

Sentinel-2 衛星データを用いた NDCI によるサンゴの健康状態の評価

服部 快成・根本 達也・ベンカテッシュ ラガワン

Assessment of Coral Health by NDCI Using Sentinel-2 Satellite Data

Kaisei HATTORI, Tatsuya NEMOTO and Venkatesh RAGHAVAN

大阪公立大学大学院理学研究科 Graduate School of Science, Osaka Metropolitan University,
3-3-138 Sugimoto, Sumiyoshi-ku, Osaka 558-8585, Japan. E-mail: sq25305w@st.omu.ac.jp

キーワード： NDCI, Sentinel-2, サンゴ, リモートセンシング
Key words : NDCI, Sentinel-2, Coral, Remote sensing

1. はじめに

近年、地球温暖化や水質汚染によりサンゴの健康状態が悪化しており、サンゴの健康状態をモニタリングすることが重要である。しかし、従来の健康状態調査方法では主観的であることや調査コストが高いという課題が挙げられている。このような背景から斉藤ほか(2008)は水中で撮影したサンゴの健康状態を簡便かつ客観的に調査するため、NDCI (Normalized Difference Coral Index) という指標を開発した。しかし、水中カメラを使用する場合、広域かつ定期的にデータを取得することは困難である。そこで、本研究では、人工衛星データを用いてサンゴの健康状態を評価する手法を開発した。NDCI が適切にサンゴの健康状態を評価できるのか調査するため、生物多様性センターによる被度データと NDCI との相関を複数の時期で確認した。

2. 手法

2.1 NDCI の算出法とデータの補正

NDCI は、サンゴが含有するクロロフィルの濃度を反映する指標である。健康なサンゴほどクロロフィルの含有量が多く、NDCI 値は 1 に近づく。逆に不健康なサンゴはクロロフィル含有量が少なく、NDCI 値は-1 に近づく。本研究では、Sentinel-2 の Band 2 (青色: 490 nm) および Band 5 (近赤外: 705 nm) の反射率を用いて、以下の式で NDCI を算出した。

$$NDCI = \frac{(IR - B)}{(IR + B)}$$

ここで、 IR は近赤外線、 B は青色光である。

本研究では、サンゴの健康状態を調べるために、サンゴの反射率、すなわち海底反射率を求める必要がある。しかし、人工衛星が取得するデータは、大気および水中での太陽光の減衰の影響を受けている。そのため、大気補正については、Sentinel-2 の L2A データを使用した。水中における光の減衰は、日本水路協会(2017)を参考に人工衛星 Sentinel-2 の Band 2 (青色光) および Band 5 (近赤外光) のバンド値に対して減衰補正を行った。これらの補正を施すことでサンゴの反射率(海底反射率)を求めた。以上の補正をかけた

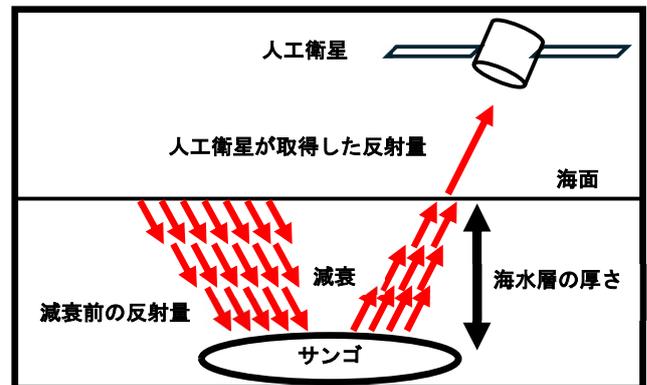
データを用いて、NDCI は計算されるが、補正後データをそのまま用いて計算すると NDCI の値が特定の範囲に偏る問題が発生する。そのため、減衰補正後のデータを正規化し、各バンドのスケールを統一した後、NDCI を計算した。

2.2 NDCI の機能検証

本研究の目的は NDCI が人工衛星データを用いた場合でも適切に機能するのかが調査することである。そのため、NDCI 計算後、NDCI と被度の相関を調査した。各被度が占める領域の NDCI 平均値を求めることで被度と NDCI の相関を調査した。被度階級と NDCI 平均値に正の相関が確認できた場合、人工衛星データを用いた NDCI はサンゴの健康状態を適切に評価することが可能であるとした。

2.3 NDCI の閾値設定と地域別評価

NDCI 計算後、サンゴが健康か不健康かを判断する閾値を設定した。環境省自然環境局 生物多様性センター(2019)によると 2018 年の宮古島本島のサンゴ被度は 20%、八重干瀬のサンゴ被度は 10% である。これはそれぞれの地域において健康なサンゴが占める割合を示している。この情報を基に、NDCI 値の分布から健康なサンゴに相当する上位の割合から 0.62 を閾値として設定した。また、この閾値を用いて被度と NDCI の比較を行った。



第1図 サンゴの反射と光の減衰

3. 対象地域と使用データ

3.1 対象地域

川越 (2017) は 2016 年に宮古諸島周辺に属する八重干瀬で平均白化率 70.1 % の大規模白化が起きたことを述べている。このことを背景に本研究では対象地域を宮古諸島とした。

3.2 使用データ

本研究で使用したデータは主に 2 種類である。1 つ目はサンゴの被度データである。被度は 5 % 未満, 5~25 %, 25~50 %, 50~100 % の 4 種類に分けられる。2 つ目は Sentinel-2 によって取得された地表面反射率のデータである。被度データは 2018 年 10 月 11 日から 16 日の間に取得されたものを、地表面反射率のデータは同月 2 日および 22 日に取得されたものを使用した。本研究では教師データとしてサンゴの被度データを、NDCI の計算に Sentinel-2 の地表面反射率データを用いた。

4. 結果と考察

4.1 NDCI と被度の相関関係

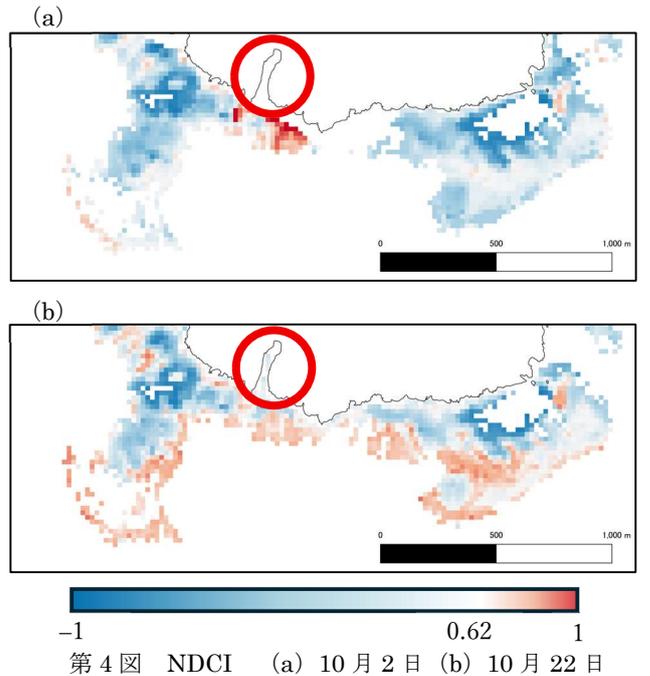
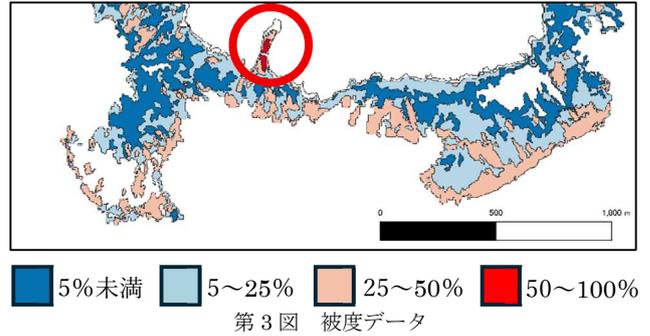
第 2 図より、10 月 2 日、10 月 22 日のどちらの日付においても被度の階級が 5 % 未満, 5~25 %, 25~50 % と上昇するにつれて NDCI の平均値も上昇していることが確認できる。しかし、どちらの日付においても被度 50~100 % の範囲で平均値の減少が確認された。これは被度 50~100 % の領域が極端に少ないため、誤差が大きくなったことが原因だと考えられる。

4.2 NDCI とサンゴ被度の比較

第 3 図の被度データと第 4 図の NDCI を比較すると、被度の階級が高い部分は NDCI も高く、被度の階級が低い部分は NDCI も低くなる傾向にあることが確認できる。しかし、第 3 図と第 4 図の赤丸の部分では、サンゴ被度と NDCI の相関が確認できなかった。国立環境研究所 (2004) は、サンゴと海草・海藻類は類似した反射特性を持つため、サンゴと藻類を区別することが困難であると述べている。本研究においても、藻類とサンゴの区別が正しく行われていないため、被度データとの対応が確認できなかった可能性がある。



第 2 図 各被度の領域における NDCI 平均値



5. 終わりに

本研究では、宮古諸島を対象に人工衛星データから NDCI を算出し、サンゴの健康状態の評価に有効かを検証した。その結果、NDCI はサンゴの健康状態を適切に評価可能であること、設定した閾値により健康・不健康の判別が概ね可能であることがわかった。今後、設定した閾値の他地域への適用性を検証する必要がある。また、NDCI ではサンゴと藻類との区別が難しいため、ハイパースペクトルカメラの活用による識別精度の向上について検討する必要がある。

文 献

川越久史 (2017) モニタリングサイト 1000 からみた 2016 年のサンゴの大規模白化. 日本サンゴ礁学会誌, vol.19, no.1, pp.21-28.

環境省自然環境局 生物多様性センター (2019) 平成 30 年度モニタリングサイト 1000 サンゴ礁調査報告書. 146p.

国立環境研究所 (2004) サンゴ礁の白化現象をリモートセンシングでとらえる—— 検出, 回復過程監視, そして予測に向けた試み. 国立環境研究所ニュース, vol.22, no.2, pp.5-7. 日本水路協会 (2017) 衛星画像を用いた浅海水深情報の把握の調査研究. 調査研究資料, no.156, pp.1-262.

斉藤 宏・岸野元彰・石丸 隆・灘岡和夫, 工藤 栄 (2008) 可視, 近赤外画像によるサンゴの健康度モニタリング手法の開発. 日本サンゴ礁学会誌, vol.10, no.1, pp.47-57.