

時系列な高分解能衛星画像を用いた沖ノ鳥島のサンゴ分布の把握

Coral distribution mapping of Okinotorishima using time-series high resolution satellite imagery

○片山美可¹・森田太一²・鈴木久美子¹・米澤泰雄²・片山悦治郎²・山野博哉³・安藤亘⁴・西崎孝之⁵・渡邊則仁⁵
Mika Katayama, Taichi Morita, Kumiko Suzuki, Yasuo Yonezawa, Etsujiro Katayama, Hiroya Yamano,
Wataru Ando, Takayuki Nishizaki and Norihito Watanabe

Abstract : This investigation was intended that I grasped distribution and secular variation of the recent coral in Okinotorishima using a satellite image. As a result of having compared the analysis result using the satellite image of the almost same period with the field survey result of 2006 and 2013, the coral cover ratio and the change of coral cover ratio between 2 time almost agreed and was able to grasp a secular variation of coral distribution by the analysis of the satellite image. I can use this result as basic information on extending coral distribution.

Keywords : high resolution satellite imagery, Okinotorishima, coral, secular variation

1. はじめに

わが国最南端の沖の鳥島は多様なサンゴが生息し、排他的経済水域の重要な拠点となっているが、台風等による波や流れ、砂礫の移動等の影響を受け、サンゴの生育にとって厳しい環境条件となっている。また、波浪による浸食や地球温暖化に起因する海面上昇により島の水没が危惧されており、サンゴ礁の消波機能やサンゴ砂礫の集積などによる生態工学的な島の保全・再生が強く求められており、沖ノ鳥島ではサンゴの増殖・生息域の面的拡大に関する様々な調査研究が行われている¹⁾。

サンゴの面的拡大を行う移植先を選定するにあたっては、サンゴの生息に係わる様々な視点から検討する必要があり、その一環としてサンゴ分布の現状を面的に把握することが求められている。

そこで、本調査では高分解能衛星画像を用いて沖ノ鳥島における近年のサンゴの面的な分布状況、経年変化を把握することを目的とした。

2. 方法

(1) 使用したデータ

本調査では、高分解能衛星画像である IKONOS (解像度 1m)、GeoEye-1 (解像度 0.5m) を使用した。沖ノ鳥島を対象として、近年観測された 2000 年、2006 年、2011 年、2012 年の衛星画像を用いた。

(2) 解析方法

衛星画像を用いたサンゴ被度の解析の流れを Fig.1 に示す。まず、衛星画像の前処理として、大気補正、幾何補正を行った。大気補正は、暗画素法と経年変化の少ない人工物の値を用いた正規化を行った。つぎに、画像の中から特

徴あるエリアを抽出する処理として、底質指数 (Bottom Index)²⁾ を算出し、算出した底質指数画像と衛星画像を重ね合わせ、既存の底質区分図³⁾を用いて、底質区分ごとに画像の切り取りを行った。底質区分ごとに切り取った画像に対して、教師なし分類 (クラスタリング) を実施した。分類後の各クラスに対して、既存のハビタットマップ³⁾と同時期に撮影された 2006 年の衛星画像を重ね合わせてサンゴ被度を付与し、サンゴ被度分布図を作成した。他年の衛星画像 (2000・2011・2012 年) の分類結果については、2006 年の解析結果より得られた各クラスの画素データとサンゴ被度との関係を用いて、自動的に被度を付与した。

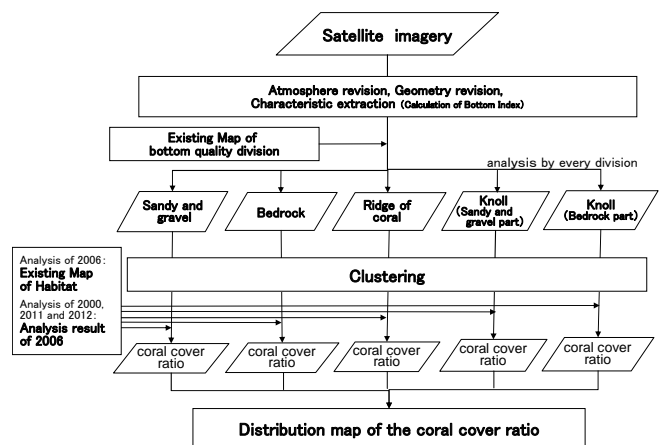


Fig.1. Analysis flow of the coral cover ratio using time-series satellite imagery.

3. 結果及び考察

(1) サンゴ被度の解析結果

4 時期のサンゴ被度解析結果を Fig.2 に示す。沖ノ鳥島のサンゴ被度は、4 時期ともに 5% 以下の被度区分が広く分布し、20% 以上の高い被度区分のサンゴが中央部付近にまばらに分布していた。また、礁内の南寄りには被度 5~20% のサンゴが分布しており、2006 年、2011 年、2012 年とその分布域は年々縮小する傾向が見られた。

¹正会員 国際航業株

(所在地 〒183-0057 東京都府中市晴見町2-24-1)

(連絡先 Tel:042-307-7468、E-mail: mika_nishibe@kk-grp.jp)

²非会員 国際航業株

³正会員 (独)国立環境研究所

⁴正会員 (一社)水産土木建設技術センター

⁵正会員 水産庁鳥島魚場整備調整課

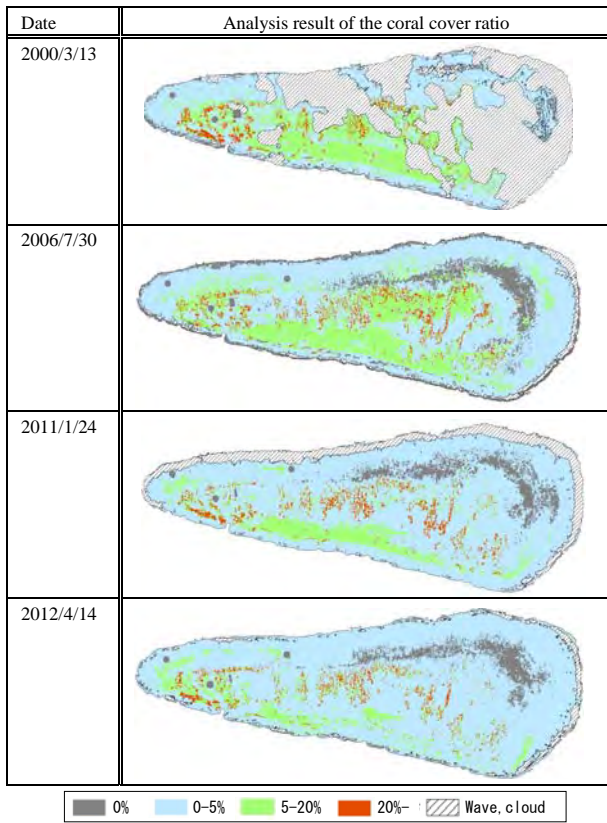


Fig.2. Analysis result of the coral cover ratio of 4 times.

(2) 解析結果の精度検証

2006年7月、2012年4月のサンゴ被度解析結果について、直近の2006年5・8月と2013年5～6月の現地調査結果（ベルトトランセクト調査）を検証データとして用い、サンゴの被度及び2時期間の被度の変化について精度検証を行った。Fig.3に現地調査位置図を示す。ベルトトランセクト調査は、2006年はL-1、L-3、L-4、L-5、L-6、L-8、L-9の計7測線、2013年はL-1、L-3、L-5、L-7、L-8の計5測線で実施しており、各測線の観察範囲は幅4m×延長100m、10mピッチにサンゴ被度を観察している。検証データには、全測線箇所（2006年は計70箇所、2013年は計50箇所、2時期間の変化は両年に現地調査を行っている計40箇所）のサンゴ被度データを使用した。

現地調査によるサンゴ被度と衛星画像解析によるサンゴ被度のRMSE（平均二乗誤差）を算出した結果、2006年、2012年のRMSEはそれぞれ5.1%、3.6%であった（Fig.4）。また、2時期間の被度の変化について、現地調査によるサンゴ被度の差分と衛星画像解析によるサンゴ被度の差分とのRMSEを算出した結果、RMSEは5.2%であった（Fig.5）。これより、衛星画像解析により、サンゴ被度（%）は解析値 $\pm 4\sim 5\%$ 程度の誤差、被度の変化（被度%）は解析値 $\pm 5\%$ 程度の誤差で把握できると考えられた。

4. まとめ

本調査では、時系列な高分解能衛星画像の自動分類によ

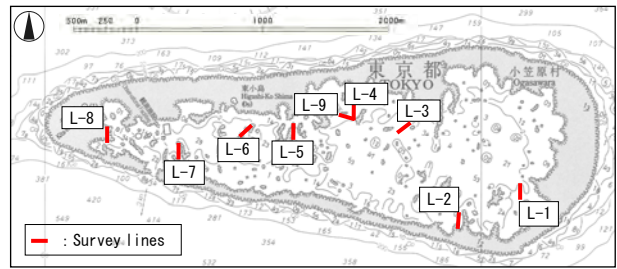


Fig.3. Position of field survey.

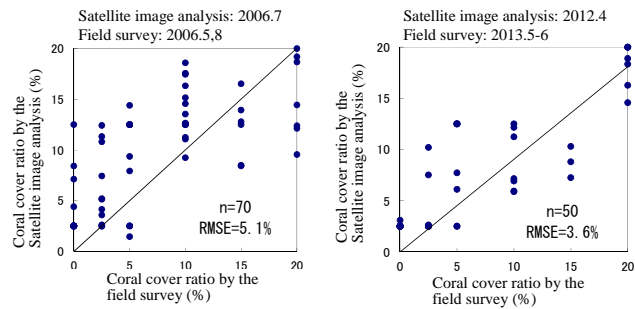


Fig.4. Comparison between coral cover ratio by the field survey and coral cover ratio by the satellite image analysis.

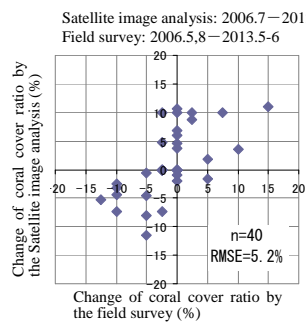


Fig.5. Comparison between change of coral cover ratio by the field survey and change of coral cover ratio by the satellite image analysis.

って、近年生じているサンゴ分布の変化を把握することができた。今後、サンゴの面的拡大を行うにあたり、この経年的なサンゴ分布の解析結果は、サンゴの生息適地を把握する基礎データとして、移植先検討に資するものと考えられる。

また、衛星画像解析の結果、20%以上の高い被度区分のサンゴが、現地調査による検証データがない西側エリアにも分布すると考えられた。今後は解析結果と照合するデータを現地調査によって取得し、確認していく必要がある。

参考文献

- 1)水産庁ら：厳しい環境条件下におけるサンゴ増殖技術開発実証委託事業報告書、2014.3
- 2)池間ら：サンゴ礁における底質環境観測への活用可能性について、陸域観測技術衛星ALOSデータ利用シンポジウム、2003
- 3)茅根ら：Low species diversity of hermatypic corals on an isolated reef, Okinotorishima, in the northwest Pacific, *Galaxea*, *Journal of Coral Reef Studies*, Vol.14, pp73-95, 2012

サンゴの分布拡大のための 時系列的な高分解能衛星画像を用いた沖ノ鳥島のサンゴの把握

Coral distribution mapping of Okinotorishima using time-series high resolution satellite imagery for expanding the distribution of coral

○片山美可¹・森田太一¹・鈴木久美子¹・米澤泰雄¹・片山悦治郎¹・山野博哉²・安藤巨³・西崎孝之⁴・渡邊則仁⁴
¹国際航業(株)・²(独)国立環境研究所・³(一社)水産土木建設技術センター・⁴水産庁

1. 調査の背景と目的

調査の背景

沖ノ鳥島には多様なサンゴが生息するが、波浪による浸食、地球温暖化に起因する海面上昇による島の水没が危惧されている。そのため、サンゴ礁の消波機能やサンゴ砂礫の集積などによる生態工学的な島の保全・再生が求められており、サンゴの増殖・生息域の面的拡大に関する様々な調査研究が行われている。

調査の目的

高分解能衛星画像を用いて沖ノ鳥島における近年のサンゴの分布状況、経年変化を把握する。

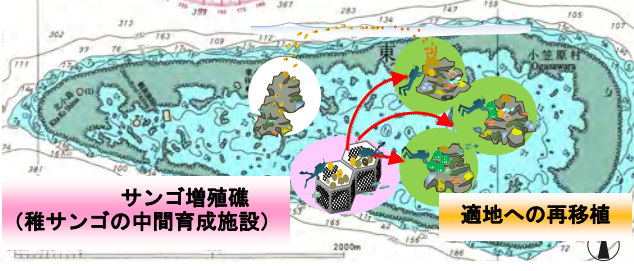
サンゴの生息適地の把握
移植先の選定

沖ノ鳥島の概要

- 東京から約 1,700km
- 最南端の島、周囲に約 40 万 km² の排他的経済水域を有する
- 東西約 4.5km、南北約 1.7km 周囲 11km



サンゴの面的拡大のイメージ

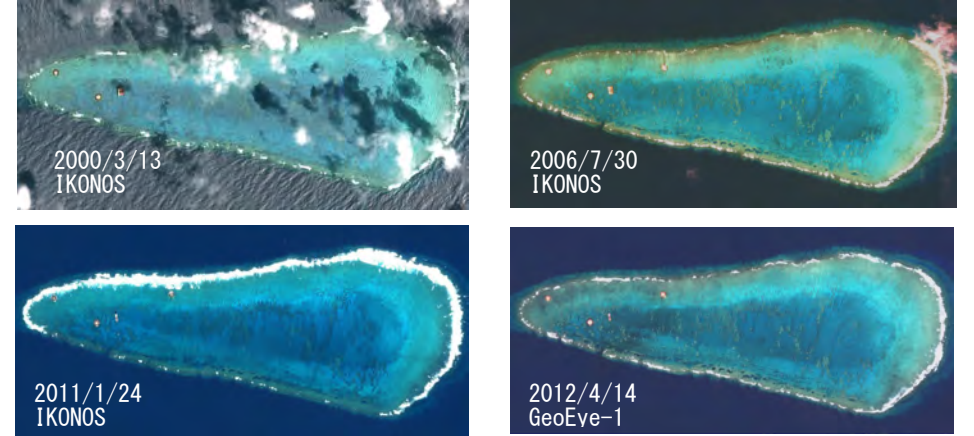


2. 使用したデータ

使用した衛星データ

対象衛星：IKONOS (解像度 1m)、GeoEye-1 (解像度 0.5m)
 撮影時期：4 時期 (2000 年 3 月、2006 年 7 月、2011 年 1 月、2012 年 4 月)

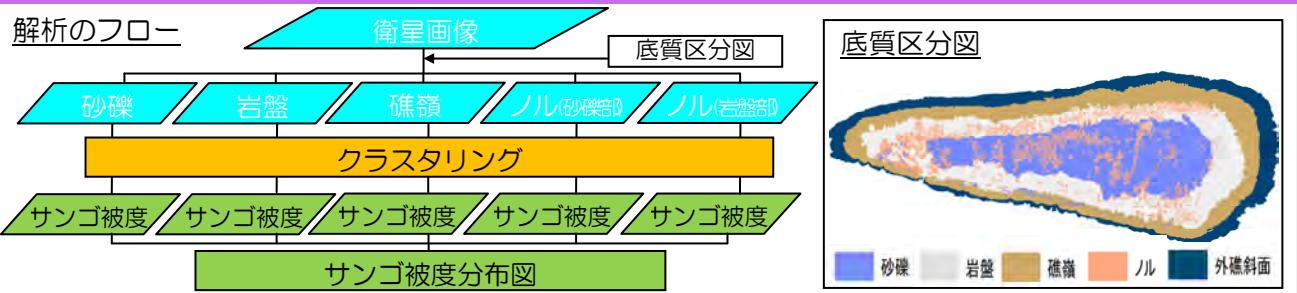
使用した衛星画像



衛星の概要 IKONOS：バンド数4 (青、緑、赤、近赤外)
 GeoEye-1：バンド数4 (青、緑、赤、近赤外)

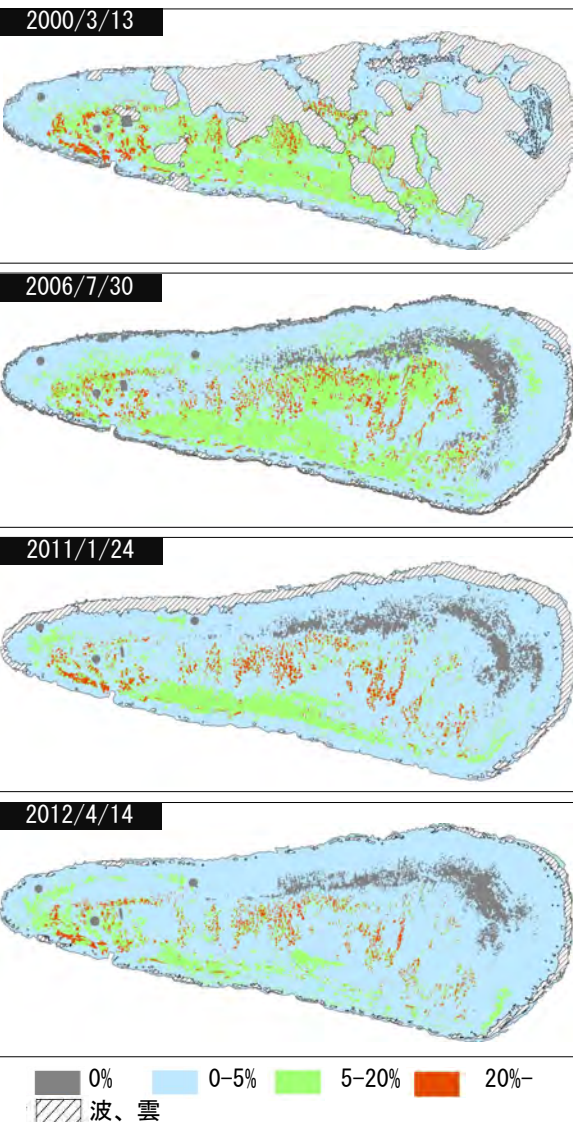
3. 解析方法

- ①4 時期の衛星画像について、大気補正、幾何補正 (暗画素法、経年変化の少ない人工物の値を用いた正規化)
- ②特徴あるエリアの抽出 (底質指数 (Bottom Index) の算出)
- ③底質指数画像と衛星画像を重ね合わせ、既存の底質区分図を用いて、底質区分ごとに画像の切り取り、教師なし分類 (36 クラスに分類)
- ④既存のハビタットマップを基に、同時期に撮影された 2006 年の分類結果にサンゴ被度を付与
- ⑤他年 (2000・2011・2012 年) の分類結果は、2006 年の解析結果とサンゴ被度との関係に基づきサンゴ被度を付与



4. サンゴ被度の解析結果

4 時期のサンゴ被度分布図

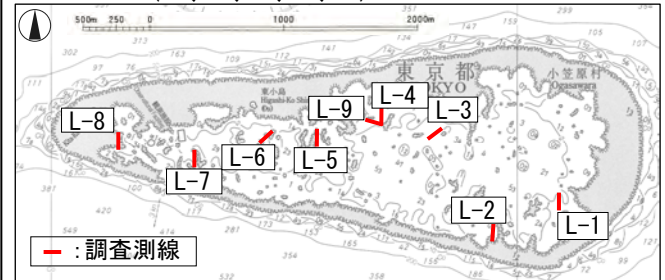


5. 解析結果の精度検証

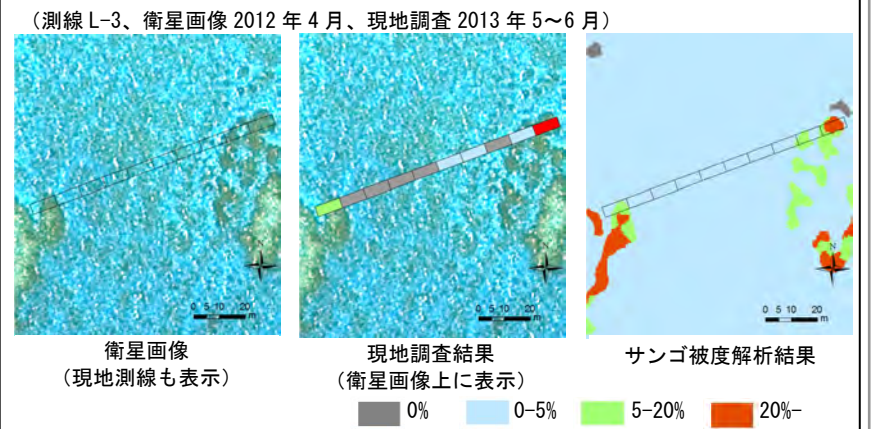
精度検証の方法：現地調査結果 (ベルトトランセクト調査) を検証データとし、2006 年 7 月、2012 年 4 月のサンゴ被度解析結果について、サンゴ被度及び 2 時期間の被度の変化を比較

検証データ (ベルトトランセクト調査結果)

調査年：2006 年 5・8 月、2013 年 5~6 月
 調査方法：観察範囲は幅 4m×延長 100m、10m ピッチにサンゴ被度を観察
 測線数：2006 年は 7 測線 (L-1、L-3、L-4、L-5、L-6、L-8、L-9)
 2013 年は 5 測線 (L-1、L-3、L-5、L-7、L-8)

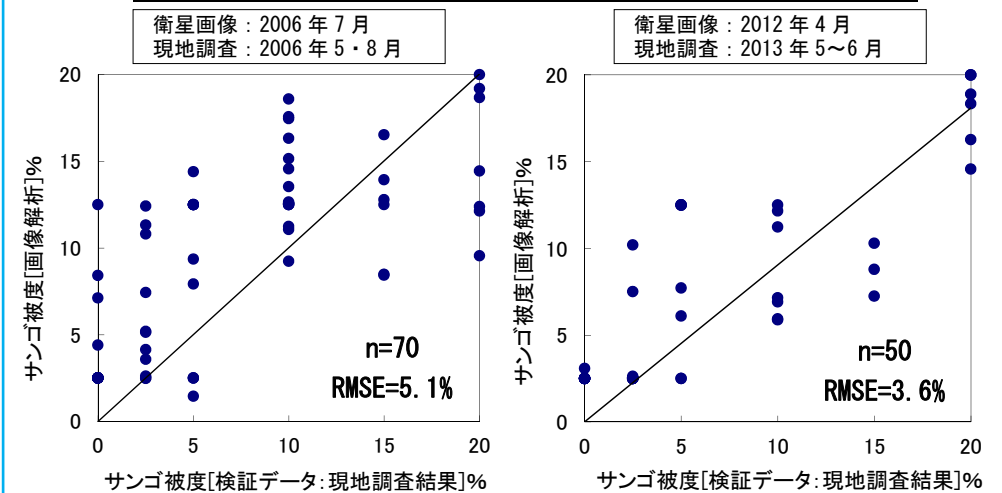


測線部周辺の衛星画像、サンゴ被度の現地調査・画像解析結果

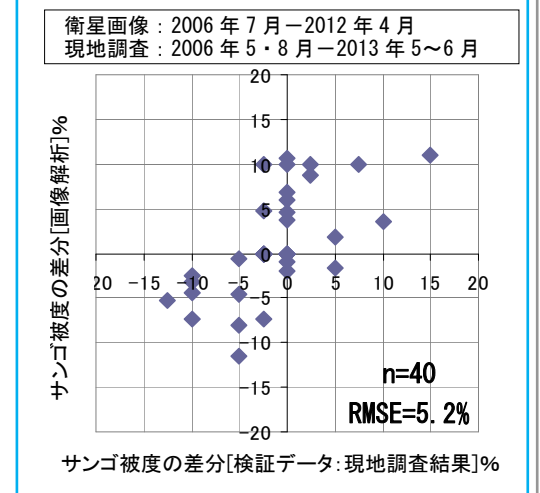


精度検証では、観察範囲 4m×10m 内の全画素 (2006 年は 40 画素、2012 年は 160 画素) がもつ被度情報の集計値 (平均) と現地調査結果の被度を比較

画像解析によるサンゴ被度と現地調査結果とサンゴ被度の比較



2 時期間の被度の変化の比較



5. まとめ

- 本調査では、時系列的な高分解能衛星画像の自動分類によって、サンゴ分布の変化を把握した。
- サンゴ被度の解析の結果、沖ノ鳥島のサンゴは、4 時期ともに 5% 以下の被度区分が広く分布し、20% 以上の高い被度区分のサンゴが中央部付近にまばらに分布していた。また、礁内の南寄りには被度 5~20% のサンゴが分布しており、2006 年、2011 年、2012 年とその分布域は年々縮小する傾向が見られた。
- 解析結果について精度検証を行い、衛星画像解析によりサンゴ被度 (%) は解析値 ± 4~5% 程度の誤差、被度の変化 (被度 %) は解析値 ± 5% 程度の誤差で把握できると考えられた。
- 今後、サンゴの面的拡大を行うにあたり、この経年的なサンゴ分布の解析結果は、サンゴの生息適地を把握する基礎データとして、移植先検討に資するものと考えられる。

課題

- 衛星画像解析の結果、20% 以上の高い被度区分のサンゴが、現地調査による検証データがない西側エリアにも分布すると考えられた。今後は解析結果と照合するデータを現地調査によって取得し、確認していく必要がある。

本取り組みは、水産庁による「厳しい環境条件下におけるサンゴ増殖技術開発実証委託事業」の一環で行いました。