

目次

年頭所感	一般財団法人 日本水路協会 会長	縄野 克彦	2
	海上保安庁 長官	岩並 秀一	3
	海上保安庁 海洋情報部長	加藤 幸弘	4
研 究	宝島と奄美大島における油類漂着初動調査《1》	西 隆一郎	5
海 図	伊能図と海図《1》	八島 邦夫	12
	平成30年度 水路新技術講演会		19
水路新技術講演	南海トラフ地震発生帯掘削によるプレート境界の新しい姿	木村 学	20
〃	海陸地殻変動データを用いた南海トラフ沿いのプレート間カップリング分布		
		西村 卓也	27
〃	講演(6件)・ポスター発表(12件)		31
歴 史	中国の地図を作ったひとびと《13》	今村 遼平	49
コ ラ ム	健康百話(69)	加行 尚	56
随 想	冬のメジナは釣ってよし食べてよし	雪松 隆雄	59
	海洋情報部コーナー	海洋情報部	61

お知らせ

ナローマルチビーム水路測量講習会実施報告	73
令和元年度水路測量講習会実施報告	74
2020年度 水路測量技術研修及び検定試験のご案内	75
「インターナショナルボートショー2020」が今年も開催されます	76
協会だより	78
編集後記	79
海底地形デジタルデータ更新情報のおしらせ	80

表紙：「伊達政宗像」・・・稲葉 幹雄  
 仙台市青葉城址公園に建立されている「伊達政宗像」をペン画にしました。

イラスト：淵之上 倫子

掲載広告

オーシャンエンジニアリング 株式会社	表2
株式会社 離合社	81
株式会社 武揚堂	83
海洋先端技術研究所	85
一般財団法人 日本水路協会	表3・86・87・88
古野電気 株式会社	82
株式会社 鶴見精機	84
株式会社 東陽テクニカ	表4

---

# 新年にあたって

一般財団法人 日本水路協会会長 縄野 克彦

---

新年明けましておめでとうございます。また、平素より当協会に対してのご支援、ご協力いただき厚く御礼申し上げます。

年頭にあたり、一言ご挨拶申し上げます。

はじめに、当協会事業の主要事業であります「海図等の複製頒布事業」についてです。2012年に始まった電子海図表示装置(ECDIS)搭載義務化は、2018年7月に1万トン以上の既存の貨物船を最後に対象船舶の拡大が終了しましたが、その後も航海用電子海図(ENC)の利用は増加傾向となっており、令和元年度は160万セルを超える勢い(対前年5~10%増)にあります。これは、ECDISの搭載義務化の影響だけでなく、従来、紙海図のみの利用者がENCの利用に移行してきているものと考えています。

一方、紙海図の利用は年々減少し、元年度は11万枚程度(対前年15%減)まで落ち込むと見込まれています。このような状況ですが、当協会としては、引き続き紙海図の利用者へのより良いサービスに取り組んでいく所存です。その一環として、整備を進めてきた紙海図印刷の専用デジタルプリンターの運用をJP海図(英語表記の日本海図)から始めました。これにより需要の少ない海図についても常に安定した供給が行えることになり、利用者へのサービスの向上が期待されています。

当協会オリジナルの航海用参考図書については、特に電子参考図のnew pec(ニューペック)は、船用機器メーカーの利用が増加傾向にあり、new pecデータを活用したスマートフォン・タブレット用アプリやGPSプロッター等は、昨年度の10%増と見込まれるなど普及が着実に進んでいます。また、「ヨット・モーターボート用参考図」(Yチャート)や「プレジャーボート・小型船用港湾案内」(Sガイド)などについても、

最新の内容に維持を行い、引き続き利用者へのサービスに努めていくこととしています。

また、インドネシア、マレーシア、シンガポールの沿岸3カ国及び我が国の政府並びに関係機関の協力により「マラッカ・シンガポール海峡航海用電子海図(MSS-ENC)」が刊行されています。2015年から2016年にかけて実施された水路測量の結果を取り入れて、「第5版MSS-ENC」として2016年11月に刊行しました。

その後第2段階として、2017年から4年計画で航行分離通行帯内の水深30メートル以浅海域の共同水路測量が計画され、2018年に実施された水路測量データと沿岸3カ国の最新のデータを利用して、2019年10月に「第6版MSS-ENC」が刊行されています。当協会は、このMSS-ENCの世界で唯一の販売総代理店として、微力ながら技術的支援など協力させていただいています。

そのほか、国土交通省登録資格である水路測量技術者検定試験(沿岸1級、港湾1級)を継続して実施するとともに、1級の合格者を対象とした水路測量講習会を実施しております。

さらに、最近の水路測量は測深機がシングルビームからナローマルチビームへの使用が増え、新たな技術に対応するため、昨年からはナローマルチビーム水路測量講習会を始めました。当協会では、引き続きそれらの講習会を実施することとしています。

最後になりますが、当協会は海上保安庁発行の海図等の複製頒布事業や協会オリジナルの航海用参考図書出版事業に加えて調査研究事業、水路測量技術者の養成事業など確実に実行すべく職員一丸となって取り組んでいく所存です。

本年もどうぞよろしくお願い申し上げます。



## 年頭のご挨拶

海上保安庁長官 岩並 秀一

新年明けましておめでとうございます。

令和2年の年頭にあたり、平素より海上保安業務に対するご支援・ご協力を賜り、心より御礼申し上げますとともに、謹んで新年のご挨拶を申し上げます。

日本水路協会の皆様方におかれましては、日頃より、海図の印刷・供給、海洋調査技術の普及、海洋情報の提供等にご尽力いただき、航海の安全、海難の防止等に多大な貢献をさせていただいておりますことに、心より感謝申し上げます。

昨年を振り返りますと、尖閣諸島周辺海域における中国公船の領海侵入、大和堆周辺海域における外国漁船による違法操業や北朝鮮のものと思われる漂流・漂着木造船など、依然として我が国周辺海域を取り巻く情勢は厳しさを増しています。これらの状況に適切に対応していくため、平成28年の関係閣僚会議で決定された「海上保安体制強化に関する方針」に基づき、海上保安庁一丸となって、巡視船・航空機の整備など、体制強化を着実に進めているところです。

また昨年は、九州南部の豪雨や相次ぐ大型台風など自然災害による大きな被害が発生しました。海上保安庁は、7月に新設された危機管理官が大いに機能し、海陸にかかわらず、被災者の救助、行方不明者の捜索をはじめ、航行警報等による船舶交通安全のための情報提供などに全力で取り組みました。

国際分野でも大きな進展があり、7月に新たに国際戦略官を設置したほか、「自由で開かれたインド太平洋」の実現という政府方針の下、昨年11月には2回目となる「世界海上保安機関長官級会合」を開催しました。本会合には75カ国から84の海上保安機関等の代表者が参加し、人材育成の取組の着手やウェブサイトの創設に着手す

る等の議長総括を取りまとめました。

海洋情報業務に目を向けますと、昨年4月、政府が推進する海洋状況把握（MDA）体制の基盤の一つである「海洋状況表示システム」（愛称・海しる）の本格運用を開始しました。「海しる」は関係省庁等が保有する様々な海洋情報をインターネット上で閲覧できるサービスです。海上安全や産業振興など幅広い分野において活用いただけるよう、「海しる」の普及と利便性の向上に努めてまいります。

さらに、体制強化に関する方針の柱の一つである「海洋調査体制の強化」のもと、平成28年度から整備を進めてきた大型測量船がいよいよ就役いたします。今年1月末の大型測量船「平洋」就役に続き、来年度には大型測量船の2番船が就役いたします。この船には、昨年、「光輝く海、まだ十分に解明されていないその海に光を当てて、海洋調査を進め明らかにしていく」という思いを込め、「光洋」と名づけ、赤羽国土交通大臣に揮毫をいただきました。加えて、当庁初となる測量に専従する中型航空機も本年、就役予定です。

海洋情報の整備と海洋調査の推進は船舶交通安全のみならず、我が国の海洋権益の確保のためにも欠かすことができません。引き続き、海上保安庁として重点的に取り組んでまいります。

最後になりましたが、我が国の海洋情報事業の発展に貢献してこられた皆様のご努力に対して、心より敬意を表すとともに、今後の一層のご活躍を祈念いたしまして、私の年頭のご挨拶とさせていただきます。



## 年頭のご挨拶

海上保安庁 海洋情報部長 加藤 幸弘

令和2年の新春を迎えるにあたり、謹んで新年のご挨拶を申し上げます。

平素より、海図の複製頒布、水路測量技術の向上・開発、国際業務協力等を通じ、航海の安全等に取り組んでおられる日本水路協会の皆様方に、深く敬意を表するとともに、海洋情報業務に対すご支援・ご協力に厚く御礼申し上げます。

海洋情報部では、「海上保安体制強化に関する方針」に基づき、「海洋調査体制の強化」に向けた取り組みを計画的に推進しています。いよいよ今年1月には大型測量船「平洋」が就役いたします。また、来年度には、2番船となる大型測量船「光洋」と測量専用の中型航空機の就役を予定しており、本格的に海洋調査体制が整いつつあります。

新年にあたり、昨年のことを振り返りますと、海洋情報業務に関する様々な動きがありました。

まず、年明け間もない2月には、日本で初となる「第25回 国際海洋データ・情報交換委員会 (IODE25)」を開催し、「日本海洋データセンター (JODC)」を運用する国の代表機関として、各国代表者とともに、国際的な海洋データの利用推進等の議論を積極的に牽引しました。

海洋に関する研究の分野では、3月に海洋研究開発機構と連携協定を結びました。今後、共同研究や観測等を通して、海洋研究開発分野の一層の発展を図っていく所存です。

同じく3月に、東日本大震災時の教訓を活かし、大地震発生時の早期復興に向けた取組みとして、地盤変動の影響を受けない「楕円体高」から水深の基準を決定する手法を採用しました。これによって、発災後、迅速に海図を改訂できるようになります。

4月には、政府全体で推進する海洋状況把握

(MDA)の能力強化の取組の一環として、リアルタイムを含めた必要な情報を幾重にも重ねて表示できる「海洋状況表示システム」、愛称「海しる」の本格運用を開始しました。10月には「海しる」に、広域津波シミュレーションを追加掲載し、様々な情報と地図上で重ね合わせることで、津波防災の啓発等に役立つものと期待しております。今後とも、ユーザーの要望を積極的に取り入れ、掲載情報の充実や機能強化を図ってまいります。

海洋調査が海洋権益に寄与した例として、5月には平成29年以降の噴火活動によって拡大した西之島の地形や水深の変化を反映するため、海図を改版しました。平成29年6月に発行した海図と比較すると、我が国の管轄海域の面積が約50 km<sup>2</sup> 拡大しました。

海洋調査技術の進歩に目を向ければ、6月にはアメリカのXPRIIZE財団による海底探査技術を競うコンペにおいて、日本のTeam KUROSHIOが準優勝を果たしたことは、各メディアでも大きく取り上げられたところですが、優勝した国際合同チームGEBCO-Nippon Foundation Alumni Teamには、海洋情報部の職員も参加しており、日本の海洋調査技術の高さを世界に示しました。

今後とも、新たな業務や技術にも対応しつつ、引き続き、海図など水路図誌の提供や、防災・海洋環境保全のための調査など、国民の皆様の期待と負託に応えるべく、より一層のご支援・ご協力を賜りますようお願い申し上げます。

最後に、皆様の益々のご活躍とご健勝を心より祈念いたしまして、私の年頭のご挨拶とさせていただきます。

# 宝島と奄美大島における油類漂着初動調査《1》

—2018年サンチ号油類流出問題—

西 隆一郎<sup>1</sup>・川森 晃<sup>2</sup>・澤田 剛<sup>3</sup>

## 1. 序論

大量の油を積載したイラン船籍サンチ号が東シナ海の我が国の排他的経済水域内で沈没し油類流出の影響が危惧された。そして、トカラ列島の宝島での油類大量漂着が2018年1月下旬に報道された。宝島調査の計画を立てたが、強い季節風と高波によるフェリー運航スケジュールの変更等で油類漂着初動調査を実施できなかった。その後、2月1日に奄美大島奄美市の国直海岸に油類大量漂着が発生したとの報道があり、2月3日に奄美大島での1回目の油類漂着初動調査を、そして、2回目の油類漂着調査を2月6日から7日に行った。さらに、2月20日から22日にトカラ列島の宝島においても油類の漂着調査を行った。その後、3月20日から21日および10月27日に奄美大島の海岸において油類再漂着に関する現地踏査を実施し、再漂着の発生がほぼ無いことを確認した。また、地域毎の油類回収作業に加え波浪・漂砂・紫外線等の自然現象の結果、砂質性海浜やサンゴ礁上で油類漂着の痕跡を目視で確認できない程の環境回復が行われていた。

トカラ列島と奄美群島に2018年1月末以降に漂着している油類については、当初、海洋生物を含む自然環境や人体に対する毒性の

影響が危惧された。また、地域水産業や観光産業に対する風評被害を含めた悪影響も懸念された。油類の漂着当初は、漂着したオイルボール等の処理については、関係自治体が適宜検討・対応していると思われたが、リアルタイムの的確な情報が不足しているために、漂着現場での対応策や将来的な自然環境回復の可能性等に関し、地域住民等の懸念が高まりつつあるとも思われた。



写真1 宝島の海岸に漂着した油類の様子

そこで、鹿児島大学に所属する海洋学や環境毒性学、海洋生物学、水産学等の専門家が集まり、「薩南諸島の油類漂着問題に関する鹿児島大学調査ワーキンググループ」(通称:鹿大油類漂着調査WG)を発足した。本論文では、本ワーキンググループが行った活動の中で、主に工学的視点に基づいて行った油類漂着の初動調査のみに関し述べることにする。

<sup>1</sup>鹿児島大学水産学部教授

<sup>2</sup>(株)アルファ水エコンサルタンツ会長

<sup>3</sup>鹿児島大学研究支援センター 機器分析施設准教授

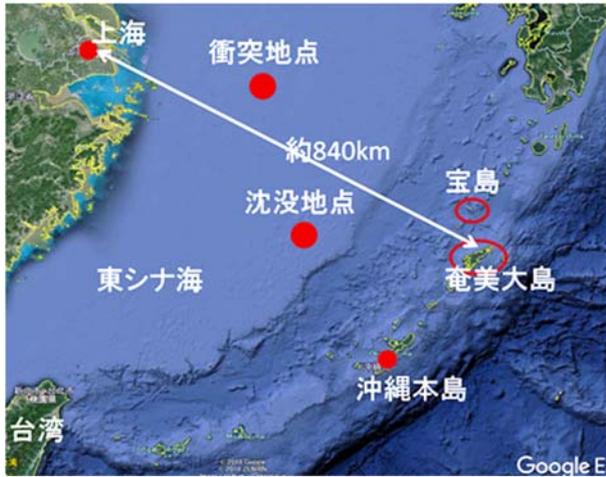


図1 東シナ海におけるサンチ号の沈没位置とトカラ列島および奄美群島の位置

## 2. 現地調査

油類が漂着した順で、まずは宝島調査の計画を立てたが、強い季節風と高波によるフェリー運航スケジュールの変更等で油類漂着初動調査を直ぐには実施できず、奄美大島での現地踏査を先に行った。以降、現地踏査した順に油類漂着の状況を説明する。

### (1) 奄美大島での油類漂着調査

1回目の調査日である2018年2月3日は、雨が一時的に降る曇天で風も強い状態が一日中継続していた。奄美空港で午前9時頃にレンタカーを借り、油類漂着のキーポイントと考えられる奄美大島北側の佐仁海岸に移動した。北部の海岸から反時計方向に(旧)名瀬市の南側に位置する国直海岸まで油類の漂着状況を目視で行った。当日はUAV(無人航空機・ドローン)を携行し、油類が漂着した海岸で漂着状況の可視画像を取得し、その後、研究室内で写真解析を行って油類の漂着状況を定量的に分析する予定であったが、雨天気味でかつUAV運航の目安となる風速を超える強風状態が継続していたためにUAV調査を行えなかった。2月3日の海岸踏査においては、海岸によって油類漂着量に大きな差異がある

こと、比較的に低温状況であり海岸の砂地に漂着した油類が回収しやすい状況であること等が確認された。さらに、3月20日と21日に油類の再漂着調査を行った。それらの結果を、図2にまとめてある。図中では、●、●、●、●の順に漂着物が多くある。なお、○は油類の漂着無しである。

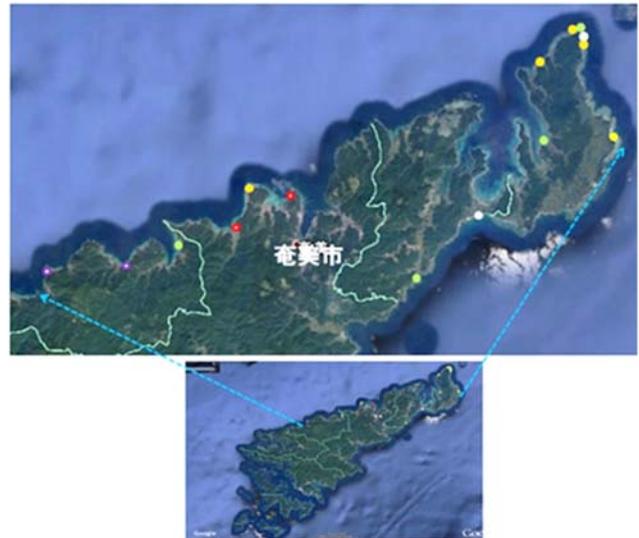


図2 奄美大島における油類漂着調査海岸と1回目、2回目、3回目の現地踏査結果の概要

1回目の現地踏査に基づく調査結果等を以下に列挙する。

- 1) 調査を行った8海岸の中で、赤丸、黄丸、緑丸の順に漂着物が多くあった。また、白丸は油類の漂着無しである。
- 2) 油類の海岸漂着は、H. W. L. (満潮時の遡上波先端) 付近で生じている。
- 3) 漂着油類は、重油系の様であるが回収試料の分析が必要である。
- 4) 新規漂着が続くか、また、海岸環境への影響があるか検討するために、奄美群島での継続調査が暫く必要と思われる。
- 5) 油類漂着量は、赤丸の海岸では調査時に地元の有志数名が回収作業を行っており、袋詰めされた回収量から推定すると数百kg以下程度と推定された。黄丸の海岸は数kg～数十kg程度と推定された。また、緑丸で示す海岸は、海岸

全体を1往復して4個の油類漂着物が確認された。

- 6) 油類漂着量をできるだけ定量的に調査する必要があるが、初動調査では無理であった。
- 7) 油類の回収は、寒さが続く期間では、砂地に漂着したものは回収しやすく、岩礁やコンクリートに固着したものは回収しにくかった。また、漁具や海藻などの浮遊物に付着したものは油が付着した物体自体を回収の方が効率的と思われた。
- 8) 人が住んでいない地域(海岸)と近づきにくい海岸の調査と回収をどうするか検討が必要。また、調査法の検討も必要である。
- 9) 奄美群島で冬季漂着ごみの量が多い海岸では、油類再漂着の可能性があるとされた。
- 11) 東シナ海での将来的な油類大規模流出事故に備え、現場で基礎的なデータを収集しデータベース化する事が重要と思われた(今回は重油が2千トン程度であるが、将来はより大量の油類流出が起こりえる)。
- 12) 外洋での流れ藻類(モジャコ漁)への影響評価も必要と思われた。
- 13) 外洋での浮遊物輸送過程評価に、波の効果(ストークスドリフトや砕波による波乗り効果)も必要と思われた。

さらに、2018年2月6日と7日に奄美大島において2回目の現地調査を行った。1回目の現地踏査と同様に奄美空港でレンタカーを借り、奄美大島の北部海岸から西側の海岸を単独踏査した。奄美大島北部の海岸においては、2月3日以降に新規の油類漂着がないかも確認することにした。天気は曇り一時雨の状況で、UAV(無人航空機・ドローン)を運航するには風の強い状況が継続していたが、風の状況を読みながら、4か所の海岸で油類

漂着の空撮調査を行った。ただし、UAV飛行中に雨が降り始めるような状況もあり、風と雨に強い全天候型のUAV(無人航空機・ドローン)の必要性を強く感じた。2回目の現地踏査に基づく査結果を、以下に列挙する。

- 1) 油類の海岸漂着はH.W.L.(満潮時の遡上波先端)付近で生じている。また、消波ブロックの間にも漂着があった。
- 2) 現況では、奄美大島本島の北西側海岸と北東側海岸に、風や波の効果で油類が漂着している。
- 3) 海岸管理上は、新規漂着(加入)があるかどうかの継続的なモニタリングが必要と思われる。油類の漂流と漂着に関するキーポイントと思われる奄美大島北西部周辺の同一海岸で、2月3日と2月6日および7日に漂着油類の目視調査を行い、現状では新規漂着がほとんどないことを確認した。
- 4) 油類の回収は、気温が高くなると漂着した油類が柔らかくなり回収が難しくなる。
- 5) 油類の回収は、現状では人力作業で行われている。なお、回収作業をボランティアで行いたい場合には、行政に相談し活動することを推奨したい。
- 6) 海岸環境に悪影響が及ぶかは油類の漂着量次第である。漂着量が多ければ影響があり、少なければ軽微な影響か影響はほぼ無と思われる。
- 7) ただし、環境影響評価を行うための油類の濃度および総量規制に関する具体的な数値に関しては、明確な基準が無い様である。
- 8) 奄美大島の海岸から沖合を見ても、奄美大島までの航空路上から海表面を見ても、目視で油類の漂流物を確認することはできなかった。

なお、奄美大島の海岸に漂着していた油類の様子を写真2から写真5に示す。写真に示

す様な油類の回収作業は、気温が低いほど油類は回収しやすいので、今回の油類大量漂着が夏季でなく冬季だったことは不幸中の幸いと言える。また、冬季は観光のオフシーズンでもあり、経済活動からも不幸中の幸いと言える。



写真2 砂礫の上に多量に漂着した油類の様子



写真3 砂の上に漂着した油類の様子



写真4 漁具に付着し漂着した油類の様子



写真5 海藻に付着し漂着した油類の様子

## (2) 宝島における油類漂着調査

2018年2月19日に、鹿児島港から村営フェリーで十島村の宝島へ単独踏査に出かけた。2月20日午後に宝島に到着後、油類漂着の予備調査を2月21日夕方まで行った。そして、2月22日の早朝便で宝島から鹿児島に帰った。なお、フェリー航路の往路・復路ともに船上から油類漂流物の海面目視調査を、そして、各港周辺ではフェリー上からカメラの望遠レンズを併用して港周辺での油類漂着の目視調査を行った。天気は、奄美大島同様に曇り一時雨で、北からの強風が吹く状況が継続しており、特に、UAVを用いた空撮調査は困難を極めたが何とか実施できた。

宝島での油類回収作業は、1月28日の油類漂着当初、地域住民によるボランティア作業が行われたとの現地情報を得たが、調査時点においては、油類回収業者と地元雇用作業員により着々と油類の回収作業が進められていた。

図3に宝島で徒歩により海岸踏査した範囲を白色の破線で示す。図中、宝島港西側隣接部のA領域は油漂着物が散見された。しかし、現地調査に時点では既に地域住民ボランティアにより大量の油類漂着物が回収された後であった。地域住民によれば、油類が何層か砂の層を挟んで存在していたとの情報も寄せられた。



図3 宝島の現地踏査範囲（白色破線で示す箇所）



写真6 A領域にある人工海水浴場（砂浜）で油類の回収作業がある程度終了した状況

写真6に、図3中に点線で囲んだ位置にある人工海水浴場の様子を示す。写真の砂浜は大量の油類を回収した直後であるが、まだ砂浜表面には若干のオイルボールが存在し、砂浜両側のサンゴ層岩礁の垂直面には回収しきれず付着した油類が散見された。また、砂浜の潮下帯付近には薄く油類が残されていた。この海水浴場のすぐ西側（写真右側）で、油類回収の専門業者と現地雇用の作業員により油類の回収作業が行われていた。

現地踏査時点では、写真7に示すB領域で最も多量の油類漂着が確認された。B領域においては西側から東側に順次油類の回収作業

が行われていた。そのB領域での油類の漂着状況を写真7から写真10に示す。加えて、油類の回収状況を写真11に示す。



写真7 油類の漂着状況—その1



写真8 油類の漂着状況—その2



写真9 油類の漂着状況—その3



写真 10 油類の漂着状況—その 4



写真 11 油類の回収作業の様子

### (3) UAV (無人航空機・ドローン) による油類漂着状況の調査

2018年2月7日に、奄美大島本島で油類調査を行った8海岸の中で、油類の漂着量が一番多かった奄美市知名瀬海岸で、UAV(無人航空機・ドローン)を用いて空中写真撮影および写真測量等を行った。なお、当初、多量の油類漂着が報道されていた国直海岸においては、2月3日以降に油類の回収作業が行われており、2回目の調査時点においては海岸に油類漂着の痕跡がほとんどない状況であった。

空撮作業に使用したUAV機体からは常に強風注意の警告が発せられる状況で、しかも、いったん止んでいた雨が飛行中に振り出してしまふ様な難しい気象条件での運用となった。空撮フライトでは、写真判読および簡易写真

測量に使用できる約600枚の画像取得を行った。空撮画像の画素数は約20Mピクセルで、空中写真の撮影高度は75m、30m、10m程度の複数高度を併用し、オルソ画像の分解能向上を図った。



写真 12 知名瀬海岸の油類漂着状況



写真 13 知名瀬海岸での油類の大量漂着の位置(概ね実線で囲む領域)

写真13に画像一枚の容量が約3ギガバイトの知名瀬海岸オルソ画像を示す。図中、赤線で囲んだ領域が大まかな油類の漂着領域である。基本的に、今回の油類の漂着領域はH.W.L.(波の遡上先端)付近であることが分かった。問題となった油類は、漂着直前まで海水表面に浮いて移動してくるために、通常の浮遊漂着ごみ同様に、海岸のH.W.L.付近に漂着したことが明らかであった。

### 3. 油類漂着状況に基づく油類漂流経路

第一著者による油類の漂着状況現地踏査は奄美大島と宝島において行われた。現地の漂着状況から推定すると、宝島に北側から漂流

してきた油類は、一部が東シナ海側で島の西側沿岸伝いに南東方向に漂流し、一部は奄美大島北方海域で東シナ海から太平洋側に抜けたものと思われた。しかし、油類の漂着が最北は鹿児島県屋久島、最南は沖縄県宮古島で確認されているので、東シナ海全域において油類の漂流・漂着形態を検討する必要がある。

向とは異なり、薩南諸島の沿岸域を島伝いで南西方向に漂流・漂着したことが概ね分かる。また、奄美大島から見ると太平洋側にある喜界島では油類が宝島に漂着してから5日後の2月5日に漂着があり、一部の油類が太平洋に流出したことが推測される。そして、この油類漂流・漂着イベントとは別に、宝島から北側つまり黒潮の上流方向に位置する小宝島、諏訪之瀬島、平島で18日後の2月15日、悪石島、中之島、口之島で19日後の2月16日に油類が漂着している。なお、最北の屋久島では16日後の2月13日に微量の油類漂着が確認されている。この様に、当該海域における油類の漂着現象は、二つの異なる時期および異なる島嶼群において発生したことが分かる。その後も、微量の漂着現象が生じた可能性はあるが、2018年10月から2019年8月にかけて第一著者が奄美大島本島を6回踏査した範囲では、これら二つの漂着イベント以外に起因すると思われる油類の漂着を現地海岸で確認することはできなかった。従って、サンチ号から流出したと思われる重油類の漂着は、基本的に2回生じたと推定される。

(次号につづく)



# 伊能図と海図《1》

— 英国に渡った伊能図 —

元海上保安庁海洋情報部 八 島 邦 夫

## 1. はじめに

多くの日本人は、伊能忠敬についてわが国ではじめての実測による科学的な日本地図を作った人物ということを知っており、少年・少女向けの偉人伝にも多く取り上げられている。また、婿養子として入った伊能家の当主として家業に励んだ後、50歳過ぎの第2の人生で日本地図作製の偉業を成し遂げたことは国民の鏡であるとし、戦前は国語や修身の教科書にもとり上げられた（写真1）。

しかし、伊能図は陸の地図であり、海図には関係ないと思っている人は少なくないと思う。

2018年は伊能忠敬没後200年に当たり、2018年を中心に諸団体においていろいろな催し、出版物の発行や運動（伊能忠敬の大河ドラマ化推進）などが行われた。

筆者が関係する（公社）東京地学協会は、伊能忠敬没後200周年記念事業として「英国ジオツアー」、講演会、出版物の発行などを計画した。「英国ジオツアー」は2017年に筆者を案内役の一人として実施（八島・矢島、2018）された。また、これに先立つ2016年には筆者は英国ナショナルアーカイブズ及び英国水路部を訪問し、英国に渡った伊能図やこれを利用して作製された海図等の詳細な調査を実施（八島・鈴木、2018）した。講演会は2018年6月3日に鹿児島で、2018年9月15日に広島で行われ、筆者はその中の一人として講演を行った。これらに関連する調査により英国に渡った伊能図の所蔵先の変遷、伊能



写真1 伊能忠敬の画像  
（伊能忠敬記念館による）

図を利用して作製された海図の全体像、伊能図を利用した海図の編集などに関する新たな知見（八島、2018a、八島、2018b）が得られ、一部はすでに報告した。

本論では本誌「水路」の読者の視点に切り口を変え伊能図と海図の関係について全3回に分けて報告したいと思う。

## 2. 伊能忠敬と伊能図とは？

伊能忠敬は、1745年に上総國小関村（現在の千葉県九十九里町）で生まれ、1762年に17歳で佐原（現在は香取市佐原）の伊能家の婿養子となり、家業の酒造業などに励んだ（写

真2)。そして49歳で隠居し、1795年の50歳の時、かねてからの念願であった天文・暦学を学ぶため江戸に出て幕府天文方高橋至時に弟子入りした。暦の作製には正しい地球の大きさを知ることが必要なため測地測量に取り組み、それがきっかけで地図作製のための測量に取り込むことになった。全国の測量は1800年から1816年まで、全16年の年月を要して行われ、1818年に73歳で没した。その測量の成果は忠敬没後3年後の1821(文政4)年に高橋至時の指導のもと伊能測量隊により完成し、1821年に「大日本沿海輿地全図」として幕府に上呈された。



写真2 香取市佐原にある伊能旧宅

伊能図は種類が多く混乱するが、伊能忠敬研究会(2016)によると、「伊能図」とは伊能忠敬(1745～1818)と彼の率いる測量・地図作製チームにより作製された地図の総称で、この場合の地図は多様で約440種類にも達する。しかし、単に伊能図と言う場合は、1821年に幕府に上呈された最終上程本・伊能図(「大日本沿海輿地全図」)のセットをもって「伊能図」とする場合が多い。この場合の伊能図は、縮尺により大図(3万6千分の1)、中図(21万6千分の1)、小図(43万2千分の1)に3区分される(図1、表1)。また、これらは正本(幕府に提出されたもの)、副本(伊能家の控え及び同等以上の図)、模写本

(写本であり、成立の過程により多様)に3分類される。正本は幕府より明治政府に引き継がれたが、1873(明治6)年の皇居火災で焼失した。副本は正本の焼失を受け、伊能家より政府に献納されたもので、所蔵先の変遷を経て東京帝国大学図書館に保管されたが、関東大震災で焼失した。このため残存しているものほぼ全てが模写本である。本論では伊能図をこの定義に従って述べる。

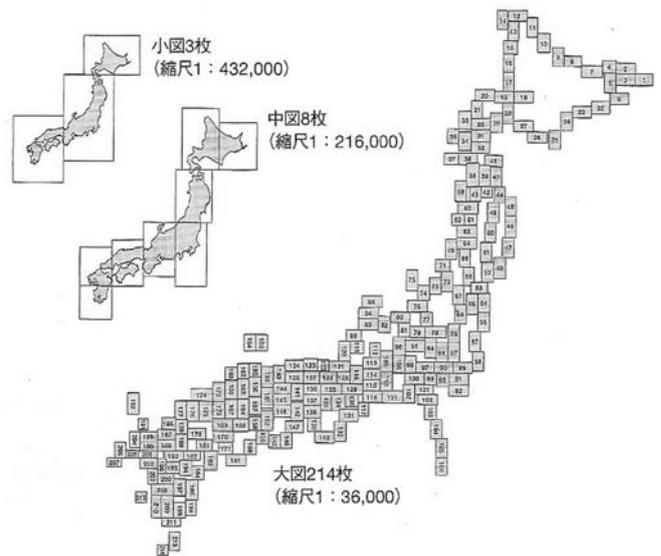


図1 伊能図の構成(渡辺、2009)

表1 伊能図の概要

分類	縮尺	地図作製法	面数	主な所蔵機関
大図	3万6千分の1	実測図	214面	アメリカ議会図書館、国立歴史民俗博物館 国立国会図書館、伊能忠敬記念館 海上保安庁海洋情報部ほか
中図	21万6千分の1	大図の編集図	8面	東京国立博物館 フランス イブ・ペイル氏ほか
小図	43万2千分の1	〃	3面	東京国立博物館 英国ナショナルアーカイブズほか

### 3. 幕府「秘図」である伊能図がどうして英国に渡ったか？

江戸時代を通じて伊能図は、幕府の「秘図」であり、一般の実用に供することはほとんどなく、外国に対しては持ち出し禁止であった。ではどうして伊能図が英国に渡ったのであろうか？

1840年代に英国が日本に接近した当時は、中国でのアヘン戦争が終わり、日本にもアメリカ合衆国ペリー艦隊、ロシア、フランスなど欧米列強の艦船が押し寄せ、国内は尊王攘夷運動など激動の時代であった。

伊能図が幕府から英国に提供された経緯については日英双方に記録 (Pascoe, 1972, Pye. N and Beasley, G., 1951, 荒木濟三郎の日記 (勝海舟全集) ほか) があり、保柳 (1974) が詳しく紹介している。それらは日英双方の記録でおおむね一致し、これらを総合すると、日本に赴任した英国公使オールコック<sup>1)</sup> は、日英和親条約 (1854年)、日英修好通商条約 (1858年) の締結による長崎、箱館、神戸、新潟、横浜の開港に伴う日本との交易の増大が見込まれ、日本沿岸の水路測量・海図作製の実施は急務であると本国政府に進言した。英国政府はこれに応じて日本にアクテオン号、ドーブ号、アルゲリン号、レーベン号の4隻の艦船を派遣し、1860年10月に幕府に日本沿岸の水路測量を申請した。幕府は、開港を前提とすれば、海図作製は不可避であるが、申請を断り幕府が自前で海図を作製するか、上陸を含む測量を認めるかなど激論となったが、幕府役人の同乗を条件に測量を許可した (横山、2001, 2005)。通訳兼立ち合い役人としての荒木濟三郎ほか6人が英艦4隻に分乗し、荒木は英側から地名、目標となる山の名称を聞かれたが分からず、外国奉行に幕府 軍艦方 (海軍) にある伊能図の船への持ち出しを願い出たところ、幕府幹部の了解が得られた。アクテオン号艦長ワード中佐は自らの測量成果と比べてその精度が良いのに驚き、オールコック公使を通じて提供

<sup>1)</sup> 中国 (清) の上海、広州領事などを務めた後、1859年に初代駐日総領事として赴任し、初代公使へと栄転した。日本沿岸の水路測量・海図作製 (測量艦の派遣) の必要性を本国政府に進言し、1865年には清国駐在公使へ栄転した。「大君の都」などの著書があり、公使を描いた「オールコックの江戸」佐藤真由子 (2004)、中公新書などがある。

を依頼した。幕府は上陸を含む測量を認めれば攘夷運動が盛んな各藩との衝突を懸念し、伊能図のうち小図を英国に譲渡する決断をした (以降、英国に渡った伊能図を英国伊能小図と称する)。測量の早期終了を期して案外あっさりと要請に応じたものと思われる。

西川 (2015) によると佐野常民<sup>2)</sup> は1882 (明治15) 年の東京地学協会講演会において、“もし (伊能) 翁の図なかりせば、英人測量のことを止めず、その艦船わが沿岸の港湾に進航し、諸藩と葛藤を生じ、ついに和親を破るに至りしも、また測るべからず。然るにそのことなかりしは、まことに翁の余功といわざるべからず” (佐野、1882 に原文あり)”。と熱弁をふるった。大げさに言えば伊能図によって各藩と英国との衝突という国難を回避できたということである。

#### 4. 英国伊能小図所蔵先の変遷

英国に渡った伊能図は、伊能図のうち小図 (図2) であるが、この地図の裏面には、本図は幕府よりオールコック公使に提供され、アクテオン号・レーベン号に納められた”と記されたラベルが貼付されている (図3)。そして小図表面には、英国水路部の接受印 (図4) が押印されている。

この英国伊能小図は英国水路部の所有物であったが、長い間グリニッジの国立海事博物館に貸し出されていたため、日本の文献 (保柳、1974、渡辺、1996ほか多数) では同館所蔵と記載されている。一方、海洋情報部や水路協会関係者の中には英国水路部訪問時に伊能図を見たという人も多く、英国水路部所蔵と知っている人も多いと思われる。

しかし、今回の調査の結果、表2に示すような所蔵先の変遷を経て、現在は英国ナショ

<sup>2)</sup> 佐賀藩士で長崎海軍伝習所第1期生。日本赤十字社の創始者で、元老院議長を務め1879 (明治12) 年の東京地学協会の設立にかかわった。

ナルアーカイブズ<sup>3)</sup> (写真3) に所蔵 (写真4) されている。

すなわち、英国伊能小図は1861年に江戸幕府から英国海軍に提供された後、1864年に英国水路部に引き渡された。1939～2008年の間はグリニッジの国立海事博物館に貸し出されたが、2008年に英国水路部に返還された。水路部は歴史的に貴重な文書はパブリックアクセスの良い英国ナショナルアーカイブズに移管するとの方針の下、2013年に同館に永久移管された。

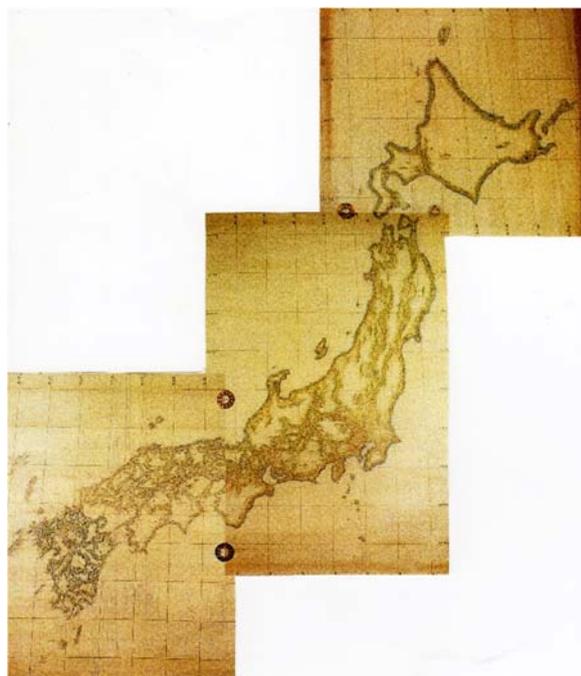


図2 英国に渡った伊能小図  
(荒俣、1999による)

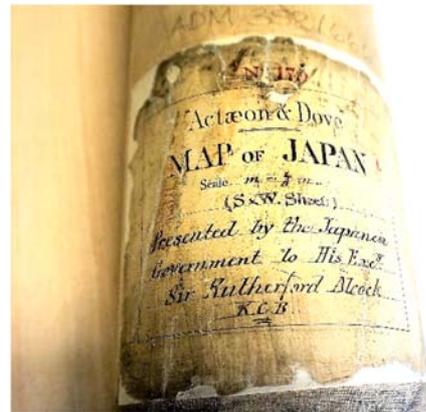


図3 英国伊能小図裏面の貼付ラベル



図4 英国水路部接受印



写真3 英国ナショナルアーカイブズ

表2 英国伊能小図所蔵先の変遷

年号	所蔵に関する動き
1861	江戸幕府は英国海軍(アクテオン号・デーブ号)に提供
1864	英国水路部が接受・所蔵
1939	英国水路部はグリニッジ国立海事博物館に貸出
2008	グリニッジ国立海事博物館は英国水路部に返還
2013	英国水路部はナショナルアーカイブズに永久移管

<sup>3)</sup> ロンドンのキューにある英国の膨大な公文書等を保管する国立公文書館で、職員数は約600人。



写真4 英国ナショナルアーカイブズ所蔵の伊能小図

## 5. 伊能小図のフルセットは日英2組のみ

伊能小図は、縮尺 43 万 2 千分の 1 の 3 面セットで日本全体をカバーするカラフルで美しい地図である(図2)。山系の描写や地名は主として海から見て直立の状態を描かれ、国名は2重、郡名は1重の朱色の短冊形(長方形)の中に記入してある。

現在、伊能小図は、日本及び英国の5機関(1図は個人)で所蔵が確認されているが、3面のフルセットは東京国立博物館所蔵(写真5)(以下、東博伊能小図と称する。)と英国ナショナルアーカイブズ所蔵の2組のみである。後者は前者と比べて虫食いなどもなく保存状態が大変良いが、以下に記すような海図を作製するための幾つかの痕跡を見ることができる。



写真5 東京国立博物館所蔵の伊能小図

いる。そして固有名詞部分の読みは八甲田山<sup>はっこうださん</sup>が Yakotayama(図6)、鳥海山<sup>ちゅうかいさん</sup>が Toriumiyama、大東崎<sup>だいとうさき</sup>が Ohigasisaki など誤って記されたものも少なくない。海域名称は日本の伊能小図には記載されていないが、TSUGAR STRAIT(津軽海峡)、AWOMORI BAY(青森湾)(図6)、KAGOSHIMA GULF(鹿児島海湾)などのように新たに記されている。地名の読みは同乗した幕府役人が、英国側に教えたと思われるが、役人は津々浦々の地名の読みまで精通していなかったため誤って教えたと推測される。

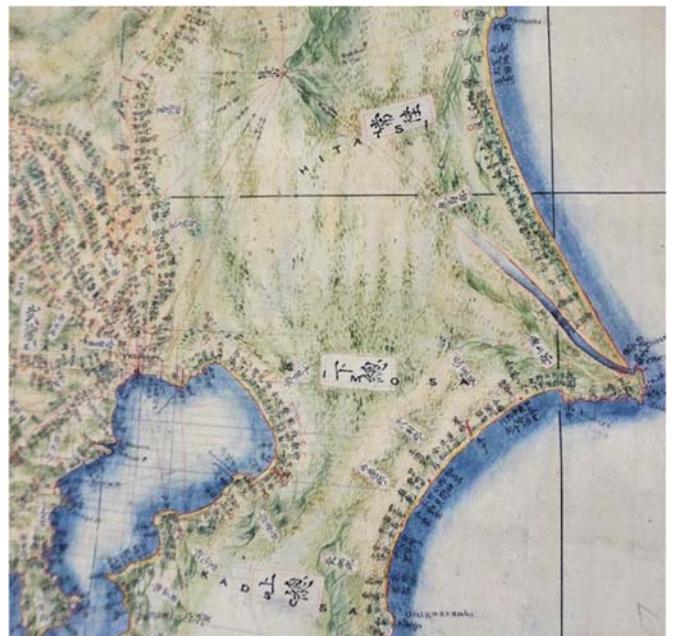


図5 房総半島付近のローマ字表記

## 6. 英国伊能小図の特色

### (1) 地名のアルファベット・英語表記

日本に残存する伊能小図と比べて最も大きな違いは、海図に必要な地名にアルファベット・英語表記がなされていることである。国名には MUSASI(武蔵)、SIMOSA(下総)(図5)、自然地形名には Fusi Yama(富士山)、Sina no gawa(信濃川)、LAKE BIWA(琵琶湖)などが付記され、自然地形名の普通名詞部分は、山は Yama、San、湖は Lake、岬は saki、point、島は sima、island など日英混合で示されて



図6 青森湾・八甲田山のローマ字表記

## (2) 海岸線の太線での補筆 (なぞり書き)

北海道の一部を除く日本全域の海岸線が朱色で太くなぞられている。これは海図への転写を容易にするためのものと推測される。

## (3) 方眼線・南北線の記入

鉛筆による方眼線・南北線の記入が見られる区域がある。方眼線は、粗い方眼線(経緯度5分間隔)と細い方眼線(経緯度1分間隔)のものがある。前者は北海道周辺で見られ(図7)、後者は津軽海峡周辺、紀伊水道～江戸湾周辺などで見られ、南北線は尻屋崎～塩屋崎に見られ、海図編集上の作業に用いられた線と思われるが、その使われ方は次回(その2)で述べる。

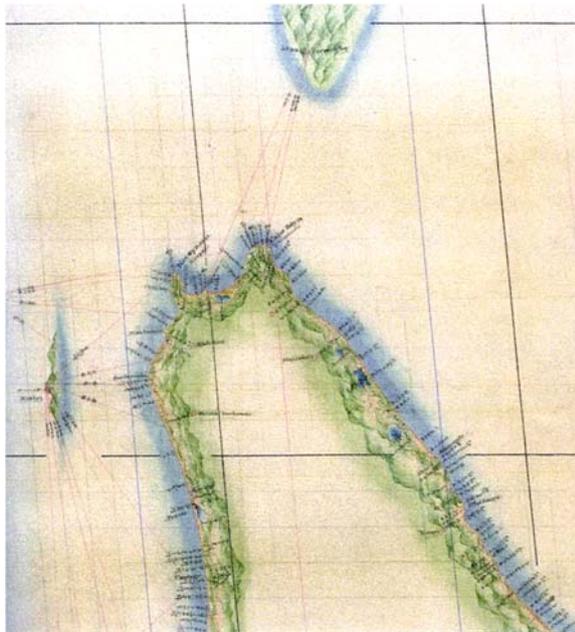


図7 北海道周辺の粗い方眼線

## 7. 英国伊能小図は日本国内で誰によりどこでいつ作製されたのか(来歴)?

英国伊能小図と東博伊能小図を比較検討するため、2017年2月20日に伊能忠敬研究会代表理事の鈴木純子さんと事務局長の菱山正剛さんと調査を行った(写真5)。東博伊能小図は、高橋景保かげやすから幕府昌平坂学問所に寄贈されたもので、明瞭な針穴が確認される。伊能測量隊が写本を作製する場合は、下図の上

に地図を重ね、原図の測点を針でついて転写する針穴法しんとうほうによっており、この方法は伊能図に特徴的な制作過程である。このため、東博伊能小図は正本に最も近い「副本」と考えられている。英国伊能小図は、幕府軍艦方(海軍)から英国に提供されたことが確認されているが、海軍では長崎海軍伝習所での所在も確認されている。

調査において、英国伊能小図は東博伊能小図に山容の表現法や地名表記法などが類似していることが分かったが、針穴はない。はたして誰の手により、いつ頃の図を原図として模写されたのかはまだ分かっていない。

## 参考文献

- 1) 荒俣 宏(1999): 蔵開け! 英国海軍水路部. ラパン, ゼンリン, 30, 16-38.
- 2) 保柳睦美編(1974): 伊能忠敬の科学的業績. 古今書院, 1-510.
- 3) 伊能忠敬研究会(2016): InoPedia 伊能図入門. 伊能忠敬e資料館, 1-3.
- 4) 西川 治(2015): 伊能忠敬の世界的偉業. 東京地学協会講演要旨, 1-5.
- 5) 佐野常民(1882): 佐野常民述: 故伊能忠敬翁事蹟. 東京地学協会報告, 1-14.
- 6) 八島邦夫(2018a): 英国海図と伊能図 瀬戸内海をめぐって一. 伊能忠敬没後200年記念講演会「地図をつくる 地図からわかる」開催報告, (公社)東京地学協会 [www.geog.or.jp/news/58-lectureheld/357-inou200-180915.html](http://www.geog.or.jp/news/58-lectureheld/357-inou200-180915.html)
- 7) 八島邦夫(2018b): 薩英戦争と英国海軍による日本沿岸の海図作製. 伊能忠敬没後200年・測量の日記念講演会「薩摩と伊能忠敬」開催報告, (公社)東京地学協会 [www.geog.or.jp/news/58-lectureheld/357-inou200-180915.html](http://www.geog.or.jp/news/58-lectureheld/357-inou200-180915.html)

- 8) 八島邦夫・鈴木純子(2018)：現存する(最終本)伊能小図をめぐって—英国小図についての新知見を中心に—。地図, 56(1), 51-58.
- 9) 八島邦夫・矢島道子(2018)：平成29年度東京地学協会海外見学会「英国ジオツアー」報告。地学雑誌, 127(5), N87-N92.
- 10) 横山伊徳(2001)：十九世紀日本近海測量について。黒田日出男・M.E.ベリ・杉本史子編。東京大学出版会, 269-344.
- 11) 横山伊徳(2005)：幕末維新期の日本沿海測量と海図作成。地図中心, 395, 10-12.
- 12) 渡辺一郎(1996)：最近における伊能日本図の所在と概況について。地図, 34(2), 2-31.
- 13) 渡辺一郎編著(2009)：新版伊能忠敬の全国測量。伊能忠敬研究会, 1-40.
- 14) Pascoe, L.N. (1972)：The British contribution to the Hydrographic Survey and Charting of Japan 1854 to 1883. Researches in Hydrography and Oceanography, Japan Hydrographic Association, 1-386.
- 15) Pye, N. and G. Beasley (1951)：An undescribed manuscript copy of INO CHUKEI's Map of Japan, The Geographical Jour. CXVII (2), 176-187.



# 平成30年度 水路新技術講演会

## —講演内容—

平成31年1月17日に開催された、第3回水路新技術講演会での講演内容を掲載致します。

### 第3回 水路新技術講演会 —平成30年度 海洋情報部研究成果発表会—

東京 霞ヶ関：本庁海洋情報部

#### 南海トラフ地震発生帯掘削によるプレート境界の新しい姿

講演者：東京海洋大学特任教授 木村 学

#### 海陸地殻変動データを用いた南海トラフ沿いのプレート間カップリング分布

講演者：京都大学防災研究所准教授 西村 卓也

#### 講演

南海トラフ海底下で発生するゆっくりすべりの検知を目指して  
海底地殻変動観測から見えてきた南海トラフ海底下のゆっくりすべり  
南海トラフ地震の津波シミュレーション結果から見た瀬戸内海の家形形成の要因  
海の今をしるために  
AUV「ごんどう」を用いた海洋調査の現在  
次世代の無人海底探査へ向けた挑戦

#### ポスター発表

新たな地震学的現象を捉えるための海底地殻変動観測技術の高度化  
内海トラフにおける海底地殻変動観測の今後の展開について  
豊後水道におけるマルチビーム測深器で得られた海底地形  
マルチビーム測深における測位・動揺データの高精度化の効果  
航空レーザー測量で捉えた南西諸島のすり鉢状の海底地形  
Chart Adequacyの評価への形成画像推定水深（SDB）の適用の検討  
諸外国で構築されている鉛直基準面のモデル  
自律型海洋観測装置による潮位解析の方向性  
海洋短波レーダーの流向・流速値による相模湾の流れの分析  
新造27メートル型測量船「はましお」  
日本海洋データセンターの取り組みと課題  
NF-GEBCO Seabed2030へのSouth and West Pacific Centre (SaWPaC) における取り組み

平成29年度までの講演内容は「水路新技術講演集 第32巻」までをご覧ください。

お問い合わせは、(一財)日本水路協会 技術指導部までお願い致します。

TEL:03-5708-7076 E-mail:gijutsu@jha.jp

# 南海トラフ地震発生帯掘削によるプレート境界の新しい姿

東京海洋大学海洋資源環境学部 木村 学

## 1. はじめに

西南日本の南方に位置する南海トラフでは、繰り返し地震と津波が起り、多大な犠牲をもたらして来たことは今や社会的に周知である。そして国の地震調査推進本部によって、来たる 30 年以内に再び地震津波が起こる確率が 70% を超えると予想されている。2011 年の日本海溝を起源として起こった地震と津波は東日本大震災を引き起こした。それを機にそれまで進められて来た地震予知研究に抜本的疑問が提起され、今では短期的には地震予知は不可能であるとするのが大方の科学コミュニティの見方となった。しかし、未来予測を科学的に可能ならしめて欲しいとの希望は大規模自然災害が起こるたびに世論として巻き起こる。数少ない原因から起こりうる結果をこれまで知られている科学的因果律を用いて予測する決定論的予測は不可能であることは今や明らかである。しかし、膨大なデータに基づいて事象の境界条件、初期条件を推定し確率論的に発生予測をし、それを実際に起こった発生事象と比べ、それを基に次の確率論的発生予測の精度を上げていく。そのようなデータ同化による未来予測の手法は、天気予報や地球温暖化予測で実践され、地殻変動や地震発生予測でも行われるようになって来た。しかし、長い歴史時間を取っても事象例が少なく、発生間隔が観測時間に比べてあまりにも長いのが地震や地殻変動である。南海トラフは世界の中で最も稠密広域に観測網が充実し、歴史的記録や地質学的記録から見ても世界でも群を抜いて最も長い記録があるが地震発生や津波発生の短期的予知は不可能である。70 年代に南海トラフの東海地域は

予知が決定論的に可能であるとして体制がとられたが、今やそれは科学的にも不可能であると修正されたのである。

この南海トラフには、海底観測網、それと結んだ掘削孔内観測点、更に海底地殻変動を観測する観測装置が設置されている。それらは陸上に配置されている観測網と結ばれ、来る南海地震に向けて時々刻々の変化が観測されている。その変化に対する科学的理解から早期警戒警報や発生後避難警報などに生かそうとする科学発展と技術改良の努力が続けられている。

それらの研究の努力は、日本社会に役に立つという意義だけではない。災害対応先進国として、地震や津波災害を抱える全ての国や社会インフラへその科学と技術が適用可能であり、それは人類の普遍的利益に直結する。そのような意義が国際社会でも評価されたので、今世紀の開始と共に新しい実行段階に入った国際深海掘削計画（2003～2012 Integrated Ocean Drilling Program (IODP); 2013～2023 International Ocean Discovery Program (IODP)）において、日本が建造した掘削船「ちきゅう」への支援と共に、南海トラフ掘削研究への国際共同研究が実施されてきたのである。

本論説では、これまでの成果を簡潔に紹介すると共に、残された課題と将来への期待を記述して見たい。なお日本語での紹介は木村ほか（2018）を参照していただきたい。

## 2. 南海地震発生帯掘削計画の科学目的と研究航海

南海地震発生帯掘削計画の科学目的は一言

で記すと「プレート境界での地震発生メカニズムの解明」である。この目的を達成するための当初作業仮説は以下の5つであった。1) 沈み込む物質と状態の系統的变化が地震発生帯の成立をもたらす、2) 沈み込み巨大衝上断層は弱い、3) プレート相対運動は基本的に狭い領域の地震性すべりでまかなわれている、4) 断層帯の物性・化学組成・状態は、地震サイクルの時間経過を通して系統的に変化する、5) 巨大分岐断層は巨大地震時の津波発生などを伴いながらすべる、である。これらを、掘削を通して検証するというプログラムとして2007年に掘削はスタートした。また、2011年の日本海溝での巨大地震・津波発生（東日本大震災）を踏まえて、津波の発生メカニズムの理解の重要性が改めて認識され、南海トラフ近傍の付加体から構成される上盤への孔内連続観測装置設置計画も追加で盛り込まれた。

これまでの計画は全部で12航海、17の掘削地点、合計68掘削孔、掘削孔総延長は40 kmにおよび、回収したコアの総延長は4.5 kmを超える。参加研究者はのべ約240名となり、総計の航海日数は668日に及ぶ。

### 3. 達成された掘削目標

日本語による研究成果の概要は前述の通り木村ほか（2018）に記されている。それはオープンアクセス可能になっているので参照していただきたいが、まとめを記すと以下の通りである。2019年に実施された結果については、現在航海後のモラトリウム研究期間中であり、成果がまとまり次第順次公開されるであろう。

2007年開始の南海トラフ地震発生帯掘削計画では、これまで以下の主要な成果が得られている。

- 1) 南海前弧域は、約6 Ma以降の沈み込み、特に約2 Ma以降の付加体の急成長によって形成され、プレート境界の上盤を形成することとなった。
- 2) プレート境界と分岐断層に沿う滑りは、海底面まで高速ですべり抜けたことがある。
- 3) 粘土鉱物に富む断層ガウジは静的にも動的にも、絶対的に弱い。
- 4) 掘削によって応力測定に成功した。プレートの収束に伴うテクトニックな応力が蓄積されており、南海地震に向けての準備が進行していることが明確となった。

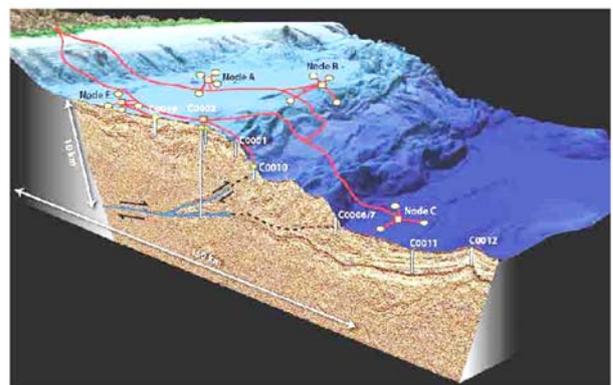
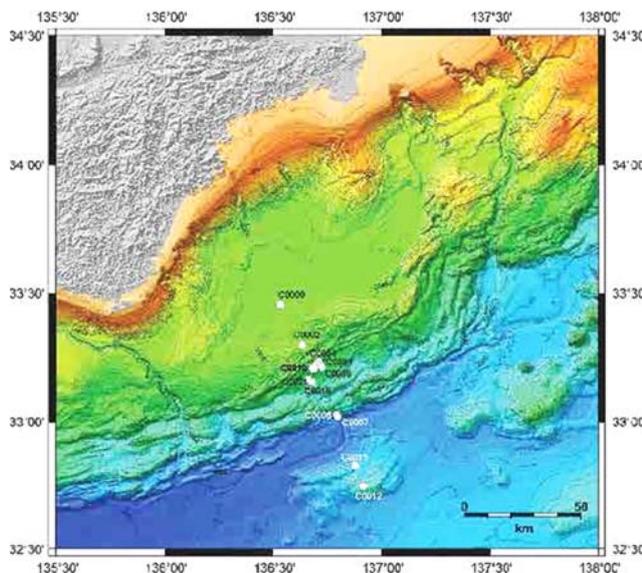


図1 南海トラフ地震発生帯掘削計画による掘削地点(木村他, 2018)

5) 掘削孔設置の観測計が、2016年4月1日に南海プレート境界で72年ぶりに発生した地震による圧力変動を観測した。また、その後発生したスロー地震の南海トラフ域までの伝搬に呼応した圧力変動も連続的に観測することができた。

これらの中で1)と2)および5)を紹介したい。これらはこれまでの科学的常識を大きく塗り替えるものであり科学的にも大きな意義がある。

#### 4. 南海トラフの沈み込みの開始＝南海トラフの成立

「南海トラフはいつ形成され始めたのか」、という問いはプレートテクトニクス理論が成立した1960年代末以来、繰り返し問われてきた問題である。西南日本の陸上部に分布する地質学的研究は、約9千万年頃の白亜紀末以来アジア大陸の縁辺で沈み込みが続き、約1500万年前頃までには日本列島が大陸から分離し日本海が出来、それ以来南海トラフではフィリピン海プレートの沈み込みが継続してきたとする説が有力とみなされてきた。しかし、南海トラフにおけるこの十年ほどの掘削結果は、約6百万年前頃に現在につながるフィリピン海プレートの沈み込みが開始された可能性が大きいと考えられるようになってきた(図2)。それは南海トラフの北西に位置する熊野海盆の形成過程が海盆の底まで達する掘削と、地震反射探査、そして南海トラフから沈み込んだフィリピン海プレートのマントルでの形状と分布の新しいデータを根拠としている。

熊野海盆の約6百万年前頃の埋積開始とその前提となる付加体形成の開始推定は、C0002とC0009の2地点の結果得られた年代測定と熊野海盆で展開された地震反射探査の結果を組み合わせ得られた結果であり、陸上における沈み込みに伴うマグマ活動の開始

を根拠としている(Kimura et al., 2014, 2018; Tsuji et al., 2015)。

この活動開始は、南海トラフのみならず、フィリピン海プレートと周辺プレート間の相対運動全体に及ぶ問題であり、今後の更なる詳細な研究が必要である。それ以前がどのようなであったかをめぐっては大きな議論が始まっている。

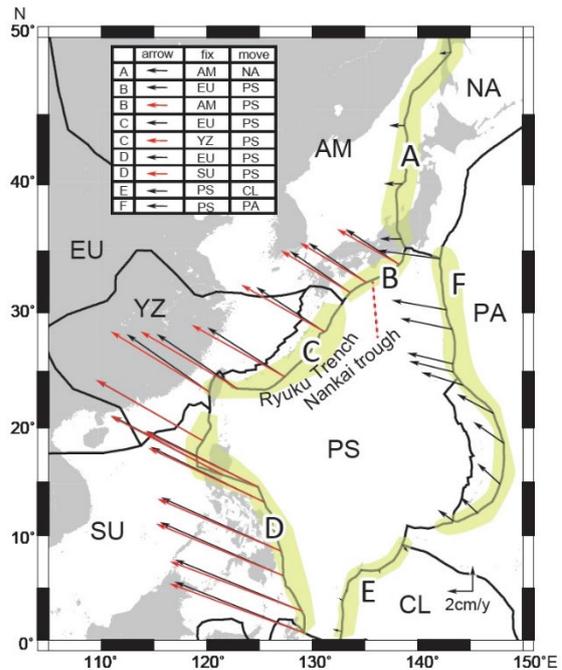


図2 南海トラフ周辺のプレート境界と相対運動 (Kimura et al., 2018) AM:アムールプレート、EU:ユーラシアプレート、NA:北米プレート、YZ:揚子プレート、PS:フィリピン海プレート、SU:スンダプレート、CL:カロラインプレート、PA:太平洋プレート

南海トラフ前弧域は付加体とそれを覆う斜面および前弧海盆(熊野海盆)の被覆堆積物からなる。その前弧域は、斜面の傾斜転換点を境に熊野海盆の発達する内側ウェッジとそこから海側で南海トラフ陸側の境を定義する前縁断層までの外側ウェッジに区分される。内側ウェッジと外側ウェッジの境界は付加体底部のプレート境界断層から分岐する断層の海底下への露出地点へと連続する。

分岐断層、外側ウェッジ、斜面堆積物を貫く掘削と堆積物の年代測定は、それらが約

220 万年前以降急速に成長したことを示している (Moore et al., 2015: 図3)。付加体の上半分は南海トラフに海溝充填堆積物として堆積したものであり、それらは駿河トラフや、天竜海底谷などを流れ下ったものである。そのような陸からの堆積物が急速に供給されたことが外側ウェッジを太らせる主要原因であったことが明らかとなった。それらを陸上の地殻変動や地質の歴史と組み合わせると、日本アルプス特に南アルプスや赤石山地域の急速な上昇と削剥が堆積物の急速供給の原因である。この山脈形成は、東西日本の衝突や伊豆半島の衝突が原因であることはよく議論されてきた。東西日本の衝突帯は日本海東縁域の歪集中帯へと繋がっている。その地帯は、日本海の海底を構成するアムールプレートと東北日本から北海道を構成するオホーツクもしくは北米プレートのプレート境界と捉えられる。その2つのプレート間の衝突によって形成された日本アルプス、そこに伊豆半島の衝突も加わったプレートの三重会合域でのダイナミックな変動が、南海トラフ域の前弧ウェッジの成長に大きな貢献をしており、南海トラフの沈み込み帯における巨大地震発生帯の成立にも関わっているということになる。今後の更なる詳細な研究が期待される。

#### 4. 巨大分岐断層・プレート境界断層の構造と摩擦発熱の証拠

巨大分岐断層は掘削地点 C0004 の海底下 256~315m に観察される破砕帯に、一方、プレート境界断層は掘削地点 C0007 の海底下 398.5~446m に観察される破砕帯に、それぞれ対応している。これらの断層帯の上下で化石年代が逆転しており、いずれも衝上断層運動と調和的である。また掘削地点 C0007 の海底下約 419m には、衝上断層センスを示す複合面構造も認められている。掘削地点 C0004 の海底下約 271m には厚さ約 1cm の、また掘削地点 C0007 の海底下約 438m には厚さ約 2mm の、ガウジ層境界と平行または斜交した極細粒粘土鉱物粒子の配列によって特徴づけられる断層ガウジが観察されており (Ujiie and Kimura, 2014)、巨大分岐断層とプレート境界断層の主要な断層面と考えられている。これらの断層帯では鉱物脈や熱水変質は認められていない (Ujiie and Kimura, 2014)。

前述した掘削地点 C0004 の海底下約 271m および掘削地点 C0007 の海底下約 438m の断層ガウジ近傍で、ビトリナイト反射率が周辺 (0.24~0.27%) より高い (掘削地点 C0004 で 0.57%、掘削地点 C0007 で 0.37%) 異常が認められており (図4 Sakaguchi et al., 2011)、

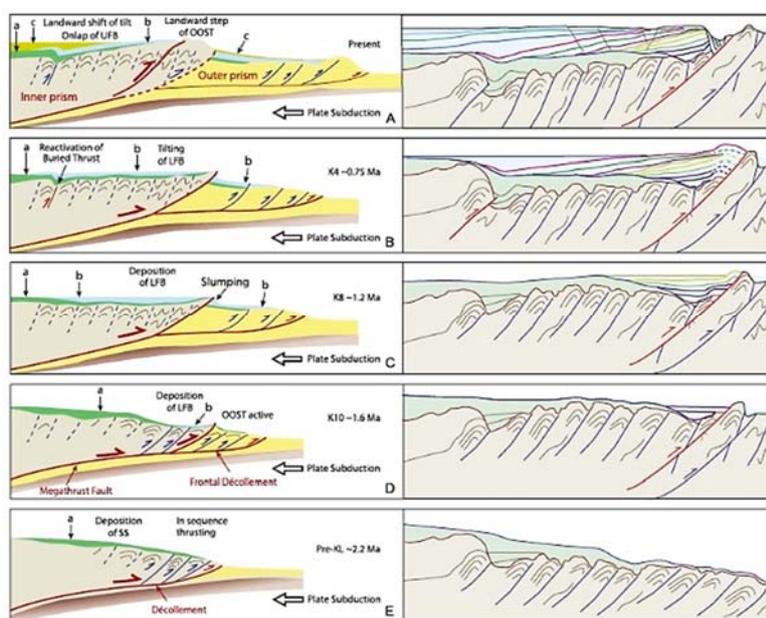


図3 南海付加体の発達過程 (Moore et al., 2015)

断層運動に伴う摩擦発熱の痕跡と考えられている。前者の断層ガウジでは母岩に比べてスメクタイトが減少してイライトが増加しており、摩擦発熱によってスメクタイトのイライト化が進んだと考えられている (Yamaguchi et al., 2011)。Fulton and Harris (2012) や Hamada et al. (2015) は分岐断層とプレート境界断層の断層ガウジ近傍のビトリナイト反射率プロファイル (図3) にビトリナイト熟成のカイネティクスモデルを適用し、摩擦発熱によって上昇した最高温度を 340~400°C と推定している。このような巨大分岐断層およびプレート境界断層の浅部における摩擦発熱の痕跡は、かつて地震性高速すべりが海底付近にまで到達していたことを示唆しており (Sakaguchi et al., 2011)、その結果大きな津波が発生したであろうことは想像に難くない。

開されており、また震央から南東方向へ 25~35 km の場所では、IODP 第 365 次研究航海によって、既に設置された 2 か所 (掘削地点 C0002 及び C0010) の掘削孔内観測装置による観測が行われていた。この地震発生時とその前後の震源域近傍での様々な海底観測データ (DONET による地震・海底水圧)、掘削孔内観測による海底下の間隙水圧データが得られた。なお、掘削地点 C0002 の掘削孔内観測データは、孔内に設置した長期孔内観測装置が 2013 年から DONET に接続され、地震発生時にリアルタイムで取得された。一方、掘削地点 C0010 の掘削孔内観測データは、2010 年から設置されていた (DONET には未接続) 簡易型孔内観測装置を、この地震の発生直後の IODP 第 365 次掘削航海実施中に回収して取得された。

解析の結果以下のことが判明した (Wallace et al., 2016; Araki et al., 2017)。

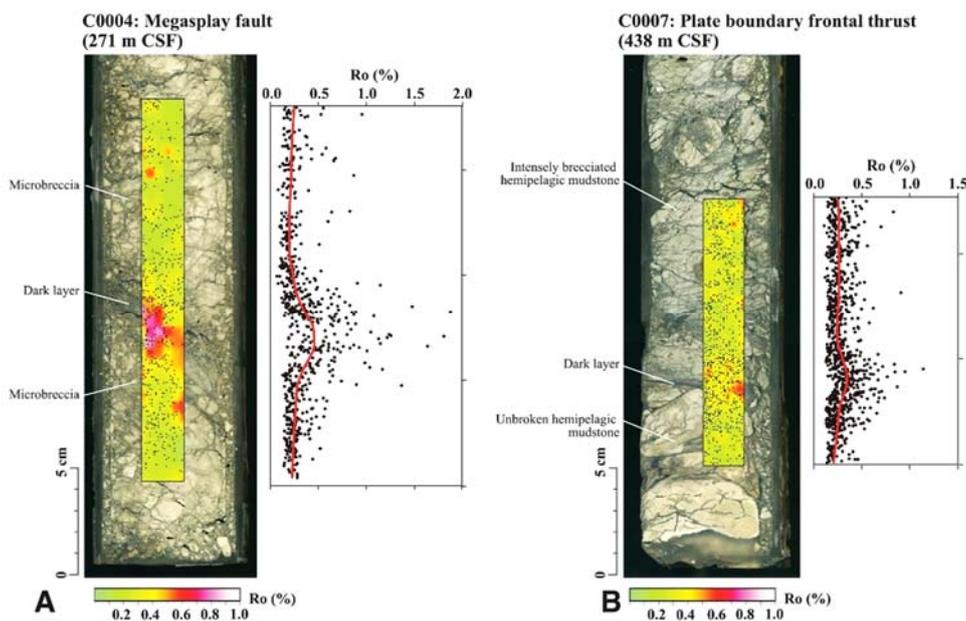


図4 南海掘削による断層とビトリナイト反射率 (Sakaguchi et al., 2011)

## 5. 2016年 三重沖プレート境界地震と ゆっくり地震の掘削孔内観測

2016年4月1日、紀伊半島南東沖約50 kmの海底下約10 km (図4) で地震が発生した。この地震の震源の上を覆うようにDONETが展

1) 4月1日のMw6.0地震前後を含む一連の地震の詳細かつ精密な活動状況 (震源分布) をDONETの海底地震計のデータと海底下構造探査から得られた高精度な構造モデルに基づき決定した。そ

の結果、プレート境界面近傍に地震活動が集中していることが明らかとなった。

- 2) DONET の水圧計によって、地震によって海底面の震央近傍で 1.7 cm 程度の沈降、沖合で数 mm の隆起をしていることがわかった。また、震源域の沖合の 2 ヶ所の IODP 掘削孔内観測で得られた海底下の間隙水圧上昇の変動観測結果から、地震によって掘削地点 C0002 で  $0.37 \times 10^{-6}$ 、C0010 で掘削地点  $0.15 \times 10^{-6}$  それぞれの比率で体積収縮していることが明らかになった (図 5)。これらの観測結果を検討した結果、本震では、震源分布で見られたのと同様にプレート境界面の地震すべりをしていると判断すべきであると結論された。
- 3) DONET の水圧計では、地震直後に震央付近で高さ 2 cm 程度の小さな津波が発生

し、津波が周囲に伝わっていく様子が明らかになった。この津波もまた、プレート境界面で地震すべりをした場合の予測と合致した。

- 4) 掘削孔内の間隙水圧は、本震時に 2kPa 急上昇し、その後も 2 日間にわたってさらに 30% 程度上昇を続けた。これは本震後もすべりが継続したことを意味する。また、本震後に遅れて、震源から 10 km 程度離れた場所の余震活動が活発化したことは、本震後周囲のプレート境界面がゆっくりとすべっている可能性を示唆する。このことは、本震震源がゆっくりすべりを起こす領域と深部の固着域の間の遷移域で発生したことを示している。1944 年南海地震では数 m の大きなすべりが発生している領域でもあり、今後の更なる詳細な注意深い観測が必要である。

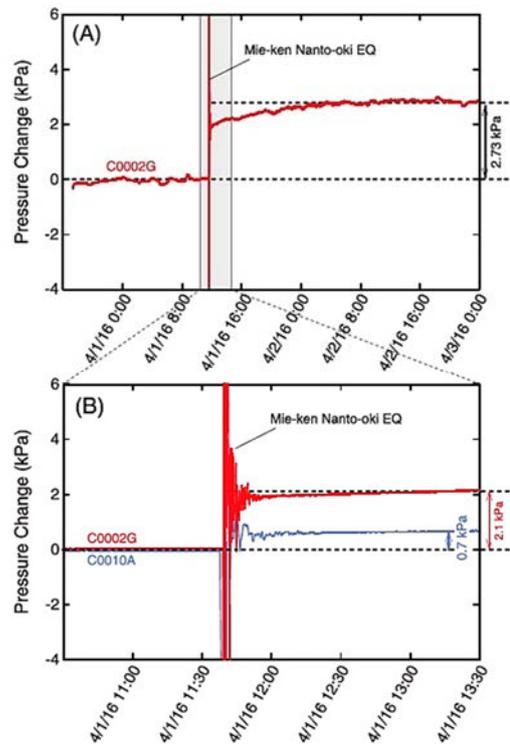
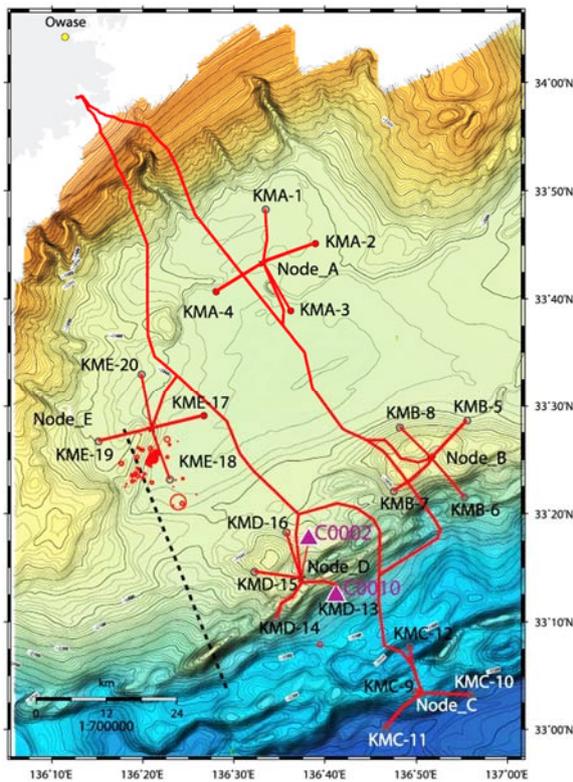


図 5 2016. 4. 1 三重沖地震と孔内圧力変動 (Wallace et al. 2016)

## 6. おわりに

南海地震発生帯掘削計画は2019年に完了することを目指して、プレート境界断層に到達する超深度掘削へ挑戦した。しかし、多大な技術的困難と変動を続ける前人未到の複雑な地質帯への掘削という難関に直面し、時間内に目的の深度へ到達することは断念せざるを得ないこととなった。しかし、これまでの掘削の展開によって時々刻々と南海地震の時へ向かって準備が進行しているプレート境界域の実態を捕まえることができてきたと言える。海底や孔内に張り巡らした観測網はそれらを伝え続けている。最後に残されてしまったのは地震を発生するプレート境界断層そのものにあるいは出来るだけ近接し、時々刻々の微細な変動を観測するという前人未到の挑戦に挑むことを期待したい。そのことが巨大地震発生前にできうるプレート境界は地球の中で南海トラフしかないのであるから。再挑戦に期待したい。

- 7) Moore G. et al. (2015) *Marine Petrol. Geol.*, 67, 604-616.
- 8) Sakaguchi A. et al. (2011) *Geology*, 39, 919-922.
- 9) Tsuji T. et al. (2015) *Earth Planet. Sci. Lett.*, 431, 15-25.
- 10) Ujiie K. and Kimura, G. (2014) *Prog. Earth Planet. Sci.*, 1, 7, doi:10.1186/2197-4284-1-7.
- 11) Yamaguchi A. et al. (2011) *Geology*, 39, 995-998.
- 12) Wallace L. et al. (2016) *Jour. Geophys. Res.*, 121, 8338-8351.

## 引用文献

- 1) Araki et al. (2017) *Science*, 356, 6343, 1157-1160.
- 2) Fulton and Harris (2012) *Earth Planet Sci. Lett.*, 335/336, 206-215.
- 3) Hamada Y. et al., (2015) *Earth, Planets, Space*, 67, 39, doi:10.1186/s40623-015-0208-0.
- 4) 木村学ほか (2018) *地質学雑誌*, 128, 1, 47-65, doi: 10.5575/geosoc.2017.0069
- 5) Kimura G. et al. (2014) *Tectonics*, 33, 1219-1238.
- 6) Kimura G. et al., 2018, *Progress in Earth and Planetary Science*, 5, 1, 78, doi: 10.1186/s40645-018-0234-1

# 海陸地殻変動データを用いた南海トラフ沿いのプレート間カップリング分布

京都大学防災研究所 西村 卓也

## 1. はじめに

1990年代に実用化された米国のGPSをはじめとする全地球航法衛星システム(GNSS)は、それ以前の測量技術を精度や作業効率の点で大きく凌駕し、地殻変動研究において革新をもたらすものであった。日本列島は世界的に見ても活発な地殻変動が生じている変動帯に位置し、大地震が多数発生している。海洋プレートが日本列島を構成する大陸プレートの下に潜り込む際に発生する海溝型地震は、地震の規模が大きく、津波を伴うことが多いため、大きな災害を引き起こしてきた。西日本の太平洋側で発生する南海トラフ地震は、近い将来に発生すると言われ、将来発生する地震の地震像を明らかにすることは、被害を軽減するためにも重要である。本稿では、海陸の地殻変動観測から明らかになった現在の西日本の地殻変動を解説し、海底観測データが南海トラフ地震の地震像を明らかにする研究にどのような貢献をしているかを紹介する。

## 2. 南海トラフ巨大地震とは？

西日本の太平洋沖合に位置する南海トラフは、海洋プレートであるフィリピン海プレートと陸側プレートの境界となる海底地形である。フィリピン海プレートは陸側のプレートに対して北西方向に移動しているため、南海トラフから陸のプレートの下に潜り込み、両プレートの境界は西日本の地下へと続いている。このプレートの境界で発生する巨大地震が南海トラフ巨大地震である。歴史上、南海トラフ地震は、西暦684年の白鳳地震から1944年の昭和東南海地震、1946年昭和南海地震まで9回の地震が発生しており、その繰

り返し間隔は最短で90年、最長で265年となっている(図1)。これらの地震は、駿河湾から足摺岬沖までを震源域とする一つの巨大地震となったことあれば、潮岬沖の東側と西側の二つの大地震が連発したような場合があり、次の地震がどのようなタイプになるかはわかっていない。ただ、二つの地震となった場合でも歴史上は3年以内に近接して発生しているため、地震の繰り返しをカウントする際は1回の地震と数えるのが一般的である。最後の南海トラフ地震から既に73年が経過していることから、地震調査委員会では、今後30年間に南海トラフ地震が発生する確率を70~80%としており、想定される地震の規模はマグニチュード8~9クラスとされている。このような大地震が発生すれば、東日本大震災のような広域での大被害が生じることになり、その対策が急がれている。

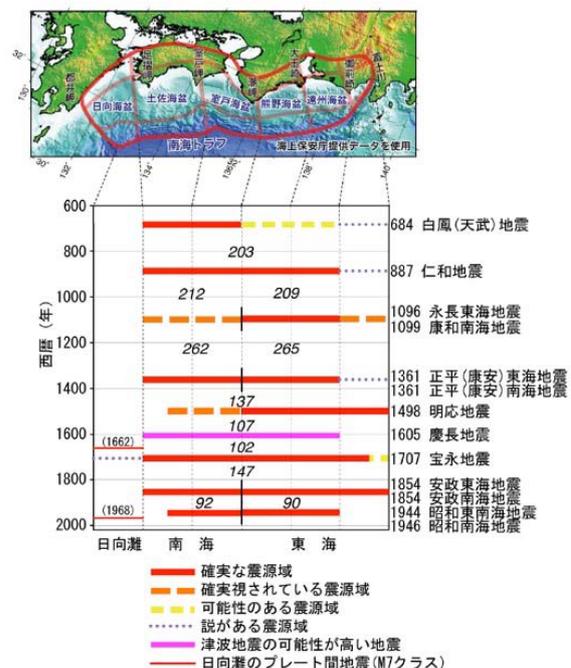


図1 過去に発生した南海トラフ巨大地震の発生履歴(地震調査委員会, 2013)。

### 3. 地殻変動観測と南海トラフ巨大地震

過去の発生履歴に加えて、南海トラフ巨大地震が将来必ず発生すると考えられている根拠として挙げられるのが、地殻変動データである。日本列島で地殻変動の観測データとして用いることができる近代的な測量が開始されたのは、1880年代であり、水平位置を計測する三角・三辺測量と高さを計測する水準測量及び潮位観測が開始された。1990年代以降にはこれらの測量は、GPS衛星などの人工衛星からの電波を受信して位置を計測するGNSS測量に置き換わりつつあり、水平位置はmm精度で計測できるようになった。GNSSを利用した地殻変動の観測点は、国土地理院により全国約1300か所の電子基準点として整備されており、日々の地殻変動がモニタリングされている。西日本の太平洋側のGNSS観測点では日本海側の観測点に対して、年間4-5cmの北西向き地殻変動が観測されているが、このような地殻変動は、海洋プレートの沈み込みに伴って陸側のプレートが押し込まれていることを意味している(図2)。すなわち、プレートの境界面ががっちり固着して

いて、次の大地震に向けて着々とひずみを蓄えていることの証拠であると言って良い。現在蓄えられているひずみが限界に達すると大地震が発生し、逆向きの地殻変動が生じると考えられるが、実際に昭和南海地震の前後に行われた測量結果によると、四国の太平洋側では、南東方向に1m程度の地殻変動が観測された。よって、現在蓄えられているひずみも将来発生する南海トラフ地震で解放されるものであると言える。

南海トラフ地震の震源域の大半は海域であり、陸上だけの地殻変動観測では、プレート境界面の固着状態を高精度で推定することはできない。近年では、海上保安庁や大学等によるGNSS-音響測距結合方式海底地殻変動観測によって、海底の地殻変動も観測されるようになり、南海トラフ沿いでも地殻変動の速さや方向が場所によって異なることがわかってきた。Yokota et al. (2016)は、それまで海上保安庁によって行われてきた南海トラフ沿いの海底地殻変動観測データを整理して変動速度を計算し、さらにそこからプレート境界面の固着状態を推定した。その結果、四国

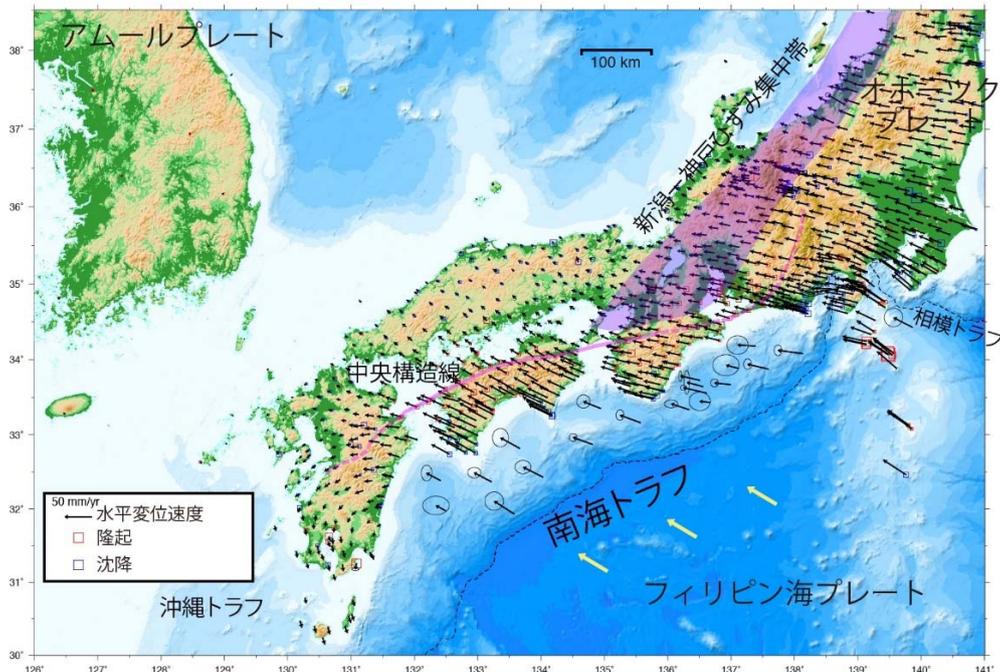


図2 西日本の地殻変動速度(Nishimura et al., 2018)。データの期間は陸上観測点が2005-2009年、海底観測点は2004-2016年。

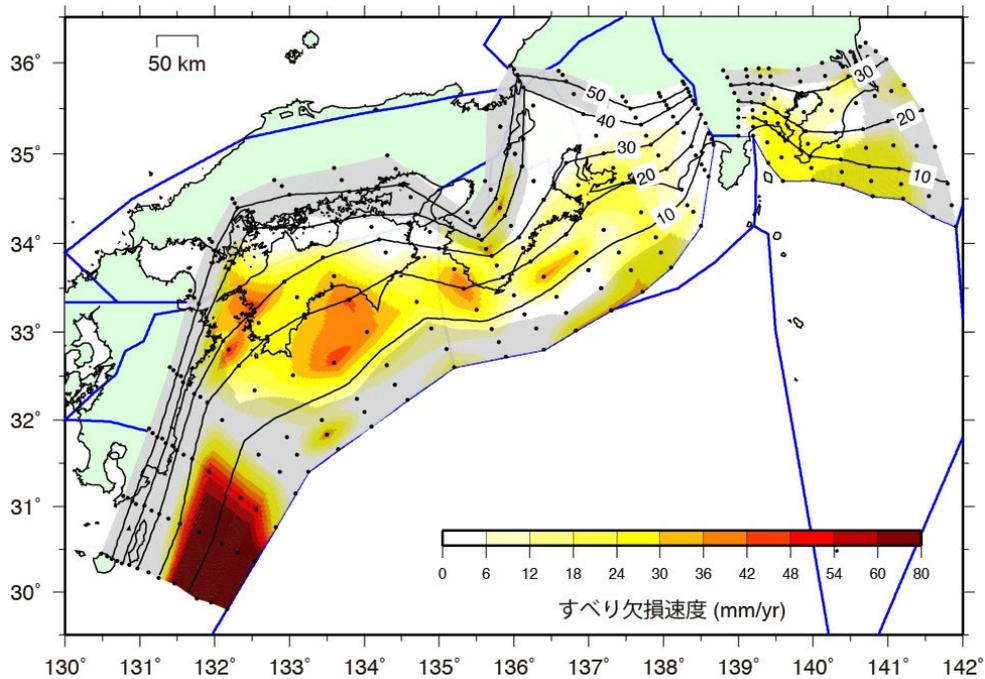


図3 プレート境界面の固着状態(Nishimura et al., 2018)。  
カラースケールは1年あたりのひずみ蓄積速度を表す。網掛けの領域は、推定誤差が大きいことを表す。

沖や遠州灘ではひずみの蓄積速度が大きい  
のに対し紀伊水道沖などでは比較的蓄積速度が  
小さいことを見出した。このような固着状態  
の不均質な分布は、陸上の地殻変動データだ  
けからは推定できなかったものであり、海底  
地殻変動データの有用性を強く示した。  
Nishimura et al. (2018)は、従来一枚岩と  
仮定していた陸側と海側のプレートが複数の  
小さなプレートによって構成されていると考  
えて、海陸の地殻変動観測データをモデル化  
し、プレート境界面の固着状態を推定した(図  
3)。その結果、陸側プレート内での個々のプ  
レート運動を考慮することにより、南海トラ  
フ沿いのプレート境界域における全体的なひ  
ずみの蓄積速度は Yokota et al. (2016)に比  
べて小さくなるものの、ひずみ蓄積速度が四  
国沖で大きく潮岬沖では小さいといった空間  
パターンは Yokota et al. (2016)と似た結果  
を得た。すなわち、次の南海トラフ地震では、  
四国沖でのすべり量が大きくなることや潮岬  
沖ではすべり量が小さく、この領域の東西で

別々の地震として発生する可能性があること  
など、過去の南海トラフ地震と類似した傾向  
が現在の地殻変動データから推定できたこと  
になる。

#### 4. スロースリップイベント (SSE) と 巨大地震

地殻変動観測データから得られた南海トラ  
フ巨大地震に関連する知見として重要なもの  
として、スロースリップイベント (SSE) の発  
見が挙げられる。SSE は、断層が数日から数  
年かけてゆっくりとすべる現象であり、主に  
南海トラフ地震の固着域の深部側で年に数回  
発生していることが知られている。SSE は、  
地震動を伴わないので地震計では捉えられず、  
GNSS や傾斜計などの地殻変動観測データを用  
いて検出されてきた。SSE が発生すること  
は、通常は固着している領域の一部がすべる  
ことになるので、残りの固着域にはさらなる  
負荷がかかり、大地震を起こしやすくなると  
概念的には考えられる(図4)。実際、2011年

東北地方太平洋沖地震の前には、震源域内で SSE が発生していたことが見ついている (Ito et al., 2013)。南海トラフ沿いの固着域内あるいは固着域の浅部側で発生する SSE は、陸上の地殻変動観測網から離れているためその発生の様子が長い間わからなかったが、近年整備された海底の地震・津波観測監視システム (DONET) によって、発生していることが確認されている (Araki et al., 2017)。今後さらに海底での地殻変動観測を強化することにより、SSE の発生履歴と大地震との関係を調べていく必要がある。

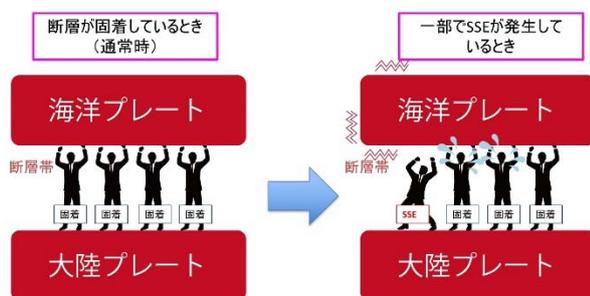


図4 スロースリップイベント (SSE) と固着域の関係の概念図。

## 5. おわりに

最近の四半世紀で得られるようになった高精度で高時間分解能の地殻変動観測データによって、将来発生する南海トラフ巨大地震の地震像をつかむことが出来るようになったが、最近数年間にまとめられた海底地殻変動観測のデータにより、地震像はさらに大きく絞り込むことが可能になった。とはいえ、南海トラフ軸近傍や日向灘以南の海底地殻変動は未だに明らかになっておらず、南海トラフ巨大地震の震源域がこれらの領域まで広がるかという防災上重要な問いに我々はまだ答えられていない。これらの問いに答えるため、海上保安庁の海底観測網のさらなる拡充に期待したい。

## 参考文献

- 1) 地震調査委員会. (2013). 南海トラフの地震活動の長期評価 (第二版) について, [https://www.jishin.go.jp/main/chousa/13may\\_nankai/index.htm](https://www.jishin.go.jp/main/chousa/13may_nankai/index.htm)
- 2) Nishimura, T., Yokota, Y., Tadokoro, K., & Ochi, T. (2018). Strain partitioning and interplate coupling along the northern margin of the Philippine Sea plate, estimated from GNSS and GPS-A data, *Geosphere*, 14, doi:10.1130/GES01529.1.
- 3) Yokota, Y., Ishikawa, T., Watanabe, S., Tashiro, T., & Asada, A. (2016). Seafloor geodetic constraints on interplate coupling of the Nankai Trough megathrust zone. *Nature*, 534(7607), 374.
- 4) Ito, Y., Hino, R., Kido, M., Fujimoto, H., Osada, Y., Inazu, D., Ohta, Y., Iinuma, T., Ohzono, M., Miura, S., Mishina, M., Suzuki, K., Tsuji, T., & Ashi, J. (2013). Episodic slow slip events in the Japan subduction zone before the 2011 Tohoku-Oki earthquake. *Tectonophysics*, 600, 14-26.
- 5) Araki, E., Saffer, D. M., Kopf, A. J., Wallace, L. M., Kimura, T., Machida, Y., Ide, S., Davis, E., & IODP Expedition 365 shipboard scientists (2017). Recurring and triggered slow-slip events near the trench at the Nankai Trough subduction megathrust. *Science*, 356(6343), 1157-1160.

## 南海トラフ海底下で発生するゆっくりすべりの検知を目指して ～海底地殻変動観測と黒潮海洋場～

横田 裕輔

海洋調査課 海洋防災調査室（現 東京大学生産技術研究所）

断層面で起こるすべり現象は、強い地震波を引き起こす地震、私たちが感じることをできないようなゆっくりとした地震動を起こすゆっくり地震、地震波が起こらないほど長期的なすべりであるゆっくりすべりがあり、地震以外の現象をスロー地震と総称する。観測技術の進展により 21 世紀に入ってから南海トラフ深部陸域直下のプレート境界において多様なスロー地震とその挙動が観察されるようになった (Obara and Kato, 2016, Science)。観察されるそれらの現象の物理、巨大地震との関係は地震学・地震防災において重要である。

このスロー地震の中で、ゆっくりすべりは測地観測によってのみ捉えることができる。1990 年代後半に陸域の高密度 GNSS 観測網 (GEONET) が国土地理院によって展開され、陸域直下のゆっくりすべりは M (マグニチュード) 6 程度の現象まで検出可能となった (Nishimura, 2014, PEPS など)。しかしながら、海底測地観測技術の能力不足により海域直下のゆっくりすべりは検知が難しく、発生の有無すら不明であった。

近年、GNSS-A (GNSS-音響測距結合方式) 観測は観測頻度を向上するための機器の更新が行われ、最大で年 10 回程度の観測が可能となった (松下・小池, 2018, 海洋情報部研究報告など)。さらに、解析技術の高度化によって観測精度の向上も図られた。とくに、海洋場の構造を詳細に解析する技術 (Yokota et al., 2018, MGR) の開発によって、上下に厚みのある海洋構造と観測精度の間の関係が明らかになってきた。

この技術で海洋場の構造を解析すると、XBT などで観測した鉛直方向の海洋構造とは異なり、水平方向の構造の傾きやその厚みを見出すことができる。たとえば、黒潮北端が観測点近傍にある場合は、浅部に強い水温傾斜構造があり、観測点のある 4km 四方程度の海域の中の音速場の違いがわかる。黒潮が沿岸に近づくとつれて、傾斜構造は深部にずれて緩やかになっていく様子や、黒潮が蛇行した場合には観測点近傍には支配的な傾斜構造がなくなり、上下逆転した複雑な構造になりやすい様子も見える。また、2017 年からの黒潮大蛇行中の結果は衛星データによるモデルとも整合的であり、他の海洋学的データとの比較も可能である。今後、さらに詳細な分析によって GNSS-A でしか知ることのできないような海洋場のナノスケールの情報を知り得る可能性もある。

以上のようなさまざまな努力によって、より高感度になった GNSS-A は一定の規模のゆっくりすべりを検知できる能力に到達した。M7 以上の規模であれば確実に検知が可能であり、場所によっては M6 程度の規模でも検出できる可能性がある。

## 海底地殻変動観測から見てきた南海トラフ海底下のゆっくりすべり

石川 直史  
技術・国際課

近い将来に巨大地震の発生が想定されている南海トラフのプレート境界の固着状態を把握するために、海上保安庁は、GNSS-音響測距結合方式(GNSS-A)による海底地殻変動観測を実施している。

南海トラフのような海溝型巨大地震の発生域では、スロー地震と呼ばれる、プレート境界の断層がゆっくり動く現象が発生していることが知られている。スロー地震自体は直接的な被害を発生させることはないものの、近年の研究により巨大地震との関連性が指摘されており、巨大地震の発生メカニズム解明のための重要な研究対象となっている。

スロー地震のなかでもゆっくりすべりと呼ばれる現象は、断層が数日から数年の時間スケールでゆっくりとずれ動く現象である。これまで、陸上のGNSSやひずみ計などの高精度な観測網によって、陸の地下にあたるプレート境界深部で発生しているゆっくりすべりの詳細が調査されてきた。同様の現象が海底下のプレート境界浅部においても発生していることが想定されているものの、海域における観測の難しさから、詳細は未だ不明な部分が多い。

GNSS-Aは、海底版のGNSSとして海底の地殻変動を直接測定できる技術であるが、観測頻度の少なさや測位精度の低さから、ゆっくりすべりのような微小な動きを捉えることは容易ではない。海上保安庁では、微小な動きを捉えることを目指して観測頻度と測位精度を向上させるための取り組みを進めている。

2017年末以降の観測データから紀伊水道沖の海底においてそれまでの傾向とは異なる地殻変動が検出された(図)。海底においてこのような水平変動が面的に捉えられたことは、初めてのことである。この変動はプレート境界浅部におけるゆっくりすべりに起因すると考えられる。今回捉えられた現象は、南海トラフ地震の解明に向けた新たな知見として活用されることが期待される。

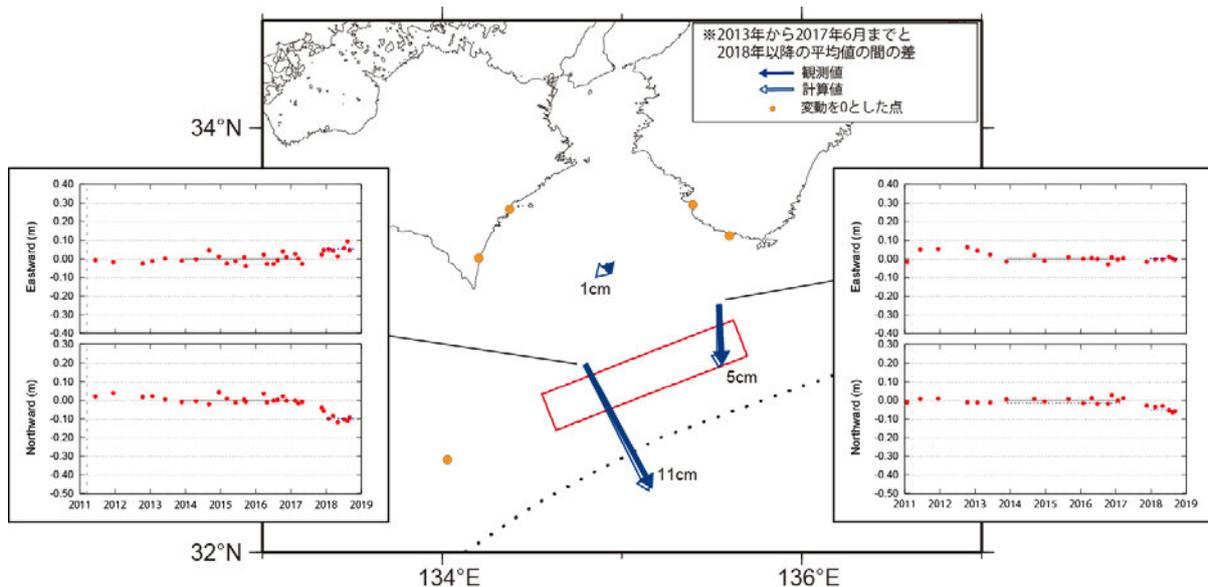


図 2017 年末頃からの観測で捉えられた紀伊水道沖の海底における非定常的な地殻変動(青矢印)。赤四角は変動を説明する断層モデルで、白抜き矢印がモデルから計算される変動量。

# 南海トラフ地震の津波シミュレーション結果から見た瀬戸内海 の海釜形成の要因

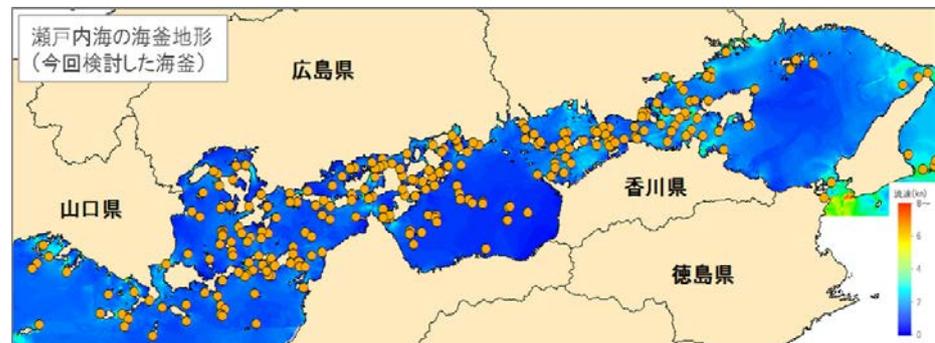
鈴木充広<sup>\*1</sup>，宗田幸次<sup>\*2</sup>，石川美風香<sup>\*1</sup>，佐藤 敏<sup>\*3</sup>

\*1 海洋調査課 海洋防災調査室，\*2 技術・国際課 海洋研究室，\*3 海洋情報課

## 1. はじめに

瀬戸内海には海釜と称される楕円形，円形，三日月形等の形状の海底の窪地が数多く存在している．この数多くの海釜に関して，八島（1994）は膨大な資料を用い，その成因や形成時期等について考察し，潮流の流速と海底の侵食状況の間には比較的明瞭な対応関係が見られることから，潮流による侵食が海釜形成の主たる原因であると結論づけた．

しかし，潮流がごく弱い海域にも海釜は存在しており，潮流以外にも海釜の形成の要因があると考えられる．本発表では，そうした要因の一つとして，津波による強い流れがあるのではないかと予想し，考察した結果について紹介する．



## 2. 方法

瀬戸内海に散在する海釜から八島（1994）に提示された海釜を基礎とした，およそ 250 の海釜を選び，海釜位置における潮流と津波の流れ各々の最大流速を求め，それぞれの流れの海釜形成への寄与について検討した．

潮流の最大流速計算には日本水路協会が 2000 年度から 3 年間実施した潮汐シミュレーションの成果を利用し，津波の最大流速計算には南海トラフ地震の想定津波断層モデルを用いて海洋情報部で実施した津波シミュレーションの成果を利用した．

## 3. 結果と課題

津波の最大流速と海釜の深さとの間には全般的な相関関係は見られず，このことから海釜形成への津波の寄与の度合いは小さいと判断した．しかし，少数ではあるが，津波によって形成された可能性の高い海釜も見いだされた．そうした海釜が存在する海域では共振により固有振動が励起され，強い流れが発生する状況が 12 時間以上も継続することが解った．

今回は主に八島（1994）が採り上げた海釜を対象として考察を進めたが，マルチビーム測深器などを用いた測量の範囲が広がれば，詳細な海底地形データが得られ，更に多数の海釜が発見されることが期待出来る．今後はそうした詳細な海底地形データを用いて，津波が海底に残した痕跡を探る必要がある．

## 海の今を知るために ～海洋状況把握(MDA)における情報の集約・共有～

桂 幸納

海洋情報課 海洋空間情報室

海上保安庁では、海洋基本計画に基づき、水温・塩分、漁業権等各種法令の区画情報、船舶通航量、海底地形といった様々な情報（100項目以上）を地図上に重ね合わせて表示できるWebGISサービス「海洋台帳」を平成24年から運用してきた。海洋台帳は公開以来、毎年500万件程度のアクセスを維持しており、海洋再生可能エネルギーへの期待が高まる中、洋上風力発電施設の適地選定等にも役立てられるなど、海洋分野におけるWebGISサービスとして定着してきた。

近年、米国や欧州では、海洋からの様々な人為的又は自然の脅威に対応するための情報共有基盤・枠組みとして、海洋に関する事象を効果的に把握する「海洋状況把握(MDA: Maritime Domain Awareness)」の取組が進められている。我が国においても、海洋における様々な人為的又は自然の脅威への対応と海洋の開発および利用促進のため「我が国の海洋状況把握(MDA)の能力強化に向けた取組」が平成28年に総合海洋政策本部において決定された。この決定の中で、各府省及び政府関係機関が収集した様々な海洋情報を集約・共有・提供する「海洋状況表示システム」を新たに整備・運用することが決定された。海洋状況表示システムは、海上保安庁が運用する海洋台帳等をシステムの基盤として活用し、この基盤に関係府省及び政府関係機関が収集した様々な海洋情報を追加し、広域性・リアルタイム性の向上を図るものである。

現在、海上保安庁では、平成30年度末の運用開始に向けて、内閣府総合海洋政策推進事務局の総合調整の下、関係府省等と協力して海洋状況表示システムの整備を進めている。海洋状況表示システムは、海洋台帳と比べ、気象・海象情報及び衛星情報等を追加するなど掲載情報の拡充を行うとともに、目的に応じて必要な情報を選び易くするシーン別セットメニューやキーワード検索、時系列情報のアニメーション表示機能等、ユーザーの利便性向上のための機能を追加している。

本講演では、平成30年度末の運用開始に向けた海洋状況表示システムの整備状況及び海洋台帳の利用実績に基づくシーン別セットメニューを紹介する。



図1. 海洋状況表示システム（愛称「海しる」）のロゴ

## AUV「ごんどう」を用いた海洋調査の現在 ～精密地形調査の進展と光学観測の開始～

長澤 亮佑

海洋調査課 大陸棚調査室

海上保安庁は海洋基本法及び海洋基本計画に基づき、我が国の管轄海域における海洋権益の保全等、海洋の総合的管理に必要な海底地形等の基盤的情報を収集・整備するため、2013年度から自律型潜水調査機器（AUV; Autonomous Underwater Vehicle）「ごんどう」を運用している。

「ごんどう」は海底調査のための音響観測機器として、マルチビーム音響測深機、サイドスキャンソナー、及びサブボトムプロファイラを搭載している。加えて、深度計、音速度計、CTD センサといった計測機器を備えており、海水の性状についての連続観測を可能とする。このような多様なペイロードを同時に使用することで、海底の微細な地形構造を捉えるのみならず、海底における特異な事象、例えば火山活動の把握に資するようなデータの取得が期待される。導入以来、南西諸島弧の周辺及び沖縄トラフでは「ごんどう」による調査が継続的に実施され、複数の海域において海底火山地形の様子が明らかにされてきた。主要な成果としては、第1奄美海丘（奄美大島の北西方約70 km）での熱水活動の観測（Minami and Ohara, Marine Geology 373, 2016）をはじめ、久米島沖における国内最大級の熱水チムニー群「ごんどうサイト」の発見（Minami and Ohara, Geochem. Geophys. Geosyst. 18, 2017）、第3宮古海丘（宮古島の北東方約120 km）でのカルデラ地形と大規模な溶岩流の観測（Minami and Ohara, Marine Geology 404, 2018）が挙げられる。

2018年度には、海底撮影用のデジタルカメラが新たに「ごんどう」に搭載された。海底の近傍にて連続的に撮影を行い、取得した画像にイメージモザイクを施すことで、海底面のモザイクの構築が可能となった。一般に、光学画像は分解能に優れ、また被写体を色情報として記録することができるという特徴をもつ。海底調査においては、局所的な底質や沈積した物体の特定、cmレベルの小さな物体の観測など、音響機器だけでは困難なデータの取得が期待でき、「ごんどう」による海底面の把握に新たな視点がもたらされる。2018年度に実施した海域での運用試験の結果、光の減衰と海水中の浮遊物質による散乱光の影響が顕著であったものの、沈船や巨礫といった物体について鮮明な画像の撮影とモザイク作成を行えることが確認されている。

昨年度までの精密地形調査の成果及び今年度のデジタルカメラ運用試験の紹介を軸に、「ごんどう」による海底調査のこれまでと現在の様子について報告する。

## 次世代の無人海底探査へ向けた挑戦

### ～ 深海域マッピングの国際大会 “Shell Ocean Discovery XPRIZE” ～

住吉 昌直

技術・国際課 海洋研究室

米国ニューハンプシャー大学では、画期的な海洋調査技術を積極的に開発しており、その一つの取り組みとして、無人技術を用いた深海域マッピングの国際大会”Shell Ocean Discovery XPRIZE”に、GEBCO-NF Alumni チームが参加しており、水路測量技術を学ぶために 2017 年まで同大学へ留学していた著者が、本チームの一員として技術の研究開発を行っている。本稿では、GEBCO-NF Alumni チームのこれまでの成果の概要について報告する。

### 次世代の無人海底探査を目指した世界の潮流

海洋調査の現場においても、自動化・無人化の技術が進展してきており、近年、自律型潜水調査器 (AUV: Autonomous Underwater Vehicle) 等により、深海域の詳細な海底地形の把握が可能になってきた。この技術の進展により、深海域における「海の基盤情報」である詳細な海底地形の需要が世界的に高まってきている中で、技術的に困難な課題を克服し、海底地形調査の更なる自動化・無人化を押し進めていくための更なる技術革新が強く求められている。このような世界的な潮流の中で、技術革新を促進するため、深海域マッピングの国際大会”Shell Ocean Discovery XPRIZE”が開催されている。

### 深海域マッピングの国際大会 “Shell Ocean Discovery XPRIZE”

本大会は、XPRIZE 財団が主催する、次世代の無人技術を促す深海域マッピングの国際大会で、深海域における海底地形図の面積・品質、海底地形図作成の速さを競うためのルールが設定されている。本大会は 3 年間に渡る大会で、3 つの関門が用意されている。GEBCO-NF Alumni チームにおいては、2016 年 12 月に提案書の提出を完了し、2017 年 11 月に Round 1 (準決勝：水深 2000 m 級)、2018 年 11 月に Round 2 (決勝戦：水深 4000 m 級) が実施された。

### GEBCO-NF Alumni チームの挑戦

本チームは、GEBCO と日本財団が主催している米国ニューハンプシャー大学での水路測量研修 (通称 GEBCO-NF 研修) の同窓生有志が中心となって結成した国際チームで、産業界のパートナーも含めると、世界 15 カ国以上から 50 名以上ものメンバーが集結した。

本チームの本大会に対するアプローチは、既存技術である AUV と、AUV を搭載・投入揚収可能な無人船 (USV: Unmanned Surface Vessel) を組み合わせた無人の海底地形調査技術である (図 1 参照)。AUV に搭載された測深機は、既存のマルチビーム測深機と合成開口ソナーを併用しているが、品質の高い測深データを取得するため、最適な設定等の調整を入念に実施した。最も時間を要するデータ処理についても、可能な限り処理の自動化を図り、24 時間のデータ取得後から、48 時間以内に海底地形図を作成する際に、非常に大きな貢献を果たした。



図 1 AUV と USV を組み合わせた本チームの無人海底地形調査技術の概念図。

## P1 新たな地震学的現象を捉えるための海底地殻変動観測技術の高度化

小池 未空時\*1, 海底地殻変動観測チーム

\*1 海洋調査課 海洋防災調査室

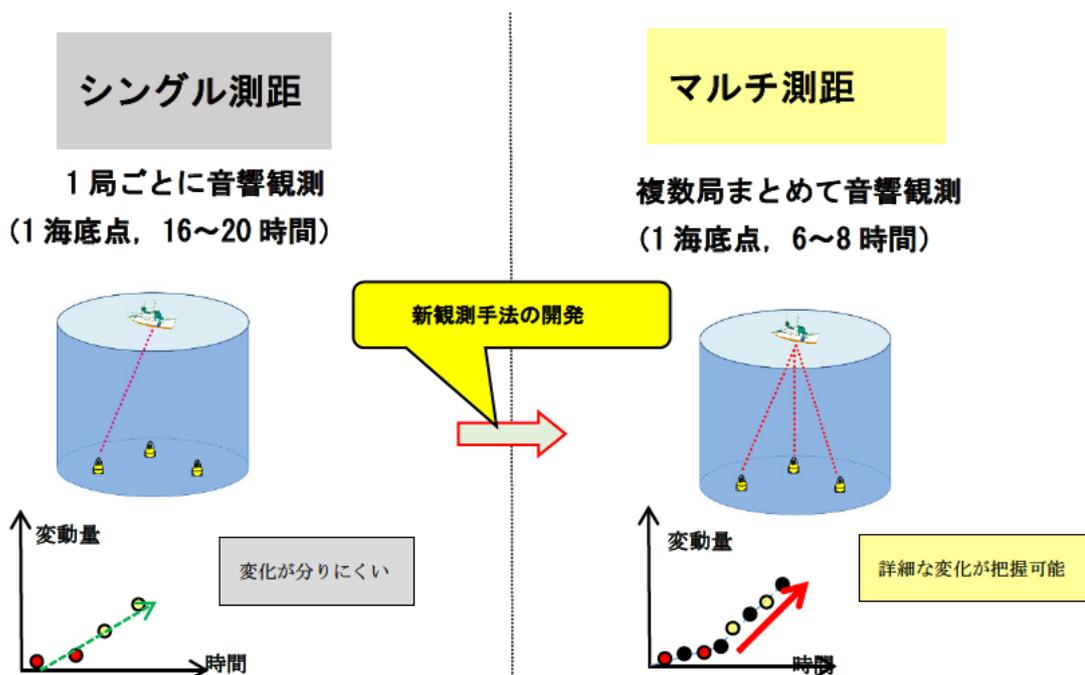
海洋情報部では、GNSS-音響測距結合方式による海底地殻変動観測の技術的な開発及び定常的な観測を行っている。

地殻変動観測のような時系列データにおいて詳細な現象を把握するためには観測頻度の向上が必須である。海洋情報部では海底地殻変動観測の高頻度化のため「マルチ測

距手法」を開発した。本発表ではこの新手法について報告する。

これまでは、海底局1局毎に音響信号を送信し返信信号を受信するという観測手法を行ってきた。(シングル測距手法)これに対し、1回の送受信シーケンスで複数の海底局とのやりとりを完了させる新手法である「マルチ測距手法」を開発した。この手法はまず測量船「拓洋」に実装され、試験観測において精度劣化がないことと大幅な高速化を証明し、2016年には測量船「明洋」及び測量船「海洋」に同様の機器が実装された。実装にあたり、試験観測の結果とこれまでの観測結果を踏まえて観測ショット数を見直し、同時に観測測線の最適化を図った。

「マルチ測距手法」による最初の本格的な観測は、2016年10月に量船「明洋」により実施された。その結果、各点の観測時間を半分以下とすることに成功し、これをもって大きな観測頻度の向上を図ることが出来た。この新手法による高頻度化でSSEのような現象も捉えられるようになった。



## P2 南海トラフにおける海底地殻変動観測の今後の展開について

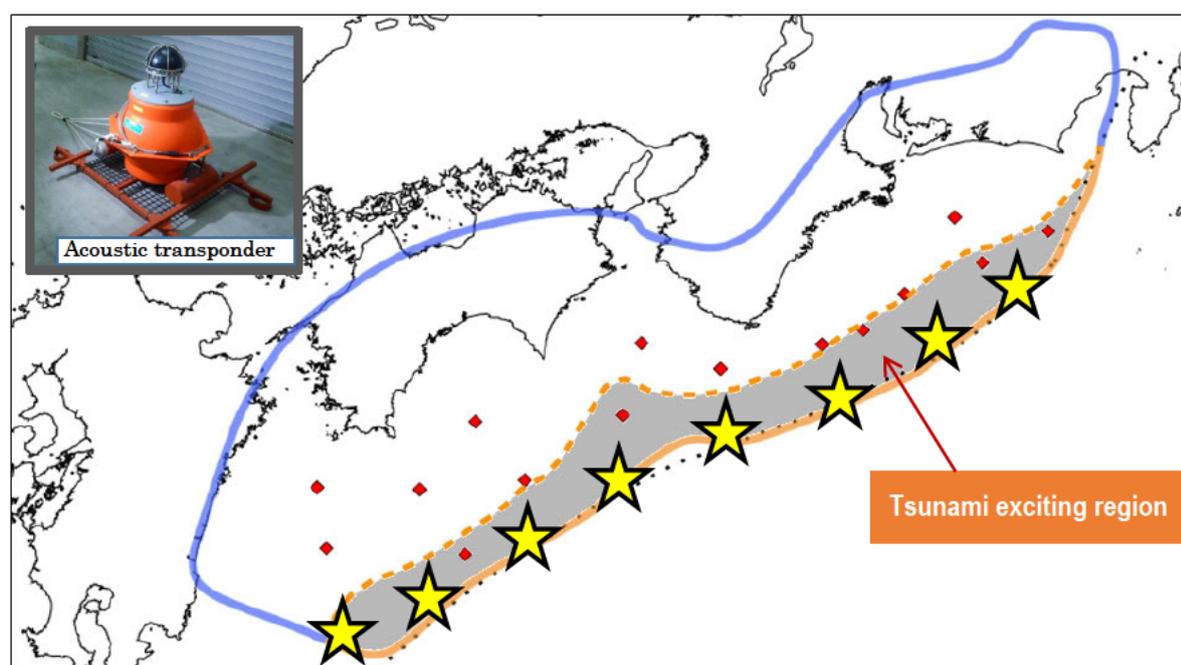
河合 晃司\*1, 海底地殻変動観測チーム

\*1 海洋調査課 海洋防災調査室

海上保安庁では、南海トラフ沿いに15局の海底基準局を設置し海底地殻変動観測を実施しています。この成果として、南海トラフのすべり欠損域が1940年及び1942年の東南海・南海地震の震源域を超えて広がっていること、また、同海域においてはすべり欠損の大きさが場所により異なることなどを明らかにしたほか、一部の測点において非定常的なゆっくりすべりが発生したことを検出するなど、大きな成果を得ています。

しかしながら、現在の海底基準局の局配置では、南海トラフ地震の想定震源域の南部の海溝軸付近については、観測点が存在せず、観測の空白域となっています。東北地方太平洋沖地震の際には、海溝軸付近において大きな地殻変動が発生し、それが大津波の発生源となったことが指摘されており、南海トラフについても海溝軸付近の空白域での海底地殻変動観測の重要性が指摘されていました。

こうしたことから、海上保安庁では平成31年度、32年度の2カ年で南海トラフの海溝軸付近に海底基準局を新たに8局設置し、観測を開始することを計画しております。これにより、南海トラフの想定震源域を海溝軸付近までしっかりとカバーすることが可能となり、観測の空白域を解消するとともに、南海トラフ地震の想定震源域全体のすべり欠損の状況の推定や想定震源域において発生する非定常的な地殻変動の全体像を把握することが可能となり、東南海・南海地震の防災対策等に今まで以上に寄与することが期待できます。



★ : New seafloor station (Provisional)

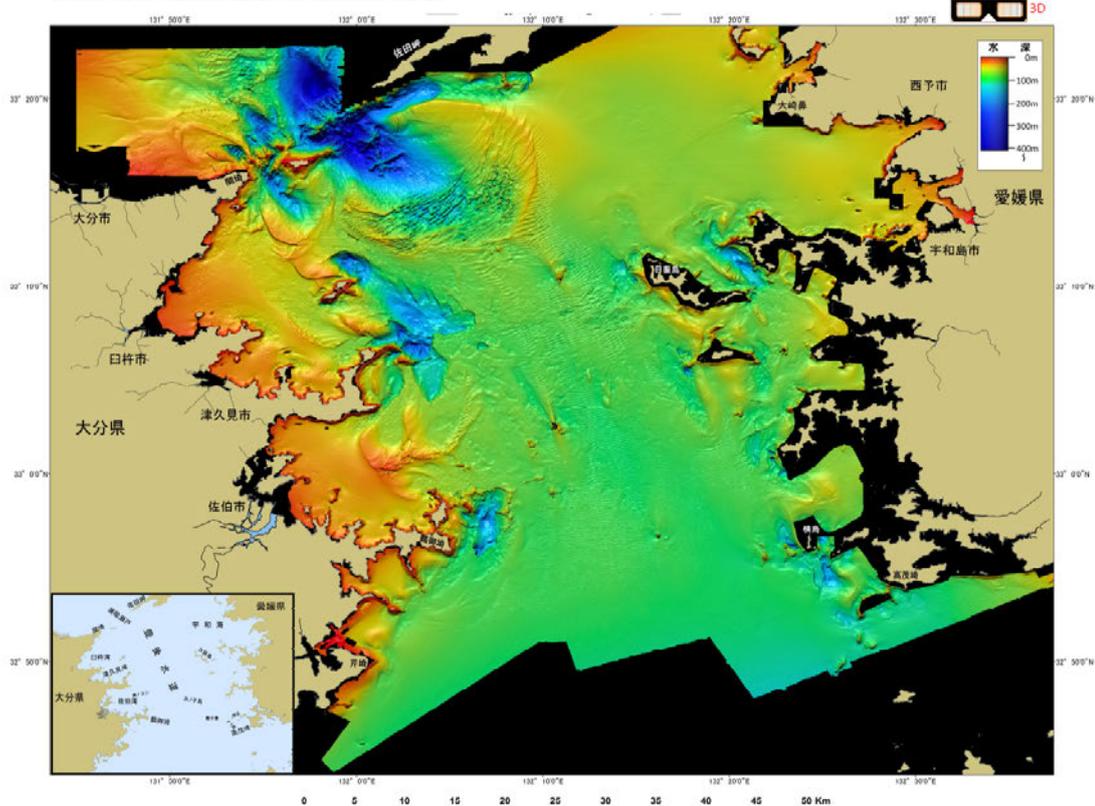
# P3 豊後水道におけるマルチビーム測深機で得られた海底地形 ～潮流が織りなす海底の紋様～

森 弘和  
海洋調査課

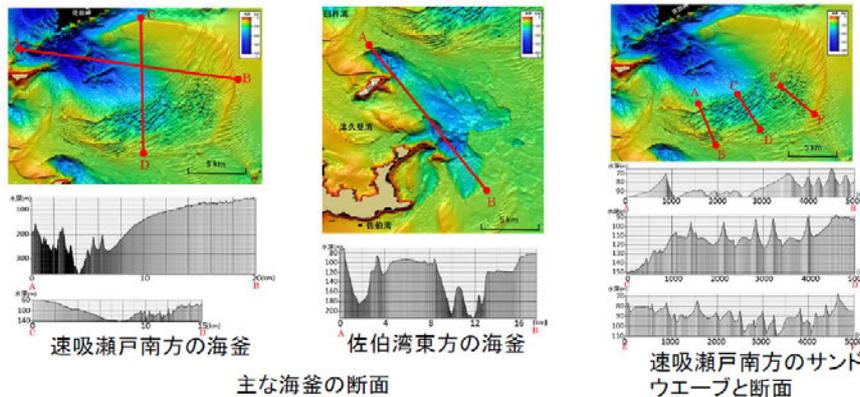
豊後水道は、その中央付近にある水ノ子島周辺等いくつかの險礁を除けば水深も深く、航行する船舶に影響がなかったこともあり、昭和15(1940)年に実施された豊後水道内全域の測量の後は、港域やその付近を除けば、近年まで網羅的な水路測量は行われてこなかった。

平成17(2005)年度から開始したマルチビーム測深機による一連の調査により、新たな浅所の発見に加え、海図では表現されない小さな凹地等が明確となり、潮流によって形成された地形や岩の分布が明確となった。

水深データから作製した段彩図を一見して目につくのは、潮流によって形成されたサンドウエーブと海釜である。これまでの成果でもその存在は知られていたが、段彩図とすることで様々な形状や大きさのものが存在することが判る。



**海釜** : 円形、だ円形又は三日月型をした海底の凹地。潮流による海底浸食に起因するもの、断層陥没によるもの、河谷の埋め残されたものなどがある。  
**サンドウエーブ** : 海底や河床等に見られる大きな砂の波。波高数十cm波長数十m、波長数十mから数百mにわたる大きな砂の波で、流れの方向に直角に配列し、著しい非対象形は示さない。流れの比較的強い所に現れる。



# P4 マルチビーム測深における測位・動揺データの高精度化の効果

住吉昌直\*1, 松本良浩\*1, 吉澤 信\*2, 安原 徹\*3

\*1 海上保安庁海洋情報部技術・国際課海洋研究室, \*2 海上保安庁海洋情報部海洋調査課, \*3 海上保安庁海洋情報部技術・国際課

## マルチビーム測深における測位・動揺データの重要性

- 近年の高分解能のマルチビーム測深機で取得された高密度データでは、海底地形・海底特異物を確実に捉えた測量成果を迅速に作成するため、測位・動揺データの高精度化の必要性が高まってきている。
- マルチビーム測深機のGNSS慣性航法装置POS/MVからの測位・動揺データを後処理キネマティック補正するソフトウェアPOSPac MMS (Applanix社製)を用いることによる効用を検証する。

## 測位・動揺データのPOSPac 処理

- 入力データ
  - RAWデータ (POS/MV Wave Master V5): \*.000 フォーマット
  - 電子基準点データ (国土院): RINEX フォーマット
    - 「横須賀」「横浜」「富津」「横浜東」「神奈川川崎」
  - GNSS精密暦 (GPS, GLONASS): Final Orbit
- 出力データ
  - Smoothed Best Estimated Trajectory (SBET): \*.out, \*.txt
- POSPac 処理方法
  - シングルベース処理【~30km程度まで】: 基準局1点のみを用いた後処理キネマティック処理
  - スマートベース処理【~50~70km程度まで】: 複数の基準局から構築した仮想基準局ネットワークを用いた後処理キネマティック処理



Fig. 1. POSPac処理画面における航跡

## POSPac処理による測位データの向上: 楕円体高の評価

- POSPac処理した測位データの楕円体高の時系列を、RAWデータの楕円体高と比較検証を行った。
- 標準偏差 (バラツキ)
  - POSPac: ~1 cm Order
  - RAW: ~1 m Order
- 楕円体高の長周期成分は、横須賀験潮所の潮汐観測との追従が良い。
- 海面変動を正しく捉えられていることが示唆される。

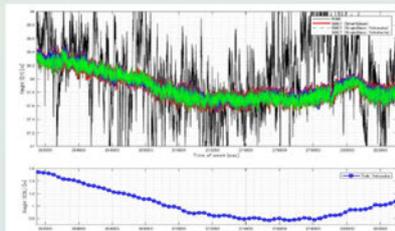


Fig. 2. 上段は、RAWデータとPOSPac処理データの楕円体高の時系列プロット。黒色はRAWデータ、青色はPOSPacの「横須賀」シングルベース処理データ、緑色は「横浜」シングルベース処理データ、赤色はスマートベース処理データ (赤色) を表す。下段は、横須賀験潮所の潮汐データの時系列プロット。

## POSPac処理による測位データの向上: 相対誤差の評価

- POSPacスマートベース処理を基準として、RAWデータ (POSPac処理前) 及び各基準局を用いたPOSPacシングルベース処理の測位データの比較検証を行った。
- POSPac処理を用いると、RAWデータに比べて、測位誤差が大きく改善することが分かる。【将来における「楕円体高ベース水路測量」の重要技術の一つ】
  - 水平誤差: ±0.01~0.03 m 程度 (⇔ RAW = ±0.5 m 程度)
  - 鉛直誤差: ±0.02~0.05 m 程度 (⇔ RAW = ±1 m 程度)

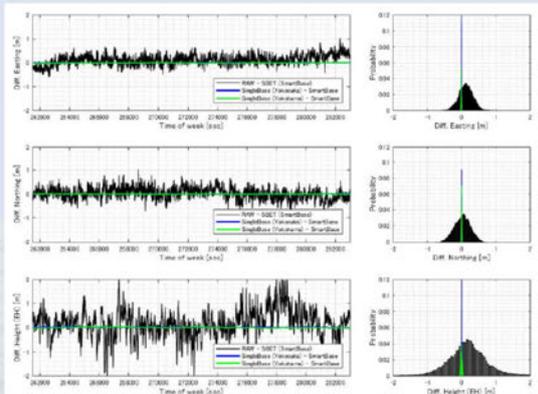


Fig. 3. スマートベース処理を基準とした場合のRAWデータ (黒色) とPOSPacシングルベース処理データ (青色:「横須賀」、緑色:「横浜」基準局) の各座標値の相対誤差の時系列プロット。

## POSPac処理データ適用後のマルチビームデータの検証

- 管区海上保安本部所属の20 m型測量船で観測した灯標 (Fig. 4) の測深データに対して、POSPacスマートベース処理後の高精度後処理キネマティック測位・動揺データを適用した。

- POSPac処理データ適用後の測深データを、適用前と比較検証すると、灯標の複雑な形状がより確からしく鮮明に捉えられていることが分かる (Fig. 5)。
- 一辺 ~3 m の四角い沈鐘
- 直径 ~1 m の柱の形状

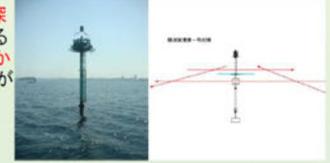


Fig. 4. 横須賀港第一号灯標と井桁測線の概念図。

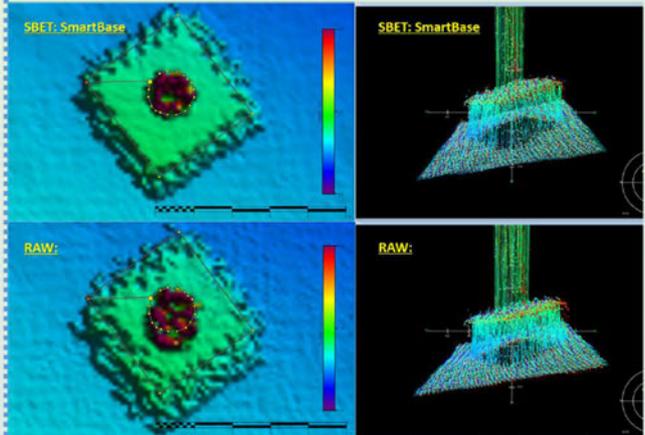


Fig. 5. 井桁測線における灯標のマルチビーム測深データの二次元プロット (左) 及び三次元プロット (右)。上段はPOSPac処理した測位・動揺データを適用したマルチビーム測深データで、下段は測位・動揺データがRAWデータのままのマルチビーム測深データ。二次元プロットの表面の色は水深を表し、三次元プロットの点の色は各測線を表す (CARIS HIPS & SIPS 10.4 で描画)。

## シングルベース処理における基準局による結果の違い

- 実際のマルチビーム測深では、スマートベース処理が使用できる場面は限られるため、シングルベース処理の基準局の選択方法について議論した。
- POSPacスマートベース処理を基準として、各基準局を用いたPOSPacシングルベース処理の測位データの比較検証を行った。
- スマートベース処理を真値と仮定した場合、現場海域に近い「横須賀」基準局の方が、「横浜」基準局に比べて、より良い測位データが得られることが示唆される。<< 基準局間距離 ~19 km で、~1 cm Order と僅かな誤差 >>

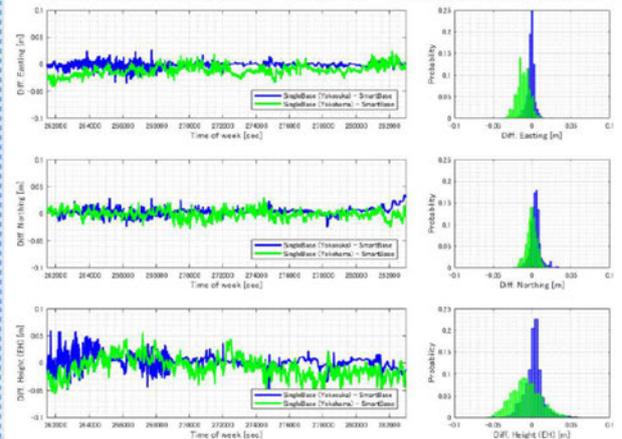


Fig. 6. POSPacシングルベース処理データに着目したFig. 3の拡大図。青色はPOSPacの「横須賀」シングルベース処理データ、緑色は「横浜」シングルベース処理データを表す。

## 参考文献

住吉昌直・他 (2019) マルチビーム測深における高精度後処理測位・動揺データの有用性。海洋情報部研究報告57 (平成31年3月出版予定)

# P5 航空レーザー測量で捉えた南西諸島のすり鉢状の海底地形 ～航空レーザー測深データの可能性～

山川 峻<sup>\*1</sup>, 山野 寛<sup>\*1</sup>, 白根 宏道<sup>\*2</sup>, 親川 一馬<sup>\*1</sup>, 小澤 英昌<sup>\*3</sup>, 福山 公平<sup>\*1</sup>, 井城 秀一<sup>\*4</sup>

<sup>\*1</sup>海上保安庁海洋情報部海洋調査課, <sup>\*2</sup>第六管区海上保安本部海洋情報部監理課, <sup>\*3</sup>朝日航洋株式会社, <sup>\*4</sup>第五管区海上保安本部下里水路観測所

すり鉢状の地形がある場所

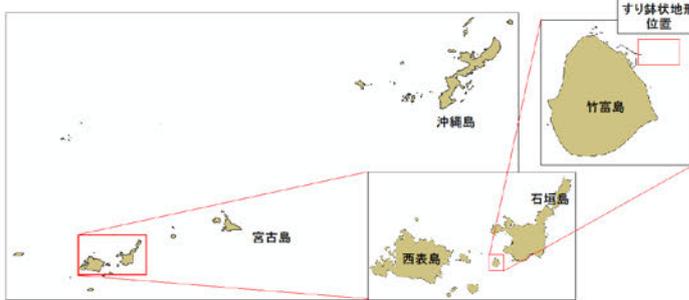


FIG.1 竹富島位置

使用機材紹介

CZMIL測深性能

- ・水深 透明度の2~3倍まで (50mまで実績あり)
- ・グリーンレーザー(波長帯532nm可視光を使用)
- ・1秒間に1万発を照射し、浅海や陸上では1発を7つに分割してより詳細に地形を把握
- ・POSを用いた位置情報の取得
- ・カメライメージ画像を利用した簡易オルソ画像生成



FIG.2 CZMIL装置

航空レーザー測量においてすり鉢状の特異な地形が確認できた。

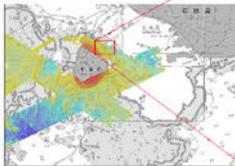


FIG.3 航空レーザーで取得した竹富島付近のデータ

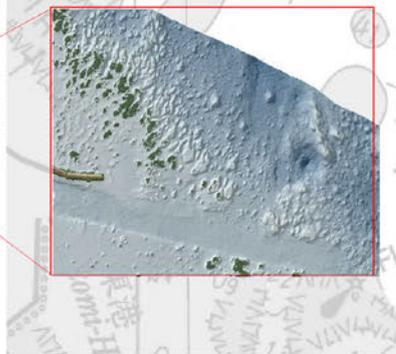


FIG.4 航空レーザーで取得した竹富海底温泉

WEB検索したところ、JAMSTECの資料を確認できた。

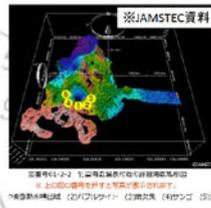


FIG.5 竹富島海底温泉噴出箇所

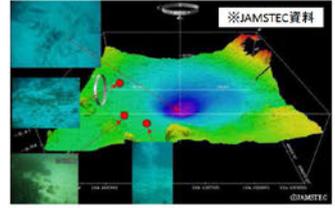


FIG.6 竹富島海底温泉地形(輪廓図)

解析結果

- ・穴の直径は約20m
- ・凹部の深さは約8m
- ・データの欠損は見られない
- ・ガス等の噴出は確認できなかった
- ・開欠泉のような水温の安定しない海域では、音波による測量に比べ温度変化の影響が少ないのでより精度よく海底の地形が観測できていると思われる

解析した航空レーザーデータで同じような範囲を表現

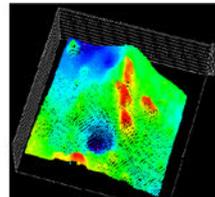


FIG.7 取得状況

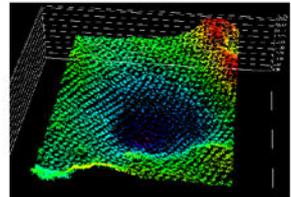


FIG.8 取得状況

上記のような事例の他、以下の様な活用も見込まれる

事例1 噴出ガス観測

竹富島海底温泉とは異なり、ガスが噴出していると推測される。火山ガスの測定をレーザーで検出することで分布を広域に観測できるのではと考えられる。

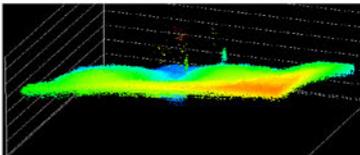


FIG.9 噴出ガスの様子(新島沖)

事例2 サンドウェーブ

サンドウェーブを確認。民間では河川を定期的に計測し流砂を把握している。サンドウェーブも定期的に計測することで変化を把握できると思われる。

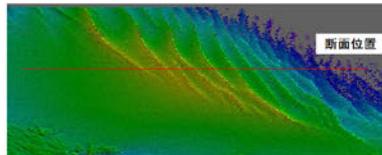


FIG.11 サンドウェーブ(徳之島沖)

事例3 異物

レーザー点群に検出された海面付近の異物について現地写真情報を確認することで種別が判読できる。今後、多くのパターンを収集し行方不明者や漂流物の検索につなげたい。

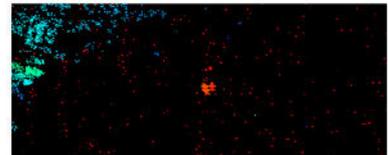


FIG.13 異物

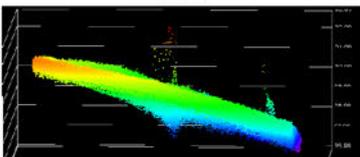


FIG.10 噴出ガスの様子(新島沖)

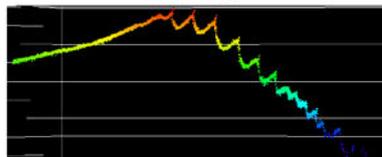


FIG.12 断面図

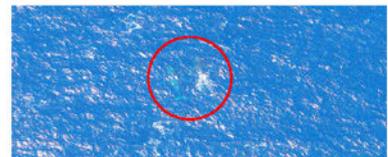


FIG.14 航空写真

引用文献  
国立研究開発法人海洋研究開発機構(JAMSTEC)「石西礁湖における調査・研究」<<http://www.godac.jp/we/sekisei/index.html>>

# P6 Chart Adequacyの評価への衛星画像推定水深 (SDB) の適用の検討

熱海吉次<sup>\*1</sup>, 森 弘和<sup>\*2</sup>, 松本良浩<sup>\*1</sup>, 住吉昌直<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup>海上保安庁海洋情報部技術・国際課海洋研究室, <sup>\*2</sup>海上保安庁海洋情報部海洋調査課

## 1. Introduction

### Chart Adequacy

海図に記載されている水深、低潮線、海岸線等の航行船舶の安全のために必要な情報の妥当性である。Chart Adequacyを評価することにより海図改訂を行う際に、再測定の必要性の有無や緊急性の判断材料となる。

沿岸域や極浅海は海底地形が比較的短期間で変化する。そのような海域を高頻度のモニタリングはかつ低コストでモニタリングする手法として、衛星画像推定水深(SDB)があり、SDBによるChart Adequacyの評価が期待されている

### 衛星画像推定水深(SDB: Satellite Derived Bathymetry)

光が水中において波長帯(バンド)毎に異なる減衰率で指数関数的に減衰することを利用し、衛星画像より水深を面的に求める。(Lyzenga, 1978)

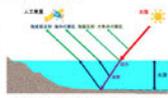


図1. 太陽光の人工衛星への伝搬経路 (松本(2018)より引用)

SDBによる繰り返し調査で期待されることとして(Freire et al., 2016)

- ① 海底地形の変化が活発な領域と安定した領域との選別
- ② 報告されている浅所の確認
- ③ 浅所の移動の傾向の把握

我が国でのSDBを用いたChart Adequacyの評価を目指し、海底地形の変化が大きいと予想される海域でのSDB解析を行い、Chart Adequacyの評価へのSDBの適用を検討した

## 2. 解析区域

Chart Adequacyの評価の検討に適した海域として

- ・ 評価用の実測水深の入手が容易であること
- ・ 多くの船舶が利用する港湾の近くであること
- ・ 河川による土砂の堆積があり、海底地形の経年変化が大きいと予想されること

### 揖斐川河口域



図2. 揖斐川河口域

### 使用データ

#### 衛星画像

- ・ 撮影衛星 Landsat-8
- ・ 解像度 30 m
- ・ 撮影日 2014/11/21
- 2017/12/15

アメリカ地質調査所がHP上に撮影画像を無償で公開  
 回歸間隔は16日

学習用水深  
 衛星画像の一部の画素に対して既知の水深を与え、回帰的に求める

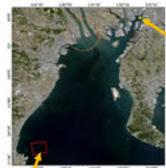


図3. 大気補正及び潮高補正の例(2014/11/21撮影)  
 大気補正に使用した箇所  
 大気中や海面からの反射を補正

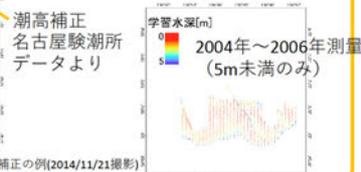


図4. 学習用水深データ

### 参考文献

- ・ D. Lyzenga(1978) Passive remote sensing techniques for mapping water depth and bottom features, Appl. Optics, 17, 379
- ・ 松本良浩(2018) 学習データがない海域における衛星画像推定水深(SDB)の精度評価 - 隠れた海域の学習データを用いた推定は有効か? - 海洋情報研究報告, 56, 24-45
- ・ R. Freire, S. Perini, L. Alexander, Y. Rizhikov, C. Parrish, and T. Lippmann (2016) Use of satellite imagery for monitoring the mouths of dynamic rivers, paper presented at Canadian Hydrographic Conference, Halifax, Canada, 16 - 19 May 2016
- ・ 熱海吉次, 森弘和, 松本良浩, 住吉昌直(2019)衛星画像推定水深 (SDB) を利用したChart Adequacyの評価に向けて - 揖斐川河口域及び鹿児島湾における解析と問題抽出 - 海洋情報研究報告, 57, (印刷中)

## 3. SDB解析結果

### 2014/11/21撮影衛星画像解析結果

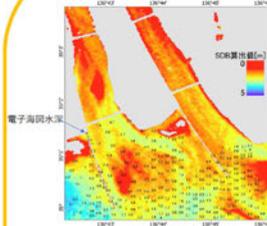


図5. SDBによる水深算出値 (2014/11/21撮影)

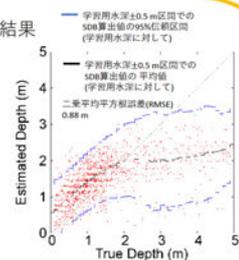


図6. SDB算出値と学習用水深の散布図 (2014/11/21撮影)

### 2017/12/15撮影衛星画像解析結果

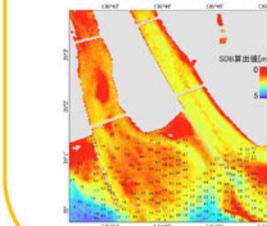


図7. SDBによる水深算出値 (2017/12/15撮影)

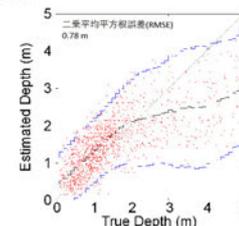


図8. SDB算出値と学習用水深の散布図 (2017/12/15撮影)

## 4. SDB算出値の比較(水深の経年変化)

水深の変化の評価のため、水深がほとんど変化しない範囲を仮定し、その範囲の水深変化をSDB算出値のバイアスとし、解析区域での水深変化と比較した



図9. 揖斐川河口域拡大図

### SDBによる水深算出値の差

(2017/12/15撮影画像のSDB算出値) - (2014/11/21撮影画像のSDB算出値)

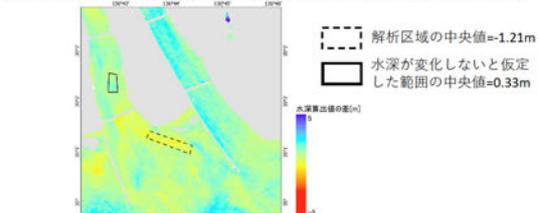


図10. 2017/12/15と2014/11/21のSDB算出値の差

解析区域の中央値とSDB算出値のバイアス及び二乗平均平方根誤差(RMSE)との比較

SDB算出値のバイアス	SDB算出値のRMSE
$-1.21$ m	$> 0.33$ m
$-1.21$ m	$> 0.88$ m, $0.78$ m

水深の経年変化(浅くなること)を捉えた

SDBによる継続的な解析により、海底地形の変化の傾向や浅所の移動の把握が捉えられる可能性があり、Chart Adequacyの評価へのSDBの適用が期待される



SDB解析ツールBathymetry Mapper 2.0を使用させていただきました。この解析ツールは、(公財)日本財団の助成により(一財)日本水路協会が実施した「衛星画像を用いた浅海水深情報の把握の調査研究」において作成されました

## P7 諸外国で構築されている鉛直基準面モデル

松本良浩<sup>\*1</sup>, 土屋主税<sup>\*2</sup>, 山野寛之<sup>\*3</sup>, 住吉昌直<sup>\*1</sup>

\*1 技術・国際課 海洋研究室, \*2 環境調査課, \*3 海洋調査課

諸外国では, シームレスな水深の基準面や潮位面モデルを構築するとともに, 準拋楕円体, 海図基準面 (CDL) および平均水面 (MSL) をはじめとする各種の潮位面と陸地測量の基準面の相互間で高さ・深さの変換を一体的に実現するツールを開発するなどの取り組みが進められている。

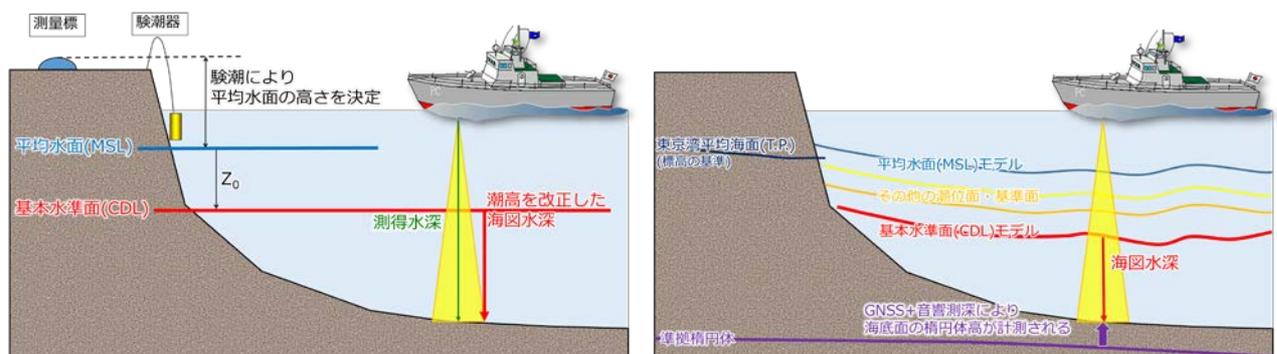
楕円体を基準とした CDL モデルを構築することには次のような利点がある。

- 近年 GNSS 測位の精度向上により, 測深時の水位とは無関係に楕円体基準による海底面の位置座標を決定することが可能となっている。CDL モデルを楕円体高で与えることにより, 験潮データなしに海図水深が直接算出できる。
- 水深データと陸域の標高データを楕円体高を介して一体化することが可能となる。海陸一体の地形データは津波あるいは高潮による浸水のシミュレーション等の沿岸域の防災施策への利用が期待できる。
- 巨大地震に伴う大規模な地殻変動が起きると, 新たな水路測量の実施に先立ち, まず基準面の再決定が必要であった。CDL を楕円体高で与えておくことは, 地震災害後の水路測量を迅速に実施する上で有利である。

本ポスター発表では, Web 上で基準面モデルや高さ・深さ変換ツールが公開されている米国の VDatum (<https://vdatum.noaa.gov/>) とフランスの Bathylli (<https://data.shom.fr/> で基準面モデルの表示が可能) の例を中心にこうした取り組みを概観する。

### 参考文献

松本良浩, 土屋主税, 山野寛之, 住吉昌直 (2018) 諸外国の事例にみる鉛直基準面モデル構築の取り組み, 海洋情報部研究報告第 57 号 (印刷中)。



現在の水深の基準

楕円体基準による測深

## P8 自律型海洋観測装置による潮位解析の方向性

土屋主税<sup>\*1</sup>, 林王弘道<sup>\*1</sup>, 松永智也<sup>\*1</sup>, 小林研太<sup>\*1</sup>, 久米奈緒子<sup>\*1</sup>,  
山崎哲也<sup>\*1</sup>, 加藤弘紀<sup>\*1</sup>, 鈴木英一<sup>\*1</sup>, 宗田幸次<sup>\*2</sup>, 横田裕輔<sup>\*3</sup>

\*1 環境調査課, \*2 技術・国際課 海洋研究室,

\*3 海洋調査課 海洋防災調査室 (現 東京大学生産技術研究所)

### 1. 自律型海洋観測装置 (Autonomous Ocean Vehicle : AOV) による水位観測の現状

AOV は GNSS 観測装置を搭載し、験潮所の設置が難しい沿岸付近で水位を連続観測できる。2017 年度には、GNSS 信号とイリジウム信号の干渉を防止する電磁波シールド等の設置や GNSS アンテナ設置位置の見直しにより、信頼性の高いデータを得られるようになった (図。松永ほか、2018)。今回、AOV で観測した水位データを用いて天文最低低潮面 (Lowest Astronomical Tide : LAT) を求める手法について考察した。

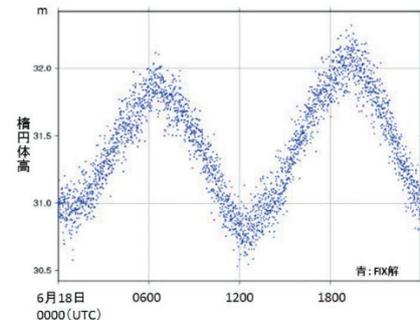


図 AOV「とらふく1号」の30秒値GNSS観測データ(2017/6/18)

### 2. LAT 算出手法の検討

GNSS 観測データを単独精密測位 (Precise Point Positioning with ambiguity resolution : PPP-AR) 解析することで、緯度、経度及び楕円体基準の高さについて、AOV 観測期間のおおよそ1年間にわたる時系列データが得られる。ここから潮汐の調和定数が得られれば、楕円体基準のLATが算出できるはずである。しかし、精度の高いLATを算出するためには、表に示す6つの問題点をクリアする必要がある。

表 精度の高いLAT算出のための問題点と解決方法

問題点	解決方法
① 荒天時のAOVの移動	AOVの観測海域外のデータ除去
② GNSS電波の大気擾乱等の影響	近隣潮位観測データの参照
③ AOV姿勢の影響	座標変換
④ 波浪による短周期成分の存在	1秒値の移動平均
⑤ 欠測のある時系列の調和分解	欠測を許す調和分解コード作成
⑥ 半年以上の周期成分の信頼性	常設験潮所調和定数の10年平均値

問題①については、PPP-AR 解析された緯度経度を用い、5 km 四方以内に設定されている AOV の観測海域外のデータを除くこととした。また、問題②により、解析された座標が不自然に移動することがある。周辺海域の水位

と著しく異なった変動を示す AOV の楕円体高を取り除くため、近隣での潮位観測データを用いることにする。

アンテナがフロート上面後部 60 cm の高さにあることから、AOV の姿勢の変化に応じた楕円体高の変化がある (問題③)。AOV のピッチ、ロール、ヨーの回転角とアンテナトップのレバーアームを用いて AOV のアンテナ高を水面の高さに変換する。

問題④の波浪の影響の除去のため、1 秒ごとの水位時系列から周期 3 分以下の変動を除くよう移動平均することにする。1 秒ごとの PPP-AR 解析のため、2018 年 4 月分より、国土地理院から 1 秒間隔の電子基準点データを受領することにした。

このようにして信頼性の低いデータを間引くと、得られる時系列には欠測が現れるが、これを調和分解するコードがなかったため (問題⑤)、新たに Python で記述した。

調和定数の1年及び半年周期成分は、気候条件により年々の変動が大きい (問題⑥)。このため、AOV の観測海域に近い常設験潮所の調和定数の 10 年平均値から採用する。

このようにして得られた AOV 観測をもとにした調和定数を用いて、LAT を計算することができる。1 秒値がある 2018 年 4 月以降のデータを順次解析していく。

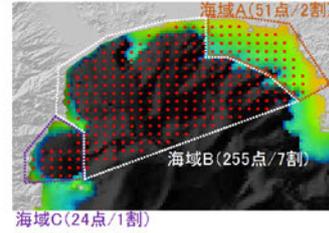
松永ほか (2018)、自律型海洋観測装置 (AOV) の運用、海洋情報部研究報告。

# P9 海洋短波レーダーの流向・流速値による相模湾の流れの分析

宗田 幸次  
技術・国際課 海洋研究室

**【目的】**  
海上保安庁海洋情報部が、相模湾にて海洋レーダで観測した流向・流速値から潮流調和定数及び25時間移動平均流向・流速値を算出し、相模湾の流れの分析を行い、流れの実況・予測情報の提供に向けた資料とすることを目的とする。

## ◆観測点及び海域を地形の特徴から3つに分類した図

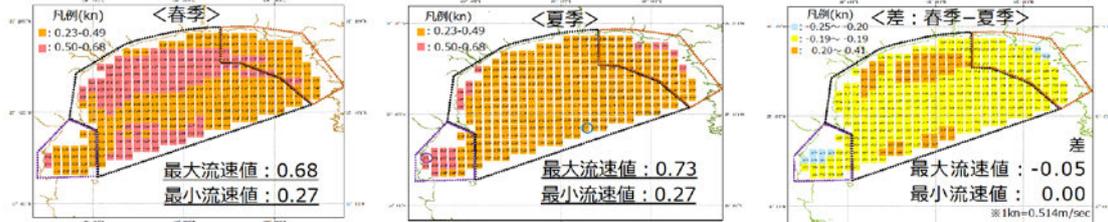


## ◆潮流調和定数

算出期間：春季 2018年3月17日～4月17日 (32日間)  
夏季 2018年6月14日～7月15日 (32日間)

○主要4分潮の主方向流速の和

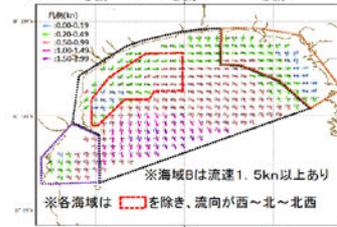
※主要4分潮:  $M_2$  (太陰半日周潮)、 $S_2$  (太陽半日周潮)、 $K_1$  (日月合成日周潮)、 $O_1$  (太陰日周潮)



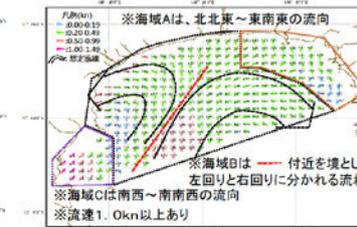
・両者の調和定数は、一致するところが多い→算出した調和定数で潮流推算は可能

## ◆25時間移動平均流向・流速値

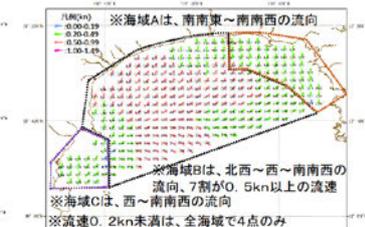
○特徴 2018年4月15日18時



○特徴 2018年6月14日00時



○特徴 2018年6月11日00時

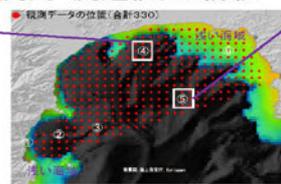
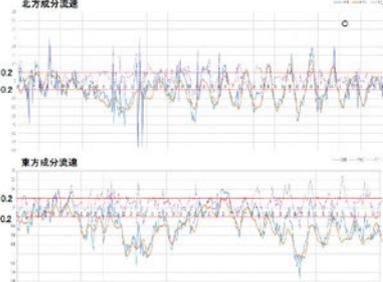


- ・流況の特徴は、春季(32日)及び夏季(32日)で15種
- ・海域Aは、春季・夏季ともほとんどの特徴で流速0.5kn未満
- ・海域Bは、流向・流速の変化が大きい。
- ・海域Cは、流速の強弱が大きい、流向の変化は、「海域B」に比べ単純

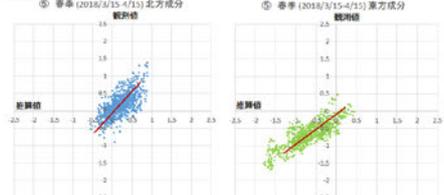
## ◆推算値(潮流+25時間移動平均流向・流速値)の評価

○時系列

ポイント④・S-1 春季: 2018年3月17日～4月2日 (17日間)



○散布図



○相関係数一覧

	①	②	③	④	⑤	⑥
・移動平均						
春季	N 0.6635	0.6909	0.6661	0.6644	0.6687	0.6796
	E 0.6285	0.6439	0.8042	0.8170	0.8208	0.6197
夏季	N 0.5446	0.4997	0.5861	0.6149	0.6149	0.5644
	E 0.6903	0.5681	0.7405	0.7221	0.8094	0.5877

※N: 北方成分流速 E: 東方成分流速

⑤の相関係数  
北方成分流速: 0.6687  
東方成分流速: 0.8208

- ・春季・夏季とも相関が0.5以上 (夏季の評価点②北方成分流速を除く) で相関は良い。
- ・評価点全点で春季が夏季に比べ、相関が良い。
- 精度の高い推算は可能

## ◆今後の課題

- ・1年間のデータによる調和定数の算出
- ・3日先の25時間移動平均流向・流速の予測手法の確立
- ・[潮流]+[当日から3日先までの25時間移動平均流向・流速値]を作成し、提供するシステムの開発

# P10 新造27メートル型測量船「はましお」

大泊 理八<sup>\*1</sup>, 住吉 昌直<sup>\*2</sup>, 長野 勝行<sup>\*1</sup>, 吉澤 信<sup>\*1</sup>, 井田 壮太<sup>\*3</sup>  
梅垣 裕至<sup>\*4</sup>, 畠山 豊<sup>\*4</sup>, 阿部 周平<sup>\*5</sup>, 塚本 真由美<sup>\*5</sup>

\*1 海上保安庁海洋情報部海洋調査課, \*2 海上保安庁海洋情報部技術・国際課海洋研究室, \*3 海上保安庁海洋情報部環境調査課,  
\*4 海上保安庁第三管区海上保安本部測量船はましお, \*5 海上保安庁第三管区海上保安本部海洋情報部海洋調査課

## 海上保安庁初の27メートル型測量船「はましお」

●測量船「はましお」(Fig. 1.)は、神奈川県横浜市にある第三管区海上保安本部所属であり、平成28年度から2か年計画により株式会社木曾造船(広島県尾道市)で建造された海上保安庁初となる27メートル型測量船である。

### 船体の大型化と機能強化

●第三管区海上保安本部は、茨城県から静岡県までの広範囲且つ多様な海域を管轄しており、従来の水路測量、海象観測、港湾等の調査業務に加え、管内各地で開催される国際会議やスポーツイベント等への対応、近年多発している大規模な様々な災害へ対応するため、20メートル型測量船と比べ大型化と機能強化を図った。



Fig. 1. 27メートル型測量船「はましお」(上写真)と先代の20メートル型測量船「はましお」(右写真)

### 機能強化

- 操舵室と観測室を同一区画に配置し、測量・観測時における連携強化が期待できる。
- 巡航速度17ノットに対し、測量・観測時には低速航行を長時間行う必要性から、スリップ機能付減速機により長時間の低負荷運転へ対応している。また、測量船は、マルチビーム測深機をはじめとした音波類を主に使用することから、騒音・振動を低減させる効果が期待できる。翼プロペラを採用している。

### 安全性向上

- 操舵室や公室から機関室へのアクセスは、暴露部に出る必要はなく、また機関の操作及び監視については操舵室でも可能であり、航海中の安全性が向上している。
- 後方を見渡す位置に旋回機能付カメラ装置を設置し、その映像を操舵室内で確認できるようになり、搭載艇揚降作業等の後部甲板作業が俯瞰的に見えることから作業の安全性向上が期待できる。
- 管区配属測量船として初めてとなる防災情報等表示装置を装備した。本装置は、津波警報等が発表された際に、海岸線付近にいる人々への迅速な情報提供が期待できる。また、平時においても、水路測量や海象観測における付近航行船舶への安全周知が可能である。

### 大型化

- 居室は、2名用個室(固定ベッド2台)が4室、4名用個室(固定ベッド4台)が1室のほか、公室、調理区画、シャワー室、トイレ、洗面所、女性諸室(室内にはそれぞれ女性専用のシャワー室・トイレ・洗面所)が設けられ、長期派遣にも配慮された居住性向上となっている。
- 27メートル型測量船「はましお」の主要目は、Table 1. のとおりである。

	新	旧
全長	27.8m	20.3m
型幅	5.6m	4.5m
速力	17kt以上	15kt
総トン数	62t	32t

## 主要な測量・観測機器

●27メートル型測量船「はましお」に搭載されている主要な測量・観測機器は、次のとおりである。

### ① マルチビーム測深装置

●本船の大型化及び回航速力の高速化により、さらに沖合いへの進出が可能となったことから、管区配属測量船としては初めて中浅海用マルチビーム測深機を搭載した。

●効果的かつ効率的なシステムとするため、中浅海用マルチビーム測深機に加え、浅海用マルチビーム測深機や海上測位装置等を統合したマルチビーム測深装置とした。

●マルチビーム測深機、測位動揺計測装置及びシングルビーム測深機のデータをリアルタイムで受信し測量船の誘導情報や海底地形等を表示・記録する水深自動集録装置を装備した。

●測深記録には、漁具や他船の航跡等の海面上の状況と関連していることが少なからずあることから、操舵・観測室内に両舷前方及び同後方の海面が記録できるようにIPカメラ4台、制御装置及び外部記録装置で構成される海面観測記録装置を設置した。

### ② シングルビーム測深機

●シングルビーム測深機の役割が、マルチビーム測深機の補助機能に変化しているため、直下1素子の装備とした。

●マルチビーム測深機と干渉を避けるため、浅海用マルチビーム測深機から約10メートル離れた船底ドーム最後部に設置している。

### ③ 浅海用多層音波流速計

●浅海用多層音波流速計は、マルチビーム測深装置又は航海計器から出力されるデータと同期させることにより、航行中に深さ約70メートルまでの流向・流速の測定が可能である。

### ④ 中浅海用多層音波流速計

●管区配属測量船としては初めて搭載した中浅海用多層音波流速計は、マルチビーム測深装置又は航海計器から出力されるデータと同期させることにより、航行中に深さ約400メートルまでの流向・流速の測定が可能である。

### ⑤ その他の観測機器

●その他にCTDシステム、多成分水質計、採泥器、観測用巻揚機等を搭載している。

## 搭載艇

●搭載艇(Fig. 2.)は、27メートル型測量船「はましお」が航行することができない浅瀬や船溜まり等における作業に使用する。

●搭載艇には、マルチビーム測深機を搭載可能である。

●搭載艇の主要目は、Table 2. のとおりである。



Fig. 2. 27メートル型測量船「はましお」後部甲板上で固縛されている搭載艇

型式名	ヤマハ製ベイフィッシャー19
全長	約5.6m
船幅	約1.7m

Table 2. 27メートル型測量船「はましお」搭載艇の主要目

## P11 海洋データの利用促進と日本海洋データセンター

馬場典夫, 黒川隆司, 向仲英司, 愛瀬有輝, 鎌田ゆうな  
海洋情報課 (日本海洋データセンター)

### 1. 国際海洋データ情報交換の取り組み

様々な海洋データの取得・相互利用へのニーズは近年高まっており、平成 20 年 3 月に策定された第 1 期海洋基本計画で、各機関に分散する海洋情報の一元化の促進が謳われ、平成 30 年 5 月に策定された第 3 期海洋基本計画においても、多様な目的に応じた海洋データの取得及び共有の促進が求められている。

海洋データの相互利用の促進及び恒久的な管理については、海洋観測自体多大な費用を要し、また再現性のない自然現象を観測する貴重なデータであることから、古くから取り組まれている。UNESCO の政府間海洋学委員会 (IOC) が推進する国際海洋データ情報交換 (IODE) システムは、1961 年の第 1 回 IOC 総会で、海洋データ交換の促進により海洋調査研究・海洋開発を側面から支援することを目的に開始することが決定されたもので、その実施体制として各国に国立海洋データセンター (NODC) の設立を求め、現在の国際科学会議 (ICSU) の世界データシステム (WDS) の世界データセンター (海洋) と連携し、約 80 のデータセンターからなる海洋観測データを世界的に流通させ、恒久的に管理するネットワークが構築されている。

IODE では、無償・制限なしにタイムリーな情報交換の原則によりデータ管理を行っている。

### 2. 日本海洋データセンターの取り組み

日本海洋データセンター (JODC) は、日本の NODC は、1965 年、海上保安庁水路部 (現海洋情報部) に設立され、IODE のデータポリシーに則り、国内の海洋調査研究機関から提供された海洋データを管理・提供している。

JODC で受領した海洋観測データは、基本的に JODC のフォーマットに統一し品質管理チェックを行い、データベースに登録しており、利用者への提供はオンライン提供システムである J-DOSS を通じて行っている。また、受領データは定期的に米国 NOAA の世界データセンター (海洋) (WDC-A) へ送付しており、WDC-A の世界海洋データベース (WOD) 2013 年版中観測点数別で米国の 40% について日本が 11% で第二位となっている。

### 3. 今後の課題

日本では海洋データの一元化促進は基本計画やオープンサイエンス等で謳われているものの、提出を義務付ける規則等は設けられていない。現状では、あくまでもデータ取得者のボランティアによっている。研究・調査機関からの提供は定着してきているものの、大学研究者、環境アセスメント、民間の取得データの流通が課題である。

観測データは、適切な管理が行われなければ、災害や、担当者の移動や退職でも失われ、品質管理に必要な情報の追跡も難しくなる。しかしながら、各機関ともデータ管理は、研究者等が兼務し、予算的にも十分対応できていないのが現状である。

JODC では、データの提供を受けやすくするよう、受領フォーマットは特に制限していない。しかしながら、データの品質を保証するには、観測手法やパラメータ、単位等付随情報が重要であり、これらの情報も合わせて、適切に管理される必要がある。

近年の海洋調査技術の発展、多様な海洋利用・調査研究から、取得される海洋データの種類も多様になり、データ量も大幅に増え、これらへの対応が課題であり、技術・能力を保有する機関との分担・連携強化を進める必要がある。

# P12 NF-GEBCO Seabed2030への South and West Pacific Centre(SaWPac)における取り組み

小川 遼\*1, Geoffroy Lamarche\*2  
\*1 技術・国際課 海洋研究室

\*1 2017-2018 GEBCO Scholars Coastal and Ocean Mapping/Joint Hydrographic Center, University of New Hampshire

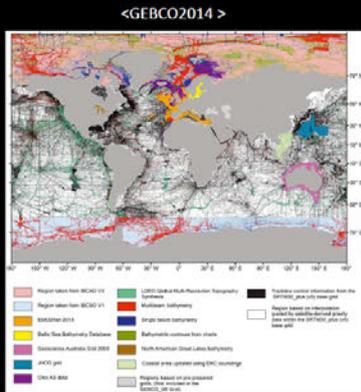
\*2 Principal Scientist – Marine Geology Programme Leader – Marine Geological Processes and Resources, National Institute of Water & Atmospheric Research Ltd

## はじめに

2017年の8月下旬から2018年の9月中旬まで、Nippon Foundation/GEBCO training programに参加した。その研修の一環として、NF-GEBCO Seabed2030の地域センターのひとつであるニュージーランドのSouth and West Pacific Centre(SaWPac)を訪問した。ここではSaWPacにおけるNF-GEBCO Seabed2030への取り組みについて紹介する。

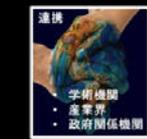
## NF-GEBCO Seabed2030とは？

⇒ 人類の海洋における持続可能な開発のため、2030年までに世界の海底地形図を100%作成することを目標としたプロジェクト。実施主体はGEBCO指導者委員会。日本財団が財政支援を表明済。



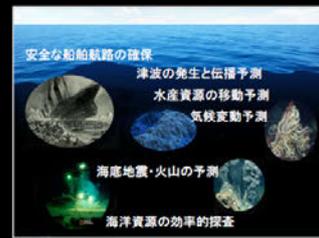
出典: Realistic bathymetry, G. M. Webb, et al., A new global bathymetric model of the world's oceans, Earth and Space Science, Vol. 6, 2019, 2019

- 各機関が所有するデータセットを一元的にまとめた。
- GEBCO 2014は30秒グリッド(経緯上で約926m)。
- 全海洋の18%しか実データがない。



Depth range	Grid-cell size	% of World Ocean
0-1500 m	100 x 100 m	13.7
1500-3000 m	200 x 200 m	11
3000-5750 m	400 x 400 m	72.6
5750-11000 m	800 x 800 m	2.7

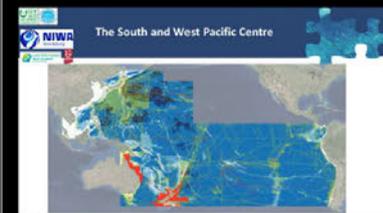
表1. 想定されているSeabed2030のグリッドサイズ



海洋の基礎データの充実！

<https://seabed2030.gebco.net/>

## NF-GEBCO Seabed2030へのSaWPacにおける取り組み



- 【取組1 ネットワーク構築】**
  - 地域小委員会の立ち上げ
  - データ収集や管理にクラウドソーシングを活用
  - プロジェクトの認知度向上のためのプロモーション
- 【取組2 海底地形データ収集に関する技術開発・支援】**
  - クラウドソーシングの活用
  - ドローンの活用
  - ROVの活用
  - 衛星測位システム(SDG)
  - データ収集技術の新しいアイデアの取り込み
- 【取組3 海底地形図作成、海底地形図作成に関する技術開発】**
  - クラウドソーシングの活用
  - クラウドストレージの活用
  - クラウドで作成されたデータの品質向上
  - 新しいプラットフォームの開発
  - 様々な種類のデータのグリッド作成
- 【取組4 各種基準策定】**
  - データの品質の向上
  - データの品質の向上

表3. 詳細なSaWPacにて実施予定の取り組み

Stats	0-200 m	200-1500 m	1500-3000 m	3000-5750 m	5750-11000m	Total
Total area SaWPac						
Area (km2)	4,989,826	5,258,836	13,068,933	93,198,225	6,999,943	123,515,763
% of total area	4.04%	4.26%	10.58%	75.45%	5.67%	
Outside EEZ (km2)	5,328	471,027	2,878,777	58,625,104	5,018,859	66,999,095
% of total area	0.00%	0.38%	2.33%	47.46%	4.06%	54.24%
<b>Data Available</b>						
Grid data GEBCO 2014 (km2)	1,106,737	1,098,707	3,061,084	13,802,420	2,233,652	21,302,600
(% of area within depth band)	22.18%	20.89%	23.42%	14.81%	31.91%	17.25%
additional GEBCO (2018, not released)	243,718	958,853	1,208,110	4,625,368	617,995	7,654,044
(% of area within depth band)	4.88%	18.23%	9.24%	4.96%	8.83%	6.20%
SawPac release Oct 2018 (not in GEBCO)	3,029	22,354	125,569	946,752	60,296	1,158,000
(% of area within depth band)	0.06%	0.43%	0.96%	1.02%	0.86%	0.94%
Total grid data available in SawPac (km2)	1,353,484	2,079,914	4,394,763	19,374,540	2,911,943	30,114,644
% grid data available within depth band	27.12%	39.55%	33.63%	20.79%	41.60%	24.38%

表4. SaWPac担当海域内の調査データ取得状況

### GEBCO(General Bathymetric Chart of Oceans) [大洋水深総図]とは？

GEBCO(General Bathymetric Chart of Oceans(大洋水深総図))は、全世界の海底地形図制作を行う、国際水路機関(IHO)とユネスコ政府間海洋学委員会(IOC)の共同プロジェクトである。1903年に活動を開始し、世界をカバーする海底地形図の第1版を作成している。以降、各国・機関から提供された海底地形データに基づき海底地形図の改訂を重ね、現在は30秒メッシュの世界海底地形データをホームページ上で提供している。Google Earth等の身近な地図サービスにも利用されている。

### Nippon Foundation/GEBCO training programとは？

(海底地形図制作技術者の養成)  
場所: University of New Hampshire, USA  
目的: 次世代を担う水路測量者や研究者を育てる。  
助成: 日本財団

## 中国の地図を作ったひとびと《13》

アジア航測 株式会社 名誉フェロー 今村 遼平

180号 中国の地図を作ったひとびと《1》禹	181号 中国の地図を作ったひとびと《2》張衡
182号 中国の地図を作ったひとびと《3》劉徽	183号 中国の地図を作ったひとびと《4》裴秀
184号 中国の地図を作ったひとびと《5》酈道元	185号 中国の地図を作ったひとびと《6》祖冲之
186号 中国の地図を作ったひとびと《7》僧一行	187号 中国の地図を作ったひとびと《8》竇叔蒙
188号 中国の地図を作ったひとびと《9》賈耽	189号 中国の地図を作ったひとびと《10》李淳風
190号 中国の地図を作ったひとびと《11》沈括	191号 中国の地図を作ったひとびと《12》朱思本

### 13. 郭守敬

#### (1) 幼・青年期

郭守敬(1231-1316:図1)は字を若思といい、順徳府刑台(今の河南省刑台県)の人で、南宋・紹定4年(1231)に生まれ、元の延祐3年(1316)に卒した。彼は宋一元代の著名な天才的天文学者であり、水利専門家でもあった。

郭守敬の父親の状況は史伝には載っていないから、早逝した可能性がある。彼は祖父の郭榮に養われて成人した。郭榮は金・元で一流の有名な学者であった。郭榮の教養のもと、郭守敬は幼いころから向学心に燃えていた。少年時代には極めて強い動手能力を身に付けた。16歳の時、書物の一服の挿図をもとに、竹材を用いて、1台の天文用の渾儀を作り、しかも、土の土台に渾儀を載せて天文観測をした。さらに彼は、北宋の燕肅の一服の拓本の図《石刻蓮華漏図》をもとに、漏壺の水面を安定に保つことのできる仕掛けを作った。これは当時、大変先進的な計時儀器の工作原理であった。

当時元の世祖フビライの重要な参謀役であった劉秉忠が父親の喪に服するために、ちょうど刑台の西南紫金山中に廬を結んで、読書をしていた時、そこには、学術的な著名な学者・張文謙・張易・王恂等がいた。郭守敬

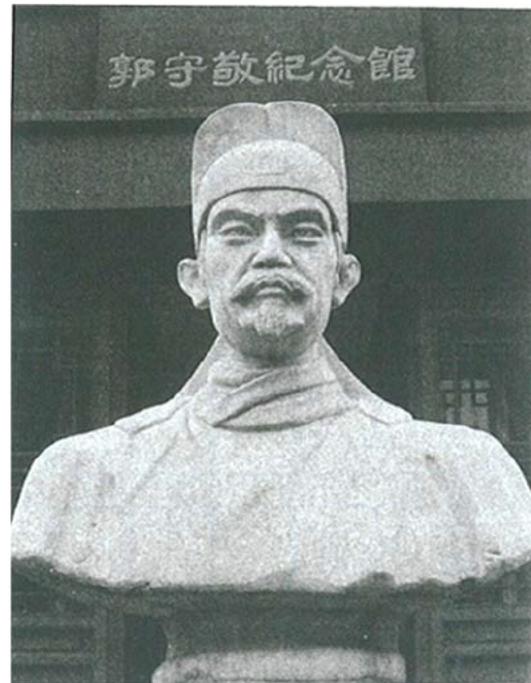


図1 北京の郭守敬記念館前の郭守敬像  
(<http://la.wikipedia.org/wiki>による)

の祖父・郭榮と劉秉忠は交友関係にあり、少年・郭守敬はそこで劉秉忠の門下生として多くを学んだ。劉秉忠は経学と天文学に精通しており、郭守敬はこの地で天文学などきわめて多くの学問を学ぶことができた。

青年時代には、橋梁の建造や道路の建設・舗装などに興味を持っていた。20歳のとき、順徳城の外にある1座の石橋が洪水でこわれ、

汚泥に埋もれて長いこと修復されないままになっていた。交通の妨げになるだけでなく、水害の原因にもなっていた。郭守敬は何回にもわたって調査をして、ついに元来の河道と橋梁の跡を探しあて、民工を組織して河道を疎通させ、かつてより堅固な石橋を建設したという<sup>1)</sup>。

蒙古の哥汗8年(1251)、劉秉忠(もともとは子聰という仏僧で、仏教の大立者・海雲の弟子であった)が、フビライの要請で師匠の名代として、莫北にあった金蓮川幕府時代にフビライのもとへ派遣されていた。劉秉忠は刑台を離れたあと、郭守敬を張文謙に紹介した。中統元年(1260)、フビライは、開平府(のちに上都とよばれた)で、張文謙に大名路(今の河北省大名県一帯)のちの宣撫司の任を命じた。そのとき郭守敬は張文謙について行った。郭守敬はその地で張文謙に水理学など多くを学び、数多くの河道の水利調査・観測作業の実践を通して、水利事業実施上の実力を身につけていった。彼はさらに大勢の職人を集めて、少年時代に創造した蓮華漏を鑄造している。

## (2) 天文学分野での活躍

### —観星台(天文台)建設と天体観測—

#### (2.1) 《授時曆》の作成

郭守敬は新曆《授時曆》の作成者として世界に知られている。彼はフビライから新しい曆法を作るように命を受け、至元13年(1276)にスタートして4年かけて、それ以降360年以上にわたって使われた《授時曆》制定したが、これは当時世界トップレベルの曆法となった。彼は自分で新たに創造した多くの天文儀器(後述)を使って、精密な天文測量にもとづいて1年の長さを、365.2425日と定めた。この値は、300年後の1582年に定められ現在も使われているグレゴリオ曆との地球の公転周期での時間誤差は、年間にわずか26秒という驚くべき精確さであった。

#### (2.2) 《授時曆》作成に伴う新しい儀器の創作

郭守敬は《授時曆》作成に際して12件の天文観測儀器を新たに創作し、4件の野外観測用の儀器を作成したことが、齊履謙所撰の《知太史院事郭公行状》に載っている。簡儀と高表・候極儀・渾天象・玲瓏儀・仰儀・立運儀・証理儀・景符・窺機・日月食儀・および星晷時儀の12種である。4件の携式儀器というのは、①正方案、②九表、③懸正儀、④座正儀のことで、齊履謙の《知太史院事郭公行状》にはこれら全部が網羅されている。16件の儀器のうち、簡儀・候極儀・立運儀・渾儀・仰儀・高表・景符・窺機・正方案の9件は《元史・天文志》にもかなり詳しく記載されている。それらの中でも、主要なものは次に述べる簡儀や高表である。

#### (2.3) 簡儀

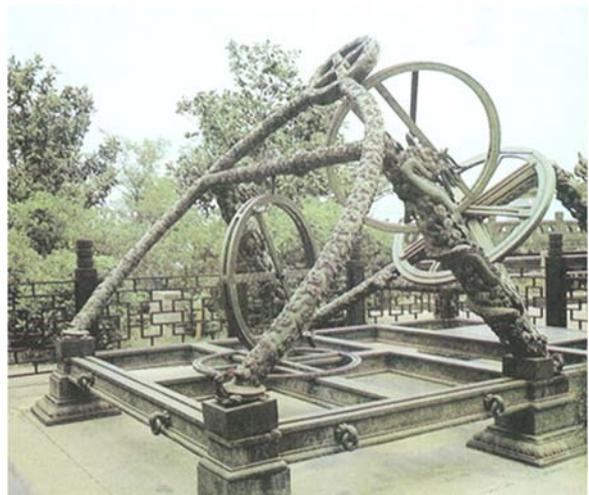


図2 郭守敬が作った簡儀  
(《中国古天文儀器史》2005による)

郭守敬が創造した天文観測儀の一つである。赤道経緯儀と立運儀・日晷の3種からなる儀器で(図2)、主として夕刻や明け方・夜半などに星や天体の赤道の座標を測定するのに使われる。唐・宋以来の数学の発展にともなって、すでにかなり正確に赤道と黄道と白道[月の軌道を地球の中心から見て天球に投影したもの]の3種の座標系統の換算ができるよう

になっていた。北宋の沈括（1037－1095）は、はじめに渾儀の白道環をすっかり取り去った。次に郭守敬は黄道座標の環グループを排除し、地平と赤道両方の座標環グループを分解して、それぞれ独立の装置とした。地平経緯儀と赤道経緯儀がそうである。赤道経緯儀は、赤道環（測っている天体の赤経値）と赤経環（測っている天体の極度）とを組み合わせたものと、現代の望遠鏡中や一般的に広く応用している天図式の赤道装置の基本構造と同じものである<sup>①</sup>。

郭守敬が設計した立運儀は、近代の地平経緯儀と基本的に同じである。これを包括して1個に固定した地平環と1個の鉛垂線状に旋回する直立した立運環、さらに、窺衡\*1と界衡\*2が各一つずつあり、天体の高度と方位角とを測定するのに用いる。これが中国の天文儀器中、はじめに出現した独立した地平経緯儀の構造である。これは300年あまり世界に先がけた設計・製造レベルで、西洋の科学者は簡儀をきわめて高く評価している。《中国科学技術史》は、“赤道渾儀は欧州の文芸復興時代に天文分野での主要な進歩の一つであるが、中国人はすでにこれを早くから使用していた。郭守敬は第谷\*3（チコ・ブラーエ：Tycho Brahe）に3世紀先行していたのである<sup>②</sup>。”  
 德雷爾（原名不詳）は“中国には13世紀にはすでにチコ・ブラーエ式の赤道渾儀があった。さらに人を驚かせるのは、チコ・ブラーエと同様に1585年の彗星を観測しているし、恒

星と惑星の大赤道を観測する渾儀と同じものを用いていたということだ”<sup>③</sup>と説明している。ジョンソンは、“元代の儀器は扱いが簡単であるが、原始的で粗っぽい造りというわけではない。技術はすでに手間のかからない省力的な熟練の域に到達していた。これは、ギリシアやイスラム地域の、座標ごとに1種の儀器にたよるという測量のやり方に比べて、優れたところが多い。むろん、アレキサンドリア地域やマラッカ天文台には、いずれも郭守敬の簡儀のように完全で有効かつ簡単な器儀は、まだ一切なかった”<sup>④</sup>ことを認めている。

#### （2. 4）正方案

これは1個が4尺平方の木板上に19個の同心円が描かれたものである。円の中心に1本の表が立っており、その表の影の端がある一つの円上に到達したときマークをつける。こうして朝から晩まで完全に記載し、同一円上の両点を連結すると、それらの中間点から中心までの線がまさに南北方向になる。この円を立てると、北極点の高度も測ることができる。これは携帯して、野外作業を行うのに便利な天文測量儀器である。

#### （2. 5）高表

郭守敬が観測精度を向上させるために設計した、多種用途の測量儀器である。図3、4に示すように、正午時における表（標尺：ノーモン）の影の長さを測って24節気を推定でき、表の影の長短の周期的な変化から、1回帰の日数を正確に確定することができる。冬夏の2至〔冬至と夏至〕と春秋の二分〔春分と秋分〕の表の影の長さから、この地点の緯度を求めることもできる。表の影が正しく北に来て太陽が南中した瞬間が、この地点の真の太陽時の正午である。“表”（標尺：ノーモン）と南北方向に平らにおいた“圭”（影の長さを測る水平の目盛板：図4参照）を組み合わせるものである。郭守敬が元の大都（今

①ジョセフ・ニーダムの《中国科学技術史》4巻489項の説：“郭守敬は、そのころはまだ望遠鏡はなかったけれども、赤道装置の創始者である。彼の簡儀はまだ望遠鏡の誕生前であったため、今や消亡してしまった。それでもこれは、現代の航空や航海儀器中に生きている…”

\*1 窺衡：目標とする星を望遠するために窺筒を動かす取手。

\*2 界衡：機器を目標とする星の方向に動かす取手。

\*3 第谷：デンマーク人（チコ・ブラーエ：Tycho Brahe）のことで、1546年生まれの日文学者。

②ジョセフ・ニーダム《中国科学技術史》4巻494－495、486－487、487－488頁。

③④ジョセフ・ニーダム《中国科学技術史》4巻494－495、486－487、487－488頁。



図3 元代の郭守敬が建設した現存する洛陽の観星台（天文台）  
（河南省登封県告成鎮）

の北京)に設計した表は銅製で、圭は石でできている。長さ50尺の表が、圭の南端の石座に垂直に挿して立てられており、地中部分が14尺・地上部分が36尺である。頂部の両端には2条の龍が鑄込まれており、それが横梁を支えている。横梁の中心から表の頂までは4尺で、圭面から起算して横梁の中心までは、計40尺あって、ふつう使う8尺の表の5倍である。圭の長さは128尺でその北辺は1尺、横梁の中心が(計測時に)相対する区間には、表の幅4寸の広さの中心帯を二つに区切ってあり、その長さは計120尺で、帯の両辺には等しく尺・寸・分の目盛が刻まれていて、その北端<sup>\*1</sup>で影の長さを測量する。精度向上のために圭と表とはいずれも厳密に水平性を校正する装置をそなえている。郭守敬は、小孔が像を形成する原理にもとづいて、影跡の判定器である“景符”というものを設計・製造した。これは太陽が子午線を通過するとき、圭面上を移動してちょうど“景符”上にあることを正確に把握できるものである。太陽の光が小孔を通過して圭面上に1条の細い鮮明な横梁の影の部分に太陽像をもった米粒1つくらいの大きさの中間帯を形成するが、この

\*1 太陽光は南方から照射されその影は北側にできるから、その“北端”が測定すべき影の“先端”になるわけである。

横にわたした梁の影が太陽像を平等に分けたときの梁の影のところが、すなわち表の影の端の正確な高さである。このことによって影の測定精度をきわめて高いところまで向上させた。

河南省登封県の東南15kmのところにある登封天文台(図3)の直壁と石圭は、郭守敬が創造した高表の数少ない実物遺跡である。石圭の子午方向は、長さ31.196mで、天文台はレンガを積み重ねて作った凹型の槽で、その直壁部分

は銅の表で代替してある。实地観察を経て直壁の高度と石圭の長さ等の構造は、《元史》所蔵のものと符合する。近代になって上述のように模倣して作製した横梁によって景符の進行を実測してみると、測表の影の長さの精度は±2mm以内にあった。

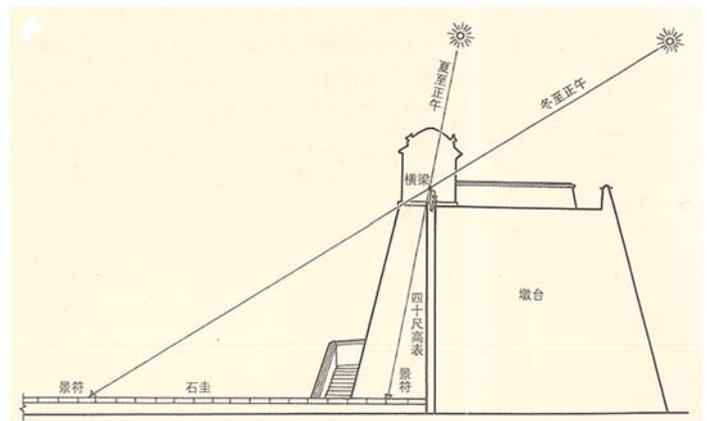


図4 郭守敬が建てた観星台の西側面図(張家泰氏の作図)  
((《中国古天文儀器史》:2005による))

郭守敬は自分で発明・創造した儀器を用いて、黄道面と赤道面の交角を測り、23度33分23秒という角度を得ている。現代の天文学の理論にもとづいて推算すると、郭守敬が活動した当時の交角は23度31分58秒5となり、郭守敬の測定の絶対誤差は1.4秒というもので、これは700年前の観測結果としては驚異的な高精度である。当時、北緯15度の南海

から 65 度の北海までの大規模な天体観測（「四海験測」と呼ばれている）を主宰したのも郭守敬であった。これは、暦法改定のための下準備であったともいえよう。

### （3）水利分野での活躍

郭守敬の水利方面での貢献にも大きいものがある。彼は西北河套平原の灌漑用渠道の修復や拡張を指導し、大都（北京）の水源確保や通惠河の開削等にも大きな実績がある。

フビライは、大都は内陸都市であるにもかかわらず、都市内に海に通じる港を作りたいと言う二律背反する考えを持っていた。その実行の厳命をうけた“黒衣の謀臣”と呼ばれた劉秉忠<sup>りゅうへいちゆう</sup>は、水利工学の実力者・郭守敬を起用した。劉秉忠の友人・張文謙<sup>ちやうぶんけん</sup>の推挙によるものだ。郭守敬 38 歳の時のことである<sup>2)</sup>。

#### （3. 1）西夏の農地灌漑

中統 3 年（1262）中書左丞の張文謙の推挙で、郭守敬は平府でフビライに面接した。彼は河北平原の水利事業の発展に必要な 6 条を、面と向かって建議した。彼が一事を奏上するごとにフビライはすべてうなずいて、彼を大變賞賛した。“このような人物にこそ仕事を任せるべきだ。もろもろの路（行政区画）の河渠に関する業務を実施する役目を授ける”と勅した。フビライはすぐに彼を諸路河渠提挙に任命し、各地の河渠の整備・改修と管理工事をつかさどるように命じた。翌中統 4 年（1263）、朝廷は郭守敬に銀符を与え、副河渠使に昇格した。

元の世祖（フビライ）の至元元年（1264）郭守敬は西夏の路行省（今の寧夏・甘肅・青海一帯）に、長官・張文謙につき従って西方地域の視察に赴いた。そこですぐに河套平原の水渠の修復の責任を負った。河套平原は肥沃の土地で、古来、農民たちは自分たちで多くの灌漑渠道を開削して、黄河の水を農地の灌漑に利用してきた。その中に、2 条の長い渠道があった。1 条は“唐来渠”と呼ばれる

長さ 400 里（当時の 1 里は 553 m だから、約 221 km）の渠道、もう 1 条は“漢延渠”<sup>ほんえんきよ</sup>と呼ばれる長さ 250 里（約 138 km）のもので元来、渠道網は密に分布していたのだが、大多数がそれまでの戦火で毀されていたのである。郭守敬はこれを当地の役人と人民との協力のもとで誠心誠意設計・施工して、1 条の旧水路の修復をわずか 2 年余りで終え、さらに新しい渠道を開削してこの地域の灌漑を大きく進展させたのである<sup>2)</sup>。当地の農民たちは感謝の念を込めて、渠頭上に郭守敬の生祠を建てた。

#### （3. 2）水源調査と水の確保

至元 29－30 年（1292－1293）郭守敬は大都の水源地を増設したのち、強い要請のあった“内陸の中の港”を建設するために、昌平から通県に至る 1 条の運河・通惠河を開削した。

郭守敬はまず、大都の北方 30 km にある白浮泉<sup>はくふせん</sup>に目をつけた。この水（神山泉）を南の甌山泊（現在の頤和園の昆明池）を経て大都の西北の水門から城内に入れ、積水潭<sup>せきすいたん</sup>（今の什殺海<sup>じゅうさつかい</sup>：図 5）の湖水を維持することにした。この湖は大都の主水源であったのだ。

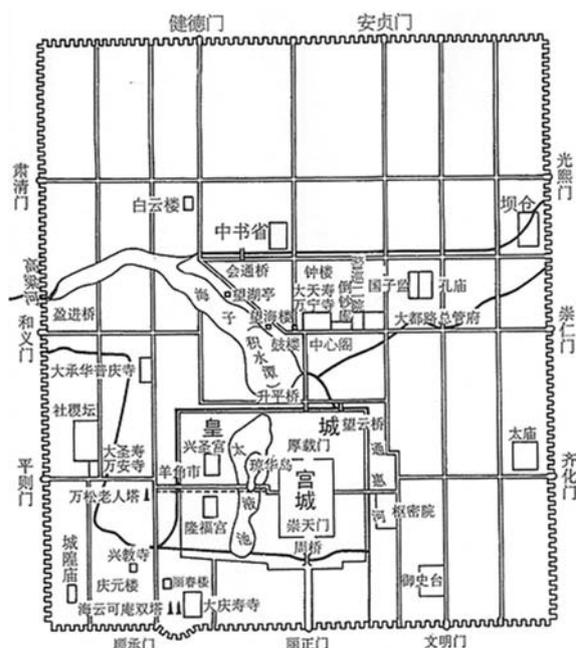


図 5 元の大都城とその中の積水潭  
（《中国地図学史》：2010 による）

この過程で水利学的に大きな工夫がなされている。白浮泉付近の海拔は60m、大都西北角の海拔は50mであったが、両地点間の地形はだんだんに下がっているわけではなく、その間には海拔が45mも下がるところがあった。郭守敬は調査後、西山山麓で海拔約50mのところを60

里（約33km）以上にわたって南北に走る堰堤（白浮堰）を建設して、低地を迂回して渠道を通し、さらにその途中の沿線の水源をも集めて渠水の水量を増やしたうえで、その渠水を大都の積水丹潭へと流入させたのである。

### （3. 3）通惠河の開削

フビライは、通州の海（天津付近）と積水潭戸を運河で結んで、船で運航ができるようにして、“内陸の中の港”を作りたいと常々思っていた。その計画と実施が郭守敬にまかされたのである。そこでの最大の問題は高さの違う通州の海と、内陸の湖・積水潭とをどうつなぐかである。彼の正確な水準測量の結果、通州の海と積水潭の湖面戸の間には37mの高低差があることがわかった。彼は、積水潭から東50kmの通州までを10の閘門（水門）をもった運河でつなぐことにした。このためには、水準測量を精密に実施したうえで、それによって綿密な設計図を作る必要があった。測量作業には多年を要し、ようやく至元29年（1292）に着工にこぎつけた。

工事には2万人の労働者が動員され、5kmごとに1組2個、計10ヶ所の閘門が設けられた。運河の幅は27.5m、1組の水門の区間は500m～1000mほどにし、例えば船が海側からこの水門に入ると、下流の水門がまず閉じられる。そして上流の水門が開けられて水位が上がり、次の区間と同じレベルになったところで開いた上流水門を通過して船は進んで

いき、同様のことを繰り返すという仕組みである。つまり、水門ごとに水位が約3mずつ上がっていくわけである（図6）。

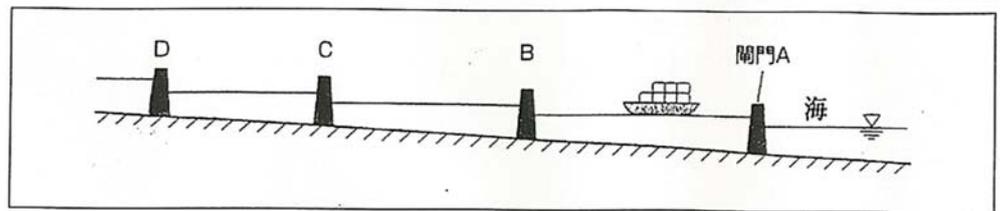


図6 パウンド・ロック方式のイメージ図（《中国の海の物語》：2007）

こういう方式は現在ではパウンド・ロック式運河と呼ばれ、中国ではすでに唐代に発明されていた。白浮泉の泉源から海岸までの総延長164里104歩（約91km）の通惠河のビッグ・プロジェクトは、1293年に完成した。フビライは、同年7月にこの運河に《通惠》という名を付けたが、その翌年に亡くなっている。しかし、通州の海と大都を繋ぐ《内陸の中の港》の建設というフビライの要請は、生前に実現したのである。

通州にはかつての隋の煬帝が掘らせた大運河のほか、海港の道沽（現在の天津）と白河（現在の京杭運河？）で繋がっていた。このため、江東や東南の海運物資は道沽で河舟に積み替えられ、通州を経由して運河を西へさかのぼることによって、大都の東南の文明門（崇文門）から入って積水潭へと運ばれたのである。

積水潭の北岸は斜街市という大きな市場になっていた。そこには市のほかにも首都の行政を統括する大都路総管府など、経済や財務を担当する官庁や施設が密集していた。

なお、通惠河の建設工事は相当に大規模で、皇城東北角の考古学的な発掘によると、河道の幅は27.5mであり、郭守敬が通惠河上流の河道ルート選定の際に実施した地形測量の正確さは、現在の学者の間でも絶賛を得ている。

### （3. 4）“海拔”という概念の創造

郭守敬は以上のような長期にわたる渠道の建設や改修の実践の中での一連の水準測量の

経験にもとづいて、地形の絶対的な高さを表すのに“**海拔高度**”という概念を提唱した。この概念は、以降の地形測量やそれを応用した土木工事にとって画期的な貢献をなすもので、世界の技術史にとって極めて意義のあることである。

至元8年(1271)、**郭守敬**<sup>かくしゅけい</sup>は都水監(治水・利水関係の役所の長)に昇格した。1276年になると都水監は工部(工事管理・工事の技術管理・水利等を掌握する中央官庁)を併入し、**郭守敬**は建設関係の高級官僚である工部郎中(建設次官)となった。彼はこの職務を担当したため、自分で黄河沿線の地形調査・測量や通行路線への“水の駅”(船や宿泊施設を備えて、官員の往来や通信・水上交通の拠点となる施設)を建設した。

彼は**孟津**<sup>もうしん</sup>(今の河南省の孟津県東南)の黄河の旧河道沿いでは、およそ100里四方の広さにわたる地形測量を実施して、地勢の傾斜変化を調査し、その結果にもとづいて渠道を開削して黄河の河勢を分殺し、建設した渠道による農地の灌漑地域などの入った地図を作成した。2地点間の高さの差を求めるために、前述した平均海水準平面図を作成し、それを基準面として、そこから起算した高度、すなわち“**海拔**”を導入する考えを確立したことは、極めて先進的なことであった。

**郭守敬**の、地表の高さを海拔で示すという概念は1275年に提唱されたもので、それ以降、実地の水準測量の中に利用されていった\*<sup>1</sup>。700年以上あとの今日、この概念は世界各国の地形測量に広く応用されていて、一般常識となっている。しかし、この海拔という概念の導入は、中国の科学者が人類史上でなした大きな貢献の一つとして、記憶さるべきことであろう。

## 参考文献

- 1) 孫機：中国古代物質文化 中華書局 2014 (中国語)
- 2) 中国測繪史編集委員会編：中国測繪史 測繪出版社 2002 (中国語)
- 3) 今村遼平：中国の海の物語——衣帯水の妙—— 自費出版 2007
- 4) 潘鼐編集：中国古天文儀器史 彩図本 山西教育出版社 2005 (中国語)
- 5) 喻滄・廖克：中国地図学史 測繪出版社 2010 (中国語)
- 6) 今村遼平：中国地図作成に見る世界最先端の技術史 郁朋社 2017
- 7) 中国インターネット“百度” (中国語)
- 8) ウィキペディア

---

\*<sup>1</sup> 郭守敬が海拔の概念を提唱する以前は高さの絶対値はなく、恐らく極座標的に工事の度に高さの基準を設けていたものと思われる。

## ☆ 健康百話（69） ☆

### —症状から病気へ⑳不眠—

若葉台診療所 加行 尚

#### 1 はじめに

「不夜城」という言葉を耳にするようになって久しくなりました。“灯火が輝いて、夜も昼のように明るく賑やかな所”と広辞苑にありました。私たちの生活環境は、特に都会ではまさしく「不夜城」の環境です。“睡眠”のための環境にはあまり良くありません。それに加えて“ストレス”の多い世の中です。「最近あまりよく眠れない時が多くなりました。」ということも多く耳にします。今回は「不眠」について考えてみたいと思います。

「不眠症」とは、「就寝する時間が十分確保されているにもかかわらず、不眠症状が長期間続いた結果、日中の精神及び身体機能が低下した状態」ということです。急性の不眠は色々な心理的ストレスで生じ得るいわゆる生理現象ですが、それが慢性化すると、その不眠の多くは、その原因となった心理的ストレスが解消されても改善されず、治療が必要になってきます。日本における不眠症の概算有病率は約20%と報告されており、欧米諸国とほぼ同等であるとされています。

#### 2 不眠の原因

##### 1) 身体的要因

これには疼痛、痒み、咳(喘息など)、呼吸困難(慢性閉塞性肺疾患など)、頻尿(前立腺肥大症など)、下痢などの身体的症状によりもたらされる不眠です。

##### 2) 生理的要因

これには騒音、光、不快な温度、引っ越しや旅行などによる環境変化などに

対する生理的反応、好ましくない生活習慣(不適切な睡眠衛生)により引き起こされる不眠。

##### 3) 薬理的的要因

薬物やアルコールの副作用ないしは離脱。等に伴う不眠。

##### 4) 心理的要因

ストレス、緊張などによる不眠。

##### 5) 精神医学的要因

うつ病、統合失調症、不安神経症などの精神障害に伴う不眠。

以上の5つがその代表として挙げられます。

その他に、閉塞性睡眠時無呼吸症候群、やレストレスレッグ(むずむず脚)症候群などの内在性睡眠障害も不眠の原因になります。

(表1)

#### 3 病態生理

##### 1) うつ病に伴う不眠

うつ病の症状のうち、一番頻度の高いのが不眠と食欲不振、体重減少です。出現率は何れも80%以上です。不眠のタイプは、早朝覚醒、入眠障害、中途覚醒、熟眠障害のいずれも診られます。

多くの方々は、不眠のせいで憂鬱感や疲労感、意欲の低下などが起きていると思い、プライマリ・ケア医を受診することが多いようです。

##### 2) 閉塞性睡眠時無呼吸症候群

これは睡眠中に上気道が閉塞して呼吸が出来なくなる現象が繰り返して起こる病態です。無呼吸から呼吸を再開

する際には必ず目覚めの反応(覚醒反応)を伴いますので、閉塞性睡眠時無呼吸症候群のある方は睡眠が著しく分断されますので、睡眠不足になります。またこのような方々の上気道は狭いので吸気時に乱気流が生じて上気道周囲の軟部組織を振動させる結果、著しいいびきが生じます。この症候群は肥満者に多いのですが、その他閉経後の女性にも診られる病態です。

3) レストレスレッグス(むずむず脚)症候群

これは安静時、特に臥床している時に足を動かしたいという衝動が、多くは下肢の異常感覚(ほてり、蟻走感、痛みなど)を伴って出現します。この衝動と異常感覚には、下肢を動かすことで改善し、日内変動が認められ、夜間に増悪するという特徴があります。この感覚は皮膚表面ではなく、深部のものと自覚されることが多いようです。(表2)

やっと寝付いてもこの足の付随運動が繰り返し生じるために目覚めやすく、目覚めると先に述べた異常感覚が生じ、その結果入眠障害と中途覚醒、その後の再入眠障害が生じ、夜間睡眠が著しく損なわれることが多いです。

4) 薬物による不眠

不眠を来しうる代表的な薬物として、β遮断薬などの降圧剤、テオフィリン、インターフェロン製剤、選択的セロトニン再取り込み阻害薬(SSRI)、カフェイン、ステロイド、スタチンなどの脂質異常症治療薬等があります。またアルコールの連用も不眠の原因になります。

5) 非器質性不眠(原発性不眠)

何らかの原因で不眠が有り、そのために不安や疲労感、集中力の低下などを来して日常生活が損なわれていると自覚してはいますが、深刻な機能障

害や能力障害を呈することはありません。不安の内容は睡眠に関することに限局されています。この不眠は、不眠に対する恐怖と眠ろうとする努力が過覚醒をもたらして睡眠を妨げていると考えられています。

6) その他

これは、睡眠の原因の最初に挙げた身体的要因に入りますが、男性では“前立腺肥大症”が有ります。また女性では“過活動膀胱”が有ります。

“前立腺肥大症”は、男性の尿道の根元にある前立腺が加齢により肥大し、その結果尿道を圧迫して排尿を困難にし、膀胱内に貯まった尿を全部排出できなくなるために起こるものです。

“過活動膀胱”は女性に多いのですが、これは膀胱内に尿が貯まると排尿筋が伸展します。その刺激を受けてすぐに排尿筋が収縮するために起こるものです。この過活動膀胱は男性にも起こります。

夜間排尿が2回以上になりますと睡眠障害になりますので、治療が必要です。このような症状がある方は、かかりつけの先生に御相談下さい。

参考文献

- 1) 跡見裕、磯部光章他(監): 症状からアプローチするプライマリケア: 日本医師会雑誌第140巻・特別号(2)、2011
- 2) 日本医師会学術企画委員会(監) 上島国利、鴨下重彦(編): 症候から診断へ 第4集: 日本医師会 2001
- 3) 泉孝英(編): 今日の治療のために ガイドライン 外来愛診療 2017「うつ病(加藤正樹)」日経メディカル開発、2017

表 1 不眠症の原因—5つのP

身体的要因 (physical)	疼痛性疾患, 発熱性疾患, 痒みを伴う状態, 腫瘍, 感染症, 血管性障害, 心疾患, 炎症性疾患, 内分泌および代謝障害, 頻尿 (利尿薬使用または他の原因による), 慢性閉塞性肺疾患または他の原因による低酸素症
生理的要因 (physiological)	時差症候群 (時差ぼけ), 交代勤務, 短期の入院
薬理学的要因 (pharmacological)	アルコール, 抗がん剤, 降圧薬, 自律神経作用薬, カフェイン, 中枢神経抑制薬, 中枢神経刺激薬, モノアミン酸化酵素阻害薬, ニコチン, ステロイド薬, テオフィリン, 甲状腺製剤
心理的要因 (psychological)	ストレス, 重篤な疾患
精神医学的要因 (psychiatric)	アルコール依存症, 不安, パニック障害, 大うつ病

(Erman MK: An overview of sleep and insomnia. *Hosp Pract* 1989; 23 (suppl 2): 11-20 より改変)

参考文献 1) 219 頁より

表 2 レストレスレッグ症候群の必須診断基準

1. 下肢の不快感を伴い, またはそれに起因して下肢を動かしたいとの強い欲求に駆られる (時に不快感なしに下肢を動かしたいとの強い欲求に駆られることがあり, 下肢に加えて上肢または他の身体部位が含まれる場合もある)
2. 横になっている, 座っているなど, 安静時や身体を動かしていないときに, 下肢を動かしたいとの強い欲求や不快感が生じたり, 増悪したりする
3. ウォーキングまたはストレッチングなどの運動により, 少なくともその活動を続けている間は下肢を動かしたいとの強い欲求や不快感が部分的にまたは完全に改善する
4. 下肢を動かしたいとの強い欲求や不快感は日中に比べて夕方ないし夜に増悪するか, または夕方ないし夜にのみに認められる (症状がきわめて重症である場合, 夜間の増悪に気がつかない場合があるが, すでに増悪は起こっていたはずである)

(Allen RP, Picchietti D, Hening WA, *et al*: Restless legs syndrome: diagnostic criteria, special considerations, and epidemiology. A report from the restless legs syndrome diagnosis and epidemiology workshop at the National Institutes of Health. *Sleep Med* 2003; 4: 101-119 より引用)

参考文献 1) 220 頁より

## 冬のメジナは釣ってよし食べてよし

日本水路協会 販売部 雪松 隆雄

1月から4月上旬にかけて寒グレ釣りのピークを迎えます。釣り人、特に磯釣り師にとってわくわくする時期です。寒グレって何？関西地方ではグレ、九州地方ではクロ、関東地方ではメジナ、京都丹後地方ではツカヤとよばれています。グレは周年釣れますが、梅雨時期のグレを梅雨グレ、11月下旬から4月上旬に釣れるグレを寒グレと称されています。この時期の寒グレは引きが強く食べても美味しいので釣り師にとってたまらなく楽しみな魚です。

一般的な釣り方を紹介しましょう。釣り場は主に磯場、波止です。船釣りでも釣れますが磯場波止が中心になります。フカセ釣り、カゴ釣りが主体になります。呼び方は違いますが、撒餌をして魚を寄せて釣るので同じようなものです。フカセはオキアミ・アミ・集魚剤を混ぜて柄杓でこれぞというポイントに撒きます。かご釣りは、この撒餌を専用のかごに入れて遠投します。釣り方は釣り場所によって選択します。

魚がどのくらいの深さにいるのかが鍵になります。よくウキ下2ヒロ、竿1本とかいいます。1ヒロは両手を広げたときの長さ約1.5m、竿は釣り竿のことです。磯竿は5m程度ありますから竿1本は5m程度の深さになります。魚は水温にとっても敏感です。冬季は海の表面近くは冷やされて水温が低いです。水温が低いとなかなか釣れません。比較的水深のあるところの水温は安定しているので表面近くより釣れます。海潮流、風、地形状況により変わりますが、頻繁に通うことが大事です。

さあ、ここで私の釣り方を紹介しましょう。

まず釣り人にとって大切な潮汐・海水温などの情報は、海洋情報部のホームページを参考にし釣り計画を立てます。併せて日本水路協会の潮見カレンダーもよく利用しています。

私の釣りはどちらかというとフカセ釣りになります。水深は極浅い水深1m程度を狙います。新月大潮の夜釣りです。良く通っている場所は外房館山の洲崎というところ。この地域のメジナの習性を利用した釣りになります。新月の大潮のときに浅場のテングサなどの海草を食べに来たメジナを狙います。仕掛けはウキ下数十センチ、電気ウキ、ハリス4号針9号の比較的大仕掛けです。この時期のメジナは型がよく、長さ40cm、重さ1kgあります。3月になるとオスもメスも抱卵していますから引きも強くなります。撒餌さは蛍光アミ、付けエサはオキアミです。



洲崎の磯

次に釣れたメジナの料理を紹介しましょう。好みよって、釣りたてが美味しいという方、数日熟成させた方が美味しいという方があります。私は両方好きです。

釣ったメジナは帰るときに磯で扱います。ちょっと残酷ですが血抜きします。家の台所で

すぐに3枚におろします。皮付きと皮なしにおろします。

皮つきはバーナーで焼きます。凄く香ばしい匂いがして皮の食感がたまりません。

オスの白子は湯がいてポン酢で食べます。釣り人の特権です。

煮つけ塩焼きから揚げ…何でも美味しいです。

読者の方で釣りの好きな方は挑戦してみてください。



釣果



刺身



白子と卵

※ 潮見カレンダーは、  
海図ネットショップでご購入いただけます。



# 海洋情報部コーナー

## 1. トピックスコーナー

### (1) 水路記念日特別展（歴史的に貴重な世界地図を初展示）の開催

(本庁 海洋情報部)

9月12日は、海上保安庁海洋情報部の祖となる兵部省海軍部水路局が創設され、我が国の海図作製が始まった日で、海上保安庁では、毎年、これを記念して全国各地で様々なイベントを開催しています。今年も、東京お台場（青海）の海洋情報資料館で、当庁が所蔵する歴史的に貴重な古地図（世界図）の特別展を行いました。初めて展示するものもあり、反響も大きく、多くの方に来館して頂きました。

一方、遠方で来館できないとの声も頂きました。このことから、今回の展示物について全国11の管区本部の海の相談室にデジタルアーカイブ情報を整備し、事前にご連絡いただければ閲覧することが可能となりました。本紙面にて、特別展の展示物を紹介させていただきます。ご興味をお持ちの方がいらっしゃいましたら、お台場の海洋情報資料館、全国11の管区本部の海の相談室までお問合せください。

展示物（3点）の紹介。

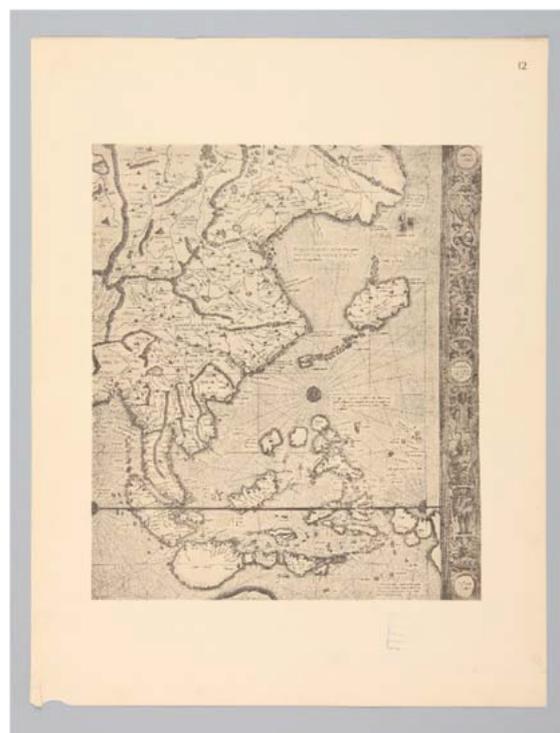
- ① 1569年にゲラルドゥス・メルカトル（16世紀の地理学者）が作製した世界地図で、メルカトルの名を不朽ならしめた世界図です。

1889年にスイスのバーゼル図書館で発見された実物の複製品を、海図についての国際機関から加盟国に配布されたもので、昭

和7年（1932年）に受領しました。18枚1組（約2m×3m）です。この図は、今回が初展示となります。



メルカトルが作製した世界図の全体構成



No. 12 日本周辺

② 1513年にピーリー・レイス（15世紀から16世紀オスマントルコの提督）が作製した地図です。1929年にトルコのイスタンブール、トクカプ宮殿博物館で発見されたものを2006年（平成18年）と2013年（平成25年）に海上保安庁がトルコ海軍関係者から提供されものです。原図は、33枚の地図を参考に作製されているとされ、現存するアメリカ大陸を描いた最古の地図といわれています。アメリカ大陸発見から間もない時期に描かれているにもかかわらず、アメリカ大陸が非常に詳細に描かれています。



左：読み易いようにテキストがデジタル処理されたもの  
右：縮小されているが精密に複製されたもの

③ 1856年（安政3年）にドイツで作製された世界地図です。大きさは（約1m×1.7m）、墨、青の2色刷で銅版印刷です。ヨーロッパで作製された図でありながら日本が地図の中心に描かれています。また経度の基準として、パリ、グリニッジ、大西洋のフェロー諸島の3つが用いられていることなど興味深い点が多い図です。日本周辺についても、主要な山脈、瀬戸内海の島々、黒潮や、中国からアメリカ西海岸に至る大圏航路も描かれています。

なお、この図は、ドイツ連邦海運水路庁から、貴重な資料であるとしてレプリカを提供してもらいたいと依頼があり、2019年（平成31年）3月、日独友好の一環として寄贈しました。



ドイツで作製された世界地図



海上保安庁海洋情報資料館（入館無料）

- ・住所：東京都江東区青海 2-5-18
- ・交通：新交通ゆりかもめ  
「テレコムセンター」駅下車徒歩約5分
- ・開館日：日、月、水、金曜日  
（年末年始除く）
- ・開館時間：10:00～17:00

## (2) 新造大型測量船（2隻目）の船名が決まりました

(本庁 海洋情報部)

海上保安庁の測量船は、海上交通の安全、海洋権益の確保、海洋環境の保全や防災といった様々な目的のために、我が国周辺海域において海洋調査を実施しています。

特に近年では、我が国の海洋権益の確保のための海洋調査が注目されており、海上保安庁においては、平成28年12月に関係閣僚会議で決定した「海上保安体制の強化に関する方針」に基づき、大型測量船2隻の整備を含む海洋調査体制の強化を進めているところです。

この度、この方針に基づき新たに整備する2隻目の大型測量船の船名を『光洋（こうよう）』と命名しました。命名の由来は、昨年6月に実施した一般公募において、国民の皆様から応募いただいた多数の船名候補の中で、応募数が多かったことなどを踏まえて決定したものであり、「光り輝く海、まだ十分に解明されていないその海に光を当てて、海洋調査を進め明らかにしていく」という思いが込められています。

「光洋」の就役は、令和2年度末の予定であり、現在、山口県下関市の三菱造船株式会社において建造中です。総トン数約4,000トン、全長約103m、全幅約16mで、当庁最大の測量船となります。令和2年1月29日に就役する新造測量船「平洋」に続く、過去最大の新造測量船ということから、特別に赤羽国土交通大臣より揮毫をいただきました。この揮毫の文字が、船体に転写されることとなります。

「光洋」は、海底下の地層を探査する機器や海底の泥等を採取する機器を装備しており、地殻構造調査や底質調査に特化した測量船となります。

他方、「平洋」は、海底近傍まで潜航させて調査する自律型潜水調査機器（AUV）を装備しており、精密な海底地形データを収集できる測量船となります。

今後、最新の観測機器を搭載して「光洋」が海洋調査体制に加わり、我が国の領海や排他経済水域（EEZ）等の海洋権益を確保するための海洋調査を計画的に進めて参ります。



新造大型測量船のイメージ図



赤羽国土交通大臣による揮毫

### (3) 電子海図懇談会 2019 開催

(本庁 海洋情報部)

海上保安庁は、令和元年9月5日、中央合同庁舎4号館で電子海図懇談会を開催しました。電子海図懇談会は、電子海図を製作する機関（海洋情報部）と、それを表示させるECDISメーカーや電子海図表示ソフト開発メーカー等との間で電子海図に関する情報交換を行う会合です。

懇談会には、ECDISメーカー等の企業15社26名、業界団体等の4団体7名と海上保安庁海洋情報部から、木下秀樹航海情報課長をはじめ電子海図の関係者が参加しました。

懇談会では、海上保安庁からIHOの新たな製品仕様であるS-100シリーズに関するIHOでの検討状況等、最新の情報について4つのテーマでプレゼンを行いました。特に、IHOが提案するS-100実用化のロードマップ案については、反響が高く、S-57ENCとS-101ENCをECDIS上でシームレスに表示させる方法や、ECDIS性能基準の改正スケジュールに関する意見についてなど活発な意見交換が行われました。



海上保安庁からのプレゼン

懇談会終了後、海図編集運用室の見学会を行い、海洋情報部の海図編集の現場を見ていただき、メーカー等の方々に海洋情報業務の理解を深めていただきました。



海図編集運用室の見学

参加者からは、S-100については、メーカーも注目しているところ、「有益な情報が得られた」、「このような会は今後も続けて欲しい」、とのご意見をいただきました。

今後もIHOから得た情報を関係機関と共有していくとともに、懇談会で出た意見を参考にして、電子海図の発展に取り組んで参ります。

## 2. 国際水路コーナー

### (1) 第32回海底地形名小委員会 (SCUFN32)

マレーシア クアラルンプール  
海上保安庁 海洋情報部  
令和元年 8月5日～9日

本年8月5日～9日にマレーシアのクアラルンプールにおいて、大洋水深総図(GEBCO)第32回海底地形名小委員会(SCUFN)が開催され、我が国から海上保安庁海洋情報部技術・国際課藤田課長、小原海洋研究室長(SCUFN副議長)及び小川研究官が出席しました。GEBCOは、国際水路機関(IHO)と国連教育科学文化機関(UNESCO)の政府間海洋学委員会(IOC)が共同で推進する、世界の大洋の水深を提供するプロジェクトです。SCUFNは、GEBCO指導委員会の下で、学術的な観点から海底地形名を標準化することを目的に海底地形の名称を審議・決定する小委員会です。年1回開催されています。今次会合は、マレーシア海軍とペ

トロナス(マレーシアの国営石油企業)によるホストで、クアラルンプールのクアラルンプールコンベンションセンターにて開催されました。

今次会合では、計187件の提案を審議したほか、Webベースの海底地形名集(Webガゼッター)の近い将来の運用方法等についての議論が行われました。我が国の提案は55件が採択となり、そのうち、9件は米国との共同提案でした。

次回会合は、来年11月9日～13日にアルゼンチンのブエノスアイレスで開催される予定です。



第32回海底地形名小委員会参加者

## (2) 東アジア水路委員会 カンボジア技術訪問

カンボジア プノンペン、シハヌークビル

海上保安庁 海洋情報部

令和元年 8 月 20 日～22 日

令和元年 8 月 20 日から 22 日の 3 日間、国際水路機関 (IHO) のキャパシティビルディング活動の一環として、カンボジアへの技術訪問が実施されました。技術訪問は、IHO 非加盟国に対して、IHO への加盟を促すとともに、非加盟国の測量等の水路技術レベルを把握することを目的とし行われているもので、我が国は、IHO 東アジア水路委員会 (EAHC) の議長国として、今回のカンボジア技術訪問を主導してきました。

今回の訪問には、我が国からは、EAHC 議長である加藤海洋情報部長を筆頭に、技術アドバイザーとして民間企業からの参加を含め合計 6 名が参加しました。そのほか、EAHC 副議長国であるインドネシア、英国水路部 (UKHO)、香港 (中国) 水路部が参加し、総勢 10 名の代表団を構成し、カンボジアを訪問しました。

技術訪問では、首都プノンペン及び国際港湾があるシハヌークビルを訪問しました。プノンペンでは、公共事業運輸省を訪問し、ロスバンナ首相補佐官及びチャンダラ次官への表敬挨拶を行い、水路技術は、国の経済発展に欠かすことのできない重要な分野であることを説明するとともに、IHO への加盟が水路技術向上の近道であることを説明しました。また、公共事業運輸省との意見交換では、カンボジア国内の測量技術や電子海図の状況について活発な議論が行われました。

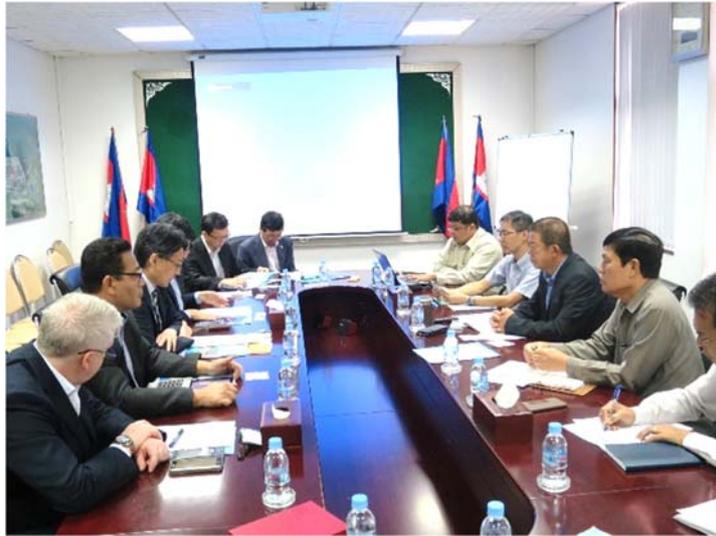
シハヌークビルでは、シハヌークビル港を管理するシハヌークビル港湾公社のルーキムチュン総裁を表敬するとともに、シハヌークビル港の状況について意見交換を行いました。

ルー総裁からは、シハヌークビル港について、これまで日本からの多大な支援を受けて発展してきた背景の説明を受けるとともに、日本に対する感謝の言葉がありました。また、シハヌークビル港はカンボジアの更なる経済発展に必要な不可欠な港であることから、今後の、拡張計画等を含め、引き続き、日本とは良好な関係を継続していきたいとの説明がありました。代表団からは、船舶が港湾に安全に入港するためには、海図及び電子海図の適切な管理が必要不可欠であることを説明しました。意見交換終了後は、実際にシハヌークビル港を訪問し、コンテナターミナルや多目的ターミナル等の現地調査を行いました。

海上保安庁海洋情報部では、東アジア地域全体の水路技術の向上及び航行の安全を確保するため、EAHC 議長国として、引き続き、東アジアの各国と様々な取り組みを行ってまいります。



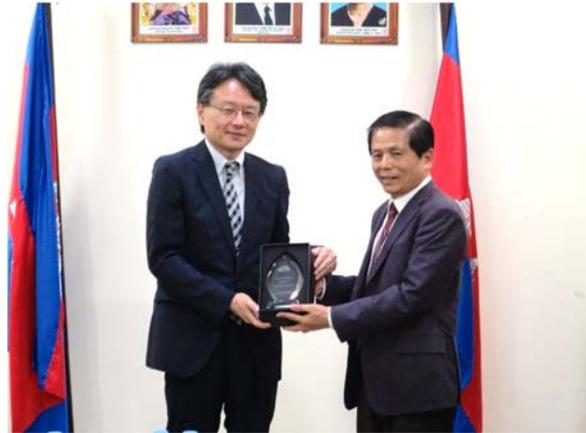
シハヌークビル港の現地調査



ルー総裁との意見交換



公共事業運輸省前にて



加藤海洋情報部長の首相補佐官表敬

### (3) 第11回世界航行警報業務小委員会 (WWNWS-SC11)

カナダ ハリファックス  
海上保安庁 海洋情報部  
令和元年8月26日～30日

本年8月26日から30日までの5日間、カナダのノヴァスコシア州都ハリファックス市において、第11回世界航行警報業務小委員会 (WWNWS-SC: World Wide Navigational Warning Service Sub Committee) が開催され、我が国から海上保安庁海洋情報部航海情報課 木下課長ほか1名と、日本水路協会の春日技術アドバイザーが出席しました。

WWNWS-SC は世界航行警報業務に関する助言や航海者への海上安全情報の提供を強化する方策の検討等のために、NAVAREA 各調整国及びIMO等の関係機関が一同に会して年一回開催される国際水路機関地域間調整委員会

(IRCC) 傘下の小委員会です。我が国は第11区域調整者 (NAVAREA XI COORDINATOR) として参加しています。

今回の会議では、前回会議からの課題の進捗状況、調整国による各調整区域内の航行警報の運用に関する評価、S-124(電子海図に重畳表示させる航行警報の規格)のレポート、インマルサット社とイリジウム社による航行警報放送サービスの進捗状況の報告等が行われました。

我が国はNAVAREA XI 区域内の航行警報の運用に関する評価にかかる報告を行いました。次回会議は中国が開催を表明しています。



会議出席者

#### (4) 第3回国際水路機関 (IHO) 理事会

モナコ

海上保安庁 海洋情報部  
令和元年 10月15日～17日

第3回国際水路機関 (IHO) 理事会が、モナコの IHO 事務局において、10月15日から17日の期間開催されました。

今回の理事会には、理事国 29 カ国及びオブザーバー国 8 カ国から約 65 名が参加しました。我が国からは 加藤海洋情報部長をはじめ IHO の戦略計画レビュー部会 (SPRWG) の副議長を務める中林国際業務室長のほか 1 名が出席しました。

今次理事会では、地域間の案件について議論・調整を行う地域間調整委員会 (IRCC) 及び

技術基準を検討する作業部会を統括する水路業務・基準委員会 (HSSC) の活動報告、2020 年度予算等の審議が行われました。中でも S-100 移行戦略については多くの時間が費やされました。また次期 3 ヶ年の作業計画及び予算、IHO 戦略計画のレビュー等、2020 年 4 月に開催される第 2 回 IHO 総会の準備にかかる審議が行われました。その他、IHO 総会や IHO-100 周年の準備状況も説明されました。

次回理事会は、2020 年 10 月 20 日～22 日にモナコで開催される予定となっています。



会議参加者

## (5) 第8回クラウドソース測深作業部会 (CSBWG8)

モナコ

海上保安庁 海洋情報部

令和元年 10月23日～25日

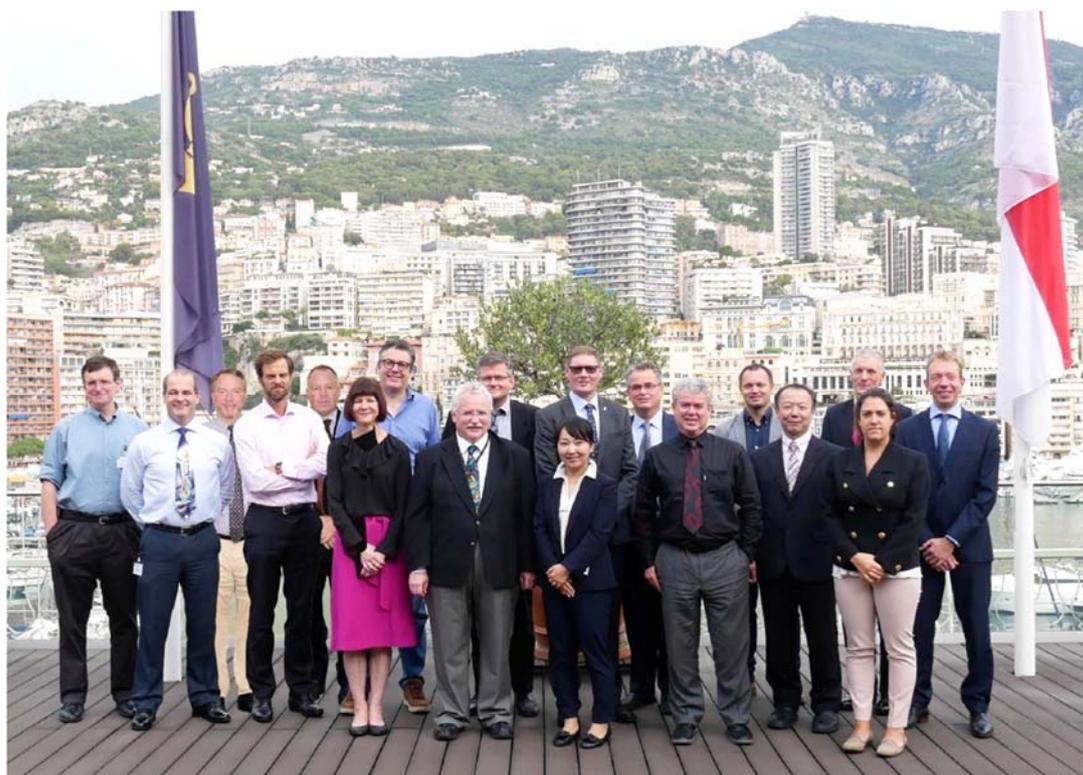
本年10月23日から25日までの3日間、モナコにある国際水路機関(IHO)事務局において、第8回クラウドソース測深作業部会(CSBWG: Cloud Sourced Bathymetry Working Group)が開催され、海上保安庁海洋情報部からは金田海洋情報渉外官と小川海洋研究官が出席しました。

クラウドソース測深とは、漁船、商船、レジャーボート等の航海用データロガーに記録された水深データを集積・解析し、一つの測量データとして取り扱う手法のことです。CSBWGはクラウドソースデータの活用の促進を目的としており、世界中から集めたクラウドソースデータをIHOデジタル水深データセンター(DCDB: Data Center for Digital

Bathymetry)に登録し、誰もがデータにアクセスできるよう一般公開することを目指しています。

今回の会議では、CSBWGがSeabed 2030(2030年までに地球の海底地形図100%完成を目指す国際的なプロジェクト)との関係調和を目指すことが承認され、クラウドソース活動がIHO加盟国に支持されるよう積極的な広報活動を実施することが決定しました。また、CSBWGのアウトリーチ戦略が検討され、地域水路委員会にCSBWGへの参加を促すよう働きかけることが推奨されました。

次回会議は2020年6月29日～7月2日にかけて、ノルウェーのスタヴァンゲルで開催される予定です。



会議出席者

## (6) IHO（国際水路機関）-日本財団 CHART プロジェクト修了生セミナー

シンガポール  
海上保安庁 海洋情報部  
令和元年 10 月 28 日～29 日

10 月 28 日及び 29 日の 2 日間、シンガポールにおいて、IHO（国際水路機関）-日本財団 CHART プロジェクト修了生セミナーが開催され、海上保安庁海洋情報部技術・国際課 中林国際業務室長並びに修了生である航海情報課松本海図編集官及び馬場海図編集官付が参加しました。IHO-日本財団 CHART プロジェクトとは、日本財団の支援の下、IHO が若手海図編集者を育成するため、平成 21 年より毎年実施している人材育成（国際 B 級資格）研修事業です。研修では、英国海洋情報部 (UKHO) において、世界各国の水路組織から選ばれた若手職員が約 4 か月間にわたり海図編集技術を学び、技術の向上を図るだけでなく、国際ネットワークの構築及び関係強化も期待されています。本セミナーは、プロジェクト開始

から 10 周年となることを記念し、プロジェクト事務局が、これまでの修了生を集めて開催するものです。

本セミナーでは、各修了生（29 か国から 38 名参加）は、自身のキャリアパスや研修で学び業務に活かしている点、キャパシティビルディングに対する提案に関して発表しました。また、IHO は、これまでの CHART プロジェクトの歴史や、研修継続による成果、現在実施しているキャパシティビルディングに係る戦略の概要・意思決定プロセス等について発表しました。日本財団は、その果たすべき役割や、他に支援しているキャパシティビルディング事業について発表しました。UKHO は、CHART プロジェクトの運営の詳細や現在の研修内容、今後の展開について発表しました。



集合写真

### 3. 水路図誌コーナー

令和元年10月から12月までの水路図誌等の新刊、改版、廃版等は次のとおりです。

詳しくは海上保安庁海洋情報部のHP (<https://www1.kaiho.mlit.go.jp/KOKAI/ZUSHI3/default.htm>) をご覧ください。

#### 海図

刊種	番 号	図 名	縮尺 1 :	図積	発行日等
改版	W 1 1 4 4	和歌山下津港有田及下津	10,000	全	2019/10/11
改版	J P 1 1 4 4	WAKAYAMA-SHIMOTSU KO ARIDA AND SHIMOTSU	10,000	全	
改版	W 1 1 5 5 B	新潟港東部	10,000	全	2019/11/15
改版	J P 1 1 5 5 B	EASTERN PART OF NIIGATA KO	10,000	全	
改版	W 6 6	京浜港横浜	11,000	全	2019/11/29
改版	J P 6 6	KEIHIN KO YOKOHAMA	11,000	全	
改版	W 1 0 8 5	京浜港根岸	11,000	全	
改版	J P 1 0 8 5	KEIHIN KO NEGISHI	11,000	全	2019/12/13
改版	W 6 7	京浜港川崎	11,000	全	
改版	J P 6 7	KEIHIN KO KAWASAKI	11,000	全	

上記海図改版に伴い、これまで刊行していた同じ番号の海図は廃版となりました。  
廃版海図は航海に使用できません。

#### 海の基本図

刊種	番 号	図 名	縮尺 1 :	図積	発行日等
改版	6 7 2 8	沖ノ島島南方	1,000,000	全	2019/11/29

#### 水路誌

刊種	番 号	書 誌 名	発行日等
改版	3 0 1 Sup.	Sailing Directions for South and East Coasts of Honshu - Supplement No. 5	2019/12/13
改版	3 0 2 Sup.	Sailing Directions for Northwest Coast of Honshu - Supplement No. 2	
新刊	3 0 3 Sup.	Sailing Directions for Seto Naikai - Supplement No. 1	
改版	3 0 5 Sup.	Sailing Directions for Coast of Kyushu - Supplement No. 3	

#### 特殊書誌

刊種	番 号	書 誌 名	発行日等
改版	9 0 0	水路図誌目録	2019/12/13
改版	9 0 1	CATALOGUE of CHARTS and PUBLICATIONS	



## ナローマルチビーム水路測量講習会 実施報告

上記の講習会を（一社）海洋調査協会と共催で、令和元年11月12日～15日の4日間、日本水路協会 研修室（東京都大田区羽田空港1-6-6）において実施しました。

### 1 目的

最近の深浅測量及び水路測量はシングルビーム音響測深機を使用する場合よりもナローマルチビーム音響測深機（以下「マルチビーム」という。）を利用する割合が相当な割合で増加しております。特に、国土交通省が進めている「i-Construction」においてはマルチビームの使用が必須条件となっています。

当協会では、水路測量技術研修（1級及び2級がある）の中で、マルチビームに関する講義を取り入れておりますが「マルチビームだけに特化した講習会をして欲しい。」との要望を受け、今回の講習会を計画しました。

### 2 講習内容及び講師

- ・ナローマルチビーム音響測深機の概要、船上及び海上実習の内容説明
- ・艀装、機器の取扱い、船上及び海上実習
- ・データの解析（パソコンを使用）
- ・潮汐の概要、観測、潮汐記録の整理
- ・測深と基準面、測量資料の作成、デジタル測量成果 以上は〔日本海洋株〕
- ・港湾分野におけるCIM活用の動向と展望〔芳倉 勝治 氏〕

### 3 受講者

受講者は北海道3名、関東3名、東海2名、関西1名、北陸1名、中国1名、九州1名、沖縄1名の13名の方が受講されました。

### 4 実習などの様子



船上でのマルチビーム音響測深機の説明



研修室でのデータ解析の講義

## 令和元年度 水路測量講習会実施報告

### 1 実施目的

当協会では水路測量に従事する技術者の技術の標準化及び向上を図るため、水路測量技術検定試験を実施していますが、1級水路測量技術合格者の更なる水路測量に関する知識・技術並びに深淺測量及び水路測量業務の管理及び統括を行う能力の維持向上を図るために水路測量講習会を実施しました。

この講習会を受講することにより、「公共工事に関する調査及び設計等の品質確保に資する技術者資格登録規程（平成26年国土交通省告示第1107号）」に基づく「国土交通省技術者資格」の保有者となります。

### 2 受講資格

当協会実施の1級水路測量技術（沿岸）又は1級水路測量技術（港湾）合格者

### 3 講習実施日時、会場及び受講者数

実施日時：令和元年11月26日（火）13時30分～17時20分

実施会場：（一財）日本水路協会 研修室

受講者数：26名（沿岸級9名、港湾級17名）

### 4 講義内容

・「港湾関係法令」

・「港湾の知識、設計の基礎」

講 師：安立 重昭 氏（一社 海洋調査協会）

・「安全管理」

講 師：西沢 邦和 氏（㈱ 武揚堂）

・「港湾分野におけるCIM活用の動向と展望」

講 師：芳倉 勝治 氏（㈱ パスコ）

### 5 認定証の交付

講習会受講者には、「国土交通省登録技術者資格認定証」を交付しました。

なお、この認定は5年更新となっております。

### 6 今後の予定

水路測量講習会は毎年度1回実施し、令和2年度は令和2年11月頃に東京都で実施する予定です。

1級水路測量技術（沿岸級又は港湾級）合格者の方で、未だ当該講習会を受講していない方は是非に受講して頂き、「国土交通省登録技術者資格」を保有して下さい。

### 7 講習会の様子



# 2020年度 水路測量技術研修及び検定試験のご案内

## 水路測量技術研修

### 2級研修（港湾級：9日間）

- ◆研修期間 港湾級 2020年4月14日（火）～4月24日（金）（9日間）  
（土・日曜日は除く）  
◎海上実習（マルチビーム音響測深使用）を予定
- ◆募集人員・期間 先着 20名 2020年3月2日～3月20日

### 1級研修（沿岸級：9日間、港湾級：7日間）

- ◆研修期間 沿岸級 2020年6月 8日（月）～6月18日（木）（9日間）  
港湾級 2020年6月10日（水）～6月18日（木）（7日間）  
（土・日曜日は除く）  
◎海上実習（マルチビーム音響測深使用）を予定
- ◆募集人員・期間 先着 20名 2020年4月27日～5月18日

（一財）日本水路協会は、（一社）海洋調査協会との共催で、上記の研修を開催予定です。  
2級研修の修了者には当協会認定の2級水路測量技術検定試験の1次試験（筆記）が  
免除となる特典があります。

## 水路測量技術検定試験

### 2級検定 港湾級

- ◆受験資格 どなたにでも受験ができます。
- ◆試験期日 2020年5月29日（金）  
1次試験（筆記）・2次試験（口述）
- ◆受験願書受付 2020年4月6日（月）～4月29日（水）

### 1級検定 沿岸・港湾

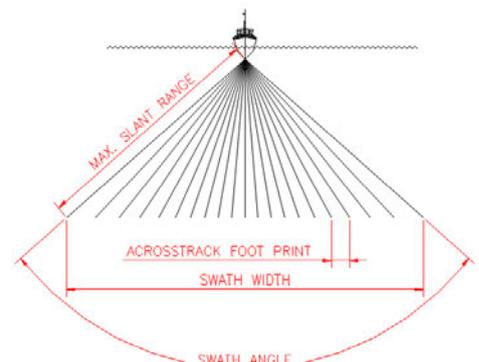
- ◆受験資格 測量実務経歴5年以上が必要です。
- ◆試験期日 2020年7月4日（土）  
1次試験（筆記）・2次試験（口述）
- ◆受験願書受付 2020年5月11日（月）～6月3日（水）

※ 1級検定（沿岸・港湾）は「国土交通省技術者資格」として登録されております。

お問い合わせ先

（一財）日本水路協会 技術指導部 担当：田中，淵之上  
〒144-0041 東京都大田区羽田空港 1-6-6 第一綜合ビル 6 F  
TEL. 03-5708-7076 e-mail. [gijutsu@jha.jp](mailto:gijutsu@jha.jp)

皆様の受講・受験をお待ちしています。



# 「インターナショナルボートショー2020」が今年も開催されます！

一般財団法人 日本水路協会

「ジャパンインターナショナルボートショー2020」が、本年は3月5日（木）から8日（日）の間、パシフィコ横浜と横浜ベイサイドマリーナで開催されます。今年は、第59回目の開催となり、来場者数もコンスタントに5万人を超える来場者数となっております。出展社も年々増加して、今年は大台の240社の予定で、展示される舟艇も55隻と係留場所も満杯状態となる予定です。今回のボートショーは『海・ここが夢の入り口・・・』をテーマに開催されます。



2019年実績：フローティング展示53隻



（一般社団法人 日本マリン事業協会提供）

今年、東京オリパラが開催される記念の年でもあり、海に関する競技もあり海洋レジャーが益々注目される年であります。

## 【主なブース配置】

会場写真



レイアウトイメージ

※ゾーニングはイメージであり、決定ではありません。



HP: <http://www.marine-jbia.or.jp/boatshow2020/>  
水路協会のブースはこの辺りです。

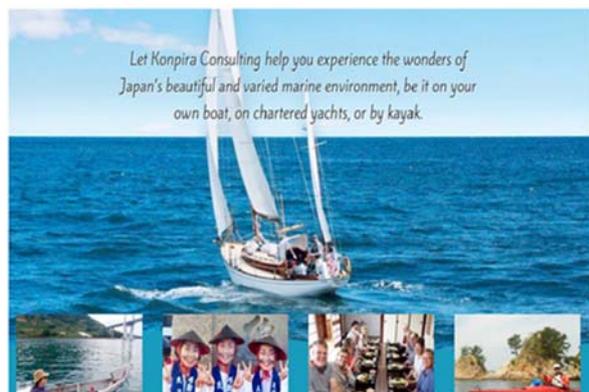
その中で水路協会は、ブースの面積をフルに活用し、今回は、日本水路協会の本来の販売品である海図やYチャート・Sガイドなどの宣伝や販売を主力に行い、今年も航海用電子参考図 new pec を市場において「new pec ブランド」として一層の浸透を図るため、協会のPC版 new pec のアピールも一体化して行う「new pec プロモーション」と共に、協会の伝統的な雰囲気や反映させたブース作りを考えています。水路図誌や協会のオリジナル製品の物販と説明も充実させ、それらの相乗効果から、より多くの皆様の来訪をめざすという出展方針で臨みます。

今年も、「new pec プロモーション」では、プレジャーボートから内航船まで幅広い航海で支持されている new pec について、当協会のPC版を始め、ブースデザインもホワイトとブルーを基盤にした明るいイメージとし、来場者が立ち入りやすい動線を意識したブース内の配置にもこだわる考えです。ブースの位置も、昨年と同じ位置で、リピータを意識しました。昨年のユーザーの感想を取り込んで、メインストリートに面した好立地を十分に活かしたこ

とから展示物の魅力をよりご理解いただくことができる内容にしたいと考えております。

また、new pec の良き理解者であり、外国人として単独のヨットで初めて日本一周を達成し、カナダ人セーラーのカーク・R・パタソンさんは、今年も「ニューペックアンバサダー」としてホストをお願いし、流暢な日本語でブース内でのご案内をして頂こうと思っています。

そのカークさんが、東京オリンピックで海外から来日される多くの外国の方向けに、ホームページを開設され、シーマンに向けて情報発信をしています。その中にも、ニューペックが紹介されています。



(Chief Sailing Officer Konpira Consulting HP 引用)  
www.konpira-consulting.com

さらに、会期中には主催者側の企画として、ボートショーでしか聞けない18講座をそろえた「海ゼミ」が会場内で開催される予定で、さらに、お子様にも楽しんで頂こうと、マリンキッズビレッジを昨年より拡大して実施することになり、当協会にも依頼があり、益々盛り上がりそうな内容になってきています。

次に、マップル・オン社が開発したスマートフォン (iPhone) ・タブレット版 (iPad) 向けアプリである「new pec smart」です。

この配信を利用したアプリは、今年も多くのエンドユーザーの皆様の注目の的になるでしょう。何といても、どんどん進化しており、性能ばかりでなく、値段も、2019年7月から月額利用料が3,800円から960円に大幅に値下げされ、これまで以上に利用されています。

この機会に、お試し期間が1カ月ありますの

で、この記事を読んだ方は iPhone で「new pec smart」と検索して見て使ってみてください。

一方、協会のオリジナル製品であるYチャート、Sガイド、潮見カレンダー等と海上保安庁が刊行する水路図誌をPRするに当たっては、既存の海図棚を用いたカウンターと併せて昨年好評でしたサロン風のスペースを設け、カウンター越しではない対面サービスも可能とし、より親近感が増すような工夫をします。また、

さらに、その場で皆様から意見などを取り込むため、アンケート形式を工夫して多くの方々から、貴重な声を頂き、今後の製品作りや販売サービスなどの改善につなげていくことにしております。そして、このような地道な取組みを通じて、協会関連製品の認知度向上と売上増につなげていきたいと考えております。



販売(手前)・説明(奥)コーナー (2019年風景)

今回のボートショーでは、昨年に引き続いて協会のビジネスパートナーと共に展示し、また、new pec smart の開発当時から当協会の全面的な支援の下で連携した道路地図の大手である昭文社の100%子会社のマップル・オン社を通じ、非常に高いレベルの品質で日々進化してきた「new pec smart」などを展示します。

協会では、航海の安全を支えるという使命の基に先輩諸氏が積上げてきた輝かしい実績を基に、市場のトレンドを意識した先端的な製品・サービスをパートナーシップなどの手法を活用して実現させたいと思います。これからも皆様に喜んでいただけますような製品・サービスを目指して参りたいと考えておりますので、ご支援を引続き賜りますようよろしくお願い申し上げます。

# 協会だより

日本水路協会活動日誌（令和元年10月～12月）

## 10月

日	曜	事 項
1	火	◇ newpec（航海用電子参考図） 10月更新版提供
10	木	◇ 潮見カレンダー2020年版 販売開始
25	金	◇ 機関誌「水路」第191号発行
〃	〃	◇ Yチャート H-111（東京湾－御前崎）・ H-175（城ヶ島－佐島）発行

## 12月

日	曜	事 項
1	日	◇ チャートワーク教室 （南北海道外洋帆走協会・函館）
11	水	◇ 水路新技術講演会 （第一管区海上保安本部と共催）

## 11月

日	曜	事 項
7	木	◇ 機関紙「水路」編集委員会
12	月	◇ ナローマルチビーム水路測量講習会 （～15日）
26	火	◇ 水路測量講習会 （水路協会 研修室）



## 編集後記

- ★ 西 隆一郎さん、川森 晃さん、澤田 剛さんの「宝島と奄美大島における油類漂着初動調査〈1〉 - 2018年サンチ号油類流出問題 -」は、2018年1月6日に発生したイラン船籍の石油タンカー「サンチ号」と香港船籍の貨物船「CFクリスタル号」が衝突し、トカラ列島と奄美群島に流出した油類の油類漂着初動調査について詳細に述べられています。
- ★ 八島 邦夫さんの「伊能図と海図〈1〉 - 英国に渡った伊能図 -」は、江戸時代の商人であり天文学者である伊能忠敬が50歳を過ぎて我が国で初めて実測による科学的な日本地図を作った「伊能図」と「海図」の関係について、彼の生い立ちから地図製作のために測量に取り組むことになったきっかけを含め、伊能図が英国に渡った経緯が詳しく紹介されています。
- ★ 木村 学さんの「南海トラフ地震発生帯掘削によるプレート境界の新しい姿」は、国の地震調査推進本部によって30年以内に再び地震津波が起こる可能性が70%を超えていると予想されている南海トラフについて、来る南海地震に向けて時々刻々の変化が観測されており、その変化に対する科学的理解から早期警戒警報や発生後避難警告などに生かそうとする科学発展と技術改良の努力が続けられているなか、それらの成果と残された課題と将来への期待について紹介されています。
- ★ 西村 卓也さんの「海陸地殻変動データを用いた南海トラフ沿いのプレート間カッ

プリング分布」は、歴史上、南海トラフ地震は684年の白鳳地震から1946年昭和南海地震まで9回の地震が発生しています。将来発生する地震の地震像を明らかにすることは、被害を軽減するためにも重要なことであり、海陸の地殻変動観測から明らかになった現在の西日本の地殻変動を解説し、海底観測データが南海トラフ地震の地震像を明らかにする研究にどのような貢献をしているかについて紹介されています。

- ★ 今村 遼平さんの「中国の地図を作ったひとびと〈13〉」は、宋-元時代の著名な天才的天文学者であり水利専門家であった郭守敬(1231-1316)について、その生い立ちから自ら新たに創造した多くの天文儀器を使った天文学分野での活躍や地形の絶対的な高さを表すのに「海拔高度」という概念を提唱した水利分野での活躍について紹介されています。
- ★ 加行 尚さんの「健康百話(69)」は、「不眠」についてのお話です。「不眠症」とは、「就寝する時間が十分確保されているにもかかわらず、不眠状態が長期間続いた結果、日中の精神及び身体機能が低下した状態」ということです。要因は「身体的要因」、「生理的要因」、「薬学的要因」、「心理的要因」、「精神医学的要因」の5つが代表的として挙げられており、「不眠症」と思い当たる方は是非とも医療機関でご相談ください。

(伊藤 正巳)

## 編集委員

藤田 雅之	海上保安庁海洋情報部 技術・国際課長
西崎 ちひろ	東京海洋大学学術研究院 海事システム工学部門助教
今村 遼平	アジア航測株式会社 名誉フェロー
勝山 一朗	日本エヌ・ユー・エス株式会社 新ビジネス開発本部 営業担当部長
細川滝馬ダニエル	日本郵船株式会社 海務グループ 航海チーム
伊藤 正巳	一般財団法人日本水路協会 専務理事

## 水路 第192号

発行：令和2年1月10日

発行先：一般財団法人 日本水路協会  
〒144-0041 東京都大田区羽田空港1-6-6  
第一総合ビル 6階

TEL 03-5708-7074 (代表)

FAX 03-5708-7075

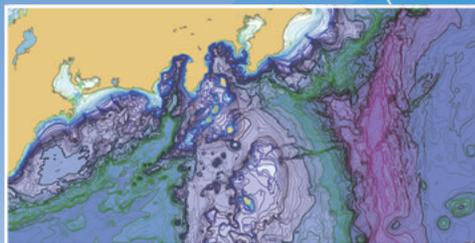
印刷：株式会社 ハップ  
TEL 03-5661-3621

税抜価格：400円 (送料別)

\*本誌掲載記事は執筆者の個人的見解であり、いかなる組織の見解を示すものではありません。

# 海底地形デジタルデータ あなたのM7000は シリーズ 最新ですか？

海底地形デジタルデータ M7000 シリーズは、日本沿岸全域をカバー。  
全国を 27 エリアに分けて、海岸線、等深線、低潮線の情報を収録。  
データ形式は、アスキーファイルとシェープファイルの 2 種類。  
目的によってデータも自在に加工可。  
海洋調査、漁業、工事など、さまざまなシーンで活躍。  
データの内容は随時更新。  
最新のデータがさまざまな場面であなたをサポート。  
更新情報は、海図ネットショップにて御確認いただけます。



## M7000シリーズの 更新情報

- 2018年 更新
  - 2017年 更新
  - 2016年 更新
  - 2015年 更新
  - 2014年 更新
  - 2013年 更新
- (2020年1月現在)



海図ネットショップ

**JHA** (一財)日本水路協会  
<https://www.jha.or.jp/shop/>