

水路測量の変遷と最近の調査[†]

森 弘和*

The seafloor measurement history and the seabed topography revealed by the recent hydrographic surveys[†]

Hirokazu MORI*

Abstract

The seafloor depth has been measured by lead sounding, single-beam echo sounder, and multi-beam echo sounder to produce the charts of the Japan Coast Guard (JCG). Over the last decade, the multi-beam echo sounder was adapted for the surveying conducted by the JCG, and a detailed topography has been revealed. In this paper, we introduce the seafloor measurement history and some recent works based on the multi-beam echo sounder system.

1 はじめに

日本の水路業務は、1871年に水路局が設置されてから2021年で150年を迎える。創業当時の水路局は、日本領土の把握や資源輸送のため北方や南西諸島方面及びその中継点となる港湾の水路測量を実施した。以来、測量手法の進歩や港湾の発展に伴う測量、軍事機密として位置づけられた測量を含め、日本沿岸では何度も繰り返し測量が行われてきた。海図の最新情報の維持、精度向上は、航海安全のみならず海洋権益の主張にも関係している。また関東大震災以来、発生した大規模な災害後には調査チームを派遣し、水深や海岸線の変化について調査しており、災害の前後での地盤変動などの科学的な知見や近年の航路啓開につながるような経験も得られてきた。

本稿では、これまでの測深調査の歴史について主なものを簡単に記述した後、最近の水路測量の業務の内容変化と最近10年間に得られた主な成

果について紹介する。

2 水路測量の技術的変遷

2.1 測深手法の変遷

海底地形は実際に目で見ることができないので、海図では測定した地点の水深を点として表現している。水深の測量手法は、錘に紐を付けて測定する錘測から音波を使用して測定する方法に移行し、最近では極浅海部ではレーザーを使用した手法も採用されている。

音波を使用する測深方法は、1920年代に欧米で実用化され、日本では大正13(1924)年にドイツのBehm式測深儀の導入から始まり、昭和5(1930)年までの間にアメリカのFathometer(F式)、フランスのLangenin(L式)を導入し、当時の測量艦に搭載していた。昭和6(1931)年の報告書に、L式二型という水深50mから600mの測深機を和船型の機船に搭載し測鉛との比較実

[†] Received September 18, 2020; Accepted November 11, 2020

* 沿岸調査課 Coastal Surveys Division

験を実施し、L式一型では認められない測定誤差があり、原因は時計装置であり、ホニックモーターに改造することと自記装置を付けられると記録されている。音響測深機の導入当初から大型船用と小型船用の測深機の導入を目指していたことが判る。

音響測深機の国産化はフランスのL式測深機をベースに北辰電機が90式測深儀として国産化している。公式な資料は残っていないが、型式から昭和5(1930)年に国産化が完了し、海軍の装備として採用されたと考えられる。

これらの機器は、中深海型の音響測深機であり、錘測と同様に測定点上でスイッチを入れて、直下の水深を測定し読取る点の測深であった。海軍及び海事要覧昭和4年度版(有終會, 1929)によると、自記記録機は存在したようであるが、「読取式に写真装置或いは媒紙記録装置を付加して、船舶が航走中自動的に数分毎に或いは十数分毎に、その水深を記録させるものである。」と記述されているので、間隔が粗く点の測深であった。

50 mより浅い浅海用測深機は英国のHenryFuse社の測深機を昭和12(1937)年ごろから試用して、国産化して運用していたようである。使用実績は測量成果に使用した旨がわずかに記録されているだけで、機器の詳細な記録は残っていない。

音響測深による水深値は昭和10(1935)年に海図に採用したが、港内などの浅い海域では測鉛の測量のみで、主体はまだ測鉛を使用した測深だった。

昭和25(1950)年ごろ乾式の放電破壊式記録紙が登場すると、測深線上の水深を連続して記録できるようになったことで、線として測定されるようになった。

浅海域の測量では昭和25(1950)年に実用機が完成し、徐々に使用範囲が広がり、昭和34(1959)年ごろに港湾等の測量で本格的に音響測深機が導入された。その後、直下ビーム1本から素子を増やして面的に海底をとらえようとして、

昭和40(1965)年ごろ斜方向のビームを加えた3素子が登場し、さらにアームを取り付けて直下ビーム8本を等間隔に装着したものや、船2隻をロープで連結して幅を広げた手法などが登場した。昭和50(1975)年ごろからは、日本では船の両舷それぞれに直下ビームと斜めビームを装着した4素子(以下:シングルビーム測深機)が主流となったことで、音波による測深が水路測量の主体となった。この間に測位の手法も発展したと合わせて、記録紙からデジタル収録・デジタル処理へと変化した。

その後、マルチビーム測深機(クロスファンビーム方式)が登場し、昭和58(1983)年測量船「拓洋」に12 kHzのSEABEAMが搭載され、昭和61(1986)年には、測量船「天洋」にHYDROCHARTが搭載された。以後、大型測量船にはマルチビーム測深機が標準的に搭載されていく。HYDROCHARTは当時浅海用として導入され、周波数は36 kHzで今日では中深海用に分類される測深機であった。

港湾や沿岸部の極浅い海域用のマルチビーム測深機は、阪神・淡路大震災後の測深の効率化の対応として平成7(1995)年にSeabat9001が導入された。当初は、浅海部では曳航が難しいサイドスキャンソナーの代わりに、異物の形状把握など限定的な用途に限られた(古市・政岡, 1997)。導入当初は動揺センサーの性能も低く、パーソナルコンピュータ(PC)は16 bitマシンで、収録についても1 MBのフロッピーディスクや125 MBから250 MBの光磁気ディスクが主流の時代であり、大容量の収録や点群処理を十分に行うことができなかった。平成10(1998)年代中ごろになると、動揺センサーやPC、処理ソフトウェアの性能が飛躍的に向上し、点群を用いて海底地形を容易に図化できるようになった。これにより、海上保安庁が使用する測深機の主流はマルチビーム測深機に移行することとなった。

民間では、大手の会社を筆頭にマルチビーム測深機を導入する会社も徐々に増えてきたが、機器が高価であること、調査対象範囲も狭く、海図に

採用する水深が測深区域内の浅いものを優先としていけばよく、また水深データを他の目的で使用する想定もなかったことからシングルビーム測深機が主流で、マルチビーム測深機は2010年までは水路測量の分野では、十分普及しなかった。

2.2 測位手法の変遷

明治時代は、天文測位（以下、天測と記す）と陸上の基準点（地形）を測定することにより水深測定の一ポイントの位置を計測していた。陸上の基準点は、海軍観象台を基準として全国に基準点が配置されている。海上測位としての天測は、陸上の基準点が整備されると、沿岸部の測量では基準点の一つを座標原点として平面座標で決定するようになった。天測は、真北測定のため北極星方位角測量として昭和40（1965）年ごろまで行われている。

昭和30（1955）年になると日本では電波を使用した双曲線方式のデッカによる測位を採用し、その後ロランA、ロランCによる測位を採用し、主に沖合の水路測量での海上測位で使用した。港湾付近や沿岸部の測量に電波測位が導入されたのは、船上の主局と従局間の距離を測定するオートテープやオーディスタが登場し、測位精度が1m以下となった昭和40（1965）年ごろからで、昭和60（1985）年に船上の主局と従局の距離とコードを使用したトリスポンダを導入すると電波の混信もなくなり、システムの向上と相まってXY座標による誘導が可能となり測線間隔などの設定が容易になる等、作業の効率化にも繋がった。

平成3（1991）年からはGPS測位が導入されたが、当初は衛星数が少なく1日のうち測位可能な時間が限られ、しばらくは電波測位や陸上からの光学機器による誘導が主流だった。平成7（1995）年ごろからはGPS測位がほぼ24時間行えるようになり、海上保安庁がDGPSのサービスを開始すると、瞬く間に、ほぼすべての海上測位がGPS測位に移行した。

また、陸上では国土地理院の電子基準点が全国に多数配置され、携帯電話の普及によりデータ通

信が容易になると、平成14（2002）年からGPSの補正情報の配信サービスが開始された。公共測量等ではVRS方式のネットワーク型RTK-GPS測位が主流となり、民間の測量会社が実施する水路測量についても、測量区域の周囲に電子基準点が配置された港湾での作業が主体であることからVRS方式のネットワーク型RTK-GPS測位を利用する会社が多数を占めている。

3 水路局創設時から実施された主な水路測量

3.1 主な沿岸部の水路測量

日本沿岸の水路測量は、明治4年の創業当時は欧米列強の東アジアへの進出といった情勢や石炭が北海道や九州で採掘されていたことから、国防や資源の輸送に関わる北海道や九州と其中継地点となる港湾等の沿岸の調査から始まり、全国へと展開していった。その後、測深手法や測位手法が大きく変わり精度が向上するという技術的な要因の他、2度の世界大戦や昭和50（1975）年前後の200海里水域の設定、その後大陸棚の限界延長申請といった国際情勢の変化も契機としながら、当時の最新の手法で日本沿岸部の測量を実施し、海図の精度を向上させてきた。調査プロジェクトとして数年がかりで日本沿岸部の水路測量を実施した主な調査は以下のとおりである。

- ① 明治4（1871）年イギリスの軍艦シルビア号の協力を受つつも、日本人による各港湾の水路測量が開始された。初年度は、軍艦「春日」で北海道東岸の野付（のつけ）錨地、瑠瑠瑠（ごようまい）水道、続いて北海道西岸の寿都（すつつ）湾、小樽港、東京への帰途、東北の宮古湾、釜石港の水路測量を実施した。同時期にシルビア号は、厚岸湾、室蘭港、国後島近海の水路測量を実施した。
- ② 明治5（1872）年から明治8（1875）年に東京湾の水路測量を行った。「水路測量作業ノ変遷」（水路部、1925）記載の東京湾の水路測量に関する記述の「当時未ダ大三角ノ連絡ヲ成シ得えず（技術ノ幼稚ト測器ノ不完全トニヨル）」のとおり、当時は小さな港湾は相

対的な位置で測量を完結していたものの、広範囲の測量となると技術的に不十分で測定誤差が大きくなっていったことがうかがえるが、三角網を構築していることが判る。明治9(1876)年に子午儀が導入され、明治9(1876)年のものとされる観象台を起点とした東京湾の主要点の緯度経度を記載した三角網図が現存している。このように、明治9(1876)年は、測量技術が向上し、現在の水路測量手法の要素が揃った年と言えるかもしれない。

- ③ 明治15(1882)年から明治27(1894)年までは、全国沿岸測量として日本周辺の沿岸部の調査が実施された。
- ④ 明治28(1895)年から大正6(1917)年に全国の海岸測量が進められ、日本領土の全沿岸部の海岸測量が終了した。
- ⑤ 大正3(1914)年から大正12(1923)年は、南洋諸島の測量が実施された。
- ⑥ 大正7(1918)年からは、順次全国の改測が行われた。
- ⑦ 昭和21(1946)年の太平洋戦争後には、再建すべき港湾の測量が開始された。
- ⑧ 昭和42(1967)年から昭和52(1977)年には、大型測量船及び中型測量船搭載の単素子のシングルビーム測深機により、日本沿岸部のやや沖合が数マイル間隔で測深された。
- ⑨ 昭和50(1975)年から平成13(2001)年までの期間、沿岸の海の基本図の作製のために単素子のシングルビーム測深機を用いて、0.5マイル間隔で海岸線付近から沿岸部が測深された。事業開始当初は海上保安庁が測量を実施していたが、昭和52(1977)年から外注により民間の調査会社が測量を実施した。
- ⑩ 平成9(1997)年から平成19(2007)年では、平成8(1996)年に明治時代に測量した海域で未発見の浅所に船舶が底触した事故が発生したことを受けて、昭和30(1955)年以前に錘測により測量し、高密度で再測量が実施されていない海域について、船舶の交通量が多い海域から測量を実施した。管区に

よっては保有するマルチビーム測深機による調査が実施された。

- ⑪ 平成20(2008)年から領海・EEZでの測量調査を行い、平成25(2013)年からは、同じ仕様で津波防災情報図調査が開始された。これらの調査では、マルチビーム測深機を主体とした隙間のない詳細な水深データセットを作製することとしている。

3.2 大災害発生後に実施した主な測量

大災害が発生した場合、直後の緊急測量や現地調査が行われており、最も古いものでは1923年の関東大震災後の調査の記録がある。関東大震災の発災時には、日本周辺の水路測量は終了していたので、災害前後の比較が可能となっていた。このことは当時多くの著名な研究者が評価しており、小川(1924)は「水路部の挙行した成績は大震災に際して起こる海底地盤の変化が如何に著大なるかを示すもので、世界の地震記録に新しい貴重な資料を加えたわけである」と述べ、寺田(1924)は「ここに述べたような調査の重要性を裏書きするに足ると思うのである」と記した。

その後、これまでに昭和23(1948)年南海地震や昭和34(1959)伊勢湾台風の被災地沿岸の緊急測量、昭和43(1968)年日向灘地震の調査、及び同年の十勝沖地震の震源地海域の測量、昭和61(1986)年伊豆大島三原山の噴火対応、平成2(1990)年雲仙普賢岳の噴火に関連した島原湾・橘湾の調査、平成5(1993)年北海道南西沖地震、平成7(1995)年阪神淡路大震災の調査、平成12(2000)年三宅島火山活動による地形等の調査、平成23(2011)年の東日本大震災の調査などがある。大きな自然災害では、航路啓開のための調査、沿岸部の海底地形調査、地層探査などの多様な調査が行われてきたことにより、防災や自然科学に関する知見を得てきた。

4 最近10年の水路測量の主な調査

水路測量成果から得られた海底地形は、かつてはFig. 1のように水深図に記載した水深と水深の

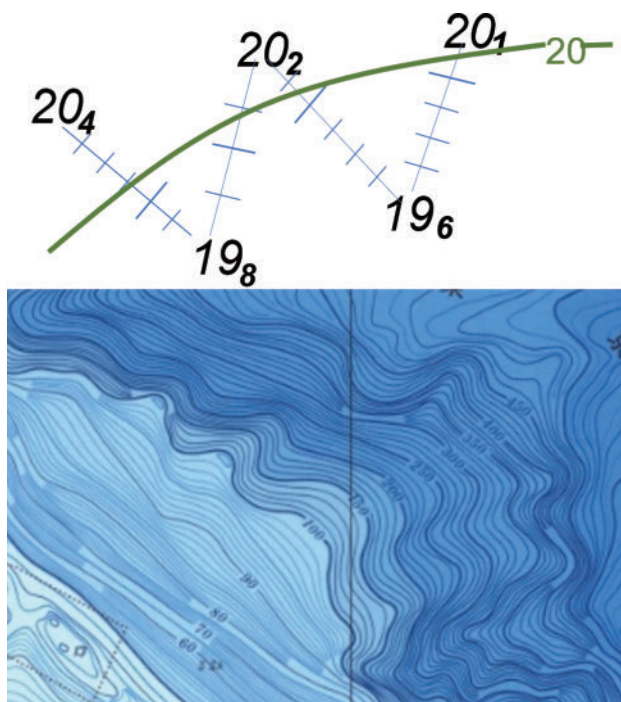


Fig. 1. How to draw contour from the plotted depth on the chart. Contour on the chart is drawn assuming that the slope between the depth is constant (Topographic map below is extracted from BASIC MAP of the SEA in COASTAL WATERS (1:50,000) URAGA-SUIDO).

図1. 等深線の描き方。等深線は水深と水深の間が一定の傾斜とみなして描く（下図は沿岸の海の基本図（1：50,000）「浦賀水道」から抜粋）。

間は一定の傾斜を持つと考え、等深線を描画し視覚化してきたが、近年ではマルチビーム測深機により隙間なく測定した結果としての点群をデジタル処理により地形モデルとするようになった。処理に時間を要するものの容易に地形モデルが作製され、色や影の方向を自在に変更できることもでき、特段の知識がなくても地形を容易に把握することができる。

2010年ごろまでは、印刷される海図の縮尺に対応した水深密度を基準とした成果が求められていた。デジタル化といっても丸ペンがマウスに代わり、測量原図が画面に表示されるといった変化で、成果として残されている水深データも紙海図の縮尺に応じて選択されたものであり、使用する道具がデジタル化した時代といってもよいだろう。

2020年までの10年間は、マルチビーム測深機が普及し、面的に隙間のないデータが得られるとともに、保管する水深データについても紙海図の水深密度に準じた粗いものから、等密度の詳細なデータに変化した。

また、地方整備局が発注する港湾工事に伴う測量の大半が情報通信技術（Information and Communication Technology：ICT）の全面的な活用の推進のため、マルチビーム測深機を使用することが仕様書に盛り込まれ、これにより民間測量会社にマルチビーム測深機が普及した。

4.1 領海・EEZ 調査及び津波防災情報図作製のための調査

延長大陸棚の調査のため太平洋側の排他的経済水域（EEZ）から沖側を調査した大陸棚調査は、昭和58（1983）年度からマルチビーム測深機で実施し、平成20（2008）年には調査をほぼ終了した。しかし、太平洋側の沖合の調査に集中していたこともあり、日本海や東シナ海、太平洋の沿岸部は、シングルビーム測深機や測鉛による水深と水深の間に隙間がある古い基準及び手法で調査した海域がまだ多く残っている。そのため、これらの海域をマルチビーム測深機による隙間のない面的な調査で埋めるべく、海岸線から沖合まで隙間のない水深調査を合言葉に、平成20（2008）年より、日本海西部及び東シナ海沿岸部を皮切りとし、海岸線・低潮線から極浅海域は航空レーザー測深により、測量船で測量可能な浅海域から沿岸部は管区本部所属の20m型測量船と中型測量船で調査を開始した。調査機器も20m型測量船のマルチビーム測深機はSEABAT7101またはEM3002、中型測量船のマルチビーム測深機はEM302に換装した。

津波防災情報図作製のための調査は、東日本大震災での津波の被害が想定外に大きなものであったことから、大港湾につながる沿岸部の津波防災情報図の精度向上のため、領海・EEZ調査と同様の仕様で豊後水道、紀伊水道、伊良湖水道、東京湾口の調査を開始した。平成25（2013）年に

は、調査の高精度化と効率化のため管区本部所属の 20 m 型測量船のマルチビーム測深機を sonic2024 のデュアルヘッドに換装している。

水深が浅い海域が大半を占める沿岸部では、音波が届く範囲が狭く、調査面積は飛躍的には増加しないが、既知の浅所や凹地で詳細な地形が判明した事例が数多くある。東京湾南部の水深が 100 m を超える海域では、これまでフットプリントが大きな旧式のマルチビーム測深機で測定されていたが、平成 26 (2014) 年以降、沿岸部の浅い海域から東京海底谷にかけて調査を行った結果、Fig. 2 に示すように今まで公表されているものよりさらに詳細な海底地形が得られている。このほか Fig. 3 に示すような豊後水道の海釜やサンドウエーブの詳細な状況 (森, 2019)、菊川断層帯が想定よりもさらに沖に伸びているといった発見 (伊藤・泉, 2009) や、萩沖の阿武火山群での溶岩流による地形 (Fig. 4) (海上保安庁海洋情報部, 2010) など、身近な海域で新たな知見が得られている。

4.2 東日本大震災の航路啓開測量

東北地方太平洋沖地震で発生した津波は、港湾施設だけでなく市街地まで達し、倒壊した家屋や車など多くの瓦礫が生じ、港湾を閉塞させた。また、支援物資を海上から搬入するため早期の航路啓開が必要であり、航路啓開と港湾の復旧の測量ではマルチビーム測深機を主体とした測量を大がかりに実施した最初の事例となった。

東日本大震災の航路啓開測量では、これまでのシングルビームによる線上の記録から抽出した水深と大まかな大きさから判断した物体としてではなく、津波によって流された障害物の詳細な形状として Fig. 5 のように容易に判別でき、海中の搜索や浅所の分布が視覚的に把握できた。これと水深図とを併用することで海底の状況が一目瞭然となり、港湾の早期の使用再開に寄与することができた。しかし、災害時の調査方法については、マニュアルの整備が完全ではなく、東日本大震災では青森県から千葉県沿岸にかけて多数の港湾が被

害を受けたことから、サイドスキャンソナーやインターフェロメトリー式のマルチビーム測深機など多くの種類の機器が持ち込まれ、測量手法や成果のまとめ方に差異があった。そのため、入港許可の水深値の審査には多少の混乱が発生した。このことを踏まえ、航路啓開マニュアルが整備されることとなった。

東日本大震災発災の平成 23 (2011) 年から平成 28 (2016) 年にかけて航路啓開及び復興のため実施した水路通報や海図最新維持のための水路測量の状況については、第二管区海上保安本部海洋情報部 (2017) にまとめられている。

4.3 ICT 活用を導入した港湾工事に伴う水路測量

海上保安庁が実施する、海図を最新の状態に維持するための水路測量の大半は、国際基準 (IHO S-44) に準じており、マルチビーム測深機を使用した未測のない高精度な測深が求められている。

港湾管理者等が計画する水路測量は、計画されている水深を満たしていることを確認し、海図に表現されれば目的は達成されるので、電子海図で表現されるその水深値の精度 (CATZOC) は B 級以下と、隙間のないマルチビーム測深機による成果が A1, A2 級であるのに比べて階級が下がる。そのような精度の水深値を得るためには、調査の経費が安価である多素子のシングルビーム測深機による調査で十分であり、マルチビーム測深機を用いた調査が標準となるには時が必要であった。

平成 28 (2016) 年から港湾における ICT 導入委員会が開催され、海上工事の生産性向上のために、三次元測量による詳細な海底地形を把握することが示された。これを受けて、海上保安庁以外の国の機関が実施する水路測量では、マルチビーム測深機を使用する機会が増加した。マルチビーム測深機が普及した契機となった事業のひとつといえるだろう。

この事業でのマルチビーム測深機で得られた詳細な点群データは、水深だけでなく、水中の消波ブロック等の据付け状況の出来形確認や、完成後

東京湾南部

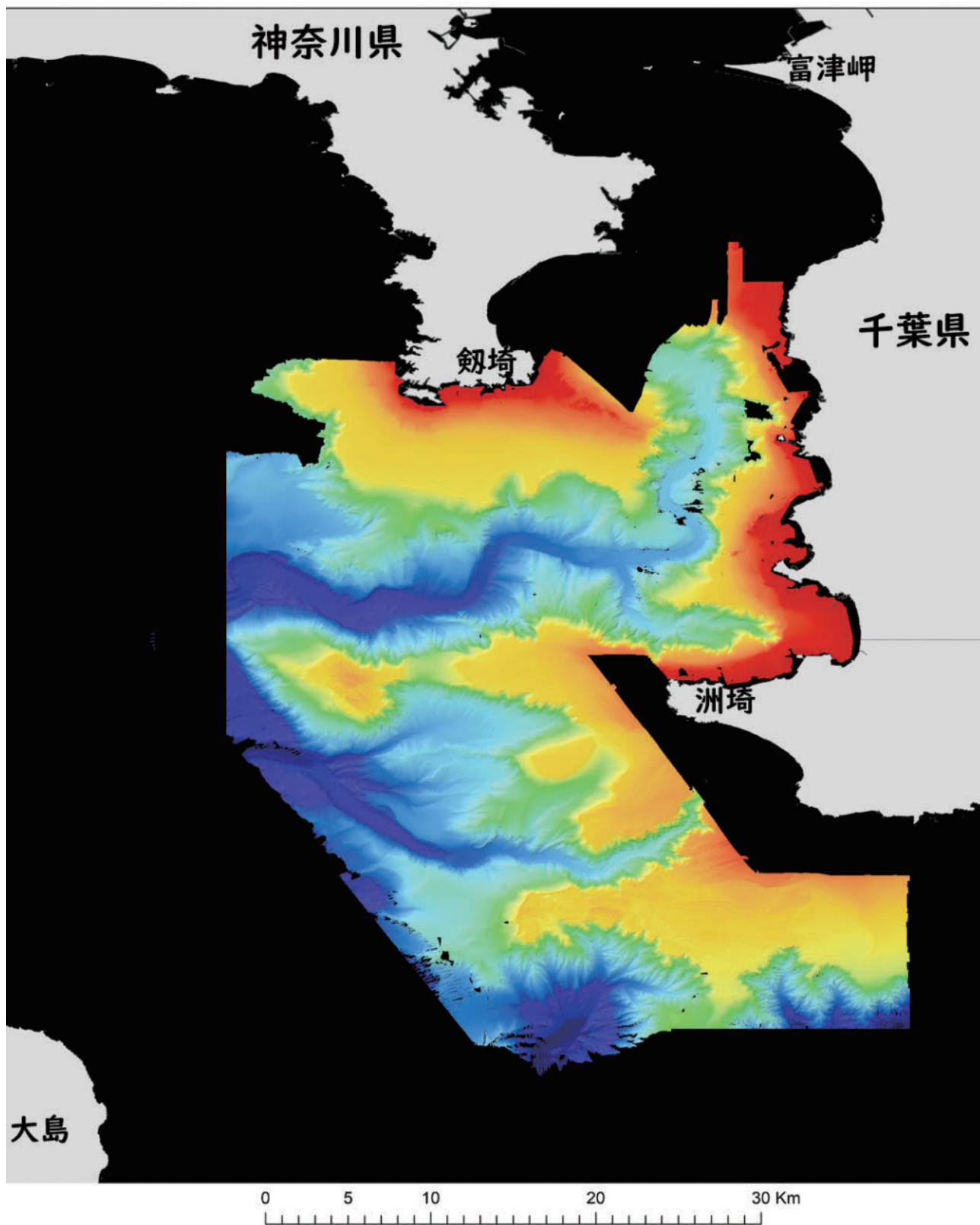


Fig. 2. Seafloor topography in the southern Tokyo-Bay based on the result of multi-beam echo sounding survey after 2014.

図 2. 2014 年以降に調査したマルチビーム測深成果による東京湾南部の海底地形図。

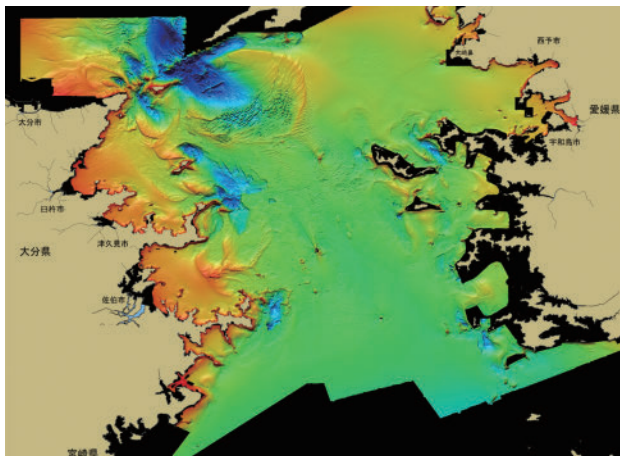


Fig. 3. Seafloor topography in Bungo-Suido (Mori, 2019). Tidal currents are remarkable because of the caldrons and sandwaves.

図 3. 豊後水道の海底地形 (森 2019). 海釜やサンドウエーブなどから潮流が顕著なことがうかがえる.

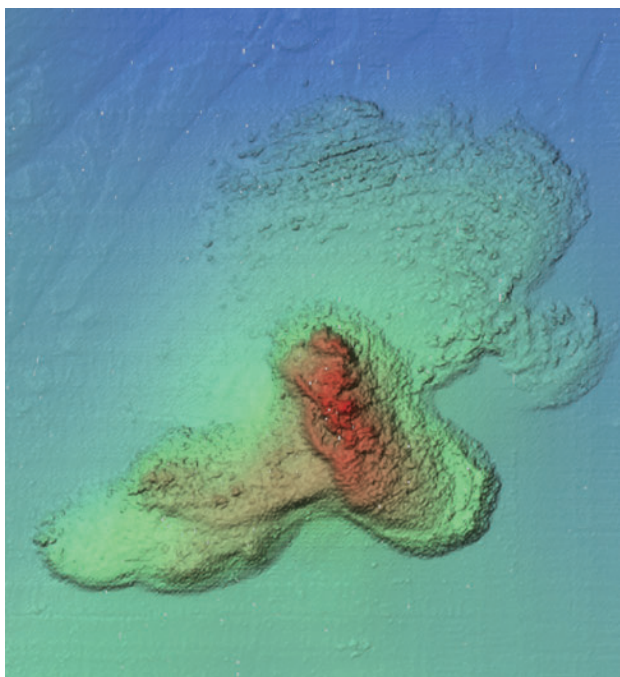


Fig. 4. The lava flow topography of the Abu volcano group (Off the coast of Hagi, Yamaguchi) (Hydrographic and Oceanographic Department, 2010). Plot map from survey results near Aishima.

図 4. 阿武火山群の溶岩流地形 (山口県萩市沖) (海上保安庁海洋情報部, 2010). 相島付近測量成果より再描画.

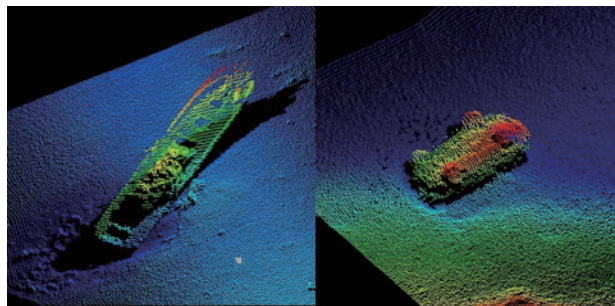


Fig. 5. Examples of objects washed away by the tsunami to the seabed. Objects can be identified by the plotting on the map. (Map re-plotted from survey results of Kesenuma-ko in 2012).

図 5. 津波によって流された物体の事例. 図化することで物体が何か判別できる (気仙沼港 2012 年測量成果より再描画).

の維持管理のための完成形状把握のためのデータ取得を目的としている. 今後, 陸上のレーザースキャナー計測成果と合わせる等, 港湾域での測量成果は, 急速に 3 次元データの蓄積や更新が進むことが予想される. その結果, マルチビーム測深機で得られた水深データの共有だけでなく, 関連する海岸線の測量等についても高精度の点群成果となり, マルチビーム測深機をはじめとする調査機器や解析ソフトウェアの普及が進み, 機種などの選択肢が増えることが見込まれるので, 測量手法から処理, 成果までの工程を大きく見直す必要が近い将来にあるだろう.

4.4 通常海図最新維持の水路測量から発見された事例

これまで海図の水深は, 周囲より浅い水深を優先して採用していた. そのため表現されなかった特徴的な海底地形が, マルチビーム測深により得られた詳細なデータにより図化できるようになった.

例を上げると Fig. 6 は, 酒田港のマルチビーム測深のデータの一部から作製した海底地形図を海図に重畳したものである. 以前は海図に採用するために, 粗い間隔の水深から等深線を描画し, 海底地形をイメージしたが, このように詳細な海底地形図から海底の状況が誰でも容易に判別でき



Fig. 6. Trace of dredging on the seabed of Port of Sakata, Yamagata. (Dredging area can be clearly identified). (Map re-drawn from survey results of Sakata-ko, 2019).

図 6. 山形県酒田港の海底に残る浚渫の跡（浚渫区域を明確に判別できる）（酒田港測量成果 2019 年より再描画）。

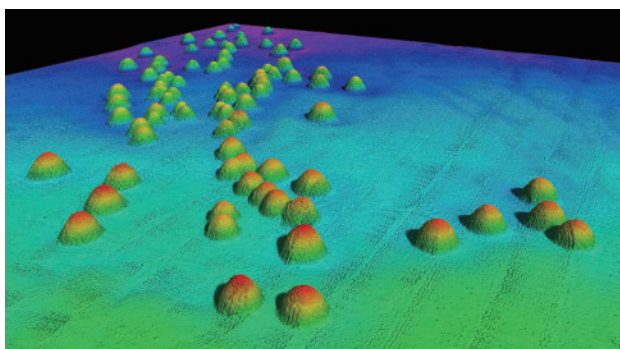


Fig. 7. Characteristic seabed topography in the Yatsushiro Sea (*Hyotissa-imbricata*'s colony) (Hydrographic and Oceanographic Department, 2009).

図 7. 八代海の特徴的な海底地形（カキツバタガキのコロニー）（海上保安庁海洋情報部, 2009）。

る。人為的な地形ではあるが、平坦と思われがちな港湾の海底が、維持管理のため何度も浚渫が行われた痕跡が、パッチワークのように四角い凹地となっていることが判る。今後、このようなデータを蓄積することで、海底の変化の履歴を追うことができる。

Fig. 7 は、マルチビーム測深機のデータを図化したところ、八代海の水深約 30 m の海底に直径

約 50 m 高さ約 5 m の海丘のような地形が多数分布していることを発見した事例（伊藤・他, 2009）である。発見当時の海図では、周囲に比べ浅い水深を採用し、底質は岩の表現をしていたが、マルチビーム測深機のデータで、詳細な地形が明らかになった。ほかに類を見ない独特な地形から、データを図化した当初は、地震に関係して出来上がった地形ではないか、大きさがほぼ均等であることから、何らかの遺跡ではないかとも想像された。実態を明らかにするため、海上保安庁の潜水士により調査が行われ、カキツバタ貝のコロニー群と判明した。この海丘群については、その後 TV で特集が組まれるなど、詳細なデータから得られる特徴的な地形は、人の目を引くようである。

5 おわりに

2008 年ごろまでは海図作製が最終目的であったため、高性能のデジタル機器を使用して詳細な情報を取得しても、海図が刊行されれば海図縮尺によって間引かれたデータのみを保存することが大半であった。港湾部を除けば沿岸部を再測量するのは何十年も先の可能性が高いが、海図作製以外の目的でもデータの活用ができるように、2008 年以降は得られた測深データを可能な限り保管するように努められている。

デジタル化が進み機器が更新されていく中でデータ量は爆発的に増加し、最近ではデータ処理の中間ファイルを含めると十数日の一連の測量作業で数百ギガバイトのデータ量となることが多い。デジタル化が始まった平成元（1989）年ごろはメガバイト単位だったが、そう遠くない将来にはテラバイト単位に達しそうな勢いでデータ量が増加している。PC の処理能力はあがっているものの、取得データとメディアの容量は、それを上回る増加の一途である。

2020 年以降は、国際水路機関が定める水路測量基準や電子海図に関係する基準などが大きく改定されることとなっている。海洋情報部では、増大する測深データの処理と水深値の精度評価に

CUBE アルゴリズムを取り入れた統計的手法の導入（住吉・他，2020）を試行するなど，データの処理，保管について改めて見直すこととなった。

また，一方で2020年には，半世紀にわたり日本の水路業務を支えてきた素子が4本のシングルビーム測深機の製造・販売が終了された。官民あわせて日本の多くの水路測量技術者が主力として使用してきた機器であり，現在も使用している会社も多くあるだろうが，1つの時代の切り替わりといえるだろう。

マルチビーム測深機によって得られた地形は，過去の地形がよく保存されていることも多く，自然科学として興味深いものでもあり，海図に反映させるだけではなく多目的な検討の対象となりうる。防災に関する調査についても，航路啓開に対応した調査は当然のことながら，マルチビーム測深機による日本沿岸部分の成果があれば，災害の前後での地形変化などの比較が容易に視覚化できるようになり，次の災害に備えるための基礎資料となるだろう。そのような意味でマルチビーム測深機を使用した日本周辺の測量をすべて終えることは，多くの時間が必要であるが意義深いことである。

謝 辞

広大な海域の測量に従事された多くの職員の皆様のご苦勞に感謝するとともに，本稿執筆に当たり，ご助言をいただきました皆様，古い資料を検索する際にご協力いただきました皆様，この場をお借りして御礼申し上げます。

文 献

- 第二管区海上保安本部海洋情報部（2017）東北における港湾の状況について，海洋情報部研究報告，54，120-132.
- 古市善典・政岡久志（1997）浅海用ナローマルチビーム測深機（SEABAT）を使用した障害物調査，水路部技報，15，64-67.
- 伊藤弘志・泉 紀明（2009）菊川断層帯の延長海域で発見された変動地形，活断層研究，3，

27-31.

- 伊藤弘志・和志武尚弥・那須義訓（2009）八代海南部の海底で発見された海丘群の潜水調査報告，海洋情報部研究報告，46，96-102.
- 海上保安庁海洋情報部（2009）八代海 謎の海丘群，<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAIYO/press/yatsushiro.pdf>
- 海上保安庁海洋情報部（2010）海底の溶岩流がくっきり！～山口県萩市沖の海底で火山活動の痕跡を発見，http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAIYO/kazan/abu_volcano.pdf
- 森 弘和（2019）豊後水道の水路測量成果の概要について，海洋情報部研究報告，57，27-42.
- 小川琢治（1924）相模湾の所謂隆起と陥没の意義如何，地球，1，[6]，1-32.
- 水路部（1925）水路測量作業ノ変遷.
- 住吉昌直・栗田洋和・安原 徹・橋本崇史・小川 遥・長澤亮佑・長野勝行・吉澤 信・眞保智彦・秋山裕平（2020）マルチビーム水深測量成果における CUBE 水深の採用について：海外水路機関における最適化の事例紹介，海洋情報部研究報告，58，66-79.
- 寺田寅彦（1924）相模湾海底の変化に就いて，海事参考年鑑（大正13年），195-200.
- 有終會（1929）海軍及び海事要覧，昭和4年度版，381pp.

要 旨

海図には，錘測，シングルビーム測深機，マルチビーム測深機により得られた水深が採用されてきた。最近の10年間は測深手法がマルチビーム測深機主体の作業に移行しており，詳細な地形が判るようになってきた。本稿ではこれまで実施してきた業務内容とともに，最近の成果について振り返る。