



第2章 応用編

2.5 ガイダンスの改良



第2章 応用編

2.5.1 降雪量ガイダンスの改良

- 変更の概要
- 予測手法の変更
- 統計検証
- 改善事例

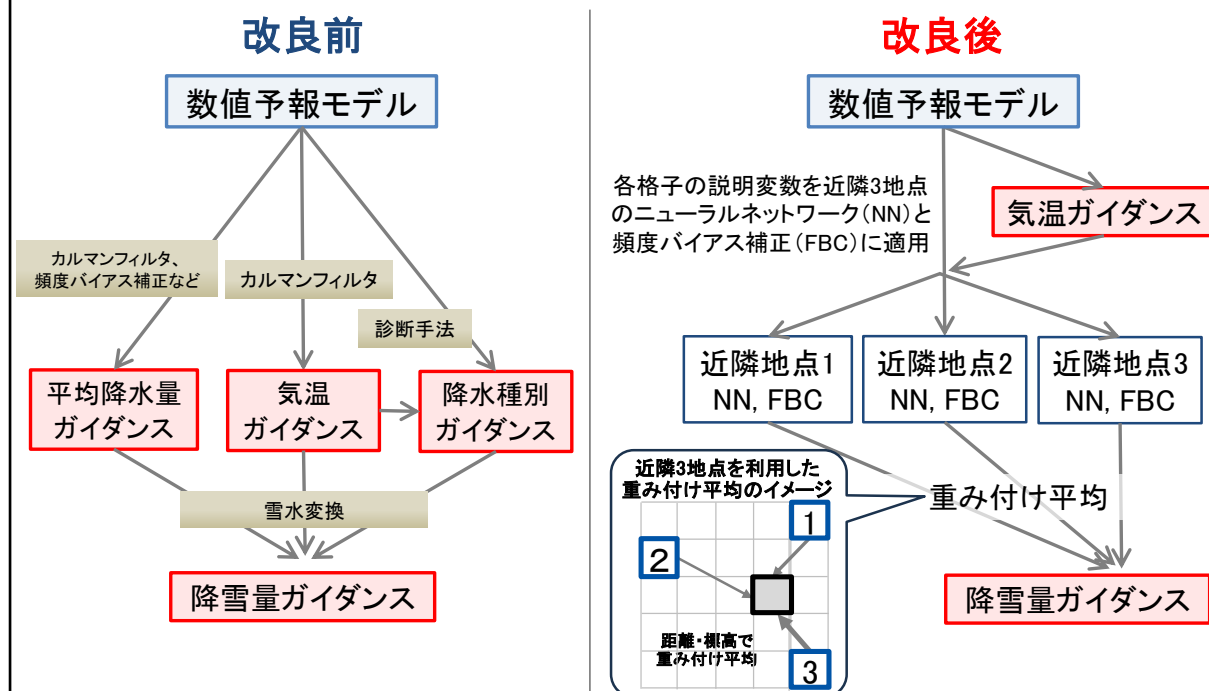
変更の概要

- 予測手法の改良
 - 従来の診断的手法から、ニューラルネットワーク(説明変数は降水量、気温など)と頻度バイアス補正を適用する手法に変更
- 統計検証(以下は12時間降雪量のスコア)
 - ETS※1 : 高閾値帯※2を除き向上
 - BI※3 : 高閾値帯にて低下
 - 超過確率(MEPS) : BSS※4が向上

※1 ETS: エクイタブルスレットスコア
※2 高閾値: 40cm/12h 以上
※3 BI: バイアスコア
※4 BSS: プライアスキスコア

2024年(令和6年)12月17日に実施した降雪量ガイダンスの改良について、変更の概要は上記のとおり。詳細については次頁以降に述べる。

予測手法の変更 フロー比較



予測手法の変更点について、改良前後の作成フローを比較して示す。

左図は改良前の降雪量ガイダンスを示している。複数のガイダンス(平均降水量ガイダンス、気温ガイダンス、降水種別ガイダンス)を入力としており、統計手法(カルマンフィルタ、頻度バイアス補正など)と診断手法を組み合わせた複合的なガイダンスとなっていた。最終的な降雪量の計算には、降水量に気温に応じた雪水比を掛けて降雪量を見積もる雪水変換法(土田2018)を利用していた。

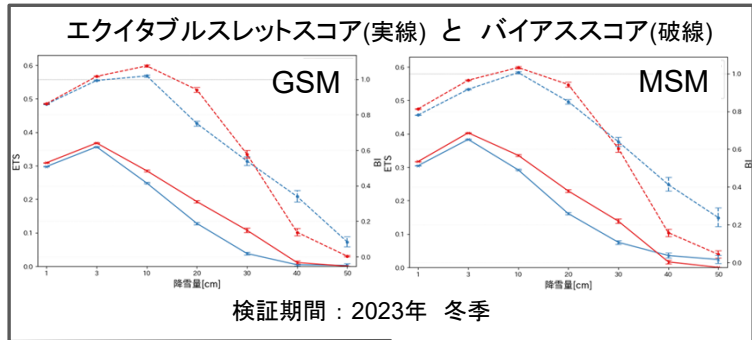
右図は改良後の降雪量ガイダンスを示している。改良後の手法では、ニューラルネットワーク(工藤2018)と頻度バイアス補正(高田2018)を利用して、積雪深計設置地点における予測式を予め作成しておく。降雪量ガイダンスは5km格子を予測対象としているため、各地点における予測式を全格子に対して拡張するために以下の処理を行う。

- ① 計算対象の格子に近い積雪深計設置地点を3地点選び、3つのニューラルネットワークの予測式に対して当該格子の説明変数を適用し、3つの出力値を得る。
- ② それぞれ3つの出力値に対して頻度バイアス補正を行い、3つの予測値を得る。
- ③ 3つの予測値について、該当格子と近隣地点との距離及び標高から計算した重み付けで平均する。

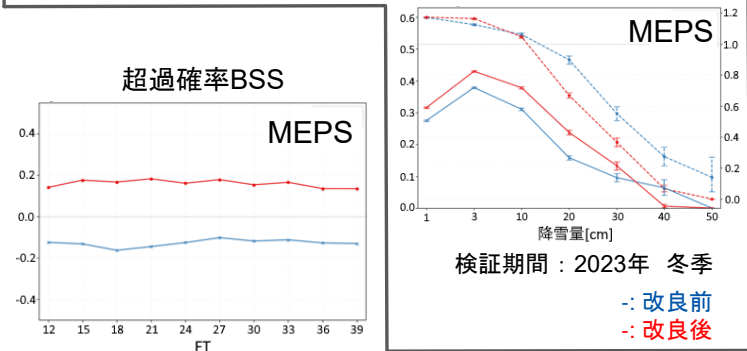
本改良の効果として、改良後は雪水変換を通さずにニューラルネットワークで直接降雪量を求めることで予測精度が向上している。また、改良後は地点層別化した近隣地点の予測式を用いることにより地域特性を反映した予測が可能となった。

統計検証

- ETS, BI
 - 12時間降雪量のETSは40~50cm/12h以上の高閾値を除き大きく向上
 - BIは40cm/12h以上の高閾値帯で低下



- 超過確率 BSS
 - MEPSにおける20cmを閾値とした超過確率のBSSについては改善
 - 全FTで正值となり気候値を上回るようになった



各モデルの統計検証結果について示す。

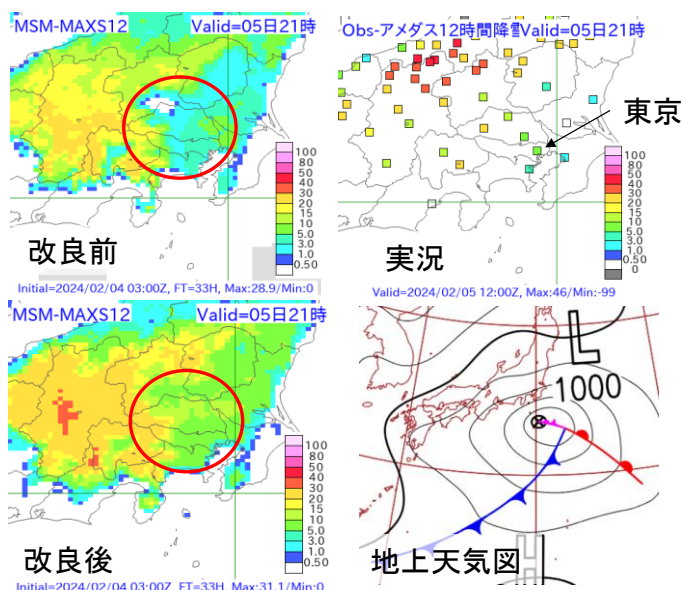
上段2枚の図は、2023年12月～2024年3月のGSM,MSMそれぞれの12時間降雪量ガイドランスのエクイタブルスレツスコア(ETS)、バイアスコア(BI)を示している。改良後のETSは40～50cm/12hの高閾値を除いて大きく向上している。また、BIについてはいずれのモデルも30cm/12h付近までは改良前後で差は大きく無いが、40cm/12h以上では改良後のBIが小さくなり、予測頻度が少なくなる傾向があった。

下段2枚の図は、2023年12月～2024年3月のMEPS12時間降雪量ガイドランスのアンサンブル平均によるETS,BI(右図)、および同ガイドランスの各メンバー予測値による20cmを閾値とした超過確率のブライアスキルスコア(BSS)(左図)を示している。ETS,BIについてはGSM,MSMと同様の傾向を示しており、ETSは30cm/12hまでは大きく向している。一般的にアンサンブル平均は大雪の様な発生頻度が少ない現象に対しては、予測頻度が過少となる傾向があるが、高閾値(40cm/12h以上)における改良後のBIは、改良前と比較して更に小さい傾向となっている。超過確率については、改良前のBSSはいずれのFTでも負値になっており確率情報として気候値に劣っているが、改良後は改良前から大きく改善して全FTで正值であり、確率情報としても有効性が示されている。

改善事例

2024年(令和6年)2月5日21時 関東の大雪
(MSM降雪量ガイダンス:2月4日03UTC初期値のFT=33)

- 東京で9cm/12h、その他平野部で10cm/12h前後と関東は広く大雪
- 赤丸の領域において、改良前は5cm/12h未満、改良後では10cm/12h前後となり、観測値に近い
- GSMガイダンスも同様(図略)



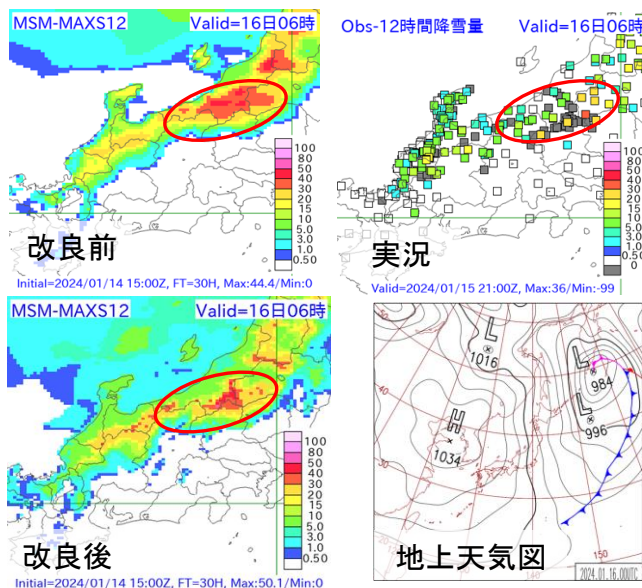
降雪量ガイダンスの予測が改善した事例を紹介する。2024年(令和6年)2月5日の関東地方における大雪事例について、MSM降雪量ガイダンスの予測、観測結果を示す。この日は関東の南海上を低気圧が東進し、低気圧北側の寒気の流入により関東地方は降雪となった。東京で9cm/12h、その他平野部でも10cm/12h前後の積雪を観測し、関東では広く大雪となった。ガイダンスの予測においては、改良前は赤丸で囲んだ付近の多くは5cm/12h未満となっているが、改良後では10cm/12h前後の降雪を広い範囲で予測しており、観測された降雪量に近い予測となった。また、GSM降雪量ガイダンスでも同様に、改良前では過少な予測であったが改良後では観測に近い予測となった。

。

改善事例

2024年(令和6年)1月16日6時 日本海側の大雪 (MSM降雪量ガイダンス:1月14日15UTC初期値のFT=30)

- 観測値では群馬県から福島県の山地にピークがあり、最大で36cm/12hの大雪となった
- 赤丸の領域において、改良前は新潟県の山沿いで30~40cm/12hだが、改良後では群馬県境付近の山地で強い予測となっており観測値に近い



2つ目に2024年1月16日の日本海側における大雪事例について、MSM降雪量ガイダンスの予測、観測結果を示す。この日は千島近海には発達した低気圧、黄海付近には高気圧があり、日本付近は典型的な冬型の気圧配置となっており、日本海側では寒気の流入により広く降雪となった。ここでは新潟県と群馬県、福島県の県境付近(図中の赤丸)に注目する。観測では群馬県から福島県の山地にピークがあり、最大で36cm/12hの大雪となった。一方でガイダンスの予測では、改良前では新潟県側の山沿いで30~40cm/12hの大雪の予測範囲が広がっているが、改良後では群馬県境付近の山地で強い予測となっており、より観測に近い予測になっていることが分かる。改良前は、冬型の気圧配置において実際の降雪地点よりもやや風上側に降雪のピークを予想する傾向があったが、改良後はこの傾向が解消され、より観測に近い予測となった。

参考文献

- 工藤 淳, 2018: ニューラルネットワーク. 数値予報課報告・別冊第64号, 気象庁予報部, 48-61.
- 高田伸一, 2018: 頻度バイアス補正. 数値予報課報告・別冊第64号, 気象庁予報部, 78-80.
- 土田尚侑, 2018: 降雪ガイダンス. 数値予報課報告・別冊第64号, 気象庁予報部, 119-131.
- 気象庁, 2024: 配信資料に関する技術情報 第636号. URL:
<https://www.data.jma.go.jp/suishin/jyuhou/pdf/636.pdf>
- 気象庁数値予報開発センター, 2025: 降雪量ガイダンスの改良. 数値予報開発センター年報 (令和6年), 気象庁数値予報開発センター, 39-41.



第2章 応用編

2.5.2 大雨発生確率ガイダンスの改良

- 変更の概要
- 予測手法の変更
- 統計検証
- 事例

変更の概要

- MSM・MEPS大雨発生確率ガイダンスの改良
 - 説明変数の空間平均処理を最適化
 - ガイダンスの学習期間を2倍以上に延長
- 検証スコア
 - 捕捉率を維持しつつ適中率が増加し、予測精度が改善

2025年(令和7年)5月20日に実施したMSM・MEPS大雨発生確率ガイダンスの改良について、変更の概要は上記のとおり。詳細については次頁以降に述べる。

予測手法の変更

1. 説明変数の空間平均処理を最適化

- ① 700hPa上昇流の空間平均を400kmから200km → **空振り 減**
- ② 500m高度水蒸気フラックス(周囲15x15格子最大値) → **捕捉 増**
- ③ 地形性降水(周囲3x3格子で平均化) → **空振り 減**

2. ガイダンス係数作成期間の増加

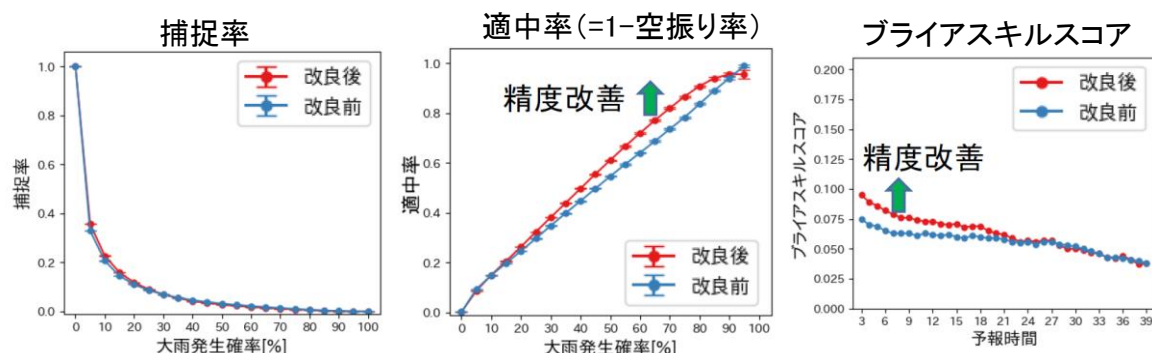
- 改良前: 2018,2019,2020年6~8月 (計9か月)
- 改良後: 2019,2020,**2021,2022**年5~9月 (計**20**か月)
- 特定事例への**依存が低減**
- 最新のMSMの予測特性に **より適応**

予測手法の変更点を示す。まず1点目は予測式作成に利用している説明変数についての空間平均処理の最適化であり、以下3つの説明変数の取り扱いを変更し、それぞれ統計検証スコアの向上につながった。

- ①700hPa上昇流の空間平均を400kmから200kmに変更した。この変更によって、より領域を絞り込んだ予測が可能となり、空振りの減少につながった。
- ②500m高度水蒸気フラックスは、改良前は当該格子の値をそのまま利用していたが、改良後は周囲15x15格子最大値を利用する方式に変更した。この変更によって風上側の高フラックス値を取り込むことが可能となり、捕捉率が増加した。
- ③地形性降水については、改良前は当該格子の値をそのまま利用していたが、改良後は周囲3x3格子平均値を利用する方式に変更した。この変更によって強風時において過度に高確率となる傾向が抑制され、空振りが減少した。

2点目はガイダンス係数作成期間の増加であり、改良前の計9か月に対して、改良後は2倍以上の計20か月に延長した。この変更により、特定事例への依存を低減できるようになった。また、MSMは数年おきに改良されているため、より新しい期間のデータを利用することで、最新のMSMの予測特性に対して、より適応させることが可能となった。

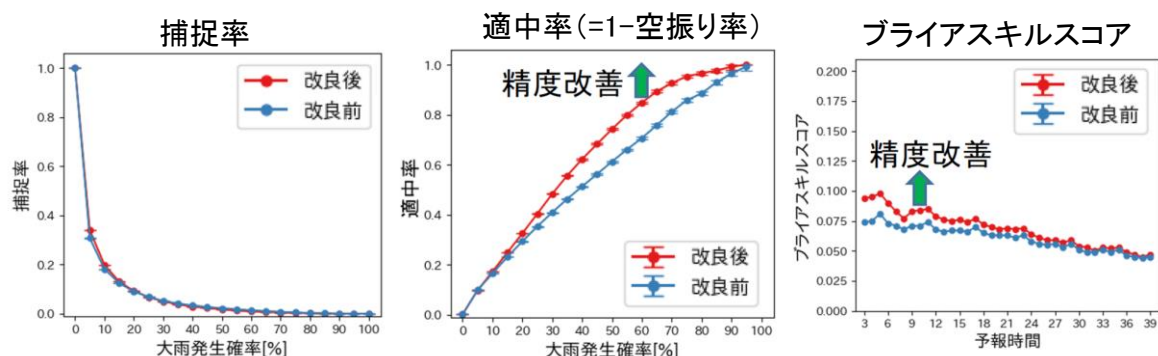
統計検証(MSMガイドンス)



- 3時間降水量100mm以上の捕捉率、適中率、ブライアスキルスコア
 - 検証期間: 2023、2024年の5~9月
 - 予報時間: FT = 3~39
- 捕捉率は維持しつつ、適中率*やブライアスキルスコアが向上
 - ※ ここでの適中率は、ガイドンスがある確率以上を予測した場合だけを取り出して、そのうち実況の3時間降水量が100mm以上となった割合

MSM大雨発生確率ガイドンスの検証結果を示す。上の検証図はいずれも3時間積算降水量が100mm以上となる発生確率を対象としており、左から捕捉率、適中率およびブライアスキルスコアを示している。縦軸が各スコア、横軸は大雨発生率を表し、横軸は5%刻みで表示している。ここでの適中率は、大雨発生確率ガイドンスがある確率(横軸の値)以上を予測した場合だけを取り出して、そのうち実況の3時間降水量が100mm以上となった割合を表す。検証期間は2023年および2024年の5~9月、予報時間は初期時刻から3時間後から39時間後までとした。検証結果からは、大雨発生確率の各閾値において捕捉率は維持しつつ、適中率やブライアスキルスコアが向上するなど、本改良により大雨発生確率予測の精度が改善していることが確認できる。

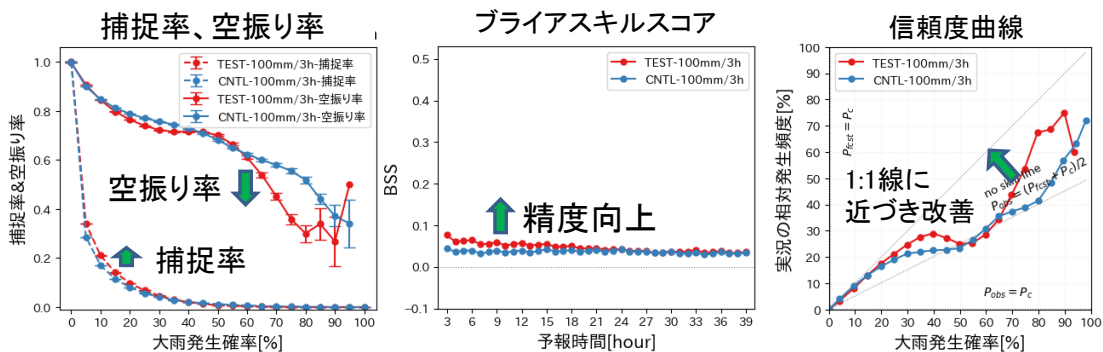
統計検証(MEPSガイドンス)



- MEPSガイドンス アンサンブル平均(3時間降水量100mm以上)
 - 検証期間: 2023、2024年の5~9月
 - 予報時間: FT = 3~39
- MSMガイドンスと同様の改善傾向
 - 捕捉率は**維持**しつつ、適中率やブライアスキルスコアが**向上**

MEPS大雨発生確率ガイドンスの検証結果を示す。上の検証図はいずれも3時間積算降水量が100mm以上となる発生確率のアンサンブル平均を対象としている。検証期間はMSM大雨発生確率ガイドンスと同条件とし、予報時間は元となる数値予報モデルのMEPS同様、全初期値において初期時刻から3時間後から39時間後までとした。検証結果についてはMSM大雨発生確率ガイドンスと同様、大雨発生確率の各閾値において捕捉率は維持しつつ、適中率やブライアスキルスコアが向上している。このためMEPS大雨発生確率ガイドンスにおいても、本改良により予測精度が改善していることが確認できる。

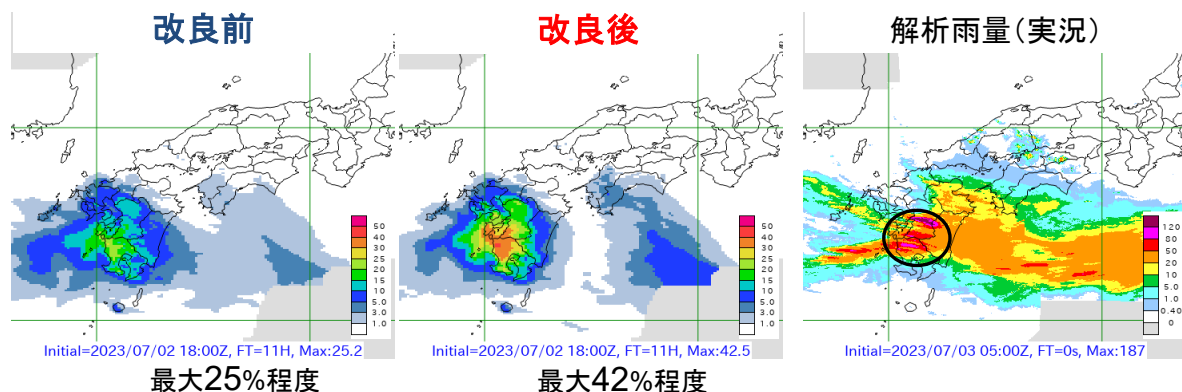
改良版MSM(2025年5月) と組み合わせた統計検証結果



- 赤線: 改良後MSM+改良後ガイダンス、青線: 改良前MSM+改良前ガイダンス
- 検証期間: 2023年6月26日～9月21日
- 予報時間: FT=3～39
- MSM改良(2025年5月実施)との組み合わせにおいて、捕捉率・BSS増や空振り減等の改良を確認

2025年5月20日には、大雨発生確率ガイダンスの改良と同時にMSMの改良も実施された。両者を組み合わせた性能について、改良前後を比較・検証した結果を述べる。検証期間は2023年6～9月、予報時間は初期時刻から3時間後から39時間後までとした。各図において、赤線で示した改良後の組み合わせは青線で示した改良前の組み合わせと比較して、大雨発生確率の各閾値において捕捉率やブライアスキルスコアが向上、空振り率が減少するなど、予測精度が改善していることが確認できる。また、右図の信頼度曲線においては、赤線の方が1:1線に近づいているため、信頼度が向上したことも確認できる。

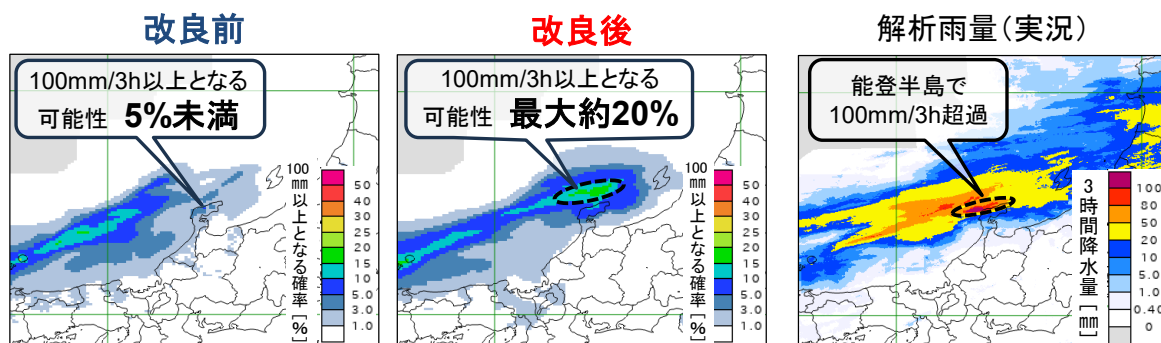
線状降水帯事例 (2023年7月 熊本県)



- 2023年7月3日14時を対象としたMSM大雨発生確率ガイダンス
- 3時間積算降水量100mm以上となる確率予測値(11時間先予測)
- 改良後は熊本での大雨発生の可能性を **より高い確率で予測**

本改良により、大雨発生確率ガイダンスの予測が改善した事例を紹介する。2023年(令和5年)7月3日に熊本県で線状降水帯が発生した事例について、MSM大雨発生確率ガイダンスの予測と実況の結果を示す。実況では鹿児島県や熊本県において3時間降水量100mmを超える降水(黒い実線の領域)が解析されている。大雨発生確率ガイダンスの11時間予測においては、改良前は鹿児島県で最大25%の予測値だったが、改良後は最大42%まで増加した。また熊本県においては20%以上の予測領域が増加し、両県において大雨発生の可能性をより高い確率で予測できるようになった。

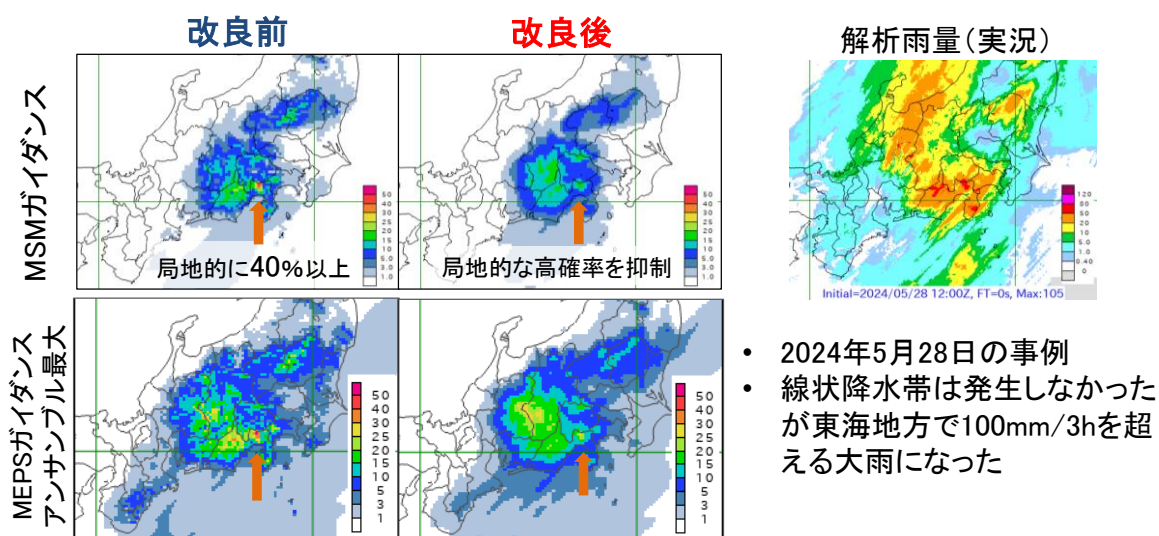
線状降水帯事例 (2024年9月石川県)



- 2024年9月21日9時を対象としたMSM大雨発生確率ガイダンスの予測
- 3時間積算降水量100mm以上となる確率予測値(21時間先予測)
- 改良後は能登半島での大雨発生の可能性を より高い確率で予測

2つ目の事例として、2024年(令和6年)9月21日に石川県で線状降水帯が発生した事例について紹介する。実況では能登半島の北端に3時間降水量100mmを超える降水が解析されている。一方、該当地域における大雨発生確率ガイダンスの21時間予測では、3時間降水量が100mmを超える確率は、改良前は5%未満だったが改良後は最大約20%にまで上昇している。また、15%以上の予測領域(改良後の図: 黒い破線の領域)も広く分布しており、大雨発生の可能性をより高い確率で予測できるようになった。

大雨事例(2024年5月 東海地方)



- 改良後は東海地方山間部の局地的な高確率を抑制
- 改良前は予測分布にノイズが大きい傾向があるが、改良後は解消
- MEPSガイダンス アンサンブル最大でも同様

3つ目の事例として、2024年(令和6年)5月28日に東海地方で大雨になった事例について結果を示す。この事例では線状降水帯は発生しなかったが、実況では東海地方で3時間降水量100mmを超える降水が解析されている。MSMガイダンスやMSEPガイダンスのアンサンブル最大の予測では、東海地方山間部において、改良前は局所的に40%以上の高確率領域が予測されていたが、改良後は抑制されている。また、改良前は予測分布にノイズが大きい傾向があるが、改良後は解消され、より自然な分布となっている。

参考文献

- 気象庁, 2025: 配信資料に関する技術情報 第647号. URL: <https://www.data.jma.go.jp/suishin/jyohou/pdf/647.pdf>
- 気象庁数値予報開発センター, 2022: 大雨発生確率ガイダンス. 数値予報開発センター年報(令和3年), 120-121.