¹⁾。

4. LANDSAT-7/ETM+データによる表面温度の時系列データセットの構築

今回は、宍道湖周辺における衛星と同期した地上観測の代わりに、ほぼ同一時刻における同じ観測軌道での同期観測を広島市街地の建物屋上の断熱材、埋立地のアスファルト、ゴルフ場の芝、水田および広島湾の水面にて表面温度の観測を行った。ETM+バンド6により上記の土地被覆・利用地において観測された分光放射輝度との関係式を近似することにより、2000年7月22日、ならびに2001年4月4日のETM+バンド6の画像データ(path:112, row:36)を用いて宍道湖およびその周辺の表面温度の推定を行った。その結果得られた推定表面温度およびETM+バンド6により観測された分光放射輝度を算定した。地表面温度と分光放射輝度に基づいて最小自乗法により近似を行った結果、以下の関係式を得ることができた²⁾。

<2000 年 7 月 22 日>

$$L_L = 3.5785e - 4 \times T^2 - 0.1895 \times T + 33.7064 \dots (4)$$

$$L_H = 3.5625e - 4 \times T^2 - 0.1888 \times T + 33.6634 \dots (5)$$

<2001 年 4 月 4 日>

$$L_L = 2.3517e - 4 \times T^2 - 0.0571 \times T + 5.0079 \dots (6)$$

$$L_H = 1.4410e - 4 \times T^2 - 8.6836e - 4 \times T + 3.6329 \dots (7)$$

ここで L_L, L_H は、ETM+バンド6の各モードでの分光放射輝度である。この近似式(4)~(7)を用いて算出した表面温度の時系列データセットを Figure 1 に示す。宍道湖を中心として、市街地、農地、山間部での土地被覆・利用の分布に対応した地表面温度分布が示されている。

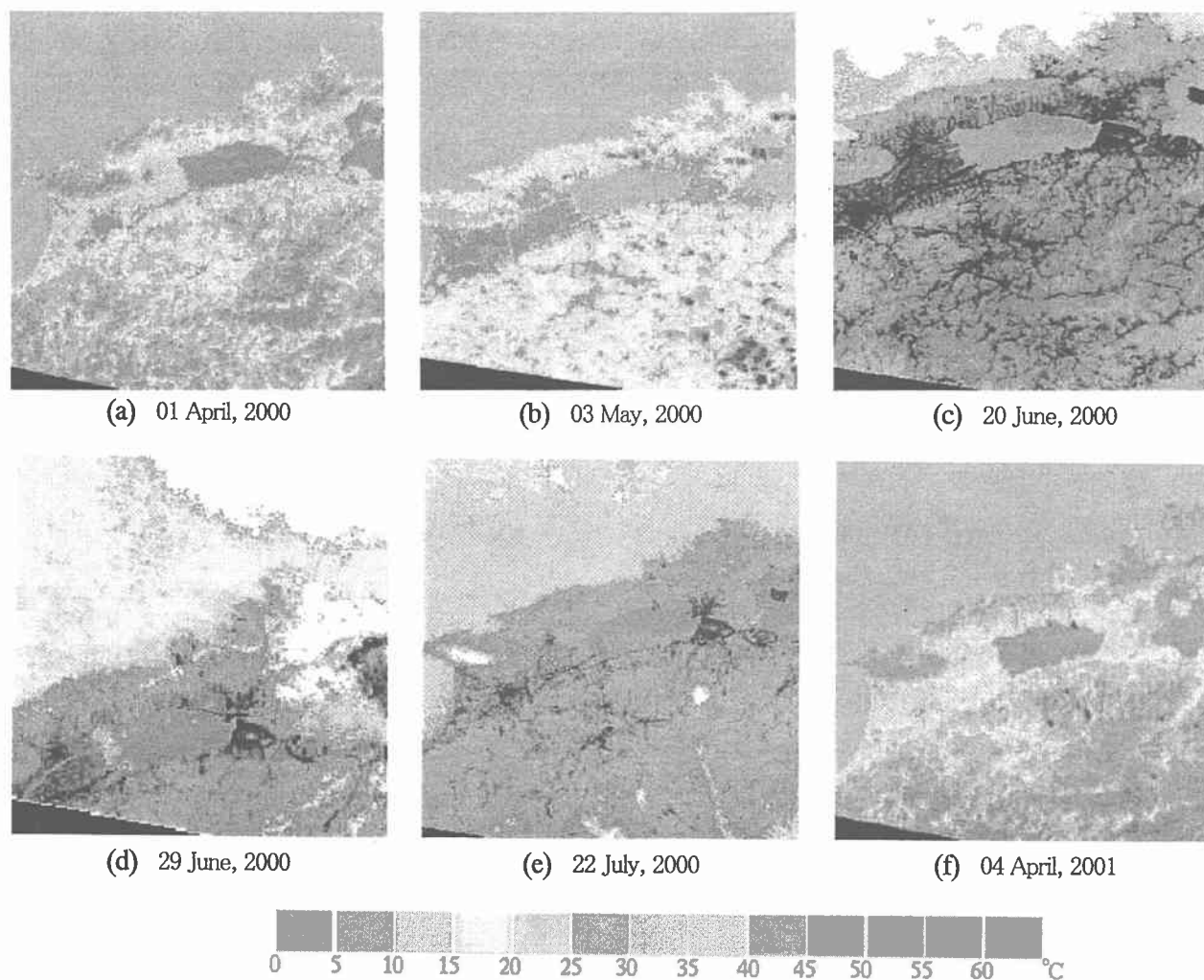


Fig. 1 Multi temporal surface temperature images by using LANDSAT-7/ETM+(Band 6) data

5. まとめ

本稿では、平成 12 年 4 月から広島工業大学にて直接受信処理が開始された LANDSAT-7/ETM+データを用いて宍道湖およびその周辺における表面温度の時系列データセットの構築を行った。表面温度の時系列データセットを構築することにより、島根県宍道湖およびその周辺の市街地、農地、山間部での土地被覆・利用の分布に対応した表面温度の分布および表面温度の分布パターンの推移を把握することができた。今後、衛星と同期した分光反射率ならびに地表面温度の観測を継続して行い、分光反射率および地表面温度の近似関数の精度を高める必要がある。

文献

- 1) USGS, Landsat 7 Science Data Users Handbook, 2000
- 2) Y.Suga, M.Yoshimura, S.Takeuchi and Y.Oguro : VERIFICATION OF SURFACE TEMPERATURE FROM LANDSAT7/ETM+ DATA, Proceedings of The 21st Asian Conference on Remote Sensing, pp.182-187, 2000.12.