

2018年10月10日(水)

d4PDFユーザ研究会合@気象研究所



# NHRCM05とd4PDFを用いた 梅雨豪雨の将来変化予測に関する マルチスケール解析

京都大学 工学研究科 小坂田ゆかり  
京都大学 防災研究所 中北英一

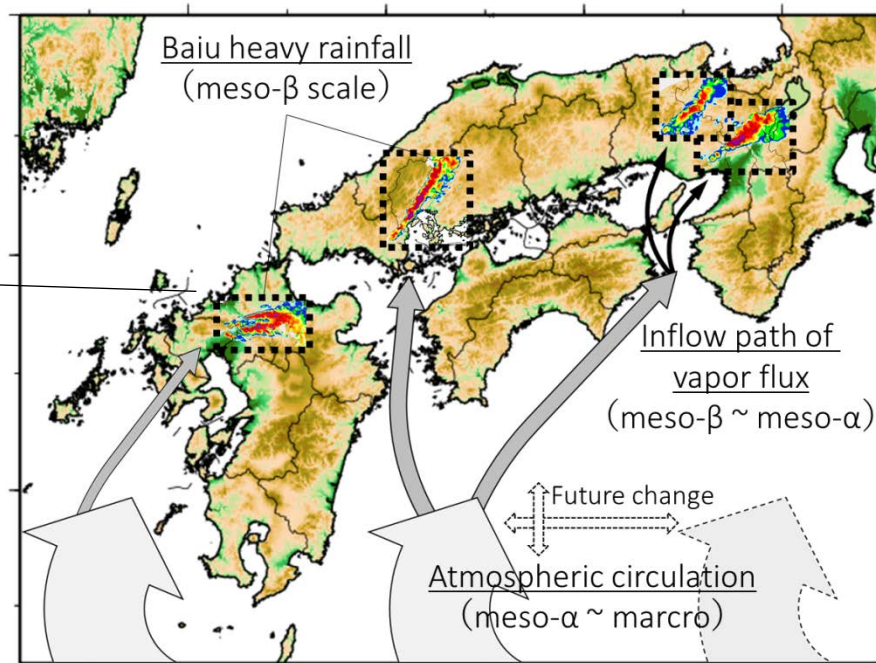
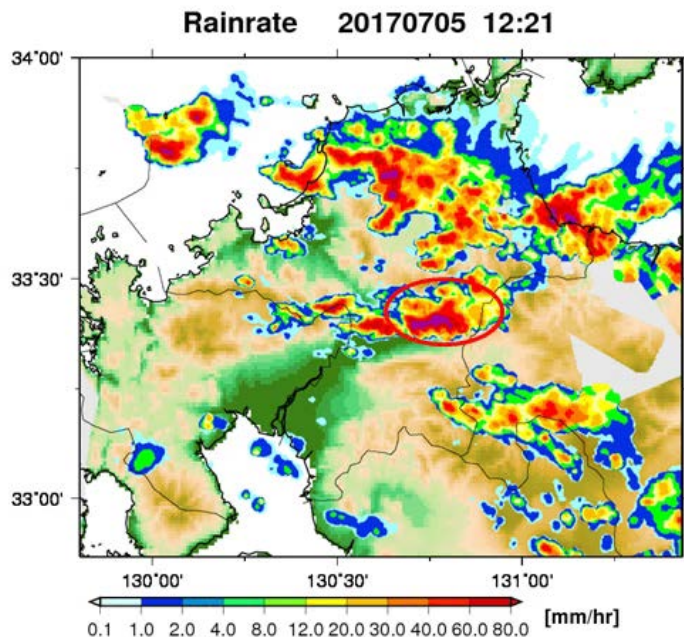
# 本日の流れ

---

- 背景と目的
- NHRCM05を用いた梅雨豪雨の将来変化予測
- d4PDFを用いた大気場の将来変化予測
- 積算雨量の将来変化
- まとめ

# 背景と目的

## 2017年九州北部豪雨



複雑な階層構造を持つ梅雨豪雨をマルチスケールから捉えることにより、梅雨豪雨の詳細で確度の高い将来変化予測を行う。

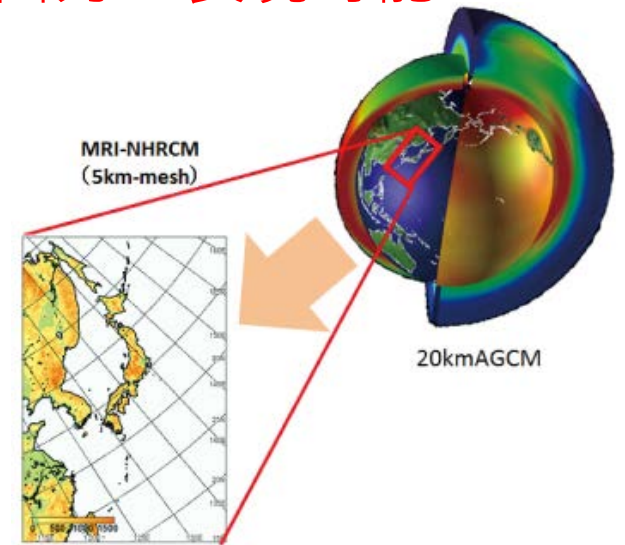
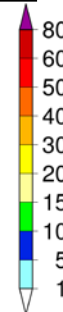
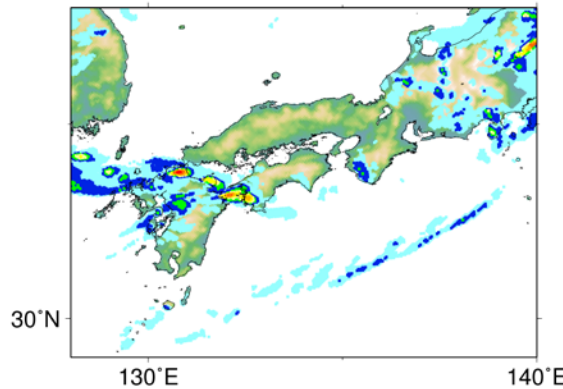
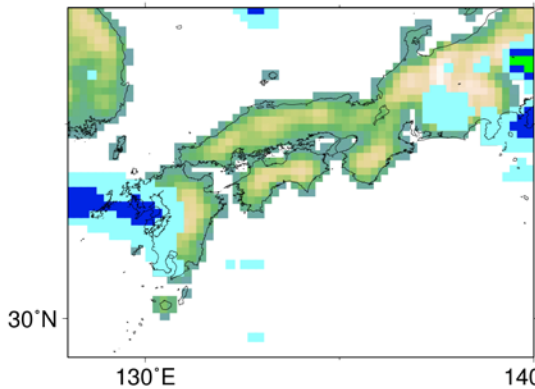
# 非静力学領域気候モデル NHRCM05



- 全球大気モデルAGCM20のネスティングにより作成
- 5km・30分解像度 => 梅雨豪雨を降雨出力で表現可能

**AGCM20** (20km, 1時間)

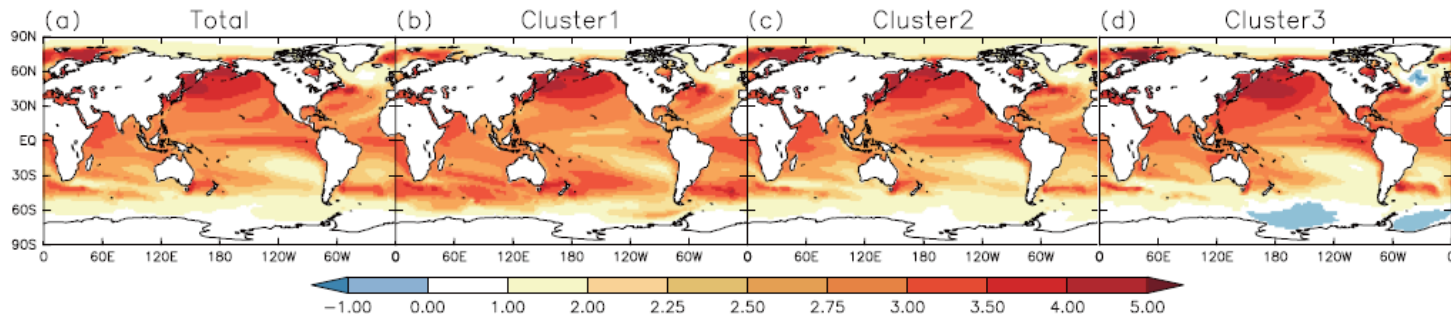
**NHRCM05** (5km, 30分)



(Mizuta et al. 2014)

4SSTアンサンブル

- SFA\_rcp85: **c0**
- SFA\_rcp85\_c1: **c1**
- SFA\_rcp85\_c2: **c2**
- SFA\_rcp85\_c3: **c3**



# 大量アンサンブル d4PDF



database for Policy Decision making for Future climate change

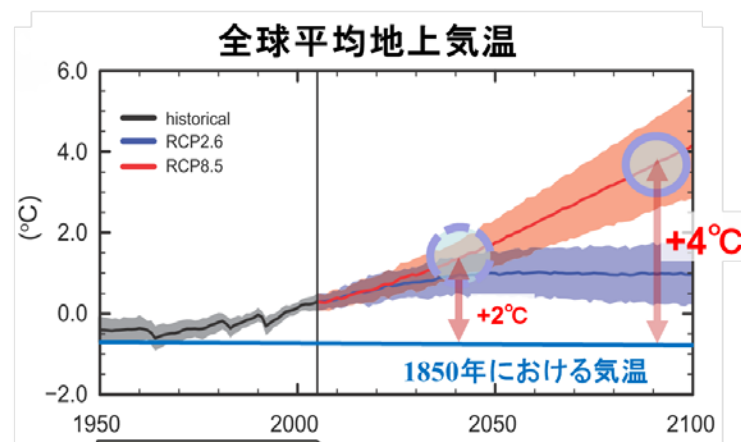
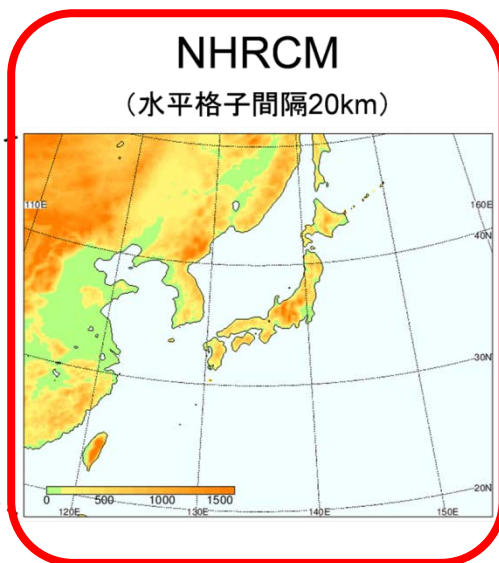
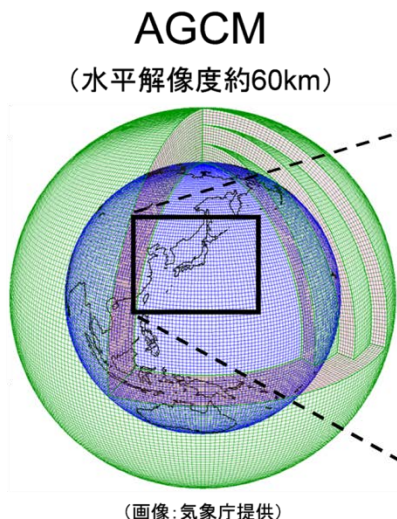
現在気候：1951-2010

- 50アンサンブル

将来気候：定常60年計算

- 90アンサンブル

確率情報として将来変化を評価できる



# 豪雨と大気場の対応付け

NHRCM05



親モデル

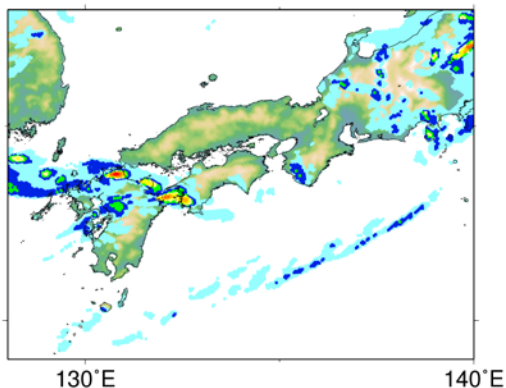
AGCM20



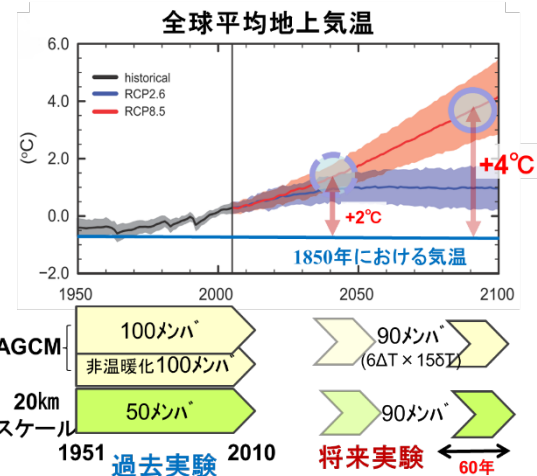
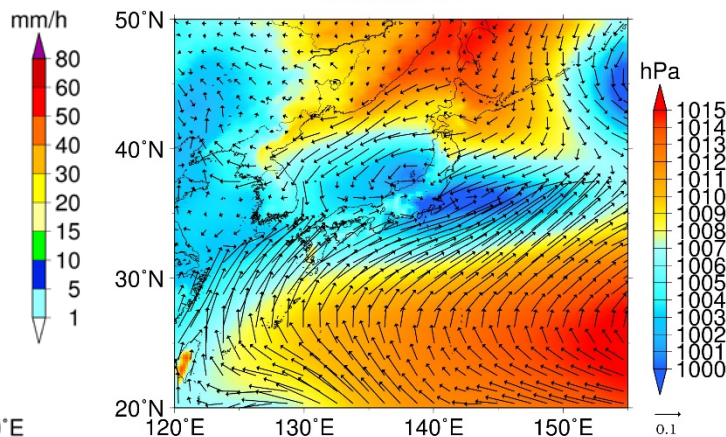
解像度一緒

d4PDF20

198107140030



19810714



高解像度であるため、  
梅雨豪雨を降雨出力  
として表現可能。

梅雨豪雨は表現できないが、  
統計的な将来変化予測が可能

梅雨豪雨発生時の  
大気場の特徴を抽出

d4PDFを用い、大気場の  
発生頻度の将来変化を予測

# 本日の流れ

---

- 背景と目的
- **NHRCM05を用いた梅雨豪雨の将来変化予測**
- d4PDFを用いた大気場の将来変化予測
- 積算雨量の将来変化
- まとめ

# 梅雨豪雨の抽出基準



## 客観基準

### ➤30分降水量

- 時間雨量換算で50mm以上の雨域が2時間以上同じ場所に停滞する場合.
- 時間雨量換算で50mm以上の雨域が2時間以内に同じ場所に複数回出現する場合.

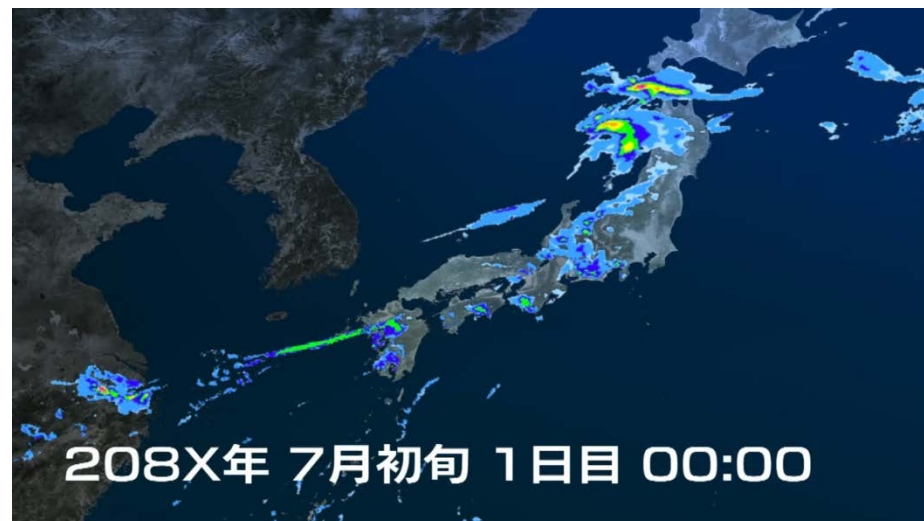
### ➤3時間降水量

- 150mm以上の雨域が出現した場合.
- 100-150mmの雨域が3時間以上停滞する場合.

### ➤梅雨前線の確認

- 相当温位の南北勾配が大きいこと.
- 太平洋高気圧の縁辺から等, 水蒸気が南から供給されていること.

NHRCM05の降雨出力



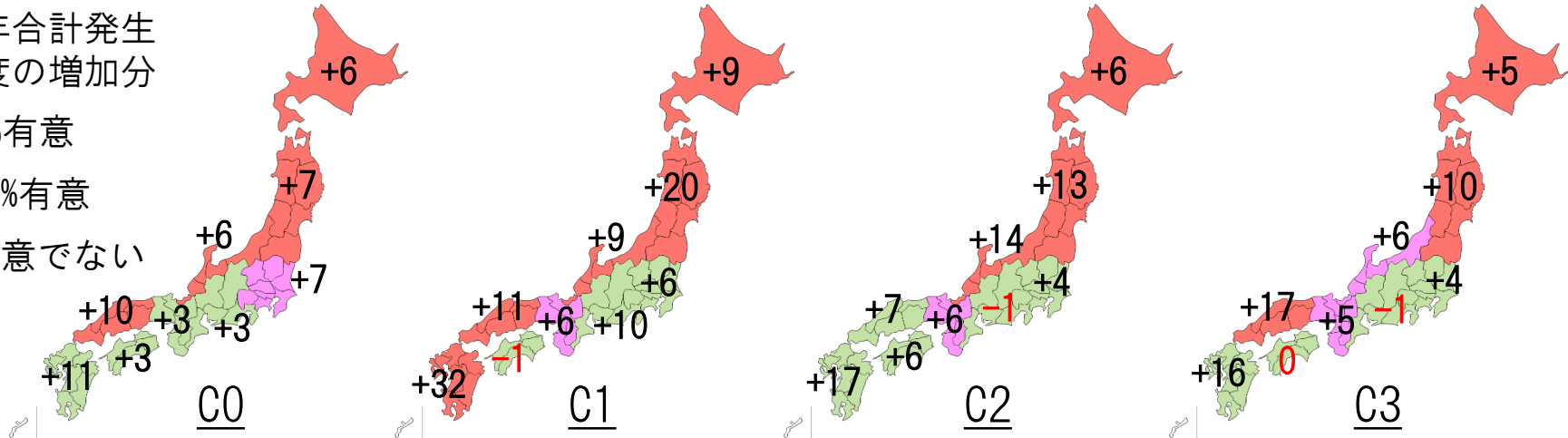
レーダー画像のように  
NHRCM05の降雨出力から直接  
梅雨豪雨を捉える



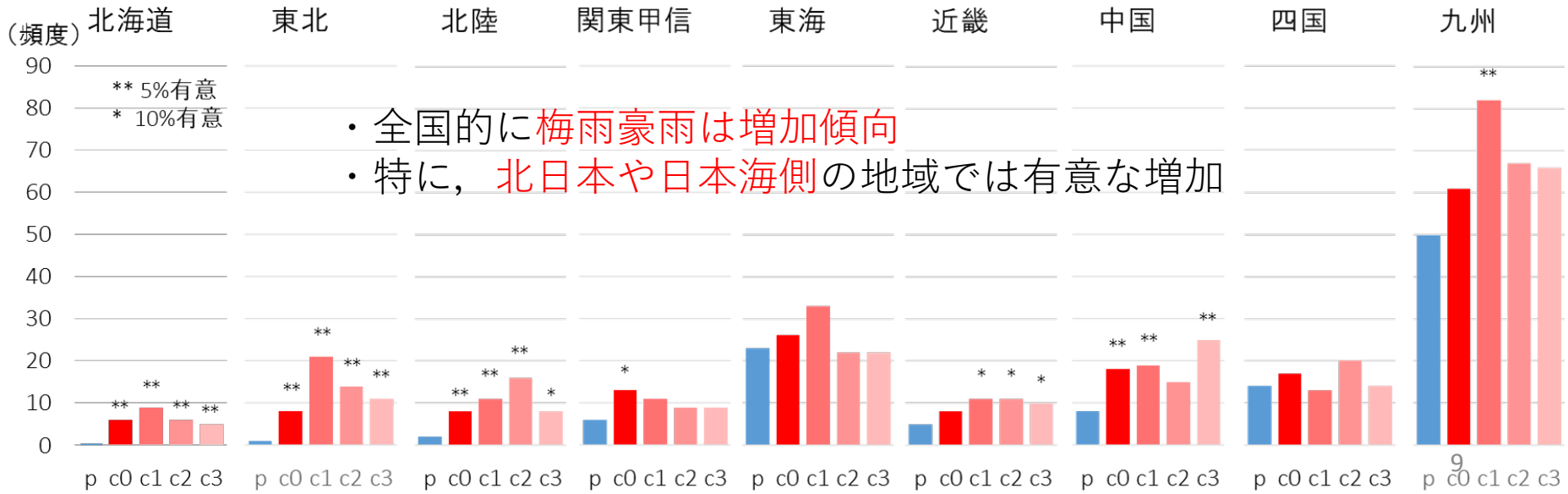
# 梅雨豪雨発生頻度の将来変化

+ 20年合計発生頻度の増加分

- 5%有意
- 10%有意
- 有意でない



(Osakada and Nakakita, 2018)



- 全国的に梅雨豪雨は増加傾向
- 特に、北日本や日本海側の地域では有意な増加

# 本日の流れ

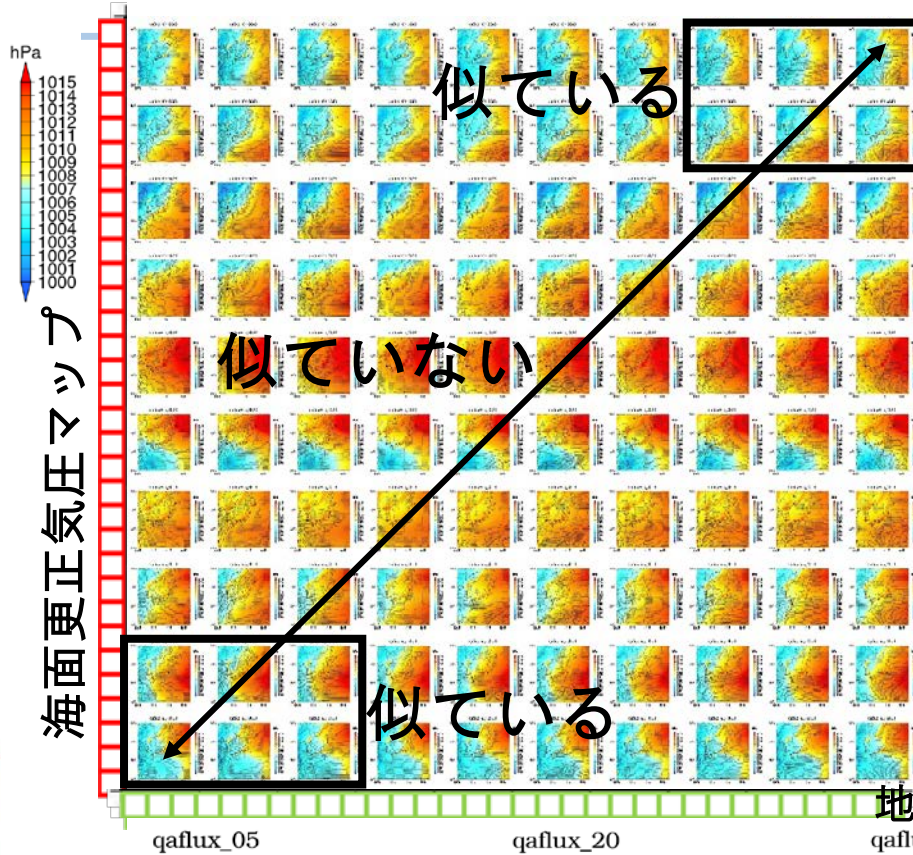
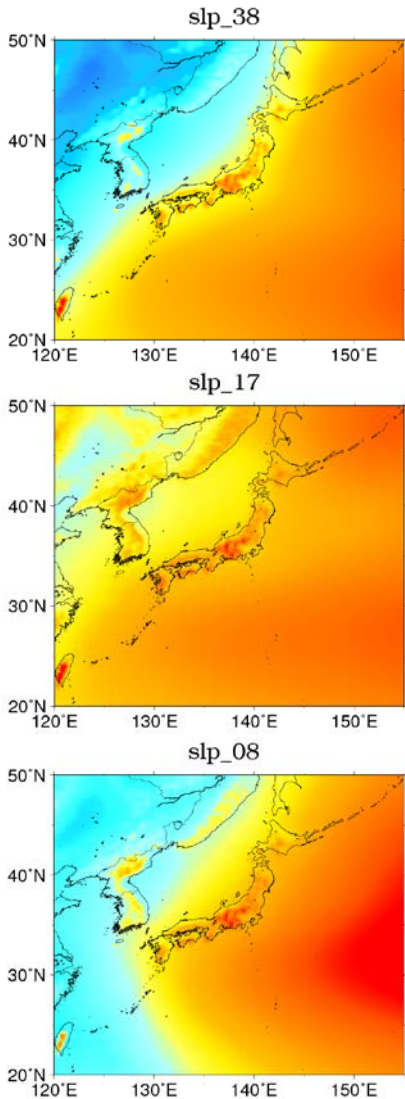
---

- 背景と目的
- NHRCM05を用いた梅雨豪雨の将来変化予測
- **d4PDFを用いた大気場の将来変化予測**
- 積算雨量の将来変化
- まとめ

# SOM \_ Self Organizing Map



(T. Kohonen, 1998)



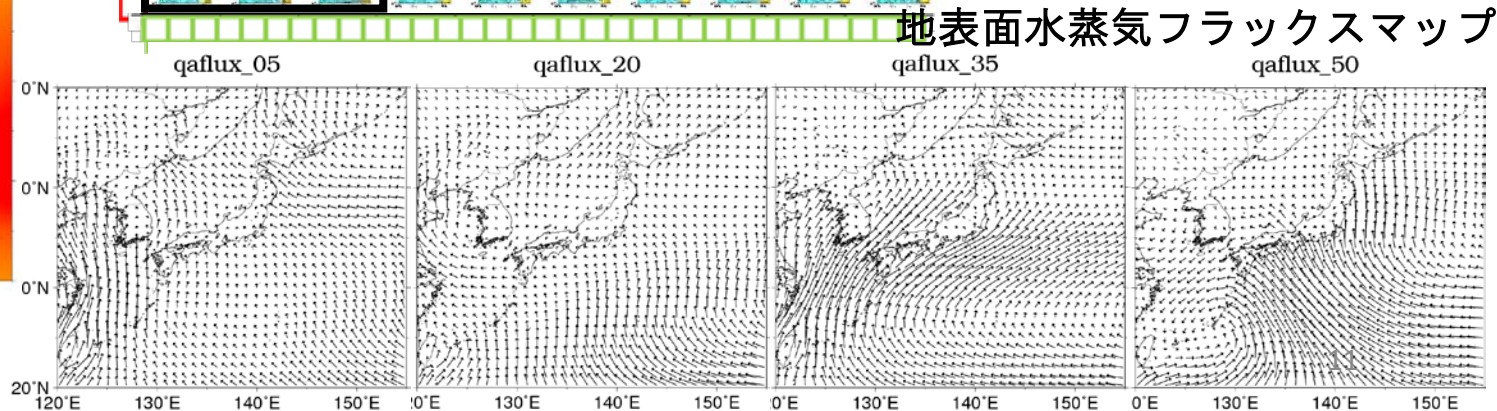
## 入力データ

AGCM20 (現在気候と将来気候 c0のみ)

- ・海面更正気圧
- ・地表面水蒸気フラックスの旬平均値



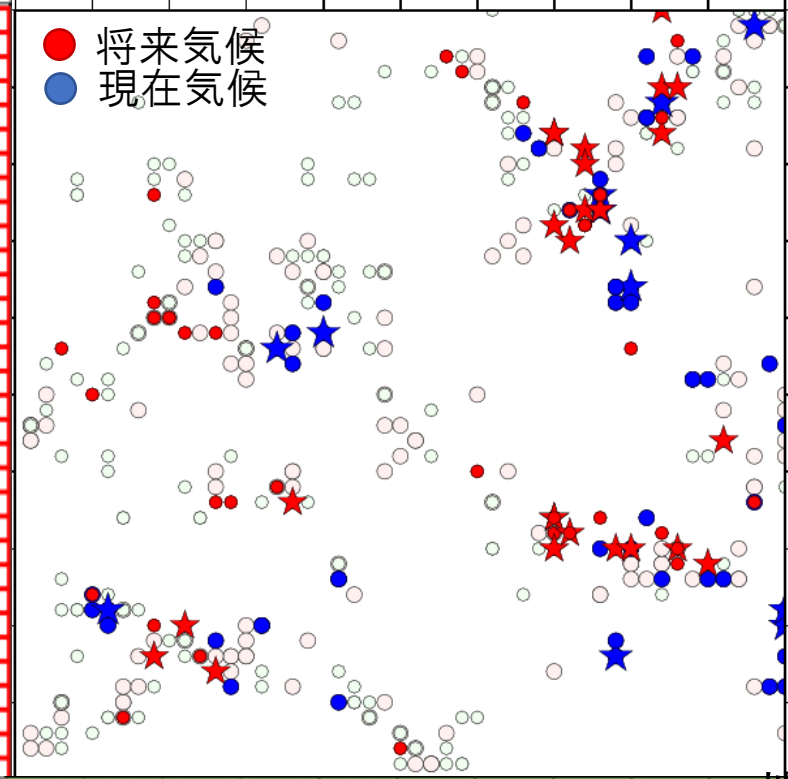
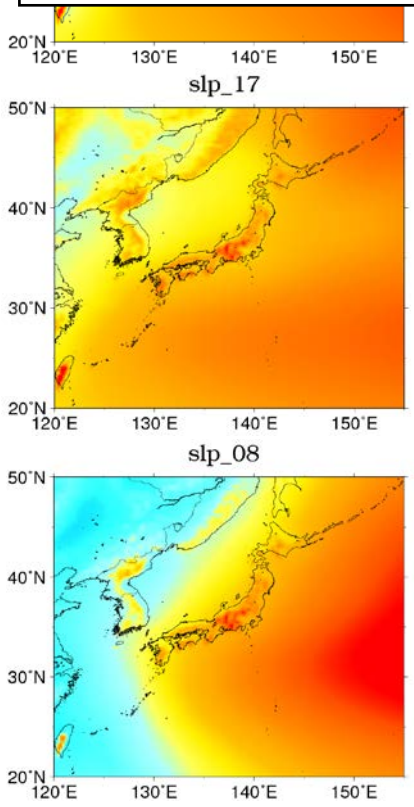
代表的な特徴を抽出し、仮想的な大気場としてその特徴をマップ上に表現するアルゴリズム



# AGCM20の大気場分類

RCM05の降雨分布から抽出した梅雨豪雨が発生していた時に対応するAGCM20の大気場のみを色づけ

海面更正気圧マップ

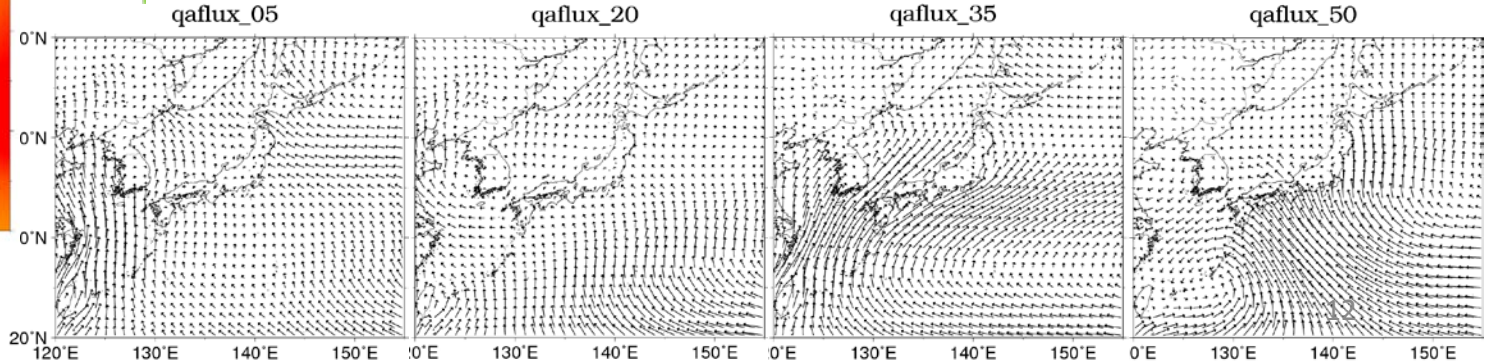


入力データ

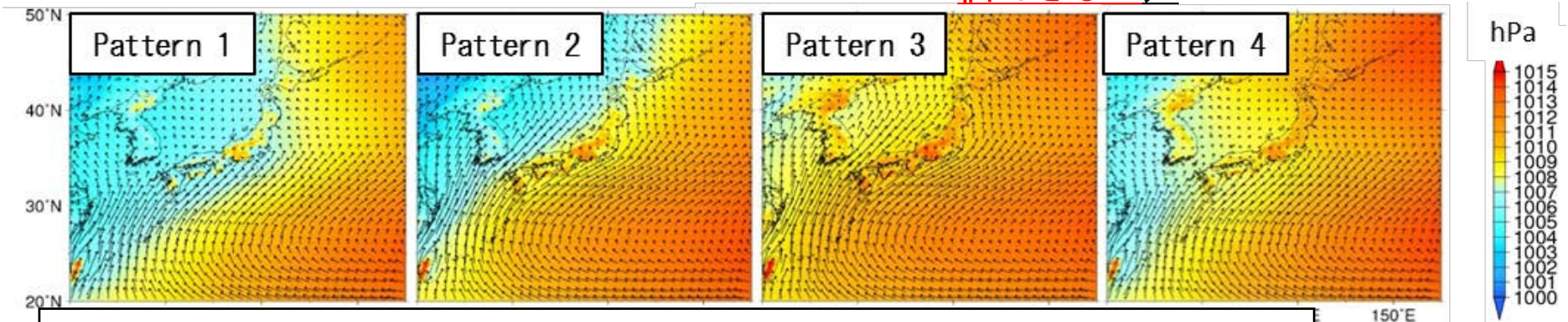
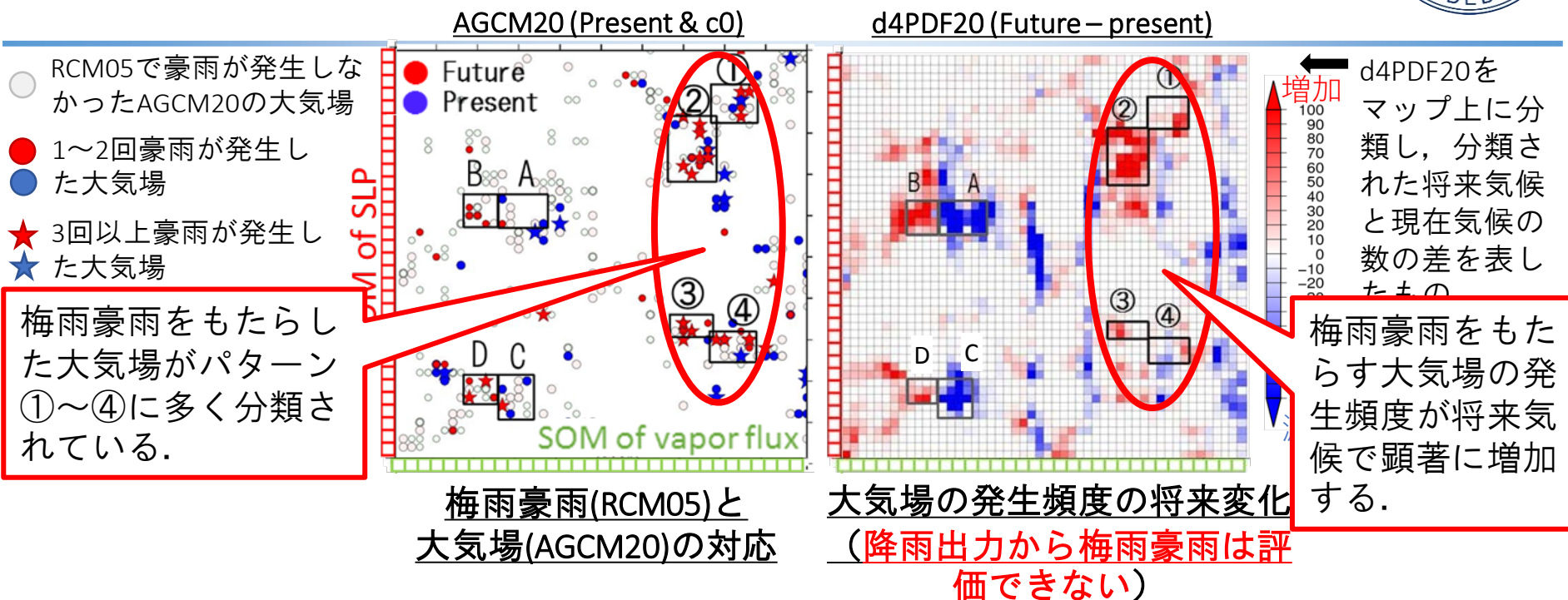
AGCM20（現在気候と将来気候c0のみ）

- ・海面更正気圧
  - ・地表面水蒸気フラックス
- 旬（10日）平均値

地表面水蒸気フラックスマップ



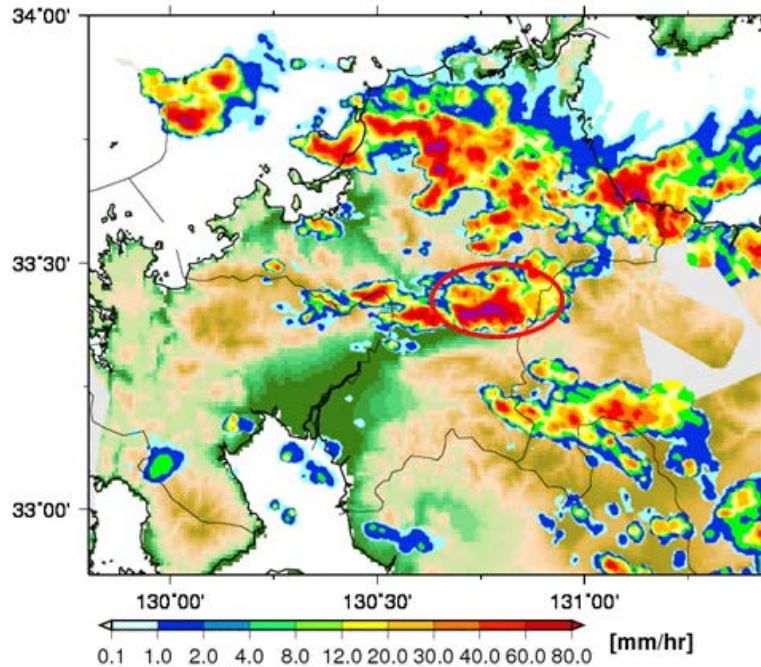
# 梅雨豪雨をもたらす大気場とその将来変化



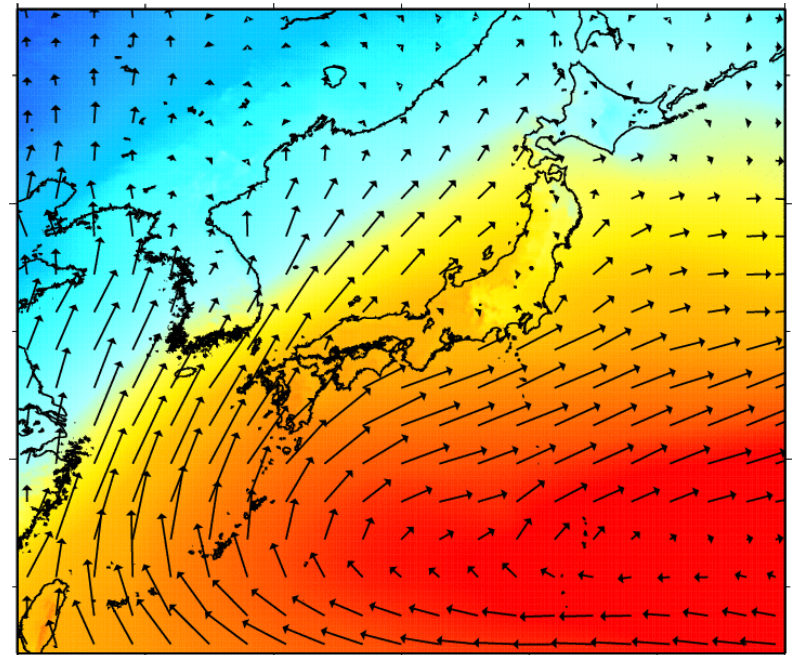
- ・西に大きく張り出した太平洋高気圧
- ・高気圧の北西縁辺に沿って日本域に流入する豊富な水蒸気フラックス

# 2017年九州北部豪雨

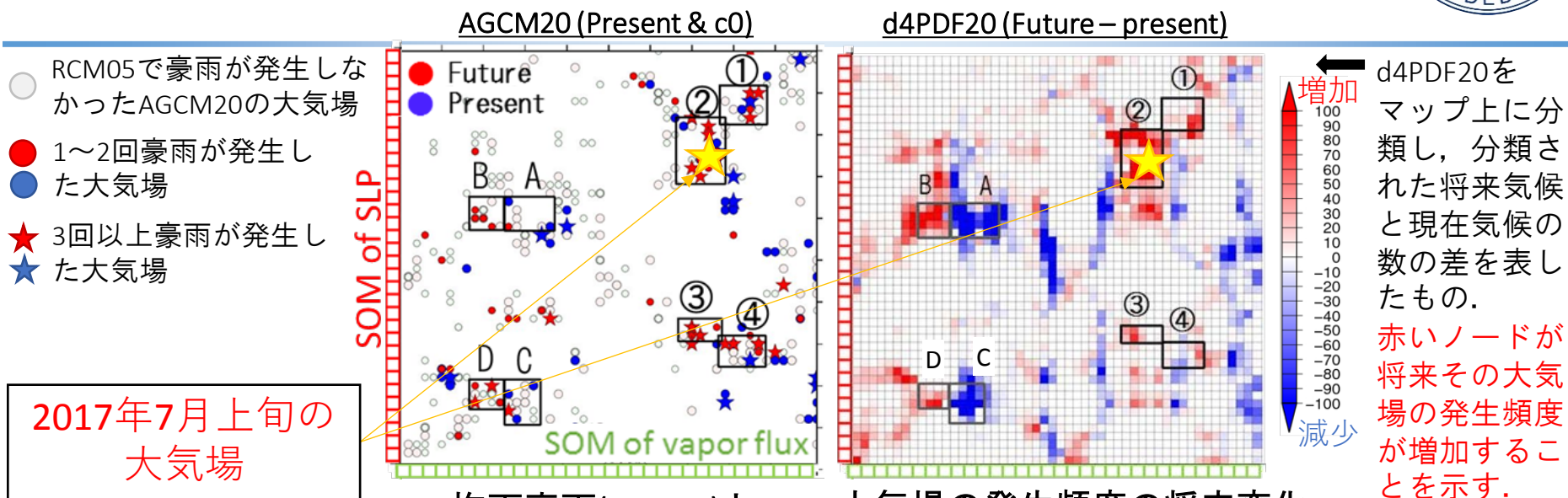
Rainrate 20170705 12:21



2017年7月上旬  
海面更正気圧と水蒸気フラックス  
(MSMより作成)

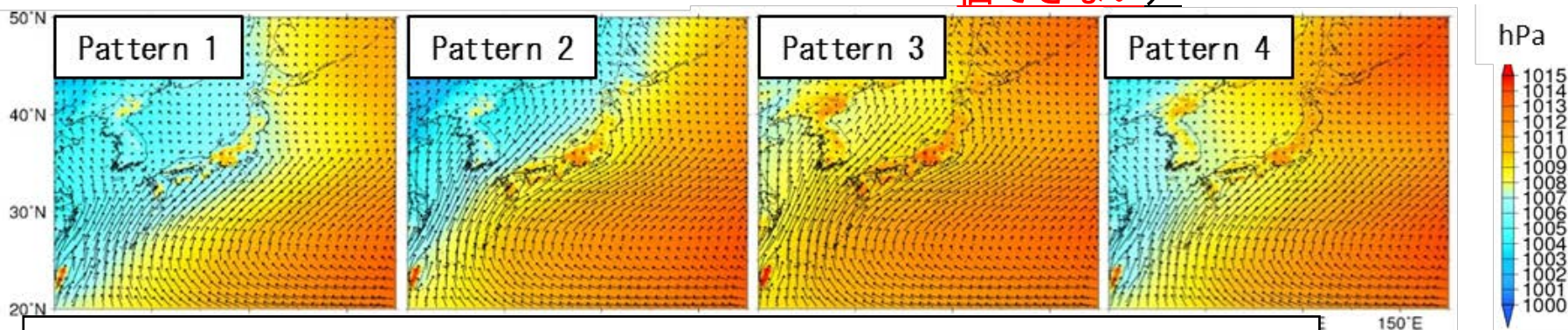


# 梅雨豪雨をもたらす大気場とその将来変化



梅雨豪雨(RCM05)と大気場(AGCM20)の対応

大気場の発生頻度の将来変化 (降雨出力から梅雨豪雨は評価できない)



- ・西に大きく張り出した太平洋高気圧
- ・高気圧の北西縁辺に沿って日本域に流入する豊富な水蒸気フラックス

# NHRCM05における梅雨豪雨発生場所

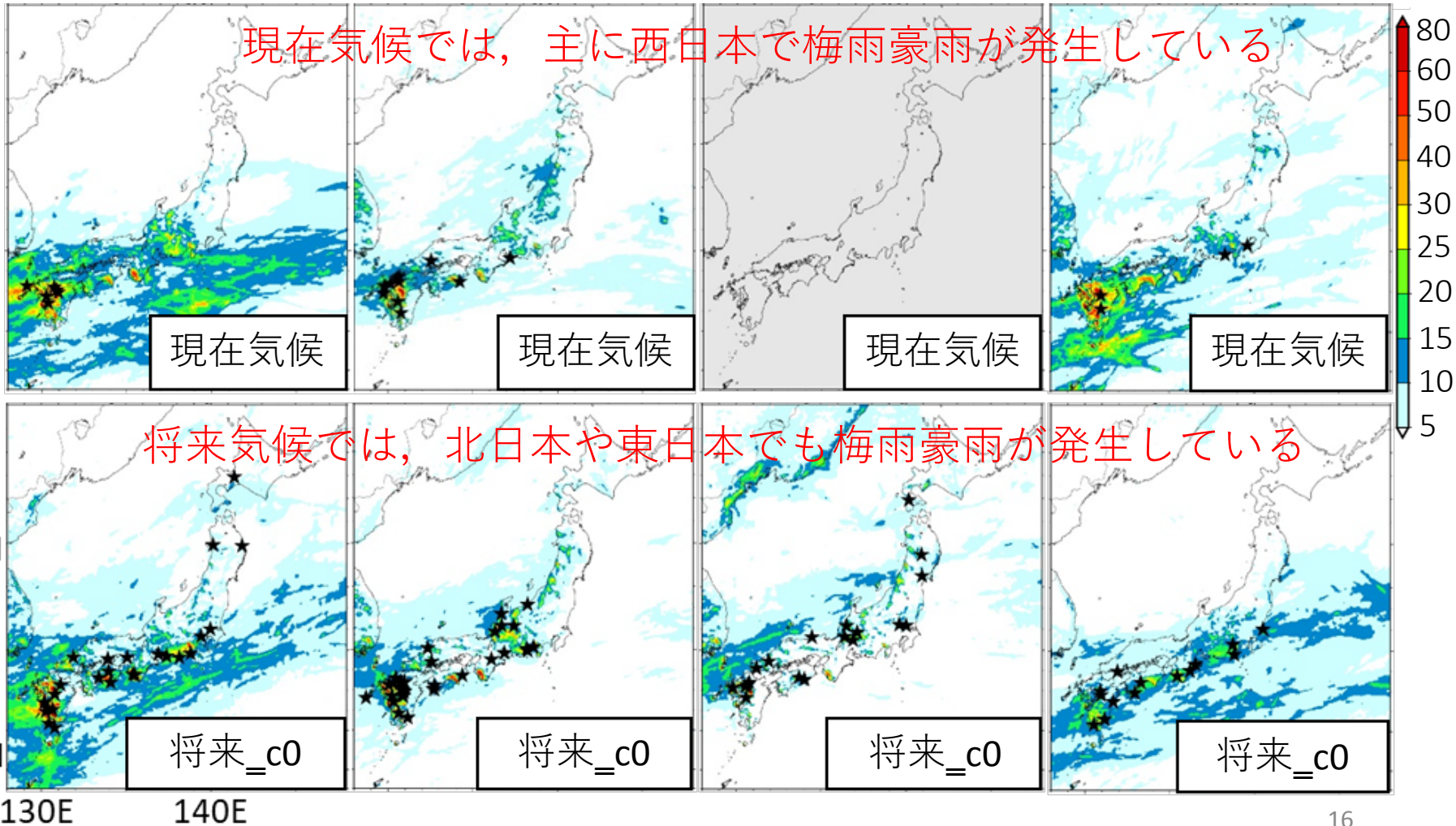


Pattern 1

Pattern 2

Pattern 3

Pattern 4 [mm/day]



現在気候では、主に西日本で梅雨豪雨が発生している

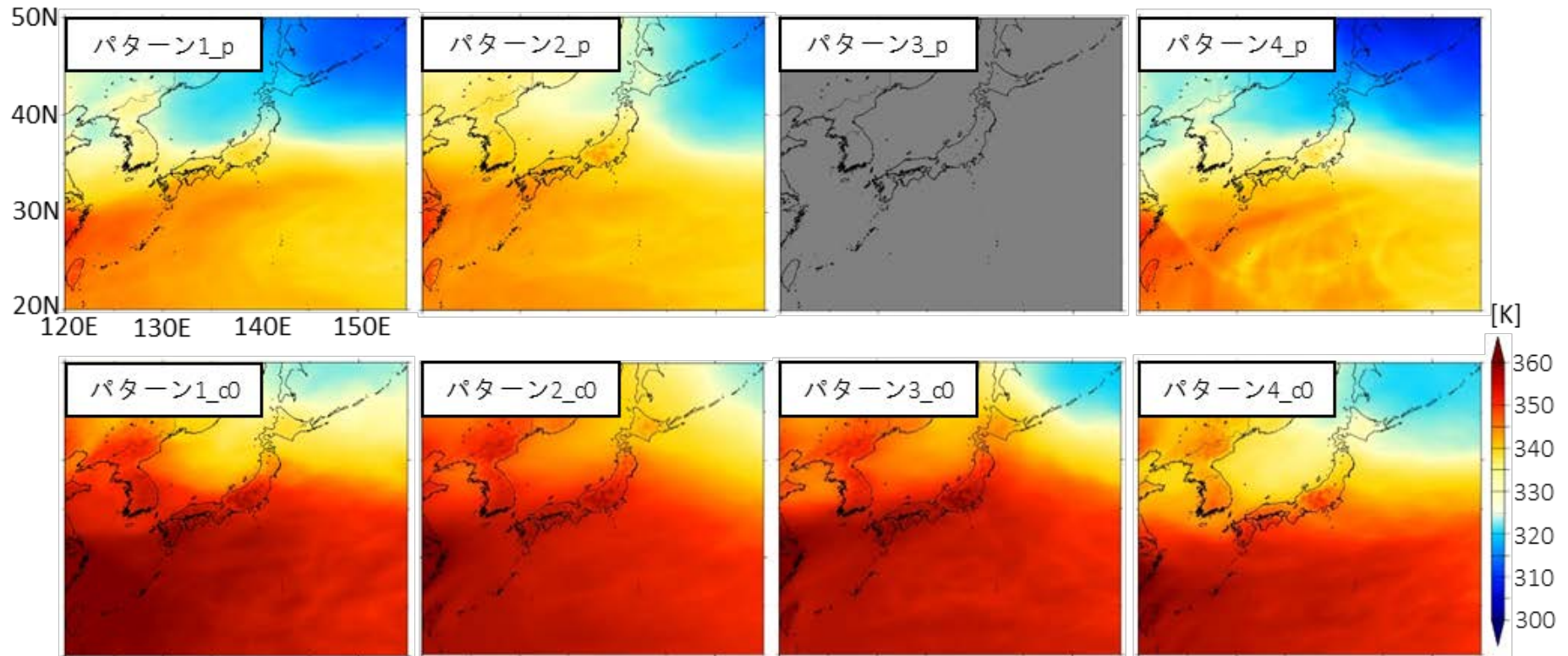
将来気候では、北日本や東日本でも梅雨豪雨が発生している



# 梅雨豪雨発生地域拡大のメカニズム

## 850hPa面相当温位

各パターンに分類された大気場のうち豪雨が発生した旬のみの合成。



東日本太平洋側は通常下層への高相当温位気塊の流入がないので豪雨にならない（加藤，2007）とされていたが、**将来は東日本太平洋側や北日本の下層へも高相当温位気塊が流入する。こうした大気場パターン1～3は特に将来増加する。** 17

# 本日の流れ

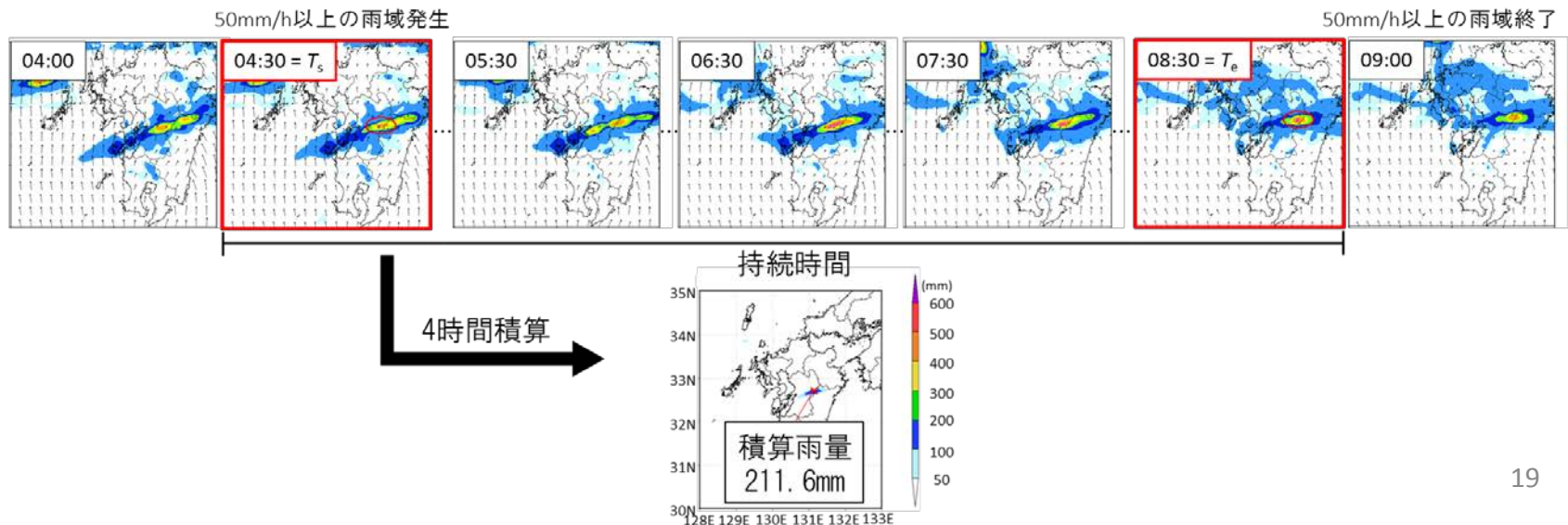
---

- 背景と目的
- NHRCM05を用いた梅雨豪雨の将来変化予測
- d4PDFを用いた大気場の将来変化予測
- 積算雨量の将来変化
- まとめ

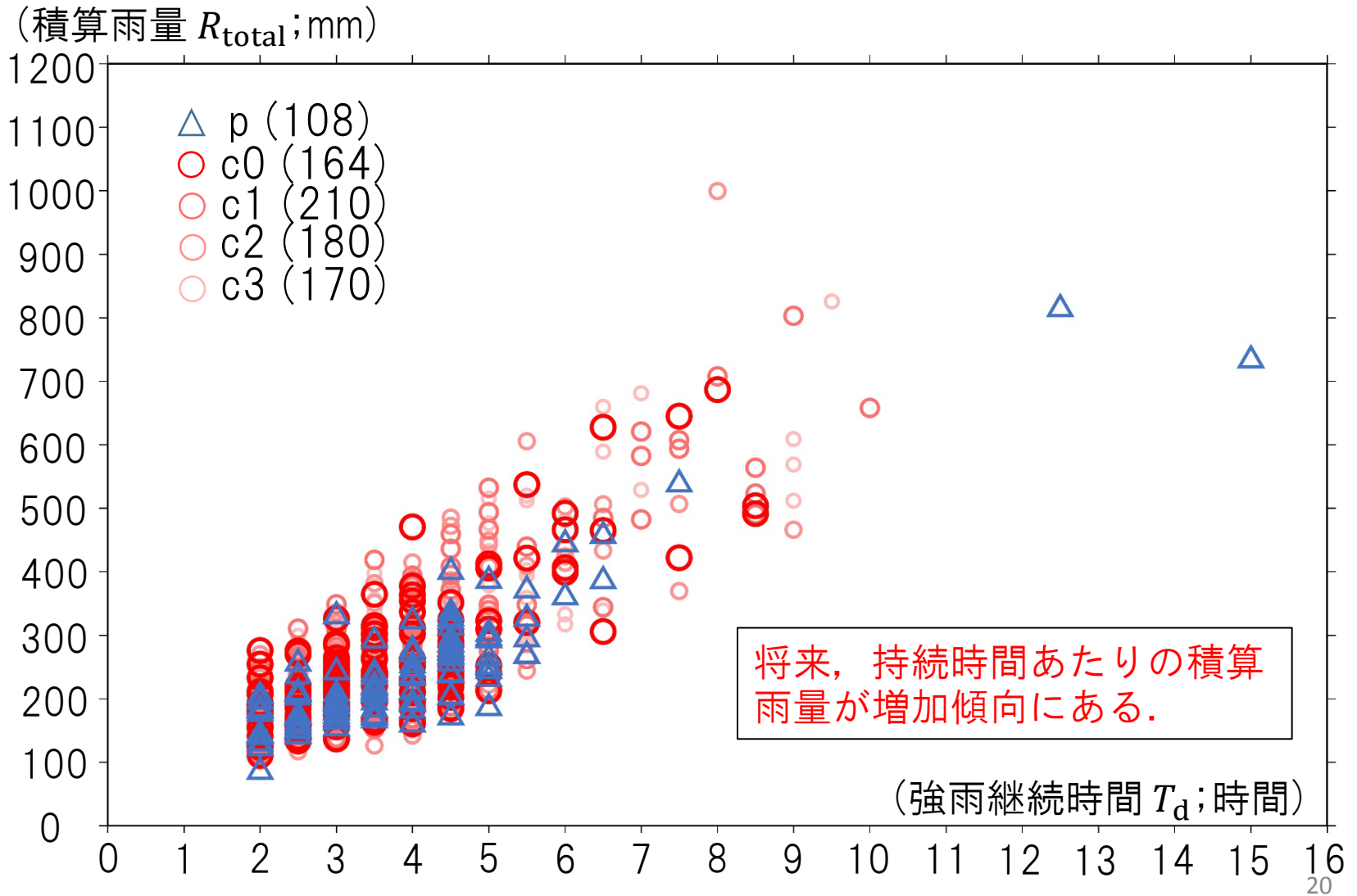
# 強雨継続時間と積算雨量の定義

$$R_{\text{total}} = \max_{i,j \in R} \sum_{t=T_s}^{T_e} r(i,j)_t$$

- $T_d$ : 持続時間
  - 抽出した各事例において、**50mm/hの雨域**が発生し始めた時間から消えた時間まで。
- $R_{\text{total}}$ : 積算雨量
  - 持続時間内において最大積算雨量を記録した地点の値。
- $r(i,j)$ : 30分雨量
- $R$ : 豪雨が発生した地域の領域



# 積算雨量の将来変化

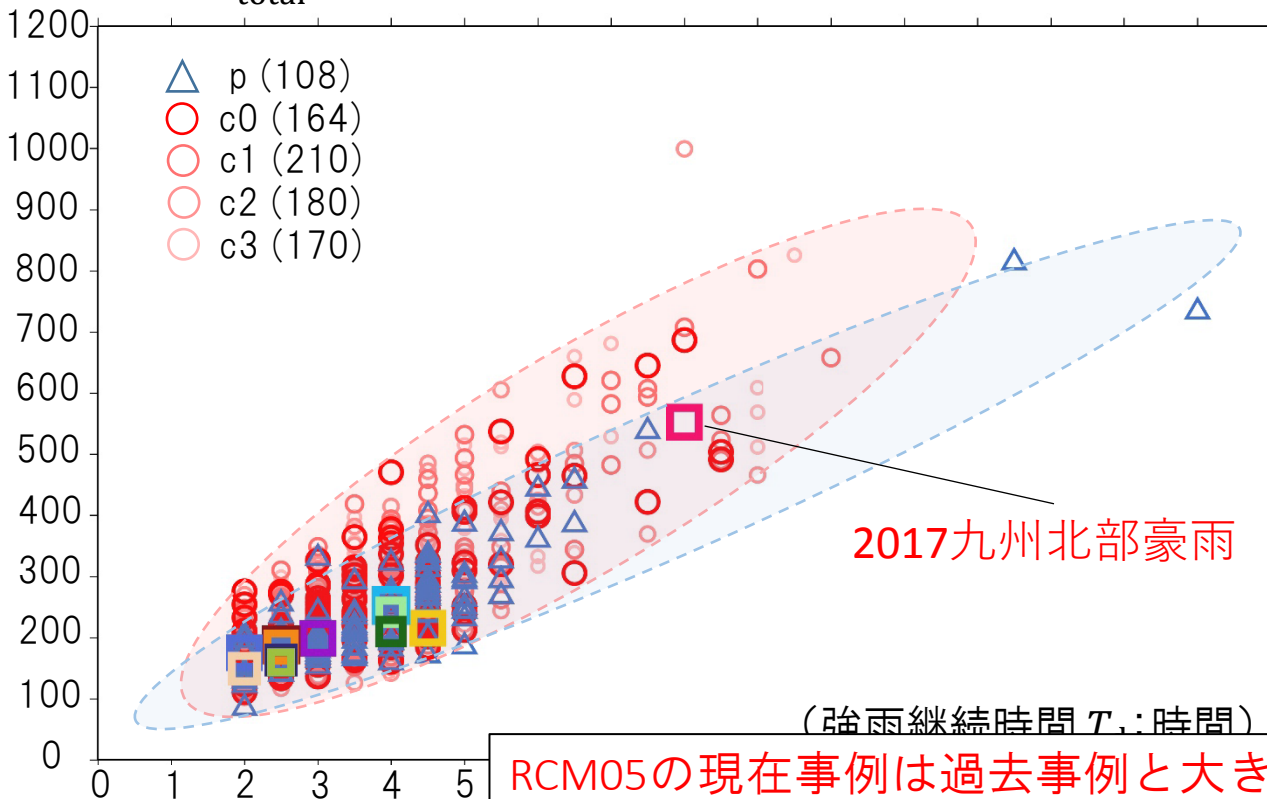


# 過去の梅雨豪雨事例との比較



定量的な情報である偏波のXバンドレーダ及びCX合成雨量情報を用いて、過去の梅雨豪雨事例の積算雨量を解析。

(積算雨量  $R_{total}$ ; mm)



- a. 2017.07.九州北部豪雨 (CX)
- b. 2017.07.島根豪雨 (CX)
- c. 2016.06.熊本豪雨 (CX)
- d. 2014.09.胆振豪雨 (X)
- e. 2014.08.広島豪雨 (X)
- f. 2014.08.福知山豪雨 (X)
- g. 2013.08.島根豪雨 (X)
- h. 2012.08.宇治豪雨 (X)
- i. 2012.07.亀岡豪雨 (X)
- j. 2012.07.北九州豪雨\_筑後 (X)
- k. 2012.07.北九州豪雨 (X)
- l. 2010.07.可児豪雨 (X)

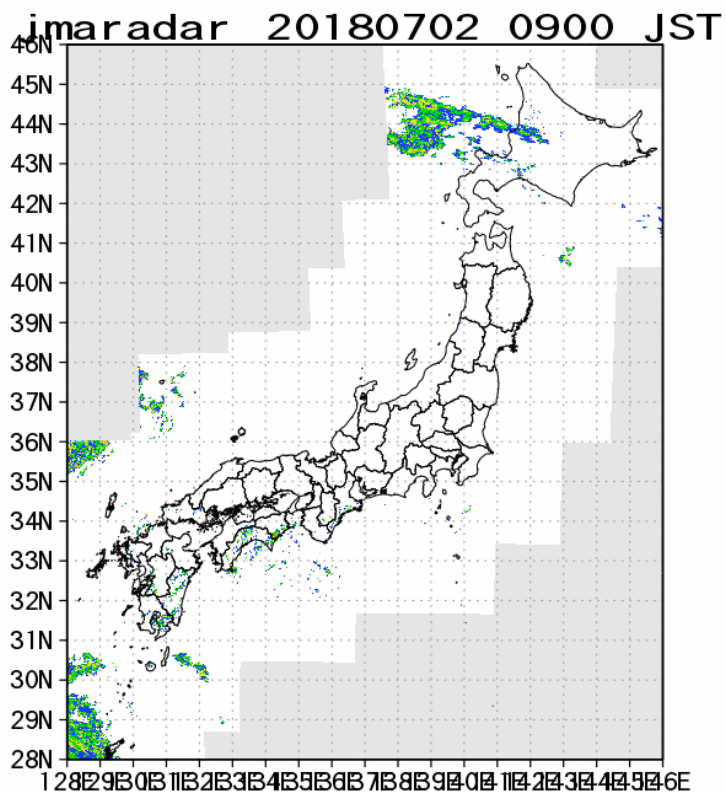
2017九州北部豪雨

RCM05の現在事例は過去事例と大きく乖離していない。  
 さらに、2017年九州北部豪雨は現在では非常に極端な事例であった一方、将来では特別極端ではないことがわかった。

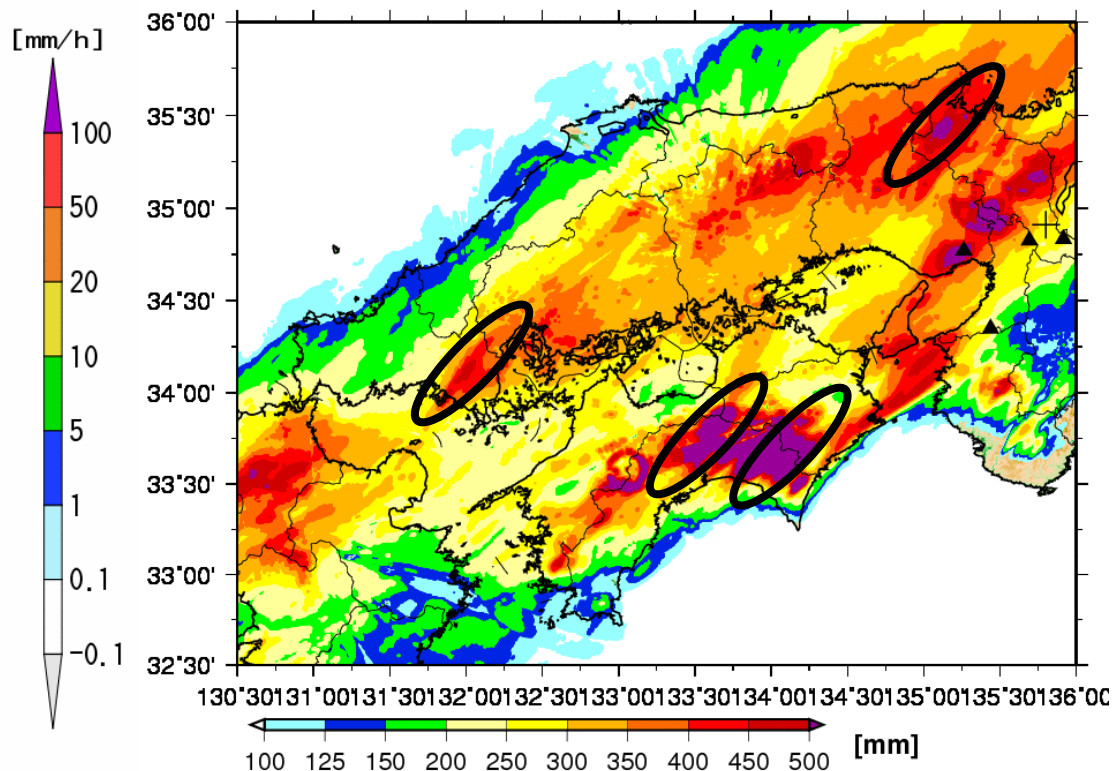
# 2018年西日本豪雨は... ?



気象庁Cバンドレーダによる  
降雨強度



CX合成雨量による  
2018.07.04 12:00 ~ 2018.07.07 11:59  
3日間積算雨量

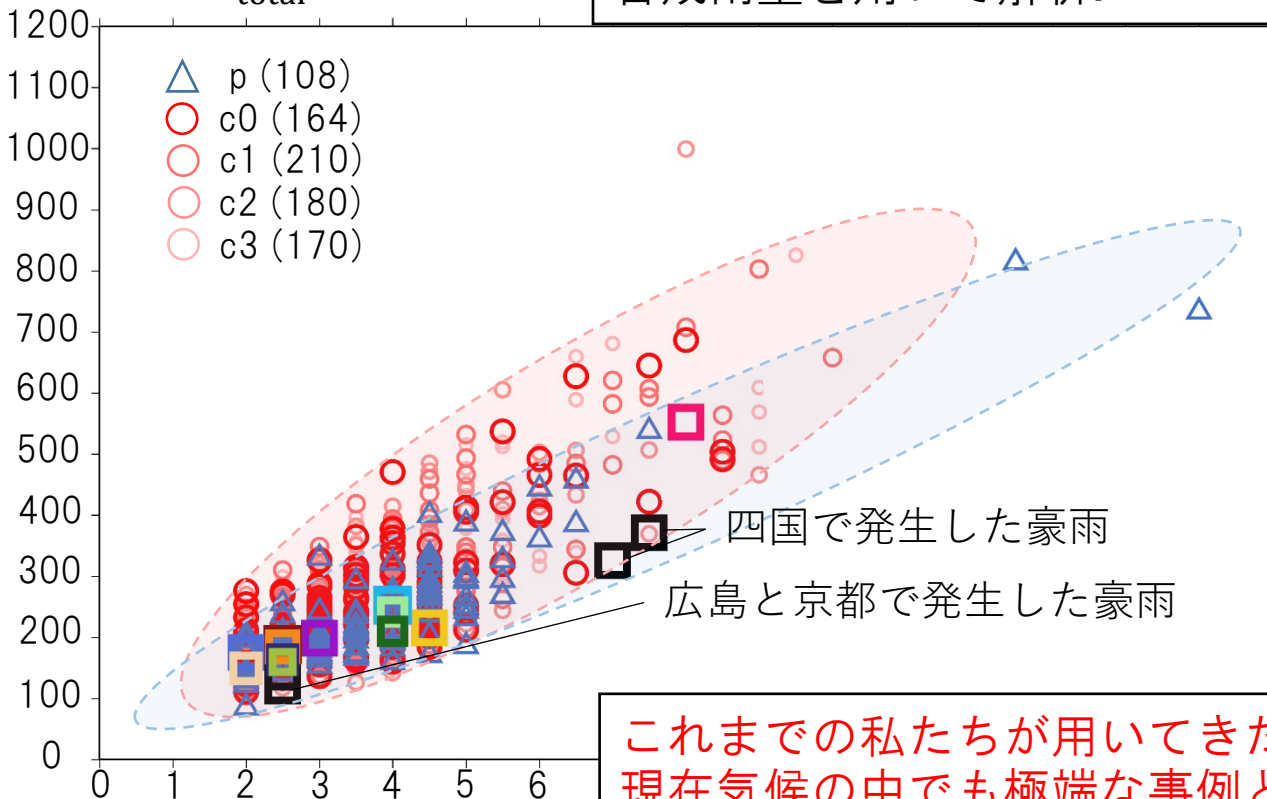


# 過去の梅雨豪雨事例との比較



2018年西日本豪雨において発生した豪雨のうち、**本研究**における“**梅雨豪雨**”の定義に合った豪雨について、CX合成雨量を用いて解析。

(積算雨量  $R_{total}$ ; mm)



- a. 2017.07.九州北部豪雨 (CX)
- b. 2017.07.島根豪雨 (CX)
- c. 2016.06.熊本豪雨 (CX)
- d. 2014.09.胆振豪雨 (X)
- e. 2014.08.広島豪雨 (X)
- f. 2014.08.福知山豪雨 (X)
- g. 2013.08.島根豪雨 (X)
- h. 2012.08.宇治豪雨 (X)
- i. 2012.07.亀岡豪雨 (X)
- j. 2012.07.北九州豪雨\_筑後 (X)
- k. 2012.07.北九州豪雨 (X)
- l. 2010.07.可児豪雨 (X)

これまでの私たちが用いてきた“梅雨豪雨”の定義では、**現在気候の中でも極端な事例とは言えない。**

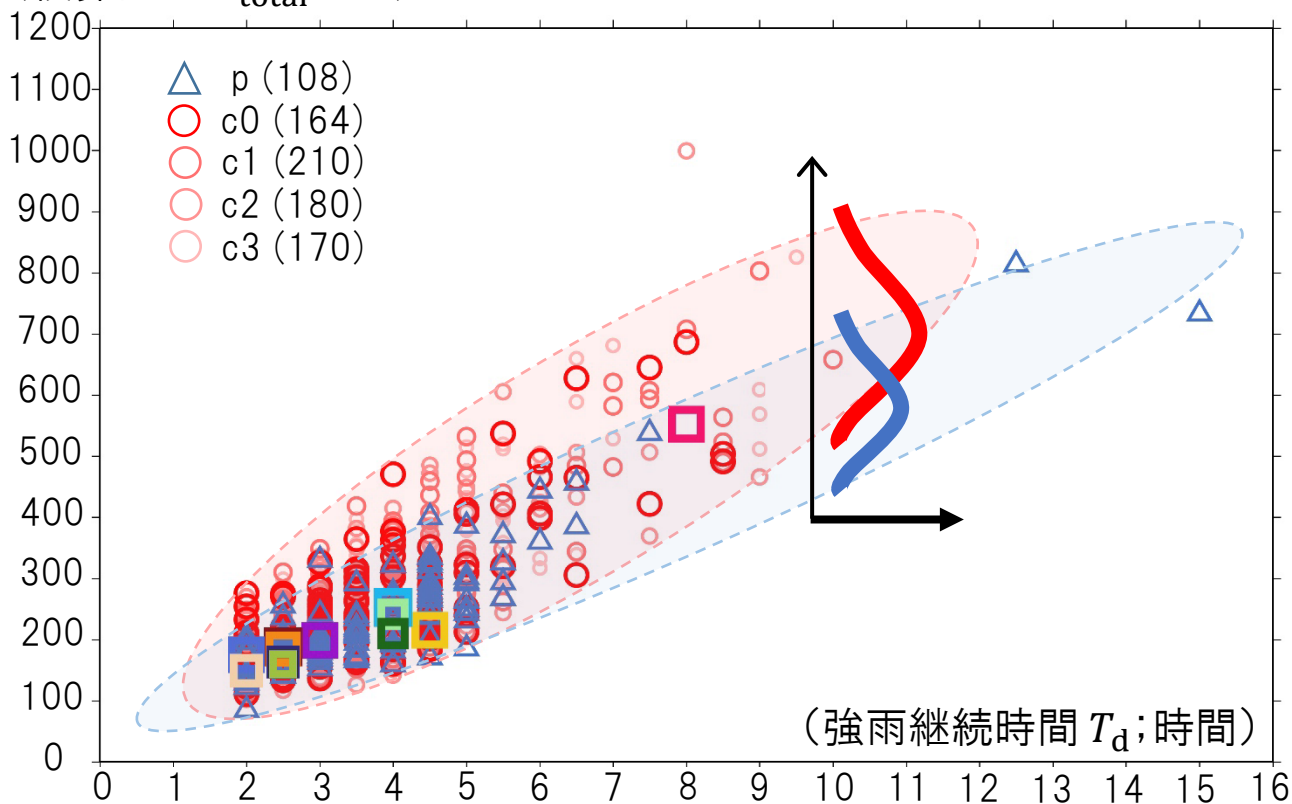
**何が異常であったか？どのような指標を用いてその異常さを定義し、将来変化を評価すべきか？**

# 今後のd4PDF利用に向けて



雨量をd4PDFの解像度で表現可能な指標に置き換えることで、確率的に将来変化予測を行っていく。

(積算雨量  $R_{total}$ ; mm)



- a. 2017.07.九州北部豪雨 (CX)
- b. 2017.07.島根豪雨 (CX)
- c. 2016.06.熊本豪雨 (CX)
- d. 2014.09.胆振豪雨 (X)
- e. 2014.08.広島豪雨 (X)
- f. 2014.08.福知山豪雨 (X)
- g. 2013.08.島根豪雨 (X)
- h. 2012.08.宇治豪雨 (X)
- i. 2012.07.亀岡豪雨 (X)
- j. 2012.07.北九州豪雨\_筑後 (X)
- k. 2012.07.北九州豪雨 (X)
- l. 2010.07.可児豪雨 (X)



# 本日の流れ

---

- 背景と目的
- NHRCM05を用いた梅雨豪雨の将来変化予測
- d4PDFを用いた大気場の将来変化予測
- 積算雨量の将来変化
- まとめ

# まとめ

- 小さな空間スケールを持つ現象でも，d4PDFの解像度で表現可能な特徴を捉えることによって，統計的な将来変化予測を行うことが可能.
- 局所的な梅雨豪雨をもたらす大気場の発生頻度は，d4PDFのアンサンブル情報からも有意に増加する.