

論文審査の結果の要旨

氏名 佐川 龍之

大規模な海草群落は藻場とよばれ、沿岸域における重要な生態系である。しかし、近年、人間活動の影響により急速に海草藻場は減少している。海草藻場の保全や再生を行うためには海草藻場の分布状況を把握し、その変化を継続的に監視する必要がある。このためには効率的かつ正確に海草藻場の分布域を把握するマッピングが不可欠である。熱帯域などの透明度の高い海域を対象として衛星画像解析による海草藻場分布マッピングの研究が行われているが、透明度の低い中緯度域の海草藻場を対象とした研究はなかった。本論文では、このような中緯度域の海草藻場を対象に、衛星リモートセンシングにより効率よく正確にマッピングする手法の開発を目指した。

第2章では、リモートセンシングに必要な **sea truth** データを効率よく広域に取得するためにサイドスキャンソナーを使用する方法を提案した。従来、**sea truth** には、潜水や船上からの観測が多く用いられていたが、衛星画像では対象海域が広く、画像を構成する画素の代表する面積が広く、このような点的なデータ取得では十分ではない。サイドスキャンソナーでは、海底表層の底質を、音響を用いて面的に知ることができる。岩手県船越湾の海草藻場を対象に、サイドスキャンソナーにより海底表面の底質を調べるとともに潜水と水中ビデオカメラによる観察を行い、サイドスキャンソナーイメージから海草と砂地を区別できるかを確認した。水中ビデオカメラとサイドスキャンソナーイメージの結果の間には97%の一致があり、潜水や水中ビデオ観察と同じようにサイドスキャンソナーを使用できることが示された。3%の不一致は、海草と砂地の分布境界付近にあり、このような場所の **sea truth** データを用いると分類精度が低下する可能性があることを指摘した。

先行研究では、中緯度域の海草と砂地の光の分光反射率についての研究がなかったことから、第3章では、衛星リモートセンシングに必要なこれらの分光反射率を、岩手県船越湾とチュニジア共和国南部のガベス湾マハレス地先においてスペクトロメータを用いて計測した。

第4章では、海底面の分光反射率と衛星で観測される分光放射輝度の関係をモデル化した **Lyzenga** のモデルをもとに、水中における光の減衰を補正するための新しい放射量補正の開発を行い、**Lyzenga** モデルから得られる従来の **Depth Invariant index (DI 指数)** と本研究で開発した **Bottom Reflectance index (BR 指数)** による放射量補正の効果を検討した。第3章で得た分光反射率のデータは、衛星画像解析を行うことを考え、**IKONOS** 衛星の光学センサの緑と青バンドにより得られる放射輝度値となるように分光反射率を積分した。バンドごとの底質の分光反射率と、モンテカルロ法により0-20m深の間でランダムに変化させるシミュレーションで得られる底深を用い、それぞれの放射量補正の効果を評価した。放射量補正前には、海草と砂地の放射輝度値の分布は重なっていたが、**DI 指数** に変換したところそれらの分布の間が広がり、さらに **BR 指数** に変換すると一層

はっきりと分布は分かれた。さらに、底深の誤差が BR 指数の分布に及ぼす影響についても検討した結果、底深が浅いと砂地と海草間の放射輝度値の分布が近づくことが分かった。

第5章では、熱帯域に比べて透明度の低い海域に分布する船越湾およびマハレス地先の海草藻場を撮影した IKONOS 衛星のマルチバンド画像を用いて、DI 指数と BR 指数による放射量補正を行い、それらの分類精度について検討した。sea truth データをサイドスキャンソナーにより取得するとともに、水中カメラによる確認も行った。BR 指数に用いる底深は海図の等深線データから推定した。海草藻場と砂地について行った教師付分類の結果を全体精度で評価したところ、船越湾については DI 指数では 62%、BR 指数では 83%、マハレス地先については DI 指数では 54%、BR 指数では 90%となった。BR 指数を用いれば、比較的透明度の低い中緯度の海域の海草藻場においても、衛星リモートセンシングにより藻場分布変化の監視に必要とされる精度にまで分類ができ、この手法を用いて海草藻場マッピングが実用的に行えることが示された。

なお、本論文第2章は、三上温子、小松輝久、小阪尚子、小迫明德、宮崎早苗、高橋雅宏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上の結果は海洋環境学、海洋生態学など学術上貢献するところが少なくない。よって審査員一同は本論文が博士（環境学）の学位を授与できると認める。