

第1章 第10世代数値解析予報システム

1.1 はじめに¹

気象庁は2018年6月5日に新しいスーパーコンピュータの運用を開始した。1959年に気象庁が初めて導入した科学計算用の大型コンピュータから数えて第10世代目となる。新しいスーパーコンピュータはCray XC50（米Cray製）であり、2012年に導入された日立SR16000/M1（日立製作所製）と比べて実効性能で約10倍の処理能力をもつ²。今後、このスーパーコンピュータを用いて、台風の影響や集中豪雨の発生可能性をより早い段階から精度良く把握するための防災情報の改善や、日常生活・社会経済活動の様々な場面で幅広く利活用される各種気象情報の更なる改善に取り組む。

第10世代スーパーコンピュータシステムで運用する現業数値予報システムを含めて、本書では第10世代数値解析予報システム(NAPS10)³と呼ぶこととする。

現業数値予報システムについては、前システムからの移行に万全を期すため、更新前後で数値予報システムの構成・仕様を大きく変えてはいないが、台風強度予報の予報期間を現在の3日先から5日先まで延長する⁴ために、00, 06, 18UTC初期値⁵の全球モデルの予報時間を84時間から132時間に延長した。また、降水短時間予報をこれまでの6時間先から15時間先まで延長する⁶ために、局地モデル(LFM)降水量ガイダンスの運用も開始した。今後、大きく性能が向上した新しいスーパーコンピュータを活用し、現業数値予報システムの改良を進めていく。

第1.2節では、新しいスーパーコンピュータで予定されている数値予報システムの改良計画について解説し、第1.3節以降は、今後1年程度先までに現業化を予定している改良の具体的な内容および予測精度への影響等について報告する。

なお、NAPS10については、気象庁予報部(2017)の第5章も合わせて参照願いたい。

1.2 NAPS10における改良計画¹

1.2.1 数値予報システムの改良計画

NAPS10における現業数値予報システムの改良計画については、石田(2017)に既に詳細に報告されているが、一部変更されている点があるので、本節ではこの点を含めて簡潔に報告する。

現業数値予報システムの仕様について、石田(2017)の表5.2.1を更新し、NAPS10運用開始当初(2018年6月)の仕様、概ね1年後の仕様、そしてNAPS10で想定している最終仕様を表1.2.1に示すので、適宜参照願いたい。

なお、観測データの利用については、新規データの利用開始や、既に利用しているデータの利用手法の改良などに随時取り組んでいく。特に、雲・降水域での衛星輝度温度データの利用をはじめ、衛星データの新規利用に努めるとともに、地上気象レーダーなど時空間に高密度な観測データの一層の活用を進める。本節では詳細については割愛するが、観測データの利用については気象庁予報部(2015)も参照願いたい。

(1) 全球数値予報システム

前述の通り、台風強度予報の予報期間を5日先まで延長するために、NAPS10の運用開始後の2018年6月26日に、初期時刻00, 06, 18UTCの全球モデル(GSM)の予報時間を84時間から132時間へ延長した(第1.3節)。更にNAPS10運用期間中には、初期時刻00UTCのGSMの予報時間を264時間まで延長する計画である。同期間中には、GSMの鉛直層数を現在の100層から128層へと増強し、その後水平格子間隔を現在の20 kmから概ね13 kmへと高分解能化することも計画している。また、物理過程の改善は予測精度向上に非常に重要であり、積雲過程や重力波過程を中心に、様々な物理過程のバランスを取りながら抜本的な見直しを含む改良に取り組んでいく。

全球解析については、2019年度を目処に、雲・降水域での衛星マイクロ波輝度温度データの利用(計盛2011)を開始すること、それと同時に雲や降水過程に代表される非線形な物理過程の影響をより適切に考慮できるように4次元変分法データ同化システムを高度化することを計画している。その後、全球アンサンブル予報システム(GEPS)の一部である全球局所アンサンブル変換カルマンフィルタ(全球LETKF; 太田・堀田2016)をベースに構築するLETKFを、4次元変分法を採用する全球解析と組み合わせて、予報誤差を見積もるハイブリッドデータ同化システムへと高度化することを計画している。

¹ 本田 有機

² 気象庁ではXC50を2台購入し、スーパーコンピュータシステムを主副構成としている。それぞれの性能は、2018年6月発表の世界のコンピュータの性能ランキングであるTOP500(<https://www.top500.org>)では、世界第25, 26位であった。

³ 数値解析予報システム(NAPS)という名称は、現在ではスーパーコンピュータシステムの正式名称では無いが、ここでは世代を明確に表現するためこの名称を用いる。

⁴ 台風強度予報の予報期間の延長は、2018年度末までに実施する予定。

⁵ 12UTC初期値の全球モデルの予報時間は264時間である。

⁶ 降水短時間予報の予報時間延長は、2018年6月20日11時に実施された。

¹ 本田 有機

表 1.2.1 主要な現業数値予報システムの仕様等に係る改良計画。第 9 世代数値解析予報システム (NAPS9) から変更になる部分を太字で示した。

	2018 年 6 月 (運用開始時)	2019 年 6 月 (開始から約 1 年後)	NAPS10 最終仕様
全球モデル (GSM)	20 km, 100 層 264 時間予報 : 1 回/日 (12UTC) 132 時間予報 * : 3 回/日 (00, 06, 18UTC)	20 km, 100 層 264 時間予報 : 1 回/日 (12UTC) 132 時間予報 : 3 回/日 (00, 06, 18UTC)	13 km, 128 層 264 時間予報 : 2 回/日 (00, 12UTC) 132 時間予報 : 2 回/日 (06, 18UTC)
全球アンサンブル 予報システム ** (GEPS)	40 km, 100 層 27 メンバー 264 時間予報 : 2 回/日 (00, 12UTC) 132 時間予報 : 2 回/日 *** (06, 18UTC)	40 km, 100 層 27 メンバー 264 時間予報 : 2 回/日 (00, 12UTC) 132 時間予報 : 2 回/日 *** (06, 18UTC)	27 km, 128 層 51 メンバー 264 時間予報 : 2 回/日 (00, 12UTC) 132 時間予報 : 2 回/日 *** (06, 18UTC)
メソモデル (MSM)	5 km, 76 層 39 時間予報 : 8 回/日 (00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21UTC)	5 km, 76 層 39 時間予報 : 6 回/日 (03, 06, 09, 15, 18, 21UTC) 51 時間予報 : 2 回/日 (00, 12UTC)	5 km, 96 層 39 時間予報 : 6 回/日 (03, 06, 09, 15, 18, 21UTC) 51 時間予報 : 2 回/日 (00, 12UTC)
メソアンサンブル 予報システム (MEPS)	5 km, 76 層 21 メンバー 39 時間予報 : 4 回/日 (00, 06, 12, 18UTC) 部内試験運用	5 km, 76 層 21 メンバー 39 時間予報 : 4 回/日 (00, 06, 12, 18UTC) 正式運用	5 km, 96 層 21 メンバー 39 時間予報 : 4 回/日 (00, 06, 12, 18UTC) 正式運用
局地モデル (LFM)	2 km, 58 層 9 時間予報 : 24 回/日	2 km, 58 層 10 時間予報 : 24 回/日	2 km, 76 層 10 時間予報 : 24 回/日
毎時大気解析	5 km, 48 層 24 回/日	5 km, 48 層 24 回/日	2 km, 76 層 48 回/日
備考	* NAPS10 の運用開始後の 2018 年 6 月 26 日に、GSM の予報時間を 84 時間から 132 時間に延長した。 ** ここでは、台風情報及び週間天気予報への支援に関わる情報のみを記述した。 *** 全球アンサンブル予報システムの 06, 18UTC 初期時刻は 1 日 2 回を最大として、全般海上予報区 (赤道～北緯 60 度、東経 100～180 度) 内に台風が存在する、または同区内で 24 時間以内に台風になると予想される熱帯低気圧が存在する場合、または、全般海上予報区外に最大風速 34 ノット以上の熱帯低気圧が存在し、24 時間以内に予報円または暴風警戒域が同区内に入ると予想された場合に実行される。		

(2) 全球アンサンブル予報システム

GSM と同じタイミングで GEPS の鉛直層を現在の 100 層から 128 層に増強し、メンバー数を 27 メンバーから 51 メンバーに増やす計画である。その後、水平格子間隔を現在の 40 km から 27 km へ高解像度化する計画である。

(3) メソ数値予報システム

2018 年度末までに、初期時刻 00, 12UTC のメソモデル (MSM) の予報時間を 39 時間から 51 時間へと延長する計画である (第 1.4 節)。MSM の水平解像度は

NAPS10 運用期間中には変更する計画はないが、鉛直層については、将来、現在の 76 層から 96 層へと増強する計画である。

メソ解析は、2019 年度末を目標に、2017 年にメソモデルとして運用を開始した気象庁非静力学モデル asuca に基づく 4 次元変分法解析システム (asuca-Var ; 幾田 2014) を導入する計画である。その後、2019 年度に正式運用を開始するメソアンサンブル予報システム (MEPS) のメンバーなどから予測誤差を見積もるハイブリッドデータ同化を導入する計画である。

(4) メソアンサンブル予報システム

メソアンサンブル予報システム (MEPS) は、第 9 世代数値解析予報システム (NAPS9) において 2015 年 3 月に部内試験運用を開始した (小野 2016)。NAPS10 の運用開始に合わせて、実行頻度を 1 日 1 回 (18UTC 初期値) から 1 日 4 回 (00, 06, 12, 18UTC 初期値) に増やし、メンバー数も 11 メンバーから 21 メンバーに増強した。NAPS10 運用開始から約 1 年後となる 2019 年 6 月頃には正式運用を開始する計画である (第 1.5 節)。また、将来は MSM に合わせて、鉛直層を 76 層から 96 層へ増強する計画である。

(5) 局地数値予報システム

2018 年度末までに、全初期時刻の局地モデル (LFM) の予報時間を 9 時間から 10 時間へと延長する計画である (第 1.4 節)。LFM の水平解像度は NAPS10 運用期間中には変更する計画はないが、鉛直層については、将来、現在の 58 層から 76 層へと増強する計画である。

(6) 毎時大気解析

毎時大気解析については、NAPS10 運用期間中に、水平格子間隔を 5 km から 2 km へ、鉛直層数を 48 層から 76 層へ、実行頻度を 1 日 24 回から 48 回へと増強することを計画している。

1.2.2 2030 年に向けた数値予報技術開発重点計画

(1) はじめに

交通政策審議会気象分科会は、自然環境や社会環境の変化、先端技術の展望を踏まえ、観測・予測精度向上のための技術開発と気象情報・データの利活用促進を、いわば「車の両輪」とした防災対応・支援の推進等について取り組みを進めるという「2030 年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」についての提言をとりまとめた²。この提言で示された方向性に基づき、気象庁は、防災分野を始め社会における情報サービス基盤である数値予報の技術開発を強力かつ着実に推進していくために、「2030 年に向けた数値予報技術開発重点計画」(以下、「重点計画」; 気象庁 2018) を策定し、2018 年 10 月に発表した³。重点計画は、当庁における数値予報システムの開発において重要な意味を持つことから、本節でその概要を紹介する。

(2) 重点目標

重点計画では、「国民一人一人の安全・安心を守り、活力ある社会を実現する数値予報イノベーション」というビジョンを掲げ、その実現に向けて 4 つの重点目標を設定した。これらのうち「温暖化への適応策」を

除く「豪雨防災」、「台風防災」、「社会経済活動への貢献」の 3 つが数値予報課の開発業務と深く関係する。

重点目標①：豪雨防災

線状降水帯の発生・停滞などの予測精度向上により、集中豪雨の可能性を高い確度で予測すること、特に明るいうちからの避難など、早期の警戒と避難を可能にすることを目標としている。

この目標を達成するための課題として、局地モデルの予測精度や解像度が不十分であることや、海上の水蒸気や風の初期値の精度が不十分であることが指摘されている。これらに対処するために、局地モデルを 1 km 以下に高解像度化し積乱雲に関する諸過程を改良すること、集中豪雨の予測の不確実性を適切に捕捉可能な局地アンサンブル予報システムの開発のほか、多様かつ時間的・空間的に高密度な観測ビッグデータの一層の活用や最先端技術を駆使したデータ同化技術の開発などに取り組む必要がある。

重点目標②：台風防災

台風や前線に伴う大雨などの予測精度を向上し、大規模風水害や高潮災害に対して、数日前からの広域避難に関する防災行動の確実な実行を可能にすることを目標としている。

この目標を達成するための課題としては、地球全体から詳細な予測まで幅広いスケールを効率的に扱う必要があることや、環境指向流⁴と台風の構造両面から台風予測を改善する必要があること、そして、台風周辺の気象場の初期値精度が不十分であることが挙げられている。これらに対処するために、全球・メソの決定論的予測モデルやアンサンブル予報システム、及び、高潮モデルなどを階層的に開発することや、全球モデルの水平格子間隔を 10 km 以下へ高解像度化して解像度に適した物理過程を開発すること、人工知能 (AI) 技術を応用したモデル開発を進めること、観測ビッグデータの更なる活用などに取り組む必要がある。

重点目標③：社会経済活動への貢献

半年先までの気象予測の高度化・精度向上により、気候リスク軽減や流通・生産計画の最適化を始め、社会経済活動における生産性向上へ貢献することを目標としている。

重点計画では、この目標を達成するための課題としては主に長期予報の問題点が指摘されているが、予測対象とする現象に応じて、効率的・効果的に予測する必要があることが指摘されている。豪雨防災や台風防災の重点目標を達成するために取り組む開発の成果を、こちらの目標達成に向けても活かしていく必要がある。

(3) 開発指針

現業数値予報システムは巨大かつ複雑なソフトウェアの集合体であり、開発に携わる一人一人が、ビジョ

² 2018 年 8 月 20 日付けで気象庁より報道発表が行われた。詳細は http://www.jma.go.jp/jma/press/1808/20a/bunkakai_rep.html を参照願いたい。

³ 2018 年 10 月 4 日付けで気象庁より報道発表が行われた。詳細は http://www.jma.go.jp/jma/press/1810/04b/nwp_strategic_plan_towards_2030_181004.html を参照願いたい。

⁴ 台風の進路に影響する大気の流れ

ンと重点目標のみならず、次の3つの開発指針を共有して開発を推進することが重要である。

開発指針①：プライオリタイゼーション

目標達成に資する開発を重点化し、開発や運用のコストを踏まえて優先順位を設定する。

開発指針②：実証的根拠に基づく開発

実証的根拠と科学的議論を基本とし、共通の評価手法に基づいた系統的な開発を推進する。

開発指針③：開発全体の最適化

基盤ソフトウェアの整備や開発環境の確保などにより、開発全体を最適化・強化し、研究・開発を推進する。

(4) 今後の取組

重点計画では、上記課題への取り組みを通して技術革新を実現するために、産学官オールジャパンなどの幅広い連携の推進、高度な開発を牽引出来る開発リーダーの育成と確保、最先端の研究・開発基盤の整備ということにも取り組み、開発マネジメントを強化していく方針を打ち出している。

重点計画は、2030年までの数値予報の技術開発の戦略を示すものであり、今後速やかにこの開発戦略に沿ってNAPS10における数値予報システムの改良計画を見直していく必要がある。

参考文献

- 幾田泰醇, 2014: asuca 変分法データ同化システム. 数値予報課報告・別冊第60号, 気象庁予報部, 91-97.
- 石田純一, 2017: 数値予報. 平成29年度数値予報研修テキスト, 114-117.
- 太田洋一郎, 堀田大介, 2016: 週間アンサンブル予報システムにおける LETKF の開発. 数値予報課報告・別冊第62号, 気象庁予報部, 66-76.
- 小野耕介, 2016: メソアンサンブル予報システムの開発状況. 数値予報課報告・別冊第62号, 気象庁予報部, 100-113.
- 計盛正博, 2011: 雲、雨の影響を受けたマイクロ波輝度温度データの同化. 数値予報課報告・別冊第57号, 気象庁予報部, 77-83.
- 気象庁, 2018: 2030年に向けた数値予報技術開発重点計画. 52pp.
- 気象庁予報部, 2015: 観測データ利用の現状と課題. 数値予報課報告・別冊第61号, 気象庁予報部, 98pp.
- 気象庁予報部, 2017: 数値予報システム・ガイダンスの改良及び今後の開発計画. 平成29年度数値予報研修テキスト, 155pp.

1.3 全球モデルの予報時間延長¹

全球数値予報システムは、天気予報、週間天気予報、台風進路・強度予報の作成のために利用されている。また、全球アンサンブル予報システム (GEPS) の初期値やメソ数値予報システムの境界値等の役割も担っており、他の数値予報システムの現業運用のためにも欠かせない基幹システムである。全球数値予報システムの数値予報モデルである全球モデル (GSM) はこれまで主に明後日 (3日後) までを対象とした予報に用いられてきたため、GSM の予報時間は、12UTC を初期時刻とする予報は264時間 (11日)、00, 06, 18UTC を初期時刻とする予報は84時間 (3.5日) であった。2018年6月の第10世代のスーパーコンピュータシステムの運用開始時後の6月26日から、00, 06, 18UTC を初期時刻とする GSM の予報時間を132時間 (5.5日) に延長した。予報時間を延長した GSM の予測を使い、これまで3日先までを対象に行ってきた台風強度予報を、平成30年度内に5日先まで延長することが計画されている。台風強度予報にはガイダンスが使用され (別所 2018)、予報時間の延長された GSM の予測がこのガイダンスの作成のために活用される。なお、同日00UTC 初期値以降の GSM については、気象業務支援センターを通じて、予報時間を延長した GSM の予報資料が一般の利用者に提供されている。

GSM と GEPS は共に台風の予測に用いられる。5日先までの台風進路予報には、00, 06, 18UTC 初期値の GSM はこれまで3.5日の予報時間しかなかったため、2017年1月に運用を始めた GEPS (山口 2017) が使用されてきた。GEPS は、全般海上予報区内に台風が存在する又は同区内で24時間以内に台風の発生・進入が予想される場合²には、通常の00, 12UTC 初期値での264時間予測に加えて、06, 18UTC の初期時刻からも132時間の予測を行う。

図1.3.1に2018年8月4日06UTC 初期値の GSM, GEPS による平成30年台風第13号の進路予測を示す。GSM の進路予測は、GEPS のコントロールラン (摂動を入れない予測) による進路と概ね一致しており、摂動を加えた予測はその周辺に分布している。予報時間を延長した GSM の予測が、進路予測のための GEPS の予測結果の確認に使用できる。GSM の予測結果が GEPS の予測と異なる場合は、他の初期値の予測も含

¹ 坂本 雅巳

² 正確には、以下3条件のいずれかを満たす場合

- i 全般海上予報区 (赤道以北北緯60度以南、東経100度から180度までの領域) 内に台風が存在している場合
- ii 同区内で24時間以内に台風になると予想される熱帯低気圧 (TD) が存在している場合
- iii 同区外に熱帯低気圧 (最大風速34ノット以上) が存在し、24時間以内に予報円又は暴風警戒域が同区内に入ると予想される場合

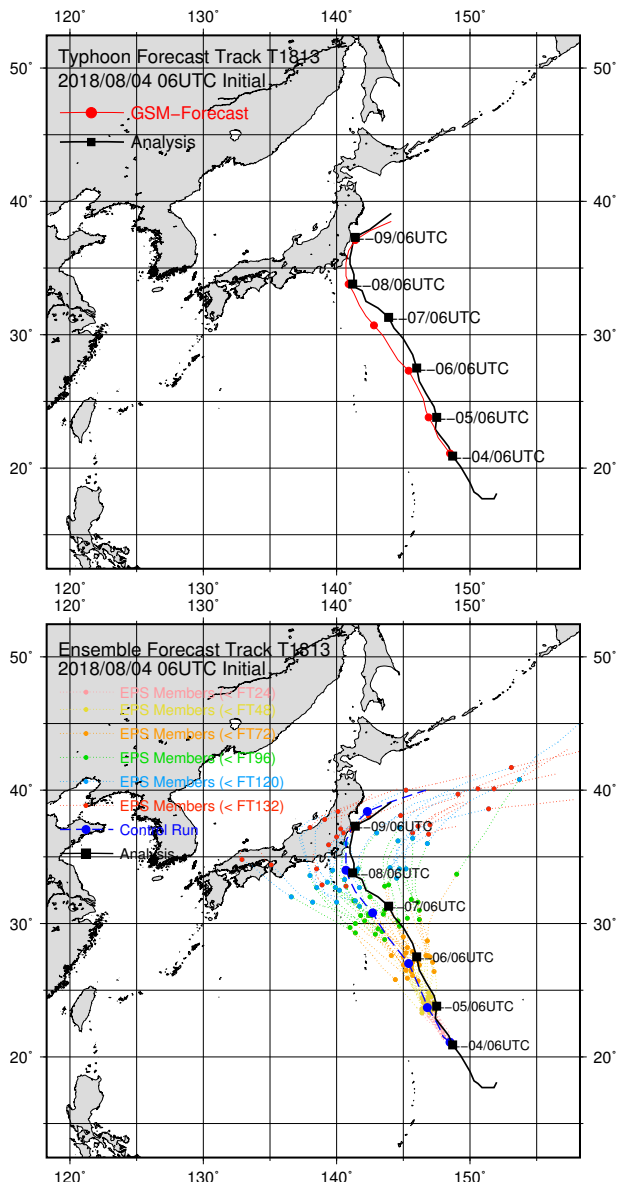


図 1.3.1 2018 年 8 月 4 日 06UTC 初期値の GSM (上図) と GEPS (下図) による平成 30 年台風第 13 号の中心位置の予測結果。上下の図の黒実線は気象庁ベストトラックでの台風解析の中心位置。上図の赤実線が GSM の予測。下図の青破線は GEPS のコントロールラン (摂動を加えない予測)。点線は GEPS の摂動を加えたメンバーの予測で、初期時刻から 24 時間後までを桃色、48 時間後までを黄色、72 時間後までを橙色、96 時間後までを緑色、120 時間後までを水色、それ以降を赤色で示す。

めた進路予測の検討が必要であろう。また、GSM を使った台風強度予測を行う場合は、その前提となる進路を GEPS の予測と比較して確認する必要がある。

水平格子間隔は GSM が約 20 km であるのに対して、GEPS は約 40 km である。水平格子間隔の違いにより、GEPS で台風起因する強風を予測するのは難しいため、台風強度の予測には GSM の予測が使用される。図 1.3.2 に 2018 年 8 月 4 日 06UTC 初期値の GSM, GEPS による平成 30 年台風第 13 号の最大風速の予測結果を

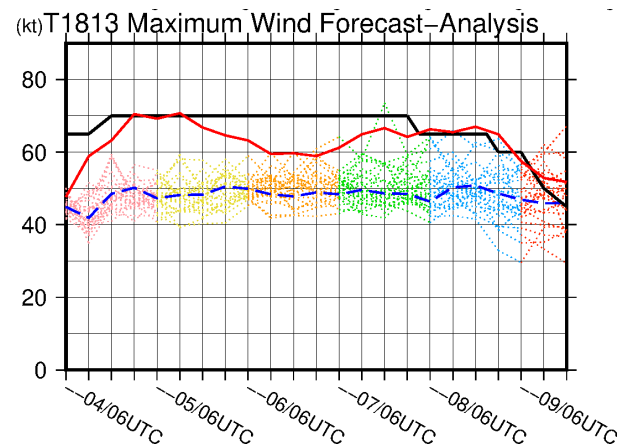


図 1.3.2 2018 年 8 月 4 日 06UTC 初期値の GSM と GEPS の平成 30 年台風第 13 号の最大風速 [ノット] の予測結果。黒実線は気象庁ベストトラックでの台風解析の最大風速。赤実線が GSM の予測。青破線は GEPS のコントロールラン。点線は GEPS の摂動を加えたメンバーの予測で、初期時刻から予報時間別に図 1.3.1 と同じ色で示す。

示す。GSM は最大風速約 70 ノットを予測しており、GEPS のどのメンバーよりも最大風速が大きい期間が長い。図 1.3.1 と図 1.3.2 に示した平成 30 年台風第 13 号では海上台風警報が発表されており、解析された最大風速も 70 ノットである。

参考文献

別所康太郎, 2018: 台風強度予報ガイドラインの開発. 平成 29 年度予報技術研修テキスト, 気象庁予報部, 43-55.
山口春季, 2017: 全球アンサンブル予報システムの導入. 平成 29 年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 35-41.

1.4 メソ・局地モデルの予報時間延長¹

1.4.1 メソモデルの予報時間延長の概要

メソモデル (MSM) は、防災気象情報および航空気象情報の作成支援等を目的として、気象庁が運用する領域モデルである。MSM の予測精度は様々な改良により継続的に向上しており、また、予報時間を利用用途の拡大に応じて段階的に延長している。具体的には、2007 年 5 月に 03, 09, 15, 21UTC 初期値の予報時間を 15 時間から 33 時間に延長し (荒波・原 2006)、さらに 2013 年 5 月に全 8 初期値 (00 から 21UTC までの 3 時間おき) の予報時間を 39 時間に延長した (越智・石井 2013)。

2018 年 6 月のスーパーコンピュータシステムの更新を受け、防災気象情報等の作成支援への MSM の利活用を更に進めるべく、2018 年度末までに、00, 12UTC 初期値について予報時間を 39 時間から 51 時間へと延長する計画である。この延長により、翌日にかけての予報期間のすべてが MSM の予報時間でカバーされるなど、数値予報資料の利用における一貫性が向上する。なお、今回は予報時間延長のみの変更であり、モデルの仕様は、2017 年 2 月の asuca 導入 (原 2017) の際と同一である。

1.4.2 延長された予報時間における MSM の検証

本節では、延長された予報時間 (以下、FT) 39 時間から 51 時間における MSM の予測精度や特性の検証結果を述べる。前線や台風による降水を含む夏期間 (2016 年 6 月 27 日から 7 月 14 日、および 8 月 13 日から 30 日の計 36 日間)、冬型気圧配置や南岸低気圧による降水を含む冬期間 (2016 年 12 月 11 日から 2017 年 1 月 15 日の計 36 日間) の 00, 12UTC 初期値について、MSM の予報時間を 51 時間まで延長する実験を行い、対解析雨量検証のほか、対高層観測検証および対地上観測検証 (草開・森安 2013) を実施し、また個別の事例において予報の特性を確認した。

検証にあたっては、防災気象情報の作成支援において降水の予測精度が重要であること、原稿執筆時点 (2018 年 9 月) における FT=39 以降の数値予報資料としては GSM が主であることを念頭に置いた。以下の節では、FT=39 以降の MSM (以下、延長 MSM) について、FT=39 以前の MSM との精度比較、降水予測における GSM および他初期値 MSM との比較、境界値を与える GSM との類似性、MSM の既知の特性、の 4 点について検証結果を示す。

(1) FT=39 以前の MSM との精度比較

延長 MSM について、バイアススコア (BI)、スレットスコア (TS) とともに、FT=39 以前と比較して急激な変

動は見られなかった。TS については、予報後半ほど低下が緩やかであった。この傾向は降水量の閾値や季節によらず一貫して見られたほか、対高層観測検証においても、FT=39 以降での予測誤差の極端な悪化は見られなかった。一例として、図 1.4.1 には、夏期間における 10 mm/3hr を閾値とした解析雨量に対する BI および TS を、00~06UTC 初期値の MSM の予測について示す。

(2) 降水予測側の GSM および他初期値 MSM との比較

降水予測について、延長 MSM を同初期時刻の GSM と比較すると、BI, TS とともに、FT=39 以降を含め予報時間を通じて延長 MSM の方が GSM より良く、その優位性は、より強い降水において、また冬期間よりも夏期間において明瞭であった。また、延長 MSM とより新しい初期値の MSM とを比較すると、FT=39 以前について得られている結果 (越智・石井 2013) と同様に、より新しい初期値の方が高精度で、その優位性は冬期間よりも夏期間において明瞭であった。図 1.4.1 には、一例として、夏期間における、延長 MSM の GSM および他初期値 MSM との比較を示す。

(3) 境界値を与える GSM との類似性

MSM は、500 hPa 高度をはじめとした総観規模の流れの予測について、予報時間が長くなるに従い、側面境界を与える GSM と予測誤差が類似する傾向がある (越智・石井 2013)。対高層観測検証および事例検証により確認すると、延長 MSM についてもその傾向は継続していた (図略)。一方で、対流圏下層の気温や水蒸気といった、モデルによる表現の違いが現れやすい要素については、境界値を与える GSM が持つバイアスは、必ずしも MSM に反映されるわけではなかった。この傾向は延長 MSM でも同様であった。

(4) MSM の既知の特性

以下に述べる MSM の既知の特性について、延長 MSM でも同様の傾向を確認した。利用にあたり GSM や実況との比較を適切に行うなど留意が必要である。

MSM では、現実には見られない、小スケールで気圧傾度の大きい低気圧が予測される場合があり (原 2015)、延長 MSM でも同様の事象を確認した。なお、夏、冬各期間について予報時間別に発生頻度を確認したところ、明瞭な予報時間依存性は見られなかった (図略)。

また、MSM には、強制力が弱い状況において、夏季の熱雷などの、小スケールの不安定性降水が表現されにくいという問題 (原・倉橋 2017) や、第 3.1.1 項にて後述する、冬期の積雪域での地上気温の低温バイアスの存在が指摘されているが、延長 MSM においても同様の傾向を確認した。

1.4.3 延長 MSM のまとめと利用上の注意点

MSM を防災気象情報等の作成支援への利活用を更に進めるため、00, 12UTC 初期値 MSM の予報時間を

¹ 荒巻 健智、氏家 将志

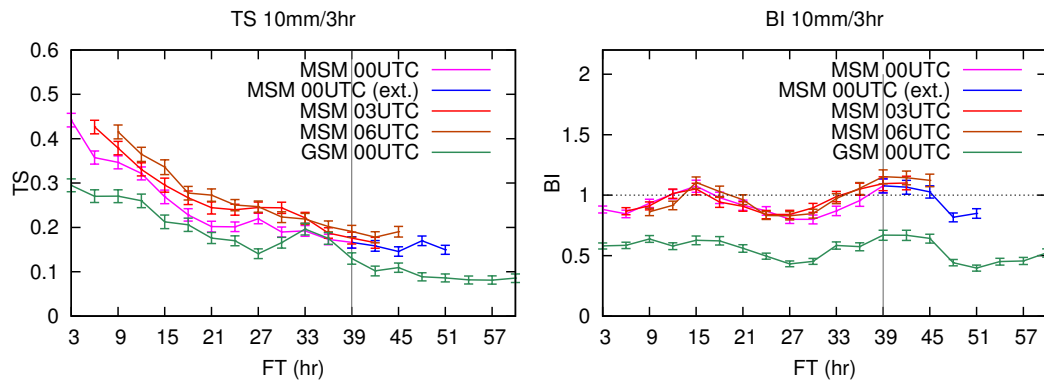


図 1.4.1 夏期間（2016 年 6 月 27 日～7 月 14 日、8 月 13 日～30 日の計 36 日間）における、10 mm/3h 以上の降水を対象とした、対解析雨量スレットスコア (TS) (左図) およびバイアススコア (BI) (右図) の予報時間別の統計検証結果。検証格子は 20 km。MSM は延長した 00UTC 初期値（青色が延長部分）と比較のための 03, 06UTC 初期値の予報を、GSM は 00UTC 初期値の予報を示している。エラーバーは 95%信頼区間を示す。また、FT=39 を示す境界線を引いている。

51 時間に延長することを予定している。予報時間を延長した MSM について、利用上の注意点をまとめて述べる。

- 予測スコアの統計検証や事例における検証の結果、延長 MSM での予測誤差の極端な悪化や特性の変化は見られなかった。
- 特に降水の予測スコアは、FT=39 以降を含め予報時間を通じて MSM の方が GSM より良く、その優位性は、より強い降水、また冬期間よりも夏期間において、より明瞭であった。また、可能であれば、より新しい初期値の MSM を参照することが適切である。
- 500 hPa 高度など総観規模の流れについて、MSM の予測誤差が境界値を与える GSM と類似する特性が知られているが、延長 MSM でもその特性は継続する。異なる初期値の MSM 同士や GSM と比較して用いる際、境界値を与える GSM の影響に留意頂きたい。

1.4.4 局地モデルの予報時間延長

局地モデル (LFM) は、MSM より時空間的に細かい資料で、航空気象情報、防災気象情報の作成等を支援することを目的として気象庁が運用する領域モデルである。2012 年 8 月に東日本を予測領域として 1 日 8 回実行での本運用を開始 (永戸ほか 2012) して以降、2013 年 5 月の日本域への予測領域拡大および毎時実行化 (永戸ほか 2013)、2015 年の asuca 導入 (原ほか 2015) と、モデルの改善や仕様拡張を実施してきた。

2018 年 6 月のスーパーコンピュータシステム更新を受け、主として航空交通管理のための気象情報提供での利用における利便性の向上を目的として、2018 年度末までに、全初期値について予報時間を 9 時間から 10 時間へと延長する計画である。なおモデル自体の変更はない。

予報時間を 10 時間に延長した LFM について、前線や台風による降水を含む夏期間（2016 年 7 月 5 日から

14 日、8 月 2 日から 3 日、および 8 月 16 日から 22 日の計 19 日間）、冬型気圧配置や南岸低気圧による降水を含む冬期間（2017 年 12 月 12 日から 22 日および 2018 年 1 月 7 日から 14 日の計 19 日間）について実験を行い、対解析雨量検証のほか、対高層観測検証および対地上観測検証を実施し、また個別の事例において予報の特性を確認した。その結果、予報延長期間での予測誤差および特性の極端な変化がないことを確認した (図略)。

参考文献

- 荒波恒平, 原旅人, 2006: メソ数値予報モデルの改良と予報時間延長. 平成 18 年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 55-58.
- 永戸久喜, 藤田匡, 原旅人, 2012: 局地モデルの本運用. 平成 24 年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 72-86.
- 永戸久喜, 原旅人, 倉橋永, 2013: 日本域拡張・高頻度化された局地モデルの特性. 平成 25 年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 18-41.
- 越智健太, 石井憲介, 2013: 領域拡張・予報時間 39 時間化されたメソモデルの特性. 平成 25 年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 1-17.
- 草開浩, 森安聡嗣, 2013: 現業モデルにおける検証 (メソモデル). 数値予報課報告・別冊第 59 号, 気象庁予報部, 16-24.
- 原旅人, 幾田泰醇, 伊藤享洋, 松林健吾, 2015: asuca が導入された局地数値予報システム. 平成 27 年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 1-23.
- 原旅人, 2015: 事例検討. 平成 27 年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 82-99.
- 原旅人, 2017: メソ数値予報システムの改良の概要. 平成 29 年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 42-47.
- 原旅人, 倉橋永, 2017: メソ数値予報システムの特性の変化. 平成 29 年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 48-55.

1.5 メソアンサンブル予報システム¹

1.5.1 はじめに

気象庁は、メソモデル（以下、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を目的に、メソアンサンブル予報システム（以下、MEPS）の開発を進めてきた。2015 年 3 月からは部内試験運用を開始し（小野 2016a）、その後も随時改良してきた。MEPS は 2019 年 6 月頃に本運用を開始する計画である。

本節では、本運用予定の MEPS の仕様について説明する。また、MEPS の利用方法の検討について簡単に紹介する。第 1.5.4 項では、MEPS ガイダンスの概要を述べる。

1.5.2 MEPS の仕様

表 1.5.1 に本運用予定の MEPS の仕様を示す。以下では、仕様とその狙いを簡潔に述べ、統計的な特性を示す。

(1) 運用形態

実行頻度（初期時刻）は 1 日 4 回（00, 06, 12, 18UTC）、予報時間は 39 時間である。1 初期時刻あたりのメンバー数は、1つのコントロールランと 20 の摂動ランから成る 21 メンバーである。

(2) 数値予報モデル、初期値、境界値

MEPS は、MSM の予報の不確実性等の情報を提供することを目的とするため、その数値予報モデルはメソスケール現象の表現能力が MSM と同等であることが求められる。そのため、MEPS の水平格子間隔、鉛直層配置、数値予報モデルとその設定及び計算領域は、MSM と全く同一としている。また、コントロールランの初期値、境界値は同初期時刻の MSM と同じものを利用する。したがって、コントロールランは同初期時刻の MSM の予測値そのものである。

(3) 初期摂動

初期摂動は、3 つのスケールの特異ベクトル（SV: Singular Vector; 山根 2002 など参照）を組み合わせで作成する。SV 法は線形的な時間発展について成長率の大きい摂動を計算する手法である。気象庁全球モデルに基づく全球特異ベクトル（以下、GSV; 酒井 2009 参照）、気象庁非静力学モデル JMA-NHM に基づく水平解像度の異なる 2 種類のメソ特異ベクトル（以下、MSV; 小野 2010 参照）の結合により初期摂動を作成し、これらの初期摂動を MSM の初期値に加えることで、MEPS の複数の初期値を作成する。総観規模擾乱を対象とする水平格子間隔約 180 km・評価時間 45 時間の GSV をベースとして全般的な摂動を確保した上で、予報前半の強雨についての不確実性を考慮することを狙いとして、メソ α スケール以上の現象を対象と

表 1.5.1 本運用予定の MEPS の仕様

実行頻度（初期時刻）		1 日 4 回 (00, 06, 12, 18UTC)
予報時間		39 時間
アンサンブルメンバー数		21 メンバー（コントロールランを含む）
予報モデル	水平格子間隔	MSM と同じ (5 km)
	鉛直層数	MSM と同じ (76 層)
初期値		MSM と同じ (付録 A.1.3)
境界値		MSM と同じ (付録 A.1.3)
アンサンブル手法	モデル摂動	なし
	大気初期摂動	SV 法 (MSV40+MSV80+GSV)
	側面境界摂動	SV 法 (GSV)
	下部境界摂動	なし

する水平格子間隔 80 km・評価時間 15 時間の MSV（以下、MSV80）、メソ β スケール以上の現象を対象とする水平格子間隔 40 km・評価時間 6 時間の MSV（以下、MSV40）から得られる解像度の高い摂動を合成する。GSV では水平風と気温の摂動のみを求めており、初期値における水蒸気場の不確実性は MSV から算出される摂動によって考慮している。初期摂動の設計の詳細は、小野 (2016a) を参照していただきたい。

(4) 側面境界摂動

MSM の予測の不確実性のうち、側面境界値の誤差に起因するものは側面境界値に摂動を与えることにより考慮している。領域モデルのアンサンブルにおいて側面境界摂動を考慮しないと、側面境界の影響を受ける予測領域（予報時間の経過とともに広がる）では予測がばらつかず、予測の不確実性の表現が不十分となる（小野 2016b）。

MEPS の側面境界摂動には、初期摂動作成に利用する GSV を側面境界摂動としても利用する（Ono 2017）。この方法では、各メンバーの初期摂動と側面境界摂動との間にずれが生じないため、各メンバーの予測において擾乱の盛衰予測の一貫性を保つことができる²。これにより、次項で触れる各メンバーの予測を MSM とは異なるシナリオと見なす使い方において、利用しやすくなる。

(5) 統計的な特性

ここでは、メソ解析の解析値を参照値としたコントロールランの二乗平均平方根誤差（以下、RMSE）とアンサンブル平均予報の RMSE の比較、アンサンブ

¹ 河野 耕平、西本 秀祐（第 1.5.1 項から第 1.5.3 項、および第 1.5.5 項）、三戸 洋介（第 1.5.4 項）

² 小野 (2016b) では、側面境界摂動は週間アンサンブル予報値を用いており、GSV を用いて作成する初期摂動との間にずれが生じ得た。このため、例えば、初期摂動では擾乱を強めるような摂動であっても、それを打ち消すような側面境界摂動が流入することが起こり得た。

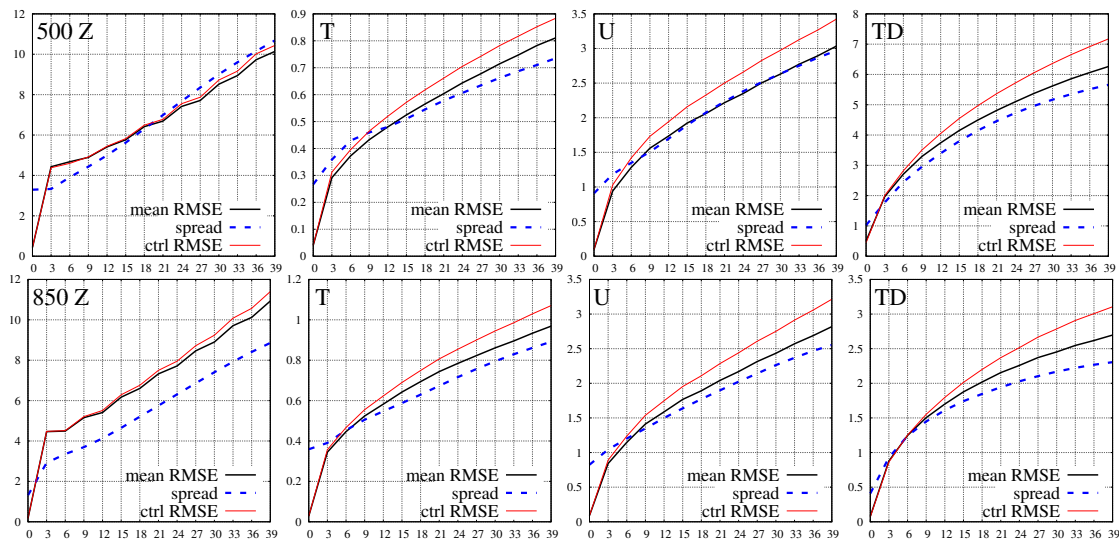


図 1.5.1 メソ解析を参照値としたコントロールランの RMSE (赤線)、アンサンブル平均予報の RMSE (黒線) 及びスプレッド (青点線) の時系列。左からジオポテンシャル高度 [gpm]、気温 [K]、東西風 [m/s]、露点温度 [K] であり、上段は 500 hPa、下段は 850 hPa。横軸は予報時間 [h] を表す。

ル平均予報の RMSE とアンサンブルスプレッド（以下、スプレッド）の関係を確認する。図 1.5.1 に、2018 年 6 月 5 日から 2018 年 7 月 25 日の全 204 初期値の 500 hPa、850 hPa のジオポテンシャル高度、気温、東西風、露点温度の検証結果を示す。一般に、アンサンブル予報では、アンサンブル平均予報の RMSE はコントロールランのそれより小さく、スプレッドの大きさと同程度になることが望ましい（高野 2002）。MEPS において、アンサンブル平均予報の RMSE が予報時間の経過とともにコントロールランより小さいことは図 1.5.1 で示した要素全てについて確認できる。一方、スプレッドについて見ると、アンサンブル平均予報の RMSE と比べて予報後半で過小になる傾向が 850 hPa の全要素、500 hPa の気温、露点温度について見られる。このようなスプレッドと RMSE の関係は、予測の不確実性の大きさを十分に表現できているとは言えないため、今後、改善すべき課題である。

1.5.3 MEPS の利用方法の検討

気象庁において、短期予報作業におけるアンサンブル予報の利用は MEPS が初めてとなる。そのため、MEPS の現業予報作業における活用法について、庁内の予報作業担当者と開発者において検討が進められている（石田 2016）。これまで、顕著現象のポテンシャル把握や「警報級の可能性」の判断等への MEPS の活用が検討されており、ここでは、その有効な資料として挙げられている、全メンバーの降水量予測の最大値（以下、メンバー最大）や降水量が閾値を超える確率³を例示する。

図 1.5.2 は、前線が東北地方を南下する中、山形県

で線状降水帯による大雨となった事例である。コントロールランの降水予測に対して、MEPS のメンバー最大からは 100 mm/3h を超える降水量の可能性があること、閾値を超える確率（ここでは、20 mm/3h 以上⁴）からは降水帯は山形県と秋田県の県境付近にかかる可能性が高めであること、といった情報が得られる。図 1.5.3 は、図 1.5.2 の 18 時間後、前線が新潟県まで南下した時刻の事例である。コントロールランの降水予測に対して、MEPS のメンバー最大からは降水帯の位置予測について南北方向に不確実さがあることが把握できる。この事例では、新潟県南部まで降水帯が南下する実況に近い予測のメンバー（例えば図 1.5.3 の最右図）が複数あり⁵、実況程度の降水帯の南下の可能性を捕捉できている。

アンサンブルメンバーの予報を決定論的予測とは異なるシナリオと見なす使い方も検討されている。例えば、全メンバー中で最大の降水量を予測したメンバーを最も悪いシナリオとして想定しておく使い方や、コントロールランよりも実況に近い予測のメンバーによってシナリオを代替する使い方などである。後者の使い方の留意点としては、小野（2016a）で示されているように、ある時刻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一般に持続時間は短く、そ

⁴ 各メンバーの予測（図略）を概観すると、図 1.5.2 の最右図のメンバーの例のようにピーク値は実況ほどではないが 20 mm/3h（橙色）以上の降水帯を表現するメンバーが多く、かつ、それぞれ予測位置にずれがあった。降水帯の出現位置の可能性を把握するには、この事例では 20 mm/3h 程度の閾値で確認するのが有効と考えた。

⁵ しかし、20 mm/3h 以上を超える確率は大きくならなかった。これは、各メンバーの 20 mm/3h 以上の降水の予測領域が狭く、メンバー間の予測領域の重なりが小さかったためである。

³ 各予報時間・格子点毎に、閾値以上の降水量を予測したメンバー数を全メンバー数で割った値をプロットした図

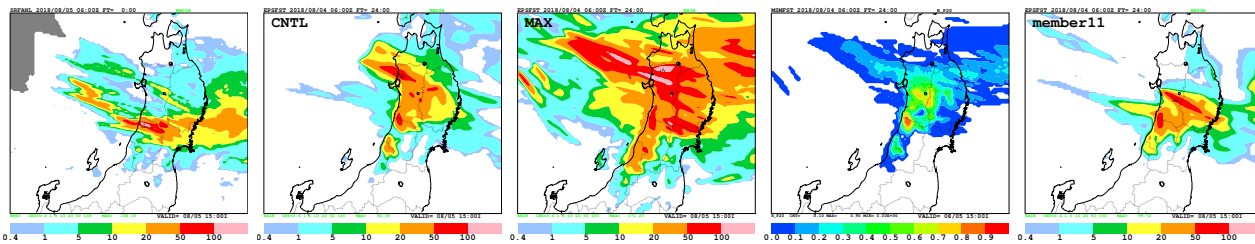


図 1.5.2 MEPS の予測例。2018 年 8 月 5 日 06UTC の前 3 時間降水量について、左から、解析雨量、MEPS コントロールランの予測、MEPS 全 21 メンバー中の予測の最大値、MEPS の 20 mm/3h を超える確率、MEPS のある 1 メンバーの予測。MEPS は 8 月 4 日 06UTC 初期値の FT=24。

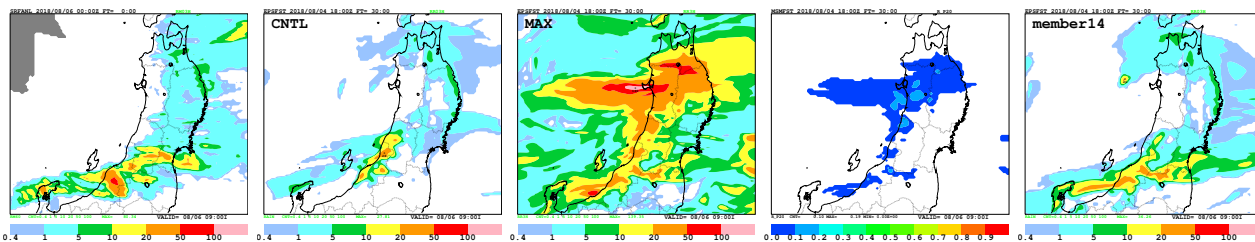


図 1.5.3 MEPS の予測例。2018 年 8 月 6 日 00UTC の前 3 時間降水量について、左から、解析雨量、MEPS コントロールランの予測、MEPS 全 21 メンバー中の予測の最大値、MEPS の 20 mm/3h を超える確率、MEPS のある 1 メンバーの予測。MEPS は 8 月 4 日 18UTC 初期値の FT=30。

のメンバーの予測がその後の予報時間においてもコントロールランを上回るとは限らないことがある。また、限られた予報作業時間内に効率的に代替シナリオを抽出する手法の確立が今後の課題である。

1.5.4 メソアンサンブルガイダンス

数値予報課では、前項までで述べたメソアンサンブル予報システム (MEPS) の結果を用いて、降水量、降雪量、気温、発雷確率、風、視程、雲および航空悪天 GPV についてメソアンサンブルガイダンス（以下、MEPS ガイダンス）を開発し、部内試験運用を行っている（高田 2017）。本項では部内試験運用中の MEPS ガイダンスの概要について述べる。

MEPS ガイダンスは、MEPS の各メンバーを入力とするガイダンスであり、基本的に、MSM ガイダンス（後藤ほか 2018; 付録 A.2）の予測式を適用して作成する。この作成方法では、MEPS ガイダンスのコントロールラン⁶と MSM ガイダンスが同一となるため、両ガイダンスの比較が容易、MSM ガイダンスに関する確率情報の作成が可能といった利点がある。また、予測式作成のコストがかからないという点で、運用上のメリットもある。実行頻度、予報時間およびメンバー数については、MEPS と同様である。予報期間と間隔、予報対象時間単位、作成対象、目的変数、説明変数、層別化については、MSM ガイダンスと同様である。予測要素と作成方法については、表 1.5.2 に示す。なお、天気予報用の湿度ガイダンスおよび天気ガイダンス、航空気

象予報用の風ガイダンスについては、対応する MEPS ガイダンスを作成しておらず、今後、調査および開発を進める。

前述した通り、MEPS ガイダンスは基本的には MSM ガイダンスの予測式を各メンバーに適用して作成するが、天気予報用の MEPS 気温ガイダンスと MEPS 発雷確率ガイダンスは、以下で示すようにその限りではない。MEPS 気温ガイダンスは、利用の仕方に応じて、ほかの MEPS ガイダンスと同様に MSM ガイダンスの予測式を適用して予測を行う CTL 型と、アンサンブル平均による説明変数で学習した係数を使用して予測を行う EPS 型の二つを部内試験運用している。CTL 型は、コントロールランの予測値が MSM ガイダンスと同一であるため、各メンバーのばらつきから MSM ガイダンスの信頼度算出に利用できないか検討している。また、MEPS 降雪量ガイダンスの入力としても利用されている。EPS 型は、各メンバーによるアンサンブル平均の精度が CTL 型よりも高いことを確認したため、アンサンブル平均を決定論的な予測値のように利用することを検討している。

MEPS 発雷確率ガイダンスは、予測精度や信頼度の向上を期待できることから、MSM 発雷確率ガイダンスと同様に LAF (Lagged Average Forecast) 法を用いて予測している（高田 2008; 工藤 2018）。ただ、MEPS ガイダンスと MSM ガイダンスとでは、LAF に使用する過去初期値が異なっている。MSM ガイダンスは、過去 8 初期値を使用して、時刻が新しいほど寄与が大きくなるように重み付けをして、LAF を行う。これに対して、

⁶ 摂動を加えていないモデル予測値から作成したメンバー

MEPS ガイダンスは、各メンバーごとに、最新初期時刻と1初期時刻前のコントロールランとの二つの予測値のみを使用したLAFを行う。1初期時刻前を使用する理由は、実行頻度が1日1回だった部内試験運用開始当初の設定を引き継いでいるからである。NAPS10では実行頻度が1日4回になったことから、データが蓄積され次第、適切なLAFの設定を求める調査を行う予定である。コントロールランを使用する理由は、同一メンバーの予測に一貫した予測特性があるわけではなく同一メンバー同士のLAFは適切ではないこと、コントロールランの精度が他のメンバーに比べて統計的に最も良い⁷ことの二点から、コントロールランがLAFの相手として、他のメンバーよりも妥当と考えたためである。

MEPS ガイダンスの利用方法は検討を進めているところである。気温や乱気流指数では、MEPS ガイダンスのアンサンブル平均の精度がMSM ガイダンスのそれを上回ることが確認されており(高田 2017)、MEPS ガイダンスのアンサンブル平均を予測に直接利用することが考えられる。ただし、降水や発雷確率のように、単純に平均しただけでは、MSM ガイダンスに対して明確な精度向上が難しいMEPS ガイダンスもある。これらの利用の際には、アンサンブル平均を補正するなどの工夫が必要であることに注意していただきたい。

アンサンブル平均以外にも、各メンバーの予測値のばらつきからは信頼度情報、閾値を超える確率からは大雨の可能性、最大値を予測したメンバーからは最悪シナリオの想定に関する有用な情報が提供できると考えられる。閾値を超える確率の例として、図 1.5.4 に平成 30 年台風第 21 号が近畿地方から日本海へ進んだ時の、日本時間 9 月 5 日 3 時を対象とする MEPS24 時間最大降水量ガイダンス (MEPS-RMAX24) の予測を示す。実況では四国地方南東部、紀伊半島、東海地方、東海から北陸地方の山間部で 200 mm/24h を超える大雨となった。コントロールラン⁸ (図 1.5.4 中央) の予測において 200 mm/24h 超となる降水域の分布には、200 mm/24h を超える確率⁹ (図 1.5.4 右) と同様の傾向があり、多くのメンバーがコントロールランと同様の位置に大雨を予測をしたことが分かる。実況でも概ね同じ地域で大雨となっていることから、閾値を超える確率が大雨の可能性や信頼度の判断に活用できることを示唆している。

1.5.5 まとめ

MEPS は 2019 年 6 月頃に本運用を開始する計画である。本節では、本運用予定の MEPS の仕様と特性に

ついて説明し、部内試験運用中の MEPS ガイダンスの概要を述べた。気象庁において、短期予報におけるアンサンブル予報の利用は MEPS が初めてであり、その利用については検討の余地があるため、今後も継続して検討を行う。MEPS のスプレッドと誤差の関係には、予測の不確実性をより適切に表現するよう改善すべき点が見えており、本運用開始後も初期摂動の改良や小野 (2016a) で述べたモデル摂動や下部境界摂動の開発等に引き続き取り組む予定である。

参考文献

- 石田純一, 2016: はじめに. 数値予報課報告・別冊第 62 号, 気象庁予報部, 93-94.
- 小野耕介, 2010: メソ特異ベクトル法. 数値予報課報告・別冊第 56 号, 気象庁予報部, 93-104.
- 小野耕介, 2016a: メソアンサンブル予報システムの開発状況. 数値予報課報告・別冊第 62 号, 気象庁予報部, 100-113.
- 小野耕介, 2016b: メソ数値予報における側面境界条件の影響. 数値予報課報告・別冊第 62 号, 気象庁予報部, 18-21.
- 工藤淳, 2018: アンサンブル手法. 数値予報課報告・別冊第 64 号, 気象庁予報部, 22-23.
- 後藤尚親, 白山洋平, 土田尚侑, 三戸洋介, 松本智文, 小林大輝, 工藤淳, 井藤智史, 2018: ガイダンスの解説. 数値予報課報告・別冊第 64 号, 気象庁予報部, 94-232.
- 酒井亮太, 2009: 初期摂動作成手法. 数値予報課報告・別冊第 55 号, 気象庁予報部, 117-125.
- 高田伸一, 2008: 発雷確率ガイダンス. 平成 20 年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 88-90.
- 高田伸一, 2017: アプリケーション. 平成 29 年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 118-119.
- 高野清治, 2002: アンサンブル予報の利用技術. 気象研究ノート, **201**, 73-103.
- 山根省三, 2002: 摂動の線形発展の理論. 気象研究ノート, **201**, 21-71.
- Ono, K., 2017: Consistent Initial Lateral Boundary Perturbations in Mesoscale Ensemble System at JMA. *CAS/JSC WGNE Res. Activ. Atmos. Oceanic Modell.*, **47**, 5.16-5.17.

⁷ コントロールランとアンサンブル平均の精度は同程度であるが、一貫した予測特性という観点からコントロールランを使用している。

⁸ MSM24 時間最大降水量ガイダンスと同一となる。

⁹ 全 21 メンバー中、200 mm/24h を超えたメンバーの割合を格子毎に計算した値。

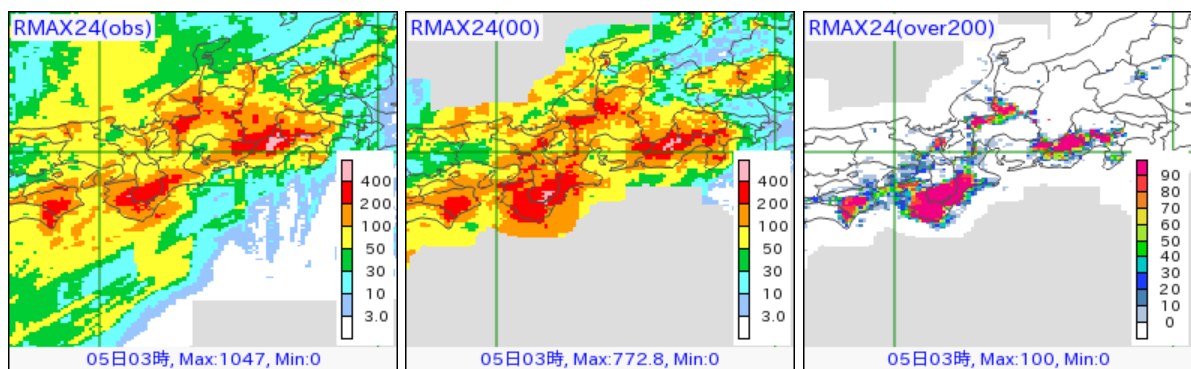


図 1.5.4 平成 30 年台風第 21 号事例での 2018 年 9 月 5 日 3 時を対象とする MEPS-RMAX24 の予測。(左) 観測の 24 時間最大降水量 [mm/24h]、(中央) コントロールランの 24 時間最大降水量予測 [mm/24h]、(右) MEPS-RMAX24 において 200 mm/24h を超える確率 [%]。初期時刻は 2018 年 9 月 3 日 06UTC。

表 1.5.2 部内試験運用中の MEPS ガイドンスの要素一覧と、それぞれの予測値の作成方法。

天気予報ガイドンス		
ガイドンス名	予測要素	予測値の作成方法
降水ガイドンス	最大降水量、平均降水量、降水確率	MSM ガイドンスの予測式を各メンバーに適用
降雪ガイドンス	最大降雪量（格子）、降水種別、降雪量（地点）	
風ガイドンス	定時風、最大風速、最大瞬間風速	
視程ガイドンス	視程	
気温ガイドンス	（EPS 型）最高、最低、時系列気温	カルマンフィルタで逐次更新（説明変数のアンサンブル平均を使用）した係数を各メンバーに適用
	（CTL 型）最高、最低、時系列、格子形式気温	MSM ガイドンスの予測式を各メンバーに適用
発雷確率ガイドンス	発雷確率	LAF は、最新初期時刻と 1 初期時刻前のコントロールランとの 2 つで行う
航空気象予報ガイドンス		
気温ガイドンス	最高、最低、時系列気温	MSM ガイドンスの予測式を各メンバーに適用
視程ガイドンス	視程、視程確率、天気	
雲ガイドンス	雲量、雲底高度、雲底確率	
発雷確率ガイドンス	発雷確率	MSM ガイドンス同様に天気予報ガイドンスを内挿して作成
航空悪天 GPV		
乱気流指数		国内航空悪天 GPV と同じ予測式を各メンバーに適用
着氷指数		
積乱雲量・雲頂高度		
圏界面気圧		
気温、風、湿度などの一般要素		国内航空悪天 GPV と同様に各メンバーの予測値を内挿