

日立市沿岸域を対象とした水中植生の遠隔計測

初木智雄*、桑原祐史**、野北舜介***、小柳武和**、志摩邦雄**

* 茨城大学 大学院 理工学研究科

** 茨城大学 工学部 都市システム工学科
茨城県日立市中成沢町 4-12-1

*** 都市環境解析ラボ
茨城県日立市水木町 2-13-17

概要

藻場は大型海藻の群落であり、魚介類の産卵場、エサ場などの生育場として、沿岸地域の生態系に重要な役割を果たしているばかりでなく、沿岸の水質浄化の場としても重要な存在である。このために現存する藻場の分布状況の把握が必要となる。しかし、水域の解析では、大気効果、光の吸収・散乱およびデータ特性の強調が様々な物体の推定精度の向上に必要となる。そこで、本研究では反射分光計を用いて水中植生、砂および岩の反射波長帯域を実測で確認し、陸域の植生活力推定法である正規化植生指標の水域転用を試みた。ヒアリング調査に基づく実地データと解析結果との相互関係について分析し、水中植生分布図を提案した結果を報告する。

キーワード

衛星リモートセンシングデータ、反射分光特性、海中植生

1 はじめに

藻場は大型海藻の群落であり、魚介類の産卵場、エサ場などの生育場として、沿岸地域の生態系に重要な役割を果たしているばかりでなく、沿岸の水質浄化の場としても重要な存在である。このために現存する藻場の分布状況の把握が必要となる。環境庁により過去2回の調査が行われた結果、現存藻場が減少傾向にあることが明らかになっている¹⁾。藻場消滅の原因は、埋立等による直接改変、磯焼け、乱獲、その他海況の変化等が挙げられる。

現在、藻場の調査方法は、カラー空中写真の判読やヒアリング調査、現地潜水確認調査によって行われている。これらの方法を用いれば、藻場の分布を高い精度で分類できるが、広範囲な分布図を作成する場合、経費や労力等に大きな負担を強いることになる。一方、衛星リモートセンシングデータ(以下、衛星データ)を用いた藻場調査が可能であるならば、広域にわたって同時性を持ったデータが周期的に得られるとともに、既存の調査方法における労力・コストの削減につながると考えられる。

本研究では、分光計を導入し、藻の分光反射特性を測定するとともに、衛星データとの相互関係の比較を行い、陸域の植生活力推定法である正規化植生指標の水域への転用を試みる。なお、日立市沿岸域に多く生植しているワカメ、カジメ、アラメを以下藻場と呼ぶことにする。

2 研究の目的

本研究で設定した目的は、①海藻類の反射特性の把握、②現地調査による藻場及び磯場の分布図と衛星デ

ータとの比較・評価、③反射波の分光計測結果と衛星データとの比較・評価、④陸域の植生活力推定法である正規化植生指標の水域への適用の4点である。

3 計測の基礎理論

物質には特定の光を吸収する性質があり、透過する光、反射する光あるいは吸収される光の量は、光を吸収する物質とその量によって決まる。衛星に到達する光のほとんどは大気による散乱光で、水質情報を抽出するためには大気補正を厳密に行わなければならない。基礎実験では光源から水面までの光路長を短く設定し、大気による散乱光を考慮しないこととし、水中物質及び光の入射角の違いに伴う反射光強度の挙動を計測し解析の対象とした。

4 海藻からの反射光を水面上で検知する基礎実験

4.1 実験の概要

日立市河原子海岸で採取した海水を媒体として、岩・砂・海藻を計測の対象とし、入射角、水深、光路長を変えることで反射光にどのような違いが表れるか調べた。光源はハロゲンランプを使用し、反射光は小型マルチチャンネル分光計を用いて計測した。なお、水深を50mmとした時は、水面より上に15mm程度対象物質が出ていた。水深90mmの時は水表面より対象物質が10mm程度低くなるようにし、水深130mmの時は水表面より対象物質が50mm程度低くなるように設定した。実験条件を表-1に整理した。

表-1 実験条件

媒体	海水		
水温	10°C		
光路長	710mm・254mm		
対象物質	岩	砂	海藻
入射角 θ	20°・50°		
水深	50mm	90mm	130mm

4.2 基礎実験結果の検討

水表面付近に存在する対象物質が、反射光にどのような様に表れるかを確認するため、海水を媒体として、光路長・水深・入射角を変え、異なる対象物質からの反射光を水面上で検知する実験を行った。岩、砂、海藻ともにすべての条件で水深が増すにつれて反射光量の波形が類似していく傾向があった(図-1、図-2、図-3)。図-1では700nm付近で海藻が強く光を反射している傾向があった。これは植物プランクトンの分光特性からも言えることである。しかし、図-2、図-3ではその特性が視覚的に明らかでなかったため、砂の反射光量を分母として岩と海藻について除算比較を行ったところ(図-4、図-5)、700nm付近で海藻の反射特性が表われた。これより水域を対象とした衛星リモートセンシングデータから、浅海域に存在する水中植生の情報を得ることができると推論された。

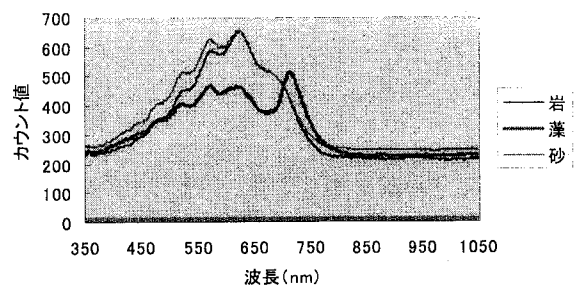


図-1 水中物質の違いによる波形 50mm

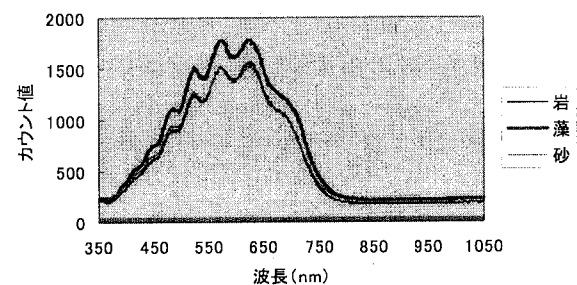


図-2 水中物質の違いによる波形 90mm

4.3 基礎実験のまとめ

基礎実験結果から得られたことは以下の4点

である。

- ①反射光量は入射角が大きいほど水表面の影響を受け、増加した。
- ②水中物質からの反射光は水深や水表面の影響を受ける。具体的には、図-1の藻と図-2、図-3の藻の反射光量の違いが挙げられる。
- ③海藻を水中物質とした時の反射特性は700nm付近に表れた。この波長帯域はLandsat TMデータのバンド3に該当する。
- ④光路長が710mmから254mmに短くなった時の光の強さは1,300(1x)から7,400(1x)と大きくなった。また、太陽光は114,100(1x)であり、実験時の光の強さとは異なる。このことから、太陽光の反射特性を計測する衛星リモートセンシングは、より高精度な計測を期待できる。

5 現地調査による藻場・磯場図の作成

5.1 調査目的

海産の大型底生植物の群落である藻場は、多様な魚介類の種場あるいは餌場として漁業者から大切にされてきたが、沿岸の水質浄化の場としてもきわめて重要な存在である。近年になって各地の沿岸で藻場消滅が顕著になり、その対策が急務となっているが、磯焼けという言葉で代表される藻場消失の原因は未だ不明確であり、有効な対策が無いままとなっている。藻場消失を防止する有効な手段を見出すには、まず藻場の分布と消失の現状を把握することである。しかしこの調査には、かなりの時間と労力を必要とする。衛星リモートセンシングデータから藻場の分布状況が把握できるなら、従来の調査における作業量を軽減できると考えられる。

本調査は、衛星データ(Landsat TM)と藻場・磯場の分布図とを比較するために、茨城県日立市沿岸域を対象として藻場・磯場の分布を資料を収集したものである。

5.2 調査方法

日立市沿岸域の漁業組合を1単位として漁業者に以下の項目についてヒアリング調査を実施した。日立市沿岸域の藻場について、分布域の位置及び範囲、面積、タイプ、名称。なお、磯場図は、日立市役所における既往の調査結果を頂いた²⁾。

5.3 藻場・磯場の図面展開

本研究で使用した藻場・磯場図はヒアリング調査から得られたものである。今回は各種類ごとにトレース

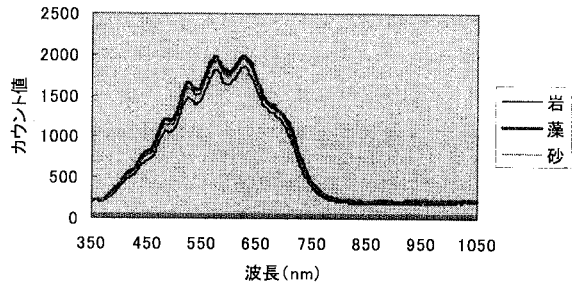


図-3 水中物質の違いによる波形 130mm

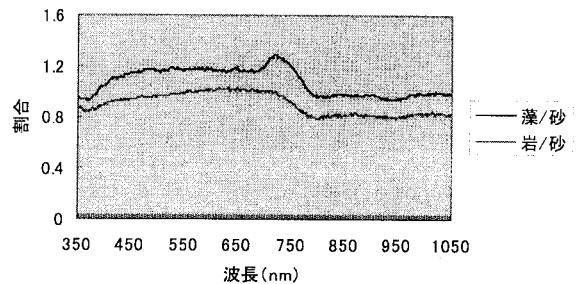


図-4 図-2より砂を基準とした正規化(除算比較)

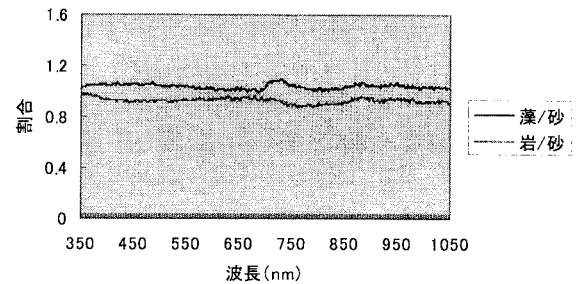


図-5 図-3より砂を基準とした正規化(除算比較)

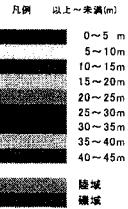
を行いスキヤナを用いて画像データとして読み込んだ。更に、オリジナルのデータが壊れにくい最近隣挿法を用いて内挿処理を施したデータに2値化処理を行い、各種類を重ね合わせ色分けをした。最終的に、衛星データと数値化した藻場・磯場のデータとを重ね合わせて図-6に示す浅海域総合植生図画像とした。また、調査図と日立市沿岸域の海底地形画像とを重ね合わせることで、調査図での磯場・藻場が0m~10mの水深域に分布していることが分かり、大半が0m~5mの浅海域に分布していることが、図-7より確認できる。



図-6 浅海域総合植生図



図-7 調査図と海底地形図とのオーバーレイ



6 データ間の相互分析

6.1 衛星データの準備

本研究では1998年1月27日のLandsat TM band1~band4のデータを使用した。なお、このデータは、片寄による日立市沿岸の海底地形の遠方計測で使用されていたデストライピング処理済みのものである³⁾。

6.2 衛星データと現地調査図との比較

調査図から磯場・ワカメ場・カジメ場・アラメ場・磯とワカメ場・磯とカジメ場・磯とアラメ場に分けた領域及び、この7つの領域以外の水深0m~10mの水域(以下、通常水域と呼ぶ)において、衛星データと重ね合わせたそれぞれの領域毎にデータを切り出し、ヒストグラムを作成した。通常水域のグラフを基準とし、各領域毎に比較した。バンド1~4について通常水域のヒストグラムと藻場・磯場領域とを比較した場合、バンド1・バンド2よりバンド3・バンド4のアラメ場について特に大きな波形の変化が表れていた(図-8、図-9)。これよりバンド3・バンド4では、藻場・磯場を抽出しやすく、通常水域と異なる波形は海藻等の影響を受けていると考えられる。

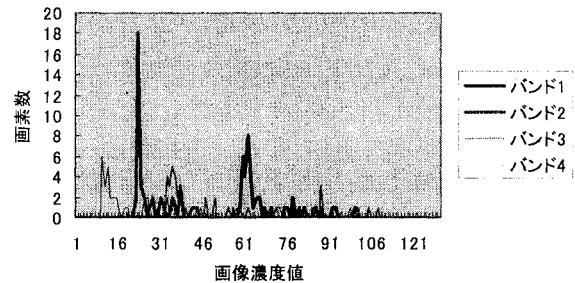


図-8 各バンド毎のアラメ場のヒストグラム

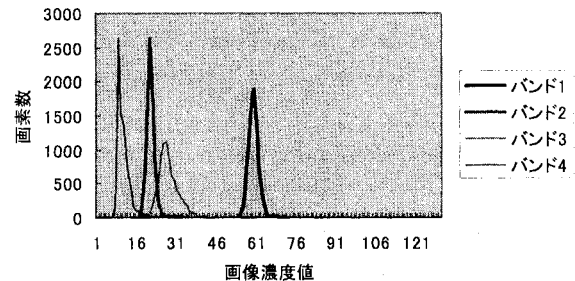


図-9 各バンド毎の通常水域(水深0~10m)のヒストグラム

6.3 衛星データと基礎実験結果との比較

Landsat TMデータband1~4の波長域と基礎

実験結果での波長域(350nm~1050nm)において、どの様な関係にあるか比較した。事前実験において、対象物質の有無が、近赤外波長帯に表れていた事に注目した。実験結果によれば400nm~800nmの波長域で砂、岩、海藻ともに反応が表れていた。特に、630nm付近で岩、砂のピークがあり、700nm付近で海藻のピークが表れていた。この波長域はバンド3とバンド4に相当する。また、図-4、5の実験結果より浅海域では、わずかではあるが水中情報が得られることが分かったため衛星リモートセンシングが適用できると考えられる。これより、葉緑体を有する物体が水面下にある場合には、太陽光の植生反応帯域であるバンド4に反応が表れていると考えられ、陸域に対して用いられる正規化植生指標 (NDVI) を水域に適用できる可能性がある。

7 正規化植生指標 (NDVI : Normal Differential Vegetation Index) の適用

7.1 正規化植生指標 (NDVI : Normal Differential Vegetation Index)

植物体に含まれる葉緑素は、可視域では太陽光の反射率が低く逆に近赤外域では反射率が高い。NDVI とは、植物量や植生活性度といった解析によく用いられる指標で、植生の持つ分光特性を利用して、衛星データから植生の活力度を知ることができる。

本研究で用いた Landsat TM データは、観測する波長帯毎にバンド1~バンド7で構成されており、可視域に相当するのが、バンド2、バンド3、近赤外域に相当するのがバンド4である。NDVI は(式-1)で表され、植生指標が高ければ植生活力が高いと認められている。

$$NDVI = [(近赤外データ) - (可視データ) / (近赤外データ) + (可視データ)] \quad (式-1)$$

但し、近赤外データ : band4
可視データ : band3、band2

7.2 解析手順

基礎実験での分光特性計測結果に基づき、水域を対象とした衛星データの解析に NDVI の利用を考えた。まず、Landsat TM バンド2~バンド4のデータをストライピングによる影響を軽減させるために平滑化処理を行った。図-10、図-11 にバウンダリデータを作成し、平滑化処理を行った衛星データから、藻場と考えられる閾値を検討し、レベルスライス画像の NDVI 画像を出力し、図-6 の浅海域総合植生図と重ね合わせたものを示す。

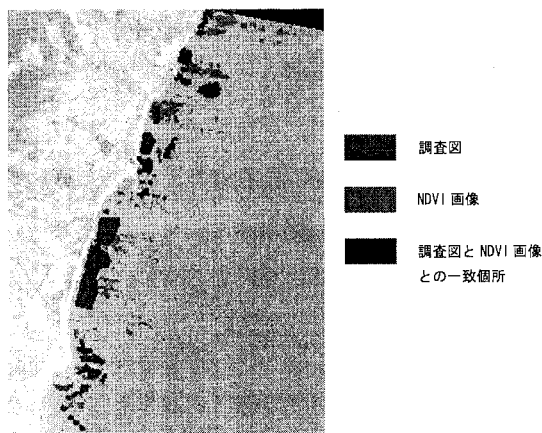


図-10 NDVI 画像(band2、band4)
と調査図とのオーバーレイ

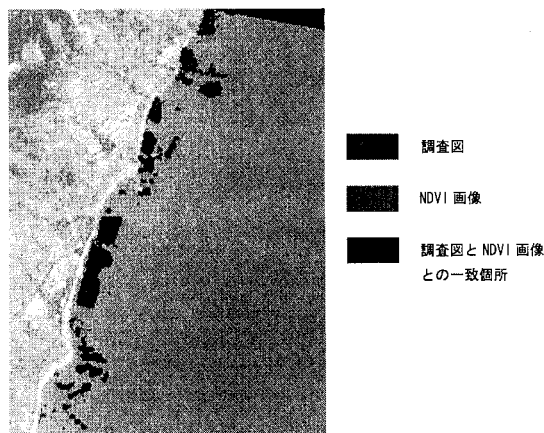


図-11 NDVI 画像(band3、band4)
と調査図とのオーバーレイ

7. 3 出力画像の評価

植生の分布域について衛星データからNDVIを計算した。NDVI計算時に使用する可視データ(バンド2・3)を比較した。まず、バンド2を用いた全ての画像は、河原子漁港付近で植生の存在が確認できた。次に、バンド3は適応化平滑化法を用いた場合において、バンド2と比較して植生分布が顕著に表れていた。植生の分布域におけるNDVI画像は、平滑化による影響を受けていると考えられる。

図-10、11のNDVI画像から確認する事ができる植生は、ワカメ、カジメ、アラメ以外のムラメ、ハバメと呼ばれている海藻類である可能性があり、植生の存在は季節変化や経年変化により変わる可能性の高いことが、日立市沿岸域の漁業組合の漁師の方々からのヒアリング調査でわかった。これより、海藻の種類は判別することはできないが、植生の有無は確認できることがわかった。

8 研究のまとめ

- ①衛星データからの水中植生及び水中物質の検出を念頭に置いた反射光の分光計測を行い、海藻からの反射光を明確にした。
- ②ヒアリング調査を行い日立市沿岸域の藻場・磯場図を数値情報化した。
- ③調査図と基礎実験の2つのデータによって衛星データから水中における植生情報を検知できることを確認した。
- ④植生指標の水域適用について検討した結果、大きい藻場については検出可能であるが、小さな藻場では検出不可能であることがわかった。

なお、水域を対象とした衛星リモートセンシングでは光の散乱の影響を考慮する必要がある。今後、衛星データの補正処理として大気補正を試み、対象物質の推定精度を検証していく。

【参考文献】

- 1) 環境庁自然保護局(1994)：第4回自然環境保全基礎調査 海域生物環境調査報告書(干潟、藻場、サンゴ礁調査)
- 2) 日立市役所企画調整課・地域開発研究所(1993)：海の活用マスタープラン策定調査報告書
- 3) 片寄卓也(1998)：日立市沿岸の海底地形の遠方計測、茨城大学卒業論文