

第8章 サンゴ礁と周辺開発計画

沖縄恩納村周辺の衛星画像と航空機搭載カメラの画像を比較し、空間解像度の違い、観測波長の違いを考察する。また、サンゴ礁周辺の観察に影響する潮汐について考察する。

8-1. サンゴ

サンゴは、動物界、刺胞動物門、花虫綱に分類される。ソフトコーラルを除き、多くのサンゴが炭酸カルシウム(CaCO₃)の骨格を作る。形状としては、枝状のユビエダサンゴ、テーブル状のテーブルサンゴ、塊状と様々な形状を呈する。サンゴによっては、毒性の刺胞触手により動物プランクトンなどを捕食し、胃腔により消化するサンゴもある。

多くのサンゴに共通する特色としては、10 μ m程度(1/100mm)の褐虫藻を共生藻として体内に共生させている。これらの褐虫藻は、単細胞の渦鞭毛藻類とされ、褐虫藻体内のクロロフィル-aにより光合成をおこなう有機物(砂糖)をサンゴへ供給する。一方で、サンゴは代謝物の二酸化炭素とアンモニアを褐虫藻へ供給する。この有孔虫とサンゴ間の栄養供給見積もりは研究段階である。また、サンゴの中の褐虫藻の密度は一定であるとの報告もあり、増殖した褐虫藻が体外へ放出されるのかなど、研究の課題となっている。また、これらの褐虫藻は、クラゲ、シャコガイ、イソギンチャク、有孔虫の細胞内にも共生している。

サンゴは、放卵放精タイプと保育タイプに分けられる。放卵放精タイプのサンゴは、卵子と精子を一斉に放出し、海面において受精し、動物プランクトンとして生育の場を求め繁殖する。保育タイプのサンゴは、サンゴの体内において受精し、成熟したプラヌラと呼ばれるサンゴの子供を放出し、繁殖する。沖縄近海の南西諸島のサンゴでは、ミドリイシ類のサンゴが5~6月の満月の夜に、キクメイシ類のサンゴが8月の満月の夜に、一斉放卵放精の様子が観察され、映像として報道されてきた。オーストラリア東岸のグレート・バリア・リーフ(GBR)では、サンゴ間の同調放卵放精の研究報告もある。このようなサンゴの産卵予想は、積算水温や卵の成熟度によるものと考えられているが、今なお研究が続いている。自然を相手にする研究は時間がかかる。

8-2. サンゴと白化

サンゴには、褐虫藻が寄生し、褐虫藻の光合成により作られる有機物(砂糖)をサンゴが利用する共生関係にある。この共生のバランスが崩壊し、褐虫藻がサンゴを離脱した状態がサンゴの白化(ブリーチング)である。白化をもたらす共生のバランスが崩れる原因として、①褐虫藻の光合成効率の低下、②海水中の二酸化炭素濃度の上昇、③食害、④海水の高温化、⑤低塩分濃度などが考えられている。①褐虫藻の光合成効率の低下をもたらす環境変化としては、土砂流入と懸濁物濃度上昇にともなう光合成照度低下や、天候不順による太陽照度低下が考えられる。沖縄では、陸地の造成工事による赤土の流入が報告されている。②海水中の二酸化炭素濃度の上昇は、人間活動にともなう大気中の二酸化炭素濃度の増加により引き起こされるもので、海水の酸性化が進む。この結果、サンゴの体を構成する炭酸カルシウムが溶解し、褐虫藻の共生環境が変化する。③食害としては、オニヒトデ、ウニなどによるサンゴの食害が報告されている。沖縄では地道なオニヒトデの駆除とサンゴ礁の復活が報告されている。④海水温度の高温化は、地球の温暖化傾向によるものとされる。水温の上昇と言っても、地球温暖化が進むことで、元来水温の高い熱帯域から亜熱帯域でありながら、わずかな水温上昇が発生し、サンゴの生育環境の微妙な変化をもたらされる。⑤海水塩分濃度の低下あるいは上昇は、陸域からの河川水の流入増や減少、降雨量の増減によるが長期的な変動は少ないと考えられる。

一方で、海水温の上昇にともない、紀伊半島沿岸あるいは房総半島沿岸のサンゴ礁の発達報告されている。これらの中緯度におけるサンゴ礁の面積は限定され、沖縄以南のサンゴ礁の保護と再生が大きな課題となっている。

8-3. サンゴ礁

サンゴ礁は、その形成過程がさまざまであり、^{きょしょう}裾礁、^{ほししょう}保礁、^{かんしょう}環礁のように分類される(図 1)。裾礁は、島から陸続きの浅瀬に形成されるサンゴ礁であり、南西諸島の各島において普通に見られるサンゴ礁である。保礁は、島から離れた浅瀬に島を取り囲むように形成されるサンゴ礁であり、パラオなどに見られる。環礁は、火山の噴火口のようにサンゴ礁が輪のように形成されるサンゴ礁であり、マジュロなどミクロネシア、マーシャル諸島、あるいは、グレート・バリア・リーフのサンゴ礁に見られる形状である。

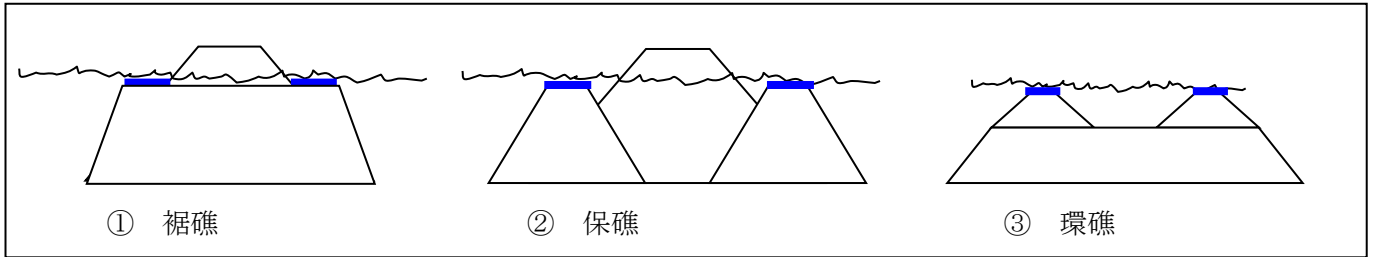


図 8-1 サンゴ礁の形状

8-4. サンゴ礁を舞台とするアニメ

PIXAR が制作したウォルト・ディズニーのアニメである「ファインディング・ニモ」は、オーストラリア東岸のグレート・バリア・リーフ(GBR)を舞台とするアニメである。イソギンチャクに共生するカクレクマノミの子供であるニモが捕獲され、父親のマーリンと友達のドーリーが、シドニーまで旅する物語である。シドニーまでは東オーストラリア海流を利用し、ニモを捜し歩く。物語は戦争の爪痕の残る GBR から始まる。GBR は、南北 2600km にも渡る世界最大のサンゴ礁海域である。オーストラリア海洋科学研究所(AIMS)のあるタウンズビルから観光高速艇でのアクセスが一般的であり、シュノーケル・ダイビングから本格的なダイビングまで楽しめるサンゴ礁である。GBR においても、日本周辺のサンゴ礁と同様に、白化やオニヒトデによる食害が問題視されている。

8-5. サンゴ礁のリモートセンシング

サンゴ礁のリモートセンシングで最も重要な課題は、潮汐の影響である。潮の満ち引きにより、サンゴ礁の露出度合いが変化し、見かけのサンゴ礁の分布が変化する。健全なサンゴ礁は、褐虫藻が共生しているため緑から茶色っぽく映し出される。サンゴ礁周辺には、サンゴ礁の残骸である白い砂が分布する。多くの健全なサンゴは、干潮時においても水中に存在するが、潮汐の影響を避けて議論することができない。特に、サンゴの色を判断基準にしたとき、潮汐の影響により判別誤差が発生する。

ここでは、海上保安庁の日本海洋データセンター(JODC)により提供される毎時潮高データを利用し、衛星観測時の潮汐を求め、衛星観測データの基本的な利用方法を知る。この毎時潮高データは、海上保安庁、気象庁、国土交通省港湾関係機関により観測された潮汐データをデータベース化したものである。Web サイトは、http://www.jodc.go.jp/data/tide/sea-level_j.html である。年ごとにデータが区切られ、毎日の 24 時間分のテキストデータから構成される。

図 8-2 に利用可能な潮汐観測店の図を示す。

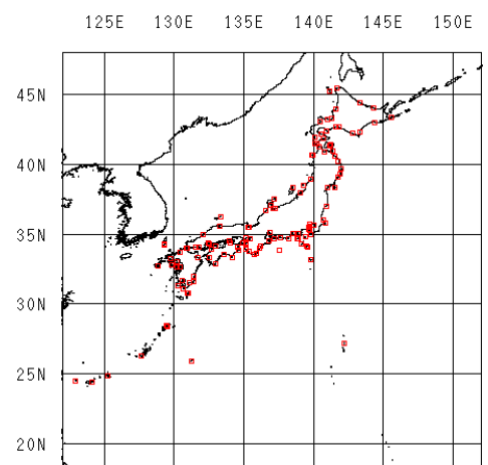


図 8-2 JODC の潮高データポイント

(http://jdoss1.jodc.go.jp/cgi-bin/1997/tide_data.jp)

課題7 1999年から2008年までの衛星画像、航空機観測画像と、それぞれの観測日の潮高データを図化し、観測データと潮汐の関連について検討せよ。

① 用意するデータ

/On-nason

このフォルダに含まれる画像

- ETM19990929B1234.tif Landsat 搭載 ETM+観測データ(1999年9月29日10時30分)
- AVNIR20080703_B1234.tif ALOS 搭載 AVNIR 観測データ(2008年7月3日10時30分)
- AirphotoC28_32351rec.tif 航空機搭載カメラ観測データ(提供：(株)パスコ)
これは、航空機搭載カメラにより、2006年1月26日11時ごろに撮影されたフィルムをデジタル化した画像である。
- NahaTideRecord1999.xls 1999年那覇港の潮高データ
- NahaTideRecord2006.xls 2006年那覇港の潮高データ
- NahaTideRecord2009.xls 2009年那覇港の潮高データ

② 画像の表示

ArcMAP を利用し、ETM、AVNIR、Airphoto の順番に追加する。これは、同じ場所を抽出するために利用する。領域としては、航空機搭載カメラによる画像の領域が最も小さいので、最も小さい領域のみを抽出する。

- バンドの組み合わせ： ETM : RGB=321、AVNIR : RGB=321、Airphoto : RGB=321
- 画像の強調： Airphoto の領域を表示後、シンボルから、表示領域の標準偏差(2)のストレッチを指定。
- レイアウトビュー： 方位記号、縮尺記号を挿入。

③ エクセルによる潮汐の表示

- エクセルでそれぞれの潮高データを開く。
- データの選択：1行目(時間)を左クリック、1999年9月29日の273行目を、Ctrl キーを押しながら左クリックする。2つの行が選択される。
- 「挿入」→グラフの「散布図」から「直線とマーカ」を選択する。
- 「デザイン」→グラフのレイアウトから「タイトル、X軸ラベル、Y軸ラベル、凡例付き」を選択する。
- X軸：時間、Y軸：潮高(cm)とする。
- グラフをコピーし、ワードへ「画像として」貼り付ける。単に「貼り付け」とすると、エクセルの機能が付加されて貼り付けられるが、ここでは、画像として貼り付ける。

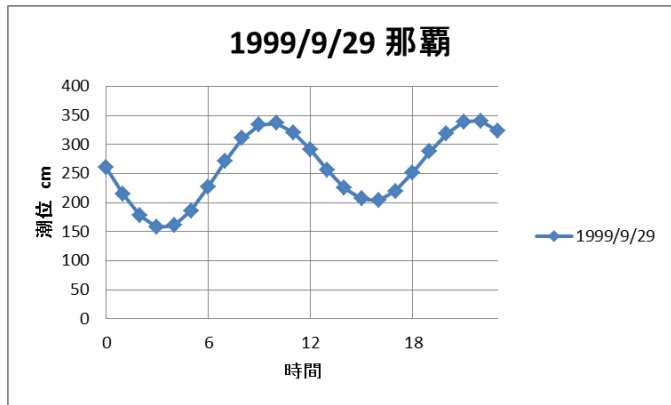
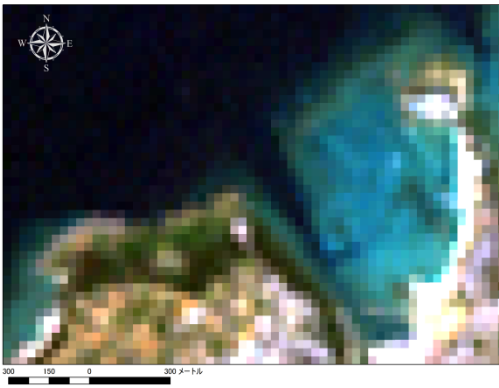


図1 LandsatETM+1999年9月29日 RGB=321 図2 1999年9月29日那覇港潮位

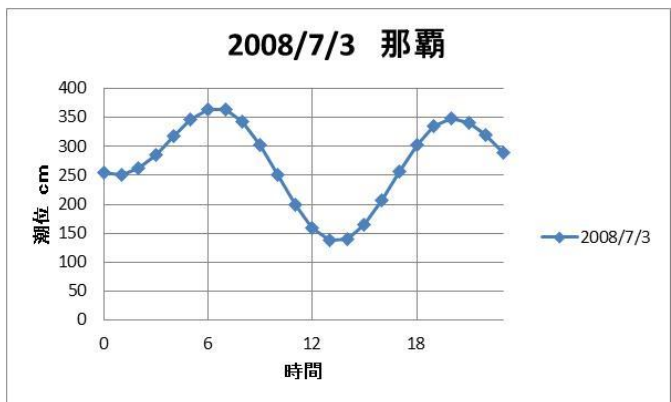


図3 ALOS AVNIR2008年7月3日 RGB=321 図4 2008年7月3日那覇港潮位

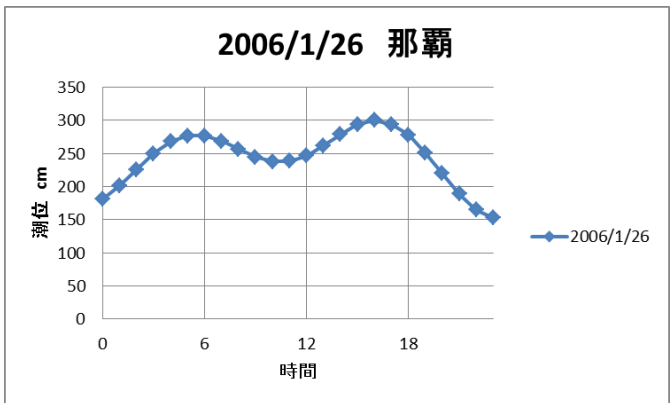


図5 航空機カメラ 2006年1月26日 RGB=321 図6 2006年1月26日

サンゴ礁の観測では、潮汐の影響評価が最も難しい。図1のETM+による1999年9月29日10時30分における観測では、恩納村に近い那覇港の潮位は満潮に近い \quad cm程度(図2)であり、サンゴ礁の多くが海水中にあると考えられる。図3のAVNIRによる2008年7月3日10時30分における観測では、潮位が \quad cm程度(図4)であり、図1と比べると約 \quad cmほど潮位が低く、浅い海域のサンゴ礁が露出していると考えられる。また、波の様子からも浅い海域のサンゴ礁が露出していると考えられる。図5の航空機カメラによる2006年1月26日11時における観測では、潮位が \quad cm程度(図6)であり、AVNIRとほぼ同じ潮位である。空間解像度が良く、露出するサンゴ礁が容易に判別できる。

発展課題：図 8-7a は 2006 年 7 月 1 日 11:37JST に、図 8-7b は 2009 年 5 月 31 日 11:29JST に、AVNIR により観測された石西礁湖(石垣島と西表島との間のサンゴ礁)の画像である。健全なサンゴ礁、白化したサンゴ礁、藻場、砂地などが鮮明に観測されている。当時の潮位を調べ、衛星からの見え方の差を検討するとともに、現在の石西礁湖のサンゴの状況と比較しよう。現在のサンゴ礁については、岸壁からあるいは遊泳の可能な範囲において調べ、地理情報システムに衛星画像とともに展開し、変化の様子、環境変化について考えよう。



図 8-7a 2006 年 7 月 1 日 11:37JST AVNIR
RGB=321

図 8-7b 2009 年 5 月 31 日 11:29JST AVNIR
RGB=321

発展課題：沖縄本島周辺海域のサンゴ礁について、都市開発、ゴルフ場開発、農地開発、米軍施設整備などにもなう環境変化の情報を地理情報システムへ集約し、影響の可能性について検討しよう。特に、それぞれの施設からのバッファ処理により、影響の度合いを考慮しよう。