

実績報告書

助成事業名：磯根資源モニタリングに向けた水中フォトグラメトリの応用

北海道大学大学院水産科学研究院 准教授 安間洋樹

【助成事業の概要】

フォトグラメトリ（以降 FM）は、写真測量の一種で、複数の撮影画像から地形や構造物の 3D モデルを作成する技術である。陸上においては、ドローンによる連続撮影データに FM を適用することにより、広域での測量データ取得技術が発展している。FM による 3D モデルは、地形等の形状情報に加え、それらを構成する基質や付着物のカラー情報を含むことから、底質環境や生物分布のモニタリングに資する技術として期待が大きい。本事業では、汎用型水中ドローンと FM を用いて北海道沿岸域の 3D モデルを作成し、ウニ類、ナマコ類等の磯根資源モニタリングに応用するための要素技術を開発することを目的とし、以下の 3 項目の試験を実施した。それぞれの概要を以下に示す。

1) 水槽実験による計測条件別の水中 FM モデルの精度検証

水中 FM による地形・構造物モデルの精度と計測条件（移動速度、海底からの距離、トランセクト間隔 等）による違いを検証するために、水槽計測実験を行った。水槽実験は、北海道大学水産学部の大型曳航水槽において行った。水槽内にコンクリートブロック (39×19×10 cm) を重ね合わせた仮想構造物を設置し、異なる曳航速度 (0.1 - 0.5 m/s, 0.1 m/s 間隔)、トランセクト間隔 (15, 30, 90 cm)、水槽底面からの距離 (100, 120, 130 cm) の全ての組み合わせにおいて、水中撮影と 3D モデルの作成を行った。画像データは GoPro Hero 10 を用い、0.5 秒間隔のインターバル撮影で取得、3D モデルの作成には、Metashape (Agisoft 社) を用いた。

実験の結果、3D モデルによる物体の計測精度は、低速度、短トランセクト間隔の条件下で高くなり、対象物との距離においては大きな差は見られなかった。最適条件下では、検証した全てのポイントにおいて、実測値との誤差は、X, Y, Z 軸方向の全てで 0.4 cm 以内であった (図 1)。2023 年 3 月現在、計測対象のスケールに応じた最適計測条件を提案し、適用条件下での推定精度を予測する一般化モデルの作成を目的に、数理統計的解析を進めている。



図 1. 水槽実験で使用した構造物の 3D 画像 (左図)、及び精度検証に用いた計測点 (右図内の黄色点)

2) 実海域における水中ドローン撮影, 3D 地形図作成と精度検証

北海道積丹町美国地区沿岸の岩礁域（水平距離 23×32 m, 水深～2 m）において, 水中ドローン (CHASING m2 pro) を用いて映像データを取得, 3D 地形図を作成した。また, 撮影海域において, 潜水による岩礁計測, 生物計測等を行った。撮影機器, 3D 形状作成ソフトは上記(1)と同様で, 撮影条件も上記(1)を参考に決定した。

上記条件において, 水中ドローンにより 3000 枚の JPG 画像が取得された。FM 処理においては, 使用画像が多いほど鮮明な 3D 画像が得られたが, 各種検証の結果, 本実験のスケールにおいては, 500 枚以上で十分に高精細な 3D モデルが作成可能であることがわかった。水中ドローンに記録された 1 秒間隔の Log データによる航行深度と, 同時間に得られた 3D 画像中の海底相対水深を同期化することで, 3D 地形データに水深情報を付加した。計 6 点における実測水深との比較の結果, FG により得られた推定水深の誤差は最大約 4 cm であった (図 2)。

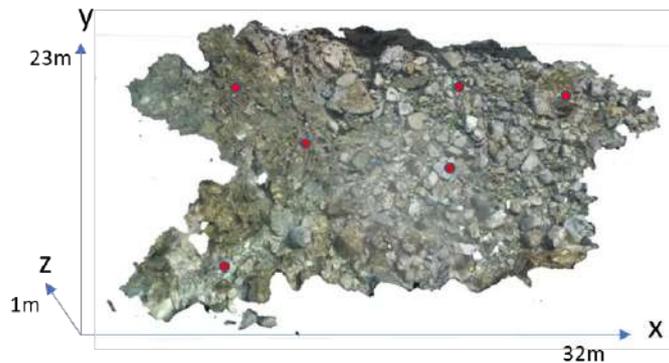


図 2. 試験海域で作成した 3D 地形データ。図中の赤点は精度検証に用いた計測点を示す。

3) 3D 地形図への各種情報 (位置・水深・底質) の付加, 機械学習による底生生物の自動カウント, 分布特性の抽出

上記で得た 3D 地形図において, 2 値化処理によりウニ類のみを自動判別し, 計数するプログラムを Python により作成した (図 3)。目視による計数と上記自動判別の比較では, 正の相関関係を示し, 自動判別プログラムの検出率は 90%以上 (RMSE 比) であることがわかった。上記で作成した 3D 地形図をもとに, 直径 30 cm 以下の岩状物質で構成される“転石”, 30-100 cm で構成される“岩”, 100 cm 以上で構成される“岩盤”で底質を分類し, それぞれにおけるウニ類の分布密度を算出した。試験海域 (326.0 m²) における転石, 岩, 岩盤の面積組成とウニ類の個体数は, 65.5% (70 個体), 2.6% (33 個体), 31.9% (117 個体) であり, 岩の周辺で高い分布密度が確認された (図 3)。試験海域の 3 次元的検証では, 比較的水深の深い場所から岩盤が続き, 比較的浅い場所では転石が優制的に分布, 転石の中に岩が点在していた。また, 特に浅所の岩の周辺においてウニ類の分布密度が高くなることが示された (図 4)。

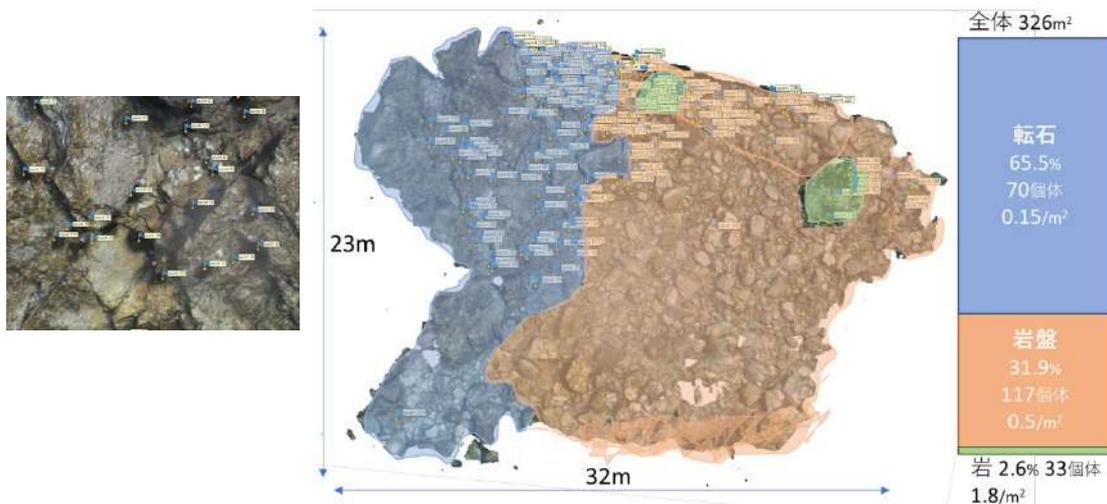


図3. 3D画像上で自動判別したウニ類 (左), 3D画像上で判別した各底質とウニ類の分布状況 (右)

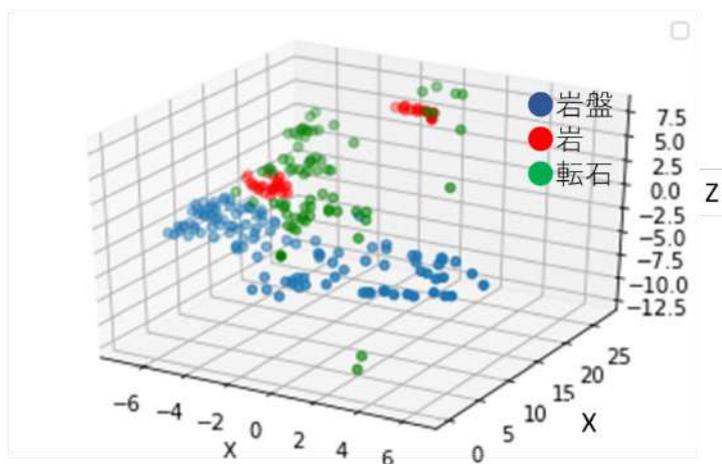


図4. 自動判別により得られたウニ類の3次元分布。各点の色は、底質を示す。

【今後の展望】

本助成事業では、北海道南部海域において、水中ドローン撮影とFM技術を用いてカラー情報を含む海底地形データを作成し、海域内の磯根生物（本研究ではウニ類）の分布を定量的にモニタリングできる可能性を示した。現在、より広範囲で複数の生物種を含む解析が行えるよう、計測条件、データ処理の一般化に向けたモデル構築が進行中である他、底質の自動判別化にも着手している。将来的には、環境情報を含めた磯根資源管理や、磯焼けのモニタリングに有効な手法として、漁業現場での水中フォトグラメトリの適用が期待される。