

# 衛星リモートセンシングによる藻場分布マッピング手法の開発

2005年9月 環境学専攻自然環境コース 36771 佐川龍之

指導教官 助教授小松輝久

キーワード ; 藻場, リモートセンシング, 海草, マッピング, GIS

## 1. 研究の背景

沿岸域の藻場は、高い生物多様性や高い一次生産の場として、陸上における森林や草原に匹敵した重要な役割を果たしている。世界における人口の50%は沿岸から100km以内に集中して分布しており、浅海域に分布する藻場は、生産活動や埋立などの人間活動を強く受け衰退し続けている。21世紀半ばに90億人にも達する人類が生存するためには、持続的で健全な沿岸環境を確保する必要がある、藻場の保全と修復は不可欠である。そのためには、藻場の分布域や分布域の変化を把握するモニタリングが必要である。この藻場分布域の推定方法には、船上からの目視観察や潜水調査などの直接的な方法、魚群探知機などの音響測定や空中写真などのリモートセンシングによる間接的な方法がある。広域に分布する藻場を対象とする場合には、一度に広い範囲を探索することが可能な衛星リモートセンシングが効率的であり適している。そこで、広域な藻場の分布を調べるために衛星画像を用いたリモートセンシングによる藻場分布域の推定手法を開発することにした。また衛星画像の解析結果を評価するためには現地調査によってシートゥルースデータ (sea truth data) を取得して比較検討することが必要であるが、これまでLANDSATやSPOTなどの衛星画像解析結果を評価する場合に用いられるデータは、点的なシートゥルースデータしかなく、リモートセンシングで得られる面的な結果を点的な参照データで評価してよいのかという問題点があった。音響学的な手法である高周波サイドスキャンソナーを用いると、時間はかかるが隙間がなく補間を必要としない藻場分布が得られる。そこで本研究では、IKONOS画像の撮影に同期した高周波サイドスキャンソナーを用いて藻場のシートゥルースデータを取得することで、衛星画像の解析により抽出された藻場分布域を面的なデータで検証した。

## 2. 方法

絶滅危惧 II 類に分類される海草のタチアマモとオオアマモが広大な藻場を形成している岩手県大槌町船越湾を中心とした約10km四方を、IKONOS衛星搭載の分解能4m、可視域3バンド、近赤外域1バンドのマルチスペクトルセンサーにより2004年12月17日に撮影した。衛星画像解析の手法としては、衛星画像も扱えるGISソフトウェア (TNTmips7.0, MicroImages) により、画像を統計学的にいくつかのクラスに分類する教師付分類と大気と海水による光の散乱と吸収を考慮した光学モデルの二つの手法を用い、藻場分布をマッピングした。教師付き分類では、はじめに陸域をマスクした後、海域全体に対して画像分類を行なった。次に、光量子量は水中において指数関数的に減少するので、画像分類の際に底深の影響を軽減させるため、衛星画像を底深によっていくつかの区間に分けて分類を行った。光学モデルでは6Sモデルにより衛星画像を底質の反射率を表す画

像に変換し、スペクトロメータを用いて実測した底質の反射率から画像を分類した。これらの結果を現地調査の結果をもとに評価し、手法の精度および有効性を検討した。

対象海域において、サイドスキャンソナー、音響測深機、水中テレビカメラ、潜水によりシートゥルースデータとなる藻場分布域を含む底質分布を把握した。シートゥルースのための現地調査は、サイドスキャンソナー (System3000, Kleine) による調査を 2004 年 10 月 13 日から 15 日に、水中テレビカメラ (M-4100, キュー・アイ)、ダイビングによる目視調査を 2004 年の 10 月 18 日から 29 日に行い、底質を確認するとともに坪刈により種の確認のために海草を採集した。採集した海草は、種別ごとに採集し、全長 (草丈)、葉の長さ、葉の幅、根の長さ、重量を計測した。シートゥルースにより得られた結果は、GIS ソフトウェアを用いて底質分布図を作成した。衛星画像解析結果を評価するための検証データとしてこれらの底質分布図を用いた。

### 3. 研究結果及び考察

#### 3.1) 現地調査によるシートゥルースデータの取得

サイドスキャンソナーなどの現地調査により、オオアマモとタチアマモの二種類の海草群落と砂地により船越湾の海底は覆われていることが明らかになり、これらの詳細な底質分布図が作成できた。このシートゥルースデータをもとに、画像解析ではこの海域をオオアマモ、タチアマモ、砂地の 3 つのエリアに分類することにした。底質分布図と等深線を GIS ソフトウェア上で重ね合わせることでタチアマモが底深 1m から底深 17m まで、オオアマモが底深 5m から底深 13m まで、分布していることが分かった。またタチアマモの分布面積は 22.1ha、オオアマモの分布面積は 11.8ha と推定することができた。ここで採集したタチアマモの草丈は 4 約 m、オオアマモの草丈は約 1m であることが分かった。

#### 3.2) 教師付き分類

海草 2 種、砂地と 3 つのカテゴリについて、海域全体で分類する場合 44% であるのに比べて、画像を各底深区間で分類することにより、2% 精度を向上させることができた。このように精度が低い理由を調べるために、海草 2 種の教師データについて各バンドの統計量を調べたところ、どの区間においても両種の教師データの平均値が各バンドにおいて近い値をもち両者を区別することが困難であることが分かった。そこで、海草分布域と砂地の 2 つのカテゴリに分類したところ比較的精度の高い分類ができた。この場合の全体の精度は底深を考慮しない場合で 58%、底深区間に分けた場合で 68% であった。

#### 3.3) 光学モデルによる分類

大気補正、水柱補正による放射量補正を行い、大気や海水の影響を除去し、海底の反射率スペクトルを表す画像に変換して海草分布域を推定する光学モデルを開発し、船越湾の海草藻場に適用した。スペクトロメータで実測した際、オオアマモとタチアマモでは両種の分光反射率にほとんど差がなかったことから画像を海草と砂地の二つのクラスのみに分類した。この結果、実際に現地調査によって明らかにした海草の分布域に近い推定分布域を約 80% と高い精度で得ることができ、本手法が藻場マッピングに有効であることが判明した。今後、他の藻場や海域への同手法の適用可能性について検討する必要がある。

# Development of mapping method for seagrasses by satellite remote sensing

Sep. 2005, Institute of Environmental Studies, 36771, Tatsuyuki SAGAWA

Supervisor; Associate Professor, Teruhisa KOMATSU

Keyaords; seagrass and seaweed beds, remote sensing, mapping, GIS

## 1. Introduction

Seagrass in coastal areas plays some very important roles such as providing habitat or acting as primary producer for coastal ecosystems. Seagrass area looks like forest or grassy plain on land. Seagrass occurrence in shallow waters has been decreased by human influences due to demographic expansion, industrialization or even reclamation. It appears necessary to conserve and restore seagrass area if we desire to maintain healthy coastal ecosystems. Therefore, we have to monitor current distribution of seagrass beds and their evolution. Mapping methods of seagrass beds are classified into two categories. One is constituted by observations made directly by researchers. The other is an indirect measurement method based on apparatuses such as echosounder or satellite images. Satellite remote sensing is especially useful for mapping seagrass beds which are usually widely distributed. Because, it enables to survey large areas. Thus, this study aims to develop mapping method for seagrass areas by using satellite remote sensing.

Furthermore, sea truth data is needed to assess the result supplied by satellite image analysis. But so far, LANDSAT or SPOT images have been mainly assessed trough point sea truth data, without any review concerning the suitability of this technique consisting in confronting area data with point data. Using the sidescan sonar with high frequency ultra-sound should enable to overcome this problem because it provides us with area data obtained through hydro-acoustic methods. In this study, satellite image analysis was assessed by area sea truth data obtained with sidescan sonar.

## 2. Methods

IKONOS high precision multi-spectral images composed of red, green, blue and near-infra red bands with 4 m spatial resolution were acquired on the 17th of December 2004. Sea truth data were collected at the same period by using sidescan sonar with high frequency ultra-sound (455 kHz), under water TV and scuba diving. Sea truth data were confronted with IKONOS images. The latter were analyzed using two complementary methods: the supervised classification based on statistical analysis and the optical modeling which takes scattering and absorption effect into account.

Firstly, in the scope of the supervised classification, after land was masked, marine sections were classified through a two-step evaluation based on substratum. Then, in order to overcome the problem of light attenuation by water column, depth measurements were also taken into account in the classification. Secondly, optical modeling combined with spectrometer measures enabled to convert satellite images into substratum reflectance images and then to classify them. Accuracy and efficiency of these results were compared to sea truth data.

### **3. Result and discussion**

#### **3.1) Obtaining sea truth data by field survey**

In Funakoshi Bay, field survey confirmed that *Zostera caulecens* Miki and *Zostera asiatica* Miki form broad seagrass beds on sand bottom. Starting from this result, satellite images were classified into 3 classes (*Z. caulecens*, *Z. asiatica* and sand). By combining field survey map and sea depth map with help of a particular GIS software (TNTmips7.0, MicroImages Inc.), it appeared that *Z. caulecens* was mainly present from 1m to 17m depth whereas *Z. asiatica* appeared above all between 5m and 13m depth. Area of *Z. caulecens* was estimated to 11.8ha, and the one of *Z. asiatica* to 22.1ha. Furthermore, sampling process permitted to calculate the average height of the *Z. caulecens* (about 4m) and of the *Z. asiatica* (about 1m) in our case.

#### **3.2) Supervised classification**

It became quickly obvious that depth measurement is a key parameter in our supervised classification. Indeed, because of the difficulty to separate *Z. caulecens* and *Z. asiatica* in a simple classification based on satellite images pixel values, we decided to integrate them into one class (seagrass beds) and to include depth parameter too. Classification of seagrass beds and sand is then realized with a higher accuracy of distinction. To be more precise, the accuracy of analyzed images compared to sea truth data was of 58% originally but increased to 68% once the depth taken into account.

#### **3.3) Optical modeling**

We developed optical model containing atmosphere correction, water column correction and capable of converting Funakoshi bay satellite images into reflection images. Seeing that the reflectance spectrum of both species was almost similar, images were classified in terms of seagrass beds and sand in order to increase differences. Analysis result was very close to field data and overall accuracy was estimated at about 80%. It seems that this method is efficient for mapping seagrass beds but we still do not know if it works as well when applied to other coastal areas.