

多孔媒質内の三次元音響コアリングシステムを用いた ベントスの動態解明

Understanding of Benthos Using 3D Acoustic Coring System Under Porous Media

H26助自78

- | | | |
|-------|--------------------------|--|
| 代表研究者 | 水 野 勝 紀 | 東京大学 生産技術研究所 海洋探査システム連携研究センター
特任助教 |
| | <i>Katsunori Mizuno</i> | <i>Project research associate, Underwater Technology Collaborative Research Center,
Institute of Industrial and Science, The University of Tokyo</i> |
| 共同研究者 | 浅 田 昭 | 東京大学 生産技術研究所 教授 |
| | <i>Akira Asada</i> | <i>Professor, Institute of Industrial and Science, The University of Tokyo</i> |
| 共同研究者 | 山 室 真 澄 | 東京大学 大学院新領域創成科学研究科 教授 |
| | <i>Masumi Yamamuro</i> | <i>Professor, Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo</i> |
| 共同研究者 | 渡 辺 好 章 | 同志社大学 教授 |
| | <i>Yoshiaki Watanabe</i> | <i>Professor, Doshisha University</i> |

Digging is necessary to detect aquatic creature under the water bottom. However, such detection is affected by the transparency of water and the working skills of divers, usually requires considerable time for high-resolution sampling, and always damages the survey site. We developed a new automatic non-destructive acoustic measurement system that visualizes the space under the water bottom. The system mainly comprised a two-dimensional waterproof stage controlling unit, and acoustic measurement unit. The stage frame was 1.2 m in width, 1.2 m in depth, and 0.6 m in height. Acoustic transducers were attached to the front edge of a pole extending from the moving stage. The stage unit was electrically controlled through a notebook personal computer on which original software programed on a Labview platform was installed. The moving step of the stage varied from 1.0 mm to 1.0 m and the moving precision was 0.1 mm in X and Y directions. The acoustic measurement unit consisted of a one-channel transmitter and eight-channel receivers. We tested the system at the pond and detection of karasugai and natural plant roots. The system mainly comprises a two-dimensional waterproof stage controlling unit and acoustic measurement unit. The stage unit was electrically controlled through a notebook personal computer, and the space under the water bottom was scanned in a two-dimensional plane with the stage unit moving in steps of 1 cm. We confirmed a karasugai with length of 16 cm and natural plant root with diameter of 25–30 mm in the reconstructed three-dimensional acoustic image. The karasugai was at a depth of about 30 cm and a plant root was at a depth of about 54 cm. This measurement system for plant root detection will be useful for the non-destructive assessment of the status of the space under the water bottom.

研究目的

本研究では、音響技術と、高いロバスト性を備えた現場型自動計測を実現する制御エレクトロニクスを融合し、海底堆積層内を高分解能で3次元に可視化することにより、海底下の生物相を時空間的にモニタリング可能な「音響コアリングシステム (Acoustic Coring system)」を開発することを目的としている。

沿岸域は陸域から流入する栄養塩により一次生産が活発であるとともに、benthic-pelagic couplingを通じ生産性が非常に高く、水環境を考える上で特に重要なエリアである。そこでは堆積物に内在する懸濁物食二枚貝（ベントスの一種）が高密度に生息し、その濾過効果によって植物プランクトンの異常増殖が抑制されている可能性が高いとされている。しかしながら、近年、アサリやヤマトシジミなどの内在性二枚貝の漁獲量が全国的に減少し、水質悪化を招いている可能性が指摘されている。その原因として水域の貧酸素化や温暖化による成熟サイズの小型化など複数の要因が考えられているが、未だ実証には至っていない。原因究明の鍵を握る内在性二枚貝の現存量や個体サイズ分布などは通常、船上から採泥器を使って一定面積の堆積物を採取し、対象生物をソーティングして測定しているが、この方法は、

1. 手間がかかる
2. 選定された代表サンプリング点の結果を基に沿岸域全体の環境モデルを考えなければならない
3. 一度サンプリングするとその場の状態が元には戻らない

など改善を要する点が多い。また、二枚貝は水温等の環境変化に伴い生息域を移動するなど、季節的、日周的な動態変化が指摘されているが、それらを現場計測し、定量化すること

は現状ほぼ不可能である。

本研究で開発する音響コアリングシステムは、これら課題を解決するため、堆積層内の二枚貝の位置・サイズ、動態変化を計測することを目的とし、「堆積層内に広がる未知なる生物相を数値化し、生態系を維持・復元するための客観的で新しい定量指標を提案する」ためのブレイクスルー技術になると期待される。

概 要

本研究では、音響技術と、高いロバスト性を備えた現場型自動計測を実現する制御エレクトロニクスを融合し、海底堆積層内を高分解能で3次元に可視化することにより、海底下の生物相を時空間的にモニタリング可能な「3次元音響コアリングシステム (Acoustic Coring system)」を開発した。近年、海底・湖底面下など、堆積層内の空間的な情報を非侵襲で詳細に把握したいという要望が増えており、底生生物の分布、浮泥の厚み、根葉の生息状況、深度方向の地質変化、沈没船や兵器など埋没物の形状計測など、その要望は多岐に渡る。今回開発した計測システムはこれら課題を解決するための新しい計測技術として期待される。3次元音響コアリングシステム (3D-axs) は、防水の2軸ステージ駆動部 ($1.2 \times 1.2 \times 0.6 \text{ m}^3$, custom-made, Arc Device, Koganei) と音響計測部から構成され、Labview (National Instruments, Texas) をプラットフォームとして開発したソフトウェアによって制御される。事前にプログラムした2次元平面の計測領域内で音響計測部を自動走査しながら音響データを取得し、計測後、専用に開発した3次元音響画像構築ソフトによって音響データを可視化する。実際は、NI-DAQ (NI-6356, National Instruments) から矩形パルスをコントロールボックス (Honda electronics, Toyohashi) に入力し、ボックス内

のパワーアンプにて増幅した電気信号を送波器 (custom-made, Honda electronics) に印加し、中心周波数100 kHzのパルス波を湖底に向けて照射した。また、反射した音波を8chの受波器 (TC4013, Teledyne Reson, Denmark) で受波し、プリアンプ (CA-251F4, NF, Yokohama) で40 dB増幅後、NI-DAQにて1 MHz/sで1600sample/ping分を16 bitでA/D変換し、データを収録した。本計測では、1 cm刻み (± 0.1 mm) で走査しながらデータを収録した。また、音響計測部を二次元平面内で走査しながら取得した音響データから、三次元的な音響画像を構築するための信号処理フローを新たに開発した。まず、収録したデータを順次読み込み、送波器の真下方向に焦点が形成されるように8ch分の信号を用いてビームフォーミングした。次に、ヒルベルト変換に基づくエンベロープ処理により振幅情報を抽出した後、立ち上がり検出によって湖底表面を認識させた。さらに閾値処理により、ある振幅レベル以下の信号成分を除去した。また、堆積層内では、音波の吸収損失が大きいため、湖底表面下の音波伝搬深度に合わせてそれを補正した。尚、今回は堆積層内での減衰量を20 dB/mとして補正処理した。その後、各深度において二次元のC-mode平面画像を複数枚構築し、それらを積み上げることで三次元の音響画像を構築した。最後に、三次元音響画像の自然な立体感を表現するために、アルファブレンディング処理を施した。今回、システムの性能を確認するために、宮城県伊豆沼横のため池にて、堆積層内のカラスガイと自生している蓮根を対象に、フィールド試験を実施した。試験時は、湖底に2軸ステージ駆動部を設置し、RV-Boxに収納した制御系とバッテリー類を、隣でアンカリングした小型ボート上に固定した。本試験では、水底下30 cm深度に埋没した大きさ16 cm程度のカラスガイや、

水底下54 cm深度に埋没した直径25 cm程度の自生している蓮根の検出に成功した。しかしながら、現在のシステムは未だプロトタイプの域を出ず、駆動部のみ防水加工をしている状態であり、電子制御部やバッテリー部は船上に設置する必要があるため、波浪の影響を受ける可能性が高く、当初の目的であった沿岸域における内在性二枚貝の調査に使用することは困難である。よって、今後は先ず電子制御部やバッテリー部に防水性をもたせる予定であり、海、湖、沼などいずれの場所においても水深10 m程度までの範囲であればどこにでも設置可能なシステムとする。また、現在は、 1×1 m²の範囲を計測するのに凡そ15時間程度の時間を要している。これは、潮位の変動する沿岸での計測には十分ではないため、制御システムの高速化を図る必要があり、音響計測部の移動アルゴリズムの改良が望まれる。また、現在は送波器1ch、受波器8chにより構成される音響計測部を用いているが、これをより多チャンネル化する、或いは仮想的な合成開口処理を施すことにより、さらに高分解能化及び計測の高速化が可能となるため、より実用的なシステムを目指して音響計測部の高度化検討を進める。また、従来のサンプリング手法では不可能であった、堆積層内の生物や植物の日周的或いは季節的な変化をモニタリング可能な長期モニタリングシステムを開発し、これまでに計測されたことのない、未知なるデータの取得に挑戦する。

ー 以下割愛ー