



第1章 基礎編

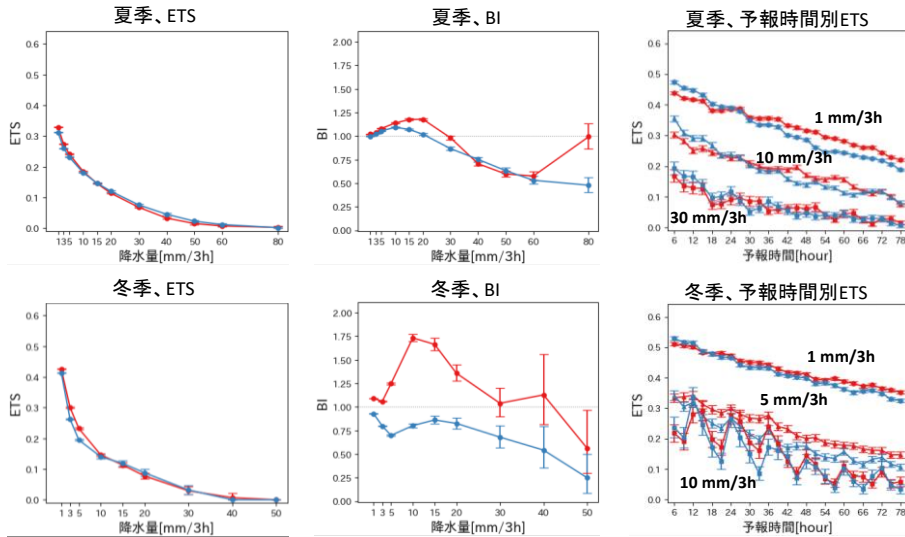
1.9.2 ガイダンスの留意点

本項では各ガイダンスの留意点を述べる。全般的なガイダンスの留意点は1.6節、各ガイダンスの詳細については1.8節を参照のこと。

降水ガイダンスの留意点

3時間平均降水量ガイダンスは、夏季の強雨や予報時間の初めにおいて、MSMガイダンスの方がGSMガイダンスよりも精度が高い。一方で、夏季の1 mm/3hや冬季の1mm/3h, 5 mm/3hでは、予報時間の後半においてGSMガイダンスの方が精度が高い。

青:MSMガイダンス、赤:GSMガイダンス



図にはGSMとMSMの3時間平均降水量ガイダンス(MRR3)の比較検証結果を示す。上段は夏季(2021年6月~8月)、下段は冬季(2021年12月~2022年2月)の検証結果で、左からエクイタブルスレットスコア(ETS)、バイアスコア(BI)、予報時間別ETSである。

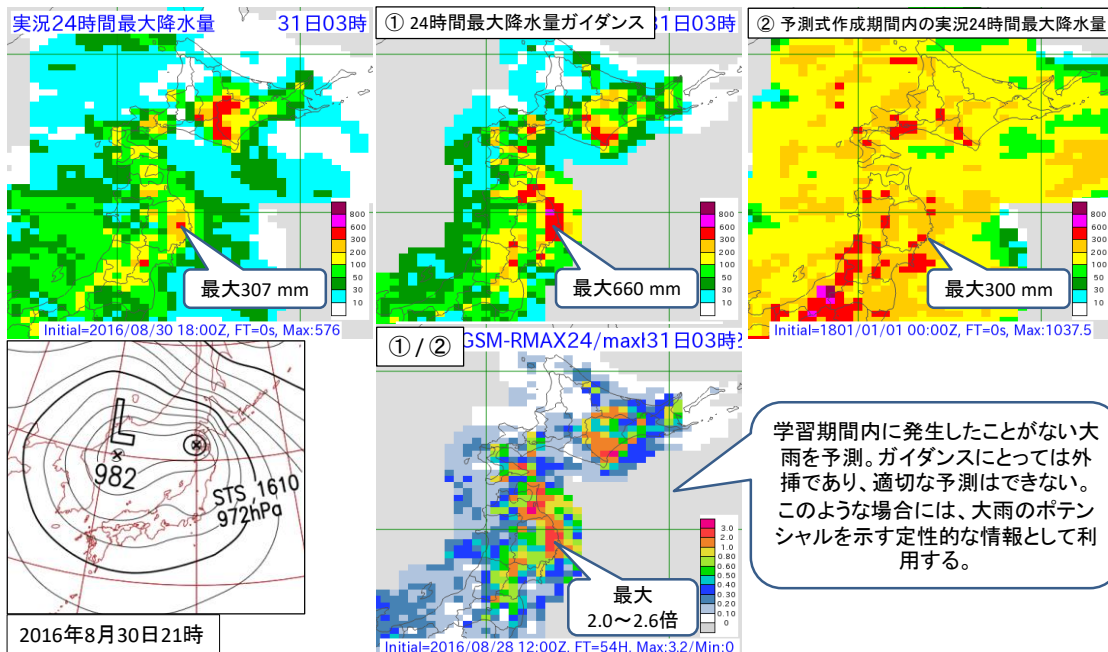
3時間平均降水量ガイダンス(MRR3)は、夏季の強雨や予報時間の初めにおいてMSMガイダンスの方がGSMガイダンスよりも精度が高い。一方で、夏の1mm/3hや、冬の1, 5 mm/3hでは予報時間の後半においてGSMガイダンスの方が精度が高くなっている。

1時間最大降水量ガイダンス(RMAX31)や3時間最大降水量ガイダンス(RMAX33)についても同様に、夏季はGSMガイダンスよりもMSMガイダンスの方が精度が高い。ただし、夏季の短時間強雨で一律にMSMガイダンスの方が良いわけではなく、気象場によってその傾向が異なる。

また、GSMやMSMは不安定性降水の予測が苦手なため、ガイダンスの予測も精度が低くなることに留意。

降水ガイダンスの留意点

24時間最大降水量ガイダンスは、極値を大幅に超える場合には定性的な利用としていただきたい。



24時間最大降水量ガイダンス (RMAX24) は、台風をはじめとした顕著な大雨が予測される場合に、やや現実離れた降水量を予測することを確認している。このような場合には、ガイダンスの予測をそのまま利用せず、大雨のポテンシャルを示す定性的な情報として取り扱う必要がある。

図は、2016年8月に岩手県に上陸した台風第10号の事例を示す。上図左から2016年8月31日3時を対象とした実況24時間最大降水量、①8月28日21時初期値の8月31日3時を対象としたGSM24時間最大降水量ガイダンス (RMAX24)、②予測式作成期間内の実況24時間最大降水量を示している。下図は左から2016年8月30日21時の地上天気図、①/②の比を示している。この事例では、ガイダンスは学習期間内に発生したことがない大雨を予測(岩手県で①/②の比図で最大2~2.6倍の降水量を予測)したが、実際は半分以下の降水量だった。2020年9月に九州の西海上を北上した台風第10号の事例でも同様な事象が発生している。(図は省略)

台風に関する降水ガイダンス利用上の注意点は以下のとおり。

●GSMガイダンス

常時、数値予報モデル (GSM) の降水量予測を上方修正する統計関係になっているため、台風事例で説明変数の値が大きくなれば、上方修正が強まり、MSMガイダンスよりも予測頻度の過大傾向が強まることを認識していただきたい。ただし、数値予報モデルの降水量予測は、過少傾向であるため、そのままでは利用できない。

●MSMガイダンス

大雨が想定される台風事例では、MSMガイダンスは過大に補正する傾向があるため、MSMやメソアンサンブル予報システムの降水量予測をあわせて利用することを推奨する。

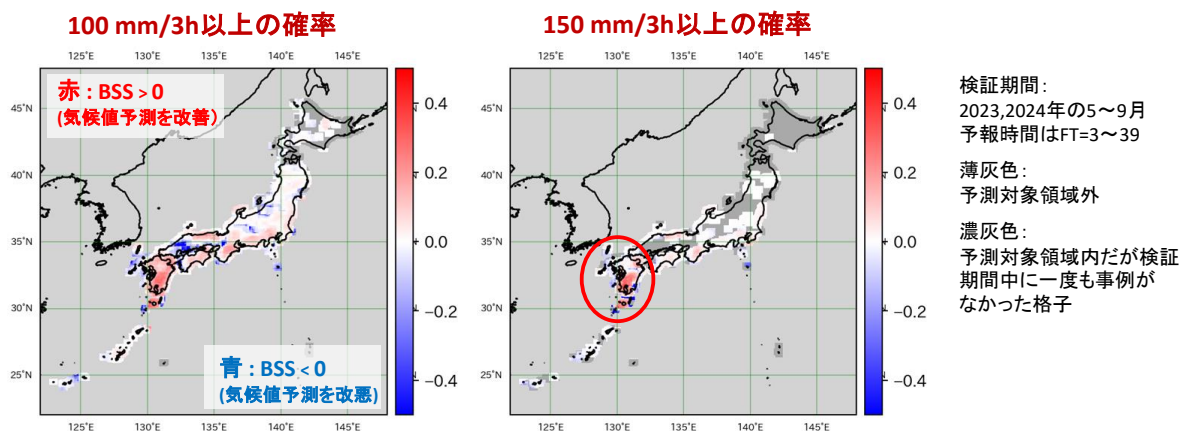
RMAX24の予測式作成期間は以下のとおり。

●GSMガイダンス: 2013年9月~2016年12月

●MSMガイダンス: 2019年7月~2021年12月

大雨発生確率ガイダンスの留意点

MSM大雨発生確率のバイアスキルスコア



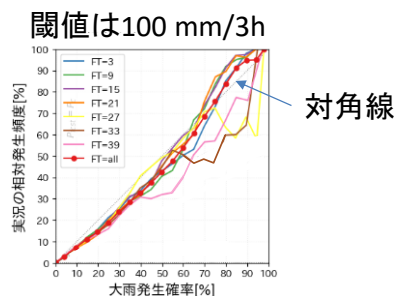
- 100mm/3h以上の確率は東日本、西日本、九州地方を中心に気候値予測を改善しており、これらの地域では予測スキルがあり定量的な利用が想定できる。
- 150mm/3h以上の確率において、気候値予測を改善した地域は九州南部など一部の地域のみ。その他の地域では定性的な利用を推奨。

図には、100mm/3hおよび150mm/3h以上の確率に対するMSM大雨発生確率ガイダンスの検証結果を示す。検証期間は2023年と2024年の5月から9月までの計10か月である。BSSでは、予測値が気候値予測から改善している場合は正となり、BSSが正で大きいほど予測精度が高いと言える。一方、BSSが負の場合は気候値予測よりも劣っており予測精度が低い。

まず100mm/3h以上の閾値では、東日本、西日本、九州地方を中心に気候値予測を改善しており、これらの地域では予測スキルがあり定量的な利用が想定できる。閾値が150mm/3h以上の大雨は、発生頻度が低いため検証期間中に一度も事例がなかった格子（濃灰色）が多い。九州南部や紀伊半島などではBSSが正であり気候値予測からの改善がみられるが、その他の地域ではBSSは0に近いので、定性的な利用を推奨する。

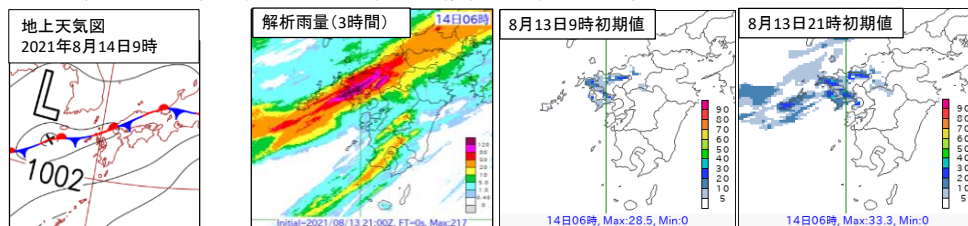
大雨発生確率ガイダンスの留意点

- 予報時間が先になるほど精度が低下する傾向。1日程度先 (FT=27) 以降では対角線からの差が大きくなり、高確率帯において実況比で予測頻度が過大となる。



- MEPS大雨発生確率ガイダンスは大雨の可能性を捕捉する際や、高確率予測位置のバラつきの変化から大雨の可能性のある地域を絞り込むときに有効である。

MEPS大雨発生確率ガイダンス(100 mm/3h確率50%以上のメンバー割合)の予測例
佐賀・長崎・福岡県に顕著な大雨に関する情報が発表された事例(2021年8月14日6時)



大雨発生確率ガイダンスの予測精度は予報時間が進むほど低下する。右上の図はMSM大雨発生確率ガイダンス(100mm/3h以上)と実況の相対発生頻度を比べた信頼度曲線である。検証期間は2023年と2024年の5月から9月までの計10か月、予報時間は3時間から39時間まで、検証対象領域は全国である。図に示したように、1日程度先まで (FT=3~21) は概ね対角線に近いが、それ以降の予報時間 (FT=27~) では高確率帯 (50%以上) において対角線より下の分布となり、予測頻度が過大な傾向があることがわかる。

MEPSガイダンスは大雨の可能性を捕捉する際や、全メンバーの高確率予測位置のバラつきの変化を参考に大雨の可能性のある地域を絞り込む際に有効である。下の図は、2021年8月に佐賀・長崎・福岡県で顕著な大雨に関する情報が発表された事例である。左から、2021年8月14日9時の地上天気図、14日6時を対象とした解析雨量 (3時間)、14日6時を対象としたMEPS大雨発生確率ガイダンスで100 mm/3h以上の確率が50%以上となったメンバーの割合 (順に8月13日9時初期値、21時初期値の予測) を示している。新しい予測になるにつれて、100 mm/3h以上の降水が観測された領域付近で100 mm/3h確率50%以上を予測するメンバーが増えてきていることがわかる。

気温ガイダンスの留意点

- GSMが放射冷却による気温低下を予測した場合、内陸部を中心にガイダンスの予測も低くなる。
 - MSM気温ガイダンスでは気温を低下させすぎることには少ないので、MSMガイダンスもあわせて利用する。
- モデルで予測が難しい現象はガイダンス予測にも留意。
 - 予測が難しい現象：放射冷却や冷気層、海風やフェーン
 - 下層の薄い冷気層の表現はモデルで正確な予測は難しい。
 - 海風が入るタイミング、フェーンなどの希な現象の予測もGSM/MSMとも不十分。
 - モデルが外れやすいパターンを判別しワークシート等を利用して対応するなどの検討が必要。

気温ガイダンスについては、基本的にMSMガイダンスの利用を推奨するが、モデルの予測する気象場の妥当性を判断して、適切なガイダンスを選択していただきたい。

GSMが放射冷却による気温低下を予測した場合には、内陸部を中心にガイダンスの予測も低くなる。その場合は、放射冷却の予測が妥当かどうか判断して利用する必要がある。なお、MSM気温ガイダンスでは気温を低下させすぎることには少ないので、MSMガイダンスも合わせて利用することが考えられる。

また、GSMやMSMなどのモデルの予測が難しい現象はガイダンスの予測も大きく外すことがある。例えば、放射冷却や冷気層、海風やフェーンなどが上げられる。

このように、モデルやガイダンスでも予測が難しい場合は、そのパターンを判別して、ワークシート等を利用して対応する必要がある。

視程ガイダンス(格子形式)の留意点

- 作成手法
 - 雲水量、相対湿度、降水量などを利用して診断的に視程を予測
- 統計検証
 - 悪視程になるほど予測頻度が過小となり、予測精度が低下する傾向
 - 海上では陸域に比べると悪視程の予測精度の低下は小さい
- 利用上の留意点
 - 数値予報モデルの結果が直接的に予測に反映されるため、シャープな予測が可能だが、モデルの雲水量などの予測が過小な場合は悪視程を全く予測しないこともある
 - 数値予報モデルの変更に伴い予測特性が変化する場合がある。ある程度影響は小さくなるように調整は行うが、それでも精度が低下することもある

視程ガイダンス(格子形式)は、悪視程になるほど予測頻度が過小となり、予測精度が低下する傾向がある。また、海上では陸域に比べて悪視程の予測精度の低下は小さい。なお、悪視程になるほど予測頻度が過小な場合、悪視程を全く予測しない場合は、メソアンサンブル視程ガイダンス(格子形式)を参照することで、捕捉できる場合がある。

数値予報モデルの結果が直接的に予測に反映されるため、シャープな予測が可能だが、モデルの雲水量などの予測が過小な場合は悪視程を全く予測しないこともある。数値予報モデルの結果が直接的に効くことから、数値予報モデルの変更に伴い、予測特性が変化する場合がある。

海上予警報に利用する場合は精度が高いMSM視程ガイダンス(格子形式)を主に利用し、MSM視程ガイダンス(格子形式)の予報領域外についてはGSM視程ガイダンス(格子形式)を利用するのが良い。

降雪量ガイダンスの留意点

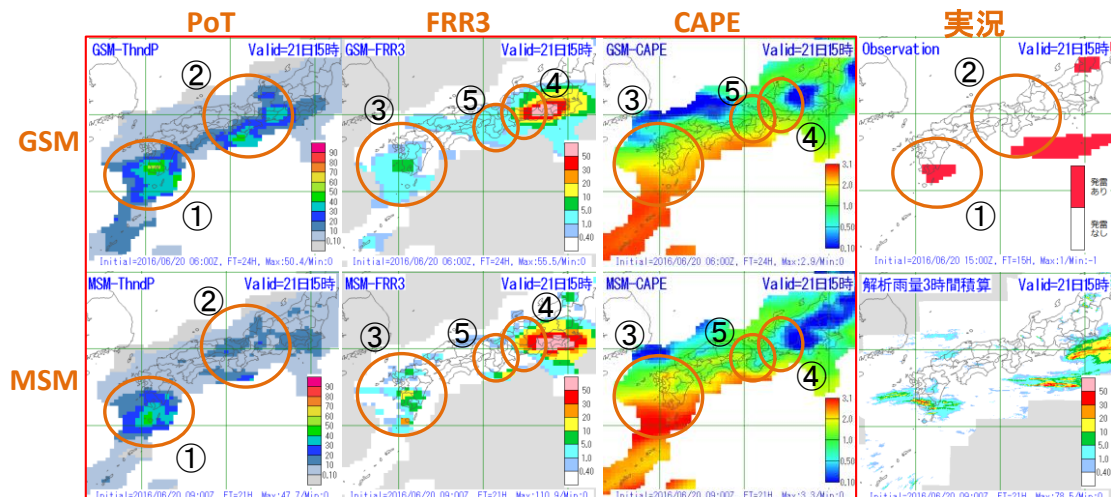
- 予測要素が長期間になるほどバイアスが大きくなる
 - 予測期間が長い要素(例:24時間降雪量)ほど、バイアスコアが大きくなる傾向がある。
 - 要因の1つとして、ガイダンスは積雪面の沈降を考慮していないことが考えられる。

大雪などの継続時間が長い現象を予測する場合、予測要素が長期間になるほど、バイアスコアが大きくなる傾向がある。例えば降雪量について、3,6,12,24時間と予測期間が長くなるにつれて、バイアスコアが増え、特に24時間降雪量では、予測頻度が過大となっている。多量の降雪が継続したとき、積雪深の観測値は圧密の効果により増加しにくくなる特徴があるが、ガイダンスが予測する降雪量は積雪面の沈降を考慮しておらず、BIが過大傾向となる要因の1つとなっている。

発雷確率ガイダンス(PoT)の留意点

～2016年6月21日06UTCを対象とした事例から～

- PoTはモデルで降水が予測されており、大気の安定度が低い場合に高確率となる。



- 九州南部の発雷は両ガイダンスとも予測できている
- 東海地方や紀伊半島ではGSM-PoTが高めの予測。
- 九州南部では、両モデルとも降水を予測しており、かつ、大気安定度も低いため、両ガイダンスとも高めのPoTを予測。
- 東海地方では、両モデルとも降水を予測。大気安定度はGSMの方が低いため、GSM-PoTが高めの予測。
- 紀伊半島では、MSMはGSMに比べて大気安定度が高く、降水も予測されていないためPoTも低い。



発雷確率ガイダンス (PoT) が高確率を予測している場合やGSM-PoTとMSM-PoTの予測値の差が大きい場合など、その予測の妥当性を判断する必要がある場合には、モデルの降水および大気の大気安定度の妥当性を考慮することが有効である。

また、メソアンサンブル予報システム (MEPS) から作成したガイダンス (MEPSガイダンス) のアンサンブル最大を参考にすることで、より確度の高い判断をすることができる。

例えば、GSMガイダンスで20%以上、MSMガイダンスで20%未満の予測事例の時にMEPSアンサンブル最大で25%以上が予測されていれば、GSMガイダンスの予測を採用した方が予測精度が高い (アンサンブル最大の閾値を50%以上とするとMSMガイダンスに比べて改善率が最も高い)。

発雷確率ガイダンスの留意点

- 統計検証
 - 概ね1年を通して、MSM-PoTの方がGSM-PoTに比べて予測精度が良い。
- 利用上の留意点
 - PoTは、説明変数のモデル降水量、CAPE、SSIの値に大きく左右される。
 - GSMとMSMの予測値が大きく異なり、両ガイダンスの妥当性を判断する必要があるときは、降水予測の有無、大気安定度を確認することが有効。
 - 希少な事例や春先の寒気南下時には予測が難しいことに留意。
 - 予報時間が先の予測では、高確率を予測しにくくすることで信頼度を維持している。
 - モデルの予測傾向が変わらない場合でも、予報時間が短くなるにつれ高確率に変わっていく場合があることに留意が必要。

GSM-PoT及びMSM-PoTの予測精度については、概ね1年を通して、MSM-PoTの方がGSM-PoTに比べて高い。

PoTの予測値が説明変数のFRR3、CAPE、SSIの値に大きく左右される。GSM-PoTとMSM-PoTの予測値が大きく異なり両ガイダンスの妥当性を判断する必要があるようなときには、各モデルの降水予測の有無及び大気安定度の予測を確認することが有効である。

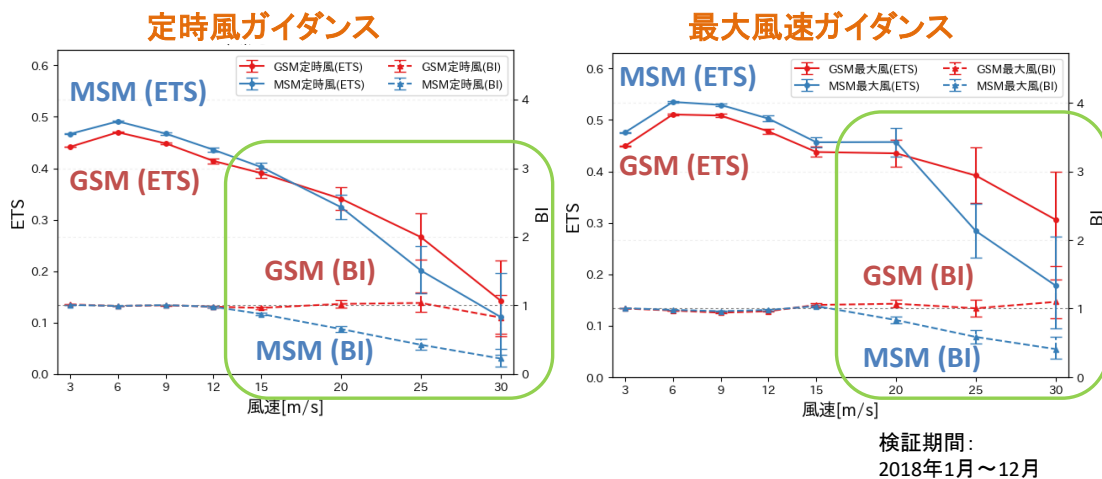
PoTは予測手法に統計手法を用いているため、希少事例、季節外れの事例(春先の寒気南下時)については予測が難しいことに留意。

PoTは予報時間が先の予測では、高確率を予測しにくくすることで信頼度を維持している。モデルの予測傾向が変わらない場合でも、予報時間が短くなるにつれ高確率に変わっていく場合があるので留意が必要である。

風ガイダンスの留意点

頻度バイアス補正の閾値の上限値である13 m/s (定時風ガイダンス)、15 m/s (最大風速ガイダンス)までは適切な予測頻度を保っているが、上限値を超えると適切に予測できない場合がある(MSMガイダンス)。

上限値を大きくすると、事例が少なくなり学習が不十分となる可能性があるため、調整は難しい。



図に定時風ガイダンス(左図)と最大風速ガイダンス(右図)の閾値別のGSMとMSMのエクイタブルスレットスコア(ETS)とバイアスコア(BI)を示す。検証期間は2018年1月から12月の1年間である。風ガイダンスは、MSMガイダンスの方がGSMガイダンスに比べて、精度が良い。ただし、頻度バイアス補正の影響を受けやすいという特徴がある。頻度バイアス補正を用いている定時風ガイダンスは閾値の上限値である13 m/s、最大風速ガイダンスは15 m/sまでは適切な予測頻度を保っているが、その上限値を超えるような強風は、適切に補正できない場合があり、過大又は過小となる可能性がある。MSMの定時風ガイダンスの場合はこの影響により結果的に過小となっている。そのような場合は、GSMガイダンスも参考にした方が良い。

また、GSMやMSMのモデルの地上風向で層別化しているため、台風や前線の位置ずれなどにより、モデルの一般風の風向が外れた場合や、一般風に対して通常と異なる風が吹く場合には適切な予測にならないことに注意する必要がある。

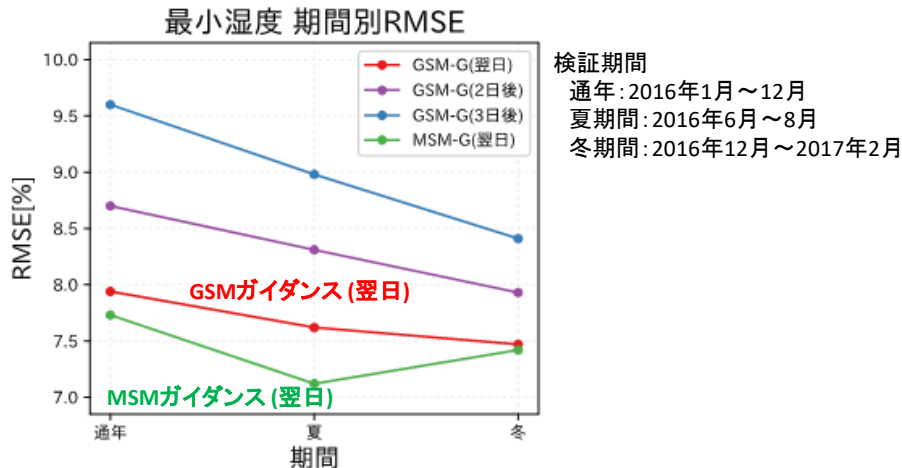
天気ガイダンスの留意点

- 雪の場合は、天気ガイダンスでは天気予報の降水の付加基準(雨は1.0 mm/3h、雪は0.5 mm/3時間)を閾値にしているため、弱い雪を含む雪域を狭く予測する場合があります。弱い雪を予測する際には、3時間降雪量ガイダンスの利用を推奨。

雪の場合は、天気ガイダンスでは天気予報の降水の付加基準(雨は1.0 mm/3h、雪は0.5 mm/3h)を閾値にしているため、弱い雪を含む雪域を狭く予測する場合があります。弱い雪を予測する際には、3時間降雪量ガイダンスの利用を推奨する。

最小湿度ガイダンスの留意点

- 最小湿度ガイダンスは、MSMガイダンスの方がGSMガイダンスよりも精度が高いため、MSMガイダンスの利用を推奨する。



図に最小湿度ガイダンスの期間別の二乗平均平方根誤差(RMSE)を示す。検証期間は通年が2016年1月から12月の1年間、夏期間が2016年の6月から8月、冬期間が2016年12月から2017年2月までである。最小湿度ガイダンスについては、統計的にMSMガイダンスの方がGSMガイダンスよりも精度が高いため、MSMガイダンスの利用を推奨する。

ただし、GSMとMSM予測の妥当性を判断しながら両者をあわせて利用する必要がある。また、GSM・MSMガイダンス共に内陸で精度が低い傾向があること、夏の東日本以南と冬の関東で最小湿度を高く予測し、乾燥が弱めとなる傾向があるので留意願いたい。

メソアンサンブル予報システムに基づくガイダンス (MEPSガイダンス)

- 摂動ラン(わずかなばらつきを与えた20メンバー)
 - すべてのガイダンスに共通で、摂動ランはコントロールラン(摂動を与えないメンバー、MSMと同等)に比べて予測精度が低いので、単独での利用は推奨しない。
- アンサンブル平均
 - 気温や風ガイダンスはコントロールランに比べて、予測精度が改善するため、利用を推奨する。
 - 降水および降雪ガイダンスは平均処理によって摂動ランの表現する降水の分布やピークが平滑化されるため、強雨の分布やピークを捉えるのには適さない。

メソアンサンブル予報システム (MEPS) に基づくガイダンス (MEPSガイダンス) は2020年3月に運用を開始した (石川ほか 2019)。MEPSの各アンサンブルメンバー (コントロールラン+摂動ラン20メンバー) を入力とするガイダンスであり、基本的にはMSMガイダンスの予測式をそのまま適用して作成する。コントロールランは摂動を与えないメンバーでMSMガイダンスと同等だが、摂動ランはMSMガイダンスと比較して予測精度は低いいため単独の利用は推奨しない。ただし、発雷確率ガイダンスでは閾値50%以上を発雷の判断基準とした場合に空振りが増えるものの、摂動ランはコントロールランよりも多くの発雷を捕捉できるといったように、MEPSガイダンスを利用することで顕著な現象を捕捉できる可能性がある。

MEPSガイダンスにおけるアンサンブルメンバーの予測結果を概観するための統計量としてアンサンブル平均、アンサンブル最大、超過確率がある。アンサンブル平均 (全アンサンブルメンバーの平均値) について、気温・風ガイダンスはコントロールランより予測精度が良く、利用を推奨する。ただし、降水および降雪ガイダンスでは、平均処理によって各メンバーの表現する降水の分布やピークが平滑化されるため、強雨の分布やピークを捉えるのには適さない。

メソアンサンブル予報システムに基づくガイダンス (MEPSガイダンス)

- アンサンブル最大
 - 降水や降雪、発雷確率ガイダンスでは、コントロールランと比較して捕捉率が高く、顕著現象のポテンシャルを把握する上で有効な資料の一つとなる。
- 超過確率
 - 摂動ランのばらつきが大きい場合、降水および降雪ガイダンスの超過確率は低い値となるため、アンサンブル最大を併せて利用することを推奨する。

アンサンブル最大(全アンサンブルメンバーの最大値)は、降水や降雪、発雷確率ガイダンスで予測頻度が過大な傾向はあるものの、コントロールランと比較して捕捉率が高く顕著現象のポテンシャルを把握する上で有効である。

超過確率(特定の閾値以上となったメンバーの割合)は、顕著現象のポテンシャルを把握する資料として有効であるが、摂動ランのばらつきが大きい場合には降水および降雪ガイダンスで低い値になってしまうため、アンサンブル最大と併せて利用することを推奨する。ばらつきが大きい現象の例として、不安定降水などが挙げられる。

参考文献

- 石川宜広, 山下浩史, 井上卓也, 森祐貴, 工藤淳, 小林大輝, 土田尚侑, 井藤智史, 2019: メソアンサンブルガイダンス. 令和元年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 16-55.