



## 第3章 事例解析編

### 3.3 令和3年8月の豪雨事例の数値予報の結果

※以下のスライドの説明では、FTは予報時間(例:FT=6は6時間予報)、「～時」は日本時間、図中の「UTC」は協定世界時(例:00UTCは9時)を表す。

本節では、第3.3.1項で令和3年8月の豪雨事例の降水量が際立って多くなった12日～14日の内、線状降水帯が発生した時間帯を対象として、全球(GSM)、メソ(MSM)、局地(LFM)、メソアンサンブル(MEPS)数値予報システムにおけるモデルおよびガイダンスの予測結果やGSM、MSMとLFMの可降水量の予測と解析値の比較について示す(第3.3.2項～第3.3.4項)。さらに、線状降水帯に関係するメソ低気圧の予測(第3.3.5項)、環境場(第3.3.6項)、まとめと今後の予測精度改善へ向けての取り組み(第3.3.7項)について示す。



## 第3章 事例解析編

### 3.3.1 はじめに

2021年8月10日夜に停滞前線が中国大陸から九州南部にかけ顕在化し、その後、12日にはその前線が北上し、対馬海峡から山陰、関東の南岸に達した。13日から14日は、その前線はやや南下し、九州北部から瀬戸内海、関東の南岸に停滞した。14日9時に停滞前線上の東シナ海に低気圧が発生し、14日夜に九州、15日日中に東海から関東沿岸部を通過し、15日夕方に関東の南東海上へ移動し、停滞前線は九州南部から伊豆諸島まで南下した。この前線に向かって暖かく湿った空気が流れ込んだため、大気の状態が不安定となった。

12日から13日未明は九州北部、13日は広島県、14日は再び九州北部、広島県を中心に大雨となった。それに伴い、以下の情報や大雨特別警報が発表された。

12日13時59分に福岡県・熊本県に線状降水帯に言及した顕著な大雨に関する全般気象情報

13日7時に熊本県で記録の短時間大雨情報（八代市東陽町付近で120mm以上、八代市付近で約120mm）

13日8時45分に広島県に大雨特別警報

13日9時19分には広島県に線状降水帯に言及した顕著な大雨に関する全般気象情報

14日2時15分に佐賀県・長崎県に大雨特別警報（15日6時10分まで継続）

14日2時21分に佐賀県・長崎県に線状降水帯に言及した顕著な大雨に関する全般気象情報

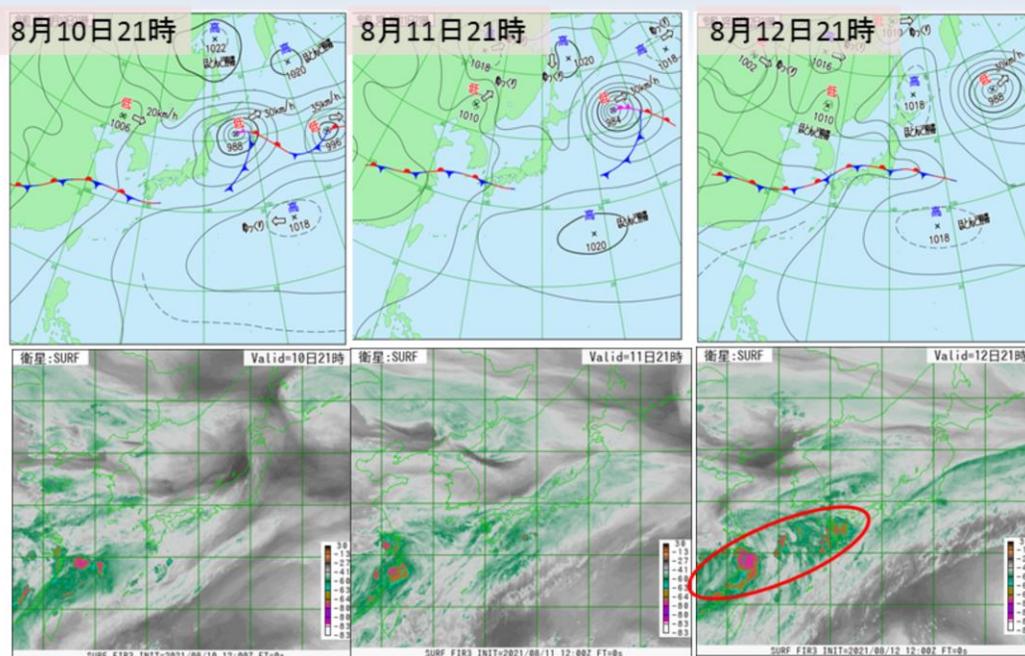
14日5時50分に福岡県に大雨特別警報（15日6時10分まで継続）

14日5時59分に佐賀県・長崎県に線状降水帯に言及した顕著な大雨に関する全般気象情報

14日12時41分に広島県に大雨特別警報（15日6時10分まで継続）

なお、詳しい観測記録については、8月11日から19日の前線による大雨の状況について～『災害をもたらした気象事例』に資料を掲載しました～（気象庁 2021）を参照いただきたい。

# 地上天気図・衛星水蒸気画像 (2021年8月10日21時～8月12日21時)

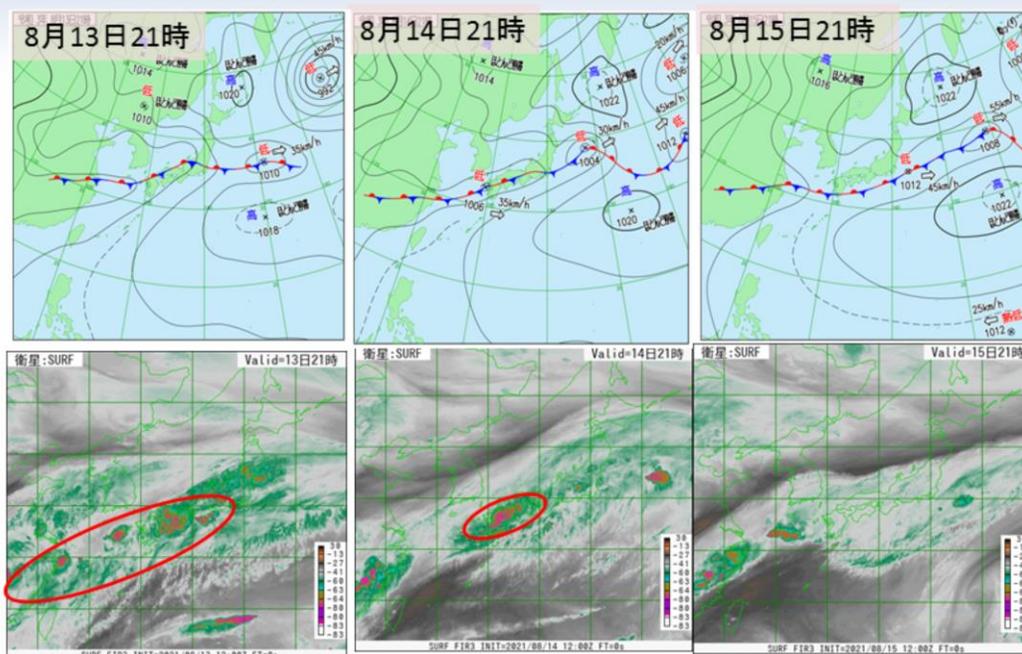


図は2021年8月10日21時から12日21時にかけての地上天気図(上段)、気象衛星ひまわりによる水蒸気画像(下段)を示す。

停滞前線が華中から東シナ海から九州の南まで達していて、12日にかけて日本海沿岸まで北上し、日本の東まで延びた。

前線南側の対流雲域が12日頃から大陸東岸や東シナ海で発生したものが、盛衰を繰り返しながら、次々に西日本へ移動した。

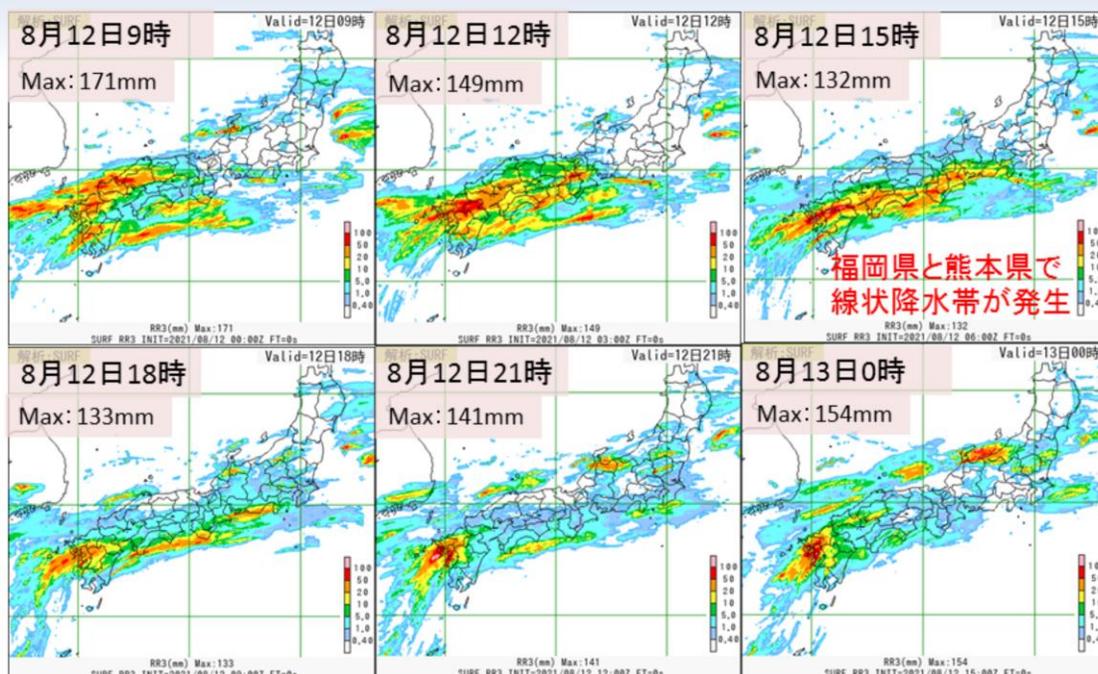
# 地上天気図・衛星水蒸気画像 (2021年8月13日21時～8月15日21時)



図は前頁に同じ。期間は、2021年8月13日21時から15日21時までである。

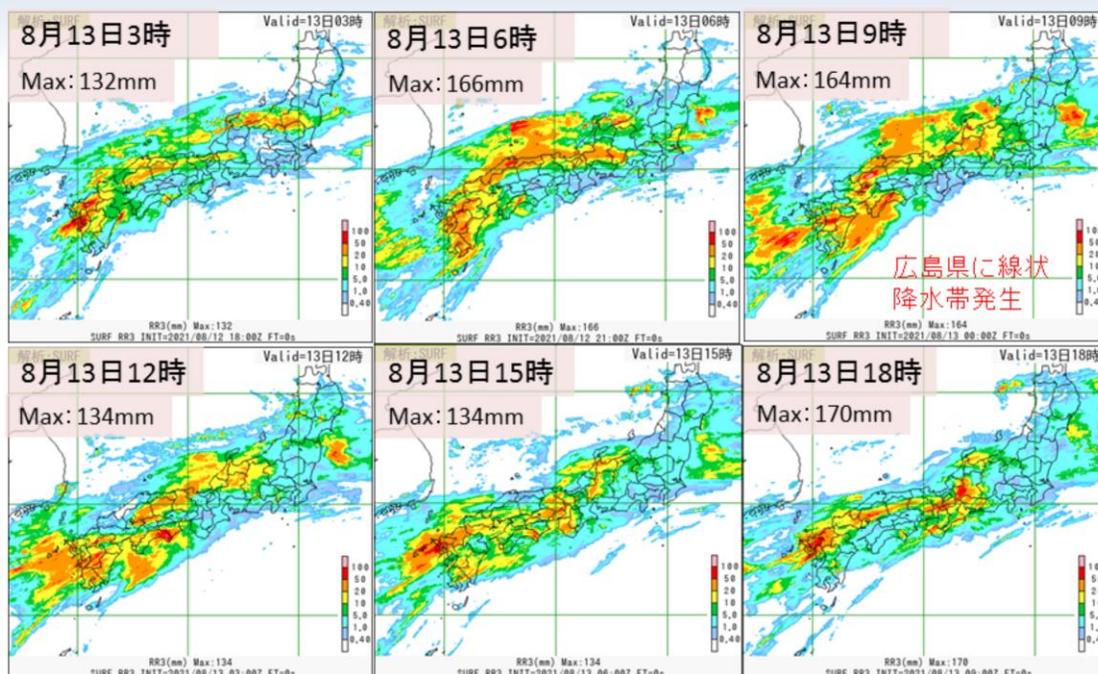
対流雲域の西日本への移動は、14日に東シナ海で発生した低気圧が本州上を通過するまで継続し、その後、前線は本州の南海上に南下した。

# 3時間解析雨量時系列 (2021年8月12日9時～13日0時:単位mm)



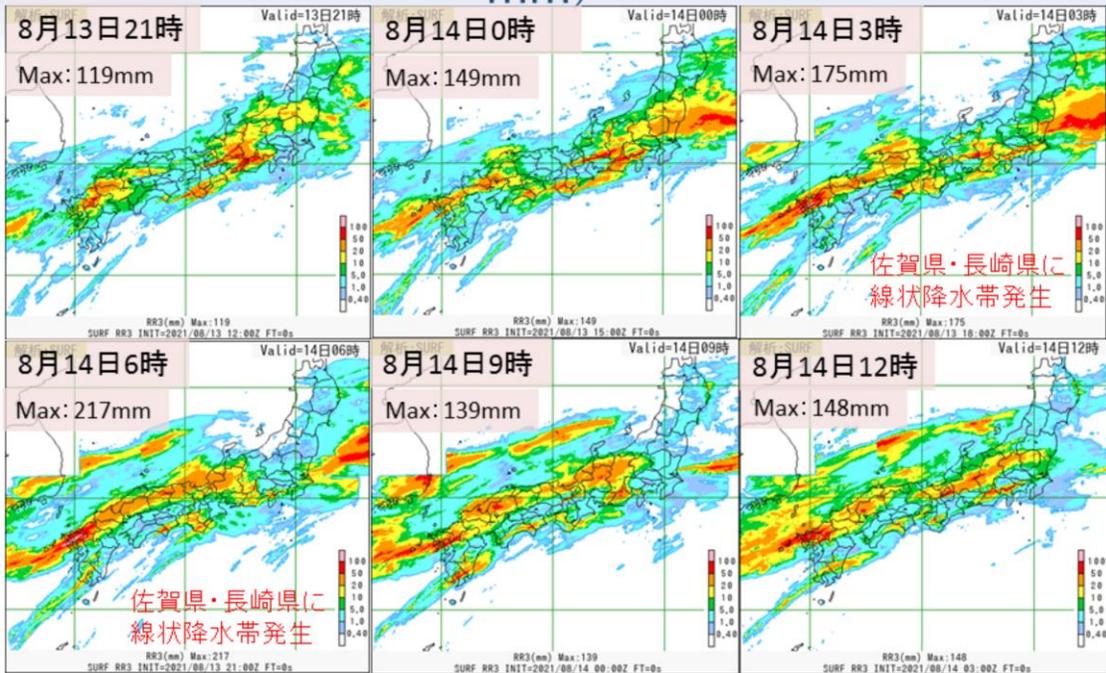
図は2021年8月12日9時から13日0時にかけての3時間解析雨量時系列を示す。この期間では、12日15時に福岡県と熊本県で線状降水帯が発生した。

# 3時間解析雨量時系列 (2021年8月13日3時～13日18時：単位mm)

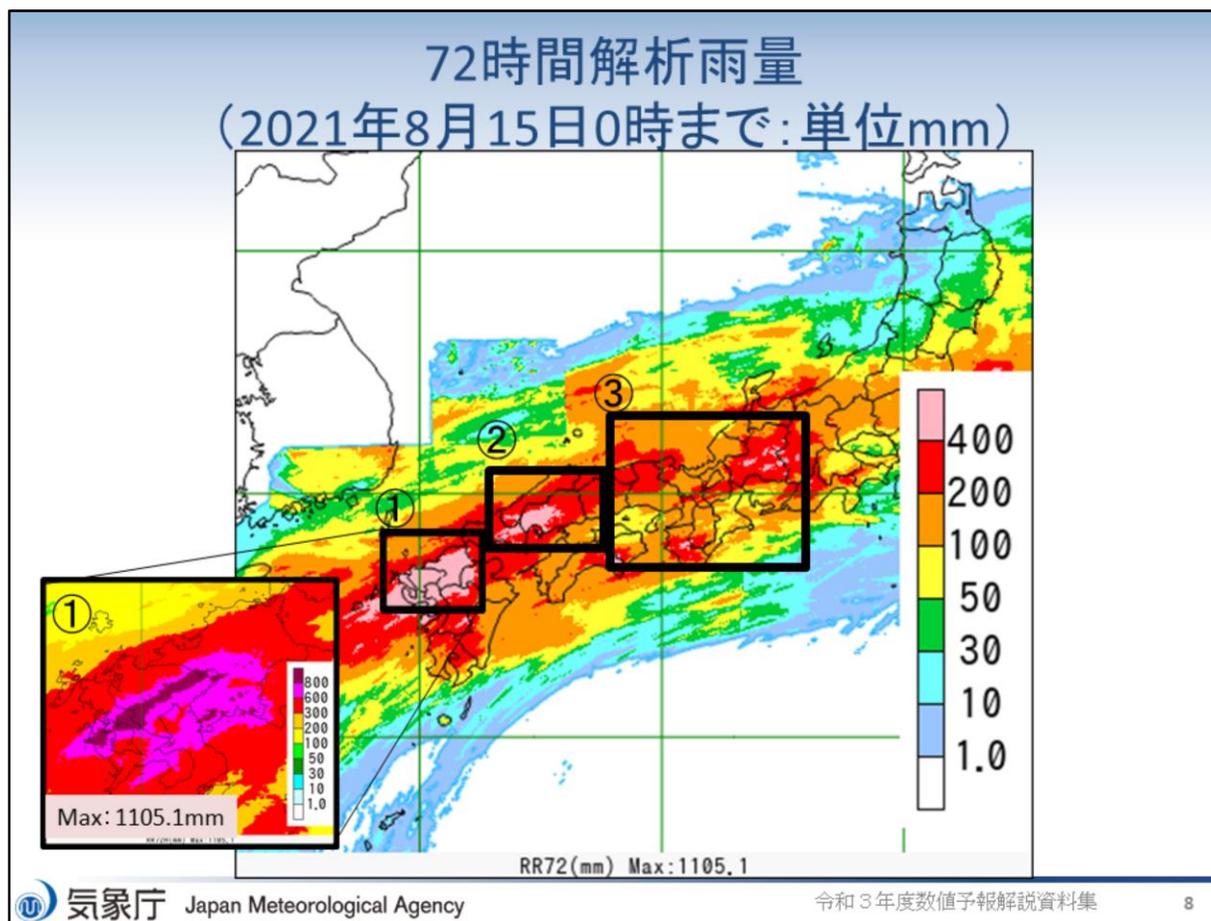


図は2021年8月13日3時から13日18時にかけての3時間解析雨量時系列を示す。この期間では、13日9時に広島県で線状降水帯が発生した。

# 3時間解析雨量時系列 (2021年8月13日21時～14日12時：単位 mm)



図は2021年8月13日21時から14日12時にかけての3時間解析雨量時系列を示す。この期間では、14日3時と6時に佐賀県と長崎県に線状降水帯が発生した。



図は2021年8月15日0時までの72時間解析雨量を示す。以下、特徴的な部分について、以下に示す。

①長崎・佐賀・福岡県の降水量の多い区域では、800mmを超えた。線状降水帯が発生した地域のやや北側に対応する

(アメダス:観測史上1位)

佐賀県嬉野市嬉野 929.5mm(14日12時30分)

長崎県雲仙市雲仙岳 848.5mm(14日8時10分)

福岡県大牟田市大牟田 729.5mm(14日23時)

②広島県では、300mmを超えたところが多く、広島市内を中心に400mmを超えた

(アメダス:観測史上1位)

広島県安佐北区三入 500mm(15日0時)

広島県安芸高田市美土里 443mm(15日0時)

③岐阜県・長野県・高知県・和歌山県では、300mmを超えたところがあり、一部の地域では400mmを超えた

(アメダス:観測史上1位)

岐阜県中津川市付知 402.5mm(15日0時)

長野県南木曾 347mm(15日0時)

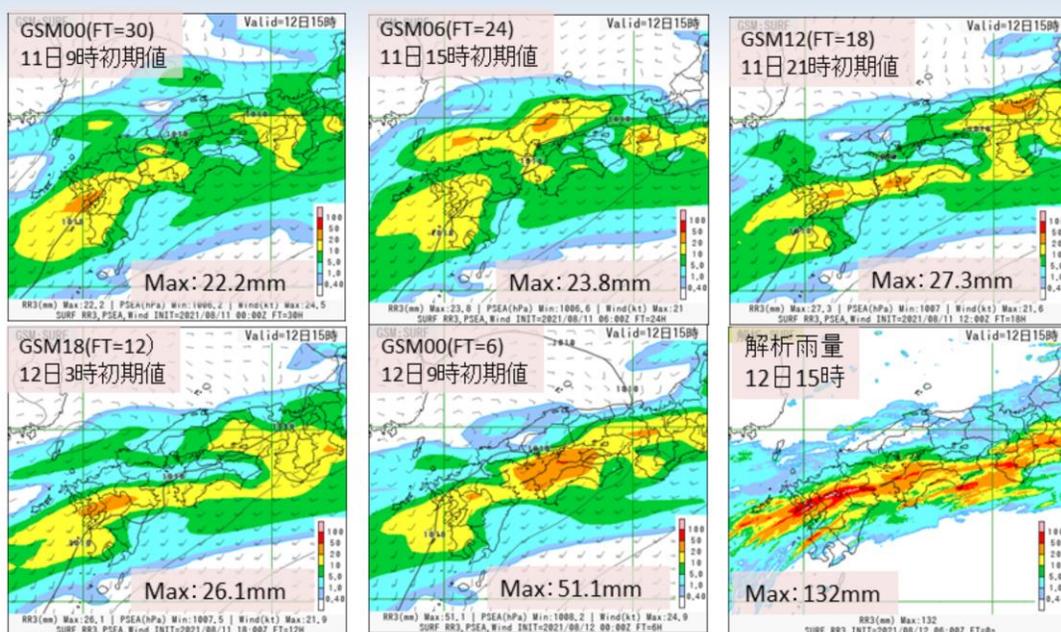


## 第3章 事例解析編

### 3.3.2 福岡・熊本県の線状降水帯発生事例 (2021年8月12日)

線状降水帯に対応する帯状の降水域が予測できていたかどうかの観点で、GSM、MSM、MEPS、LFMの各数値予報システムにおける結果を示す。

## 3時間降水量 (GSM vs 解析雨量) (2021年8月12日15時対象)



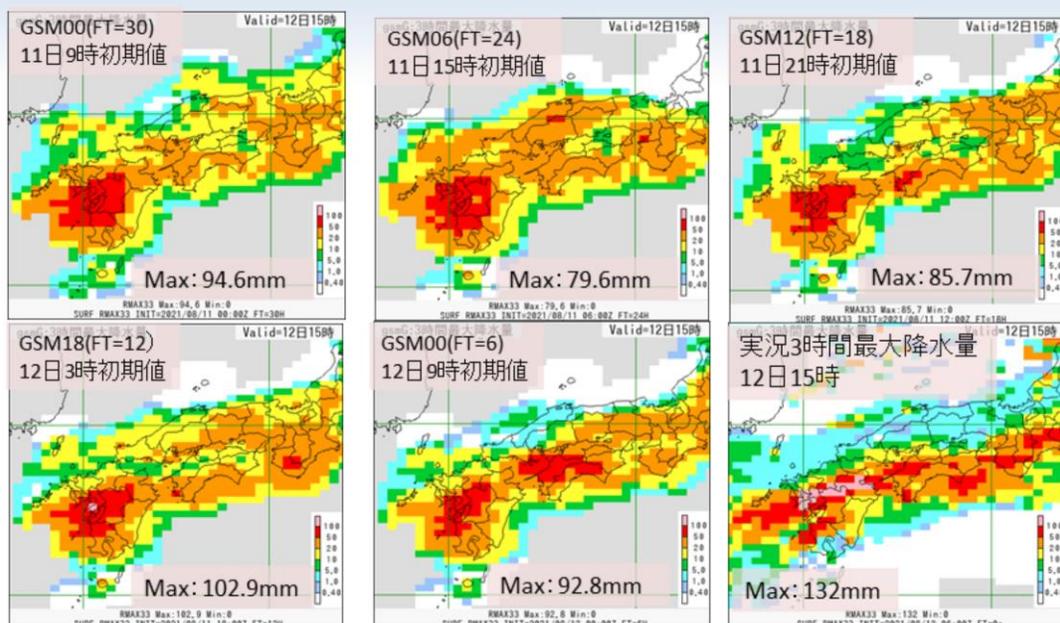
降水分布は直近になるまで、中国地方と九州から四国の2段構えの予測であったため、中国地方を中心に過大な降水量予測、九州から四国では実況に近かったが、九州の線状降水帯の予測降水量は過小であった。

GSMの3時間降水量について、2021年8月12日15時を対象とした結果を示す。

図は、上段の2021年8月11日9時初期値の30時間予報から順番に8月12日9時初期値の6時間予報までの結果を示す。また、2021年8月12日15時対象の解析雨量の結果を示す。降水量の単位はいずれもmmである。

降水分布は直近になるまで、中国地方と九州から四国の2段構えの予測であったため、中国地方を中心に過大な降水量予測、九州から四国では実況に近かったが、九州の線状降水帯の予測降水量は過小であった。

## 3時間降水量 (GSM最大降水量ガイダンス vs 実況) (2021年8月12日15時対象)

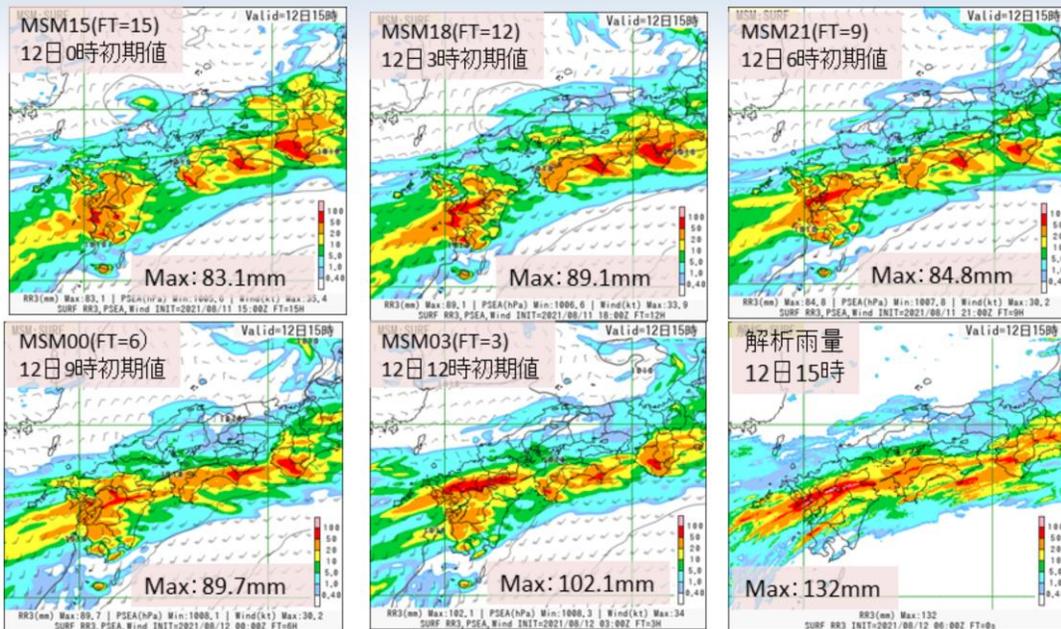


モデル予測から実況に近づける補正がなされ、九州から四国の降水量の予測は実況に近づいたが、線状降水帯とその周辺の予測は過小傾向であった。中国地方の降水については、過大な予測傾向が拡大した。

GSM3時間最大降水量ガイダンスの結果を示す。図の並びは、前頁のGSMと同様である。また、2021年8月12日15時対象の観測の20km格子3時間最大降水量の結果を示す。降水量の単位はいずれもmmである。

前頁のモデル予測から実況に近づける補正がなされ、九州から四国の降水量の予測は実況に近づいたが、線状降水帯とその周辺の予測は過小傾向であった。中国地方の降水については、過大な予測傾向が拡大した。

## 3時間降水量 (MSM vs 解析雨量) (2021年8月12日15時対象)

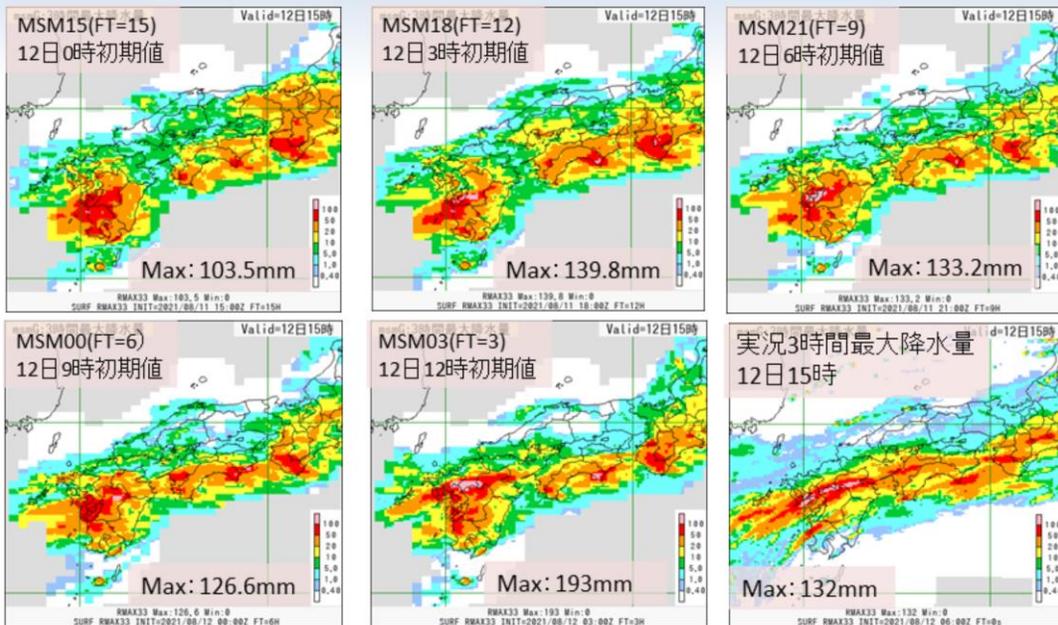


20mm以上の区域(橙色)に着目すると、概ね実況に近い形で表現できていた。九州の線状降水帯の予測は3時間前の初期値の予測では、実況に近かったが、それより前の初期値の予測では南への位置ずれが見られ、予測降水量は過小であった。

MSMの3時間降水量について、2021年8月12日15時を対象とした結果を示す。図は、上段の2021年8月12日0時初期値の15時間予報から順番に8月12日12時初期値の3時間予報までの結果を示す。また、2021年8月12日15時対象の解析雨量の結果を示す。降水量の単位はいずれもmmである。

20mm以上の区域(橙色)に着目すると、概ね実況に近い形で表現できていた。九州の線状降水帯の予測は3時間前の初期値の予測では、実況に近かったが、それより前の初期値の予測では南への位置ずれが見られ、予測降水量は過小であった。

## 3時間降水量 (MSM最大降水量ガイダンス vs 実況) (2021年8月12日15時対象)

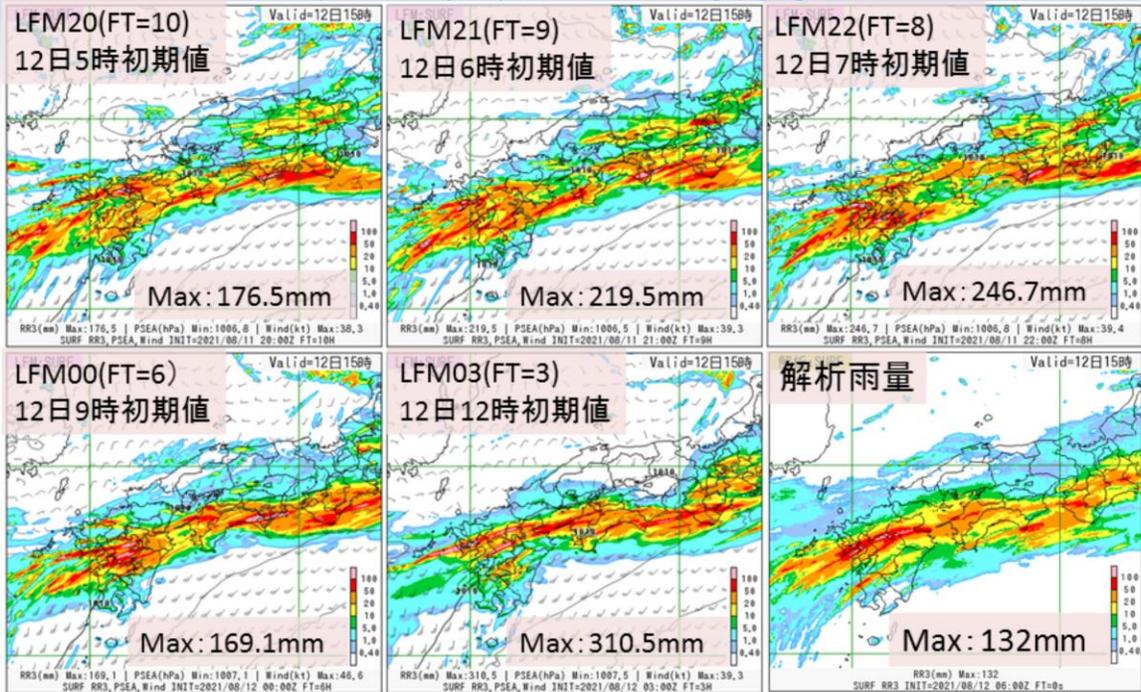


モデル予測から実況に近づける補正がなされ、実況に近い形で表現できていた。九州の線状降水帯の予測は3時間前の初期値の予測では、やや過大な傾向となってしまったが、それより前の初期値の予測では、南への位置ずれはあるものの、予測降水量は実況に近かった。

MSM3時間最大降水量ガイダンスの結果を示す。図の並びは、前頁のMSMと同様である。また、2021年8月12日15時対象の観測の5km格子3時間最大降水量の結果を示す。降水量の単位はいずれもmmである。

前頁のモデル予測から実況に近づける補正がなされ、実況に近い形で表現できていた。九州の線状降水帯の予測は3時間前の初期値の予測では、やや過大な傾向となってしまったが、それより前の初期値の予測では、南への位置ずれはあるものの、予測降水量は実況に近かった。

## 3時間降水量(LFM vs 解析雨量) (2021年8月12日15時対象)

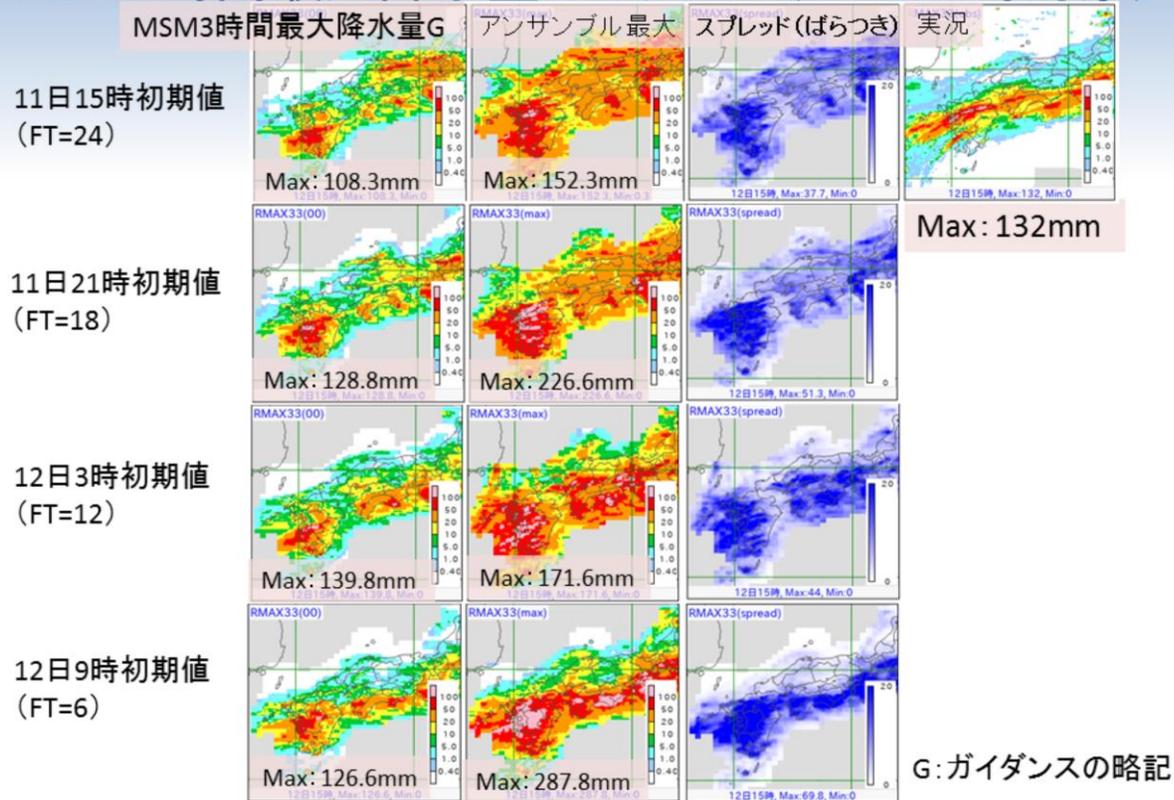


LFMの降水分布の予測は実況と良く整合していたが、予測降水量は過大となる傾向があった。

LFMの3時間降水量について、2021年8月12日15時を対象とした結果を示す。図は、上段の2021年8月12日5時初期値の10時間予報から順番に8月12日12時初期値の3時間予報までの抜粋した結果を示す。また、2021年8月12日15時対象の解析雨量の結果を示す。降水量の単位はいずれもmmである。

LFMの降水分布の予測は実況と良く整合していたが、予測降水量は過大となる傾向があった。

# MEPS3時間最大降水量ガイダンス(12日15時対象)

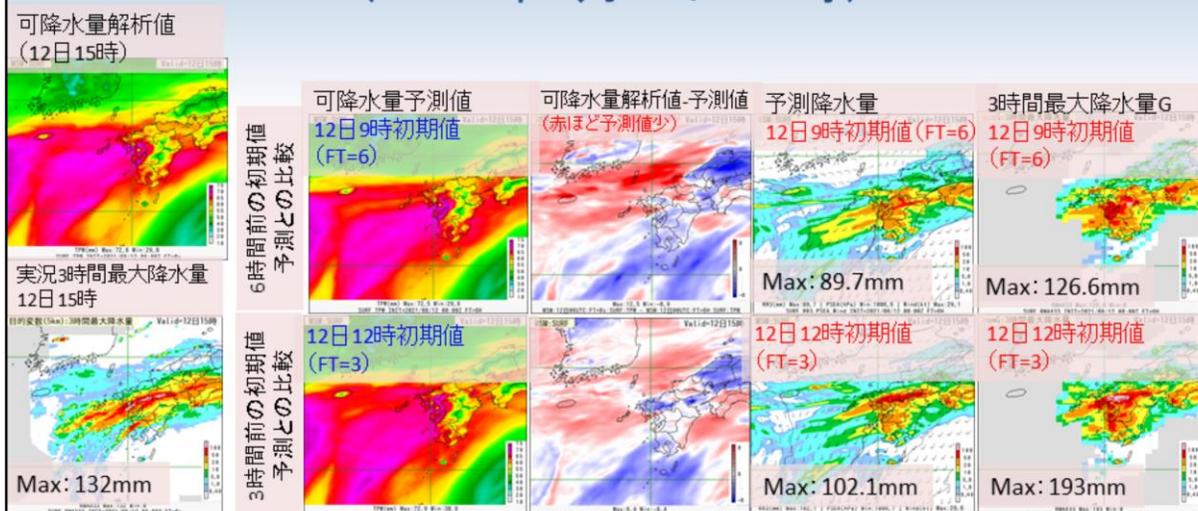


2021年8月12日15時を対象としたMEPS3時間最大降水量ガイダンスの結果を示す。右上図が2021年8月12日15時の観測の5km格子3時間最大降水量、左側からMSM3時間最大降水量ガイダンス、MEPS3時間最大降水量ガイダンスメンバー最大値、スプレッド(ばらつき)を示し、上段から下段に向かって、8月11日15時初期値24時間予報、8月11日21時初期値18時間予報、8月12日3時初期値12時間予報および8月12日3時初期値12時間予報の結果をそれぞれ示す。降水量の単位はいずれもmmである。スプレッドは、青色が濃いほどスプレッドが大きいことを示す。

以下の特徴が見られた。

- ・アンサンブル最大の予測降水量は実況の強雨域を含む降水量を十分に捕捉できていた
- ・MSMは古い初期値だと強雨域が実況と比較してやや南寄りであった
- ・メンバーによって強雨域の南北方向へのばらつきが大きく、アンサンブル最大では南北方向に広がり、過大な予測降水量となった地域が見られた
- ・最新初期値では、実況に近い場所に強雨域を予測できていた

# MSMの可降水量の予測と解析値の比較 (2021年8月12日15時)



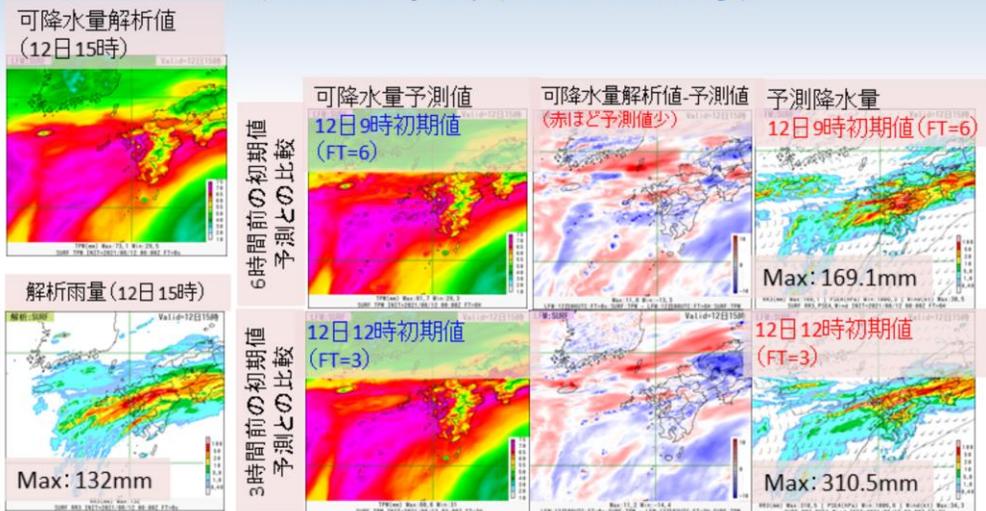
6時間前の初期値予測では、モデルでは線状降水帯対応の降水量はあまり予測できていなかった。ガイダンスにより、上方修正され、最大降水量としては実況に近づいたが、実況と比べて、位置が南へシフトし、形状が線状となっていない。予測可降水量の解析値比較では、東シナ海～対馬海峡で予測可降水量が少なくなっていた。一方、3時間前の初期値予測では、東シナ海～対馬海峡の可降水量が6時間前の初期値予測に比べて増加し、予測降水量が実況に近づき、形状も線状となった。

2021年8月12日15時を対象としたMSMの可降水量の予測と解析値の比較結果を示す。左上図が2021年8月12日15時の可降水量の解析値、左下図が8月12日15時観測の5km格子3時間最大降水量、そのすぐ右側が6時間前の初期値の解析値と予測値との比較(上段)、3時間前の初期値の解析値と予測値との比較(下段)を示し、左側から可降水量の予測値、可降水量解析値の予測値との差(赤色ほど予測値過小)、前3時間のモデルの予測降水量、3時間最大降水量ガイダンスの結果である。特徴は以下のとおりである。

6時間前の初期値予測では、モデルでは線状降水帯対応の降水量はあまり予測できていなかった。ガイダンスにより、上方修正され、最大降水量としては実況に近づいたが、実況と比べて、位置が南へシフトし、形状が線状となっていない。予測可降水量の解析値比較では、東シナ海～対馬海峡で予測可降水量が少なくなっていた。

一方、3時間前の初期値予測では、東シナ海～対馬海峡の可降水量が6時間前の初期値予測に比べて増加し、予測降水量が実況に近づき、形状も線状となった。

# LFMの可降水量の予測と解析値の比較 (2021年8月12日15時)



6時間前の初期値予測では、モデルでは線状降水帯対応の降水量は予測できていたが、実況と比べて、位置が南へシフトしていた。予測可降水量の解析値比較では、線状降水帯対応の予測可降水量はやや過大であった。一方、3時間前の初期値予測では、モデルでは線状降水帯対応の降水量は予測できていたが、予測降水量は過大であった。予測可降水量については、6時間前の初期値予測に比べて過大な範囲は縮小したが、線状降水帯対応の降水域付近では過大であった。

2021年8月12日15時を対象としたLFMの可降水量の予測と解析値の比較結果を示す。左上図が2021年8月12日15時の可降水量の解析値、左下図が8月12日15時の前3時間解析雨量、そのすぐ右側が6時間前の初期値の解析値と予測値との比較(上段)、3時間前の初期値の解析値と予測値との比較(下段)を示し、左側から可降水量の予測値、可降水量解析値の予測値との差(赤色ほど予測値過小)、前3時間のモデルの予測降水量の結果である。特徴は以下のとおりである。

6時間前の初期値予測では、モデルでは線状降水帯対応の降水量は予測できていたが、実況と比べて、位置が南へシフトしていた。予測可降水量の解析値比較では、線状降水帯対応の予測可降水量はやや過大であった。

一方、3時間前の初期値予測では、モデルでは線状降水帯対応の降水量は予測できていたが、予測降水量は過大であった。予測可降水量については、6時間前の初期値予測に比べて過大な範囲は縮小したが、線状降水帯対応の降水域付近では過大であった。

# 福岡・熊本県の線状降水帯発生事例のまとめ (2021年8月12日)その1

- 3時間降水量
- (GSM・GSM最大降水量ガイダンス)
  - GSMでは、九州の線状降水帯の予測は過小な降水量予測となったが、ガイダンスにより、モデル予測から実況に近づける補正がなされたが、線状降水帯とその周辺の予測は過小傾向であった
- (MSM・MSM最大降水量ガイダンス)
  - 九州の線状降水帯の予測は3時間前の初期値の予測では、実況に近かったが、それより前の初期値の予測では南への位置ずれ、予測降水量が過小であった。ガイダンスでは、実況に近づける補正がなされたが、直近の予測ではやや過大な傾向となった
- (LFM)
  - 降水分布の予測は実況と良く整合していたが、予測降水量は過大となる傾向があった

2021年8月12日の福岡・熊本県の線状降水帯発生事例について、このスライドを含む以下3枚のスライドにまとめた。

## 福岡・熊本県の線状降水帯発生事例のまとめ (2021年8月12日)その2

- 3時間降水量
- (MEPS最大降水量ガイダンス)
  - アンサンブル最大の予測降水量は実況の強雨域を含む降水量を十分に捕捉できていた
  - メンバーによって強雨域の南北方向へのばらつきが大きく、アンサンブル最大では南北方向に広がり、過大な予測降水量となった地域が見られた
  - 最新初期値では、実況に近い場所に強雨域を予測できていた

## 福岡・熊本県の線状降水帯発生事例のまとめ (2021年8月12日)その3

- 可降水量の予測と解析値の比較
- (MSM)
  - 6時間前の予測可降水量では、東シナ海～対馬海峡で予測可降水量が少ない(予測では、モデルでは線状降水帯対応の降水量はあまり予測できず、ガイダンスにより上方修正されたものの、実況に比べて位置が南へシフトし、形状が線状となっていない)
  - 3時間前の初期値予測では、東シナ海～対馬海峡の可降水量が6時間前の初期値予測に比べて増加し、予測降水量が実況に近づき、形状も線状となった。
- (LFM)
  - 6時間前の予測可降水量では、線状降水帯対応の予測可降水量はやや過大であった(線状降水帯対応の降水量は予測できていたが、実況と比べて、位置が南へシフト)
  - 3時間前の予測可降水量は、6時間前の初期値予測に比べて過大な範囲は縮小したが、線状降水帯対応の降水域付近では過大であった(線状降水帯対応の降水量は予測できていたが、予測降水量は過大)

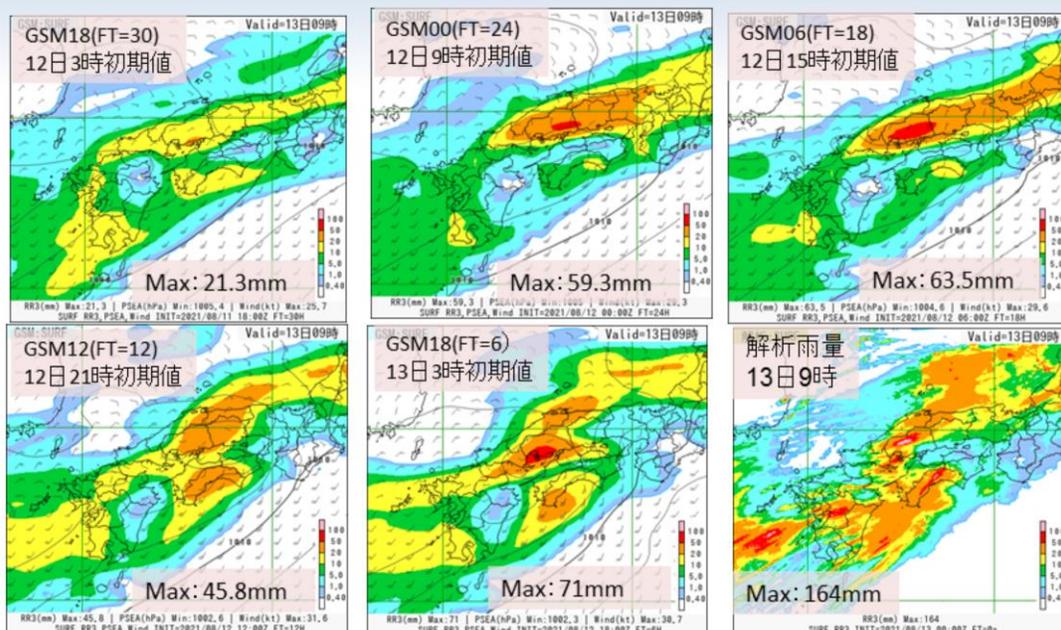


## 第3章 事例解析編

### 3.3.3 広島県の線状降水帯発生事例 (2021年8月13日)

第3.3.2項と同様に、GSM、MSM、MEPS、LFMの各数値予報システムにおける結果を示す。

## 3時間降水量 (GSM vs 解析雨量) (2021年8月13日9時対象)



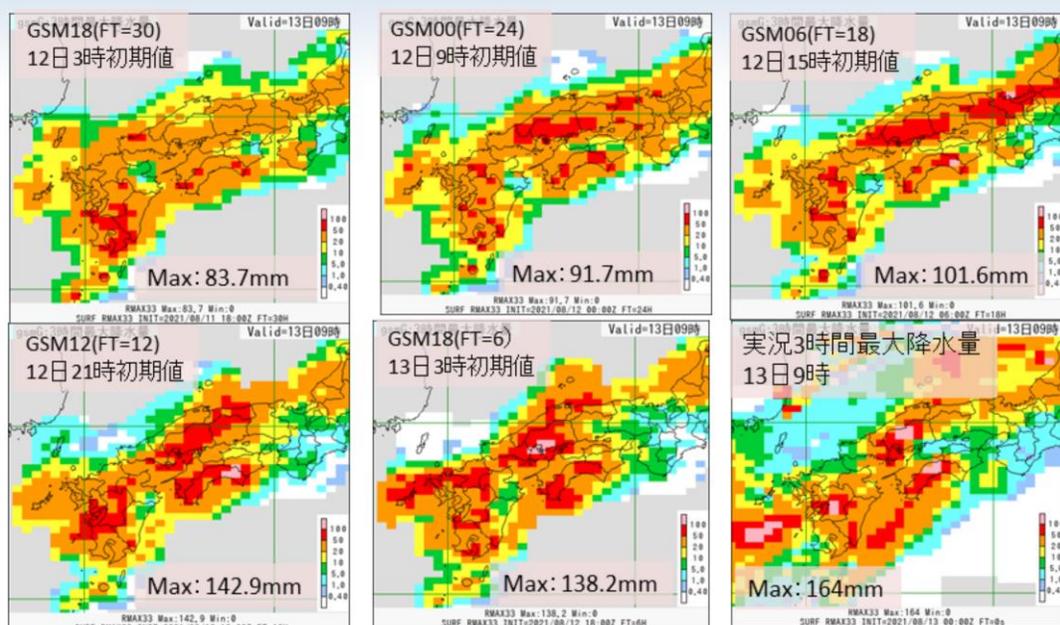
広島での線状降水帯に対応した予測降水量については、位置ずれはあるが、初期値によっては、実況に近い予測があった。熊本県内の記録雨に対応した予測降水量については過小であった。

GSMの3時間降水量について、2021年8月13日9時を対象とした結果を示す。

図は、上段の2021年8月12日3時初期値の30時間予報から順番に8月13日3時初期値の6時間予報までの結果を示す。また、2021年8月13日9時対象の解析雨量の結果を示す。降水量の単位はいずれもmmである。

広島での線状降水帯に対応した予測降水量については、位置ずれはあるが、初期値によっては、実況に近い予測があった。熊本県内の記録雨に対応した予測降水量については過小であった。

## 3時間降水量 (GSM最大降水量ガイダンス vs 実況) (2021年8月13日9時対象)

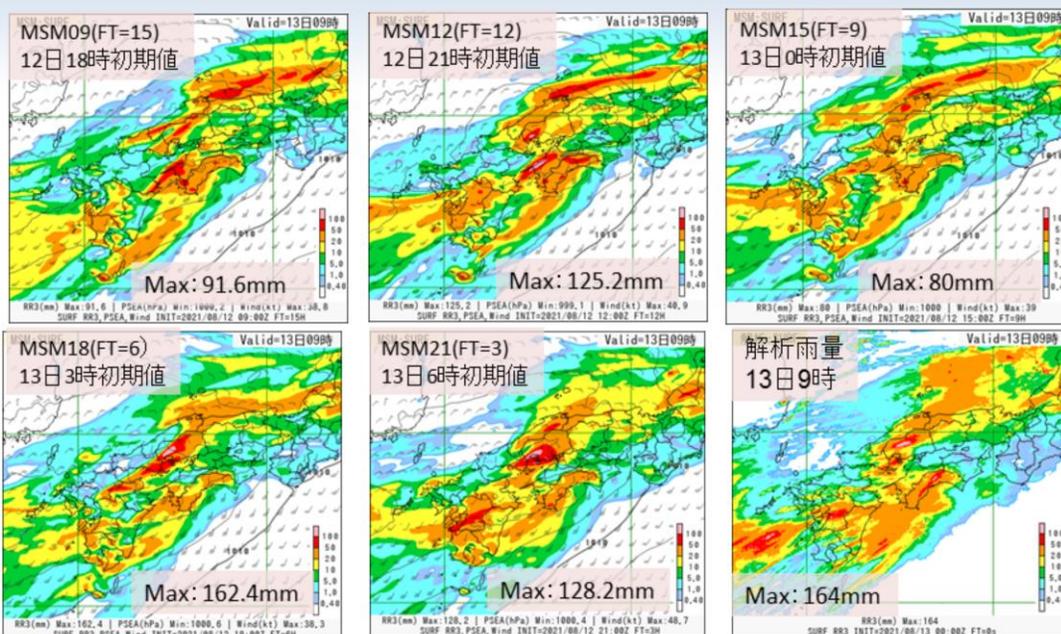


モデル予測から実況に近づける補正がなされたが、50mm以上の区域(赤色)に着目すると中国地方の予測降水量はやや過大となった。広島線の線状降水帯については、予測降水量はさらに実況に近づいた。熊本県内の予測降水量は過小であった。

GSM3時間最大降水量ガイダンスの結果を示す。図の並びは、前頁のGSMと同様である。また、2021年8月13日9時対象の観測の20km格子3時間最大降水量の結果を示す。降水量の単位はいずれもmmである。

前頁のモデル予測から実況に近づける補正がなされたが、50mm以上の区域(赤色)に着目すると中国地方の予測降水量はやや過大となった。広島線の線状降水帯については、予測降水量はさらに実況に近づいた。熊本県内の予測降水量は過小であった。

## 3時間降水量 (MSM vs 解析雨量) (2021年8月13日9時対象)

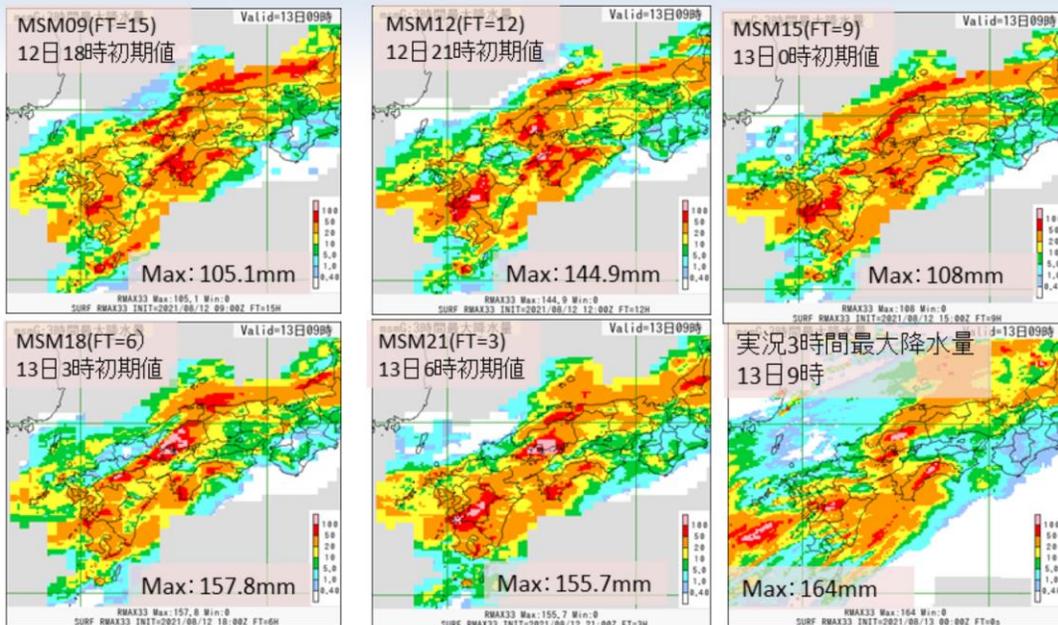


広島での線状降水帯に対応した予測降水量については、位置ずれはあるが、実況に近い初期値の予測が多かった。熊本県内の記録雨に対応した予測降水量については3時間前の初期値以外は過小であった。

MSMの3時間降水量について、2021年8月13日9時を対象とした結果を示す。図は、上段の2021年8月12日18時初期値の15時間予報から順番に8月13日6時初期値の3時間予報までの結果を示す。また、2021年8月13日9時対象の解析雨量の結果を示す。降水量の単位はいずれもmmである。

広島での線状降水帯に対応した予測降水量については、位置ずれはあるが、実況に近い初期値の予測が多かった。熊本県内の記録雨に対応した予測降水量については3時間前の初期値以外は過小であった。

## 3時間降水量 (MSM最大降水量ガイダンス vs 実況) (2021年8月13日9時対象)

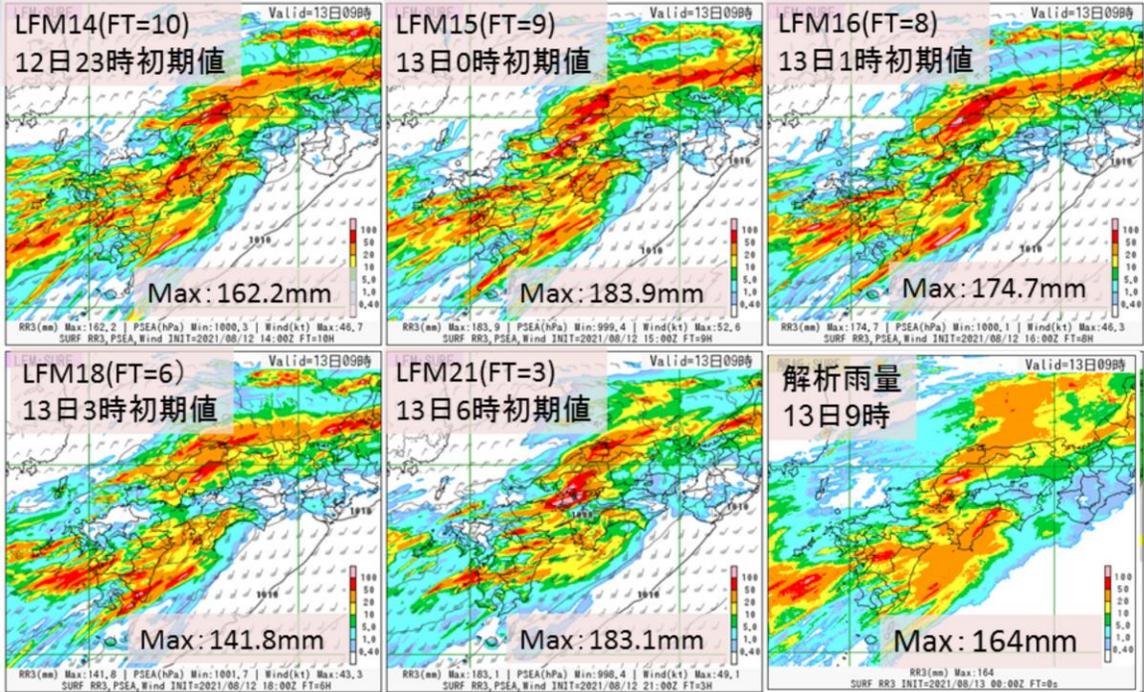


モデル予測から実況に近づく補正がなされ、広島での線状降水帯に対応した予測降水量や熊本県内の記録雨に対応した予測降水量は実況に近づくものが多かった。

MSM3時間最大降水量ガイダンスの結果を示す。図の並びは、前頁のMSMと同様である。また、2021年8月13日9時対象の観測の5km格子3時間最大降水量の結果を示す。降水量の単位はいずれもmmである。

前頁のモデル予測から実況に近づく補正がなされ、広島での線状降水帯に対応した予測降水量や熊本県内の記録雨に対応した予測降水量は実況に近づくものが多かった。

## 3時間降水量(LFM vs 解析雨量) (2021年8月13日9時対象)

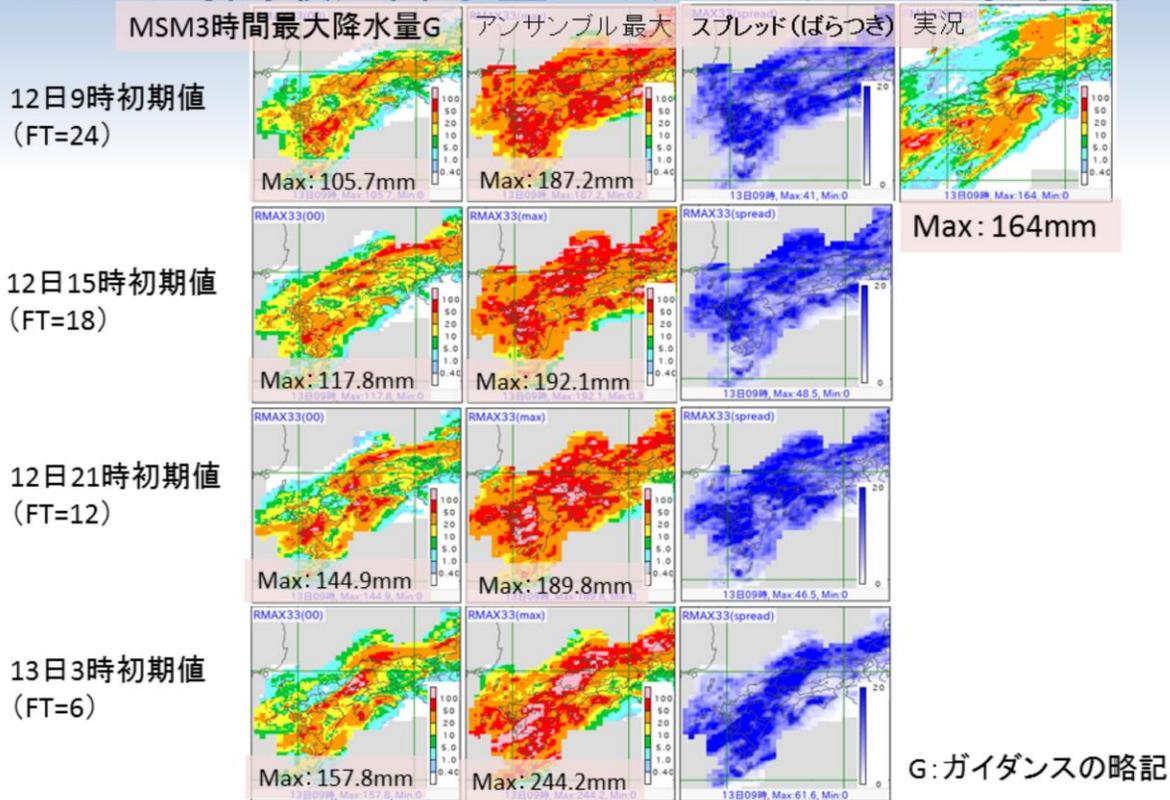


中国地方の線状降水帯の予測を含む強雨域の予測降水量については、実況に近かったが、周辺の前測降水量に関しては過大な傾向が見られた。四国地方の強雨域の前測降水量については、実況に比べて過小であった。

LFMの3時間降水量について、2021年8月13日9時を対象とした結果を示す。図は、上段の2021年8月12日23時初期値の10時間予報から順番に8月13日6時初期値の3時間予報までの抜粋した結果を示す。また、2021年8月13日9時対象の解析雨量の結果を示す。降水量の単位はいずれもmmである。

中国地方の線状降水帯の予測を含む強雨域の前測降水量については、実況に近かったが、周辺の前測降水量に関しては過大な傾向が見られた。四国地方の強雨域の前測降水量については、実況に比べて過小であった。

# MEPS3時間最大降水量ガイダンス(13日9時対象)



2021年8月13日9時を対象としたMEPS3時間最大降水量ガイダンスの結果を示す。右上図が2021年8月12日9時の観測の5km格子3時間最大降水量、左側からMSM3時間最大降水量ガイダンス、MEPS3時間最大降水量ガイダンスメンバー最大値、スプレッド(ばらつき)を示し、上段から下段に向かって、8月12日9時初期値24時間予報、8月12日15時初期値18時間予報、8月12日21時初期値12時間予報および8月13日3時初期値6時間予報の結果をそれぞれ示す。降水量の単位はいずれもmmである。スプレッドは、青色が濃いほどスプレッドが大きいことを示す。

以下の特徴が見られた。

- ・MSMの予測降水量は実況に比べて過小。アンサンブル最大の予測降水量は実況の強雨域を含む降水量を十分に捕捉できていた
- ・MSMでは実況の四国地方の強雨域をあまり捉えられていないが、MEPSアンサンブル最大の予測降水量では捕捉できていた
- ・メンバーによって強雨域の南北方向へのばらつきが大きく、アンサンブル最大では南北方向に広がり、過大な予測降水量となった地域が見られた

# MEPS24時間最大降水量ガイダンス(13日9時対象)

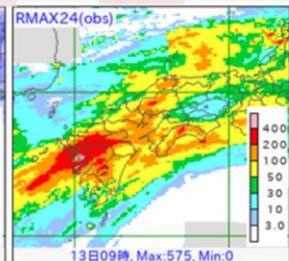
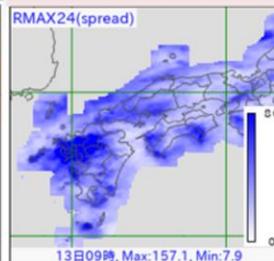
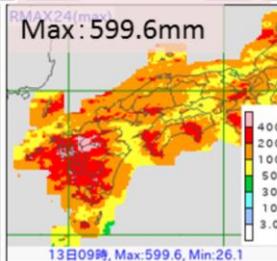
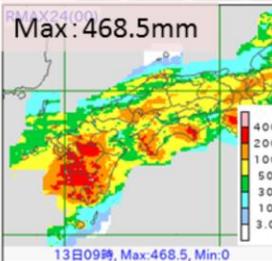
MSM24時間最大降水量G

アンサンブル最大

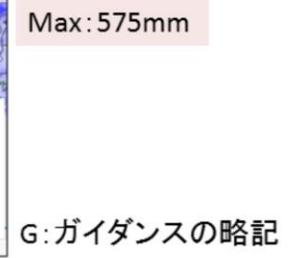
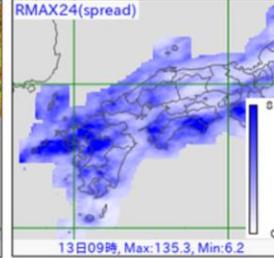
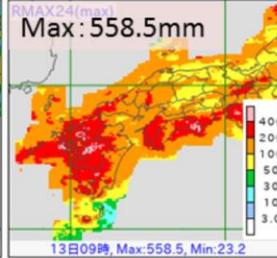
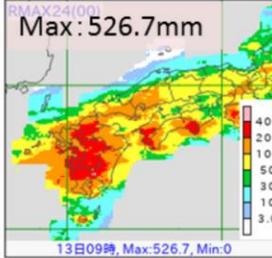
スプレッド(ばらつき)

実況

8月11日21時初期値(FT=36)



8月12日9時初期値(FT=24)



G: ガイダンスの略記

1日半前(11日21時初期値)の資料のアンサンブル最大では、MSM24時間最大降水量Gでは捕捉できなかった実況の九州北部の降水量最大値付近の降水を捕捉できていた。また、24時間前(12日9時初期値)の予測では、MSM24時間最大降水量Gでも実況に近い予測ができていた。



気象庁 Japan Meteorological Agency

令和3年度数値予報解説資料集

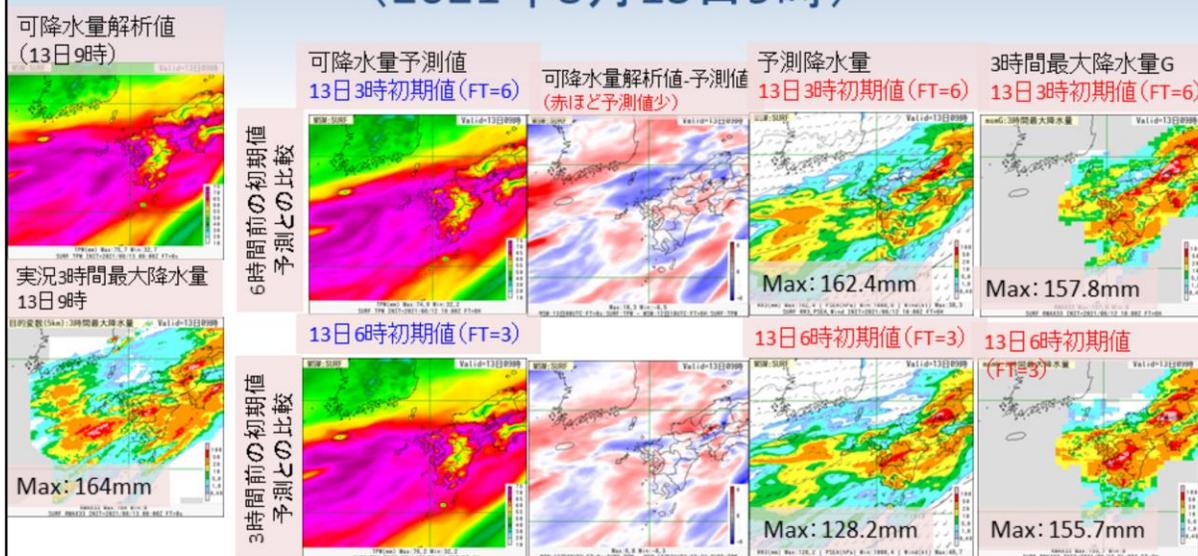
28

大雨のポテンシャルの予測ができていたかという観点で、2021年8月13日9時を対象として、2021年8月11日21時初期値36時間予報および2021年8月12日9時初期値24時間予報のMEPS24時間最大降水量ガイダンスの結果を確認する。

図は、左から順にMSM24時間最大降水量ガイダンス、MEPSのアンサンブル最大、スプレッド(ばらつき)で、上段が2021年8月11日21時初期値36時間予報の結果、下段が2021年8月12日9時初期値24時間予報の結果である。また、右上には8月13日9時の観測の5km格子24時間最大降水量を示す。降水量の単位はいずれもmmである。スプレッドは、青色が濃いほどスプレッドが大きいことを示す。

1日半前(11日21時初期値)の資料のアンサンブル最大では、MSM最大降水量ガイダンスでは捕捉できなかった実況の九州北部の降水量最大値付近の降水を捕捉できていた。また、24時間前(12日9時初期値)の予測では、MSM最大降水量ガイダンスでも実況に近い予測ができていた。

# MSMの可降水量の予測と解析値の比較 (2021年8月13日9時)



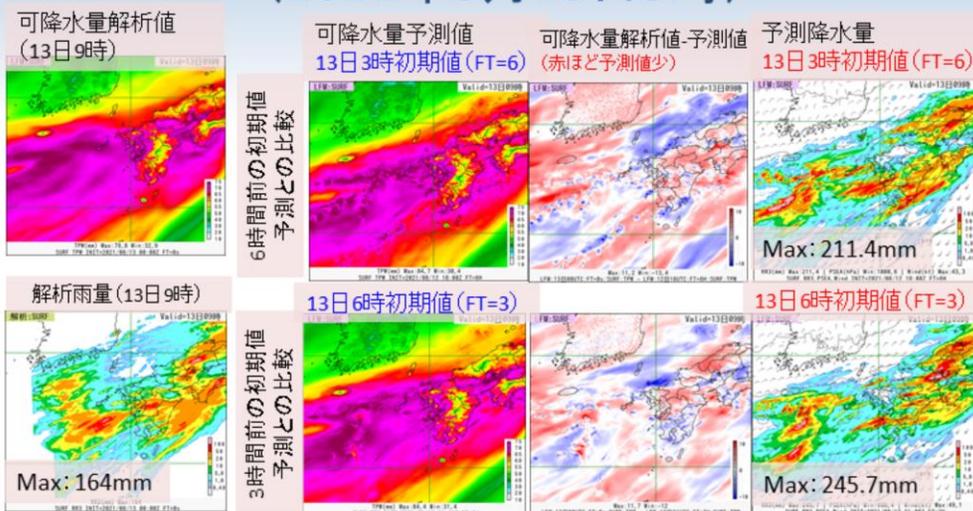
6時間前および3時間前の初期値予測とも、広島県の線状降水帯対応の降水量は概ね予測できていた。可降水量の解析値比較では、広島県内での差が小さかった。

2021年8月13日9時を対象としたMSMの可降水量の予測と解析値の比較結果を示す。左上図が2021年8月13日9時の可降水量の解析値、左下図が8月13日9時観測の5km格子3時間最大降水量、そのすぐ右側が6時間前の初期値の解析値と予測値との比較（上段）、3時間前の初期値の解析値と予測値との比較（下段）を示し、左側から可降水量の予測値、可降水量解析値の予測値との差（赤色ほど予測値過小）、前3時間のモデルの予測降水量、3時間最大降水量ガイダンスの結果である。

特徴は以下のとおりである。

6時間前および3時間前の初期値予測とも、広島県の線状降水帯対応の降水量は概ね予測できていた。可降水量の解析値比較では、広島県内での差が小さかった。

# LFMの可降水量の予測と解析値の比較 (2021年8月13日9時)



6時間前および3時間前の初期値予測とも、広島県の線状降水帯対応の降水量は概ね予測できていたが、解析雨量の算出範囲内において、東シナ海を中心に過大な予測降水量が見られた。予測可降水量の解析値比較では、位置ずれの差は見られたものの、広島県内での差は小さかったが、全体として予測可降水量は少ない傾向であった。

2021年8月13日9時を対象としたLFMの可降水量の予測と解析値の比較結果を示す。左上図が2021年8月13日9時の可降水量の解析値、左下図が8月13日9時の前3時間解析雨量、そのすぐ右側が6時間前の初期値の解析値と予測値との比較(上段)、3時間前の初期値の解析値と予測値との比較(下段)を示し、左側から可降水量の予測値、可降水量解析値の予測値との差(赤色ほど予測値過小)、前3時間のモデルの予測降水量の結果である。特徴は以下のとおりである。

6時間前および3時間前の初期値予測とも、広島県の線状降水帯対応の降水量は概ね予測できていたが、解析雨量の算出範囲内において、東シナ海を中心に過大な予測降水量が見られた。予測可降水量の解析値比較では、位置ずれの差は見られたものの、広島県内での差は小さかったが、全体として予測可降水量は少ない傾向であった。

# 広島県の線状降水帯発生事例のまとめ

## 3時間降水量 (2021年8月13日) その1

- (GSM・GSM最大降水量ガイダンス)
  - GSMでは、線状降水帯に対応した降水は、位置ずれはあるが、初期値によっては、実況に近い予測があった。熊本県内の記録雨に対応した降水は過小であった。ガイダンスでは、モデル予測から実況に近づける補正がなされ、予測降水量はさらに実況に近づき、熊本県内の予測降水量は過小であった
- (MSM・MSM最大降水量ガイダンス)
  - MSMでは、線状降水帯に対応した降水、位置ずれはあるが、実況に近い初期値の予測が多かった。熊本県内の記録雨に対応した降水は3時間前の初期値以外は過小であった。ガイダンスでは、モデル予測から実況に近づける補正がなされ、線状降水帯に対応した降水や熊本県内の記録雨に対応した降水は実況に近づく予測が多かった
- (LFM)
  - 中国地方の線状降水帯の予測を含む強雨域の予測降水量については、実況に近かったが、周辺の予測降水量に関しては過大な傾向が見られた
  - 四国地方の強雨域の予測降水量については、実況に比べて過小であった



2021年8月13日の広島県の線状降水帯発生事例について、このスライドを含む以下3枚のスライドにまとめた。

# 広島県の線状降水帯発生事例のまとめ (2021年8月13日)その2

- 3時間降水量
  - (MEPS最大降水量ガイダンス)
    - アンサンブル最大の予測降水量は実況の強雨域を含む降水量を十分に捕捉できていた
    - メンバーによって強雨域の南北方向へのばらつきが大きく、アンサンブル最大では南北方向に広がり、過大な予測降水量となった地域が見られた
- 24時間降水量(12日の線状降水帯事例を含む)
  - (MEPS最大降水量ガイダンス)
    - 11日21時初期値のアンサンブル最大では、MSM最大降水量ガイダンスでは捕捉できなかった実況の九州北部の降水量最大値付近の降水を捕捉できていた

## 広島県の線状降水帯発生事例のまとめ (2021年8月13日)その3

- 可降水量の予測と解析値の比較
- (MSM)
  - 6時間前および3時間前の予測可降水量は、広島県内では差は小さかった(線状降水帯対応の降水量は概ね予測できていた)
- (LFM)
  - 6時間前および3時間前の予測可降水量は、位置ずれの差は見られたものの、広島県内での差は小さかったが、全体として予測可降水量は少ない傾向であった(線状降水帯対応の降水量は概ね予測できていたが、解析雨量の算出範囲内において、東シナ海を中心に過大な予測降水量が見られた)

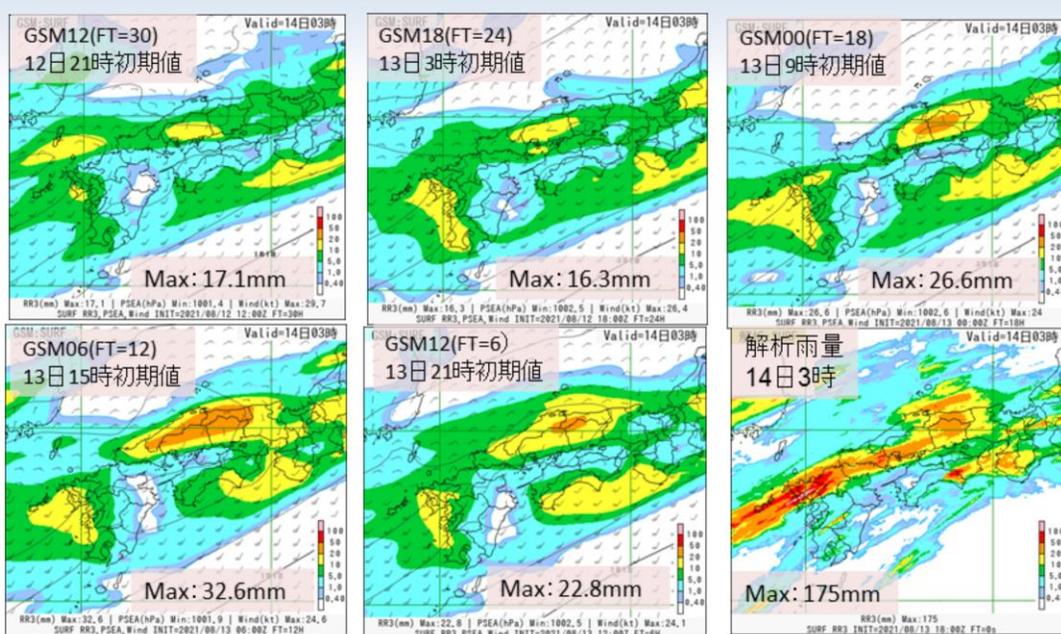


## 第3章 事例解析編

### 3.3.4 佐賀・長崎県の線状降水帯発生事例 (2021年8月14日)

第3.3.2項と同様に、GSM、MSM、MEPS、LFMの各数値予報システムにおける結果を示す。佐賀・長崎県の線状降水帯発生事例については、8月14日3時と6時の2回あるが、前者の方を取り上げる。

## 3時間降水量 (GSM vs 解析雨量) (2021年8月14日3時対象)



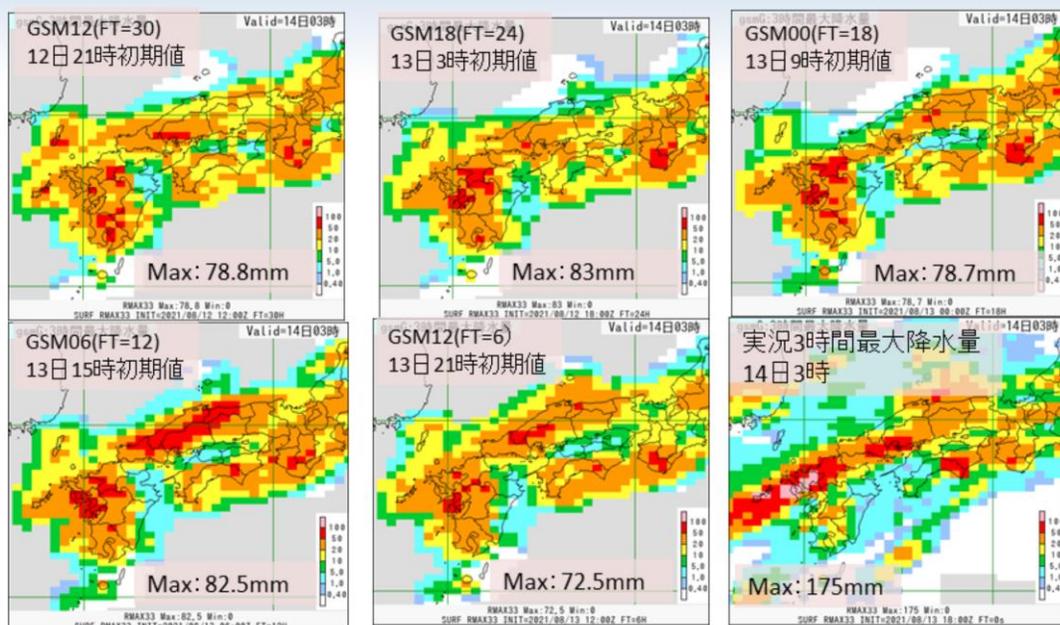
10mm以上の区域(黄色)に着目すると、中国・四国地方では、実況に近かったが、九州では、九州北部の線状降水帯による降水量予測が過小、九州西側沿岸部の降水量予測は過大であった。

GSMの3時間降水量について、2021年8月14日3時を対象とした結果を示す。

図は、上段の2021年8月12日21時初期値の30時間予報から順番に8月13日21時初期値の6時間予報までの結果を示す。また、2021年8月14日3時対象の解析雨量の結果を示す。降水量の単位はいずれもmmである。

10mm以上の区域(黄色)に着目すると、中国・四国地方では、実況に近かったが、九州では、九州北部の線状降水帯による予測降水量が過小、九州西側沿岸部の予測降水量は過大であった。

## 3時間降水量 (GSM最大降水量ガイダンス vs 実況) (2021年8月14日3時対象)

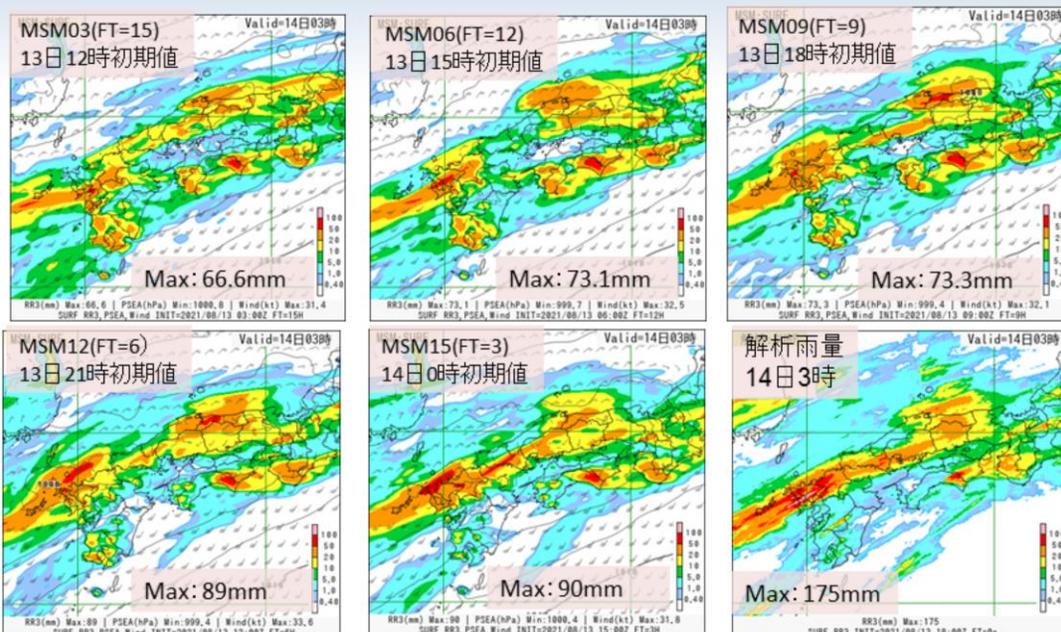


モデル予測から実況に近づける補正がなされていたが、九州の降水に関しては、モデルの予測と同様な傾向であった。

GSM3時間最大降水量ガイダンスの結果を示す。図の並びは、前頁のGSMと同様である。また、2021年8月14日3時対象の観測の20km格子3時間最大降水量の結果を示す。降水量の単位はいずれもmmである。

前頁のモデル予測から実況に近づける補正がなされていたが、九州の降水に関しては、モデルの予測と同様な傾向で、九州北部の線状降水帯による予測降水量が過小、九州西側沿岸部の予測降水量は過大であった。

## 3時間降水量 (MSM vs 解析雨量) (2021年8月14日3時対象)

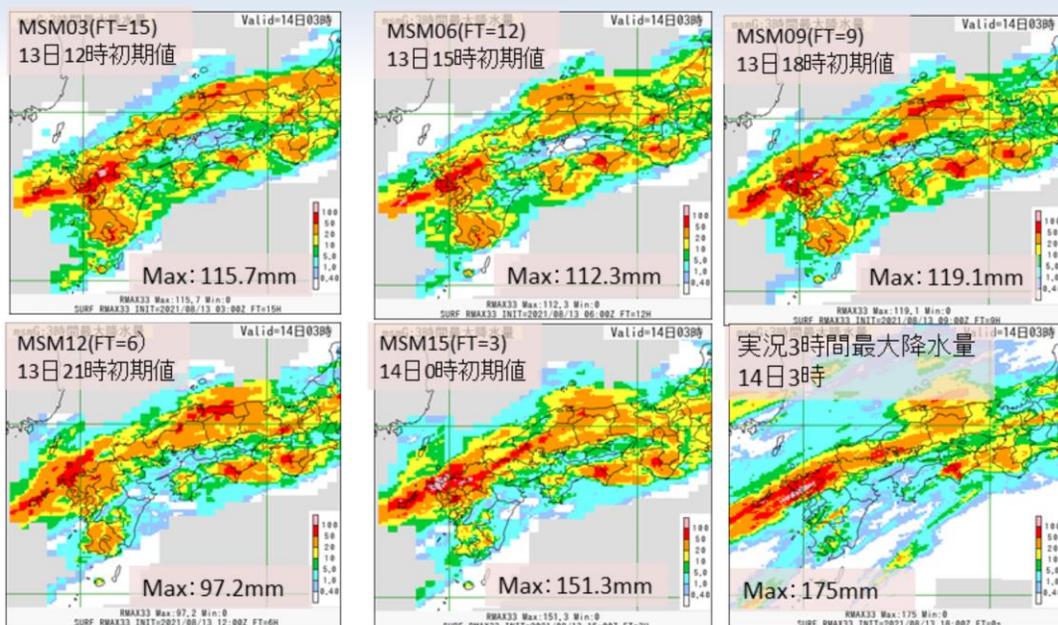


20mm以上の区域(橙色)に着目すると、中国・四国地方では、実況に近かったが、九州では、九州北部の線状降水帯による予測降水量予測が過小、九州南部の予測降水量は過大な傾向であった。

MSMの3時間降水量について、2021年8月14日3時を対象とした結果を示す。図は、上段の2021年8月13日12時初期値の15時間予報から順番に8月14日0時初期値の3時間予報までの結果を示す。また、2021年8月14日3時対象の解析雨量の結果を示す。降水量の単位はいずれもmmである。

20mm以上の区域(橙色)に着目すると、中国・四国地方では、実況に近かったが、九州では、九州北部の線状降水帯による予測降水量が過小、九州南部の予測降水量は過大な傾向であった。

## 3時間降水量 (MSM最大降水量ガイダンス vs 実況) (2021年8月14日3時対象)

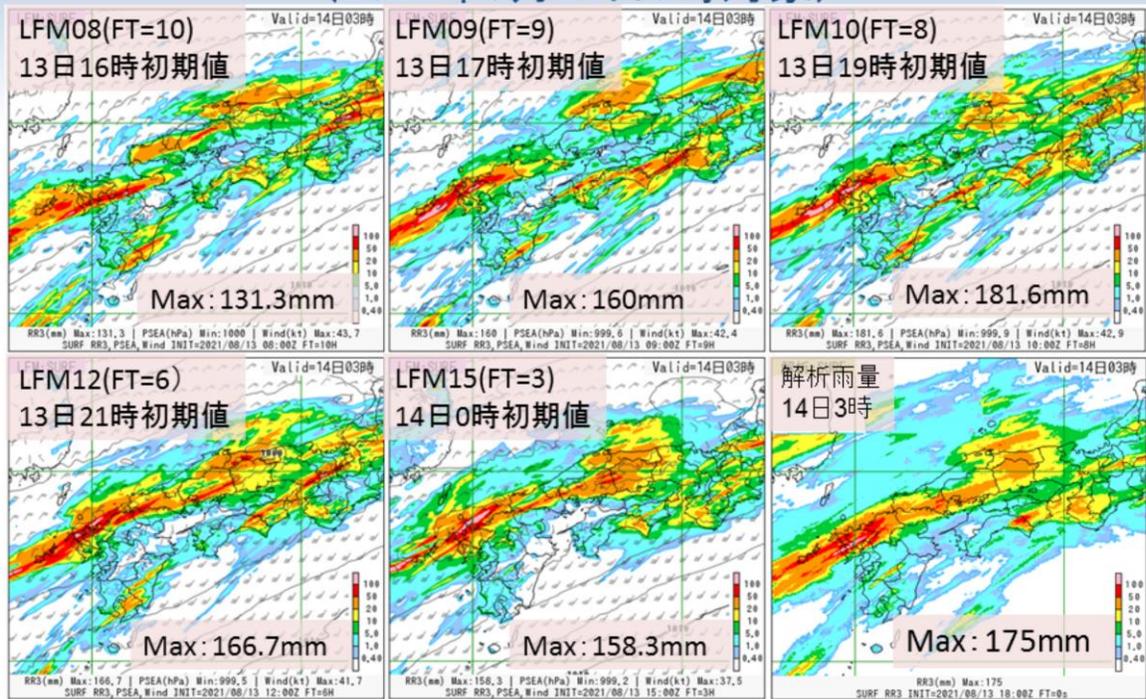


モデル予測から実況に近づける補正がなされ、九州北部の線状降水帯は実況に近づき、特に3時間前の初期値予測ではかなり近づいた。

MSM3時間最大降水量ガイダンスの結果を示す。図の並びは、前頁のMSMと同様である。また、2021年8月14日3時対象の観測の5km格子3時間最大降水量の結果を示す。降水量の単位はいずれもmmである。

前頁のモデル予測から実況に近づける補正がなされ、九州北部の線状降水帯は実況に近づき、特に3時間前の初期値予測ではかなり近づいた。

## 3時間降水量(LFM vs 解析雨量) (2021年8月14日3時対象)

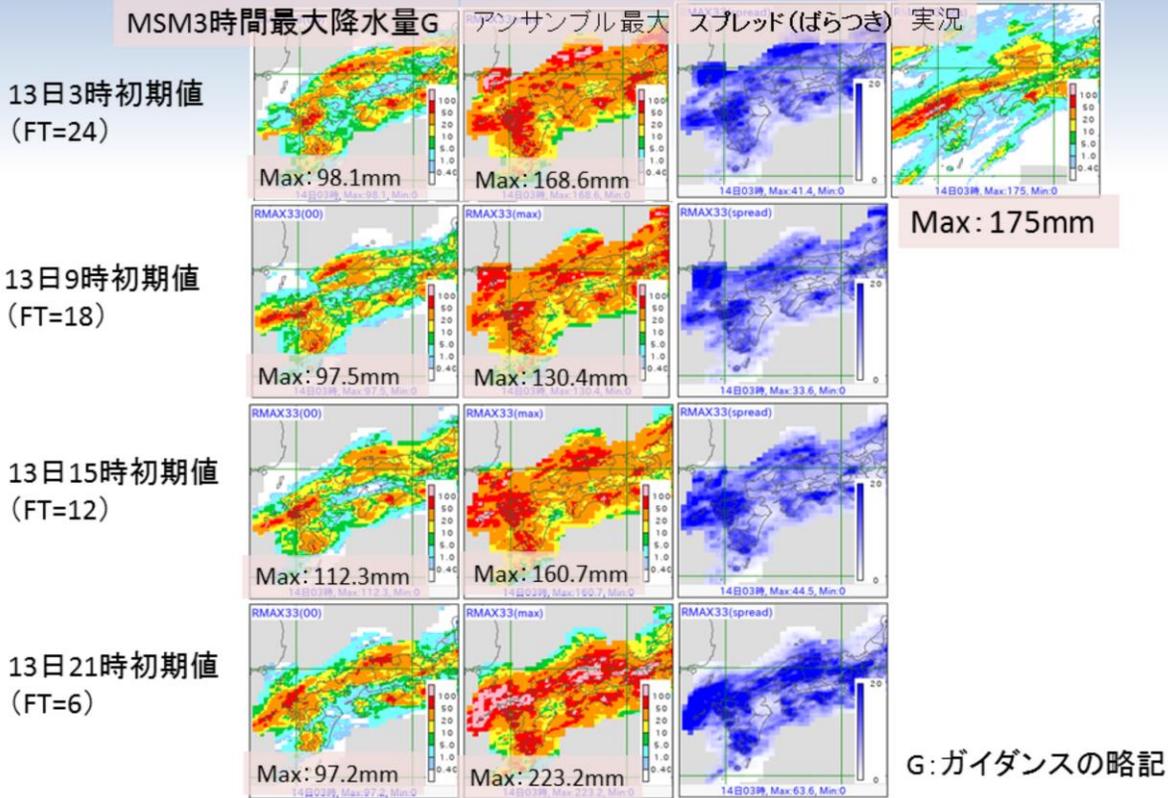


LFM の降水の予測は実況と概ね良く整合していた。

LFMの3時間降水量について、2021年8月14日3時を対象とした結果を示す。図は、上段の2021年8月13日16時初期値の10時間予報から順番に8月14日0時初期値の3時間予報までの抜粋した結果を示す。また、2021年8月14日3時対象の解析雨量の結果を示す。降水量の単位はいずれもmmである。

LFM の降水の予測は実況と概ね良く整合していた。

# MEPS3時間最大降水量ガイダンス(14日3時対象)



2021年8月14日3時を対象としたMEPS3時間最大降水量ガイダンスの結果を示す。右上図が2021年8月14日3時の観測の5km格子3時間最大降水量、左側からMSM3時間最大降水量ガイダンス、MEPS3時間最大降水量ガイダンスメンバー最大値、スプレッド(ばらつき)を示し、上段から下段に向かって、8月13日3時初期値24時間予報、8月13日9時初期値18時間予報、8月13日15時初期値12時間予報および8月13日21時初期値6時間予報の結果をそれぞれ示す。降水量の単位はいずれもmmである。スプレッドは、青色が濃いほどスプレッドが大きいことを示す。

以下の特徴が見られた。

- ・MSMの予測降水量は実況に比べて過小。直近のアンサンブル最大の予測降水量は実況の強雨域を含む降水量を十分に捕捉できていた
- ・メンバーによって強雨域の南北方向へのばらつきが大きく、アンサンブル最大では南北方向に広がり、過大な予測降水量となった地域が見られた

# MEPS24時間最大降水量ガイダンス(15日0時対象)

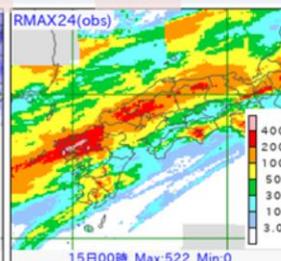
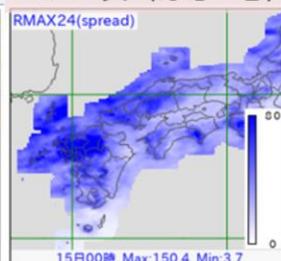
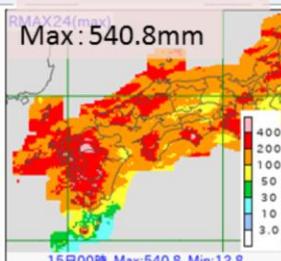
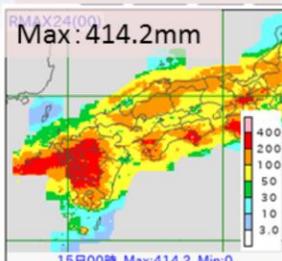
MSM24時間最大  
降水量G

アンサンブル最大

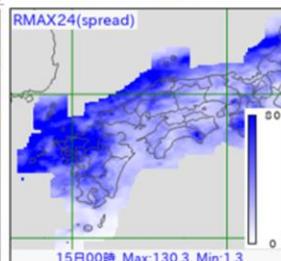
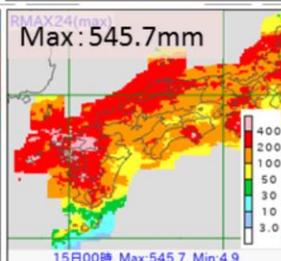
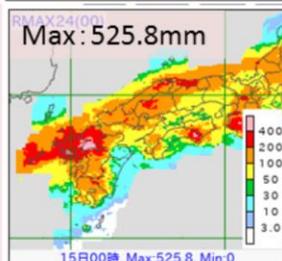
スプレッド(ばらつき)

実況

8月13日9時初期値(FT=39)



8月13日21時初期値(FT=27)



Max: 522mm

G: ガイダンスの略記

アンサンブル最大では、MSM24時間最大降水量Gでは捕捉できなかった実況の九州北部の降水量最大値付近の降水を捕捉できていた。また、27時間前(13日21時初期値)の予測では、MSM24時間最大降水量Gでも実況に近い予測ができていた。



気象庁 Japan Meteorological Agency

令和3年度数値予報解説資料集

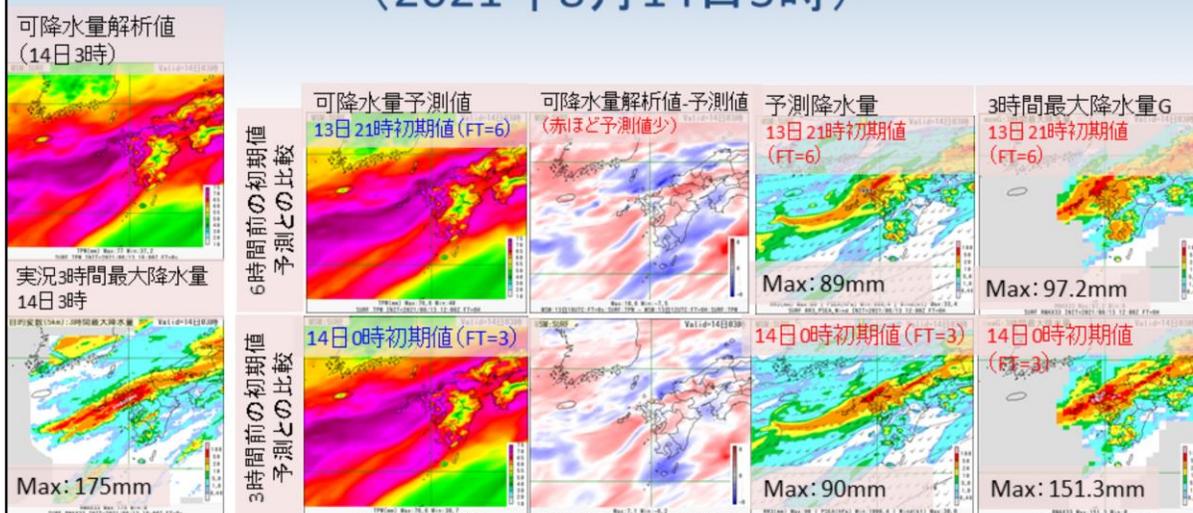
41

大雨のポテンシャルの予測ができていたかという観点で、2021年8月15日0時を対象として、2021年8月13日9時初期値39時間予報および2021年8月13日21時初期値27時間予報のMEPS24時間最大降水量ガイダンスの結果を確認する。

図は、左から順にMSM24時間最大降水量ガイダンス、MEPSのアンサンブル最大、スプレッド(ばらつき)で、上段が2021年8月13日9時初期値39時間予報の結果、下段が2021年8月13日21時初期値27時間予報の結果である。また、右上には8月15日0時の観測の5km格子24時間最大降水量を示す。降水量の単位はいずれもmmである。スプレッドは、青色が濃いほどスプレッドが大きいことを示す。

約1日半前(13日9時初期値)からの資料のアンサンブル最大では、MSM24時間最大降水量ガイダンスでは捕捉できなかった実況の九州北部の降水量最大値付近の降水を捕捉できていた。また、27時間前(13日21時初期値)の予測では、MSM24時間最大降水量ガイダンスでも実況に近い予測ができていた。

# MSMの可降水量の予測と解析値の比較 (2021年8月14日3時)

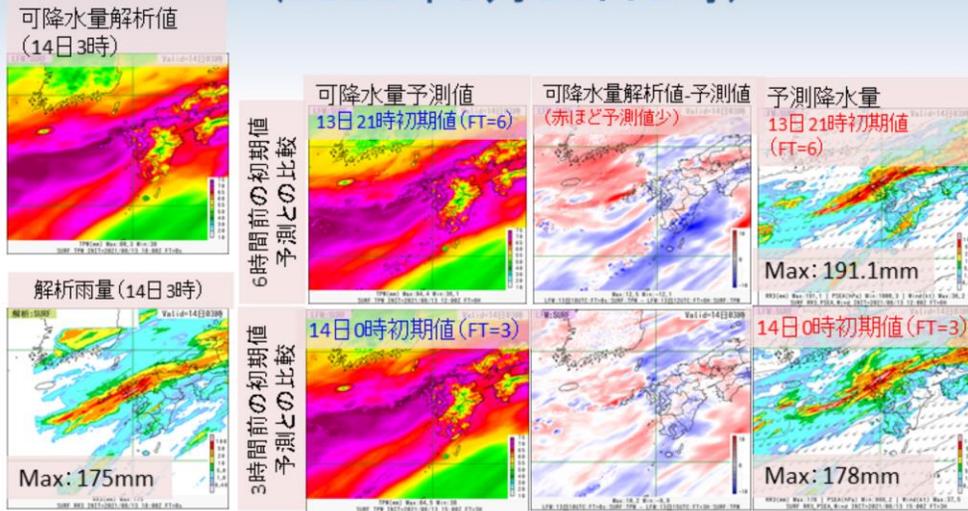


6時間前および3時間前の初期値予測では、モデルでは線状降水帯対応の降水量はあまり予測できていなかった。3時間前のガイダンスでは、上方修正され、最大降水量としては実況に近づいた。予測可降水量は、九州西方海上で少なかった。

2021年8月14日3時を対象としたMSMの可降水量の予測と解析値の比較結果を示す。左上図が2021年8月14日3時の可降水量の解析値、左下図が8月14日3時観測の5km格子3時間最大降水量、そのすぐ右側が6時間前の初期値の解析値と予測値との比較(上段)、3時間前の初期値の解析値と予測値との比較(下段)を示し、左側から可降水量の予測値、可降水量解析値の予測値との差(赤色ほど予測値過小)、前3時間のモデルの予測降水量、3時間最大降水量ガイダンスの結果である。特徴は以下のとおりである。

6時間前および3時間前の初期値予測では、モデルでは線状降水帯対応の降水量はあまり予測できていなかった。3時間前のガイダンスでは、上方修正され、最大降水量としては実況に近づいた。予測可降水量は、九州西方海上で少なかった。

# LFMの可降水量の予測と解析値の比較 (2021年8月14日3時)



6時間前および3時間前の初期値予測では、モデルでは線状降水帯対応の降水量は予測できていた。予測可降水量の解析値比較では、予測可降水量は、対馬海峡あたりで少なかったが、線状降水帯対応の降水域付近では、実況との差は小さかった。

2021年8月14日3時を対象としたLFMの可降水量の予測と解析値の比較結果を示す。左上図が2021年8月14日3時の可降水量の解析値、左下図が8月14日3時の前3時間解析雨量、そのすぐ右側が6時間前の初期値の解析値と予測値との比較(上段)、3時間前の初期値の解析値と予測値との比較(下段)を示し、左側から可降水量の予測値、可降水量解析値の予測値との差(赤色ほど予測値過小)、前3時間のモデルの予測降水量の結果である。特徴は以下のとおりである。

6時間前および3時間前の初期値予測では、モデルでは線状降水帯対応の降水量は予測できていた。予測可降水量の解析値比較では、予測可降水量は、対馬海峡あたりで少なかったが、線状降水帯対応の降水域付近では、実況との差は小さかった。

# 佐賀・長崎県の線状降水帯発生事例のまとめ (2021年8月14日)その1

- 3時間降水量
- (GSM・GSM最大降水量ガイダンス)
  - GSMでは、九州北部の線状降水帯による降水量予測が過小であった。GSMガイダンスでは、モデル予測から実況に近づける補正がなされていたが、過小な傾向は変わらなかった
- (MSM・MSM最大降水量ガイダンス)
  - MSMでは、九州北部の線状降水帯による降水量予測が過小であった。MSMガイダンスでは、モデル予測から実況に近づける補正がなされ、九州北部の線状降水帯は実況に近づき、特に3時間前の初期値予測ではかなり近づいた
- (LFM)
  - 降水の予測は実況と概ね良く整合していた

2021年8月14日の佐賀・長崎県の線状降水帯発生事例について、このスライドを含む以下3枚のスライドにまとめた。

# 佐賀・長崎県の線状降水帯発生事例のまとめ (2021年8月14日)その2

- 3時間降水量
- (MEPS最大降水量ガイダンス)
  - 直近のアンサンブル最大の予測降水量は実況の強雨域を含む降水量を十分に捕捉できていた
  - メンバーによって強雨域の南北方向へのばらつきが大きく、アンサンブル最大では南北方向に広がり、過大な予測降水量となった地域が見られた
- 24時間降水量
- (MEPS最大降水量ガイダンス)
  - 13日9時および13日21時初期値予測のアンサンブル最大では、MSM最大降水量ガイダンスでは捕捉できなかった実況の九州北部の降水量最大値付近の降水を捕捉できていた

## 佐賀・長崎県の線状降水帯発生事例のまとめ (2021年8月14日)その3

- 可降水量の予測と解析値の比較
- (MSM)
  - 予測可降水量は、九州西方海上で少なかった(モデルでは線状降水帯対応の降水量はあまり予測できていなかった。3時間前のガイダンスでは、上方修正され、最大降水量としては実況に近づいた)
- (LFM)
  - 予測可降水量は、対馬海峡あたりで少なかったが、線状降水帯対応の降水域付近では、実況との差は小さかった(モデルでは線状降水帯対応の降水量は予測できていた)



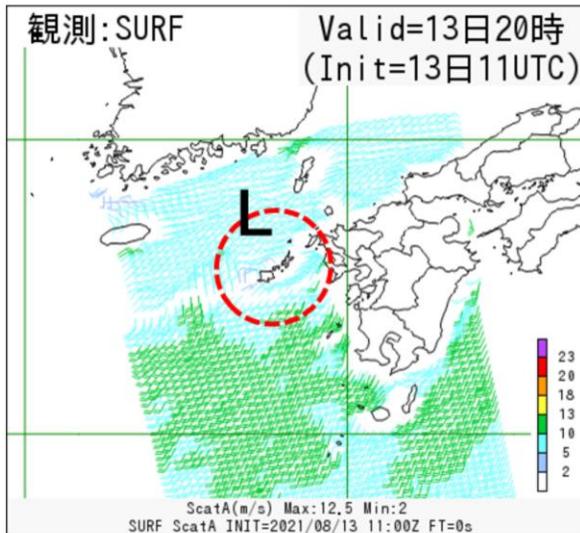
## 第3章 事例解析編

### 3.3.5 メソ低気圧

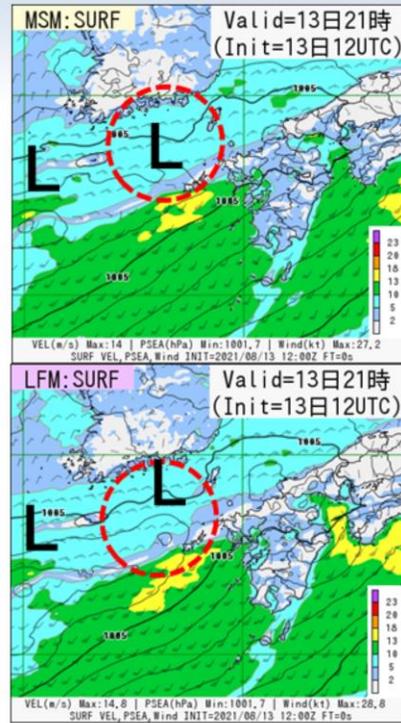
第3.2.3項と同様に、本項においても、対象とする擾乱が大きさが200km程度で、海面更正気圧が周囲に比べて低くかつ反時計回りの風向の変化が見られ、地上風速が10m/s以上のやや強い風を伴っているものをメソ低気圧と呼ぶこととする。

本項では、2021年8月12日から14日までの線状降水帯発生事例のうち、特に降水量が多かった8月14日03時対象の事例について、局地解析およびメソ解析において、適切にメソ低気圧が解析されているか確認する。

# 佐賀・長崎県の線状降水帯発生事例に関係するメソ低気圧 (Metop-A衛星による散乱計海上風観測より)



Metop-A散乱計海上風 20時31分



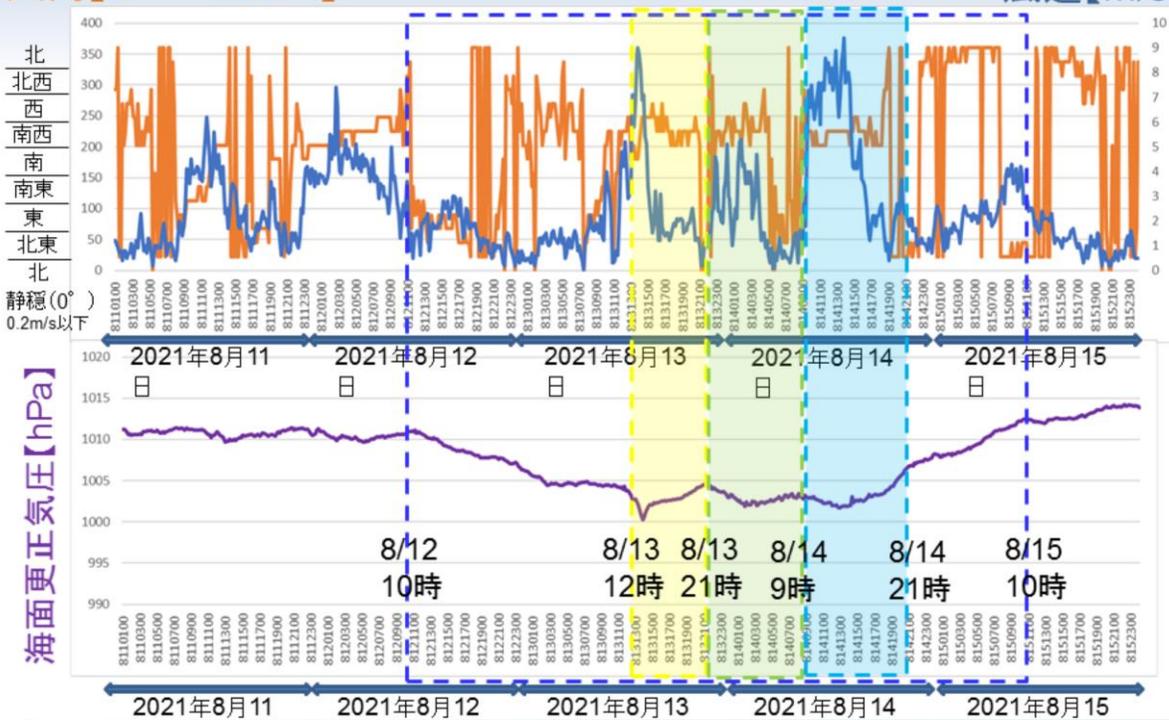
佐賀・長崎県の線状降水帯発生事例に関係するメソ低気圧に関して、局地解析およびメソ解析において、適切に解析されているか確認する。右図は2021年8月13日21時のメソ解析(上段)および局地解析(下段)での海面更正気圧(等値線:1hPaごと)、地上風向風速(単位:m/s:矢羽根)および水平風速分布図(単位:m/s:塗りつぶし)を示す。また、海面更正気圧の低かつ反時計回りの風向の変化が見られる部分を「L」として表示している。左図は、2021年8月13日20時31分のMetop-A衛星の散乱計海上風観測の分布図(風速は色付)を示す。Metop-A散乱計海上風の12.5kmプロダクトの生の風の分布を示しているため、風が密集しているが、反時計回りの風向の変化が見られる。

長崎県福江市付近の赤破線円で示したMetop-A衛星による散乱計海上風観測(左図)のLが、メソ解析および局地解析の長崎県福江市付近の赤破線円で示したLと対応していることが分かる。特に局地解析では、長崎県福江市付近で海面更正気圧の等値線が閉じた閉曲線によるLの表現となっていて、長崎県福江市付近の赤破線円で示したLは、2021年8月14日03時前に発生した線状降水帯に関係する前頁で定義したメソ低気圧を捉えている可能性を示唆している。

# 佐賀・長崎県の線状降水帯発生事例に関係するメソ低気圧 (長崎県福江のアメダス10分値観測の時系列(8月11日～15日))

風向【0° ~ 360°】

風速【m/s】



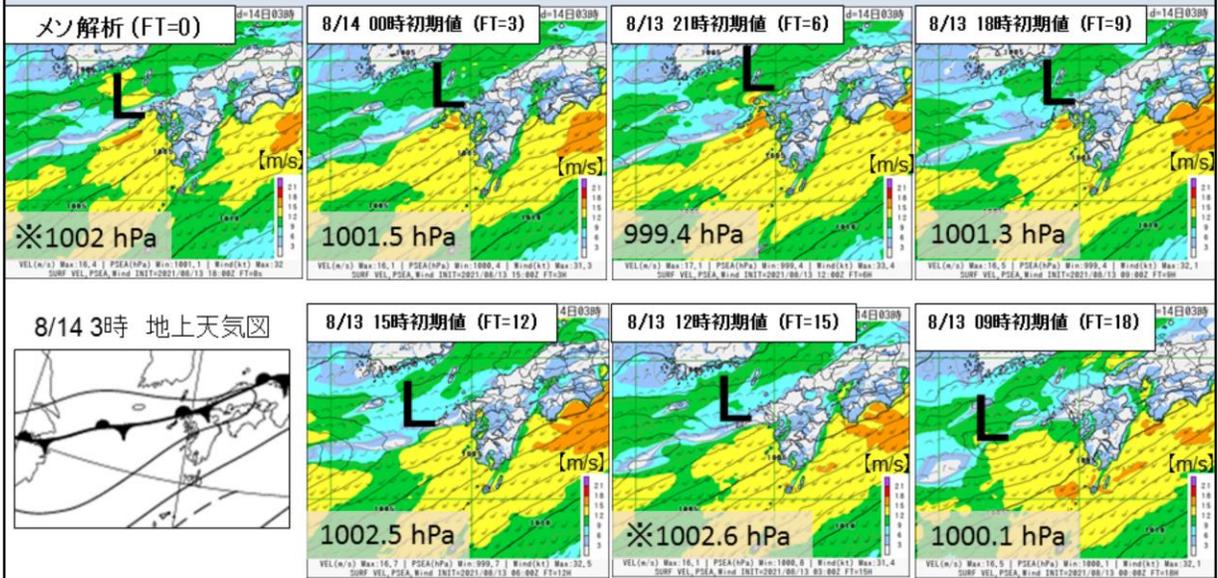
気象庁 Japan Meteorological Agency 令和3年度数値予報解説資料集 49

前頁において長崎県福江市付近の赤破線円で示したLについて、2021年8月14日03時前に発生した線状降水帯に関係するメソ低気圧を捉えている可能性について述べたが、それをさらに補強する資料として、長崎県福江のアメダス10分値の風向・風速・海面更正気圧観測の時系列の結果を示す。期間は、2021年8月11日～8月15日である。

地上天気図の時系列図との比較から、8月12日10時～8月15日10時まで、福江では停滞前線に沿う低圧部の中にあつたと推察できる。さらに、その中で、8月13日12時～21時、8月13日21時～8月14日9時および8月14日9時～21時の3つの時間帯に、それぞれ海面更正気圧の極小値が見られる。風向を見ると、それぞれの時間帯で南西から東ないし北への風向の変化が見られる。これらの結果は、福江では、3回の擾乱が通過したことを示唆していて、前頁において長崎県福江市付近の赤破線円で示したLについては、2回目の擾乱の通過とみられる部分に対応しているものと思われる。

以上の結果から、前頁において長崎県福江市付近の赤破線円で示したLは、2021年8月14日03時前に発生した線状降水帯に関係するメソ低気圧に相当するものとして本項では取り扱う。なお、速報としてまとめたものであるため、今後の調査により解釈が変わる可能性があることに留意願いたい。

## MSMによる佐賀・長崎県の線状降水帯発生事例における メソ低気圧の予測結果(2021年8月14日3時対象)



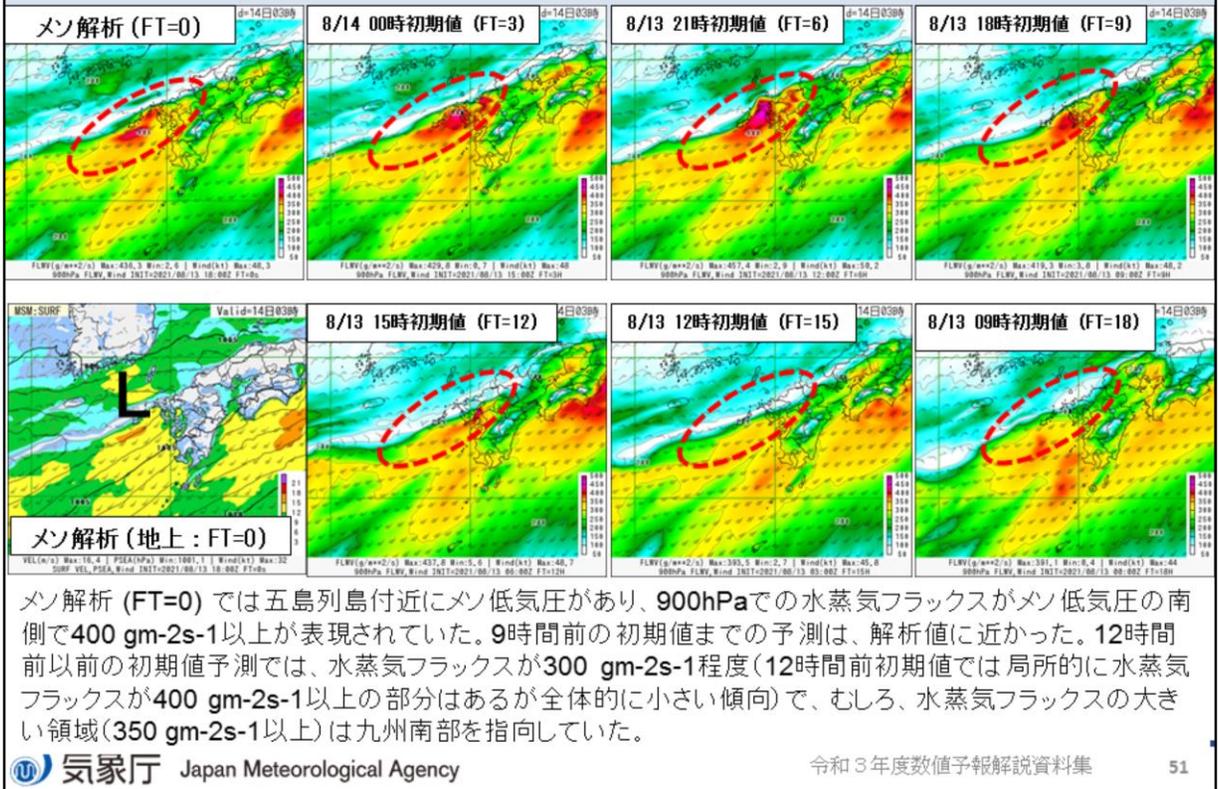
メソ解析 (FT=0) および地上天気図では五島列島付近に閉じた等圧線で表現はされていないが、反時計回りの風の回転の様子から低気圧性の循環が確認できる。このメソ低気圧がMSMではどのように予測されていたかについて確認すると、9時間前から12時間前の初期値くらいから五島列島付近にメソ低気圧が予測されていた。



図は、8月14日3時対象としたMSMの海面更正気圧(1hPa毎の等値線)と風向風速(矢羽根:単位ノット(塗りつぶしは風速))の予測結果(FT=0~FT=18)を示す。本項でのメソ低気圧に相当するものについて、「L」と表示している。左下は8月14日3時の地上天気図である。なお、図中左下の数字は、メソ低気圧の中心気圧を示す。※付のものは、閉じた等圧線で表現されていないが、反時計回りの風の回転が見られる場所付近の海面更正気圧の値を示す。8月13日21時初期値の6時間予測のメソ低気圧については、過発達の見られため、前後の予測中心気圧の差がやや大きくなっている。

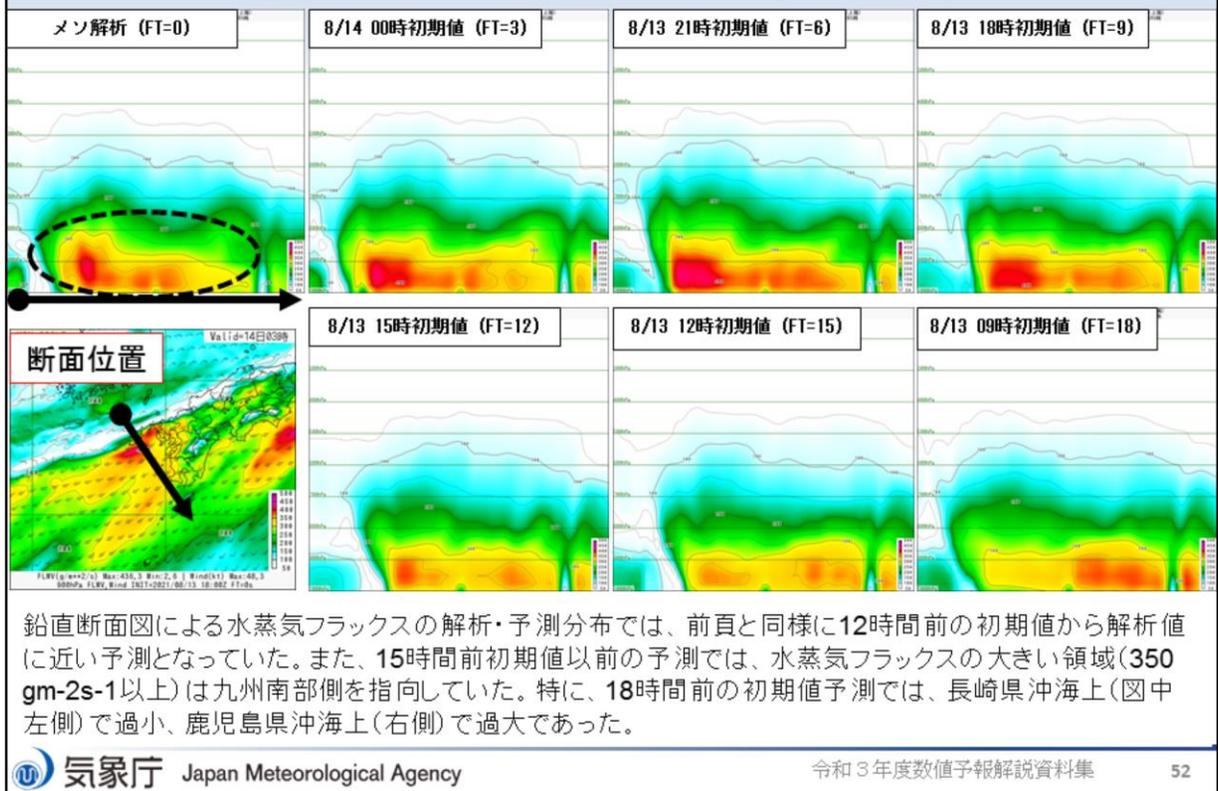
前頁で対象とした2021年8月13日21時頃に五島列島の西海上にあったメソ低気圧は、左上図に示したように、8月14日3時には、五島列島の北東海上までゆっくり移動し、佐賀・長崎県での線状降水帯が発生し、大雨をもたらした。このメソ低気圧は、12時間前の初期値から五島列島付近に予測されていた。低気圧中心の南側での地上風速の強まりは、9時間前の初期値から見られ、15m/s以上となっていた。12時間前以前の初期値では対象地域でのメソ低気圧の予測位置の初期値変わりが見られ、メソ低気圧南側の地上風速の強まりは直近の予測に比べると、見られなかった。

# MSMによる水蒸気フラックス予測 (2021年8月14日03時対象, 900hPa)



図は、8月14日3時対象としたMSMの海面更正気圧(1hPa毎の等値線)と風向風速(矢羽根:単位ノット(塗りつぶしは風速))、MSMの900hPaの風向風速(矢羽根:単位ノット)および水蒸気フラックス(塗りつぶし:単位:gm-2s-1)のそれぞれの予測結果(FT=0~FT=18)を示す。本項でのメソ低気圧に相当するものについて、「L」として表示している。赤破線円内の予測結果を確認すると、9時間前の初期値予測までは、水蒸気フラックスがメソ低気圧の南側で400 gm-2s-1以上が表現され、解析値(FT=0)とほぼ同等の結果となっていた。12時間前初期値以前の予測では、前頁で示したメソ低気圧周辺の水蒸気フラックスの小さい傾向(300 gm-2s-1程度)が見られ(12時間前初期値では局所的に水蒸気フラックスが400 gm-2s-1以上の部分はあるが全体的に小さい傾向)、むしろ、水蒸気フラックスの大きい領域(350 gm-2s-1以上)は九州南部を指向していた。

## MSMによる水蒸気フラックス予測 (2021年8月14日03時対象, 断面図)



図は、前頁と同じ対象時刻(8月14日3時)のMSMの水蒸気フラックス(単位: gm-2s-1)を、メソ低気圧の存在する九州西方海上について、鉛直断面図として示す。9時間前初期値予測までは、水蒸気フラックスは長崎県沖で最大で500gm-2s-1弱(赤の塗りつぶしを目安)となっていたが、12時間前初期値以前の予測では、水蒸気フラックスは最大で350gm-2s-1を少し超える程度の予測となっていた。この結果は、前々頁のメソ低気圧の予測結果で示したように、メソ低気圧として安定して予測できるようになった初期値と前頁や本頁の水蒸気フラックスが最大で500gm-2s-1弱と安定して予測できるようになった初期値が、9時間前初期値予測からであったことから、線状降水帯の予測には、メソ低気圧の予測位置や水蒸気量の適切な予測が必要なることが示唆される。また、概ね800hPaより上層では、解析・予測共に300 gm-2s-1より大きい水蒸気フラックスがないことが確認でき、下層の水蒸気フラックスの予測変化が大きいことが分かる。

## まとめ

- 2021年8月14日の佐賀・長崎県の線状降水帯発生事例では、MSMの予測結果等からメソ低気圧の存在についての可能性を示唆する結果が得られた
- 線状降水帯の予測には、メソ低気圧の予測位置や水蒸気量の適切な予測が必要なが示唆される

2021年8月14日の佐賀・長崎県の線状降水帯発生事例でのメソ低気圧に関して、まとめた。

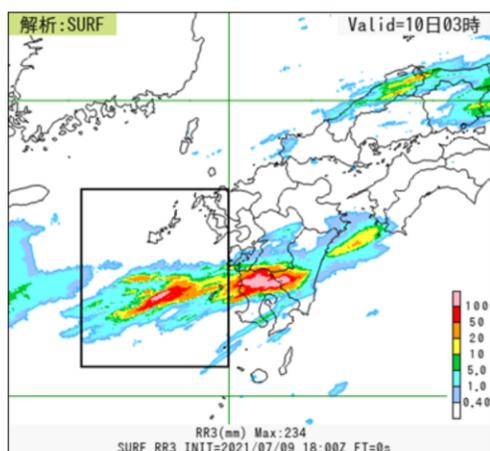


## 第3章 事例解析編

### 3.3.6 環境場

## 豪雨をもたらした環境場

GSMおよびMSMの気温・水蒸気混合比・水平風速・水蒸気フラックスの検証領域での鉛直プロファイル(期間平均と平均場の差分)を予報時間(FT)ごとに示す。



検証領域(矩形領域)  
127.5E - 130.0E, 30.5N - 33.5N

### 令和3年8月の豪雨事例

- 平均場: 2016年~2020年の8月中旬
  - ・ GSM解析値: 8月11日 9時 - 21日 3時
  - ・ MSM解析値: 8月11日 9時 - 21日 6時
- 期間平均: 2021年8月11日~8月13日
  - ・ GSM予報値: 8月11日 9時 - 14日 3時
  - ・ MSM予報値: 8月11日 9時 - 14日 6時

### 令和2年7月の豪雨事例

- 平均場: 2016年~2020年の7月上旬
- 期間平均: 2020年7月6日~7月8日
  - ・ GSM予報値: 7月6日 9時 - 9日 3時
  - ・ MSM予報値: 7月6日 9時 - 9日 6時

令和3年8月の豪雨事例の環境場について、気温(単位: °C)・水蒸気混合比(単位: g/kg)・水平風速(単位: m/s)・水蒸気フラックス(単位: gm-2s-1)がどれくらい予測できていたかを確認するために、期間平均値の平均場からの差分について、GSMおよびMSMの鉛直プロファイルかつ予報時間(FT)別に示し、令和2年7月豪雨(福岡・佐賀・長崎での大雨特別警報事例)と比較する。この令和2年7月豪雨事例は、本事例に近い場所で発生したことから比較対象とした。検証領域は、九州で豪雨がもたらされていることから、その上流にあたる九州西海上の東経127.5度~130.0度、北緯30.5度~33.5度の矩形領域とした。平均場の期間と令和3年8月の豪雨事例および令和2年7月豪雨の期間は以下に示すとおりである。

平均場:

GSM解析値の期間平均: 2016年~2020年の8月中旬 (8月11日 9時~21日 3時)

MSM解析値の期間平均: 2016年~2020年の8月中旬 (8月11日 9時~21日 6時)

令和3年8月の豪雨事例(2021年 8月11日~13日)

GSM: 8月11日 9時~14日 3時、MSM: 8月11日 9時~21日 6時

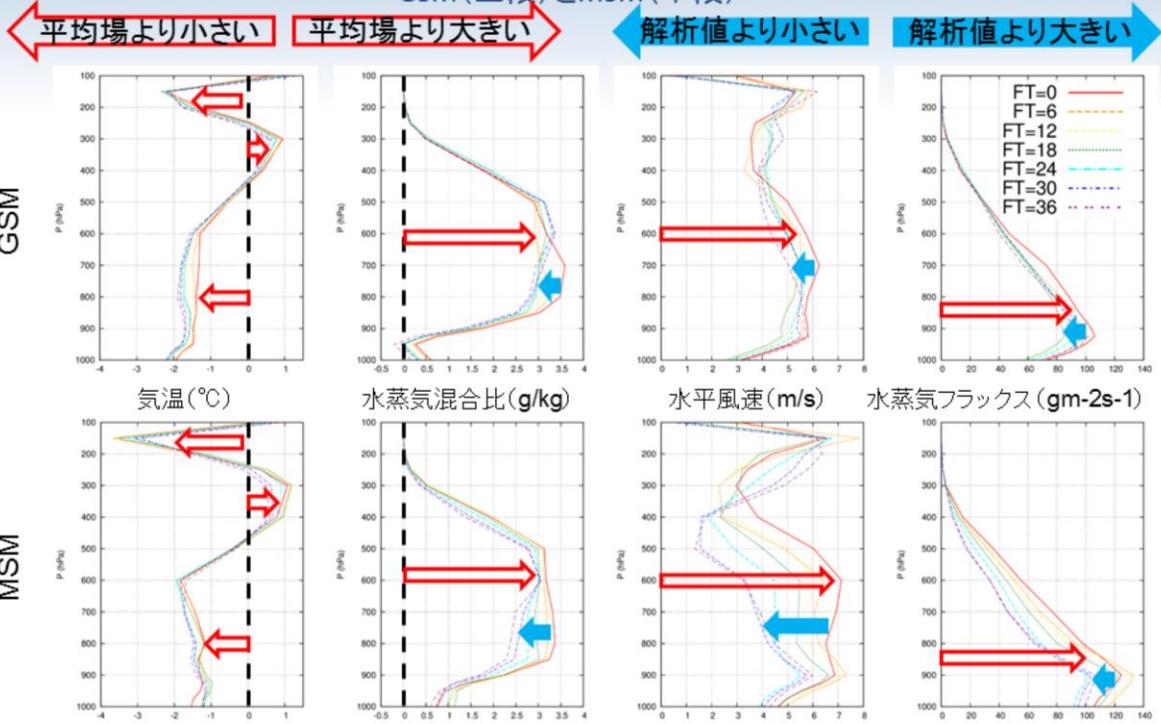
令和2年7月豪雨

2020年7月6日~8日: 福岡・佐賀・長崎での大雨特別警報事例期間

GSM: 7月6日 9時~7月9日 3時、MSM: 7月6日 9時~7月9日 6時

令和3年8月の豪雨事例 各要素の鉛直プロファイル(平均場との差分)

GSM(上段)とMSM(下段)



令和3年8月の豪雨事例の気温(単位:°C)・水蒸気混合比(単位:g/kg)・水平風速(単位:m/s)・水蒸気フラックス(単位:gm-2s-1)の平均場からの差分鉛直プロファイルをGSMおよびMSM別に示す。各グラフは令和3年8月の豪雨事例期間中の解析値(FT=0)および6時間~36時間予測値(FT=6~FT=36)を示す。以下に特徴を示す。

①気温

- ・解析値および予測値共に500hPaから下層と200hPa付近で平均場比で低く、300~400hPa付近では高い
- ・解析値と予測値との差は、GSMおよびMSM共に小さい

②水蒸気混合比

- ・解析値では300hPaから下層で平均場比で多い
- ・GSMおよびMSM共に700~900hPaの予測値は解析値比で少ない

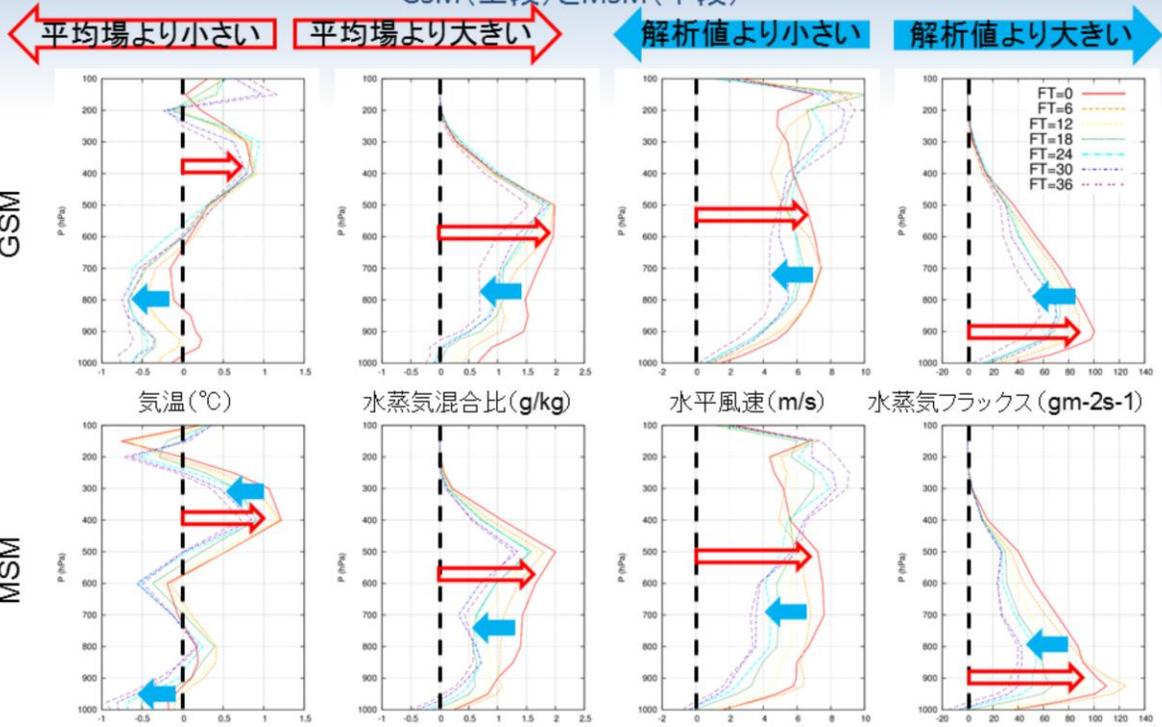
③水平風速

- ・解析値および予測値共に全層で平均場比で強い
- ・GSM予測値では、500~900hPaで解析値比で風速が弱い
- ・MSM予測値では、FT=6を除き、500hPaより下層で解析値比で風速が弱い

④水蒸気フラックス

- ・解析値では400hPaより下層で平均場比で多い
- ・GSM予測値では600hPaから下層で解析値比で少ない
- ・MSM予測値ではFT=6を除き、400hPaより下層で解析値比で少ない

令和2年7月豪雨事例(福岡・佐賀・長崎での大雨特別警報事例)  
各要素の鉛直プロファイル(平均場との差分)  
GSM(上段)とMSM(下段)



令和2年7月豪雨(福岡・佐賀・長崎での大雨特別警報事例)の気温(単位:°C)・水蒸気混合比(単位:g/kg)・水平風速(単位:m/s)・水蒸気フラックス(単位:gm-2s-1)の平均場からの差分鉛直プロファイルをGSMおよびMSM別に示す。各グラフは令和2年7月豪雨期間中の解析値(FT=0)および6時間~36時間予測値(FT=6~FT=36)を示す。以下に特徴を示す。

①気温

- ・解析値および予測値共に300~500hPaで平均場比で高い
- ・GSMでは700hPaより下層の予測値が解析値に比べて低い
- ・MSMでは300~600hPaおよび900hPaから下層の予測値はFT=6を除き、解析値に比べて低い

②水蒸気混合比

- ・解析値および予測値共に300hPaから下層で平均場比で多い
- ・GSMおよびMSM共に400hPaから下層の予測値は解析値比で少ない

③水平風速

- ・解析値および予測値共に全層で平均場比で強い
- ・GSMおよびMSM予測値共に500hPaより下層で解析値比で風速が弱い傾向がある

④水蒸気フラックス

- ・解析値および予測値共に400hPaから下層で平均場比で多い
- ・GSMおよびMSM予測値で500hPaから下層で解析値比で少ない傾向がある

## まとめ

	令和3年8月の豪雨事例	令和2年7月豪雨 (福岡・佐賀・長崎事例)
気温	解析値および予測値共に500hPaから下層と200hPa付近で平均場比で低く、300～400hPa付近では高い	解析値,予測値共に300～500hPaで平均場比で高い。GSMでは700hPaより下層の予測値が解析値に比べて低い MSMでは300～600hPaおよび900hPaから下層の予測値はT=6を除き、解析値に比べて低い
水蒸気混合比	解析値では300hPaから下層で平均場比で多い GSM,MSM共に700～900hPaの予測値は解析値比で少ない。	解析値および予測値共に300hPaから下層で平均場比で多い GSM,MSM共に400hPaより下層の予測値は解析値比で少ない。
水平風速	解析値,予測値共に全層で平均場比で強い。 GSM予測値では、500～900hPaで解析値比で風速が弱い MSM予測値では、500hPaより下層で解析値比で風速が弱い	解析値,予測値共に全層で平均場比で強い。 GSMおよびMSM予測値共に500hPaより下層で解析値比で風速が弱い傾向がある。
水蒸気フラックス	解析値では400hPaより下層で平均場比で多い GSM予測値では600hPaから下層で解析値比で少ない MSM予測値では、400hPaより下層で解析値比で少ない	解析値および予測値共に400hPaから下層で平均場比で多い。 GSMおよびMSM予測値で500hPaから下層で解析値比で少ない傾向がある。

令和3年8月の豪雨事例の環境場の違いについて、令和2年7月豪雨の福岡・佐賀・長崎での大雨特別警報事例と比較した。その結果を表にまとめた。以下に簡単に特徴を述べる。この令和2年7月豪雨の事例と令和3年8月の豪雨事例の環境場が以下の点で似ていることが分かった。

- ・ 水蒸気混合比で300hPaから下層で平均場より多い場合は、中層(700hPa)から下層にかけて解析値に比べて、予測値は少ない傾向がある
- ・ 水平風速が全層で平均場比で全層で強いときに、500hPaから下層で風速が弱い傾向がある
- ・ 水蒸気フラックスについては、水蒸気混合比と水平風速の特徴から中層から下層で少ない傾向がある



## 第3章 事例解析編

### 3.3.7 まとめと今後の予測精度改善へ向けての 取り組み

## 令和3年8月の豪雨事例の数値予報の結果のまとめ (その1)

### • 福岡・熊本県の線状降水帯発生事例

#### – 3時間降水量予測

- GSMとGSMガイダンス: 過小傾向
- MSMとMSMガイダンス: 6時間前初期値以前の予測では南への位置ずれ、予測降水量の過小。3時間前の初期値の予測では、実況に近かったが、ガイダンスでは過大となった
- LFM: 過大傾向
- MEPS最大降水量ガイダンス: アンサンブル最大の予測降水量は実況の強雨域を含む降水量を十分に捕捉。メンバーによって強雨域の南北方向へのばらつきが大きく、過大な予測降水量となった地域が見られた

第3.3.2項から第3.3.6項にかけて述べた、令和3年8月の豪雨事例の数値予報結果について、このスライドを含む以下7枚のスライドにまとめた。

## 令和3年8月の豪雨事例の数値予報の結果のまとめ (その2)

- 福岡・熊本県の線状降水帯発生事例(続き)
  - 可降水量の予測と解析値の比較
    - MSM: 6時間前の予測可降水量では、東シナ海～対馬海峡で予測可降水量が少ない。3時間前の初期値予測では、東シナ海～対馬海峡の可降水量が6時間前の初期値予測に比べて増加
    - LFM: 6時間前の予測可降水量では、線状降水帯対応の予測可降水量はやや過大。3時間前の予測可降水量は、6時間前の初期値予測に比べて過大な範囲は縮小したが、線状降水帯対応の降水域付近では過大

## 令和3年8月の豪雨事例の数値予報の結果のまとめ (その3)

### • 広島県の線状降水帯発生事例

#### – 3時間降水量予測

- GSMとGSMガイダンス: 初期値によっては、実況に近い予測があった。熊本県内の記録雨に対応した降水は過小。
- MSMとMSMガイダンス: 実況に近い初期値の予測が多かった
- LFM: 中国地方の線状降水帯の予測を含む強雨域の予測降水量については、実況に近かったが、周辺の予測降水量に関しては過大な傾向
- MEPS最大降水量ガイダンス: アンサンブル最大の予測降水量は実況の強雨域を含む降水量を十分に捕捉。メンバーによって強雨域の南北方向へのばらつきが大きく、過大な予測降水量となった地域あり

## 令和3年8月の豪雨事例の数値予報の結果のまとめ (その4)

- 広島県の線状降水帯発生事例(続き)
  - 24時間降水量(12日の線状降水帯事例を含む)
    - MEPS: 11日21時初期値のアンサンブル最大では、GSMやMSMでは捕捉できなかった実況の九州北部の降水量最大値付近の降水を捕捉
  - 可降水量の予測と解析値の比較
    - MSMおよびLFM: 6時間前および3時間前の予測可降水量は、広島県内では差は小さかった

## 令和3年8月の豪雨事例の数値予報の結果のまとめ (その5)

### • 佐賀・長崎県の線状降水帯発生事例

#### – 3時間降水量予測

- GSMとGSMガイダンス: 過小
- MSMとMSMガイダンス: 過小。ガイダンスによる補正で、実況に近づいた
- LFM: 概ね実況に近い
- MEPS最大降水量ガイダンス: 直近のアンサンブル最大の予測降水量は実況の強雨域を含む降水量を十分に捕捉。メンバーによって強雨域の南北方向へのばらつきが大きく、過大な予測降水量となった地域が見られた

## 令和3年8月の豪雨事例の数値予報の結果のまとめ (その6)

- 佐賀・長崎県の線状降水帯発生事例(続き)
  - 24時間降水量
    - MEPS: 13日9時および13日21時初期値予測のアンサンブル最大では、MSMでは捕捉できなかった**実況の九州北部の降水量最大値付近の降水を捕捉**
  - 可降水量の予測と解析値の比較
    - MSM: **予測可降水量は、九州西方海上で少なかった**
    - LFM: **予測可降水量は、対馬海峡あたりで少なかったが、線状降水帯対応の降水域付近では、実況との差は小さかった**

## 令和3年8月の豪雨事例の数値予報の結果のまとめ (その7)

- メソ低気圧
  - 令和2年7月豪雨の線状降水帯発生事例と同様にMSMの予測結果からメソ低気圧が存在することを確認することができた
  - 線状降水帯に対応する帯状の降水域の予測には、メソ低気圧の予測位置や水蒸気量の適切な予測が必要なことが示唆される(環境場で下層風速が弱いことと関係しているかもしれない)
- 環境場(GSMとMSMによる解析値と予測値の比較)
  - 令和2年7月豪雨の福岡・佐賀・長崎での大雨特別警報事例と似ていた
  - 水蒸気混合比で300hPaから下層で平均場より多い場合は、中層(700hPa)から下層にかけて解析値に比べて、予測値は少ない傾向
  - 水平風速が全層で平均場比で全層で強いときに、500hPaから下層で風速が弱い傾向
  - 水蒸気フラックスについては、水蒸気混合比と水平風速の特徴から中層から下層で少ない傾向

## 今後の予測精度改善へ向けての取り組み

- 令和3年の豪雨事例では、線状降水帯に関連する大雨の予測が以下の点で不十分
  - GSMやGSMガイダンスでは、過小。MSMやMSMガイダンスでは直近の予測では実況に近かったが、6時間前初期値以前の予測では南への位置ずれ、予測降水量が過小。LFMでは実況に近いが周囲の降水量予測が過大
  - 水蒸気量を集める役目を果たす、メソ低気圧の予測に不確実性がある
  - 700～900hPaの中・下層を中心に解析に比べて予測する水蒸気量が足りない
- 気象庁海洋気象観測船2隻(凌風丸・啓風丸)等に設置のGNSS観測のメソ数値予報システムへの利用を2021年8月から開始
- アメダスに湿度計等を加えるなどの観測の充実や、新たな極軌道衛星の水蒸気データの数値予報システムへの利用
- 数値予報モデルの精度向上
  - 数値予報モデルの高解像度化と観測データを数値予報システムに効果的に取り込むための技術開発
  - 線状降水帯を予測するには、線状降水帯の発生に必要な水蒸気の流入量など、大気の状態を正確にとらえることが必要

今後の予測精度改善へ向けての取り組みについて述べる。

令和3年の豪雨事例では、線状降水帯に関連する大雨の予測が以下の点で不十分であることが分かった。

- GSMやGSMガイダンスでは、過小。MSMやMSMガイダンスでは直近の予測では実況に近かったが、6時間前初期値以前の予測では南への位置ずれ、予測降水量が過小。LFMでは実況に近いが周囲の降水量予測が過大
- 水蒸気量を集める役目を果たす、メソ低気圧の予測の不確実性がある
- 700～900hPaの中・下層を中心に解析に比べて予測する水蒸気量が足りない

これらは、水蒸気量の予測が不十分であることに他ならない。

そのため、アメダスに湿度計等を加えるなどの観測の充実や、新たな極軌道衛星の水蒸気データの数値予報システムへの利用を進めるとともに、これらの新たな水蒸気の観測成果を予測精度の向上に結びつけるために、観測データを数値予報システムに効果的に取り込むための技術開発が必要不可欠であり、数値予報モデルの高解像度化とあわせて検討している。

さらに、線状降水帯を予測するには、スーパーコンピュータを活用した予測技術の高度化に加えて、線状降水帯の発生に必要な水蒸気の流入量など、大気の状態を正確にとらえることが必要であり、これらの具体方策について検討を進めていく。

そして、交通政策審議会気象分科会提言「2030年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」(2018年8月20日)で示された、半日前からの早め早めの防災対応等に直結するように予測精度の向上のための技術開発等を加速していく予定である。

# 参考文献

- 気象庁 2021: 8月11日から19日の前線による大雨の状況について～『災害をもたらした気象事例』に資料を掲載しました～, 報道発表資料,  
[https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2021/20210831/jyun\\_sokuji20210811-0819.pdf](https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2021/20210831/jyun_sokuji20210811-0819.pdf)