

富岳を用いた2021年夏季 リアルタイムゲリラ豪雨予測の結果解析

2022年度シンポジウム
富岳で見える気象の未来予想図

理化学研究所 計算科学研究センター
前島 康光

目次

- ・ **スーパーコンピュータ富岳によるリアルタイム予報実証実験**

- ・ フェーズドアレイ気象レーダーによる30秒毎の観測
- ・ リアルタイム予報システムの概要
- ・ 2020年度実施のリアルタイム予報システムからの進展
- ・ リアルタイム予報でのプロダクト

- ・ **2021年8月7日に発生した局地的豪雨の予報結果解析**

- ・ 降水予報の概要
- ・ 1000アンサンブルメンバーによる確率予報

[理研について](#)
[研究室紹介](#)
[研究成果（プレスリリース）](#)
[広報活動](#)
[産学連携](#)
[採用情報](#)
[Home](#) > [広報活動](#) > [お知らせ](#) > [お知らせ 2021](#)

✓ いいね！ 35

🐦 ツイート

2021年7月13日

理化学研究所

情報・システム研究機構国立情報学研究所

情報通信研究機構

大阪大学

株式会社エムティーアイ

科学技術振興機構

[← 前の記事](#) [↑ 一覧へ戻る](#) [→ 次の記事](#)

7月20日-8月8日
8月24日-9月5日

「富岳」を使ったゲリラ豪雨予報

ー首都圏で30秒ごとに更新するリアルタイム実証実験を開始ー

[英語ページ](#)

理化学研究所（理研）計算科学研究センター データ同化研究チームの三好建正チームリーダー、雨宮新特別研究員、運用技術部門システム運転技術ユニットの宇野篤也ユニットリーダー、情報・システム研究機構 国立情報学研究所アーキテクチャ科学研究系の石川裕教授、情報通信研究機構 電磁波研究所電磁波伝搬研究センター リモートセンシング研究室の佐藤晋介総括研究員、大阪大学大学院工学研究科の牛尾知雄教授、株式会社エムティーアイ ライフ事業部気象サービス部の小池佳奈部長らの[共同研究グループ](#)は、2021年7月20日から8月8日までと8月24日から9月5日までの期間、[スーパーコンピュータ「富岳」](#)^[1]を使い、首都圏において30秒ごとに更新する30分後までの超高速高性能降水予報のリアルタイム実証実験を行います。

本研究は、近年増大する突発的な[ゲリラ豪雨](#)^[2]などの降水リスクに対して、「富岳」上の仮想世界と現実世界をリアルタイムにリンクさせることで、「富岳」の高度な利用可能性を切り拓き、[超スマート社会Society 5.0](#)^[3]の実現に貢献するものと期待できます。

共同研究グループは2020年に、さいたま市に設置されている情報通信研究機構が運用する最新鋭の[マルチパラメータ・フェーズドアレイ気象レーダー（MP-PAWR）](#)^[4]による30秒ごとの雨雲の詳細な観測データと、筑波大学と東京大学が共同で運営する最先端共同HPC基盤施設（JCAHPC）の[スーパーコンピュータOakforest-PACS](#)^[5]を用いて、首都圏において30秒ごとに新しいデータを取り込んで更新し、30分後までを予測する実証実験を行いました。

今回は、2021年3月に共用を開始した「富岳」を使うことで、前年よりも20倍大きな1,000通りの[アンサンブル計算](#)^[6]を行います。また、システム全体を改良し、30秒ごとに更新する解像度500mの気象予測をリアルタイムで行います。このリアルタイム予報は世界唯一の取り組みで、研究に着手した2013年10月以降のさまざまな成果の集大成です。さらに、「富岳」のリアルタイム利用は初めての試みで、超スマート社会Society 5.0の実現に向け、「富岳」の新しい活用方法を切り拓きます。

実証実験で得る予報データは、気象業務法に基づく予報業務許可のもと、[理研の天気予報研究のウェブページ](#)  および株式会社エムティーアイの[スマートフォンアプリ「3D雨雲ウォッチ」](#)  で7月20日正午から公開します。

理研・お知らせ2021年7月13日
https://www.riken.jp/pr/news/2021/20210713_1/index.html

フェーズドアレイ気象レーダ(PAWR)による観測

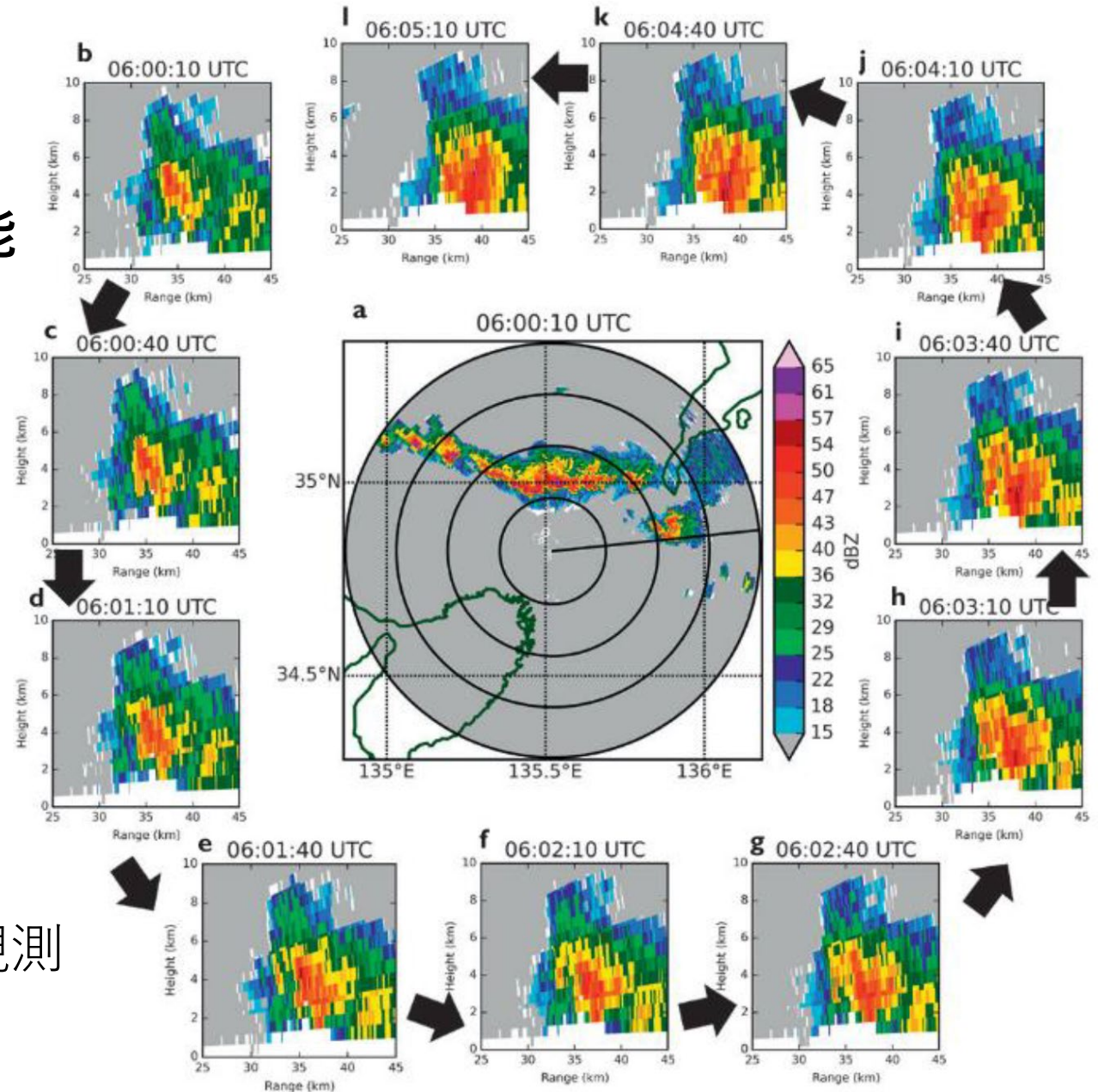


フェーズドアレイ気象レーダ(PAWR)による観測

30秒毎の観測によって、急速に発達する積乱雲の様子を**連続的に捉えることが可能**

30秒毎に観測データを数値予報モデルに同化することによって、**局地的豪雨(ゲリラ豪雨)の予報を目指す**

2013年7月13日
大阪・吹田のレーダーによる観測
(Miyoshi et al. 2016; Fig.1)



30秒毎のデータ同化のインパクト

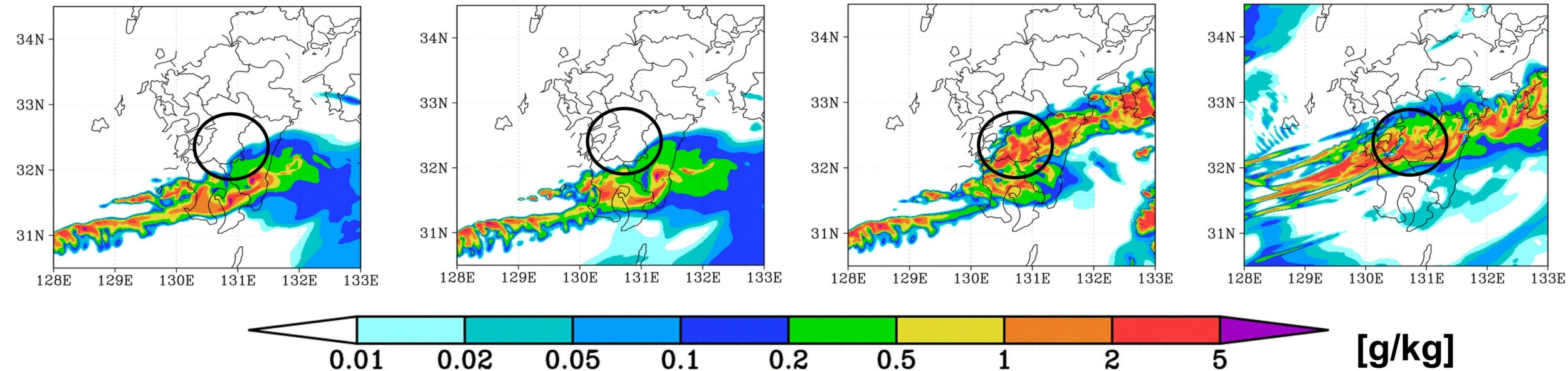
令和2年7月豪雨を対象とした観測システムシミュレーション実験
2020年7月4日午前4時(日本時間)を初期時刻とした1時間先の雨粒量の水平分布

同化なし

5分毎の観測データを同化

30秒毎の観測データを同化

正解のデータ



理研プレスリリース2022年3月7日

(https://www.riken.jp/press/2022/20220307_1/index.html)

(Maejima et al. 2022; Fig. 4)

30秒毎の観測データを同化することで、線状降水帯による豪雨予報を大幅に改善

データ同化手法

(局所アンサンブル変換カルマンフィルタ; LETKF)

③ 観測値(赤の円)とつきあわせて結果を絞り込む(緑の楕円)

データ同化による
解析値の平均

観測値

(グレーの線1本1本がアンサンブルメンバーを示す)

① 少しばらつきをもった複数の初期値(オレンジの楕円)
からシミュレーションを行う

初期の解析値
(誤差を考慮)

④ 緑の楕円を、その時点からの
シミュレーションの初期値とする。

② 結果のばらつきは大きくなる(青の楕円)

シミュレーション結果の平均

時間

リアルタイム予報システムの流れ

Miyoshi et al. (in prep.)

JMA mesoscale model (5km)



3-hour update

Outer domain (1.5km)

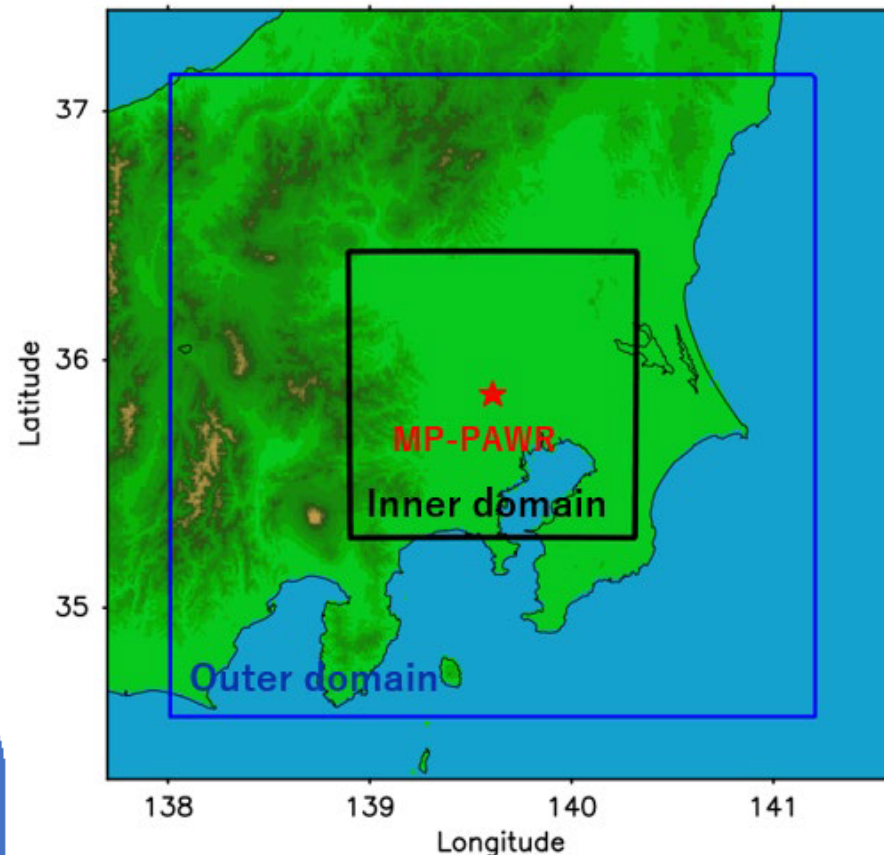
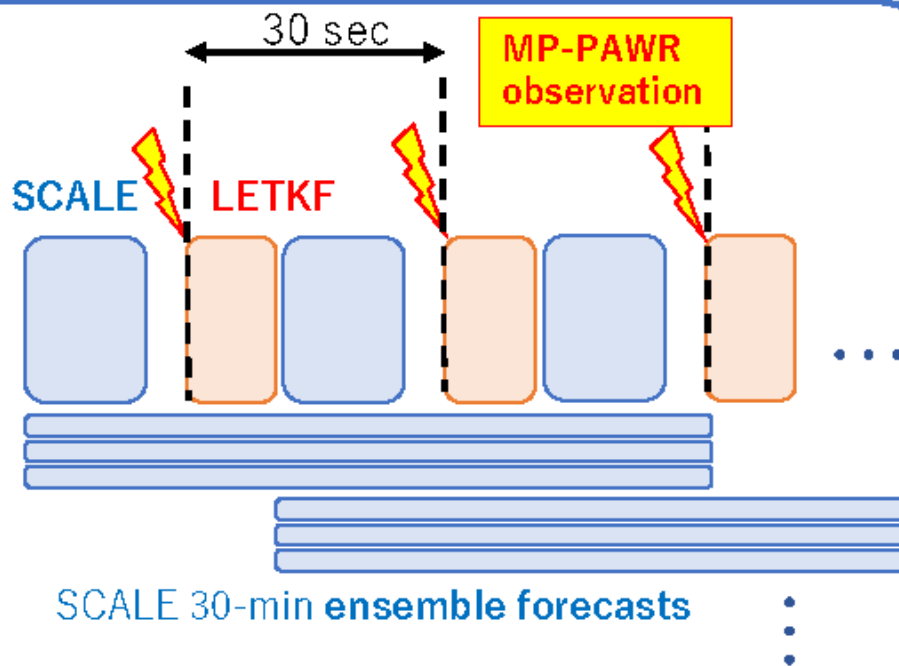
2002 nodes



30-sec update

Inner domain
(500m)

8808 nodes



リアルタイム予報システムの流れ

Miyoshi et al. (in prep.)

JMA mesoscale model (5km)



3-hour update

Outer domain (1.5km)

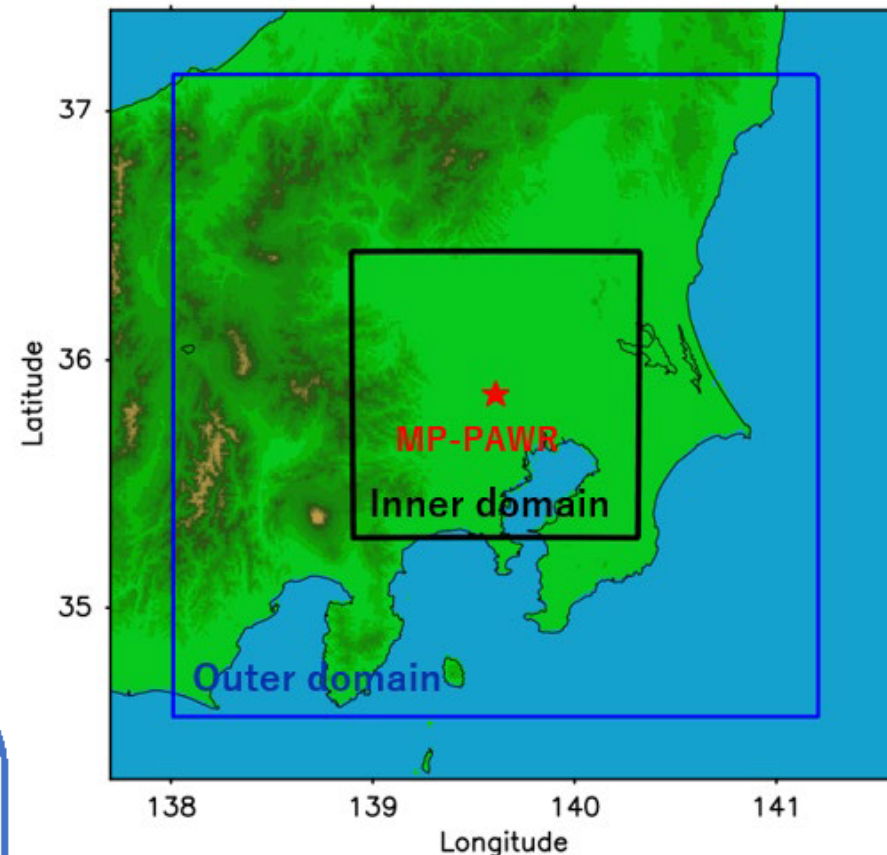
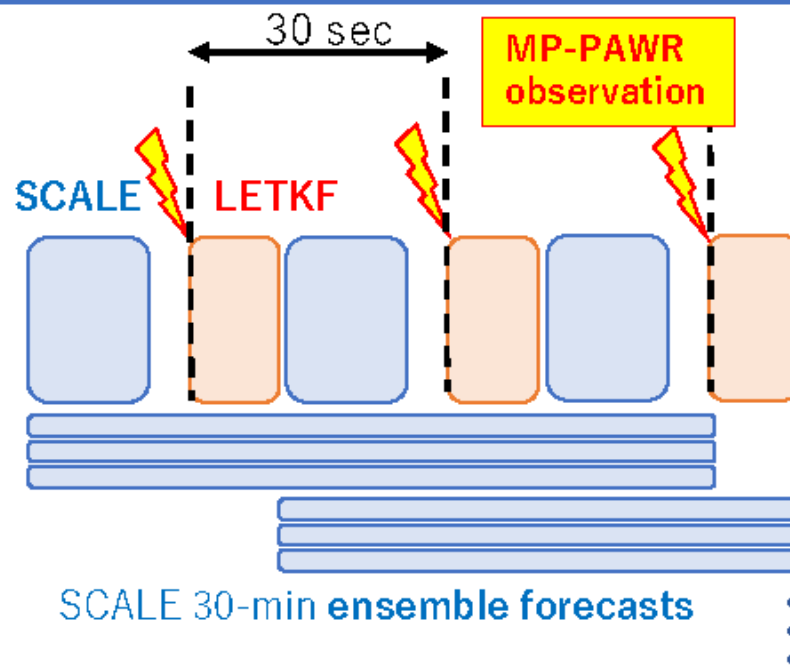
2002 nodes



30-sec update

Inner domain
(500m)

8808 nodes



1000アンサンブルメンバーを用いて
30秒毎にPAWR観測データを同化

10メンバー + アンサンブル平均で
30分先まで予報

2020年度実施のリアルタイム予報からの進展

	2020年度	2021年度
コンピュータ	Oakforest-PACS	富岳
データ同化アンサンブル数	50	1000
予報アンサンブル数	1	10
境界データ	米国NCEP全球モデル	気象庁メソモデル (高解像度化)
計算領域数	4	2 (安定化)

2020年度実施のリアルタイム予報からの進展

	2020年度	2021年度
データ同化 + 30分先までの予報を約3分以内に完了 27分以上のリードタイムを持った予報を配信		
予報アンサンブル数	1	10
富岳全体の約9%を占有することで実現		
計算領域数	4	2 (安定化)

30秒毎のPAWR観測データ

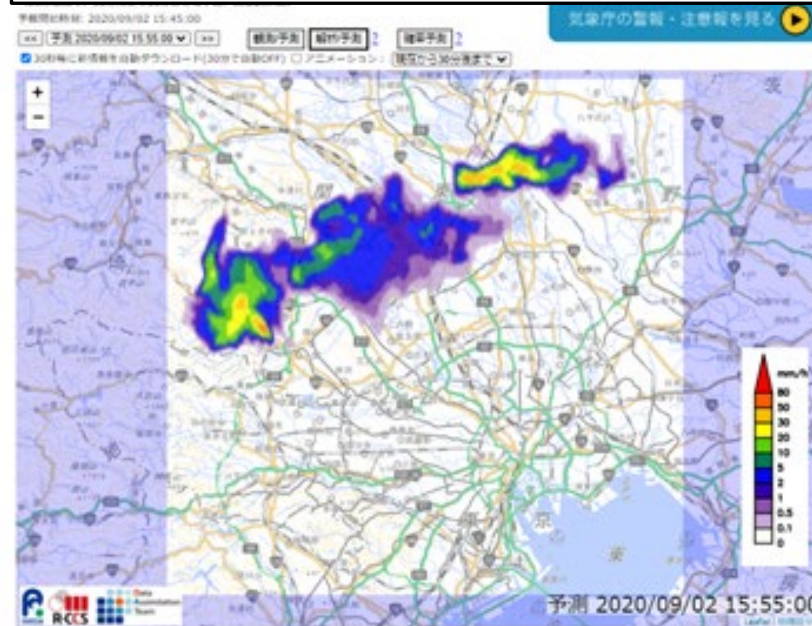


リアルタイム予報のプロダクト 理化学研究所 理研天気予報ホームページ (<http://weather.riken.jp/>)

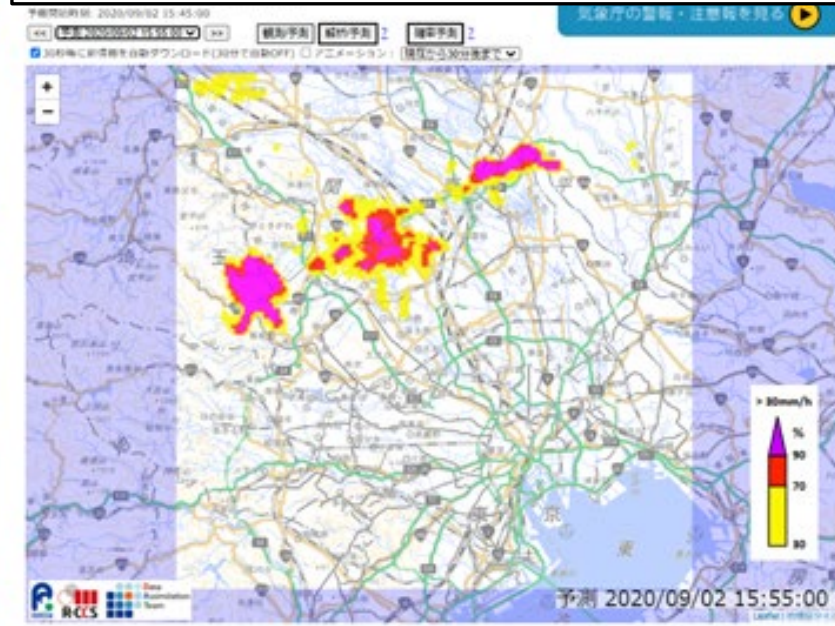
理研・お知らせ2021年7月13日

https://www.riken.jp/pr/news/2021/20210713_1/index.html

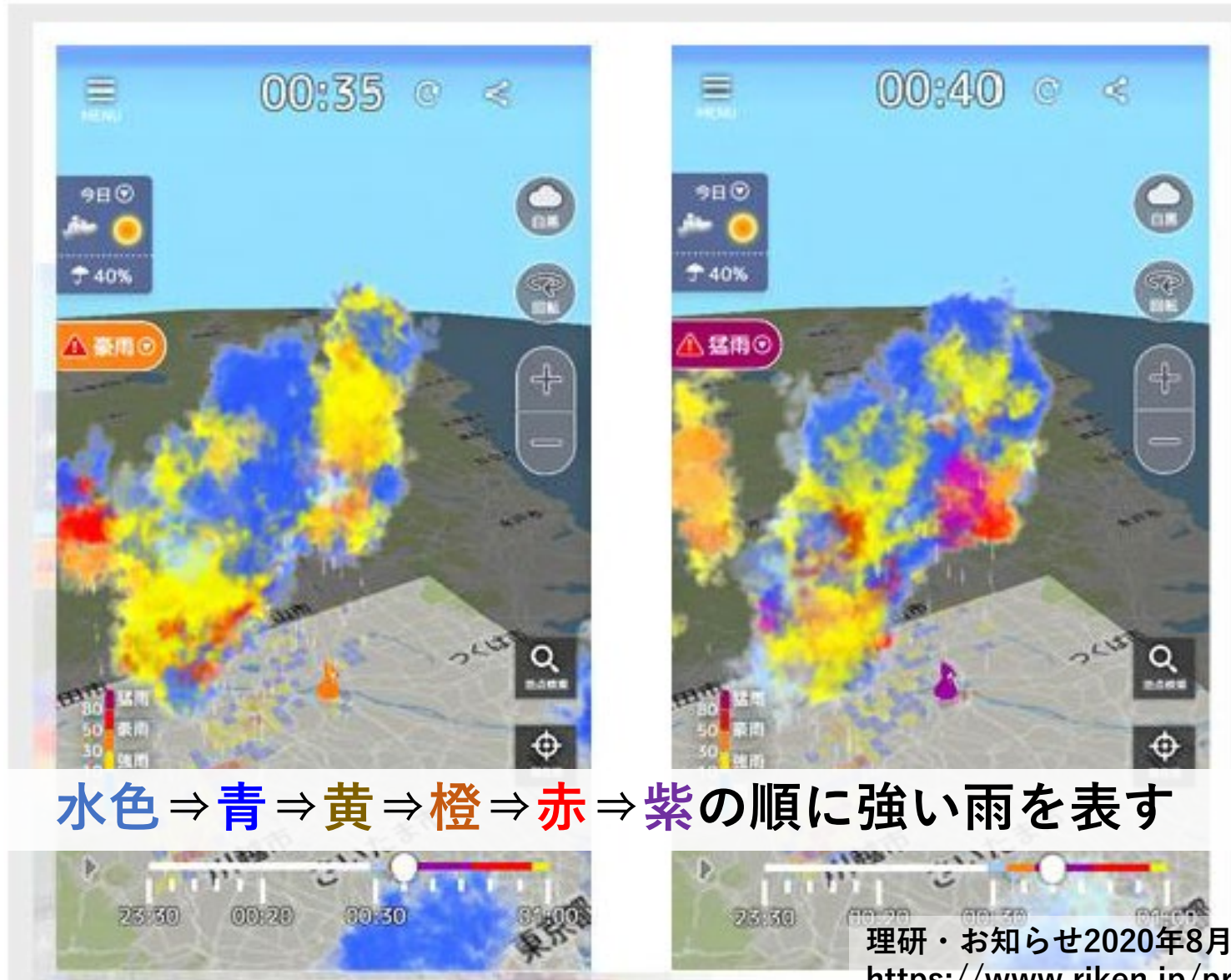
30秒毎・30分先までの降水予報



30mm/h以上の降水が起きる確率



リアルタイム予報のプロダクト 株式会社エムティーアイ「3D 雨雲ウォッチ」

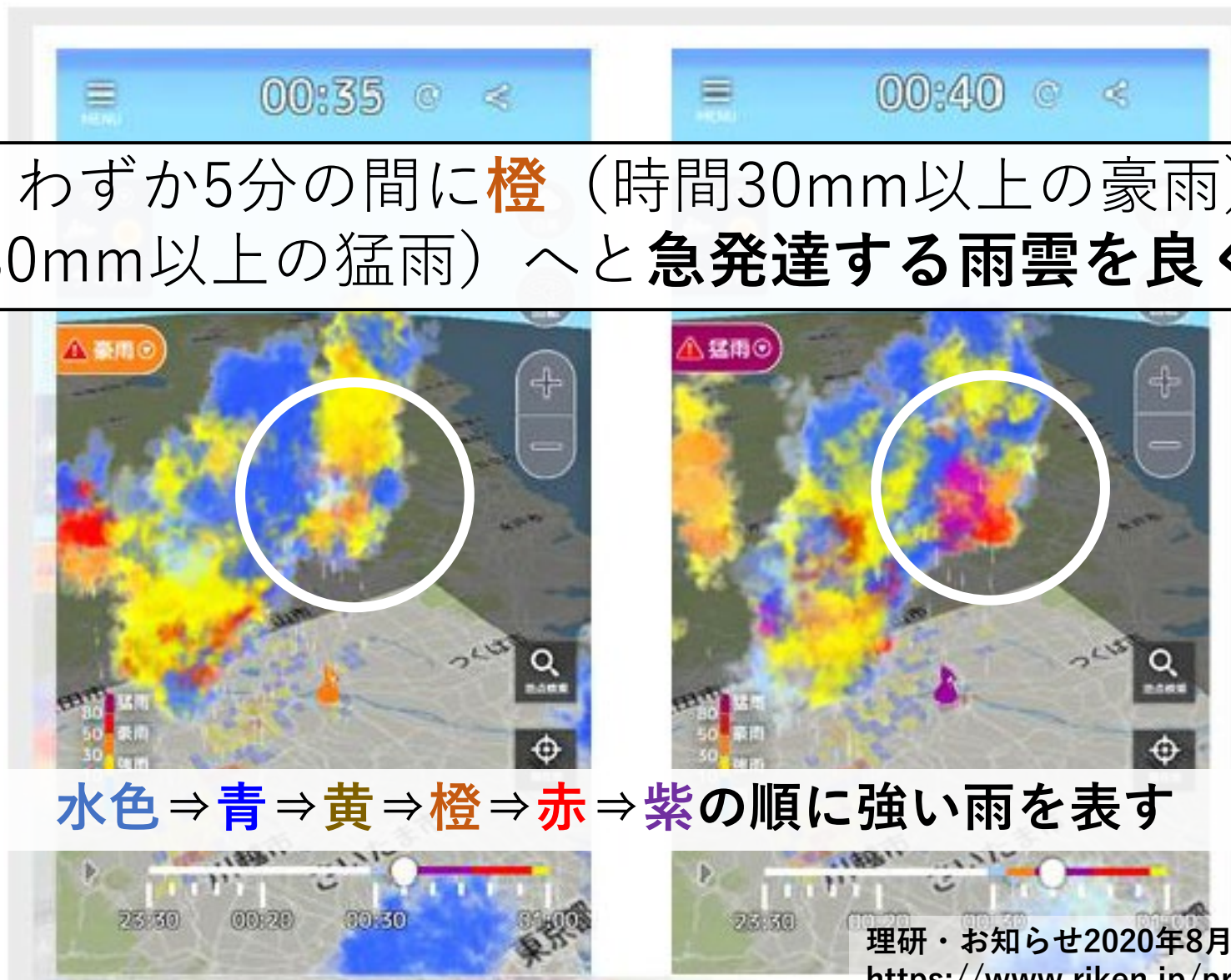


理研・お知らせ2020年8月21日

https://www.riken.jp/pr/news/2020/20200821_1/index.html

リアルタイム予報のプロダクト 株式会社エムティーアイ「3D 雨雲ウォッチ」

わずか5分の間に**橙**（時間30mm以上の豪雨）から
紫（時間80mm以上の猛雨）へと**急発達する雨雲を良く予報している。**



理研・お知らせ2020年8月21日

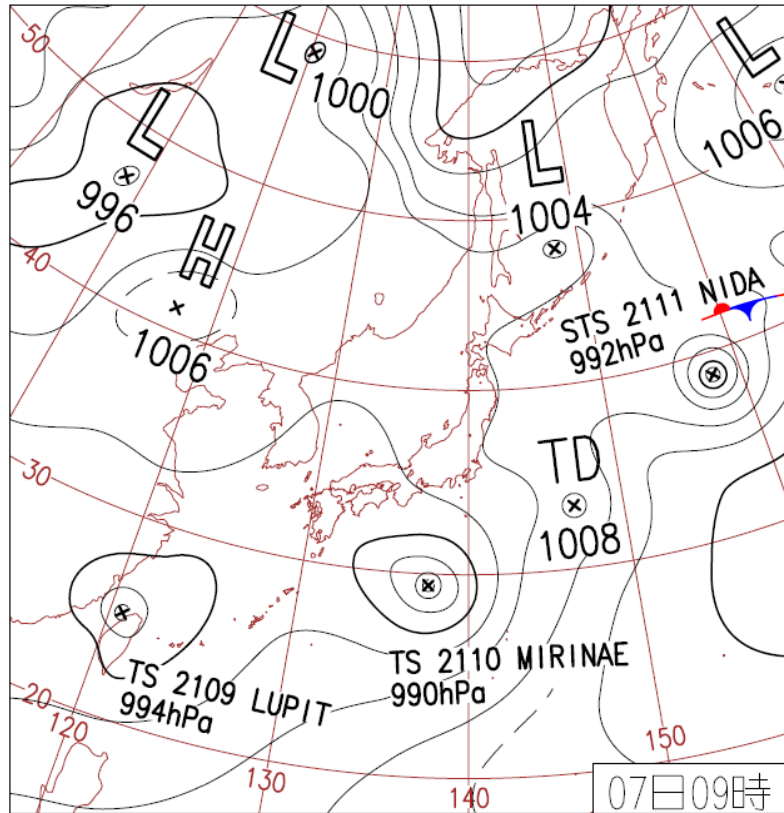
https://www.riken.jp/pr/news/2020/20200821_1/index.html

2021年度実施 リアルタイム予報実証実験のまとめ

- 関東地方を対象に、30秒毎更新する30分先までのリアルタイム予報実験を実施した。
- データ同化サイクル＋30分予報は約3分で完了。27分以上のリードタイムを持つ予報を配信出来た。
- 1000アンサンブルメンバーでデータ同化を行った。
- 10アンサンブルメンバーの予報を行い、豪雨の確率予報も提供した。
- スマホアプリ「3D雨雲ウォッチ」にて予報結果をリアルタイム配信を行った。

2021年8月7日 11:00～11:30 に発生した局地的豪雨事例

2021年8月7日9時の天気図

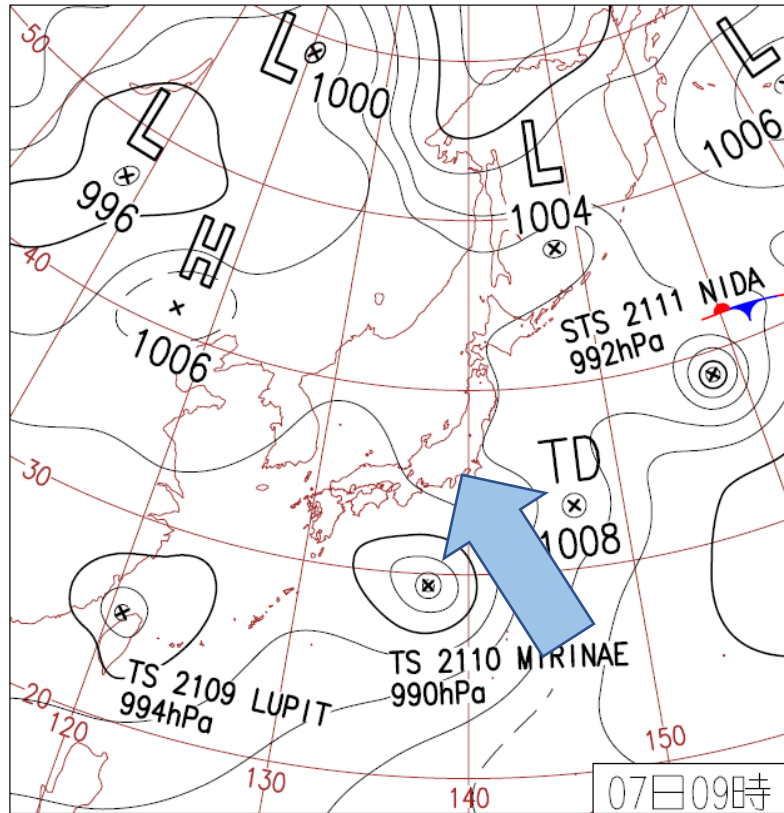


気象庁 日々の天気図より

<https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/index.html>

2021年8月7日 11:00～11:30 に発生した局地的豪雨事例

2021年8月7日9時の天気図

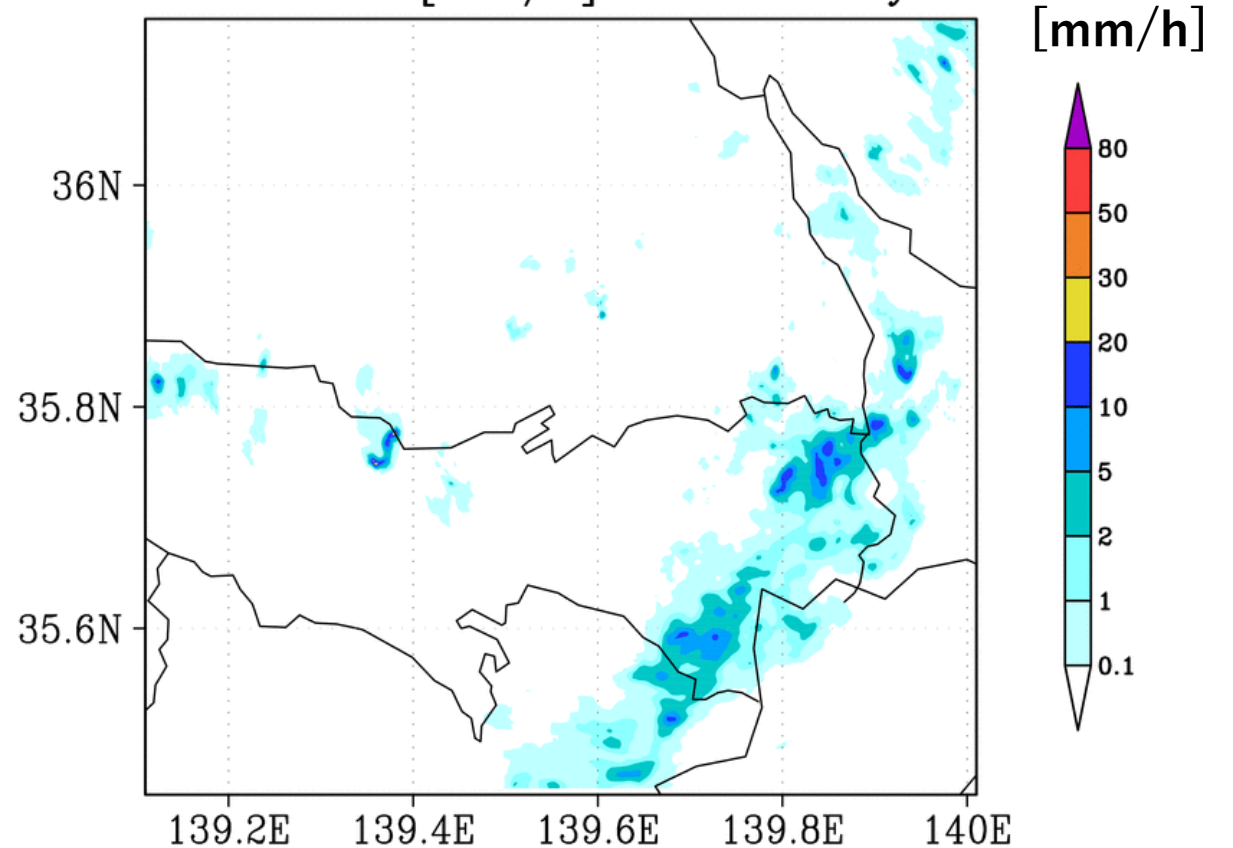


気象庁 日々の天気図より

<https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/index.html>

埼玉大学MP-PAWRによる観測

Observation [mm/h] 11:00:00 July 23

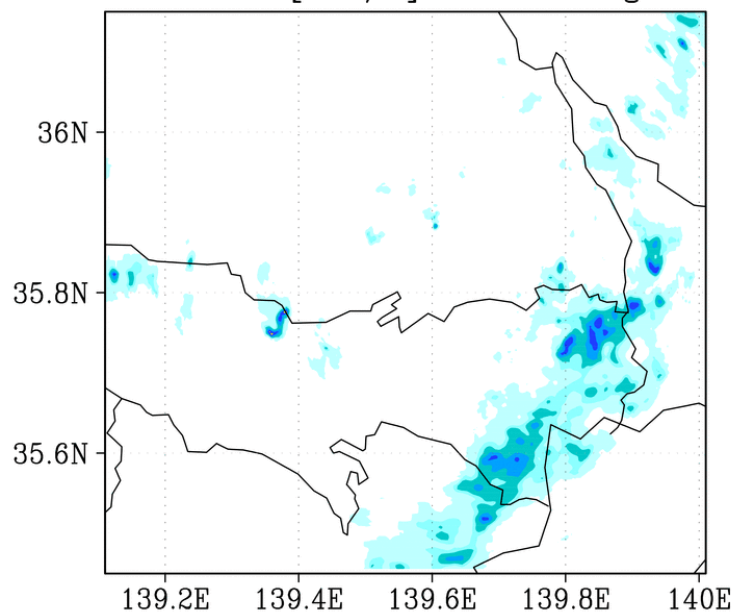


- ・ 台風10号縁辺の湿った大気が関東地方に流入し、大気が不安定な状態にあった。
- ・ 11:00～11:30にかけて、局地的に30mm/h以上の豪雨が発生した。

8月7日 11:00(予報初期値)

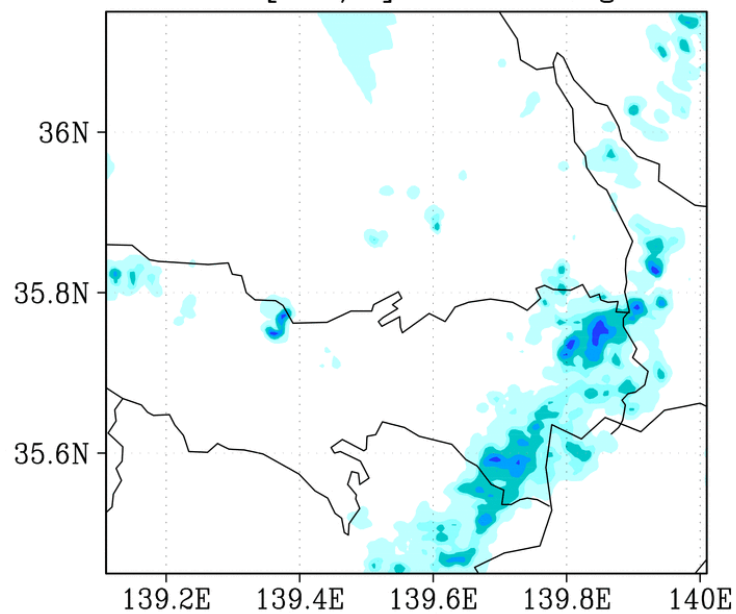
PAWR観測

Observation [mm/h] 11:00:00 August 7



リアルタイム予報結果

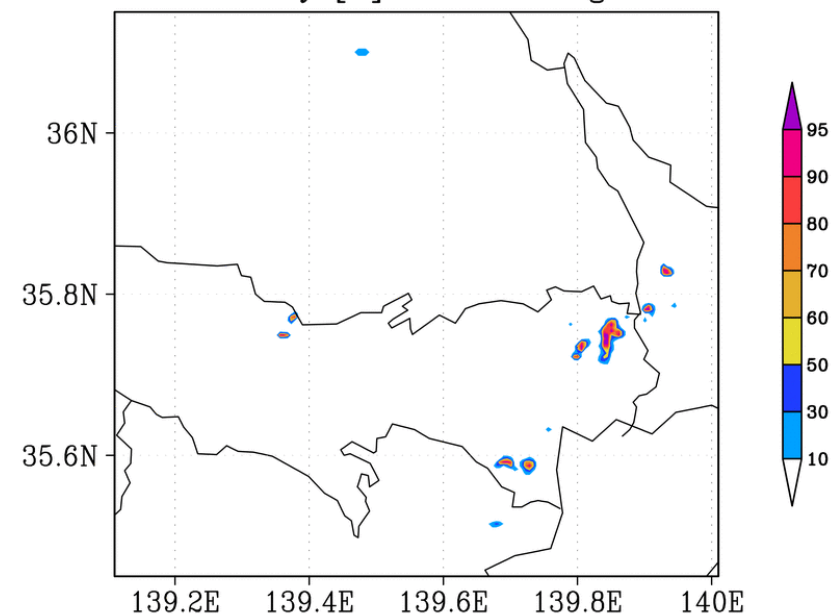
Forecast [mm/h] 11:00:00 August 7



※ 1000メンバーの平均からの予報

30 mm/h以上の降水確率

Probability [%] 11:00:00 August 7

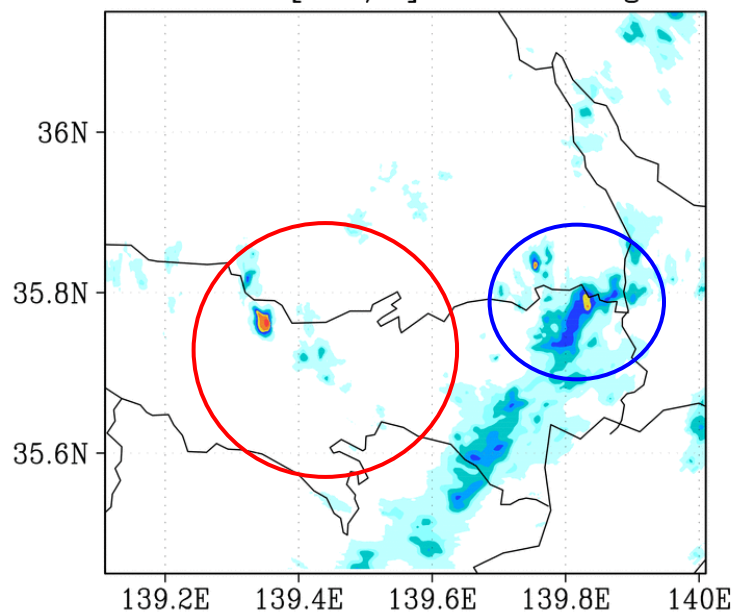


※ 10アンサンブル予報から算出

8月7日 11:10(10分予報)

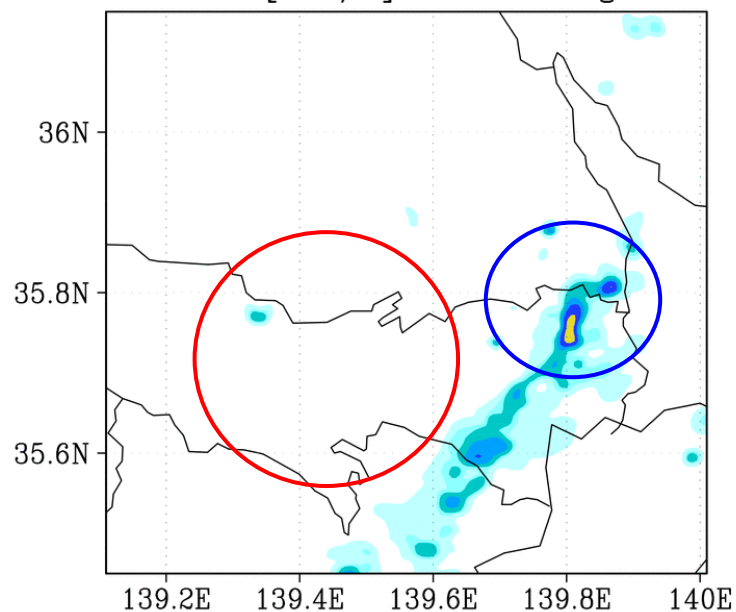
PAWR観測

Observation [mm/h] 11:10:00 August 7



リアルタイム予報結果

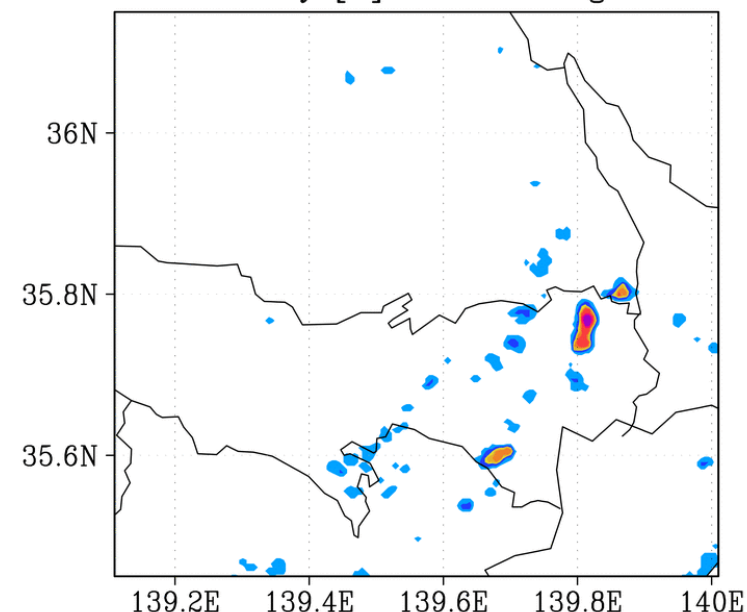
Forecast [mm/h] 11:11:00 August 7



※ 1000メンバーの平均からの予報

30 mm/h以上の降水確率

Probability [%] 11:10:00 August 7

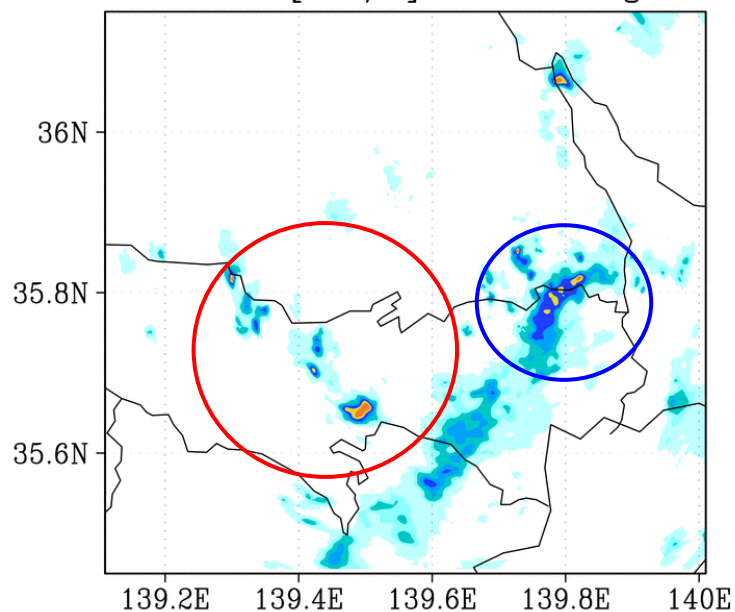


※ 10アンサンブル予報から算出

8月7日 11:20(20分予報)

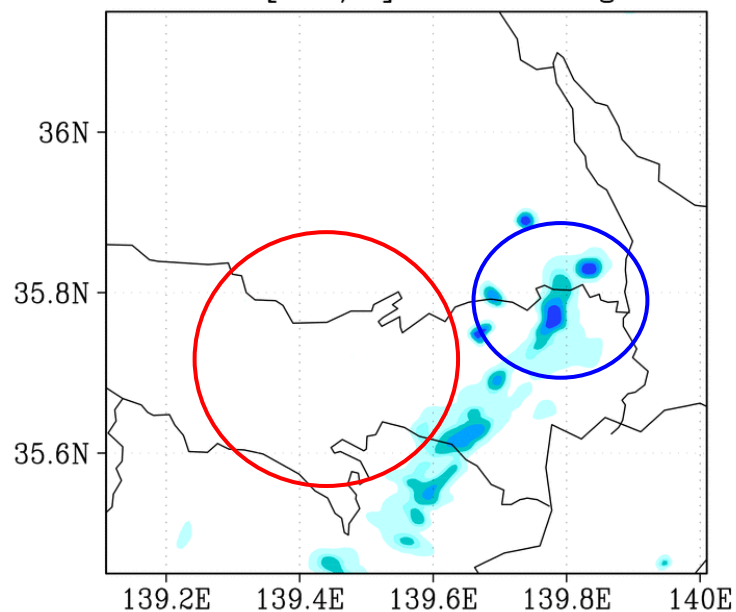
PAWR観測

Observation [mm/h] 11:20:00 August 7



リアルタイム予報結果

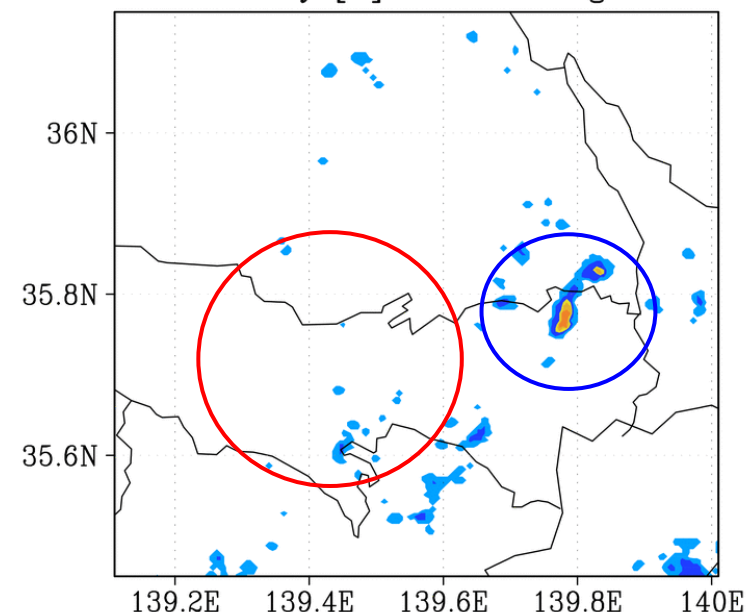
Forecast [mm/h] 11:20:00 August 7



※ 1000メンバーの平均からの予報

30 mm/h以上の降水確率

Probability [%] 11:20:00 August 7

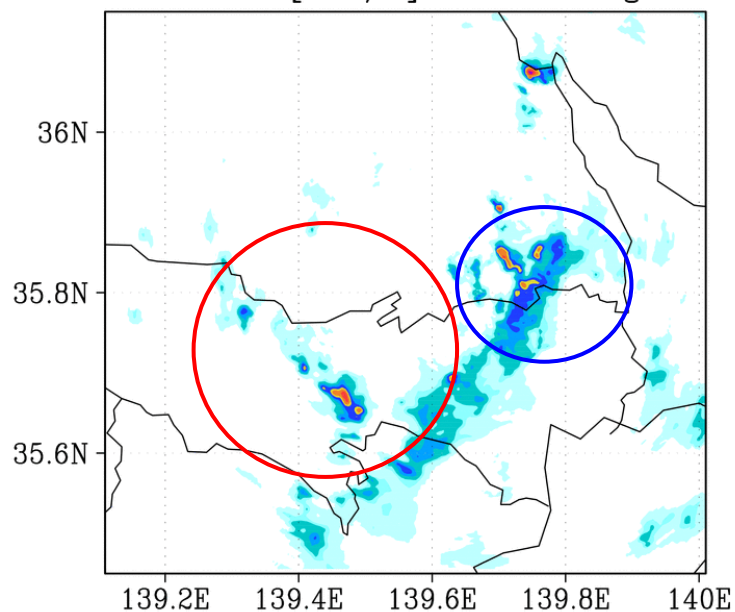


※ 10アンサンブル予報から算出

8月7日 11:30(30分予報)

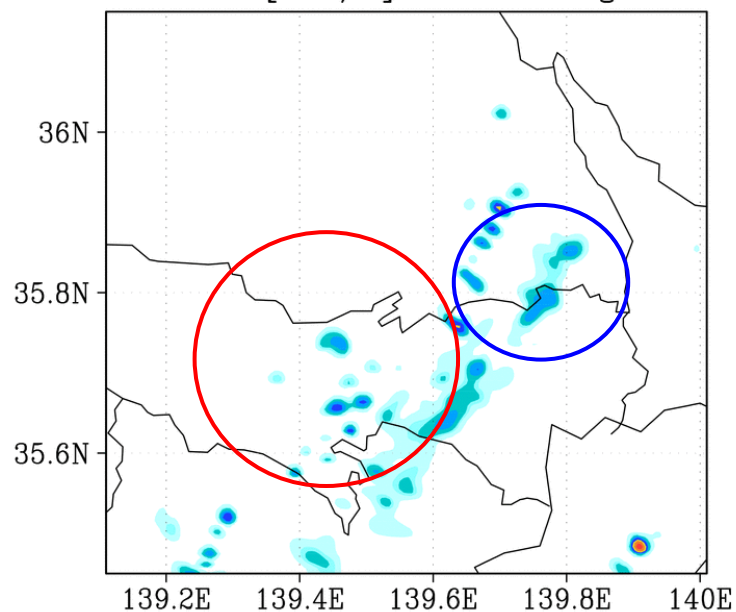
PAWR観測

Observation [mm/h] 11:30:00 August 7



リアルタイム予報結果

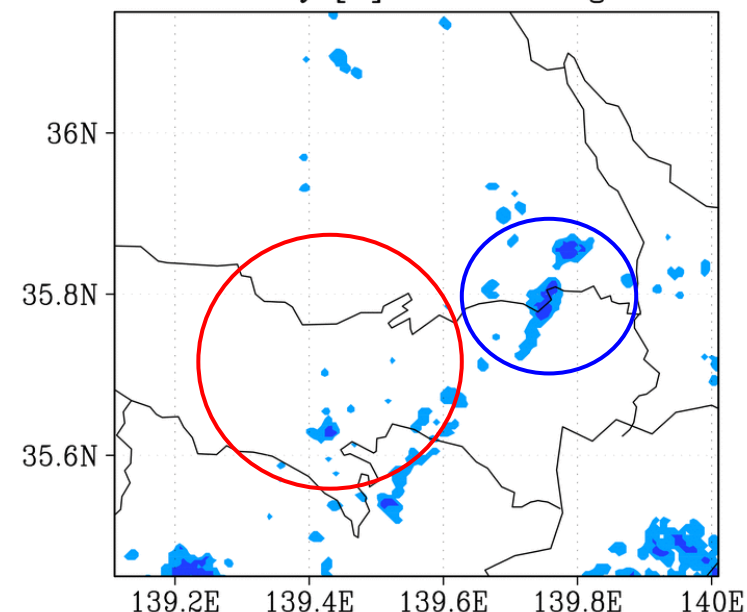
Forecast [mm/h] 11:30:00 August 7



※ 1000メンバーの平均からの予報

30 mm/h以上の降水確率

Probability [%] 11:30:00 August 7



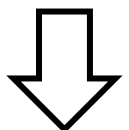
※ 10アンサンブル予報から算出

予報の精度評価 (スレッドスコア)

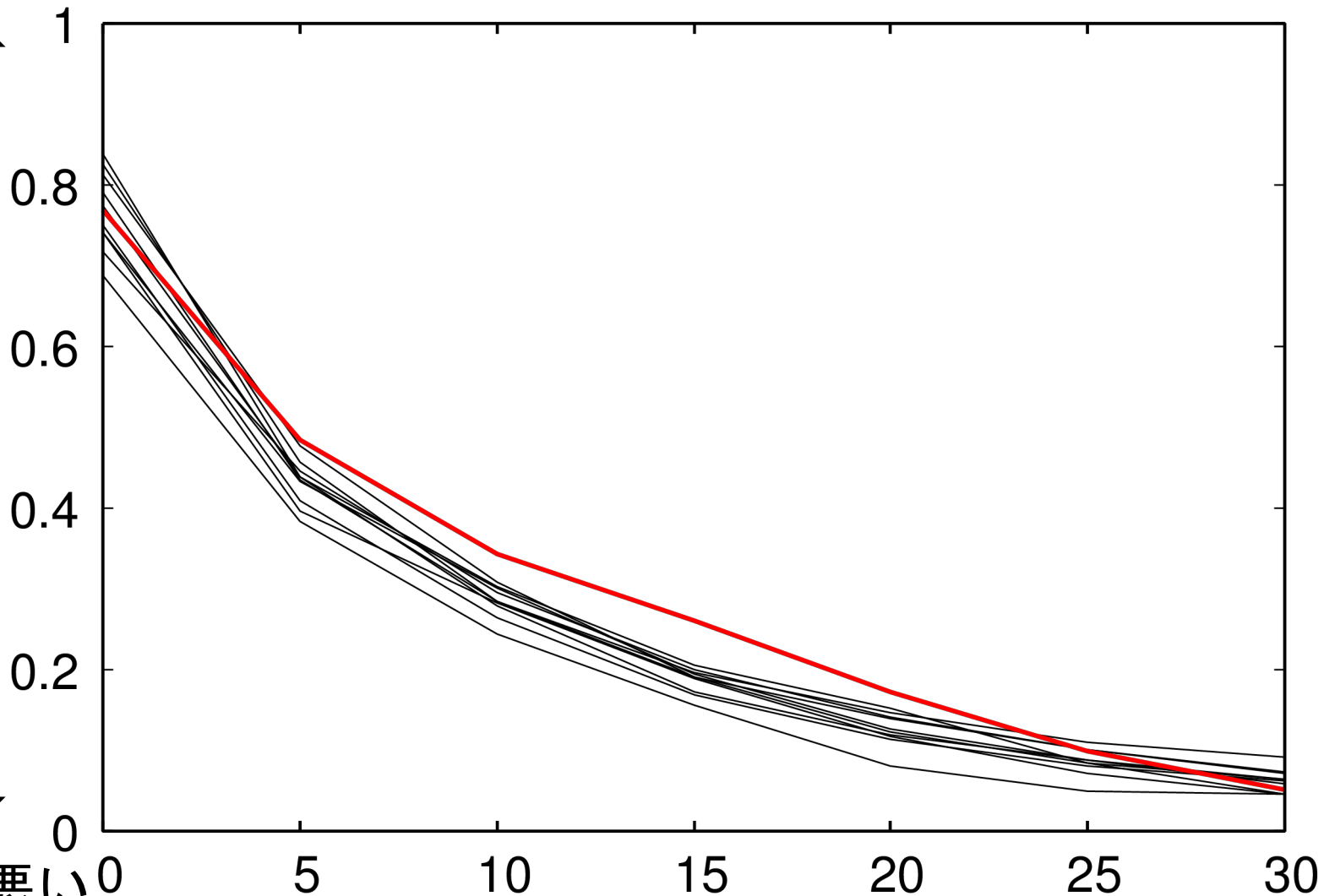
精度が良い



スコア



精度が悪い



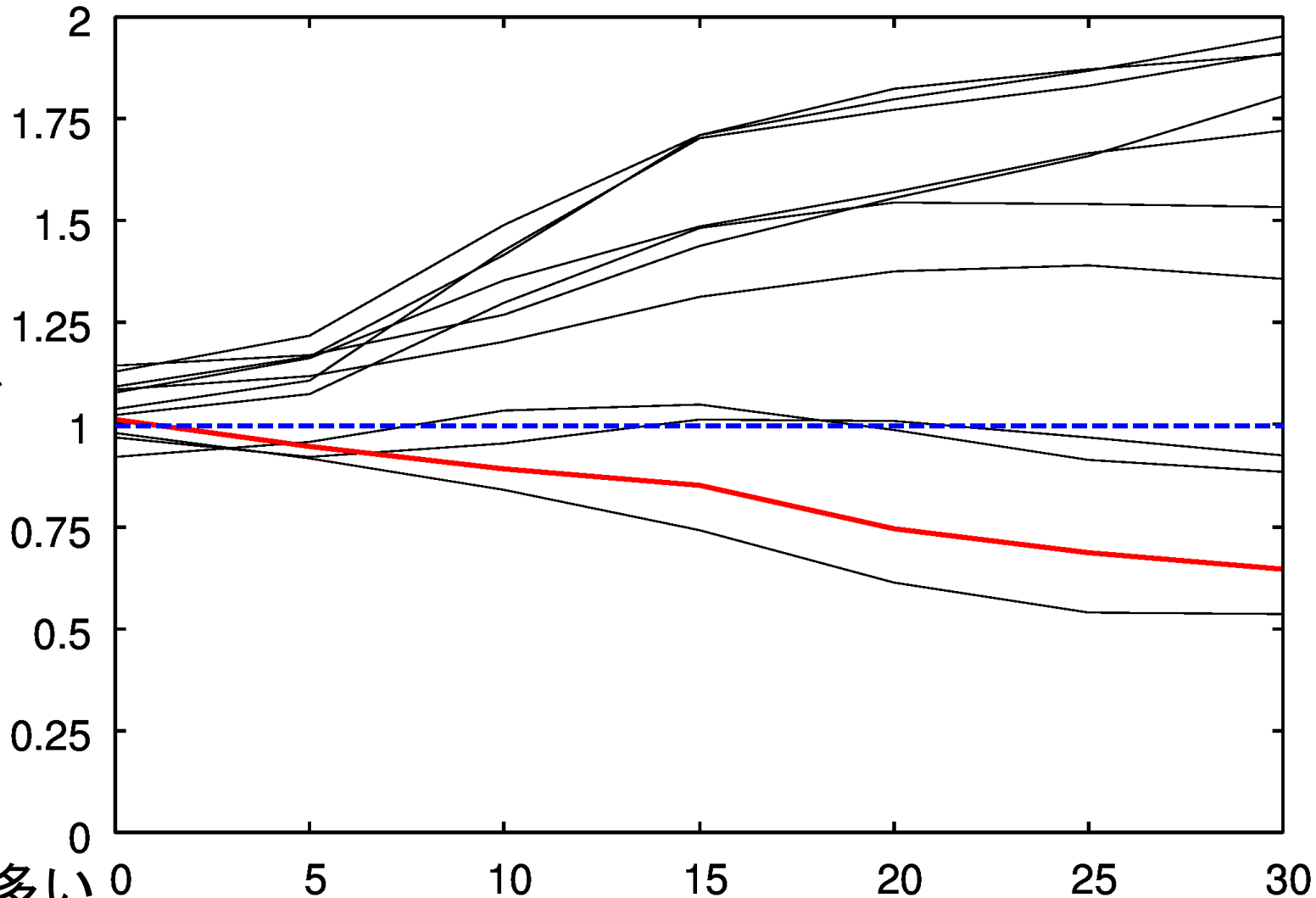
予報時間 [分]

予報の精度評価 (バイアススコア)

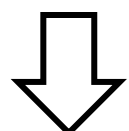
空振が多い



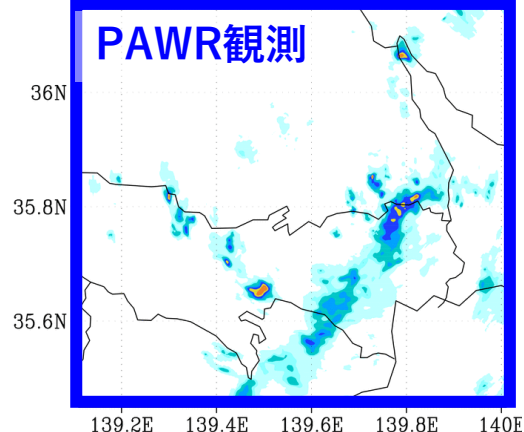
スコア



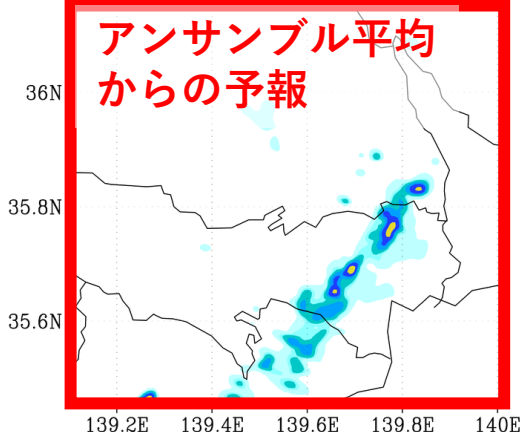
見逃しが多い



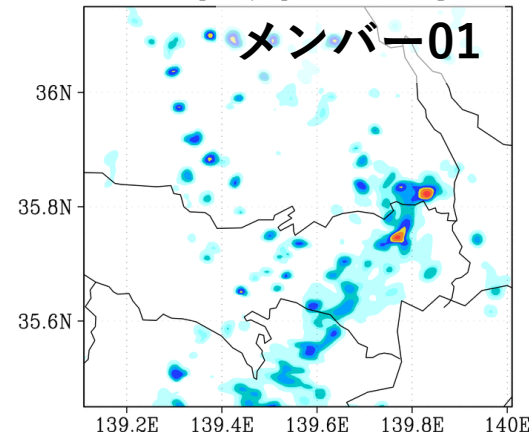
Observation [mm/h] 11:20:00 August 7



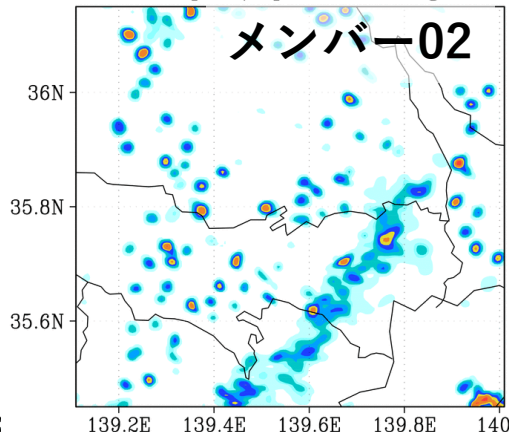
Forecast [mm/h] 02:20:00 August 7



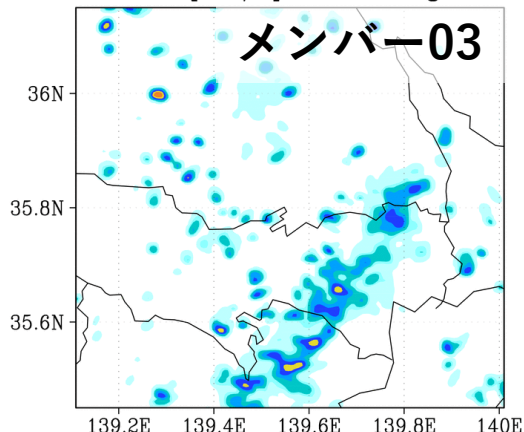
Forecast [mm/h] 02:20:00 August 7



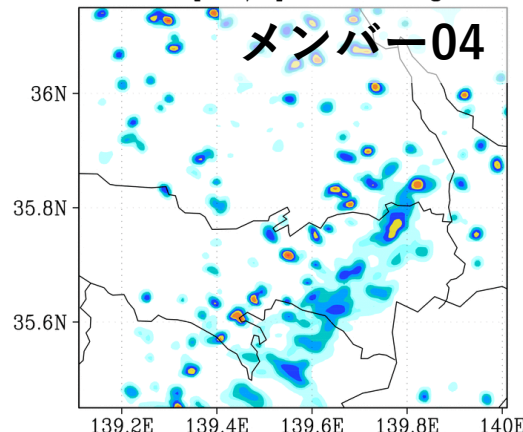
Forecast [mm/h] 02:20:00 August 7



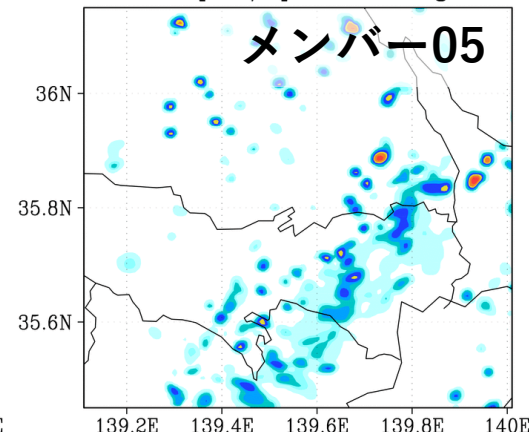
Forecast [mm/h] 02:20:00 August 7



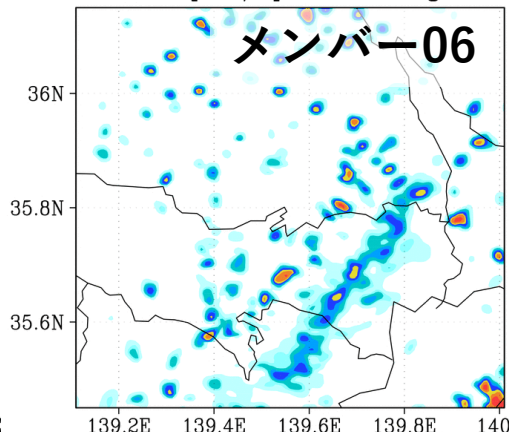
Forecast [mm/h] 02:20:00 August 7



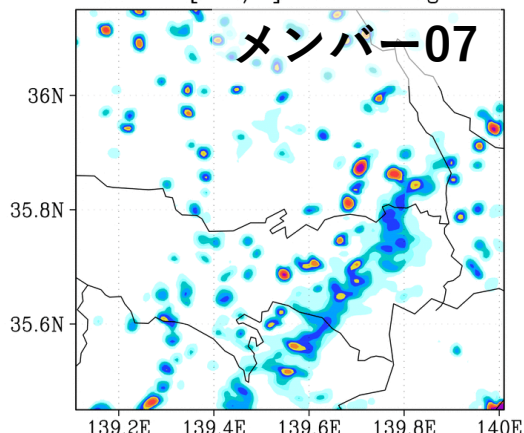
Forecast [mm/h] 02:20:00 August 7



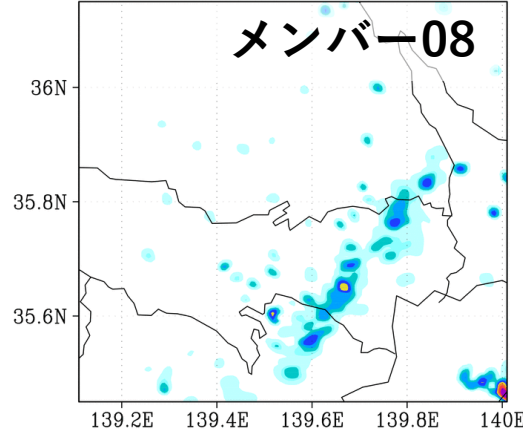
Forecast [mm/h] 02:20:00 August 7



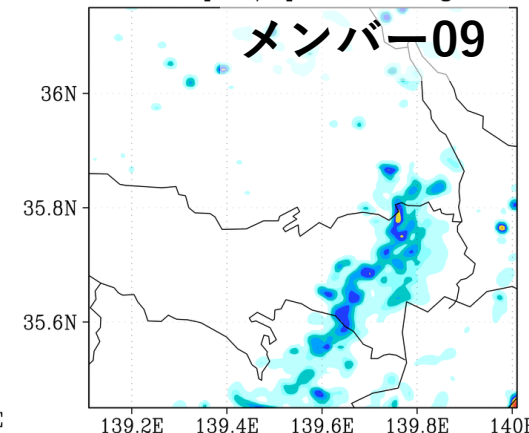
Forecast [mm/h] 02:20:00 August 7



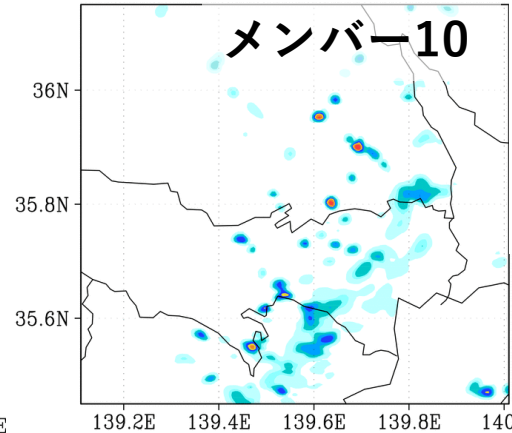
Forecast [mm/h] 02:20:00 August 7



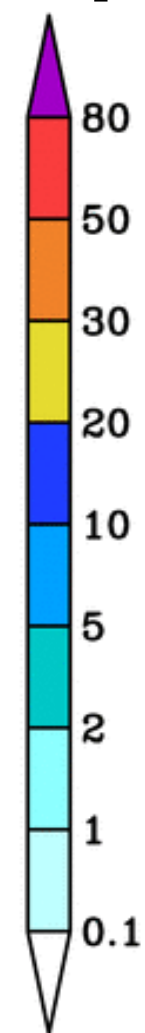
Forecast [mm/h] 02:20:00 August 7



Forecast [mm/h] 02:20:00 August 7

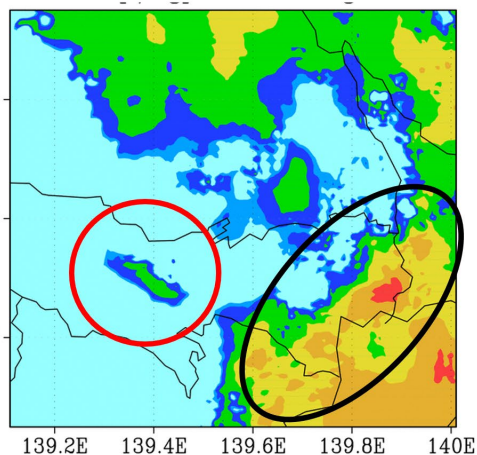


[mm]

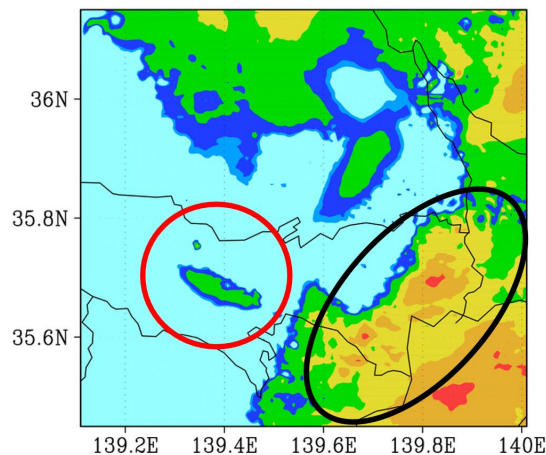


大気の不安定度 (高度1.5kmでのCAPE)

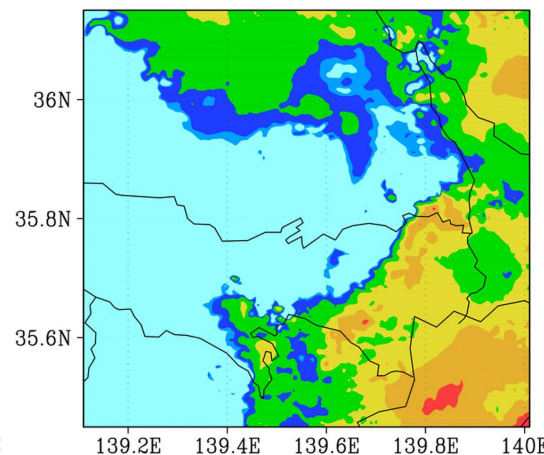
解析値 (11:00)



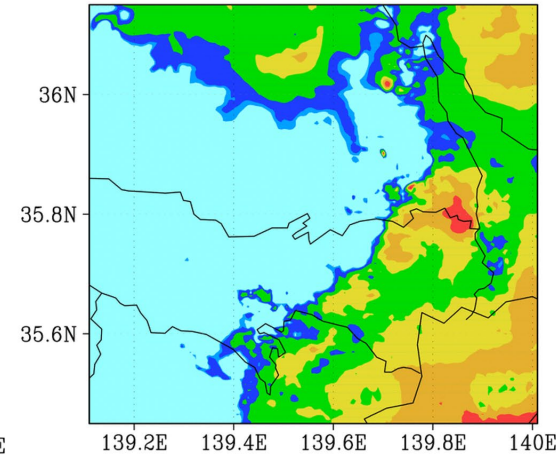
解析値 (11:10)



解析値 (11:20)

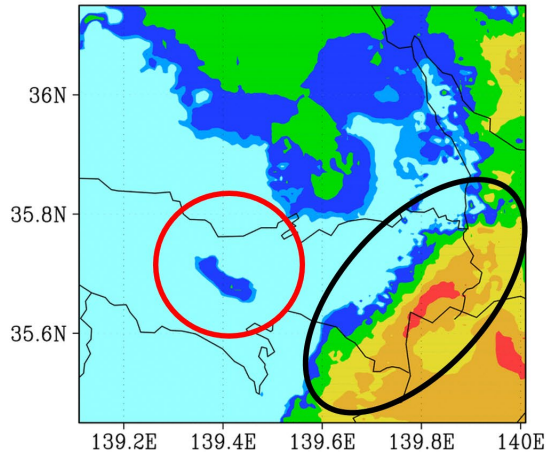


解析値 (11:30)

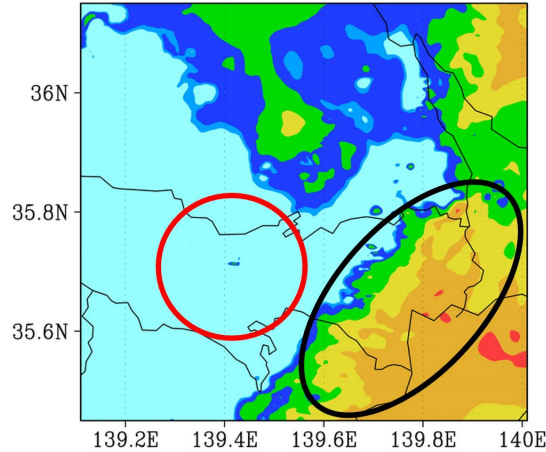


※ 解析値: 観測データを数値予報モデルに同化することによって得られた結果

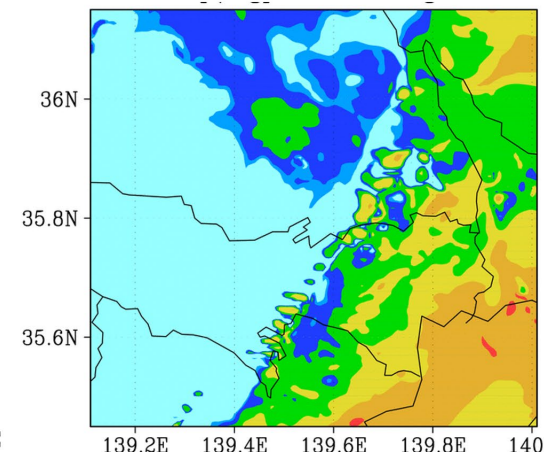
予報値 (11:00, 初期値)



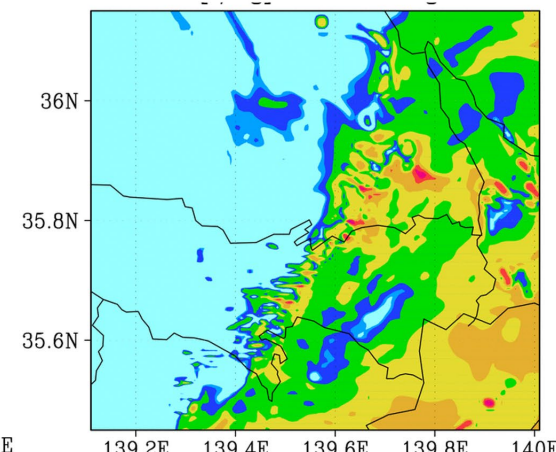
予報値 (11:10, 10分予報)



予報値 (11:20, 20分予報)



予報値 (11:30, 30分予報)



※ 予報値: 11:00の解析値を初期値とした30分先(11:30)までの予報

不安定

[J kg⁻¹]

3000

2500

2000

1500

1000

500

200

100

安定

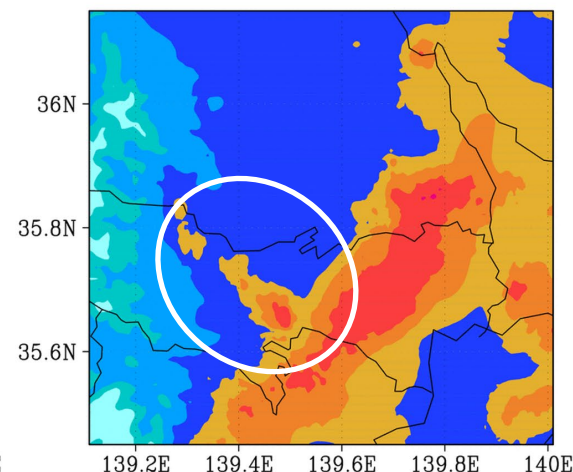
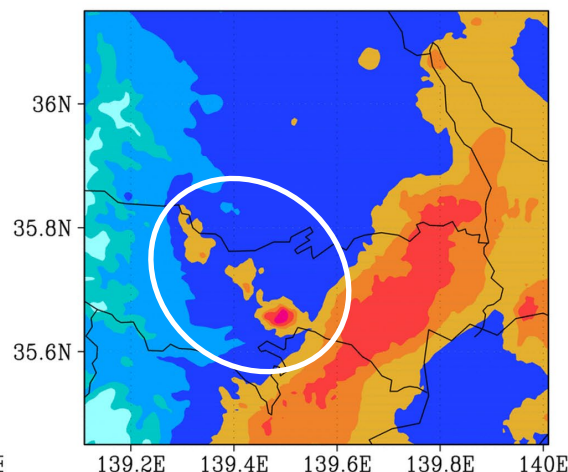
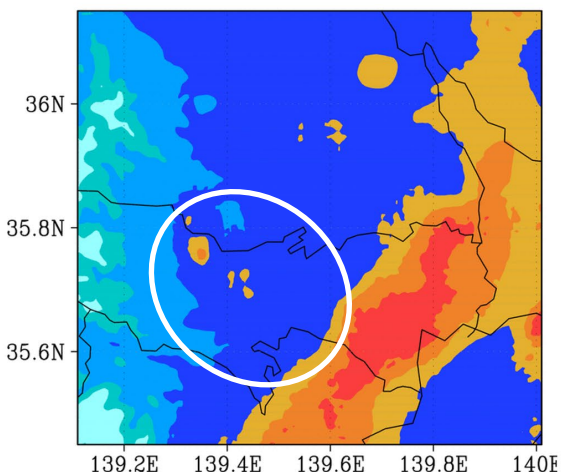
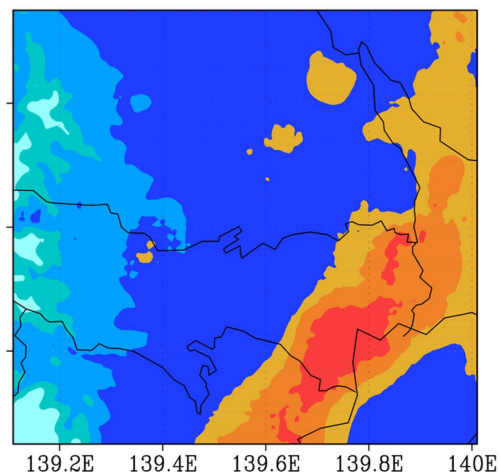
大気中の水蒸気の豊富さ(可降水量)

解析値 (11:00)

解析値 (11:10)

解析値 (11:20)

解析値 (11:30)



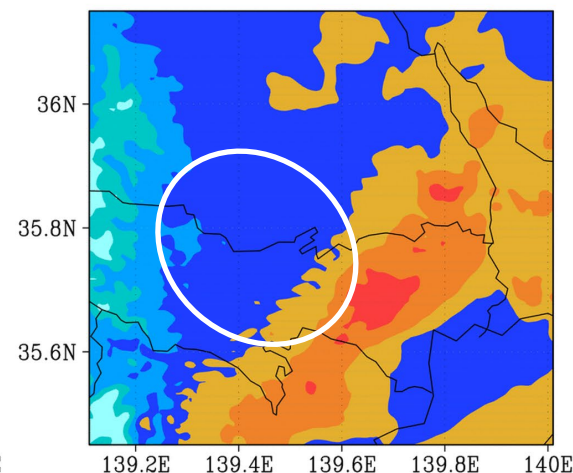
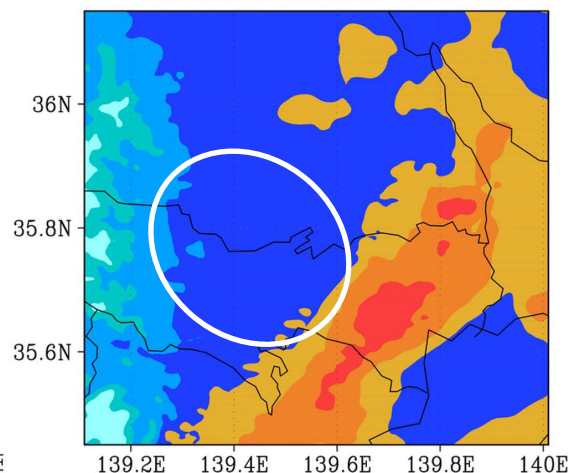
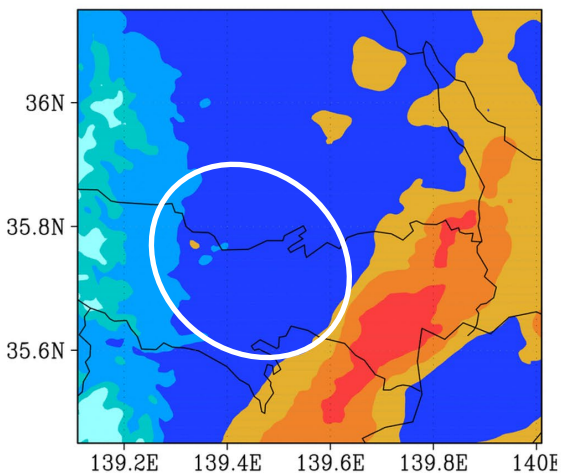
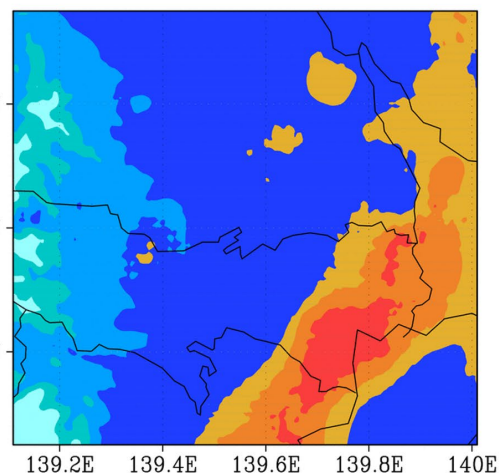
※ 解析値: 観測データを数値予報モデルに同化することによって得られた結果

予報値 (11:00, 初期値)

予報値 (11:10, 10分予報)

予報値 (11:20, 20分予報)

予報値 (11:30, 30分予報)



※ 予報値: 11:00の解析値を初期値とした30分先(11:30)までの予報

多い

[mm]

80

70

65

60

55

50

45

40

30

20

少ない

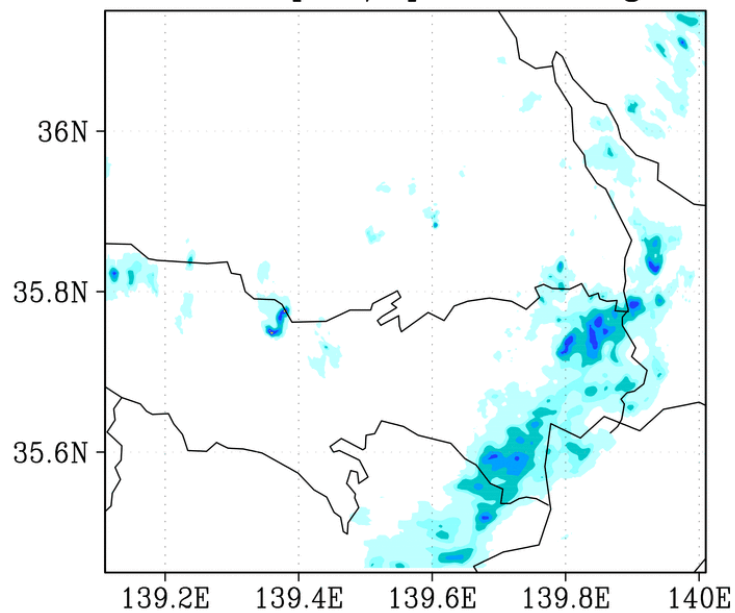
1000アンサンブルメンバーによる確率予報

- リアルタイム予報実証実験では、時間の制約のため10アンサンブルメンバーによる確率予報を実施した。
- ここでは、**1000メンバー全てを使ったアンサンブル予報**を行い、降水の確率予報について、10メンバーでの結果と比較を行った。

8月7日 11:00(予報初期値)

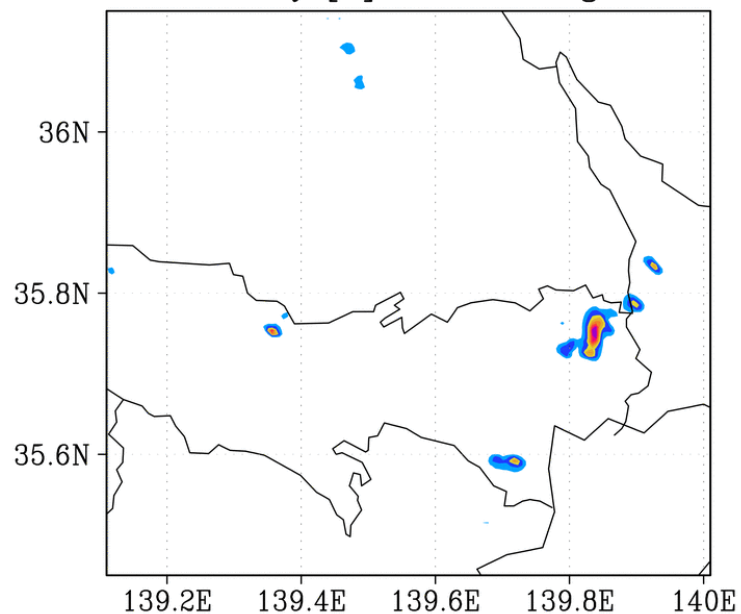
PAWR観測

Observation [mm/h] 11:00:00 August 7



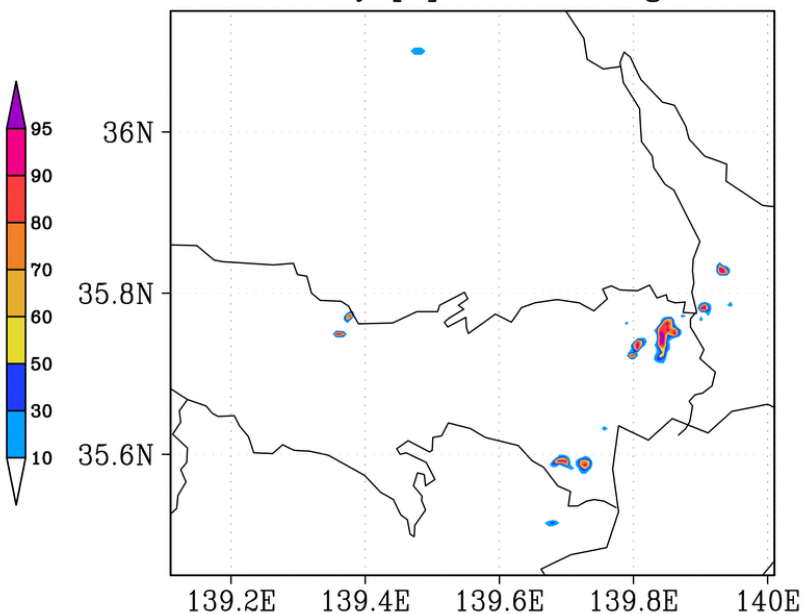
30 mm/h以上の降水確率 (1000メンバー)

Probability [%] 11:00:00 August 7



30 mm/h以上の降水確率 (10メンバー)

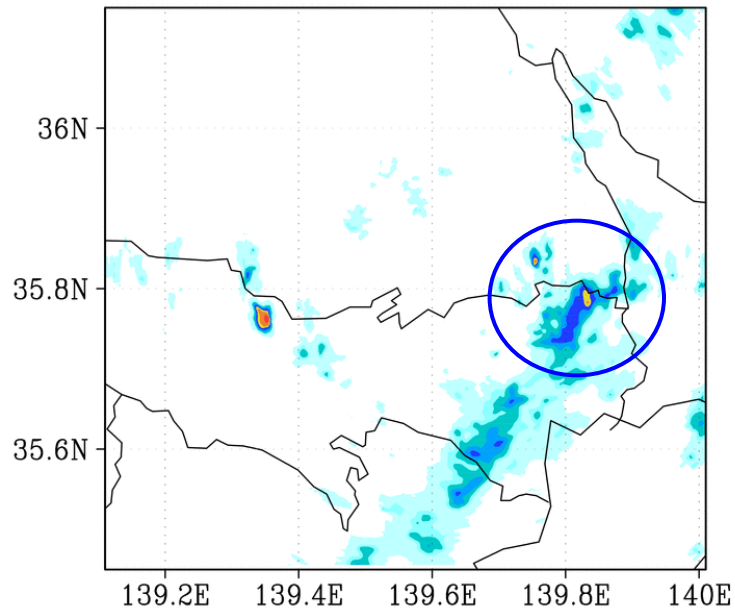
Probability [%] 11:00:00 August 7



8月7日 11:10(10分予報)

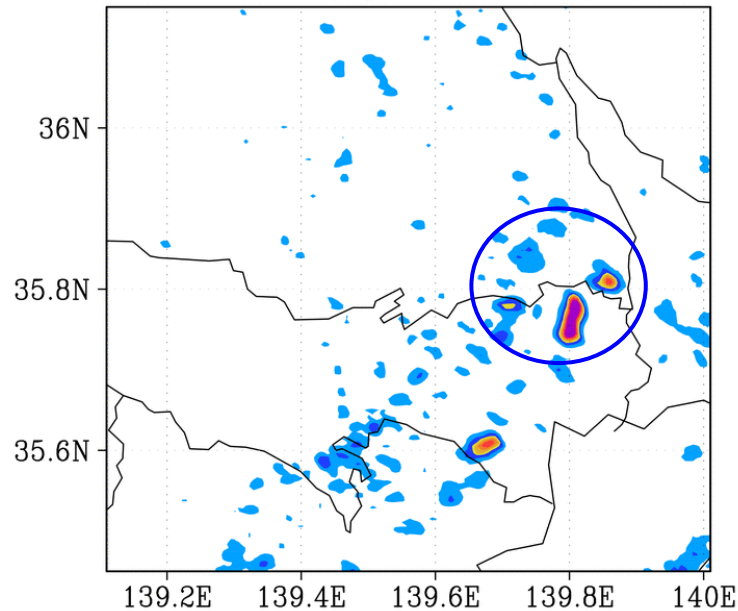
PAWR観測

Observation [mm/h] 11:10:00 August 7



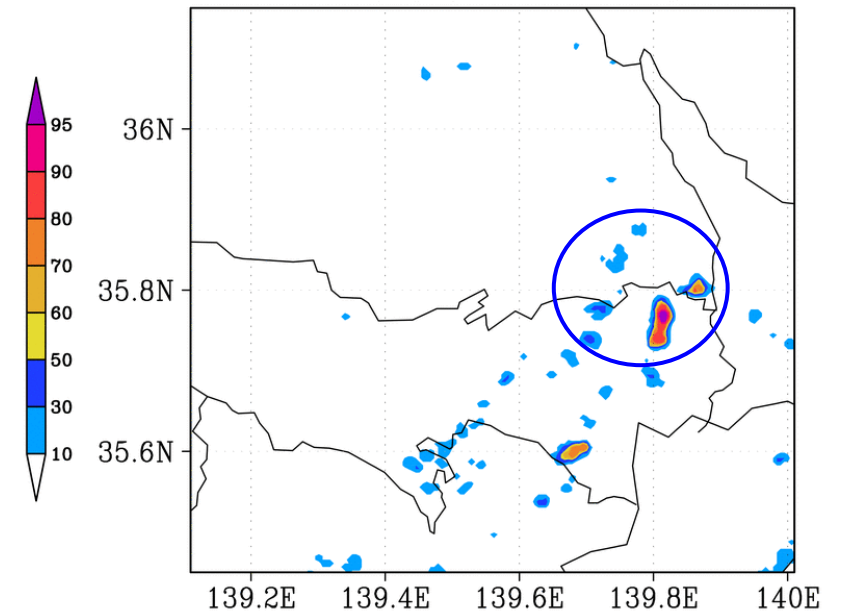
30 mm/h以上の降水確率 (1000メンバー)

Probability [%] 11:10:00 August 7



30 mm/h以上の降水確率 (10メンバー)

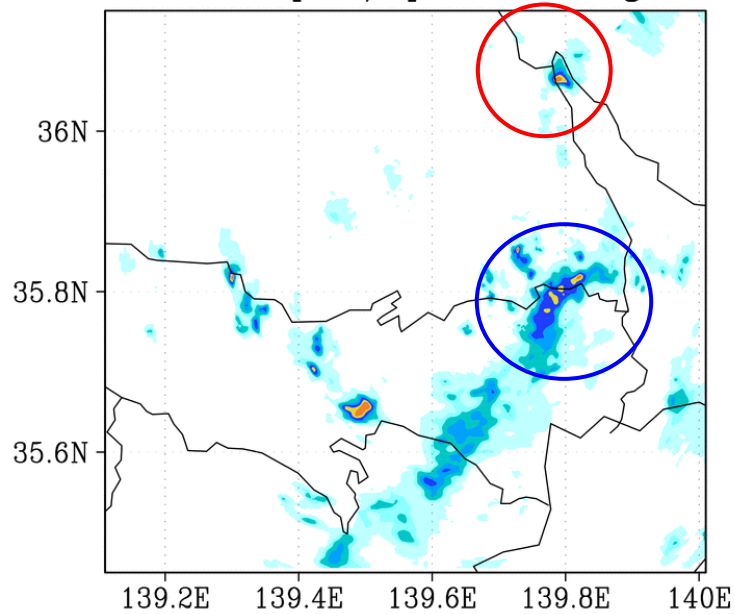
Probability [%] 11:10:00 August 7



8月7日 11:20(20分予報)

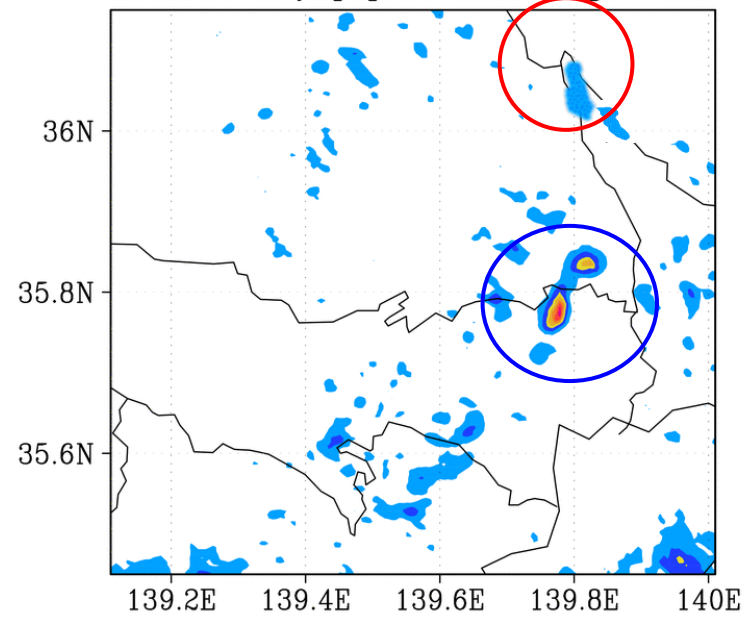
PAWR観測

Observation [mm/h] 11:20:00 August 7



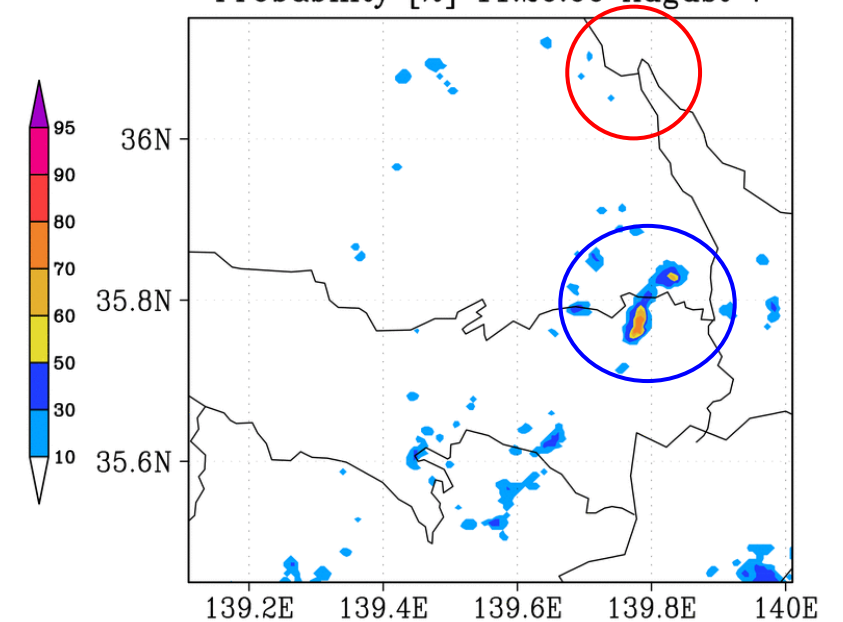
30 mm/h以上の降水確率 (1000メンバー)

Probability [%] 11:20:00 August 7



30 mm/h以上の降水確率 (10メンバー)

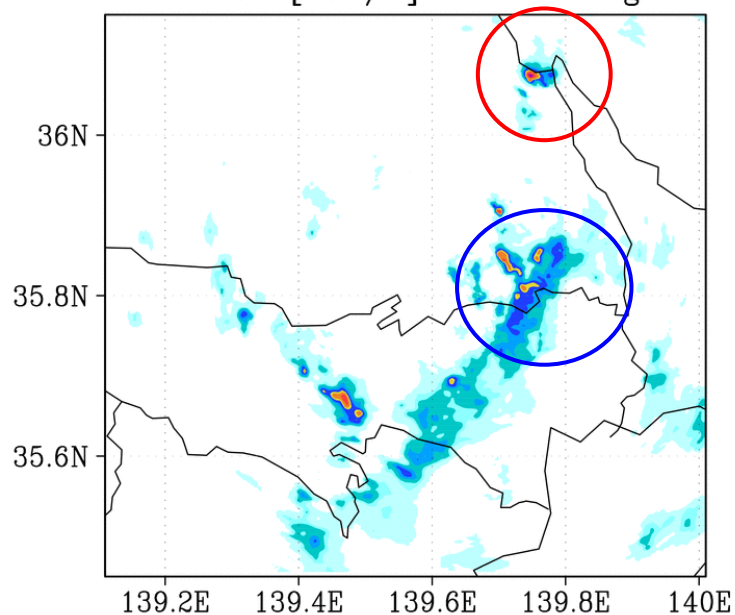
Probability [%] 11:20:00 August 7



8月7日 11:30(30分予報)

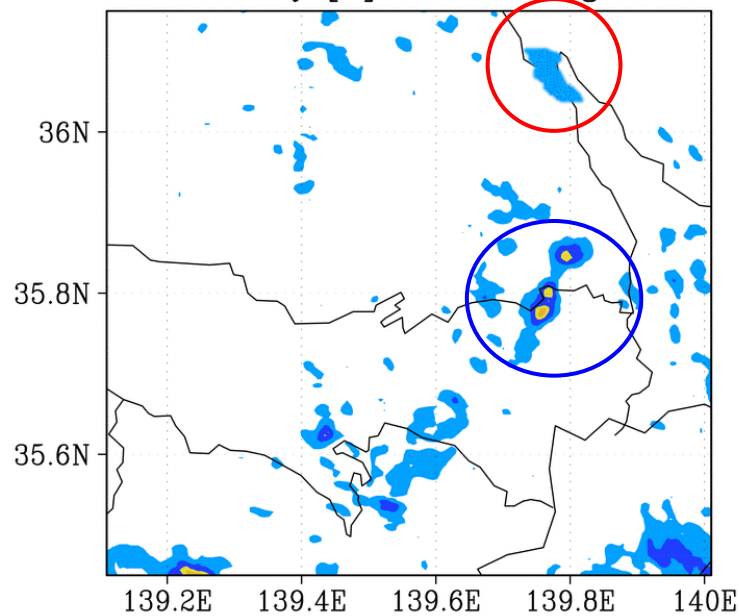
PAWR観測

Observation [mm/h] 11:30:00 August 7



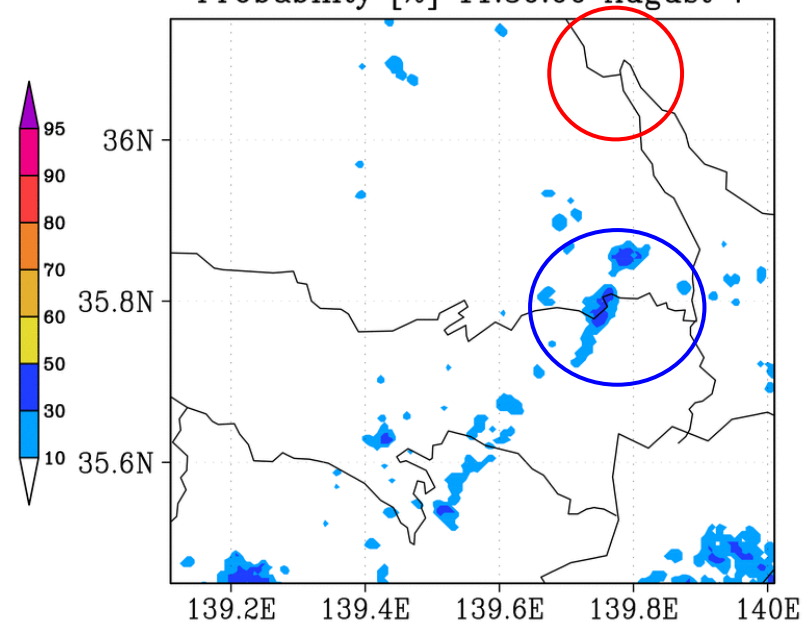
30 mm/h以上の降水確率 (1000メンバー)

Probability [%] 11:30:00 August 7



30 mm/h以上の降水確率 (10メンバー)

Probability [%] 11:30:00 August 7



1000アンサンブルメンバーによる確率予報によって、

- 30mm/h以上の豪雨の可能性をより高い確率で予報。(青丸の領域)
- 10メンバーではほぼ予報できていなかった降水域を10～30%の確率で予報。(赤丸の領域)

まとめ

- 2021年8月7日 11:00頃に発生した局地的豪雨を対象に、リアルタイム予報実験の結果解析を行った。
- 20分予報までは、30mm/h以上の強い降水域が概ね予報できていた。
- 新たに発生する降水の予報に対しては、今後改善を図る必要がある。
- 1000メンバーによるアンサンブル予報によって、降水の確率予報の精度向上が見られた。

ご清聴ありがとうございました。