

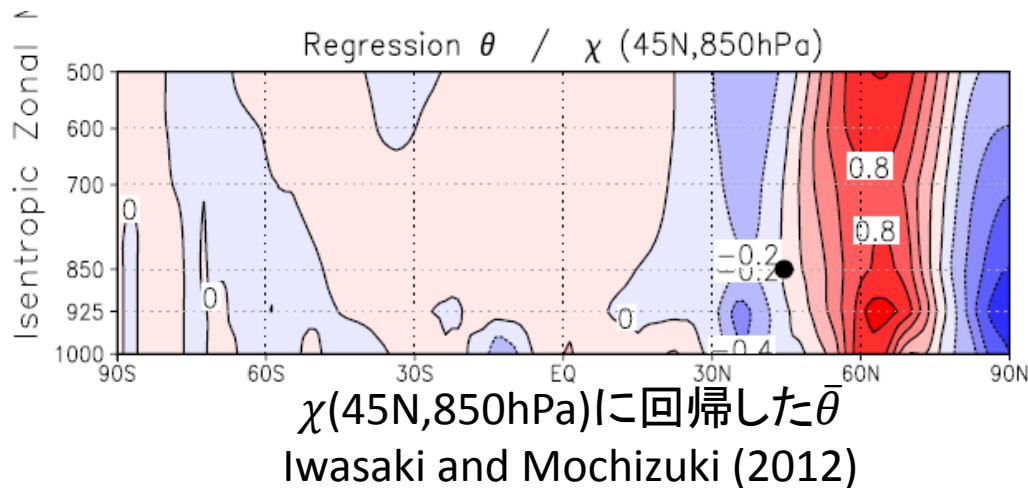
寒気の蓄積と放出

東北大学大学院 理学研究科

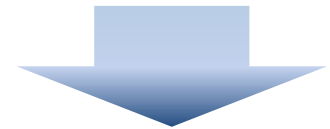
*菅野湧貴、岩崎俊樹

■ 寒気の蓄積と放出

- 冬半球の高緯度に蓄積された寒気は間欠的に中緯度へ南下
- Namias (1950)は、冬季北半球の東西指数サイクル(index cycle)を寒気の蓄積と放出の観点から解釈した。
 - 高指数: 東西流卓越 ⇒ 寒気蓄積期
 - 低指数: 偏西風蛇行 ⇒ 寒気放出期
- 近年は北極振動指数などで表現



45Nの質量流線関数
(\approx 寒気流量)が強い

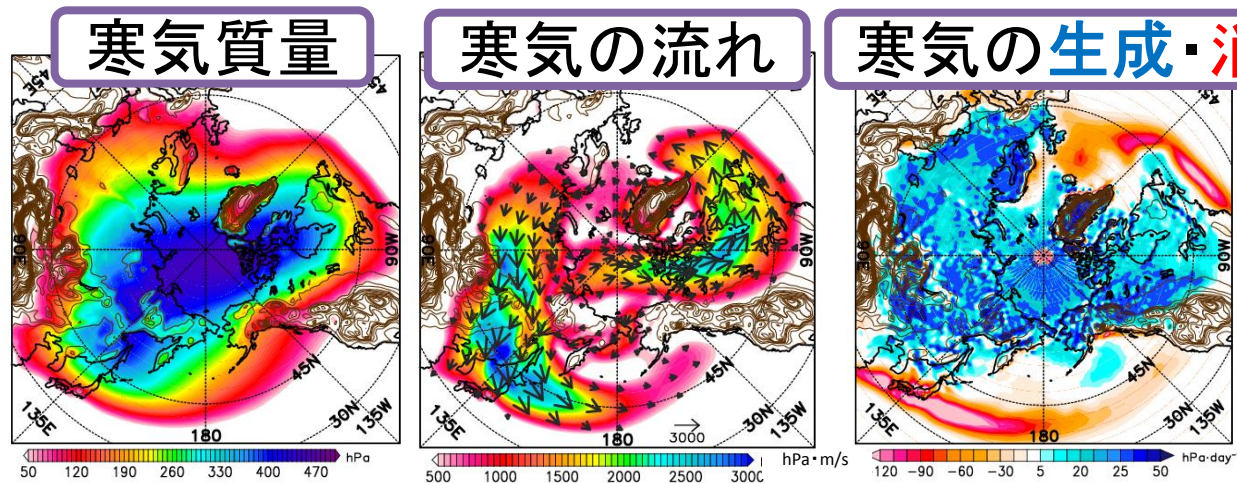


中緯度で低温

帯状平均の気温場で寒気の蓄積と放出の様子が捉えられた

目的

- 寒気の量や流出量の定量的な評価は行われていない。
- 寒気を特定温位面以下の大気と定義すれば、定量的な評価が可能となる (Iwasaki et al., 2014)



特定温位面以下の寒気質量の変動を寒気の蓄積と放出の概念で定量的に説明する

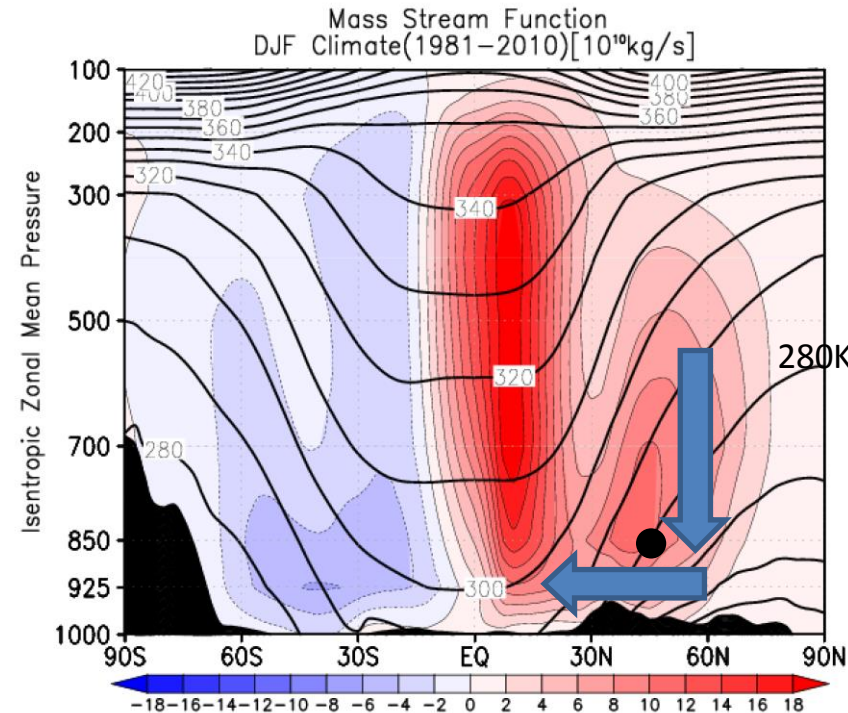
■ 寒気の定義

- ◆ 温位面での質量重み付き帯状平均(MIM)の熱力学方程式は渦輸送の項を含まない(Iwasaki et al., 1989)

→ 熱輸送は平均子午面循環で説明

- ◆ 中高緯度直接循環は(45N, 850hPa)付近で下降流から水平流(北風)へ

→ この点の温位280Kを寒気のしきい値(特定温位 θ_T)に設定



MIMの質量流線関数(shade)と
帯状平均温位(contour)のDJF気候値

暖色: 時計回り
寒色: 反時計回り

■ 温位座標における寒気

◆ 寒気質量

$$DP \equiv p_s - p(\theta_T)$$

◆ 寒気質量フラックス

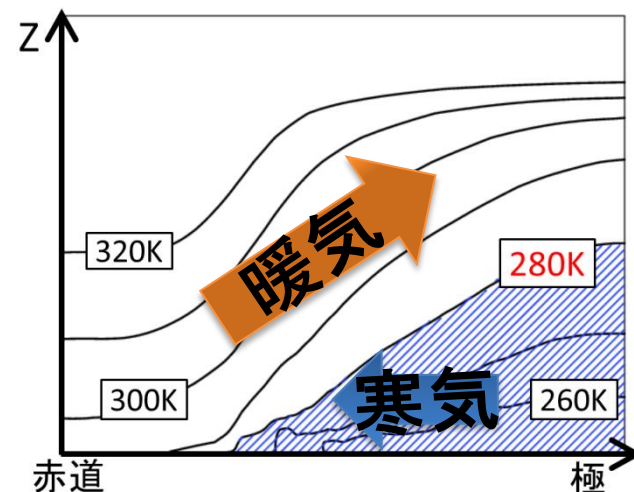
$$MF \equiv \int_{p(\theta_T)}^{p_s} \mathbf{v} dp$$

◆ 寒気質量保存則

$$\frac{\partial}{\partial t} DP = -\nabla \cdot \int_{p(\theta_T)}^{p_s} \mathbf{v} dp + G(\theta_T)$$

◆ 寒気の生成・消滅率

$$G(\theta_T) \equiv \left. \frac{\partial p}{\partial \theta} \dot{\theta} \right|_{\theta_T}$$



東西平均した温位の鉛直断面の模式図

θ 系の連続の式より導出

非断熱加熱のみ寄与

■ 帯状平均の2-boxモデル

- ◆ 帯状平均で高緯度の寒気生成域と中緯度の寒気消滅域に寒気質量を分けた2-boxモデル(Kanno et al., 2015)

$$\frac{\partial}{\partial t} \langle DP \rangle_1 = -I + \langle G \rangle_1$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \langle DP \rangle_2 = I - \langle L \rangle_2$$

ここで、

$$\langle A \rangle_1 \equiv \frac{1}{g} \int_{45\text{N}}^{90\text{N}} \int_0^{2\pi} A a^2 \cos\phi \, d\lambda d\phi$$

$$\langle A \rangle_2 \equiv \frac{1}{g} \int_0^{45\text{N}} \int_0^{2\pi} A a^2 \cos\phi \, d\lambda d\phi$$

$$I \equiv -\frac{1}{g} \int_0^{2\pi} \int_{p(\theta_T)}^{p_s} v a \cos\phi \, dp d\lambda \Big|_{45\text{N}}$$

$$\langle L \rangle_2 \equiv -\langle G \rangle_2$$

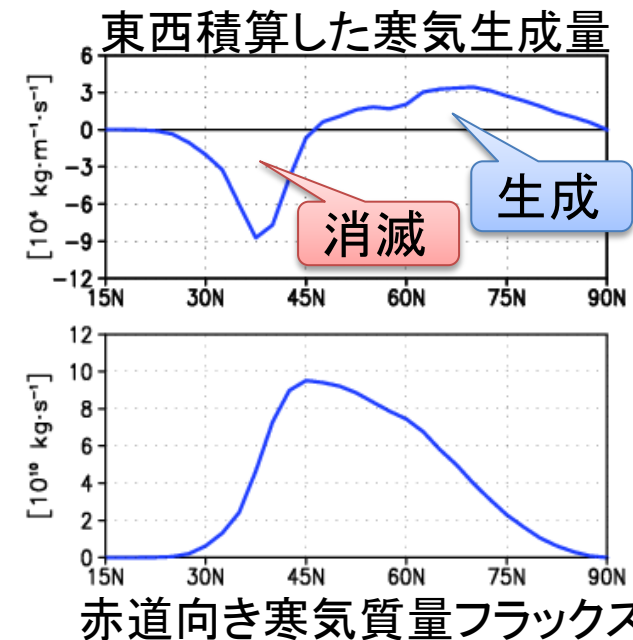
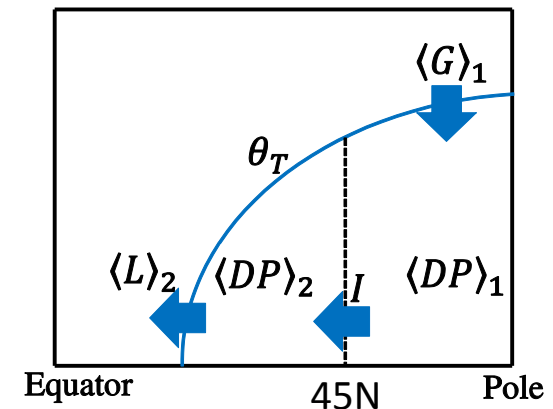


表1 使用したデータ

データ	JRA-55 (Kobayashi et al., 2015)
解析期間	1958年から2013年
解像度	1.25x1.25, 37 level
時間間隔	6 hourly
使用変数	U, V, T, Z, Us, Vs, Ts, Ps, SLP

■ 解析手法

1. 寒気質量、寒気質量フラックス、2-boxの変数を計算
2. 55冬季分のデータを日平均、月平均(1月のみ解析)する

<ラグ相関>

1. 45Nを横切る寒気質量フラックス I に対してDP, flux, Ts, SLPと2-box モデルのラグ相関、ラグ回帰を計算

<年々変動>

1. 月平均(1月)の I に対しても同様に相関係数、回帰係数を計算

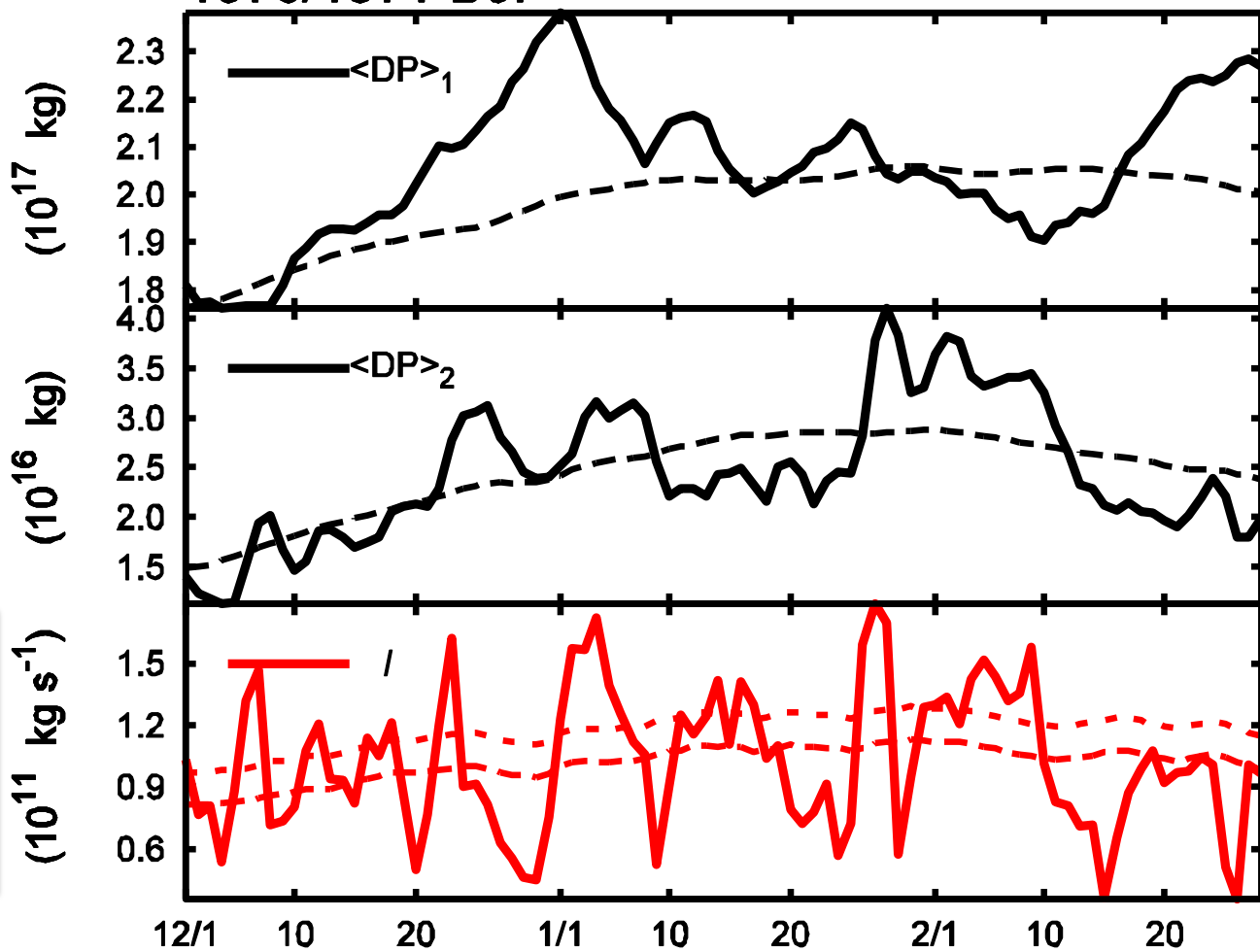
■ 寒気質量、寒気放出量の時系列

1970/1971 DJF

45N以北

45N以南

寒気放出量
(45Nを横切る
フラックス)

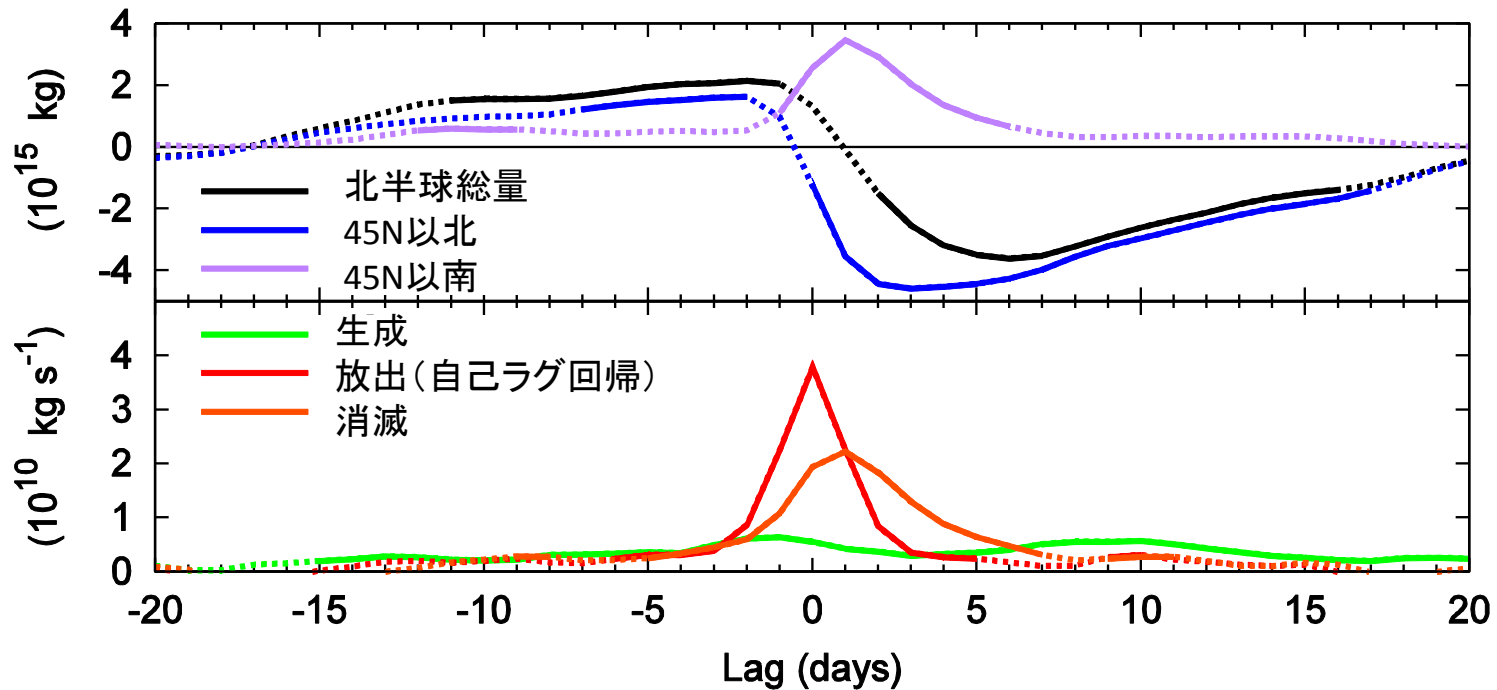


破線は気候値

寒気放出が大きくなるタイミングで、 45N以北は減少
45N以南は増加

寒気放出に対するラグ回帰

Lagged regressions against discharge I
cold air mass amounts, its genesis, flux, loss



寒気放出量に対するラグ回帰。実線は95%有意。季節変化の影響を減らすために1月のみを対象としている。

- ◆ **寒気放出**は約5日の時間スケールを持つパルスの現象
- ◆ **45N以北の寒気質量**は放出で大きく減少、回復に約20日
- ◆ **45N以南の寒気質量**は放出後に増えるも数日で元に戻る

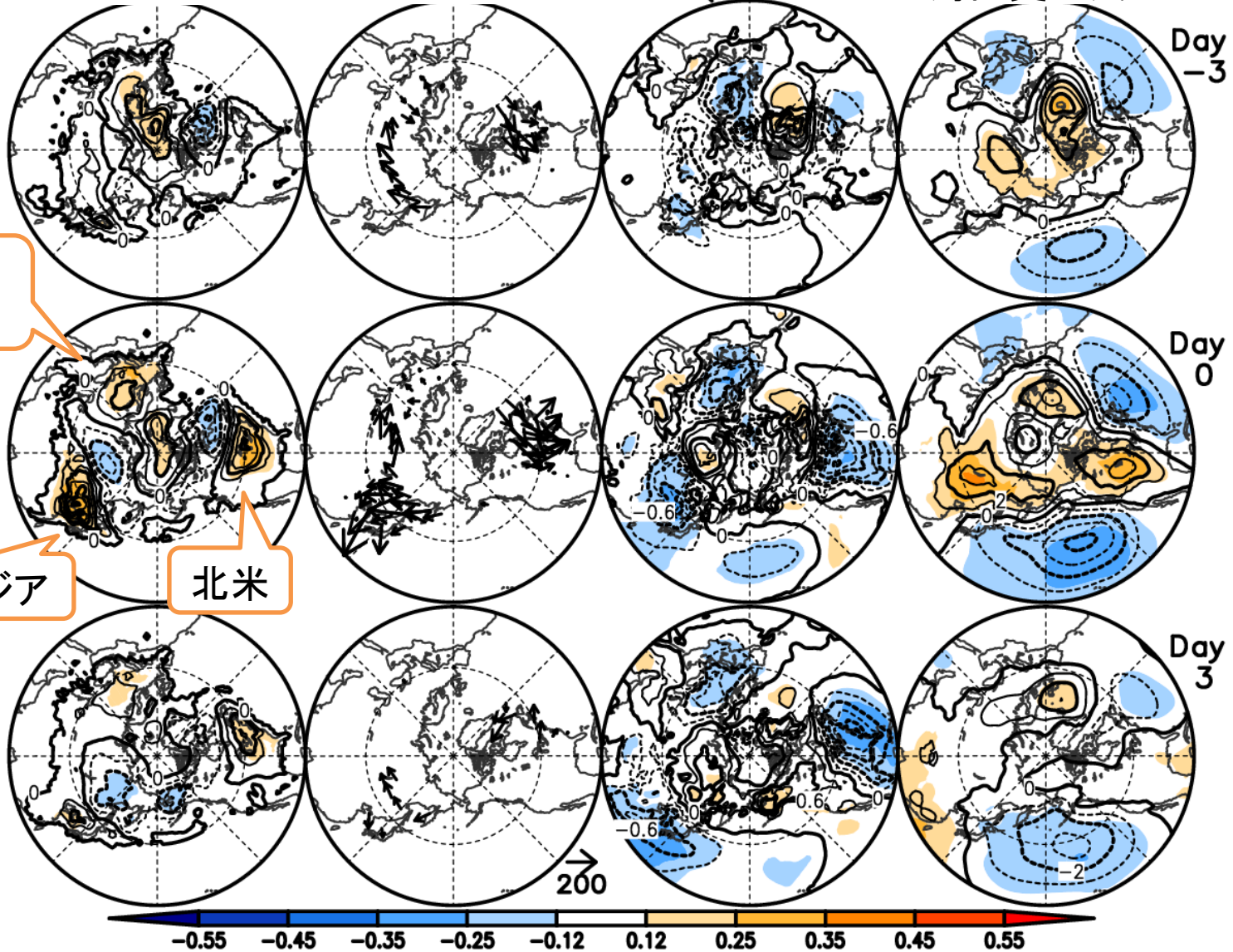
寒気放出に対するラグ相関・回帰

寒気質量

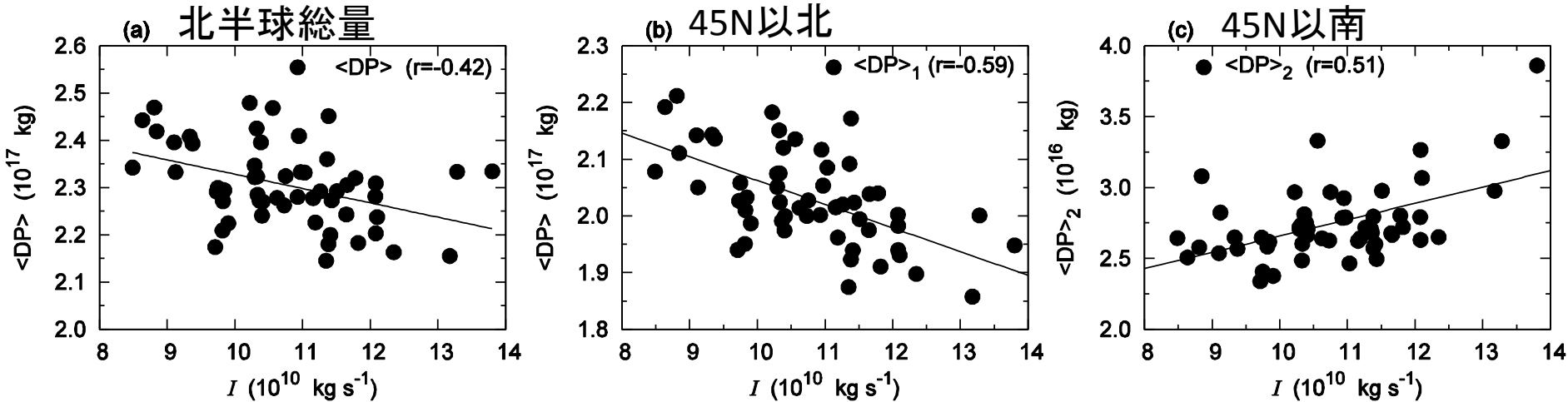
寒気質量フラックス

地上気温

海面更正気圧



寒気放出へのラグ回帰 (Day -3, 0, 3)。色は相関係数、等値線は回帰係数。



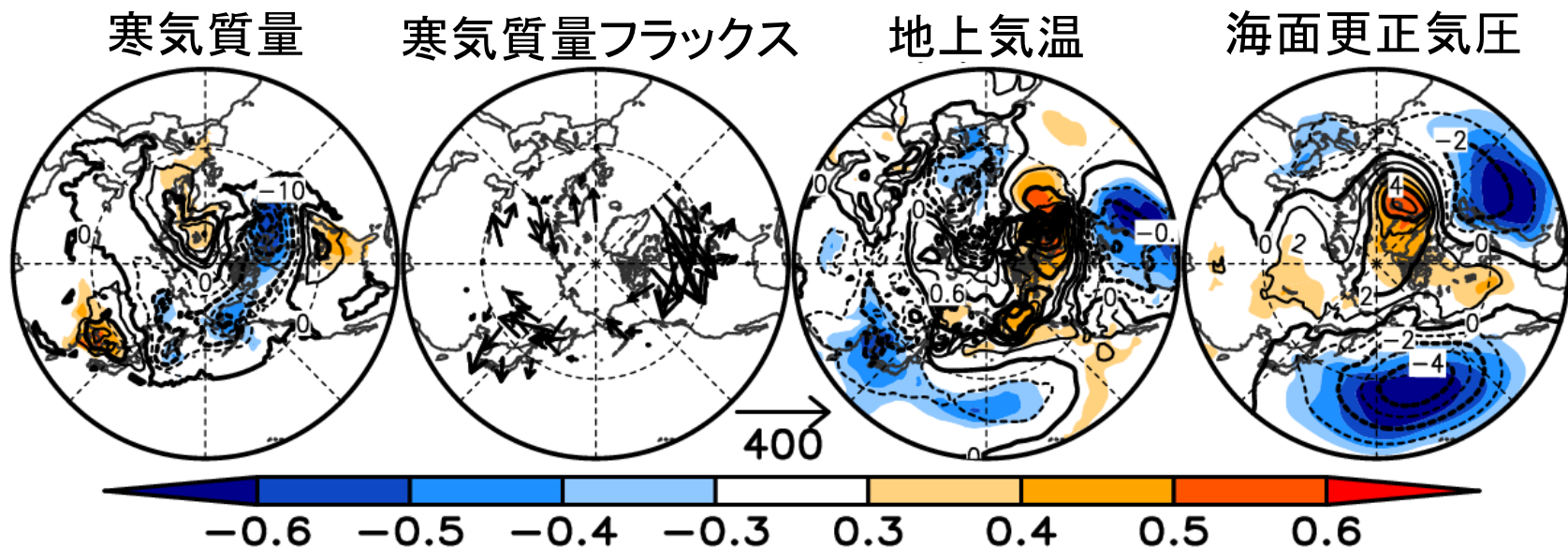
寒気放出量と寒気質量の散布図

寒気放出量の多い年 → 45N以北の寒気は少ない
45N以南の寒気は多い

北半球の総量は少なくなる

寒気質量の年々変動も寒気の蓄積と放出で説明できる

■ 1月の寒気放出量への回帰



1月の寒気放出量への回帰(等値線)、相関(色)

- ◆ 東アジア、北米、ヨーロッパへ寒気が流れる
- ◆ アリューシャン低気圧、アイスランド低気圧が重要
シベリア高気圧、北米の高気圧は明瞭ではない
- ◆ AO負とはやや異なる(シベリアの地上気温偏差など)

■ まとめ

- ◆ 温位280K面以下、45N以北の寒気質量の変動を、寒気の蓄積と放出の概念で説明した
- ◆ 寒気の放出(45Nを横切るフラックス)は約5日のパルス的な現象
- ◆ 45N以北の寒気質量は寒気放出によって大きく減少し、回復に約20日を要する
- ◆ 45N以南の寒気質量は寒気放出後に増加するが、数日で元に戻る
- ◆ 寒気の放出先は、東アジア、北米、(東ヨーロッパ)
- ◆ 寒気質量の年々変動も寒気の蓄積と放出で説明できる