

水面浮体型ドローンを活用したサンゴ礁モニタリングの合理化

鹿島建設(株) 正会員 ○山木克則 板川 暢 秋山完幸

1. はじめに

藻場やサンゴ礁などの調査では、潜水による観察や記録が行われるが、多大な労力と安全確保が難しいため、合理的な調査手法が望まれている。近年、ドローンを用いた上空からの映像撮影などは試みられるようになったが、海中の詳細な生物環境の把握や、分析は困難である。そこで、筆者らは遠隔操作により調査地点へ飛来、着水し、水面下の鮮明な映像が位置情報とともに取得できる水面浮体型ドローン「SWANS®」(System of Water and Aerial Nearshore Survey, 以下 SWANS)を開発した。本研究では、負担が大きい海中調査の合理化のために、サンゴ礁における調査に SWANS を適用し、サンゴ被度、海底面 3D モデルの構築を行い、実用面での精度や適用性について検討した。

2. 水面浮体型ドローン SWANS の仕様

SWANSは、水面への着水、離水、水面での移動が可能で防水機能 (IP67相当) を備えたドローンである (写真-1)。中央の胴体とローター4カ所の浮体構造により、機体を水面に浮かせ、ローターの回転数の制御により、縦横に水面上の移動を行う。機体下部にはジンバル式の水の中カメラを備え、波の揺れに対し安定した撮影ができる。また、SWANSは、超音波式水深センサ、濁度センサ、GPS 受信機を搭載し、データは操縦用とは別の携帯端末に無線送信、蓄積される (表-1)。

3. SWANSによるサンゴ礁のモニタリング方法

SWANS によるサンゴ礁のモニタリングは、次の4種類の方法で行う (図-1)。

- (1)俯瞰モニタリング：対象海域を上空から広域にモニタリングする (従来手法)。
- (2)ポイントモニタリング：飛行と着水を繰り返しながら、海底面の状況を撮影する。広域エリアを効率よくモニタリングする。
- (3)ラインモニタリング：水面に着水したまま、移動し海底面をライン状に撮影する。従来のライントランセクト法、ベルトトランセクト法に適用する。
- (4)スキャンモニタリング：一定エリアの水面を往復移動し、海底面を連続的に撮影する。これにより、SfM 解析を行い、3D モデルの合成、オルソ画像生成による海底マップの作成を行う。



写真-1 水面浮体型ドローン SWANS

表-1 水面浮体型ドローン SWANS の主な仕様

機体サイズ、重量	幅 860×高さ 345mm, 4.0kg
飛行可能時間	20 分 (バッテリー1 台)
水面移動可能時間	40 分間 (同)
搭載可能荷重	最大 3.5 kg
最大飛行速度	空中：最大 50km/h
飛行可能風速・波高	風速：8m/s 波高：20 cm ($H_{1/3}$)
防水性能	IP-67 相当
搭載カメラ	4K カメラ (動画・静止画)
測深機能	超音波式 16cm~100m
濁度計測機能	光学式 0-25, 0-125FTU
制御可能距離	機体制御：最大 1000m センサ情報伝送：最大 500m

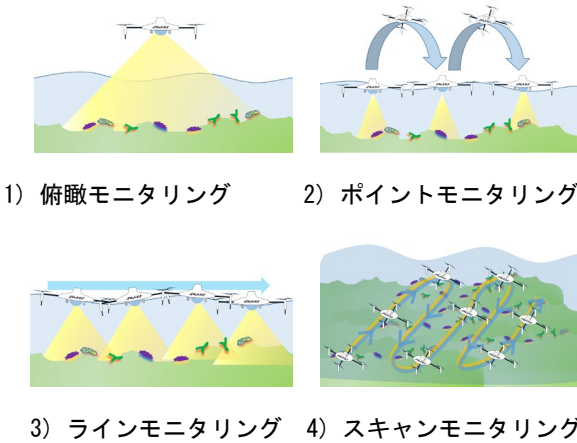


図-1 SWANS によるサンゴのモニタリング手法

キーワード：サンゴ礁，モニタリング，ドローン，海底地形，UAV，遠隔操作，SfM，臨海，濁度
連絡先 〒240-0112 神奈川県三浦郡葉山町一色 2400 鹿島建設(株)技術研究所 葉山水域環境実験場 TEL046-876-1018

4. サンゴ礁のモニタリング事例

サンゴ礁モニタリングは、慶良間諸島国立公園の阿嘉島（図-2）を対象として2018年10月に実施した。ラインモニタリングは、予め設定した2測線（ラインA:200m, B:275m）上においてSWANSを速度約1.7km/hで水面移動させ、約5mの範囲に出現したサンゴの種類、群体形状を区別して被度を分析した。

図-3に分析結果、写真-2に撮影画像の一例を示す。ラインAでは礁縁部から50mまでの礁原で卓床型のミドリイシ属サンゴが優占し、被度は70%以上となった。また、起点から75～200mの地点は深さ2～3mの起伏のある地形に、サンゴの多様な種組成が確認され、その被度は40%以上であった。

モニタリングに要した時間は、ラインAで約7分間、ラインBで約10分間であり、詳細な水深情報の取得も同時に出来た。従来のライントランセクト法やベルトトランセクト法では、1測線あたりのモニタリングに数時間以上を要することからモニタリングの大幅な時間短縮に至った。

5. 海底地形の3Dマップの構築

浅海域のサンゴ礁地形を詳細に把握するために、SWANSでスキャンモニタリングにより取得した画像を用いて海底面の3Dモデル、オルソ画像の構築を行った。対象は、地域でサンゴの再生を実施している広さ約400m²の海底面とした。解析はソフトAgisoft Metashape Prof.を用いSfMによる3次元点群モデルおよびオルソ画像を作成した（図-4, 5）。

3Dモデル・オルソ画像の精度を検証するために、現地で実測したサンゴの寸法と比較したところ、長辺・短辺ともに5cm程度の差であった。計測誤差の要因は、水中の明度、濁り、水深の違いなどによる解像度の差、波による揺らぎ、GPS精度などが考えられる。サンゴの成育状況や被度をモニタリングするための計測情報として十分な精度が得られた。

6. まとめ

本技術は、潜水による調査手法に比べ迅速で簡易であり、安全性の向上に寄与することが確認された。今後は、生物モニタリングの他、工事海域における水質調査や海底地形の把握など、幅広い用途に展開していくつもりである。

参考文献

- 1) 山木ら：水面浮体型ドローンによる海中調査技術，土木学会論文集 B3,75,pp.103-103（2019）
- 2) 山木ら：大規模養浜工事における水面浮体型ドローンを活用した濁度計測,土木学会年次講演会,VI-972（2019）

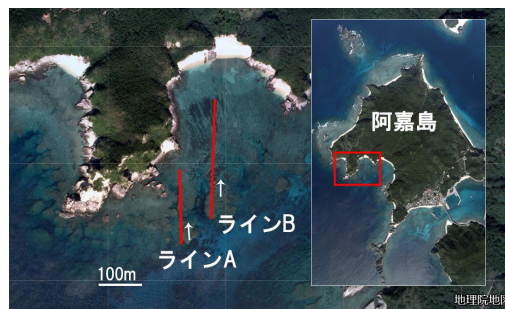


図-2 サンゴモニタリングの実施地点

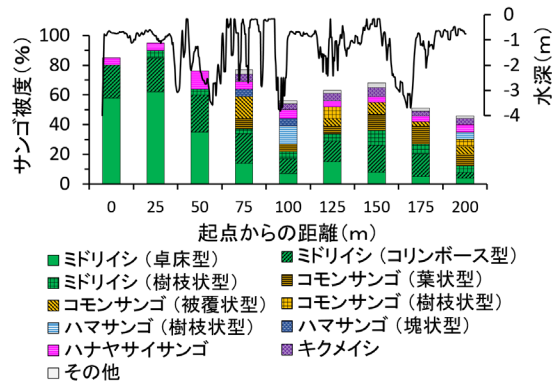
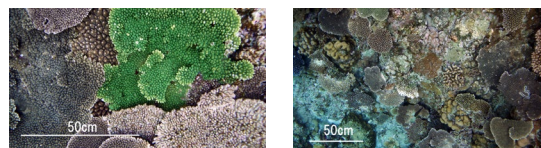


図-3 サンゴモニタリング結果（ライン A）



(a) 25m 地点 (b) 175m 地点
写真-2 SWANS による取得画像の例

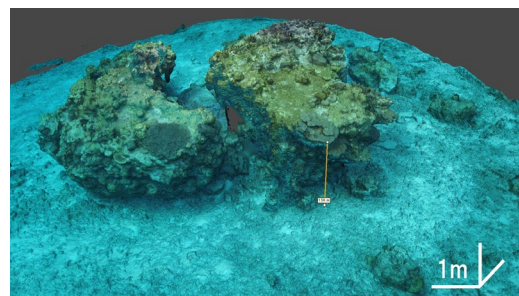


図-4 3Dモデルの一例

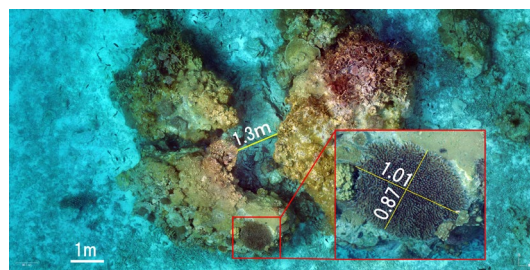


図-5 オルソ画像の一例