

海底地形の判別に適した鳥瞰図の仕様について[†]

堀内大嗣*

Specifications of bathymetric bird's-eye view images suitable for identifying seafloor topography[†]

Daishi HORIUCHI*

Abstract

Bird's-eye view images, which depict the terrain as if viewed from above at an angle, make it easy to be understanding the topography visually and intuitively. Various research institutions utilize these images to identify faults and prominent landforms on the seafloor, and to present the results of hydrographic and oceanographic surveys to the general public. This paper examined what kind of shading should be used to create bird's-eye view images. It was found that positioning the light source behind the scene and perpendicular to the topographic features' strike direction is the best way to identify seafloor topography. Additionally, positioning the light source directly in front of the viewpoint proved to be the best way to create wide-area bird's-eye view images.

1 はじめに

海上保安庁では、日本近海の地形の起伏を強調し、視覚的に高低差を認識しやすい図を作成し、海洋情報の啓発活動や広報活動などに用いている。このような図は、上空から真下を見下ろした図（以下、平面図という）として作成・公開されることが多く、海図 150 周年記念日本近海海底地形図（海上保安庁，2021；日本地図学会，2022）、海しる（海洋状況表示システム）の背景図の一つや、海上保安庁の報道資料の付図（例えば令和 7（2025）年 5 月 9 日プレス「父島北西沖の海山に溶岩流の痕跡を発見」や令和 6（2024）年 12 月 10 日プレス「珠洲市北東沖等において海底隆起を確認」）などに平面図が用いられている。

海底地形の図化には、平面図のように上空から

真下を見下ろした形式だけでなく、上空から斜めに見下ろす形式とすることもできる。このような図は、飛ぶ鳥が見下ろした図という意味の、鳥瞰図（bird's-eye view）と呼ばれる。鳥瞰図は地形の立体感や遠近感を表現することに適しており、海のアトラス 水路業務 140 周年（海のアトラス編集委員会，2011）や、海上保安庁の報道資料の付図（例えば令和 6（2024）年 3 月 11 日プレス「富山湾の海底で斜面崩壊の痕跡を確認（第 2 報）」などに鳥瞰図が用いられている。

鳥瞰図は様々な表現が可能な形式であり、見下ろす角度（伏角）や高さの強調具合（縦横比、vertical exaggeration）、陰影をつけるための光源と視点の位置関係などのパラメータを変化させることにより、作成される図の見栄えが大きく変わ

[†] Received August 25, 2025; Accepted October 23, 2025

* 海上保安大学校 海事工学講座 Department of Maritime Science and Technology, Japan Coast Guard Academy

るという特徴がある。本稿では、Windows 等のコマンドライン上で動作するオープンソースのツールである Generic Mapping Tools (GMT) (Wessel and Smith, 1991) を用いて鳥瞰図を作成する方法とともに、海底地形の判別に適した鳥瞰図の表現方法を紹介する。なお、堀内 (2025) は GMT を用いた平面図を作成する方法を紹介しているので合わせて参照されたい。

2 使用したソフトウェアおよび地形データ

2.1 ソフトウェア

鳥瞰図の作成には、Window 版の GMT ソフトウェアおよび、GMT で作成されるポストスクリプト (PostScript) 形式の画像を、普及している形式である JPEG や TIFF に変換するためのソフトウェア Ghostscript (Artifex Software, 2024) を用いた。本稿で紹介する手法は、GMT バージョン 5 (Wessel et al., 2013) のものである。Windows システムへの GMT 及び Ghostscript のインストール方法は、堀内 (2025) の通りである。

2.2 地形データ

本稿で鳥瞰図の作成に用いるデータセットは、堀内 (2025) で作成された、NetCDF 形式のグリッドデータである。同データは、日本海洋データセンターが公開しているグリッド水深・標高データである J-EGG500 水深メッシュデータ (日本海洋データセンター, 2000; 浅田, 2000) と、GEBCO が公開している GEBCO_2014 Grid の 30 秒グリッドデータ (GEBCO, 2014) を統合し作成されたものである。

3 鳥瞰図の作成

鳥瞰図の作成には GMT のコマンド `gmtset` (GMT での描画等のパラメータの設定), `grdgradient` (陰影強度ファイルの作成), `grdview` (グリッドデータからポストスクリプト形式の鳥瞰図画像の作成), `psconvert` (ポストスクリプト形式から他の形式の画像への変換) を使

用した。堀内 (2025) による NetCDF 形式の地形グリッドデータ `bathymetry.grd` に対して実施した処理のコマンドは次の通りである。いずれも、コマンドプロンプト等でコマンドを 1 行ずつ入力し順に実行するほか、バッチファイルにコマンドを記録し、一括で実行することもできる。太字フォントの箇所は、GMT のコマンド及びコマンドの実行に必要なオプションである。ユーザーによる任意の設定が必要な箇所は、無修飾のフォントの部分である。

- (1) `gmtset PROJ_LENGTH_UNIT = inch`
- (2) `gmtset PS_MEDIA = a0`
- (3) `grdgradient bathymetry.grd -Gintensity.grd -A0 -Ne0.8`
- (4) `grdview -P bathymetry.grd -Iintensity.grd -Ccolor.cpt -Qs -E180/30 -R130/140/30/36/-10000/10000 -JM5 -JZ1 > image.ps`
- (5) `psconvert image.ps -Tg -A -E500`

(1) 式により、処理で用いる長さの単位がインチに設定される。

(2) 式により、作成されるポストスクリプト画像ファイルの出力可能サイズが最大の a0 用紙相当に設定される。このコマンドを実行していなければ、出力されるポストスクリプト画像の余白部分が足りず、図の端が出力されない場合がある。

(3) 式により、地形グリッドデータ `bathymetry.grd` について、真北方向に光源がある場合の陰影を表すグリッドファイル `intensity.grd` が作成される。オプション `-A` で指定するパラメータは、光源の方位を度で指定するものであり、真北を 0 度として時計回りに値が増加する。オプション `-N` で指定するパラメータは、陰影の強度を規格化するものである。GMT のユーザーマニュアルにおいては `-Ne0.6` とすることが推奨されているが、本稿では筆者の経験則から `-Ne0.8` とし、陰影を強調した。

(4) 式により、`bathymetry.grd` をもとに、`intensity.grd` による陰影と、図の色合いを示すカ

Table 1. Parameters of color palette used for bird's-eye view map construction.

表 1. 鳥瞰図の作図に用いたカラーパレットの数値.

-12000	100	0	50	-6000	50	50	200
-6000	50	50	200	-4000	100	150	255
-4000	100	150	255	-2000	100	200	200
-2000	100	200	200	0	255	255	255
0	0	200	0	1000	255	255	0
1000	255	255	0	2000	255	100	0
2000	255	100	0	4000	155	55	55
4000	155	55	55	10000	50	20	20

ラーパレットファイル color.cpt に基づき、鳥瞰図のポストスクリプト画像ファイル image.ps が作成される。オプション -Qs を使用することにより、地形グリッドの格子点間を滑らかに内挿した見栄えの良い鳥瞰図が作成される。本稿の陰影図の作成に用いたカラーパレットを Table 1 に示す。カラーモデルは RGB である。オプション -E で指定するパラメータは、視点の方位と伏角を度で指定するものであり、前の数値が方位、後ろの数値が伏角を表す。方位は真北を 0 度として時計回りに値が増加する。伏角は水平を 0 度とし、視点が下を向くにしたがって値が増加する。(4) 式の場合、視点の方位は真南、伏角は 30 度である。オプション -R で指定するパラメータは図の描画範囲であり、順に範囲の西端、東端、南端、北端、標高の最低値、標高の最高値を意味する。経度について、西経には負の値、東経には正の値を用いる。緯度について、南緯には負の値、北緯には正の値を用いる。(4) 式の場合、描画範囲は東経 130 ~ 140 度、北緯 30 ~ 36 度、標高 -10,000 ~ 10,000 m である。オプション -J で指定するパラメータは図の投影方法や縮尺を指定するものである。-JM5 は平面図 (伏角 90 度) の際の描画範囲の南端における東西方向の距離 (北半球の場合) に該当する長さが 5 インチとなるように、メルカトル図法で作図するという意味する。(4) 式の場合、北緯 30 度における東西方向 10 度の距離である約 1,000 km (地球を完全な球と仮定した場合の赤道周囲長を 40,000 km とすると $111.111 \text{ km/deg} \times 10^\circ \times \cos 30^\circ$) が図上 5 インチ

の長さで描画されるため、縮尺は約 200 km/ インチとなる。-JZ1 は描画範囲の鉛直方向の距離に該当する長さが 1 インチとなるように作図するという意味する。(4) 式の場合、20 km (20,000 m) が図上 1 インチの長さで描画されるため、縮尺は 20 km/ インチとなる。以上のことから上記 (4) 式により作成された図は、水平方向に比べて鉛直方向が 10 倍大縮尺になった図 (縦横比 10 倍の図) である。

(5) 式により、鳥瞰図のポストスクリプト画像ファイル image.ps が JPEG 画像に変換される。オプション -Tg を使用することで、出力形式が JPEG 画像となる。オプション -A を使用することで、ポストスクリプトファイルの余白部分が削除された画像が出力される。オプション -E で指定するパラメータは、出力される画像の解像度 (dpi) である。本稿では、出力される画像の横方向の解像度が一般的なデジタルカメラによる写真と同程度の数千ピクセルとなるよう、500 dpi の解像度とした。

作成した鳥瞰図を Fig. 1 に示す。図の諸元は以下の通りである。

- ・視点の方位 真南 (真北から時計回りに 180 度)
- ・視点の伏角 30 度
- ・光源の位置 真北 (視点の真正面)
- ・縦横比 10 倍

4 鳥瞰図作成のパラメータの検証

4.1 描画範囲を変えた場合の縦横比の変化

鳥瞰図の描画範囲を変えた場合の縦横比への影響について検証するため、第 3 章で示した鳥瞰図作成のコマンドのうち、描画範囲のみを変えて鳥瞰図を作成し検証する。

第 3 章 (4) 式の描画範囲のうち南北方向のみ 3 分の 1 に縮小し、-R130/140/30/32/-10000/10000 と変更し作成した図を Fig. 2 に示す。図の中央手前側にある第 1 紀南海山や第 2 紀南海山、図の左側にある屋久島に注目すると、これらの縦横比は Fig. 1 からほとんど変化していない。

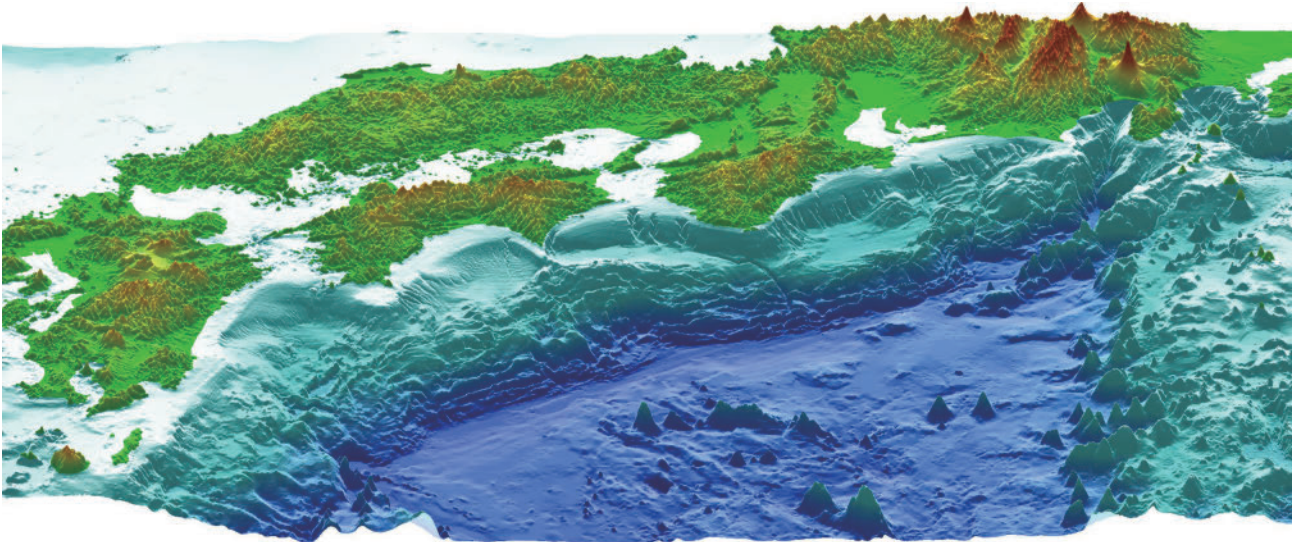


Fig. 1. Bird's-eye view of Nankai Trough from true south. Direction of light source is true north. Vertical exaggeration ratio is 10x.

図 1. 南海トラフの真南からの鳥瞰図. 光源方向は真北. 縦横比は 10 倍.

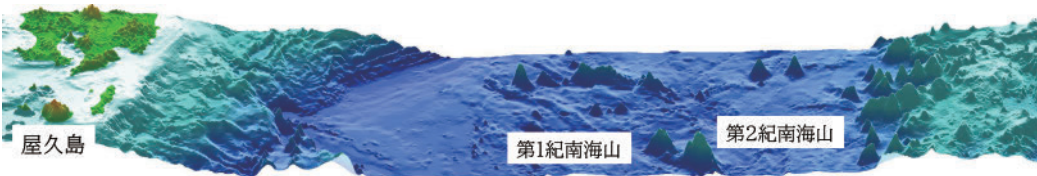


Fig. 2. Bird's-eye view of the southern part of Nankai Trough from true south. Direction of light source is true north. Vertical exaggeration ratio is 10x.

図 2. 南海トラフ南部の真南からの鳥瞰図. 光源方向は真北. 縦横比は 10 倍.



Fig. 3. Bird's-eye view of the neighbor of Kii Peninsula from true south. Direction of light source is true north. Vertical exaggeration ratio is 2x.

図 3. 紀伊半島付近の真南からの鳥瞰図. 光源方向は真北. 縦横比は 2 倍.

次に、第 3 章 (4) 式の描画範囲のうち東西方向のみ 5 分の 1 に縮小し、-R135/137/30/36/-10000/10000 と変更し作成した図を Fig. 3 に示す。第 1 紀南海山や第 2 紀南海山に注目すると、明らかに縦横比が小さい、高さ方向の強調の弱い図となっている。

次に、Fig. 2 と同じ描画範囲で、視点を時計回りに 90 度変更し作成した図を Fig. 4 に示す。Fig. 3 と同様に縦長の鳥瞰図であるが、第 1 紀南海山や第 2 紀南海山、図の左側にある屋久島に注目すると、縦横比は Fig. 1 や Fig. 2 と同程度であると読み取れる。したがって (4) 式における描画範囲 (西端, 東端, 南端, 北端) 以外のパラメータの値を固定した場合、GMT の `grdview` により作成される鳥瞰図の縦横比は、東西方向の描

画範囲にのみ影響されており、南北方向の描画範囲は縦横比には影響しない。

Fig. 3 の作図においては、東西方向の描画範囲を 5 分の 1 に縮小したことから横方向の縮尺が 5 倍になったが、鉛直方向の縮尺に変化がなかったことから、縦横比は 5 分の 1 になった。検証のため、Fig. 3 について縦横比を復元するよう、`grdview` コマンドにおける鉛直方向の縮尺のパラメータを 5 倍の `-JZ5` に変更して作成した鳥瞰図を Fig. 5 に示す。第 1 紀南海山や第 2 紀南海山に

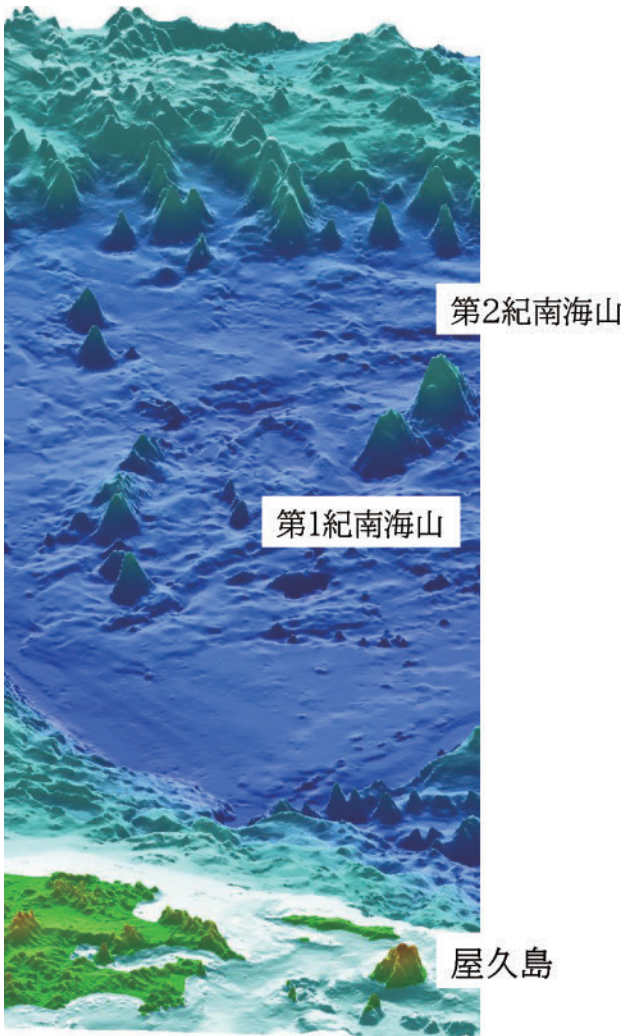


Fig. 4. Bird's-eye view of the southern part of Nankai Trough from true west. Direction of light source is true east. Vertical exaggeration ratio is 10x.

図4. 南海トラフ南部の真西からの鳥瞰図. 光源方向は真東. 縦横比は10倍.

注目すると, 縦横比が Fig. 1 等と同じになったことがわかる.

東西方向の描画範囲 (度) の数値とオプション -JZ で指定する数値の積 (以下, 積の値という) に着目すると, 縦横比が同じ Fig. 1 と Fig. 2, Fig. 4, Fig. 5 は積の値が 10, これらに比べて縦横比が5分の1の Fig. 3 は積の値が2となっており, 積の値の比率と縦横比の比率が一致している. したがって, この積の値に着目することで, 相対的な縦横比を容易に把握することができる. grdview コマンドの使用にあたり, はじめに絶対的な縦横比と積の値の関係を求めておけば, 以後

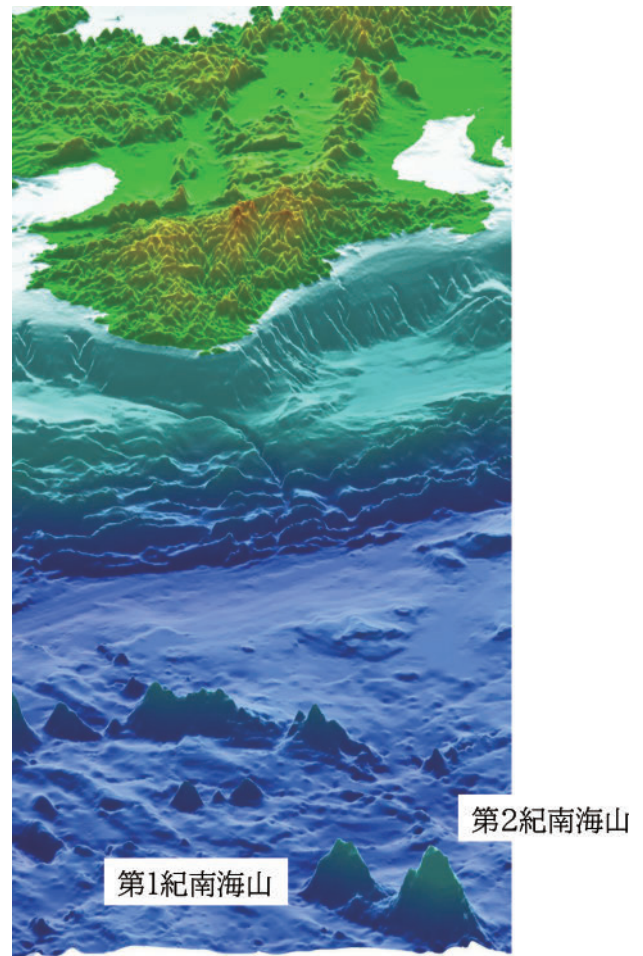


Fig. 5. Bird's-eye view of the neighbor of Kii Peninsula from true south. Direction of light source is true north. Vertical exaggeration ratio is 10x.

図5. 紀伊半島付近の真南からの鳥瞰図. 光源方向は真北. 縦横比は10倍.

は積の値に基づき縦横比を自由に変更することができる. なお, 本稿第3章 (4) 式は, 積の値が絶対的な縦横比とほぼ一致するようにオプション -R の描画範囲を調整した作例である.

4.2 光源の位置

光源の位置の変化による鳥瞰図の見栄えへの影響を検証するため, 第3章で作成した鳥瞰図 Fig. 1 について, 光源の位置のみ真西 (270), 北西 (315), 真北 (0), 北東 (45), 真東 (90), 真南 (180) に変えて作成した鳥瞰図を Fig. 6 に示す. 括弧の中の数値は, 作図の際にオプション -A で指定した光源の方位の数値である. Fig. 6 のうち光源の位置が真北のもの (Fig. 6b) は, Fig. 1 と

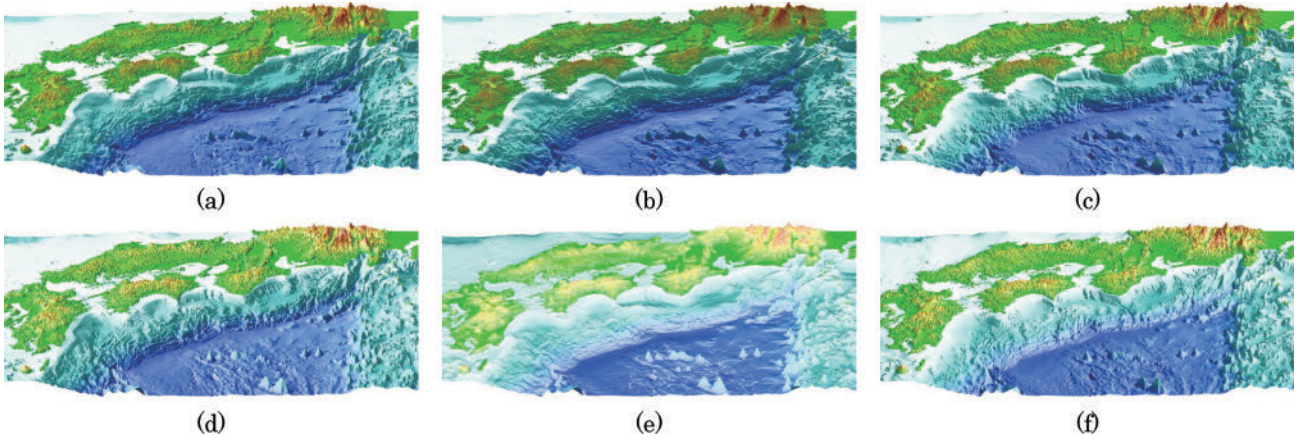


Fig. 6. Bird's-eye view of Nankai Trough from true south. Vertical exaggeration ratio is 10x. Direction of light source is (a) northwest, (b) true north, (c) northeast, (d) true west, (e) true south, and (f) true east.

図6. 南海トラフの真南からの鳥瞰図. 縦横比は10倍. 光源方向は (a) 北西, (b) 真北, (c) 北東, (d) 真西, (e) 真南, (f) 真東.

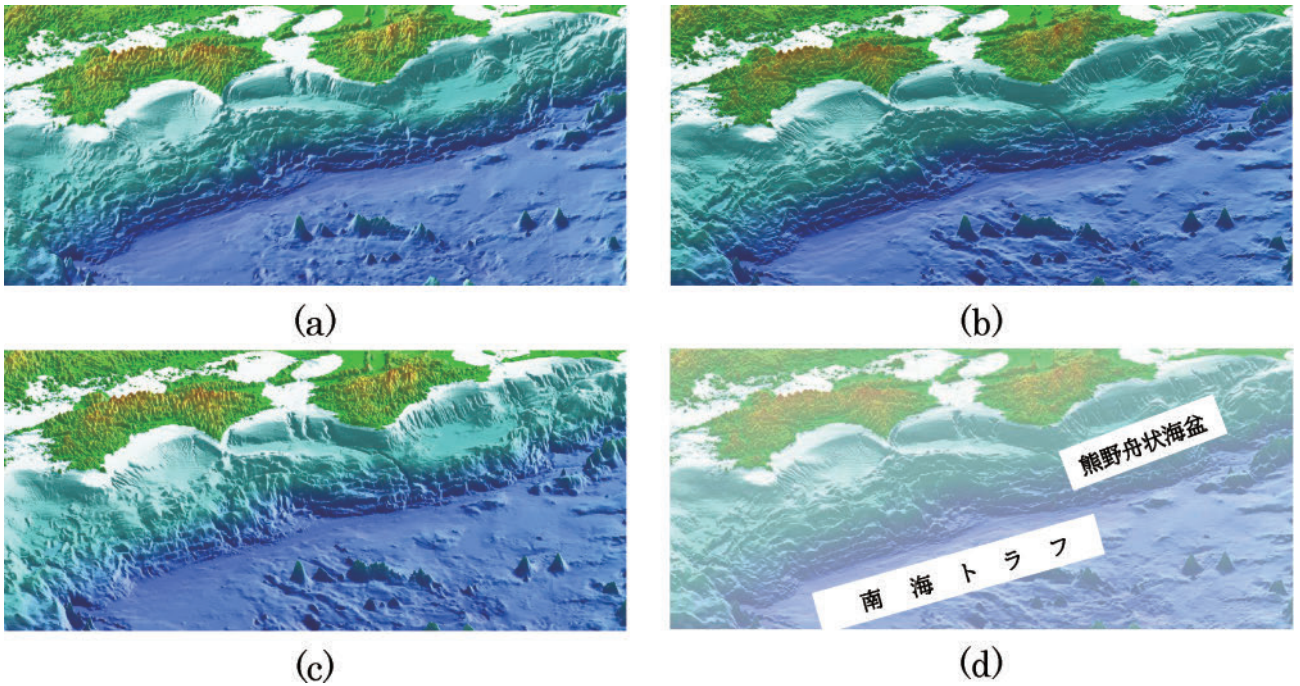


Fig. 7. Enlarged image of bird's-eye view of Nankai Trough from true south. Vertical exaggeration ratio is 10x. Direction of light source is (a) northwest, (b) true north, and (c) northeast. Names of undersea features are shown in (d).

図7. 南海トラフの真南からの鳥瞰図の拡大図. 縦横比は10倍. 光源方向は (a) 北西, (b) 真北, (c) 北東. (d) は海底地形の位置.

同一の図である.

真南からの視点に対し, 光源を図の横側や手前側に置いたもの (Figs. 6d-f) は, 視点側を向いた面において光量が飽和している箇所が多数あり地形が見えづらくなっていることから, 地形の判別には適していない. 光源が奥側にあるもの

(Figs. 6a-c) を比較すると, 光源の方向ごとに強調される地形は異なっている. 光源が図の奥側にあるものについて, 顕著な海底地形を用いて比較を行うため拡大した図を Fig. 7 に示す.

光源が北西側にある Fig. 7a では, 南海トラフ底の陸側にある, 南西から北東方向に延びる付加

体の畝状の地形が視覚的に最もよく認識できる。光源が北東側にある Fig. 7c では、熊野舟状海盆の陸側にある、北西から南東に方向に流れ下る多数の海底谷が視覚的に最もよく認識できる。これらの地形はいずれも光源方向と直交する走向をもつ。逆に Fig. 7a における熊野舟状海盆の陸側にある多数の海底谷や、Fig. 7c における南海トラフ底の陸側にある付加体の畝状の地形など、光源方向が地形の走向に平行である場合には、地形は目立たない。そのため、鳥瞰図による地形の判別には、光源を置く位置を図の奥側かつ対象の地形の走向に直交する方位とすることが最適である。ただし様々な走向の地形が含まれる広い範囲を図化する場合には、Fig. 7b のように光源を視点の真正面、つまり視点の方位に対し光源の方位が 180 度異なる位置に置くと、地形を最もバランスよく表現できる。

光源を視点の真正面に置いた場合の鳥瞰図の例として、西日本から日本アルプス付近までの広い範囲について作成した鳥瞰図を Fig. 8 に示す。図の諸元は以下の通りである。

- ・視点の方位 真北から時計回りに 240 度
- ・視点の伏角 50 度
- ・光源の位置 視点の真正面（真北から時計回

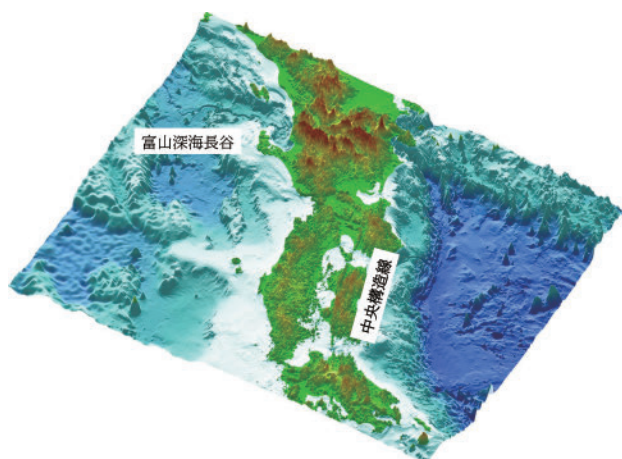


Fig. 8. Bird's-eye view of the western part of Japan from southwest. Direction of light source is directly in front of the viewpoint. Vertical exaggeration ratio is 20x.

図 8. 西日本周辺の南西からの鳥瞰図。光源方向は視点の真正面。縦横比は 20 倍。

りに 60 度)

- ・縦横比 20 倍

南海トラフにおける付加体表面の畝状の地形や、陸上において中央構造線周辺の山脈が九州～四国～近畿と延長している様子や、富山湾から富山深海長谷が日本海の沖合まで流れ下っている様子など、様々な走向の地形を判別できる。

5 結論

GMT を用いて鳥瞰図を作成する方法について検討した。光源について、地形を判別するには図の奥側かつ地形の走向に直交する向きに置き、広い範囲を図化する場合には図の奥側（視点の真正面）に置くことが、海底地形の判別に適した陰影をつける表現方法である。さらに、GMT を用いた鳥瞰図の作成における、高さの強調具合（縦横比）を適切に設定する方法についても示した。無償で利用できるソフトウェアである GMT、Ghostscript を用い、わずか数行のシンプルなコマンドを実行することで、容易にかつ自在に美しい鳥瞰図を作成することができる。本稿で示した鳥瞰図作成の手法が、今後の海底地形に関する研究や広報活動に活用されれば幸いである。

謝 辞

GMT を用いた鳥瞰図の作成に関する手法について、大陸棚調査に関わられた先人の皆様の作成された、作図のスク립トを参考とし、大いに学ばせていただきました。また、海のアトラス編集委員会の一員として、海のアトラス水路業務 140 周年の作成に携わった経験により、鳥瞰図をはじめとする地形図の作成に創意工夫する姿勢を培うことができました。多くの経験の機会を与えてくださいました皆様に、心より感謝の意を申し上げます。

文 献

Artifex Software (2024) Ghostscript 10.03.1.

浅田 昭 (2000) 日本周辺の 500 m メッシュ海底地形データとビジュアル編集プログラム、

要 旨

地形を上空から斜めに見下ろしたような画像である鳥瞰図は、地形を視覚的・直感的に理解しやすいものであり、海底の断層や顕著な地形を判別したり、海洋調査の成果を一般へ紹介したりするために、様々な調査機関が活用している。鳥瞰図をいかなる陰影のつけ方で作成すればよいかを検討した結果、光源を図の奥側かつ地形の走向に直交する向きに置き、広い範囲を図化する場合には光源を視点の真正面に置き陰影をつけることで、海底地形の判別に適した鳥瞰図を作成できるとわかった。

- 海洋調査技術, 12, [1], 21-33, doi:10.1130/6/jsmst.12.1_21.
- GEBCO (2014) The GEBCO_2014 Grid, version 20141103, <http://www.gebco.net>.
- 堀内大嗣 (2025) GMT を用いた海底地形図の作成について, 海洋情報部研究報告, 63, 89-97.
- 海上保安庁 (2021) 海上保安レポート 2021, p. 9, 海上保安庁, 東京.
- 海上保安庁, 富山湾の海底で斜面崩壊の痕跡を確認 (第 2 報), https://www.kaiho.mlit.go.jp/info/kouhou/r6/k240311_2/k240311_2.pdf, 参照 2025 年 8 月 22 日.
- 海上保安庁, 珠洲市北東沖等において海底隆起を確認～海上保安庁と北陸電力が地形解析で連携～, <https://www.kaiho.mlit.go.jp/info/kouhou/r6/k241210/k241210.pdf>, 参照 2025 年 8 月 22 日.
- 海上保安庁, 父島北西沖の海山に溶岩流の痕跡を発見～海底火山に関する基礎資料として活用～, <https://www.kaiho.mlit.go.jp/info/kouhou/r7/k250509/k250509.pdf>, 参照 2025 年 8 月 22 日.
- 日本地図学会 (2022) 海図 150 周年記念日本近海海底地形図, 地図, 60, [1], AP1, doi:10.11212/jjca.60.1_AP1.
- 日本海洋データセンター (2000) 500 m メッシュ水深データ (J-EGG500), 日本海洋データセンター, 東京.
- 海のアトラス編集委員会 (2011) 海のアトラス水路業務 140 周年, 日本水路協会, 東京.
- Wessel, P. and W.H.F. Smith (1991) Free software helps map and display data, EOS, Trans. Am. Geophys. Union, 72, [41], 441-446, doi:10.1029/90EO00319.
- Wessel, P., W.H.F. Smith, R. Scharroo, J. Luis, and F. Wobbe (2013) Generic Mapping Tools: Improved Version Released, EOS, Trans. Am. Geophys. Union, 94, [45], 409-410, doi:10.1002/2013EO450001.