

LANDSAT-TM データを用いた有明海の水質評価について

佐賀大学理工学部 正 ○ 大串 浩一郎
 University of Alberta T.Y. Gan
 佐賀大学低平地防災研究センター 正 荒木 宏之
 佐賀大学理工学部 学 加藤 公基

1. はじめに

有明海は、我が国最大の潮位差をもつ半閉鎖性内湾で、湾奥部においては広大な干潟が見られ、また、海苔や種々の魚介類生産の場としても重要な水域である。日本経済の成長と共に我々の生活様式も変化し、工場排水や下水処理水の流入ならびに外海との水質交換が難しい地形のため、この海は長い年月の間に水質悪化など何らかの影響を受けてきたに違いない。したがって、この水域における人間活動の環境への影響を評価し、将来の水環境の改善がなされるよう努力することが重要である。本研究では、LANDSAT-TM データならびに水質観測資料を用いて有明海の水質について評価し、LANDSAT データを用いた水質評価アルゴリズムの開発を行った。

2. 研究対象地域ならびに水質観測データ

本研究で対象とした場所は図-1のような有明海の湾口部から湾奥部にかけての延長 90km、総面積 1700km² の海域である。このような広い海域に対して、海水交換は主に幅 4km の早崎瀬戸のみで行われているという半閉鎖性水域である。近年、赤潮発生やムツゴロウなど魚介類漁獲高の減少が報告されてきている。有明海の水質は、佐賀県有明水産振興センター、福岡県有明海研究所、熊本県水産研究センターにより毎月1回の割合で沿岸定線調査という名前で定期的に調査されている。観測項目は、水温、塩分、DO、栄養塩、COD、プランクトンなどである。本研究では、佐賀県と熊本県の観測データのうち、図-1の33地点のものを用いた。

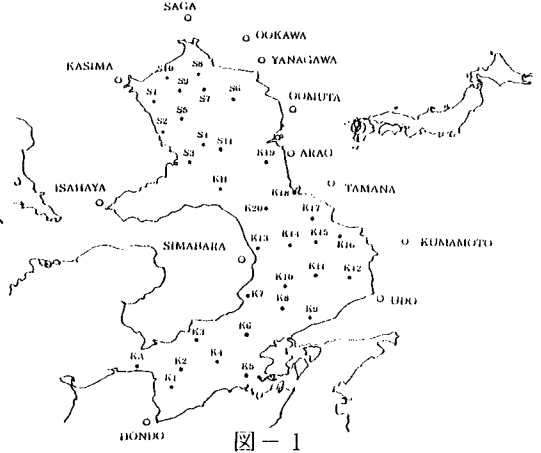


図-1

3. 人工衛星データとその補正

LANDSAT は 16 日に 1 回同一地点の地表や海面、大気から反射・放射されてくる電磁波をセンサーを用いて観測している。実際の水質観測日時と一致し、しかも雲量が少ない利用可能な衛星画像は非常に少なく、本研究では表-1に示した6つのLANDSAT-TM データを採用することとした。

表-1 本研究で用いた6つの LANDSAT-TM データのパラメータと対応する有明海の満潮時刻や水質項目

観測日	観測時間	太陽方位角 (φ)	太陽天頂角 (θ)	湾奥部住之江に おける満潮時刻	透明度の範囲 (m)	海面温度の範囲 (°C)
1984/9/27	10:24AM	139°	42°	11:00AM	0.8 - 6.8	24.7 - 26.6
1988/4/15	10:23AM	126°	35°	8:30AM	0.8 - 11.2	13.5 - 16.8
1988/5/17	10:24AM	113°	28°	10:00AM	0.8 - 8.5	17.8 - 21.10
1988/11/9	10:24AM	152°	55°	9:00AM	0.3 - 7.2	16.9 - 21.4
1990/11/15	10:13AM	149°	57°	8:00AM	1.0 - 7.8	16.6 - 20.1
1995/5/5	10:01AM	112°	34°	12:00AM		17.6 - 19.8

本研究では、リモートセンシング解析ソフトウェアとして PCI というパッケージを使用した。ジオコード化された海岸線・行政界ベクトルデータを元に LANDSAT-TM 画像の幾何補正・画像の切り出しを行った。次に水質観測地点 33 地点のそれぞれについて 30m 解像度のピクセルを 4 × 4 のウィンドウで平均化して不必要なノイズや位置の誤差などをできるだけ除去した。

LANDSAT-TM センサまで到達する波長λの電磁波の放射量 $L_T(\lambda)$ は、次式のように地表や海面からの放射量 $L_w(\lambda)$ と途中の大気中分子によるレイリー散乱 $L_R(\lambda)$ 並びにエアロゾルによるミー散

乱 $L_A(\lambda)$ の 3 つの成分から構成されている。

$$L_T(\lambda) = L_W(\lambda) + L_R(\lambda) + L_A(\lambda) \quad (1)$$

実際に必要な地表や海面からの放射量を求めるために放射伝達式を用いた LOWTRAN7 の計算プログラムを利用してそれ以外の $(L_R(\lambda) + L_A(\lambda))$ を評価した。

4. 回帰モデルの構築とその検証

海面からの放射量 $L_W(\lambda)$ と海水の透明度の関係を予測する線形・非線形の様々な回帰モデルを検討した。その結果、LANDSAT-TM の可視域バンドにおける放射量が高い相関を持つことが分かり、以下のようなモデル式を用いることで比較的精度良く海水の透明度を予測することができることが分かった。

$$\sqrt{SDD} = k + \alpha_1 TM_1 + \alpha_2 TM_2 + \alpha_3 TM_3 \quad (2)$$

ここで、 SDD は透明度(m)、 $k = 1.8041$, $\alpha_1 = 0.1472$, $\alpha_2 = -0.2652$, $\alpha_3 = 0.1076$ は回帰モデル定数である。 TM_1, TM_2, TM_3 は、以下のような式で求められる大気補正後の $L_W(\lambda)$ のバンド 1 からバンド 3 に関する値である。 $DN_i (i=1,2,3)$ は、LANDSAT 画像ピクセルのデジタル値で 0~255 整数である。(3)式の右辺の最後の項が大気補正量で、これは適用する日の気象条件より LOWTRAN7 によって推定する値を用いれば良い。

$$\begin{aligned} TM_1 &= 0.602 DN_1 - 1.500 - APR_1 \quad (\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{st}^{-1} \mu\text{m}) \\ TM_2 &= 1.175 DN_2 - 2.805 - APR_2 \quad (\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{st}^{-1} \mu\text{m}) \\ TM_3 &= 0.806 DN_3 - 1.194 - APR_3 \quad (\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{st}^{-1} \mu\text{m}) \end{aligned} \quad (3)$$

また、単一の観測日を用いたモデルよりも複数の観測日の情報を採り入れたモデルの方が高い精度で海水透明度を予測できることが分かった。(2)式の $\alpha_i (i=1,2,3)$ はそのようにして得られたモデル定数である。

さらに、海水面温度については LANDSAT-TM の赤外域バンドの相関が高く、これを用いた線形回帰モデルを以下のように構築した。

$$(SST - \mu_{SST}) = \alpha_1 (TM_6 - \mu_{TM_6}) \quad (4)$$

ここで、 SST は海水面温度 (°C)、 $\alpha_1 = -0.5742$ は回帰モデル定数である。 TM_6 は次式で求められる大気補正後の $L_W(\lambda)$ のバンド 6 の値である。

$$TM_6 = 0.0563 DN_6 + 1.238 - APR_6 \quad (\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{st}^{-1} \mu\text{m}) \quad (5)$$

また、 μ_{SST}, μ_{TM_6} はそれぞれの平均値である。また、 DN_6 は、LANDSAT 画像ピクセルの 6 バンドのデジタル値、最後の項は大気補正量を示している。

(2)式並びに(4)式のモデル定数を決めるキャリブレーションの段階では、相関係数はそれぞれ 0.77、0.99 であった。求められた回帰モデルを他の観測日へ適用する検証の段階での相関係数は、それぞれ 0.80、0.41 となった。透明度についての回帰モデルの精度はある程度信頼できるものであるが、海水面温度の評価については、季節の違いを平均値による補正のみではカバーできないようである。今後の課題としたい。

5. 謝辞

本研究で用いた LANDSAT-TM データは宇宙開発事業団より研究用として提供されたものです。また、佐賀県有明水産振興センターならびに熊本県水産研究センターの方々には有明海の水質観測結果に関する貴重な資料を提供していただきました。あわせて感謝の意を表します。