



Estimation of Coral Reef Environmental Parameters Using Remote Sensing

リモートセンシングを用いたサンゴ礁環境パラメータの推定

Enze Wang^{1,2}, Wataru Takeuchi¹

¹Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

²School of Oceanography, Shanghai Jiao Tong University



Abstract: Various parameters within coral reef ecosystems influence the reflectance, making the parameters observable through remote sensing platforms such as satellites and UAVs. Specifically, parameters such as water depth, pigment and suspended matter concentrations, and bottom type contribute to the observed signal. Although these factors are physically mixed within the reflectance, optimized and geometric methods can be employed to decouple them. It enables a comprehensive characterization of coral reef environments using remote sensing techniques.

サンゴ礁の生態系における複数のパラメータは、その反射信号に影響を与え、衛星やドローンなどのリモートセンシングプラットフォームによって観測可能となる。具体的には、水深、水中の色素および浮遊物質の濃度、さらには海底の底質タイプなどが該当する。これらの情報は電磁波反射において物理的に混合されているが、最適化手法や幾何学的手法を用いることで分離および推定が可能であり、リモートセンシング技術を通じた生態系の包括的な把握に寄与する。

Introduction 序論

Coral reefs, despite covering only approximately 0.1% of the ocean surface, support nearly 25% of global marine biodiversity and play a crucial role in coastal protection, fisheries, and tourism. However, they are increasingly threatened by ocean acidification, global warming, overfishing, and marine pollution, prompting international concern and the need for enhanced monitoring.

Given the fragmented and widespread distribution of coral reefs across tropical ocean, satellite remote sensing offers an efficient and cost-effective tool for large-scale monitoring. For field investigations, UAV-based multispectral imaging can complement traditional ecological surveys by providing centimeter-level resolution, enabling the collection of high-precision near-surface data.

サンゴ礁は海洋面積のわずか0.1%を占めるにすぎないが、全海洋生物の約25%を支えており、海岸侵食防止、漁業、観光業など人間社会に関わる多様な分野において重要な役割を果たしている。一方、海洋酸性化、地球温暖化、乱獲、海洋汚染など、さまざまな環境の脅威にさらされており、世界的にその保全と監視の必要性が高まっている。

サンゴ礁は熱帯海洋に断続的かつ広範囲に分布しているため、広域かつ効率的な監視手段として、衛星リモートセンシング技術は極めて有効である。特に現地調査においては、従来の生態学的調査に加えてUAVを用いることで、センチメートル級の高解像度リモートセンシング画像を取得し、より高精度なデータの収集が可能となる。

Methodology 手法

A. Satellite Platform (via Optimization Method)

A. 衛星プラットフォーム (最適化手法)

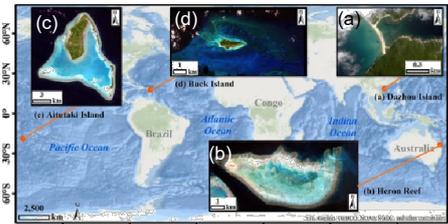


Fig. 1. Global Example Study Areas
図1. グローバルな代表的な研究対象地域

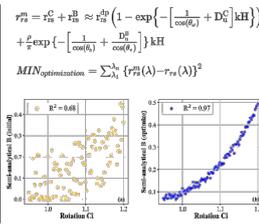


Fig. 2. Example of Optimization Equation: R² Between Random and Optimized Parameters
図2. 最適化方程式の例: ランダムパラメータと最適パラメータ間で異なるR²が示される

B. UAV Platform (via Geometric Method)

B. ドローンプラットフォーム (幾何学的手法)

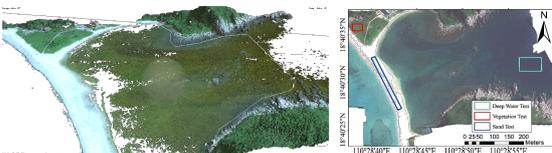


Fig. 3. Example of Photogrammetric Point Cloud and Aerial Image Mosaicking (Corresponding to Area a. Dazhou Island)
図3. フォトグラメトリによる点群および航空画像のモザイク合成の例 (前述のエリアaに対応)

$$K_d = \frac{\ln\left(\frac{E_2}{E_1}\right)}{H_1 - H_2}$$

$$K_d = \frac{\ln\left(\frac{T_{rs2} - T_w}{T_{rs1} - T_w}\right)}{2(H_1 - H_2)}$$

Geometric-Optical Method for Attenuation 減衰係数を算出するための幾何光学的手法

Results 結果

A. Results from Satellite Platform

A. 衛星プラットフォームの結果

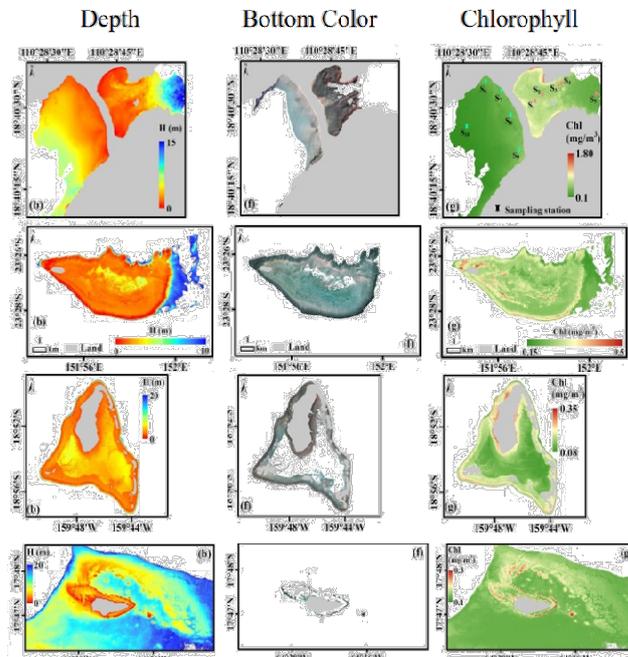


Fig. 4. Results at representative global study sites based on satellite data
図4. 衛星データに基づく世界各地の代表的な調査地点におけるパラメータ取得結果

B. Results from UAV Platform

B. ドローンプラットフォームの結果

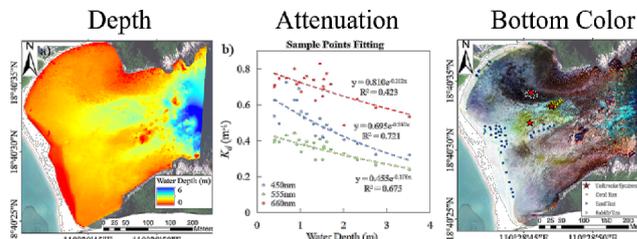


Fig. 5. Results at representative study sites based on UAV data
図5. UAVデータに基づく代表的な調査地点におけるパラメータ取得結果

Discussion 考察

Based on the above technical framework, researchers can gain a comprehensive understanding of global ecosystems, while also achieving a multi-dimensional insight into key areas through field investigations.

上記の技術的プロセスに基づき、研究者は多様なリモートセンシングプラットフォームを通じて地球規模の生態系に関する包括的な理解を得ることができ、また現地調査においては重要地域に対する立体的な把握も可能となる。