

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

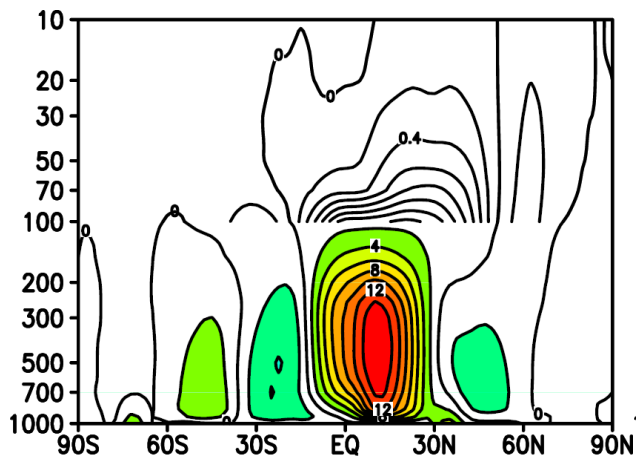
東アジアで寒気が流出すれば下層でEPフラックスが発生する。

EPフラックスは、上空にどのような循環を引き起こすか？

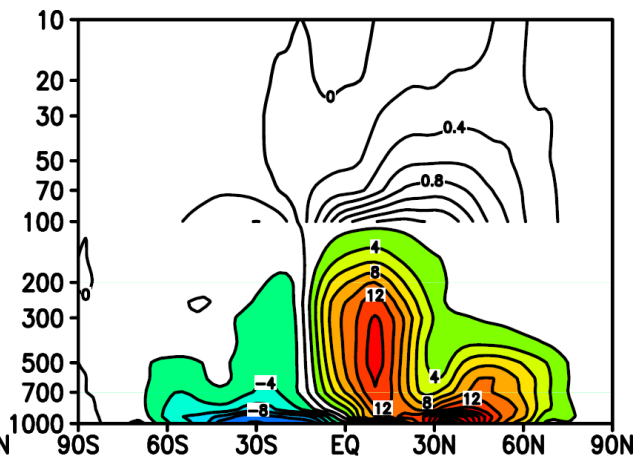
目次

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

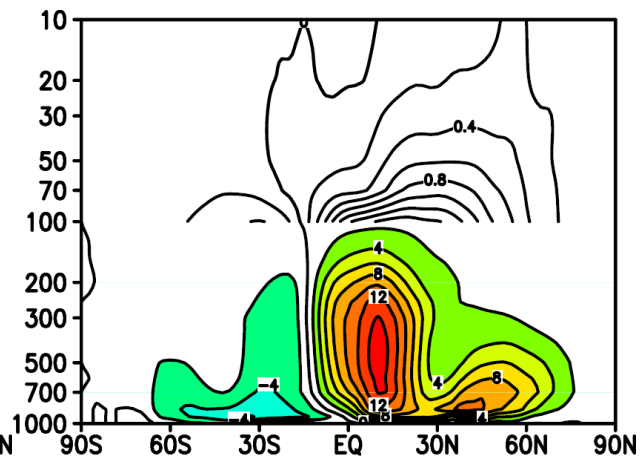
Euler



TEM



MIM



DJF NCEP/NCAR Reanalysis (1990~2001)

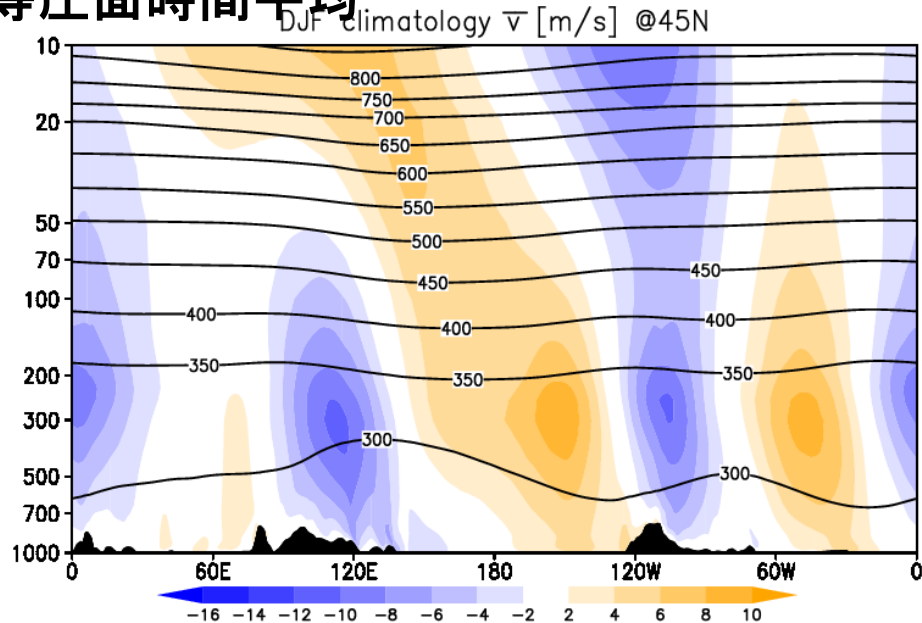
温位面での質量加重付当座平均ではB-D循環が解析される。

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。

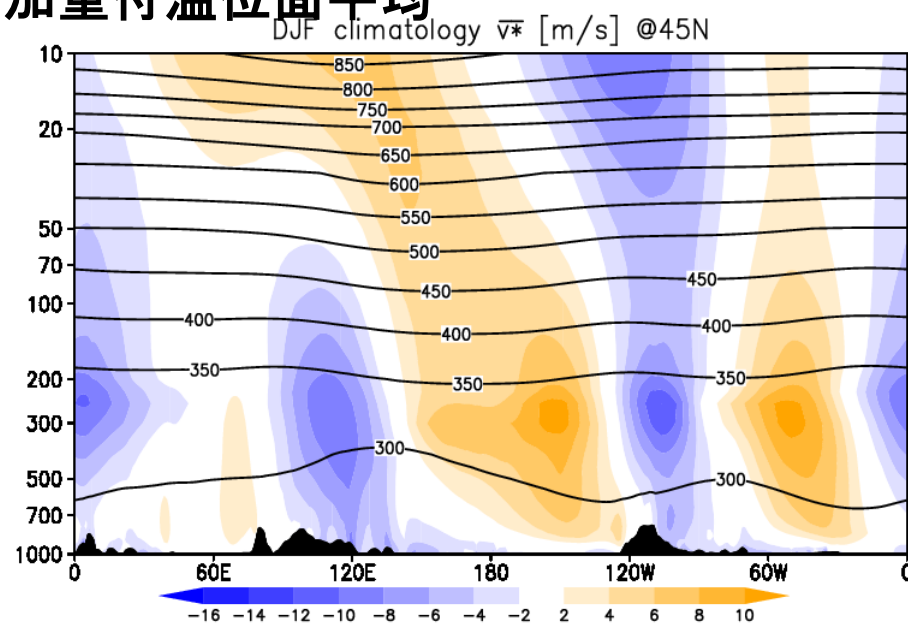
(示量変数に関しては、時間平均にも質量加重を行います)

南北風の時間平均(等圧面vs質量加重付温位面)東西断面

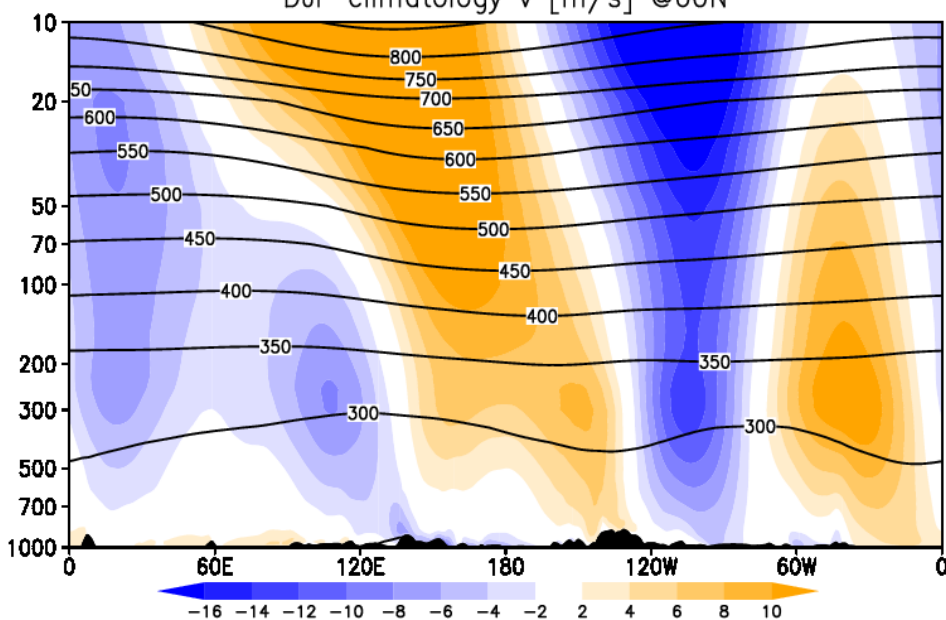
等圧面時間平均



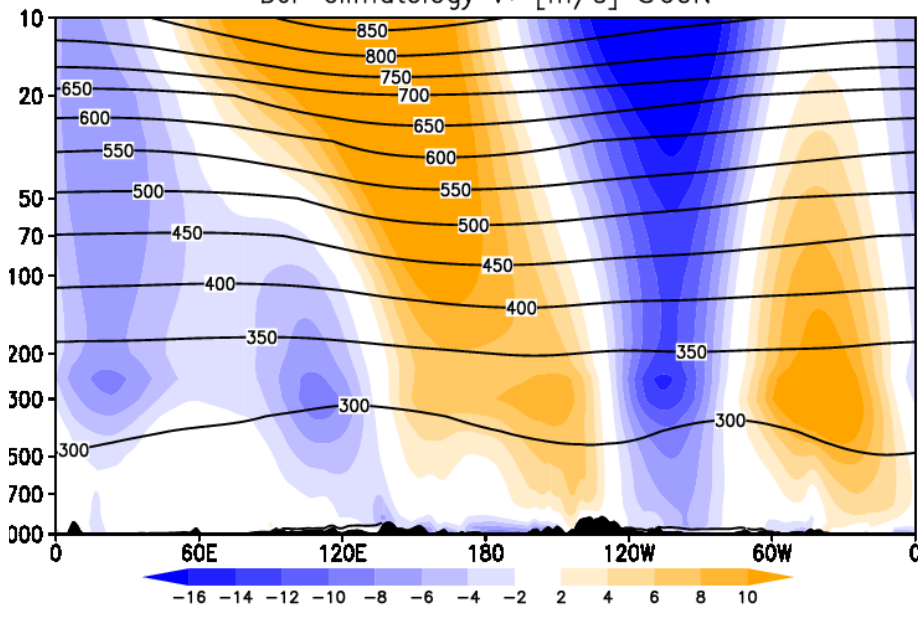
加重付温位面平均



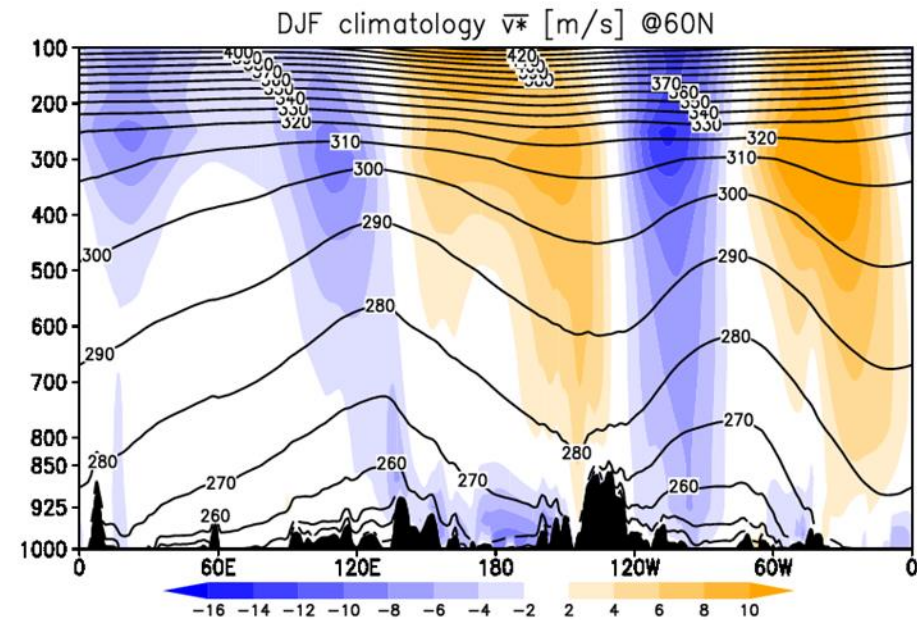
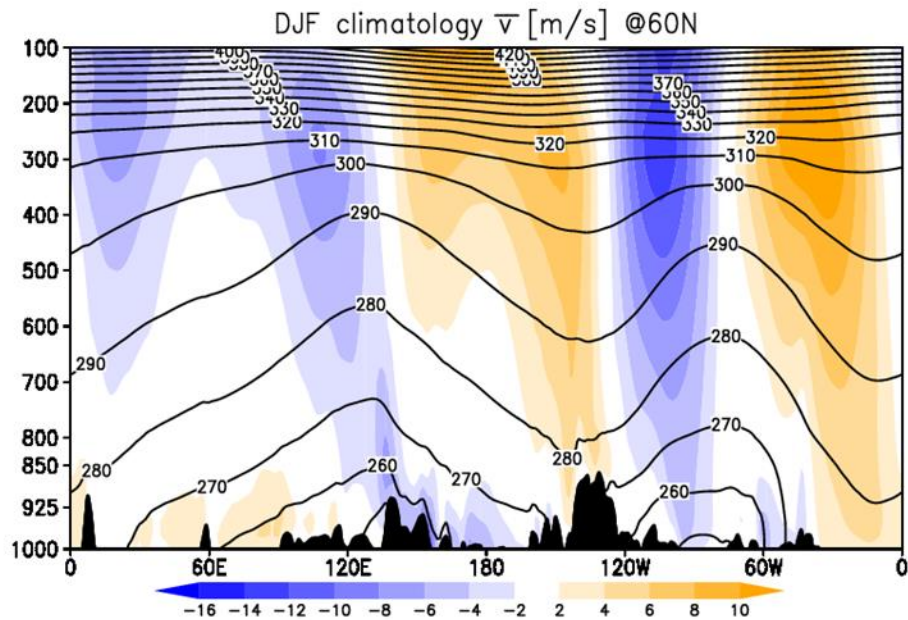
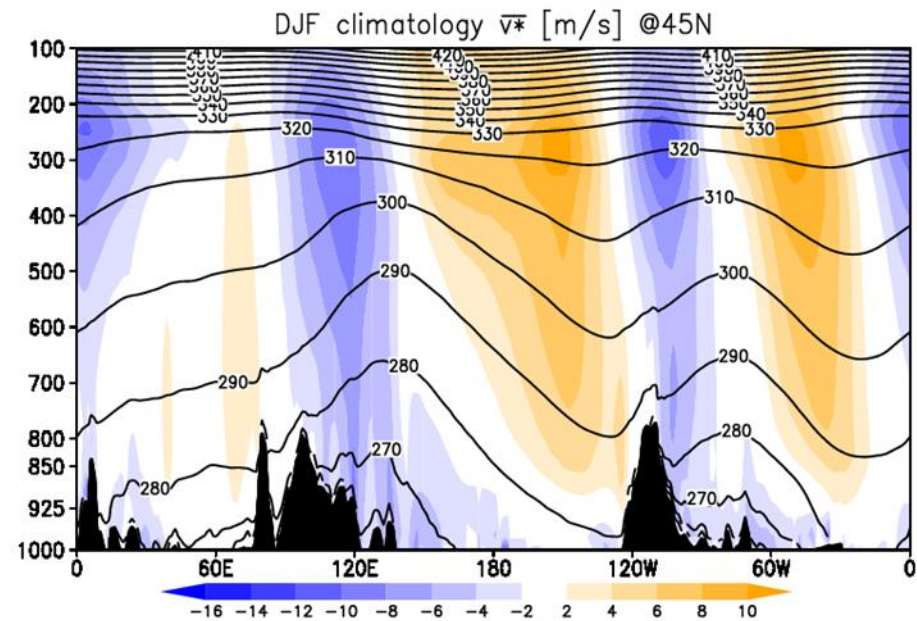
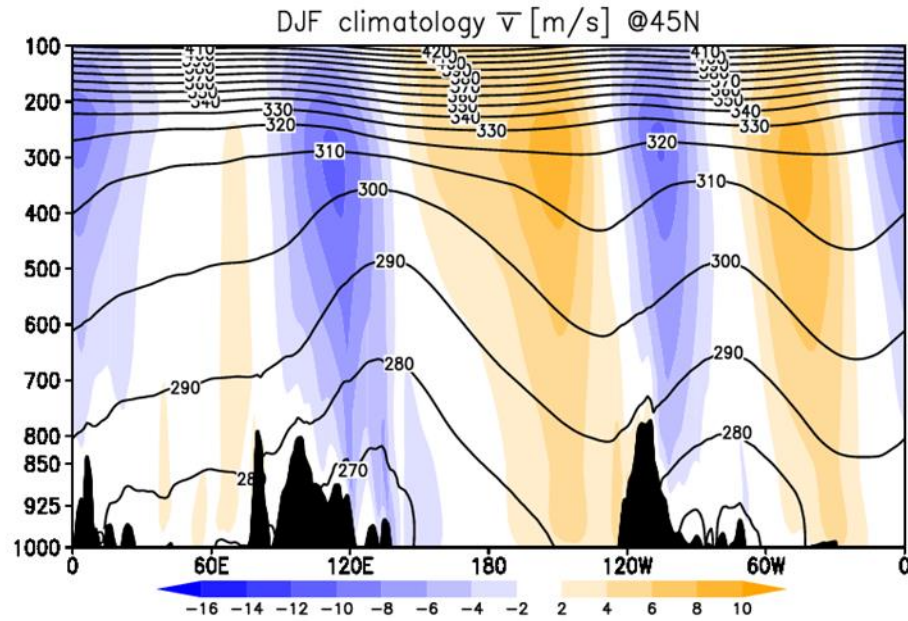
DJF climatology \bar{v} [m/s] @60N



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



■ 対流圏 & 下部成層圏をよく見ると



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。

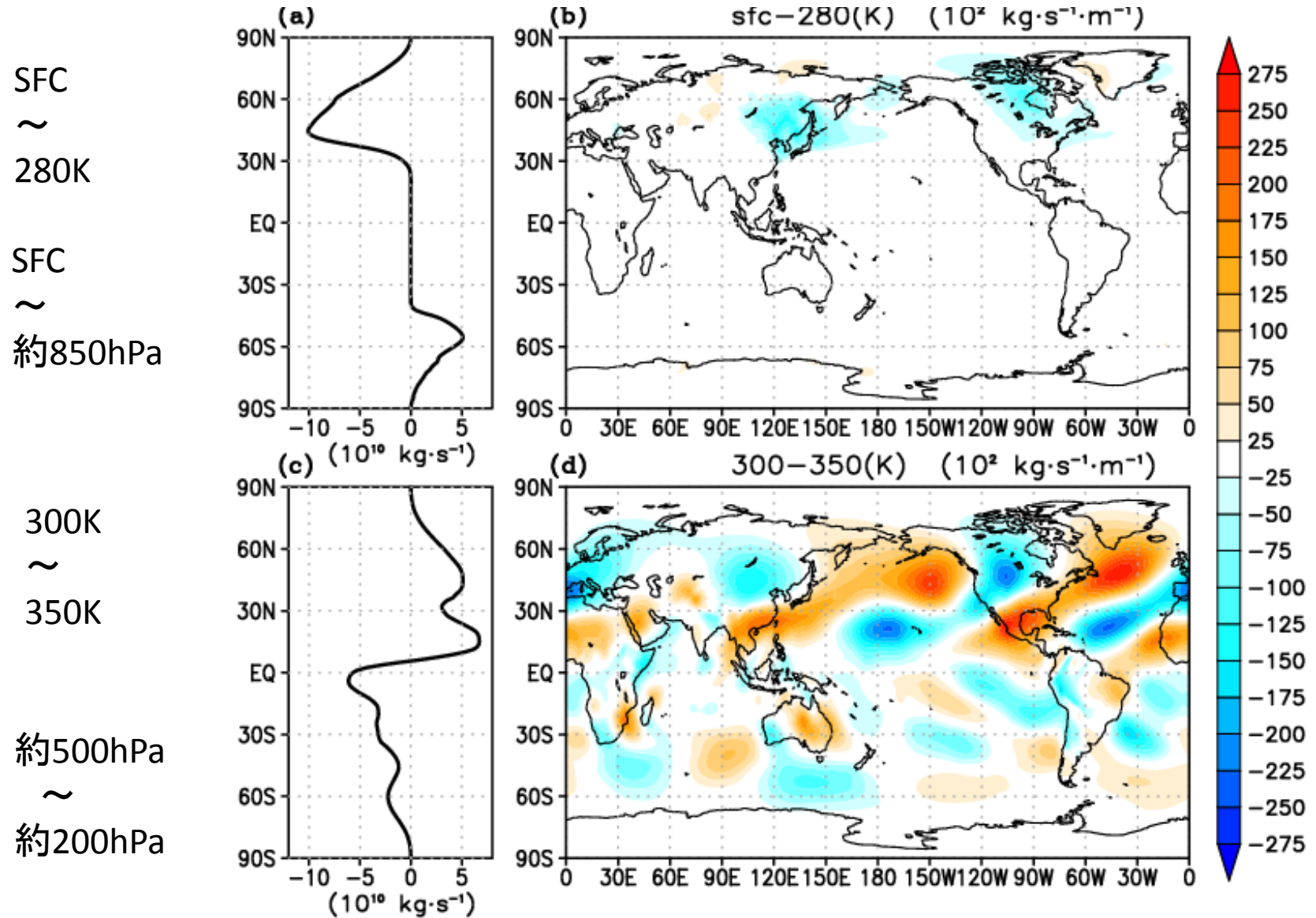
→ MIM(加重平均)の大きな特徴。

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。

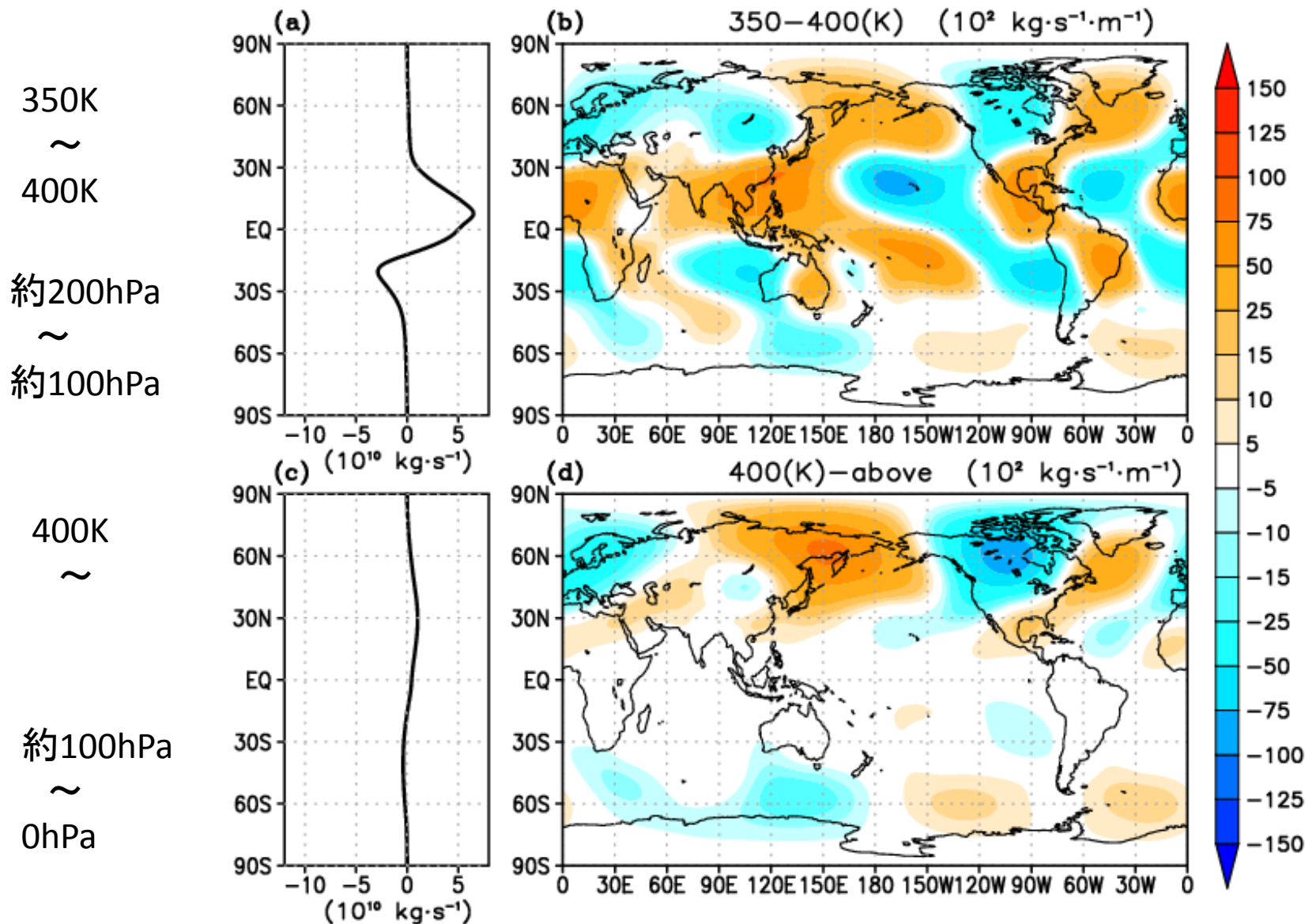
しかし加重平均では地衡風でも0とはならない。

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} kg/s]、(b),(d)は地理的分布で、 $\cos(\text{lat})$ で規格化[10^2 kg/s/m]。1980/81-2009/10の冬季3ヶ月平均。

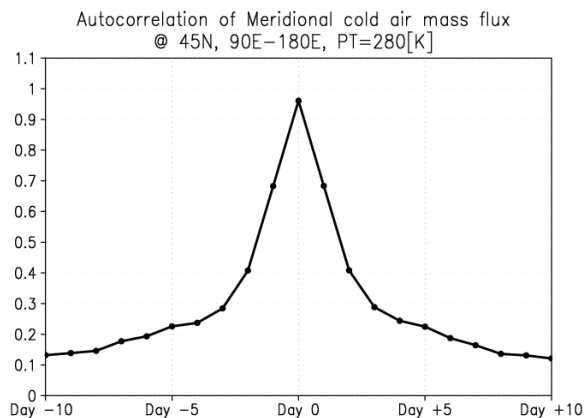
2つの温位面間の南北質量フラックス



(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} kg/s]、(b),(d)は地理的分布で、 $\cos(\text{lat})$ で規格化[10^2 kg/s/m]。1980/81-2009/10の冬季3ヶ月。

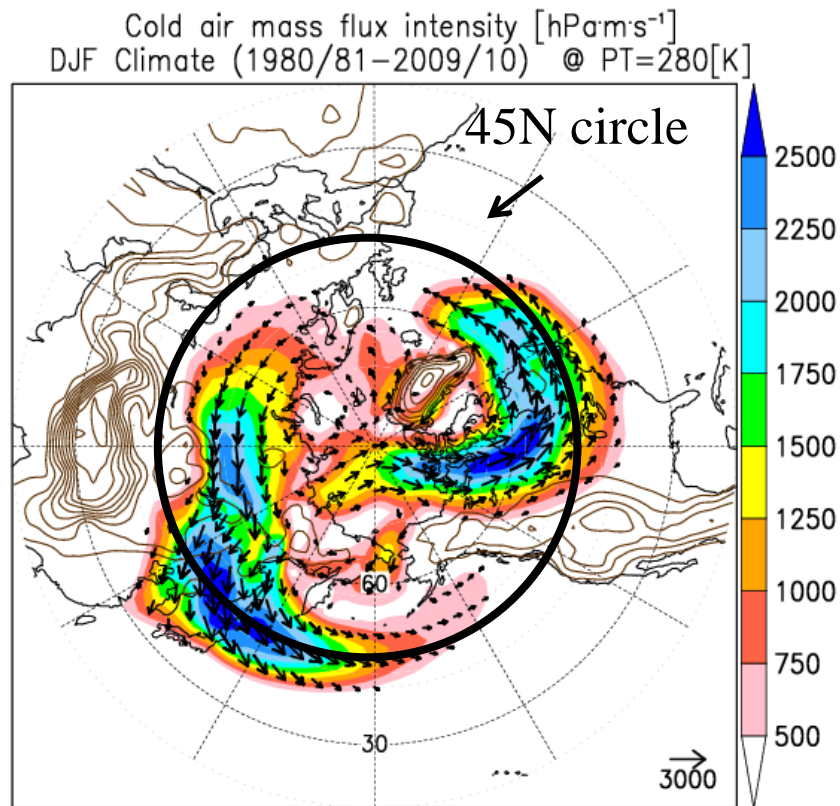
EA-PCAO Index (East Asian Polar cold air mass flux)

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 ρ_0 で規格化した気候値

normalized Climatology @45N

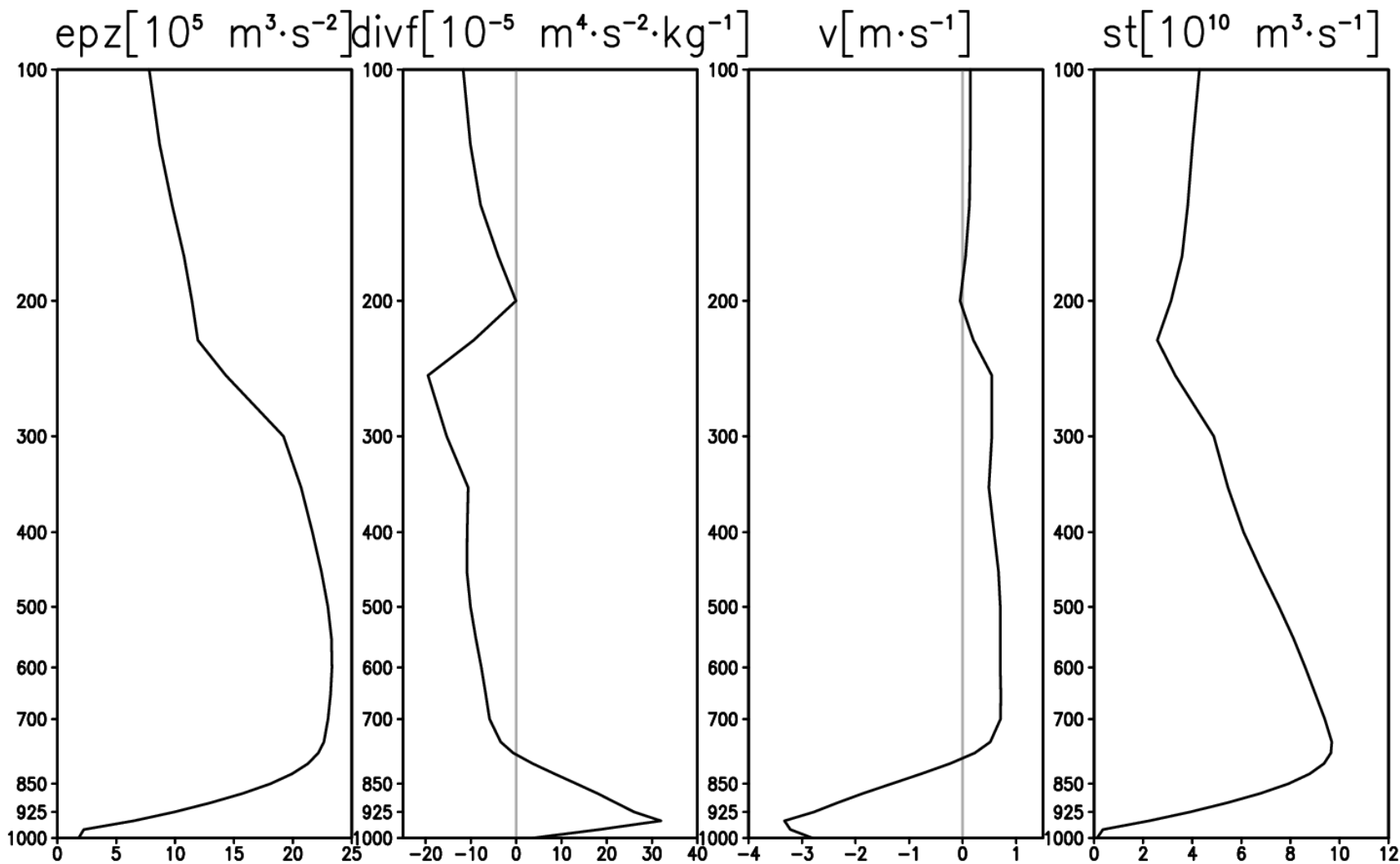


図 EPフラックスの鉛直成分、EPフラックスの発散・収束、南北風、質量流線関数の気候値。南北風を除いた3つは標準密度で規格化している。

■ 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

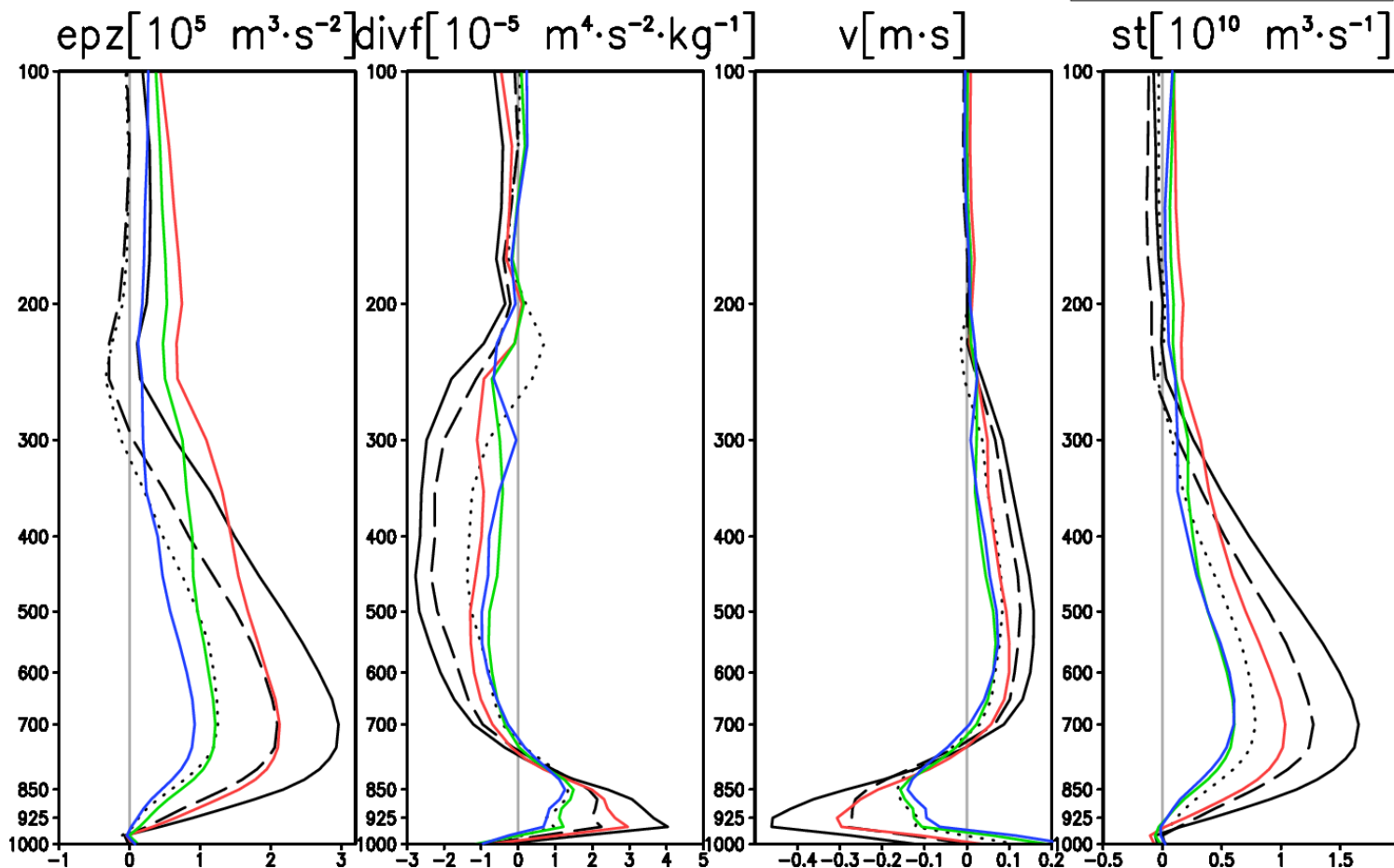
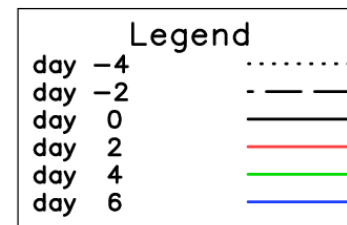
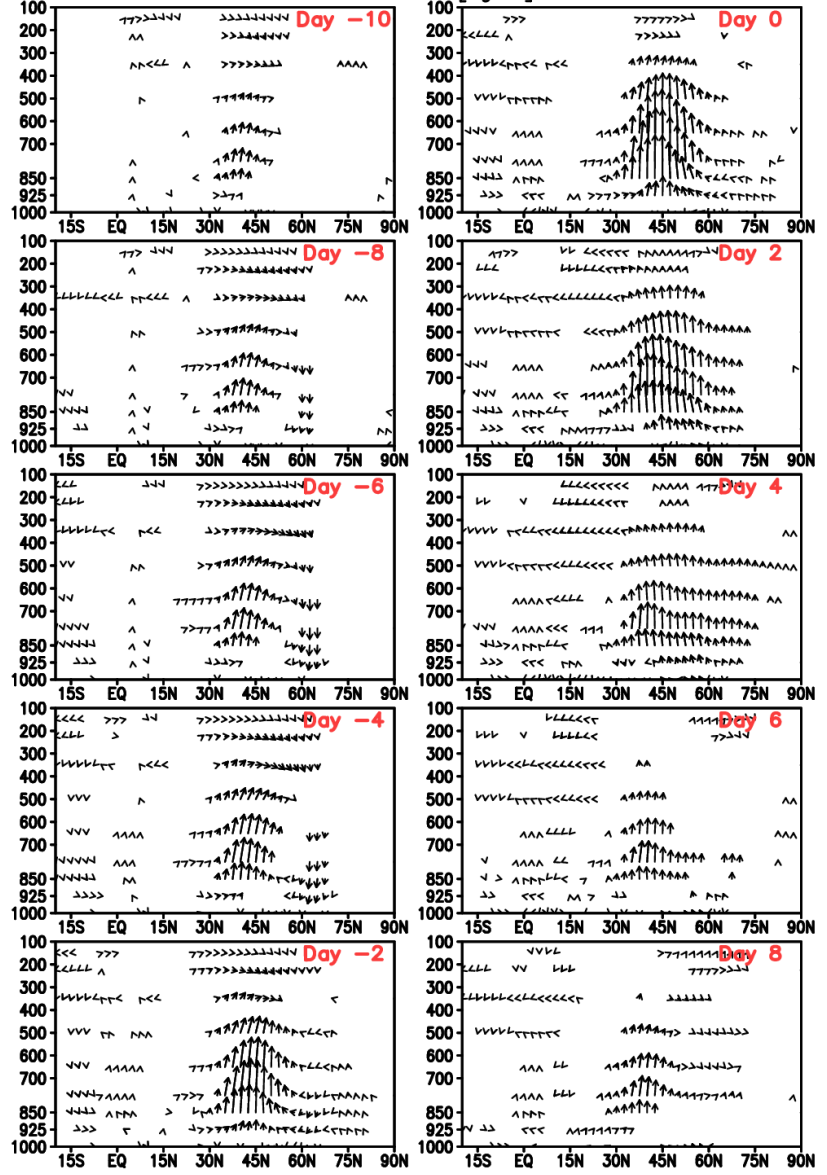


図 45N、90E-180Eを横切る寒気流出にラグ回帰した F_z , $\nabla \cdot \mathbf{F}$, \bar{v} , χ 。v以外は密度で規格化していることに注意。

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)

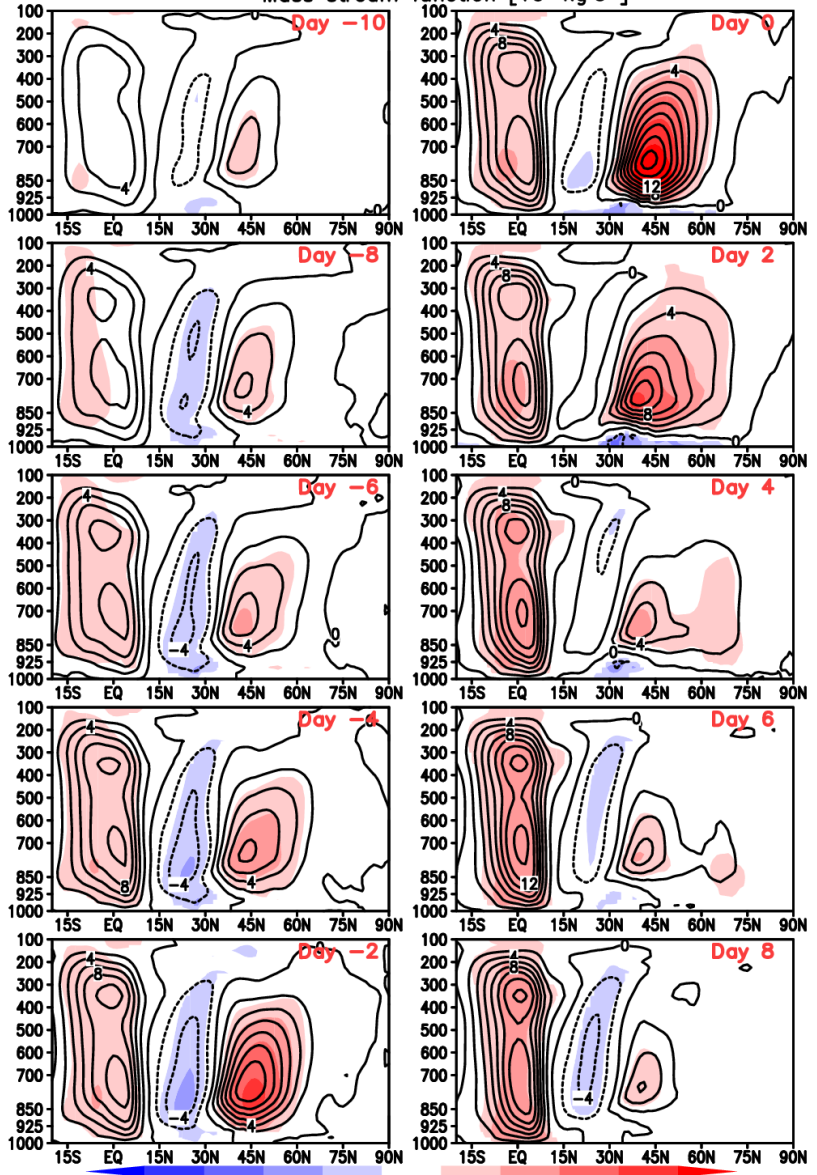
EP flux [$\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$]



$1e+8$

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

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

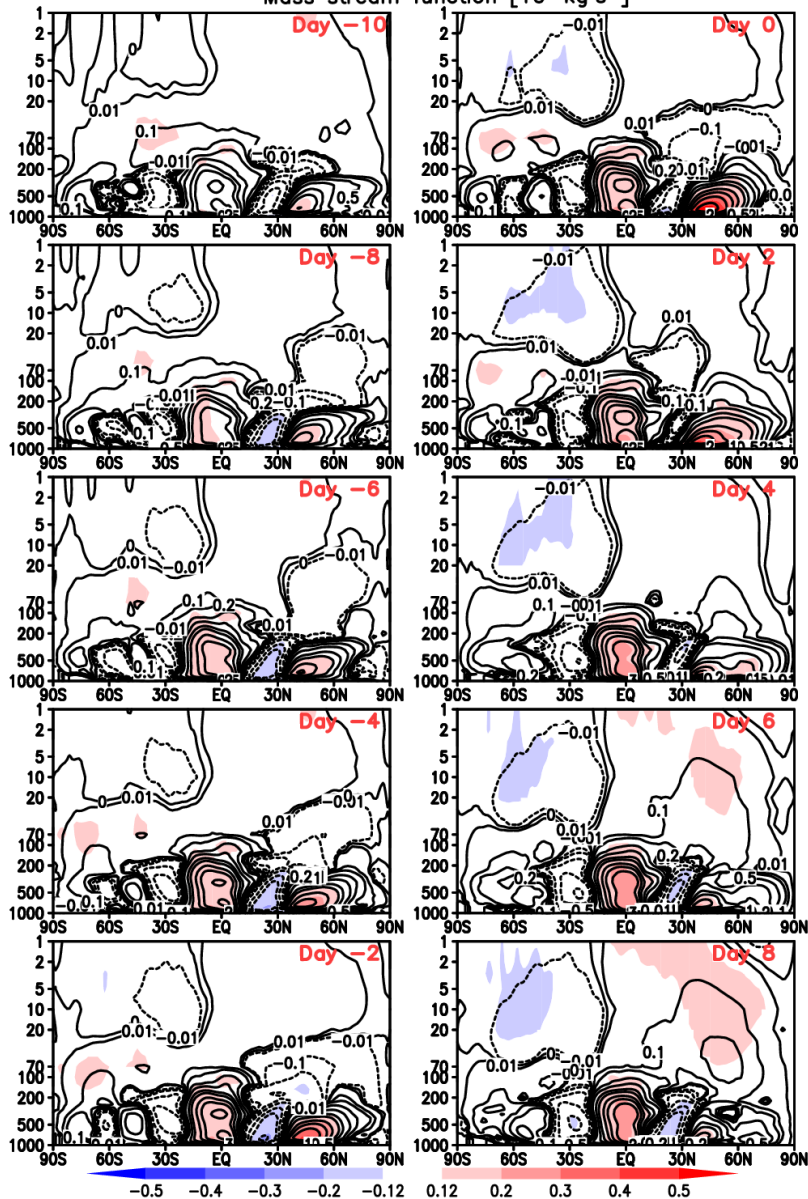


-0.5 -0.4 -0.3 -0.2 -0.12 0.12 0.2 0.3 0.4 0.5

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

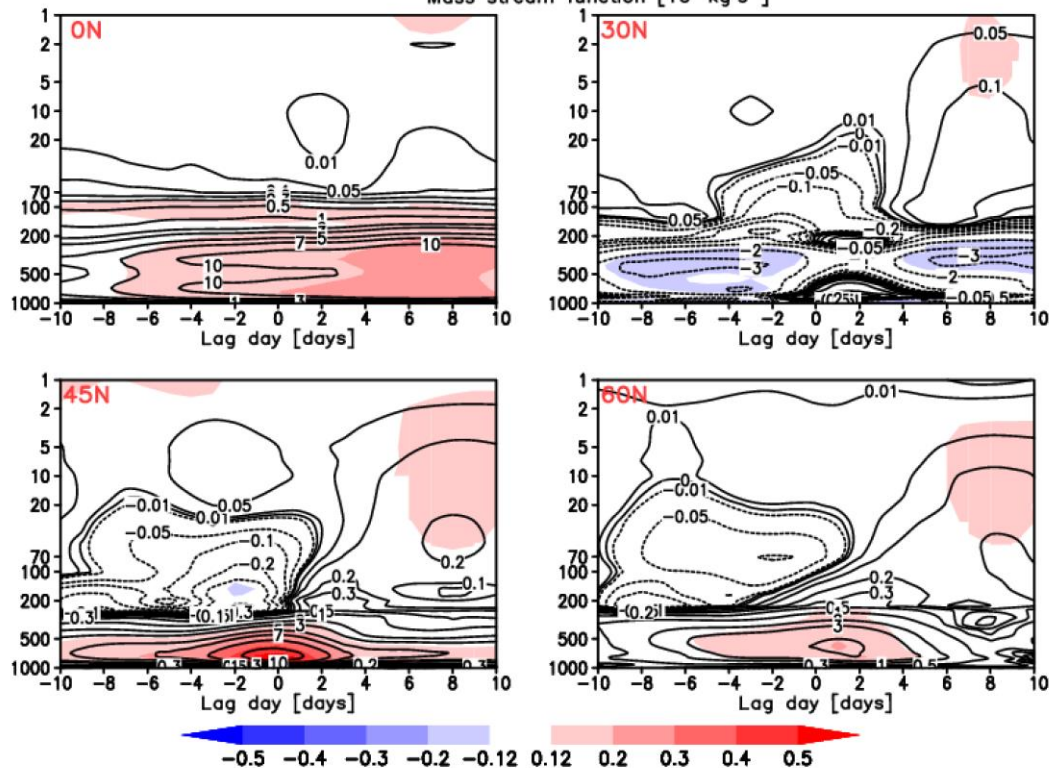


図 45N、90E-180Eを横切る寒気流出にラグ相関・回帰した質量流線関数。等値線間隔は 0, ± 0.01 , ± 0.05 , ± 0.1 , ± 0.2 , ± 0.5 , ± 1 , ± 2 , ± 3 , ± 5 , ± 7 , ± 10 , ± 15 , ± 20 , $\pm 25 \text{ kg/s}$ 。色のついた領域は99%の水準で統計的に有意。(上)時間一鉛直断面。

FPフラックス

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

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

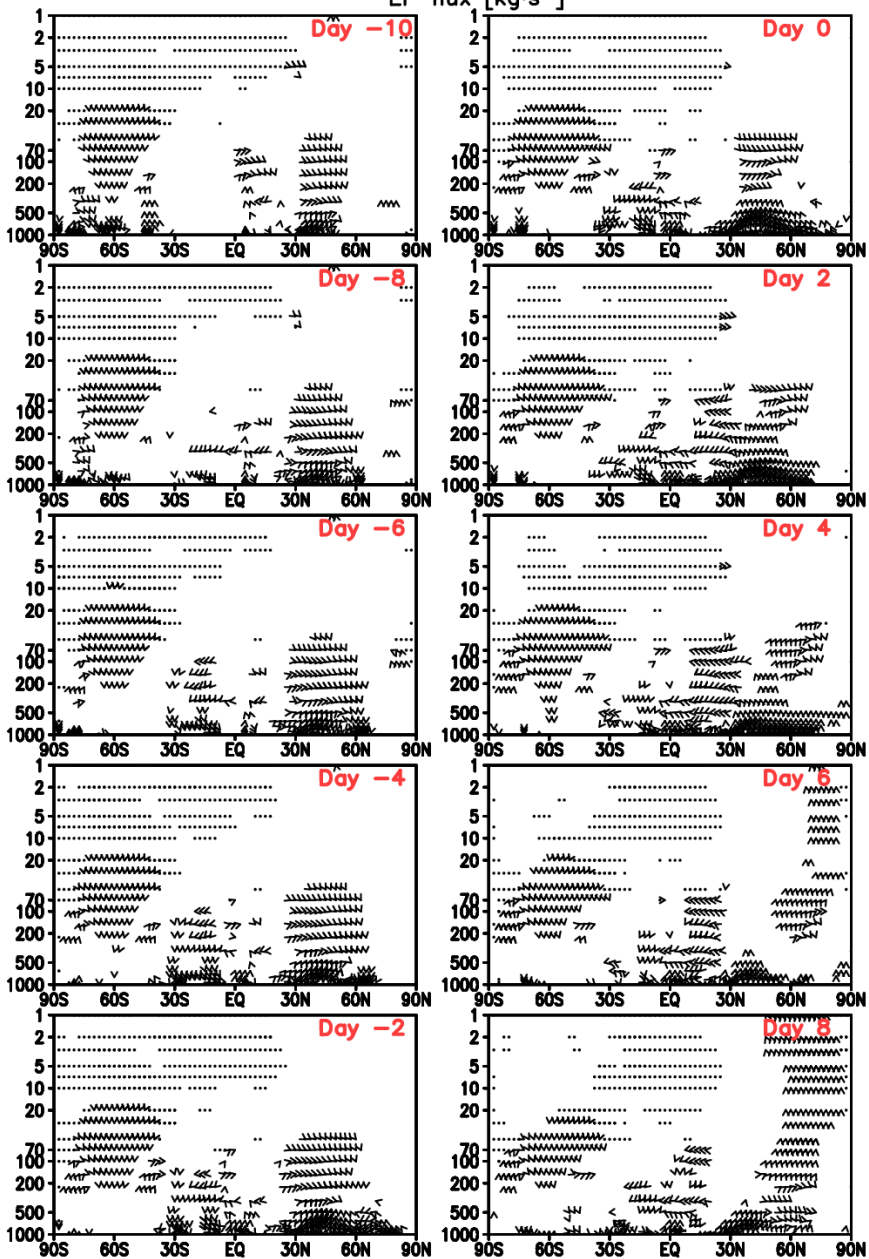


図 45N、90E-180Eを横切る寒気流出にラグ相関・回帰したEPフラックス。v,z成分のいずれかが99%有意ならベクトルを描画。

質量フラックスのラグ相関(時間-経度断面) 45N

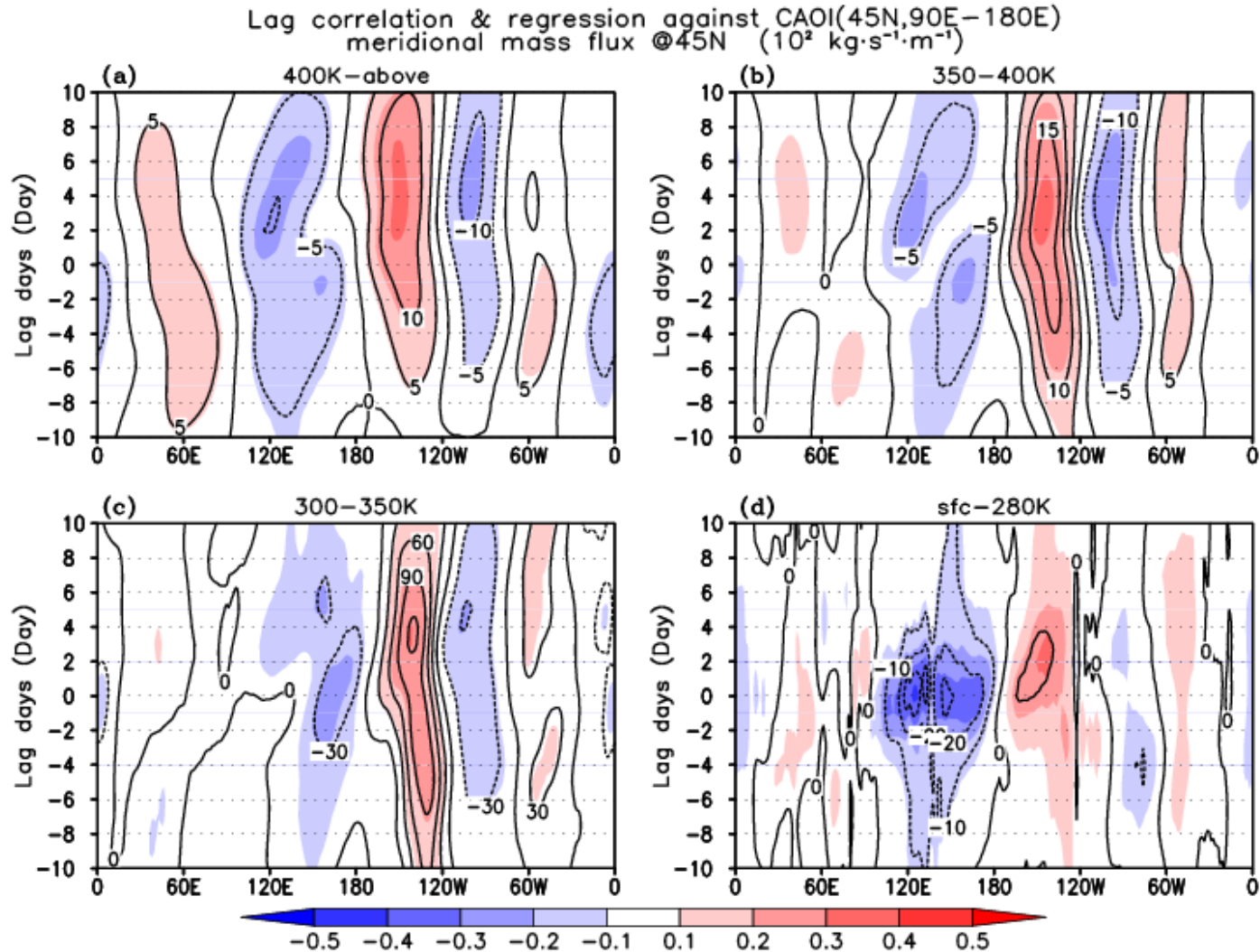
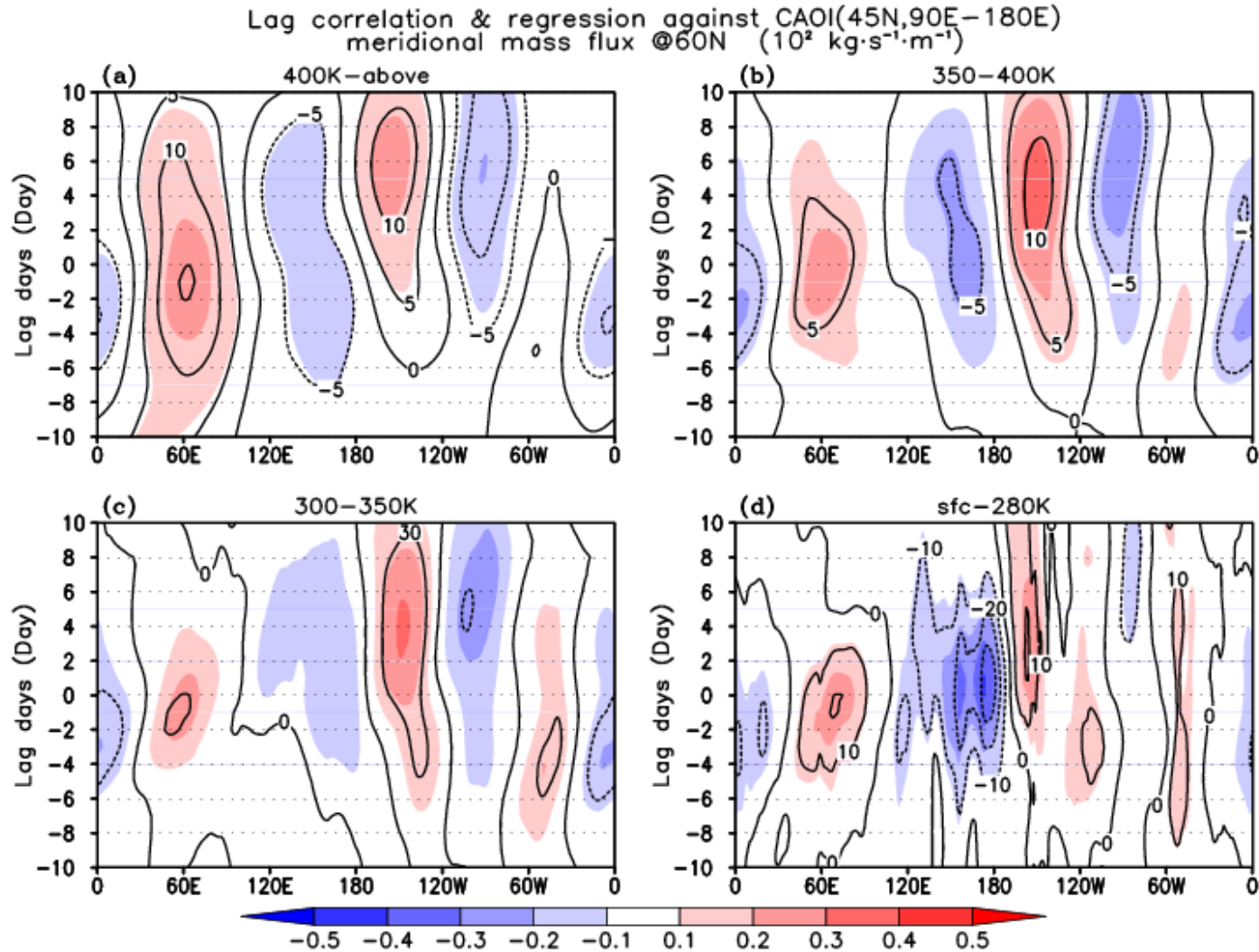


図 質量フラックスの南北成分の経度-時間断面(45N)。(a)400K以上、(b)350K-400K、(c)300K-350K、(d)280K以下。色は相関係数、等値線は、回帰係数を表す。(a),(b)は等値線間隔5、(c),(d)は30。単位は単位長さを横切る質量フラックス。

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)