

GMT を用いた海底地形図の作成について[†]

堀内大嗣*

Creation of bathymetric maps and bird's-eye view maps using GMT[†]

Daishi HORIUCHI*

Abstract

The Japan Coast Guard has produced and published bathymetric maps such as the 70th anniversary map for the coast guard system of Japan and 150th anniversary map for the nautical chart of Japan. These maps are created mostly based on bathymetric data from echo sounders, etc., and are processed by interpolation in areas where data is insufficient and by drawing on topographic and bird's-eye maps. To produce these maps, the Japan Coast Guard uses mostly Generic Mapping Tools (GMT). This paper summarizes and reports on the methods of drawing which have been developed by the Japan Coast Guard to create bathymetric maps using GMT.

1 はじめに

海上保安庁では、日本近海の起伏に富む海底地形を三次元化した図を作成し、海洋情報の啓発活動や広報活動などに用いている。このような図は記念図として公開されることもあり、例えば近年では水路業務 140 周年海のアトラス（海のアトラス編集委員会，2011）や、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）などが発行されている。これらの海底地形を三次元化した図は、海上保安庁の測量や海洋研究開発機構の調査により得られた水深データと、大洋水深総図（GEBCO：General Bathymetric Chart of the Oceans）などが作成・公開しているグリッド水深・標高データを統合したデータセットを用いて、主に GMT（Generic Mapping Tools）（Wessel and Smith, 1991）によって作成

されている。

GMT は、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り、水深・標高データへのフィルタリングやグリッド化等の処理を行い、そのデータをもとに高品質の地形図の作図ができる。本稿では、海図 150 周年記念日本近海海底地形図（以下、150 年記念図という）の作成に用いた GMT のコマンドや処理手順について紹介する。

本稿では、Window 版の GMT を使用した。Window 版の GMT は、コマンドプロンプト及び Windows PowerShell（以下、コマンドプロンプト等という）上で動作させることができる。また、バッチファイルとしてコマンドをまとめることにより、複数の処理を一括して実行できる。

なお本稿で紹介する手法は、図化した際に見栄えのよいデータセットを作成するものであり、航

[†] Received August 26, 2024; Accepted October 10, 2024

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

海用海図の作製や、正確さを重視した標高水深データセットの作成には適さない。

2 使用したソフトウェアおよびデータセット

2.1 GMT

Window 版の GMT ソフトウェアは、GMT の公式のホームページよりダウンロードできる exe 形式パッケージファイルを用いて、インストールすることができる。2024 年 8 月時点において、ダウンロードできる GMT のバージョンは 4, 5, 6 の 3 つである。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。

2.2 Ghostscript

GMT を用いた作図では、画像はポストスクリプト (PostScript) 形式で出力される。ポストスクリプト画像を、普及している形式である JPEG や TIFF に変換するためには、変換のためのソフトウェア Ghostscript が必要となる。Window 版の Ghostscript ソフトウェアは、Ghostscript の公式のホームページよりダウンロードできる exe 形式パッケージファイルを用いて、インストールすることができる。

2.3 GDAL

GDAL (Geospatial Data Abstraction Library) は、様々なラスター形式・ベクトル形式の地理空間情報の変換を行うことができる、オープンソースライブラリである。GMT を用いて作成した陰影図等の画像は、測地系や座標に関する情報を持っていないため、GIS ソフトウェアで利用するには、手動で測地系の定義やジオリファレンスを行う必要がある。しかし画像の形式変換の際に GDAL を用いた処理を行うことにより、測地系や座標の情報を画像データに埋め込むことができるため、作成した画像を GIS ソフトウェアで利用する際の処理を省略できる。GDAL のインストールは、GDAL 公式のホームページよりリンクされている GISInternals support site からダウンロードできる msi 形式パッケージファイルを用いて、

インストールすることができる。

2.4 コマンドラインの実行プラットフォーム

GMT, Ghostscript, 及び GDAL は、コマンドプロンプト等で動作する。

2.5 地形データ

海底地形図は、マルチビーム測深機によって取得された測深データに基づき作成される。しかし海域によっては、測深データが全く存在しなかったり、測線の間に未測域が存在したりする場合がある。150 年記念図の作成に用いた、海上保安庁が実施した大陸棚調査で取得されたデータにも、未測域が存在している (藤沢, 2009)。そのような場所では、測深データと公開されているグリッド水深・標高データとの統合処理を行い、未測域を補間している。測深データを含め、複数のデータセットを活用できる領域では、測量時期やデータセットの作成時期を鑑みて、より確からしいデータセットを優先して統合処理を行っている。本稿では、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と、GEBCO が公開している GEBCO_2014 Grid の 30 秒グリッドデータの 2 つを使用し、両者を統合する処理について紹介する。

J-EGG500 は、日本周辺の海域について、計測水深や等深線データをもとに、平滑処理や補間処理によって作成された 500 m 解像度の水深データセットである。J-EGG500 は 500 m の正方メッシュとして作成されたものであり、経緯度に沿ったメッシュデータではない。GEBCO_2014 Grid は、地球の全範囲について、スペースシャトルのレーダーにより取得された陸上の標高データ並びに衛星高度計及び衛星重力計による観測値をもとに推定された水深データ (Smith and Sandwell, 1997) をベースに、世界各国の海洋調査機関が取得した測深データを統合することで作成された、経緯度に沿った 30 秒解像度の水深・標高データセットである。日本周辺海域については

J-EGG500 も GEBCO_2014 Grid のデータソースの一つである。

3 Windows システムへの GMT 等のインストール

GMT 及び Ghostscript は、ダウンロードしたパッケージファイルを実行することでインストールが完了する。

GDAL は、ダウンロードしたパッケージファイルを実行することに加え、手動で Windows のシステム環境変数を変更する必要がある。その手順については、金子邦彦研究室ホームページに解説がある。

以上の手順により、Windows システム上で GMT 等を活用する準備が完了する。

4 グリッドデータの作成

見栄えの良い陰影図を作成するためには、作図に用いる水深データセットの中に、統合処理で生じ得る不自然な水深の段差を含まないことが重要である。これが生じる可能性があるのは、統合前の水深データセット自体に不自然な水深の段差が含まれている場合と、統合処理によって異なるデータセット間に段差が生じてしまう場合の2つである。これを解消するために、本稿では統合前の水深データセットへのローパスフィルタ適用による平滑処理と、統合処理におけるスプライン補間による処理の2つを実施した。それぞれの手順を 4.1 節、4.2 節に示す。

4.1 統合前のデータセットにおける平滑処理

GEBCO_2014 Grid 及びそのベースとなった GEBCO_08 Grid (GEBCO, 2010) の、海域の大部分に用いられている Smith and Sandwell (1997) による推定水深データは、海洋調査船による測深データとのばらつきが大きく (沖野, 1999)、両者の境界では数十メートルにおよぶ水深の段差が観測されることもある (Fig. 1)。このような段差を修正するため、GEBCO_2014 Grid の海域部分に対してローパスフィルタを適用し、平滑処理を行った。なお GEBCO_2014 Grid の陸域のデータ

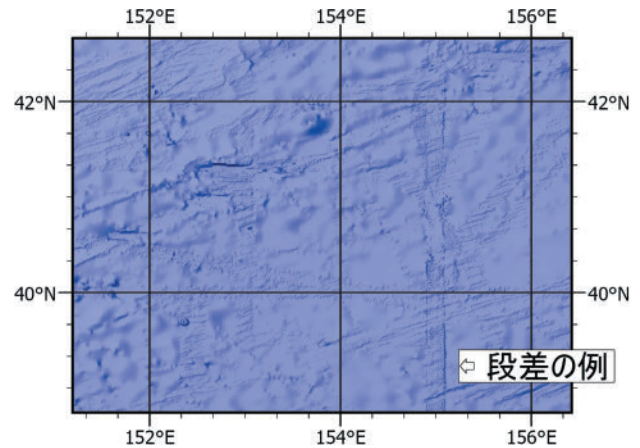


Fig. 1. Bathymetric map of the GEBCO_2014 Grid with track-line-like features.

図 1. GEBCO_2014 Grid による航跡状の構造のある海底地形図。

は、スペースシャトルのレーダーという同一のデータソースを持ち、高い精度と分解能を有するため、ローパスフィルタを適用する必要はない。そのため陸域と海域のデータを分離し、海域のデータにのみローパスフィルタを適用した。

一連の処理には GMT のコマンド `grdsample` (グリッドファイルのリサンプリング), `grdlandmask` (陸域と海域を分割するフィルタ作成), `grdmath` (グリッドデータへの計算処理), `grdclip` (グリッドデータへの標高フィルタ処理), `grdfit` (グリッドデータへのローパスフィルタ等処理) を使用した。

GEBCO より入手したグリッドデータ `GEBCO_2014_1D.nc` 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。

- (1) `grdsample GEBCO_2014_1D.nc`
`-R121/158/10/50 -I0.005 -Ggebc014.grd -T`
- (2) `grdlandmask -NNaN/1/1/1/1`
`-Df -R121/158/10/50 -I0.005 -Gmask_la.grd`
- (3) `grdmath gebc014.grd mask_la.grd OR`
`= gebc014_la.grd`
- (4) `grdclip gebc014_la.grd -Sb0.1/0.1`

- ```

-Ggebc014_la_pc.grd
(5) grdfft gebc014.grd -Ggebc014_lp.grd -fg
-F-/-/10000/8000
(6) grdclip -Sa-0.1/-0.1 gebc014_lp.grd
-Ggebc014_lp_reduce.grd
(7) grdmath gebc014_la_pc.grd
gebc014_lp_reduce.grd AND
= gebc014_processed.grd

```

(1) 式により、オリジナルの GEBCO\_2014 Grid を任意の範囲と解像度にリサンプリングしたグリッドデータ `gebc014.grd` を作成する。本稿では、範囲を東経 121 度～東経 158 度、北緯 10 度～北緯 50 度とし、解像度を 0.005 度とした。

(2) 式により、(1) 式でリサンプリングしたグリッドデータと同じ範囲・解像度で、海域に NaN (Not a Number)、陸域に 1 が入力されたグリッドデータ `mask_la.grd` を作成する。本稿では、`grdlandmask` コマンドを使用することにより、GMT で使用されている海岸線データセット GSHHG (Global Self-consistent, Hierarchical, High-resolution Geography Database) の最高解像度データに基づき陸域と海域を区別した。GSHHG の最高解像度データセットでは、海岸線はおおよそ 100 m 間隔の点を結ぶことで表現されている (Fig. 2)。本稿では、作成するグリッドの解像度を約 500 m (0.005 度) としたため、GSHHG は海岸線のデータセットとして十分に細かいと考え使用した。より解像度の高いグリッドデータを

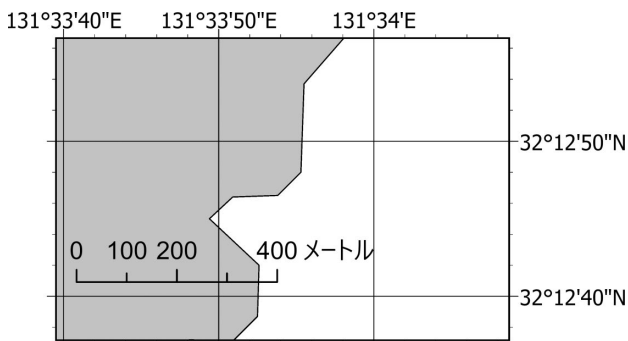


Fig. 2. Resolution of the coastline by GSHHG dataset.  
図 2. GSHHG による海岸線の解像度。

作成する場合には、より詳細な海岸線のデータセットを別途用意し、それを用いて処理を行うことが望ましい。

(3) 式により、`gebc014.grd` から陸域だけを抽出したグリッドデータ `gebc014_la.grd` を作成する。

`gebc014_la.grd` には、標高がマイナスの地域が含まれている。そのような地域は、地形図を作成する際に海域として描画されてしまうことがあるため、(4) 式により陸域の標高が 0.1 m よりも低い地域を標高 0.1 m まで切り上げる処理を実施したグリッドデータ `gebc014_la_pc.grd` を作成する。

(5) 式により、`gebc014.grd` にローパスフィルタを適用し、グリッドデータ `gebc014_lp.grd` を作成する。本稿の式では、10 km (10,000 m) を超える波長の構造は維持されるが、8 km (8,000 m) に満たない波長の構造はカットされる。これにより水深の段差を平滑化する。この 10 km および 8 km というフィルタの数値は、筆者の経験則で得たものである。

ローパスフィルタ処理により、海域に標高がプラスの領域が生じる可能性がある。そのため (6) 式により、`gebc014_lp.grd` に対し標高を -0.1 m (水深 0.1 m) まで切り下げる処理を実施したグリッドデータ `gebc014_lp_reduce.grd` を作成する。

(7) 式により、`gebc014_lp_reduce.grd` の上に `gebc014_la_pc.grd` を重ねたグリッドデータ `gebc014_processed.grd` を作成する。`gebc014_processed.grd` は、`gebc014.grd` の海域のみにローパスフィルタを適用したグリッドデータである。

ローパスフィルタ適用後のグリッドデータ `gebc014_processed.grd` を使用し作成した図を Fig. 3 に示す。Fig. 1 で観測された水深の段差は目立たなくなっている。

`gebc014.grd` および `gebc014_processed.grd` を使用し作成した、陸域付近の図をそれぞれ Fig. 4, Fig. 5 に示す。陸域の解像度は、ローパスフィルタ処理の前後で変化していない。



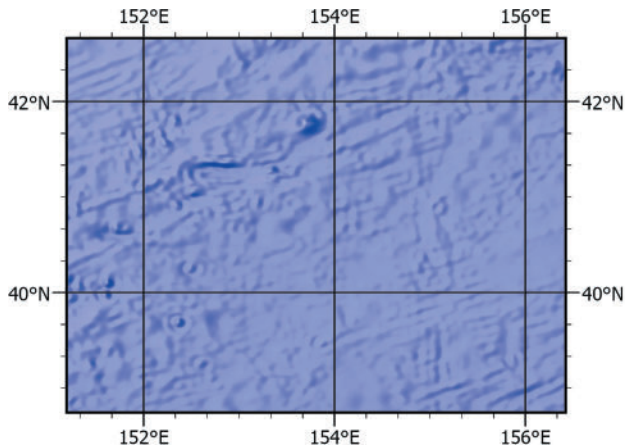


Fig. 3. Bathymetric map of the GEBCO\_2014 Grid after applying low-passed filter.

図3. GEBCO\_2014 Grid による海底地形図（ローパスフィルタ適用後）.

#### 4.2 グリッドの統合処理

平滑処理を行った GEBCO\_2014 Grid（以下、平滑 GEBCO グリッドという）と J-EGG500 を統合し、作図のためのグリッドデータを作成する。作成においては、J-EGG500 の方が優先度が高いとし、J-EGG500 の存在する領域は J-EGG500、その他の領域は平滑 GEBCO グリッドを採用した。

これらのデータセットは、解像度及び精度が異なるため、単純にデータを重ねた場合にはデータセット間で水深に段差が生じる場合がある。この段差を生じないようにするため、異なるデータ

セットが接する場所には、優先度の低い側のデータを削除することで数キロメートル規模のデータの空白域を設け、空白域に対しスプライン補間による内挿を行った。この内挿のコンセプトは、GEBCO\_2014 Grid の作成のために海上保安庁が提供したデータセットで用いられているものである（GEBCO, 2014）。

平滑 GEBCO グリッドをベースマップとして、J-EGG500 水深メッシュデータや測深データとの統合処理を実施する。処理には GMT のコマンド `grdmask`（座標データからマスクグリッドファイルの作成）、`grdmath`, `grd2xyz`（グリッドデータから xyz データへの変換）、`surface`（スプライン補間）と、コマンドプロンプトのコマンド `copy`（ファイルの複製）を使用した。このとき、xyz データのファイルフォーマットは、アスキー（テキスト）形式で 1 行ごとに水深及び標高のデータが、経度、緯度、水深（標高）の順で、スペースまたはタブ区切りで書かれたものである。経度は本初子午線を基準として東向きが正、緯度は赤道を基準として北向きが正、水深（標高）は海面を基準として鉛直上向きが正の値である。各行はソート不要の順不同であるため、ファイルの末尾に追加していくだけで複数のデータセットを統合することができる。

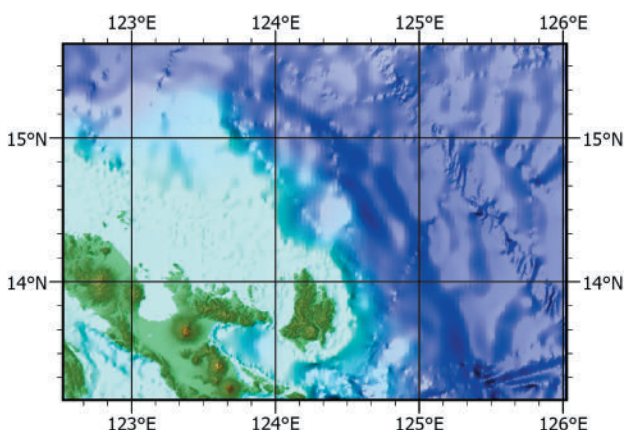


Fig. 4. Bathymetric map near the landmass of the GEBCO\_2014 Grid.

図4. GEBCO\_2014 Grid による陸域近くの海底地形図.

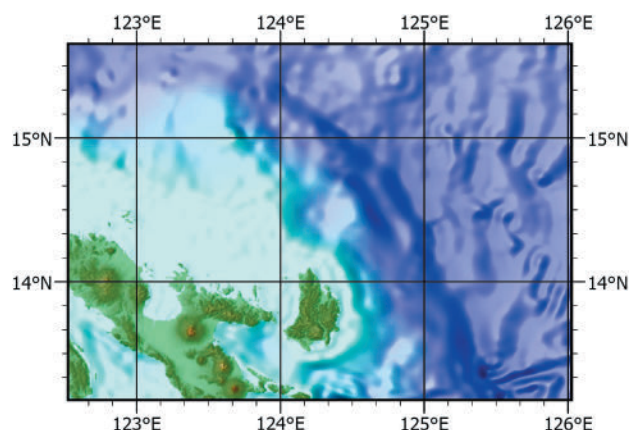


Fig. 5. Bathymetric map near the landmass of the GEBCO\_2014 Grid after applying low-passed filter to the ocean region.

図5. GEBCO\_2014 Grid による陸域近くの海底地形図（海域のみローパスフィルタ適用後）.

J-EGG500 水深メッシュデータのファイルの名前を `jegg500.xyz` とするとき、平滑 GEBCO グリッド `gebco14_processed.grd` との統合処理のプログラムは次の通りである。

- (8) `grdmask jegg500.xyz -R121/158/10/50 -I0.005 -S0.05d -N1/NaN/NaN -Gmask.grd`
- (9) `grdmath gebco14_processed.grd mask.grd OR = gebco14_masked.grd`
- (10) `copy jegg500.xyz points.xyz`
- (11) `grd2xyz gebco14_la_pc.grd -s >> points.xyz`
- (12) `grd2xyz gebco14_masked.grd -s >> points.xyz`
- (13) `surface points.xyz -R121/158/10/50 -I0.005 -T0.35 -Gjegg_gebco_ip.grd`

(8) 式により、J-EGG500 に水深点がある場所から半径 0.05 度までの範囲の内側に NaN, 外側に任意の数値が入力されたグリッドデータ `mask.grd` を作成する。本稿では任意の数値を 1 としているが、どんな数値でもよい。グリッドデータの範囲と解像度は、`gebco_processed.grd` と同一の、範囲を東経 121 度～東経 158 度、北緯 10 度～北緯 50 度とし、解像度を 0.005 度とした。

(9) 式により、`gebco_processed.grd` から、J-EGG500 に水深点がある場所およびその点から半径 0.05 度までの範囲（陸域は除く）を削除したグリッドデータ `gebco14_masked.grd` を作成する。`jegg500.xyz` および `gebco14_masked.grd` を使用し作成した図を、それぞれ Fig. 6, Fig. 7 に示す。

(10) 式により、`jegg.xyz` と同一のファイル `point.xyz` を作成する。この `point.xyz` に対し、平滑 GEBCO グリッド由来の水深点を追加することで、データの統合を行う。(11) 式、(12) 式により、`gebco14_masked.grd` 及び `gebco14_la_pc.grd` の水深点を xyz データに変換する。`grd2xyz` コマンドでは、結果は標準出力に書き出されるため、「>>」により `poits.xyz` への追記を実行する。`points.xyz` を用いて作成した図を Fig. 8

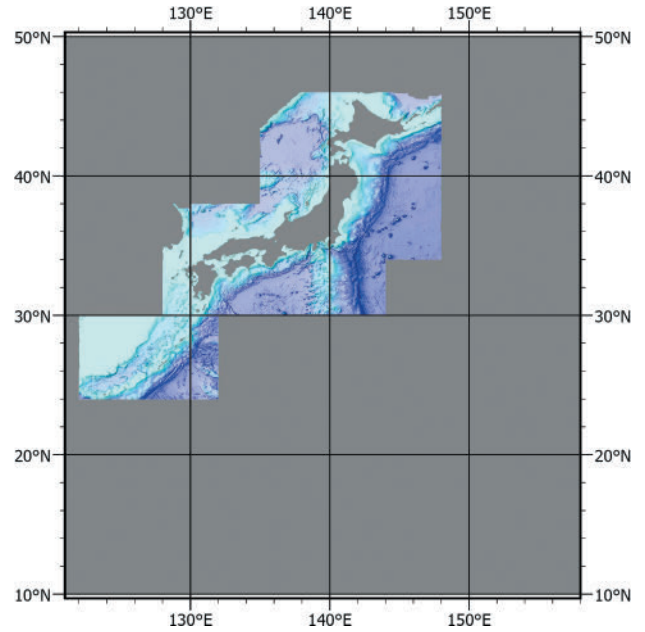


Fig. 6. Distribution of data point of the J-EGG500. (Pre-processing for the xyz data conducted for illustration).

図 6. J-EGG500 のデータ分布（図化のため xyz データの前処理を実施）。

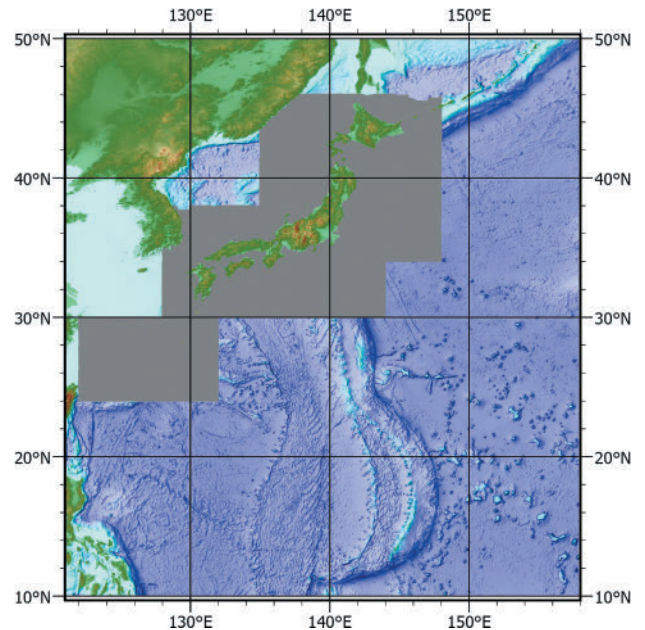


Fig. 7. Bathymetric map of the GEBCO\_2014 Grid excluding the perimeter of the J-EGG500.

図 7. GEBCO\_2014 Grid による海底地形図 (J-EGG500 周辺を除く)。

に示す。J-EGG500 に水深点が存在する領域と、GEBCO\_2014 grd に基づくデータの間、0.05 度のデータ空白域がある。



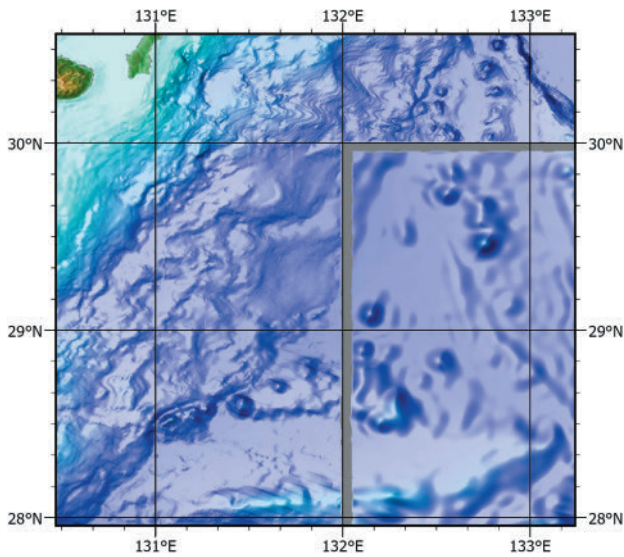


Fig. 8. Holidays between J-EGG500 and GEBCO\_2014 Grid. (Pre-processing for the xyz data conducted for illustration).

図 8. J-EGG500 と GEBCO\_2014 Grid の境界に設けた空白域 (図化のため xyz データの前処理を実施).

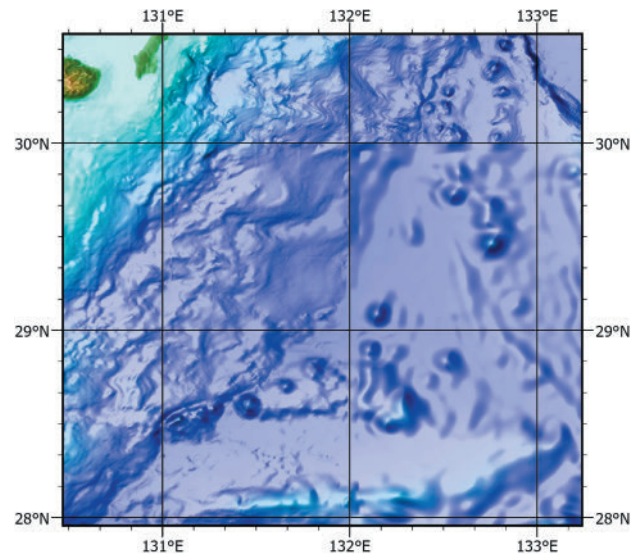


Fig. 9. Bathymetric map with the blank areas in Fig. 7 filled by spline interpolation.

図 9. 図 7 の空白をスプライン補間で埋めた地形図.

えたものである.

(13) 式により, poits.xyz の空白域に対しスプライン補間を実施する. スプライン補間は, 空白域の対してのみ適用される. 入力データと出力データの解像度がともに約 500 m (0.005 度) であるため, 元々データがあった場所は, (13) 式の適用前後で影響を受けず, 座標値も水深・標高値も変化しない. (13) 式のオプション -T0.35 は, GMT のスプライン補間におけるテンションファクターと呼ばれる値である. 0 に近いほど, 補間される面の曲率が小さくなる. 本稿ではテンションファクターの値として, GMT のユーザーマニュアルにおいて, 経験的に急峻な地形に適するとされる 0.35 を使用した.

統合処理により作成された jegg\_gebco\_ip.grd を用いて作成した地形図を Fig. 9 に示す. Fig. 8 のデータ空白域は補間により埋められ, 繋ぎ目は目立たないようになっている.

150 年記念図の作成においては, jegg\_gebco\_ip.grd に対し, さらに海上保安庁による測深データの統合を行っている. その処理は当セクションにおけるベースマップを jegg\_gebco\_ip.grd に, jegg500.xyz を測量成果の水深ファイルに置き換

## 5 地形図 (陰影図) の作成

地形図を GIS ソフトウェアに取り込み活用するには, 地形図の画像が測地系や座標値に関する情報を所持していることが望ましい. GMT を用いて画像を作成する場合, 次の手順で処理を行うことにより, 画像とともに, その座標位置情報を記述したテキストファイル (ワールドファイル) も作成することができる. 処理には GMT のコマンド `grdgradient` (陰影ファイルの作成), `grdmath`, `grdimage` (グリッドデータからポストスクリプト形式の地形図画像を作成), `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.

- (14) `grdgradient jegg_gebco_ip.grd`  
`-Gintensity_temp.grd -A292.5 -Ne0.2`
- (15) `grdgradient jegg_gebco_ip.grd`  
`-Sgradient.grd -D -fg -Gdummy.grd`
- (16) `grdmath gradient.grd ATAN SIN PI DIV -7`  
`MUL intensity_temp.grd ADD = intensity.grd`
- (17) `grdimage -Jx7.401 -R121/158/10/50`  
`jegg_gebco_ip.grd -lintensity.grd`

-Ccolorpalette.cpt -P \ image.ps

(18) psconvert image.ps -E1000 -A -Tt -W

(14) 式により, jegg\_gebco\_ip.grd の地形データについて, 西北西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\_temp.grd を作成する. さらに (15) 式により, 光源が天頂にある場合の陰影を表すグリッドファイル gradient.grd を作成する. (16) 式により, intensity\_temp.grd と gradient.grd の2種類の陰影のデータを統合し, 水平方向の光源による陰影と, 図を閲覧する者の視点である天頂方向に対する陰影を重ね合わせることで, 地形図に見栄えの良い陰影を与えることができる. (17) 式により, 地形図の色合いを示すパレットファイル colorpalette.cpt に基づき, 陰影図のポストスクリプトファイル image.ps が作成される. grdimage コマンドでは, 実行結果は標準出力へ出力されるため, 「\」により新規に image.ps を作成している. (17) 式において -Jx で指定するオプションの値と, (18) 式において -E で指定するオプションの値の積を, グリッドファイルの X 方向の画素数と一致させることにより, グリッドファイルの画素数と最終的に作成される画像の画素数が一致する.

パレットファイル colorpalette.cpt の一例として, 本稿の陰影図の作成に用いたデータを Table 1 に示す. カラーモデルは RGB である.

(18) 式により, image.ps が tiff 画像 (image.tif) に変換され, 同時にその座標位置情報を記述

した image.tfw が作成される. image.tif と image.tfw を同一のフォルダに格納したうえで GIS ソフトにインポートすると, 座標値を持った画像として読み込むことができる. しかしこの場合, 座標値の測地系は別途指定する必要がある.

## 6 地形図への測地系や座標に関する情報の埋め込み

(18) 式で変換した画像が tiff 画像である場合に限り, GDAL のコマンド gdal\_translate を使用することで, 測地系と座標位置情報を tiff 画像に埋め込むことができる. その処理のプログラムは次の通りである.

(19) gdal\_translate -of "GTiff" -co

"COMPRESS=LZW" -a\_srs WGS84 -a\_ulr

121 50 158 10 image.tif referenced\_image.tif

(19) 式により作成した tiff 画像 referenced\_image.tif は, 画像ファイルの中に座標位置情報が格納されているため, ファイル単体を GIS ソフトにインポートするだけで, 座標値を持った画像として読み込むことができる. また, 測地系に関する情報も格納されており, GIS ソフトウェアで別途指定する必要もない. ファイルを一つにまとめられるため, 保管等を行う際の取り扱いが容易になる.

150 年記念図の作成においては, ここまでの手順により水深データを統合し, それを用いて作成した地形図を ArcGIS にインポートしたうえで, 地名や境界線を掲載し完成に至った.

## 7 おわりに

Windows 版の GMT, Ghostscript, GDAL を使用し, 地形図を作成する手順について紹介した. GMT, Ghostscript, GDAL は無償で使用するのできるソフトウェアである. 近年は有償のソフトウェアを用いることで容易に美しい地形図を作成することができるが, 無償のソフトウェアのみでも 150 年記念図のような図を作成することも

Table 1. Parameters of color palette used for map drawing.

表 1. 作図に用いたカラーパレットの数値.

|        |     |     |     |       |     |     |     |
|--------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|
| -12000 | 0   | 0   | 64  | -6000 | 150 | 150 | 255 |
| -6000  | 150 | 150 | 255 | -3000 | 200 | 200 | 255 |
| -3000  | 200 | 200 | 255 | 0     | 200 | 255 | 255 |
| 0      | 150 | 200 | 150 | 200   | 84  | 130 | 53  |
| 200    | 84  | 130 | 53  | 1500  | 231 | 217 | 157 |
| 1500   | 231 | 217 | 157 | 3000  | 184 | 100 | 100 |
| 3000   | 184 | 100 | 100 | 4500  | 250 | 250 | 250 |
| F      | 250 | 250 | 250 |       |     |     |     |



可能なのである。GMTを用いた地形図の作図に関するノウハウが、今後の海洋情報の啓発活動や広報活動に活用されれば幸いである。

## 謝 辞

GMTに関する作図の手法について、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。皆様の知の蓄積により、海洋情報の啓発活動や広報活動は支えられております。心より感謝の意を申し上げます。

## 文 献

- Artifex Software (2024) Ghostscript 10.03.1.
- 藤沢美幸 (2009) 2003 年度から 2009 年度にかけての大陸棚調査で実施された精密海底地形調査, 海洋情報部技報, 27, 135-140.
- GEBCO (2010) The GEBCO\_08 Grid, version 20100927, <http://www.gebco.net>.
- GEBCO (2014) The GEBCO\_2014 Grid, version 20141103, <http://www.gebco.net>.
- GISInternals, GISInternals support site, <http://www.gisinternals.com>.
- 海上保安庁 (2021) 海上保安レポート 2021, p. 9, 海上保安庁, 東京.
- 金子 邦彦, 金子 邦彦 研究室, <https://www.kkaneko.jp/db/win/gisinternals.html>, 参照 2024 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.
- 沖野郷子 (1999) 衛星高度計から得られる重力・地形データと船舶データとの比較, 水路部技報, 17, 65-69.
- The Open Source Geospatial Foundation (2024) GDAL 3.9.1.
- Smith, W.H. and Sandwell, D.T. (1997), Global Sea Floor Topography from Satellite Altimetry and Ship Depth Soundings., Science, 277, 1956-1962, doi:10.1126/science.277.5334.1956.

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 Smith, W. H. F. (1991), Free software helps map and display data., EOS, Transactions American Geophysical Union, 72, [41], 441-446, doi:10.1029/90EO00319.

Wessel, P., Smith, W. H. F., Scharroo, R., Luis, J., and Wobbe, F. (2013). Generic Mapping Tools: Improved Version Released., EOS, Transactions American Geophysical Union, 94, [45], 409-410, doi:10.1002/2013EO450001.

## 要 旨

海上保安庁では、海上保安制度 70 周年記念図や、水路業務 150 年記念図といった海底地形図を作成、公開してきた。これらの図は、音響測深機等による水深データをもとに、データ不足域の補間処理や、地形図・鳥観図への描画処理を経て作成されている。これらの処理は、主に GMT (Generic Mapping Tools) を用いて実施されている。これまでに海上保安庁が培ってきた、GMT を用いた海底地形図の作成方法についてまとめ、報告する。