

令和 2 年 4 月 17 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01859

研究課題名(和文) サイドスキャンソナーと画像解析を組み合わせた海底質の面的モニタリング手法の開発

研究課題名(英文) Development of monitoring method for grain size distribution in seafloor combining side-scan sonar and image analysis

研究代表者

西嶋 渉 (NISHIJIMA, WATARU)

広島大学・環境安全センター・教授

研究者番号：20243602

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,800,000円

研究成果の概要(和文)：採泥やその後の篩分けなどの作業を伴わない写真画像から底質粒度を推定する方法(相関法)は有望な底質測定手法であるが、泥分を含む底質には適用できない。本研究では、底質中の泥分は有機物と一体化し、黒色を呈し、砂や礫分とは目視的に区別が可能であることを利用し、予め色により泥分率を算出し、残りの砂礫分について相関法を適用することで、この課題を解決した。また、相関法を適用するに十分な鮮明な海底画像撮影装置を開発した。さらに、サイドスキャンソナーの反射強度画像からは底質の大まかな粒度区分を推定できる手法を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

底生生物は粒度分布等底質環境に強く依存しており、その面的な把握は底生生態系研究の鍵を握る。しかし、底質の採取、篩分けに基づく粒度解析は時間と手間がかかり、底質環境を高空間解像度で調査することは困難であった。本研究では従来は砂底質にしか適用できなかった底質画像解析を泥分を含む全ての底質の粒度分布推定に適用可能な技術に発展させ、海底底質画像を鮮明に撮影する装置を開発した意義は大きい。さらに高空間解像度かつ広範囲の底質情報が得られるサイドスキャンソナーの反射強度画像から底質の大まかな粒度区分を推定できる手法を開発したことにより、これらの手法が今後の底質モニタリングへ活用されることが期待される。

研究成果の概要(英文)：Benthic organisms are strongly dependent on the sediment environment such as the particle size distribution, and therefore their understanding is the basis of benthic ecosystem research. The method of estimating the sediment grain size distribution from the sediment images is a promising method, but it cannot be applied to sediment containing mud. In this study, we developed the method to determine the grain size distribution from the sediments with mud by determining mud content in advance using different colors between sand/gravel and mud that showed black. We developed a device for clearly capturing sediment images that is sufficient to apply the method. We also developed a method using the reflection intensity image of the side-scan sonar for a rough grain size classification of the sediment, which can classify sediment with a high spatial resolution and a wide range.

These developed methods will be utilized for future sediment monitoring.

研究分野：環境工学

キーワード：海底質 モニタリング 粒度分布 画像解析 サイドスキャンソナー

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

移動性が小さい底生生物は底質環境に大きく依存して生育しており、底生生態系の基盤となる底質環境、とりわけ粒度分布に代表される物理環境の面的な把握は底生生態系研究の鍵を握ると考えられる。しかし、海底の底質環境の調査は困難であるため、瀬戸内海を例にとるとモニタリング地点は 90 km² に 1 地点であり、多様性の高い浅海域底質の面的モニタリング手法の開発が切望されている。

2. 研究の目的

本研究では、粒度分布に焦点を絞り、従来法より約 100 倍の時間短縮が可能な画像からの粒度分布測定手法を開発すると同時に、そのデータを使用して数百 m 幅の音波を扇状に発信できるサイドスキャンソナーの反射強度データを粒度分布に変換するアルゴリズムを開発し、1 m 以下の空間解像度を持つ面的モニタリング手法を開発することを目的とする。

3. 研究の方法

泥分の色調が砂や礫とは異なり、灰色から黒色であることを利用して、海底面の画像から泥分が占めている部分を砂や礫とは色調が異なる均一な平面として背景分離することで泥分率を求め、そのうち泥分が占める空間を粒子と認識させない解像度で空間的自己相関解析を行うことで細砂以上の粒度分布を求め、2 つの結果を統合して泥分を含めた詳細な粒度分布を算出する手法を開発する。具体的には、数値解析ソフト MATLAB R2016a を用いて撮影画像をグレースケール化し、画像解析ソフト Image J (Ver. 1.51s) で画像内の輝度値を 2 値化し、泥分を算出した。自己相関係数カーブを使用した解析を順に行い、粒度割合を算出した。

安芸灘において調査を実施し、実測した底質の砂礫割合とサイドスキャンソナーから得られた反射強度画像の関係に基づき、10m×10m に反射強度画像を目視により礫、砂、泥、サンドウェーブ、穴、溝、画像接合部の 7 区分に分類し、1067 枚の学習用画像を作成、深層学習により底質判別することを試みた。

4. 研究成果

(1) 撮影装置の作成

本研究では、まず鮮明な海底画像を撮影する装置開発を行った。図 1 が開発した海底画像撮影装置であり、カメラと淡水を内包した円筒を一体化させ、円筒底面にアクリル板を設置した。アクリル板が底質に押し付けられることで底面の凹凸が抑えられ、カメラと底質の間が淡水で満たされているために、海底を直接水中カメラで撮影する際に問題となる海水中の懸濁物質等の影響を受けず、鮮明な海底質画像を得ることに成功した。

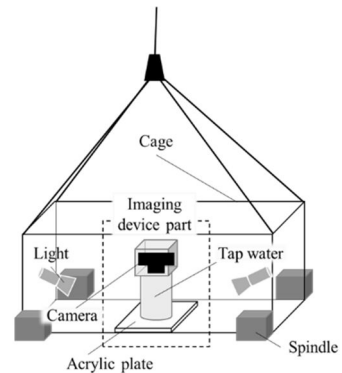


図1 底質撮影装置

(2) 画像解析による泥分を含む海底底質の粒度測定法の開発

写真画像を用いて底質粒度を推定する方法はいくつか報告されているが、相関法は有望な方法である。しかし、現状の画像解析法は画像の解像度の問題から 0.063mm 以下のシルト・クレイ粒子は判別できないという課題があった。そこで本研究では、底質中の泥分は有機物と一体化し、黒色を呈し、砂や礫分とは目視的に区別が可能であることを利用し、予め色により泥分率を算出し、残りの砂礫分について相関法を適用することで、この課題を解決した。図 2 は写真画像をグレースケール化した結果であり、(b) の黒色部分が泥分である。

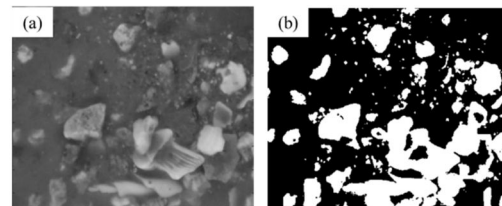


図2 写真画像 (a) とグレースケール処理した画像 (b)

粒度の異なる粒子を任意の割合で混合した

模擬底質に対して本開発技術を適用して粒度組成を推定した。推定された粒度組成を目視法によって決定した粒度組成 (真の粒度組成) と比較し、その誤差 (RMSE) を測定し、推定精度を確認した。画像内の礫分あるいは泥分を 10%、75%程度で一定とし、それぞれ泥と砂、砂と礫の混合割合を変化させた模擬底質の RMSE を図 3 に示す。RMSE は最大でも 11.9 であり、泥質を含まない砂礫底質を対象とした他文献の誤差と比較しても同様にそれ以下の誤差となり、本開発技術の有用性が確認できた。

さらに本技術を実際の海底画像 21 枚の解析に適用したところ、誤差は 10.9 以内に収まり、本開

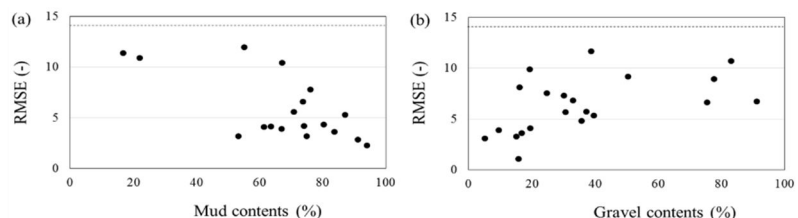


図3 模擬底質の泥分比率 (a) 及び礫比率 (b) を変化させた際の誤差

発技術の実用性も確認された。

(3) サイドスキャンソナーによる底質判別

安芸灘において実測した底質の砂礫割合とサイドスキャンソナーから得られた反射強度画像の関係に基づき、目視により礫、砂、泥、サンドウェーブ、穴、溝、画像接合部の7区分に分類し、深層学習により底質判別を行った(図4)。砂地形特有の[砂(白)]とそれ以外については、かなりよく分類ができた(図4(c)、(d))。さらに[サイドスキャンの接合部分(紫)]についても、ほぼ分類されている。一方で、[穴(水色)]、[礫(緑)]は、同じカテゴリに入ってしまう例が多く認められた(図4(e)、(f))。一方で[泥(黄)]、[溝(赤)]の分類は困難であった。穴や溝といった海底地形により底質判別が左右される部分は見られたが、大まかな底質判別はサイドスキャンソナーを用いて高解像度で実施可能であることが確認された。

ここでの検討は限られた実測値からサイドスキャンソナーの反射強度画像を解析したものであるが、当初計画では、さらに写真画像解析から得られる詳細な粒度組成情報とサイドスキャンソナーの反射強度画像を重ね合わせ、サイドスキャンソナーから高解像度の底質粒度組成を推定するアルゴリズムを作成する計画であった。そのためには、サイドスキャンソナーで海底の撮影機材が認識され、両データを照らし合わせることが必要であるが、サイドスキャンソナーに撮影機材が認識されないという問題が発生し、写真画像解析を活用したアルゴリズム解析は実施できなかった。

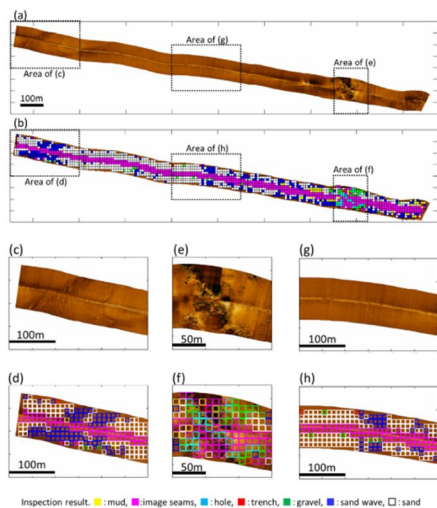


図4 未学習反射強度画像 (a, c, e, g) の分類結果 (b, d, f, h)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 長尾正之、牟田直樹、西嶋渉、宮本浩司、月坂明広、鈴木淳	4. 巻 74
2. 論文標題 海砂海域での反射強度画像による底質判別の 課題と深層学習による解決の試み	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 I_1441-I_1446
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.2208/kaigan.74.I_1441	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 吉森勇輔、中井智司、梅原亮、大野正貴、西嶋渉
2. 発表標題 画像解析を用いた泥分を含む海底底質の粒度解析法の開発
3. 学会等名 日本水環境学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長尾 正之、牟田 直樹、西嶋 渉、宮本 浩司、月坂 明広、鈴木 淳
2. 発表標題 海砂海域での反射強度画像による底質判別の課題と深層学習による解決の試み
3. 学会等名 海岸工学講演会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	中井 智司 (NAKAI SATOSHI) (80313295)	広島大学・工学研究科・教授 (15401)	

6. 研究組織 (つづき)

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	梅原 亮 (UMEHARA AKIRA) (40825791)	広島大学・環境安全センター・助教 (15401)	
研究分担者	長尾 正之 (NAGAO MASAYUKI) (70251626)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・地質調査総合センター・主任研究員 (82626)	
研究分担者	大野 正貴 (OHNO MASAKI) (40781216)	広島大学・環境安全センター・助教 (15401)	