

LANDSAT-7/ETM+データによる広島湾海面温度の検出に関する研究

広島工業大学
財)広島地球環境情報センター
広島工業大学大学院

正会員 菅 雄三
正会員 小川 博道
学生員 ○大野 健志

1. はじめに

広島工業大学地球観測衛星受信局では、米国の地球観測衛星 LANDSAT-7 に搭載されている ETM+(Enhanced Thematic Mapper Plus)の直接受信を実施している。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+データの受信処理ならびに、地上での表面温度の同期観測を実施している。

本稿では、その同期観測に基づき、直接受信処理を行った ETM+データを用いて広島湾における海面温度の時系列衛星データセットの構築ならびに海面温度の検出手法の開発を行い、そこで得られた知見について報告する。

2. 対象地域および使用データ

本稿では、広島湾を対象地域に設定した。また、Table 1 に示す LANDSAT-7/ETM+データを用いて、海面温度検出のための時系列衛星データセットの構築を行った。

広島湾は広島県西部と山口県東部にはさまれた瀬戸内海の湾で面積約 946 平方キロで、平均水深は 25.6 メートルで湾内には宮島、江田島、能美島などの島々が点在する。また、閉鎖性が強く潮流が弱いためカキの絶好の養殖場であるが、赤潮や底層の貧酸素化などの環境問題が顕在化している。

Table 1 : LANDSAT-7/ETM+ data in study area

Date	Path-Row
03 May,2000	: 112-36
22 July,2000	: 112-36
24 Sep,2000	: 112-36
04 April,2001	: 112-36
30 Nov,2001	: 112-36

3. LANDSAT-7/ETM+データを用いた海面温度検出手法

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放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 $L_\lambda (Wm^{-2}ster^{-1}\mu m^{-1})$ に変換される¹⁾。

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

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。

$$L_\lambda = 2\pi hc^2 \lambda^{-5} \tau_\lambda \epsilon_\lambda / [\pi \{ \exp(hc / \lambda k T) - 1 \}] \quad \dots (2)$$

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。

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

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+データによる海面温度の時系列衛星画像データセットの構築

本研究では、広島湾における衛星観測と同期した地上観測を実施し、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海水面での放射温度計による表面温度の測定を行った。これに基づき、各土地被覆項目の表面温度と ETM+バンド 6 の分光放射輝度との同定化により絶対温度の推定を行った。

Table1 に示した ETM+バンド 6 の画像データ (path:112, row:36) を用いて、広島湾の海面温度画像を作成した。地上観測による表面温度と ETM+バンド 6 の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⁾

キーワード : LANDSAT-7/ETM+ 海面温度検出手法 時系列衛星画像データセット
連絡先 : 〒731-5193 広島県広島市佐伯区三宅二丁目 1 番 1 号 広島工業大学 菅 雄三研究室
TEL&FAX : 082-922-5204

< 2000/7/22 >

$$L_L = -1.5411e-4 \times T^2 + 0.1452 \times T - 20.6343 \quad (4)$$

$$L_H = -8.4411e-4 \times T^2 + 0.1009 \times T - 13.6401 \quad (5)$$

< 2000/9/24 >

$$L_L = 7.0870e-4 \times T^2 - 0.39219 \times T + 62.7954 \quad (6)$$

$$L_H = 6.0111e-4 \times T^2 - 0.32357 \times T + 51.8740 \quad (7)$$

< 2001/4/4 >

$$L_L = 0.00224124 \times T^2 - 1.25534 \times T + 183.53 \quad (8)$$

$$L_H = 0.00218776 \times T^2 - 1.22176 \times T + 178.28 \quad (9)$$

< 2001/11/30 >

$$L_L = 0.00171936 \times T^2 - 0.97786 \times T + 147.10 \quad (10)$$

$$L_H = 0.00233664 \times T^2 - 1.34830 \times T + 202.60 \quad (11)$$

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。地上観測データと分光放射輝度の相関係数は 0.899~0.992 の値を示しており、地上観測データと分光放射輝度の関係が合致していることが示されている。この近似式(4)~(11)を用いて算出した海面温度の時系列衛星画像データセットを Fig.1 に示す。これらの画像から広島湾における海面温度を定性的かつ定量的に把握することができる。

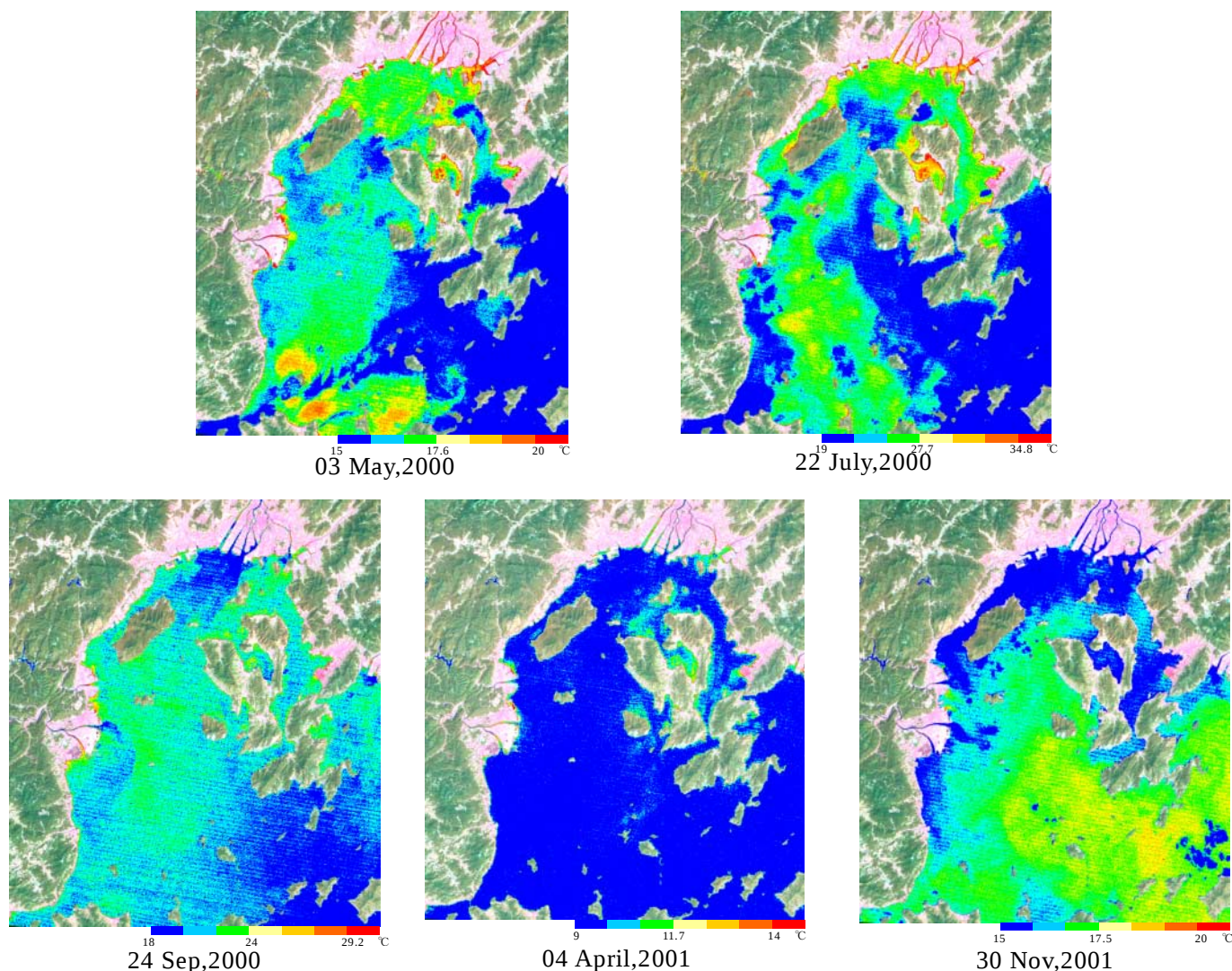


Fig.1 Multi-temporal sea surface temperature images in Hiroshima Bay by using LANDSAT-7/ETM+(Band6)

5. まとめ

本稿では、広島工業大学にて直接受信処理された LANDSAT-7/ETM+データを用いて、広島湾における海面温度の時系列衛星画像データセットの構築を行った。地上観測データと ETM+バンド 6 の分光放射輝度の相関関係を明らかにし、本研究で開発した海面温度検出手法の妥当性を示すことができた。

また、本研究により広島湾における海面温度の分布パターンの推移を的確に把握することが可能であることを例証できた。今後、衛星と同期した表面温度の観測を継続して行い、放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。

参考文献

- 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, 2000.12.