

ボクセルモデルによる東青ヶ島カルデラ海底熱水活動域における船舶マルチビーム測深機のウォーターカラムデータの処理

金子純二*・笠谷貴史*

Processing of water column data of shipboard multibeam echo sounders in Higashi-Aogashima knoll caldera submarine hydrothermal activity by voxel model.

Junji Kaneko*, Takafumi Kasaya*

* 海洋研究開発機構海洋機能利用部門 Research Institute for Marine Resources Utilization, JAMSTEC, 2-15 Natsushima-cho, Yokosuka, Kanagawa, 237-0061, Japan. E-mail: kaneko.j@jamstec.go.jp

キーワード：東青ヶ島海丘カルデラ, 海底熱水活動, ウォーターカラムデータ, ボクセル
Key words: Higashi-Aogashima knoll caldera, Hydrothermal activity, Water column data, Voxel model

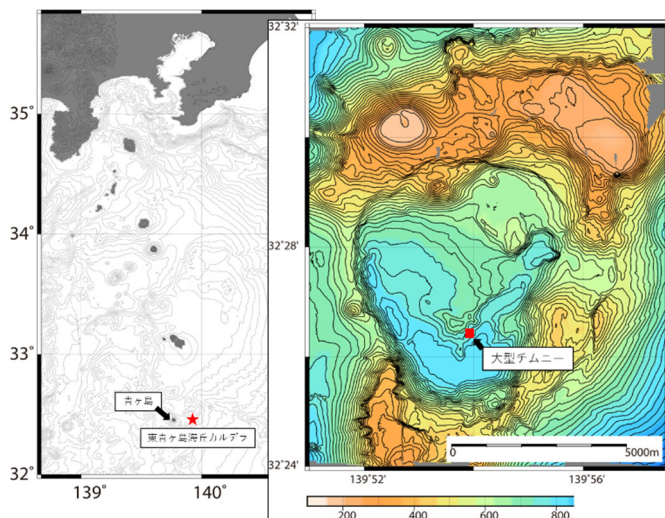
1. はじめに

陸域の資源探査では、人工衛星等を使用したりリモートセンシングによって広域探査が実施されるが、海域で行う海底熱水鉱床探査では、船舶や探査機などによって現場海域にて調査を実施する。2018年度まで実施された戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)の次世代海洋資源調査技術(海のジパング)では「海底熱水鉱床調査技術プロトコル」として、地質学を基にした鉱床成因論によって調査候補海域(およそ数万 k m^2)を設定し、概査→準精査→精査と段階的に絞り込み調査を行い、最終的に鉱床開発の有望海域(およそ数千 k m^2)を選定する調査手順を策定した(木川編, 2018)。初期調査の概査は、船舶に搭載したマルチビーム測深機(Multibeam echo sounders: MBES)による海底地形調査ならびにブルーム調査(船舶ブルーム調査)が標準的であり、広範囲を低コストかつ効率的に掃海できることが特長である。

船舶ブルーム調査は、海底熱水活動を起源とし海底下から海中に向け噴出・上昇する熱水または二酸化炭素の液滴ブルームを、MBESの水柱部の音響散乱として検出し海底熱水活動の兆候を捉える調査であり(棚橋ほか, 2014)、国内では、中部沖縄トラフ海域を中心に成果を挙げている(Kasaya et al., 2015; Nakamura et al., 2015)。一方で、伊豆-小笠原弧の海底熱水活動域においては、これまで船舶ブルーム調査による水柱音響散乱の明確な報告事例はない。しかしながら、東青ヶ島海丘カルデラでは、自立型水中探査機(Autonomous underwater vehicle: AUV)「うらしま」に搭載されたMBES(seabat 7125, 発振周波数: 200kHz)による調査で、大型チムニーから噴出する熱水ブルームが観測されている(片瀬ほか, 2016)。伊豆-小笠原弧のブルームは中部沖縄トラフとは音響的性質が異なる可能性が考えられる。

2. 研究対象と現地調査

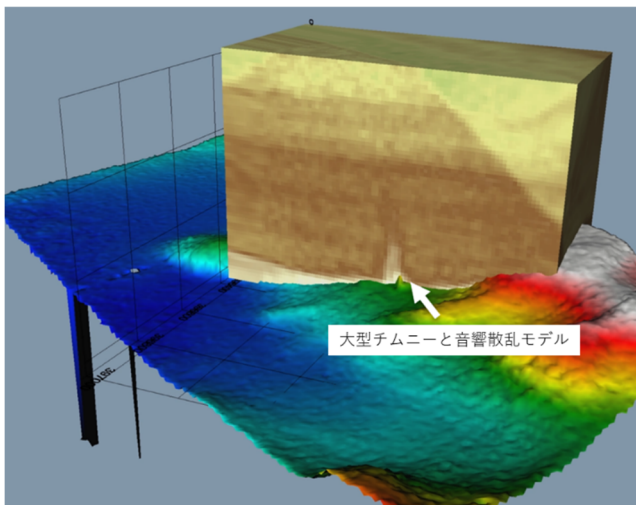
伊豆-小笠原弧の火山フロントに位置している東青ヶ島海丘カルデラは、東京の南方約350kmにある青ヶ島から東側に約12kmの海底に存在している(図1)。カルデラ床の範囲は、南北方向約7.2km、東西方向約4.5km、水深約600~800mであり、中央南部に高まり認められ、比高は約100m(水深700~800m)、中腹の水深750m付近に現在活動中の高さ約30mの大型チムニーが存在している(Iizasa et al., 2019)。通常、船舶に搭載される深海用MBESの発振周波数帯は12kHzが使用される。今回、我々は、海洋研究開発機構の海底広域研究船「かいめい」に搭載した高周波のMBES(EM712, 発振周波数: 40~100kHz可変)を用い、大型チムニーを1測線、北から南方向へ縦断し観測を行った。その結果、海底熱水活動域付近で音響散乱と考えられる現象を観測した。



第1図 東青ヶ島海丘カルデラと大型チムニー位置図。

3. ボクセルによるウォーターカラムデータ処理

「かいめい」の MBES で観測した音響散乱が海底熱水活動を起源とするプルームであるかを検証するため、ウォーターカラムデータ (Water column data : WCD) の解析手法を検討した。まず、デジタル収録した WCD を、地理空間情報を付与した XYZI (I は反射強度値) として出力し、水塊全体の 3 次元点群データを生成した。続いて、IDW 法に基づきボクセル間隔 10m, $IX \times IY \times IZ = 118 \times 94 \times 66$ セルの音響散乱ボクセルモデルを作成した (江藤ほか, 2008; 野々垣ほか, 2020)。散乱強度の閾値調整とレンダリングのうえ作成した Isosurface モデルを観察した。その結果、形状は活動中の大型チムニー周辺を基部とした高度約 190m (水深約 560m) の撓みをもつ円錐形状であること、音響的特性として、反射強度はモデル内部の基底部分が約 20 と高く、外側ならびに上方にかけて低くなりモデル境界面が約 10、境界海水が約 5~8 であることが判明した。



第2図 大型チムニー周辺の海底地形と音響散乱ボクセルモデル。

4. おわりに

船舶プルーム調査の WCD は画面再生や専用ソフトでの画像判別が一般的であるが、ボクセルによる水塊全体の処理を行った。ボクセルモデルの作成により、大容量点群データに比べ扱いやすさが向上した。また、3次元地理空間でのモデリングは、海底地形など地理情報との重ね合わせや反射強度の調整、定量的な解釈等により船舶プルーム調査の検証・評価方法として有効と考える。今後は、他海域での実践と他海底熱水活動域との対比が必要である。

また、今回、伊豆-小笠原弧において高周波 MBES による船舶プルーム調査を実施し、海底熱水活動を起源とするプルームによる音響散乱の可能性が示された。

文 献

木川栄一編 (2018) SIP『次世代海洋資源調査技術』(海のジパング計画) 海底熱水鉱床調査技術プロトコル (改訂版)。国立研究開発法人海洋研究開発機構時制大海洋資源調査技術研究プロジェクトチーム, pp.1-59.

棚橋道郎・上田哲士・近藤六夫・梶塚 (2014) 2周波数のマルチビームソナーで何がわかるか—新たな広域熱水探査ツールの可能性について—, 物理探査, 67 巻, 1 号, pp.17-24.

Kasaya, T., Machiyama, H., Kitada, K. and Nakamura, K. (2015) Trial exploration for hydrothermal activity using acoustic measurements at the North Iheya Knoll, *Geochemical Journal*, vol,49, no.6, pp.597-602.

Nakamura, K., Kawagucci, S., Kitada, K., Kumagai, H., Takai K., and Okino, K. (2015) Water column imaging with multibeam echo-sounding in the mid-Okinawa Trough: Implications for distribution of deep-sea hydrothermal vent sites and the cause of acoustic water column anomaly. *Geochemical Journal*, vol,49, no.6, pp.579-596.

片瀬冬樹・飯笹幸吉・水野勝紀・小島光博・斎藤悠太・月岡哲・大美賀忍・浅田昭 (2016) YK15-09 航海概要報告 音響探査を主として発見された東青ヶ島カルデラ海底熱水活動. *BlueEarth2016*, p15.

Kokichi Iizasa., Akira Asada., Katsunori Mizuno., Fuyuki Katase., Sangkyun Lee., Mitsuhiro Kojima., Nobuhiro Ogawa. (2019) Native gold and gold-rich sulfide deposits in a submarine basaltic caldera, Higashi-Aogashima hydrothermal field, Izu-Ogasawara frontal arc, Japan. *Mineralium Deposita*, 54:117-132.

江藤稚佳子・石原与四郎・田辺 晋・木村克己・中山俊雄 (2008), ボーリング柱状図資料を用いた N 値と岩相の 3 次元分布モデル—東京低地北部における沖積層の例—, *地質雑*, 114, 187-199.

野々垣進・升本眞二・根本達也・中澤努・中山俊雄 (2020), 大量のボーリングデータの位置情報に基づくボロノイ図を用いた岩相ボクセルモデルの作成, *情報地質*, 31, 1 号, p.3-10.