

ランドサットデータによる水質検出手法に関する研究

茨城県 正会員 ○千田正和
茨城大学 正会員 三村信男

1. 目的

衛星リモートセンシングを用いた統計的手法で、水域に対して効率の良い水質推定手法を作成する。物質の分光特性を利用するため、クロロフィルaなど水質項目の濃度検出には特定のバンドが用いられることが予想される。しかし、使用されるバンドは様々で特定は難しい。そこで、以下の項目について検討した。

1. 水質とバンドの関係を検討する。
2. クロロフィルa、SSの検出に感度の良い手法を見いだす。

ランドサットの可視光、近赤外のバンドをうまく用いることで水質の検出が可能となる。アオコの代表的な成分である Microcystis は、440nm（青色域）に強い吸収極大をもち、550nm（緑色域）の吸収極小を持つ。

一方、統計的手法とは、現地観測から得た対象物質の濃度と、衛星データの放射輝度値の関係をを用いる。これを回帰直線など統計的な手法で特徴付け、水質濃度の検出を行うものである。以下の4つのモデルが仮定できる。

- 1) 単回帰分析モデル
- 2) 2つのバンドの比モデル
- 3) 2つのバンドの和と差の比モデル
- 4) 説明変数にクロロフィルaとSSをとった重回帰分析モデル

結果は、上記1)や、1)を基本とする2)、3)では再現性がよくない結果となった。今回使用した7シーン全体で最も再現性がよかったのは、4)であり、相関の高かったバンドはクロロフィルaがバンド2、SSがバンド4であった。

2. 使用データ

衛星リモートセンシングデータには測定地点に雲のない1990年～2001年のランドサットデータを使用した。

まず、25,000分の1の地形図を用いて幾何補正(アフィン変換)を行った。周囲3×3ピクセルの輝度値を読み出し平均値化した。その結果、1991年、1997年は霞ヶ浦

付近に雲が確認された。また、原因は不明ながら、1993年バンド3は他と異なる輝度値の分布を示した。

水質情報は衛星飛来時に取得日が近いものを既存のデータから検索して使用した。衛星観測日と水質測定日には0日～18日のずれが生じている（表1）。

3. 結果と考察

検出する水質項目にはクロロフィルaとSSを用いた。SSの増加は輝度値を増加させる。しかし、本研究で用いたデータにおいては両者の相関は低い。このことから、SSにクロロフィルa由来の成分が少ないため、これらは別々に捉える必要があることがわかった。

1) 単回帰分析モデル

バンドごとに、採水地点の輝度値と水質濃度の関係を調べた。その結果、目的物質の信号が目的以外の情報に埋もれてしまい、相関は低かった（図1）。

表1 使用データ一覧

ランドサットデータ	水質データ	観測日のずれ
1990/4/11	霞 4/11	0
1991/4/30	公 4/17.24.25	-5, -6, -13
1992/3/31	霞 4/8	+8
1993/4/19	公 4/21.22	+2, +3
1994/4/6	霞 4/6	0
1997/4/14	霞 4/9	-5
2001/4/1	公 4/18.19	+17, +18

霞：国立環境研究所、霞ヶ浦モニタリングデータベース
公：茨城県、公共用水域及び地下水の水質測定結果

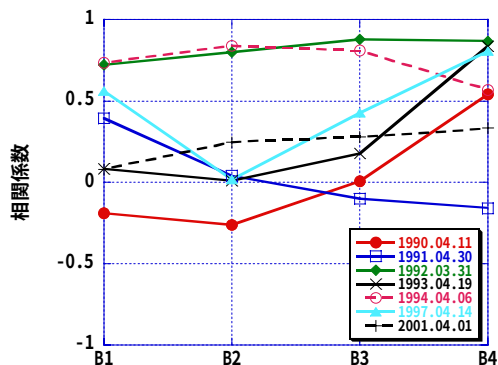


図1 バンドごとのクロロフィルaの相関係数

キーワード： リモートセンシング、ランドサット、水質、霞ヶ浦

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町4-12-1 茨城大学広域水圏環境科学教育研究センター TEL: (0294)-38-5169

2) 比モデル

バンド4とバンド3の輝度値の比と水質濃度の関係を調べた。1) で比較的相関の高かったシーンでは相関係数が高い ($r=0.6$ 以上)。比をとることで水面の反射光の影響を抑えた結果と考えられる。しかし、指標と水質の関係は単一ではなく、シーンごとに大きく異なった。

3) 和と差の比モデル

バンド3とバンド1の和と差の比と水質濃度の関係を調べた。クロロフィルaに対する分光特性の違いを利用している。結果はプロットが広く分布してしまい低い相関 ($r=0.40$) であった。

4 a) 重回帰分析モデル

単回帰を基本とするモデルで一定の傾向を把握することはきわめて難しい。最も水域の状況を把握しているバンドを探るため、複数の水質データとバンドの輝度値の関係についての表現を試みた。バンドxにおけるセンサで観測された放射輝度値を目的変数、クロロフィルaとSSを説明変数として重回帰分析を行った (式1)。

(バンドxの放射輝度値)

$$= A(\text{Chl-a}) + B(\text{SS}) + \text{切片} \quad (1)$$

ここで、A、Bは重回帰係数。

i) クロロフィルa濃度の検出

式(1)に輝度値、A、B、切片、SS実測値を代入して求めた検出クロロフィルaのうち、最も相関の良かったバンド2は、実測値と推定値のプロットが1:1ライン付近に集まっている (図2)。相関係数は高く ($r=0.6$)、水質の状態を捉えることができた。重回帰分析により大気散乱光などの影響が切片に分離されたことが示唆される。

ii) SS濃度の検出

i)と同様に、式(1)を用いてSS濃度の検出を行った。近赤外は輝度値が低く、水質の検出には不向きとされてきた。しかし、実測値と推定値のプロットが1:1ライン近くに集まり、相関係数の平均値が最も高かったのは近赤外のバンド4である (図3)。これは、沖ら(2001)の近赤外を用いたSS検出の提案に一致する結果となった。

ただし、クロロフィルa、SSともに、データのチェックで雲の確認された1991、1997年、異常値のあった1993年、及び観測日のずれが18日間あった2001年は値にばらつきが大きく傾向が異なった。

4 b) 重回帰分析モデル (関数形の変更)

クロロフィルaと海水の分光反射率に基づいて、放射輝度値とクロロフィルa濃度の間には、バンド2でクロロフィルa濃度の0.24乗、バンド3で0.4乗の関係があることが見い出された。クロロフィルaの関数形を変更して再び重回帰分析を行った。その結果、相関がわずかながら上昇した。

4. まとめ

7シーン全体で水質実測値と推定値の相関が最も高かったのは重回帰分析モデルで、相関の高かったバンドはクロロフィルaがバンド2、SSがバンド4であった。また、バンドの傾向以外にも、観測条件の違いが相関係数に与える影響が大きいことがわかった。

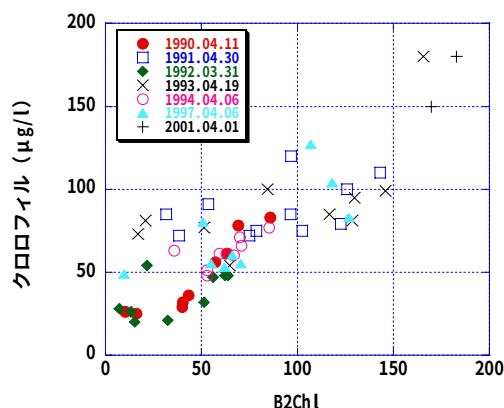


図2 クロロフィルaと検出した B2Chl の関係

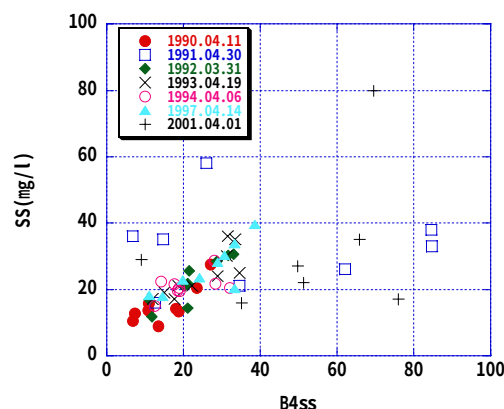


図3 SSと検出した B4SS の関係

【参考文献】(1) 宇宙開発事業団・横浜市環境科学研究所 (2001): 地球観測衛星データを利用した東京湾の水質モニタリング手法開発に関する共同研究成果報告書 (2) 沖 一雄、安岡善文、田村正行 (2001): 高濃度水域における水質リモートセンシング、日本リモートセンシング学会誌、21(6)、pp449-457 (3) 岡見 登、岸野元彰、宮崎忠国 (1982): 霞ヶ浦湖水の分光反射率と水質、日本リモートセンシング学会、2(1)、pp21-31