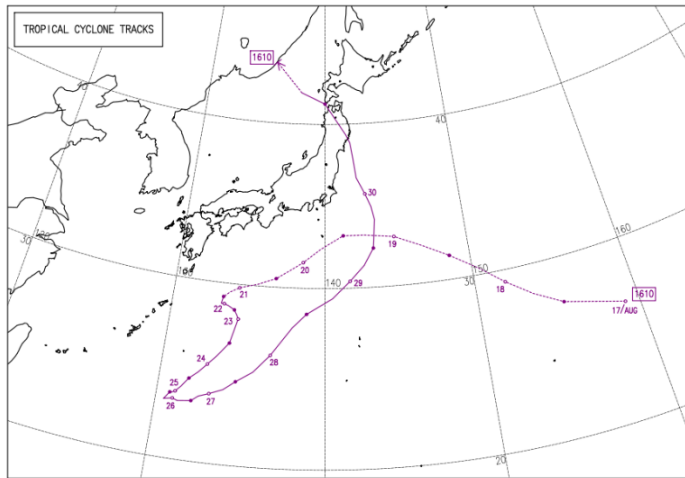
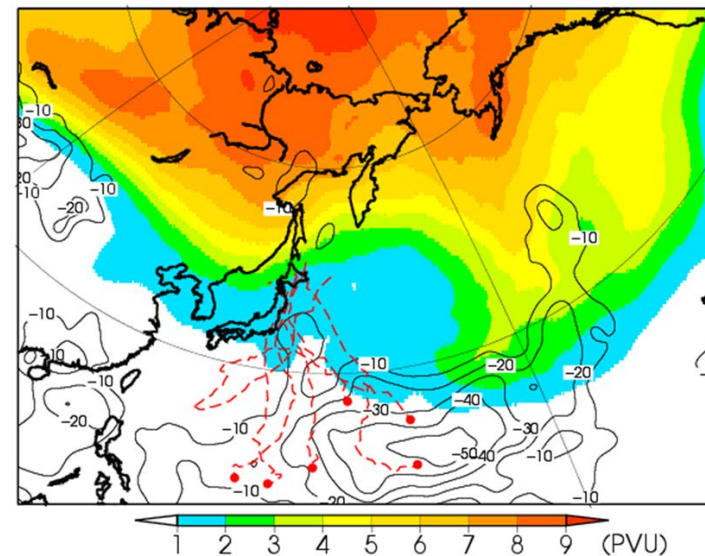


# 北日本への台風4個上陸に関連した2016年8月の大気循環場の異常

台風10号の経路



8月に発生した台風10号の経路



前田修平(気象研気候)、竹村和人・久保勇太郎(気象庁気候情報課)

\* 気象庁異常気象分析検討会メーリングリストでのやり取りが大変参考になりました。

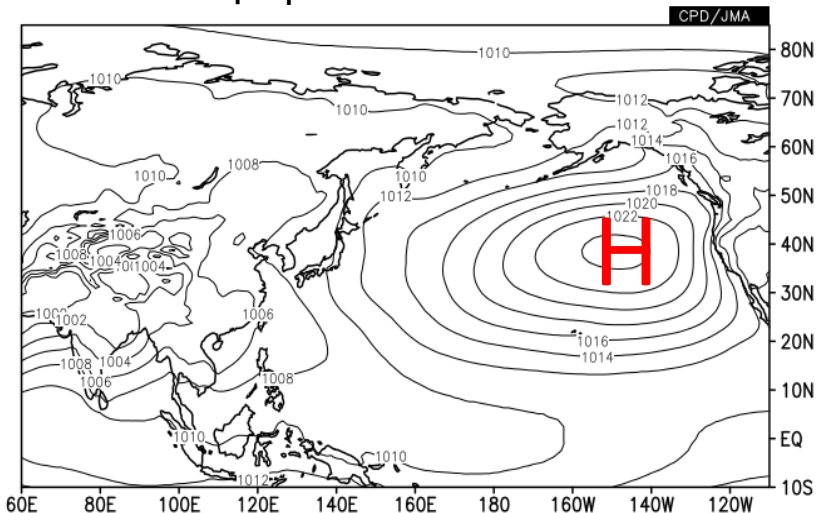
# 1. はじめに

- ①2016年8月は、台風が4個上陸(過去1位タイ)し、そのうち3個(第7号、11号、9号)は北海道に上陸(過去1位)、1個(第10号)は1951年以後で初めて東北太平洋側に上陸し、甚大な被害をもたらした。
- ②これらの台風や前線などの影響で、北日本太平洋側の8月の降水量は記録的(平年比231%、1946年以後で1位)となった。
- ③関連する日本付近の気圧配置は異常であった(北海道の東海上の高気圧、日本の南海上の低気圧)。
- ④要因についてデータ解析と数値実験(LBM,1か月予報モデルを用いた緩和実験)で調べる。

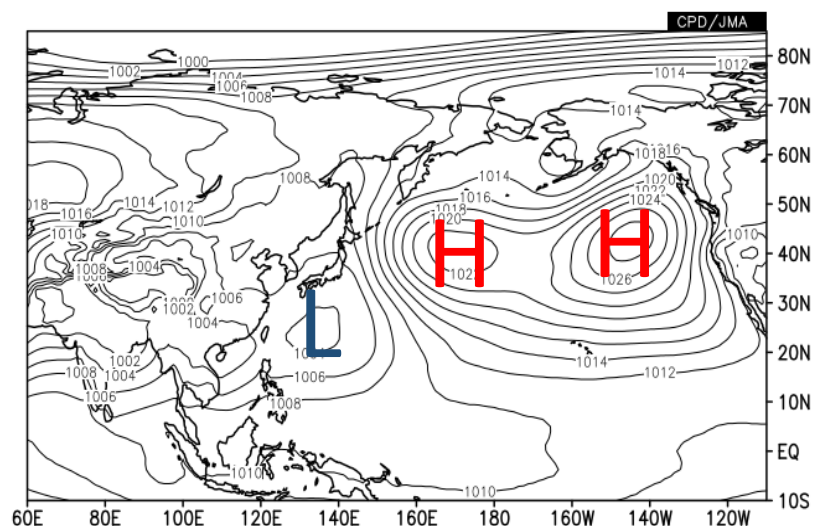
## 2. 2016年8月の循環場の特徴

# 2016年8月の海面気圧

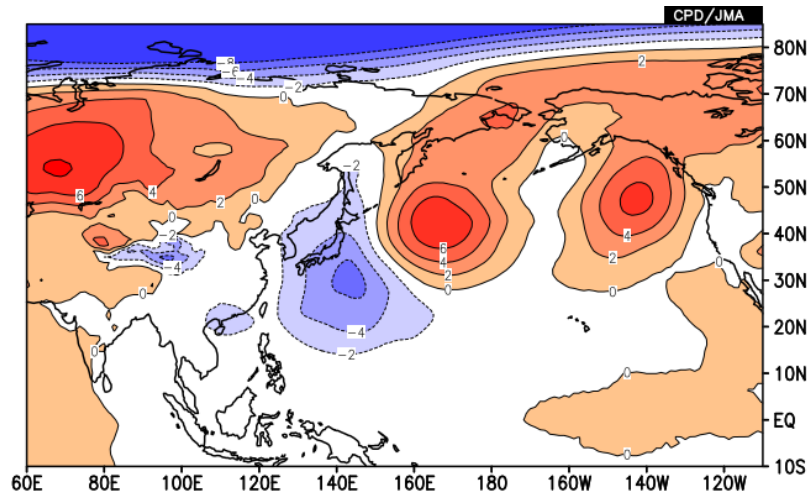
平年 等値線間隔:2hPa



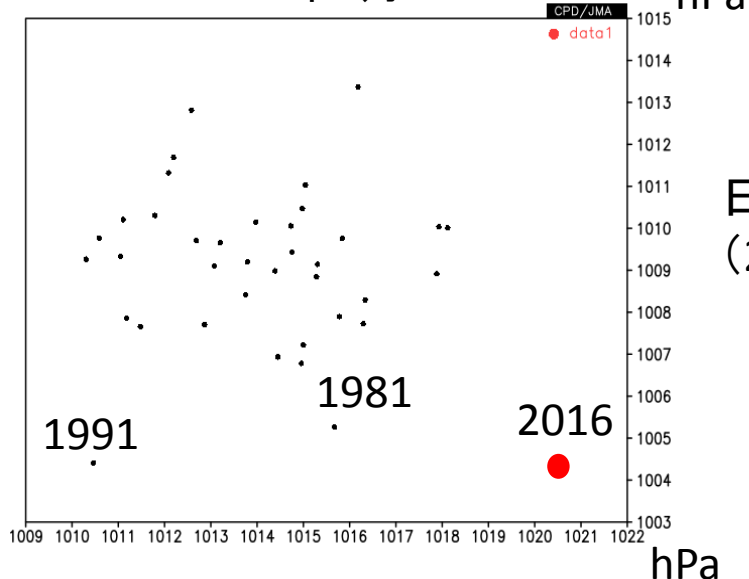
2016年8月



2016年8月の平年偏差 等値線間隔:2hPa



1979~2016年8月の



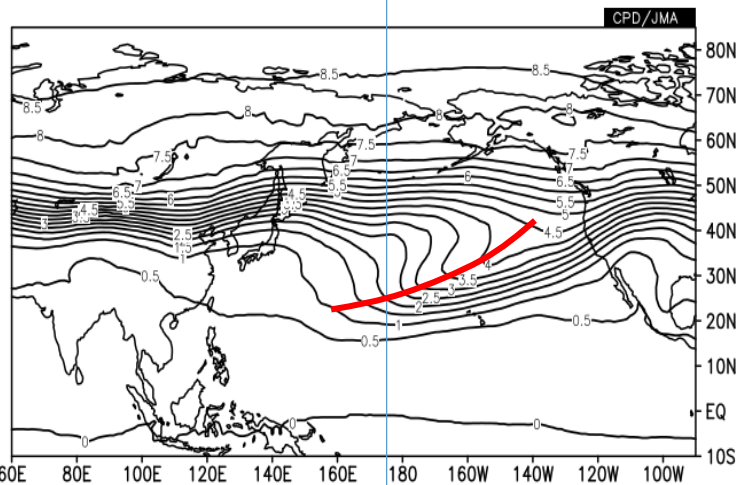
北海道東方海上の気圧(40-50N, 160-170E)

北海道の東方海上に強い高気圧が、日本の南海上には低気圧がある。

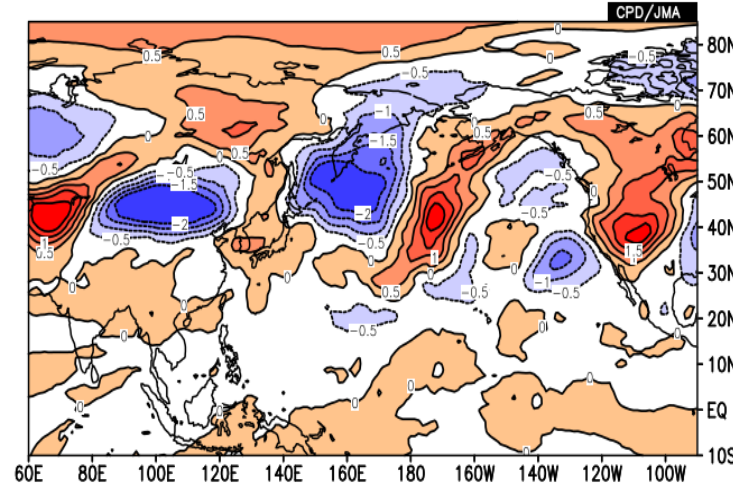
それぞれ、1979年以降で最も強い。

# 2016年8月の渦位(350K~200hPa)

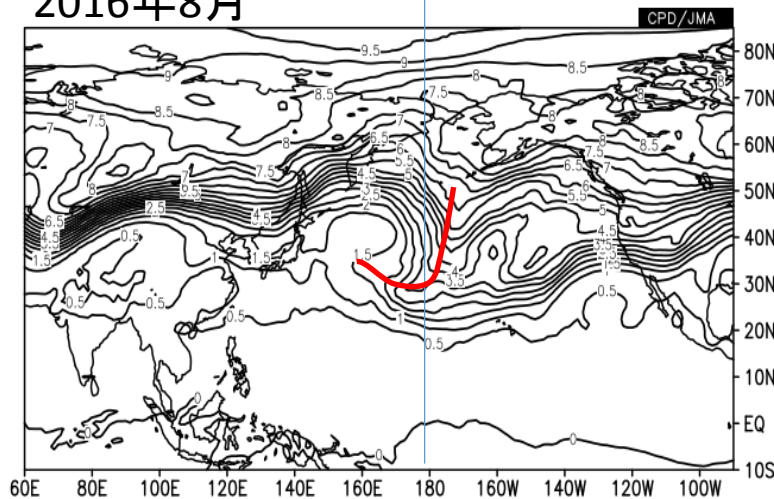
平年... 等値線間隔:0.5 PVU



2016年8月の平年偏差



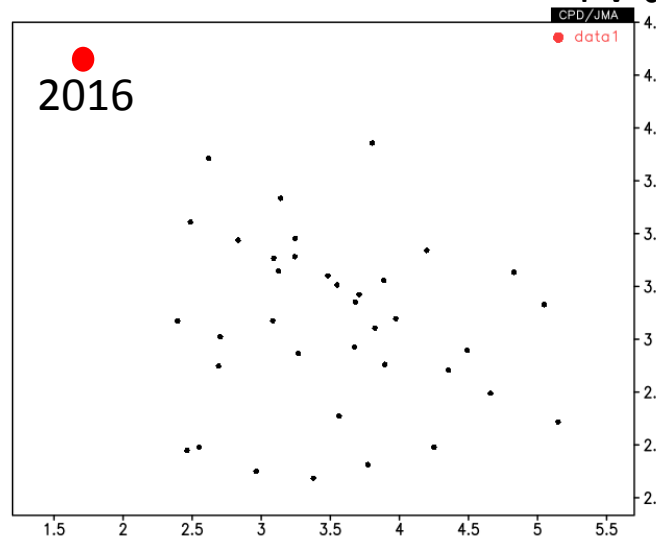
2016年8月



日本の東海上で等渦位線が大きく蛇行し、北海道の東方海上に強い低渦位偏差(リッジ)。地上の高気圧と対応。その南東の日付変更線付近に強い高渦位偏差(トラフ)。

それぞれ、1979年以降で最も強い。

PV unit

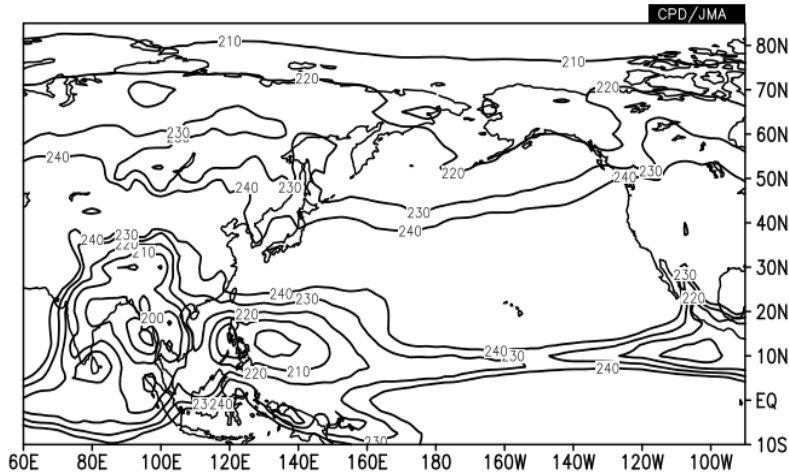


日付変更線付近の渦位  
(35-45N, 180-190E)

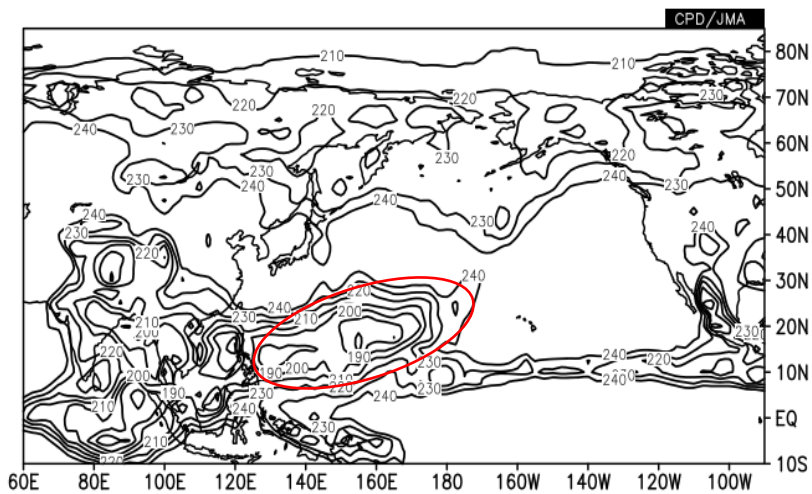
北海道東方海上の渦位(40-50N, 160-170E)

# 2016年8月の対流活動(OLR)

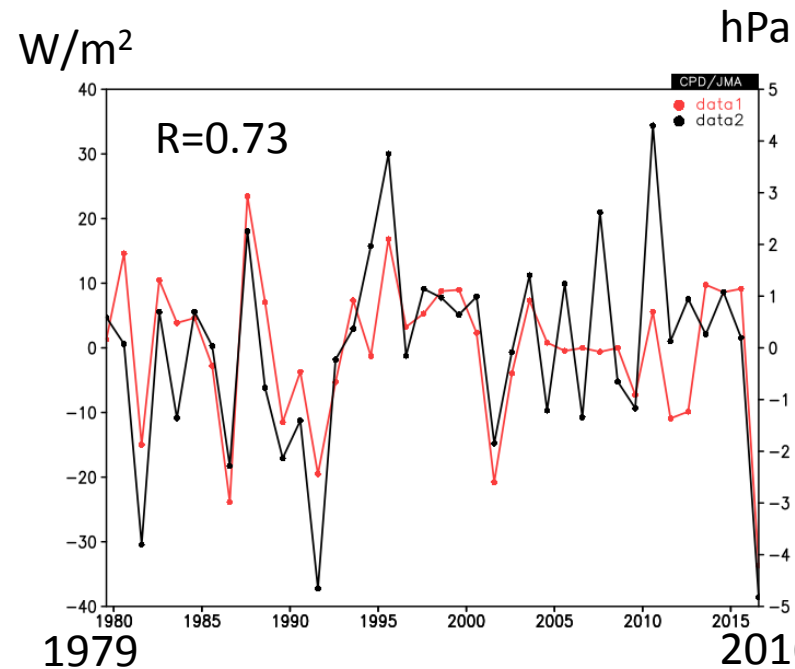
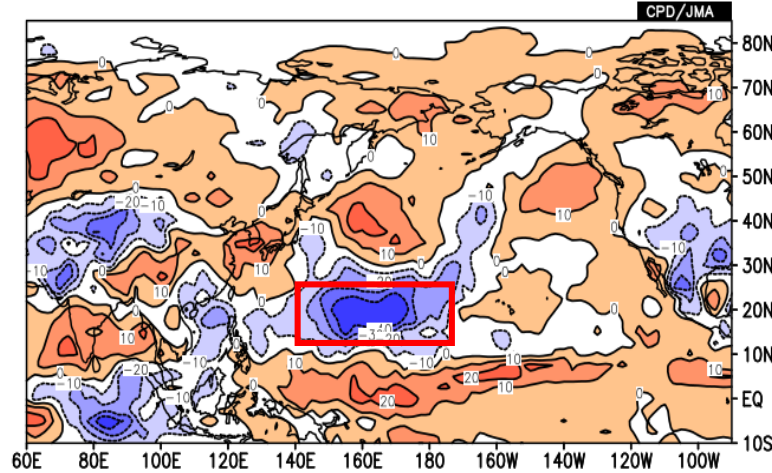
平年 等値線間隔:10W/m<sup>2</sup>



2016年8月



2016年8月の平年偏差 等値線間隔:10W/m<sup>2</sup>



日本の南東海上、日付変更線にかけて東西に対流活動が活発。1979年以降で最も活発。

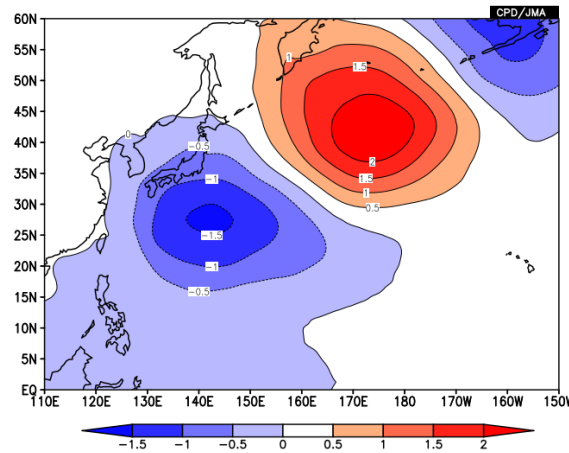
南海上の海面気圧の年々変動と対応がよい。

- 日本の南東海上のOLR (15-25N, 140-180E)
- 日本の南海上の気圧 (25-35N, 130-140E)

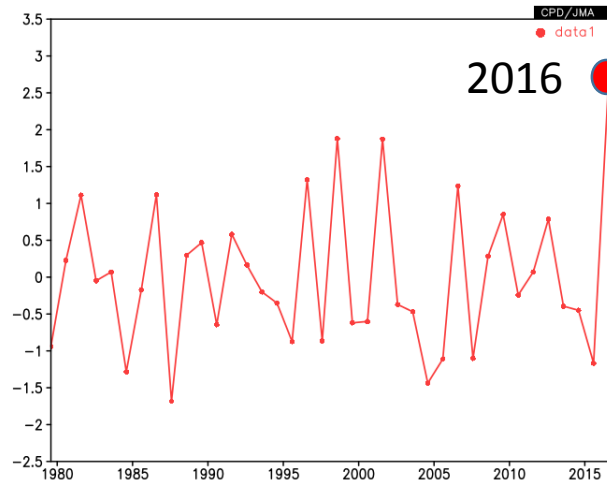
# 類似パターンは過去にないのか？

## 8月SLPの主成分分析、第3主成分、寄与率14.1%

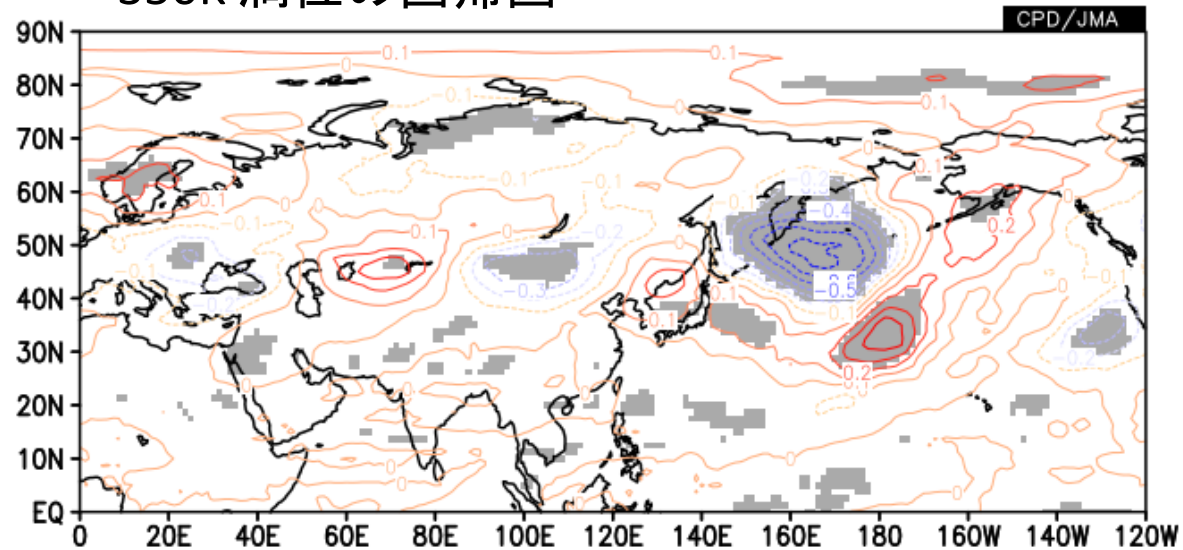
### SLPの主成分パターン



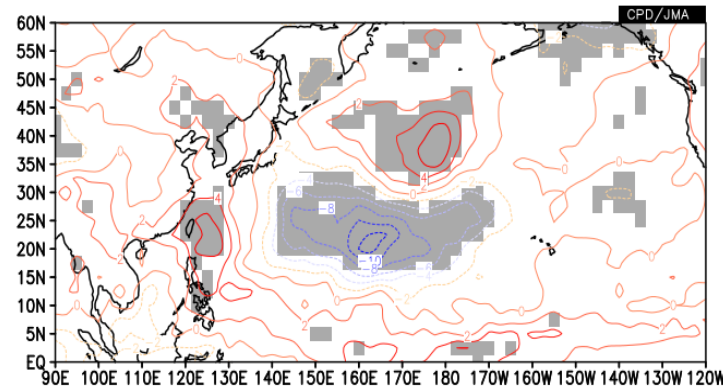
### SLPの主成分スコアー



### 350K 渦位の回帰図



### OLRの回帰図

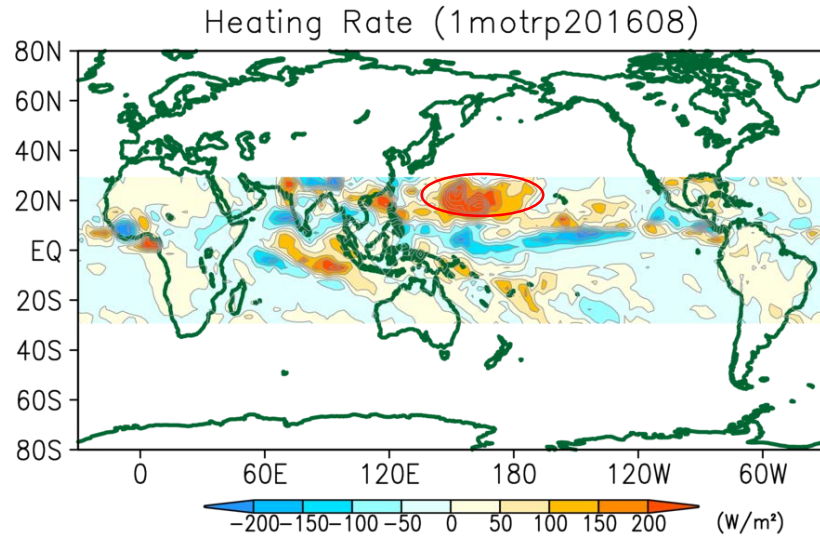


過去に類似したパターンはあるが、2016年8月はその振幅が顕著に大きい。

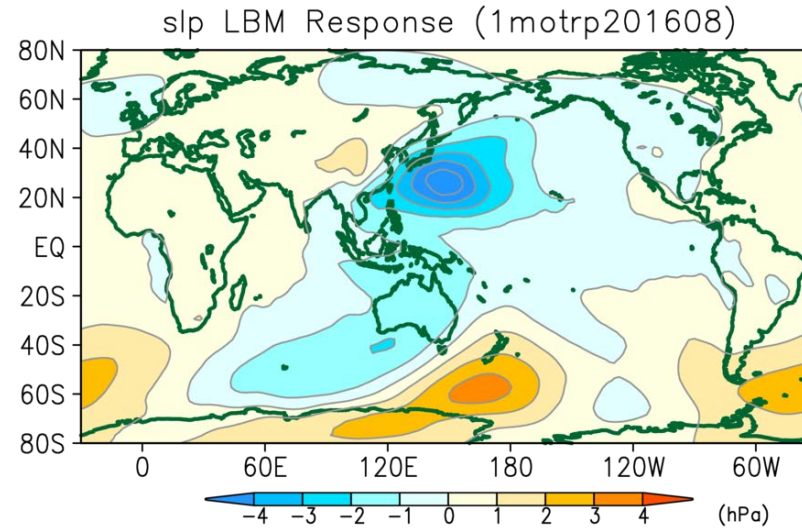
8月の海面気圧の第3主成分。計算領域は(110E-150W, 0-60N)で、期間は1979~2016年。寄与率は14.1%。左上)は主成分パターンで単位はhPa、左下)主成分スコアーで1979~2016年、右上)主成分スコアーへの回帰図。350K温位面の渦位(単位はPVU)で、95%で回帰が有意な領域に影、右下)右上と同じで、OLR(単位はW/m²)。

# 日本の南海上の低気圧と対流活動との関係

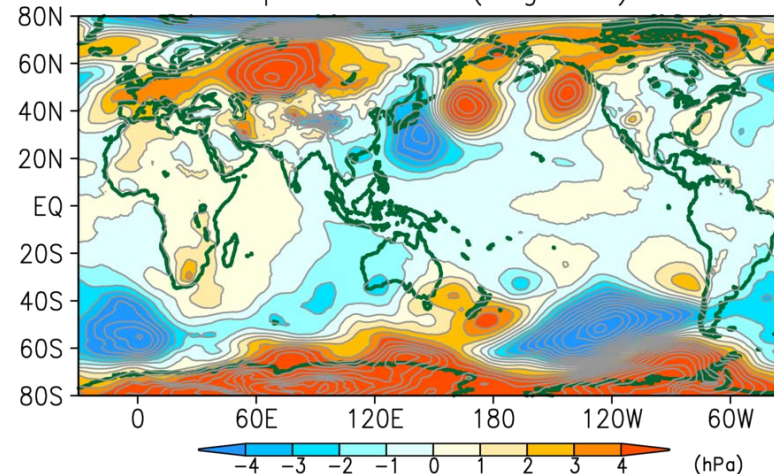
2016年8月の熱帯の非断熱加熱偏差



LBM (Watanabe and Kimoto, 2000,2001)による線形応答(海面気圧)



JRA-55(海面気圧)  
slp anomalies (Aug2016)



日本の南東海上の活発な積雲対流活動による加熱が、南海上の低気圧の形成に寄与(ロスビー波)。

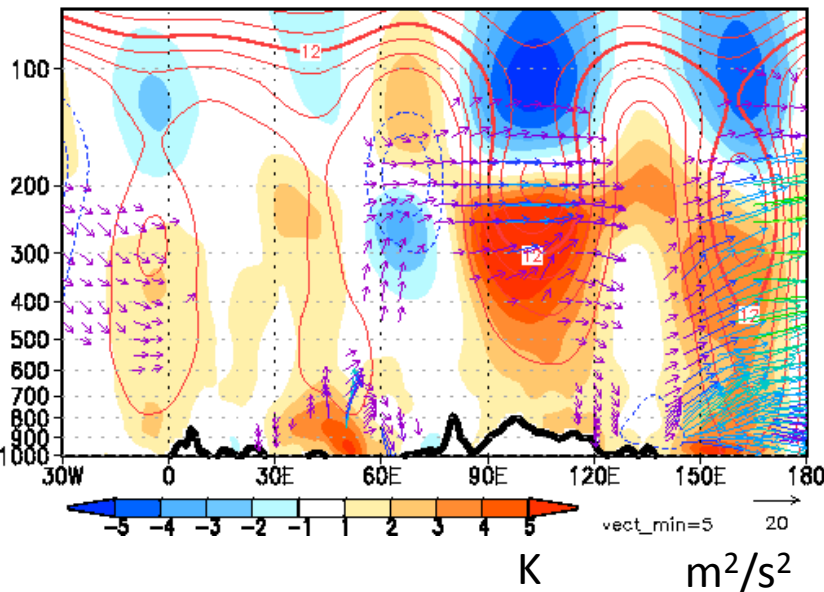


# 北海道の東海上の高気圧と上層のリッジ、 南海上の低気圧との関係

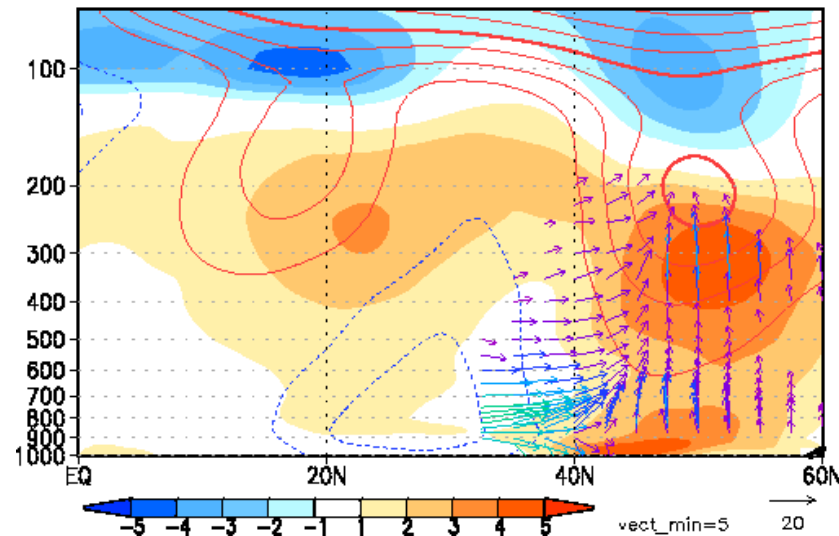
45Nにおける気圧-経度断面図、等  
値線: 流線関数偏差 ( $4 \times 10^6 \text{m}^2/\text{s}$ )、  
色: 気温偏差、矢印: WAFの東西鉛  
直成分

150Eにおける気圧-緯度断面図、  
等値線: 流線関数偏差、色: 気温偏  
差、矢印: WAFの南北鉛直成分

02Aug.2016 - 31Aug.2016



02Aug.2016 - 31Aug.2016



北海道東では、

西からの東向きロスビー  
波束伝播(上層)。

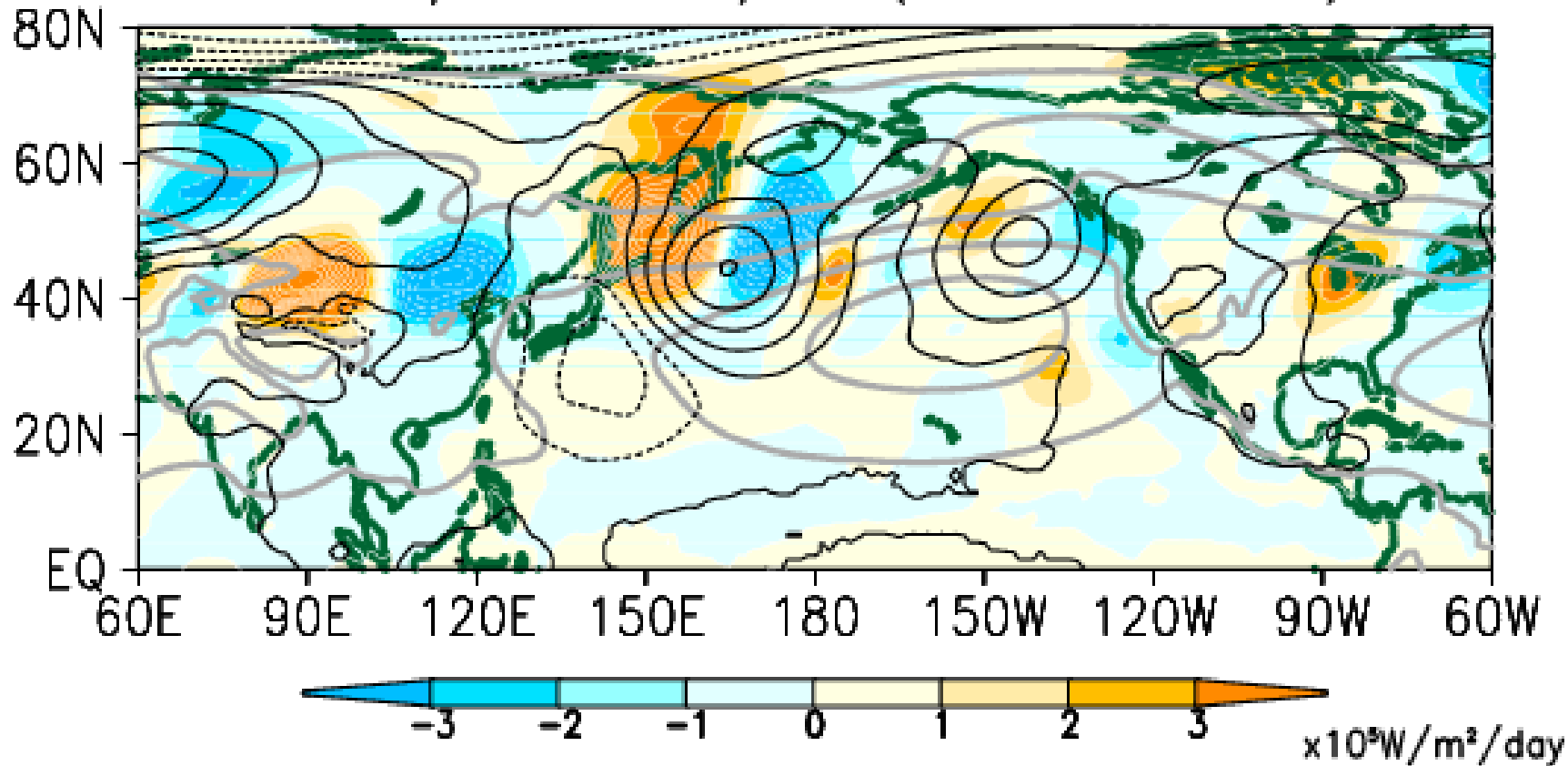
南からの、下層での北  
向きのロスビー波束伝  
播も加わる。それが、上  
向きにも伝播。

上下二つの定在波の重  
ね合わせ。  $v'T' > 0$  な  
ので、西風シアーならば  
増幅

# 基本場(平年値)からの傾圧エネルギー変換

2016/08-2016/08 (1000-100hPa)

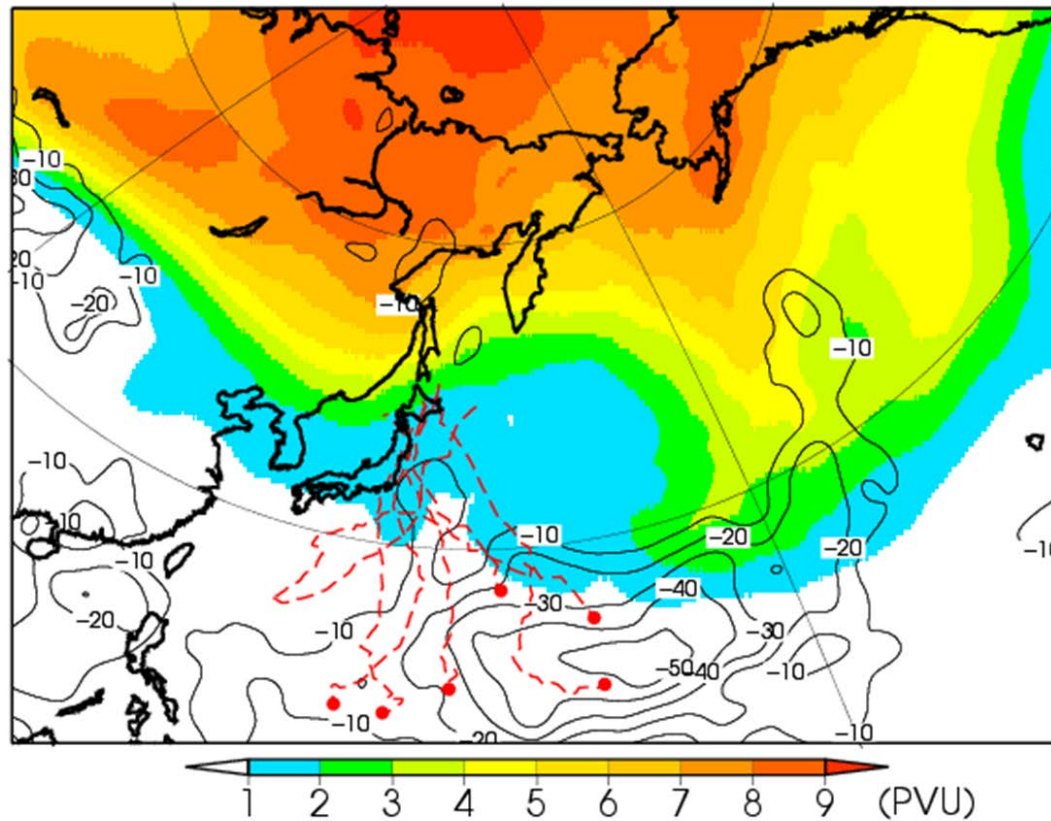
$$-\frac{f}{S_p} \left( v'T' \frac{\partial U}{\partial p} - u'T' \frac{\partial V}{\partial p} \right)$$



傾圧エネルギー変換(陰影)、850hPa高度の気候値(灰色線、40m間隔)と平年偏差(黒線、20m間隔)

### 3. 上層の渦位と熱帯の対流活動、日本南海上の低気圧、北海道東の高気圧との関係

2016年8月 色:350Kの渦位 等値線:OLR偏差( $10W/m^2$ )、  
赤破線:台風経路(5,6,7,9,10,11号、速報解析)

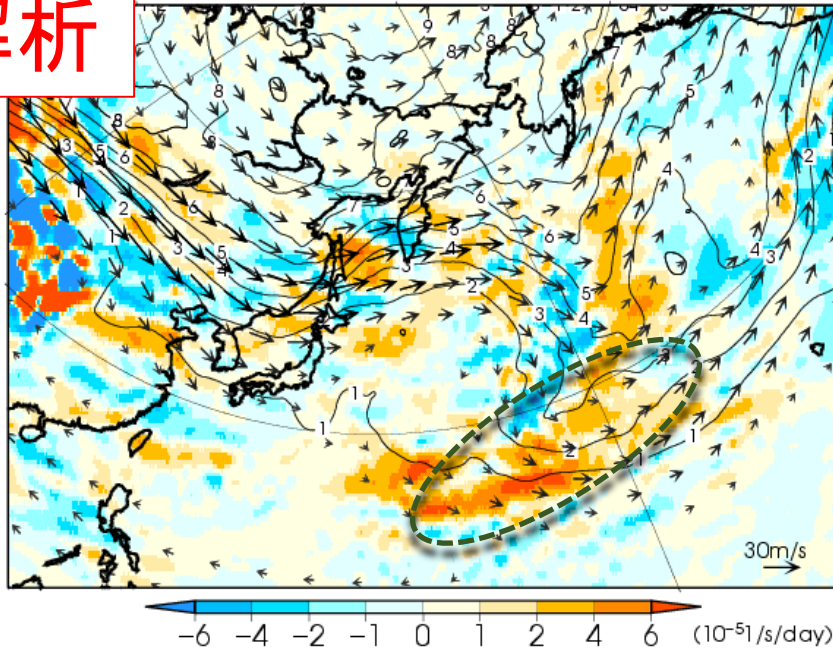


日付け変更線30N付近の高渦位域の南西側で対流活動が活発。

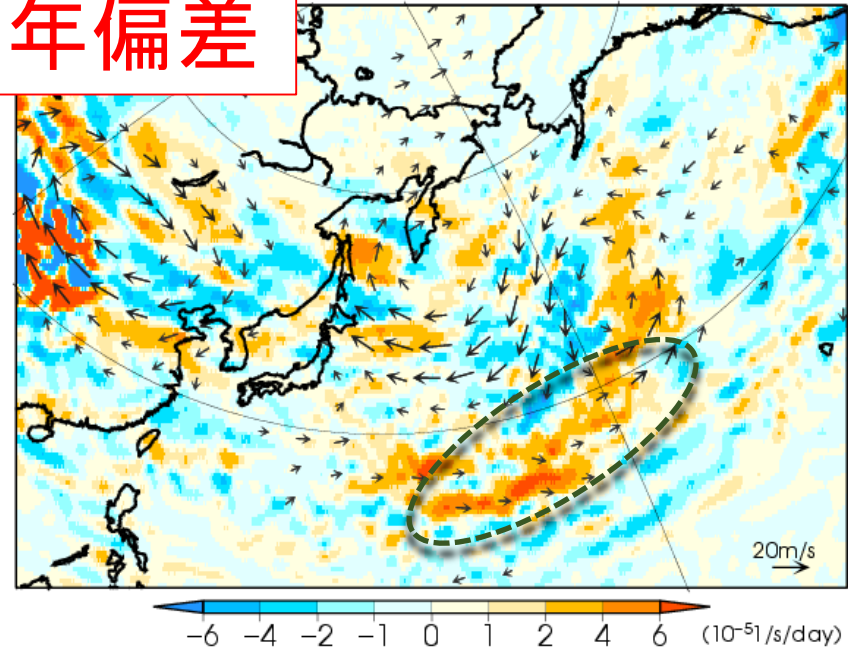
渦位移流の鉛直差によるQG的な上昇流が、対流活発化に寄与していないか？

# 地衡風による渦度移流の鉛直差 (200hPa-850hPa)

解析



平年偏差

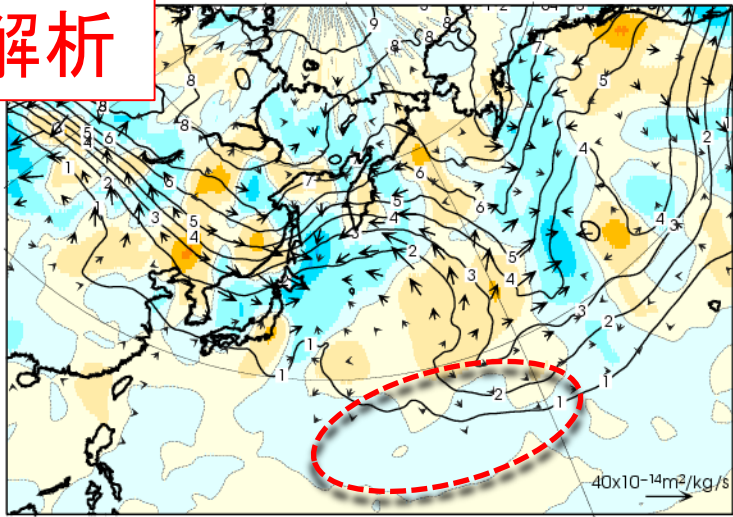


※ 陰影: 渦度移流の鉛直差、等値線(解析): 350K渦位  
矢印: 200hPa地衡風ベクトル

日付変更線西側の亜熱帯域では、主に大気上層での正の渦度移流に起因して、渦度移流の鉛直差は明瞭な正の値を示し、準地衡流( $\omega$ 方程式)での上昇流とバランスすると考えられる。

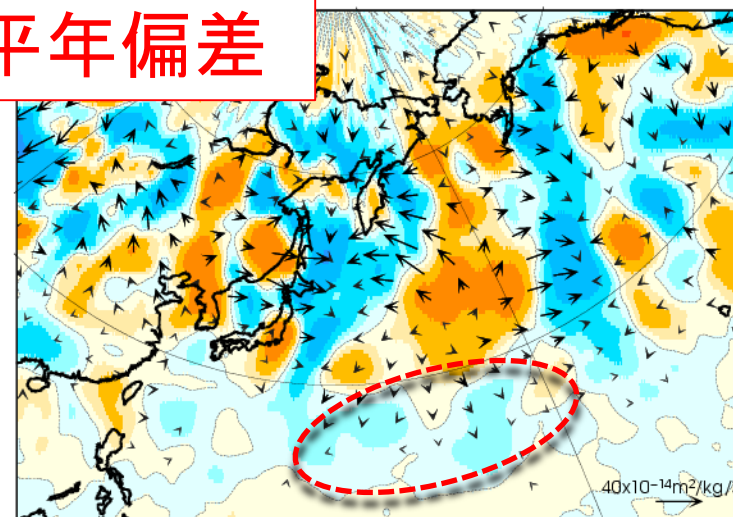
# Qベクトルとその収束発散

解析



-0.7 -0.5 -0.3 -0.1 0.0 0.1 0.3 0.5 0.7 ( $10^{-17} \text{m/kg/s}$ )

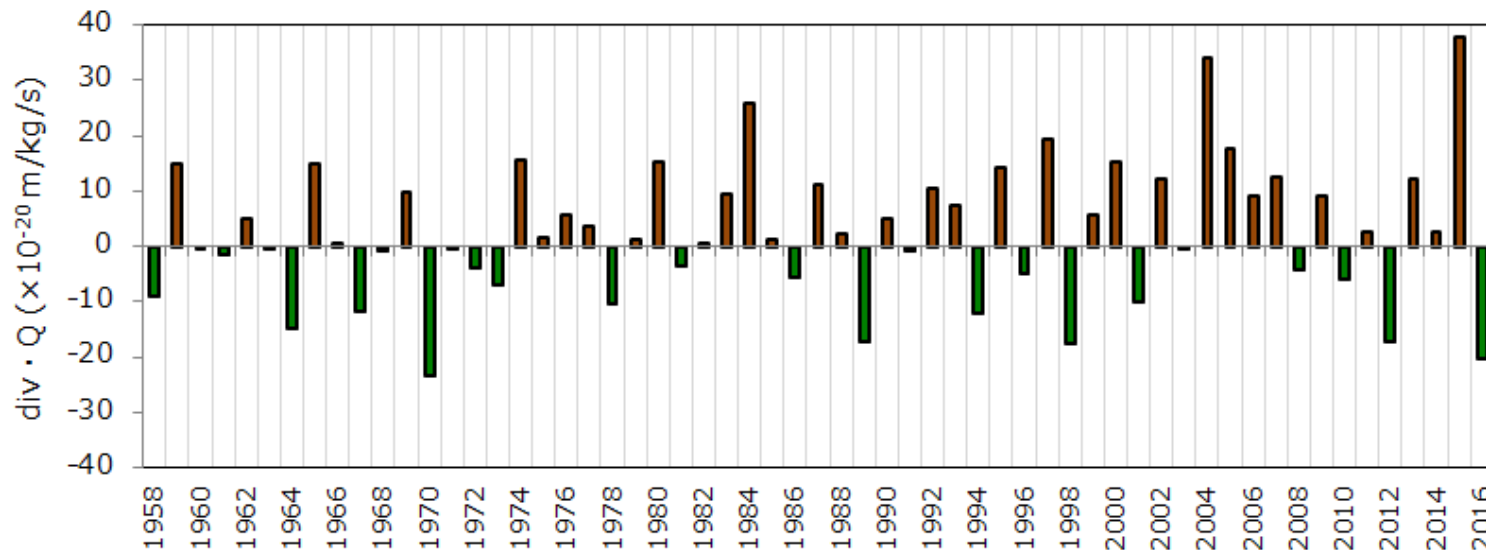
平年偏差



-0.50 -0.20 -0.10 -0.05 0.00 0.05 0.10 0.20 0.50 ( $10^{-17} \text{m/kg/s}$ )

※ Qベクトルの単位は、 $\text{m}^2/\text{kg/s}$   
その収束発散の単位は  $\text{m}/\text{kg/s}$

15-25N, 150-180Eで平均したQベクトル収束発散の経年変化(各年8月)

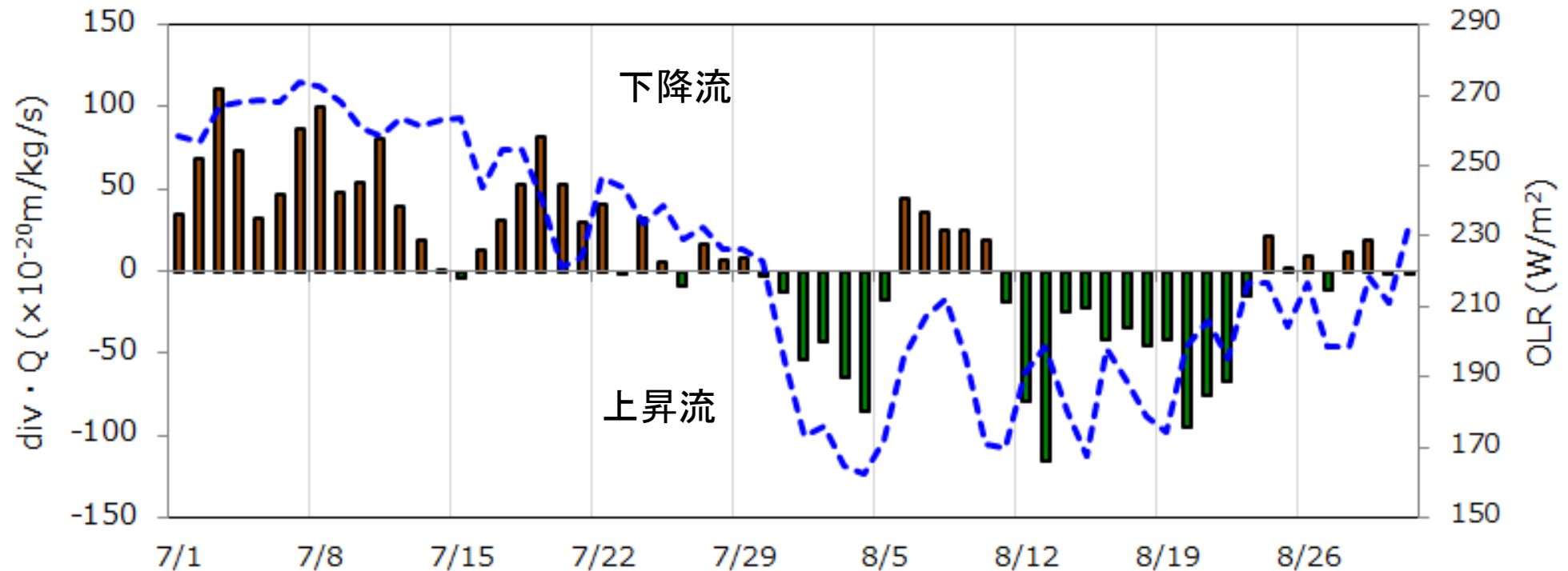


Qベクトルの収束はQG的な上昇流と対応。2016年8月は1958年以後では1970年に次いで第2位。

# Qベクトルとその収束発散とOLR

棒グラフ: 15-25N, 150-180Eで平均したQベクトル収束発散の日別時系列(2016年7月1日~8月31日)

折れ線グラフ: 15-25N、150-170Eで平均したOLR時系列



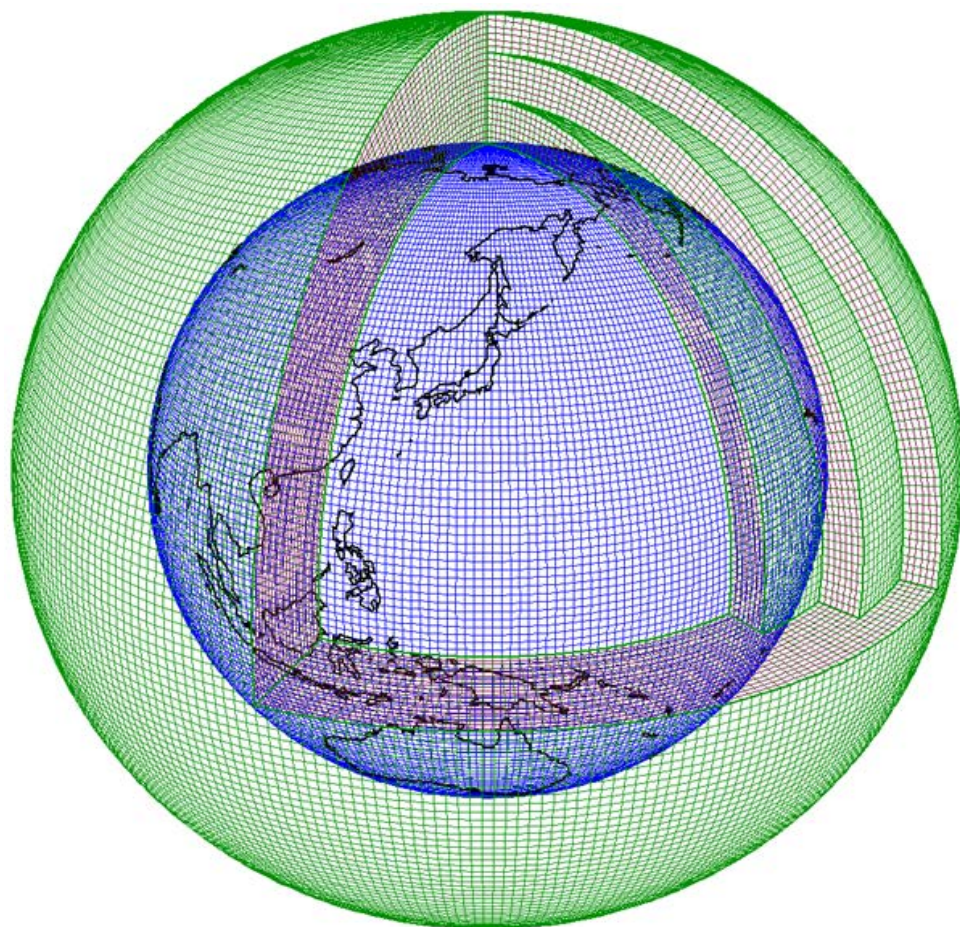
8月は日本の南東海上でQG的な上昇流場で、対流が起こりやすい背景場となっていた。

## 3.2 上層の高渦位移流は、日本の南東海上の対流 活発 & 南海上の低気圧の形成に寄与したか？

1 か月予報モデルを用いた成層圏緩和実験

# 1か月EPSの仕様

(2014年3月～)



大気モデル	GSM1304
水平解像度	TL319 (約55km格子)
鉛直層数	60層 (最上層0.1hPa)
予報時間	34日
大気初期値	全球速報解析
陸面初期値	オフライン陸面解析
海面水温	初期偏差持続
海氷	初期偏差に基づく統計的推定
アンサンブル手法	BGM法 (北半球域+熱帯域) + 確率的物理過程強制法 + LAF法 (1日ごと)
メンバー数	今回の実験では25メンバー



# 実験設定(1)

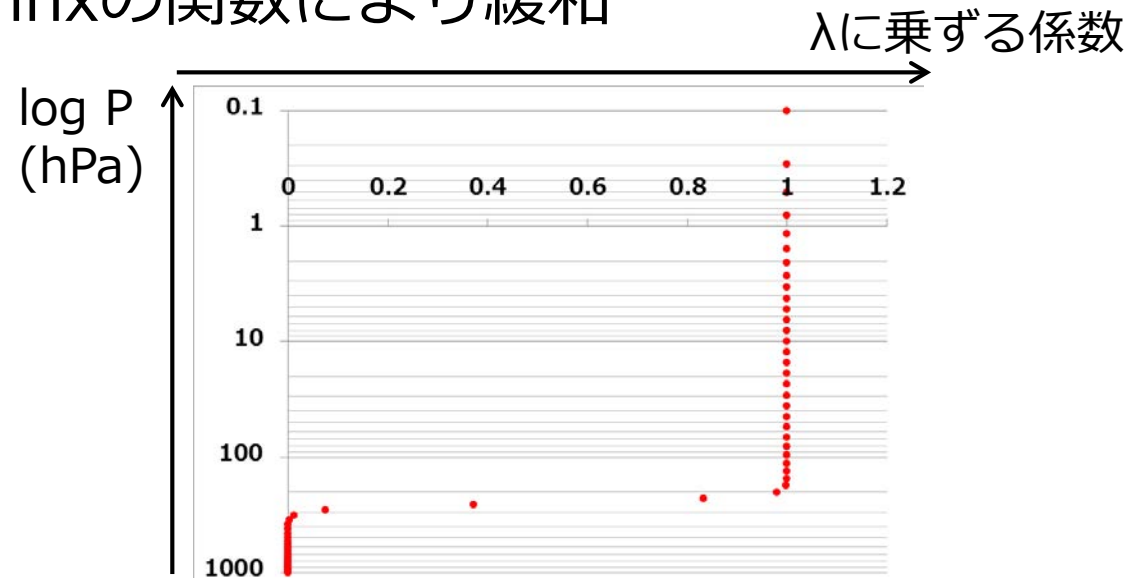
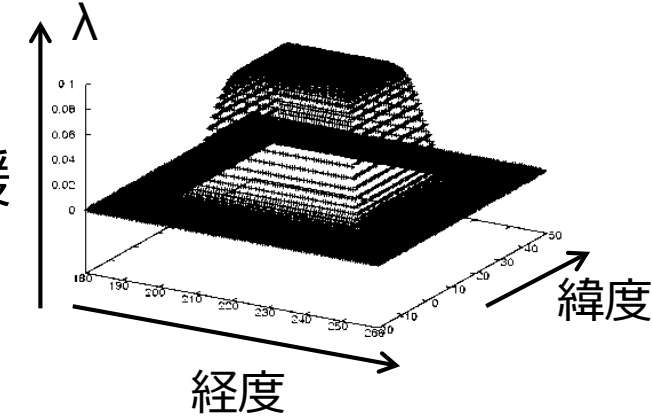
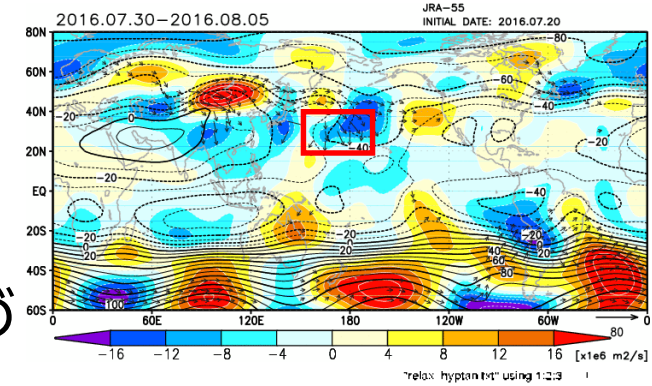
- Tendencyに右辺第2項を単純に加える

$$\frac{\partial X}{\partial t} = F_{mt}(X) + \lambda(X_{ref} - X)$$

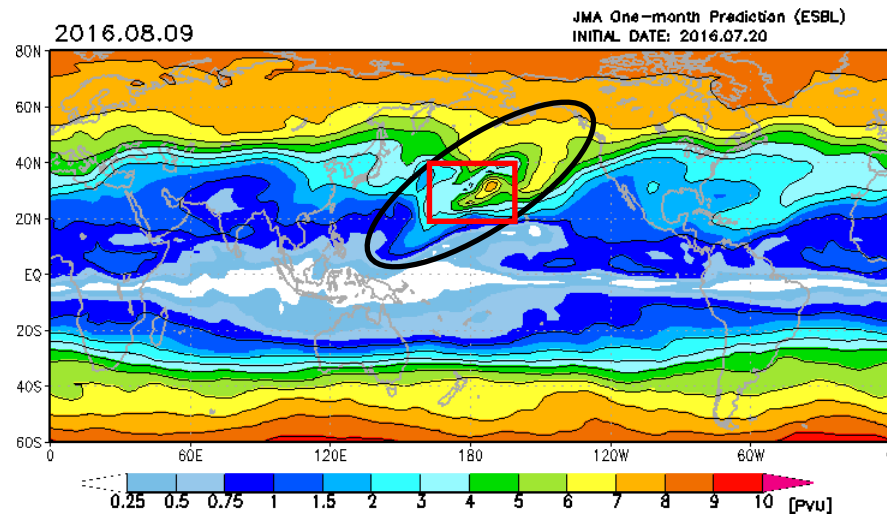
- $F_{mt}$ は $X$ についての予報方程式、 $\lambda$ は緩和係数、 $X_{ref}$ は解析値（全球サイクル解析）、 $X$ は予報値
  - 解析値は6時間間隔のデータであるため、各タイムステップに対して時間線形内挿して与える
  - Anthes(1974)、Ferranti et al. (1990)、Jeuken et al. (1996)、Jung et al. (2010)、Jung (2011)など
- 緩和係数の決め方等は任意性がある
    - 今回は、 $\lambda=0.1(\text{hr}^{-1})$ で解析値に向かって $U, V, T, \ln(\text{ps})$ を緩和するように設定
      - Jung et al. (2010), Jung (2011), Ding et al. (2015)など
    - $Q$ の緩和はしていない（解析値の精度が良くないため）

# 実験設定(2)

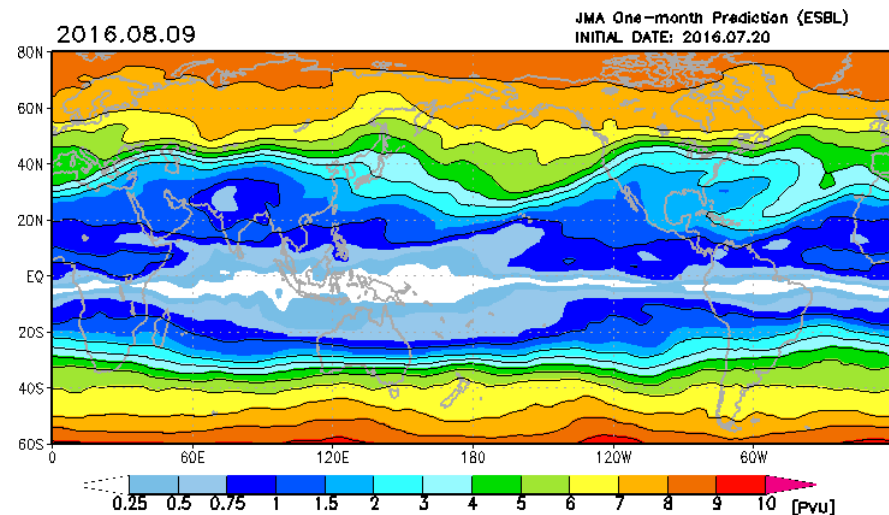
- ・ 赤枠の領域に解析値を与える (160E-160W、20-40N)
- ・ 緩和領域とそれ以外の領域の境界での不連続によるノイズを避けるため、領域境界の経度・緯度方向 $10^\circ$ づつ $\tanh x$ の関数に依存させた緩和係数の与え方とする (今回の実験の場合、160E,30Nで $\lambda=0.05$ となる)
- ・ 成層圏Relaxation実験では、300hPaより下層では緩和なし、200hPaより上層では $\lambda$ の値で緩和、間の層はlog p換算で $\tanh x$ の関数により緩和



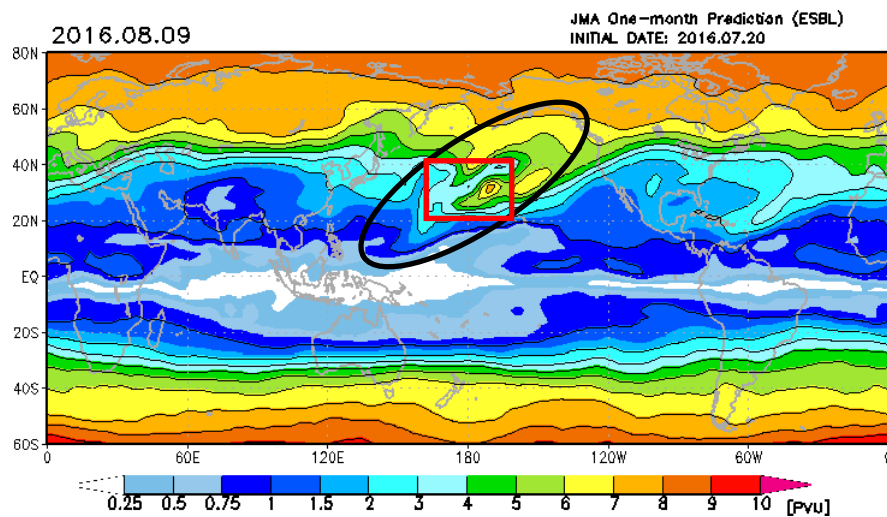
# 7/20初期値 8/9予測 360K IPV



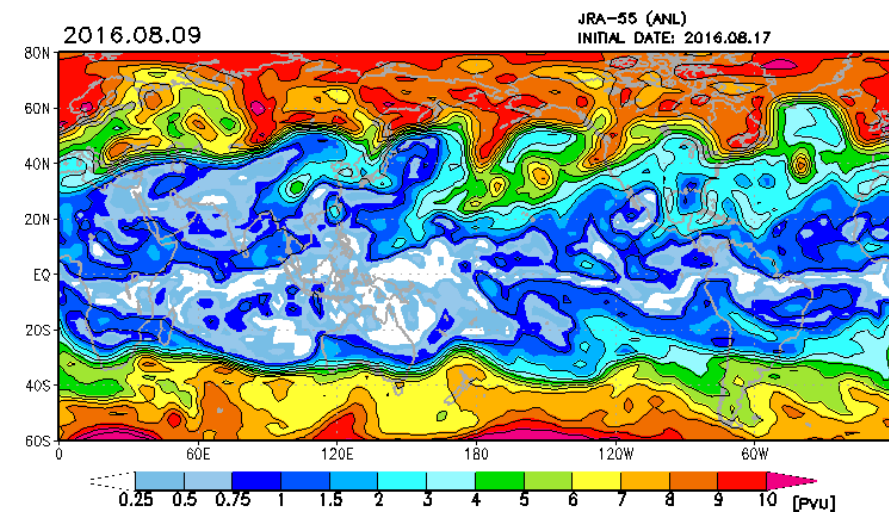
全層Relaxation



コントロール (Relaxationなし)

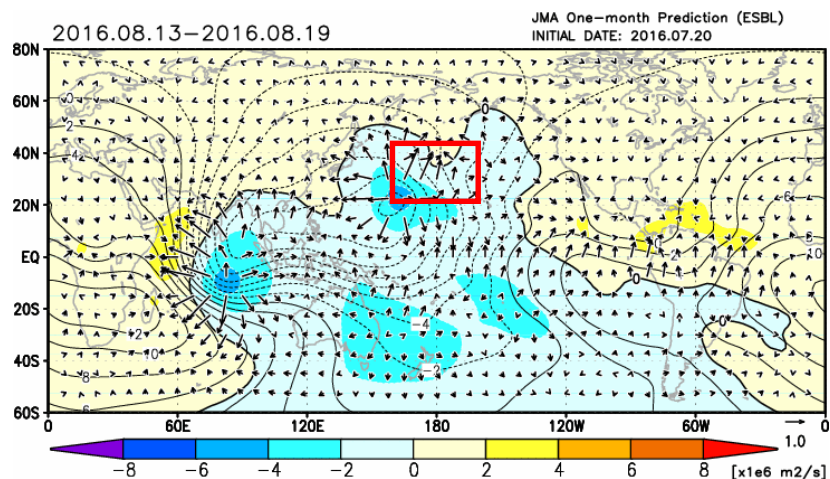


成層圏Relaxation



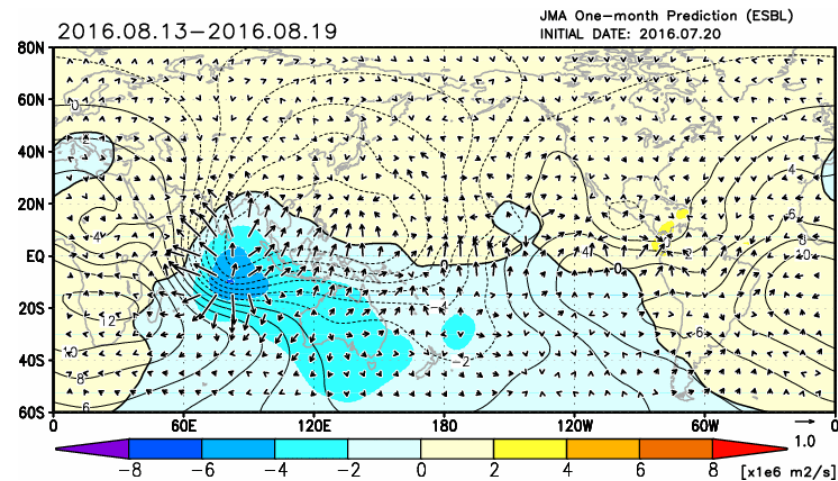
解析 (JRA-55)

# 7/20初期値 4週目 CHI200

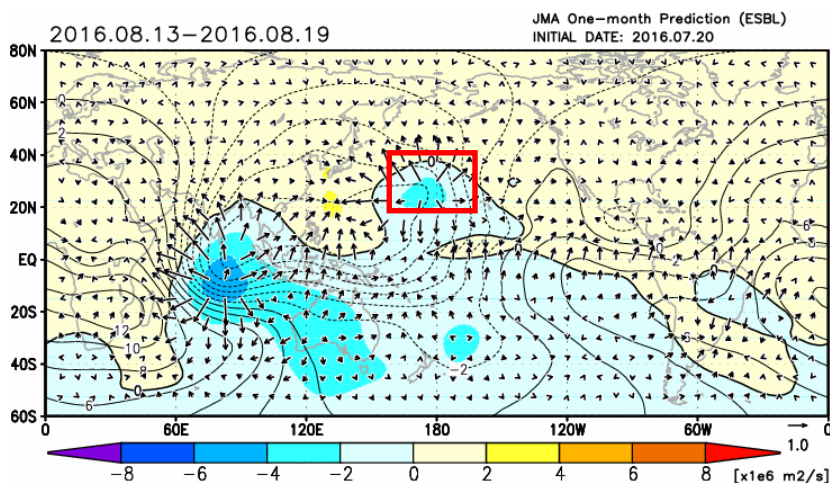


全層Relaxation

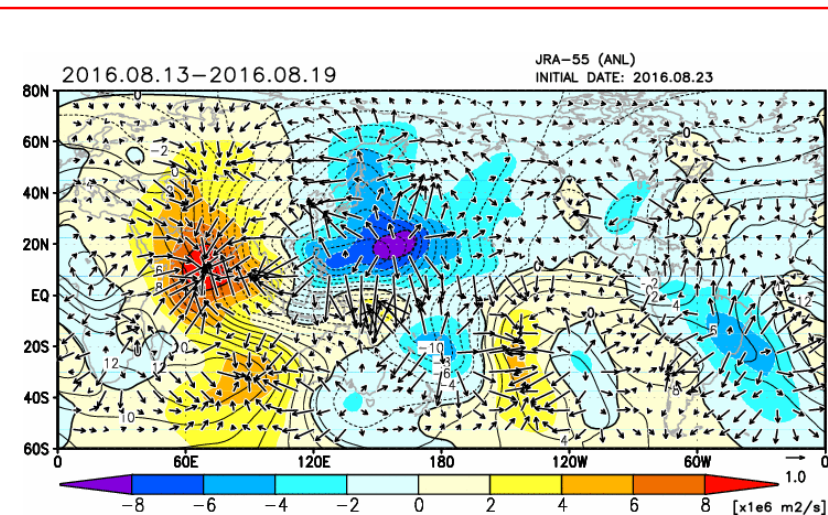
7日平均偏差。モデル気候値：1981~2010年の再予報。解析気候値：1981~2010年のJRA-55。



コントロール (Relaxationなし)

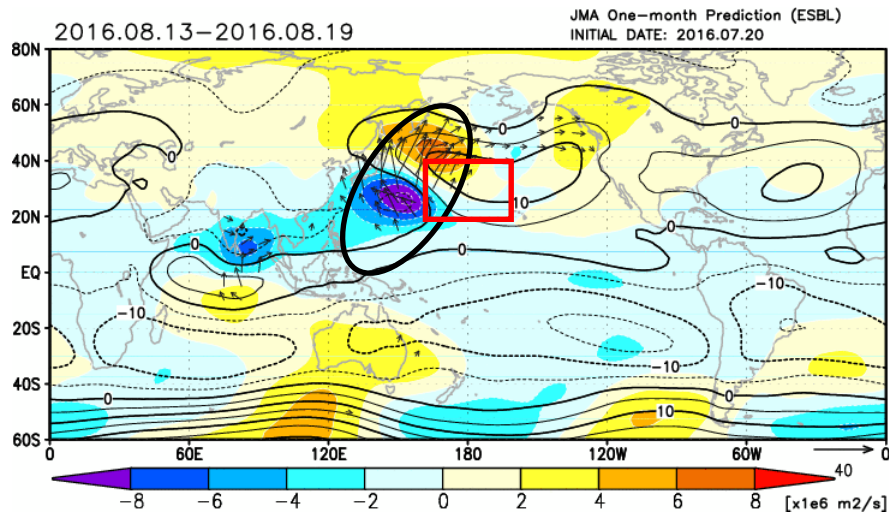


成層圏Relaxation

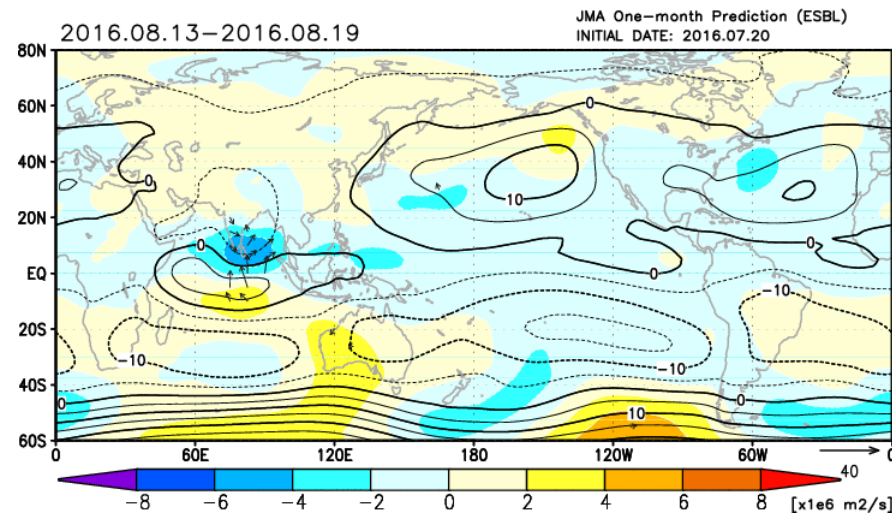


解析 (JRA-55)

# 7/20初期値 4週目 PSI850

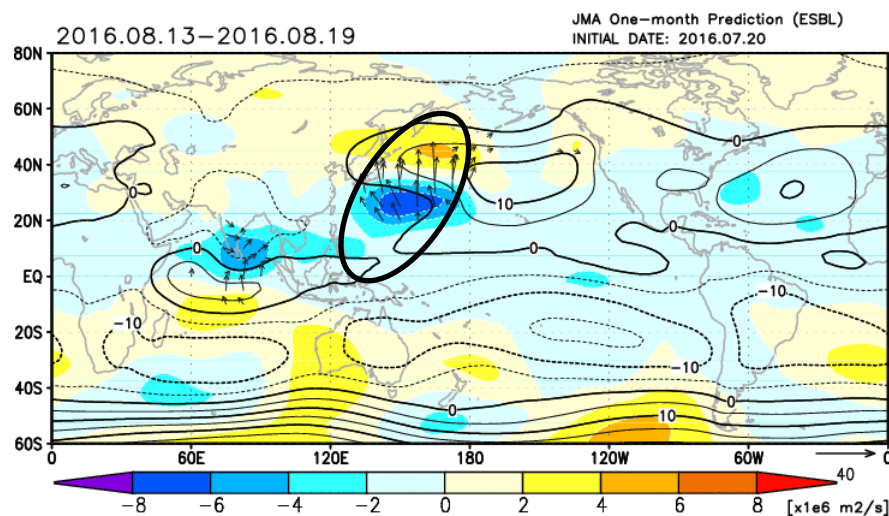


全層Relaxation

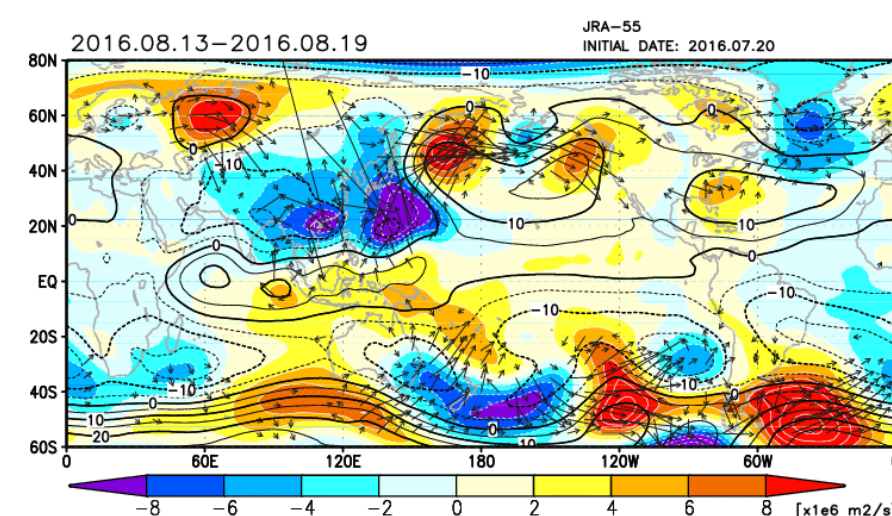


コントロール (Relaxationなし)

7日平均偏差。モデル気候値：1981~2010年の再予報。解析気候値：1981~2010年のJRA-55。



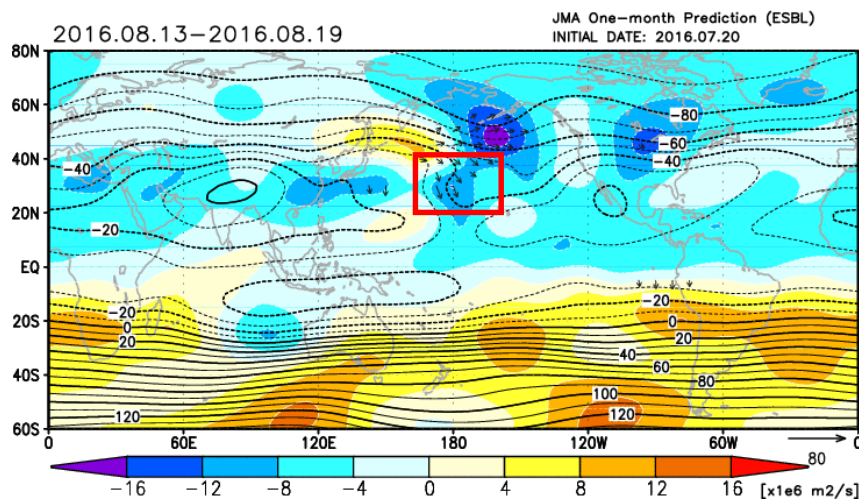
成層圏Relaxation



解析 (JRA-55)

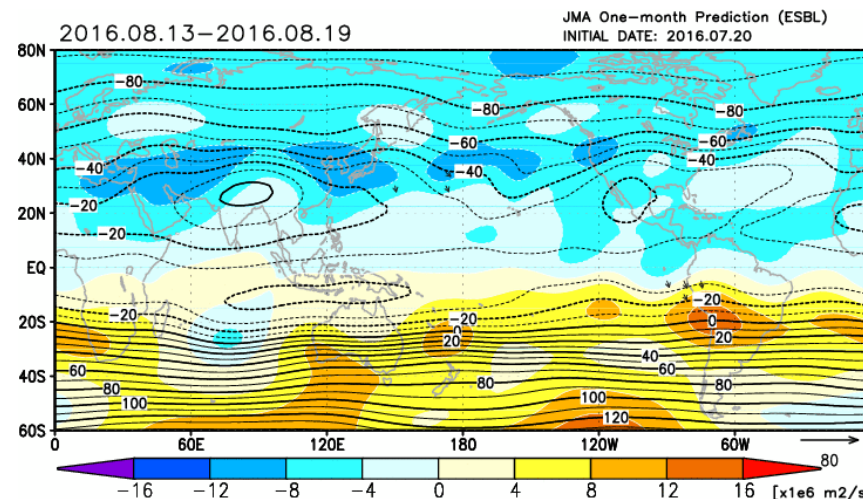
日付変更線  
付近の成層  
圏循環の、  
日本の南海  
上の低気圧  
形成への影  
響が明瞭

# 7/20初期値 4週目 PSI200

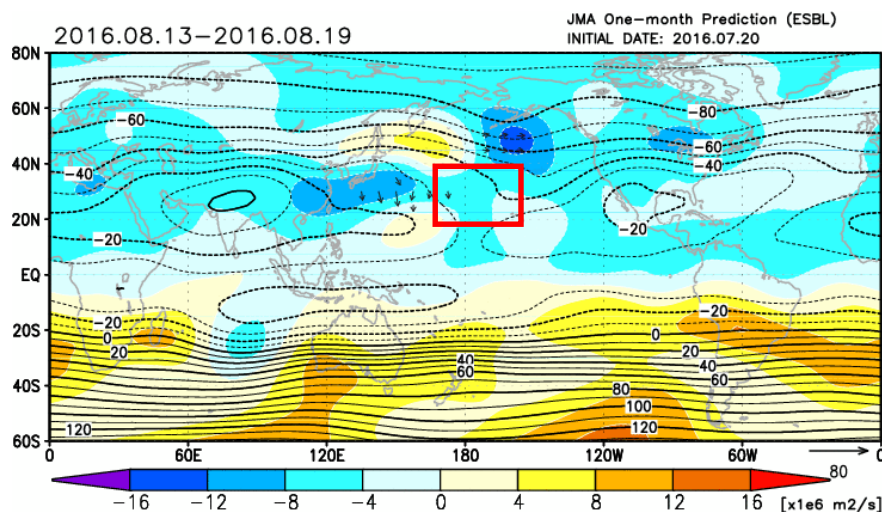


全層Relaxation

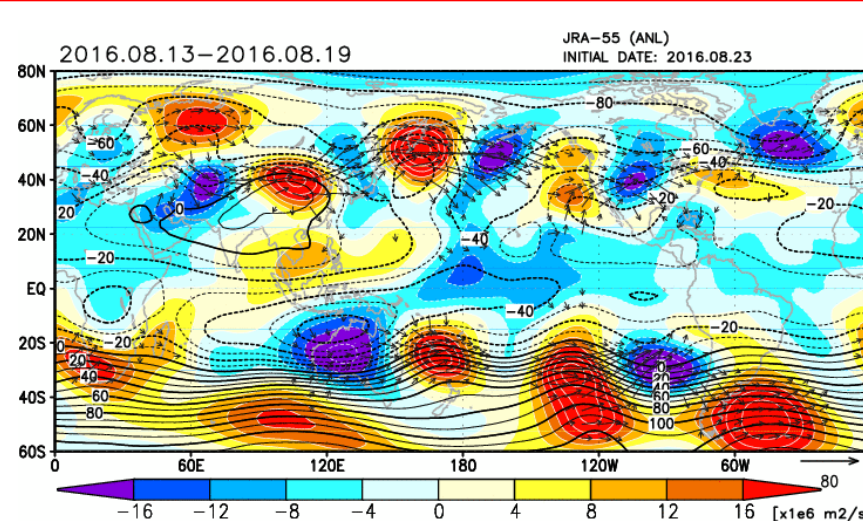
7日平均偏差。モデル気候値：1981~2010年の再予報。解析気候値：1981~2010年のJRA-55。



コントロール (Relaxationなし)



成層圏Relaxation



解析 (JRA-55)

北海道東  
のリッジも  
ある程度  
再現、そこ  
から南東  
にWAF。

## 4. まとめ

# 2016年8月の異常な循環場生成の要因

