

(申請例 1)

【波浪】予想の方法（予測値補正手法：予報資料を基に現業的に行う予報作業の一例）

概要

予報資料（波浪数値予報モデルや気象庁の波浪予報を想定）をベースに、モデル特性（参照する予報資料がモデル出力の場合）や実況、風の予想に基づいて補正を施して波浪予報を作成する手法について申請例を記します。ここに示すのは一例であり、事業者ごとの実体やニーズに合わせて、作業手順の構成や補正手法の取捨を行ってください。また、必要に応じて図表、別紙等も用いてください。なお、独自に開発した手法を妨げるものではありません。

赤字は「波浪の予報業務許可等の申請の手引き」¹の付録 波浪の予想の方法（維持管理を含む）に関する審査上のポイント（P63～）における章番号を示します。

青字は補足事項を示します。

Ver.1 2024.11.29（気象庁）

¹ https://www.jma.go.jp/jma/kishou/minkan/tebiki/harou_tebiki.pdf

現象の予想の方法

株式会社〇〇

【予想の方法の概要】

※予想の方法の概要をご記載ください。

〇〇日先までの波浪の予想には〇〇が提供する〇〇の領域を対象とした波浪数値予報モデル（以下、波浪モデル）の出力結果を用いる。波浪モデルの出力結果と気象場及び波浪実況を確認し、必要に応じて以下を考慮して波浪モデルの出力結果を補正したものを予報とする。

- ・ 〇〇の波浪モデルの公表されているモデル特性を踏まえた補正。
- ・ 〇〇の波浪モデルには〇〇による風予測が入力値として与えられており、入力値と実際の風予報に差が認められる場合は、それに沿った補正。
- ・ 実況と波浪モデルの差異に沿った補正。
- ・ 経験や局所的な地形効果など、独自の知見による補正。

また、〇〇日先を超え〇〇日先までの波浪の予想には〇〇を用いて…

【予想の方法の詳細】

1 予想の対象

予報する項目	予報する波の諸元	予報の最小単位	予報期間 (出力間隔)
波高	(例) 有義波高	〇m	〇日間先まで (〇時間間隔)
周期	(例) 卓越周期	〇秒	
波向	(例) 平均波向	〇°	

予想の対象（予報する項目、予報する波の諸元（有義波高、最大波高など）、予報の最小単位、予報期間）についてご記載ください。

2 波の予想に用いる入力データ

波浪モデル：〇〇（出典：〇〇、バージョン：〇〇）

※必要に応じて諸元表を添えてください。（別紙に記載例あり）

波浪モデルへの入力値となる気象モデル：〇〇

※必要に応じて諸元表を添えてください。（別紙に記載例あり）

風向風速予報：〇〇

※〇〇より入手する予報、自らの気象予報士により実施する予報、などと記載ください。予測時間（出力間隔）についてもご記載ください。

実況データ：〇〇

※データの入手元の機関名、地点の名称を記載ください。地点数が多い場合は地点の

一覧表（自由形式）を添えてください。

(→1.1)

数値予報モデル（波浪モデルへの入力値とする気象・海洋モデル含む）、風向風速予報、実況データ、地形データなど、波浪の予想に用いるデータをご記載ください。審査において予想の妥当性を確認するために必要な情報（モデルのバージョン・スペックなど）も説明してください。

3 予想の方法（〇〇日先まで）

3-1. 予報資料の確認

波浪モデルの出力結果、気象庁の波浪予報、気象場及び波浪モデルと実況のずれを確認する。補正の必要があれば補正量の検討に進む（3-2 へ）。補正の必要がなければ波浪モデルの出力結果をそのまま採用して予報とする（3-3 へ）。

3-2. 補正量の検討

3-2-1. SMB 法による補正

以下の観点により波浪モデルの出力値の補正の要否を検討する。補正が必要な場合は、SMB 法により波高・周期を見積もり直す。（補正量決定の根拠の一例として、気象庁においては SMB 法²を採用しています。実際に行う補正量の検討過程・補正の根拠を記して下さい。）

- ・ 〇〇に公開されている波浪モデルの特性
- ・ 波浪モデルへの入力値（〇〇）と独自の風予報の差異
- ・ 波浪実況と波浪モデルの差異

3-2-2. 経験則や局所的な地形効果など、独自の知見による補正

- ・ 〇〇を満たす場合、この地域においては〇〇となる傾向が認められるため、〇〇の補正を実施する。（独自の知見の場合、補正条件に対応する補正量を明示してください（「風速〇〇m/s につき波高〇〇m 補正」など）。一般に認められた根拠文献（論文など）や過去事例を提示してください。）

3-3. 予報プロダクトの成形及び補正の反映

ユーザーのニーズに合わせた波浪モデル GPV の成形（任意のグリッドの時系列データを抜き出す、または任意の予報対象海域から日最大有義波高を抜き出すなど）を行い、3-2 の検討の結果必要となる補正を反映または解説を付し、予報プロダクトとする。

この際、合成波高は風浪成分とうねり成分の波高の二乗和の平方根として定義し、

² https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/expert/pdf/r6_text/r6_harouyosoku-jirei.pdf の第 4 章に詳しい。

周期及び波向きについては、風浪及びうねりのうち卓越する成分のものを採用する。
(周期、波向きの記述については卓越周期を採用する場合の例)

(→1.2.4)

予測値補正手法について、その根拠、過程を記載いただきます。なお、台風時は気象庁の波浪予報を採用する場合はここでその旨に言及してください。その場合は独自予報ではないので検証も不要です。

4 予想の方法 (〇〇日先以降)

「3 予想の方法」と異なる手法を用いる場合は、こちらに記載してください。

...

(→1.2.4)

5 予想の妥当性の確認

5-1. 検証用データ

検証には気象庁の沿岸波浪実況図から読み取った波高、周期、波向きのデータ (〇〇m、〇〇秒、〇〇度単位) を用いる。(気象庁の沿岸波浪実況図を用いる場合の例)

波浪の諸元は予報プロダクトに合わせることにし、以下の手順で検証用データを加工する。…。

検証用データとしては、現地観測データ、気象庁の沿岸波浪実況図、沿岸波浪実況格子点資料などが想定されます。比較の際は、検証用データの諸元 (有義波であるか、平均波であるか、最大波であるか、など) に留意してください。観測データと比較した場合は、観測施設・観測データの仕様を明示してください。

5-2. 検証パターン

(補正手法ごとに妥当性を確認)

- ① SMB 法による再見積もりによる補正
- ② 経験則や局所的な地形効果など、独自の知見による補正
(事例調査)
- ③ 台風事例 (個別の事例 (①②) に台風事例を含んでいない場合は必須)
- ④ 低気圧による高波事例 (個別の事例 (①～③) で台風事例を検証していない場合は必須)

(統計的検証)

- ⑤ 統計的検証 (③または④の事例調査は必須)

5-3. 検証結果

- ① SMB 法による再見積もりによる補正

〇〇年〇〇日〇〇～〇〇初期値の波浪モデルにおいて、〇〇～〇〇の期間は〇〇沿岸で〇〇という状況であったため（図1←例示しませんが、説明の際に適宜図示してください。以下同様です。）、モデル特性により波高の上方修正が必要と判断した。SMB 法により波高及び周期を見積直し、予報値を修正した。波浪実況図と比較したところ、〇〇～〇〇にかけては補正前と比較して適切な予報となった。さらに、〇〇時発表の〇〇時の予報は擾乱の通過の影響で、実況が予想に比べて大きかったため、実況確認による補正も行い、波向き（〇〇→〇〇）含め補正した。補正の結果、適切な予報となったことが確認された（表1）。

予報対象時刻		〇月〇日〇時	〇月〇日〇時	〇月〇日〇時	〇月〇日〇時
〇月〇日〇時発表	補正前	〇〇m、〇〇s	〇〇m、〇〇s	〇〇m、〇〇s	〇〇m、〇〇s
	補正後	〇〇m、〇〇s	〇〇m、〇〇s	〇〇m、〇〇s	〇〇m、〇〇s
〇月〇日〇時発表	補正前		〇〇m、〇〇s	〇〇m、〇〇s	〇〇m、〇〇s
	補正後		〇〇m、〇〇s	〇〇m、〇〇s	〇〇m、〇〇s
実況波浪図		〇〇m、〇〇s	〇〇m、〇〇s	〇〇m、〇〇s	〇〇m、〇〇s

表1（様式は問いません。検証内容に合わせて図表を用いてください。）

② 経験則や局所的な地形効果など、独自の知見による補正

…（①の例を参照、波向きについても補正する場合は記載してください）

③ 台風事例

〇〇年台風第〇〇号の事例を対象に予想の妥当性を検証した。台風の予想には気象庁の台風情報を用い、波浪モデルの予想を補正している。また、台風の勢力がモデルよりも強い（弱い）傾向で経過していたことから、うねり成分も修正した。一連の発表予報と実況波浪図との比較を表2（〇〇沿岸）、表3（〇〇沿岸）に示す。補正により適切な予報となっていることが確認されたが、台風の接近がまだ先である時点での予報は、その後の台風予報の変化により、発表予報の精度はあまり向上しないことがわかる。

④ 低気圧による高波事例

〇〇年〇〇月〇〇日の低気圧の事例を対象に予想の妥当性を検証した。本事例では低気圧が予想よりも発達して通過したため、実況に合わせた風浪の補正および低気圧を波源とするうねりの補正を実施している。一連の発表予報と実況波浪図との比較を表4（〇〇沿岸）、表5（〇〇沿岸）に示す。補正により適切な予報となっていることが確認されたが、発表予報においてもうねりの影響期間を過少に評価している点、予報の特性として留意が必要となる。

⑤ 統計的検証

〇〇年〇〇月～〇〇月の各日を対象に予想の妥当性を検証した。検証は、北海道太平洋側（〇〇沿岸）、日本海（〇〇沿岸）、本州東岸（〇〇沿岸）、本州南岸（〇〇沿岸）

岸)、東シナ海(〇〇沿岸)を対象に、発表時刻から〇〇時間先と〇〇時間先について、補正の前後の波高、周期、波向きのそれぞれに対して、RMSE とバイアスを求めて評価した(表 6)。その結果、本予測の精度は…であり、…である傾向が確認された。

(→1.3)

統計スコア(バイアス、RMSE など)や事例調査などで予想の妥当性を検証し、結果を記載してください。事例調査のみの場合はすべての補正手法(本申請例では 3-2-1~3-2-4)について少なくともそれぞれ 1 事例ずつは検証してください。その中に台風事例(台風事例がない場合は低気圧による高波事例)が含まれない場合は別に事例を挙げて検証してください。統計スコアを用いる場合は補正手法ごとの検証は必須ではありませんが、台風(台風事例がない or 台風時は気象庁予報を採用する場合は低気圧による高波)の事例調査は行ってください。

検証方法及び事例や期間は予報の目的や対象地域に応じて選定してください。

6 予報の利用にあたって留意すべき点

- ・ …
- ・ …
- ・ 本波浪予報に用いる波浪数値予報モデルの特性上、〇〇の場合は〇〇となる可能性があります。
- ・ 本波浪予報には〇〇の効果を考慮していないため、〇〇の場合は〇〇となる可能性があります。

(→1.4)

波浪に関する予報業務許可に付す条件³として「現象の予想の精度や不確実性に関する補足事項を利用者に伝達すること。」を定めており、ここに記載する項目は利用者に伝達すべき内容となります。予想の方法に沿った内容(予報の妥当性の確認結果や考慮していない要素を踏まえた予報の特性)を記載してください。

7 維持管理

「5 予想の妥当性の確認」に示した方法により予報の精度検証を年に〇〇回実施する。その結果、予報プロダクトの特性や新たなモデル特性が判明した場合は、「3 及び 4 予想の方法」に反映または「6 予報の利用にあたって留意すべき点」に追記することとする。

³ https://www.jma.go.jp/jma/kishou/minkan/kyoka_jouken.pdf

(→1.5)

定期的に予想結果の妥当性を確認するための具体的な方法及びそれを踏まえた対応方針について記載してください。

8 参考文献

出典等参考文献（論文や WEB サイトの URL 等）を記してください。

波浪数値予報モデルの諸元表

モデルのタイプ	(MRI-III、WAM 等のモデルの名称を記す)
計算領域	(緯度及び経度の範囲を記す)
格子間隔	(緯度経度座標系の場合は緯度方向及び経度方向の間隔を記す、それ以外の座標系の場合は個々の格子の間隔を記す)
スペクトル成分	(各格子の周波数及び方位の成分数、並びに周波数成分及び方位成分の間隔を記す)
外力	(外力に用いるモデル名とその大まかな仕様を簡潔に記す)
初期時刻	(モデルの初期時刻を UTC または JST で記す)
予測時間	(予測時間を記す、初期時刻により異なる場合は各初期時刻の予測時間を記す)