

海底地形を“表現”する

地球深部探査センター 木戸ゆかり

1985年夏、地質調査所(現産業技術総合研究所)の計算機室の大判プロッターが3色のペンを使い分けながら、日本海の等深度海底地形図を描いていた。それが、私と海底地形図との出会いだ。起伏に富んだ地形は陸上の産物で、海はあくまでも青く深くその底に凹凸の形状があるとは想像もしていなかった私にとって、衝撃的な出会いだ。能登半島から細長く延びる溝は、複雑な形状の日本海東縁部を縫って、中央の高まり“大和堆”に続く。卵から羽化したばかりの恐竜の赤ちゃんのような形だ。南北にあるお盆のような平坦面“日本海盆”と“大和海盆”は、それぞれ異なる年代を持つ海底から吹き出したマグマからの岩石によってできていた。

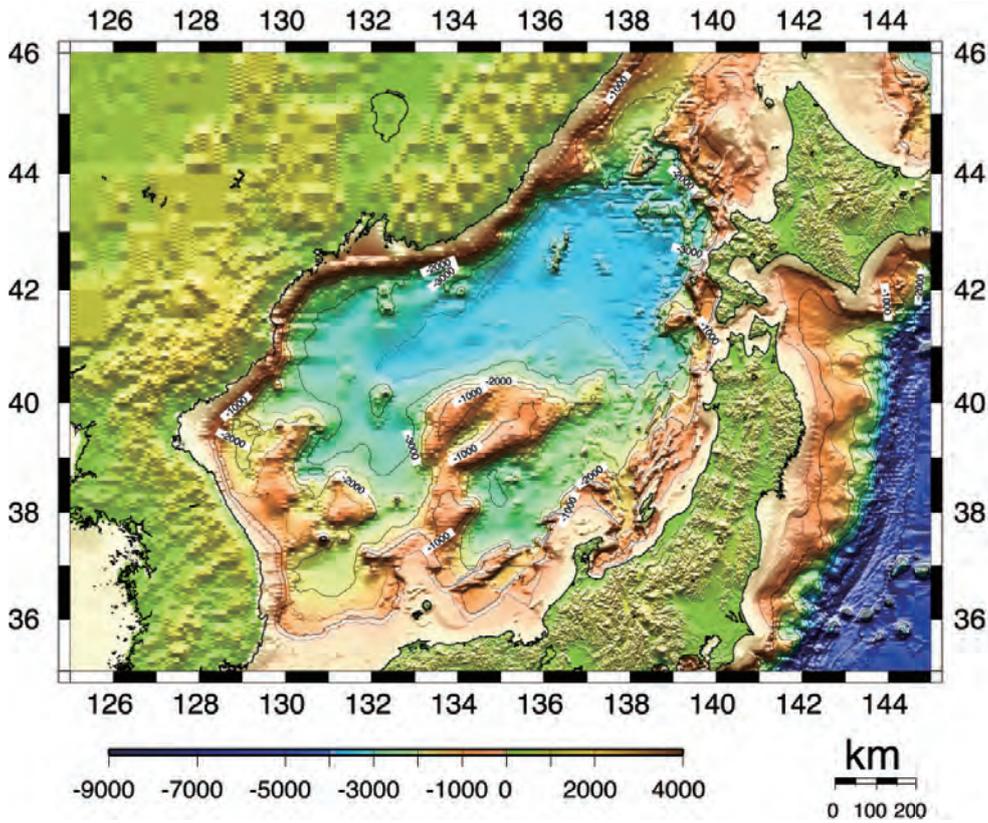


図1 日本海の海底地形図, 1985年度版, グリッド間隔が2分(約3.7km)毎という粗いデータセットETOPO2をバックにしているが、大陸部はデータ欠損部があり、正確に2分メッシュではない、日本海は、船舶データも利用して作図している。

北半分は急峻な崖に囲まれた平坦盆地。真ん中には、リッジの代表作が鎮座しており、南側にも平坦面“対馬海盆”がある。南北の平坦面には、地球磁場の変動が線状に残されていた。つまり、北東-南西方向に割れ目ができ、その隙間から新たな海底面がわき上がり、南北方向に広がりながら、海底面を形成した過去の歴史を刻んだ岩石の化石が残されていたのである。この様子を飲み屋のバーのドアを開けるようだ、と例えた人もいる程である (Otofujii & Matsuda, 1983)。日本海も南シナ海も大きな大陸を背に弧状に連なる列島の間の海を縁辺海とよび、海底面が引き裂かれ、深部からの噴出により形成されていたのである。日本列島も台湾もフィリピンもその土台は、大陸の一部だった、という壮大な話も一枚の海底地形図から仮説が立てられ検証されてきたのだった。

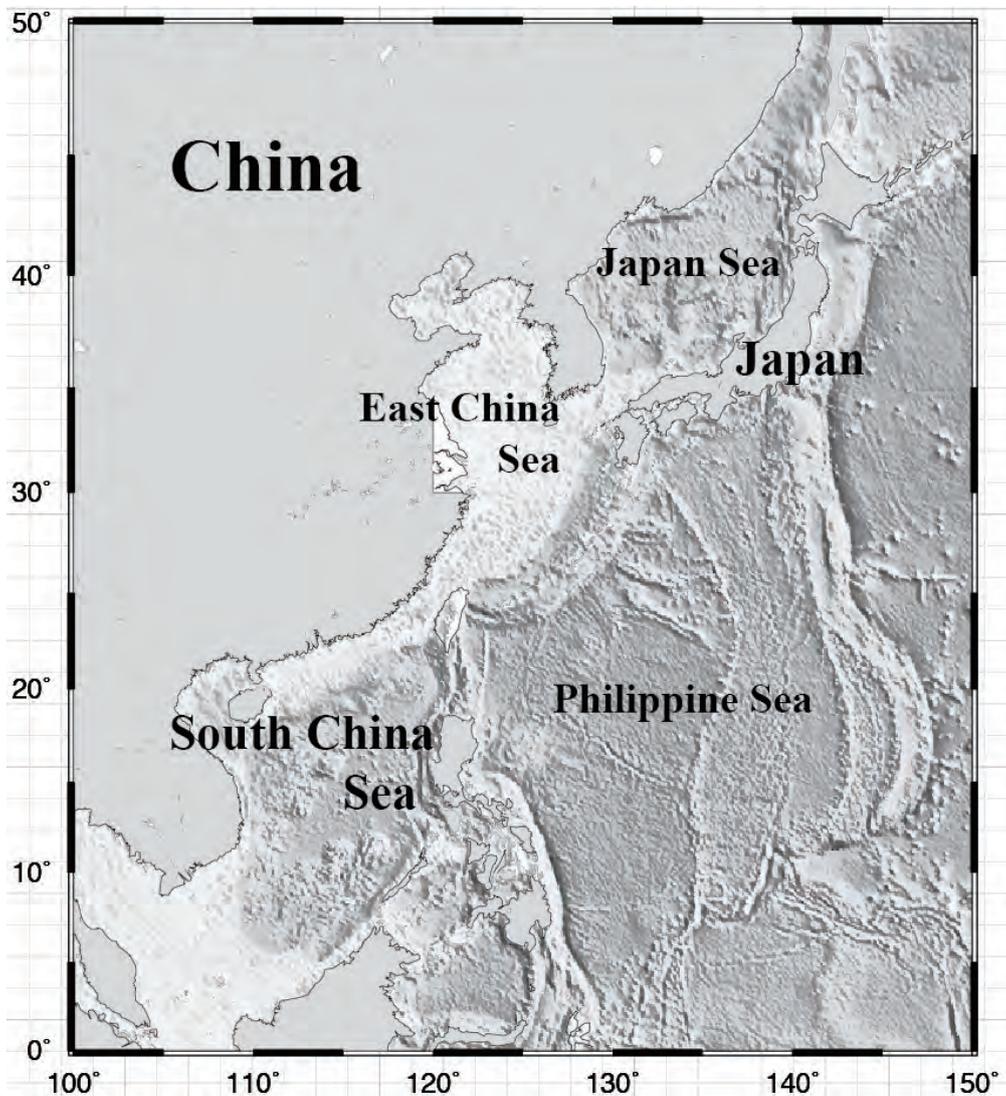
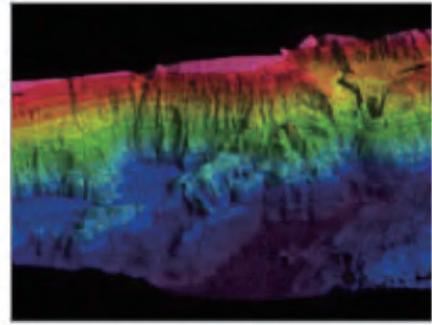
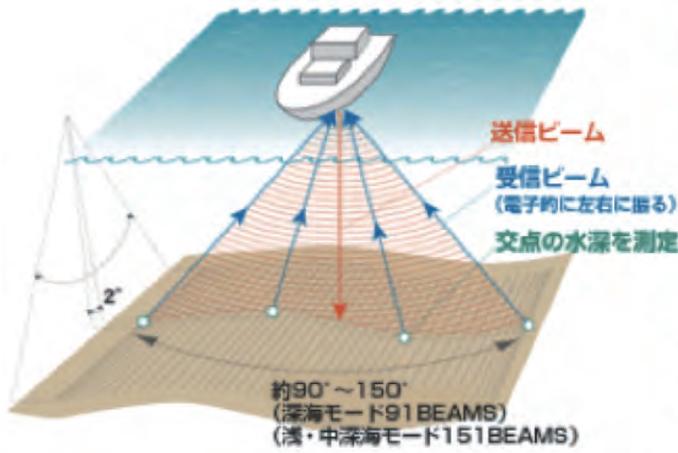


図2 アジア東縁部の縁辺海盆の海底地形図，図1とともに1985年度版，グリッド間隔が2分(約3.7km)毎という粗いデータセットETOPO5から作成されている。

海底地形図とは、どのように作成されるのだろうか？ 昔は、先端に鉛を付けたワイヤーロープを船からつり下げて、1点1点測定するという“錐測 (Lead)”を行ったというから、たいへん気の遠くなるような作業だったことだろう。それでも、現在の海底地形図にデータ点を投影しても、それほど差異がない、というから、1点1点を丁寧に正確に測定したに違いない。今では、音響測深という手法を用いている。海洋調査船の船底に取り付けられた音波発信器から海底に向けて10～500kHzの(超)音波を発信し、走行しながら、海底面から跳ね返ってきた音波を受信機で受け取るまでの時間を測定している。水中を伝播する音波は、海水温や塩分濃度によって異なるが、およそ1500m毎秒の速度で伝わって行く。音波は斜めに発信されて戻るものもあるので、船舶が走行する線を中心に幅数km分の帯状に、まるで芝刈り機のように海底までの深さ情報が得られて行く。別の船舶で得られた海底地形データを重ね合わせて、著しく飛び跳ねたデータやエラーを除外して、1つの図にしていける。海底地形図は、全ての海洋調査で必要とされる基礎資料であり、その海域の特徴を知る上で重要なメッセージを伝えてくれる。なお、人工衛星から測定された海面高度情報から、海底地形を推定する、という方法も用いられている。高度数百km上空を移動する人工衛星からマイクロ波を地上へ送り、その反射を捉える、という同様の原理である。地球表層の概要を知る手段として有効であるが、細かい起伏までは捉えられないので、音響測距と併用して海底面の把握に用いられている。



マルチナロービーム音響測深機で得られたデータをもとに作成された海底地形図

図3 海底地形作成図，船舶の船底から音波を出して，跳ね返るまでの時間を測定する。海底までの深さによって，反射波の得られる範囲が異なる。

伊豆小笠原海溝から西側にかけての島弧とよばれる地形的な高まりの領域には，面白い形をした海山が見つかっている（図）。その一つの宝暦海山の容貌には，目を見張った。ハンマーで叩かれたかのように頭が平で，周囲に小さな海山が数多く分布し，その容貌は，まるでゴジラの手のように。一昔前の海底地形図では，茫洋とした概要イメージだけだったのが，高解像度のマルチナロービーム測深技術により，格子点間隔100m（縦横100mの四角内に1点のデータ分布）の海底地形図が描かれ，その全貌が浮かび上がったのである。

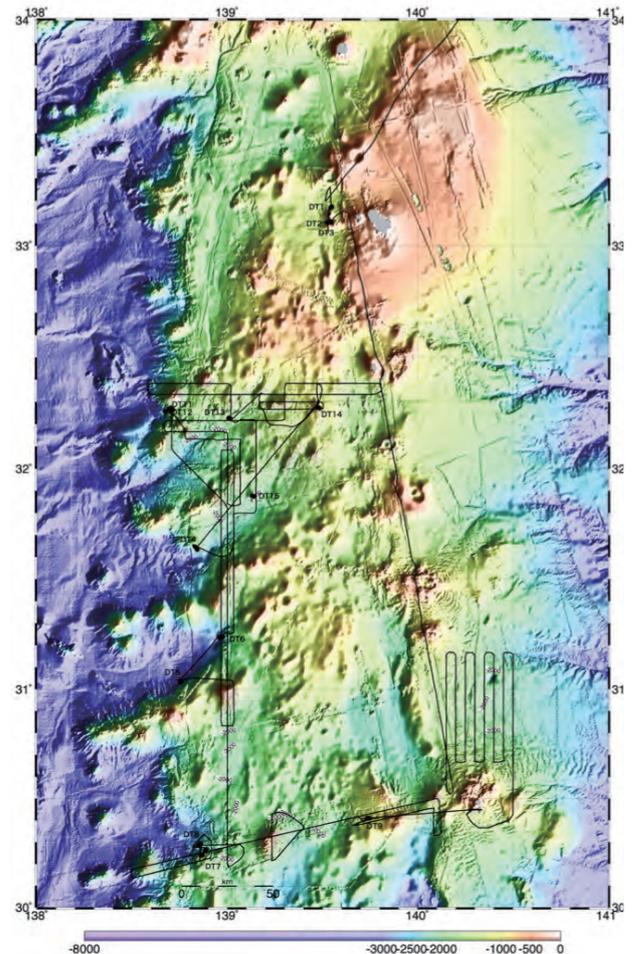
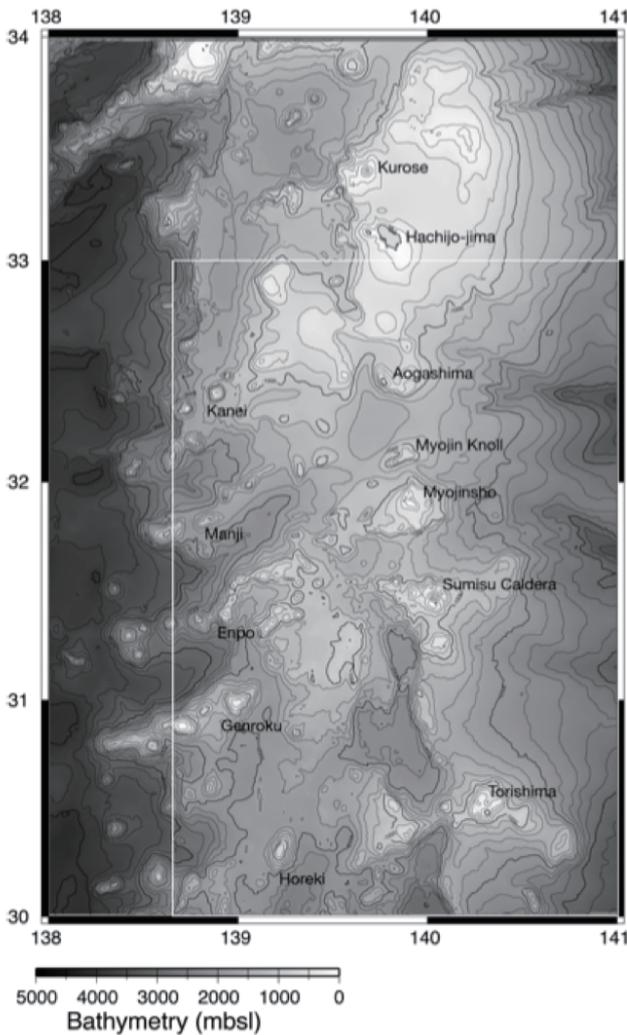


図4 伊豆小笠原海域の海底地形インデックス図。

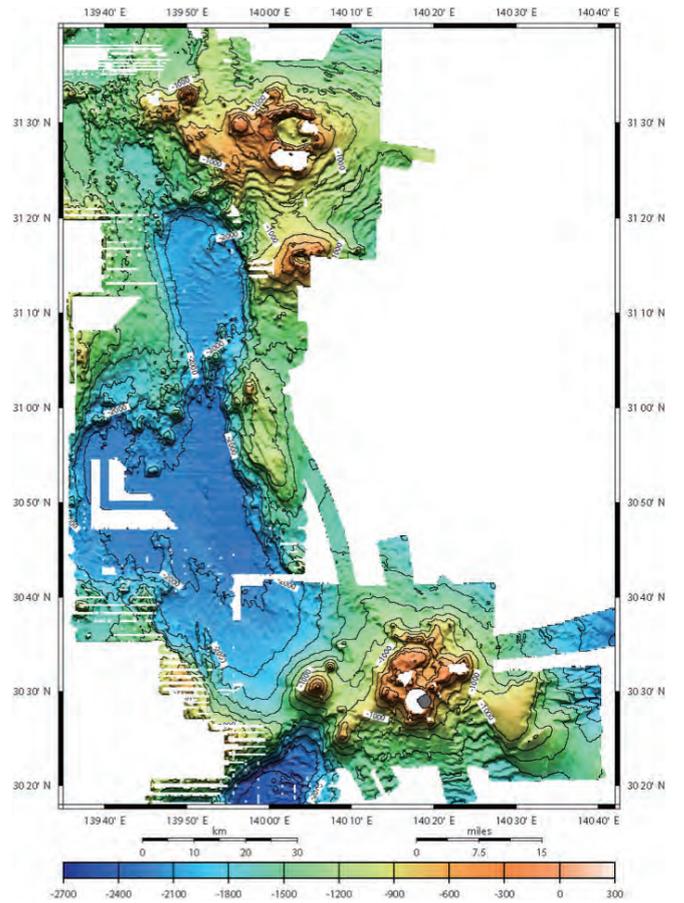
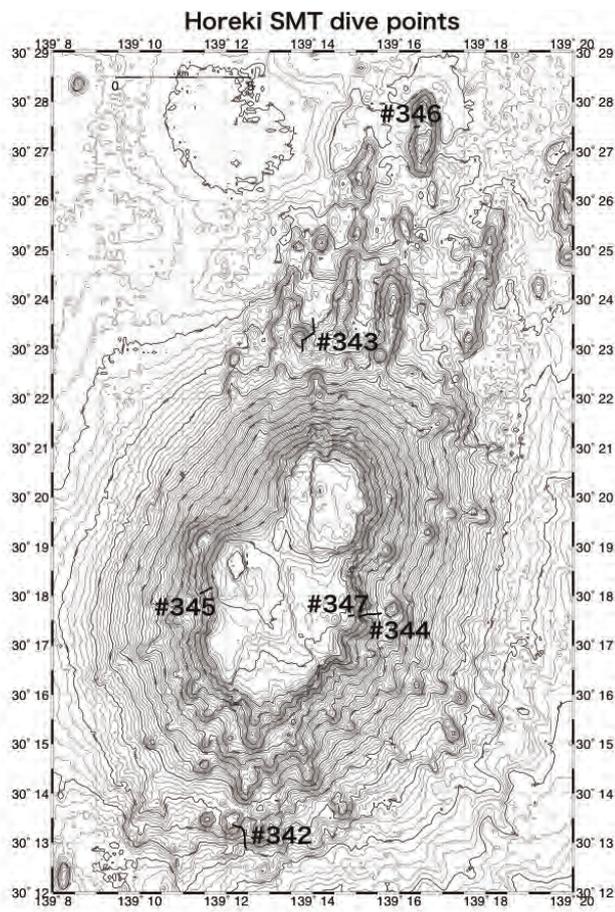


図5 宝暦海山の海底地形図.

さらに南へ行ってみよう. マリアナ諸島の一つ, 北緯19度・東経147度周辺の海域では, 蛇紋岩でできた泥火山が作り出したと考えられる大規模な崩壊地形が描かれている. 図は, 30度(北東)と120度(南東)方向から光を当てて3次元的な陰影図にしたものである. 光の当て方をわずかに変えただけでも, 東側(図の左側)の海溝に向かって大きく崩落している様子が, 崩落方向と共に明らかに見て取れる. このように活断層や線状構造など, 陰影の付け方を工夫することで, 地滑り地形や溶岩の流れの軌跡を浮かび上がらせることができる.

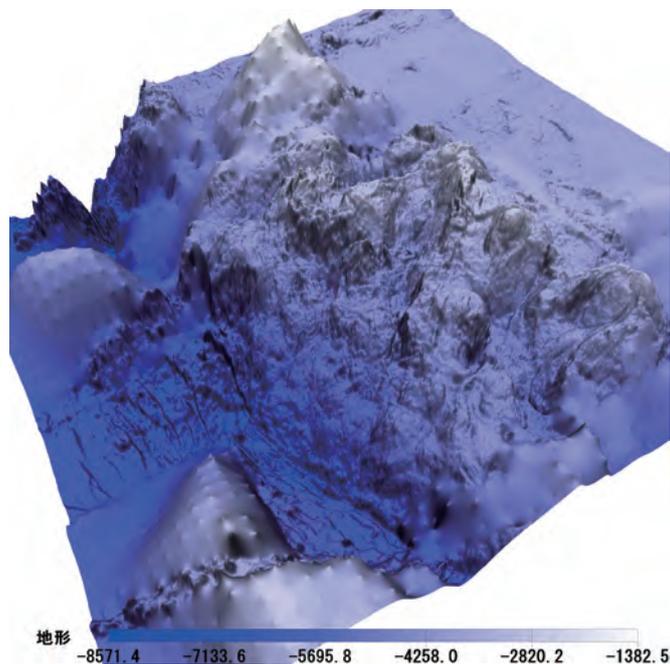


図6 マリアナ海域のインデックス図.

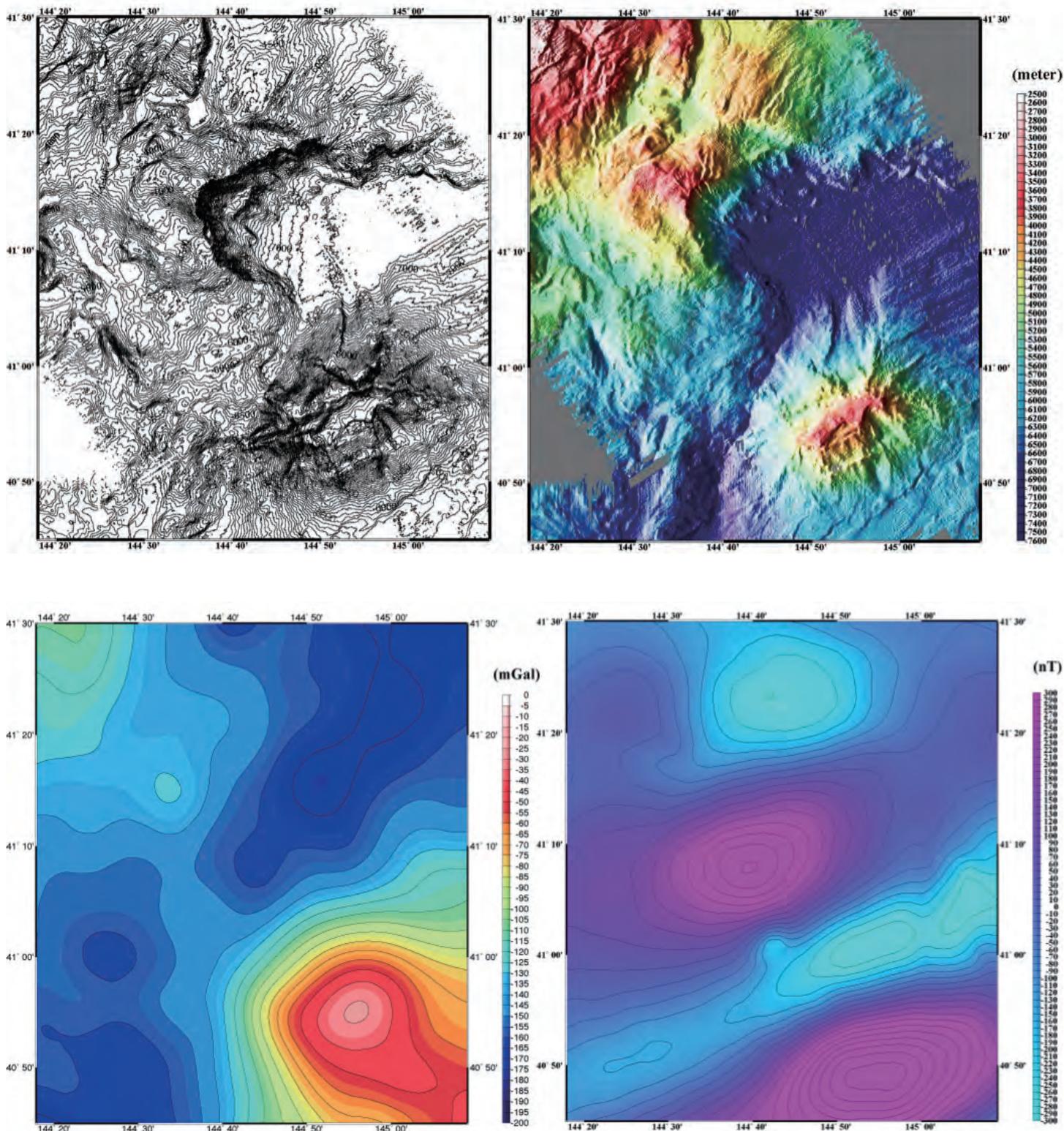


図7 蛇紋岩海山の3次元海底地形図。

海底地形図は、マルチナロービームとよばれる測深技術や船舶の位置情報の精度向上により、この20年で劇的に進化している。データを処理するコンピューター能力や、画像処理能力、瞬時に補正し正確な値にウィンドウを固定するハイブリッドシステムなどで、より正確な海底地形図が作成されるようになってきている。日本での海域測量の窓口は海上保安庁であるが、機構で取得したデータも合わせて、より細かいグリッドサイズの地形図、DEM(数値地図標高モデル：Digital Elevation Model)とよばれる数値情報として陸上と合わせて3次元可視化や陰影図やフィルターリングによる地滑り地形図やリニアメントの抽出など幅広く利用されている。皆さんも、様々な海域の海底地形図を眺めながら、地球のダイナミックな営みに思いを馳せてほしい。

(参考)

海洋情報部研究技術報告書 第48, 49, 50 (150mグリッドDEMから作成した日本海溝付近の3D海底地形, 150mグリッドDEMから作成したフィリピン海プレート北縁部の3D画像, 150mグリッドDEMから作成した相模トラフから三重会合点周辺の3D海底地形)号

音響測定について(海上保安庁海洋情報課より)

<http://www.mirc.jha.jp/knowledge/seabottom/research.html>

Tani, Kenichiro, Richard S. Fiske, Y. Tamura, Y. Kido, J. Naka, H. Shukuno, L. Takeuchi, Sumisu volcano, Izu-Bonin arc, Japan : Site of a silicic caldera forming eruption from a small open-ocean island, Bull. Volcanol., 70, 547-562, DOI 10.1007/s00445-007-0153-2, 2007.