



第2章 応用編

2.5 メソアンサンブル予報システムの改良

はじめに

- **MEPS本運用開始(2019年6月27日) 略称:MEPS1906**
 - MEPS運用により、MSMの予測に対して信頼度・不確実性等の情報を付加することが可能になった。
 - MSMの運用目的(防災気象情報、航空気象情報および天気予報等の作成支援)に対してより有用な資料とするため、継続的な改良が必要。
- **本運用開始時の積み残し課題、新たな問題点**
 - 予報初期で日本周辺域でばらつきが小さい(メソ特異ベクトルの偏在)。
 - 冬季におけるアンサンブルスプレッドの過大評価、計算安定性への影響。
- **MEPS更新(2020年9月16日) 略称:MEPS2009**
 - 現システムをベースとし、上記の課題や問題点の解決を図ることで、MEPSによる確率予測の精度および計算安定性の向上を目指したもの。

気象庁は、メソモデル (MSM の予測に対して信頼度や不確実性等の情報を付加することを目的に、メソアンサンブル予報システム (MEPS:Meso-scale Ensemble Prediction System) の運用を2019年6月27日に開始した。MEPSでは、MSMと初期値および側面境界値の異なる複数のメンバーの予測を行うことにより、MSM の有するメソスケール現象予測に対する不確実性を定量的に評価する。これは、MSMの運用目的である「防災気象情報、航空気象情報および天気予報等の作成支援」に対して有用な資料となり得るものである。

本運用が開始されて以来、いくつかの課題があることがわかってきた。ひとつは予報初期において、日本周辺域でばらつきが小さいことである。これは初期摂動として用いられているメソ特異ベクトルが日本の南海上に偏在化する傾向があることに起因する。また、冬季におけるアンサンブルスプレッドの過大評価も問題点として挙げられる。これは予報後半で側面境界摂動が過大に見積もられることが主な原因であり、予報モデルであるasucaの計算安定性にも悪影響を及ぼすことがわかっている。実際、本運用開始前に行われていた試験運用において、冬季の過大な側面境界摂動の影響で、1つのメンバーが異常終了した経緯がある。

これらの課題や問題点の解決するため、今回は既存のMEPSを基盤とし、主に初期/側面境界摂動の作成手法を改良を実施した。同時に、MSMの不確実性をより適切に捕捉することにより、確率予測精度の向上を目指したものとなる。

MEPS概要

MEPS(メソアンサンプル予報システム) : 2019年6月本運用開始、2020年9月一部改良

MEPSの仕様	
予報モデル	asuca (MSMで用いている非静力学モデル)
水平格子間隔	5 km
予報領域	MSM領域 
予報時間	39時間
メンバー数	21 (コントロールラン1, 摂動ラン20)
実行頻度	4回 / 日 (00, 06, 12, 18 UTC)
摂動	初期摂動, 側面境界摂動を考慮

全21メンバーの予報はMSMと同じ仕様
コントロールランでは摂動は考慮しない
(コントロールラン = MSM)

メソ擾乱を対象とした摂動 総観規模擾乱を対象とした摂動

メソ特異ベクトル

全球特異ベクトル

※2種類

初期摂動

側面境界摂動

アンサンプル予報

アンサンプル摂動の生成

- 特定の評価時間での成長率が大きい誤差分布を抽出する手法(特異ベクトル(Singular Vector)法)を用いる。
- 摂動の大きさはTotal Energy (TE)で評価。
- 初期摂動は時間・空間スケールの異なる3種類のSVを合成して作成、側面境界摂動は全球SVから作成。

MEPSは、MSMの不確実性を初期摂動と側面境界摂動で表現するシステム

- 予測誤差程度のアンサンプルスプレッドを確保するために、しばしば過大な初期・側面境界摂動が用いられることがある。



気象庁 Japan Meteorological Agency

3

MEPS(メソアンサンプル予報システム)の概要を示す。

【MEPSの構成】

- 全21メンバー(摂動なしのコントロールラン+20の摂動ラン)、1日4回の実行。
- 初期摂動: メソ特異ベクトル(解像度40km, 80km)と全球特異ベクトルの3種類を線形結合したもの。このうち、メソスケール現象の予測不確実性の捕捉には水蒸気摂動を含むメソ特異ベクトルが重要となる。
- 側面境界摂動: 初期摂動作成に用いた全球特異ベクトルを時間発展させたもの。これにより、予報期間後半においてスプレッドが過小になることを改善すると共に、領域外部にも跨る大きなスケールの不確実性を一貫して表現できるようになっている(河野ほか 2019)。
- モデル摂動: なし(初期・側面境界摂動を考慮しないコントロールランはMSMと完全に一致する)。

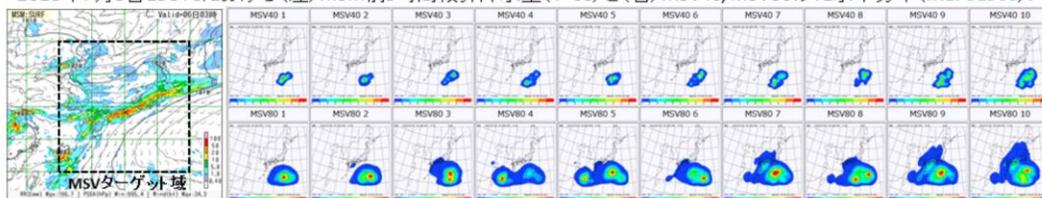
MEPSで捕捉すべきMSMの不確実性は本来、初期値、境界値のほか、数値予報モデルの不確実性にも帰せられる。上記の仕様からもわかる通り、現MEPSでは初期摂動、側面境界摂動のみでMSMの不確実性を表現するシステムとなっているため、本質的にアンサンプルスプレッドは過小評価傾向であり、予測誤差程度のアンサンプルスプレッドを確保するために、しばしば過大な初期・側面境界摂動が用いられることがある(國井 2020)ことに注意が必要である。

今回のシステム変更では、初期摂動と側面境界摂動の作成手法の改良を行った。モデル摂動については考慮しないままであるため、各アンサンプルメンバーの予測特性に大きな変化はない。なお、摂動作成手法を含む詳細な仕様については、國井(2020)を参照のこと。

初期摂動の改良

南海上に偏在化するメソ特異ベクトル (MSV) を改良し、日本付近の現象の不確実性をより適切に捕捉する。

2018年7月5日18UTCにおける(左)MSM前3時間積算降水量(T=03)と(右)MSV40, MSV80のTE水平分布(MEPS1906)。



本事例のMSVは、少なくとも評価時間内においては日本域の顕著現象予測への影響はほとんどなく、初期摂動作成手法としてのコストパフォーマンスが乏しい。

アプローチ

- 動的なターゲット域設定手法の導入
 - 南海上で算出されるSVは、偽SV(線形/非線形成長パターンが異なるSV)であることが多い。このため、偽SVが算出されやすい環境場を把握し、ターゲット域から除外する。
- 冬季の水蒸気摂動の過大評価の解消
 - MSVの振幅調整の際に一定値ではなく、背景場を参照するように変更。

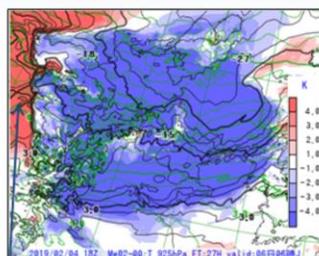
まず、初期摂動の改良について述べる。初期摂動の改良の目的は、「南海上に偏在化するMSVを改良し、日本付近の現象の不確実性をより適切に捕捉する」ことである。図は、従来のシステム(MEPS1906)による、2018年7月5日18UTCにおけるMSM前3時間積算降水量(T=03)とMSV40, MSV80のTE水平分布を示している。大雨が観測されている事例において、それとは直接関連のない南海上でメソ特異ベクトルが算出されていることがわかる。本事例のMSVは、少なくとも評価時間内においては日本域の顕著現象予測への影響はほとんどなく、初期摂動作成手法としてのコストパフォーマンスは乏しいと言える。

特異ベクトル法は、指定した評価時間・領域において線形成長率の大きい摂動を算出する手法である。この指定した領域はターゲット領域と呼ばれ、MSVの場合、 $125^{\circ} - 145^{\circ} \text{ E}$, $25^{\circ} - 45^{\circ} \text{ N}$ に設定されている。ターゲット域が広めの設定となっているのは、日本における顕著現象は南西海上からの水蒸気流入や南方からの台風の北上などの影響が大きく、想定すべき現象が多岐に渡るためである。しかしこの設定であるが故に、日本周辺域の予測不確実性の評価に直接関連のない領域でMSVが算出されてしまうことがしばしばある。

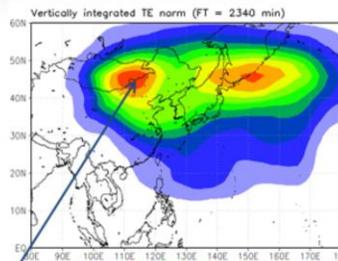
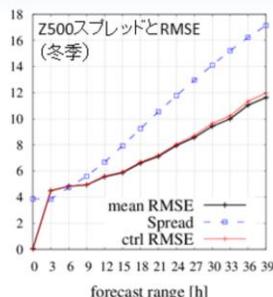
今回の改良では、より適切にMSVで日本周辺域の不確実性を表現するために、ターゲット域を動的に設定する手法の導入を行った。また、冬季に過大な水蒸気摂動が算出されることがあるため、初期摂動の振幅調整手法について見直しを行った。以下、これらの変更の詳細について紹介する。この改良により、日本周辺の顕著現象に対応したメソ特異ベクトルが算出されるようになり、その影響が相対的に大きい予報初期において、降水の確率予測精度が向上することが期待できる。

側面境界摂動の改良

側面境界摂動の適正化を図る(冬季の過大なスプレッドの改善など)



2019/2/4 18UTCのT925摂動 (M02, T=27, MSM領域北西端を描画)



夏季におけるGSVの平均TE水平分布 (T=45)

最大で20~30K程度の摂動(境界摂動の過大評価, 異常終了の一因)

GSVが砂漠/半砂漠域で偏在化し, 日本周辺域で成長しない

過大なスプレッドやGSV偏在化は, 不確実性の適正な評価(+計算安定性)に影響を及ぼす。

アプローチ

- ターゲット域を日本周辺域に限定し, 砂漠/半砂漠域を含まないようにする
- 側面境界摂動作成手法の見直し(振幅調整, VM法: 摂動の線形結合)
- GSVのエネルギーノルムの温度項の重みの調整

次に、側面境界摂動の改良について述べる。側面境界摂動の改良においては、冬季のアンサンブルスプレッドの過大評価の解消など、摂動の適正化に資する改良を行った。具体的には、

- 砂漠域で偏在化する全球特異ベクトル(GSV)のターゲット域の変更
- GSVのエネルギーノルムの温度項の重み調整
- 側面境界摂動作成時の振幅調整とバリエーションミニマム法(VM法)による線形結合の適用順序の変更
- 上記の変更適用後の側面境界摂動の振幅調整

を行った。

これらの変更により、側面境界摂動の過大評価傾向が軽減し、課題となっていた冬季におけるアンサンブルスプレッドの過大評価が改善するとともに、過剰な側面境界摂動に起因する側面境界付近の不自然な気温、気圧分布が解消し、計算安定性が向上した。また、予報初期に見られたアンサンブルスプレッドの一時的な減少についても改善されている。

MEPS2009における初期摂動、側面境界摂動の改良の詳細については、数値予報開発センター年報(気象庁 2021)を参照されたい。

MEPS予測特性の変化の概要

- 夏季のスプレッドはMSM全域で減少，日本周辺域で増加
 - 日本域においてメンバー間の差異が大きくなる傾向.
- 予報初期から日本周辺域の降水スプレッドが増加
 - これに伴い，予報初期から降水確率分布のピーク値が小さくなる.
 - 予報初期における降水のブライアスキルスコアが改善.
- 過大傾向であった冬季のスプレッドが減少
 - スプレッドがアンサンブル平均の予測誤差に近づく.
 - 側面境界付近の不自然な気温，気圧分布などが解消し，計算安定性が向上.
- モデルのバイアス傾向，シナリオ予測への適性はこれまでと変わらない.

これまで述べた初期摂動/側面境界摂動の改良を行ったMEPSについて、予測特性の変化をまとめる。

MSVおよびGSVのターゲット域の変更により、日本周辺域で成長する摂動が優先的に求められるようになったため、日本周辺域でスプレッドの増加が見られる。降水スプレッドも増加し、予報初期から降水確率分布が滑らかに変化するようになり、ピーク値が小さくなる傾向が見られる。降水に関するブライアスキルスコアは改善する。

冬季においてはこれまで過大であったアンサンブルスプレッドが大きく減少し、アンサンブル平均のRMSEに近づくようになった。また、過剰な側面境界摂動に起因する側面境界付近の不自然な気温、気圧分布が解消し、計算安定性が向上した。

ただし、MEPSの基本設計や用いている数値予報モデル自体には変わりはないので、バイアス傾向やシナリオ予測への適性については従来通りとなる。

なお、以降の統計検証では

夏季: 2018年6月18日00UTC～2018年7月21日18UTC

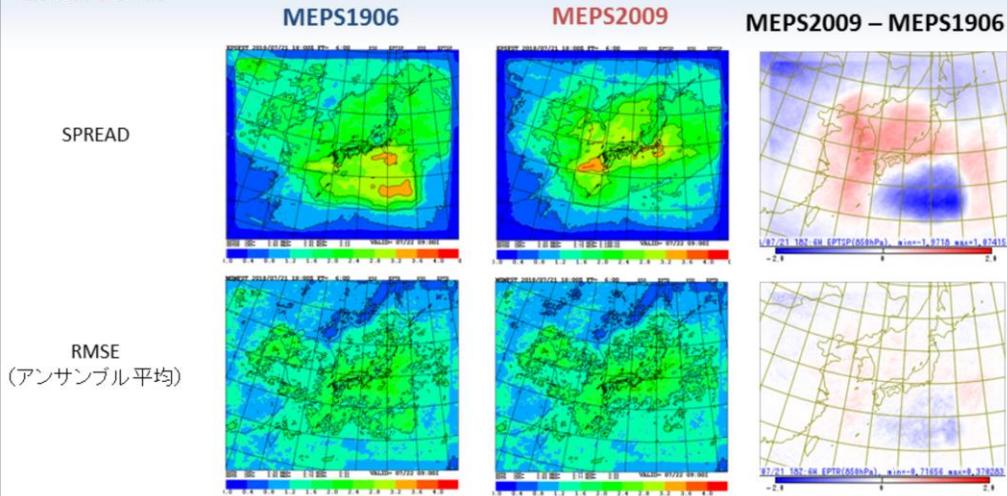
冬季: 2017年12月23日00UTC～2018年1月25日18UTC

の各136事例を対象としている。

夏季

スプレッドの期間平均分布

EPT850 T=06



初期摂動の影響が相対的に大きい予報前半において

- 日本の南海上でスプレッドは減少、東シナ海～日本海でスプレッドが増加
- スプレッドの分布がRMSEの分布のパターンにより整合的になる

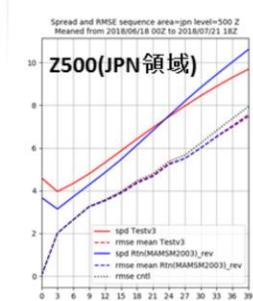
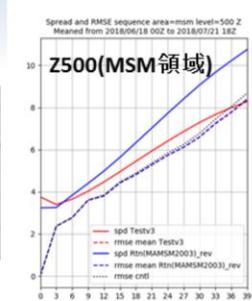
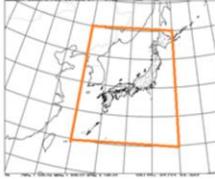
夏季のアンサンブルスプレッドの期間平均分布(予報前半の850 hPaの相当温位)を示す。改良後のMEPS2009では、九州の南西海上など日本付近の降水に影響のある領域で摂動が算出されやすくなったことから、これまで過剰であった南海上のスプレッドが減少し日本付近で増加している。結果として、アンサンブル平均のRMSEとスプレッドの分布パターンが従来のMEPS1906に比べ良く一致するようになった。

夏季

アンサンブルスプレッド

Red: MEPS2009
Blue: MEPS1906
実線: スプレッド
点線: RMSE

JPN領域
(N25-45, E125-145)

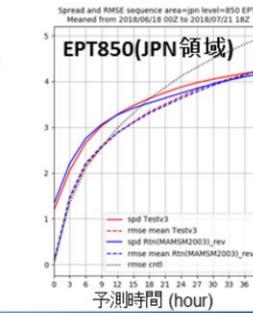
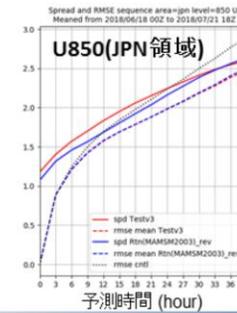
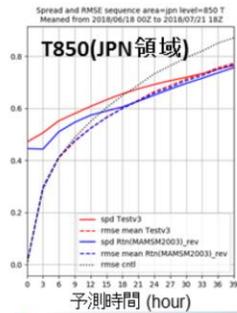


初期・境界摂動の改良により、日本周辺の降水域に摂動が算出



MEPS1906と比較して

- MSM領域全体ではスプレッドが減少
- JPN領域ではスプレッドが増加

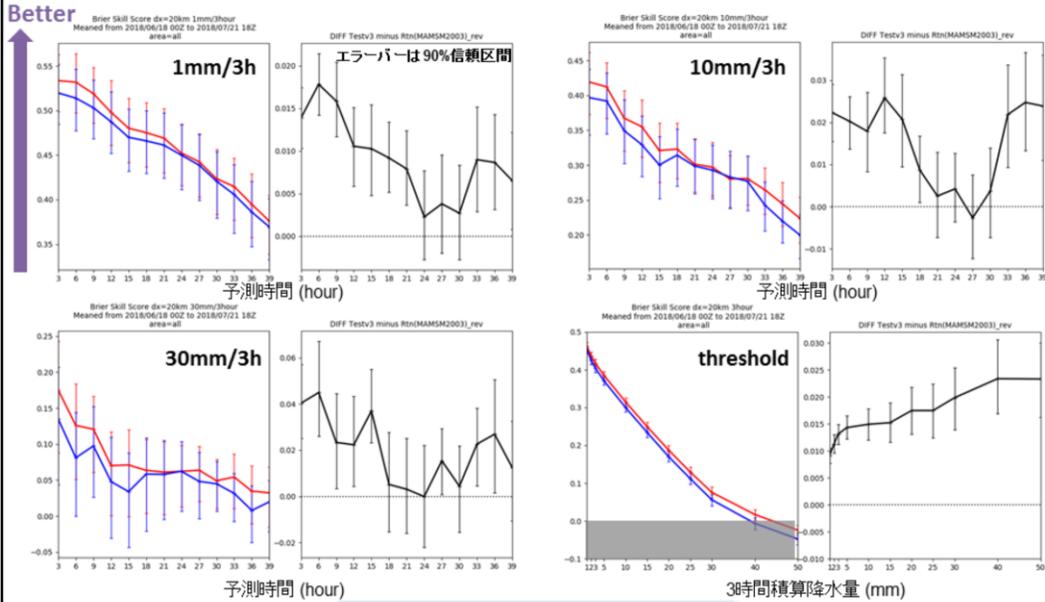


夏季の中下層におけるアンサンブルスプレッドの時系列を示す。初期・境界摂動の改良により、日本周辺で摂動が算出されるようになったことから、日本周辺域ではアンサンブルスプレッドはやや増加(青線→赤線)する。Z500については、従来と比べスプレッドは予報前半で増加、後半で減少する傾向が見られる。

夏季

ブライアスキルスコア

Red: MEPS2009
Blue: MEPS1906
Black: 差分



気象庁 Japan Meteorological Agency

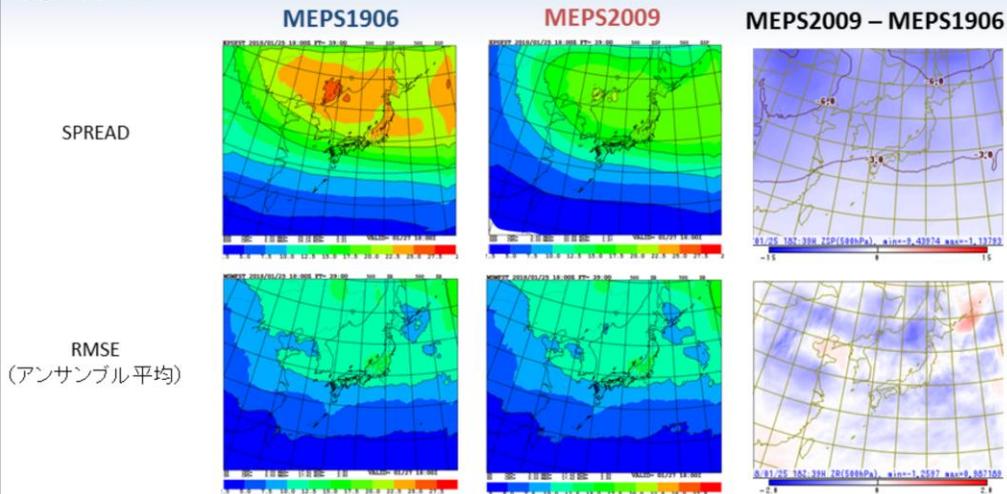
9

夏季の3時間積算降水量 (1mm, 10mm, 30mm) に関するブライアスキルスコア (BSS) を示す。赤線が改良後のMEPS2009で、青線が改良前のMEPS1906の結果である。MEPS2009では、予報前半を中心に改善が見られ、また強雨では予報後半においても改善が見られている。予報前半の改善はMSVの改良、予報後半の改善は側面境界摂動の改良によるものと考えられる。改良後のMEPSでは、降水の確率予測精度が大きく向上したことがわかる。

冬季

スプレッドの期間平均分布

Z500 FT=39



側面境界摂動の影響が相対的に大きくなる予報後半において

- スプレッドは大きく減少
- アンサンブル平均のRMSEもやや改善

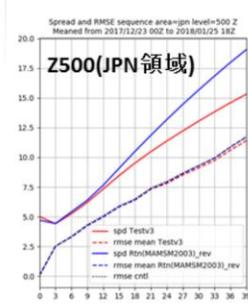
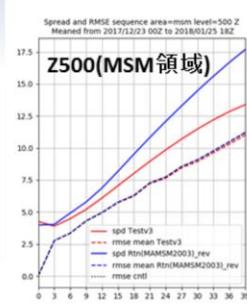
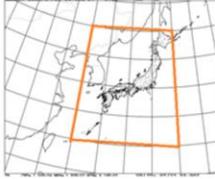
冬季のアンサンブルスプレッドの期間平均分布(予報後半の500 hPa高度場)を示す。改良後のMEPS2009では、主に側面境界摂動の振幅を小さくしたことにより、予報後半で高緯度域を中心にスプレッドが減少するようになった。結果として、MEPS1906に比べ、アンサンブル平均のRMSEにより近づくようになっている。

冬季

アンサンブルスプレッド

Red: MEPS2009
Blue: MEPS1906
実線: スプレッド
点線: RMSE

JPN領域
(N25-45, E125-145)

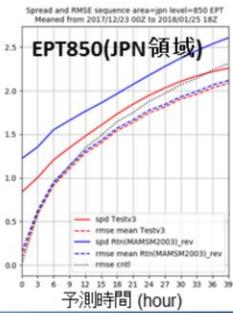
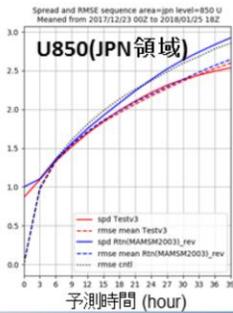
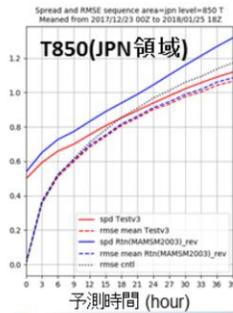


側面境界摂動の改良によりスプレッド過大が改善



MEPS1906と比較して

- MSM, JPN領域共にスプレッドは減少
- アンサンブル平均のRMSEもやや改善

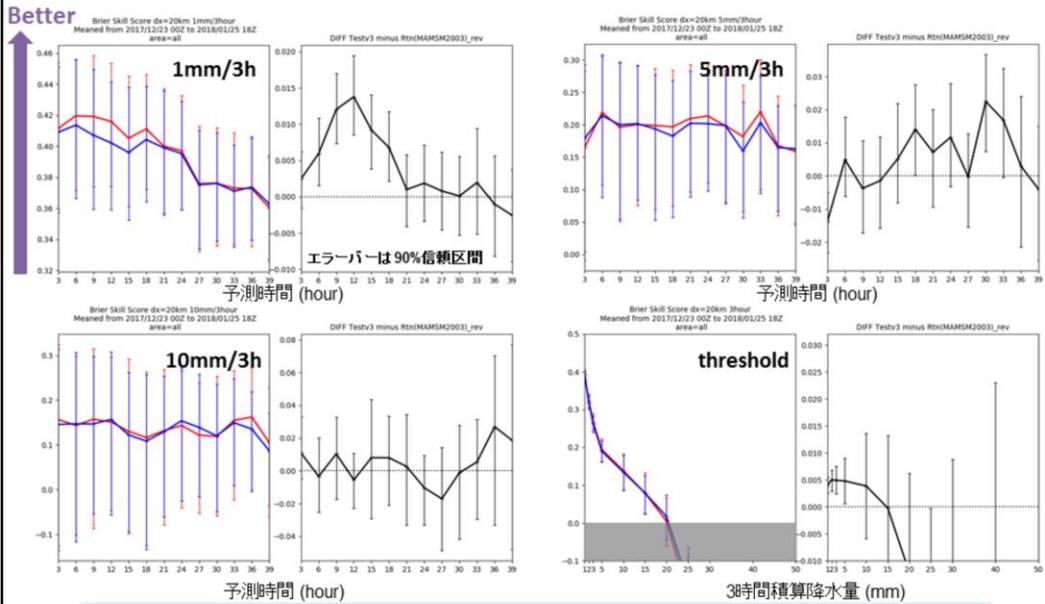


冬季の中下層におけるアンサンブルスプレッドの時系列を示す。改良後のMEPS2009では、側面境界摂動の振幅を小さくしたことで、予報後半で高緯度域でスプレッドが減少する。MEPS1906と比較して、アンサンブル平均のRMSEにより近づくようになり、これまでの過大評価が大きく改善された。

冬季

ブライアスキルスコア

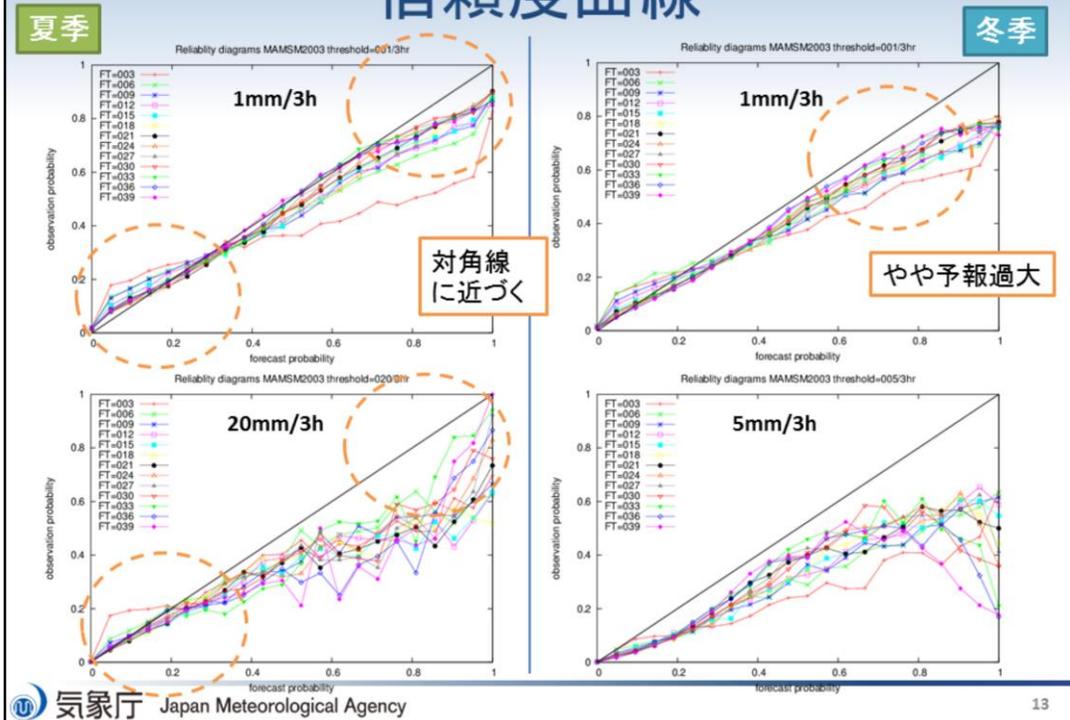
Red: MEPS2009
Blue: MEPS1906
Black: 差分



1mm/3hで予報前半の改善が顕著, 気候値よりスキルがある15mm/3h以下で同等~改善

冬季の3時間積算降水量(1mm, 5mm, 10mm)に関するBSSを示す。MEPS2009では、夏季ほど顕著ではないものの、予報前半を中心に改善が見られる。全般的に、気候値よりスキルがある15mm/3h以下で同等~改善という結果となっている。

信頼度曲線



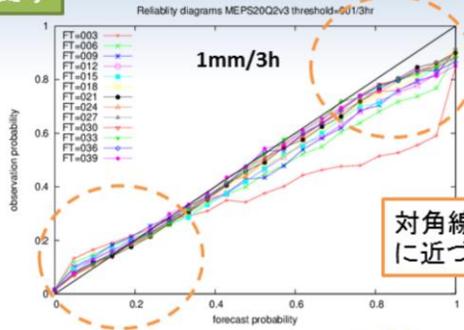
夏季、冬季における降水の信頼度曲線を示す。信頼度曲線は、横軸が予測された現象の出現確率、縦軸が実況で現象が出現した相対頻度となっており、確率予測の特性を示すものである。一般に、信頼度曲線が対角線に近いときに、確率予測の精度が高いと言える。

今回の改良では、夏季の降水に関してはほぼ全ての予報時間で対角線に近づき、予測確率と観測頻度とがより整合するようになった。冬季については、1mmの降水ではやや予測過大な傾向が拡大したが、5mmの降水ではやや改善が見られた。

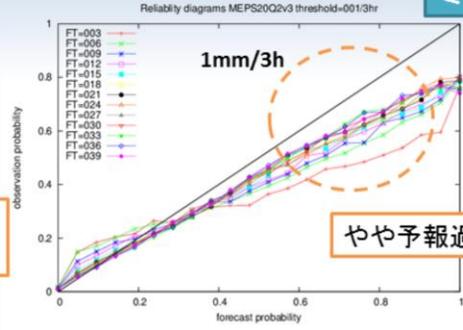
信頼度曲線

夏季

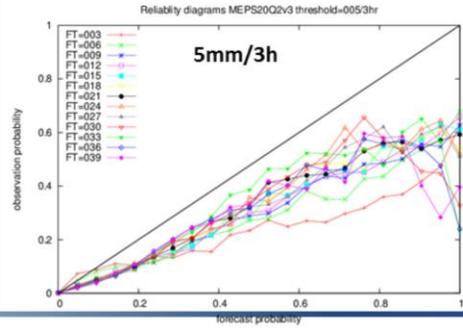
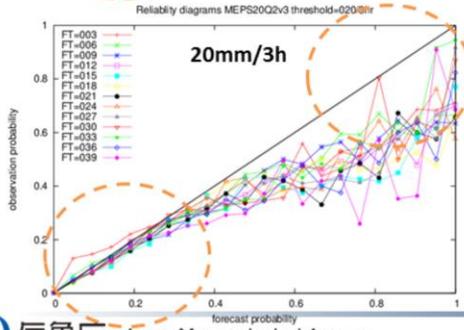
冬季



対角線
に近づく

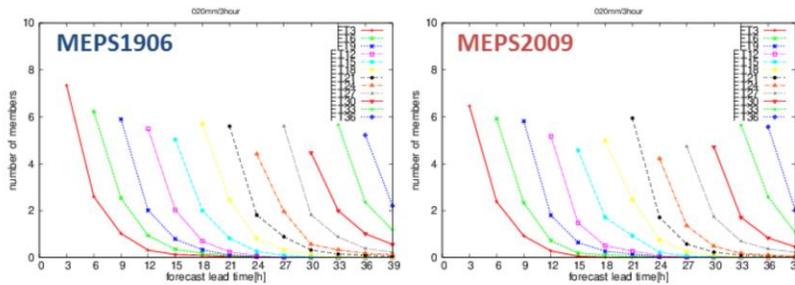


やや予報過大



降水シナリオ予測特性

- 降水予測については以下の特性が示されている。
 - 統計的にはコントロールランが最も精度が高い
 - ある予報時間にコントロールランの予測精度を上回るメンバーがあったとしても、優位性の持続時間は短い
- 改良後のMEPSでも、上記の特性はほぼ変わらない。



各初期値、各予報時間において、コントロールランのスレットスコアを上回ったメンバーのうち、引き続き予報時間においても上回り続けたメンバー数、夏季実験、閾値20mm/3hr.

河野ほか (2019) では、MEPSの利用上の留意点として、

- MEPS の各メンバーの降水予測精度は、統計的にはコントロールランより劣る。
- ある特定メンバーを抽出し、このメンバーのみを継続的に利用する予測手法は適切ではない。

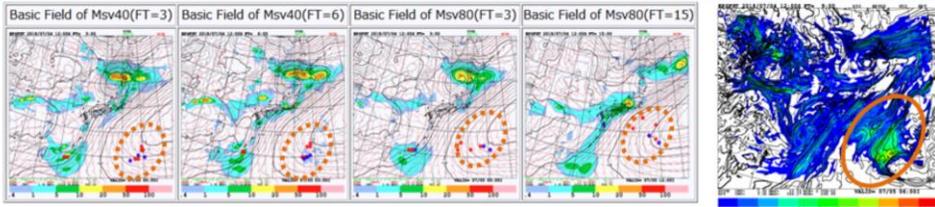
などが挙げられている。

このようなシナリオ予測に関する特性は、改良後のMEPSでもほぼ変わらないので、上記の点について引き続き留意が必要となる。

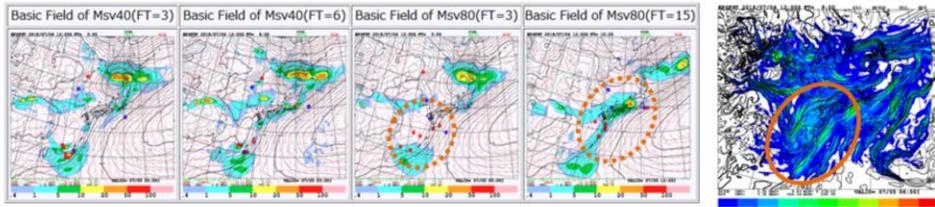
平成30年7月豪雨事例

2018年7月4日12UTCにおける(左)MSV40, MSV80のTEノルムピーク分布, (右)850hPa EPTのスプレッド (T=09)

MEPS
1906



MEPS
2009

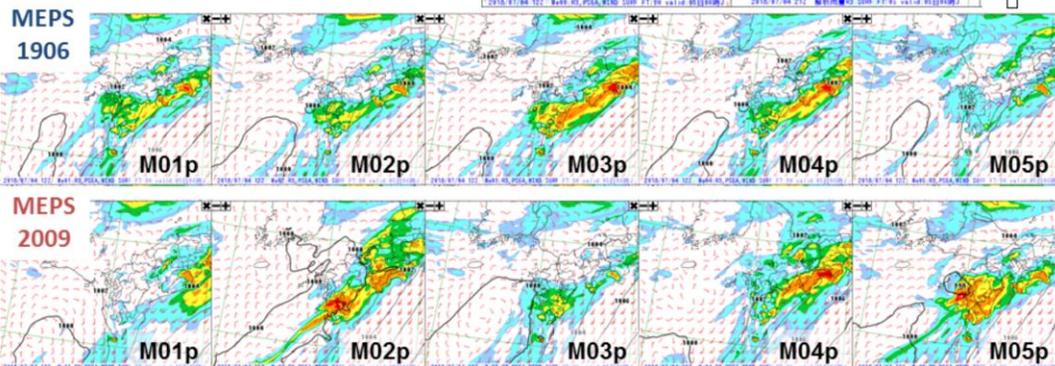
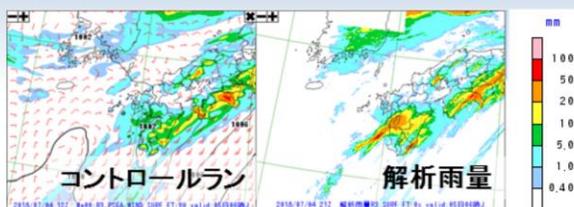


- 南西諸島から西日本にかけての降水域に初期摂動が算出
- (日本付近の気象予測に影響するような)MSMの予報誤差に対応した位置にスプレッド

MEPS2009における予測特性の変化を具体的に見るため、平成30年7月豪雨を例に挙げ、2018年7月4日12UTC初期時刻のMEPSに着目する。まず、MSVのTEノルムのピーク分布を示す。MEPS2019では、大多数のMSVが南海上で算出され、日本付近の降水予測に対する不確実性が初期摂動で適切に捕捉されていないことがわかる。一方でMEPS2009では南西諸島付近を中心に算出されており、特にMSV80では評価時間後の九州地方の降水に感度をもつ初期摂動が求められている。これにより、MEPS2009ではMSVの南海上の偏在化が緩和し、予報初期における日本周辺域の不確実性をより適切に捕捉できるようになったことが示唆される。

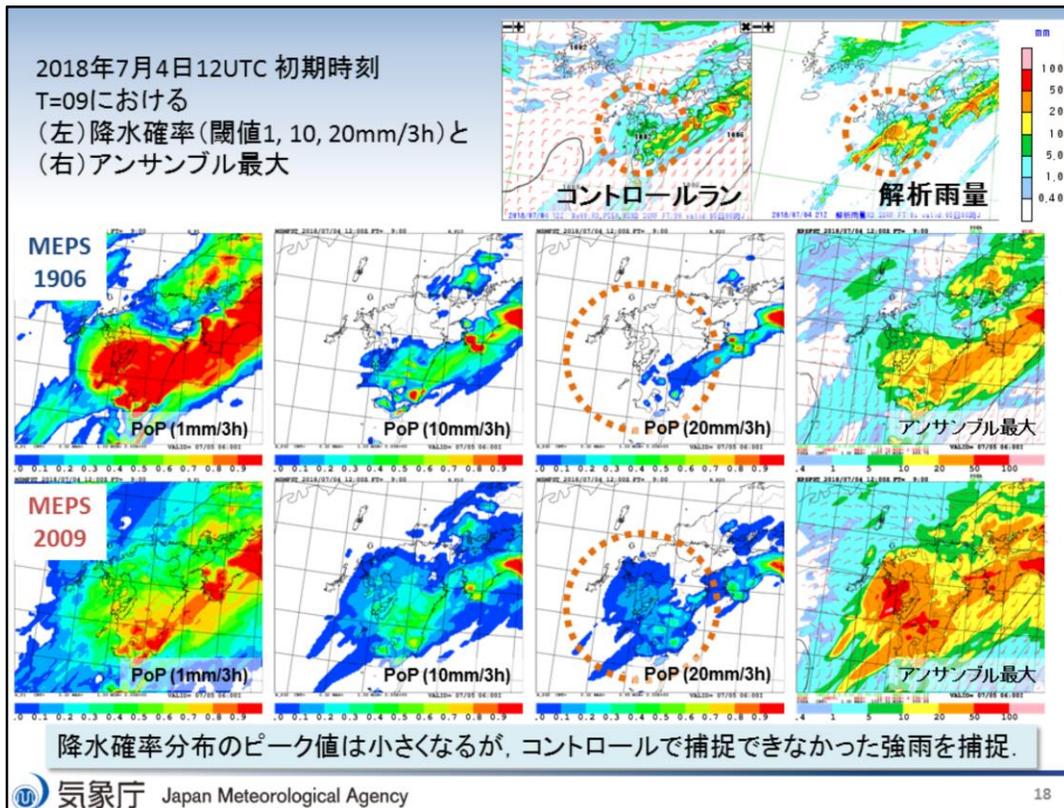
予報初期の降水スプレッド

2018年7月4日12UTC 初期時刻
T=09における前3時間積算雨量
(メンバーM01p~M05p)



- 改良前はGSVによる大域的な初期摂動が主であるため、降水パターン自体は類似。
- 改良後はMSV改良によりメンバー毎の降水パターンに差異が見られ、実況に近いメンバーも存在。

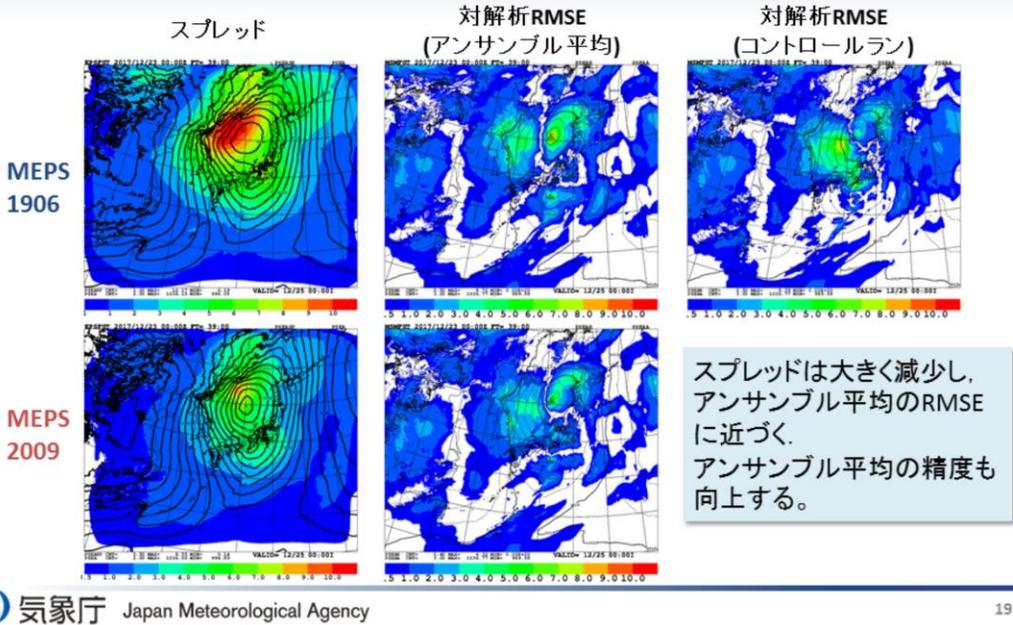
ここに、予報時間＝9時間における3時間積算雨量予測の図を示す。この時刻においては、九州中部に20mm / 3hr以上の降水が観測されているが、コントロールラン (=MSM) で予測することができなかった。MEPS1906では、MSVによる初期摂動は九州付近にはほぼ算出されていないため、全球SVによる水平スケールの大きい摂動が支配的であり、降水の強度は異なるものの降水パターン自体は全メンバーで類似していた。一方でMEPS2009では、MSVによる初期摂動の影響がアンサンブル予報に効果的に反映されており、いくつかのメンバーでコントロールランで捕捉できなかった降水を表現していることがわかる。



同じ時刻における降水確率、およびアンサンブル最大予測を示す。MEPS2009では、降水確率予測では九州中部で観測された20mm / 3hr以上の降水を捕捉できており、またアンサンブル最大においても実況をカバーしている。

冬季の低気圧事例

2017年12月23日00UTC 初期値 T=39における海面更正気圧(PSEA)のRMSEとスプレッド



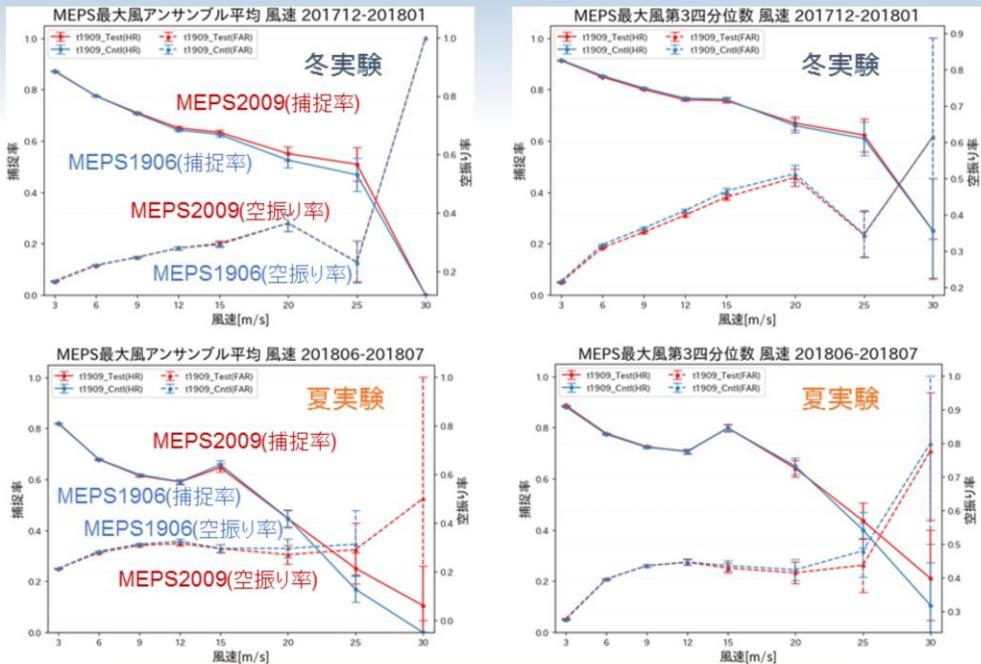
MEPS2009で冬季におけるアンサンブルスプレッドの過大評価が改善したことを端的に示す事例として、冬季における低気圧事例を挙げる。左図に、2017年12月23日00UTCを初期時刻とする39時間予報における、海面更正気圧(PSEA)のアンサンブルスプレッドの水平分布を示す。中図に示すアンサンブル平均のRMSEと比較すると、スプレッドの過大評価傾向がMEPS2009では顕著に改善されていることがわかる。また、中図を右図に示すコントロールランのRMSEと比較すると、アンサンブル平均によるRMSEの改善幅がMEPS2009の方が大きく、精度が向上したことがわかる。

MEPSガイダンスへの影響

- 予測精度は概ね中立～改善。
 - MEPSのシステム変更に従って、ガイダンスの予測特性も変化。例えば、夏の予報初期を中心としたスプレッドの増加によって、アンサンブル予測による現象の捕捉の改善や確率予測のBSSが改善。
- 各MEPSガイダンスについて、これまで解説してきた利用方法(ex. アンサンブル平均の利用が有効/不適、最大/最小や四分位値等を使った現象の捕捉に重点を置いた利用が可能、など)については、下記の**発雷確率の件を除いて変更の必要はない**。
 - 発雷確率ガイダンスのGSMガイダンスとMSMガイダンスの間で予測に差がある場合にMEPSアンサンブル最大に着目する利用方法については、注目するアンサンブル最大の目安の確率値を変更する必要がある。

ガイダンスへの影響については、概ね中立～改善という結果となっている。ただし、発雷確率ガイダンスのGSMガイダンスとMSMガイダンスの間で予測に差がある場合にMEPSアンサンブル最大に着目する利用方法については、注目するアンサンブル最大の目安の確率値を変更する必要があるため、注意が必要である。なお、従来のMEPS発雷確率ガイダンス (MEPS-PoT) の利用法については、土田(2019)を参照のこと。

最大風ガイダンス(捕捉率・空振り率)



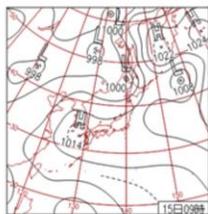
- (左図)アンサンブル平均は捕捉率が上がり、夏実験の空振り率は下がる。
- (右図)第3四分位数は強風時の捕捉率がやや上がり、空振り率は下がる。

図は冬季実験、夏季実験における変更前 (MEPS1906) と変更後 (MEPS2009) の最大風ガイダンスの捕捉率と空振り率を示す。夏季、冬季ともにアンサンブル平均の捕捉率が上がり、夏季においては空振り率が下がる。第3四分位数については、強風時の捕捉率がやや上がり、空振り率は下がる。全般的に改善が見られている。

視程ガイダンス

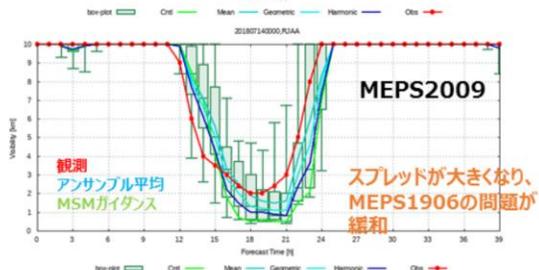
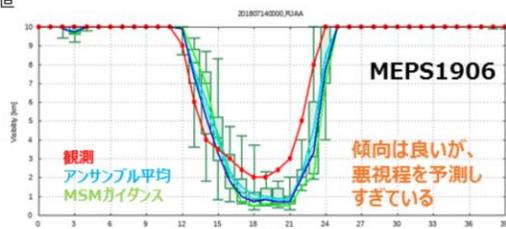
スプレッドがより適切になったことで実況が捕捉されやすくなっている事例が多く確認できた。以下は一例。

(事例) 成田空港 2018/7/14 00UTC初期値



発表されたTAF
TAF RJAA 140505Z 1406/1512 13008KT 9999 FEW030
BECMG 1413/1415 04004KT 4000 BR FEW005 BKN008
TEMPO 1415/1421 3000 BR FEW002 BKN005
BECMG 1421/1500 20008KT 9999 NSW FEW030=

(視程予報抜き出し)
14日13~15UTC (右図T=13~15) しだいに視程4km
14日15~21UTC (右図T=15~21) 一時視程3km

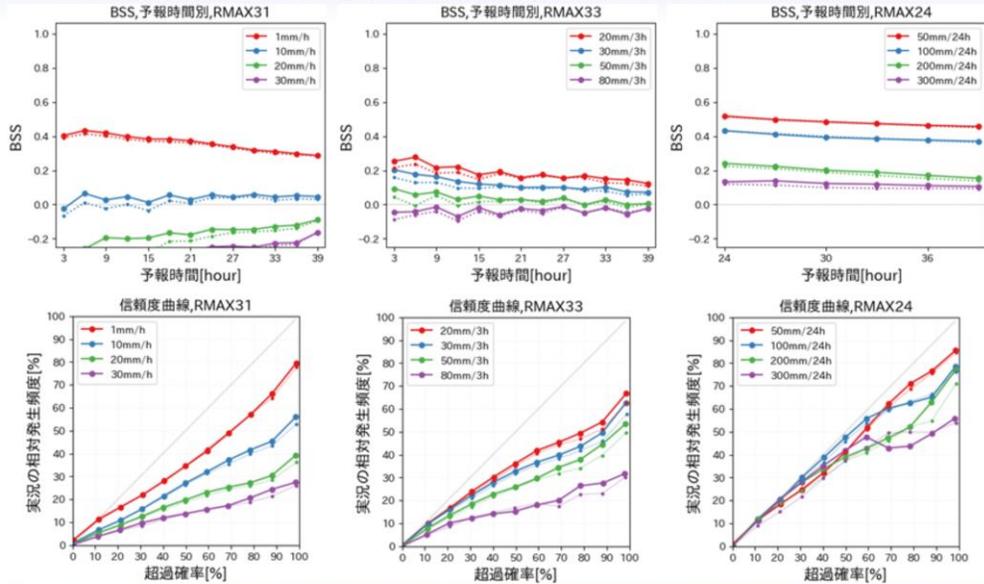


視程ガイダンスについては、スプレッドがより適切になったことで実況が捕捉されやすくなっている事例が多く確認できた。1例として、2018年7月14日00UTC初期値の事例を示す。上図のMEPS1906では、傾向は予測できているものの、アンサンブルスプレッドが過小評価で、一般的に悪視程を予測する傾向があった。一方で改良後のMEPS2009では、日本周辺域のアンサンブルスプレッドの過小評価が改善したことで、MEPS1906に見られた問題点が緩和されている。

降水ガイドンス(RMAX31,33,24)

夏実験、実線: MEPS2009、破線: MEPS1906

全体にBSSは改善傾向、信頼度では予測確率の過大傾向が軽減している。
RMAX31,33では予報前半の改善が目立っており、MEPSの改善に対応。



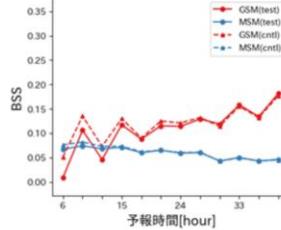
降水ガイドンスについては、改良後のMEPSに見られた傾向が概ね反映されており、予報前半の改善が顕著に見られる。

発雷確率(夏実験)

土田(2019)で示した、GSM発雷とMSM発雷の予測に差がある時の利用法

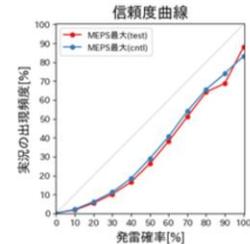
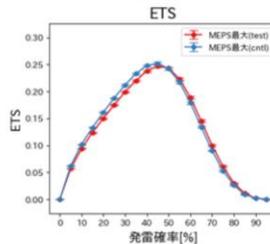
GSM \geq 20%、MSM $<$ 20%、MEPS最大 \geq 20%事例での検証
Cntfでは**MEPSアンサンブル最大20%**を閾値にGSM-PoTを採用する判断材料として利用できたが、TestではFT前半(～FT12h)で対応が悪くなった。

予報時間別BSS(GSM \geq 20%,MSM $<$ 20%,MEPS \geq 20%)



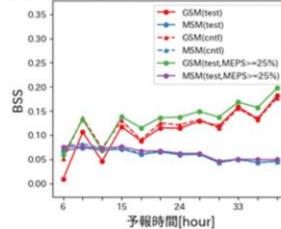
アンサンブル最大の閾値別のETS、信頼度曲線(FT06～27h対象)を確認する。
ETSピークが5%程度高確率側にシフトし、予報初期を中心に予測過大方向に変化したことがわかる。

したがって、夏期間の予報初期(～FT12h)は判断閾値を5%高確率側にシフトする必要がある。



アンサンブル最大の閾値を**25%以上**とすることで(緑線)、予報初期についてGSM、MSMガイダンスの判断閾値として利用できる。

予報時間別BSS(GSM \geq 20%,MSM $<$ 20%,MEPS \geq 20,25%)



土田(2019)では、GSM発雷確率ガイダンス(GSM-PoT)とMSM発雷確率ガイダンス(MSM-PoT)の予測に差がある時のMEPS発雷確率ガイダンス(MEPS-PoT)の利用法について、以下のように述べている。

- 発雷の有無の判断閾値である20%を境として、GSM-PoTが20%以上、MSM-PoTが20%未満を予測しているような事例において、MEPS-PoTのアンサンブル最大が20%以上の時にはGSM-PoTを採用した方が予測精度が高い。

すなわち、GSM-PoTとMSM-PoTに差があった場合に、GSM-PoTを採用する際の判断基準として、MEPS-PoTが利用されることがある。

今回のMEPSの更新に伴い、上記利用におけるMEPS-PoTのアンサンブル最大の閾値を20%→25%に変更する必要があることがわかった。このため、今後のMEPS-PoTの利用の際は、上記の変更に留意して欲しい。

まとめ

- 2020年9月16日にMEPSの改良を実施。
 - 初期摂動、側面境界摂動の改良を行い、これまでのMEPSの問題点を解消し、降水の確率予測検証が改善。
- 予測特性が以下の通り変化する。
 - 夏季のスプレッドはMSM全域で減少、日本周辺域で増加。
 - 過大傾向であった冬季のスプレッドは減少。
 - 予報初期から日本周辺域の降水スプレッドが増加。
 - モデルのバイアス傾向、シナリオ予測への適性はこれまでと変わらない。
 - MEPSガイダンスは全般的に中立～やや改善傾向。
 - ただし、GSM-PoTとMSM-PoTに差がある場合において、GSM-PoTを採用するか判断する際の閾値として、MEPSアンサンブル最大の閾値を20%から25%に変更する必要があることに留意。

参考文献

- 河野耕平, 氏家将志, 國井勝, 西本秀祐, 2019:メソアンサンプル予報システム. 令和元年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 1-15.
- 國井勝, 2020:メソアンサンプル予報システムの仕様, 令和元年度数値予報課報告・別冊第66号, 気象庁予報部, 90-95.
- 土田尚侑, 2019:発雷確率ガイダンス.令和元年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 53-55.
- Komori, T., R. Sakai, H. Yonehara, T. Kadowaki, K. Sato, T. Miyoshi, and M. Yamaguchi, 2010: Total energy singular vector guidance developed at JMA for T-PARC. *RSMC Tokyo-Typhoon Center Technical Review*, **12**, RSMC Tokyo-Typhoon Center, Tokyo, Japan, 13-27.
- Lorenz, E. N., 1955: Available potential energy and the maintenance of the general circulation. *Tellus*, **7A**, 157-167.
- Ono, K., M. Kunii, and Y. Honda, 2020: The regional model-based Mesoscale Ensemble Prediction System, MEPS, at the Japan Meteorological Agency. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* (accepted)
- Yamaguchi, M., R. Sakai, M. Kyoda, T. Komori, and T. Kadowaki, 2009: Typhoon Ensemble Prediction System developed at the Japan Meteorological Agency. *Mon. Wea. Rev.*, **137**, 2592-2604.