

蛍光ライダーを用いた造礁サンゴ調査技術の開発

Development of the survey technology for reef-building corals using a fluorescence lidar

篠野雅彦、今里元信(海上技術安全研究所)、

山野博哉、小熊宏之(国立環境研究所)

M. Sasano and M. Imasato (National Maritime Research Institute)

H. Yamano and H. Oguma (National Institute for Environmental Studies)

Abstract

Coral reefs are fragile ecosystem affected by ocean-warming and ocean-acidification. The monitoring of coral distribution for large-area and long-term is regarded as particularly important in terms of the environmental impact assessment of global climate change. At present, in spite of diver's much work, coral monitoring is not enough.

The boat-based fluorescence imaging lidar system is developed and tested for coral monitoring. This system consists of an UV pulsed laser, a gated ICCD camera and two gated PMTs, and has a potential to observe live corals down to 30 m depth in clear water condition using a feature of fluorescence proteins.

In this paper, the live coral distribution around Taketomi island in Okinawa Japan is shown.

1. はじめに

造礁サンゴは、主に熱帯の浅海域（水深 0～30m 程度）に分布しており、海洋温暖化と海洋酸性化のどちらにも脆弱な生態系として、白化や大量死の拡大が懸念されている¹⁾。このため、観測による実態解明と、モニタリングによる変化の把握を行い、それらに基づく保全活動を実施することが急務である。本研究では、サンゴ観測の効率化を目指し、造礁サンゴの蛍光性を利用した船舶搭載イメージング蛍光ライダー装置の開発と観測を進めた。また、これまでの調査で、南方系造礁サンゴの優占種であるミドリイシ属やキクメイシ属等のサンゴが、ほとんどの群体において蛍光たんぱく質による蛍光性を持つことが明らかとなった²⁾。これにより、船上からの移動観測によって、直下のサンゴの生死判別が技術的に可能となった。今後、本ライダー装置を用い、国内数地点でサンゴの船舶観測を実施する予定である。また、本ライダー装置の適用可能性についての検討を進めた。

2. グラスボート搭載イメージング蛍光ライダー

サンゴの蛍光は、昼間の太陽背景光に比べて弱いため、一般的な照明およびカメラ撮影では日中のサンゴ蛍光イメージ取得は難しい。しかし、イメージング蛍光ライダーを用いれば、パルスレーザーとゲート ICCD カメラの同期によって露光時間を 100 ns 程度に抑制することが可能である。これにより、取得イメージに含まれる太陽背景光を大幅に抑え、昼間でも海底のサンゴの蛍光イメージ観測が可能となる。また、ICCD カメラのゲート機能による短時間露光撮影は、近傍（深度の浅い海中）での海水レーザー励起蛍光の影響を抑制する効果や、船体動揺に対する画像ブレの抑制効果も得られる³⁾。これらの機能により、実際のサンゴ礁海域における船舶からの実用的なサンゴ観測装置とすることができる。本研究では、堅牢で大出力の Nd:YAG(3)パルスレーザー（波長 355 nm）を用いた UV 励起蛍光ライダーを開発した。

本研究で開発したイメージング蛍光ライダー装置を、沖縄県八重山郡竹富島のグラスボート船内に搭載し、船底のガラス窓を通してサンゴのライダー観測を行った。Fig.1 に、グラスボートとイメージング蛍光ライダー装置の写真、及び装置を設置している際の様子を示す。また、Fig.2 に、イメージング蛍光ライダー及び通常ビデオカメラによるサンゴ観測例を示す。

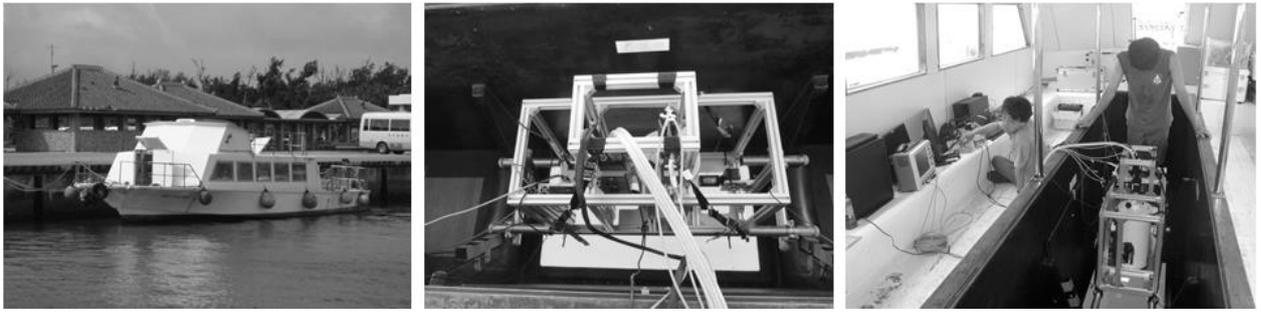


Fig.1 Photographs of the glass-bottom-boat (left), the fluorescence imaging lidar system (center), and the installation of the lidar system into the glass-bottom-boat (right) at Taketomi island, Okinawa, Japan.

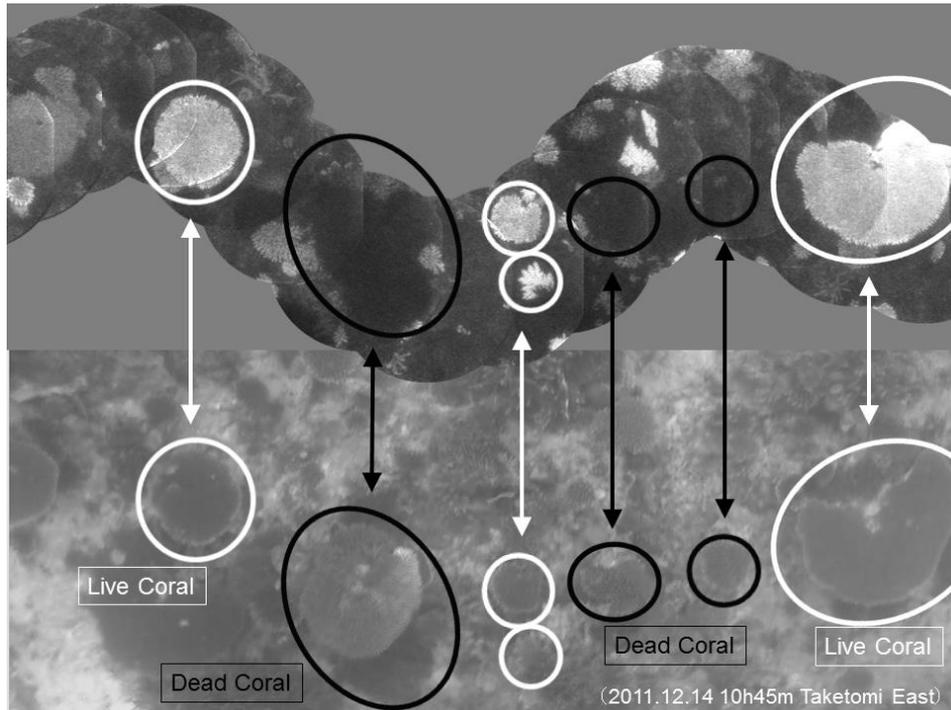


Fig.2 Examples of observation using the fluorescence imaging lidar (up), and ordinary video camera (down).

また、グラスボートに DGPS を搭載し、サンゴ観測の正確な時刻と、誤差 1m 程度の緯度、経度情報の記録を行った。これにより、サンゴの蛍光イメージと、緯度、経度情報を統合し、グラスボート航跡に沿って生きたサンゴの分布マップを作成することが可能となった。2011 年 6 月 30 日に、沖縄県竹富島周辺を航行し、ライダー観測によって得たサンゴ分布結果を、Fig.3 に示す。

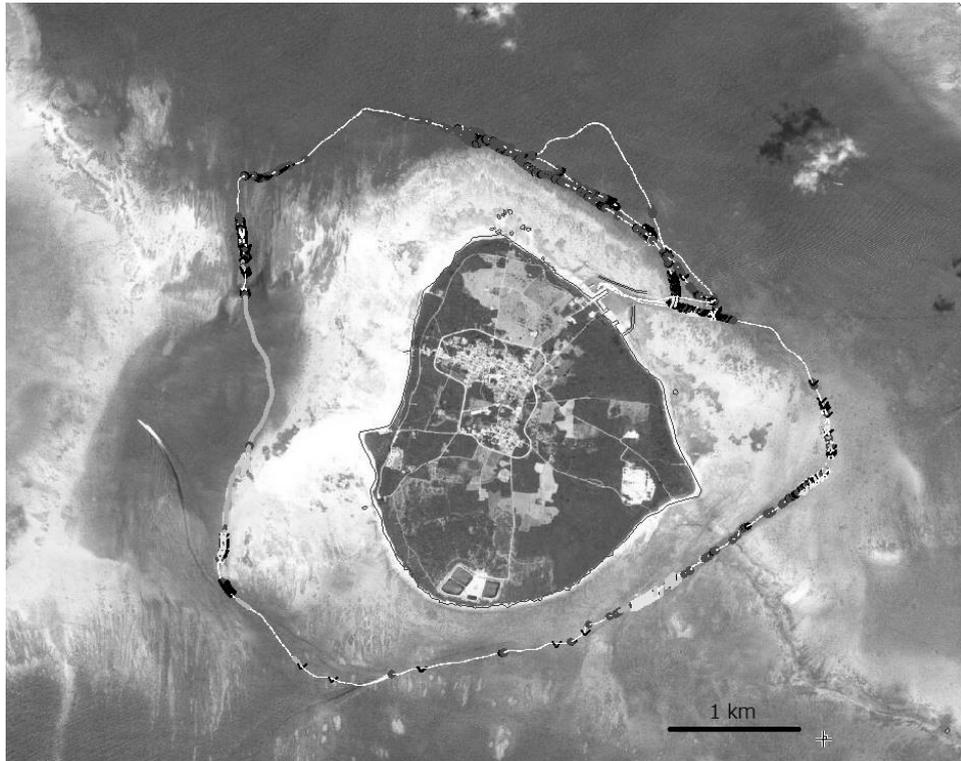


Fig.3 Live coral distribution observed by the fluorescence imaging Lidar (2011.6.30), overlapped with Satellite image (WorldView-2, 2011.8.24).

(V: branch type coral, ●: table type coral, ●: seagrass, sand, dead coral skeleton)

3. まとめと将来的な技術応用の検討

サンゴ観測にライダー技術を適用することを目指し、イメージング蛍光ライダー装置を開発した。また、この装置を用いて沖縄県八重山郡竹富島周辺海域のサンゴ観測を行い、グラスボート船上から、目視やビデオカメラ撮影よりも鮮明なサンゴ画像を得られることを確認した。さらに、DGPSによる正確な位置情報と、蛍光イメージの生死判定から、生きたサンゴの分布をデータ化することに成功した。

上記観測例では、本ライダー装置をグラスボートに搭載し観測を実施したが、将来的にサンゴの船舶観測を各地で行う際、すべての海域でグラスボートを利用できるとは限らない。そこで、通常的小型船舶利用でも本ライダー観測が実施できるように、本ライダー装置を円筒形の観測窓付防水容器（長さ約2 m、直径約25 cm）に収納し、その容器を海面直下に浮かべて、小型船舶で曳航する形での観測を目指して、現在、装置改良を進めている。

また、本研究は船舶観測を行っているが、将来的にさらに広範囲を効率よく観測するためには、航空機観測を検討しなければならない。現状では、緑色パルスレーザーを用いた航空機搭載スキャニングライダーを用いて、浅海域の海底地形を詳細に計測し、海底地形のルゴシティ（凸凹さ）からサンゴ分布を推定する研究等が進められている³⁾。この場合、サンゴの生死判定はできないが、スキャニングライダーのレーザー波長を355 nmや405 nm等に変更すれば、蛍光観測も可能になると考えられる。ただし、Fig.4に示すように、UV励起に対するサンゴの蛍光強度と、砂の蛍光強度は同程度となっている。このため、航空機搭載スキャニングライダーで生きたサンゴの分布を観測するためには、海底地形のルゴシティから砂とサンゴを区別する作業と、蛍光強度からサンゴの生死を判別する作業の両方を並行に進めなければならないと思われる。この点が、海面下からイメージ観測のできる船舶観測との大きな違いとなっており、今後の技術的課題と考えられる。

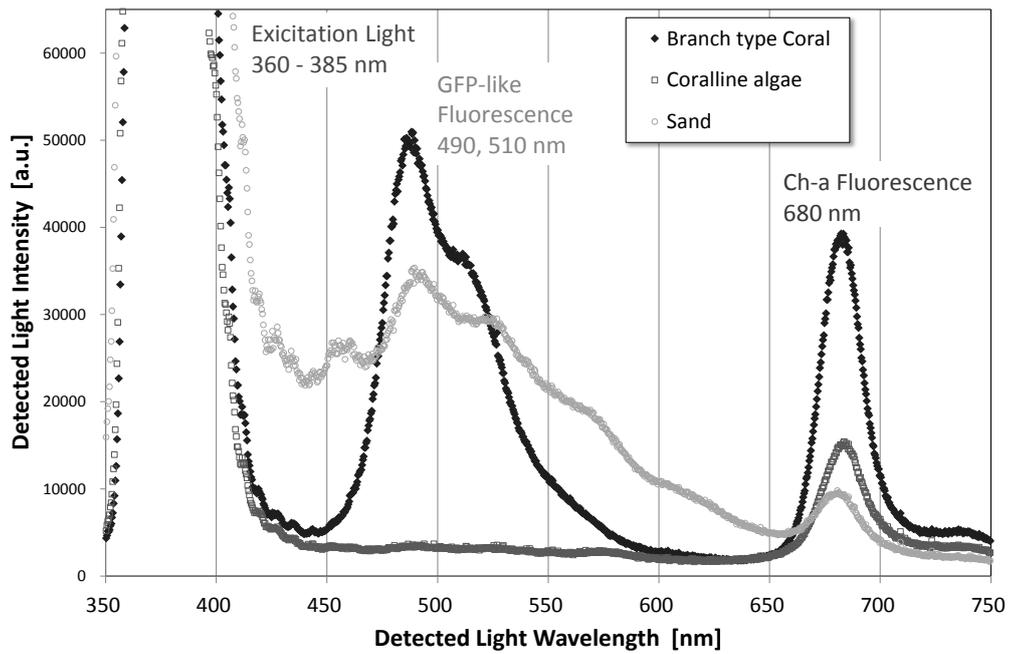


Fig.4 UV-excited spectrum observed at Taketomi island, Okinawa.
 (◆: live coral, □: dead coral skeleton & coralline, ○: sand, sand)

謝辞

本研究は、地球環境保全試験研究費（地球一括計上）により実施しており、関係各位に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) IPCC 第4次評価報告書第二作業部会報告書, http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/contents.html.
- 2) 海上技術安全研究所, 「平成 23 年度海洋温暖化および酸性化影響評価のためのサンゴ連携モニタリングに関する研究 報告書」(2012).
- 3) L.M.Wedding, et.al., "Using bathymetric lidar to define nearshore benthic habitat complexity: Implications for management of reef fish assemblages in Hawaii", *Remote Sensing of Environment* vol.112 (2008) pp.4159–4165.