2 - 28

船舶観測による広域サンゴモニタリングに関する研究

(2) 船舶搭載型ステレオカメラによるサンゴ3D形状観測技術の開発

国立研究開発法人国立環境研究所

生物・生態系環境研究センター	センター長	山野博哉
環境計測研究センター	環境情報解析研究室	小熊宏之

(研究委託先)

朝日航洋株式会社

平成24~26年度合計予算額 52,544千円(全課題分) (うち、平成26年度当初予算額 16,364千円(全課題分))

[要旨]水深5m程度の浅海域を対象とし、サンゴや水底地形を三次元的かつ広域に観測すること を目的とした小型自律観測システムの開発を行った。本システムは、プログラムされた観測コー スを正確にトレースする無人船舶、水中用ステレオカメラ装置、新たに開発した画像処理プログ ラムによって構成される。デジタルステレオ処理により水底の地形やサンゴの三次元形状を計測 すると共に、同時撮影された水底の画像を正射投影することを実現した。加えて、GPSによる測 位値を水底に投影させることで、GPSが利用できない水底に対して地理座標を付与し、広域な水 底マッピングや経年変化などのモニタリングを可能とした。実海域での観測において、約2時間 程度で1haの範囲をほぼ抜けが無い状態でマッピングできることを実証した。画像処理アルゴリ ズムを最適化して、サンゴなど静止物のみならず海藻など動く対象であっても三次元計測を可能 とした。

[キーワード]オルソ、DSM、AUV、3D、ステレオマッチング

1. はじめに

従来、サンゴ礁を始めとした浅海域のモニタリングには潜水によるコドラード調査が行わ れており、出現種や被度などの項目による定点観測を行ってきた<sup>1)2)</sup>。潜水調査は対象に近接 した観測が可能であり、精度が高いモニタリングを可能とする反面、多くの人的・時間的な リソースを必要とし、調査地を広域化することには大変な困難が存在する。加えて水中では GPSの利用が出来ないことが大きな問題であり、調査地の広域化・多点化を阻む理由となる。 一方、人工衛星画像や空中写真などによるリモートセンシング手法は広域性に優れるものの、 種の判別を可能とする程の地上解像度が得られない事に加え、観測頻度の制約やコストなど の問題がある<sup>2)4)</sup>。これらの中間的な性格を持つ観測手段として船舶による観測がある。上 空からの撮影ほどには天候の制約を受けないほか、対象にも近接していることが特徴であり、 水中カメラなどを用いた撮影などが行われている。船舶の場合には、調査ターゲットの近傍 へはGPSにより誘導し、予め水中に設置した杭などを目印に定点観測を行うが、それ以外の 場所ではGPSによる船舶の位置(すなわち撮影位置)のみが決定され、水中対象物の位置情 報を正確に付与することは実質不可能であった。よって船舶を用いた場合でも、広域を対象 としたモニタリングには限界が存在し、サンゴなど極浅海域に生息する生態系においては、 海底地形や群体の三次元形状と位置特定および経年的な変化に関する情報が乏しいのが現状 である。

2. 研究目的

サンゴ分布の把握のためには、潜水による目視調査と同精度の判読を可能とする高解像度 の可視光画像が有効である。更に分布域や被度等の経年変動の追跡には、高解像度画像に地 理座標を付与することで効率的なモニタリングが可能となる。これらの実現のためには、船 舶等に装着した高解像度カメラによる水中連続撮影と、GPSによる測位情報、船舶の姿勢情 報を同時記録し、撮影対象物に地理座標を付与する方式が考えられる。併せて撮影対象の三 次元形状を得ることにより、対象の空間分布構造の把握に加え、撮影画像を正射投影(オル ソ化)し、より正確な地理座標の付与が可能となる40。以上から、カメラ画像は単写真とし て扱うのではなく、同一対象を複数方向から撮影し後にステレオ解析を通じた三次元形状の 把握を行うためのシステム構成が必要となる。一方、観測を容易かつ多点に展開するために は、観測機材の多くを安価な市販品を流用したものであることが望ましいと判断した。本研 究は、以上の要求を満たすモニタリングツールを開発し、実際のサンゴ生息地の撮影による 実証実験を行い、モニタリング手法として完成させることを目的としている。

- 3. 研究方法
  - (1) 小型自律観測システムの開発

サンゴなどの水底対象物の三次元形状は、船舶の両舷に水中カメラを固定し、ステレオ撮 影を行うことで得られる。更に船舶の進行中に連続撮影をすることで、同一点を複数の異な る角度で撮影することにより、ある撮影フレームと次のフレームとの間隔(ベースライン長) と、同一対象の視差を計算することでも対象物の三次元形状を得ることができる。よって、 進行方向とそれに直交する2方向でステレオモデルの算出が可能となり、三次元計測精度を高 めることが期待できる。観測原理を図1に示す。



図1 本システムの観測原理

カメラはフル HD 以上の画素数(1920×1080 画素)を最低条件とし、更に移動体撮影時に画 像が流れる問題を無くすために電子シャッターを搭載したカメラであること、専用のコント ローラー・レコーダーにより容易に操作・画像記録を行い、カメラヘッドとレコーダーは分 離可能であること、カメラヘッドの水中ハウジングの入手が容易であること等の諸条件によ り Panasonic POVCAM を選定した。POVCAM はプリズムにより分光された赤緑青の光を フル HD 画素の CMOS を 3 枚用いて撮影する方式を採用しており、光の利用効率が優れて おり、単板素子のカメラに対し、特に水深が深い場所での撮影には有利である。これを SAETOOL 社製の POVCAM 専用水中ハウジングに格納し、左右のステレオペア用として2 式用いることとした。測位及び船舶の姿勢検出のための GPS ジャイロの選定には、波によ って撮影対象との距離が刻々と変化しステレオ解析時の誤差要因となりうることから、 DGPS(運輸多目的衛星の補正情報利用)対応時に高さ方向の位置精度が 1m 程度を満たして いることを重要な条件の一つとし、更にセンサヘッドが防水である、比較的安価であるなど の条件によりヘミスフィア Sv200 を選定した。水深測定には魚群探知機を利用することも考 えられるが、より小型かつ簡便なもので、RS-232C などのインターフェースで PC 接続が出 来る機種を調査し、本多電子の HFD700 を選定した。データ取得機材リストを表1に、収録 機材とデータ収録フローを図2に示す

機材名	型番	備考
475	PANASONIC (POVCAM) /	水中カメラハウジング
	AG-HCK10G+AG-HMR10	※カメラ:3台(直下と予備)
レンズ	標準レンズ+ワイドコンバータ	ワイド端の撮影
VTR	PANASONIC/AG-HMR10	SD カードによる収録
GPS/ジャイロ	Hemisphere ssV102	GPS ジャイロ
測深器	本田電子 HFD700	音波測深器
PC	DELL/Lenovo	自律調査船用

表1 データ取得機材



図2 データ収録フロー

2 - 31

観測用船舶として、自走式の小型ボートである FIRST STRIKE 製のフロートボートを 選定した。このボートの特徴は、安価かつ軽量で入手性にすぐれること、オプションが豊富 であり、フロート部分へ簡単にカメラ架台やジャイロ等の装着が可能であることなどが挙げ られる。この小型ボート上への観測機器のレイアウトを図3に、外観を図4にそれぞれ示す。



図3 小型自律観測システムの緒元と機器レイアウト



小型自律観測システムの外観



データ収録装置



カメラ装着状況(写真は4方向の状態であるが、通常 は直下の2台)

図4 小型自律観測システムおよび観測機材の外観

(2) 船舶取付け型システムの開発

観測システムを漁船等に装着し、より安価・簡便な観測を実現させるため、(1)で開発した 自律観測システムから画像・位置情報収録機能のみを取り出し、漁船等に装着して利用する 簡略システムを開発した。具体的にはカメラヘッド、測深計、GPS/ジャイロをパイプ上に配 置した観測システムと防水ボックスに格納した画像レコーダーと、GPS および水深計用のデ ーターロガーのみの構成とし、小型リチウム電池あるいは船舶側からの直流 12V で動作する。 船舶には魚群探知機などで用いられている汎用的な治具で固定する。水底の三次元計測は、 船舶の進行方向に生じるオーバーラップ成分を用いたステレオ解析を行うことにより実現す る。漁船、観光用ボートなどプラットフォームに依存しない観測が可能であるほか、1名の みで装着、操作、撤収を可能としている。自律観測システムが実現する精緻かつ面的な観測 にはやや不向きである一方で、広範囲のライントランゼクト観測には有効であると考えられ る。カメラ等の機器は自律観測システムと同一であることから、解析環境及び解析手順は基 本的に同じである。ただし、同一の船体の両舷に装着した場合には、船体の幅(ベースライ ン長)と観測対象までの距離によってはステレオ解析が十分に成立しない場合もあり、アロ ングトラック方向のみで作られた DSM を接合することで観測幅を広げるといった利用が適 当と考えられる。図5はシステムの外観を、図6に海技研ライダーシステムとの同期観測実 験の様子をそれぞれ示す。



図5 船舶取付け型簡易システムの外観



図6 海技研ライダーシステムとの同期観測の実施

(3) データ処理ソフトウェアの開発

本システムで取得される連続画像、GPS、ジャイロデータにより、水底の三次元形状(DSM) と正射投影図(オルソ画像)を作成するための専用ソフトを開発した。オルソ画像は空中写 真等のデジタル画像と撮影したカメラの情報(内部標定要素)、GPS ジャイロデータ(外部標 定要素)を用いて、標定要素付き画像を作成し、それらを標高データ(DSM データ)に正射 投影することで作成する。このとき、正射投影に用いる DSM データは、複数のオルソ画像を 用いた自動標高抽出(画像相関手法による)を用いて作成する。ここで自動標高抽出は隣接 するデジタル画像の画像マッチング手法を用いて、以下の手順で行った。

・GPS ジャイロの位置、姿勢データをもとに縦視差を除去する。

・相互相関係数を用いたテンプレートマッチングによる2つの画像の対応点を抽出する。

・抽出した対応点と GPS ジャイロの位置、姿勢データから標高値を換算する。オルソ画像作成フローを図7に示す。



図7 オルソ画像作成フロー

#### (4) 精度検証のための水槽実験

海水中でのレンズパラメータ取得のため、東京海洋大学館山ステーションの協力を得て、 海水を注水できる水槽にて模擬観測実験を行った。水槽内の海水の導電率を測定し、

48mS/cm と実海域と同等であることを確認した。高さ 55 cm と 0 cmのターゲットをそれぞれ 6 個用意し、水深約 2mの水底に設置した。次に(2)の船舶取付け型システムを小型船に装着 し、ターゲット上の撮影を繰り返した。実験の様子を図 8 に示す。なお、水深が 2m程度で あることから、12 個ある水中ターゲットを同一フレーム内に収めることが出来ないため、タ ーゲット上で小型船の位置を左右、上下に移動させて撮影を行った。また、ターゲットと船 の進行方向を直交させた条件での撮影も行った。



図8 海洋大館山ステーションにおけるパラメータ取得実験の様子 右側は水槽内の校正用ターゲット。水底(0 cm)にターゲット6つ、 水底から55 cmの高さのターゲットを6つ設置し、この高さの推定精度を評価した。

### 4. 結果·考察

(1) 実海域での観測実験の実施

表2に全研究期間における観測実験の実施状況を示す。なお動作確認のために行った予備実 験は加えていない。平成24年度は、小型船舶に操縦者が乗船しての観測あるいは漁船による 曳航での観測を行い、水中ビデオカメラによる水底三次元計測手法の確立を中心的に行った。 25年度以降は小型船舶に自律航行機能を付加しつつ各サイトの観測を実施した。

日程	場所	備考
H24年度		
2012/11/25~29	高知県竜串	小型船舶(有人操船)
2012/12/17~20	沖縄県竹富島	小型船舶(漁船曳航)
H25年度		
2013/10/28~11/01	沖縄県宮古島	自律小型船舶・簡易システム
2013/12/15~12/21	高知県竜串	自律小型船舶・簡易システム
2014/1/9	千葉県海洋大学	簡易システム
2014/01/27~31	沖縄県竹富島	簡易システム
$2014/02/12\sim 14$	沖縄県宮古島	簡易システム
H26年度		
2014/6/8~10	静岡県西伊豆	自律小型船舶
2014/9/17	和歌山県串本	簡易システム
$2014/12/4 \sim 12/5$	高知県竜串	簡易システム
2014/10/6~10/8	沖縄県宮古島	悪天候により中止
$2015/1/24 \sim 1/25$	沖縄県竹富島	自律小型船舶

表2 観測一覧表





図9 竹富島サイトにおける自律航行と人的操船による航跡の比較(左)、 観測計画コースと自律航行の航跡の比較(右)

図9に竹富島にて3年間観測した航跡の一例を示す。図の中央部の▲マークが特に重要なポイン トである。2012年は操縦者が乗船しての観測、2013年度は漁船による牽引やラジコン操船であっ たため、目標物に乏しい海域でのコース取りが難航している。一方、2014年からは自動航行シス テムにより正確な面的観測を行っていることが分かる。部分的にずれている範囲は強めの潮流が 存在していた箇所や単独測位GPSの限界によるものと考えられる。



図10 海水プールに設置したターゲットの三次元画像(左)とオルソ画像(右)

- (2) 観測精度評価
- ① 海水プールにおけるDSM精度評価

海洋大館山ステーションの海水プール内に設置したターゲット上を往復撮影し、ステレ オ処理によりターゲットの高さを推定した(図10)。撮影時のオーバーラップが不十分であっ たことから55cm高のターゲットは2つのみの高さ推定となってしまったが、それぞれpoint8 が56cm、point7が56cmと、実測値の55cmに近い値を示した。またターゲット間の水平位 置は数cmの誤差で決定していることが分かった。検証実験時はカメラ1台のみの撮影であり、 進行方向のみのステレオペアで推定していることを勘案すると、通常は2台のステレオ観測 を行う本システムは、十分な精度で水底観測が可能であると言える。

975058944

-1.996

1.315

#### ②反復観測における位置精度

同一ターゲットの経年変化をモニタリングする際、水底における地理座標(XYZ)の決 定精度が重要となる。そこで、複数年にわたる観測で特定できた同一対象物に付与した地 理座標について精度評価を行った。まず、全オルソ画像を確認したところ、過去3年分での 同一基準として利用できる対象物については、評価に対して十分な数が得られなかった。 そこで、過去の変化として、2012年と2015年を評価することとし、オルソ画像と比較可能 な対応点を示す(図11)。また精度検証として、オルソ画像で計測した較差を表3に示す。 較差平均は水平方向で1.3m、垂直方向で2mと、使用したGPSの位置精度(単独測位で3m 程度)内にはある。

	2012		2015		差分		
	Х	Y	Х	Y	Х	Y	
1	11041.543	-185092.362	11042.775	-185094.336	1.232	-1.975	
2	11041.438	-185093.141	11042.801	-185095.199	1.362	-2.058	
3	11041.267	-185093.857	11042.624	-185095.802	1.357	-1.944	
4	11041.098	-185094.474	11042.406	-185096.480	1.308	-2.005	

表 3 位置座標比較(2012-2015) (石垣島・仟音筒所 座標は平面直角座標 16 系, xy は数学座標を示す。)

同様に過去の変化として、2014年と2015年のオルソ画像と比較可能な対応点を示す(図 12)。また、精度検証として、オルソ画像で計測した較差を表4に示す。較差平均は水平方 向で 0.8m、垂直方向で 1.7mと、使用した GPS の位置精度(単独測位で 3m程度)内には ある。次に、XYZ の精度検証として、2012 年、2015 年に取得したデータを基に、ほぼ同 じ範囲での DSM とオルソの作成を Photo Scan Pro で行った。比較は、オルソフォトを用 いて2時期で同定できる対象物を用い、XY座標の取得はオルソフォトで、オルソフォトで 取得した XY 座標の標高値(WGS84 系の楕円体高)を DSM から取得して行った。11 箇所 での平均較差は、水平方向で 1.2m、 2.5mと、DGPS 時の水平精度 1.0mより悪く、単独 測位の 3.5mよりは良い結果であった(表 5)

平均

表 4 位置座標比較(2014-2015)

	2	2012		差分						
	Х	Y	Х	Y	Х	Y				
1	11027.753	-185113.589	11028.571	-185111.842	0.818	1.747				
2	11027.523	-185114.117	11028.267	-185112.506	0.743	1.610				
3	11028.280	-185113.523	11029.128	-185111.751	0.848	1.772				
4	11028.464	-185113.321	11029.375	-185111.488	0.911	1.833				
				平均	0.830	1.741				

(石垣島・仟意箇所、座標は平面直角座標 16 系、xy は数学座標を示す。)



図 11 オルソ画像比較(2012年(左)、2015年(右)、▲は目視で確認できる対応点)



図 12 オルソ画像比較(2014年(左)、2015年(右)、▲は目視で確認できる対応点)

表 5 位置座標比較(2012-2015)・石垣島・任意箇所で実施。

平面座標は平面直角座標16系、xyは数学座標を示す。zはWGS84の楕円帯高で示す)									
点名	2012			2015	2015		較差(2015-2012)		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)	dx	dy	dz
No1	11051.855	-185130.846	14.520	11053.157	-185132.813	15.364	1.302	-1.967	0.845
No2	11051.340	-185130.727	14.523	11052.791	-185132.669	15.527	1.451	-1.941	1.004
No3	11050.175	-185128.928	14.012	11051.550	-185131.194	15.325	1.375	-2.266	1.313
No4	11050.113	-185124.396	14.132	11051.010	-185127.222	14.792	0.897	-2.827	0.660
No5	11050.785	-185124.284	14.040	11051.690	-185126.921	14.567	0.905	-2.637	0.527
No6	11051.260	-185123.921	14.065	11052.069	-185126.547	14.498	0.809	-2.627	0.433
No7	11050.024	-185125.624	14.135	11051.167	-185128.297	14.778	1.143	-2.673	0.644
No8	11049.701	-185125.265	14.118	11050.827	-185128.034	14.960	1.126	-2.769	0.842
No9	11049.875	-185126.349	14.055	11051.060	-185128.986	15.062	1.186	-2.637	1.006
No10	11050.383	-185127.424	14.041	11051.607	-185129.873	15.019	1.224	-2.449	0.977
No11	11049.826	-185128.223	14.094	11051.232	-185130.599	15.363	1.406	-2.376	1.269
標準偏差						0.218	0.304	0.284	
平均較	平均較差 1.166 -2.470 0.865						1.166	-2.470	0.865

2 - 38

2012年の読取座標を、平均較差で補正し、X,Y,Z方向での散布図を作成した(図13)。散布図より、誤差要因について以下のことを推定した。

・XY方向は概ね、1:1の線に沿っており、誤差は水平方向のみであると考えられる、従って、このデータにおいて2012年と2015年の誤差は、GPSの位置誤差が主要因であると 考える。

・Z方向については、評価対象の高さ方向のデータ範囲が狭いことから、今後さらに対象 レンジを広げて評価を行う必要がある。





これらの結果はGPS・ジャイロの精度に大きく依存するものであり、必要に応じてより高 精度の機種に交換することで精度の向上が期待できる。以上により、水中ステレオ観測に よる水底DSMと地理座標の精度、更に自律航行システムによる観測コースの航行精度は、 サンゴ等を対象とした浅海域のモニタリングツールとして十分であると言える。

- (3) サンゴモニタリングの実施
- オルソ・DSM画像の作成

2013年10月に伊良部島にて取得したデータを処理し、オルソ画像およびDSM画像(Digital Surface Model)を作成した事例を以下に示す。まず、ビデオレートで撮影されている動画 から15フレーム毎に静止画を切り出し、マッチング処理により2フレーム間での同一対応点 を探索し、視差計算を行う事でDSMを作成する(図14)。更にDSM上に画像を投影して水底の 三次元画像を作成する(図15)。





図14 ステレオ撮影から算出されたサンゴの三次元モデル (DSM: Digital Surface Model)



図15 フルハイビジョンの撮影画像をDSMに投影し三次元化した画像

② モニタリングの実施と考察

図 16 に、竜串地区における潜水調査にて取得した枠内のサンゴ分布図と、本システムによ り取得したオルソ画像の比較事例を示す。テーブル状のミドリイシやキクメイシ科のサンゴ の群体(実線矢印)に関しては、オルソ画像での判読が可能であり、本システムは科あるい は属レベルでのサンゴ被度のモニタリングに十分な精度を有すると考えられる。しかしなが ら、小さいサンゴ群体に関してはオルソ画像のみからの判読は困難であった。この原因とし ては、空間分解能が 1cm であったことと、今回の観測時の竜串の透明度が 5m 程度で鮮明な 画像が得られなかったことが原因として考えられる。



図16 オルソモザイクの拡大(右)と潜水調査により取得されたサンゴ分布(左)の比較 (枠の大きさは3mx3m)



図17 竜串の水中オルソ画像の例

上段左:2014年12月、上段中:2013年12月、上段右:2012年11月、下段:5コース分の 観測から得られた広域水底三次元マップ(長さ67m)白枠部分が上段拡大図の範囲

本研究期間のH24年度から26年度にかけて、高知県土佐清水市の竜串海中公園において、自律型無人ミニボートに搭載したステレオカメラで、コドラード調査区(3m×3m)を含む観測を行った(H24のみ有人操船)。図17に観測例を示す。

観測期間の3年間で、数cmサンゴが成長していることが判別できる。このことにより、本システ ムのサンゴモニタリングへの応用可能性が示され、今後データを蓄積することにより、温暖化等 によるサンゴの変化を明らかにすることができると期待される。

2 - 40

観測中は基本的に動かないサンゴに対して、潮流や波により常に位置が変化する海藻のス テレオマッチングは前例がない。進行方法への重複フレームのみでは、船の移動中に海藻が 動いてしまいマッチングは困難となる。一方、自律型無人ミニボートのシステムは左右のス テレオペアの場合には撮影がほぼ同期しているフレームが存在することから、原理的には動 いている対象であってもステレオ観測が可能である。観測対象範囲は田子港付近の藻場とし た。水深2-3m付近の藻場の撮影画像を切り出し、マッチングパラメーターをチューニング しつつDSMとオルソ画像を作成した。その結果、良好な藻場の三次元構造を作成することが 出来た。図18はマメタワラの三次元画像の一例である。これにより、本研究による観測シス テムが、地球規模海洋環境の変化によるサンゴの白化・大量死だけでなく、藻場の磯焼けの モニタリングにも有効であることが実証された。



図 18 マメタワラ群落の三次元構造

#### 5. 本研究により得られた成果

小型船舶に操作者が乗船せずに浅海域の観測が可能となったことにより、漁船などが侵入でき ない浅海域での面的な水底観測が実現した。自律航行の精度を高め、予めコースをプログラムす ることにより、1haの範囲であれば2時間以下で観測が可能であることを確認した。画像処理アル ゴリズムの改善により、海藻など絶えず動く対象についても三次元観測を可能とした。本システ ムは入手性と価格の観点から構成部品の大半が汎用品の組み合わせであり、組み立てや操作も簡 単であることから、様々な場所でのモニタリングツールとして利用が見込まれる。更に自律船舶 部分については市販されているフロート等の装着により、更に多くの機器を装着できることから、 光学観測に加え、水中音波探査、電磁波探査など多面的観測プラットフォームへの発展が期待で きる。

## 6. 引用文献

- 1) S. English, C. Wilkinson and V, Baker: Survey manual for tropical marine resources. Australian Institute of Marine Science, Townsville, 390pp, 1994
- 2) 山野博哉: サンゴ礁学 第4章 サンゴの海をしらべる、 pp.73-91、 東海大学出版、神奈 川、 2011
- J.A. Goodman, S.J. Purkis, and S.R. Phinn (eds): Coral reef remote sensing, Springer, in press
- 4) T. Murase, M. Tanaka, T. Tani, Y. Miyashita, N. Ohkawa, S. Ishiguro, Y. Suzuki, H. Kayanne and H. Yamano: A photogrammetric correction procedure for light refraction effects at a two-medium boundary. Photogramm Eng Remote Sens 74: 1129-1136, 2008

[研究成果の発表状況]

- (1)誌上発表(学術誌)なし
- (2)口頭発表
  - Hiroyuki Oguma, \*Hiroya Yamano, Tomoki Kawabata, Kenichi Shibuya, Chikako Etou, Yasumichi Yone, Masahiko Sasano, Motonobu Imasato, Boat-based monitoring system for shallow-water bottom features

International Symposium on Remote Sensing(2013)

- ② 小熊宏之,山野博哉,篠野雅彦,今里元信,河端智樹,渋谷研一,江藤稚佳子(2014)浅 海域立体画像撮影システムの開発とサンゴ観測への適用について.日本生態学会第61回 大会
- (3)出願特許

独立行政法人国立環境研究所・朝日航洋株式会社(所内発明者:小熊宏之、山野博哉) 「浅海底観測システム」,特願2013-155686、2013年8月12日

# (4)受賞等

なし

- (5) 一般への公表・報道等
  - 国立環境研究所プレスリリース「ボート搭載型の水中カメラを用いた浅海底観測シス テムの開発」筑波研究学園都市記者会、環境省記者クラブ同時配布(平成26年2月6日)
  - ② 朝日航洋(株)プレスリリース「国立環境研究所と浅海底観測システムの共同開発 サンゴ礁を水中写真地図でよりわかりやすく!」(平成26年2月6日)
  - ③ 「サンゴの異変ハイテク調査」朝日新聞(2014年2月10日、全国版)
  - ④ 「国立環境研究所と朝日航洋 浅い海の底、精密検査 ボート型の観測装置」,日経産業 新聞,2014年2月10日
  - ⑤ 「位置情報を持つ浅海呈地図作成 短時間・広範囲に水中観測」,日刊建設工業,2014年2 月7日
  - ⑥ 「NIESなど、ボート搭載型水中カメラを用いた浅海底観測システムを開発」Livedoorマ イナビニュース,2014年2月7日

- ⑦ 「NIESなど、ボート搭載型水中カメラを用いた浅海底観測システムを開発」,exciteニュ ース, 2014年2月7日
- ⑧ 「【注目記事】NIESなど、ボート搭載型水中カメラを用いた浅海底観測システムを開発」, 日本の研究.com, 2014年2月7日
- ⑨「サンゴや海藻の異変を効率良く調査するボート型浅海底観測システムに期待」,2014年2
  月21日エコピープル,一般エコニュース
- ① 「小型ボートに搭載できる「浅海底観測システム」を開発」,つくばサイエンスニュース,No.2014-5
- ① 「海を探る(14)無人船で海底の3D画像」,2014年7月14日,朝日新聞朝刊
- (6) その他成果の普及、政策的な寄与・貢献について
  - ① 2014年8月24日公益財団法人日本科学技術振興財団主催海!!-出航!ふしぎな世界へ
    ー」における講演「無人浅海底観測システム「せんかい」によるサンゴの3D観測」
  - ② 2014年6月25日~27日 3D&バーチャルリアリティ展(IVR) における小型自律観測シス テムの展示
  - ③ 2014年7月19日 国立環境研究所夏の大公開における小型自律観測システムの展示
  - ④ 国交省の「コンクリートのひび割れについて遠方から検出が可能な技術」の技術公募の認定(H27年1月13日)(http://www.senmonshi.com/archive/01/01A6SNZZL0RNRP.asp)
  - ⑤ みらい建設工業(株)と協同で「ダム湖堆積物 電磁波レーダー探査システム」を開発しており、自律型無人ミニボートシステムをその一部に組み込んで利用している。 (http://www.c-robotech.info/現場検証技術db/水中維持管理部会db/水中・みらい建設工業/)