

気象庁メソアンサンブル予報システムの初期・側面境界摂動の改良

* 欠畑賢之, 國井勝, 河野耕平, 川田英幸 (気象庁情報基盤部数値予報課)

1. はじめに

気象庁では、メソモデル (MSM) の予測に信頼度・不確実性等の情報を付加することを目的として、メソアンサンブル予報システム (MEPS) [1]の運用を2019年6月に開始した。その後2020年9月には、MEPSの確率予測精度の更なる改善を目指し、初期・側面境界摂動の作成手法の改良を行った。本発表ではこの改良の概要について紹介する。

2. 初期摂動の改良

MEPSの初期摂動は、異なる時間空間スケールの不確実性を表現することを目的として、評価時間、水平解像度の異なる複数の特異ベクトルを線形結合して作成している[2]。このうちJMA-NHMの摂動予報モデル、随伴モデルに基づくメソ特異ベクトル (MSV) は、比較的長時間空間スケールの小さい不安定現象に対応する成長モードの捕捉を目的としたものだが、日本周辺域に顕著な降水が観測された事例において、南海上に偏在化してしまう傾向があった (図1左)。このような摂動は、線形成長と非線形成長のパターンが大きく異なる特徴を有していることもあり、日本付近の顕著現象に影響を及ぼす可能性は低いと考えられる。

南海上に偏在するMSVの傾向を調査したところ、下層の渦度が小さい領域で算出される頻度が高いことがわかった。そこで、これまで固定であったMSVのターゲット領域 (125°-145°E, 25°-45°N) を、925hPaの渦度が閾値以下となる格子点を除外するよう変更した。この変更を導入した結果得られるMSVのノルムのピーク分布を図1右に示す。この事例では、南海上の高気圧圏内の渦度が小さい領域がターゲット域から除外された結果、日本周辺の降水現象の不確実性に対応したMSVが算出されるようになった。

3. 側面境界摂動の改良

① 全球特異ベクトル (GSV) のターゲット域の変更

MEPSの側面境界摂動には、110°-170°E, 15°-50°Nをターゲット域とした全球特異ベクトル (GSV) の線形成長成分を利用している。予報後半において十分なスプレッドを確保するためMSVに比べターゲット域を広くしているが、特に夏季において領域北西端の砂漠/半砂漠域で

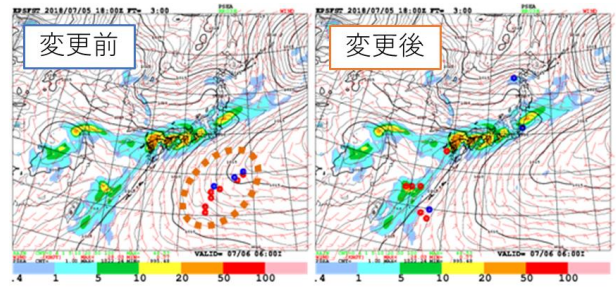


図1. 2018年7月5日18UTC初期値におけるMSV40 (水平解像度40km)のTEノルムピーク分布。左) 变更前、右) 变更后。

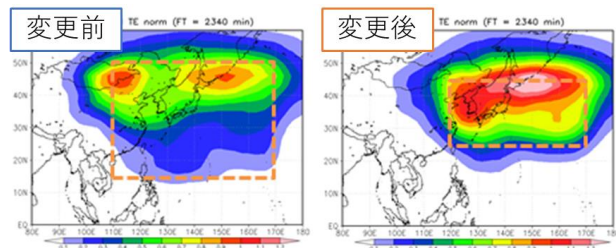


図2. 全球特異ベクトルのターゲット域と評価時間におけるGSV線形成長成分の分布の比較。左) 变更前、右) 变更后。分布は2018年6月18日から7月23日までの期間平均値で、最大値が1となるよう規格化している。

成長するGSVが頻繁に算出されることが判明した (図2左)。砂漠/半砂漠域に偏在化するGSVの利用は、日本周辺域の不確実性を評価するというMEPSの目的に沿わない。これを回避するためターゲット域を縮小し砂漠/半砂漠域を除外したところ、予報後半における日本周辺域の不確実性をより適切に表現することができるようになった (図2右)。なお、この変更により予報後半で日本周辺域のスプレッドが過小となることはなかった。

② GSV算出時のトータルエネルギーノルムの温度項の重み変更

GSVのノルムはトータルエネルギー (TE) で定義される。TEノルムの温度項の重みは任意性があるが、MEPSでは全球アンサンブル予報システム[3]と同じ値 (1.0) を用いていた。しかしMEPSにおいてはGSVによる温度摂動が過大となり、予報初期において温度のスプレッドが一時的に減少する傾向が見られた。このため台風アンサンブル予報システム[4]に倣った重み (3.0) に変更したところ、温度と東西風、南北風の初期摂動の比率が一般的な解析誤差の比率に近いものとなり、温度場の予報初期

のスプレッド減少傾向も改善された。

③側面境界摂動作成時の振幅調整と線形結合の適用順序の変更

従来の MEPS では側面境界摂動作成の際、各摂動の振幅を 500hPa の温度スプレッドが設定値となるよう調整を行った後、空間的に広がりを持った摂動を生成するために線形結合を行っていた。しかしこの方法では、下層で成長モードをもつ GSV の場合、振幅が過大評価されてしまい、計算安定性に悪影響を及ぼすことが判明した。そこで摂動生成の際、先に線形結合を適用して摂動構造を平滑化してから振幅調整を行うようにした。この変更によって下層の摂動過多が改善された。

4. 改良の効果

これらの改良の効果を確認するため、夏季、冬季期間を対象にそれぞれ 136 初期値ずつ実験を行い、従来の MEPS との比較検証を行った。アンサンブルスプレッドとアンサンブル平均の RMSE との比較 (図 3) では、冬季におけるスプレッド過大な傾向が改善されていることが確認できる。3 時間積算降水量のブライアスキルスコア (図 4) は、夏季、冬季ともに予報前半を中心に改善した。

改良の効果が確認できる事例として平成 30 年 7 月豪雨の事例を示す。図 5 は 2018 年 7 月 4 日 12UTC を初期時刻とした 9 時間後における前 3 時間降水量予測で、上段はコントロールランの予測と解析雨量、下段は改良前(左)と後(右)の MEPS による降水確率予測である。これを見ると、コントロールランや改良前の MEPS では予測できなかった熊本県付近の強雨域を、改良後の MEPS では捕捉できた。これは主に初期摂動の改良によって降水域周辺に MSV が算出されるようになり、降水予測の不確実性をより適切に捕捉できるようになった結果と考えられる。

5. まとめ

MEPS の初期・側面境界摂動の作成手法の改良を 2020 年 9 月に導入した。この改良によって、日本周辺域の予測不確実性がより適切に評価されるようになり、降水の確率予測精度が改善した。今後は、MEPS への物理摂動の導入を図るとともに、予報時間延長に向けた取り組みを行っていく。

参考文献

- [1] Ono, K., M. Kunii, and Y. Honda, 2020, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* (accepted).
- [2] 國井 勝, 2019: 数値予報課報告・別冊 66 号, 気象庁予報部, 90-95.

- [3] 経田 正幸, 2016: 数値予報課報告・別冊 62 号, 気象庁予報部, 52-57.

- [4] Yamaguchi, M., R. Sakai, M. Kyoda, T. Komori, and T. Kadowaki, 2009, *Mon. Wea. Rev.*, **137**, 2592–2604.

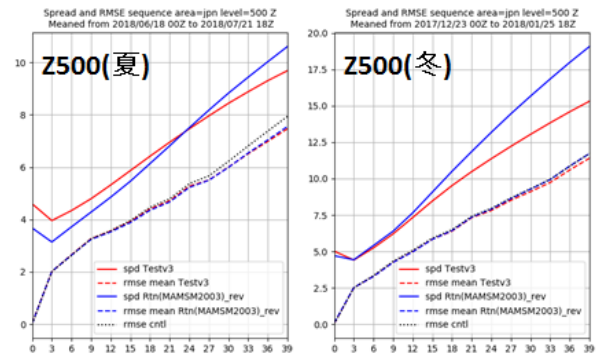


図 3. 500hPa の高度場のアンサンブルスプレッド(実線)とアンサンブル平均の RMSE(破線)。青線が変更前、赤線が変更後のもの。左) 夏季実験、右) 冬季実験。横軸は予報時間[h]。

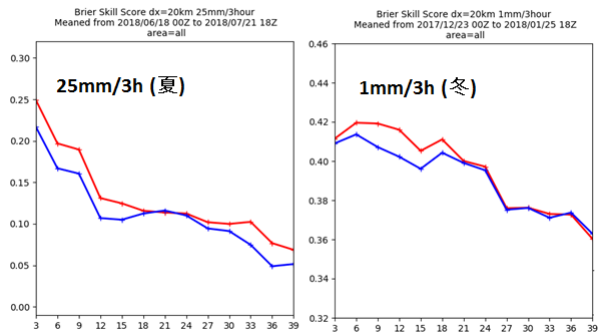


図 4. 3 時間積算降水量のブライアスキルスコア。青線が変更前、赤線が変更後のもの。左) 夏季実験、閾値は 25mm、右) 冬季実験、閾値は 1mm。横軸は予報時間[h]。

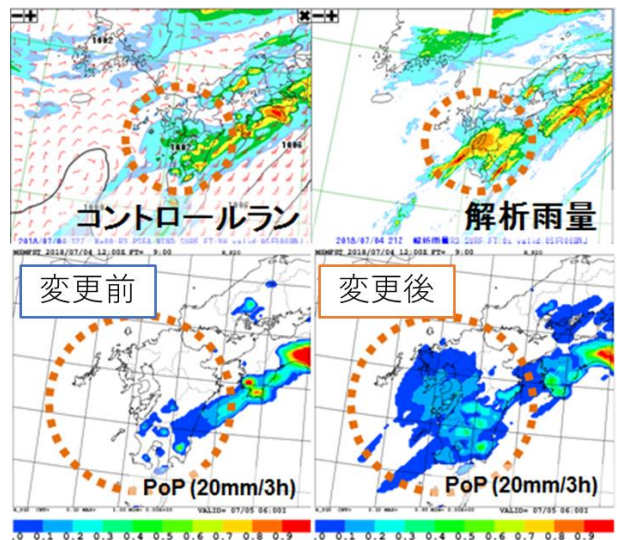


図 5. 2018 年 7 月 4 日 12UTC を初期時刻とした 9 時間後の予測における 左上) コントロールランの 3 時間積算降水量、右上) 解析雨量、左下) 変更前の 20mm 3hr⁻¹ の超過確率、右下) 変更後の 20mm 3hr⁻¹ の超過確率。