

# 東アジアの寒気流出に誘導される 中高緯度の平均子午面循環

岩崎俊樹・菅野湧貴

東北大学大学院理学研究科

温位座標(MIM)で見ると

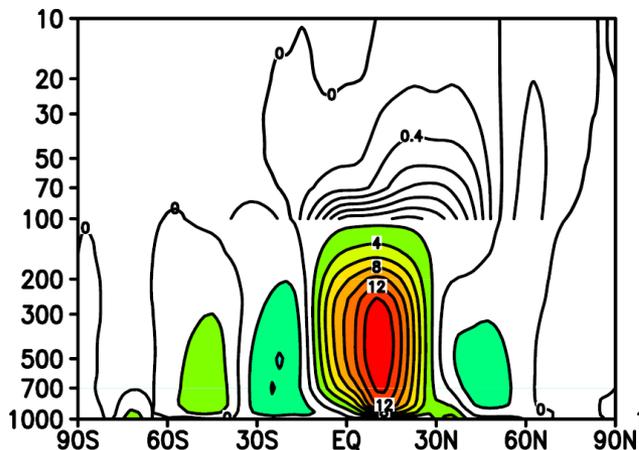
東アジアで寒気が流出すれば下層でEPフラックスが発生する。

EPフラックスは、上空にどのような循環を引き起こすか？

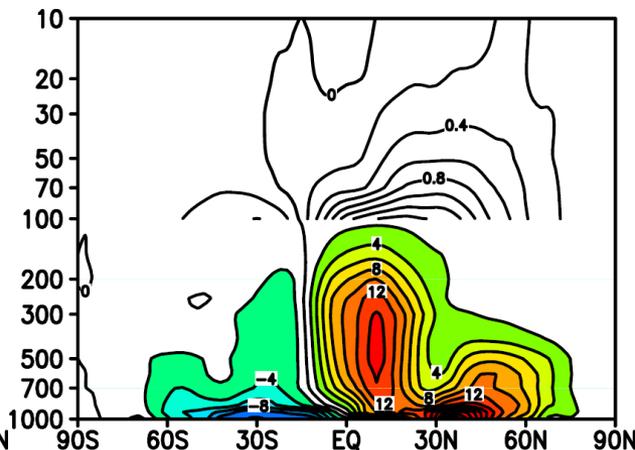
# 目次

1. 質量流線関数の3次元気候値 (DJF:NH-winter)  
(B-D循環および中高緯度対流圏直接循環)
2. 東アジアの寒気流出による  
E-Pフラックスの生成と鉛直伝播
3. 質量流線関数の2次元(前兆+)応答
4. 質量流線関数の3次元(前兆+)応答

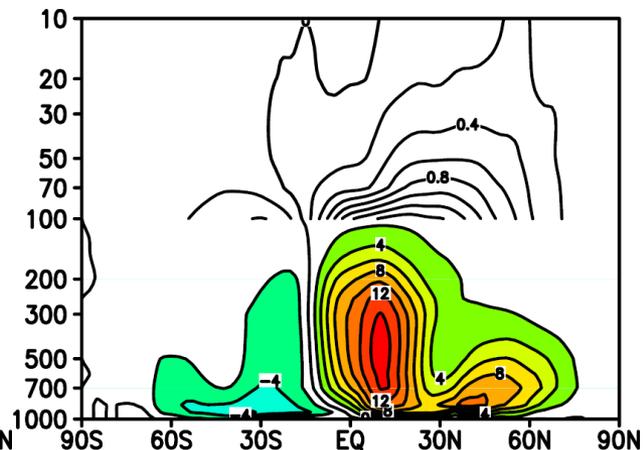
Euler



TEM



MIM



DJF NCEP/NCAR Reanalysis (1990~2001)

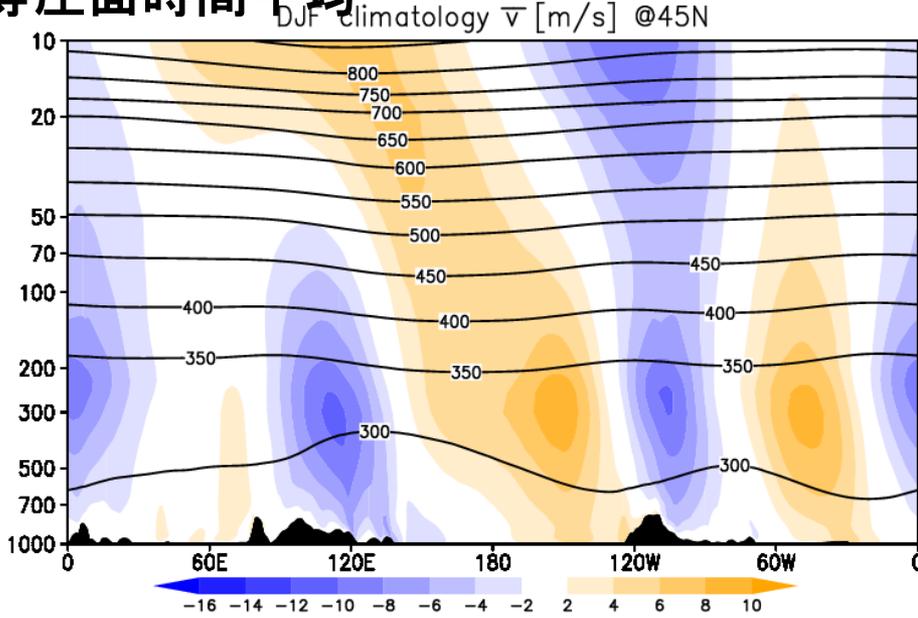
温位面での質量加重付当座平均ではB-D循環が解析される。

非定常の寄与を明らかにするため温位面で時間平均偏差を考える。

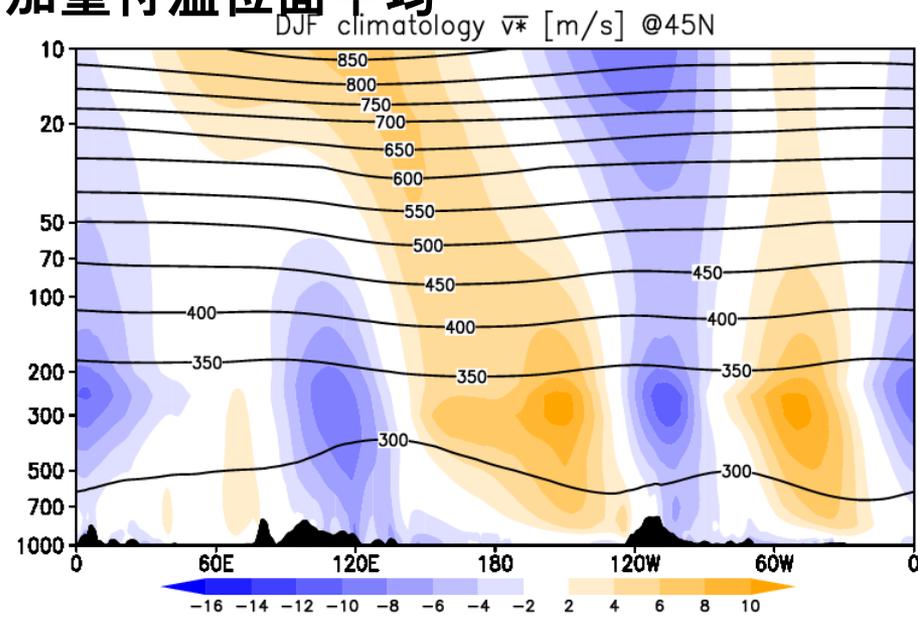
(示量変数に関しては、時間平均にも質量加重を行います)

# 南北風の時間平均(等圧面vs質量加重付温位面)東西断面

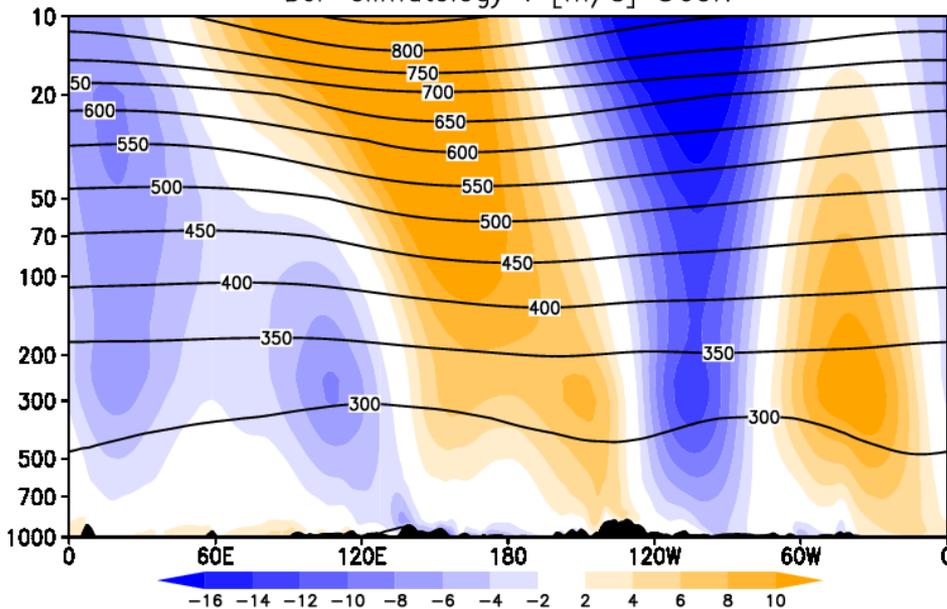
## 等圧面時間平均



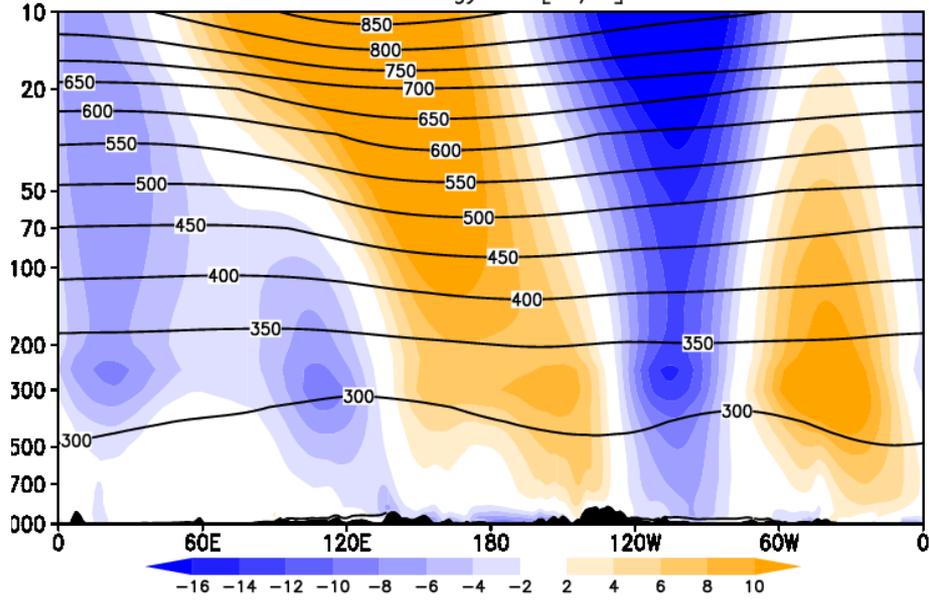
## 加重付温位面平均



DJF climatology  $\bar{v}$  [m/s] @60N

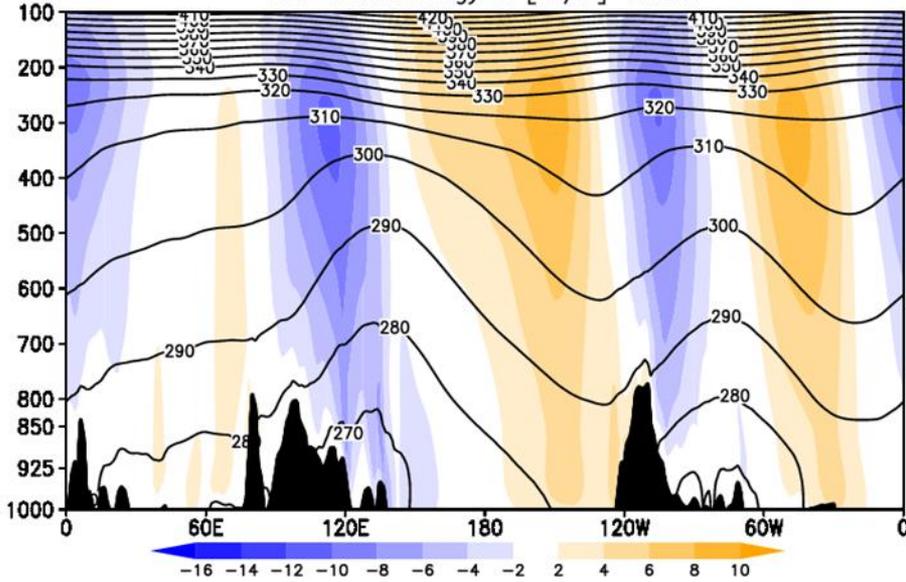


DJF climatology  $\bar{v}^*$  [m/s] @60N

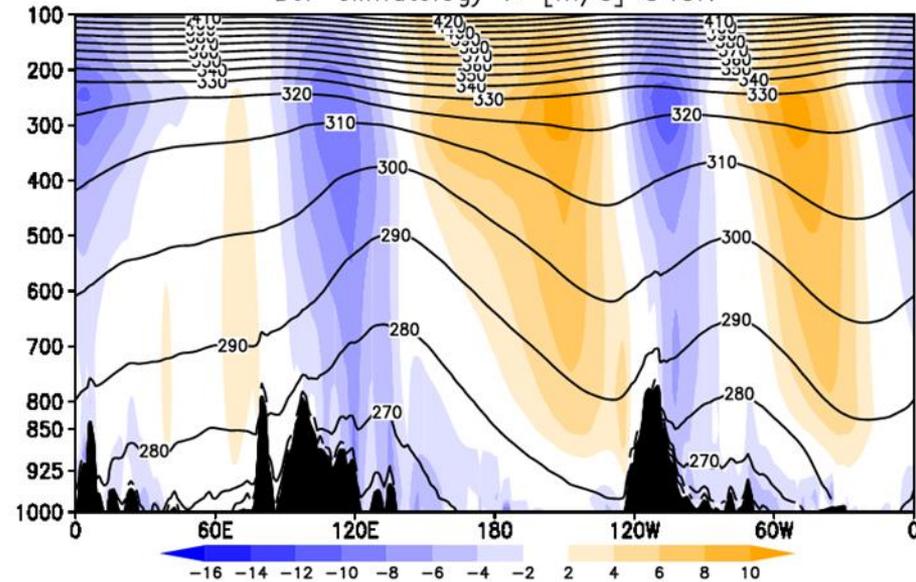


# ■ 対流圏 & 下部成層圏をよく見ると

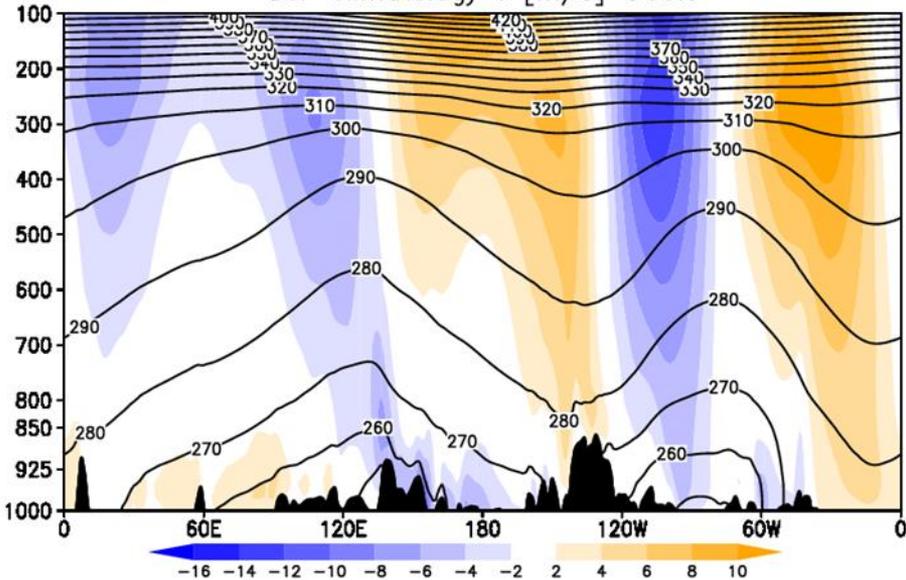
DJF climatology  $\bar{v}$  [m/s] @45N



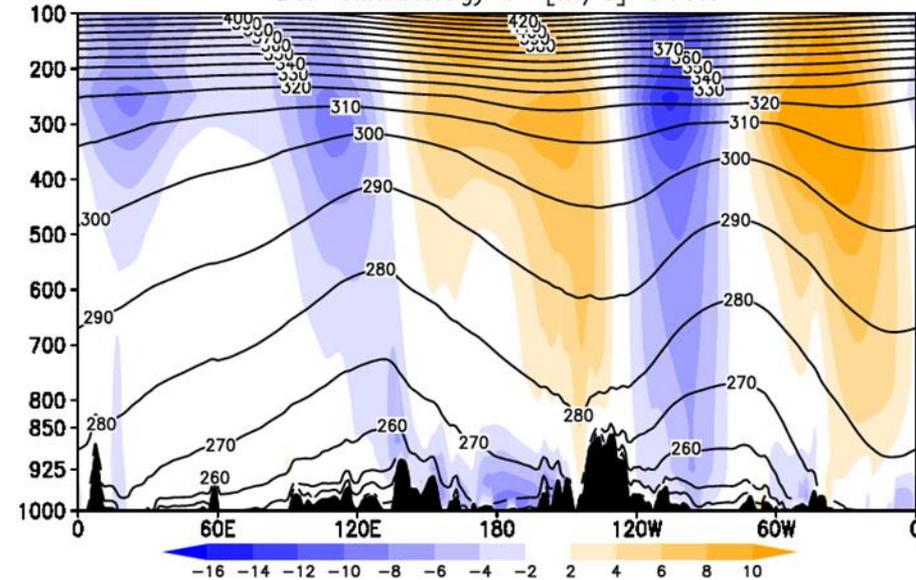
DJF climatology  $\bar{v}^*$  [m/s] @45N



DJF climatology  $\bar{v}$  [m/s] @60N



DJF climatology  $\bar{v}^*$  [m/s] @60N



# MIM系の平均子午面循環

中高緯度の直接循環は、成層圏B-D循環も対流圏の直接循環もどちらも、地衡風の寄与が大きい。

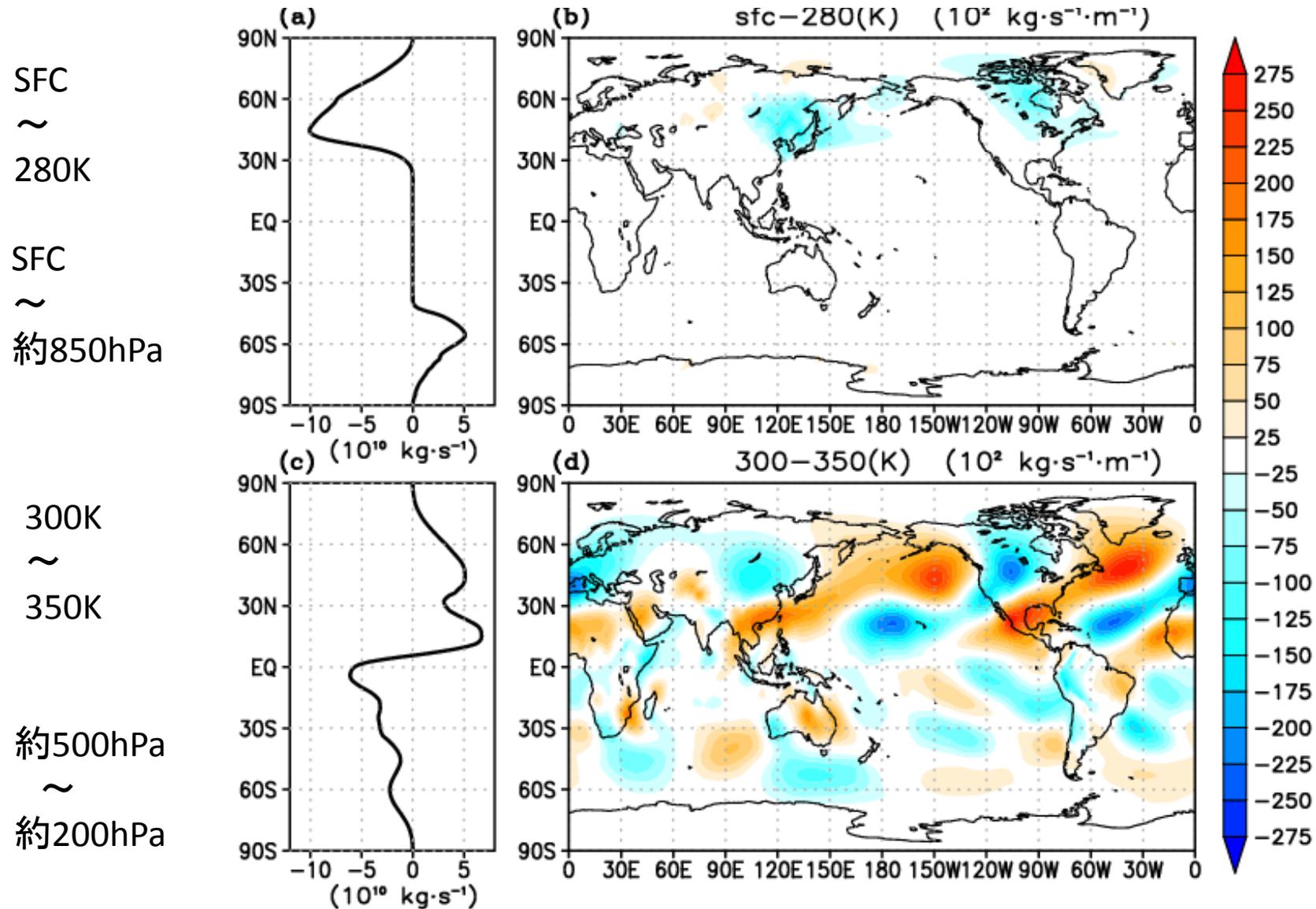
→ MIM(加重平均)の大きな特徴。

気圧座標でも温位座標でも気圧傾度力は線形

→ 加重のない地衡風の等圧面または等温位面での東西平均は0となる。

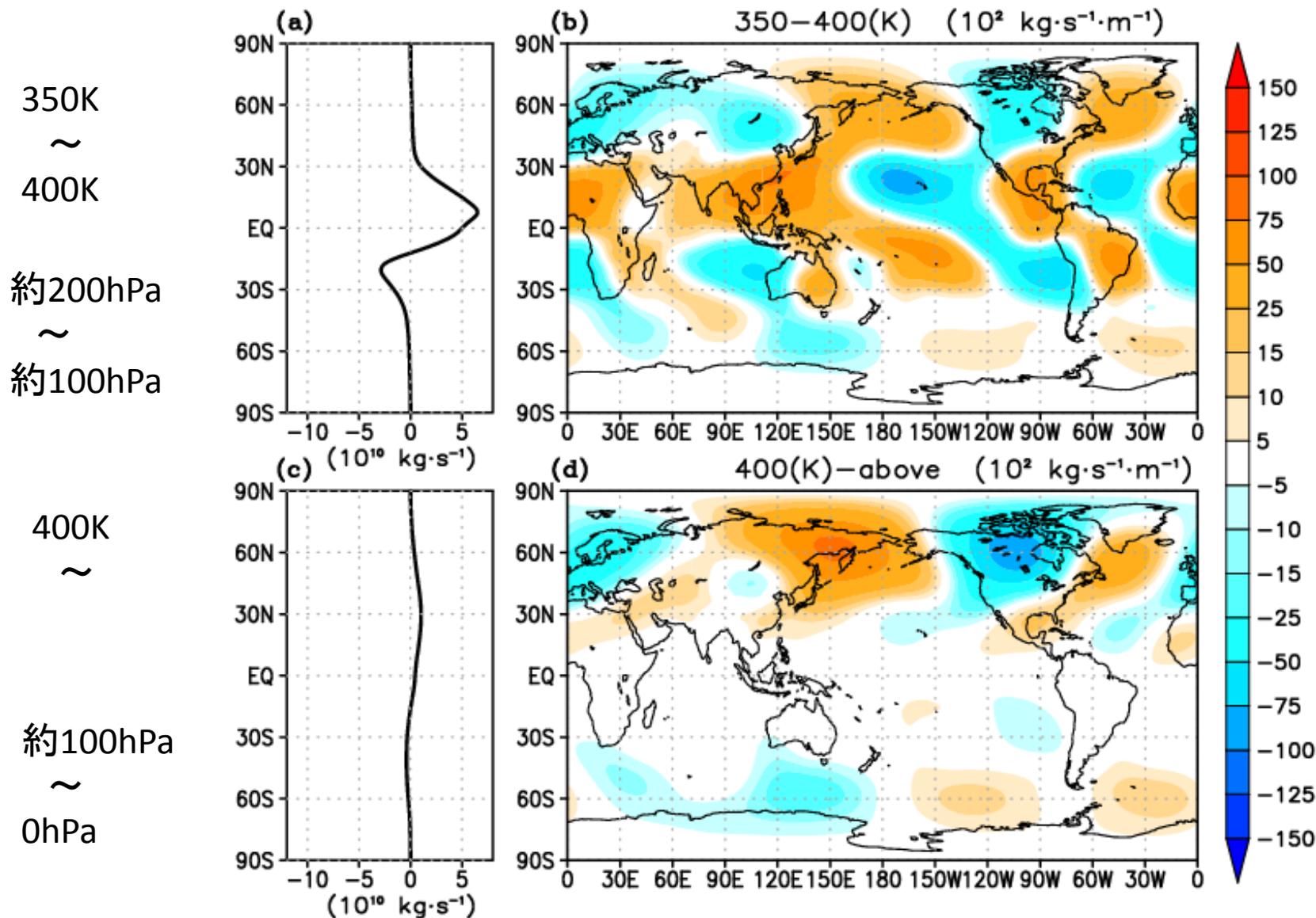
しかし加重平均では地衡風でも0とはならない。

# 2つの温位面間の南北質量フラックス



(a),(b)は地表から280K面間、(c),(d)は300K~350K間。(a),(c)は東西積算値[ $10^{10} \text{ kg/s}$ ]、(b),(d)は地理的分布で、 $\cos(\text{lat})$ で規格化[ $10^2 \text{ kg/s/m}$ ]。1980/81-2009/10の冬季3ヶ月平均。

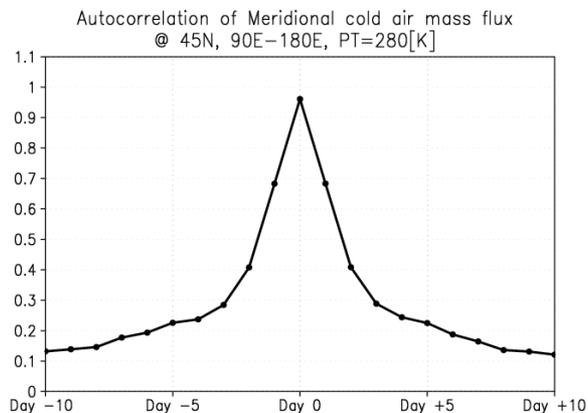
# 2つの温位面間の南北質量フラックス



(a),(b)は350Kから400K面間、(c),(d)は400K以上。(a),(c)は東西積算値[ $10^{10} \text{ kg/s}$ ]、(b),(d)は地理的分布で、 $\cos(\text{lat})$ で規格化[ $10^2 \text{ kg/s/m}$ ]。1980/81-2009/10の冬季3ヶ月。

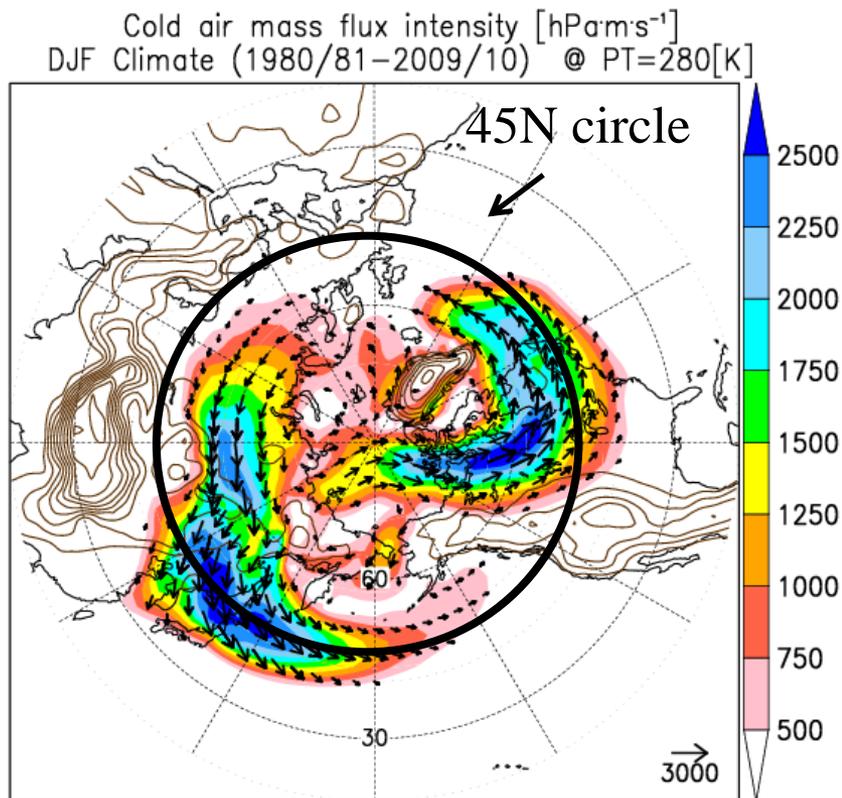
# EA-PCAO Index ( East Asian Polar cold air mass flux)

## 90-180Eの寒気質量 ( $\theta < 280\text{K}$ ) フラックスの南向き成分 自己ラグ相関係数



寒気流出は5日程度のパルス  
流出量がやや多い状態は前後10日以上続く

## 温位280K以下の 寒気質量フラックスの分布



# ■ 密度 $\rho_0$ で規格化した気候値

normalized Climatology @45N

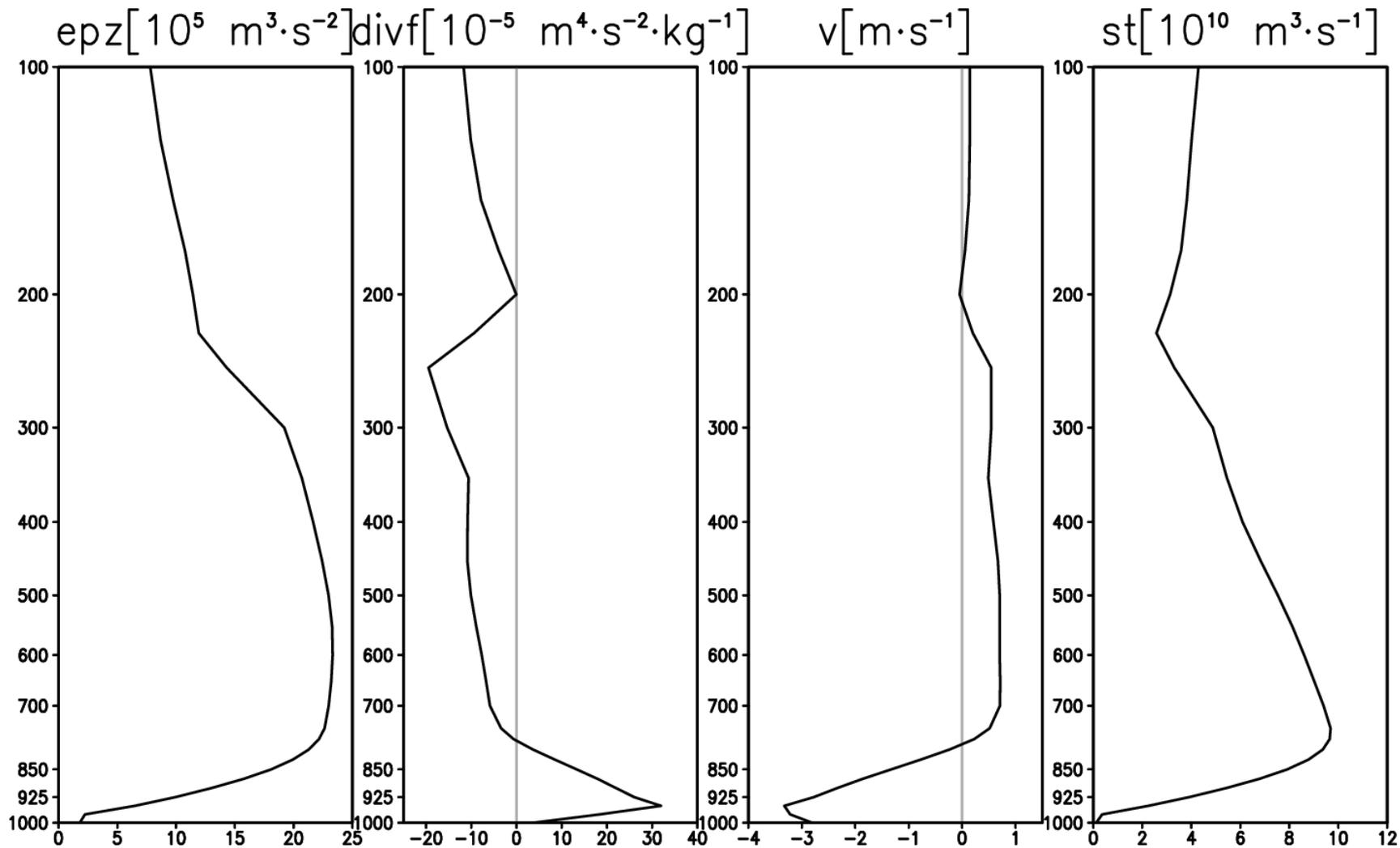


図 EPフラックスの鉛直成分、EPフラックスの発散・収束、南北風、質量流線関数の気候値。南北風を除いた3つは標準密度で規格化している。

# EPフラックス(密度で規格化)の回帰係数

Lag-regression against flux(45N,90E-180E,PT=280K)

EPz, divF, st are normalized

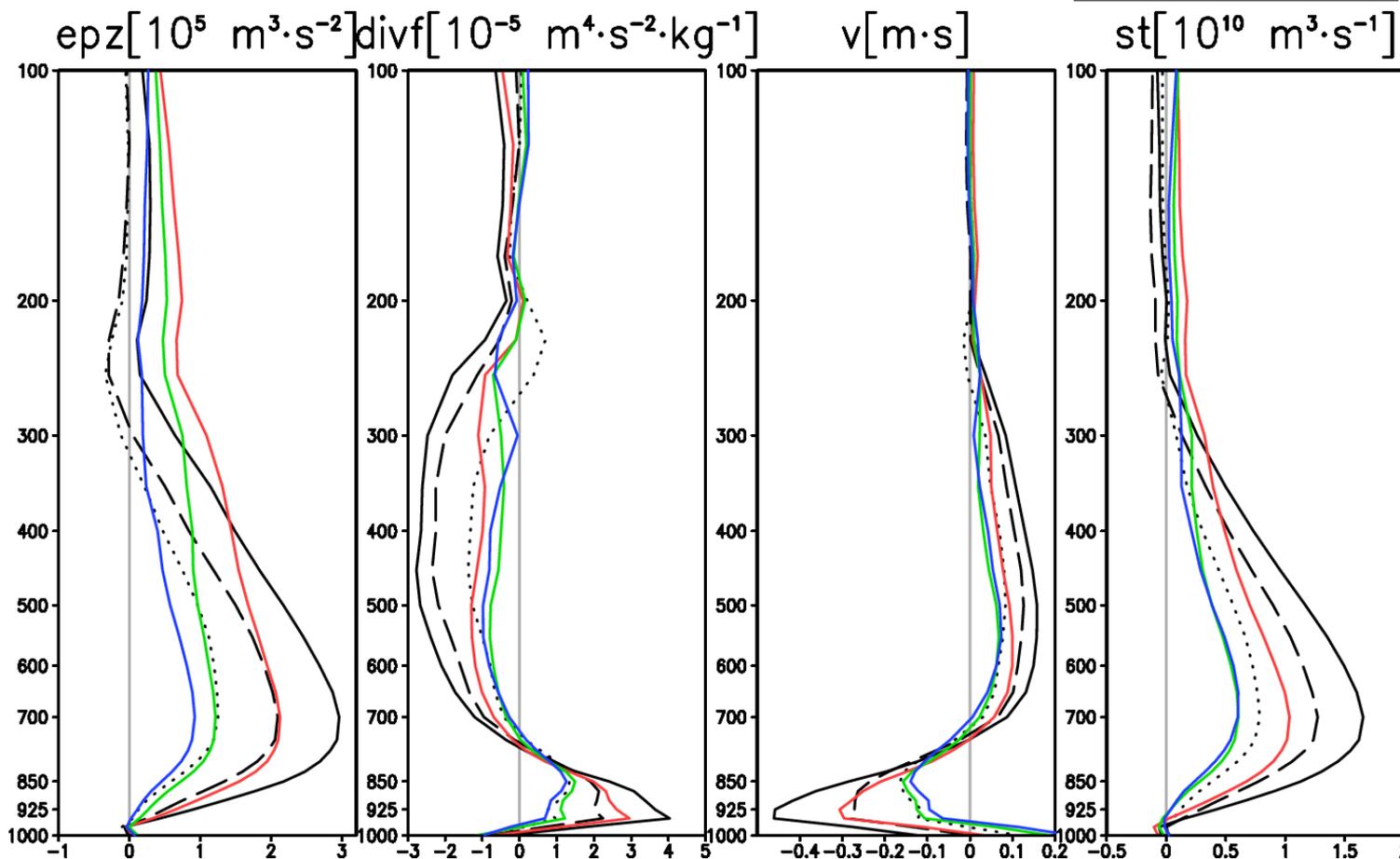
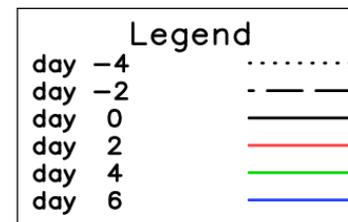
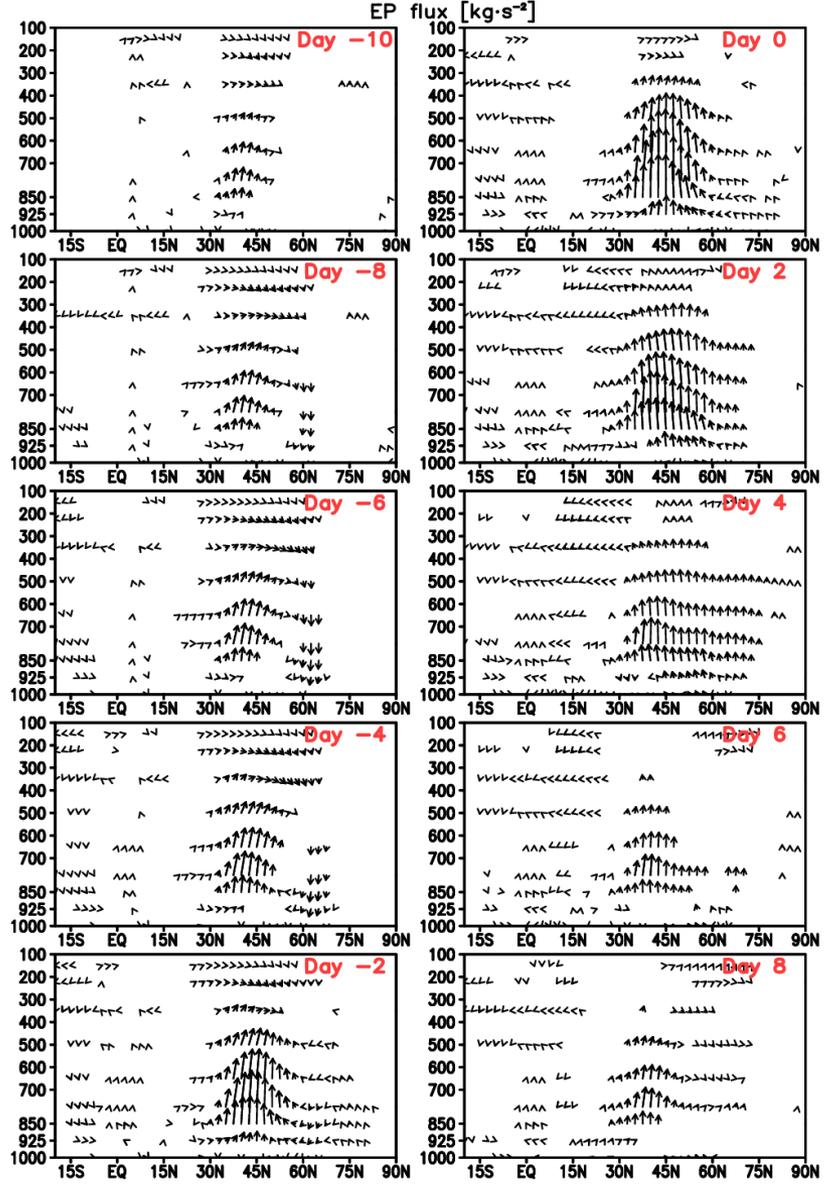


図 45N、90E-180Eを横切る寒気流出にラグ回帰した $F_z$ ,  $\nabla \cdot \mathbf{F}$ ,  $\bar{v}$ ,  $\chi$ 。v以外は密度で規格化していることに注意。

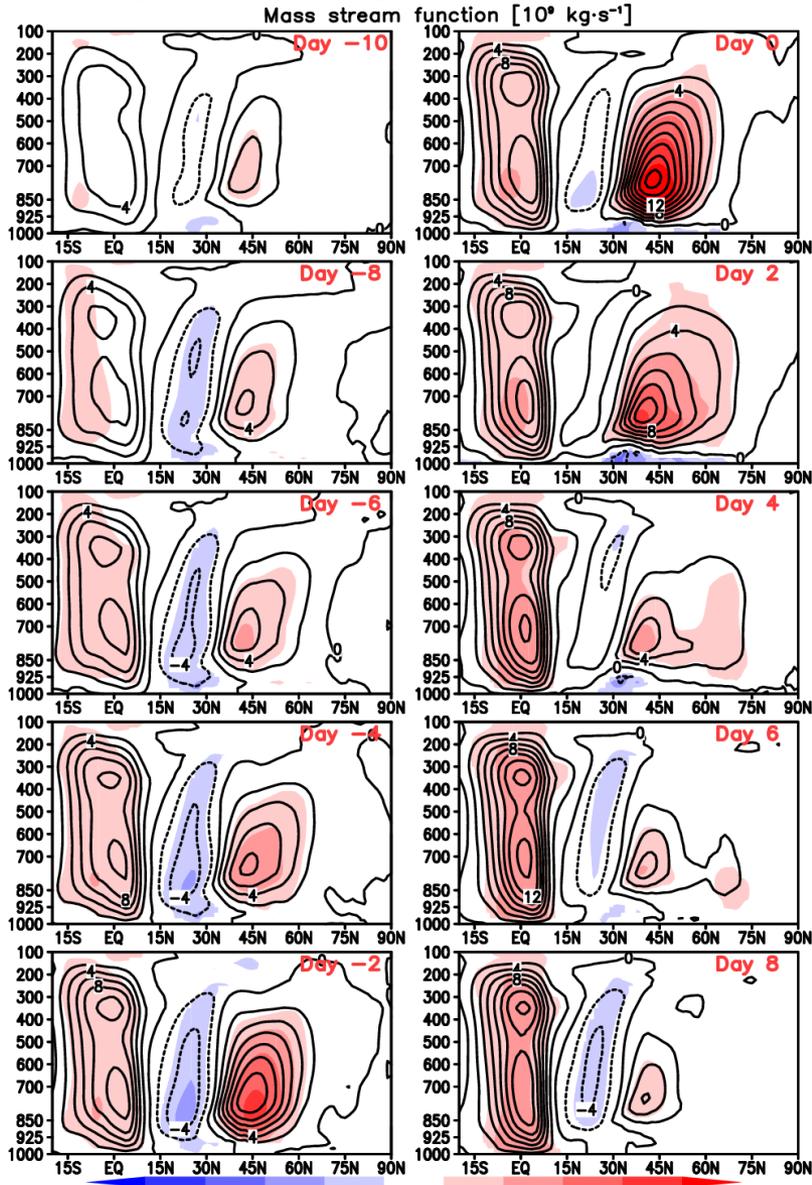
# E-Pフラックス & 質量流線関数の偏差に見る、前兆と応答

Lagged correlation & regression against CAO(45N,90E-180E)



1e+8

Lagged correlation & regression against CAO(45N,90E-180E)

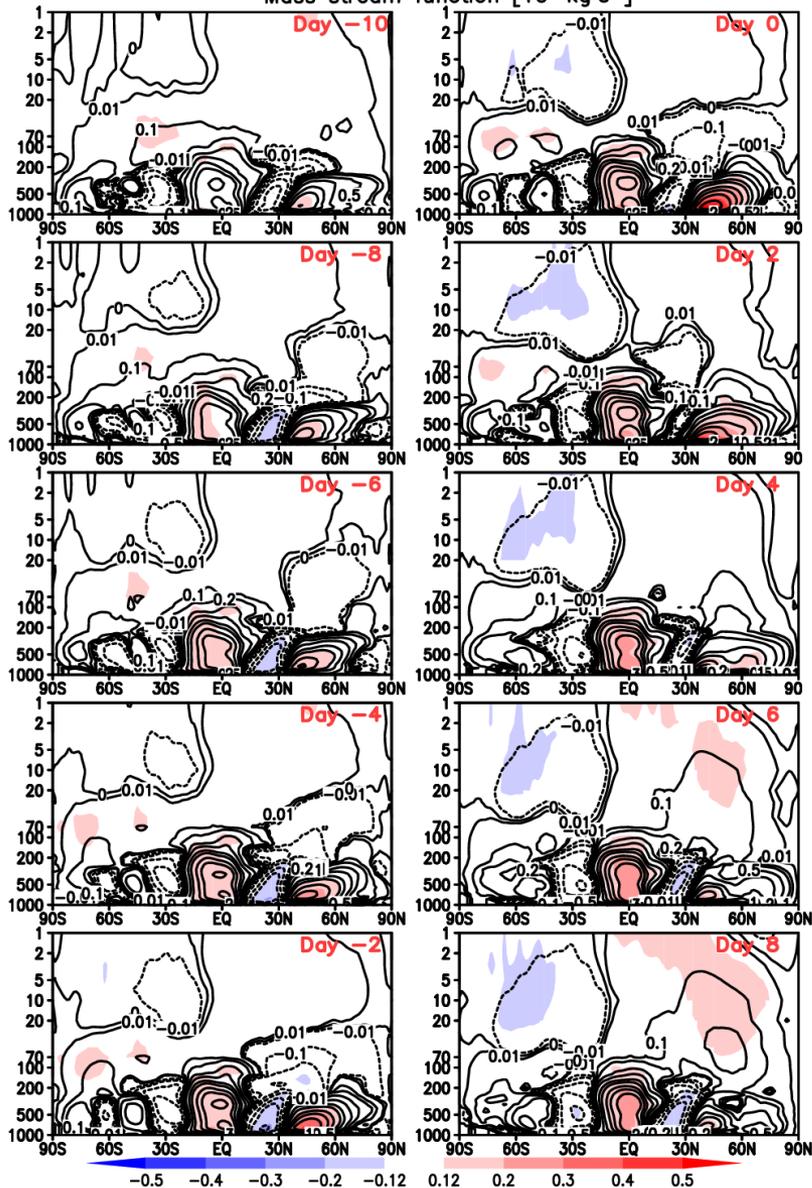


-0.5 -0.4 -0.3 -0.2 -0.12 0.12 0.2 0.3 0.4 0.5

# 質量流線関数(成層圏)

Lagged correlation & regression against CAO(45N,90E-180E)

Mass stream function [ $10^9 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ ]



Lagged correlation & regression against CAO(45N,90E-180E)

Mass stream function [ $10^9 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ ]

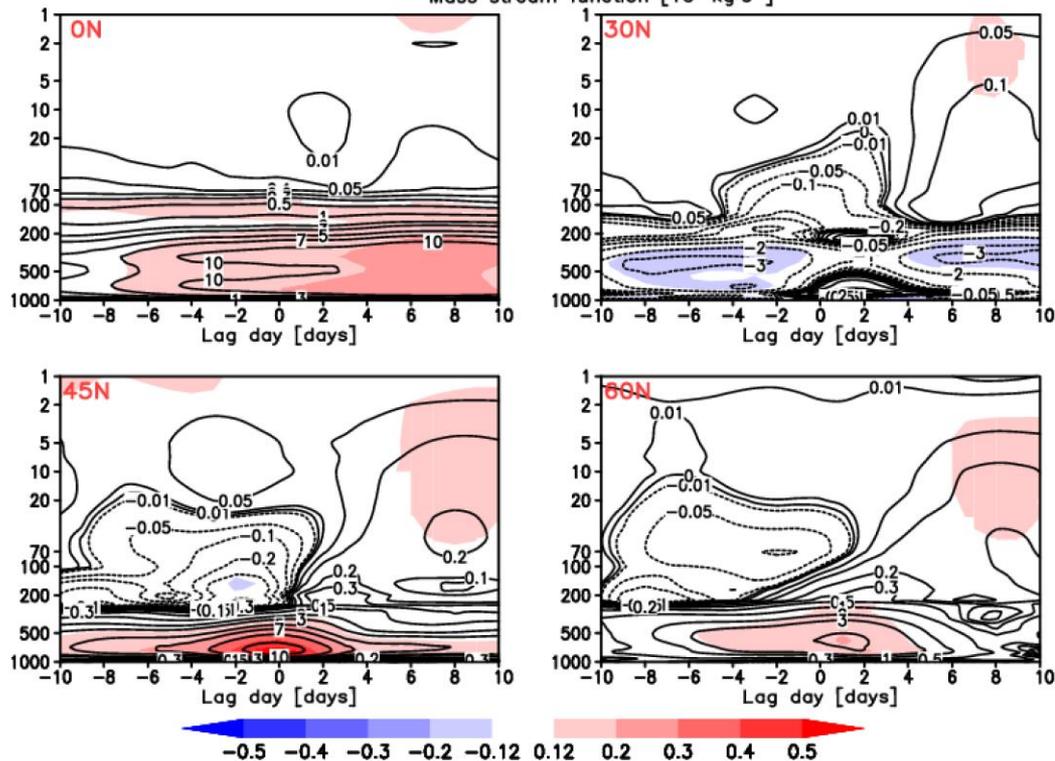


図 45N、90E-180Eを横切る寒気流出にラグ相関・回帰した質量流線関数。等値線間隔は 0,  $\pm 0.01$ ,  $\pm 0.05$ ,  $\pm 0.1$ ,  $\pm 0.2$ ,  $\pm 0.5$ ,  $\pm 1$ ,  $\pm 2$ ,  $\pm 3$ ,  $\pm 5$ ,  $\pm 7$ ,  $\pm 10$ ,  $\pm 15$ ,  $\pm 20$ ,  $\pm 25 \text{ kg/s}$ 。色のついた領域は99%の水準で統計的に有意。(上)時間一鉛直断面。

# FPフラックス

Lagged correlation & regression against CAO(45N,90E-180E)

EP flux [ $\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$ ]

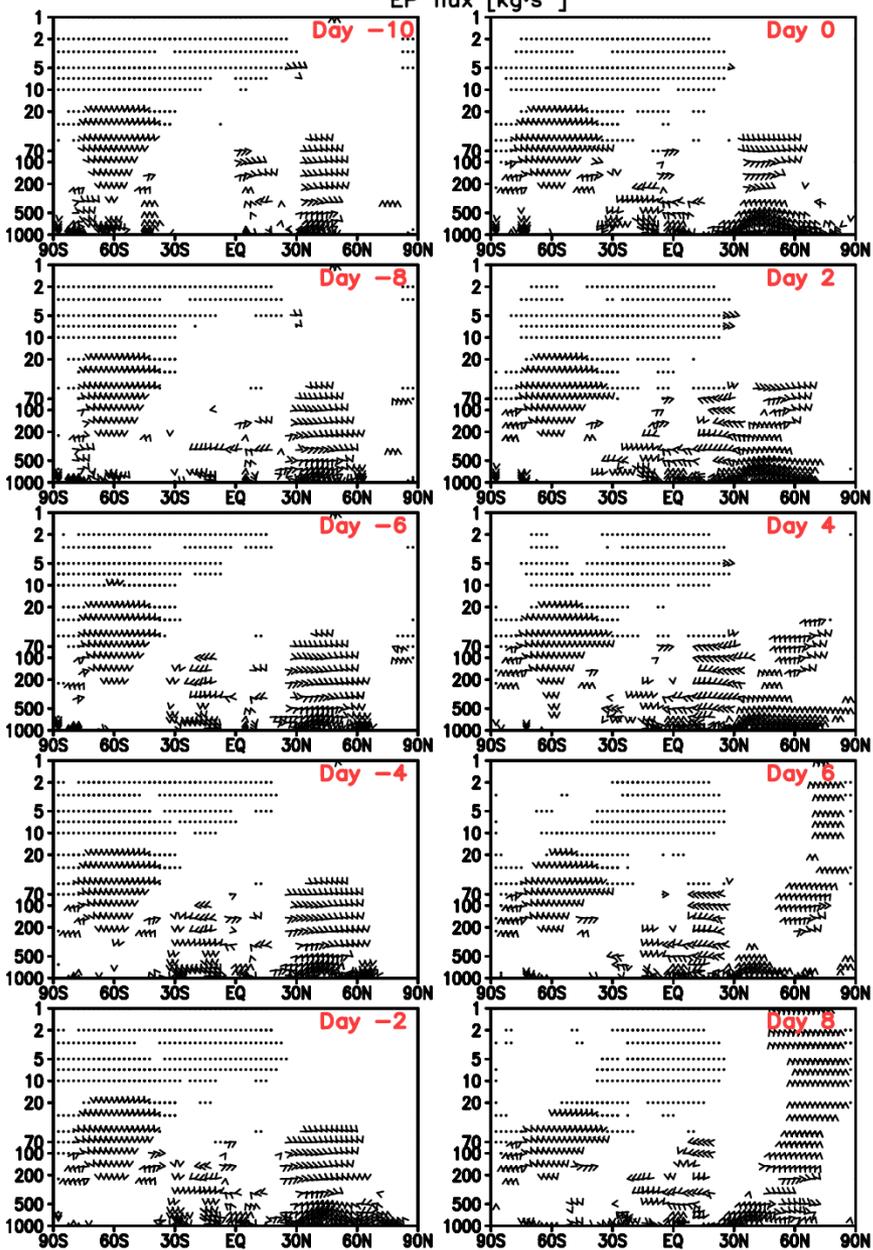


図 45N、90E-180Eを横切る寒気流出にラグ相関・回帰したEPフラックス。v,z成分のいずれかが99%有意ならベクトルを描画。

# 質量フラックスのラグ相関(時間-経度断面) 45N

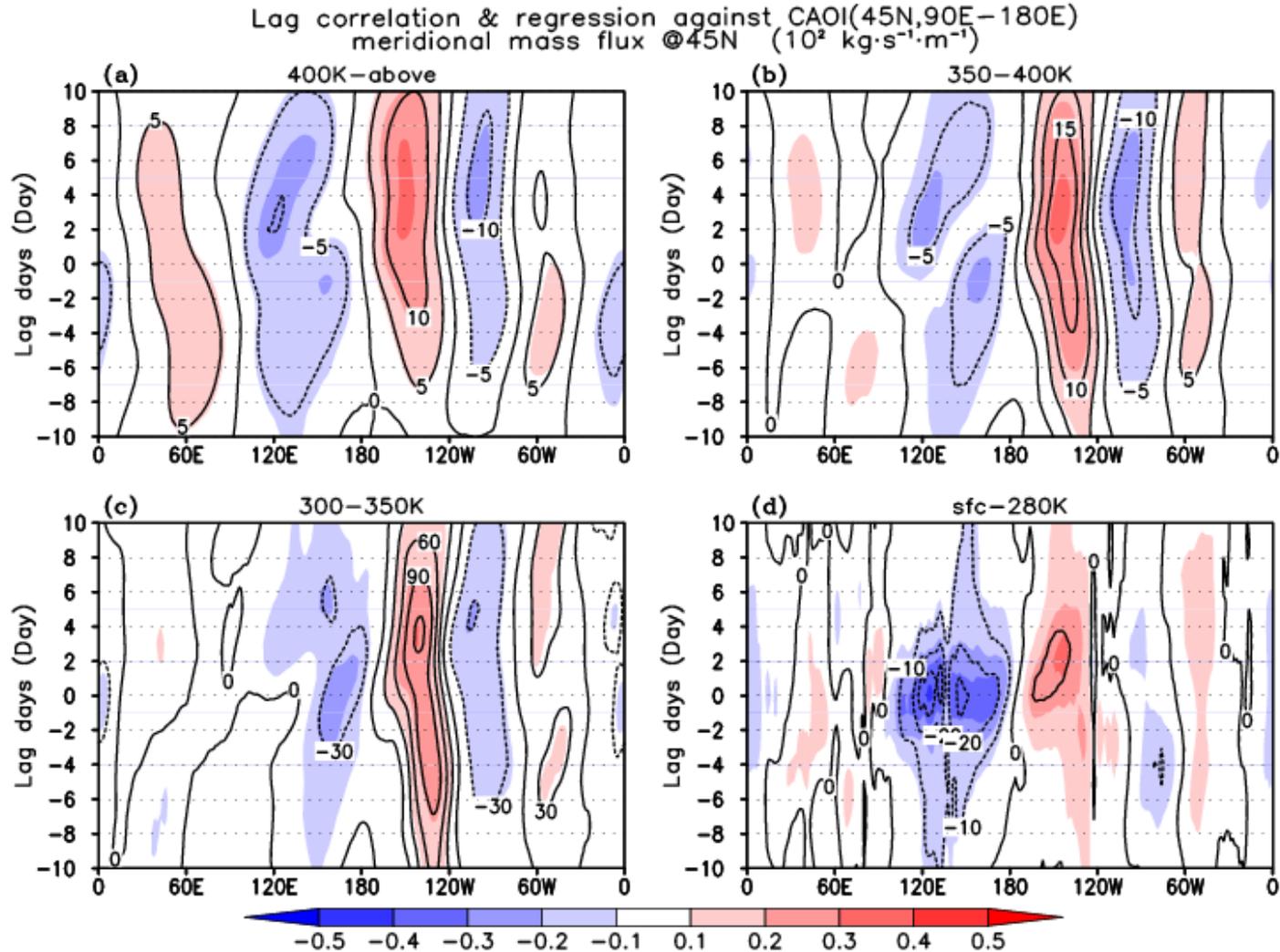
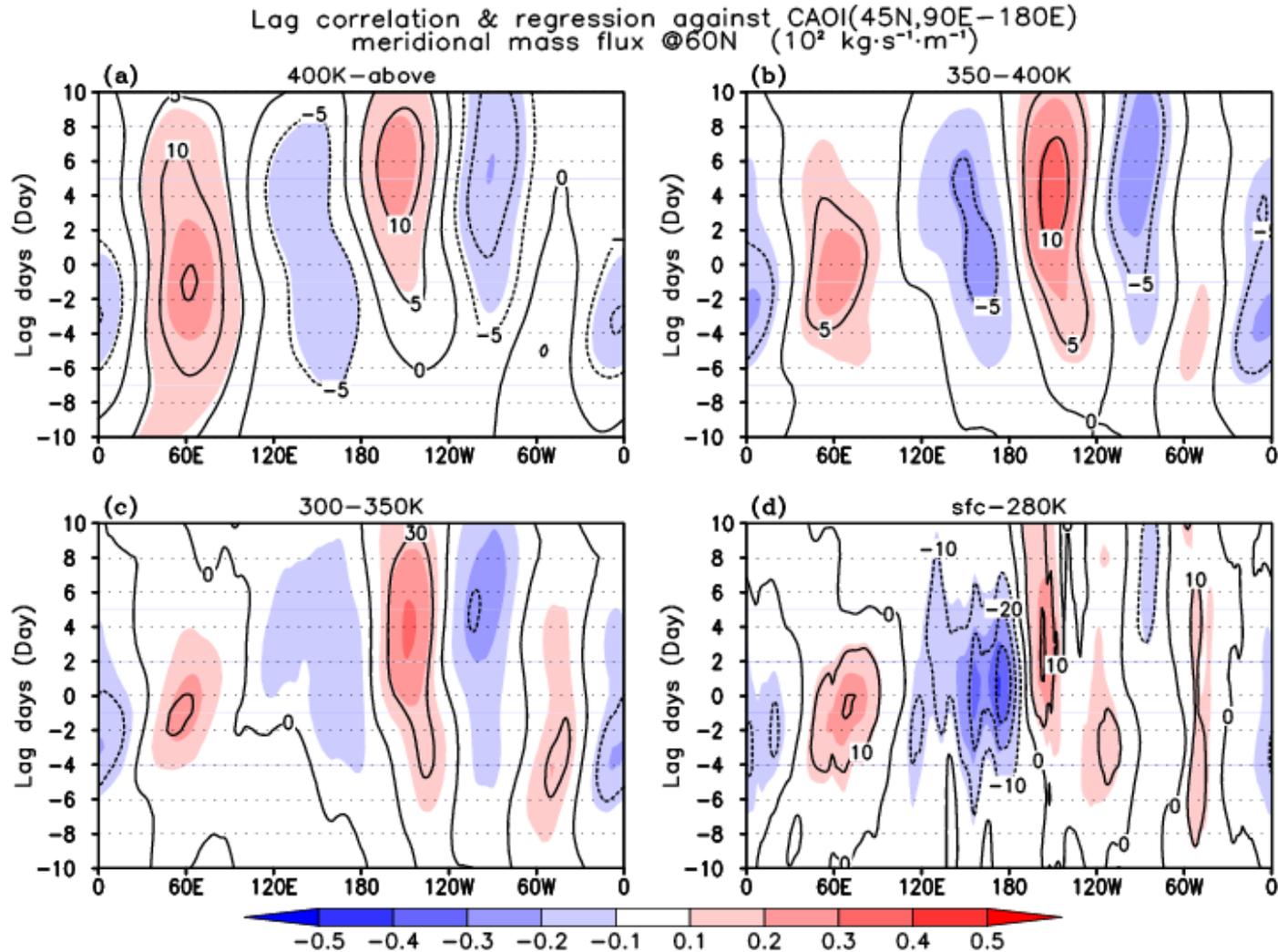


図 質量フラックスの南北成分の経度-時間断面(45N)。(a)400K以上、(b)350K-400K、(c)300K-350K、(d)280K以下。色は相関係数、等値線は、回帰係数を表す。(a),(b)は等値線間隔5、(c),(d)は30。単位は単位長さを横切る質量フラックス。

# 質量フラックスのラグ相関(時間-経度断面) 60N



質量フラックスの南北成分の経度-時間断面(60N)。(a)400K以上、(b)350K-400K、(c)300K-350K、(d)280K以下。色は相関係数、等値線は、回帰係数を表す。(a),(b)は等値線間隔5、(c),(d)は30。単位は単位長さを横切る質量フラックス。

## 中間的なまとめ

1. 平均子午面循環の気候値への質量加重の効果は、東西平均の方が大きいですが、下部対流圏に関しては時間・東西の両方に効いている。
2. 東アジアの寒気流出はE-Pフラックスを発生させる。下部成層圏に伝わるのに、4日程度を要する。
3. 寒気流出は、中緯度においてB-D 循環を強化する。
4. 成層圏の南北質量フラックスでは、寒気流出に対して東向きに伝播する波数3の定在波が応答する。  
→ 3次元的なE-P fluxで解釈？(準備中)