

日本沿岸域における楕円体基準水深測量の標準手順確立に向けて (4) : 最低水面モデルの構築及び平均水面に関する検討[†]

林王弘道^{*1}, 南部正裕^{*2}, 瀬尾徳常^{*2}, 土屋主税^{*3}, 佐藤勝彦^{*2}

Developing the standard operating procedures of ellipsoidally referenced surveys at coastal waters in Japan (4):
Considerations regarding a construction method for a vertical datum model and mean sea level[†]

Hiromichi RINNO^{*1}, Masahiro NAMBU^{*2}, Noritsune SEO^{*2}, Chikara TSUCHIYA^{*3}, and Katsuhiko SATO^{*2}

Abstract

In recent years, the Hydrographic and Oceanographic Department has been examining the utility and accuracy of ellipsoidally referenced surveys (ERS), a hydrographic survey technique adopting the new tidal correction procedure. For the implementation and dissemination of ERS, it is essential to develop a vertical datum model on the ellipsoid, which is consistent with both the actual sea surface height and the existing vertical datum, for each coastal area. This paper aims to develop a vertical datum model covering the coastal area throughout Japan and discusses the design principles and operational framework, as well as a methodological overview, including items presently under review. Particular attention was given to examining the potential use of permanent tidal gauge stations, satellite altimetry, and ocean hydrodynamic models for constructing the gridded ellipsoidal height of the mean sea level, which is underpinning the vertical datum model.

1 序論

海上保安庁では、測深機の高さを験潮所に代えて GNSS によって求める楕円体基準水深測量について平成 31 年から研究や検証を行っており、令和 8 年度からの実運用に向けて現在、作業を進めている。

陸上では令和 7 年 4 月に衛星測位を基盤とした標高へ移行したところだが（国土地理院, 2025a）、近年、海域についても鉛直方向の衛星測位の導入が進んでおり、海外では複数の国で楕円

体基準水深測量が実用化されている（松本・他, 2019）。日本では、水深測量の他、港湾管理への導入の検討が行われている。

楕円体基準水深測量では、船の GNSS 測位と、GNSS アンテナと測深機までのオフセット値の計算により、測深機そのものの楕円体高がわかるため、楕円体高基準の海底の深さを直接測定できる（大久保・他, 2022, 塩澤・他, 2023）。一方、従来手法では、船の位置の海面の高さ関係を暗に験潮所の位置の海面の高さ関係と同一と仮定して水

[†] Received September 8, 2025; Accepted December 3, 2025

* 1 技術・国際課 海洋研究室 Ocean Research Laboratory, Technology Planning and International Affairs Division

* 2 沿岸調査課 Coastal Surveys Division

* 3 技術・国際課 Technology Planning and International Affairs Division

深を算出していたが、実際には両者には違いがある。楕円体基準水深測量では、この違いが除外されるため、得られる水深が真の水深により近づく。また、従来手法で必要となっていた常設験潮所が無い海域での臨時験潮所の設置や、常設験潮所がある海域での測量期間中の基準面の点検が不要となる。

さらに、従来手法では、「平均水面、最高水面及び最低水面一覧表」（海上保安庁、2025）（以下、平均水面等一覧表）に記載された基準面を用いており、最近調査年月から3年以上経過している場合、水路測量業務準則施行細則第48条に基づき、水路測量を行う者は、最低水面の高さを点検する必要がある。この点検には非常に労力を要しているが、楕円体基準水深測量ではこの点検が不要となる。なお、基準面は1000点近い港名・地名ごとに個々に管理されており、海上保安庁では、この管理に多大な作業を要している。

これまでの研究（大久保・他、2022、塩澤・他、2023、林王・他、2025、高畑・他、2025）により、日本の複数の海域において楕円体基準水深測量の実現性や精度の検証が行われ、従来の験潮所による潮高改正と楕円体基準水深測量との差異は十分許容される範囲内に収まることが確認された。

GNSS受信機やモーションセンサーといった楕円体基準水深測量に必要となるハードウェアは、当庁の測量船では既に揃っており、民間でも整備が進んでいる一方、ソフト面では、規則の改正やマニュアルの整備の他、海図における水深の基準である最低水面について地球楕円体からの高さで定義した「最低水面モデル」を構築する必要がある。

最低水面モデルは、面的に定義するため、地点ごとに定めた従来の最低水面と異なり、新たな技術的な方針が必要となる。特に平均水面の地球楕円体からの高さの決定について議論の余地が残っている。海面は、海洋と大気が静止していれば重力の等ポテンシャル面（例えばジオイド）と平行になるが、現実の海には海象・気象の影響があり

ジオイドと平行にはならない。これまでの研究で最低水面モデルを試作してきたような狭い領域ならともかく、日本沿岸全域で統合的な最低水面モデルを作成することを考えると、その差は無視できない量になる。

本稿では最低水面モデルについて、日本沿岸全域での整合性を念頭に、作成の方針や具体的な方法を検討する。第2章では最低水面モデル構築の検討状況について、2.1節で最低水面モデルを構築するにあたり考慮すべき事項を列挙した後、2.2節で具体的に現在実施しようとしている構築方法を説明する。そのうち、平均水面については多数の情報ソースを適切に扱うために詳細な議論が必要となることから、第3章において詳述する。そして今後の課題を第4章にまとめる。本稿執筆時点でも試行錯誤しながら作成を進めているため、公開時には本稿の内容から多少変更される可能性がある旨留意願う。

2 最低水面モデル構築の検討状況

2.1 従来の最低水面と比較した最低水面モデル構築のポイント

日本において、最低水面は、平均水面を長期観測により求め、各地で予め求めた潮汐の主要4分潮の振幅の和だけ下げた面を採用している。最低水面から平均水面までの高さを Z_0 と呼ぶ。従来の潮高改正では、この方法で陸上の標を起点に定めた平均水面等一覧表に記載された最低水面を用いている。一方、最低水面モデルは、日本沿岸各地の平均水面の地球楕円体からの高さを面的（格子点）に定め、そこから各点で Z_0 だけ下げて最低水面を作成する（Fig. 1）。この手順は、これまでの研究で行ってきた最低水面モデルの試作と本質的に変わっていない。

従来の方法による最低水面と、楕円体基準水深測量における最低水面モデルには、いくつかの違いがある。

一つ目は地点と面の違いである。平均水面等一覧表は地点ごとに最低水面を定めているが、その適用可能範囲は明示されておらず、面的にカバー

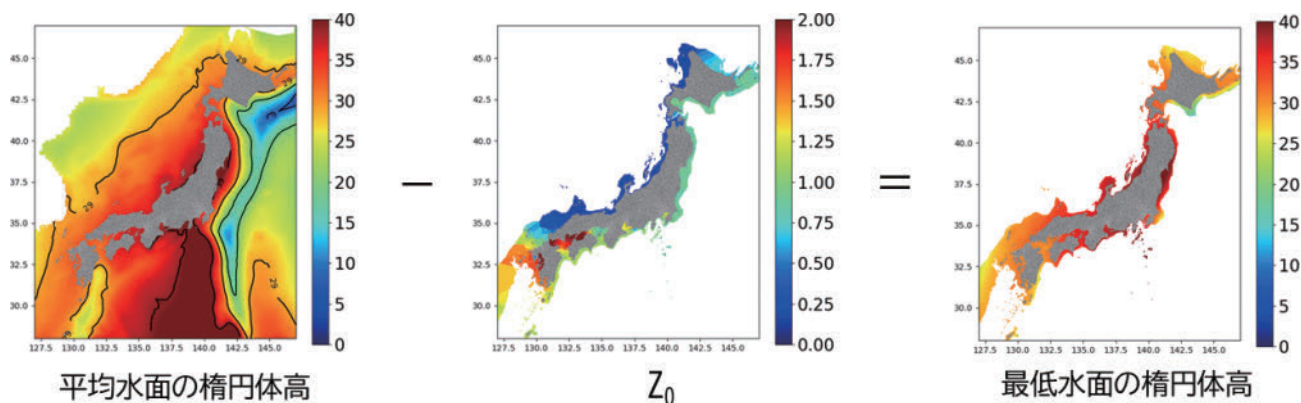


Fig. 1. Conceptual diagram of creating the datum level model [m].

図 1. 最低水面モデル [m] の作成の骨子.

していなかったと言える。一方、最低水面モデルはより細かい格子点ごとに最低水面を定める必要がある。このため、最低水面モデルの構築にあたっては、平均水面と Z_0 が面的にどのように分布しているか明確にする必要がある。また、特に港内の最低水面モデルの構築にあたっては、最低水面を利用する者が当庁以外にも多数あることから、従来手法との整合性を保つことに注意する必要がある。

二つ目は平均水面である。平均水面は5か年平均で算出しているが、5か年の時期については定めがなく、隣り合う点の間で、基準面を定める際に使用した平均期間が揃っていない。これでは平均水面を面的に構築した際に齟齬が生じる。そのため、最低水面モデルの構築にあたっては、統一した平均期間と有効期限という概念を導入する。

三つ目は Z_0 である。 Z_0 はその地の潮汐調和定数のうち主要4分潮の振幅の和をもとに決定される。平均水面等一覧表では点または Z_0 区分図で与えているため、港湾ごとに離散的な値を取っている。なお、潮汐の振幅の経年変化は限定的であることが知られていることから、一度定めた Z_0 は変更されることは殆ど無い。平均水面等一覧表には Z_0 区分図が定められている海域とそうでない海域がある。最低水面モデルの構築にあたっては、一つ目でも指摘したが、実質的に Z_0 分布をすべての海域で作成することとなる。

四つ目は範囲及び解像度である。データを作成

するに当たって範囲を定める必要がある。また、従来手法では点で定められた最低水面の値をそのまま使用することから解像度は考慮する必要がなかったが、最低水面モデルでは値を定める格子点の間隔、つまり解像度を定める必要がある。

2.2 構築方法

2.2.1 構築全体の流れ

平均水面の方がより一義的な物理量であること、現行の Z_0 を引き継ぐことから、これまでの試作と同様に、まず平均水面の楕円体高を決め、そこから Z_0 だけ下げて最低水面とする。

これまでの作成した最低水面モデルは、広くとも東京湾（大久保・他、2022、林王・他、2025）、山口県沖（塩澤・他、2023）といった限定的な範囲であったが、構築及び維持管理に当たって最終的には日本沿岸全域について作成する必要がある。

平均水面等一覧表では1点の最低水面の適用範囲を明確に定めていないので、測量の区域に応じて融通を効かせることが出来ていたが、最低水面モデルは面的に定めるため明確に定める必要がある。個々の海域の最低水面モデルを随時作り接続した場合、その境界で大きな差が生じる可能性がある。その差を調整すると、更に隣の領域も調整といった連鎖的な作業が懸念される。そのため、日本沿岸全体を一律の方針で作成し、その後に個々の港湾区域について精査・調整する、という

手順にすることとした。

2.2.2 平均水面

平均水面は巨視的にはジオイドと平行にはならないため、決定には全国各地の海面の実測が必要となる。

まず、観測基準面の楕円体高が判り、かつ潮位データの連続性や観測基準面が維持されている常設験潮所のデータを最も信頼して用いる。また、衛星海面高度計により得られた面的な、しかし解像度の粗いデータも用いる。これらの観測データとともに、解像度の高い海洋再解析データを利用して補間することで、面的にかつ高解像度で平均水面を構築する、という方針を立てた。

詳細な検討過程については、3章で述べる。

2.2.3 Z_0

最低水面から平均水面までの高さ Z_0 は、現在、固定値のように扱われている。 Z_0 の変更は様々な混乱や海上交通のリスクを招く可能性があるため、最低水面モデルの作成にあたっては、現行の各地の値を引き続き使用することとした。

現行の Z_0 は、港名・地名ごと、また Z_0 区分図が存在する海域では区分ごとに、一定の値を定めている。自然の潮汐の振幅は、連続的に変化しているが、取り扱いの利便性から Z_0 は1つの海域で1つの値にされている。隣り合う海域の Z_0 の差は0.10 m かそれ未満である。

最低水面モデルは格子点で面的に構築するため、理論的には、格子点の間隔を細かくし滑らかな Z_0 を与えることも考えられる。しかし、 Z_0 を変更することは安全上のリスクを招くこともあるため、最低水面モデルでは、現行の離散的な Z_0 を引き継ぐことにした。つまり、 Z_0 区分図が存在する海域では、 Z_0 区分図をそのまま採用し、 Z_0 区分図が存在しない海域では、平均水面等一覧表に記載された、その海域に最も近い基本水準標等の Z_0 を用いることにした。 Z_0 区分図が存在しない海域において、面的な Z_0 を作成するにあたっては、GIS 上に平均水面等一覧表の全ての基本水

準標等をプロットし、海域の各点で一番距離が近い基本水準標等の Z_0 を採用するというアルゴリズムを使用した。ここで言う「距離」は、陸をまたがないよう経路を海域に限定したものであり、現行手法で使用される Z_0 との齟齬を最小限に抑えた。

2.2.4 平均期間と有効期限

現行の基準面（平均水面、最高水面及び最低水面）は、港名・地名ごと、個別に管理されており、採用年月や最近調査年月はまちまちである。5か年平均水面の期間については定めが無く、近隣の複数の港の間で、基準面を定める際に使用した平均期間が揃っていない。これでは平均水面を面的に構築した際に齟齬が生じるため、最低水面モデルでは、元となる観測期間を全国一律とし、基準面の有効期限を定める予定である。

具体的には、平均水面の平均期間は2019～2023年の5か年の平均で作業を進めている。これは令和7年（2025年）に作成するに当たって、常設験潮所や電子基準点の成果が既にまとまっている2023年までの資料を扱うためである。

物標からの海面の高さは物標がある地盤の上下動の影響も受けるが、地球楕円体からの海面の高さは地盤の上下の影響をほぼ受けない。ジオイドは重力が変われば変わるものだが、例え大規模な地震があったとしても、実用上の値の差が生じるほど重力が変化することはほぼ無いと言われている（国土地理院, 2025b）。潮汐の振幅についても、数十年程度のタイムスケールなら大きく変化しないことが期待できる（田井・他, 2011）。そのため、経年変化で考慮しなければならないのは海面の長期的な変化、近年であれば海面上昇である。

水深の有効数字や水路測量の精度が大きく変わらないのであれば、現行と同じく、0.10 m 以上の差が生じたときに見直すことが適当と考えられる。近年の海面上昇のペースである1年で約3.4 mm（気象庁, 2025）が続くのであれば、30年で0.10 m を超える計算になる。近年、海面上昇の

ペースが加速していることも踏まえ、現時点では、約 20 年後に基準面を更新することを想定している。この 20 年という数字は確定ではなく、毎年、常設験潮所の平均潮位の推移を監視し、海図の表現や水路測量の精度の進歩も考慮の上、調整して行く必要がある。

2.2.5 範囲

水路測量業務準則施行細則では、海底の水深が 200 m を超える場合、潮高の改正は行わなくとも良いとしている。そのため、最低水面モデルは、日本沿岸の水深 200 m 以浅の海域を全て含む範囲について作成して行く予定である。

令和 7 年度は、まずは本州の日本海側のうち、港湾区域を除いた沿岸部について公開すべく最低水面モデルの作成を進めている。日本海沿岸を選んだのは、潮汐の振幅が限定的であり、黒潮のような大きな変動もないためである。港湾区域については、港湾管理用基準面に関わる変更となるため、最初の公開からは除く予定である。

2.2.6 解像度

作成に当たって「ジオイド 2024 日本及びその周辺」(国土地理院, 2025c) も参照するため、これまでは緯度 1 分、経度 1.5 分間隔を基本に考えていたが、実際作成を進めたところ、半島の両側の差異や海峡での変化、区域の境界を適切に表現するため、多くの海域で、より細かい間隔の必要性が判明した。具体的には最小で緯度 5 秒、経度 6 秒間隔を視野に入れている。基準面のデータは海洋情報部のホームページで公開し測量ソフトで取り扱われる予定であり、格子間隔はファイル容量やソフトでの取り回しに効いてくるため、具体的な間隔は提供方法や圧縮の有無も含め検討中である。

3 平均水面の構築の詳細な検討

3.1 験潮所データの比較検討

5 年以上の潮位データとしては、実際に海面を長期間連続して観測している常設験潮所が筆頭に

考えられる。常設験潮所の観測基準面(潮位の零位)は、験潮所内に存在する固定点(球分体等)からの高さ(深さ)で定められている。観測基準面自体は仮想的な面であるが、固定点は験潮所に実在しており、地球楕円体から見ると、験潮所がある地盤が上下すれば、固定点や観測基準面も験潮所とともに上下する。

最低水面モデルの作成に当たっては、観測期間中の各常設験潮所の観測基準面と地球楕円体との高さ関係を求め、地球楕円体基準の平均水面の高さ(平均水面の楕円体高)を算出することが必要となる。験潮所ごとに取得可能な測量成果や GNSS 観測結果を考慮し、以下 3.1.1 ~ 3.1.3 の方法で平均水面の楕円体高を算出する。

3.1.1 GPS-P 点のある常設験潮所

国土地理院の験潮場や気象庁の一部の検潮所では GPS 連続観測点に取り付けられており、これを GPS-P 点という。こうした常設験潮所では、平均水面の楕円体高の算出に必要な観測基準面と地球楕円体との関係が連続的に得られる。これら GPS-P 点の験潮所で得られる平均水面の楕円体高は、誤差が小さいことが期待され、面的に展開する際の基軸となりうる。なお、GPS-P 点のデータは概ね 2014 年から現在まで存在する。

3.1.2 常設験潮所と臨時 GNSS 測量

電子基準点が併設されていない常設験潮所であっても、スタティック法による臨時の GNSS 測量を行い、地球楕円体と観測基準面の高さの関連付けを行っていることがある。海洋情報部でも平成 28 年(2016 年)以降、幾つかの常設験潮所について臨時の GNSS 測量を行ってきた。この観測でも平均水面の楕円体高を算出できるが、臨時の GNSS 測量は約 5 時間と限られた観測であり、大気の状態や衛星配置などに起因する観測ごとのばらつきが大きい。さらに、観測地点の遮蔽物の有無や実施者の技量差などに起因するばらつきも含まれるため、GPS-P 点に比べ精度が低いと考えられる。

3.1.3 常設験潮所と水準標との水準測量

適切に管理されている常設験潮所では、定期的に国土地理院の水準標との水準測量を行い、観測基準面の標高（東京湾平均海面からの高さ）を求めていることが多い。観測基準面の標高に適切な地盤変動やジオイドの補正をすることで、地球楕円体からの観測基準面の高さや、平均水面の高さを算出することができる。しかしこれらの水準測量は、水準標までの距離や実施時期がまちまちであり、それらに起因した誤差が入り得る。

3.1.4 常設験潮所で算出した平均水面の高さの比較

上記 3.1.1 ~ 3.1.3 で求めた験潮所の平均水面の楕円体高の検証を行った。ここでは、2015 ~ 2019 年の 5 か年の平均水面の楕円体高からジオイドを差し引き、標高基準に変換したものをを用いて、後述の海洋再解析データ MOVE-JPN 2020 の力学的海面高と比較した。験潮所で算出した平均水面の標高の分布を Fig. 2a に、比較結果を Fig. 2c に示す。Fig. 2a において複数の手法で算出できた験潮所については、各手法の標準偏差を考慮した最尤推定により平均値を求めた。MOVE-JPN 2020 の海面高は、全球平均海面を基準とした高さであるとみなし、全域一様のオフセット量を加

えて、標高基準に変換した (Fig. 2b)。

験潮所と MOVE-JPN 2020 の値の差を誤差の二乗平均平方根 (RMSE) で評価すると、GPS-P 点は 0.036 m, 臨時 GNSS 測量は 0.063 m, 水準標との水準測量は 0.040 m だった (Fig. 2c)。GPS-P 点の値は MOVE-JPN 2020 の値とかなり近い値を示しており、水準標との水準測量がそれに続いた。一方、臨時 GNSS 測量による値は、水準標との水準測量の値よりも MOVE-JPN 2020 の値から離れていた。

3.1.5 臨時潮汐観測

海洋情報部が実施する臨時潮汐観測は、数日~数ヶ月、長くとも 1 年程度の期間、港湾の岸壁等に簡易験潮器を設置して行う潮汐観測である。これ単独では 5 か年平均を作成できないため、通常は常設験潮所との短期平均水面比較 (佐藤, 2020) によってその地の平均水面を算出する。近年では、併せて GNSS 測量により地球楕円体と関係付けをしていることも多く、臨時潮汐観測の結果を用いて平均水面の楕円体高を算出することも可能である。

しかし、佐藤 (2020) で指摘されているとおり、平均水面には季節変動が存在するため、短期平均水面比較の方法では、5 か年平均水面が 10

2015-2019年の平均水面の標高 (東京湾平均海面からの高さ) (単位: m)

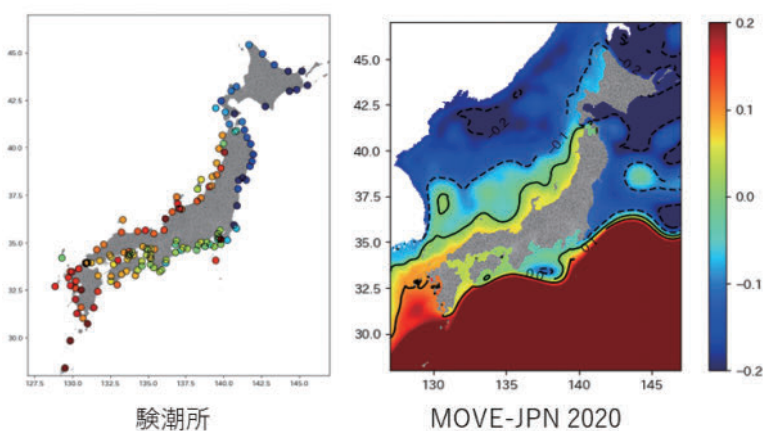


Fig.2a

Fig.2b

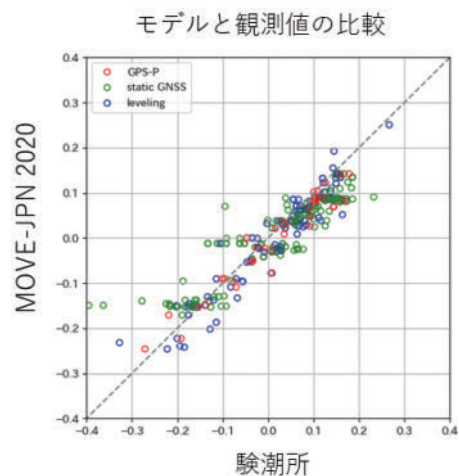


Fig.2c

Fig. 2. Comparison of mean sea levels by permanent tide stations and by MOVE/MRI.COM-JPN Dataset.

図 2. 常設験潮所と MOVE-JPN 2020 による平均水面の比較。

cm 程度の誤差を持つ場合がある。そのため臨時潮汐観測で得た平均水面を、最低水面モデルの作成に直接使用する予定はない。しかしながら、周辺の常設験潮所と比較することで、作成した最低水面モデルの空間変化について、大きな齟齬が無いことの確認には使用できる。

3.2 海洋モデルによる補間の検討 (点から面へ)

常設及び臨時の験潮所は、空間的には点のデータである。その数も数十点であり、最低水面モデルとしては、面のデータにする必要がある。点間を補間するため、海洋モデルの使用について検討する。

3.2.1 衛星海面高度計データセット C3S Sea Level vDT2024

人工衛星から海面の高さを測定する衛星海面高度計は、地球楕円体基準で海面の高さを直接測っている。複数の衛星による長期間のデータが存在するため、ある程度面的に平均水面の地球楕円体からの高さを得ることができる。

衛星海面高度計データを集計しグリッド化したデータセットには、C3S (the Copernicus Climate Change) による C3S Sea Level vDT2024 がある (Copernicus Climate Change Service, Climate Data Store, 2018)。このデータセットの解像度は緯度 0.25 度、経度 0.25 度であり、現在、1993 年から 2024 年のデータが公開されている。一方、2.2.6 で述べた最低水面モデルで求める基本の解像度は、緯度 1 分、経度 1.5 分であり、C3S Sea Level vDT2024 では力不足である。ただし、沖合についてはそこまでの解像度は必要無いと思われるため、沖合の検証には十分使用できると考えられる。

3.2.2 日本沿岸海洋再解析データセット MOVE/MRI.COM-JPN Dataset

次に、気象庁が開発した海洋モデル・データ同化システムによる「日本沿岸海洋再解析データセット」(MOVE-JPN 2020) (広瀬・他, 2020)

を検討した。このデータセットには力学的海面高度も含まれており、水平解像度は約 2 km である。最低水面モデルで求める基本の解像度、緯度 1 分、経度 1.5 分は距離になおすと、緯度方向は約 1.85 km、経度方向は約 2.26 km (日本経緯度原点の緯度で概算) であり、同程度の解像度である。MOVE-JPN 2020 は 2008 年 1 月 1 日から 2019 年 12 月 31 日が公開されている。同期間の P 点常設験潮所の潮位と大きな齟齬は無く、沿岸部も十分表現していることが期待できる (Fig. 2)。一方、最低水面モデル作成で欲しい 2019 ~ 2023 年とは期間に差異がある。気象庁の日本沿岸海況監視予測システム (MOVE-JPN) (気象庁, 2020) 自体は、気象庁で運用され続けているため、2020 年以降も予報としては存在する。

3.2.3 全球海洋再解析データセット GLORYS12V1

EU が進める地球観測計画「Copernicus 計画」の中には海域監視サービス CMEMS (the Copernicus Marine Environment Monitoring Service) があり、その一環で全球海洋再解析データセット GLORYS12V1 (Copernicus Marine Service, 2025) が作られている。

大気強制力には ECMWF の ERA5 大気再解析値を使用しており、衛星で取得された海面偏差や海面温度、海水密度、水温塩分のプロファイルが同化されている。1993 年 ~ 直近約 1 か月前までのデータが Copernicus Marine Data Store よりダウンロード可能である。

GLORYS12V1 の水平解像度は $1/12^\circ$ 、つまり 5 分である。MOVE-JPN やその再解析である MOVE-JPN 2020 の解像度には及ばないが、データが長期間連続して揃っており、海面上昇の変化量の把握には適していると考えられる。具体的には 3.2.2 で述べた「2015 ~ 2019 年の平均水面」を「2019 ~ 2023 年の平均水面」にシフトするための、変化量の算出には有用と考えている。

3.3 総合的な検討結果

3.1 と 3.2 のデータの概要及び期間は Fig. 3 のとおり。最低水面モデル作成で欲しい 2019 ~ 2023 年の平均水面の作成方法については、現在大まかに 2 つの方向で検討している。

1 つ目は、Fig. 4 のように、2015 ~ 2019 年の MOVE-JPN 2020 で 5 か年平均水面を作り (Fig. 5)、常設験潮所や衛星海面高度計のデータの水位から求めた変化量を加味する方法である。変化量については更に選択肢があり、変化量を全海域一律にする方法、幾つかの海域に分けて定める方法、細かい格子点で決める方法 (Fig. 6) がある。2025 年 11 月現在もまだ試行錯誤中である。

2 つ目は、2019 年の MOVE-JPN 2020 と MOVE-JPN の 2020 ~ 2023 年のデータで 5 か年平均水面を作る方法である。しかし MOVE-JPN は 2020 年 10 月 28 日に運用を開始したため、それ以前のデータが無く、約 10 ヶ月の空白を何らかの方法で補填する必要がある。

データの的には、日々現業で更新されている

MOVE-JPN より、MOVE-JPN 2020 の方がより正確に海面を表現していることが期待できるため、1 つ目の方法を軸に検討している。

3.4 港湾区域における検討

港湾区域については、日本沿岸全体を一定の手法で作成した後、別途、平均水面及び最低水面のジオイドからの高さ (標高)、 Z_0 が港湾内で一定になるよう作り直す計画である。国土交通省港湾局所管の港湾において、当庁の定める最低水面は、港湾管理用基準面 (旧名: 港湾工事事用基準面) として浚渫等の港湾工事の基準面としても使用されている。港湾内で最低水面の標高を一定にするということは、標基準の最低水面を港湾内に水平的に延長する、という従来の操作と同意義である。こうすることによって、港湾内においては引き続き単一の水準面を基準面として使えるよう、最低水面モデルを整備する予定である。

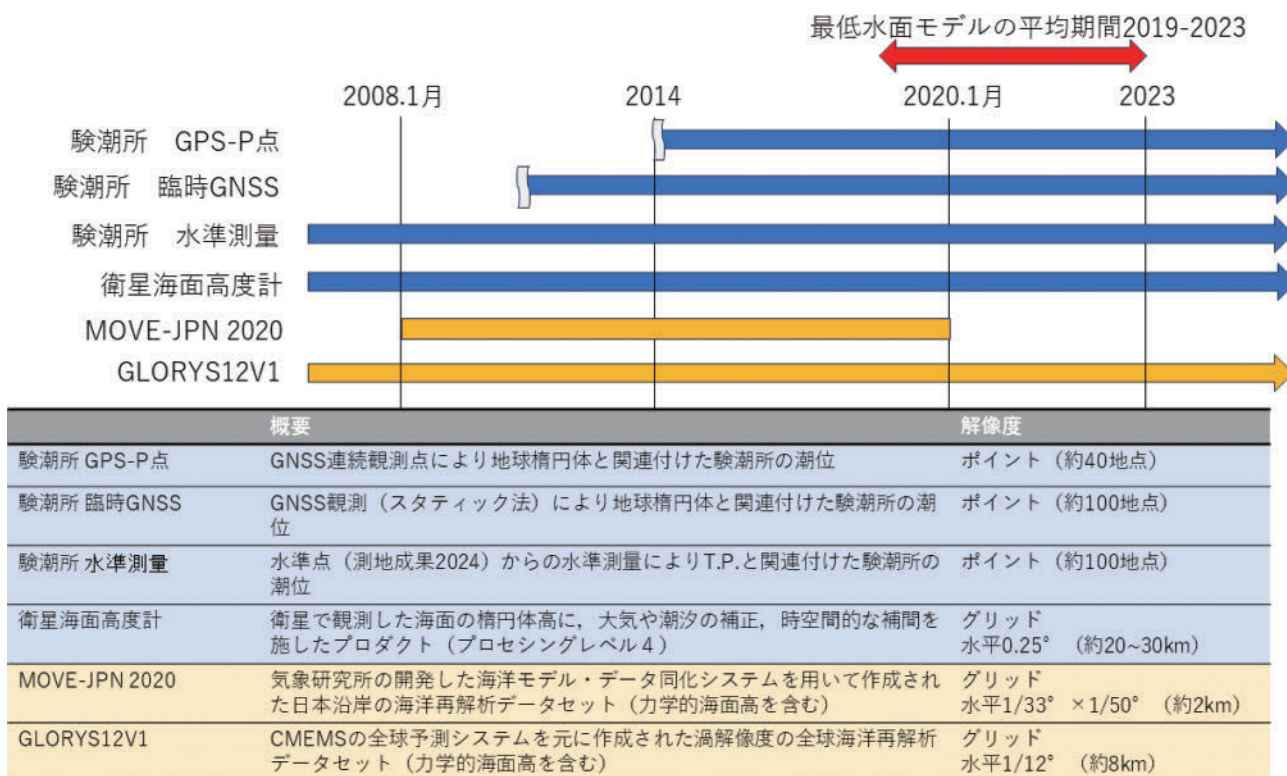


Fig. 3. Overview of observations and ocean model.

図 3. 各観測やモデルの概要。

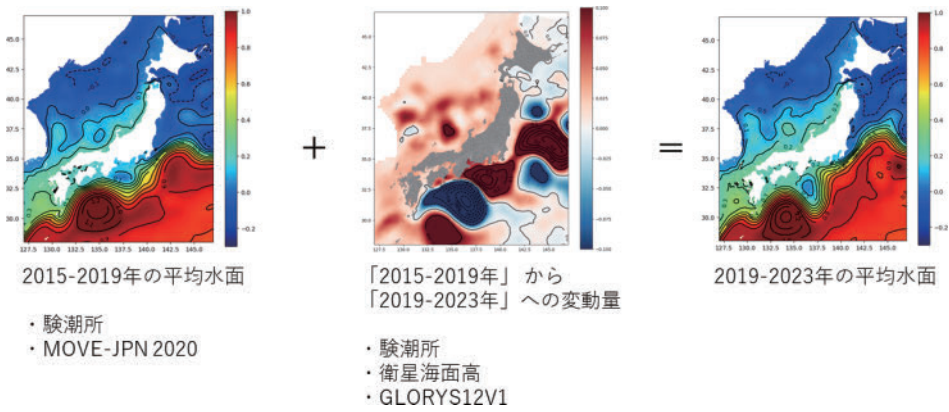


Fig. 4. Diagram of creation method for the mean sea level.

図 4. 平均水面の作成方法案のイメージ.

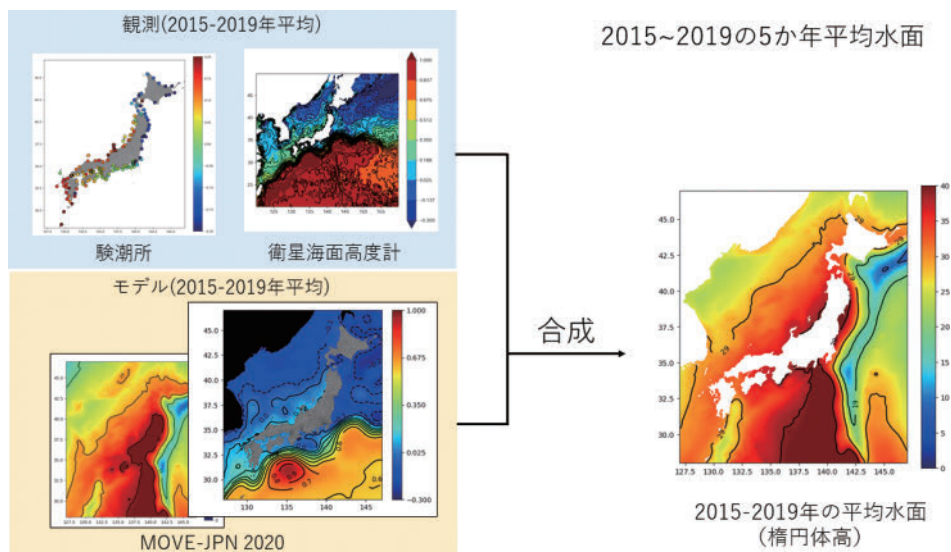


Fig. 5. Diagram of creation method for the five-year mean sea level from 2015 to 2019.

図 5. 2015 ～ 2019 年の 5 か年平均水面の作成イメージ.

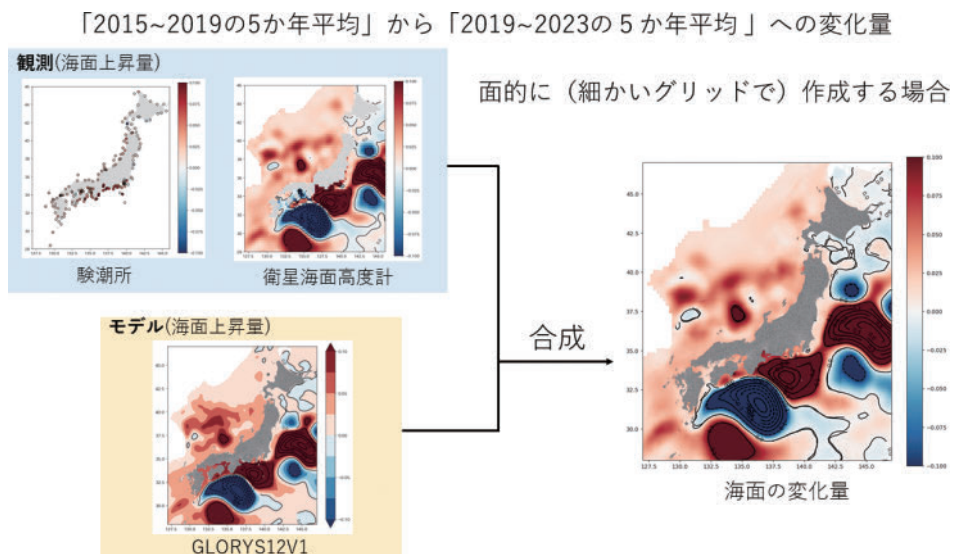


Fig. 6. Diagram of creation method for spatial distribution of sea level change.

図 6. 海面変化量の算出イメージ.

4 今後の課題

4.1 全域整備と将来の更新

楕円体基準の基準面は、今後、数年かけて日本沿岸全域を整備して行く予定である。港湾区域については港湾管理者を始めとした複数の関係者との調整が必要となる。

現在作成している基準面は20年程度使い続けることが可能となる見込みだが、その先の更新に向けて、常設験潮所を始めとした海面の監視は今後も継続して行う必要がある。

4.2 黒潮の影響

日本の南側を流れる黒潮は、流速も流量も大規模であり、流軸を挟んで約1mの水位差がある。黒潮の流路には幾つかパターンがあり、特に伊豆諸島の北寄りの各島については、黒潮が島の北を通るか南を通るかによって平均水面に大きな差が生じる。この差は、基準面の設定において航海安全の観点から無視できない。そのため、大島、神津島、三宅島、御蔵島、八丈島について、現行の平均水面、最低水面は、黒潮がその島の南側を通過し水位の低くなった期間で作成されている。この海域の最低水面モデルの作成にはまだ着手していないが、2019～2023年ではなく、現行の最低水面を引き継ぐ方向も考えられる。

4.3 Z_0 と LAT

自然の潮汐の変化は連続的である。0.10mという段差は、現代の水路測量において、まず問題とならない程度の段差であるが、他の目的の調査の際は留意する必要がある。海底地形の形状や傾斜の分布から地質学的な議論を行うなど、現実に即した詳細な海底地形が求められる調査では離散的な Z_0 によって生じる段差が何らかの現象と誤認される可能性も考えられる。

将来、最低水面モデルを更新する際には、より空間的に滑らかな Z_0 を採用することも選択肢に入るだろう。また、現行の略最低低潮面（平均水面から主要4分潮の振幅の和だけ下げた面）ではなく天文最低低潮面（LAT）の採用も選択肢に入

るかもしれない。

5 まとめ

最低水面モデルの作成の要点となる平均水面と Z_0 について議論し、方針や具体的な作成方法について基本的な方向性を提示した。作成は現在進行中であるため、流動的な部分も多いが、本稿で示した方針と方法で、日本沿岸全域の最低水面モデルを作成できる目途が立ったと言えるだろう。

最低水面モデルの公開までには、規則の改正や、マニュアルの作成、港湾管理者との調整もあり、まだ先は長い。本稿が今後20年の指針になれば幸いである。

文 献

Copernicus Climate Change Service, Climate Data Store (2018) Sea level gridded data from satellite observations for the global ocean from 1993 to present, <http://cds.climate.copernicus.eu/datasets/satellite-sea-level-global/>, Accessed 12 November 2025.

Copernicus Marine Service (2025) https://data.marine.copernicus.eu/product/GLOBAL_MULTITYEAR_PYS_001_030/description, DOI:10.48670/moi-00021, Accessed 12 November 2025.

広瀬成章, 坂本 圭, 碓氷典久, 山中吾郎, 高野洋雄 (2020) 日本沿岸海況監視予測システム10年再解析値 (JPN ATLAS 2020), 気象研究所技術報告, 83.

海上保安庁 (2024) 水路測量業務準則施行細則 (令和6年8月5日保海沿72号).

海上保安庁 (2025) 平均水面, 最高水面及び最低水面一覧表, <https://www1.kaiho.mlit.go.jp/TIDE/datum/index.html>, Accessed 8 Sep 2025.

気象庁 (2020) 日本沿岸海況監視予測システムの概要, https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/db/kaikyo/knowledge/move_jpn/system.html, Accessed 28 Aug 2025.

気象庁 (2025) 日本沿岸の海面水位の長期変化傾向, https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/shindan/a_1/sl_trend/sl_trend.html, Accessed 28 Nov 2025.

国土地理院 (2025a) 令和7年4月1日に基準点の標高成果を改定します, https://www.gsi.go.jp/WNEW/PRESS-RELEASE/keikaku61003_00001.html, Accessed 14 Nov 2025.

国土地理院 (2025b) 令和6年度調査研究年報 重力観測によるジオイド監視に関する調査・検討, <https://www.gsi.go.jp/common/000273018.pdf>, Accessed 2 Dec 2025.

国土地理院 (2025c) ジオイド・モデルの概要, https://www.gsi.go.jp/buturisokuchi/grageo_geoidmodeling.html, Accessed 3 Dec 2025.

松本良浩, 土屋主税, 山野寛之, 住吉昌直 (2019) 諸外国の事例にみる鉛直基準面モデル構築の取り組み, 海洋情報部研究報告, 57, 87-100.

大久保匡騎・住吉昌直・伊能康平・小林研太・土屋主税・野澤理香・栗田洋和・小川 遥・長野勝行・山野寛之・吉澤 信・熊谷卓也・安原 徹 (2022) 日本沿岸域における楕円体高基準水深測定の標準手順確立に向けて: 測深データ処理の試行と水深データの検証, 海洋情報部研究報告, 60, 16-28.

林王弘道, 佐藤勝彦, 瀬尾徳常, 南部正裕 (2025) 日本沿岸域における楕円体基準水深測定の標準手順確立に向けて (3): 験潮との差異の要因分析と最低水面モデル構築への示唆, 海洋情報部研究報告, 63, 29-41.

佐藤 敏 (2020) 水路測量に係る平均水面の求め方の問題点, 海洋情報部研究報告, 58, 100-108.

塩澤舞香, 住吉昌直, 伊能康平, 鐘尾 誠, 山野寛之, 杉山伸二, 長野勝行, 瀬尾徳常, 齊藤康仁, 小池未空時, 吉澤 信, 豊鷲見淳史, 高橋信介, 栗田洋和, 小川 遥, 安原 徹 (2023) 日本沿岸域における楕円体基準水深測定の標準手順確立に向けて (2): 日本海

(山口県西方) の水深データを用いた精度検証, 海洋情報部研究報告, 61, 48-61.

田井 明, 齋田倫範, 矢野真一郎, 扇塚修平, 小松利光 (2011) 全球的な外洋潮汐振幅の長期変化について, 土木学会論文集 B2 (海洋工学), 67, [2], 331-335.

高畑亮太, 小林研太, 野元翔太, 松本良浩, 堀内大嗣 (2025) 楕円体基準水深測定の瀬戸内海における精度検証と後処理キネマティック解析に使用する電子基準点の配置の違いによる影響評価, 海洋情報部研究報告, 63, 42-52.

要 旨

海洋情報部では, 近年, 新しい潮高改正手法を採る水深測量, 楕円体基準水深測量について, その手法や精度について検証を行ってきた. 楕円体基準水深測量の実用化と普及には, 実際の海面の高さや現行の基準面と整合した最低水面モデルを, 各海域で整備する必要がある. 本稿では, 日本全国の沿岸域をカバーする最低水面モデルの整備に向け, その設計・運用方針や作成方法の概要を, 検討中の項目も含めて記述した. 特に, 最低水面モデル作成の根幹となる, 地球楕円体基準の面的な平均水面の構築においては, 常設験潮所や衛星海面高度計, 海洋モデルの利用可能性を検討した.