

27 メートル型測量船「はましお」[†]

吉澤 信^{*1}, 住吉昌直^{*2}, 長野勝行^{*1}, 大泊理八^{*1}, 井田壮太^{*3},
梅垣裕至^{*4}, 畠山 豊^{*4}, 阿部周平^{*5}, 塚本真由美^{*5}

27 m-type hydrographic survey vessel *HAMASHIO*[†]

Makoto YOSHIKAWA^{*1}, Masanao SUMIYOSHI^{*2}, Katsuyuki NAGANO^{*1}, Rihachi ODOMARI^{*1},
Souta IDA^{*3}, Hiroshi UMEGAKI^{*4}, Yutaka HATAKEYAMA^{*4}, Shuhei ABE^{*5}, and Mayumi TSUKAMOTO^{*5}

Abstract

This paper reports on the outline of the S/V *HAMASHIO* commissioned in March, 2018.



Photo 1. S/V *HAMASHIO*

写真 1. 「はましお」全景

[†] Received October 7, 2018; Accepted November 7, 2018

* 1 海洋調査課 Hydrographic Surveys Division

* 2 技術・国際課 海洋研究室 Ocean Research Laboratory, Technology Planning and International Affairs Division

* 3 環境調査課 Environmental and Oceanographic Research Division

* 4 第三管区海上保安本部 測量船「はましお」 S/V *HAMASHIO*, 3rd Regional Coast Guard Headquarters

* 5 第三管区海上保安本部 海洋情報部 Hydrographic and Oceanographic Department, 3rd Regional Coast Guard Headquarters

1 はじめに

第三管区海上保安本部所属の測量船「はましお」を代替建造したので、その概要を報告する。

新「はましお」は、平成28年度から2年計画で建造されたものである。船名の「はましお」は第三管区海上保安本部所属の10 m型測量艇、20 m型測量船に続き、今回建造された27 m型測量船へと引き継がれ、3代目となる（Photo 1）。

第三管区海上保安本部は広範囲か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て、首都圏を中心とした各地で開催されるスポーツやその他各種イベントへの対応、近年多発している大規模な災害へ対応する測量観測を実施するため、大型化かつ機能強化されている。

2 主要目

測量船「はましお」は、平成28年度から2年計画により株式会社木曾造船で建造したもので（株式会社木曾造船，2018）、主要目をTable 1に示す。

3 一般配置及び特徴

3.1 性能

航行区域は沿海であり、八丈島以遠を除いて第三管区海上保安本部管内のほぼ全域で行動できる。広大な管轄海域を短時間で移動するため巡航最大速力は17ノット以上として設計されている一方、測量観測等の作業時においては、7ノット以下の低速で航行することが可能である。

3.2 船体

船体は高張力鋼製、上甲板及び上部構造はアル

Table 1. Essentials details of S/V HAMASHIO

表1. 「はましお」主要目

全	長	27.8メートル
型	幅	5.6メートル
総	トン数	62トン
速	力	17ノット以上

ミニウム合金製として軽量化が図られている。操舵室の計器類は操船コンソールに納められている（Photo 2）。操船コンソールの右側には、レーダー、レピータコンパス、遠隔誘導情報表示装置、電子海図表示装置を配置している（Photo 3）。操舵室後方に観測室が配置されており、測量観測時における操舵室との連携に利便性が図られている。操舵室及び観測室は室内の全面をガラス窓にして全方位の視界を確保している。操舵室及び観測室の空間を機能的に活用するため、床下層には電気機器室が設けられており、常時、操作する必要のない機器の配置やケーブルの配線が施されている。

船底には測量観測機器用の船底ドームがキール下0.5 mの深さでマルチビーム測深機の送受波器等が平面になるように取付けられている（Photo 4）。船底ドームには、中浅海用マルチビーム測深機の送波器、同受波器、シングルビーム測深機のトランスデューサー、中浅海用多層音波流速計の



Photo 2. Console for navigation

写真2. 操船コンソール

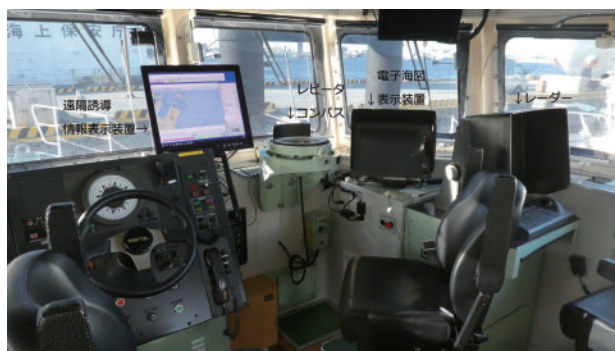


Photo 3. Starboard side of bridge

写真3. 操舵室右舷側



Photo 4. Sonar dome
写真 4. 船底ドーム



Photo 5. Housing for sonar head of shallow water multibeam echo-sounder
写真 5. 船首

トランスデューサー，浅海用多層音波流速計のトランスデューサーを据え付けている。また，浅海用マルチビーム測深機の送受波器は，船首部にドーム状の張り出しを取り付け（Photo 5），V字状に約28度の傾きで左右両舷に各1組の送波器と受波器，左舷には表面音速度計を据え付けている（Photo 6, 7）。

マスト上部には，DGNSS ビーコン受信機アンテナ（Photo 8），航海船橋甲板に測位動揺計測装置のGNSS アンテナ2台（Photo 9）を据え付けている。航海船橋甲板のGNSS アンテナは測量船の進行方向に直交する方向に基線長約3.15 m，航海用レーダーの指向幅を避ける高さに据え付けている。

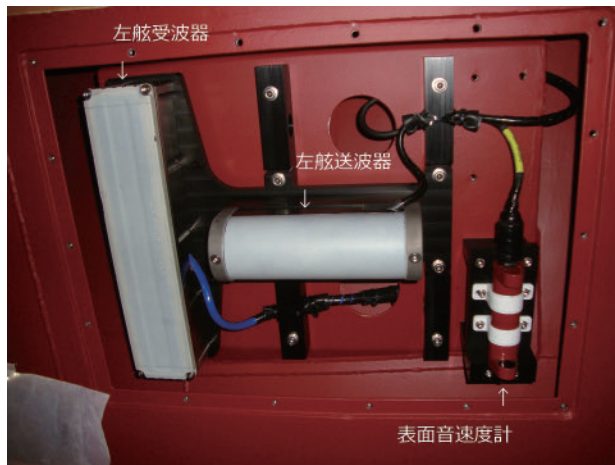


Photo 6. Sonar head of multibeam echo-sounder transducer for shallow water on port side
写真 6. 浅海用マルチビーム測深機の左舷側送受波器

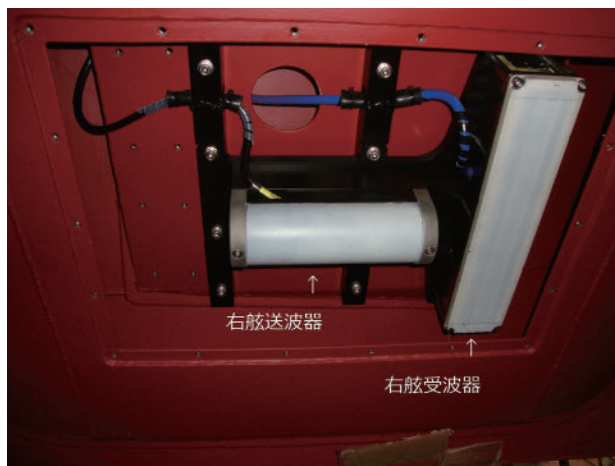


Photo 7. Sonar head of multibeam echo-sounder transducer for shallow water on starboard side
写真 7. 浅海用マルチビーム測深機の右舷側送受波器



Photo 8. DGNSS beacon receiver antenna
写真 8. DGNSS ビーコン受信機アンテナ



Photo 9. GNSS antenna of position and orientation system

写真 9. 測位動揺計測装置 GNSS アンテナ

3.3 機関部

通常航行速力約 17 ノットを得るため、主機は 540 kW2 基 2 軸となっている (Photo 10)。また、測量観測時には低速航行を長時間行うことから、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。機関室前部に両舷主機、その後ろに発電機 2 基、後部に配電盤が配置されている。機関室への通路は、観測室の後方から階段を下りて暴露甲板に出ることなくアクセスできるようになっており、航海中の安全性が向上している (Photo 11)。機関の操作及び監視は操舵室の操船コンソールで行うことができ、機関室内は無人とすることができる (Photo 12)。

3.4 電気部

本船は交流発電機 (AC225 V 3 φ 60 Hz 40



Photo 10. Engine room

写真 10. 機関室



Photo 11. Engine room entrance

写真 11. 機関室入口



Photo 12. Bridge console for engine

写真 12. 操船コンソール機関区画

kVA) 2 台を主電源として、220 V 系 (三相三線式), 100 V 系 (三相三線式), 100 V 系 (単相二線式), 24 V 系 (二線式) の 4 系統で、船内すべての装置、機器に配電されている。また、近年の IT 化に伴い、航海や測量観測業務で使用する船内通信の一部には船内 LAN が導入されている。

3.5 航海計器

本船に具備している計器類を Table 2 に示す。特に、防災情報等表示装置は管区配属の測量船に初めて装備された。津波警報等が発表された際に、海岸線周辺において周囲からの情報が得られ難い人々に電光掲示板により情報を伝達することができ、通常業務においても水路測量、海象観測を実施中であることを周囲の船舶に伝達することが可能である (Photo 13)。

3.6 甲板部

本船に具備している甲板機器を Table 3 に示す。

Table 2. Essentials of navigational instruments

表 2. 主な航海計器

操船装置	1 式	
海上監視装置	1 式	航海用レーダーほか
方位測定装置	1 式	磁気コンパスほか
船速距離計	1 式	電磁ログ
測深機械	1 式	音響測深機
船位測定装置	1 台	GPS 受信機
気象計器	1 式	風向風速計ほか
船灯類	1 式	航海灯ほか
光学計器	1 式	7 倍双眼鏡ほか
音響信号装置	1 式	電子汽笛



Photo 13. Display system for disaster prevention and other information

写真 13. 防災情報等表示装置

また、搭載艇を機関室天蓋上に配置しており、甲板上でスワス音響測深機、シングルビーム測深機の取り付けを可能にし、艀装作業の安全性向上が図られている (Photo 14).

3.7 通信部

本船に備えられている通信設備を Table 4 に示す。通信設備は、航行区域、作業形態等を考慮して設置している。

3.8 観測室

観測室は作業卓と機器ラックに分かれており、操舵室後方に作業卓を配置して、操舵室との連携を考慮した配置となっている。作業卓の液晶デ

Table 3. Essentials of deck instruments

表 3. 主な甲板設備

クロスビット	1 式
フェアリーダー	1 式
2 方ローラ	1 式
ビット	1 式
膨張式救命いかだ	1 個
救命浮環	4 個

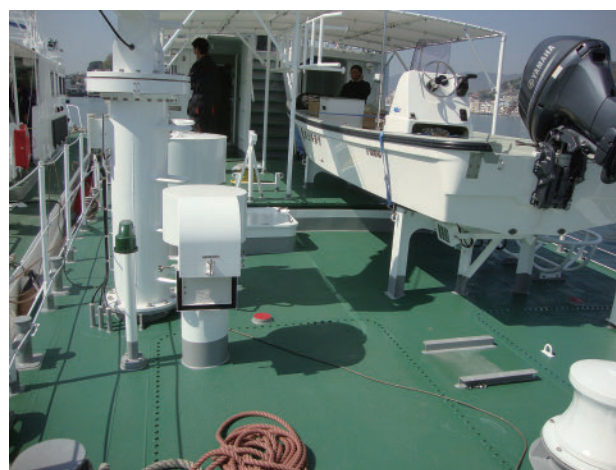


Photo 14. Equipped boat on deck

写真 14. 搭載艇 (甲板上)

Table 4. Essentials of communication equipment

表 4. 主な通信機器

受信専用船舶自動識別装置	1 式
ナブテックス受信機	1 台
携帯型デジタル送受信機	1 式
衛星船舶電話(ワイドスターⅡ)	1 式

スプレイは 4 台をガラス窓より低くなるように配置して、操船者、見張り要員等の視界を遮らないように配慮している (Photo 15)。機器ラックは、作業卓の後方に配置し、操船、見張り等の視界を遮らないよう高さを制限している (Photo 16)。

3.9 居室・諸室

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 室のほか共有空間として公室 (Photo 17)、調理区画 (Photo 18)、シャワー室 (Photo 19)、洗面所 (Photo



Photo 15. Workbench in observation room
写真 15. 観測室 (作業卓)



Photo 17. Public office
写真 17. 公室



Photo 16. Equipment rack in observation room
写真 16. 観測室 (機器ラック)



Photo 18. Cooking area
写真 18. 調理区画

20), 便所 (Photo 21), 女性諸室が設けられており, 長期間の派遣にも配慮して居住性向上を図っている. 特に, 一部の個室には鍵付き扉, インターホンを設置しており, 小型測量船としては初めて女性専用のシャワー (Photo 22), 便所 (Photo 23), 洗面所 (Photo 24) を備えた女性諸室が設置されており, 女性職員が活躍できる職場環境が整っている.

3.10 搭載艇

搭載艇は測量船「はましお」が航行することができない浅瀬や船溜り等における作業に使用する. 搭載艇にはスワス音響測深機を搭載して水深測量を実施することができる. 搭載艇の主要目を Table 5 に示す.

4 測量・観測機器

本船は, 第三管区海上保安本部管内の沿岸域に

おける様々な海洋情報の収集, 提供を行うため水路測量, 海象観測等の各種調査を実施している. 本船の大型化により, これまで測定できなかった中浅海用の測量・観測機器が装備されている. 水路測量, 海象観測等で使用する搭載機器の一覧を Table 6 に示し, 主要な機器について以下に概説する.

4.1 マルチビーム測深装置

第三管区海上保安本部の管轄海域の海底は, 駿河トラフ, 相模トラフ, 東京海底谷など水深の深い海底が海岸線近くの沿岸域に分布している. これまでの 20 m 型測量船では測定できなかった海域での測定を可能とする中浅海用マルチビーム測深機を新たに装備している. また, 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



Photo 19. Shower room
写真 19. シャワー室

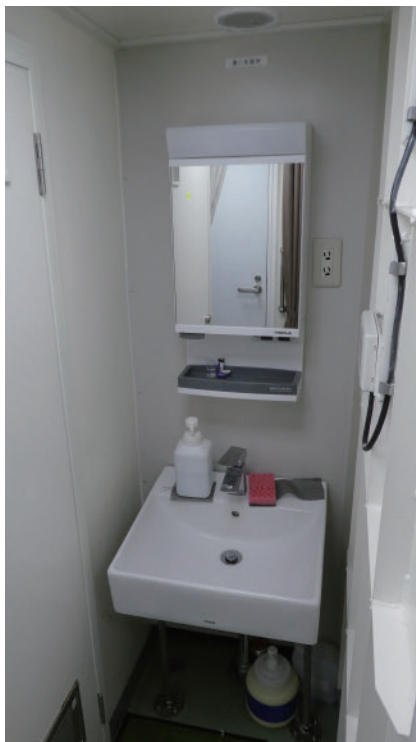


Photo 20. Washroom
写真 20. 洗面所



Photo 21. Toilet
写真 21. 便所



Photo 22. Shower room for female crew
写真 22. 女性諸室 (シャワー)



Photo 23. Toilet for female crew
写真 23. 女性諸室 (便所)



Photo 24. Washroom for female crew
写真 24. 女性諸室 (洗面所)

Table 5. Essentials of equipped boat
表 5. 搭載艇主要目

型 式 名	ヤマハ ベイフィッシャー19
全 長	約 5.6 メートル
船 幅	約 1.7 メートル

Table 6. Essentials of on-board survey and observation equipment

表 6. 主な搭載測量・観測機器

	観測機器名	観測項目	型式名等
1	マルチビーム測深装置	水深, 海底地形	Teledyne RESON 社 SeaBat 7160 ほか
2	シングルビーム測深機	水深	千本電機(株)PDR-NX1250
3	浅海用多層音波流速計	海潮流	Teledyne RD Instruments 社 Workhorse Mariner
4	中浅海用多層音波流速計	海潮流	Teledyne RD Instruments 社 Ocean Surveyor
5	CTD システム	電気伝導度, 水温ほか	シーバード社 SBE-19plus V2 SEACAT Profiler
6	多成分水質計	濁度, クロロフィルほか	JFE アドバンテック(株) AAQ-RINKO
7	採泥器	採泥	(株)離合社 スミス・マッキンタイヤ採泥器
8	観測用巻揚機		(株)鶴見精機 TS 電動油圧式海洋観測用ウィンチ
9	船舶観測データ伝送装置		(株)エクサ 船舶観測データ伝送装置
10	XBT 装置	水温, 深度	(株)鶴見精機 XBT システム
11	可搬型超音波多層流速計	海潮流	Teledyne RD Instruments 社 Workhorse ADCP

Table 7. Components of multibeam echo-sounder system

表 7. マルチビーム測深装置の構成品

	観測機器名	メーカー	型式名等
1	中浅海用マルチビーム測深機	Teledyne RESON	SeaBat 7160
2	浅海用マルチビーム測深機	Teledyne RESON	SeaBat IDH T50-R
3	測位動揺計測装置	Applanix	POS MV OceanMaster
4	DGNSS ビーコン受信機	Trimble	SPS356
5	表面音速度連続計測装置	Teledyne RESON	SVP70
6	水深自動集録装置	ハイドロシステム開発	HMB-700AC-R
7	水深データ処理装置	ハイドロシステム開発	HBM-650PP-R
8	誘導情報遠隔表示装置	ISIC	Duramon Glass 19
9	海面観測記録装置	Panasonic	WV-SW138 ほか
10	無停電電源装置	Eaton	9PX3000RT

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を装備した。Table 7 にマルチビーム測深装置の主な構成品を示す。また、マルチビーム測深装置の系統図を Fig. 1 に示す。以下、主な構成品について、概要を説明する。

4.1.1 中浅海用マルチビーム測深機

中浅海用マルチビーム測深機 Teledyne RESON 社製 SeaBat 7160 は、発振周波数として 50 kHz 帯の超音波を使用し、水深 2,000 m 以上の測深が可能である。主な仕様を Table 8 に示す。

水深 1,000 m 付近でスワ幅は約 2,500 m 以上

となり、効率的な調査が可能である。測深精度の目安であるレンジ分解能は 0.12 m、ビーム幅は測量船の進行方向に 1.5 度、測量船の進行方向に直交する方向で 2.0 度（直下付近）である。測量船の進行方向に直交するビームの幅は受波アレイの長さにより決定されるため、測量船の船幅の制限を受けビーム幅は 2.0 度である。

船底ドームに取付けた送受波器は、送波器が船首尾方向に長く、ほぼ船軸の下になるように配置し、その後方に受波器が船首尾方向に直交する方向に T 字型に配置している（Photo 25）。

送波器、受波器のケーブルは、船底から船内左舷側壁沿いに配線され、電気機器室の送受信機に

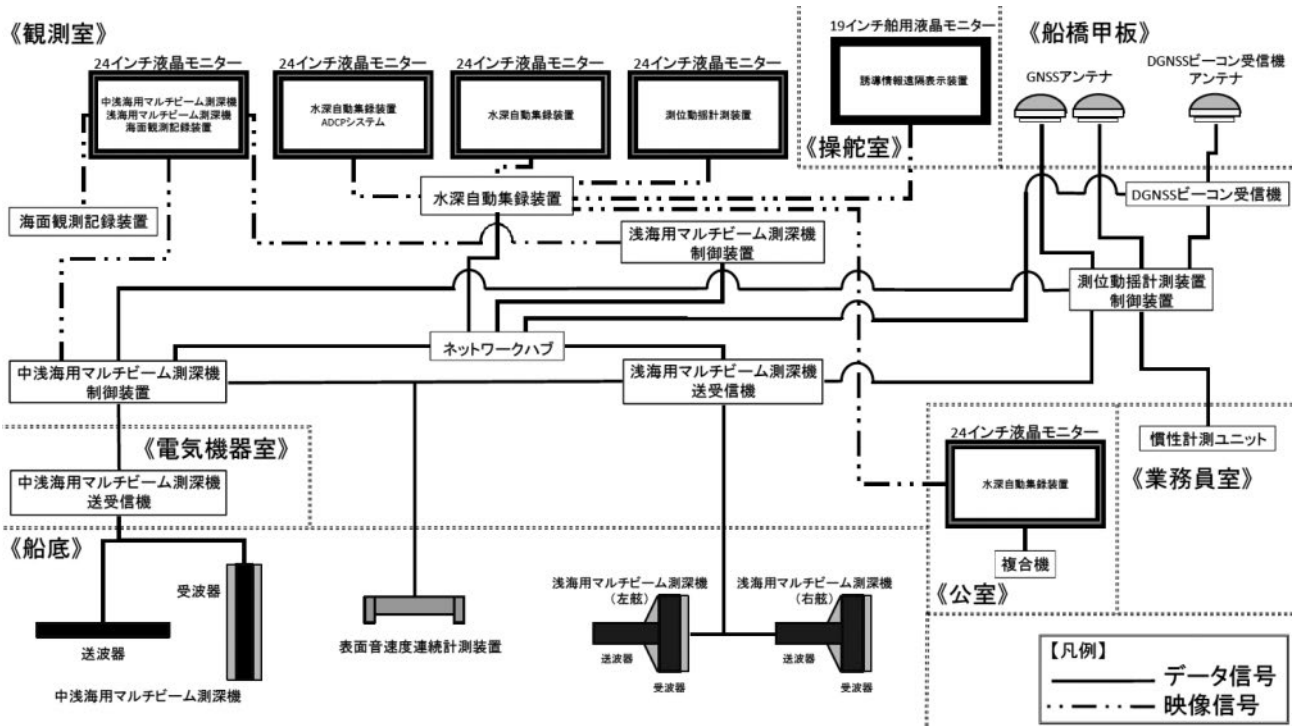


Fig. 1. Connection diagram of multibeam echo-sounder system

図 1. マルチビーム測深装置系統図

Table 8. Specification of multibeam echo-sounder for medium sea

表 8. 中浅海用マルチビーム測深機の仕様

発振周波数	44kHz
レンジ分解能	0.12m
測定最大深度	3,000m
最大スワス角度	150度
ビーム幅	1.5度×2.0度
パルス長 (CW)	160 μs~10ms
パルス長 (FM)	160 μs~20ms
ロール安定化	±10度
ピッチ安定化	±10度
ビーム数	等角度モード：150本
	等距離モード：512本

接続されており、送受信機からはイーサネットで見測室の機器ラック内制御装置へ配線されている。

発振する超音波のパルスタイプは、連続波 (CW) と周波数変調 (FM) の2種類を選択できる。CWパルスとFMパルスのイメージを Fig. 2 (Clarke, 2016) に示す。従来、マルチビーム測深ではCWパルスが広く使用されてきたが、近年、



Photo 25. Multibeam echo-sounder transducer for medium sea

写真 25. 中浅海マルチビーム測深機送受波器

レンジ分解能を損なわずに最大測深レンジを大きくできるFMパルスが、特に測定最大深度に近い深い海域において、使用されている。FMパルスを使用する場合、ソナーヘッドが主に上下動することに伴うドップラーシフトによる測定誤差が生じることが報告されている。本測深機ではドップラーシフトに関する補正は行われていないためFMパルスを使用する際には注意が必要である。

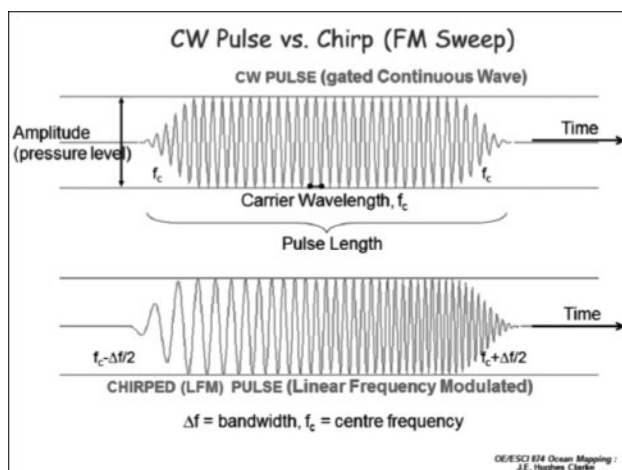


Fig. 2. Pulse type
図2. パルスタイプ

測位動揺計測装置からリアルタイムに動揺データを受信し、ビームステアリング時におけるロール安定化、ピッチ安定化処理を行うことができる。

4.1.2 浅海用マルチビーム測深機

浅海用マルチビーム測深機 Teledyne RESON 社製 SeaBat IDH T50-R は、デュアルヘッド型マルチビーム測深機であり、1つの制御装置で2組の送受波器を制御している。デュアルヘッド型で使用する場合の主な仕様を Table 9 に示す。

この測深機の最大のメリットは、FM パルスを使用して、2組の送受波器でほぼ同じ発振周波数を使用することができる点である。これは、デュアルヘッドソナーの片舷のパルスをパルス内で徐々に周波数が高くなるアップチャープで生成した場合、もう一方のソナーのパルスをパルス内で徐々に周波数が低くなるダウンチャープで生成し、これらのパルスを使い分けることにより左右ほぼ同じ周波数を使用しても干渉しない (Fig. 3)。また、中浅海用マルチビーム測深機同様、FM パルスを使用した場合のドップラーシフトの補正は行われていない。浅海用マルチビーム測深機の場合、上下動に伴うドップラーシフトによる測深誤差は中浅海用マルチビーム測深機と比較して小さいと予想されるが影響が全くないわけではない。FM パルスを使用する場合には、測深誤差

Table 9. Specification of multibeam echo-sounder for shallow water

表9. 浅海用マルチビーム測深機の仕様

発振周波数	190kHz～420kHz
レンジ分解能	0.006m
測定最大深度	575m
最大スワス角度	165度
ビーム幅(400kHz)	1度×0.5度
パルス長(CW)	30μs～300μs
パルス長(FM)	300μs～5ms
ロール安定化	受波器表面下5度まで
ビーム本数	10本～512本

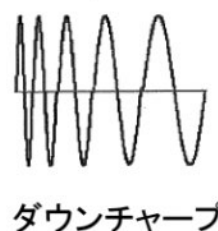
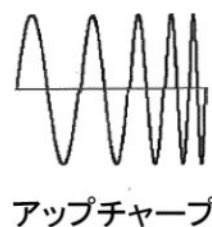


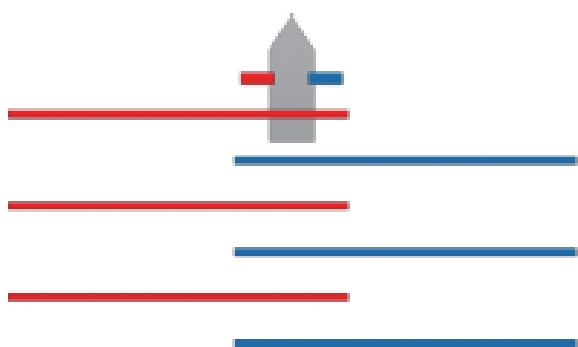
Fig. 3. Up chirp and down chirp
図3. アップチャープとダウンチャープ

としてドップラーシフトの見積もりは必要である。

CW パルスを使用する場合は、干渉を避けるため2組のソナーは交互に発振することになり、発振間隔が長くなるというデメリットがある。Fig. 4 (Teledyne RESON, 2016) の左図は CW パルスを使用した場合の交互発振をイメージ、右図は FM パルスを使用した場合の同時発振のイメージを示しており、FM パルスを使用した場合に比べ、CW パルスを使用すると発振間隔が長くなり、測深点の密度が低くなる。

送波器、受波器のケーブルは、船底から船内右舷側壁に沿って配線され、電気機器室を経由し

Standard dual head with alternate pings



FRDH with simultaneous pings

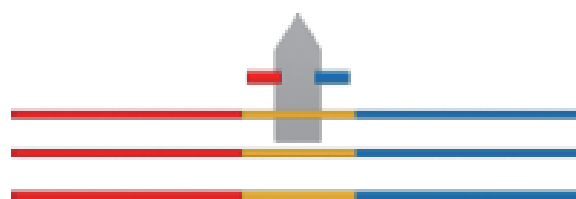


Fig. 4. Standard dual head with alternate pings

図 4. 交互発振

て、観測室の機器ラック内の制御装置に直接接続している。

測位動揺計測装置からリアルタイムに動揺データを受信し、ビームステアリング時におけるロール安定化処理を行うことができる。

4.1.3 測位動揺計測装置

測位動揺計測装置 Applanix 社製 POS MV OceanMaster は、測位、動揺測定（ロール、ピッチ、ヒープ）、船首方位測定、時刻測定等を行い、中浅海用マルチビーム測深機及び浅海用マルチビーム測深機にデータを配信する。測位動揺計測装置は、GNSS アンテナ 2 個、慣性計測ユニット (IMU)、制御装置 (PCS) で構成されている。測位動揺計測装置の主な仕様を Table 10 に示す。本測位動揺計測装置の仕様は、測量船の大型化に加え、第三管区海上保安本部管内はベイブリッジなどの大橋梁及び超大型船の航行も多く、上空の視界が遮られる時間が長くなることが想定されるため、GNSS 信号の受信が数分間途切れても測量

等を継続できる精度を確保している。

IMU は浅海用マルチビーム測深機のヒープによる測深誤差を抑制するため、浅海用マルチビーム測深機の送受波器に近い、業務員室の床下に設置している (Photo 26)。

また、後処理基線解析が可能なソフトウェアである Applanix 社製 POSpac MMS を導入し、マル



Photo 26. Position and orientation system IMU
写真 26. 測位動揺計測装置 IMU

Table 10. Specification of positioning and orientation measuring system

表 10. 測位動揺計測装置の仕様

測位方法	POSPac PPK 処理	POSPac PPP 処理	DGNSS
水平位置精度	± (0.008m + 1ppm × 基線長) m	±0.1m 以下	±0.5m ~ 2.0m
垂直位置精度	± (0.015m + 1ppm × 基線長) m	±0.2m 以下	±0.5m ~ 2.0m
ロール、ピッチ精度	0.008 度	0.01 度以下	0.02 度
真方位精度 (基線 4m)	0.01 度	0.01 度	0.01 度
ヒープ精度 (TrueHeave)	2cm もしくは 2%	2cm もしくは 2%	2cm もしくは 2%

チビーム測深データに対し、測位動揺計測装置によるデータを後処理することにより、高精度の測位・動揺補正データを適用することができる。

4.1.4 DGNSS ビーコン受信機

DGNSS ビーコン受信機 Trimble 社製 SPS356 は、DGNSS 補正情報を受信し、測位動揺計測装置へ送信している。また、SBAS（衛星航法補強システム）の利用も可能である。

4.1.5 表面音速度連続計測装置

表面音速度連続計測装置 Teledyne RESON 社製 SVP70 は、マルチビーム測深機の送受波器表面の音速度を計測する。表面音速度は正確にビームステアリングを行う際に必要となる情報であり、浅海用マルチビーム測深機の左舷側受波器近くに据え付けている（Photo 27）。センサー部は、船体外板の外側に出ており、船体を上架しなくても潜水作業により付着した生物等の清掃ができるよう保守性を向上させている。



Photo 27. Surface sound velocity probe
写真 27. 表面音速度計

4.1.6 水深自動集録装置

水深自動集録装置は、マルチビーム測深機、測位動揺計測装置及び後述する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、海底地形等を表示し記録する装置である。Photo 28 に水深自動集録装置の表示画面の例を示す。測量船の誘導及びデータ集録には

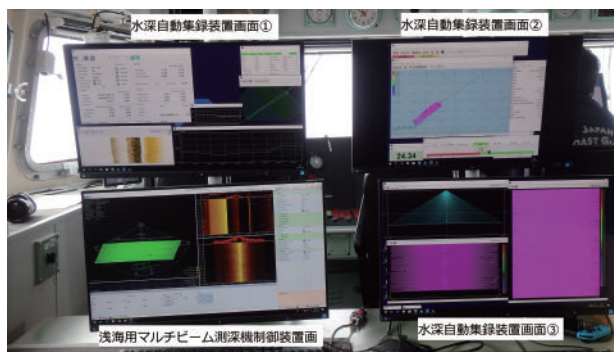


Photo 28. Automatic recording system for echo-sounding
写真 28. 水深自動集録装置

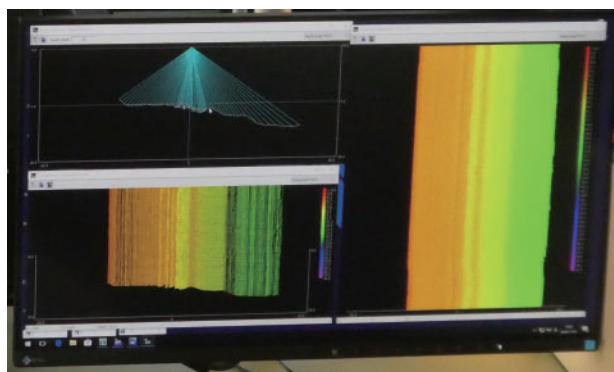


Photo 29. Multibeam echo-sounder system display screen
写真 29. マルチビーム測深装置画面

HYPACK 社製ソフトウェア HYPACK が使用されており、測深データのノイズ等の一次処理及び海底地形処理には CARIS 社製ソフトウェア CARIS OnBoard が使用されている。CARIS OnBoard により、測深データの一次処理及び海底地形処理を準リアルタイムで行うことができるため、補測、再測の実施検討などが迅速に行えることが期待される。水路測量時における画面の一例を Photo 29 に示す。

水深自動集録装置では、ウォーターカラムデータの集録も可能であるため、約 48 TB の大容量外部ストレージ装置がイーサネットで使用できるようになっている。

4.1.7 水深データ処理装置

水深データ処理装置は、水深自動集録装置で記録したデータを測量現場においてデータ処理するための装置であり、Windows10 上で動作する。

データ処理部には、CARIS 社製ソフトウェア CARIS HIPS and SIPS 及び同 CARIS BASE Editor が使用されている。測量と並行して処理できるように独立した装置となっている。

4.1.8 誘導情報遠隔表示装置

誘導情報遠隔表示装置は、測量船の誘導情報を操船者に表示するための船用ディスプレイと公室で現在の位置、作業状況を確認するための公室用ディスプレイで構成されている。船用ディスプレイは操舵室で使用するため、0%～100%の調光が可能となっている。表示内容は、水深自動集録装置で調整する。表示例を Photo 30 に示す。

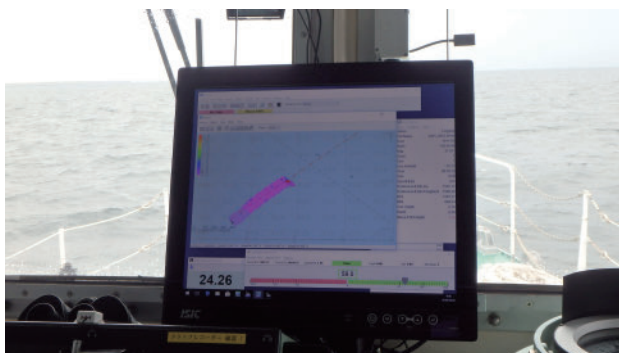


Photo 30. Guidance system for survey line
写真 30. 誘導情報遠隔表示装置

4.1.9 海面観測記録装置

海面観測記録装置は、IP カメラ 4 台とカメラ画像を記録、再生する制御装置、外部記録装置で構成される。この装置の目的は、漂流物、漁具、横切り船の航跡等が測深記録にノイズとして記録されることがあり、海面の画像記録からノイズの判定を補助することにある。測深機がデジタル化され、記録紙や測深簿等との照合が困難になっていることから、補測、再測の判断及び資料整理の判断に使用する。IP カメラは操舵室及び観測室の室内に設置しており、右舷前方、左舷前方、右舷後方、左舷後方の海面を記録する。Photo 31 に海面観測記録装置のカメラ画像の表示例を示す。



Photo 31. Video record system for sea-surface
写真 31. 海面観測記録装置

4.1.10 無停電電源装置

無停電電源装置は、電源供給が停止した場合にマルチビーム測深装置がシャットダウンするまでの数分間、電源を供給する。また、通常運転の場合でもインバーターから電源を供給し、常時、安定した電源を供給し、機器を保護している。

4.2 シングルビーム測深機

シングルビーム測深機千本電機製 PDR-NX1250 は、マルチビーム測深機等のデジタル測深機を補助するアナログ記録システムである。デジタル測深機はアナログ電気信号をデジタル電気信号に変換する過程で、SN 比の小さな信号、例えば沈船のマストなどの超音波を反射する面積が小さい物体からの反射信号、を正確に捉えることができず、ときに数メートルの誤差を伴うことがある。このデジタル記録の欠点を補うため、アナログ記録が不可欠となっており、水路測量業務準則施行細則においても、シングルビーム測深機を併用することが原則となっている。シングルビーム測深機の主な仕様を Table 11 に示す。

シングルビーム測深機の役割は、マルチビーム測深機を補助する機能に変化しているため、トランスデューサーは 20 m 型測量船「はましお」に備えられていた 4 素子から 1 素子へと変更した (Photo 32)。また、マルチビーム測深機との干渉を避けるため、マルチビーム測深機の送受波器が

Table 11. Specification of single beam echo-sounder

表 11. シングルビーム測深機の仕様

発振周波数	200kHz
ビーム幅（半減半角）	8 度
測定最大深度	250m
測深精度	$\pm (0.03 + \text{水深}/1000) \text{ m}$
パルス長	50 μs , 100 μs
発振レート	5Hz, 2.5Hz
素子数	単素子



Photo 32. Single beam echo-sounder

写真 32. シングルビーム測深機送受波器

ら約 10 m 離して、船底ドームの最後方に設置している。

4.3 浅海用多層音波流速計

浅海用多層音波流速計 Teledyne RD Instruments 社製 Workhorse Mariner は、発信周波数に 600 kHz の超音波を使用している。位置データ、方位データはマルチビーム測深装置の測位動揺計測装置または航海計器から出力されるデータを選択可能で、このデータと同期させることにより、航行しながら深さ約 70 m までの流向、流速の測定が可能な船底装備型 ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) である (Photo 33)。浅海用多層音波流速計の主な仕様を Table 12 に示す。

4.4 中浅海用多層音波流速計

中浅海用多層音波流速計 Teledyne RD Instruments 社製 Ocean Surveyor は、発信周波数



Photo 33. Multilayer sonic current meter for shallow water

写真 33. 浅海用多層音波流速計

Table 12. Specification of multilayer sonic current meter for shallow water

表 12. 浅海用多層音波流速計の仕様

最大潮流測定深度	50m
最大海底探知深度	100m
測流範囲	$\pm 5 \text{ mm/s}$ (標準) $\pm 20 \text{ m/s}$ (最大)
長期測定精度	$\pm 0.3\%$ 又は $\pm 0.3 \text{ cm/s}$
設定層数	1~128 層

に 150 kHz の超音波を使用している。位置データ、方位データはマルチビーム測深装置の測位動揺計測装置または航海計器から出力されるデータを選択可能で、このデータと同期させることにより、航行しながら深さ約 400 m までの流向、流速の測定が可能な船底装備型 ADCP である (Photo 34, 35)。中浅海用多層音波流速計の主な仕様を Table 13 に示す。

4.5 CTD (Conductivity Temperature Depth profiler) システム

CTD システムシーバード社製 SBE-19plus V2 SEACAT Profiler は、深さ 600 m までの電気伝導度、水温、水圧の測定が可能な CTD である (Photo 36)。さらにオプションセンサーを装備しており、溶存酸素、クロロフィル、濁度の測定も可能である。

本 CTD システムは、64 MB の不揮発性フラッ

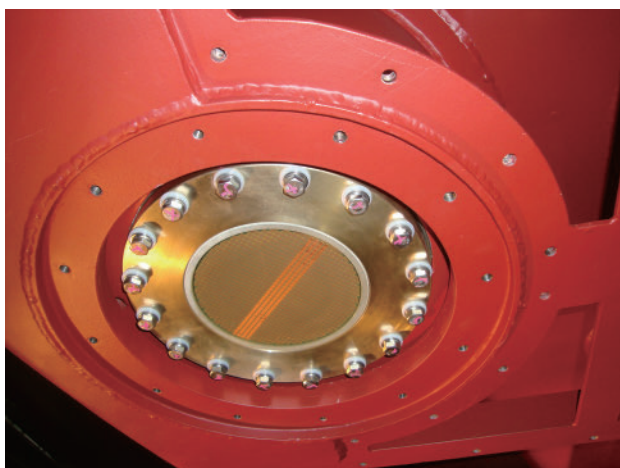


Photo 34. Multilayer sonic current meter for medium sea

写真 34. 中浅海用多層音波流速計



Photo 35. Fresh water valve for ADCP
写真 35. 多層音波流速計用清水バルブ

シュメモリーを内蔵していることから、船上装置をケーブルで接続することなく本機器のみで観測を行うことができ、観測後にコンピュータと接続することにより取得したデータを回収できる。CTD システムの主な仕様を Table 14 に示す。

Table 14. Specification of CTD system
表 14. CTD システムの仕様

	電導度	水温	水圧	溶存酸素	クロロフィル	濁度
測定レンジ	0~9	-5~+35	600m	0~15ml/l	0~50 μg/Chi	0~25NTU
精度	±0.0005	±0.005	±0.1%F. S.	±0.1ml/l		
安定性	±0.0003 (/月)	±0.0002 (/月)	±0.1%F. S. (/年)	2%/1000 時間 以下		
分解能	0.00005	0.0001	±0.002%F. S.	±0.01ml/l		
感度					0.025μg/Chi	0.013NTU

Table 13. Specification of multilayer sonic current meter for medium sea

表 13. 中浅海用多層音波流速計の仕様

最大潮流測定深度	400m
最大海底探知深度	600m
測流範囲	-5~9m/s
長期測定精度	±1%又は±0.5cm/s
設定層数	1~128 層

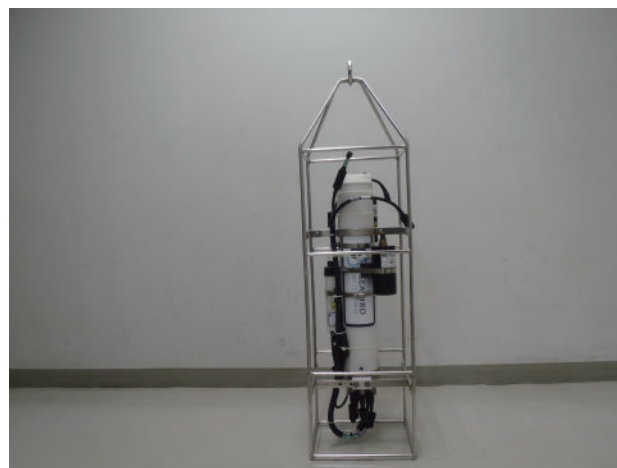


Photo 36. CTD system

写真 36. CTD システム

4.6 多成分水質計

多成分水質計 JFE アドバンテック社製 AAQ-RINKO は、深さ 100 m までの深度、水温、電気伝導度、塩分、濁度、クロロフィル、溶存酸素、光量子、pH、酸化-還元電位の測定が可能な水質計である (Photo 37)。インターフェイスユニットを介してコンピュータにケーブルで接続することにより、リアルタイムでのデータ収録が可能である。多成分水質計の主な仕様を Table 15 に示す。



Photo 37. Multicomponent water quality meter
写真 37. 多成分水質計



Photo 38. Seafloor sampler
写真 38. 採泥器

Table 15. Specification of multicomponent water quality meter

表 15. 多成分水質計の仕様

	深度	水温	電導度	塩分	濁度	クロロフィル	溶存酸素
測定レンジ	0~100m	-3~45℃	0.5~70mS/cm	2~42	0~1000FTU	0~400ppb	0~200%
精度	±0.3%FS	±0.01℃	±0.01mS/cm	—	±0.3FTU or 2%	±1%FS	±2%FS
分解能	0.002m	0.001℃	0.001mS/cm	0.001	0.03FTU	0.01ppb	0.01%

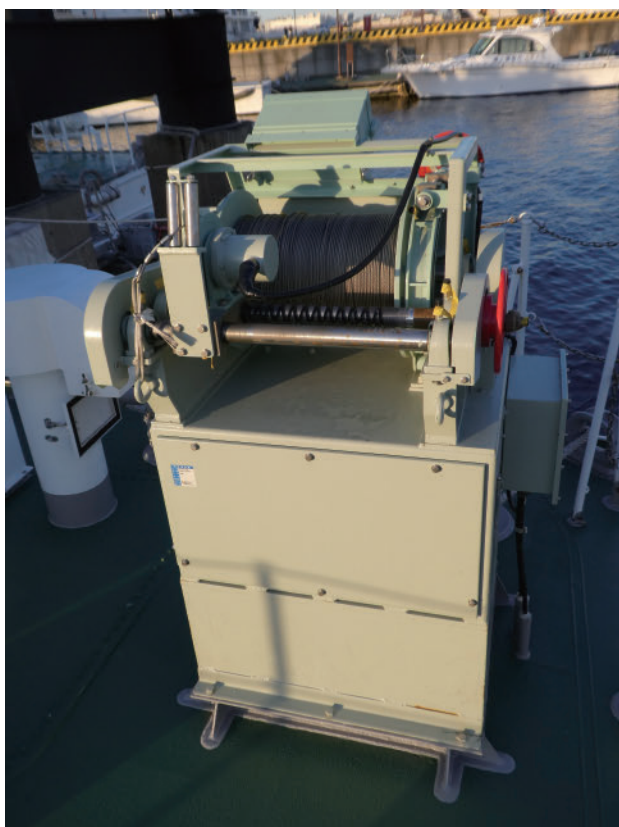


Photo 39. Winch for observation
写真 39. 観測用巻揚機

4.7 採泥器

採泥器離合社製スミス・マッキンタイヤ採泥器 (Photo 38) は、小型の重量型グラブ採泥器である。全体がピラミッド形の枠組で覆われ、重心が低く安定しており、正しく着底したときだけ作動する。

4.8 観測用巻揚機

観測用巻揚機鶴見精機社製 TS 電動油圧式海洋観測用ウィンチは、後部甲板に設置しており、採泥器等の観測機器を投入、揚収するために使用する装置である (Photo 39)、観測用巻揚機的主要仕様を Table 16 に示す。

Table 16. Specification of winch for observation

表 16. 観測用巻揚機の仕様

ワイヤー巻取量	φ4mm×500m
巻揚能力	2.15kN×65m/min (1層目)
電動機	AC220V・60Hz・3φ・4P・5.5kW

4.9 船舶観測データ伝送装置

船舶観測データ伝送装置エクサ社製船舶観測データ伝送装置は、浅海及び中浅海用多層超音波流速計、風向風速計、水温計で観測したデータを収集し、本庁にあるデータ受信用サーバーに送信するためのフォーマットに変換し、通信端末まで転送する装置である。

4.10 XBT (eXpendable BathyThermograph) 装置

XBT 装置鶴見精機社製 XBT システム (Photo 40) は、海象・海況条件に制約を受けることなく航行中にプローブを投下し、水温を計測する装置である。



Photo 40. XBT device
写真 40. XBT 装置

4.11 可搬型超音波多層流速計

可搬型超音波多層流速計 Teledyne RD Instruments 社製 Workhorse ADCP は、発信周波数に 600 kHz の超音波を使用し、ドップラー効果を利用した計測方法により、深さ約 70 m までの最大 128 層の流向、流速の測定が可能な Doppler 装置である (Photo 41)、可搬型超音波多層流速計の主な仕様を Table 17 に示す。

4.12 その他

測量観測のその他補助的な装置として、水中音速度計プロファイラ (AML 社 BASE X)、水中音



Photo 41. Portable ultrasonic multilayer current meter
写真 41. 可搬型超音波多層流速計

Table 17. Specification of portable ultrasonic multilayer current meter

表 17. 可搬型超音波多層流速計の仕様

最大設置深度	200m
測流範囲	±5mm/s (標準) ±20m/s (最大)
分解能	1mm/s
設定層数	1~128 層
最大測定レンジ	70m
設定層厚	10cm~8m

響カメラ (Oculus 社 M750D2) を配備している。また、搭載艇用の測量機器として、スワス音響測深機 (R2Sonic 社 Sonic2022 ほか) を配備している。

5 あとがき

浅海用マルチビーム測深機のパッチテストにおいて取得したデータを解析処理した 3 次元海底地形図を Fig. 5 に、海底地形陰影図を Fig. 6 に示す。この海域では、複数の主測線と主測線に直交する複数の測線が重畳している。この海底には舳のような形状の物体が重ねて設置されているが、厚さが小さい側壁部においてもデータが取得できており、さらに、二重化することなく、整合の取れたデータが取得されている。

本船は水路測量及び海象観測用に複数のソナーを装備している。ソナーは船体やプロペラの振動がノイズの原因となることがあるが、本船のこれ

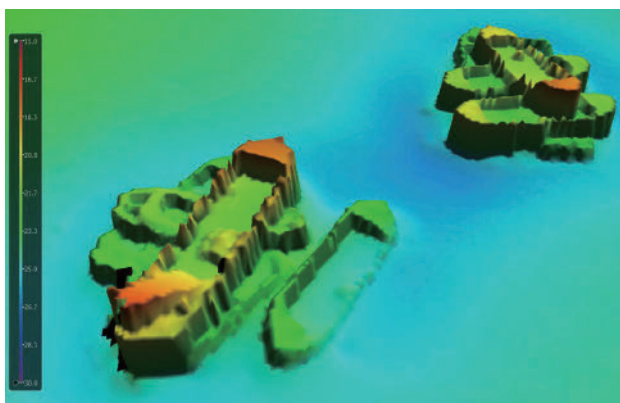


Fig. 5. 3D bathymetric chart (ChromaDepth glasses allow readers stereoscopic imaging.)

図5. 3次元海底地形図（クロマデプス 3D メガネを用いて立体視可.）

までの試験等においては船体等に起因すると考えられるノイズは確認されていない。巡航速力で航行中の場合でも船体の振動はほとんど人体に感じることはない。本稿においてデータの紹介は浅海用マルチビーム測深機のデータのみであるが、ノイズの少ない精密なデータの取得に加え、深度500 mより深い海域でのデータ取得も可能になっており、従来の海域より広範囲な調査、鉛直方向にもより深い海水中、海底の調査が可能となった。今後、本船の測定によるデータが、より高精度な海洋情報の提供に貢献していくことが期待される。

謝 辞

本稿の掲載にあたり、査読者からのたいへん有益なコメント及び編集担当者の方の適切な助言をいただきました。海上保安庁装備技術部船舶課、第三管区海上保安本部海洋情報部、測量船「はましお」の職員・乗組員の皆様には、様々な点でご支援・ご協力いただきました。ここに記して感謝します。

文 献

Hughes Clarke, John E. (2016) C7 Range Resolution, Fundamentals of Ocean Mapping I, University of New Hampshire, USA.

株式会社木曾造船 (2018) 測量船はましお完成図

書, 株式会社木曾造船, 広島.

Teledyne RESON (2016) SeaBat T-Series Rackmount OPERATOR'S MANUAL, Teledyne RESON, Denmark.

要 旨

平成30年3月に就役した測量船「はましお」について、概要を報告する。

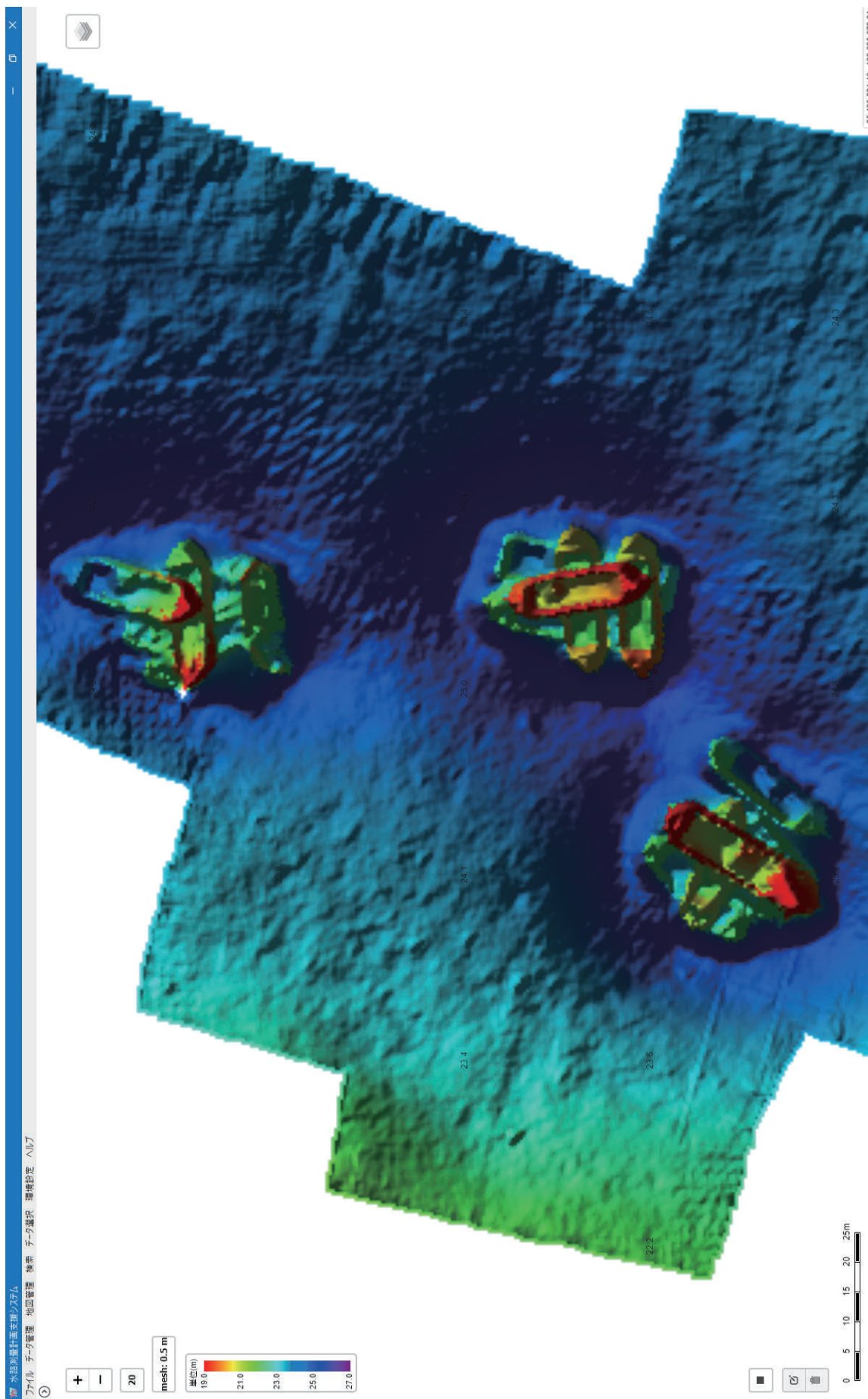


Fig. 6. Shaded bathymetric chart (ChromaDepth glasses allow readers stereoscopic imaging.)

図6. 海底地形陰影図 (クロマデプス3Dメガネを用いて立体視可.)