

GS24 及び GB24 航海での九州北西海域における海底地形観測の概要

高下 裕章^{1,*}・佐藤 太一¹・古山 精史朗^{1,2}

KOGE Hiroaki, SATO Taichi and FURUYAMA Seishiro (2026) Preliminary bathymetry determined during cruises GS24 and GB24 offshore from northwestern Kyushu, Japan. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 77 (3/4), p. 77–84, 5 figs. and 1 table.

Abstract: Seafloor mapping surveys were conducted offshore from northwestern Kyushu, Japan, using a multibeam echo sounder (MBES) to support the compilation of marine geological maps. This report contains the results of four cruises, including GS24 and GB24 conducted in 2024, and presents the data acquisition and processing methods, the processed bathymetry, and preliminary interpretations of the seafloor topography.

Keywords: Kyushu, bathymetry, submarine volcanoes

要 旨

九州北西海域において、海域地質図作成のための調査の一環として2024年度の調査航海 (GS24 及びGB24) においてマルチビーム音響測深機 (MBES) による地形測量を実施し、高解像度海底地形を作成した。本稿では2024年度の航海 (GS24 及びGB24) について報告するとともに同海域において実施した2023年度の航海 (GS23 及びGB23) で取得した地形データをコンパイルし、調査対象海域で明らかになった海底地形、並びにその解釈について報告する。

1. はじめに

GS24 及びGB24調査航海では、それぞれ東京海洋大学練習船「神鷹丸」と東海大学海洋調査研修船「望星丸」を用い、五島列島・平戸島・島原半島・甕島列島などを含む五島灘周辺海域 (北緯31° 48′ ~ 33° 38′, 東経127° 58′ ~ 130° 18′) において、マルチビーム音響測深機 (Multibeam Echo Sounder, MBES) による海底地形観測を実施した (第1図)。なお、航海の概要については井上ほか (2026) に記述されている。

本地域は日本海の拡大と沖縄トラフの拡大という日本列島を形成するにあたり代表的な2つのテクトニクスの影響を受ける場であり、その接合部における進化を理解する上で重要なフィールドであり、これまで陸上及び海域の双方から多角的なアプローチがなされている (例えば井上ほか, 1979; 利光ほか, 2004; 藤内ほか, 2008; Tonai *et al.*, 2011; Oiwane *et al.*, 2011; Ushimaru

and Yamaji, 2023, 2024)。

MBES観測において面的に連続した地形把握ができるか否かは、対象となる水深及び測線間隔による。海域地質図航海ではこれまで測線間隔は大構造を横断する方向に約2マイル、縦断する方向に約4マイルで設定している。この条件下で最大スワス角を±75°と仮定すると、2マイルの場合水深約500 m以浅、4マイルの場合水深約1,000 m以浅では隣接測線間でスワスの重複が生じない。したがって海域地質図航海の測線配置において面的に連続した地形情報を得るためにはおおむね500 m以深の水深が必要となる。九州沿岸部及び五島列島周辺は水深がおよそ200 mの浅海域のため、スワス幅が狭くなり十分なスワスの重複が得られない。このため、面的に地形の特徴を把握することは難しい。一方、男女海盆縁辺部及び五島海底谷周辺のような水深がより深い海域では、測線間で十分なスワスの重複が得られ、比較的広範囲の地形を連続的に把握することが可能であったため、その概要を報告する。

2. 装置及びデータ処理

本章では、GS24 及びGB24調査航海において使用した船舶・船上装置、並びにMBESデータの補正及び統合処理について述べる。これらは前年度までの報告書で述べた内容とほぼ同様である (例えば高下ほか, 2025)。

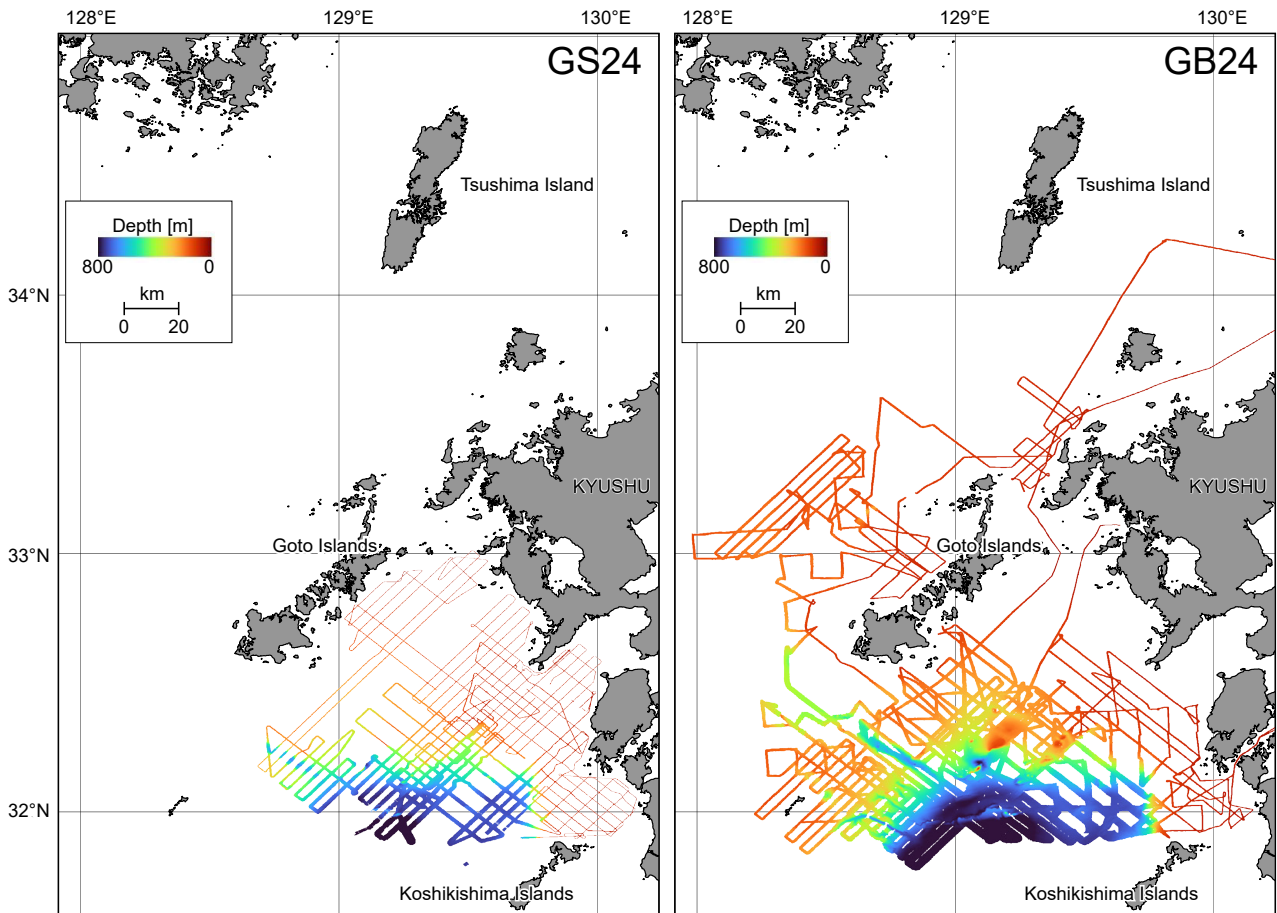
2.1 測位航法装置

GS24調査航海で使用した神鷹丸の船体規模は、全長64.55 m, 幅12.10 mである。測位と船体動揺データ

¹ 産業技術総合研究所 地質調査総合センター地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Geology and Geoinformation)

² 国立大学法人東京海洋大学 海洋資源環境学部 (School of Marine Resources and Environment, Tokyo University of Marine Science and Technology, Tokyo 108-8477, Japan)

* Corresponding author: KOGE, H., AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: koge.h@aist.go.jp



第1図 GS24, GB24航海で取得した処理済み海底地形図. グリッド間隔は5 m. 作図にはQGIS 3.34 (QGIS.org, 2025) を利用.

Fig. 1 The cleaned bathymetric map of GS24 and GB24. Grid spacing is 5 m. The map was produced using QGIS 3.34 (QGIS.org, 2025).

は個別に観測されており、ロール・ピッチ・ヒープはIXBLUE社製光ファイバーコンパスPHINS (Model PAA00011)により観測され、ヘディングはMBES専用アンテナによるGNSSコンパスにより観測されたのち、最終的にPHINSにより統合される。より詳細な神鷹丸の観測機器については甘糟ほか(2017)を参照されたい。

GB24調査航海で使用した望星丸の船体規模は、全長87.98 m、幅12.80 mである。測位と船体動揺データは個別に観測され、ロール・ピッチ・ヒープは、Kongsberg社製Seapath 380-5+に内蔵されたMRU 5+ MKII (船体動揺センサー)により観測され、ヘディングはMBES専用アンテナによるGPS GNSSコンパスにより観測されたのち、Seapath 380-5+側でGNSSデータと統合される。

2.2 MBES

調査船の表面音速 (船底音速) は、音響ビームの送受信角度及びビームフォーミングを決定し、測深精度に直接影響する。神鷹丸と望星丸の表面音速観測は、船底から

機関室に海水を汲み上げ循環させながらリアルタイム観測を行うタイムオブフライト方式のApplied Microsystems Ltd.社製Micro Xを導入しており、船底での精密な音速観測が連続実施され、以下に記載するMBES装置へデータがリアルタイム転送される。

MBESは、望星丸ではKongsberg社製の深海用EM302、神鷹丸ではWärtsilä ELAC Nautik社製の深海用SeaBeam 3050を使用した。海底地形データは、EM302ではKongsberg社のオリジナルフォーマット(.all)、SeaBeam3050ではWärtsilä ELAC Nautik社のオリジナルフォーマット(.xse)で記録され、両者ともウォーターカラムデータも取得されている。

2.3 音速度観測及び表面音速度の補正

MBESで取得したデータを補正して正確な水深を求めるため、音速度プロファイルを取得した。観測機器は、投下式塩分水温深度計XCTD観測 (XCTD-4, 鶴見精機製) 及び音速度計Midas MiniSVP (Valeport社製、以下Midas)

第1表 GS24及びGB24調査航海におけるXCTD観測一覧。

Table 1 Summary of XCTD observations during the GS24 and GB24 cruises.

Cruise Name	Sample Name	Date Time (UTC)	Latitude	Longitude	Depth [m]	File Name
GS24	XCTD01	2024/9/28 7:55:21	31°54.0333'N	129°42.7833'E	592	XCTD-001820240929.RAW
	XCTD02	2024/10/4 14:29:45	32°14.2333'N	129°38.8500'E	184	XCTD-001920241004.RAW
	XCTD03	2024/10/6 15:13:43	31°58.7667'N	129°14.1167'E	869	XCTD-002020241006.RAW
GB24	XCTD04	2024/10/24 7:01:51	34°11.7209'N	129°47.5500'E	109	CTD202410241601.RAW
	XCTD05	2024/10/27 5:45:29	32°00.2083'N	129°23.6368'E	716	CTD202410271445.RAW
	XCTD06	2024/11/3 2:38:52	31°55.4183'N	129°42.9152'E	650	CTD202411031138.RAW
	XCTD07	2024/11/10 6:49:21	33°13.2932'N	128°40.3843'E	140	CTD202411100649.RAW
	XCTD08	2024/11/16 10:13:23	31°59.1701'N	128°57.8488'E	786	CTD202411161013.RAW
	XCTD09	2024/11/20 17:08:02	32°00.3197'N	129°36.7340'E	726	CTD202411201708.RAW

を用いた。航海ごとの観測回数や実施地点は第1表に示す。

XCTD観測は鶴見精機製デジタルコンバータTS-MK150Nとハンドランチャを用い、最大観測深度1,850 mのXCTD-4プローブ(Mizuno and Watanabe, 1998)を装着して実施した。曳航体(セシウム磁力計・エアガン・ストリーマケーブル)の投入前後の低速運行時に、風向に応じて右舷又は左舷から後方に投下した。サンプリング周波数は25 Hzで、生データ(.RAW)、全データ(.CTD)、深度1 m間隔の補間データ(.CTD)の3種類を出力した。塩分換算・深度計算・音速度計算は専用ソフトウェアMK-150により処理した。

音速度計Midasは最大観測深度1,000 m、音速度計測範囲1,400 ~ 1,600 m/s、分解能0.001 m/s、精度±0.02 m/sを有し、2019年4月にメーカー校正が実施されている。望星丸航海(GB24)では採泥時に木下式グラブ採泥器(K-グラブ)のフレーム内部にMidasを固定し、センサーを上向きに設置して着底時の破損を回避した。Midasはオフライン観測で、観測後に内蔵メモリからデータを回収した。

GS24・GB24航海では、取得した音速度プロファイルを深度1 mごとに平均化し、HIPS & SIPS 11.4内では「Previous in Time」オプションを用いてMBESデータの音速度補正を行った。

2.4 データ処理及び統合

取得データはCARIS社製の海洋測量・調査データ処理ソフトウェアHIPS & SIPS 11.4を用い、音速度・船体動揺・船体位置データに基づく水深値の再計算及びエラーデータの除去を施した。再計算・再処理後の海底地形データはHIPS & SIPS 11.4上でGeoTIF形式の5 mグリッドとして出力した(第1図)。調査海域の地理的呼称は、海上保安庁のWebサービス「海しる」(海上保安庁, 2025)で公開されている海底地形名レイヤに記載された地名に準拠する。

さらに2023年度航海(GS23, GB23航海)のデータをGMT (Generic Mapping Tools ver. 6; Wessel *et al.*, 2019)で

統合し、本海域の海底地形図のGeoTIFFグリッド(5 m)を作成した(第2図)。

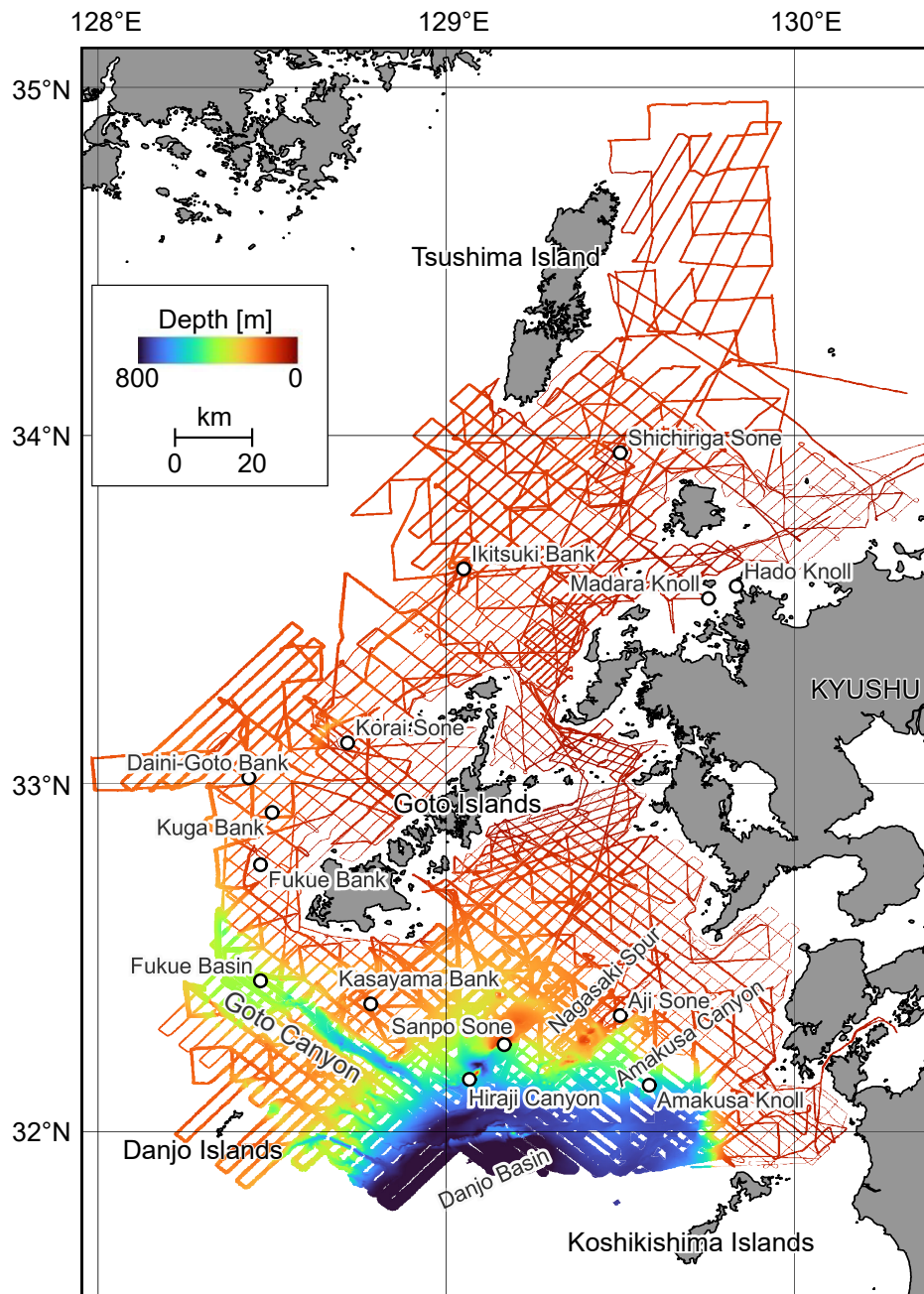
3. 観測結果

以下で述べる地形的特徴の概要は第3図にまとめた。また、詳細な特徴が確認できる地形図を第4図に用意した。この海域は後述するように海底谷、堆のような地形的高まり、サンドウェーブ、リニアメント等の起伏の発達に特徴付けられ、海底地形名が付与された地形が多く存在する。

まず五島海底谷の上流域を見ると、第1男女堆・第2男女堆などが存在し、それ以外にも周囲の平坦面には複雑なリニアメントが確認できる。それ以外の微地形として、北側のエリアにはサンドウェーブと考えられる波状地形が認められる(第4図A)。さらに、海底谷内部でも小規模な起伏が保たれたまま谷底を構成する場所があり(第4図B)、Oiwane *et al.* (2011)ではこの構造も含めた五島海底谷の成因を議論しており、地形・反射断面・潜航調査による試料採取を組み合わせ、沖縄トラフのリフティングに伴う断層運動と黄河起源堆積物の供給の双方に規制された、幅が広く勾配の緩い海底谷として報告している。

次に五島海底谷の南東側には同様の海底谷が少なくとも4本確認されており、男女海底谷群と呼ばれる(第3図破線)。この男女海底谷群で興味深いのは、いずれも谷頭が水深約200–300 m付近で始まっており、最南端の海底谷が大きく上流から下流方向に向かい北東へ進路を曲げる。後述する第3図C・D・E(拡大図第5図)に示す北東–南西方向の地形的特徴と一致することから、本地域の広域的なテクトニクスの影響が示唆される。

海底谷の東側は全体として起伏が少ないが、沖縄トラフに向かって落ち込む地形の中に沖笠山堆と呼ばれる地形的高まりが位置する(第5図C)。この高まりは非常に急峻な凸状地形を呈し、その北西方向に三宝曾根が位置しており、三宝曾根との間には深い凹地が形成されている。沖笠山堆や三宝曾根は白亜紀の貫入岩体として推定され分類されている(水野ほか, 1977; 本座ほか, 1979)。

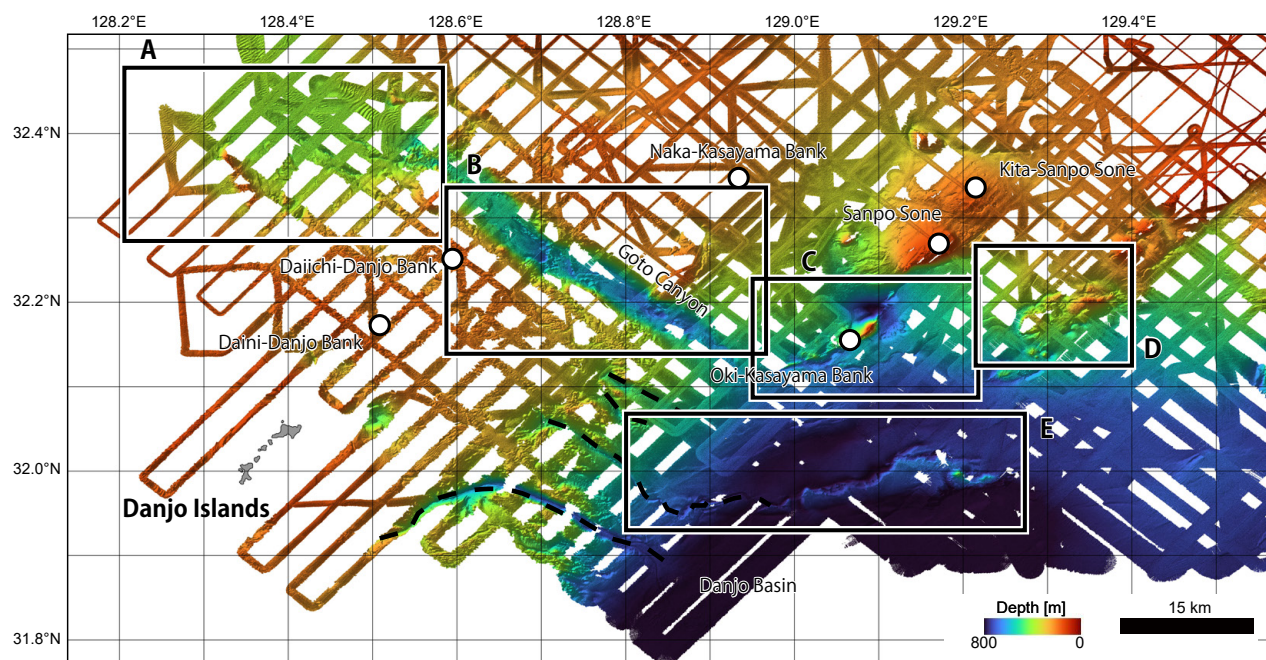


第2図 GS23, GB23, GS24, GB24航海にて取得されたMBESデータを統合した九州北西海域の処理済み海底地形。グリッド間隔は5 m.

Fig. 2 Integrated bathymetric map from the GS23, GB23, GS24, and GB24 cruises. Grid spacing is 5 m.

磁気異常からは、その辺り一帯の磁気異常を説明するものとして記載しており、個々の高まりとの対応については記載していない。この凹地は急峻かつ円形に近い形態を示し、直径は約4.5 km、縁辺部が水深約500 m、中央部が約750 mである。成因としてはカルデラ形成や浸食の影響が考えられる。磁気異常データ(佐藤・高下, 2026)では、この凹地直下には火成活動を示すような明瞭なダイポール型の磁気異常は見られない。一方で浸食

地形と考える場合、沖笠山堆と三宝曾根に挟まれた凹地であることから、海峡単成型に近い海釜と考えられる(八島, 1994)。明石海峡の海釜も同型に分類され、非常に速い潮流による浸食で形成されたとされている(八島, 1994)。そのため、この凹地は水理学的に流路が急に狭まることで断面積が制限され、流速が増加し、浸食作用が促進された可能性がある。この成因をより詳細に議論するためには、例えば超音波ドップラー流速計 (Acoustic



第3図 九州北西海域の処理済み海底地形の拡大図。男女海底谷群と考えられる海底谷の谷線を黒破線で示す。黒枠は本文中で記載する特徴的な地形を便宜的に区分した領域を示す。見やすさのためにSkyview Factor (Zakšek *et al.*, 2011) による陰影を重ねた。計算にはRelief Visualization Toolbox (RVT)を用いた (Kokalj, 2025)。

Fig. 3 Enlarged view of the integrated cleaned bathymetric map of northwestern Kyushu. Dashed black lines indicate submarine canyons considered to belong to the Danjo Canyons. Black boxes denote areas of characteristic bathymetric features referred to in the main text. For improved visual clarity, Skyview Factor shading (Zakšek *et al.*, 2011) is overlaid. The shading was computed using the Relief Visualization Toolbox (Kokalj, 2025).

Doppler Current Profiler, ADCP) などによる流況調査を行うことなどが有効と考える。

全体として縁辺部の地形的高まり (第5図C・D・E) は多少のばらつきはあるものの、北東-南西方向のトレンドを示す。南側には小規模ながら火山性とみられる高まりも散在する。特に第5図Eではリッジ状の凸地形が男女海底谷群のうち1つの流路と対応し、恐らく制御している様子が確認できる。次に、磁気異常分布 (佐藤・高下, 2026) では、第5図E付近に北東-南西方向の巨大なダイポールが形成されている。さらに、この領域には断層運動及び貫入構造が発達することが反射法地震探査によって示されており (有元ほか, 2026)、これらの結果に地形及び磁気異常の解析結果を併せて総合的に解釈すると、男女海盆縁辺部では広域的な断層活動やマグマ貫入に関連するテクトニクスが働いている可能性が示唆される。

4. まとめ

GS24 及び GB24 調査航海では、主として九州北西海域を対象に調査を実施し、新たに高解像度の海底地形データを取得した。特に比較的水深の大きい海底谷や男女海盆周辺では、広範囲にわたり十分な面的データを収集す

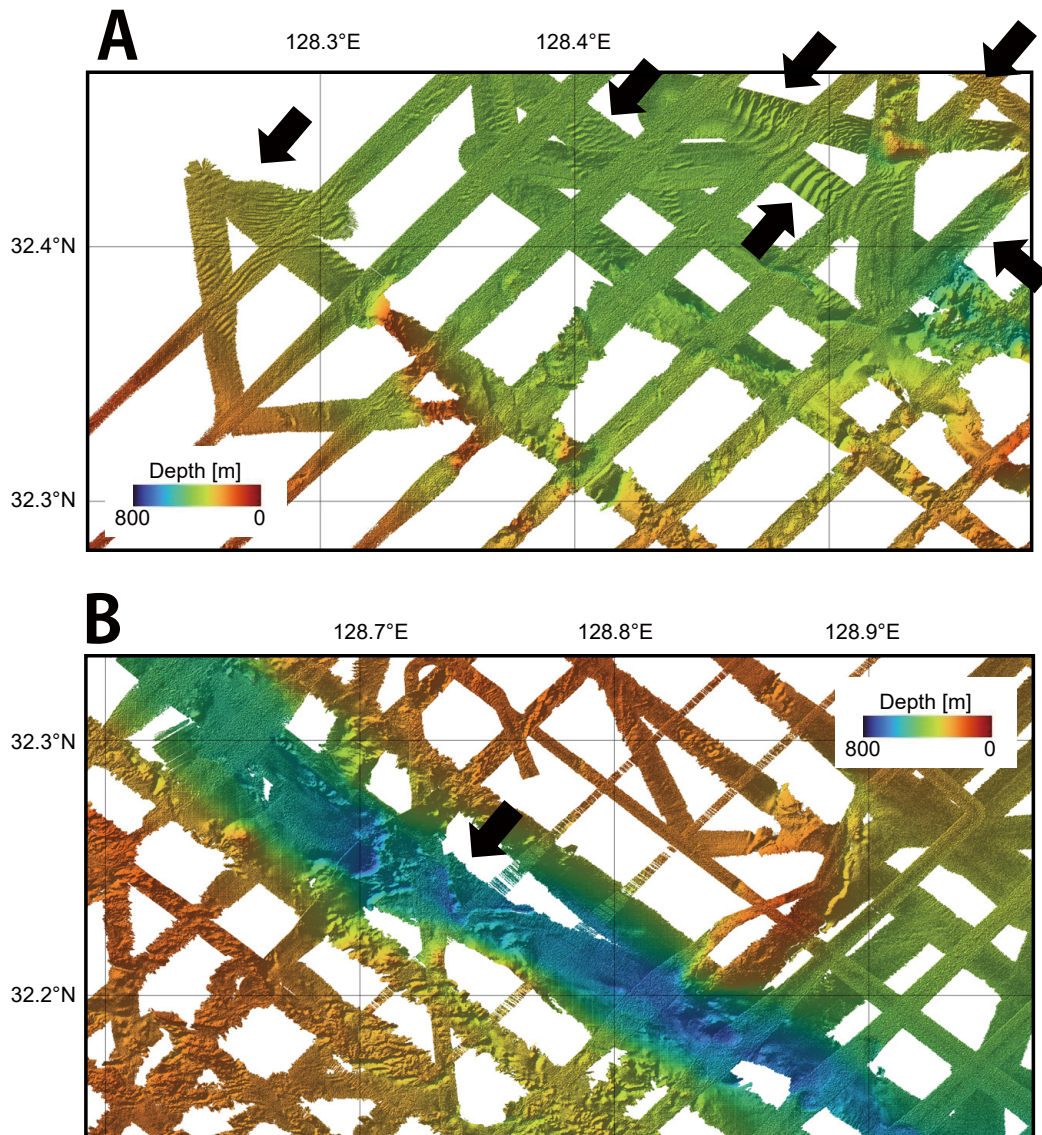
ることができ、これまで見えていなかった北東-南西方向に配列する地形的特徴、さらに貫入岩の存在が見えてきた。

しかしながらMBESで新規に取得した高分解能地形データは対象海域を面的に十分カバーしていない。そのため、海上保安庁が保有する既存の海底地形データの提供を受け、2023～2024年度にそれらの整理も並行して実施した。これらのデータと今回の観測結果を組み合わせ、主としてブーゲー重力異常の計算に活用する予定である。

謝辞： 今回の調査にあたり、神鷹丸及び望星丸の船長をはじめ、乗組員、運用士、観測補助をしていただいた大学生及び大学院生の皆様、並びに調査団の研究員の皆様には、調査機器の運用やデータ記録に多大なご協力をいただきました。特に、望星丸での観測では玉井隆章技術員に尽力いただきました。また、査読者の大上隆史氏からの有益なコメントにより、本稿は大きく改善されました。ここに記して、皆様に謝意を表します。

文 献

甘糟和男・會川鉄太郎・酒井久治 (2017) 東京海洋大学 練習船神鷹丸に装備された水中音響機器。水産工



第4図 第3図A・Bに対応する処理済み海底地形の詳細図。矢印は本文中で指摘したサンドウェーブ及び段差地形を示す。見やすさのためにSkyview Factor (Zakšek *et al.*, 2011)による陰影を重ねた。計算にはRelief Visualization Toolbox (RVT)を用いた(Kokalj, 2025)。

Fig. 4 Detailed views of the cleaned bathymetric map corresponding to Fig. 3A and 3B. Arrows indicate the sand waves and step-like features described in the text. For improved visual clarity, Skyview Factor shading (Zakšek *et al.*, 2011) is overlaid. The shading was computed using the Relief Visualization Toolbox (Kokalj, 2025).

学, 54 (1), 61–70.

有元 純・石野沙季・井上卓彦 (2026) 反射法音波探査に基づく天草灘及び周辺海域の地質構造に関する予察的検討. 地質調査研究報告, 77, 91–115.

本座栄一・玉木賢策・湯浅真人・村上文敏・上嶋正人 (1979) 日本海南部及び対馬海峡周辺広域海底地質図. 海洋地質図, no. 13, 地質調査所.

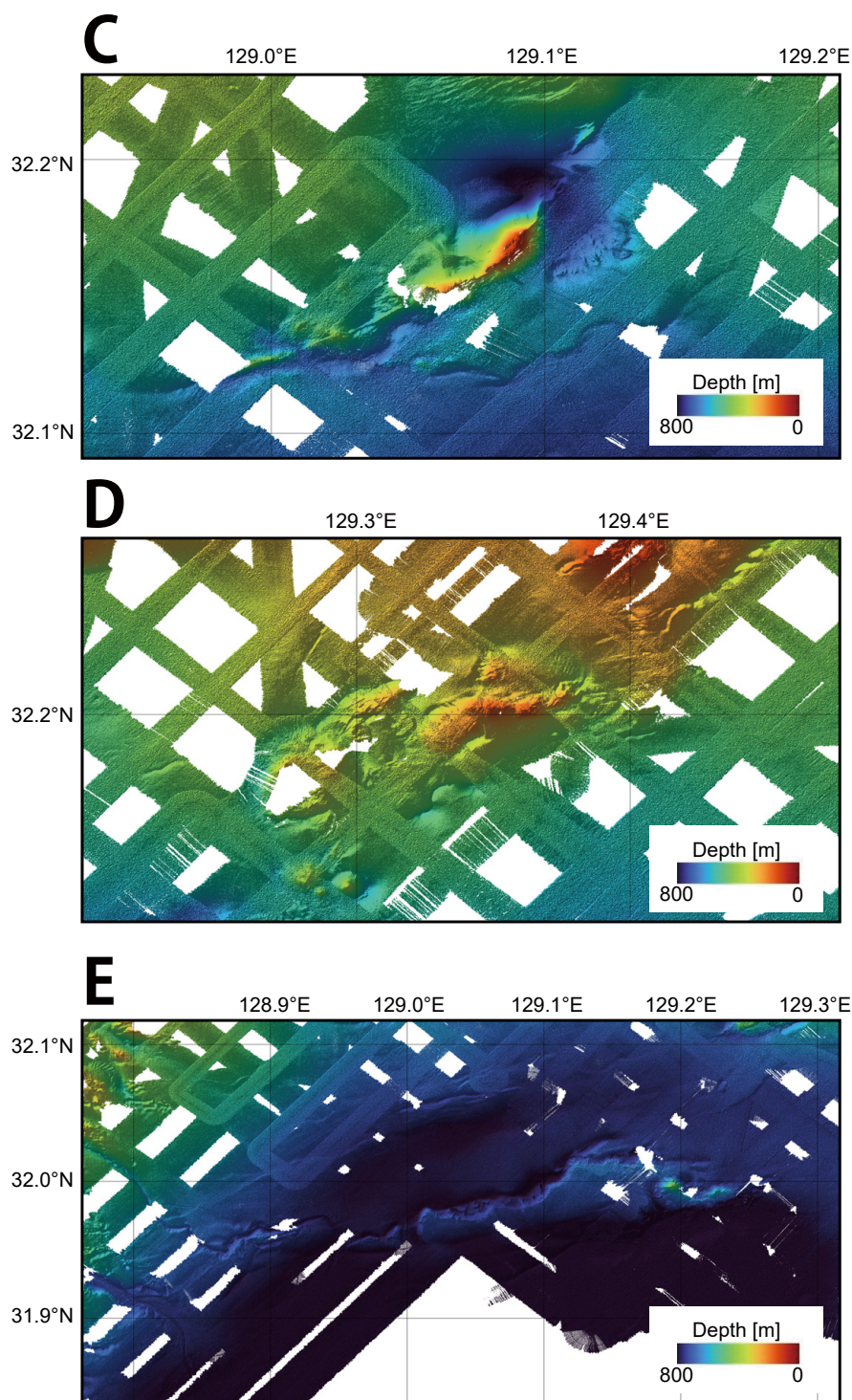
井上卓彦・板木拓也・天野敦子・三澤文慶 (2026) 巻頭言: 九州北西方沖の海洋地質調査 —2024年度調査航海

結果—. 地質調査研究報告, 77, 71–75.

井上英二・佐藤良昭・高井保明・中尾征三 (1979) 鹿児島県上甕島の古第三系. 地質調査所月報, 30, 141–176.

海上保安庁 (2025) 海しる (海洋状況表示システム). <https://www.msil.go.jp/msil/htm/topwindow.html> (閲覧日: 2025年9月1日)

Kokalj, Ž. (2025) Standardizing visualization in ancient Maya lidar research: techniques, challenges and



第5図 第3図C-Eに対応する処理済み海底地形の詳細図。見やすさのためにSkyview Factor (Zakšek *et al.*, 2011) による陰影を重ねた。計算にはRelief Visualization Toolbox (RVT) を用いた (Kokalj, 2025)。

Fig. 5 Detailed views of the cleaned bathymetric map corresponding to Fig. 3C-E. For improved visual clarity, Skyview Factor shading (Zakšek *et al.*, 2011) is overlaid. The shading was computed using the Relief Visualization Toolbox (Kokalj, 2025).

- recommendations. *Archaeological Prospection*, **32**, 967–988.
- 高下裕章・佐藤太一・山下幹也・古山精史朗 (2025) GS23 及び GB23 航海九州北西海域における海底地形観測の概要. 地質調査研究報告, **76**, 169–176.
- 水野篤行・須田芳朗・松田武雄 (1977) 20 万分の 1 地質図幅「野母崎」. 地質調査所.
- Mizuno, K. and Watanabe, T. (1998) Preliminary results of in-situ XCTD/CTD comparison test. *Journal of Oceanography*, **54**, 373–380.
- Oiwane, H., Tonai, S., Kiyokawa, S., Nakamura, Y., Suganuma, Y. and Tokuyama, H. (2011) Geomorphological development of the Goto Submarine Canyon, northeastern East China Sea. *Marine Geology*, **288**(1–4), 49–60.
- QGIS.org (2025) QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project, <https://qgis.org> (Accessed: 2025-09-01)
- 佐藤太一・高下裕章 (2026) GS24 及び GB24 航海による九州北西方海域の磁気異常観測の概要. 地質調査研究報告, **77**, 85–90.
- 利光誠一・尾崎正紀・川辺禎久・川上俊介・駒澤正夫・山崎俊嗣 (2004) 20 万分の 1 地質図幅「甕島及び黒島」. 産総研地質調査総合センター.
- 藤内智士・大岩根 尚・清川昌一 (2008) 鹿児島県甕島列島北部の地質構造と古応力解析. 地質学雑誌, **114** (11), 547–559.
- Tonai, S., Suganuma, Y., Ashi, J., Itaya, T., Oiwane, H. and Kiyokawa, S. (2011) Differential timing of vertical-axis block rotations in the northern Ryukyu Arc: Paleomagnetic evidence from the Koshikijima Islands, Japan. *Tectonophysics*, **497**(1–4), 71–84.
- Ushimaru, K. and Yamaji, A. (2023) Strain and stress gradients through the backarc regions of Miocene western Japan: A new type of arc-parallel extension. *Journal of Structural Geology*, **173**, 104894.
- Ushimaru, K. and Yamaji, A. (2024) Eocene extensional tectonics in the Amakusa region, northern Ryukyu arc. *Island Arc*, **33**(1), e12511.
- Wessel, P., Luis, J. F., Uieda, L., Scharroo, R., Wobbe, F., Smith, W. H. F. and Tian, D. (2019) The Generic Mapping Tools version 6. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, **20**, 5556–5564.
- 八島邦夫 (1994) 瀬戸内海の家釜地形に関する研究. 水路部研究報告, no. 30, 237–327.
- Zakšek, K., Oštir, K. and Kokalj, Ž. (2011) Sky-view factor as a relief visualization technique. *Remote Sensing*, **3**, 398–415.

(受 付 : 2025 年 10 月 3 日 ; 受 理 : 2026 年 6 月 10 日)