



第2章 応用編

2.1 全球解析・全球モデル・ 全球アンサンブル予報システムの改良

変更の概要

- 全球モデル・全球解析・全球アンサンブル予報システムに用いるモデルの鉛直層数増強(100→128層)
- 地表面解析の高度化(積雪深解析改良、土壌水分解析導入)
 - 衛星観測データの利用(積雪深)、SYNOP地上観測の利用(土壌水分)等
 - 日本域の積雪深については、積雪深解析実行後にアメダスで修正する点は変わらない。
- 全球解析の高度化
 - 解析における誤差相関(誤差の空間的な広がり)の見積もりにおいて、アンサンブル予測からの寄与を大きくする。
 - メンバー数増により、アンサンブル予測による誤差の見積もりを精緻化。
- 全球アンサンブル予報システム
 - GSMと同じ改良
 - メンバー数増強
 - 初期摂動作成手法改良

本節では、2021年3月30日の全球モデル(GSM)、全球解析(GA)、全球アンサンブル予報システム(GEPS)の改良について述べる。GSMの鉛直層数を100層から128層に増強した。また、地表面解析で行う処理のうち、積雪深解析を改良するとともに、新たに土壌水分解析を導入した。全球解析では、4次元変分法で用いる予測誤差を、気候学的に事前に見積もった値に加えて、アンサンブル手法を用いて算出した、実際の大気の状態に応じた値も考慮した手法(ハイブリッド同化)を用いてGSMの予測の初期値となる解析値を作成している。この解析値の精度改善のため、アンサンブル手法で用いるメンバー構成を変更することで誤差の見積もりを精緻化するとともに、そこで算出した誤差の寄与を大きくした。同時に、台風予報、週間天気予報、2週間気温予報、及び1か月予報に使用している全球アンサンブル予報システム(GEPS)もGSMと同じ改良を行うとともに、メンバー構成の変更(次頁)、初期摂動の作成手法の改良を行った。

GSMにはバージョン名がつけられており、変更に伴い改訂されている。バージョン名の形式は、全球数値予報システムに改良を導入した西暦の下二桁と月を「GSM」の後ろにつけたもので、今回の2021年3月に導入されたGSMのバージョン名は「GSM2103」、GEPSのバージョン名は「GEPS2103」である。GSM2103、GEPS2103の詳細については、数値予報開発センター(2021)を参照のこと。

全球アンサンブル予報システムの メンバー構成変更

予報時間		変更前	変更後
初期時刻～ 132時間予報	初期時刻あたり メンバー数	27	51
	初期時刻(UTC)	06, 18	06, 18
初期時刻～ 264時間予報	初期時刻あたり メンバー数	27	51
	初期時刻(UTC)	00, 12	00, 12
264時間～ 432時間予報	初期時刻あたり メンバー数	13	51
	初期時刻(UTC)	00, 12	12
432時間～ 816時間予報 (火・水曜のみ)	初期時刻あたり メンバー数	13 火曜00UTCは11	25
	初期時刻(UTC)	00, 12	12

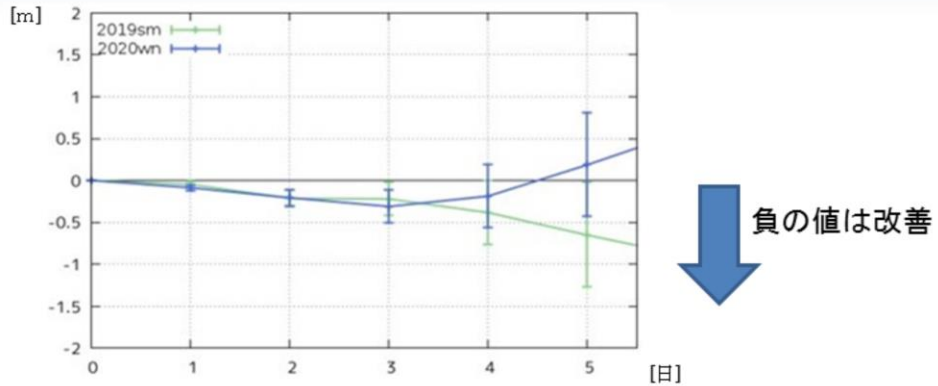
全球アンサンブル予報システムのメンバー構成の変更について示す。GEPSの初期値あたりメンバー数を、11日(264時間)予測までは27から51に、11日から18日(432時間)予測では13から51に、18日から34日(816時間)予測では13または11から25に増強する。また、11日以降の予測計算を行う初期値を12UTC(日本時間午後9時)のみとする。

改良のインパクト

- 全球数値予報システム
 - 総観規模の予測(500hPa高度等)の予測精度向上
 - 北半球、アジア域の下層大気の予測精度向上
 - 系統誤差の特性には変化は生じていない
 - 誤差パターンは同じでその大きさが各事例で少しづつ小さくなる
 - プロダクト利用上の注意点について、これまでから大きな変更なし
 - 台風進路予測、日本域の降水予測精度については中立
- 全球アンサンブル予報システム
 - 総観規模の予測(500hPa高度等)の予測精度向上、確率予測精度向上
 - 降水等の確率予測精度向上
 - 台風の進路の実況捕捉の向上、接近確率予測やアンサンブル平均の進路予測については中立
 - 2週目以降予測での地上気温予測精度向上

改良のインパクトについて述べる。全球数値予報システムでは、総観規模の予測(500hPa高度等)の予測精度が向上した。北半球、アジア域の下層大気の予測精度が向上した。系統誤差の特性には変化は生じていない。誤差パターンは同じでその大きさが各事例で少しづつ小さくなる程度。したがって、プロダクト利用上の注意点について、これまでから大きな変更はない。台風進路予測、日本域の降水予測精度については中立であった。全球アンサンブル予報システムについては、GSMと同様に総観規模の予測(500hPa高度等)の予測精度向上、確率予測精度向上がみられた。メンバー数増強に伴い、降水等の確率予測精度、台風の進路の実況捕捉が向上した。接近確率予測やアンサンブル平均の進路予測については中立であった。また、2週目以降予測での地上気温予測精度が向上した。

変更の効果 GSM



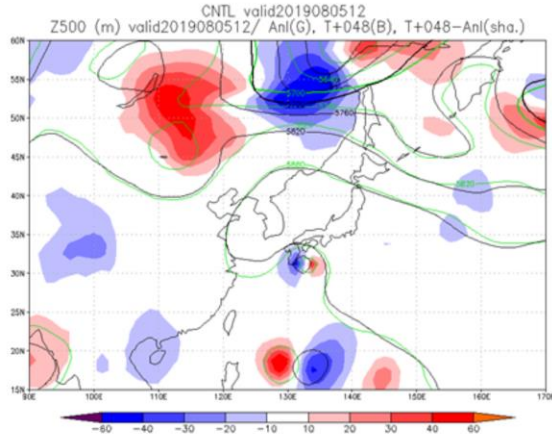
令和元年7～9月(緑線、夏)と令和元年12月～令和2年2月(青線、冬)の北半球500hPaジオポテンシャル高度の予測誤差の変更前後の差の平均。単位はm。エラーバーは95%信頼区間を表す。負の値は、変更後で予測誤差が改善していることを示す。横軸は予報時間。単位は日。

改善の効果を詳しく見る。GSMについて、今回の改良により、500hPaのジオポテンシャル高度などの総観規模の予測精度が向上した。北半球500hPaジオポテンシャル高度の予測誤差の変更前後の差の平均を示す。緑線で示した夏季については全体的に、青線で示した冬期についても4日目予報にかけて負の値を示しており、全体的に予測精度が改善している。

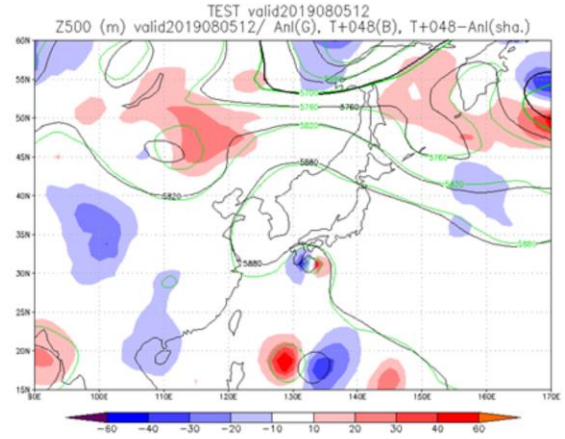
2019年8月5日FT=48の事例

誤差特性は変わらない。全体的に少しずつ精度が良い事例が多い。

変更前



変更後



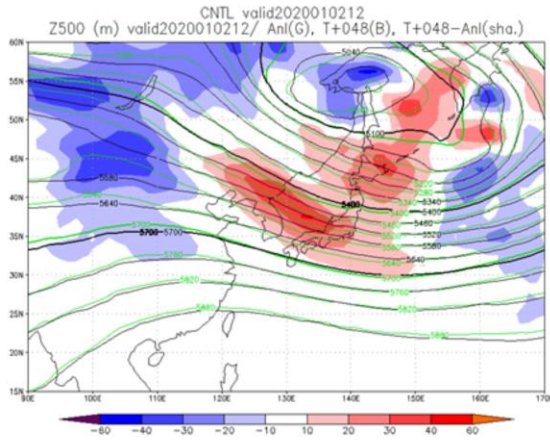
2019年8月5日21時を対象とした500hPaジオポテンシャル高度の48時間予測。黒線が予測値、緑線が解析値、色は予測誤差を示す。単位はメートル。左が変更前のGSM、右が変更後のGSMの予測

2019年8月の事例を示す。バイカル湖の東からアムール川上流にかけての高高度誤差が、変更後は軽減している。また、アムール川中流付近の低高度誤差が、変更後は大きく改善している。

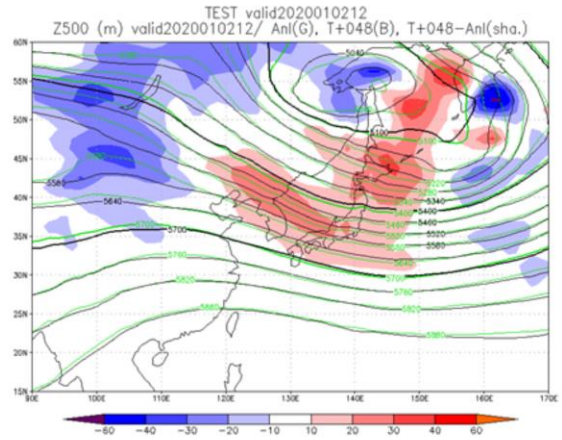
2020年1月2日FT=48の事例

誤差特性は変わらない。全体的に少しずつ精度が良い事例が多い。

変更前



変更後



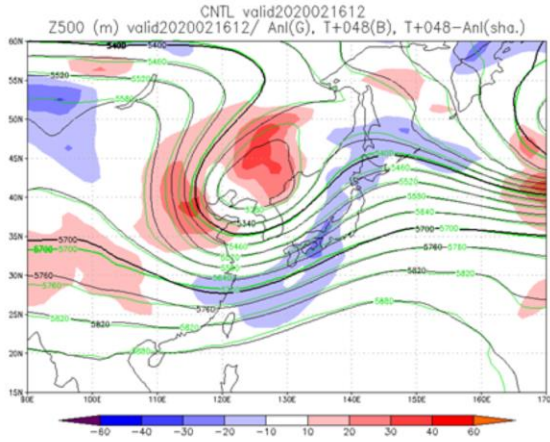
2020年1月2日21時を対象とした500hPaジオポテンシャル高度の48時間予測。黒線が予測値、緑線が解析値、色は予測誤差を示す。単位はメートル。左が変更前のGSM、右が変更後のGSMの予測

2020年1月の事例を示す。日本海西部に見られる高高度誤差が、変更後に軽減していることがわかる。

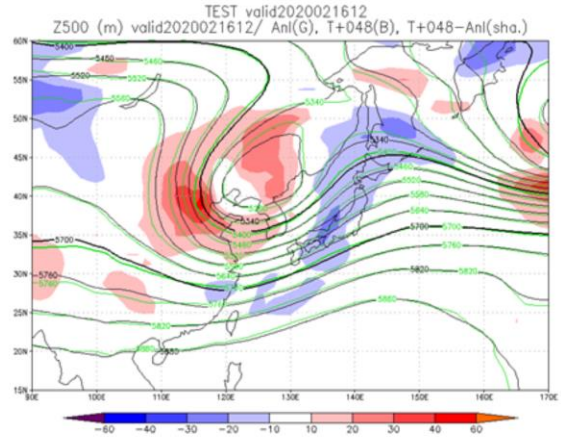
2020年2月16日FT=48の事例

誤差特性は変わらない。全体的に少しずつ精度が良い事例が多い。

変更前



変更後

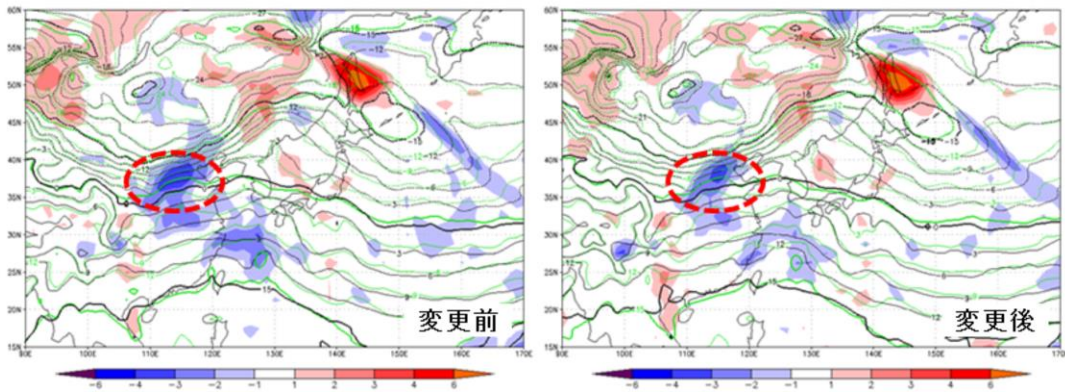


2020年2月16日21時を対象とした500hPaジオポテンシャル高度の48時間予測。黒線が予測値、緑線が解析値、色は予測誤差を示す。単位はメートル。左が変更前のGSM、右が変更後のGSMの予測

2020年2月の事例を示す。中国東北区付近の高高度誤差が、変更後は軽減していることがわかる。誤差パターンは同じでその大きさが各事例で少しずつ小さくなる。プロダクト利用上の注意点について、これまでから大きな変更はない。

変更の効果 GSM

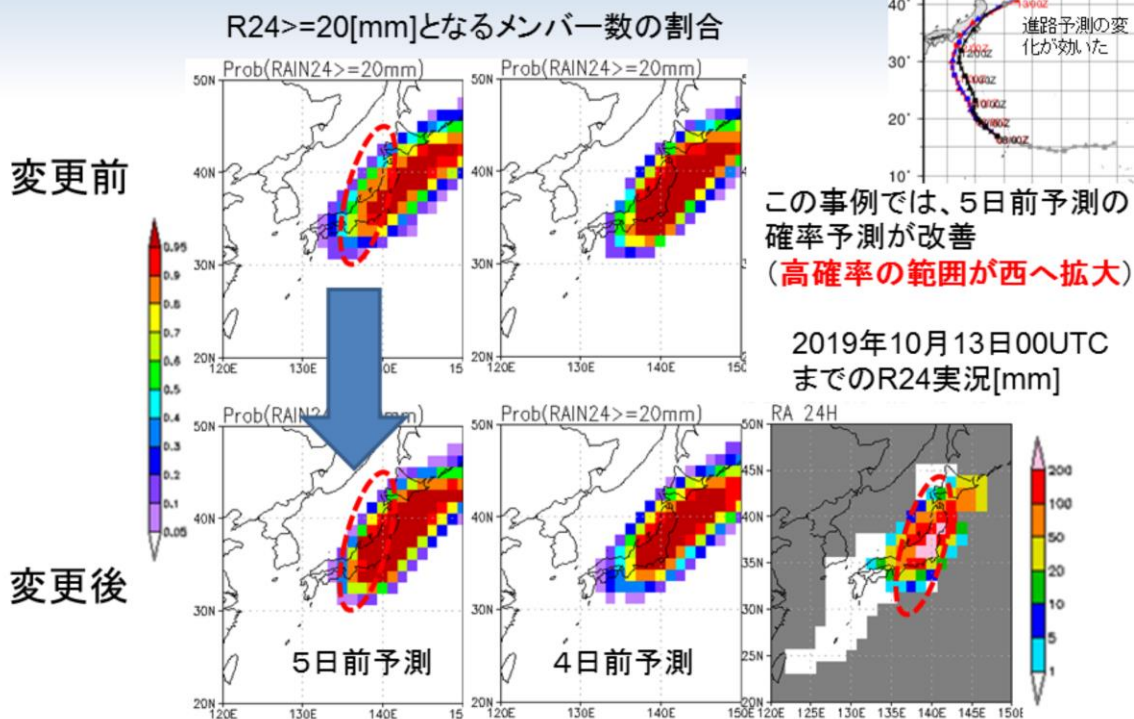
地表面改良の効果の例 華北付近の低温誤差が軽減



2019年12月29日21時を対象とした850hPa気温の48時間予測。黒線が予測値、緑線が解析値、色は予測誤差を示す。単位は度。左が変更前のGSM、右が変更後のGSMの予測

地表面解析の改良により、下層気温予測が改善した。特に、中国華北付近を寒気が通過する際に、下層の低温誤差が減少する事例が多く見られた。改善前後の850hPa気温の予測誤差を示す。左図に示した変更前のGSMでは華北付近に気温が低い誤差が見られるが、変更後は誤差が軽減した。これは積雪深解析改良により、華北付近における積雪域の過剰な拡がりが抑制されたこと、および土壌水分解析導入の効果と考えられる。

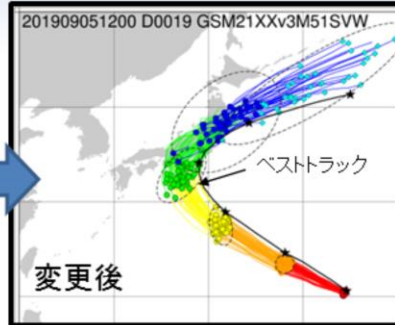
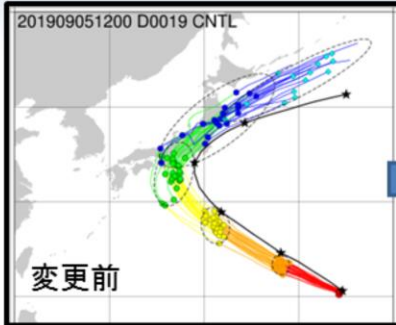
確率予測の改善例 2019年台風第19号



GEPSのメンバー増により、降水の確率予測精度が向上した。2019年台風19号の事例。2019年10月13日00UTCまでの24時間降水量が20mmを超えるメンバー数の割合を示す。左の列の5日前予測について、上段の変更前は東北日本海側、北陸、中部地方にかけて、オレンジの80%超となっているが、下段の変更後は95%超と高確率の範囲が西へ拡大して、確率予測が改善している。

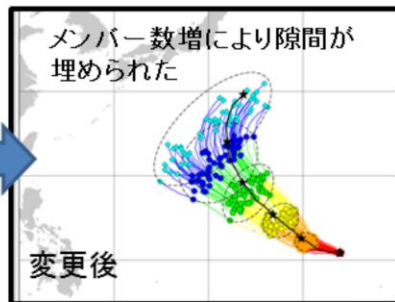
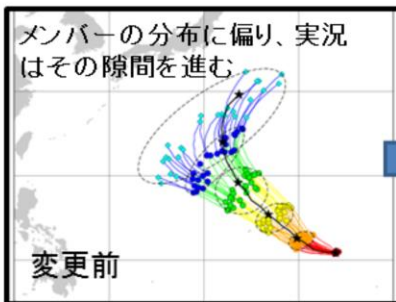
メンバー数増による実況捕捉の改善例

2019年台風15号 2019/9/5 12UTC初期値



メンバー数増によりわずかに実況を捕捉できるように

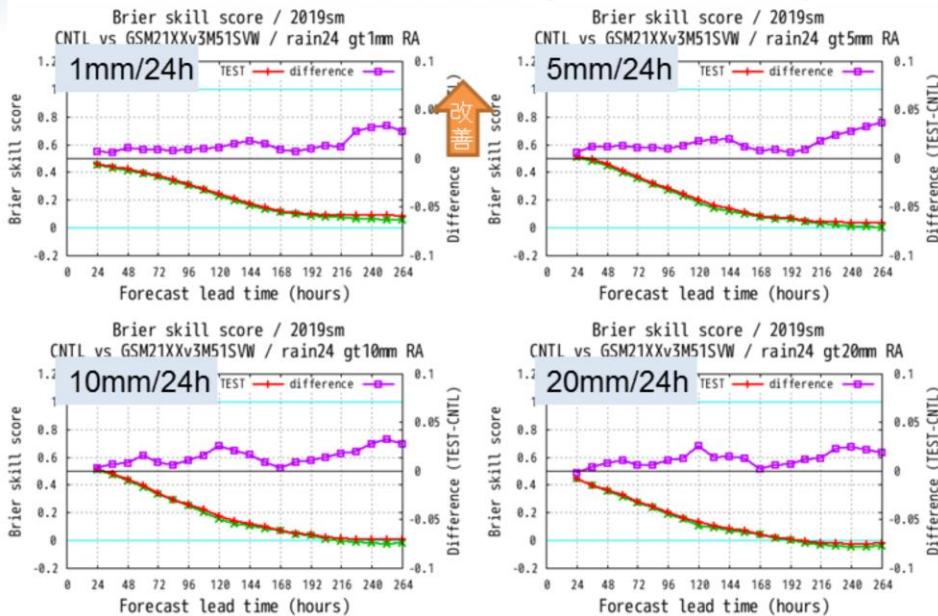
2019年台風19号 2019/10/5 18UTC初期値



上段に2019年台風第15号のGEPS各メンバーの進路予測を示す。左図に示した変更前のGEPSでは、実際の台風はメンバーの東端を進み、わずかに捕捉できていない。右図に示した変更後のGEPSでは、メンバー数が増強されたことにより、実況を捕捉できるように改善されていることがわかる。下段の2019年台風第19号の例では、左図に示した変更前ではメンバーの分布に偏りが見られ、実況はその隙間を進んだが、右図に示した変更後では、メンバー数が増強されたことにより隙間がうめられている。

変更の効果 GEPS

対解析雨量降水検証(2019夏実験)



緑:変更前、赤:変更後、紫:変更後-変更前[±0.1のレンジ]

GEPSの2019年夏の降水検証結果を示す。1mm/24h(左上)、5mm/24h(右上)、10mm/24h(左下)、20mm/24h(右下)以上の降水予測ブライアスキルスコア。検証には解析雨量を用いた。横軸は予報時間で、264時間(11日)まで表示している。赤実線、青実線はそれぞれ、変更後(51メンバー)、変更前(27メンバー)を示す。紫はブライアスキルスコアの差を示し、正の値は変更後が変更前より予測精度が向上していることを示す。ほぼ全ての予報時間、雨量において確率予測スキルの改善が見られた。

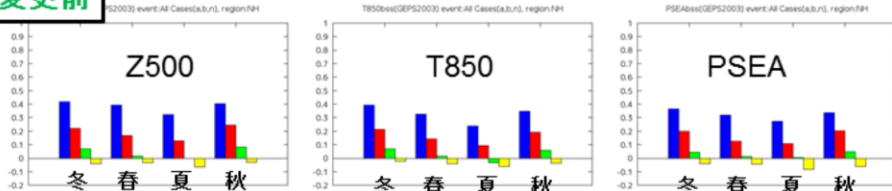
ブライアスキルスコア:ある現象の発生(例:5mm/24h以上の降水)の予測確率を検証するスコアで、アンサンブル予報等による確率予測のスキルを気候値予測との差で規格化したもの。ブライアスキルスコアが1で完全予報、0より小さいと気候値予測よりもスキルが下回ることを示す。

変更の効果 GEPS

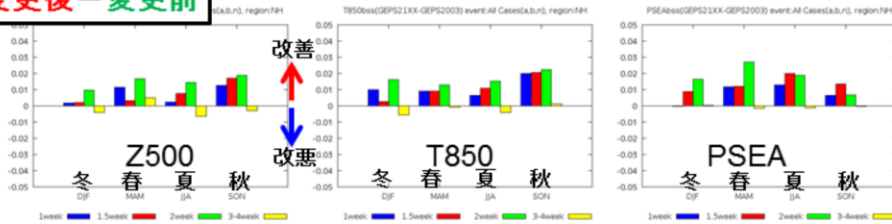
確率予測精度(北半球)

GEPSのメンバー構成の変更による季節別の確率予測のスコアの改善量
階級予測の「高い」「平年並」「低い」の各事象を全て集計したブライアスキル
スコア(BSS)

変更前



変更後 - 変更前



1週目
1.5週目
2週目
3-4週目

確率予測についてメンバー構成の変更による季節別の効果を示す。年間を通じて、2週目までのスコアに改善が見られる。3週目以降は利用する火曜と水曜の2日間で構成する全メンバー数が50のまま変わらないため、季節や要素によって効果が異なり、平均すると予測精度は変更前と同等と考えられる。

まとめ

- 2021年3月30日、全球モデル(GSM)の鉛直層数を100から128に増強し、予測の初期値を作成する地表面解析と全球解析を改良
 - 500hPaのジオポテンシャル高度予測が改善
 - 北半球、アジア域の下層大気のパredict精度等が向上
- 全球アンサンブル予報システム(GEPS)もGSMと同じ改良を行うとともに、メンバー構成の変更、初期摂動の作成手法を改良
 - GSMと同様の改善の他、降水の確率予測精度が向上
 - 台風の進路予測において実況を捕捉できる可能性向上
 - 2週目までの予測について気温などの確率予測精度向上

参考文献

- 数値予報開発センター, 2021: 開発進捗, 数値予報開発センター年報(令和2年), 気象庁数値予報開発センター, 77-96.
- 山口春樹, 2018: 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