



Research Center for
Advanced Science and Technology
The University of Tokyo

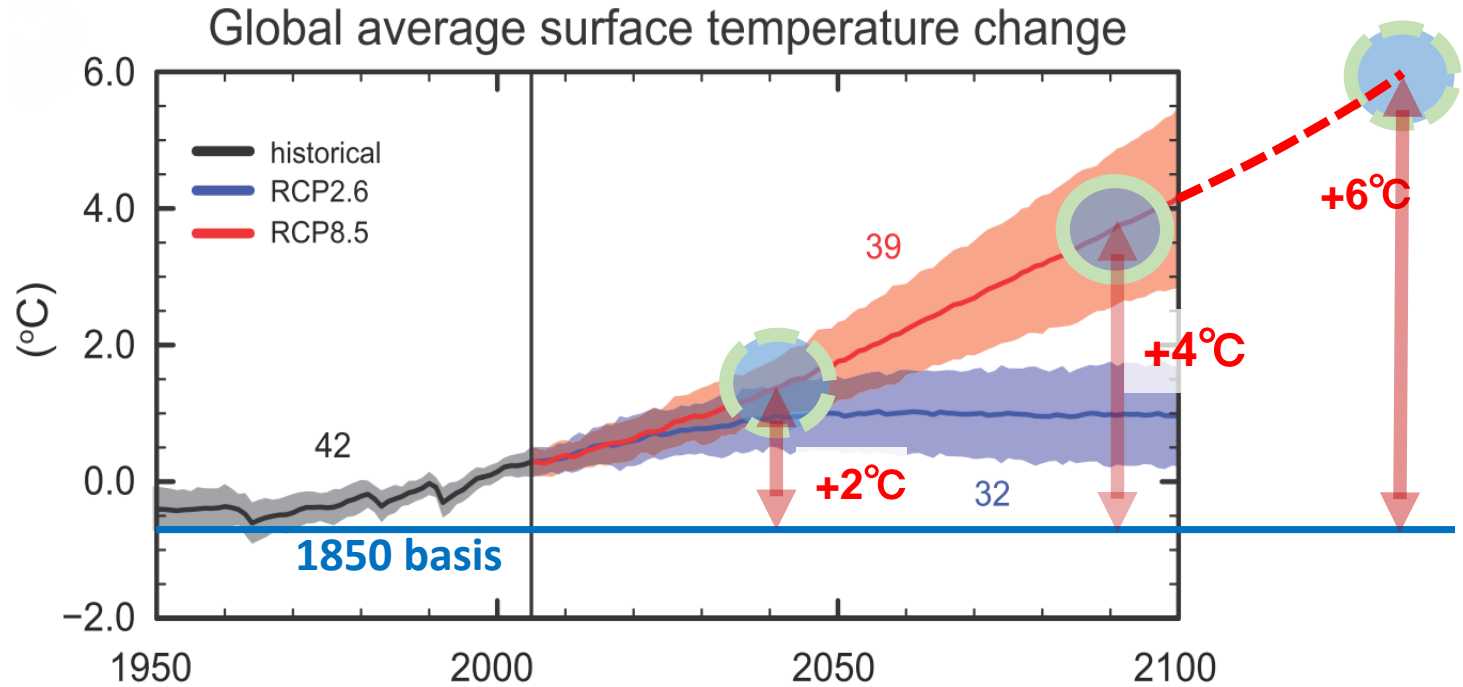


d4PDF 全球/領域版を用いた 近年の豪雨や猛暑に地球温暖 化が与える影響の評価

今田 由紀子・川瀬 宏明
(気象研究所)

2018/10/10「d4PDF の現在と未来を考える研究会合」

Database for Probabilistic Description of Future Climate Change (d4PDF): Recipes



**60km AGCM
(MRI-AGCM3.2)**

100mem **AMIP Historical**

100mem **AMIP Non-warming**

90mem **AMIP Future(+4K)**
($6\Delta T \times 15\delta T$)

COBE-SST2 + ΔT

20km RCM



100mem **Historical**

100mem **Non-warming**

90mem

1951 \longleftrightarrow 2018/07

60 years

\longleftrightarrow

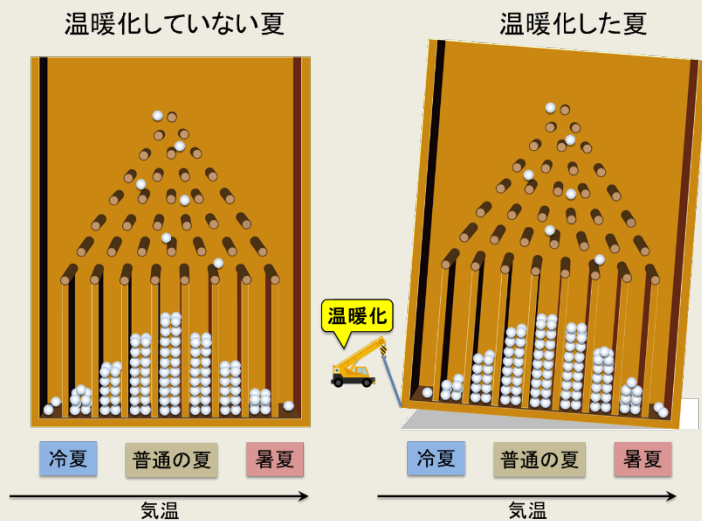
60 years

ΔT : SST change pattern
 δT : initial perturbation

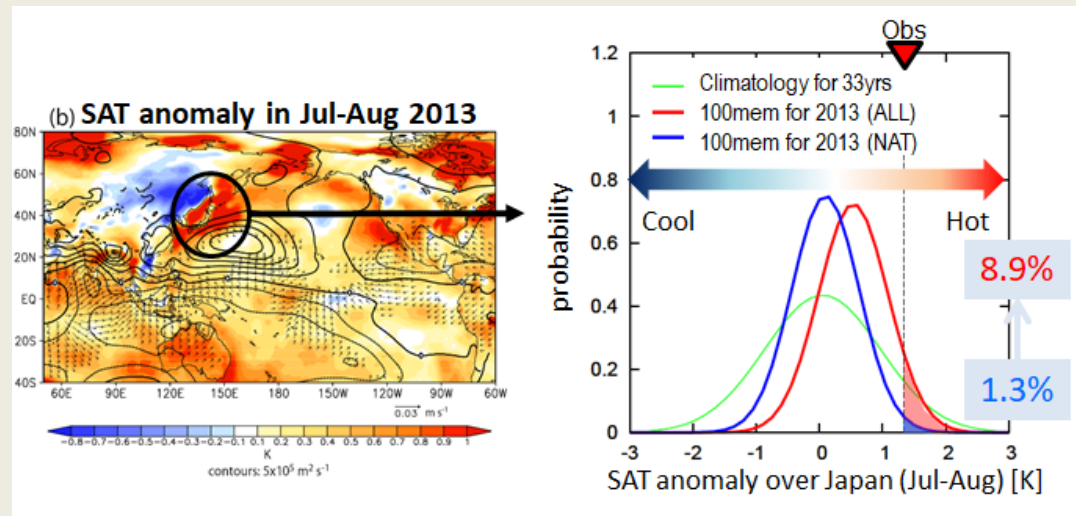
イベント・アトリビューション (EA)

「この異常気象は温暖化のせいですか？」

- 30年に1度の異常気象の変動要因を調べるのに、観測データではサンプルが不十分
- GCMを用いて、「現実的な設定(過去再現)」と「人間活動による温暖化が無い設定(非温暖化実験)」で大量のアンサンブル実験を行い、現在の異常気象イベントに対する温暖化の寄与を確率的に推定する。
- 目の前の異常気象イベントの発生確率が、人間活動によって、どれだけ変わっていたか？



(森正人@東大先端研)



Imada et al. (2014 BAMS)

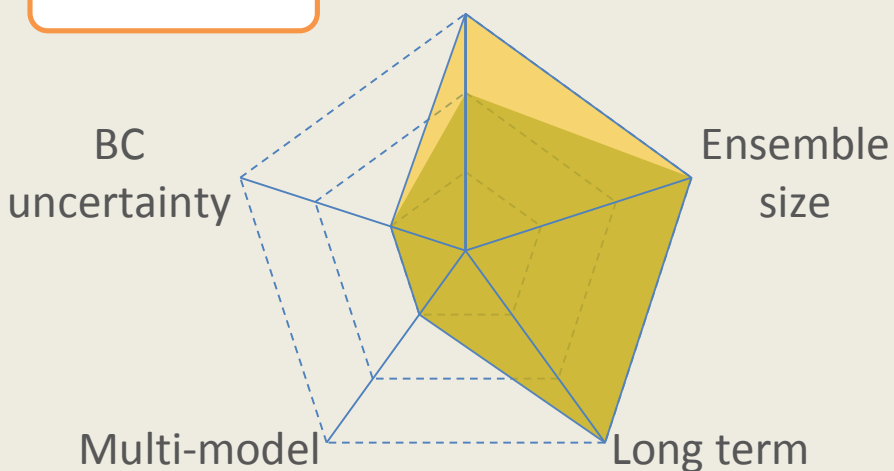
Event Attribution datasets in the world

■ d4PDF(60km) ■ d4PDF(20km)

■ EUCLEIA ■ Weather@home ■ C20C+

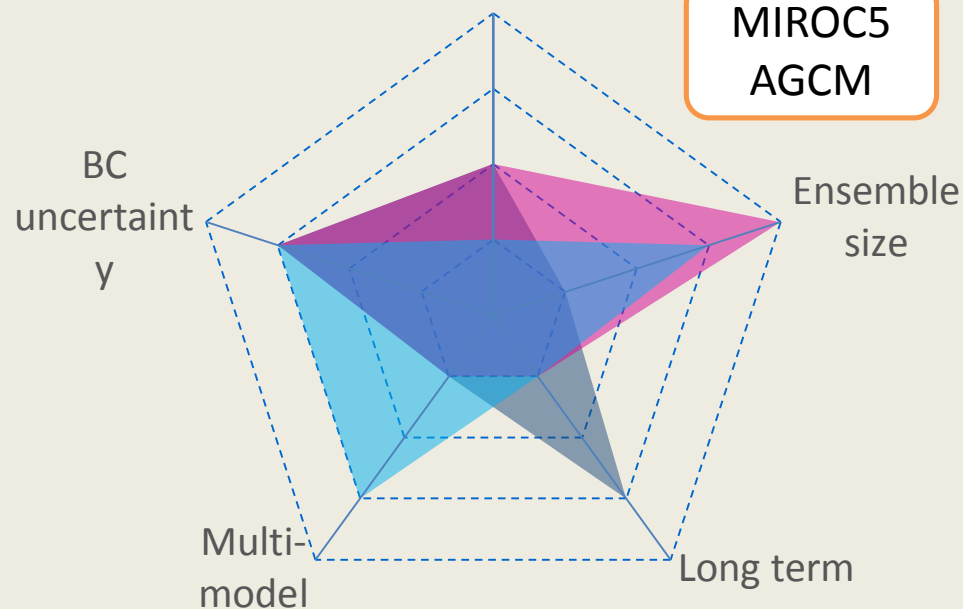
MRI-AGCM

Resolution



MIROC5
AGCM

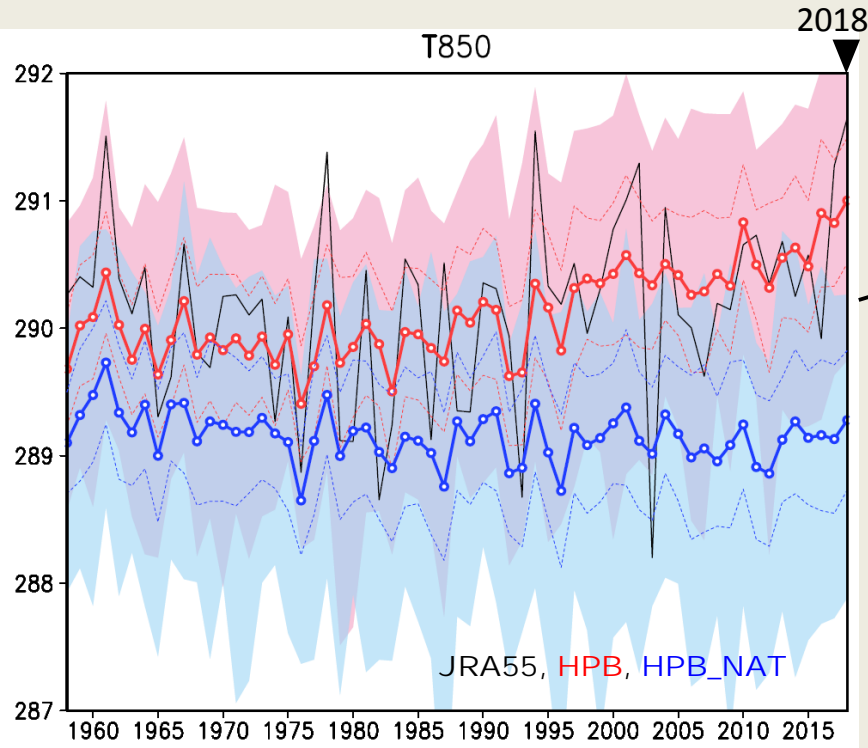
Resolution



- The novelty of d4PDF lies in its unprecedented combination of high-resolution, large-ensemble, and long-term calculation.
- The weakness of d4PDF is a lack of consideration for uncertainty.

2018年夏の猛暑

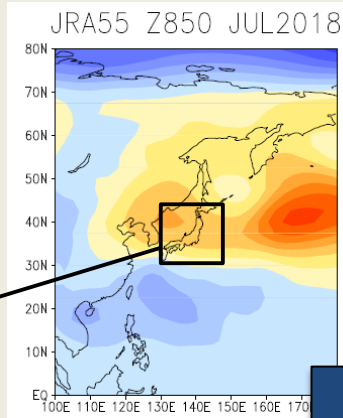
2018年7月熱波



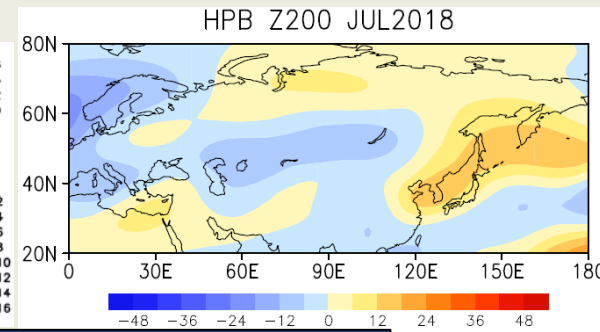
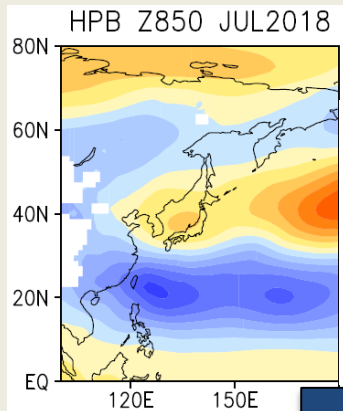
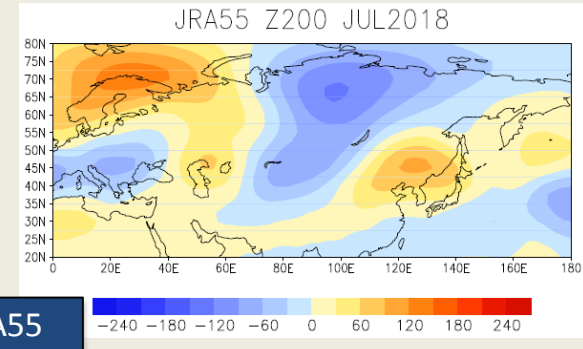
2018年7月のT850は、実況でもd4PDFの100メンバー平均でも歴代1位を記録

..... 1標準偏差
 最大最小

Z850偏差



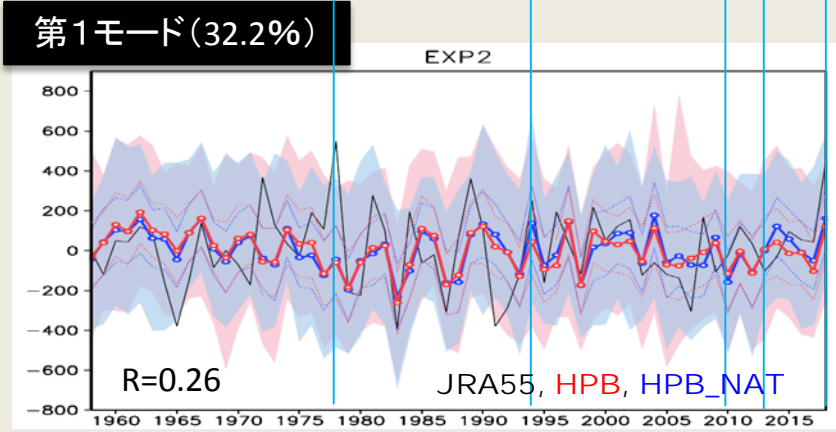
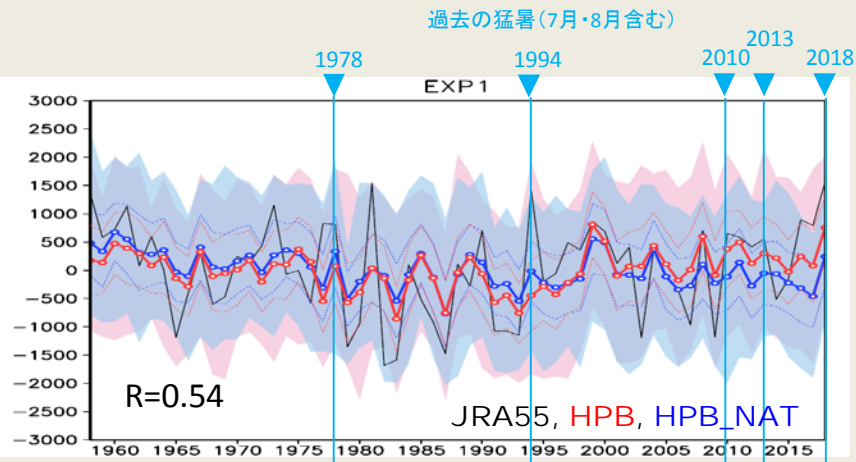
Z200偏差



2018年7月の猛暑に対する
 温暖化の寄与率は99%以上

2段重ね高気圧はどの程度異常？(7月)

東アジアのZ200とZ850のSVD
(JRA55, 7月, 1958-2018)

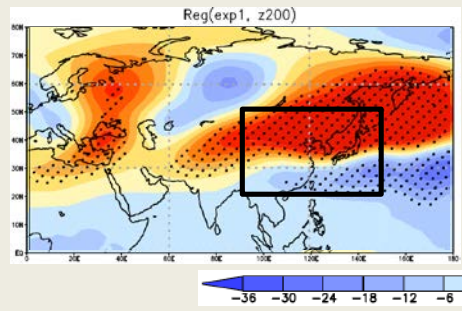


※d4PDFのインデックスはJRA55の特異ベクトルに射影して作成

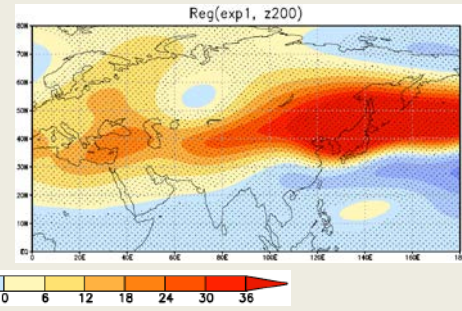
..... 1σ

■ 最大最小

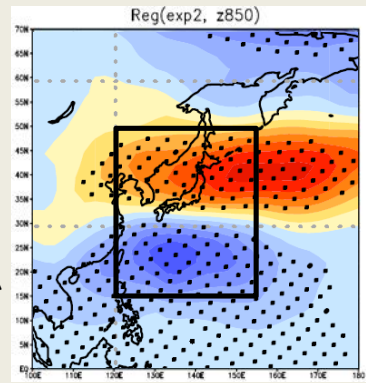
Z200との回帰(JRA55)
1958-2018



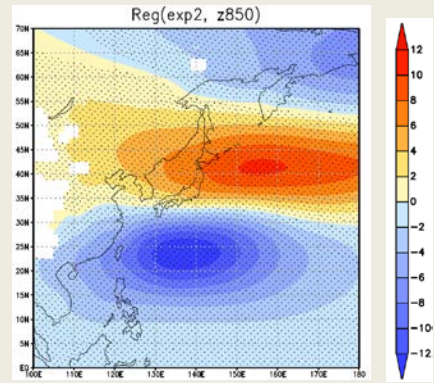
Z200との回帰(d4PDF)
1981-2010, 3000サンプル



Z850との回帰(JRA55)
1958-2018



Z850との回帰(d4PDF)
1981-2010, 3000サンプル



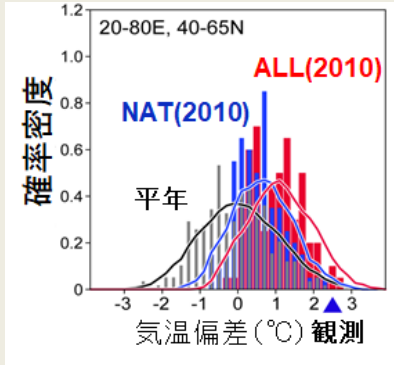
2段重ね高気圧の強さは、実況・d4PDFともに、EXP1で歴代1位、EXP2で歴代2位

近年の豪雨

- ・2017年九州北部豪雨
- ・2018年7月豪雨

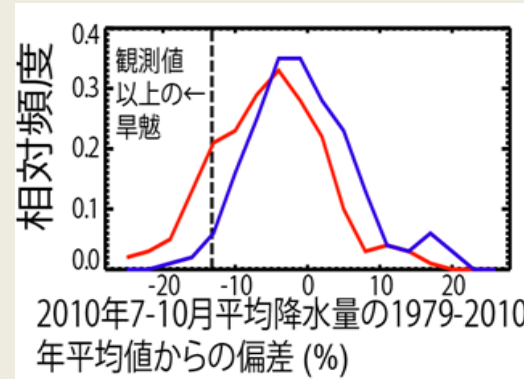
EAの研究例

2010年ロシア熱波



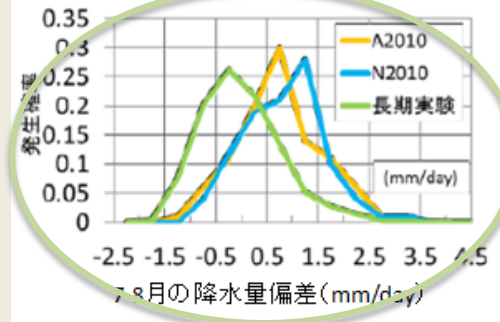
Watanabe et al. (2013, SOLA)

2010年南アマゾン旱魃



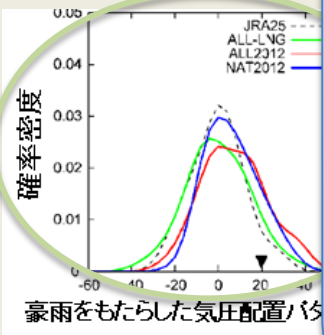
Shiogama et al. (2013, ASL)

2010年パキスタン豪雨



Hamaguchi et al. (2014, Hydraulic Engineering)

2012年6-7月南日本

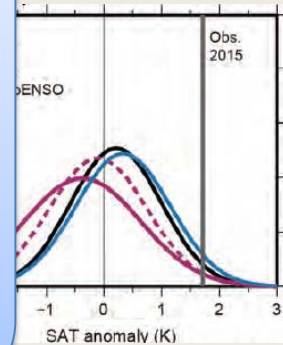


Imada et al. (2013, BAMS)

豪雨イベントのEAは難しい

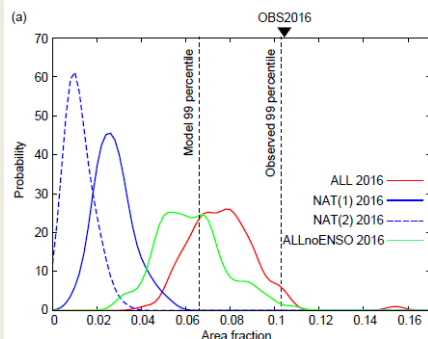
- ◎ 解像度不足
- ◎ 大気循環場のノイズ

2015年7月日本の猛暑



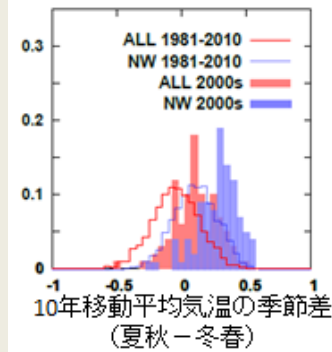
Takahashi et al. (2016 BAMS)

2016年 アジアの猛暑頻発



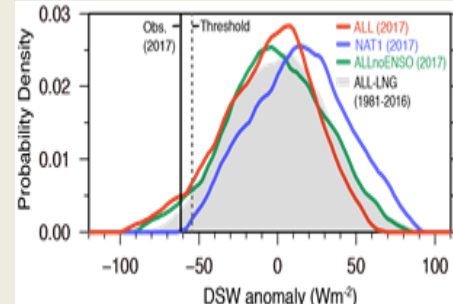
Imada et al. (2017, BAMS)

2000年代の日本の気温の季節差増大



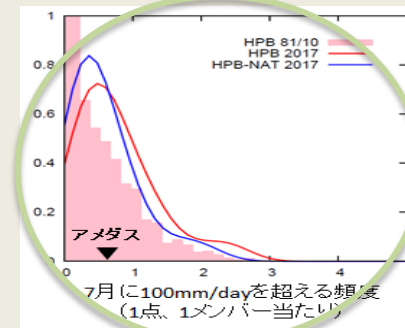
Imada et al. (2017, Atmosphere)

2017年8月上旬の日本の日射不足



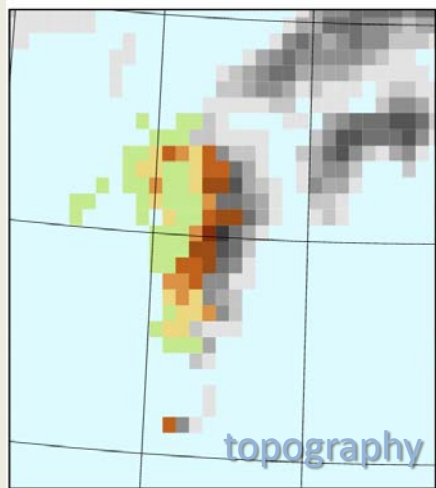
Takahashi et al. (BAMS submitted)

2017年7月九州北部豪雨

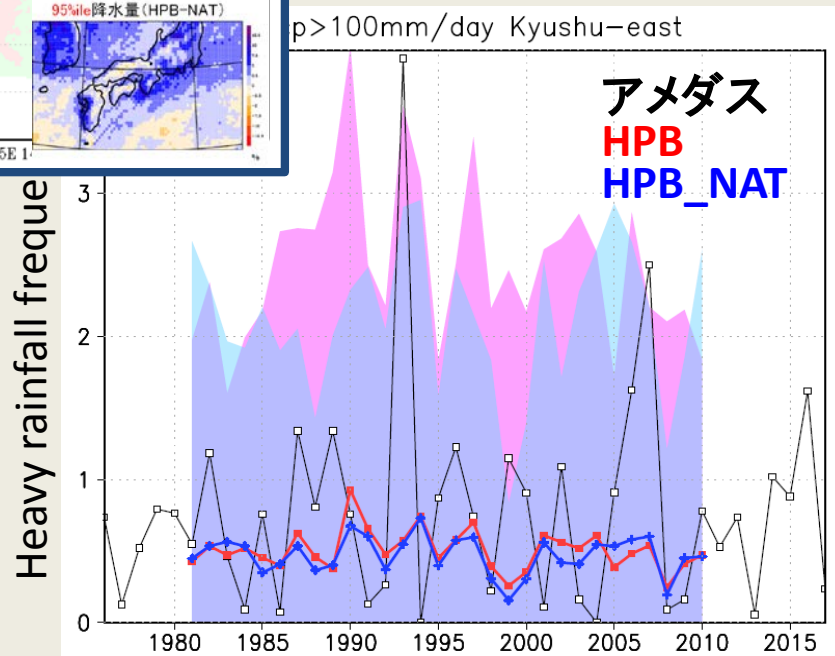
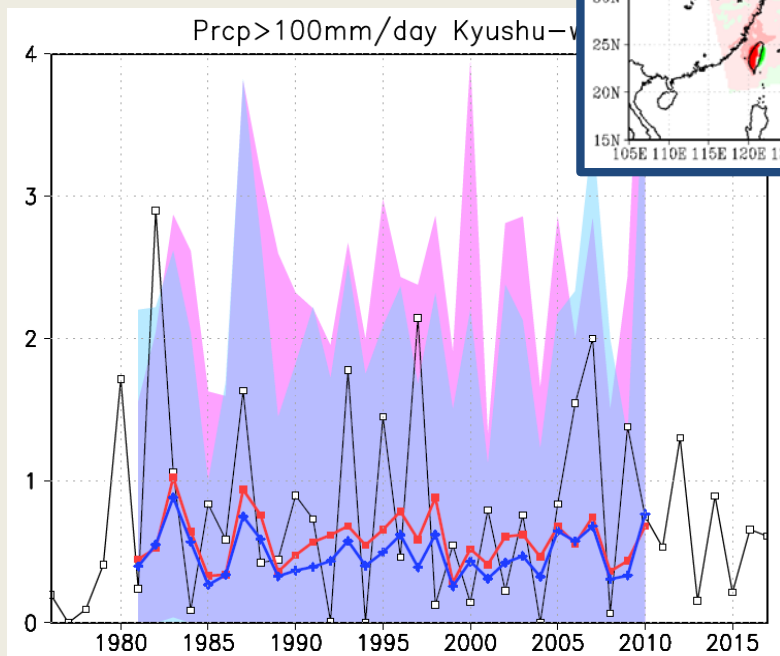
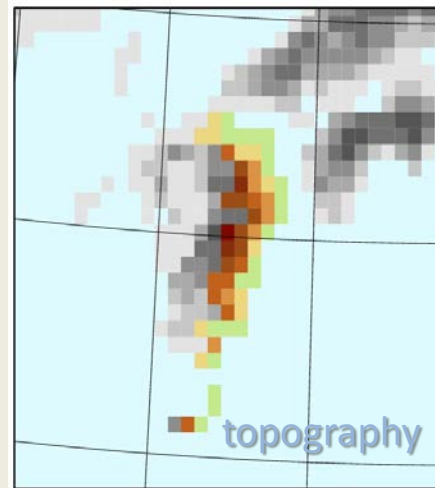
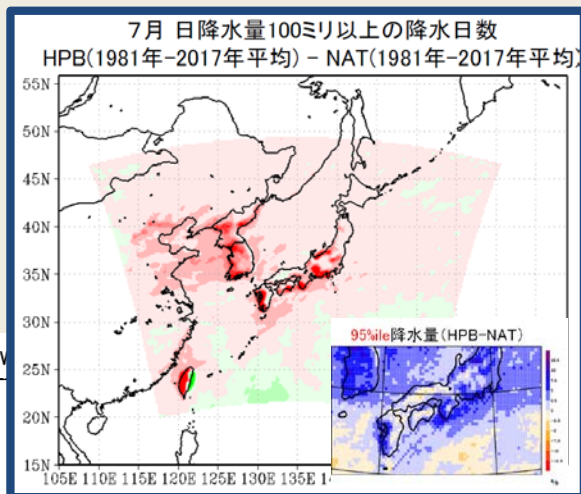


Imada et al. (in prep.)

Breakthrough: d4PDF領域モデルを用いた豪雨の解析(九州の大雨事例)



7月に日降水量が
100mm/dayを超える日数



Observation vs HPB R=0.179
HPB vs HPB_NAT R=0.903

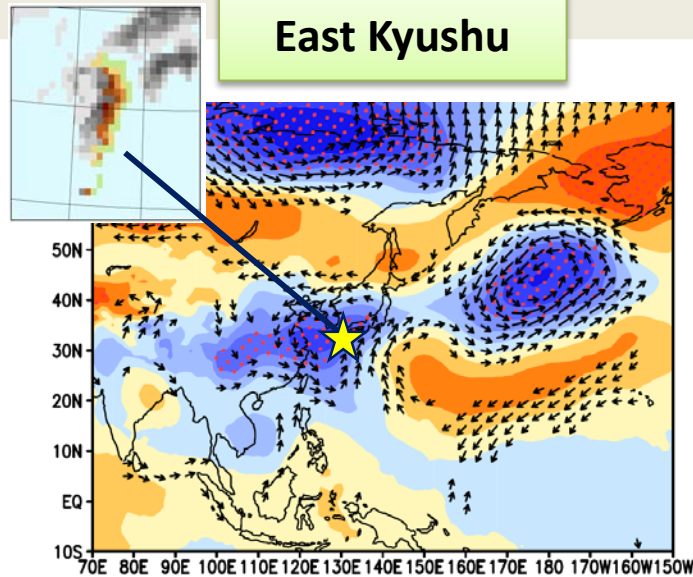
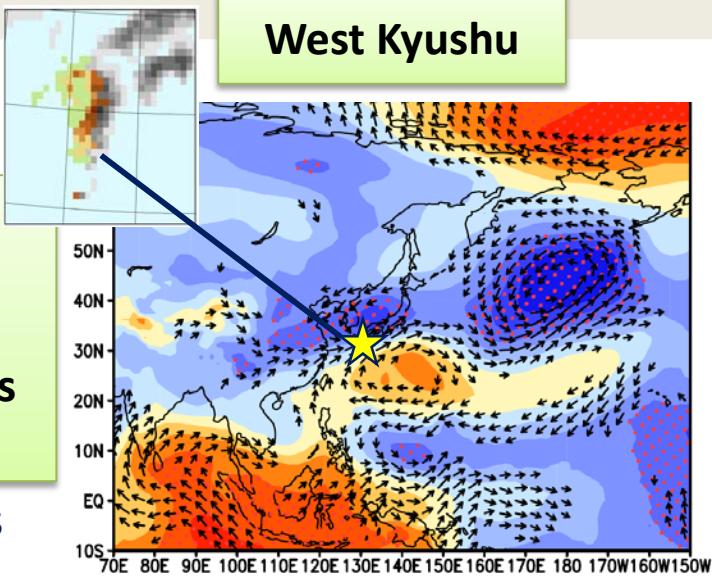
Observation vs HPB R=0.036
HPB vs HPB_NAT R=0.826

大雨が降る時の総観場の特徴: 九州山地を境に降水システムが異なる

大雨頻度のインデックスに対する相関

West Kyushu

East Kyushu



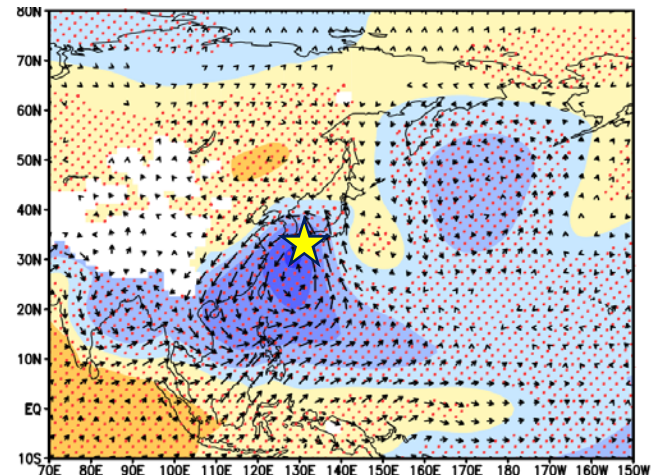
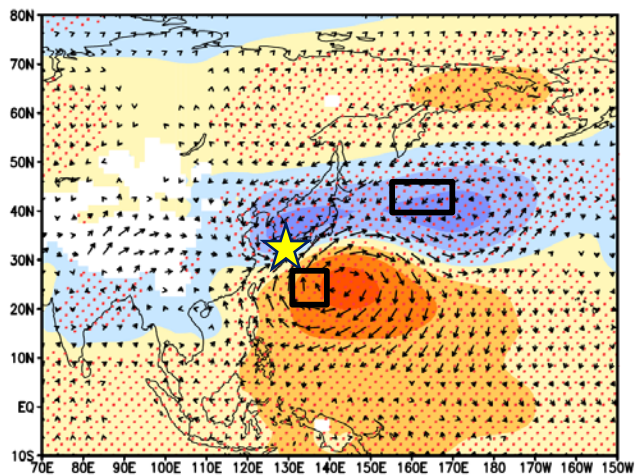
Station
rainfall
X
Reanalysis
(JRA55)

30yrs

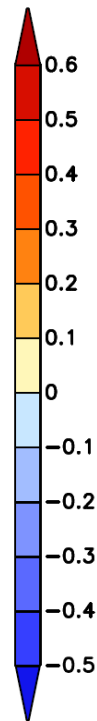
西側は、太平洋高気圧
縁辺の水蒸気の収束

Z850 (color)、鉛直積算水蒸気フラックス(→)

d4PDF
20km
rainfall
X
60km fields



30yrs X 100 member



大雨が降る時の総観場の特徴: 九州山地を境に降水システムが異なる

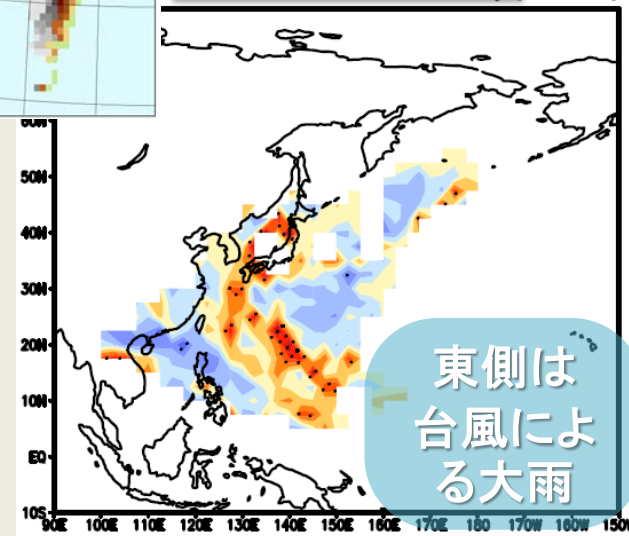
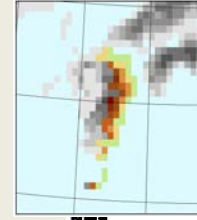
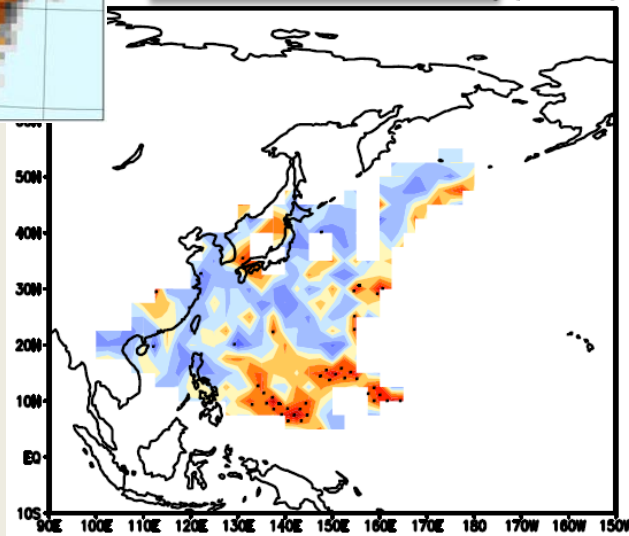
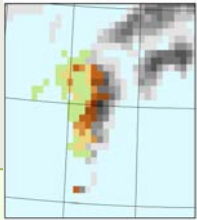
大雨頻度のインデックスに対する相関

West Kyushu

East Kyushu

Station
rainfall
X
JMA
Besttrack

30yrs

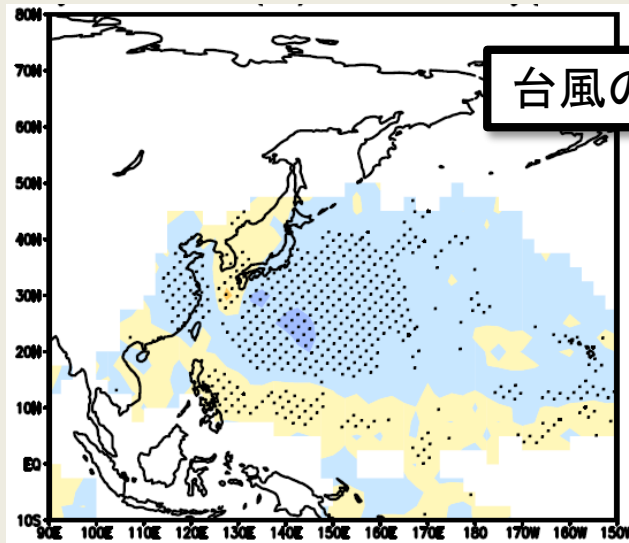


東側は
台風による
大雨

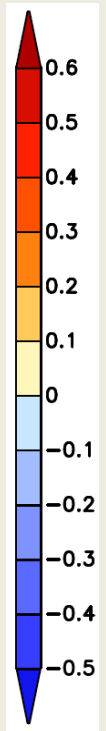
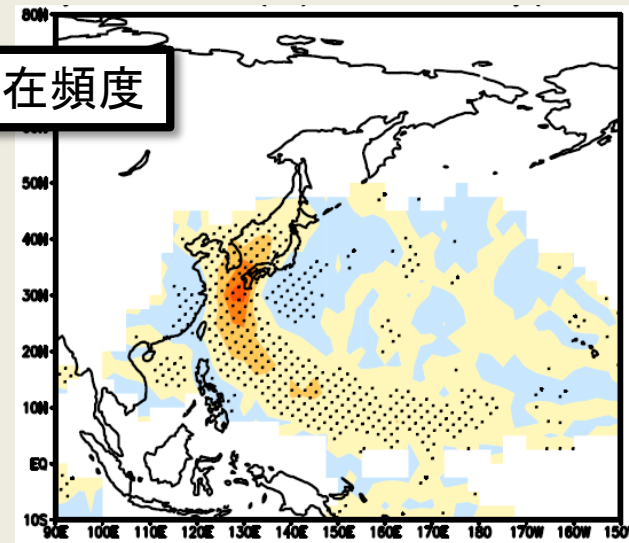
d4PDF
20km
rainfall
X
TC track

30yrs
X

100 member



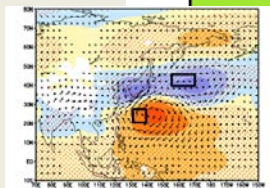
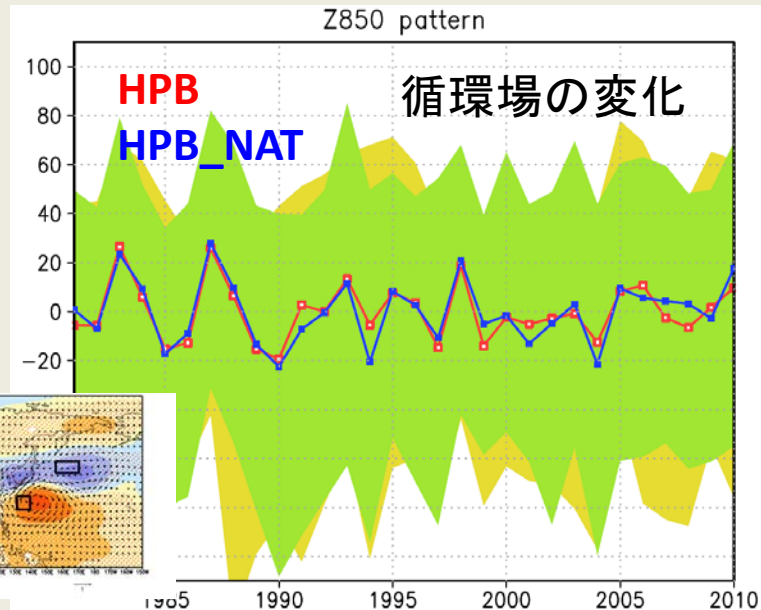
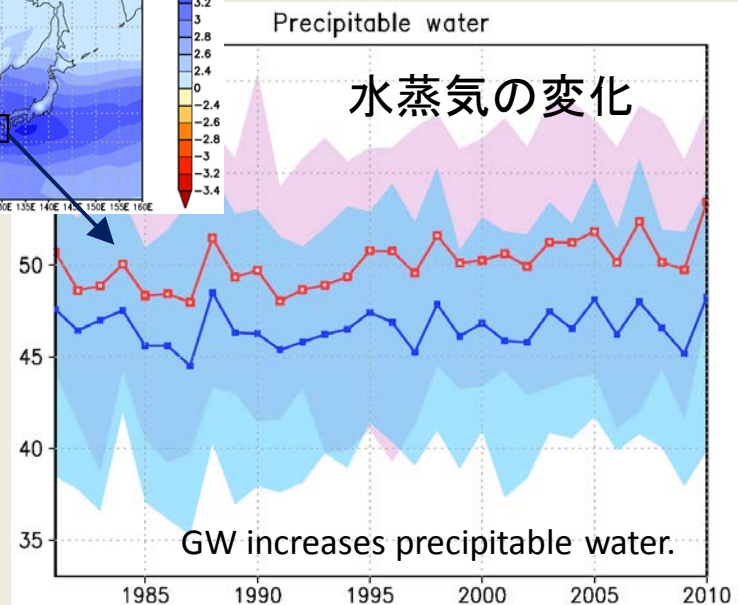
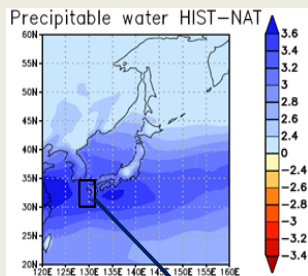
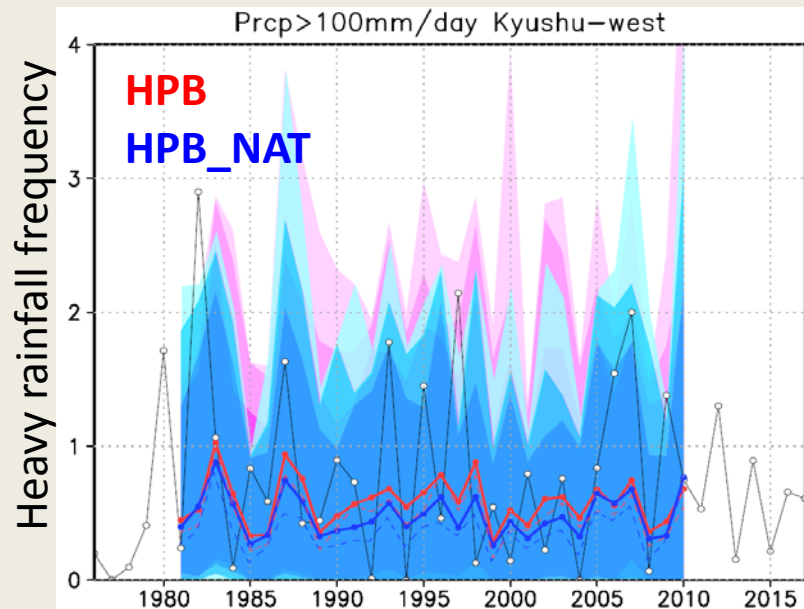
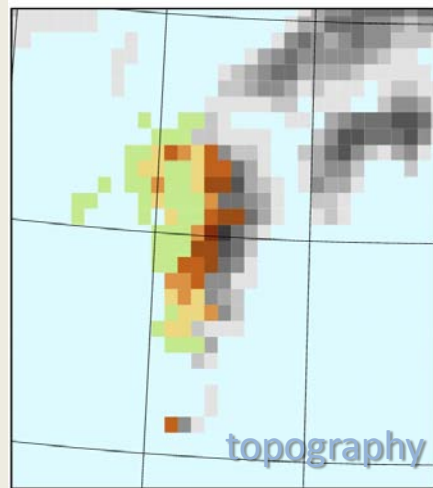
台風の存在頻度



地球温暖化の影響：九州西部では大雨頻度が増加

過去再現実験と非温暖化実験の比較

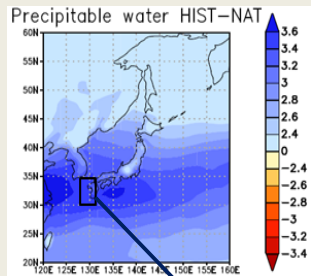
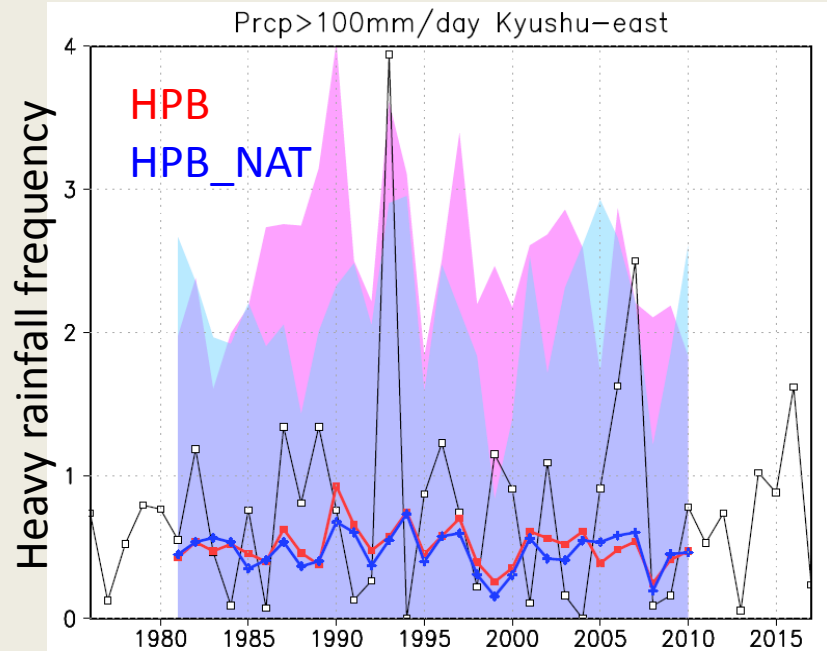
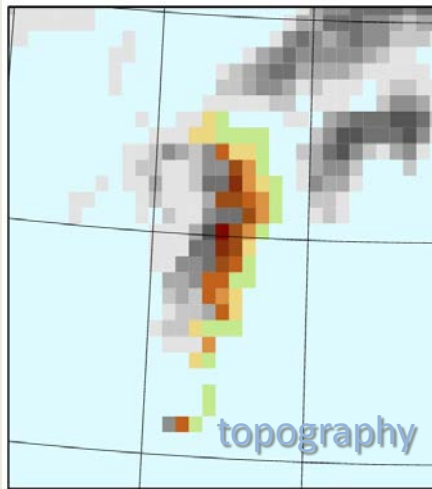
◆ 山脈西側で水蒸気が収束することでもたらされる大雨は、水蒸気増加の影響が強く現れる



地球温暖化の影響：九州東部では大雨頻度に変化なし

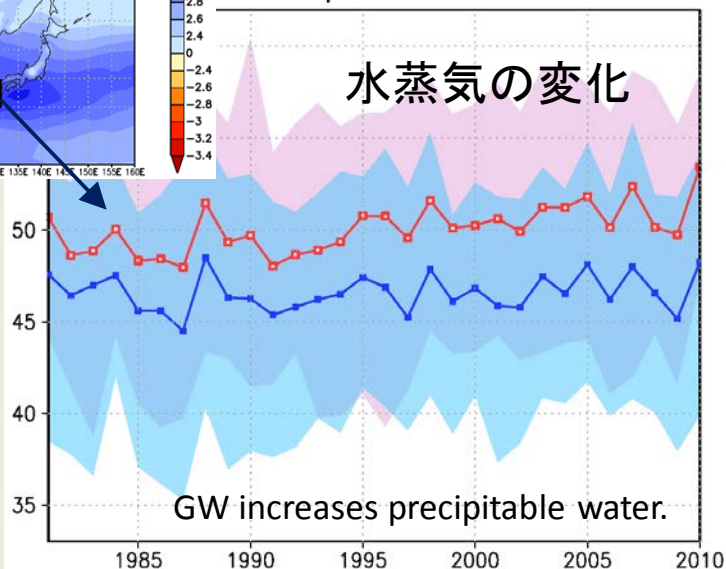
過去再現実験と非温暖化実験の比較

◆ 台風による大雨は、例えば水蒸気が増加していても、台風が来る頻度によって大雨の頻度が決まる



Precipitable water

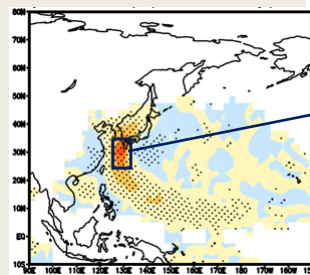
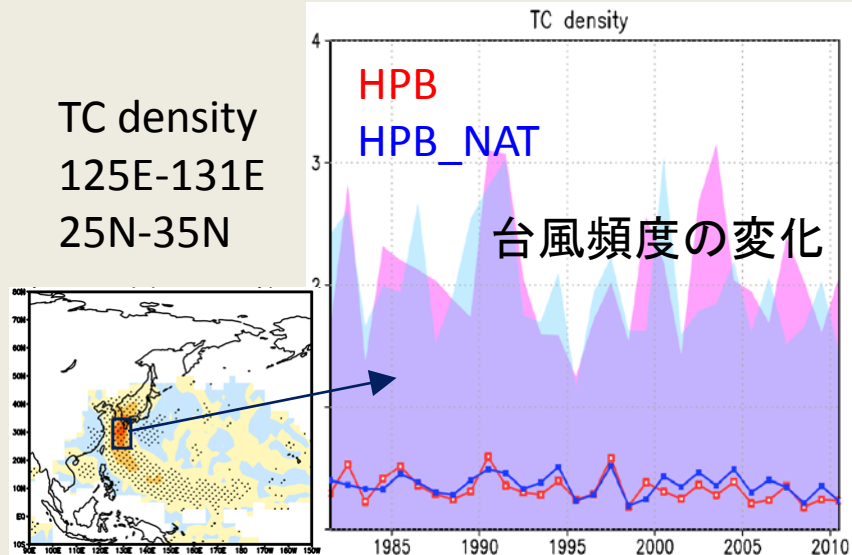
水蒸気の変化



GW increases precipitable water.

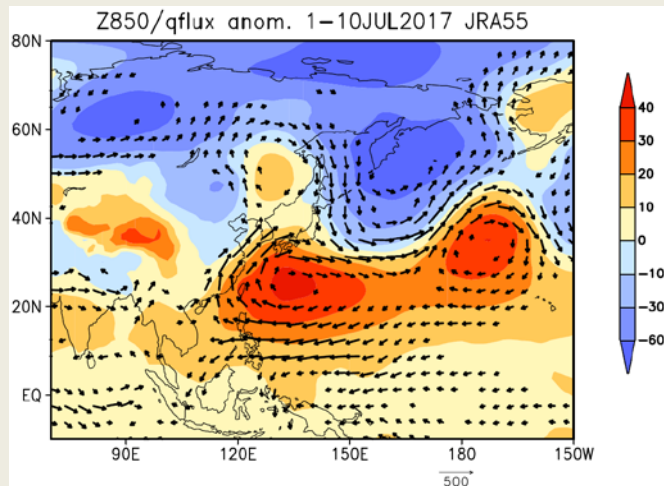
TC density
125E-131E
25N-35N

台風頻度の変化

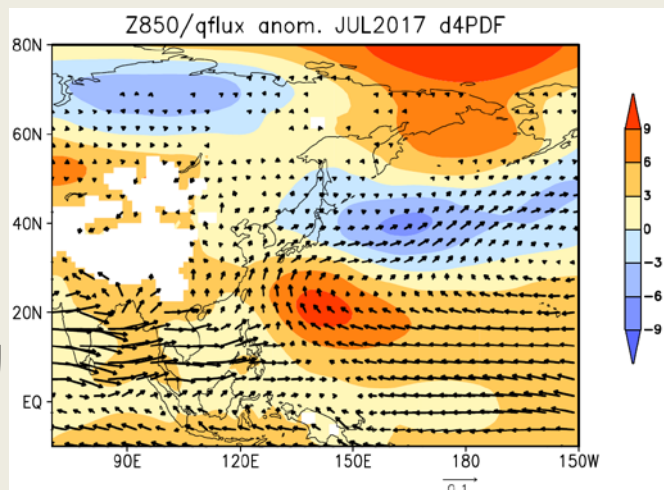


2017年九州北部豪雨のEA

2017年7月のZ850と水蒸気フラックス

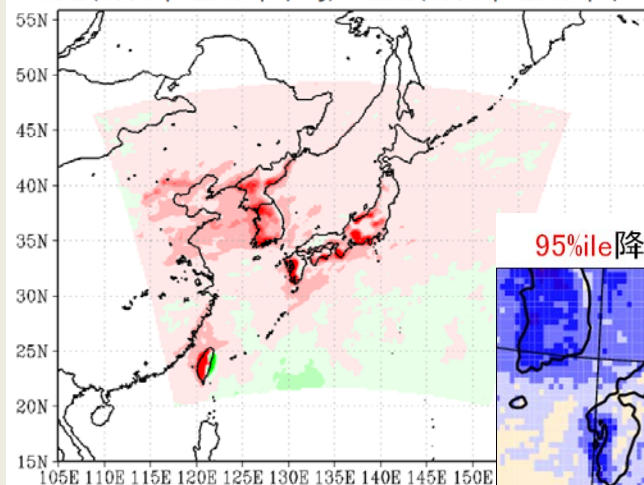


JRA55

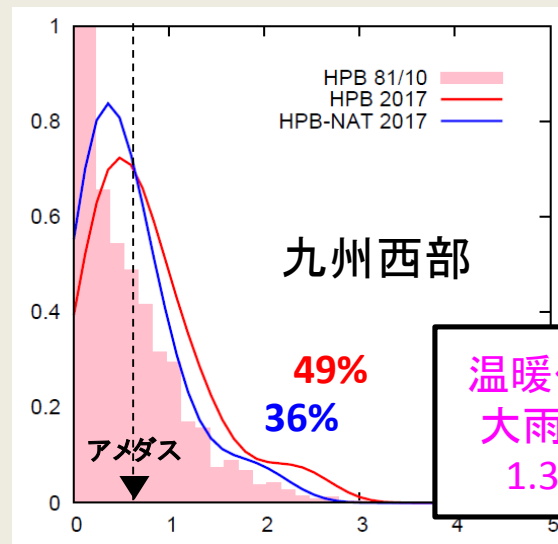
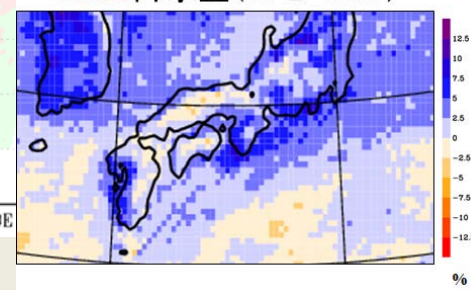


d4PDF
100メン
バー平均

7月 日降水量100ミリ以上の降水日数
HPB(1981年-2017年平均) - NAT(1981年-2017年平均)



95%ile降水量 (HPB-NAT)



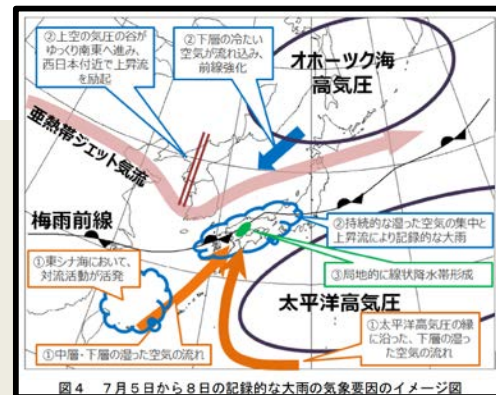
温暖化により
大雨頻度は
1.35倍増

7月に100mm/dayを超える頻度
(1点、1メンバー当たり)

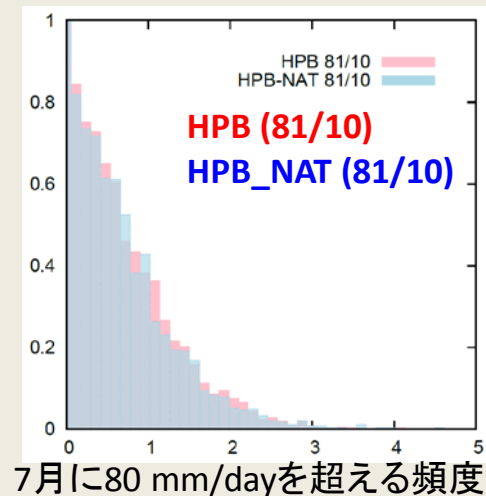
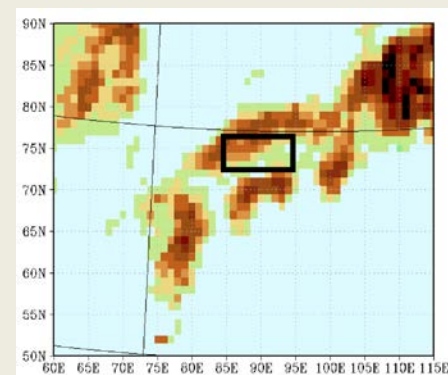
2018年7月豪雨のEA

2018年6/29-7/8のZ850

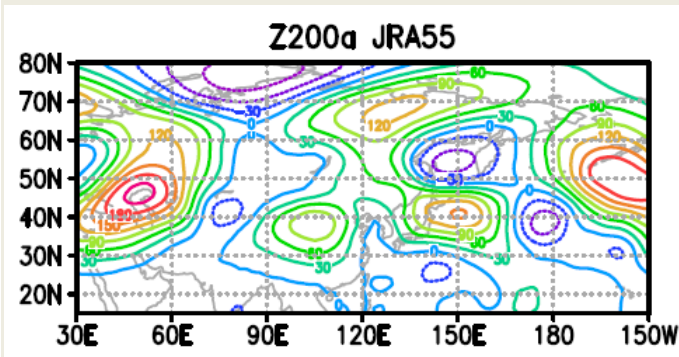
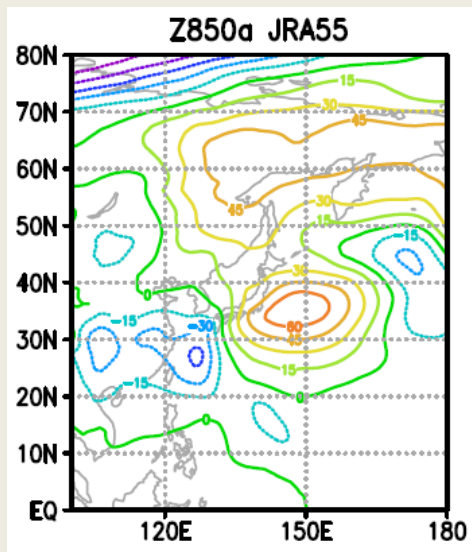
2018年6/29-7/8のZ200偏差



気象庁報道発表

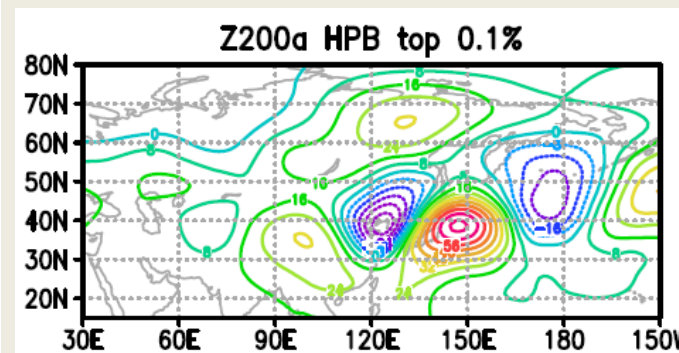
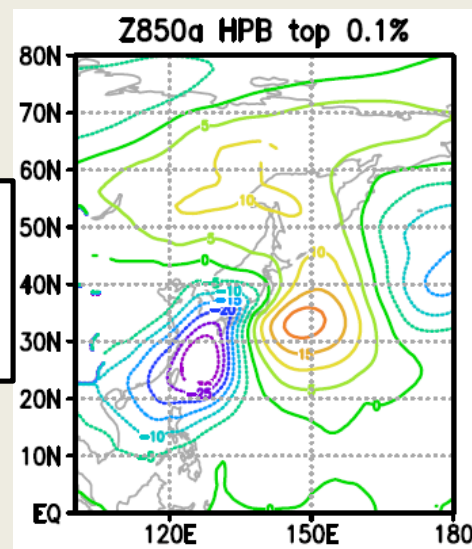


JRA55



山陽地方の3日積算降水量上位0.1% (1981-2017年7月) のコンポジット HPBの結果 (HPB_NATもほぼ同じ)

d4PDF
Top114
サンプル
平均

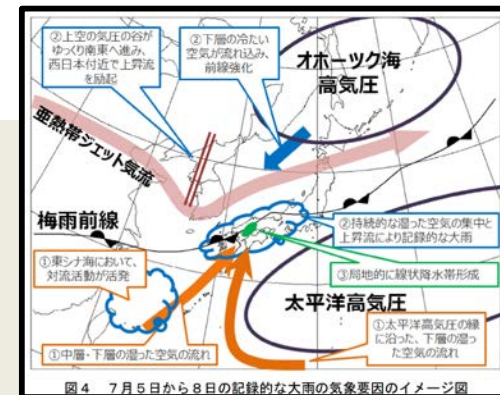


7月に80 mm/dayを超える頻度

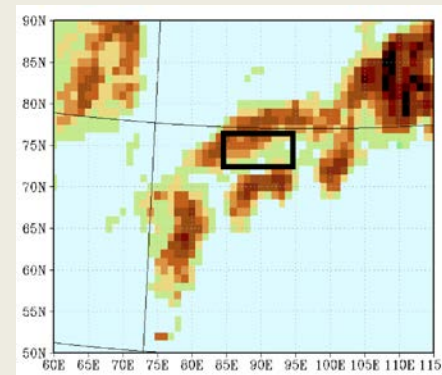
2018年7月豪雨のEA

2018年6/29-7/8のZ850

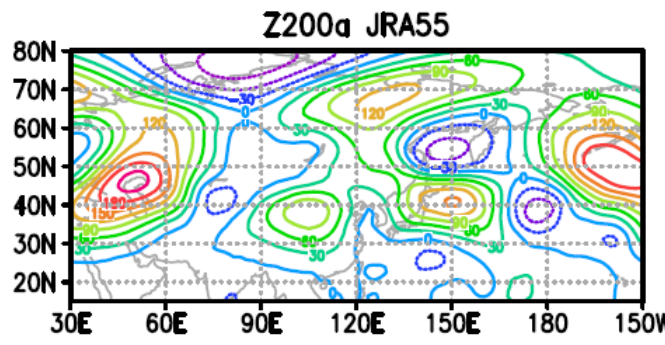
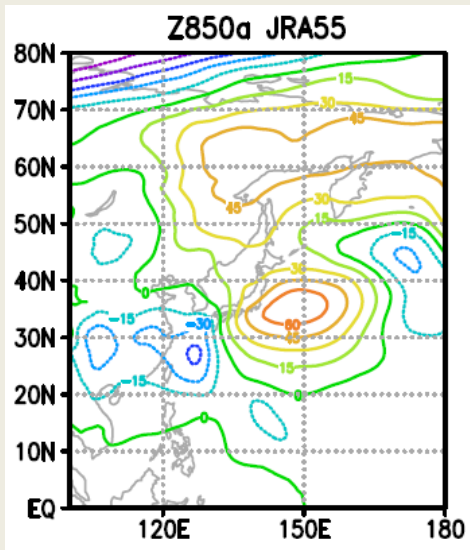
2018年6/29-7/8のZ200偏差



気象庁報道発表

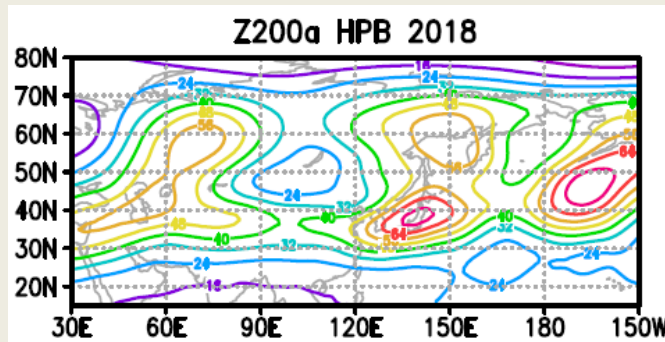
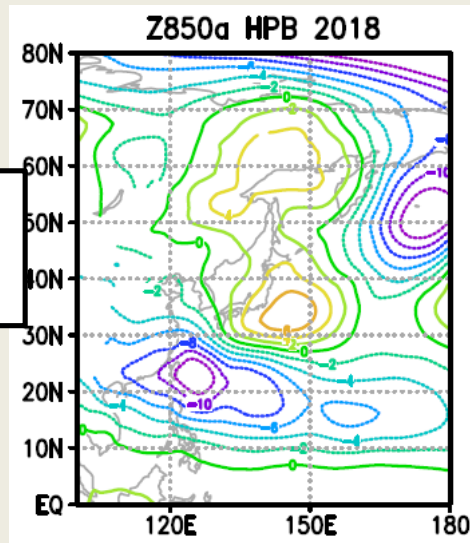


JRA55



※2018年7月初旬に、実況に似たような場が再現される

d4PDF
100メンバ
平均



2018年の西日本の局所降水量の解析はこれから。

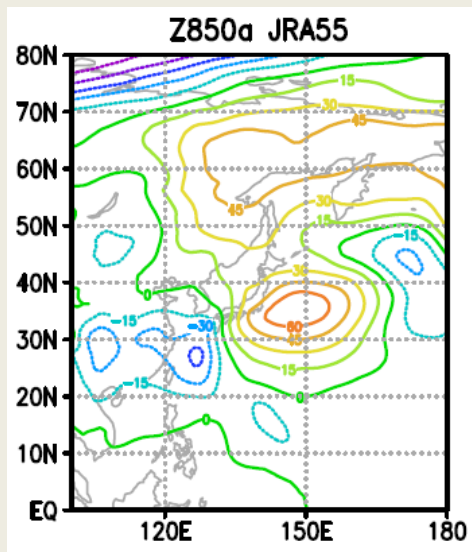
Final Remarks

- d4PDFを用いることで、これまで難しかった豪雨事例に対するEAが可能になった。
- d4PDFの延長実験では
 - 2017年の九州北部豪雨、2018年7月の大雨および猛暑が捉えられていた。
 - 2018年の高温に対する温暖化の寄与率は99%以上であるが、循環場(高気圧の2段重ね)としても特異な状況であった。
 - 2017年の九州北部豪雨のような大雨の発生確率は、温暖化により1.35倍増加したと見積もられた。
- 領域モデルの結果から、日本の地形に応じた降水システムの違いから、温暖化の影響が現れやすい地域と現れにくい地域が存在することが明らかに。(九州西部は影響が出やすい、九州東部や山陽地方は検出が難しい)

BACKUP

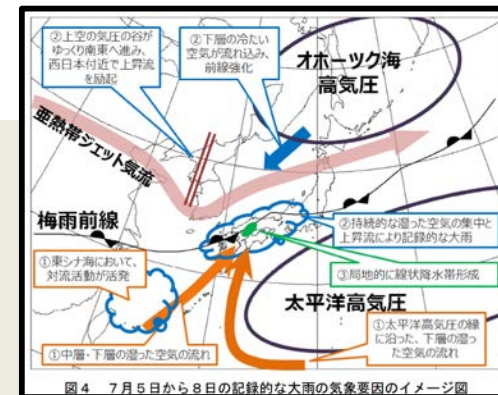
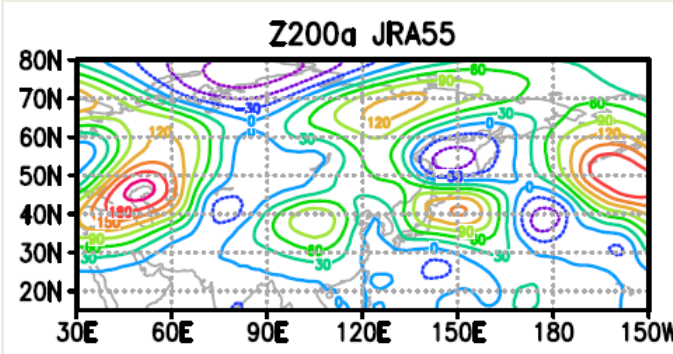
2018年7月豪雨のEA

2018年6/29-7/8のZ850

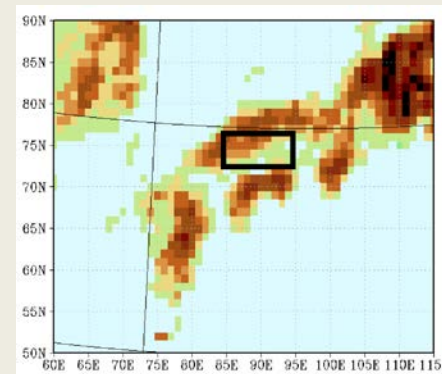


JRA55

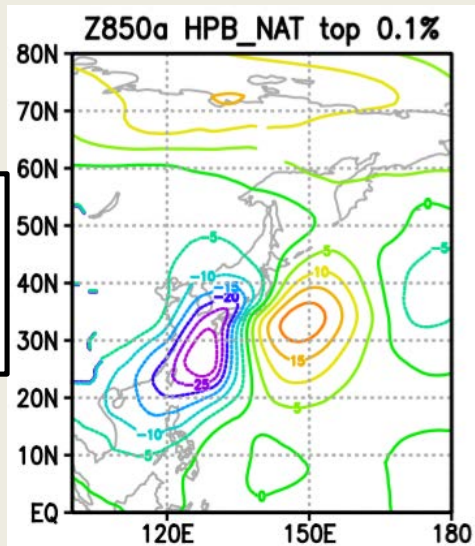
2018年6/29-7/8のZ200偏差



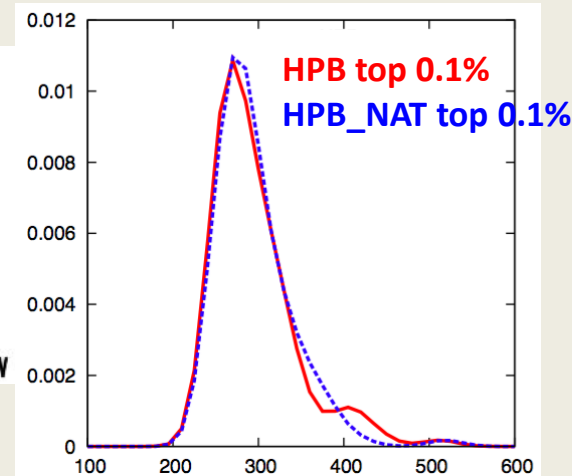
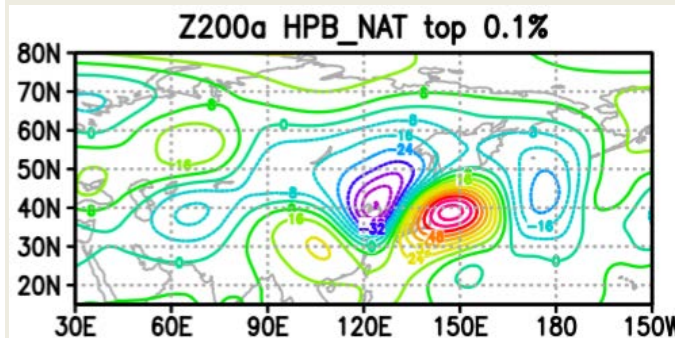
気象庁報道発表



山陽地方の3日積算降水量上位0.1% (1981-2017年7月) のコンポジット HPBの結果 (HPB_NATもほぼ同じ)

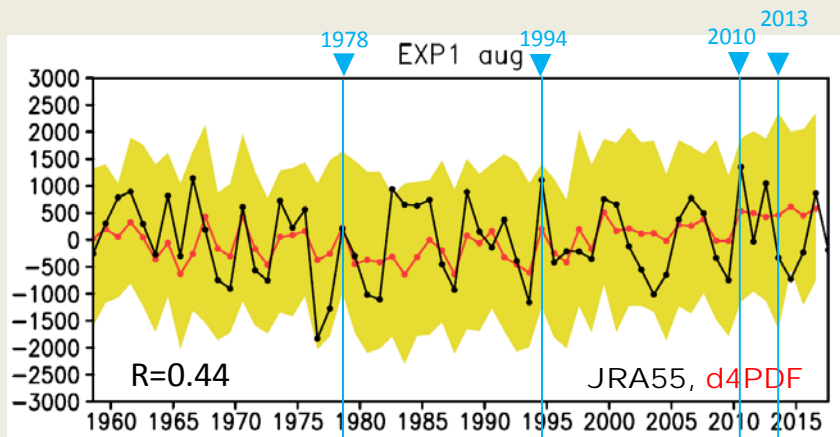


d4PDF
Top114
サンプル
平均

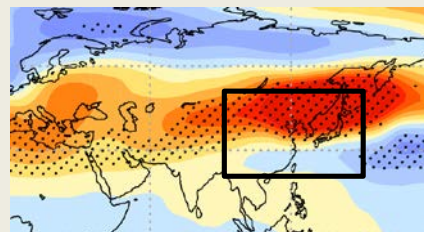


2段高気圧はどの程度異常？(8月)

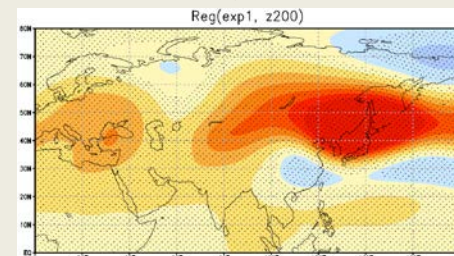
東アジアのZ200とZ85のSVD
(JRA55, 8月, 1958-2018)



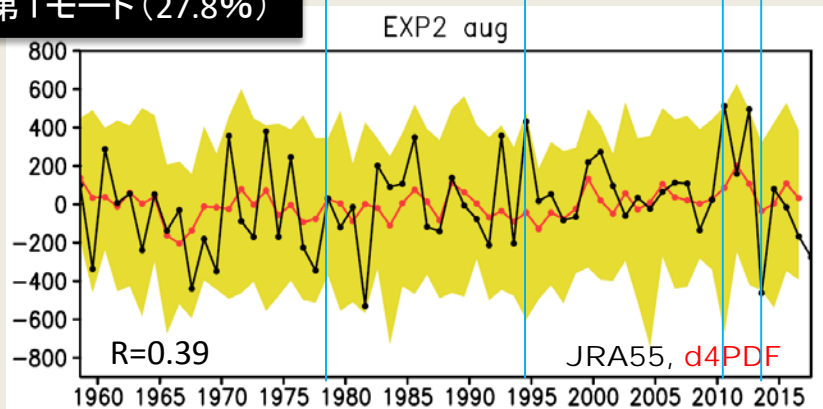
Z200との回帰(JRA55)
1958-2018



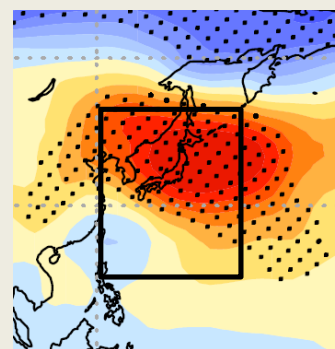
Z200との回帰(d4PDF)
1981-2010, 3000サンプル



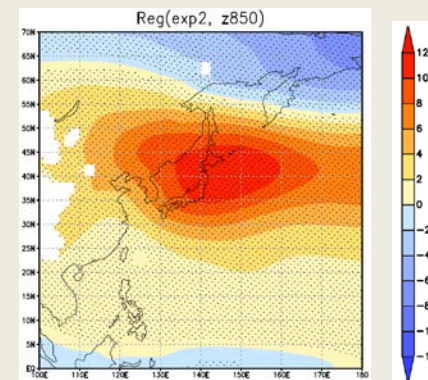
第1モード(27.8%)



Z85との回帰(JRA55)
1958-2018



Z85との回帰(d4PDF)
1981-2010, 3000サンプル

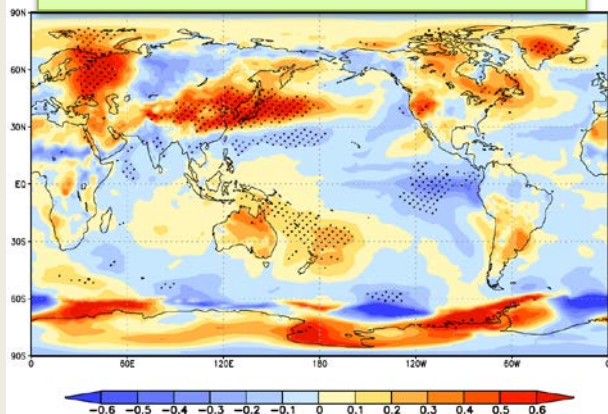


※d4PDFのインデックスはJRA55の特異ベクトルに射影して作成

SVD1に回帰したSSTおよびOLR(7月)

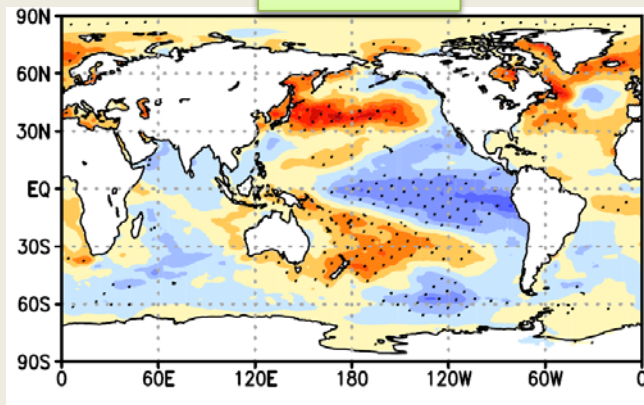
COBE-SST, NOAA OLR

SST



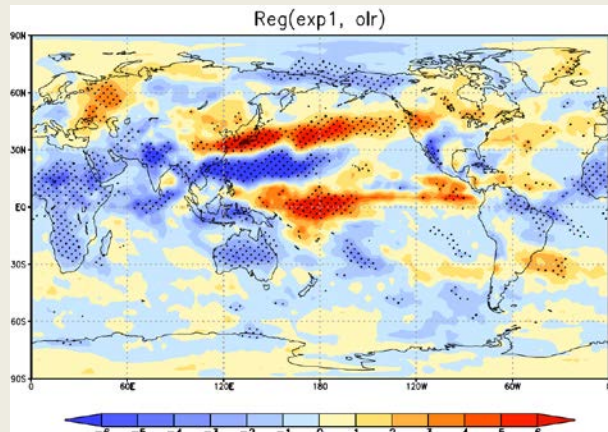
1958-2016

d4PDF

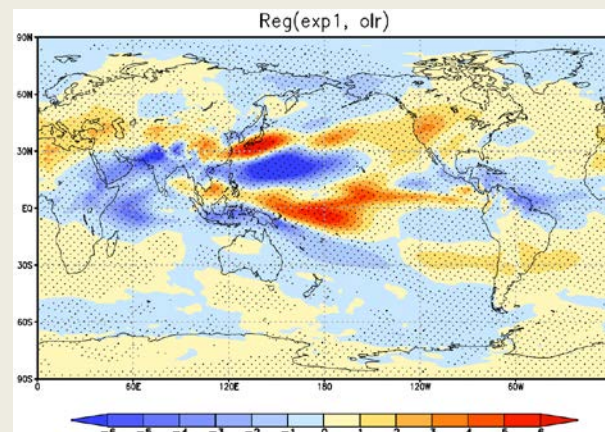


1981-2010
100メン
バー平均

OLR



1981-2017

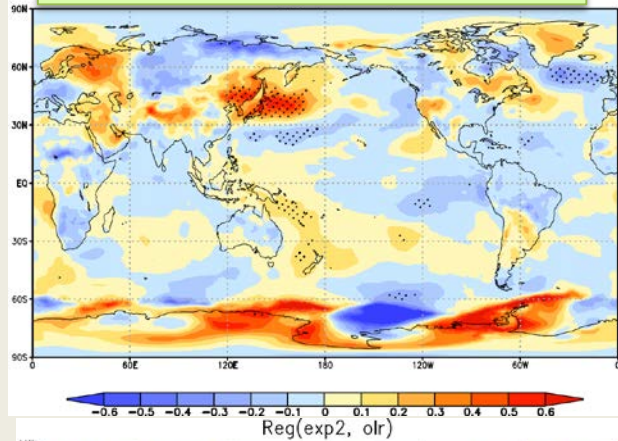


1981-2010
100メン
バー×30
年

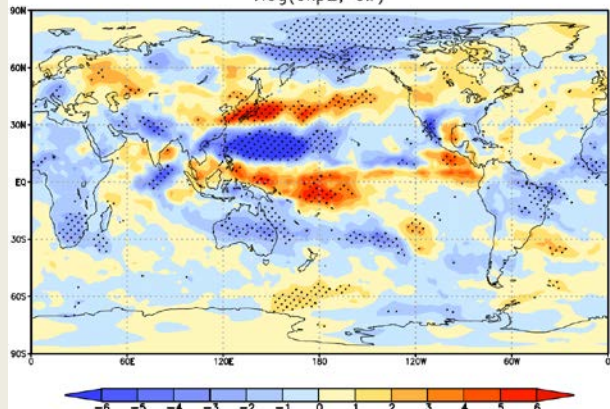
SVD2回帰したSSTおよびOLR(7月)

COBE-SST, NOAA OLR

SST



OLR



Re d4PDF (ST)

