

# 日本域を対象とした長期領域再解析に 向けた取り組み

福井真<sup>1</sup>, 岩崎俊樹<sup>1</sup>, 斉藤和雄<sup>2,3,4</sup>, 瀬古弘<sup>5,3</sup>

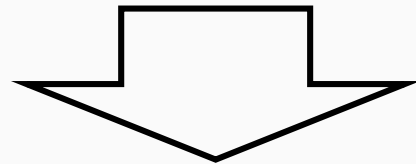
1. 東北大学、2. 東京大学、3. 気象研究所、4. 気象業務支援センター、5. 海洋研究開発機構

# 動機

高解像度で高精度で長期間の品質の一貫した気象データ

=> 多くの分野で有用

- メソスケール現象に対する気候変動の影響の評価
- 過去のメソスケール極端現象事例の解析
- 気象データを活用する分野の発展  
(e.g. 水資源管理, 自然エネルギー量評価, 農業, 保険, 気候監視)
- 気象予報/気候モデルやデータ同化スキームの改善

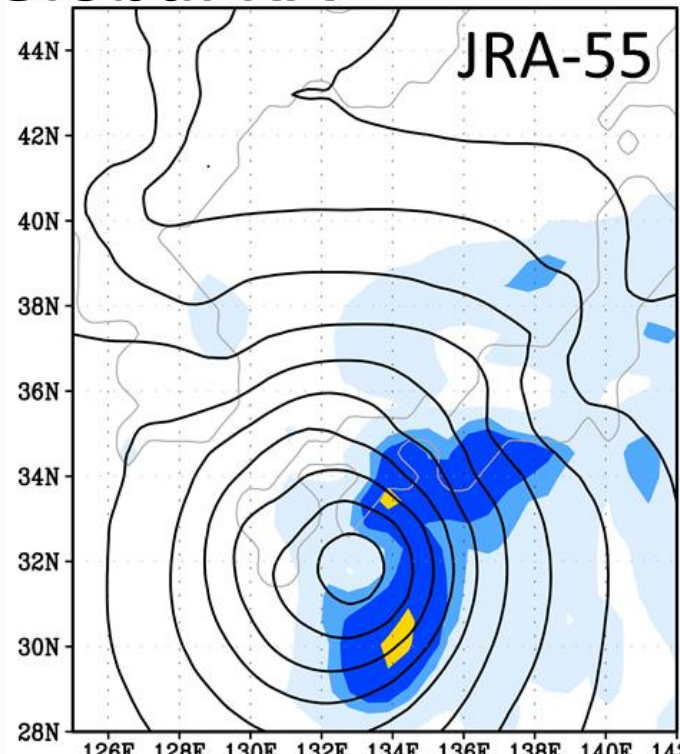


領域再解析

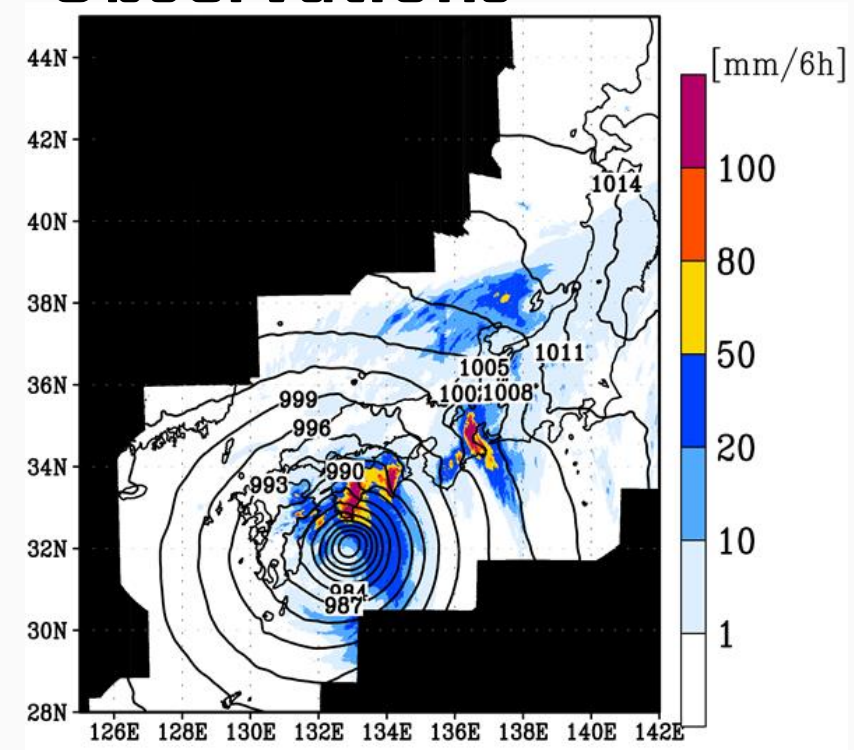
# 大気再解析

- 主要気象現業センターを中心として全球再解析の実施 (e.g. JRA series by JMA)
  - => 全球再解析は現業予報や気象・気候研究などに広く利用される
- 全球再解析は、メソスケール現象や地域の気候特性を解像するには不十分
  - => 高解像度化が必須

## Global RA



## Observations

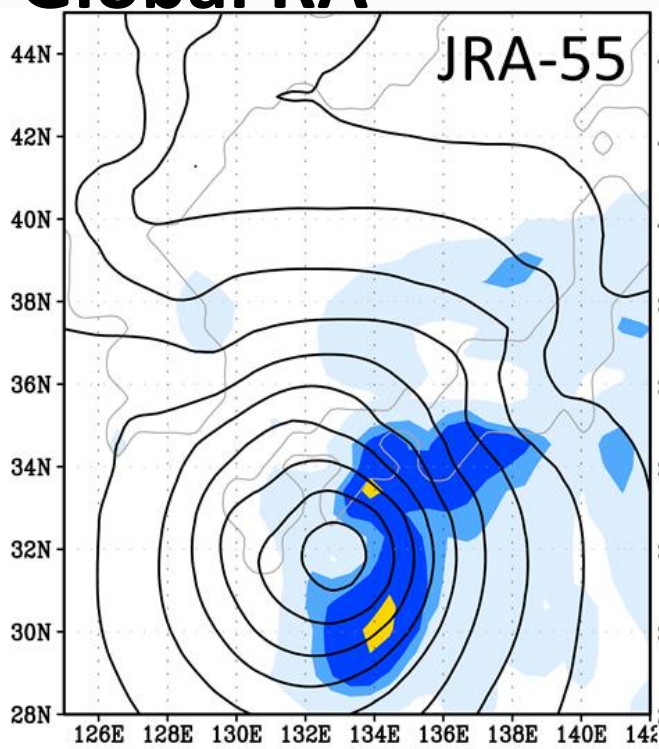


# 力学的ダウンスケール

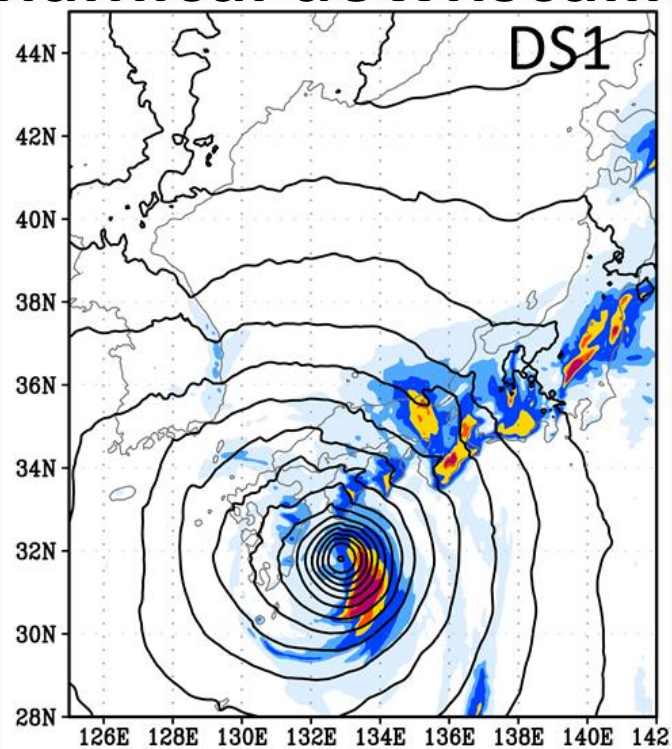
高解像度の気象場を再現する手法の一つ

- 物理法則に基づいた高解像度大気モデルを、低解像度モデルの出力(e.g. 全球再解析)を境界値として与えながら計算する。  
=> 力学的整合性を持った高解像度場を再現
- 必ずしも 実際のを再現できない  
=> **付加的な拘束条件として、観測データを利用**する

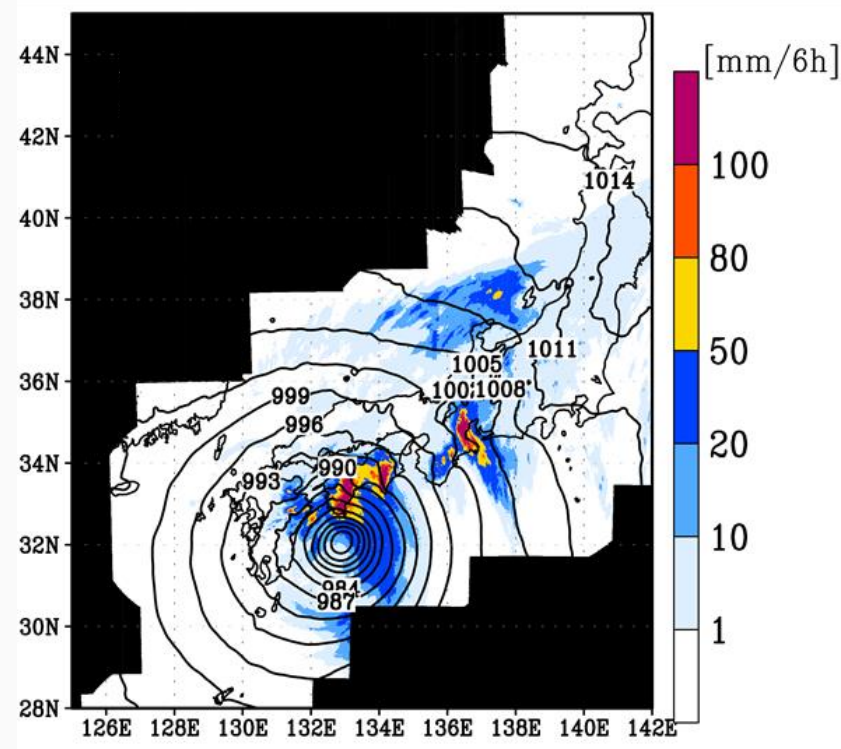
Global RA



Dynamical downscaling

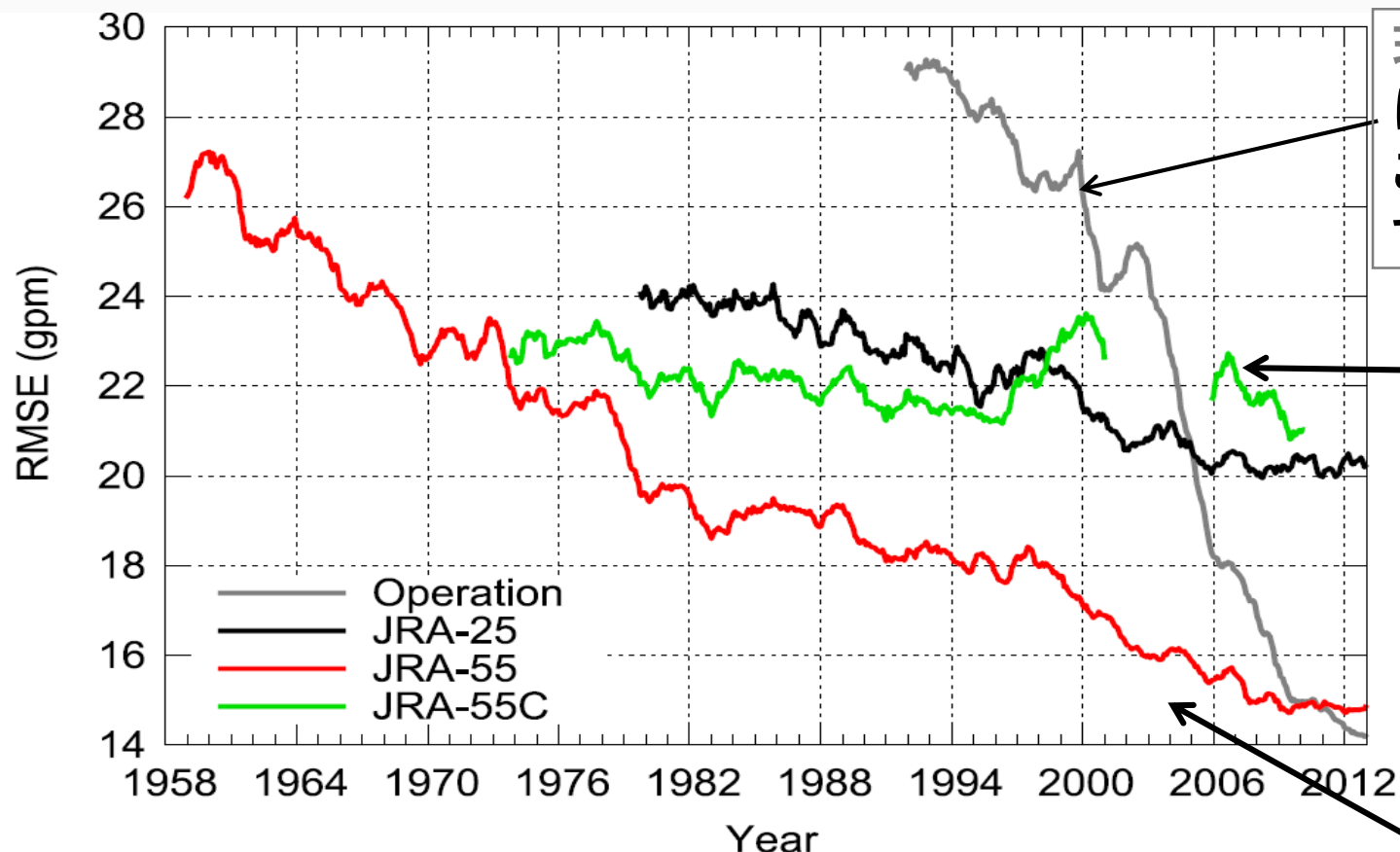


Observations



# (再)解析データの均質性

気候変動シグナルの評価や異なるイベントの比較には、データの均質性が重要



北半球(20-90N)における(再)解析データの品質の変化。  
各(再)解析からの48時間予報のZ500のRMSE

(Kobayashi et al., 2014, SOLA)

現業解析値(現業数値予報の初期値)の品質は、時代と共に改善 → 均質性は失われている  
これは、モデル・同化スキームの高度化、同化する観測データの充実を反映した結果。

JRA-55Cの品質は時間的に一定(精度は犠牲)  
JRA-55と同一のモデルと同化スキームを用いる  
同化する観測を従来型観測のみ:

Surface Obs.: SYNOP, SHIP, BUOY

Upper Obs.: TEMP, PILOT, WindProfiler

TC data: TCR

JRA-55の品質は 現業解析値に比べて安定。  
以前として時代と共に改善  
一貫したモデルと同化スキームを利用しているが、同化する観測が時代とともに充実していることを反映

⇒ 同化するデータは、**従来型観測データに限定**



# 目的

About 60 years has passed since radiosonde observing system is covered globally.

=> 長期(1958-)高解像度領域再解析の実施

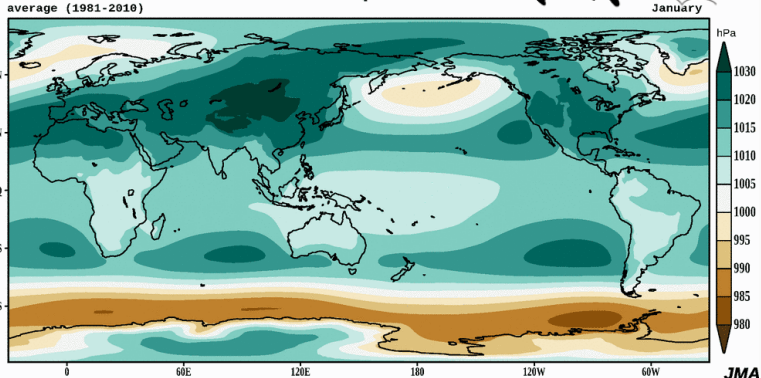
その前に、従来型観測のみを同化する領域再解析の有効性を評価する

- ✓ 力学的ダウンスケールに対するアドバンテージ
- ✓ 高解像度化の効果

## 全球再解析



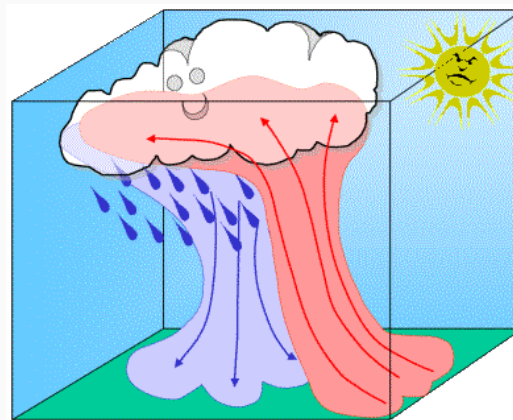
Sea level pressure



from JRA Atlas

<http://ds.data.jma.go.jp/gmd/jra/atlas/en/index.html>

## 高解像度領域モデル



[http://www.mri-](http://www.mri-jma.go.jp/Dep/fo/lab2/nhmws/Nonhydrostatic%20Modeling%20Workshop%20(NHM)%202018.html)

[jma.go.jp/Dep/fo/lab2/nhmws/Nonhydrostatic%20Modeling%20Workshop%20\(NHM\)%202018.html](http://www.mri-jma.go.jp/Dep/fo/lab2/nhmws/Nonhydrostatic%20Modeling%20Workshop%20(NHM)%202018.html)

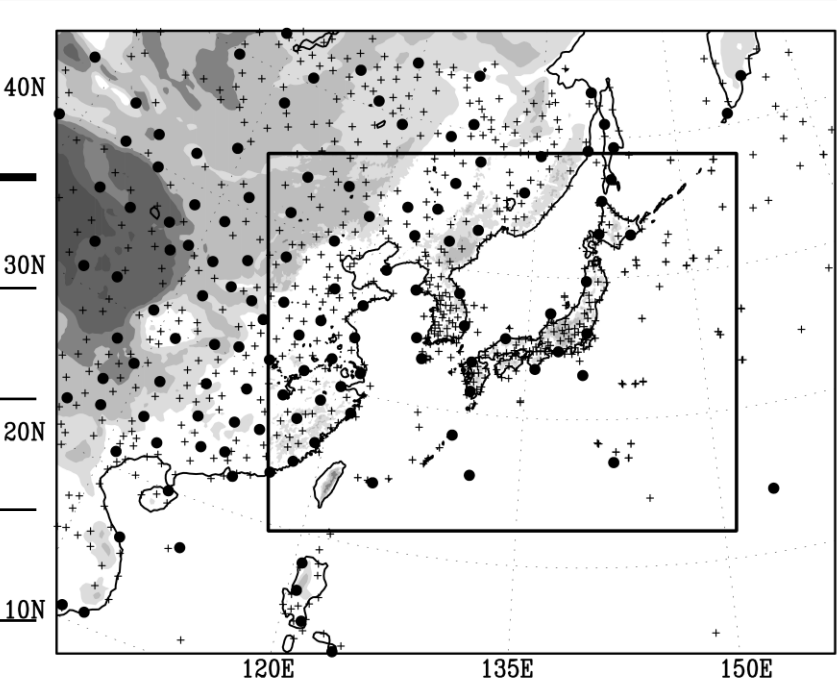
## 従来型観測



<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/knownupper/kaisetsu.html>

# 領域再解析システム

|           |                                                                                                                                               |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 予報モデル     | JMA-NHM (Saito et al. 2007)                                                                                                                   |
| 同化スキーム    | 4D-LETKF (Hunt et al. 2004)      <- a kind of EnKF                                                                                            |
| 水平格子間隔    | 25 km -> 5 km (一方向二重ネスト)                                                                                                                      |
| 初期値       | JRA-55 at initial date in randomly chosen years                                                                                               |
| 側面境界値     | JRA-55<br>+ Perturbations (leading modes derived from EOF analysis of JRA-55 climatological anomaly)<br><- for avoiding the filter divergence |
| アンサンブルサイズ | 1 (Control run = guess) + 30 (perturbed runs)                                                                                                 |
| 局所化スケール   | 200 km / $0.4 \ln p$                                                                                                                          |
| 共分散膨張法    | RTPS method ( $\alpha = 0.95$ ) (Whitaker and Hamill, 2012)                                                                                   |
| 同化データ     | 地上気圧, ラジオゾンデ高層観測                                                                                                                              |



## 対象領域

- 外側：格子間隔25 km
- 内側：格子間隔 5 km
- circle: ラジオゾンデ観測
- cross: 地上気圧観測

# 比較のための力学的ダウンスケール実験

## 2種類の力学的ダウンスケール手法

### ➤ DS1:

長期間を一連の時間積分  
側面境界・波数境界にJRA-55を与える

### ➤ DS2:

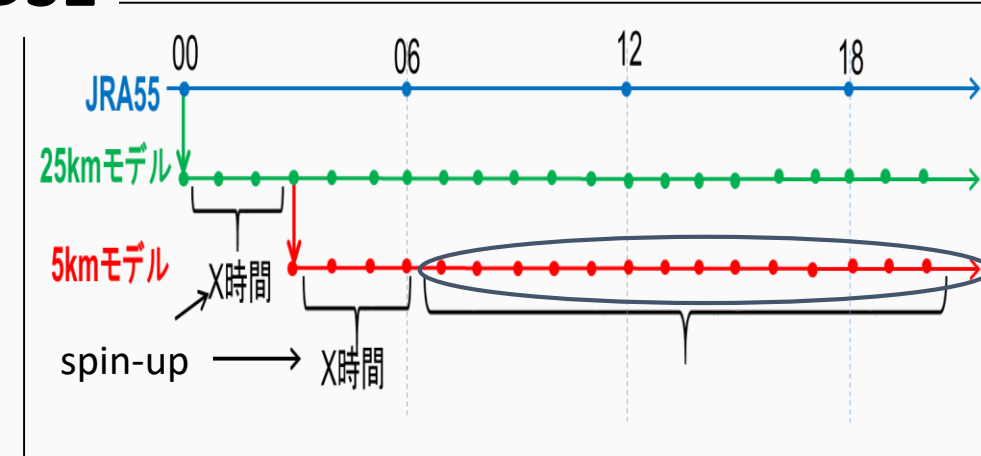
ある頻度で側面境界に与えるデータに取り換える  
長期間のデータは、短期間の時間積分の結果をつなぎ合わせる

具体的な手順: *refer to DSJRA-55 (Kayaba et al. 2016)*

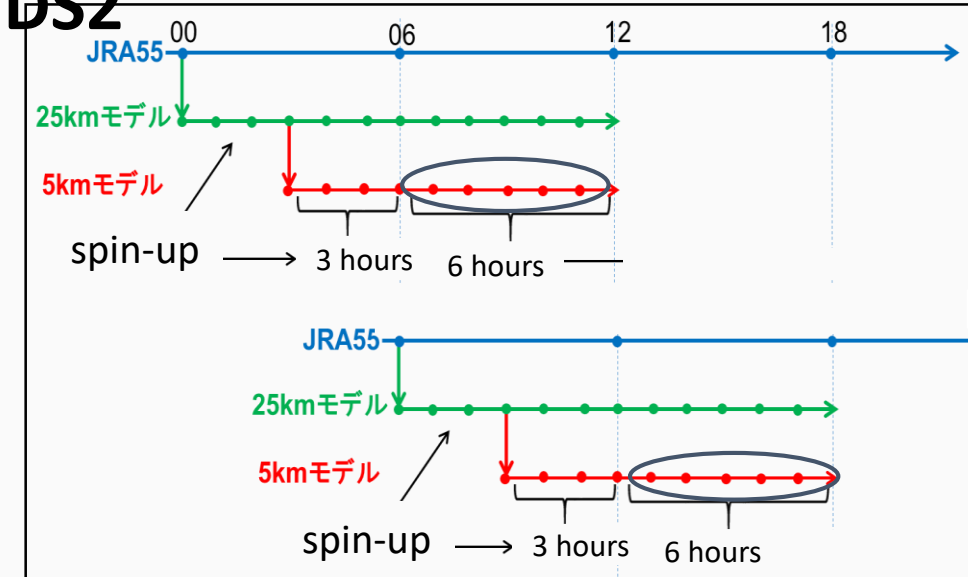
1. 12-h time-integration with NHM(25km) initialized at JRA-55
2. 9-h time-integration with NHM(5km) initialized at the 3-h time-integration of the NHM(25km)
3. Adopt 3-9h time-integration with NHM(5km)

実験対象期間: Aug. 2014 & Jan.2016

### DS1



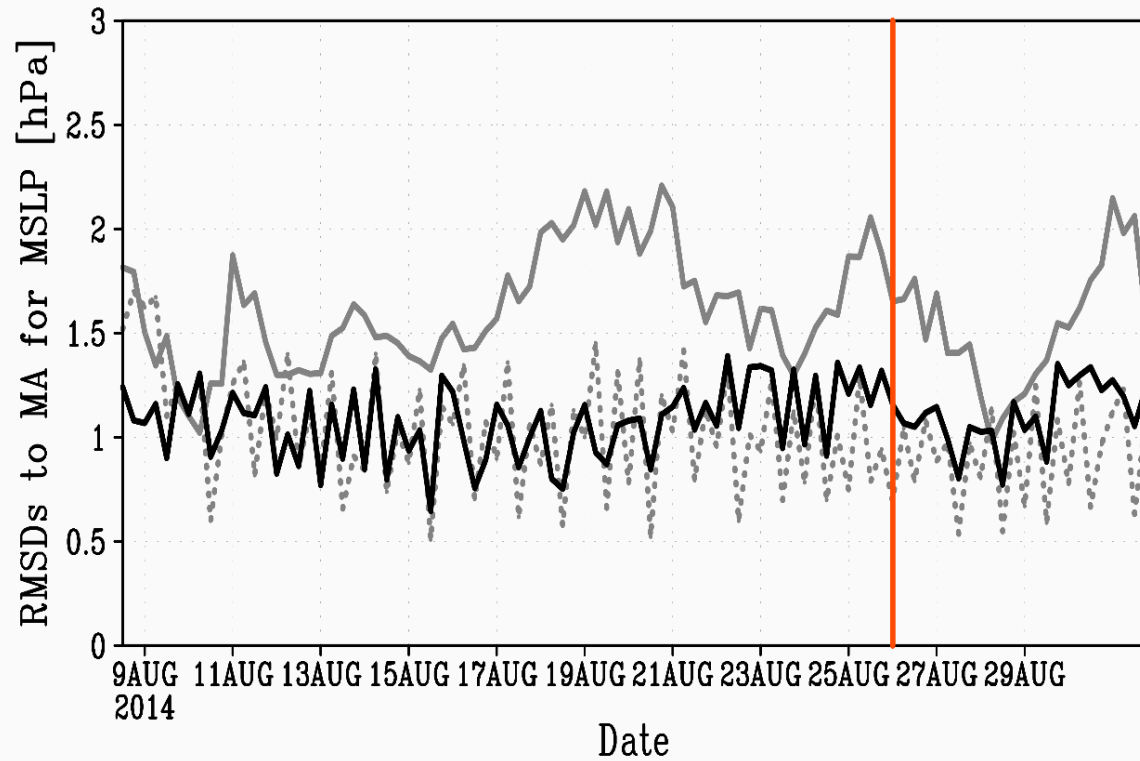
### DS2



Modified Kayaba's presentation

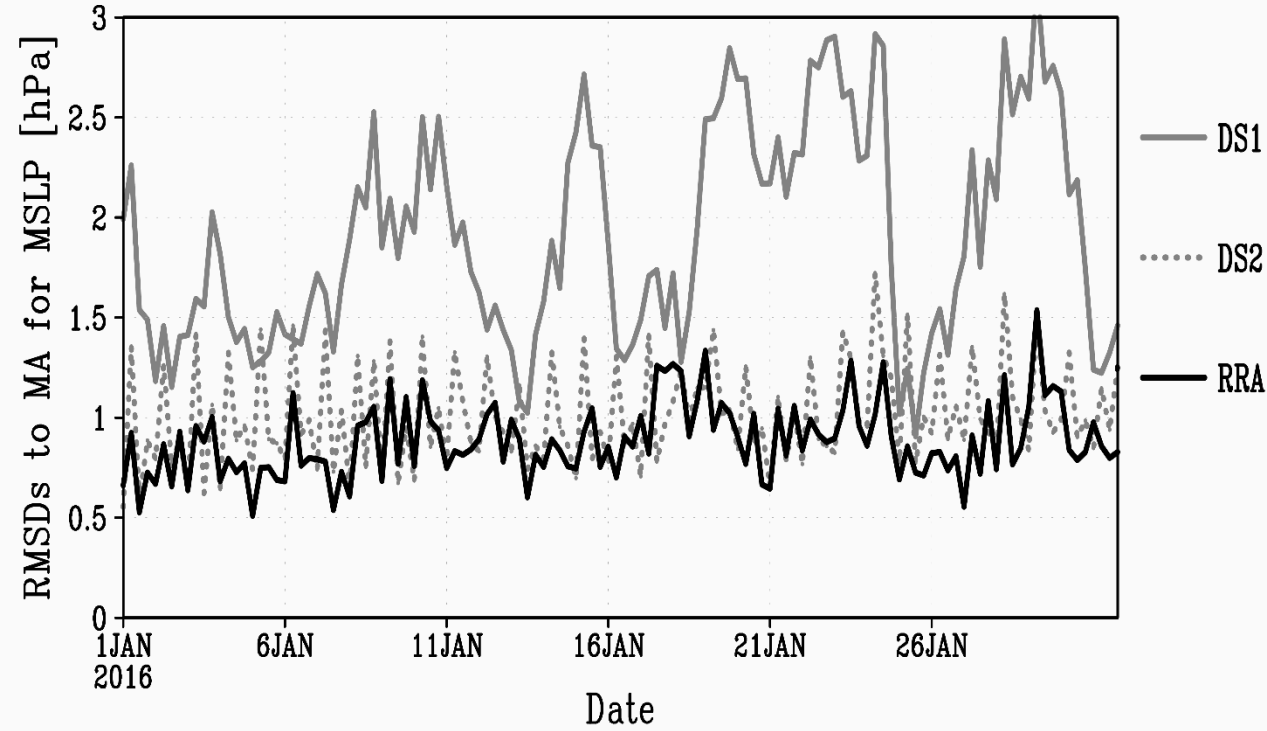


# 海面更正気圧のRMSE



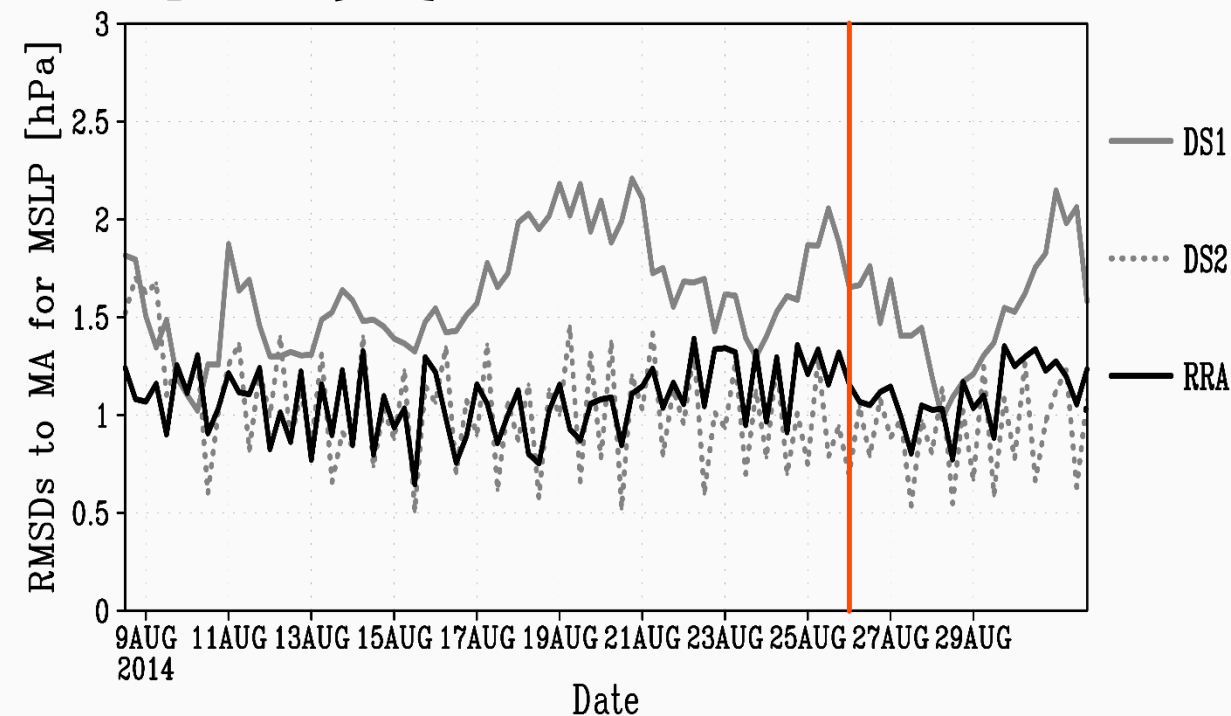
## Data for verification:

JMA's operational analysis (Meso-scale analysis: MA), where advanced observations are also assimilated.



- DS1は、実際の場合と乖離してしまう。
- 従来型観測のみの同化によって、精度が大きく改善。
- DS2は、不連続

# 海面更正気圧のRMSE

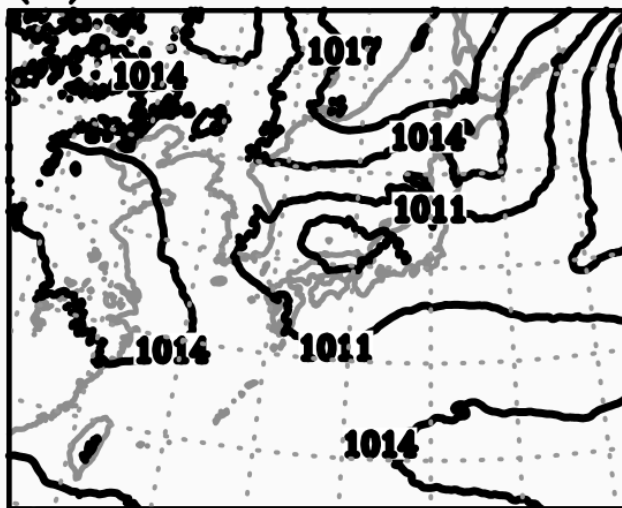


実況に山陰沖の低気圧

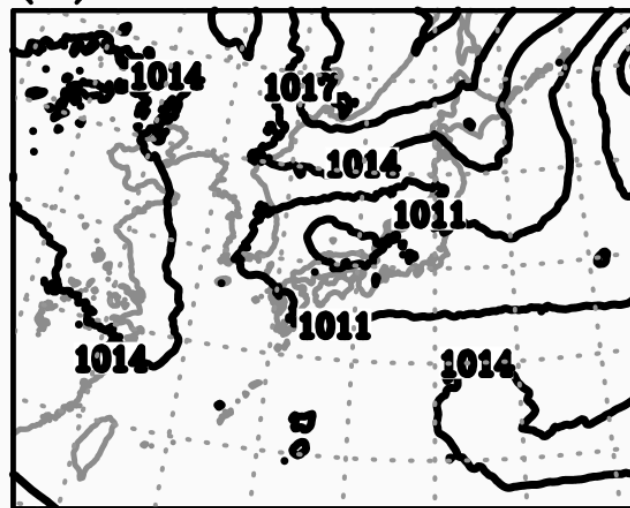
- DS1では再現に失敗
- <-境界値として与えたJRA-55のせいではない
- RRA・DS2では実況とよく対応
- DS2は滑らかすぎる

JMA's operational analysis  
(Meso-scale analysis: MA)

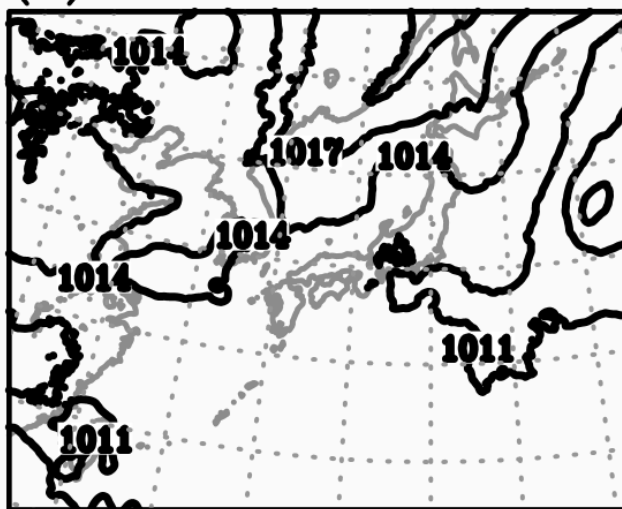
(a) MA



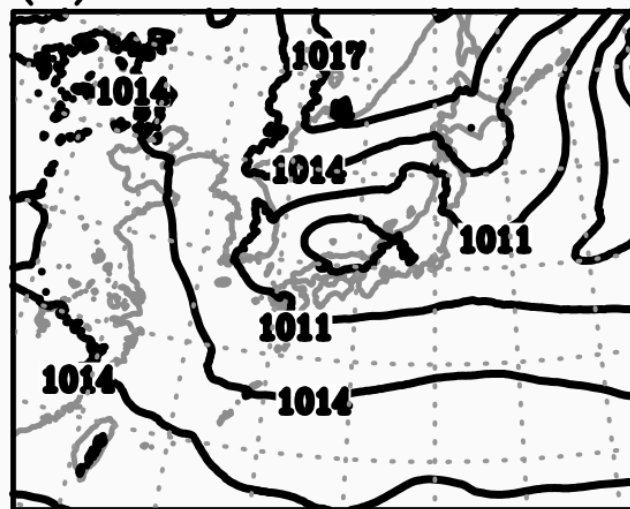
(b) RRA



(c) DS1



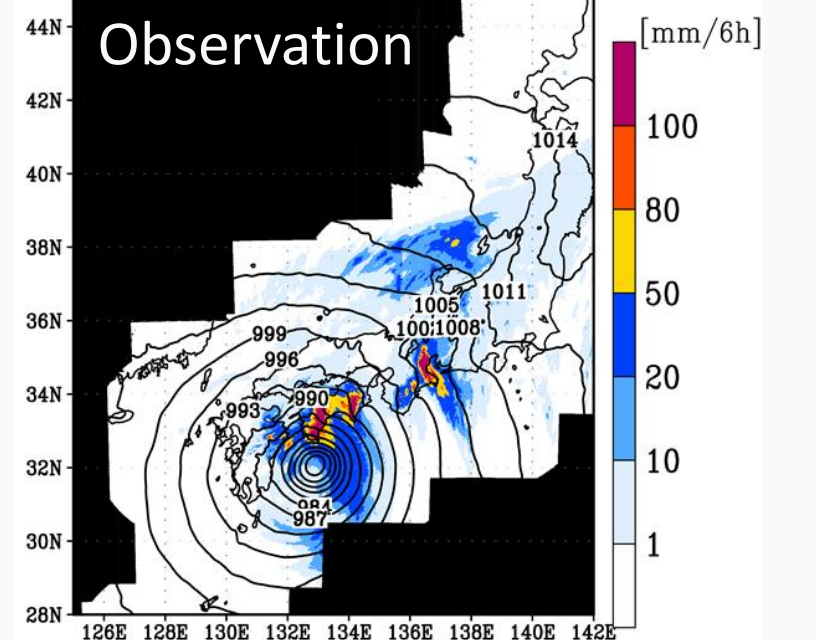
(d) DS2



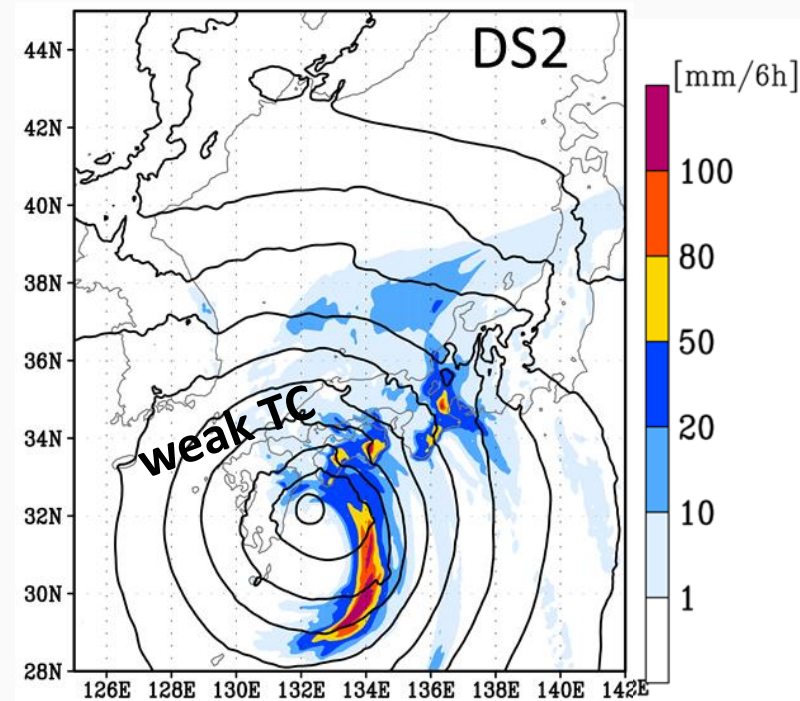
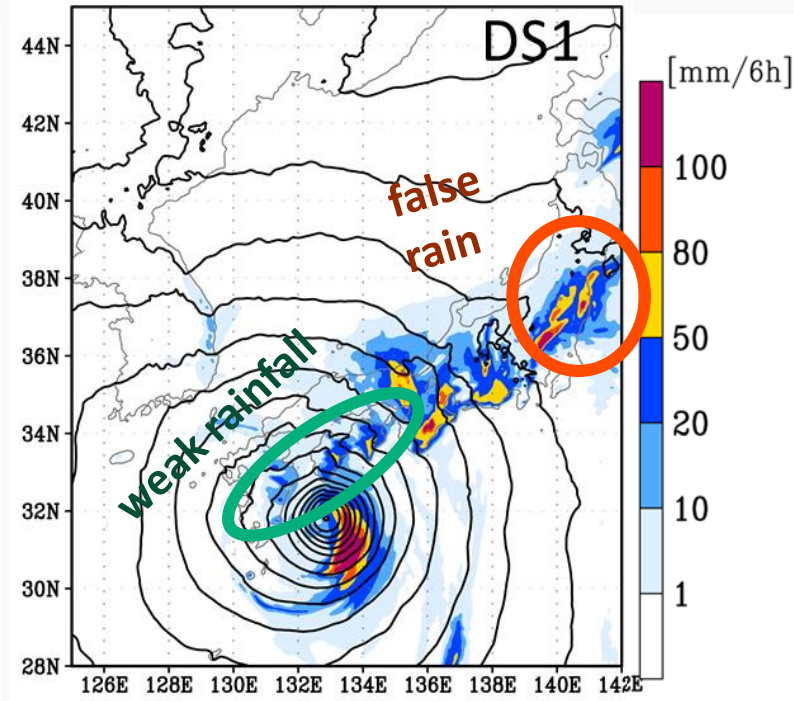
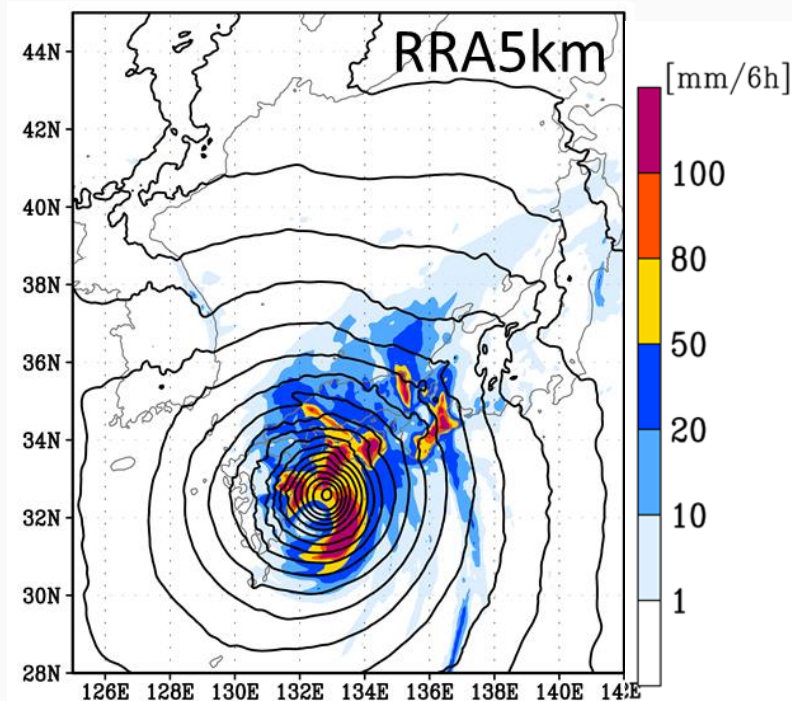
(26/08/2014 00:00 UTC)

# 台風事例 (12UTC 09/08/2014)

- DS1は、台風強度をよく再現できているが、台風に伴う降水に問題.
  - DS2 では、台風が弱く、それに伴う降水も過小評価
  - RRA は、台風強度やそれに伴う降水はよく再現されている
- # 観測が疎らな領域を通る場合

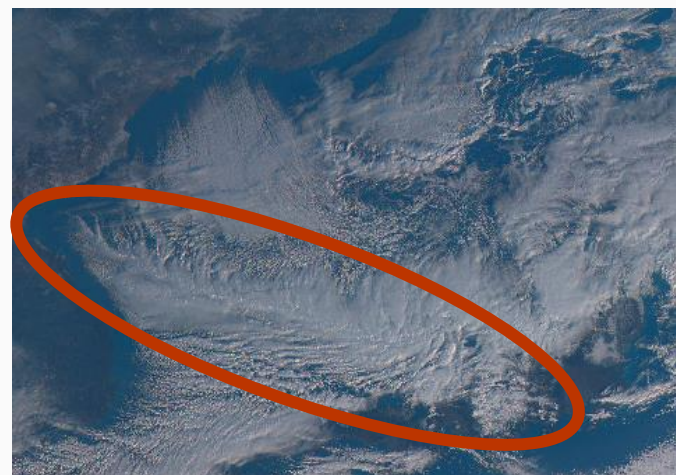


(contours) Sea Level Pressure by operational 5-km analysis  
(Shade) Radar based Obs.calibrated with rain gauge data

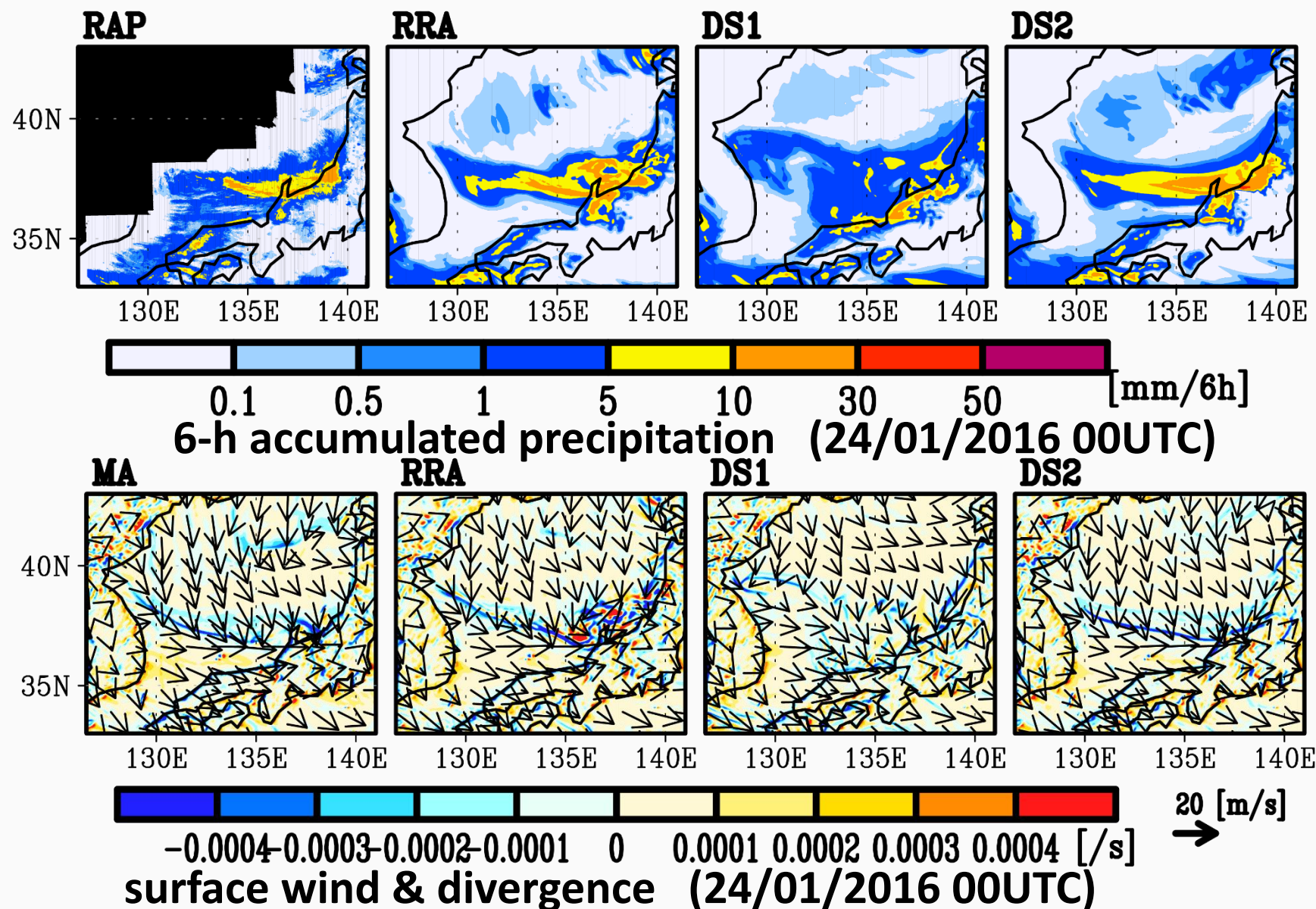




# 寒気流出に伴う日本海上の収束帯



Himawari 8 VIS (NICT)



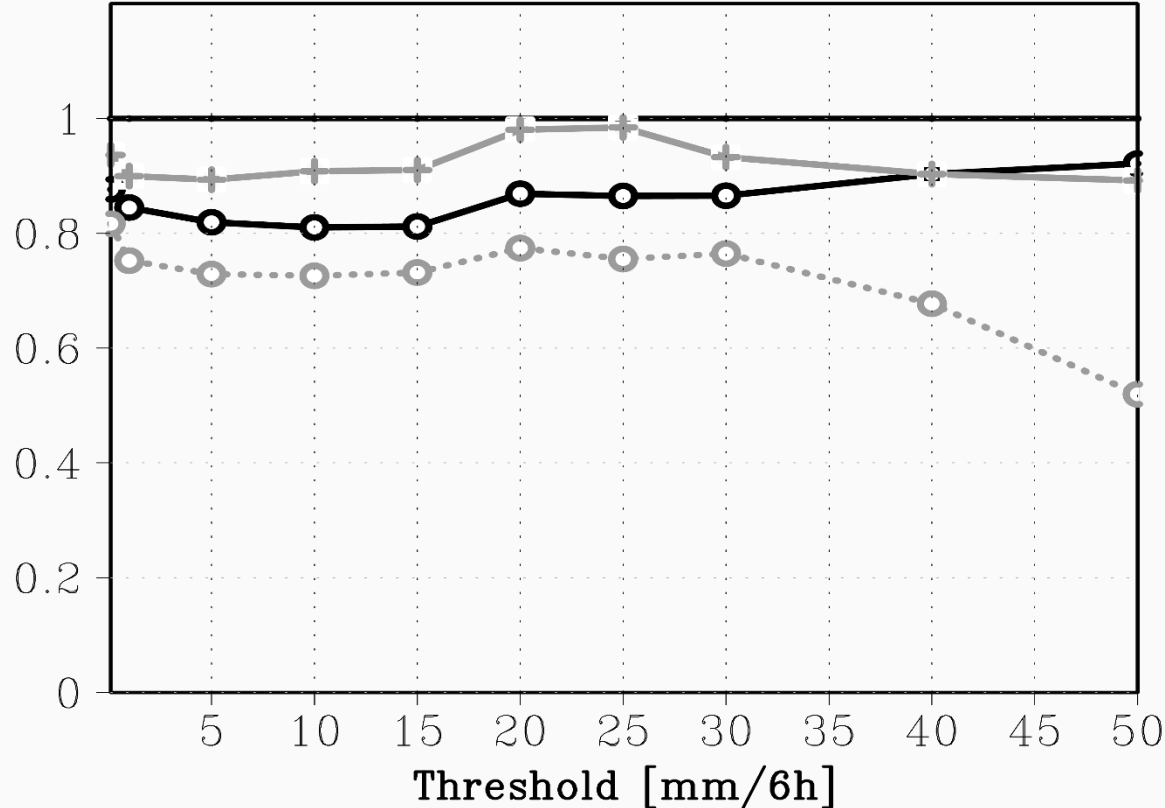
# Verification of precipitation

## Data for verification:

Radar based Observations calibrated with rain gauge data

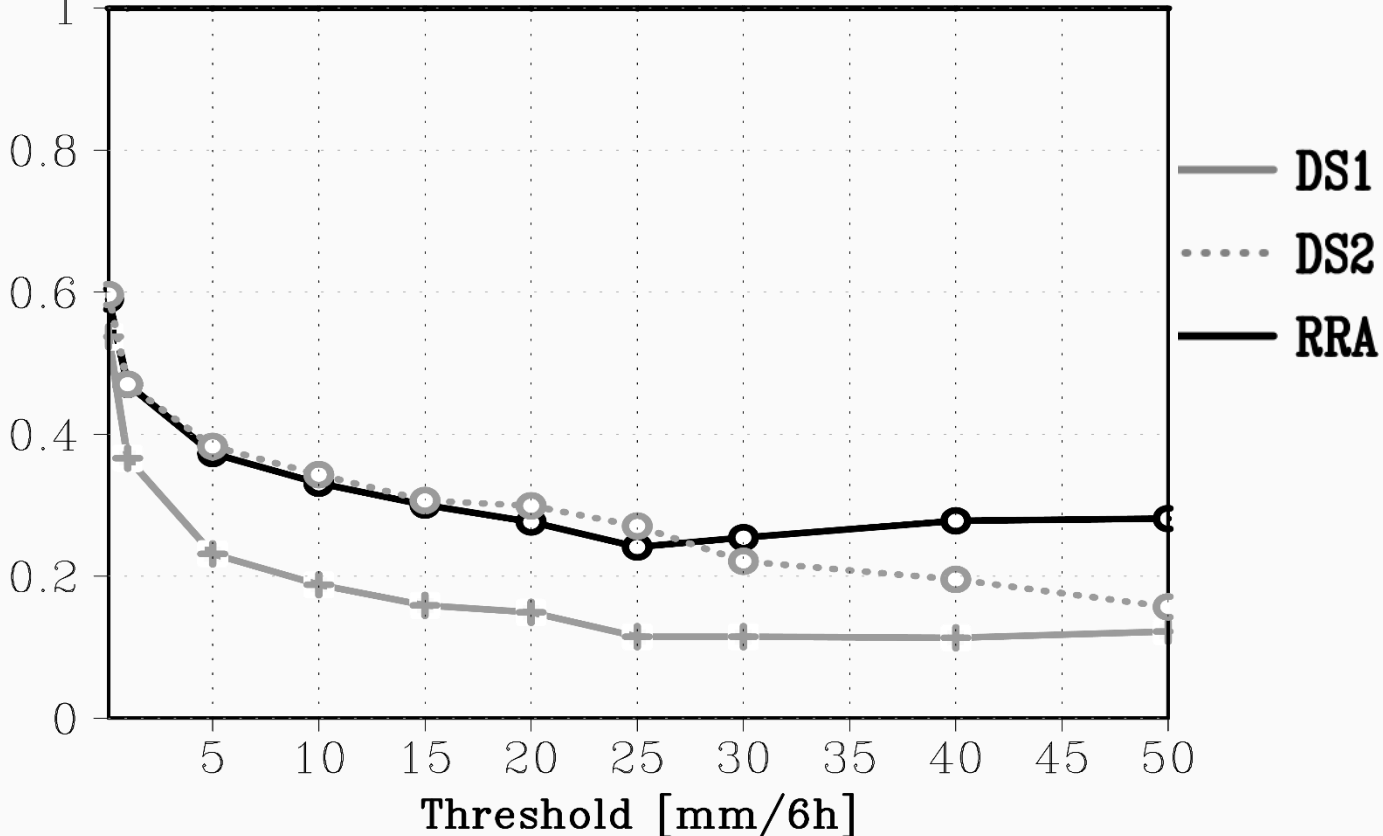
- DS2 underestimated the precipitation.
- DS1 is difficult to reproduce in terms of timing and place are large

$$\text{Bias score} = \frac{FO + FX}{FO + XO}$$



|       |                  | Observation      |               |
|-------|------------------|------------------|---------------|
|       |                  | $\geq$ Threshold | $<$ Threshold |
| Model | $\geq$ Threshold | $FO$             | $FX$          |
|       | $<$ Threshold    | $XO$             | $XX$          |

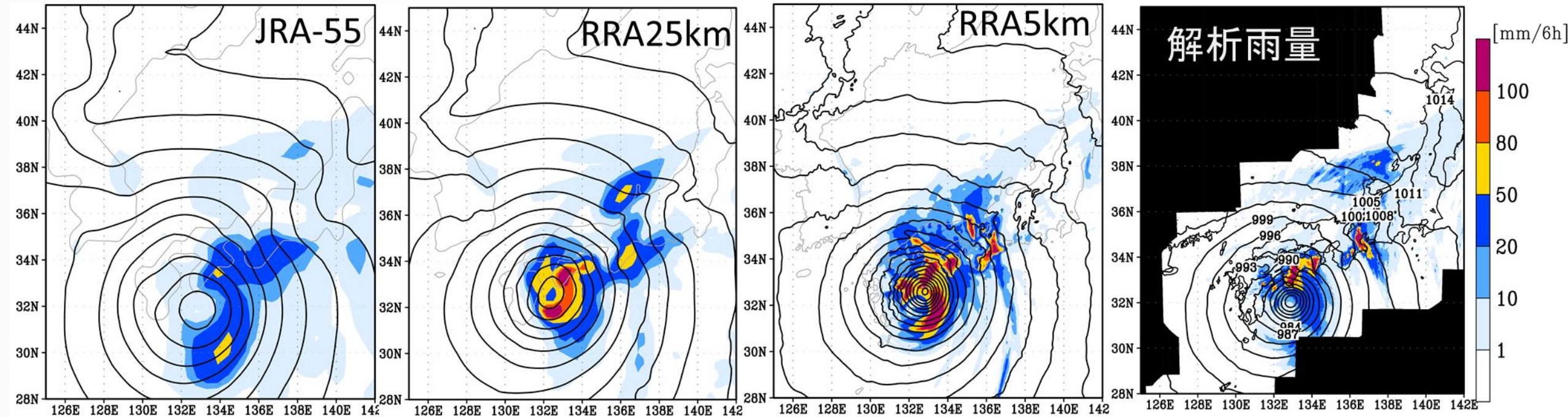
$$\text{Threat score} = \frac{FO}{FO + FX + XO}$$





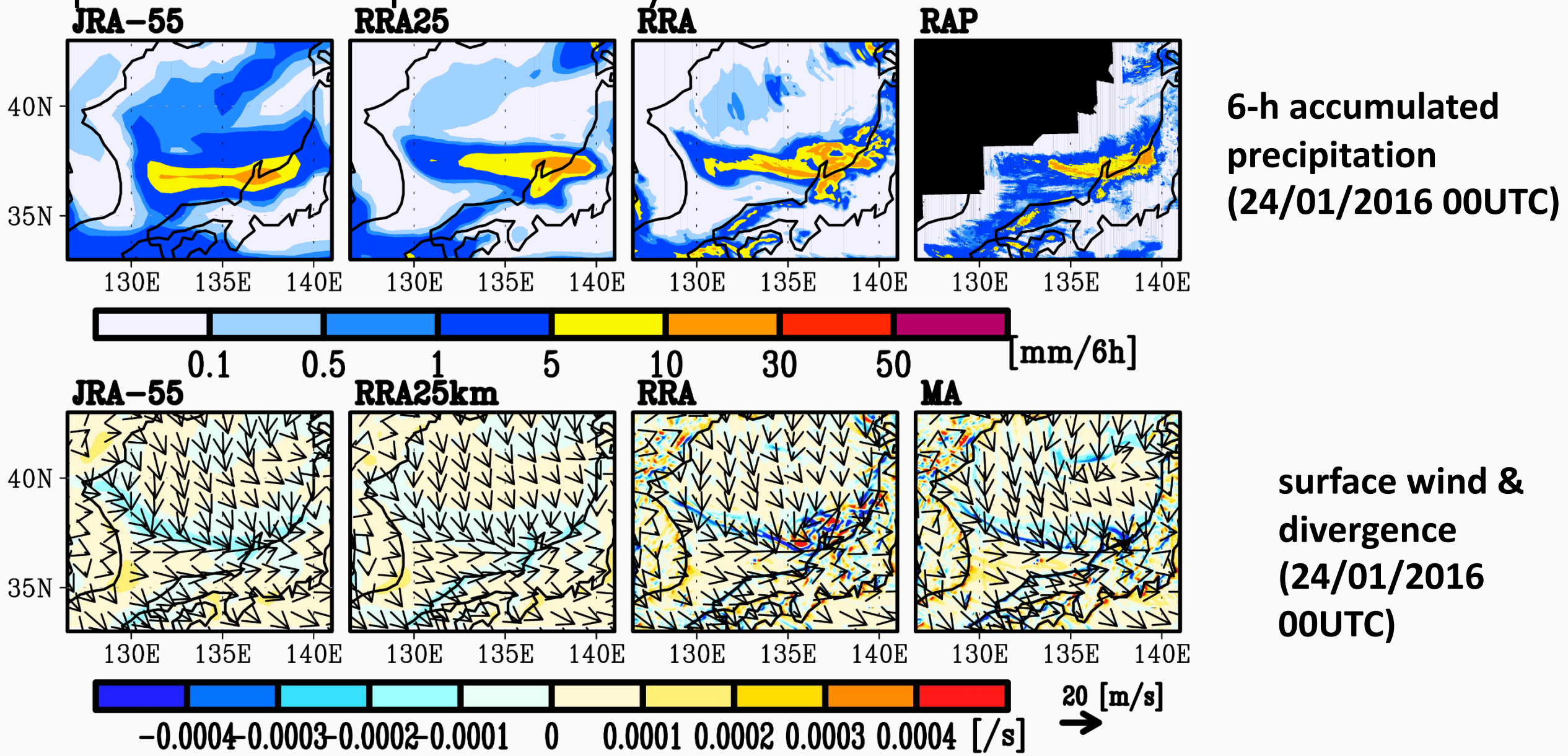
# Representation of typhoon (06-12UTC 09/08/2014)

Comparison of the 5-km resolution RRA with JRA-55 ( $dx \sim 55\text{km}$ )  
and the outer RRA ( $dx=25\text{km}$ )



The higher-resolution reanalysis resolved the typhoon and simulated the accompanied precipitation more realistically.

# Representation of convergence zone over the sea of Japan accompanied by cold-air outbreak





# 降水スコア

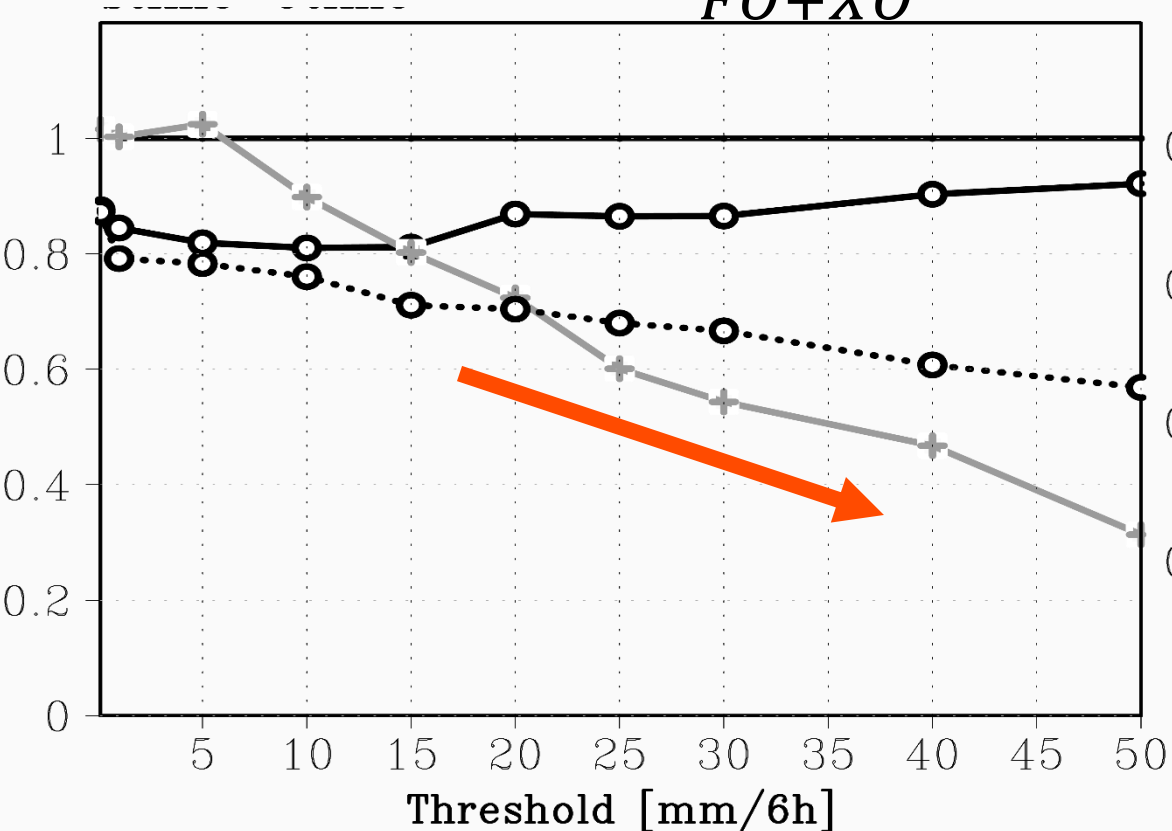
Data for verification:

Radar based Observations calibrated with rain gauge data

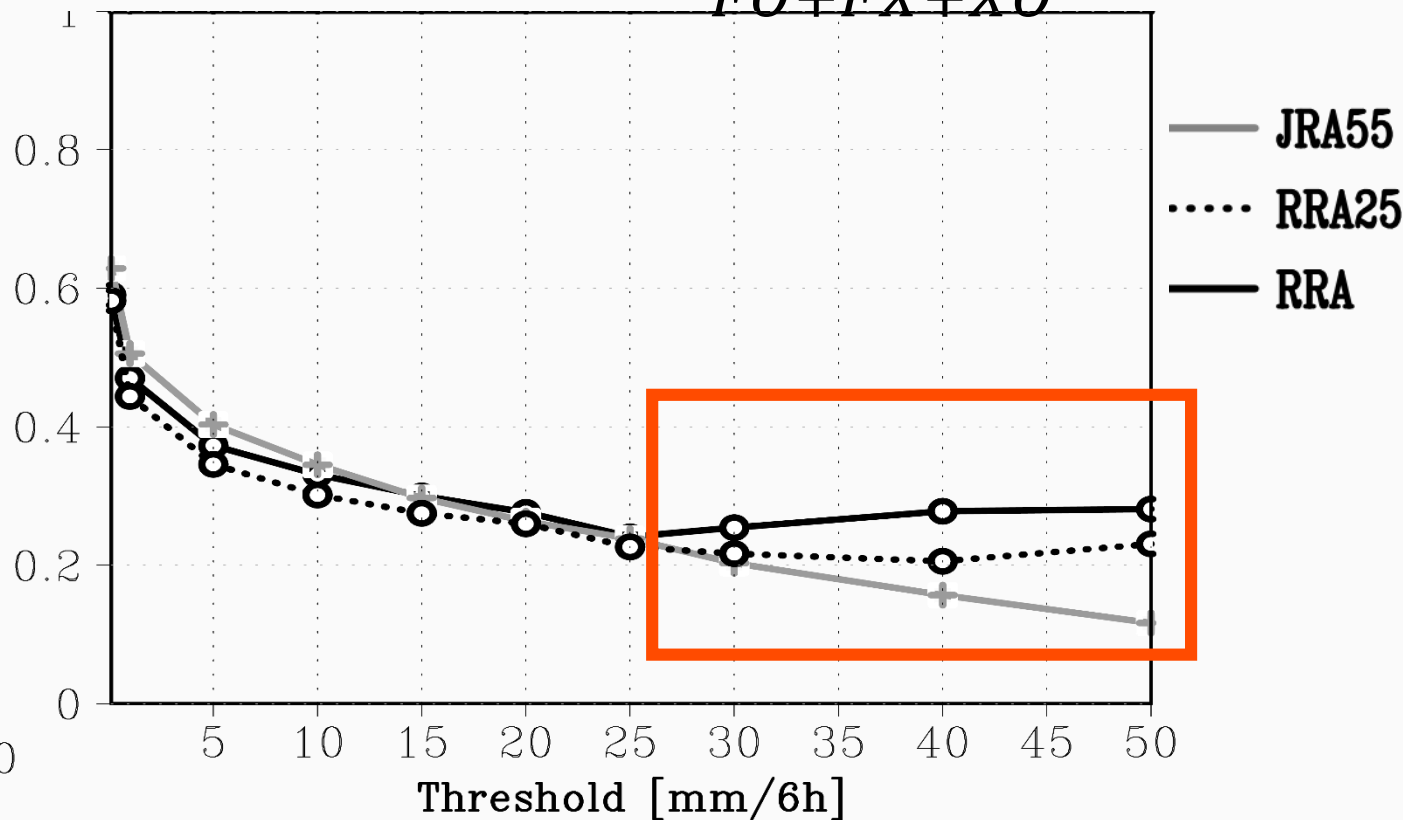
- 低解像度モデルでは、強い降水を再現できない

|       |                  | Observation      |               |
|-------|------------------|------------------|---------------|
|       |                  | $\geq$ Threshold | $<$ Threshold |
| Model | $\geq$ Threshold | $FO$             | $FX$          |
|       | $<$ Threshold    | $XO$             | $XX$          |

$$\text{Bias score} = \frac{FO + FX}{FO + XO}$$



$$\text{Threat score} = \frac{FO}{FO + FX + XO}$$



# まとめ

- 日本域を対象とする高解像度領域再解析システムの構築を進めてきた。
- 領域再解析の力学的ダウンスケールに対するアドバンテージ:
  - vs DS1: 実際の個々の場の再現性
  - vs DS2: 空間変動度や強い降水の再現性
- 高解像度(dx=5km)領域再解析の有効性:
  - 強い降水や地形の影響を強く受ける現象の再現性向上
- 課題
  - 期間の延長 (実行中)
    - ✓ 季節性や年々変動の再現性を評価する
    - ✓ 様々なメソスケール極端現象の再現性の確認
  - 台風ベストトラックデータの同化のための工夫(観測の少ない領域を通る台風)
    - 共分散膨張法の見直し