

マルチビームソナーを用いたアマモ群落現存量推定法の開発

奥村宏征¹・浅海 茂²・森松秀治²
前川行幸³・上野成三⁴

近年海藻類の調査, 研究においては定線調査とともに航空機や衛星を利用したリモートセンシング技術が活用され始めている。これらの調査には潜水者の熟練度, 調査可能範囲, 天候の影響, 高額なコストなどさまざまな問題がある。そこで近年, 音響測機の開発が進み, これを藻場調査に用いる事例が増えてきた。本研究では既存の機器よりも高精度なマルチビームソナーを用いた調査を行い, 同時に行った藻場, 底質調査結果と対比し, 藻場現存量を把握可能なアルゴリズムを検討しソフトを開発した。沿岸の海浜砂泥域に広く分布する海草アマモに着目し, 現地実験を行ったところ藻場現存量だけではなく群落構造の把握についても活用可能であることが示唆されたので報告する。

1. はじめに

海草アマモ (*Zostera Marina*) は日本の沿岸浅海砂泥域においてアマモ場と呼ばれる群落を形成する主要な水生植物である。アマモ場は, 水産生物の産卵, 幼稚魚の生育等の資源生産の場や, 有機物の分解, 窒素・リン等の栄養塩の取り込みによる水質の浄化などの様々な機能を有し, 漁業生産に重要な役割を果たしている (向井 1982, 相生 2000)。近年埋め立てや環境の悪化等によって急速に消失, 衰退しており沿岸漁業資源への影響が懸念されている。そのため, アマモの分布状況や現存量の把握が求められている。

従来海藻類の現存量調査や研究においては, 潜水者による定線調査が行われてきた。潜水者の目視観察やビデオカメラによる映像をもとに解析するのが特徴であるが, これらは潜水時間が限られるため一度に広域を調べられない (小松ら 2004)。また潜水者の個人差や熟練度に大きく依存しており定量的な評価がしづらい。また, 比較的狭い範囲での調査に向いており, 広域調査には多大な時間と労力が必要となるなど効率が良くない。そこで, 航空機や衛星によるリモートセンシング技術を応用した藻場調査が行われてきた (Komatsu ら 2002, 2003b)。これらにより広域調査が可能となったが, 天候や海水の濁度および日射量に測定結果が影響されやすく (Komatsu ら 2002, 2003b), また調査費用が非常に高額となるデメリットがある (立川ら 1997)。このような状況を踏まえ, 近年は開発の進んだ音響測機を藻場調査に用いる事例が増えつつある (Komatsu ら 2003a)。

本研究では既存の機器よりも高精度なマルチビームソナーを用いて音響調査し, 広域の詳細海底地形図を取得し, 同時に行った藻場, 底質調査結果と対比して検討し,

藻場現存量を把握可能なアルゴリズムを検討し, 解析ソフトを開発した。沿岸の海浜砂泥域に広く分布する海草アマモに着目し, 現地実験を行ったところ藻場現存量だけではなく群落構造の把握についても活用可能であることが示唆されたので報告する。

2. 本マルチビームソナーの特徴

通常のシングルビームの音響機器は自船直下を前後左右方向に 5~20° 程度の分解能で探査をすることから, 広域の海底を対象とした場合に多くの探査コースを走行する必要がある。一方マルチビームソナー (HS-600F) は図-1 で示すように自船左右 120° 幅を前後 1.5° 左右 1.0° のビームで 121 方向の水深・反射強度データを検出するため, 広域の海底探査を行う場合であってもコース数を少なくすることができ, 探査時間を短縮できる。

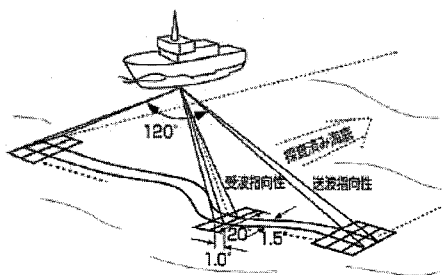


図-1 マルチビームソナー概念図

3. 現地観測調査

マルチビームソナーを用いた現地観測調査を行い, アマモ群落現存量推定法の開発を行った。調査は図-2 に示す三重県志摩市阿児町立神の立石浦で, 2004 年 10 月 26-27 日と 2005 年 6 月 1-2 日に行った。現地に生育するアマモは主に一年生であり, 6 月は繁茂期で 10 月は衰退期である。調査には表-1 に示す機材を使用し, 船

1 生修 三重県科学技術振興センター水産研究部
2 古野電気 (株)
3 理博 三重大学教授 生物資源学部
4 正会員 工修 大成建設 (株) 技術センター土木技術研究所

船へ設置した(図-3)。これにより海底の音響探査を行い、反射強度のデータ取得を行った。

また、6月の調査時には、アマモの生育状況を把握するため図-2で示す調査点でダイバーが50 cm 方形枠を用いて枠内のアマモをすべて採取し、実験室において10 cm 間隔で群落高別に切りそろえ、本数および乾重量をそれぞれ測定した。さらに乾重量は草体を部位別に分けて測定した。また、各調査点において底質を採取し、粒度分析を行った。表層から1-2 cm までの粒度組成についてレーザー式粒度分析器(コールター社LS 粒子分析機)を用いて分析を行った。

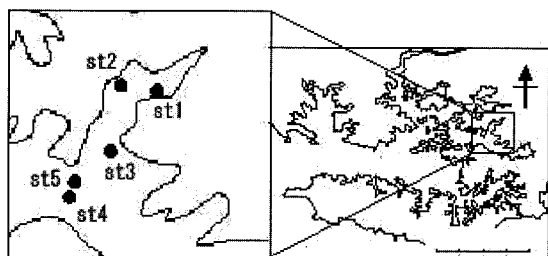


図-2 調査地点図(英虞湾内立石浦)

表-1 使用機器

機 器	収集データ
DGPS 航法装置: GP-90	自船位置情報
サテライトコンパス: SC-120	真方位
海底地形探査装置: HF600F	水深, 反射強度
デジタル水温計: TI-20E	表層水温
ネットワークサウンダー: ETR-6/6N	水深
海洋情報表示システム: MG-10	各種リアルデータ
データミキサー: IF-2300	データミックス

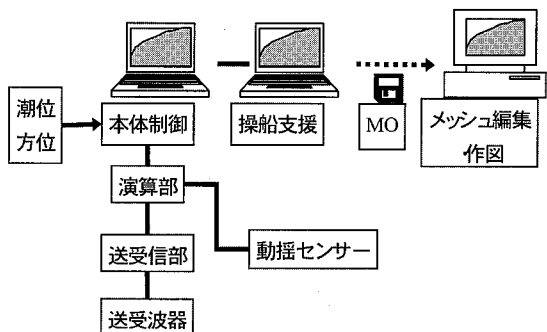


図-3 機器設置状況

4. 結果および考察

(1) アマモ衰退期の観測

アマモ衰退期である2004年10月26-27日に現地観測を行った。調査時は、ソナーのデータおよびダイバーの目視観測ともに大規模なアマモ群落は確認できなかった。そこでこのデータをもとに詳細海底地形図を作成した(図-4)。海底の検出は、真下方向の反射値のうち最大かつ継続したものを真下方向の海底とし、斜め方向の反射値については広がった反射の重心を計算で求めて海底を決定する。また底質の判別を目的に、マルチビームソナーの収録データから等価的に垂直入射に換算して表面散乱強度を求めた。これと定点における底質の粒度組成データを用いて底質分布図を作成した(図-4)。調査範囲内は水深2-5 mの浅い海底が連続し、沖側は10 m以深であった。底質分布を中央粒径によって分類すると、大部分は砂質であり若干のシルト分も見られた。

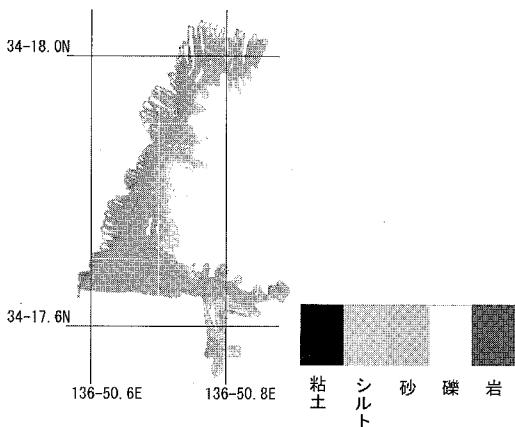
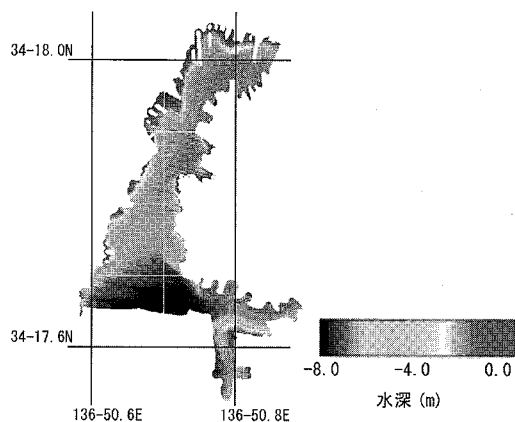


図-4 詳細海底地形図および底質分布図

(2) アマモ繁茂期の観測

一方繁茂期である2005年6月1-2日の現地観測では、前年にデータ収録した海域のうち、水深7m以深ではアマモ分布が少ないことから測量海域を狭めて設定した(図-5)。探査範囲は約5haで水深2-5mに群落高0.7-1.5m程度で生育していた。ほぼすべての海域でアマモが確認され、ソナーのデータにもそれが反映された。

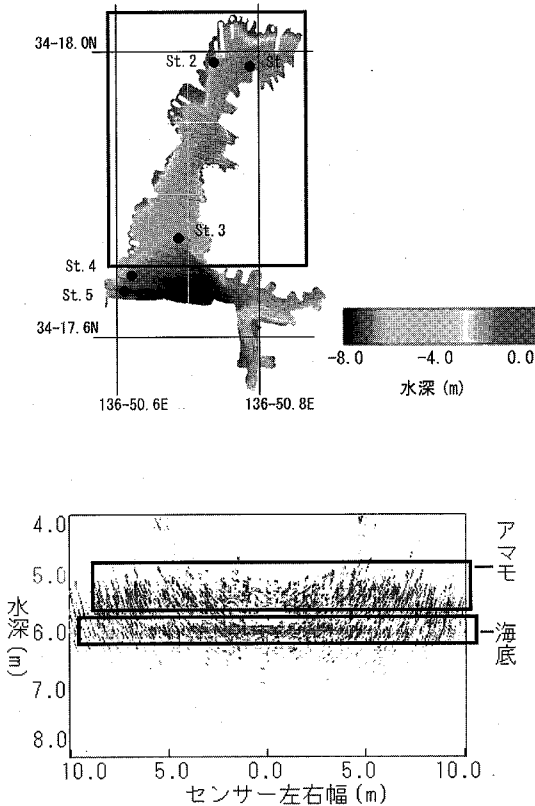


図-5 上図：2005年6月1-2日観測範囲(黒枠内)、
下図：ソナー画像例

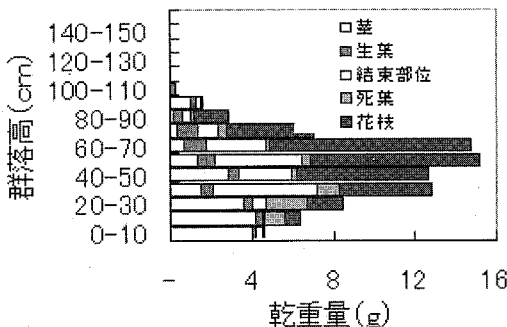


図-6 群落高別乾重量 (St.2)

a) 層別刈り取り

6月に行ったアマモの層別刈り取りの結果を図-6に示す。調査時の英虞湾の一年生アマモ群落では、群落の最大高は150cm程度であったが、10cm間隔で層別刈り取りした結果、現存量のピークは群落高70cm前後に見られた。

乾重量は10cm間隔で切り分けたアマモを茎、生葉、結束部位、死葉、花枝の5つの部位に分けて計測した。底泥表面から上30cmまでは茎が主体であるが、30cmより群落高最上部までは花枝や葉部が主体となっている。一年生アマモは成熟率が高いために花枝の割合が高い。多年生アマモでは生葉、死葉の割合が高い。各調査点において現存量の差はあるが、群落構造はほぼ同じであった。

b) 底質粒度分析

実測した5地点において、底質中央粒径値と衰退期に得た表面散乱強度による粒度推定値とを比較したところ、両者は直線的な傾向を見せたがばらつきも大きかった(図-7)。この理由としては採泥地点数が少ないことやデータ収録位置と採泥位置との間に生じたズレによるものと思われる。ソナーで得られるデータは、底質の判別に用いることが可能であるが精度向上については今後の検討課題とした。

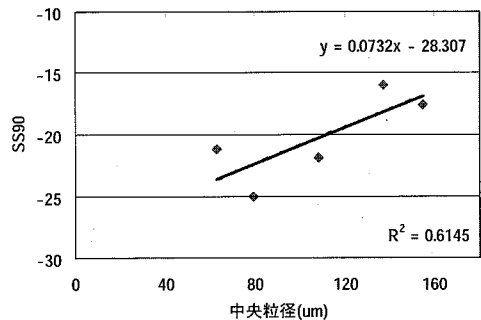


図-7 底泥の粒度組成実測値と推定値 (SS90)

(3) 藻場現存量推定法

HS-600Fの方位分解能は水深5mでは左右8.7cm、前後13cm程度であることから今回のメッシュ寸法はソフト処理上最少の寸法である0.00001分に設定し、南北方向は約18cm、東西方向は約15cmとした。現地のアマモ分布状況と比較すると、ひとつのメッシュに複数のアマモが含まれていることは無く、各メッシュには1本かそれ以下のアマモが含まれている。メッシュ図例を図-8に示す。

本研究では、海底と海草を同時に検出した後で、海底と海草を分けて検出するアルゴリズムを検討した。まず調査範囲をメッシュ化し、4. (1) の海底検出と同様の

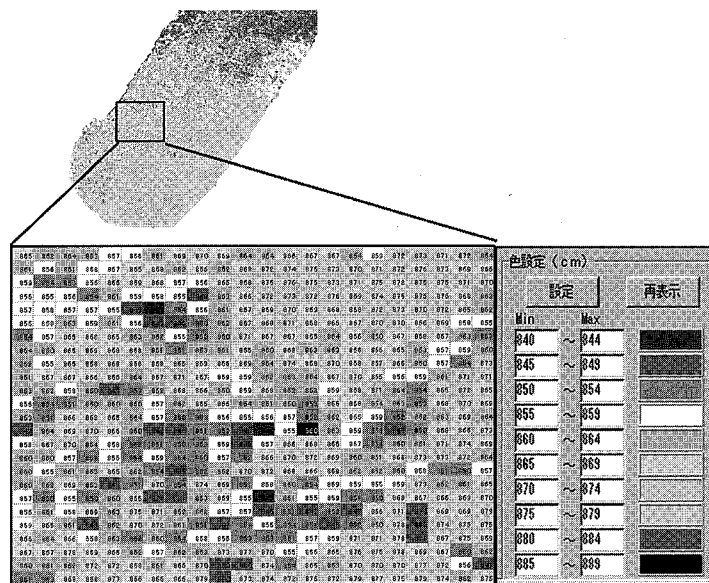


図-8 メッシュ図

方法で海草を含む水深値ファイルを作成。各メッシュにおいて周辺のメッシュとの水深差を求めて凸凹値メッシュを作成し、閾値を設けて各メッシュの凸部判定を行って凸部メッシュを作成。凸部メッシュに対してバイリニア補間によって水深値を求めて海底値メッシュを作成し水深値メッシュとの深度差により海草メッシュを作成し、海草量を体積で算出した。各調査点におけるアマモ現存量を推定し層別刈り取りにより実測した乾重量と比較した。St.2におけるアマモ体積推定値と各層別現存量の実測値を比較して図-9に示す。アマモの体積を実測することが困難であるため、それに準ずる指標として乾重量を用いた。ともに群落上部から海底まで10 cm 間隔の累積値を求め比較した。両者はほぼ同じ傾向を示し、95%の信頼区間で優位な相関であった。St.1でも同様な結果が見られた。

一年生アマモは多年生アマモに比べて成熟率が高い。また繁茂期にはほとんど全ての草体が成熟しており、草体の各部位は分化が進み複雑な形状となる。層別刈り取りで得られた群落構造の情報で、群落の中ほどで現存量ピークがあるのは一年生アマモの形態分化の特徴を反映したものと考えられる。マルチビームソナーと本アルゴリズムによる解析によって、現存量に関する情報だけではなく、これらの群落構造の把握が可能であることが示唆された。しかし現状では群落構造の把握に関して精度を検討するだけのデータ集積はできていない。そのため今後も引き続き現地観測を行い得られたデータの検証を行う。

これらの結果から、藻場の分布調査にマルチビームソ

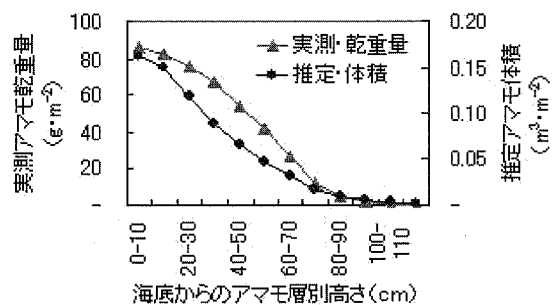


図-9 実測アマモ乾重量と推定アマモ体積 (St.2)

ナーを用いることで、藻場群落の水平方向の広がりや海底の底質情報が入手できるだけでなく、群落高のデータが入手でき、これらを総合することで藻場現存量推定や群落構造の把握が可能であることが示唆された。これらの機能をより洗練させることで、高精度のマルチビームソナーによる観測は今後の藻場調査において主流となるものである。

5. 結 論

本研究で得た主要な結論を以下に示す。

(1)高精度のマルチビームソナーによる藻場解析により、効率良く広範囲の藻場分布状況や底質の性状判別の調査を行うことができる。

(2)アマモ群落の現存量推定および群落構造の把握が可能であることが示唆された。

謝辞：本研究は、三重県地域結集型共同研究事業の一部で実施された。また現地調査にあたり志摩の国漁業協同組合立神支所から多大な協力を得た。ここに謝意を示す。

参考文献

- 相生啓子(2000)：アマモ場研究の夜明け，海洋と生物，Vol22，No6，PP. 516-523
- 小松輝久・立川賢一(1997)：GPSと音響測深機を用いたアマモ現存量推定の試み，月間海洋，Vol29，No. 8，pp. 494-499.
- 小松輝久・三上温子・石田健一・五十嵐千秋・立川賢一(2004)：海洋GISの藻場調査への応用，月間海洋，Vol36，No. 5，pp. 408-414.
- 立川賢一・小松輝久，相生啓子(1997)：音響測深機による海藻藻類分布量，月間海洋，Vol29，No. 8，pp. 489-493.
- 向井 宏(1982)：アマモ (*Zostera marina* L.) の生理と生態，日本水産資源保護協会，p. 48.
- Komatsu, T., C. Igarashi, K. Tatsukawa, N. M. Nakaoka, T. Hiraishi, and A. Taira(2002) : Mapping of seagrass and seaweed beds using hydro-acoustic methods. Fisheries Science, 68, pp. 580-583.
- Komatsu, T., C. Igarashi, K. Tatsukawa, S. Sultana, Y. Matsuoka, and Harada, S (2003a) : Use of multi ? beam sonar to map seagrass beds in Otsuchi Bay, on the Sanriku Coast of Japan. Aquatic Living Resources, 39, pp. 223-300.
- Komatsu, T., A. Mikami, S. Sayeeda, K. Ishida, T. Hiraishi, and K. Tatsukawa (2003b) : Hydro-acoustic measurements as a practical tool for mapping seagrass beds. Otsuchi Marine Science, 28, pp. 72-79.