

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 18 日現在

機関番号：10101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23710039

研究課題名(和文) サイドスキャンソナーを用いた水生植物分布の自動分類に関する基礎的研究

研究課題名(英文) Automatic classification of sidescan sonar image for mapping aquatic macrophyte distribution

研究代表者

山田 浩之(Yamada, Hiroyuki)

北海道大学・(連合)農学研究科(研究院)・講師

研究者番号：10374620

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円、(間接経費) 1,050,000円

研究成果の概要(和文)：多くの水生植物は絶滅の危機に瀕しており、それらに対するモニタリング体制を早急に整える必要がある。本研究では、サイドスキャンソナー搭載魚群探知機から得られる後方散乱強度画像を用いて水生植物の分布モニタリングに展開するための画像分類手法を開発することを目的とした。様々な分類法を検討し、最終的に画像の季節変化を捉えるフェノロジーを考慮した分類法を採用した。海域で多用されているテクスチャ特徴量を用いた分類との比較により、その方法の有効性を示すことができた。これにより広域のより正確な水生植物モニタリングが可能となると考えられた。

研究成果の概要(英文)：Many aquatic macrophytes have been endangered. Therefore, it is necessary to develop the monitoring techniques urgently. In this study, a classification technique using sidescan sonar images (backscattering strength) was developed for mapping of the macrophyte distribution. As a result of various classifications, it was found that accurate classification was provided by difference of backscatter strength between seasons which was indicating the macrophytes phenology. It was considered that the accurate monitoring of aquatic macrophyte in a wide area was enabled by the classification technique.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境影響評価・環境政策

キーワード：影響評価手法 水生植物 画像解析 サイドスキャンソナー リモートセンシング 生態系保全 フェノロジー マリモ

1. 研究開始当初の背景

湖沼の生態系の多くは様々な人間活動の影響を受けて劣化しており、水環境の悪化、外来種の侵入、希少種の絶滅などが問題となっている。その生態系劣化の原因を特定するために、あるいは効果的な改善策を検討するために、広域での水環境や生物相マップなどの空間情報が求められている。しかし、陸域と異なり水中の様子は監視し難いため、結局は潜水調査などの狭い領域の調査に限られ空間に展開できないのが現状である。こうした状況を打開するためにも、広域の迅速な生物相のモニタリング技術の発展が望まれている。

その技術として、最近ではサイドスキャンソナーを用いた底生ハビタット調査とその成果の自動分類(自動マップ化)に期待が寄せられており、広域の底質や植生分布を迅速に把握することが可能となりつつある。一般的な自動分類の手法として、取得されたデータのテクスチャ(模様やきめ)特徴量を変量としたクラスター分析による分類が採用されるが、その分類精度は低く限界があると指摘されている。また、異なる調査地や時期に適用する際に改めて解析が必要となるという問題もある。今後の技術発展のためには、そうした課題を克服できる分類手法を確立する必要がある。また、こうした研究は、海域や河口の事例に限られ、湖沼の事例はない。湖沼では、分布する植物も水深も異なるため、海域や河口での結果とは異なることが考えられることから、まずは事例の蓄積を要する。

2. 研究の目的

サイドスキャンソナー搭載魚群探知機から得られる後方散乱強度画像を用いて、水生植物の分布モニタリングに展開するための植生分類手法を開発することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) グランドトゥールース取得用水中カメラシステムの開発

CCDカメラモジュール、GPSモジュール、水圧センサ、マイコン、録画機を用いて、緯度・経度と水深を同時記録(録画)する水中カメラシステムを構築した。

(2) サイドスキャンソナー・水中カメラ調査によるデータセットの作成

2011年から2013年にかけてサイドスキャンソナー調査、水中カメラ調査を阿寒湖チュウレイ湾、同シュリコマベツ湾、パンケトー、宮島沼で実施し、分類法を検討するためのデータセットを作成した。

前者の調査は、湖沼での調査に適した小型のサイドスキャンソナー搭載魚群探知機(Hummingbird 998cSI; Johnson Outdoors

Inc.)を用いた。船外機付きボートで約15m間隔で航行し、対象範囲の後方散乱強度、座標、方位のデータを取得した。これらのデータを用いて、後方散乱強度のデータにモザイク化を施し、各対象域および調査時の後方散乱強度画像(GeoTiff形式)を作成した。この画像は、その強度を256階調のグレイスケールで示したものである。その処理にはSonarWiz5(Chesapeake Technology, Inc.)を用いた。

水中カメラより得られた座標表示付き映像(動画)を事後に確認し、植物群落と底質を判定した。群落は、優占種によって判定したが、結果的に阿寒湖ではマツモ、球状マリモ、砂地、それ以外は優占種の判定が困難であったため混生域とし、4タイプに分けた。それらの位置をArcGIS10.1(ESRI社)を用いて後方散乱強度画像と同じ座標系上にプロットした。

(3) テクスチャ特徴量を用いた後方散乱強度画像の分類

後方散乱強度画像を対象に同時生起行列(GLCM)に基づくコントラスト、非類似性、均質性等のテクスチャ特徴量を算出した後、それらの特徴量を用いてクラスター分析による分類を試みた。この解析にはSonarWiz5のClassificationツールを用いた。

(4) 複数時期間の後方散乱強度変化による分類(フェノロジーを考慮した分類)

各時期の後方散乱強度画像に対し、5m×5mの領域を設けた。各領域内のピクセルのグレイスケール値の平均値と標準偏差を求め、それぞれの時期間の差分画像(7月-6月データ、8月-7月データ)を作成した。それらの各領域における変量を、フェノロジー(生物季節)を示す指標として以後の分類に用いた。ここで、平均値の差分値が0の場合は、音波の吸収度合いに時期間の変化が無い砂地、植物の成長による音波の吸収によって後時期の反射強度が小さくなることから負の場合は植生域とした。同様に、標準偏差の差分値が0の場合は砂地、植生の成長によって音波の散乱が不規則になることから、正の値の場合は植生域とした。さらに、植物の成長が種によって異なることを考慮して、7月-6月データで植生域と判別された領域はマツモ、8月-7月データでは混生域とした。この解析にはArcGIS10.1(ESRI社)を用いた。

4. 研究成果

(1) 水中カメラシステムの開発

CCDカメラの解像度の変更やレンズ交換、座標や水深等の表示データの変更、植生高の目安となる目盛の変更などを可能とする既存のシステムよりも汎用性の高いシステムを構築することができた(図1)。



図1 水中カメラシステムとその映像例(チュウレイ湾のマツモ)。

(2) データセットの作成

サイドスキャンソナーのデータより各調査地・時期の後方散乱強度画像を作成した(図2)。これらの画像から目視でも植生の有無や成長度合いを把握することができた。使用した魚群探知機にはシングルビームソナーも搭載されており、これにより得られる水深を用いて測深図を作成した(図3)。群落や底質の確認地点を図3のようにプロットし、後方散乱強度画像と合わせてデータセットを作成した。



図2 モザイク処理を施した後方散乱強度画の例(チュウレイ湾2012年7月)。

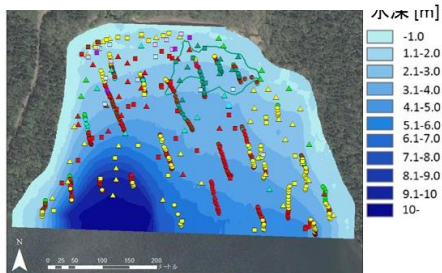


図3 グラントゥールース取得地点と測深図(チュウレイ湾の例)。プロットの黄は砂地、濃緑はマリモ、赤はマツモ、その他は混生域の地点を示す。

(3) テクスチャ特徴量を用いた分類

特徴量の中でも分類クラスの多かったコントラスト、角二次モーメント、最大値、標準偏差、相関の5つの特徴量を用いたクラスター分析によりチュウレイ湾の後方散乱強度画像の分類を行った。湾全体がクラス1とクラス3の大きく2つ領域に分けられ、クラス2の領域は他のクラスに比べて小さかった。グラントゥールースと照らし合わせた結果、クラス1の領域はマツモ、クラス2は混生域が占めていた。そのため、クラス1, 2に、

それぞれマツモ、混生域を割り当てた。クラス3は、混生域と砂地、マリモの領域を占めていたが、それらを分類することができなかつたため、砂地・マリモとした(図4)。その割り当てを適用したエラーマトリックス表による分類の全体精度は47.6%であった。海域での適用事例と比較してその分類精度は低く、植生高の低い群落が砂地に分類されるなどの問題があり、他の事例で指摘されているようにテクスチャ特徴量を用いた分類には限界があることが確認された。

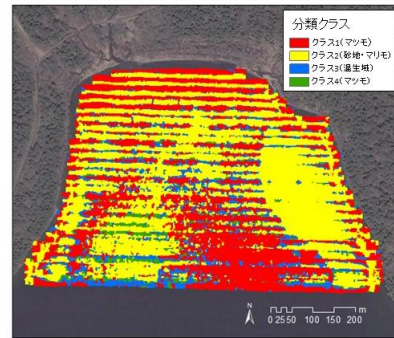


図4 テクスチャ特徴量による分類結果(チュウレイ湾2012年7月)。

(4) フェノロジーを考慮した分類

後方散乱強度から算出したフェノロジーを示す指標と、時期の違いを考慮した条件式によりチュウレイ湾の後方散乱強度画像の分類を行った(図5)。グラントゥールースのマツモ、混生域、砂地と概ね一致した。テクスチャ特徴量による分類では殆ど検出できなかった混生域が広く示された。分類の全体精度は47.9%とテクスチャ特徴量の場合とほぼ等しい値であったが、混生域の分類精度は20ポイント向上した。このことから全体精度向上の課題は残されるものの混生域のような複雑な水生植物の分布に対しては、一時期の画像では不十分で、季節変化を考慮したほうがより高い分類精度が得られることがわかった。本研究では1ヶ月間の差分値を用いたが、調査頻度を高めるなど植物の成長に合わせた調査を行うことで、より高精度の分類結果が得られると考えられた。

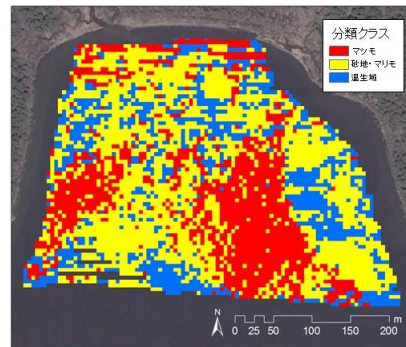


図5 フェノロジーを考慮した方法による分類結果(チュウレイ湾2013年)。

(5) 球状マリモ分布域の検出

チュウレイ湾に分布する球状マリモの分

布は、テクスチャ特徴量やフェノロジーによる分類を用いても検出は困難であった。前者の方法では砂地と同じような模様を示すため、後者の方法では分布域での時期間の変化が小さいためと考えられた。ここでは、マリモ分布域での一時期における5m四方の後方散乱強度の平均値と標準偏差の関係を求め、砂地との分離を試みた。その結果、マリモは砂地と比べて平均値が高く、標準偏差が小さいという特徴が得られ、それを用いて砂地と分離した結果、他の報告によるマリモ分布域と概ね一致することが確認された(図6)。マリモのような分布様式が一定の植物に対しては一時期の後方散乱強度の特徴からの分類が可能であると考えられた。

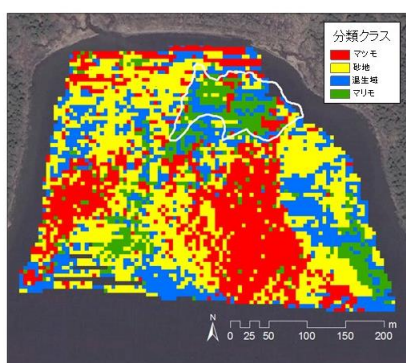


図6 マリモの分類条件を追加した分類結果。白線は2009年に確認されたマリモ分布域。

(6) その他

ソナーを用いた方法では抽水植物等の水面上に展葉する植物を検出することができないこと、砂地と植生高の低い植物の分離が困難であることから自律飛行マルチコプターを用いた空中写真の色情報(RGB)を加えた分類を検討したが(図6)、製作したマルチコプターのスペック、天候、水の濁りや波等の問題で解析に適したデータは取得できなかった。解析に適した空撮画像の取得には、様々な環境条件を揃える必要があるため、実際のモニタリングには適さないと考えられた。



図7 空中写真取得用に製作したマルチコプター。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計3件)

- ① 横山諒・山田浩之・木塚俊和・海津裕・牛山克己, 農業活動が宮島沼の水質の時

空間変動に及ぼす影響, 応用生態工学会, 大阪, 2013年9月。

- ② Yokoyama M., H. Yamada, Y. Kaizu, Effects of agricultural activity on temporospatial variation of water quality in a bog pool, lake miyajima-numa, northern Japan, 9th INTECOL, Florida, USA, 2012年6月。
- ③ 山田浩之・藤島洸・若菜勇, サイドスキャンソナー搭載魚群探知機を用いた水生植物群落の分類と現存量推定, 応用生態工学会, 金沢, 2011年9月。

〔その他〕

- ① 山田浩之・水上圭三, 浚渫実験区における水位・水質の変化, 第3回宮島沼研究発表会, 札幌, 2014年2月。
- ② 平澤孝介・山田浩之, 水鳥排泄物が泥炭地湖沼水の化学性に及ぼす影響—排泄物の溶出特性—, 第2回宮島沼研究発表会, 札幌, 2013年3月。
- ③ 山田浩之・横山諒・海津裕, 宮島沼の水環境動態—水環境空間情報の取得—, みんなでマガンを数える会 25周年記念誌, 2012年。
- ④ 上谷祥利・山田浩之, 水位の長期的な変動と湖底地形から見たマリモの分布域・消滅水域の特徴, マリモと阿寒湖の自然調査報告会, 釧路市, 2012年2月。
- ⑤ 山田浩之, ソナーや水中カメラから見たシュリコマベツ湾の植生・湖底環境, マリモと阿寒湖の自然調査報告会, 釧路市, 2012年2月。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山田 浩之 (YAMADA, Hiroyuki)
北海道大学・農学研究院・講師
研究者番号: 10374620