



第1章 基礎編

1.8 プロダクト利用上の留意点

数値予報には、数値計算や物理過程等による手法に由来する制約のため、予測精度に限界がある。また、現業予報作業では、全球モデル(GSM)・メソモデル(MSM)・局地モデル(LFM)などの複数の数値予報資料(プロダクト)を作業時間が限られる中で、効率的かつ能率的に利用しなければならない。

本節では、1.7節までの数値予報の特性としてその限界と予測可能性について述べ、その後、プロダクトの利用上の留意点を述べる。なお、本節の内容は、藤田(2012)、石田・山田(2018)および石川(2018)に基づいて記述しているので、適宜これらの文献を参照願いたい。

数値予報の限界と誤差要因

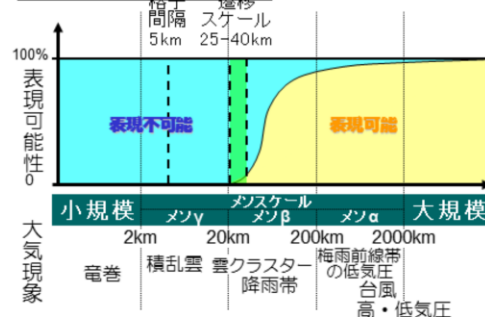
- 数値予報の限界
 - 大気現象を完全には表現できない(分解能)
 - 誤差の急速な成長(カオス的性質)
- 予報誤差の要因
 - 数値予報モデル(力学過程、物理過程)
 - 初期値
 - 境界値
- 数値予報の限界と誤差特性の把握が重要

数値予報を行うための必須要素は、数値予報モデルと初期値及び境界値である。数値予報の限界と誤差要因を考える上でも、これらの必須要素は重要である。例えば数値予報の限界について、数値予報モデルの力学過程の面から考えてみる。数値予報モデルの力学過程では、格子点法の場合、空間的に区切りのない連続体(流体)である大気の状態をコンピュータで扱えるよう数値的に計算するために、多数の格子点における値で代表させる必要がある(これを離散化という)。この格子点の間隔で分解能が決まり、どの程度のスケールの現象が格子点における値で直接的に表現可能であるかが決まる。そのため、決まったスケールより小さい大気現象は表現することができないことから、数値予報モデルは大気現象を完全に表現することができない。また、数値予報モデルで用いる大気の支配方程式は非線形であり、そのカオス的性質から予報初期のごくわずかな誤差が急激に拡大して将来の予測に大きく影響する場合があるため、完全な予測は困難である。

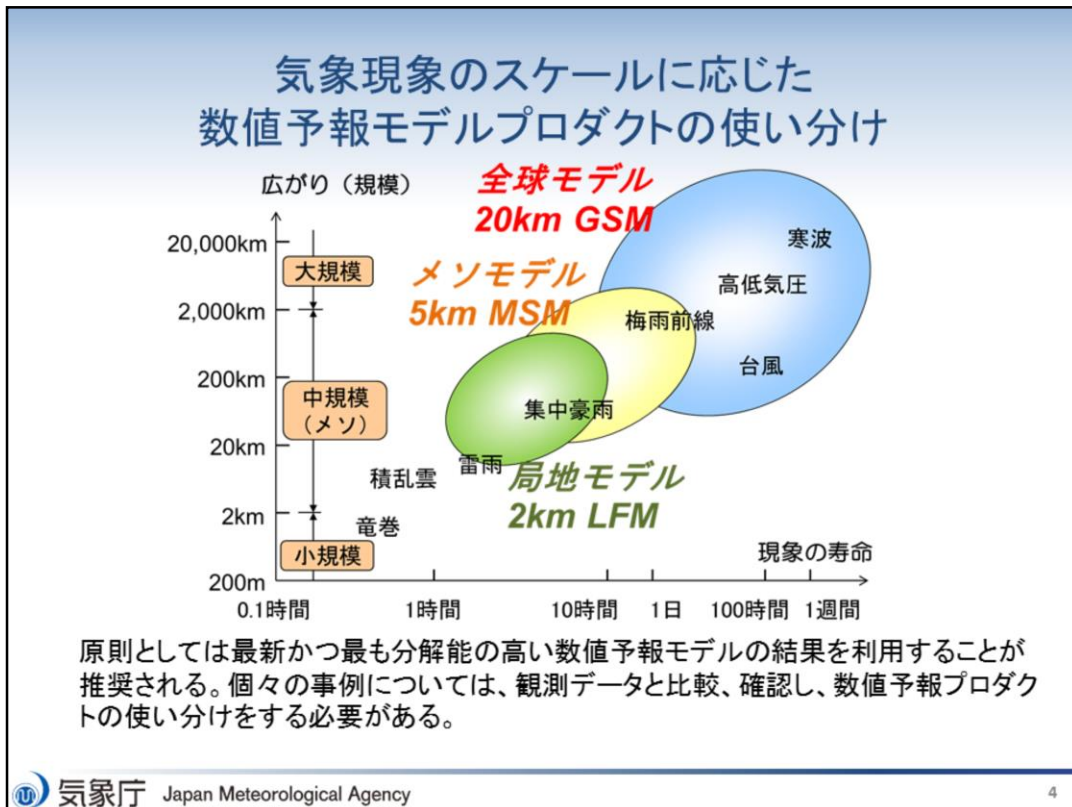
表現可能な現象のスケール 実効解像度

- 格子点値はその格子内の平均的な状態を示す
- モデルの実効解像度よりも細かい現象は表現できない
- 実効解像度は格子の 5 ~ 8 倍程度
 - GSM:100~150km
 - MSM:25~40km
 - LFM:10~15km

鉛直解像度の制約により境界層の構造や、逆転層などの構造も十分な表現ができないことがある。



一般に、数値予報モデルで表現可能な現象のスケール(実効解像度)は格子間隔の5~8倍程度である。短期・中期予報で用いる気象庁現業数値予報モデルでは、全球モデル(GSM)は水平分解能約20km、メソモデル(MSM)は5km、局地モデル(LFM)は2kmであることから、それぞれ100~150km、25~40km、10~15km程度以上のスケールの現象について表現可能である。また、各モデルの格子点値はその格子内の平均的な状態を示すことにも注意が必要である。さらに、鉛直解像度の制約により、境界層の構造や逆転層などの構造を十分に表現できない場合があることにも注意が必要がある。



気象現象のスケールに応じた数値予報モデルプロダクトの使い分けは、以下のとおりである。

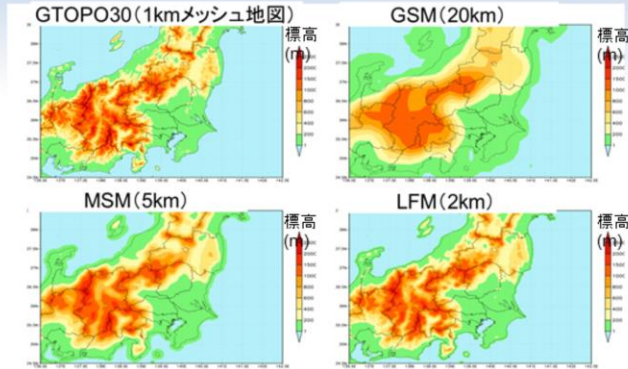
GSMでは、現象の寿命が1日～1週間、広がりが数千km前後の大～中規模の高低気圧や台風等の総観規模の擾乱を表現することができる。

MSMでは、現象の寿命が数時間～1日、広がりが数百km前後の中規模の豪雨をもたらす現象等を表現することができる。

LFMでは、現象の寿命が数時間、広がりが数十km～数百km程度の豪雨をもたらす現象を表現することができる。

このように、現象の寿命や広がりを考慮して、観測データと比較、確認し、数値予報モデルプロダクトの使い分けをする必要がある。また、原則として最新かつ最も分解能の高い数値予報モデルの結果を利用することが推奨される。

モデル地形の不完全さに起因する誤差



- GSM、MSM、LFMの地形は、米国地質調査所が作成した1kmメッシュ(正確には30秒)のGTOPO30データをモデルの水平解像度に合わせて平滑化したもの
- 実際の地形にはLFMより更に小さいスケールの起伏がある
- スケールの小さい地形の影響を受ける風や、小スケールの激しい起伏でモデルと実際の標高の異なる場合の気温は誤差が大きいと考えられる
 - 実際の地形とモデル地形の違いを十分に把握する
- このような誤差は系統誤差としてガイダンスで補正される。数値予報の結果とガイダンスの結果を使い分ける必要がある

GSM、MSM、LFMの地形は、米国地質調査所(USGS)が作成した30秒(1秒は1/3600度:約1km)メッシュのGTOPO30データを平滑化して作成している。実際の地形にはLFMより更に小さいスケールの起伏がある。

地形の表現は強制上昇や風系への影響等、数値予報モデルの結果に直接影響を与えるが、実際の地形とは、標高も起伏も異なっているために誤差が生じる。地形の表現による誤差は、決まって生じる誤差の1つで系統誤差と言われる。このような系統誤差は、ガイダンスによって補正することができる。数値予報プロダクトの利用に際しては、実際の地形とモデル地形の違いを十分に把握するとともに、このような系統誤差はガイダンスにより補正されることを念頭において、数値予報結果とガイダンスの結果を使い分ける必要がある。

物理過程の不完全さに起因する誤差

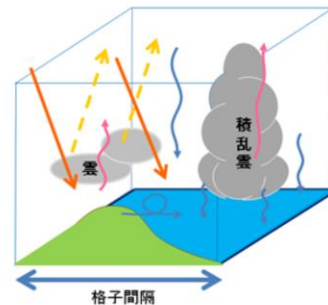
- 物理過程は格子より小さいスケールの効果を格子平均値で計算するためにモデル化を行う
 - モデル化には統計的關係も含まれる
- そのモデル化は不完全で予測誤差の大きな原因
 - 各過程についての知見が不足
 - 解くべき方程式が分かっていない(乱流、対流など)
 - 計算資源が不足
 - 現象の物理過程が複雑なため簡略化が必要(放射過程の波長への依存性など)
 - そもそも導入されていない効果も
 - (MSMとLFMでの積雪・海面水温の変化)
 - パラメタリゼーションの原理的制約

数値予報モデルの物理過程については、今の天気予報で対象となる現象の予測に必要なものは、ほぼ含まれている。その物理過程は格子より小さいスケールの効果を統計的關係を考慮しつつ、格子平均値で計算するためにモデル化を行っているが、それらの過程が不完全なために予測誤差の大きな原因の一つとなっている。例えば、以下のようなものが挙げられる。

1. 乱流や対流など解くべき方程式が分かっていない等、各過程についての知見不足
2. 計算機資源不足。例えば放射過程では、波長への依存性が複雑で計算に時間を要するため、簡略化されている
3. 未導入の効果の影響。例えばMSMやLFMでは予測期間内における積雪・海面水温の変化が考慮されていない
4. パラメタリゼーションの原理的制約

パラメタリゼーションの原理的制約

- 予報変数(格子点値)は、モデルの格子点における**時間・空間平均値**
- 格子平均からのずれの効果の扱い
 - 格子間隔より小さな現象(サブグリッドスケールの現象)は**格子点値で表現することができない**(支配方程式で扱えない、モデルで陽に表現できない)
 - サブグリッドスケールの現象が予報変数(格子点値)に及ぼす効果を、格子点の物理量で評価 → **パラメタリゼーション**
 - **パラメタリゼーションは、格子平均値と**
いった限られた情報のみを用いて格子
より小さいスケールの効果を記述する
原理的制約がある



モデルは気温や比湿、風等の、格子平均だけを扱う(知っている)。

前頁にて、物理過程は格子より小さいスケールの効果を統計的關係を考慮しつつ、格子平均値で計算するためにモデル化を行っている述べた。

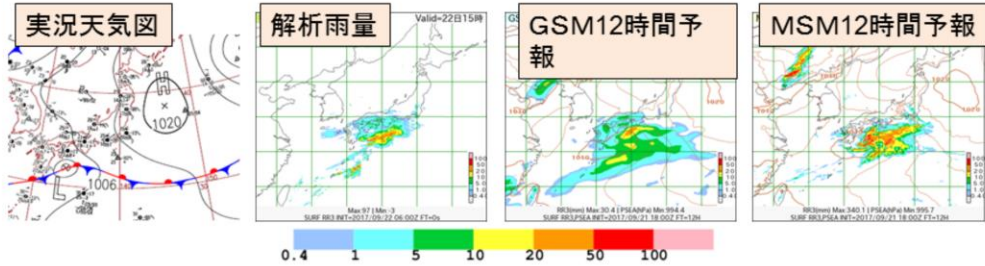
その一つとして、格子間隔より小さな現象(サブグリッドスケールの現象)が予報変数(格子点値)に及ぼす効果を格子点の物理量で評価(パラメタリゼーション)して、格子平均からのずれの効果として、その格子点の値に取り入れている。

これは、予報変数(格子点値)は、モデルの格子点における時間・空間平均値であり、サブグリッドスケールの現象は格子点値で表現することができないことによるものである。

このように、パラメタリゼーションは格子平均値といった限られた情報のみを用いて格子より小さいスケールの効果を取り入れなければならない原理的制約があり、誤差を生む一因となっている。

積雲対流過程の違いによる降水特性の典型例

2017年9月22日15時のアジア太平洋地上天気図、及び同時刻についての前3時間降水量。左から、解析雨量、GSM(9月22日3時初期値)、MSM(9月22日3時初期値)それぞれによる予報。



- [GSM]: 弱い降水域を前線の周囲とその北側に広く予測した。一方で、前線近傍の降水量が少ない
- [MSM]: 強い降水を前線付近に集中させている一方で、前線北側の弱い降水域の広がりが狭い。また、低気圧自体もGSMより発達させている

パラメタリゼーションとして、積雲対流過程の違いによる降水特性の典型例を示す。積雲対流過程について、GSMでは主に雲水スキームと荒川シューバート(AS)スキーム、MSMでは雲物理過程とケイン・フリッチ(KF)スキームを用いている。ASスキームとKFスキームは対流パラメタリゼーションの一種であり、数値予報モデルの分解能で表せない積雲の効果を取り入れるために導入されている。この対流パラメタリゼーションの差により、GSMとMSMでは降水表現に差が表れている。図は、左から2017年9月22日15時のアジア太平洋地上天気図、および同時刻の前3時間解析雨量、9月22日3時初期値のGSMおよびMSMの12時間予報の前3時間降水量を示している。

GSMは解析雨量と比較して、弱い降水域を前線の周囲とその北側に広く予測する一方、前線近傍の降水量は少ないという特徴がみられ、ASスキームの典型的な特徴がみられる。

MSMは強い降水を前線付近に集中させる一方で、前線北側の弱い降水域の広がりが狭く、また、低気圧自体もGSMよりも発達させていて、雲物理過程とKFスキームの特徴が表れている。

(パラメタリゼーションの違いに起因する各モデルの予測特性については次頁参照)

各モデルの積雲対流の取り扱い

各モデルでは、水平解像度に応じた対流の取り扱いをしており、降水特性の違いの一因となっている。

- GSM
 - 大気安定度がそれほど低くない段階から積雲対流が発生するものとして成層を安定化するため、弱い降水を広めに予想する傾向
 - 安定化はゆっくり行われ、長時間に渡り広い降水域が予想されることも
- MSM
 - 地形や収束などの強制力が強いときに強い降水を集中させる傾向
 - 格子スケールの積雲対流では降水量が過大になることも。(LFMも同様)
 - 熱雷のような不安定性降水に伴う短時間強雨事例では、降水予測が過小となりやすい
- LFM
 - 格子スケールでの積雲対流発生に必要な強制上昇とその扱いが十分ではないため、発生が遅れる場合あり
 - 積雲対流を弱める現象(エントレインメントなど)を表現できないため、現実よりも強い対流となりやすく、降水量が過大となる傾向

各数値予報モデルの積雲対流は、水平解像度に応じた対流の取り扱いをしていて、降水特性の違いの一因となっている。以下にその特徴を示す。

GSMは、対流パラメタリゼーションとしてASスキームを採用している。そのため、大気安定度がそれほど低くない段階から積雲対流が発生するものとして成層を安定化するため、弱い降水を広めに予想する傾向がある(原 2013)。そして、安定化はゆっくり行われ、長時間に渡り広い降水域が予想されることがある。

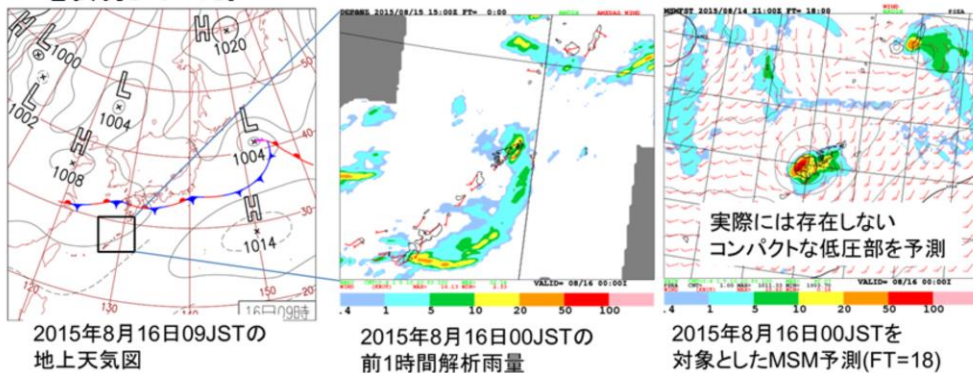
MSMは、雲物理過程に対流パラメタリゼーションとしてKFスキームを採用している。そのため、地形や収束などの強制力が強いときに強い降水を集中させる傾向がみられる(原・倉橋 2017)。また、格子スケールの積雲対流では降水量が過大になることがある。そして、熱雷のような不安定性降水に伴う短時間強雨事例では、降水予測が過小となりやすい。

LFMは雲物理過程を採用している(対流のイニシエーションに対流パラメタリゼーションを用いている)。そのため、格子スケールでの積雲対流発生に必要な強制上昇とその扱いが十分ではなく、発生が遅れる場合がある。そして、積雲対流を弱める現象(エントレインメントなど)を表現できないため、現実よりも強い対流となりやすく、降水量が過大となる傾向がある。

MSMにおける低気圧の過発達

- MSMによる予測では、現在でも低気圧が過発達する場合がある
- 積雲対流スキームによる不安定の解消が不十分で、格子スケールの上昇流が強く予測されてしまう

(典型例) 2015年8月15～16日を対象とした15日06JST初期値のMSMの予測において、台湾の東から南西諸島へ向けて発達しながら北東進する低気圧を表現していた。

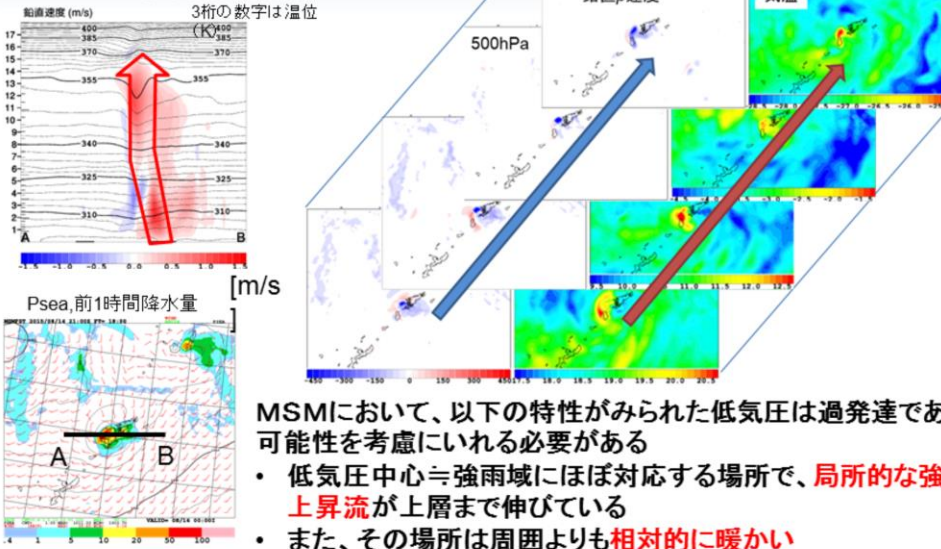


MSMの低気圧の発達の予測については、積雲対流スキームによる不安定の解消が不十分な場合に格子スケールの上昇流が強く予測され、その結果として、低気圧の過発達につながる事が知られている(原 2015)。

典型例として、2015年8月15～16日を対象とした15日6時初期値のMSMの予測を示す。図は、左から2015年8月16日9時の地上天気図、16日0時の前1時間解析雨量、16日0時を対象とした15日6時を初期値とする18時間予報である。解析雨量と比較して、MSMは実際には存在しないコンパクトな低気圧を予測している。

過発達した低気圧の予想の特徴

2015年8月15日6時を初期時刻とする
MSMの18時間予報の例

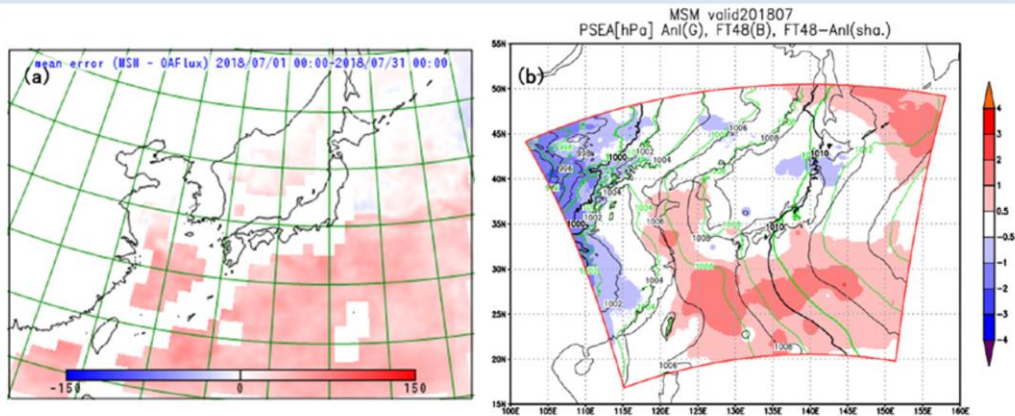


2015年8月15日6時を初期値とするMSMの18時間予報で見られたコンパクトな低気圧について、低気圧中心付近の地上海面気圧および前1時間降水量、鉛直速度、鉛直P速度および気温の鉛直分布を示す。

低気圧中心付近の強雨域に対応する場所で局所的な強い上昇流が上層の成層圏付近まで伸びていることが分かる。また、その場所は周囲よりも相対的に暖かくなっている。

これらの特徴は、過発達した低気圧の予想の特徴であり、天気予報を組み立てる際には注意する必要がある。

MSMが持つ系統誤差について



2018年7月平均における(a) MSMによる潜熱フラックス[W m⁻²]の全予報時間のOAFux プロダクト (Yu et al. 2008) に対する誤差。(b) 海面更正気圧[hPa] (黒) FT=48のMSM、(緑)メソ解析、(カラー) FT=48のMSMのメソ解析に対する誤差。氏家(2020)から抜粋。

- ・ 潜熱フラックスに基準となる全予報時間のOAFux プロダクトに対して正バイアス、すなわち下層水蒸気が多いバイアスがある(左図)
- ・ メソ解析に対して、7月の太平洋高気圧の西への張り出しが強いバイアスがある(右図)

MSMの予測には、下層の水蒸気が多いバイアス(左図)や7月の太平洋高気圧の西への張り出しが強い(右図)というバイアスがある。これらの系統誤差は、モデルの諸過程が複雑に絡み合った結果、生じている。これらの点に留意しつつ、MSMのプロダクトを利用していただきたい。

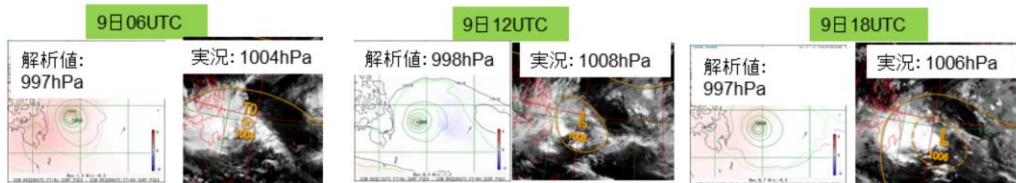
※OAFux(Objectively Analyzed air-sea Fluxes:客観解析された大気海洋フラックス)

初期値の不完全さに起因する誤差

- 観測値
 - 観測値には様々な誤差が含まれている
 - 入手可能な観測値が時間的・空間的に十分でない
 - 特に、擾乱がある領域に観測値がないと信頼度が低くなる
 - 海上を進む擾乱など、予測に影響を与える観測が少ない場合、新しい時刻の観測により、予報が大きく変化することがある
- 第一推定値
 - 前初期時刻の予報結果が良好でないと、解析における第一推定値の誤差が大きくなる

(例) 2014年4月台風第4号から変わった熱帯低気圧

(コンター: 地上気圧(hPa): 緑は前回のGSM6時間予測)、塗りつぶしは前回予測からの修正量(hPa)と実況(衛星赤外画像および地上天気図)



実況では衰弱しているが、ある程度の示度を保ったまま海上をゆっくり東進した。観測が少ないため、前回予測からの修正量が小さい。なお、この時間帯に台風ボーガスデータは利用されていない。

数値予報モデルの初期値(解析値)は、前の初期値からの予測値をたたき台(第一推定値という)に、観測データを同化することで作成される。

第一推定値は、格子点上に物理要素(気温・気圧・風等)が全球的に配置されるメリットがある一方で、前初期時刻の予報結果が良好でないと、解析における第一推定値の誤差が大きくなるというデメリットがある。

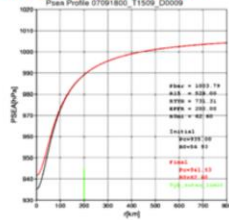
観測値は、現実の大気の状態に近い値が得られるメリットがある一方で、様々な誤差が含まれ、入手可能な観測値が時間的・空間的に十分でないデメリットがある。特に擾乱がある領域に観測値がないと信頼度が低くなる。例として、2014年台風第4号から変わった熱帯低気圧を取り上げる。実況では衰弱しているのにも関わらず、モデルではある程度の示度を保ったまま海上をゆっくり東進し続けることとなった。その間、観測が少ない海上をゆっくり東進し、観測で修正されなかったために前述のような予測となった。

一方で、擾乱が海上を進む際に、予測に影響を与える観測が少ない場合は、新しい時刻の観測により、かえって擾乱の予測が大きく変化する場合があるので、予測の際には慎重に判断する必要がある。

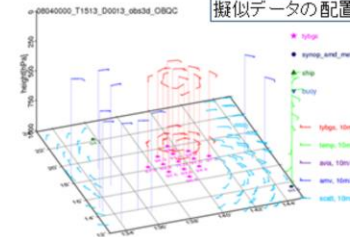
台風ボーガス

- 台風中心付近では、実観測データが十分に得られない場合があり、それを補完するために疑似観測データ(台風ボーガス)を作成・同化利用している
 - 予報官による台風速報解析の中心気圧、強風半径などから単純化されたモデルをあてはめて疑似観測データを作成する
 - 要素は海面気圧、上空の風向風速
 - 台風ボーガスで表現する台風の強度や空間対称性が実際の台風の状態と一致するとは限らない
- 台風ボーガスを同化した初期値での台風構造が、衛星画像などの実況と乖離していないか確認いただきたい
- 特に全球モデルでは、台風構造に歪みを生じるような局所的に大きな修正が解析で入りにくいいため、**台風の急発達や位置ずれの修正が一つの初期時刻の解析では十分でない場合がある**

ある台風事例における
ボーガスの海面気圧
プロファイル例



疑似データの配置例



台風ボーガスは、台風予報に適切な初期場を作るために、台風周辺に与えられる疑似観測データである。台風中心付近の実観測データが十分に得られない部分を補完する役割で作成・同化利用し、台風進路および強度予報の精度維持・向上に寄与している。

台風ボーガスは、予報官による台風速報解析の中心気圧、強風半径などから単純化されたモデルをあてはめて疑似観測データを作成する。このことから、台風ボーガスで表現する台風強度や空間対称性が実際の台風の状態と一致するとは限らない。

そのため、台風ボーガスを同化した初期値での台風構造が、衛星画像などの実況と乖離していないか確認する必要がある。特に全球モデルでは台風構造の歪みが生じるような局所的に大きな修正が解析で入りにくいいため、台風の急発達や位置ずれの修正が一つの初期時刻の解析では十分でない場合があるので、その点も確認する必要がある。

左図は、ある台風事例におけるボーガスの海面気圧プロファイル例を示している。緑色の線が、台風ボーガスの一番外側の範囲を示し、この例では200kmである。黒線が台風の中心示度を考慮した初期のプロファイル、赤線は黒線に第一推定値や周辺の観測を考慮した後のプロファイルを示している。赤線のプロファイルを元に解析に利用される台風ボーガスデータを作成する。そのデータの例が右図で、疑似データの配置例を示している。桃色が地上の海面気圧、赤色が風向風速(矢羽根)である。

初期時刻による予報の変化について

- 初期時刻によって予報結果が安定しないことがある
 - 初期時刻による予報結果のばらつきが大きいときの状況
 - 最新の解析(データ同化)で、観測情報が反映された
 - 予報の不確実性が高い場であり、初期値の僅かな変化にモデルが反応した
 - 品質に問題のある(またはモデル(第一推定値)と大きく値が異なる)観測データが同化された
 - 逆に初期時刻による予報結果のばらつきが小さいときの状況
 - モデル(第一推定値)の精度がよく、観測との差が小さかった
 - 予報の不確実性が低い場であった
 - 注目する現象の付近で観測データがほとんど同化されなかった(前回の初期値とほとんど同じ予報)

基本的には最新の観測情報を反映した新しい初期値ほど予報精度は高いはず

各数値予報モデルには、初期時刻によって予報結果が安定しないことがある。すなわち、初期時刻による予報結果のばらつきが大きいことに相当する。そのときの状況としては、

1. 最新の解析で観測情報が反映された
 2. 初期値の僅かな変化に対して、モデル予測結果の差が大きい(予報の不確実性が高い)
 3. 品質に問題のある観測またはモデルと大きく値が異なる観測が同化された
- が、考えられる。逆に、予報結果が安定している場合(初期時刻による予報結果のばらつきが小さい)では、
4. モデル(第一推定値)の精度が良く、観測との差が小さかった
 5. 初期値の僅かな変化に対して、モデル予測結果の差が小さい(予報の不確実性が低い)
 6. 注目する現象の観測データがほとんど同化されなかった(前回の初期値とほとんど同じ予報)
- が、考えられる。

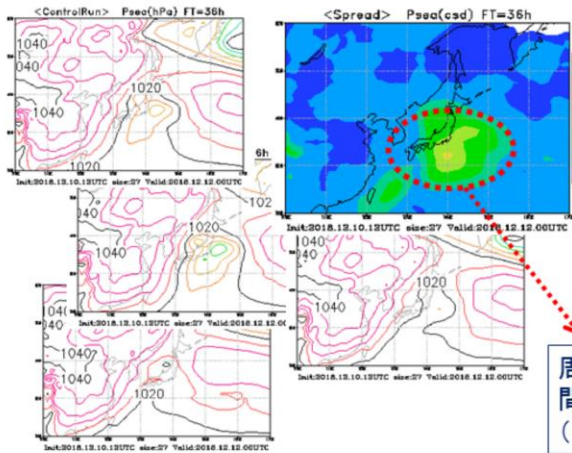
3の品質に問題のある観測が同化された場合については、短期解説資料等を通じて、お知らせすることになるので、留意願いたい。6については、初期値の不完全さに起因する誤差で述べたように実況と異なる場合があるので、十分確認する必要がある。

その他の場合については、基本的には最新の観測情報を反映した新しい初期値ほど予報精度が高いと考えられる。また、2の場合などについて、より確からしい予報を行うには、アンサンブル予報を活用する方法がある。

変化が大きいときの例～アンサンブルの視点

予測の不確実性が高い場

➡ アンサンブル予測のスプレッド(ばらつき程度)も大きくなる



2018年12月12日9時を
対象時刻とする12月10日21時
初期値(FT36)の
全球アンサンブル予測

海面気圧の

- ・アンサンブルスプレッド(右上)
- ・各メンバーの予測

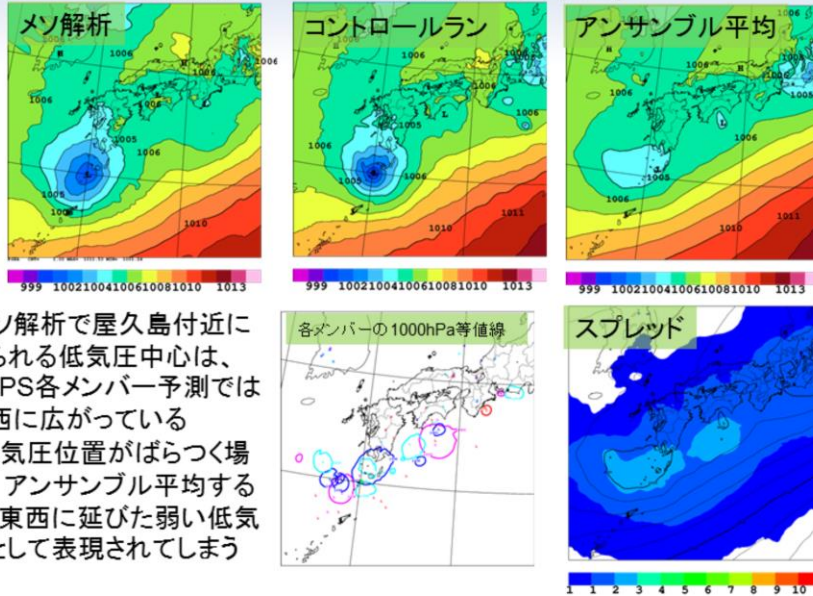
周辺と比べて、アンサンブルメンバー
間の予測のばらつきが大きい
(今後も予測が変わる可能性が高い)

初期値の僅かな変化に対して、モデル予測結果の差が大きい時には、カオスの性質に由来するものであるため、前回・前々回予測との比較、初期値に摂動を与えるなどしたアンサンブル予測の利用が一般的である。

アンサンブル予測の利用により、誤差幅や不確実性を見積もることで予測情報の確からしさを得ることができる。例えば、予測の不確実性が高い場については、アンサンブル予測のスプレッド(ばらつき程度)が大きくなるという特徴がある。

アンサンブル平均で低気圧の中心がぼやけてしまう例

2019年7月3日21時初期値 FT=24での海面更正気圧 [hPa]



- ・メソ解析で屋久島付近に見られる低気圧中心は、MEPS各メンバー予測では東西に広がっている
- ・低気圧位置がばらつく場合、アンサンブル平均すると、東西に延びた弱い低気圧として表現されてしまう

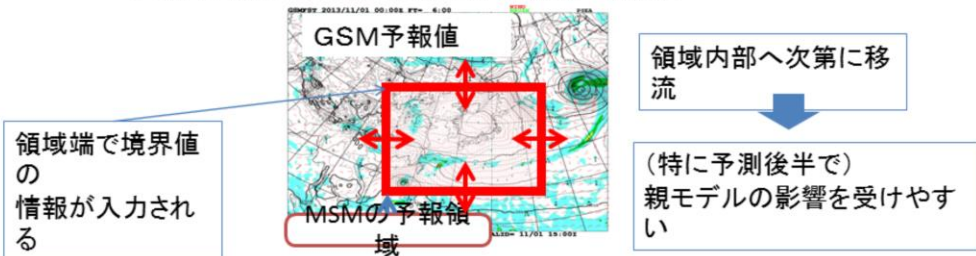
アンサンブル予報を利用するには、以下の点に注意する必要がある。アンサンブル平均では予測不可能な部分は打ち消し合うことにより変動の振幅が小さく、前線の動きや低気圧の示度等がぼやけてしまうことがある。

図は、2019年7月3日21時初期値のメソアンサンブル予報システム(MEPS)の24時間予報の西日本の海面更正気圧を上段左からメソ解析、コントロールラン、アンサンブル平均、下段は左から各アンサンブルメンバーの1000hPa等値線、アンサンブルスプレッド(ばらつきの度合い)を示している。メソ解析で屋久島付近に低気圧の中心が見られるが、MEPSの各メンバー予測では1000hPa等値線で見られるように低気圧の中心は東西に広がっている。この状態でアンサンブル平均すると図に示したように東西に延びた弱い低気圧として表現されてしまう。

また、局所的な強雨などの局所的な現象かつ位置ずれの影響が大きい例についても、平滑化の影響を受ける。このような場合、アンサンブル平均を実際に現れる場の予測と考えて利用することは適切でないことに注意する必要がある。

領域モデルへの境界値を通じた親モデルの影響

- MSM、LFMといった領域モデルでは、予報領域の外縁部で、より分解能の低いモデル(親モデル)と接続して、領域外の情報を取り入れる必要がある
 - 境界面(側面・上部境界)で運動量、熱・水蒸気の流入を計算するとともに、境界付近で予測値を親モデルに近づける強制力を与えている
- 境界面での流入・流出を通じて領域端で境界値の情報が入力され、その情報は時間の経過とともに領域内部へと移流していく
 - 特にGSMの予測に初期値変わり等の不確実性がある場合、MSMの予報後半の総観場の予測にも不確実性が生じる場合がある
- 親モデルの特性が変われば、その予測値を境界値として用いているモデルの予測特性にも影響を及ぼしうる
 - 2016年の更新によるGSMの乾燥バイアスの軽減にともなって、MSMの解析値・予報値の乾燥バイアスが軽減し、降水頻度が増加した



MSM、LFMといった領域モデルでは、予報領域の外縁部で、より分解能の低いモデル(親モデル)と接続して、領域外の情報を取り入れる必要がある。

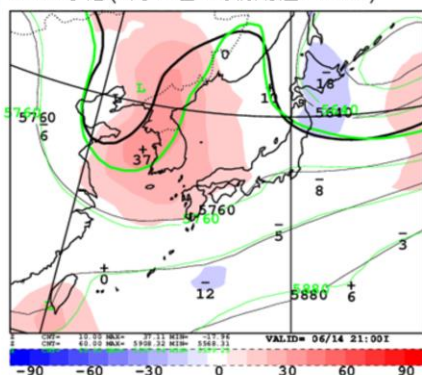
その取り入れ方は、境界面(側面および上部)において、運動量、熱、水蒸気の流入・流出を計算し、親モデルと接続する領域(緩和領域又は側面境界)で親モデルの値に近づける強制力を与える方法をとっている(原 2016)。

そのため、予報時間が長くなるにつれて、側面境界の内部に運動量、熱、水蒸気が移流することによりMSMやLFMの予報値に影響を与えるとともに、解析予報サイクルを通じて解析値にも影響を与える。この効果は、以下のように現われる場合がある。

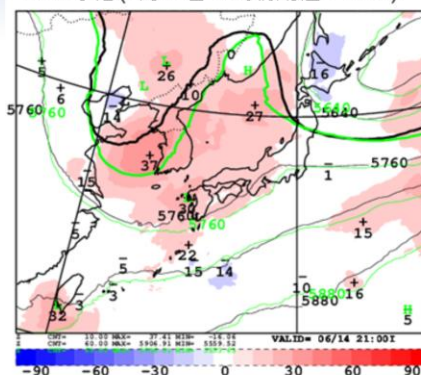
1. GSMの予測に初期値変わり等の不確実性がある場合、MSMの予報後半の総観場の予測にも不確実性が生じる場合がある
2. 親モデルの特性が変われば、その予報値を境界値として用いるモデルの予測特性にも影響を及ぼしうる。2016年のGSM更新による乾燥バイアスの軽減に伴って、MSMの解析値・予報値の乾燥バイアスが軽減し、降水頻度が増加した例があげられる

親モデルとの誤差の類似の例

GSM予想(6月13日9時初期値 FT=36)



MSM予想(6月13日12時初期値 FT=33)



500hPaジオポテンシャル高度 2018年6月14日21時の予想

黒線: 予測値、緑線: 解析値 塗りつぶしは予測値と解析値の差

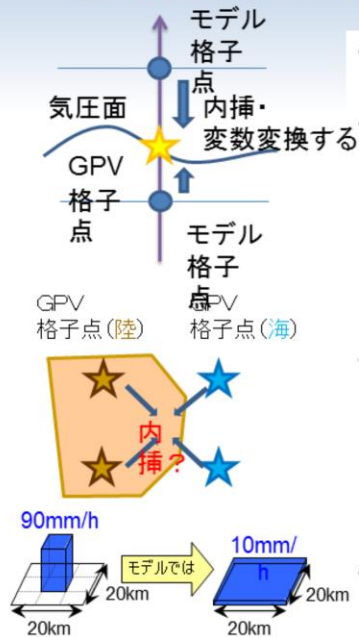
MSMの予報後半の中国東北区の上空のトラフの進行が遅く、浅いなどの総観規模の誤差は、境界値であるGSMの誤差に似ている。

一般に、予測時間の先ほど、より上層ほどその影響は強くなる傾向。

親モデルとの誤差の類似例として、2018年6月13日9時初期値のGSM36時間予測(左図)と、それを境界条件として用いている13日12時初期値のMSMの33時間予測(右図)のそれぞれ500hPaジオポテンシャル高度の対初期値誤差を示している。誤差の分布がGSMとMSMで類似していることが分かる。また、MSMの予報後半の中国東北区の上空のトラフの進行が遅く、浅いなどの総観規模の誤差は、境界値を与えるGSMの誤差に似ている。

一般に、予測時間の先ほど、より上層ほど領域モデルは、親モデルの影響を強く受ける傾向がある。

格子点プロダクト(GPV)の利用にあたっての注意点



- 数値予報プロダクトは格子点形式(GPV)でも提供している
- 格子点値(GPV)は、モデルそのものの値ではない
 - 数値予報モデルの格子系から等緯度軽度格子に水平内挿されたり、気圧面に鉛直内挿されることにより平滑化される
 - 地表面の風や気温は、モデル大気下層の値から仮定を置いて算出したもの
 - 標高が高く、気圧面が地面より低くなる場合も、便宜上仮定をおいてデータを出力している
- GPVから任意の位置の値を求めたい場合、周囲の海陸分布やその他の性質に注意して、適当な手法を利用する
 - 対象地点に最も近い格子点の値を用いる
 - 対象地点の周囲の格子点の値を内挿する
 - 特性の異なる格子点を除いた周囲の格子点の値を内挿する
- モデルの値自体がその格子のカバーする領域の平均値。実際の場所の値との間には変動幅がある

プロダクトとしての数値予報出力の格子点値(GPV)は、利便性を考えて数値予報モデルの格子から等緯度経度格子に変換した特定の気圧面データが広く提供されている。この格子系の変換は内挿処理によるが、内挿処理は平滑化の効果을伴うために、数値予報モデルと同程度の分解能を有するGPVであっても空間変動の表現が変わりうることに注意する必要がある。また、GPVはその格子をカバーする領域の平均値であるが、格子内のある場所の実際の値には分解能や要素の性質に応じた変動幅があることにも注意する必要がある。

その他、地上における気温や風などの物理量は、数値予報モデルで直接計算された値ではなく、モデル大気下層の値から気温減率を仮定したり、接地境界層における安定度を考慮して、モデル地形の地表に対して算出されている。また、モデル地形の標高が高い場合、その等圧面が地表面よりも低くなることもある。その場合でも物理量の値は算出され、その等圧面での値は大気下層の物理量から便宜上算出したものである。下層データを利用する際は、利用しようとしている気圧面の気圧をモデル地形の地上気圧と比較して、地上気圧以下であれば使わないといった利用方法が考えられる。

GPVの利用の際に格子点と一致しない任意の位置の値を求めたい場合、周囲の海陸分布やその他の性質に注意して、以下のような適当な手法を利用する必要がある。

1. 対象地点に最も近い格子点の値を用いる
2. 対象地点の周囲の格子点の値を内挿する
3. 特性の異なる格子点を除いた周囲の格子点の値を内挿する

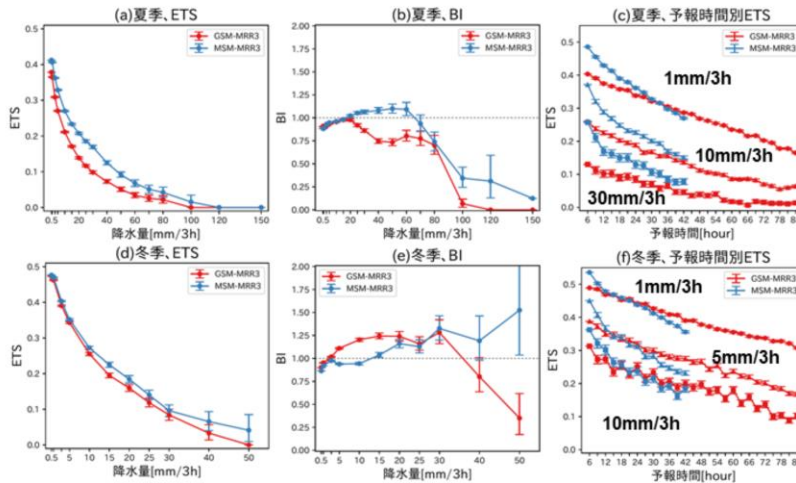
ガイダンスの留意点

全般的なガイダンスの留意点は、1.6節で述べているので参照願いたい。
本項では、各ガイダンスの留意点を述べるが、詳細は数値予報課報告・別冊第64号4章の各節をご覧いただきたい。

降水ガイダンス利用上の留意点

MRR3は雨量の多いところや、夏の予報時間初めでMSMガイダンスの方がGSMガイダンスよりも精度が良い。ただし、(特に冬で)1, 5mm/3hでは予報時間後半でGSMガイダンスの方が精度が良いことに注意

青: MSMガイダンス、赤: GSMガイダンス



3時間平均降水量ガイダンス(MRR3)は、統計検証結果から降水量の多い閾値(大雨)ほど、夏季の予報時間初めでMSMガイダンスの方がGSMガイダンスよりも精度が良い。ただし、特に冬季の1,5mm/3hでは予報時間後半でGSMガイダンスの方が精度が良いことに注意が必要である。

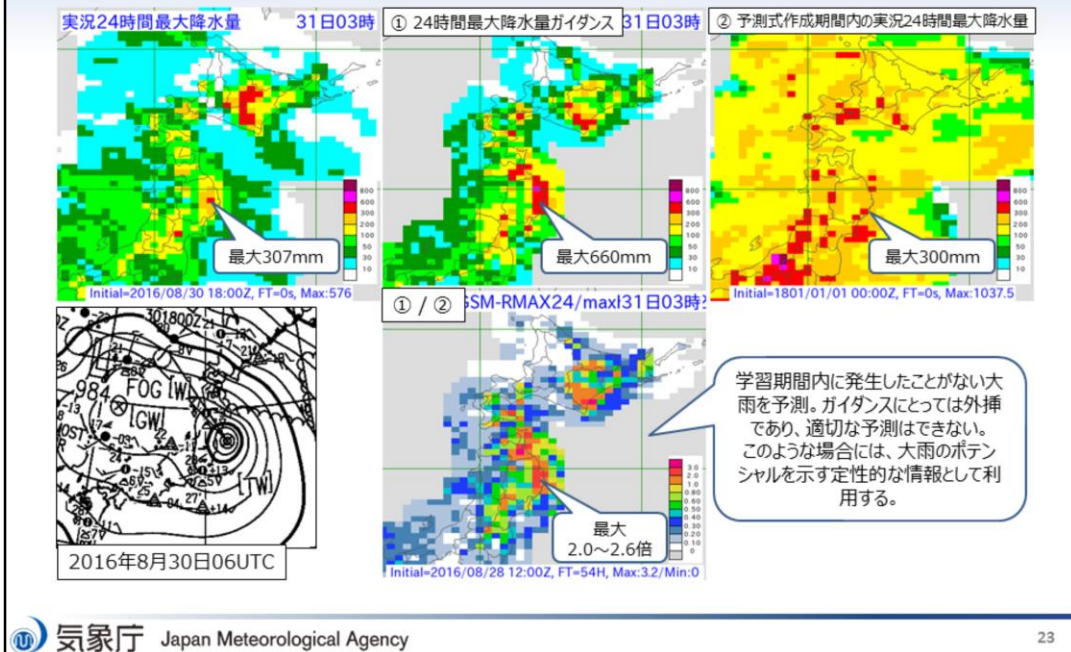
1時間最大降水量ガイダンス(RMAX31)や3時間最大降水量ガイダンス(RMAX33)についても同様に、夏季はGSMガイダンスよりもMSMガイダンスの方が精度が高い。ただし、夏季の短時間強雨で一律にMSMガイダンスの方が良いわけではなく、気象場によってその傾向が異なる点に留意する必要がある。

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注意する必要がある。

図は、例として、上段は夏季(2016年6月~8月)、下段は冬季(2016年12月~2017年2月)のMRR3のGSMとMSMの比較検証結果を示したものである。左からエクイタブルスコア(ETS)、バイアススコア(BI)、予報時間別ETSである。

降水ガイダンス利用上の留意点

RMAX24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時間最大降水量示している。下図は左から2016年8月30日15時(06UTC)の地上天気図、①/②の比を示している。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月に九州に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た。そのため、改めて確認した結果、台風に関する利用上の注意点について、以下のとおり追記する。各種降水ガイダンスすべてに共通する。

●GSMガイダンス

常時、モデル予測雨量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、モデル(GSM)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。

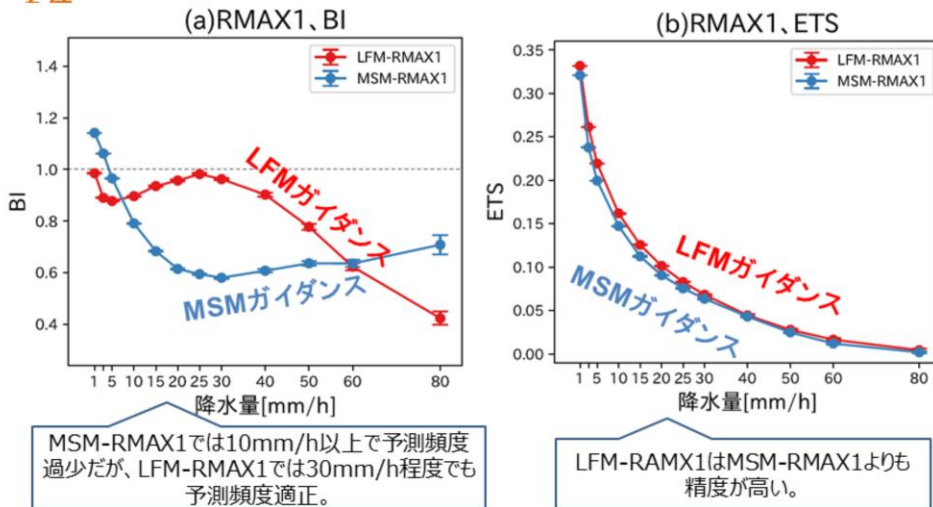
●MSMガイダンス

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モデルやメソアンサンブル予報システムの降水量予測の利用を検討していただきたい。

降水ガイダンス利用上の留意点

～LFMおよびMSMの各最大降水量ガイダンスとの比較から～

検証期間：2017年1年間、初期時刻：00, 03, …, 21 UTC、LFMはFT=1～9、MSMはFT=4～12、全国平均の検証結果、**MSM-RMAX1はRMAX33から換算し**



LFM 降水量ガイダンスは、毎時更新されるLFMの精緻な降水量予測を活かしつつ、LFMの既知の課題である降水の集中や過剰な予測を緩和したガイダンスである。特徴の1つとして、夏季の不安定性降水に対して既存のMSM ガイダンスを上回る予測精度を持っている点が挙げられる。また、年間を通じて既存のMSMガイダンスを上回る予測精度を持っている。なお、LAF に用いる初期時刻数が予報時間によって異なるため、特にFT=7 以降は予測頻度特性やLFM からの改善度合いに違いがある点に留意が必要である(白山 2018)。

図は1時間最大降水量ガイダンス(RMAX1)について、MSM3時間最大降水量ガイダンスから1時間最大降水量ガイダンスに換算したものと比較した結果を示す。検証期間は2017年1年間とした全国平均の結果である。

左図は降水量を閾値別に示したバイアススコア(BI)、右図はエクイタブルスレットスコア(ETS)である。左図からMSMのRMAX1では10mm/h以上で予測頻度過少であるが、LFMのRMAX1では30mm/h程度でも予測頻度が適正である。

右図からLFMのRAMX1はMSMのRMAX1に比べて精度が高いことが分かる。

なお、LFMとMSMで検証に用いる予報時間が異なるのは、実際の予報作業で利用できるようになる時間を考慮した比較としたためである。

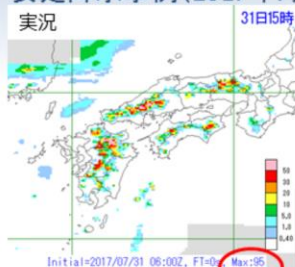
また、台風や総観規模擾乱による降水に対しては、LFMとMSM の予測に大きな違いが見られないのと同様に、ガイダンス間にもその予測や精度に大きな差はない。

降水ガイダンス利用上の留意点

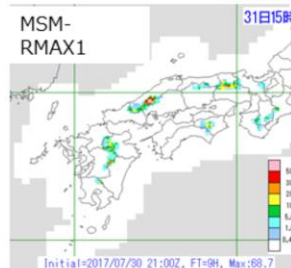
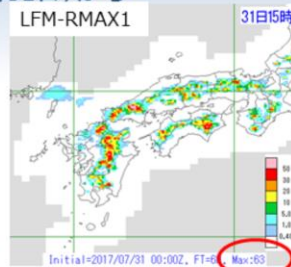
～夏季の不安定降水事例(2017年7月31日)から～



31日(月)内陸で局地的大雨
 沖縄～東日本は晴れて厳しい暑さ。沖縄・鹿児島で最高気温が史上1位、7月1位の所も。午後、西日本内陸中心に局地的な雷雨、愛媛県獅子越峠で史上1位101mm/1hの猛烈な雨。



西日本には目立った擾乱はない。日本の南海上には台風(T1705)



- 左上：実況1時間最大降水量 (7/31 06UTC)
- 右上：LFM-RMAX1 (7/31 00UTC初期値 FT=6)
- 右下：MSM-RMAX1 (7/30 21UTC初期値 FT=9)

MSMガイダンスは強い降水の領域が狭い
 夏季はLFM降水量ガイダンスの積極的活用を！

夏季の不安定降水の予測について、LFMガイダンスの方がMSMガイダンスより改善しているため、不安定性の降水が予想される気象場ではLFMガイダンスの積極的な利用を推奨する。

図は7月31日15時の西日本とその周辺には目立った擾乱がない中で晴れて気温が上がった午後に広範囲で雷雨となった事例で、MSM最大1時間降水量ガイダンス(RMAX1)では強い降水の領域が狭いが、LFMのRMAX1では実況にかなり近い形で降水量が予測できていることが分かる。

気温ガイダンスの利用上の留意点

- 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

気象庁 Japan Meteorological Agency 冷気層の有無はランダム誤差であり、ガイダンスで

26

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していただきたい。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ことに留意する必要がある。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いが、それでも精度が低下することも
 - 2019年度末にMSMの改良により、全般にETS改善。無降水時のバイアスコア(BI)がやや過大に変わる点に留意が必要

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ことに注意する必要がある。なお、2019年度末にMSMの改良があり、全般に予測精度が改善した。無降水時のBIがやや過大傾向となった。この点に留意する必要がある。

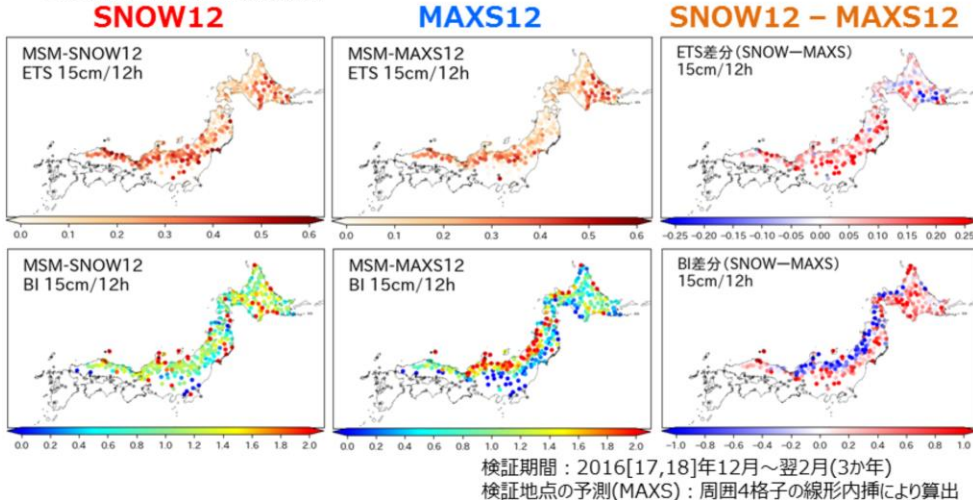
海上予警報に利用する場合は精度が高いMSM視程ガイダンス(格子形式)を主に利用し、MSM視程ガイダンス(格子形式)の予報領域外についてはGSM視程ガイダンス(格子形式)を利用するのが良い。ただし、GSM視程分布予想は実況に比べて広めに予測する傾向があることに注意が必要である。

※平成30年度数値予報研修テキスト以前や数値予報課報告・別冊第64号では、「視程ガイダンス(格子形式)」については、「視程分布予想」と表現していることに留意する必要がある。

降雪ガイダンスの特性と利用上の留意事項

MSMガイダンスの地点別特性(15cm/12hに対するETSとBI)

- 全国的に暖色系の地点が多く分布しており、SNOWの方が予測精度が高い(GSMガイダンスも同様の傾向)。→ MAXSでベースとなる面的な傾向を予測し、SNOWで量的修正を行うと効果的



降雪量地点ガイダンス(SNOW)および降雪量ガイダンス(MAXS)は、統計検証でGSMガイダンスとMSMガイダンスの間で予測精度には大きな差がない。SNOWとMAXS相互に比較した統計検証では、SNOWの方が予測精度が高い。一方で、24時間降雪量では、SNOW、MAXSともに予測頻度が過大である。これは、ガイダンスが新積雪の沈降を考慮していないことが原因である。防災上の観点では降った雪の総量が重要であることから、今後も考慮する予定はない。

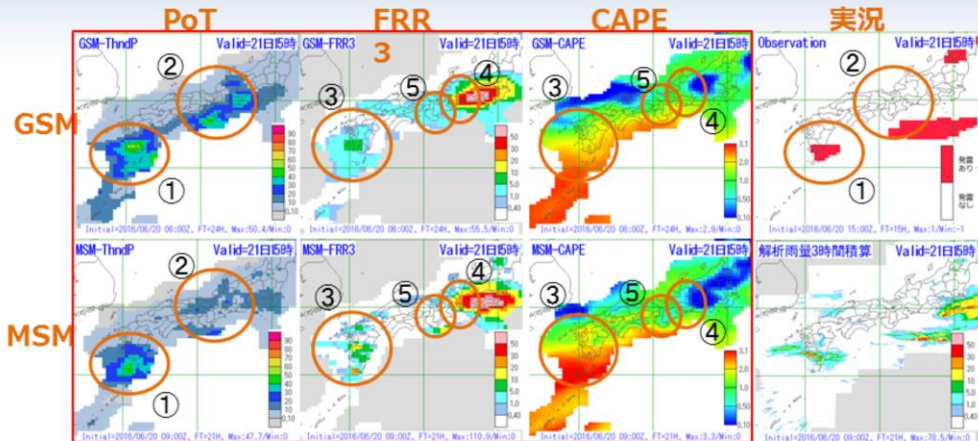
面的な予測はMAXSベースで予測し、SNOWで量的修正を行うのが有効であると考えられる。ただし、事例検証などの結果からモデルの降水や気温の予測精度が降雪量予測に影響するため、実況を踏まえてより適切な降水・気温の予測を行っているモデルを選択した上で、降雪ガイダンスを利用していただきたい。

図は例として2016年～2018年の12月～翌年2月までを検証期間とするMSMガイダンスの地点別特性(15cm/12時間に対するエクイタブルスレットスコア(ETS)とバイアスコア(BI))を示している。SNOWの方がMAXSに比べて予測精度が高いことが分かる。

発雷確率ガイダンス (PoT) の一般的な予測特性と留意事項

～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、大気不安定度が低い場合に高確率となる。



- ①九州南部の発雷は両ガイダンスとも予測できている ②東海地方や紀伊半島ではGSM-PoTが高めの予測
 ③九州南部では、両モデルとも降水を予測しており、かつ、大気不安定度も低いため、両ガイダンスとも高めのPoTを予測
 ④東海地方では、両モデルとも降水を予測、大気不安定度はGSMの方が低いため、GSM-PoTが高めの予測
 ⑤紀伊半島では、MSMはGSMに比べて大気不安定度が高く、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不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 (MEPS) システム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ので、こちらも利用いただきたい。

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

- 作成手法
 - モデル降水量、CAPEやSSIといった安定度などを説明変数としてロジスティック回帰
- 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。ただし高確率の予測頻度が過小であることに留意
- 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。季節別では、春季～秋季はMSMのPoTの方が高く、冬季はGSMのPoTの方が高い。ただし、MSM-PoTは予測頻度が過小の傾向があるため、低めの確率値となることに注意して利用する必要がある。特に、春から秋の北海道～東北北部ではこの傾向が強いことから注意する必要がある。

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。

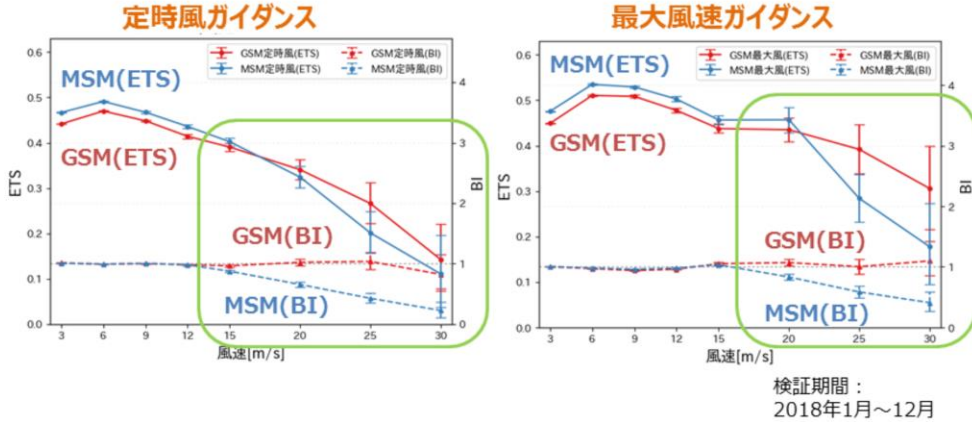
PoTは予測手法に統計手法を用いているため、希少事例、季節外れの事例(春先の寒気南下時)については予測が難しいことに留意願いたい。

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

頻度バイアス補正の閾値の上限値である13m/s（定時風ガイダンス）、15m/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。



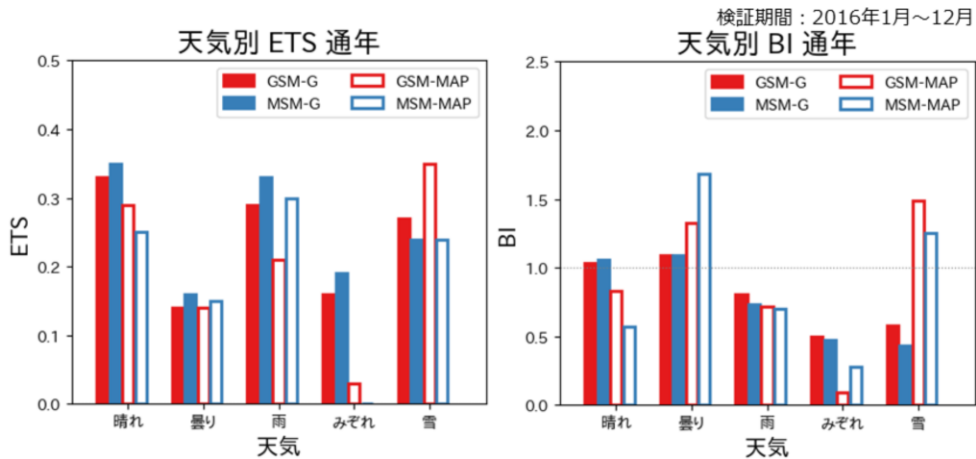
風ガイダンスは、MSMガイダンスの方がGSMガイダンスに比べて、精度が良い。ただし、頻度バイアス補正の閾値の影響を受けやすいという特徴がある。頻度バイアス補正を用いている定時風ガイダンスは閾値の上限値である13m/s、最大風速ガイダンスは15m/sまでは適切な予測頻度を保っているが、その上限値を超えるような強風は、適切に補正できない場合があり、過大又は過少となる可能性がある。MSMの定時風ガイダンスの場合はこの影響により結果的に過少となっている。そのような場合は、GSMガイダンスも参考にした方が良い。

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。

図は検証期間を2018年1月～12月とする定時風ガイダンス(左図)と最大風速ガイダンス(右図)の風速の閾値別のGSMとMSMのエクイタブルスレットスコア(ETS)とバイアススコア(BI)を示している。

天気ガイダンス (vs お天気マップ)

天気ガイダンス(塗りつぶしあり)の方がお天気マップ(塗りつぶしなし)よりも精度が良い(雪以外。天気ガイダンスでは、降水の有無を天気予報にあわせているため(1.0mm/3h以上の雨・0.5mm/3h以上の雪)。)



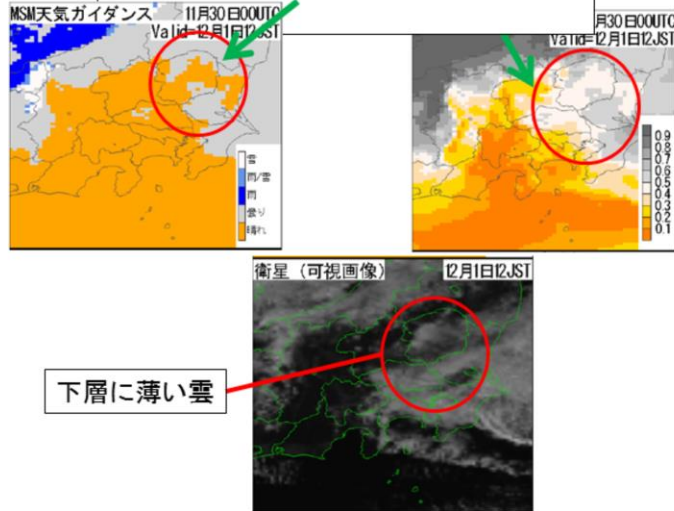
お天気マップでは数値予報モデルの出力値を直接的に利用するのに対し、天気ガイダンスでは数値予報モデルのバイアスが補正された日照率、降水量および降水種別ガイダンスを利用して天気を判別しているという違いがある。図は、検証期間を2016年1月～12月とするGSMとMSMの天気ガイダンスとお天気マップを比較したものである。この統計検証の結果から、天気ガイダンスの方が、お天気マップと比べて予測精度が高いことから、基本的には天気ガイダンスの利用を推奨する。

ただし、雪の場合は、お天気マップは降水の有無の閾値を観測に合わせて決めているが、天気ガイダンスでは天気予報の降水の付加基準(雨は1mm/3時間、雪は0.5mm/3時間)を閾値にしているため、弱い雪を含む雪域をお天気マップに比べて狭く予測する可能性がある。そのため、天気ガイダンスの方がお天気マップに比べて予測精度が低下している可能性がある。弱い雪を予測する際には、お天気マップ、3時間降雪量ガイダンスを参考にいただきたい。

日照率ガイダンス

日照率ガイダンスは天気ガイダンスの晴曇判別として用いられている。日照率50%が晴れ曇り判別の閾値で、天気ガイダンスの晴曇の分布を見るときに参考として利用できる

天気ガイダンスは「晴れ」だが日照率は



日照率ガイダンスでは、曇天率(0%の方が晴天、100%の方が曇天)を算出し、天気ガイダンスの晴曇判別(日照率50%を閾値とする)として用いられている。

下層の薄い雲に対しては、日照率ガイダンスの予測が晴曇の閾値となる50%に満たない場合がある。このような状況が予測される場合は、日照率ガイダンスで50%に近い領域を参考にすることで、天気ガイダンスの予測を修正できることがある。

図の例は、2017年12月1日12時のMSMの天気ガイダンス、日照率ガイダンス、衛星可視画像を示している。赤丸印の範囲内にある宇都宮の日照時間は0.3時間で、12時の観測はないが、9時および15時の観測では曇となっていることから晴れを曇へ修正できる可能性がある。

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
- 時系列ガイダンスは、GSMガイダンスとMSMガイダンスは概ね同等程度である。予報シナリオに沿った方を利用

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。

時系列湿度ガイダンスは、夏期間で概ね GSM ガイダンスより MSM ガイダンスの方が精度が高い。GSM・MSMガイダンス共に、夏に比べて冬に精度が低い傾向がある。その要因は放射冷却、時雨等の断続的な降水および関東の乾燥の予測が難しいことである。日平均湿度・実効湿度の予測についても、一年を通して GSM ガイダンスより MSM ガイダンスの方が精度が高い。

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)について
 - すべてのガイダンスに共通で、摂動ランは、摂動を与えない1メンバー(CNTL: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CNTL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ため、利用は推奨しない

詳しくは、令和元年度数値予報研修テキスト第2章を参照願います。

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
 - 降水および降雪の超過確率は、摂動ランでの予測で、ばらつきが大きい事例では、対象とする閾値での超過確率はかなり低い値となってしまうため、広がりアンサンブル最大を参考に、超過確率の最大値よりも低い閾値の確率分布を利用することを推奨する

詳しくは、令和元年度数値予報研修テキスト第2章を参照願います。

参考文献

- 石川宜広, 2018: ガイダンス利用上の留意点. 平成30年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 124-125.
- 石田純一, 山田和孝, 2018: 数値予報プロダクトの利用. 平成30年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 118-123.
- 氏家将志, 2020: 豪雨防災に貢献するための高解像度領域モデルの課題. 数値予報課報告・別冊第66号, 気象庁予報部, 8-13.
- 白山洋平, 2018: LFM降水量ガイダンスの開発. 平成30年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 22-31.
- 高田伸一, 2018: ガイダンスの数値予報の誤差の補正. 数値予報課報告・別冊第64号, 気象庁予報部, 4-7.
- 原旅人, 2013: MSMとGSMの降水予想の表現の違いとその要因. 平成25年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 102.
- 原旅人, 2015: モデル予測の低気圧の発達をめぐって. 平成27年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 87-98.
- 原旅人, 2016: M-数値予報システムの特性の変化. 平成28年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 30-35.
- 原旅人, 倉橋永, 2017: 降水予測に着目した新旧MSMの事例比較. 平成29年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 52-55.
- 藤田司, 2012: 数値予報プロダクトの利用. 平成24年度数値予報研修テキスト, 気象庁予報部, 54-60.

参考文献

- Yu, L., X. Jin, and R. A. Weller, 2008: Multidecade Global Flux Datasets from the Objectively Analyzed Air-sea Fluxes (OAFlux) Project: Latent and Sensible Heat Fluxes, Ocean Evaporation, and Related Surface Meteorological Variables. Technical Report OA-2008-01, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, MA.