

メソアンサンブルを用いた高潮の予測不確実性情報の利用

倉橋 永(札幌管区気象台予報課)

小野 耕介(気象研究所)

1. 背景と動機

高潮の予測は、台風や低気圧の進路予測など大気側の予測に大きく左右される。このため、高潮防災では気象予測の不確実性を考慮することが肝要だが、気象庁において高潮アンサンブルが実行されるのは、台風発生時のみとなっている(気象庁, 2022)。また、その高潮アンサンブルが表現する不確実性は、台風の予報円を基準に台風中心を均等に配置する処理に基づいているため、提供される不確実性情報には気象モデルに基づく気象場の時間発展が反映されていない。

そこで、本研究ではメソアンサンブル(Ono et al. 2021; 河野ら, 2019、以下 MEPS)を気象外力として高潮アンサンブルを実行し、顕著な高潮事例における高潮予測の不確実性情報の作成及び利用可能性について調査した。本調査では時間の限られる現業の防災情報作成における利用を想定している。また、高潮モデルの気象外力として用いる海上風は、沿岸では湾の形状や周辺の山など地形の影響を受けやすい。MEPS の水平格子間隔は 5km と解像度が高いため、高潮モデルの気象外力として適していると考えられる。

2. 対象事例

2022 年 3 月 19 日から 20 日にかけて、総観規模の低気圧が発達しながら北海道太平洋側東部の沖を北東進した際、根室地方で発生した高潮事例を対象とした。この低気圧接近に合わせて、根室地方に高潮警報

(基準：潮位 120cm) が発表され、根室潮位観測地点(以下、根室)で最大潮位 93cm を観測した(最大潮位偏差は 46cm)¹。日本域高潮モデルの決定論的予測による潮位偏差は、観測値に比してかなり過大だった(図1のコントロール)。

¹ 潮位は基準面(根室も含めほとんどの観測点で東京湾平均海面)から計った海面の高さで、波浪など短周期の変動を平滑除去したもの。潮位偏差は、天体の動きに起因する潮位変動(天文潮)を潮位から差し引いたもので、天文潮を除いた潮

3. 手法

潮位偏差を計算する高潮モデルとして、気象庁の日本域高潮モデル²(林原, 2011)を用いた。この高潮モデル(予報変数は潮位偏差と流速)に入力する気象外力(海面気圧と海上風)として MEPS の各メンバーを用いることで、21 の日本域高潮モデルを実行して高潮アンサンブルとした。初期時刻には 2022 年 3 月 18 日 06UTC を選んだ。

不確実性情報の作成ではクラスター解析を用い、高潮アンサンブルから得られる 21 の予測結果を 4 つの予測シナリオに縮約する。低気圧の進路予測に注目するため、海面気圧を利用してクラスタリングを 3 時間ごとに行なった(Ono 2023)。また、クラスターを代表する値としてクラスター平均を用いた。

4. 結果

根室における潮位偏差時系列の観測値(赤)とアンサンブル予測を図 1 に示す。不確実性の観点からメンバー全体の広がり注目すると、アンサンブルは観測値(赤)を捕捉していること、コントロール(気象庁による日本域高潮モデルと同等)の予測は不確実性の広がり端に位置していることが分かる。しかし、アンサンブルの中にどのようなシナリオが含まれているかという観点では、個々のメンバーから短時間で把握することは難しい。一方で各クラスターの予測に注目すると、潮位偏差のピークが早くかつ大きいクラスター 2(黄)及び 4(青)と、潮位偏差のピークが遅くかつ小さいクラスター 1(桃)と 3(緑)に、予測シナリオが大別されると容易に解釈できる。また本事例では、コントロールやアンサンブル平均よりも、かなり観測値に近いシナリオ(クラスター 3)が作成されたことがわかる。

各クラスターの低気圧の中心位置に着目すると(図 2)、潮位偏差のピークが早くかつ大きかったクラスター 2

位変動を意味する。本事例では気象による変動が卓越している。

² 気象庁において日々運用している日本域高潮モデルでは、メソモデルを気象外力としている

と4では、低気圧進路が根室に近く進行も早い。また、潮位偏差が観測値に近いクラスター3では低気圧進路もメソ解析値に近い。このような根室の潮位偏差時系列と低気圧進路との関係は、2021年2月15日の事例でも確認できた。

5. 考察

以上の結果は、アンサンブル予報による高潮の不確実性を、低気圧中心の位置・示度という理解しやすい気象のシナリオにより解釈できることを示している。時間的制約のある現業の防災情報作成では、情報が理解しやすく迅速に把握できることが重要であるため、クラスター解析による予測シナリオの縮約は、現業作業で有用と考えられる。

また以上の議論は、MEPSと日本域高潮モデルを用いた高潮アンサンブルが高性能であるからこそ成立すると考えられる。MEPSは地形に影響された海上風を予測することに有利な解像度を持ち、気象モデルに基づく気象場に応じた適切な不確実性を提供できる。日本域高潮モデルも、湾などで水平解像度の高さを保ちつつ高速な計算を行うことができ³、高解像度のアンサンブル実行に適する。このように、MEPS外力による高潮アンサンブルは既存の高性能なモデルを有効活用することで実行可能であり、また有用な不確実性情報を提供し得るため、日々実行されることが望まれる。

謝辞

高潮アンサンブルの実行に際し、気象庁情報基盤部数値予報課地球システムモデル技術開発室高潮モデル担当作成のツールを利用させていただき、また、担当者から種々のアドバイスを賜りました。

参考文献

- Ono, K., M. Kunii, and Y. Honda, 2021: The regional model based Mesoscale Ensemble Prediction System, MEPS, at the Japan Meteorological Agency. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 147, 465-484.
- Ono, K., 2023: Clustering Technique Suitable for

Eulerian Framework to Generate Multiple Scenarios from Ensemble Forecasts. Wea. & Forecasting, 38, 833-847.

河野 耕平, 氏家 将志, 國井 勝, 西本 秀祐, 2019: メソアンサンブル予報システム. 令和2年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 9-15.

気象庁, 2022: 日本域台風時高潮確率予報システムの導入. 数値予報開発センター年報(令和4年), 気象庁数値予報開発センター, 31-33.

林原寛典, 2011: 気象庁の高潮数値予測モデルについて. 天気, 58, 235-240.

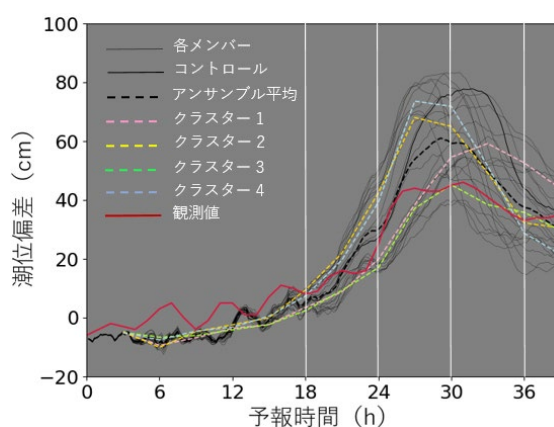


図1: 根室における潮位偏差時系列。赤実線が観測値、黒の実線が各メンバーの予測、破線がアンサンブル平均もしくはクラスター平均による予測。

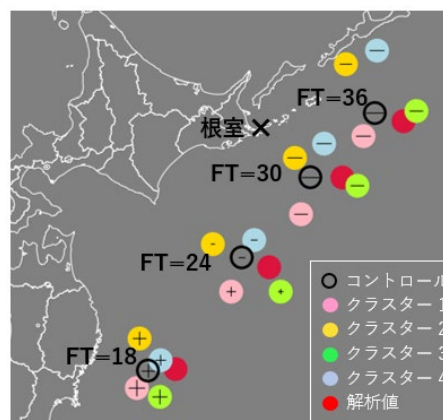


図2: 各予報時間の低気圧位置。円内の“+”, “-”は解析値に対する低気圧中心示度の予測誤差で、大きさがその程度を表す(中心位置の円と同じ大きさで10hPa)。各クラスターの予測については、クラスター内メンバーの低気圧中心位置(海面気圧最小値により決定)と示度を平均したものの。

³ 日本域高潮モデルの水平解像度は、アダプティブメッシュ

により水深によって異なり、浅い方から1, 2, 4, 8, 16km。