2016年5月17日 @ 気象庁 講堂

アンサンブル予報データを用いた 成層圏周極渦変動の予測可能性研究

野口 峻佑

気象研究所 気候研究部 / JSPS PD

(京都大学 防災研究所 災害気候研究分野: 3月卒業)

本日の発表の構成

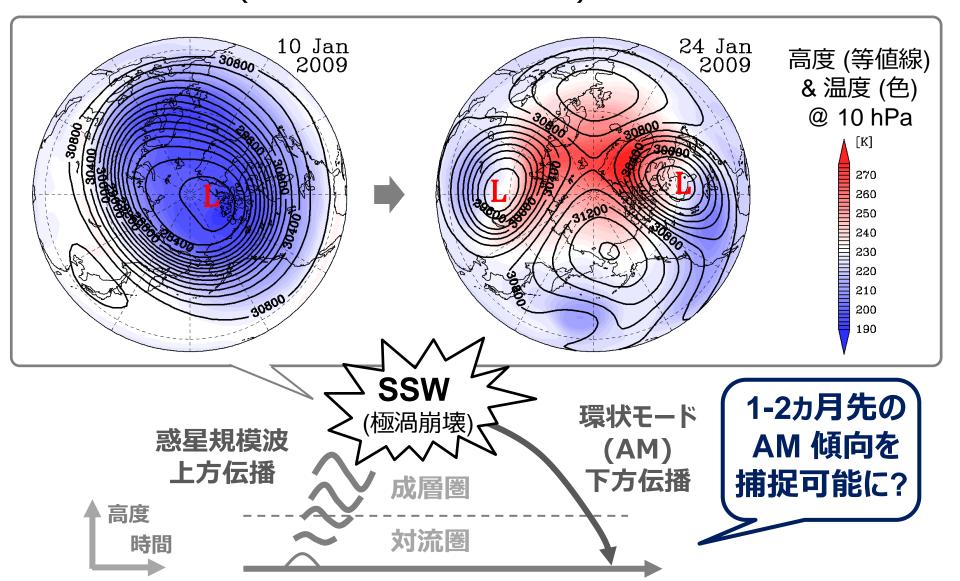
- ・成層圏周極渦の極端変動(2009年1月に生起した 崩壊イベント)の予測可能性に関する研究を紹介

 - > 気象研究所大気大循環モデルを用いた再予報実験
 - > 予測成否の鍵となる物理過程の特定
 - ▶ (時間があれば)対流圏の予報成績への下方影響
 - * 主に, 以下の論文に基づく:

Noguchi, S., H. Mukougawa, Y. Kuroda, R. Mizuta, S. Yabu, and H. Yoshimura (2016): "Predictability of the Stratospheric Polar Vortex Breakdown: An Ensemble Reforecast Experiment for the Splitting Event in January 2009", *J. Geophys. Res. Atmos.*, **120**, 3388-3404, doi:10.1002/2015JD024581

背景: 成層圏変動による季節予報精度向上の期待

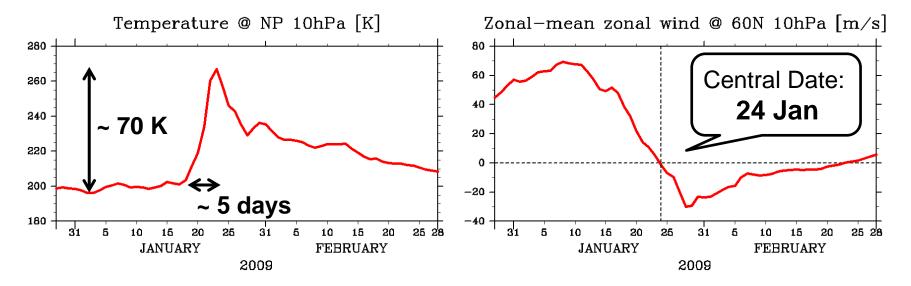
• 極渦崩壊 (成層圏突然昇温: SSW) と対流圏との関わり:



対象事例: 2009年1月下旬の SSW

• 観測史上最大の SSW (東風強度: 最大, 回復期間: 最長)

e.g. Manney et al. (2009)



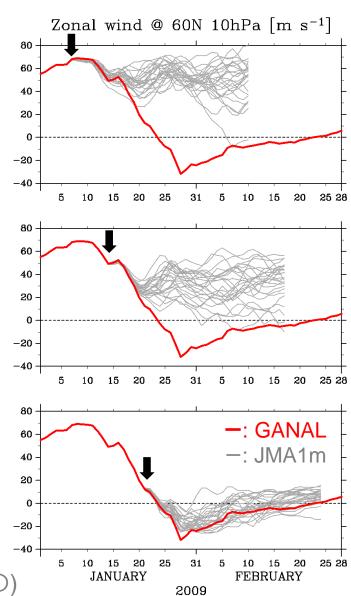
- 顕著な極渦分裂 (波数2成分卓越) 型の SSW
 - ⇔ 極渦**変位** (波数**1**成分卓越) 型の SSW

先行研究: 気象庁現業1ヵ月アンサンブル予報を用いた解析

2週間以上前から予測可能 (2001年12月の事例)

Mukougawa et al. (2005)

- 気象庁現業1ヶ月アンサンブル予報では, 直前開始 の予報でしか, この SSW の生起を捕捉できていない
 - 17日前 開始の予報:減速傾向を再現できず
 - 10日前 開始の予報:
 若干の減速傾向
 しかし結局どのメンバーも
 帯状風の逆転は示せず
 - 3日前 開始の予報: (直前になって, ようやく) 全メンバーで帯状風逆転
 - → 2001年の変位型 SSW 時とは, 大きく異なる挙動



(cf. Mukougawa et al. 2005: 3週間前でも一部 ○)

本研究の目的と達成手段

- この分裂型 SSW の予測可能性の定量化
- 予測成否の鍵となる物理過程の特定



- 極渦の分裂という流れ場の激しい変動に伴う 予報の振る舞いの急激な変化を捉えるため, 予報開始日を毎日に取った (現業よりも稠密な) アンサンブル予報実験を実施する
- 大きなばらつきを示した予報において,分裂再現に 成功したメンバーと失敗したメンバーとの比較を行い, 両者の差の成長過程を追跡する

実験設定: モデル・初期摂動 (現業予報とほぼ同等)

- モデル: MRI-AGCM (e.g. Mizuta et al. 2006, 2012)
 - ➤ MRI-ESM (気象研究所地球システムモデル) の大気部分 基本部分は気象庁全球スペクトルモデルと共通

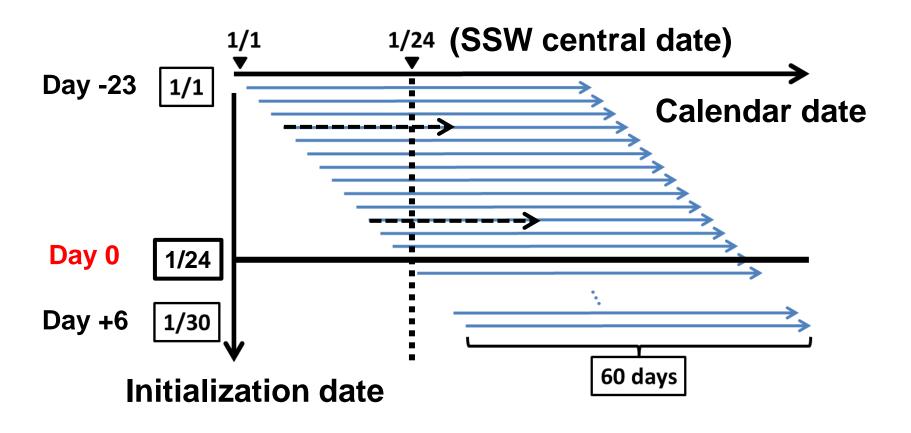
解像度	TL159 (Δ~110 km) L60 (Top: 0.1 hPa , Hybrid coordinate)
SST	気候値 + 初期偏差 (固定)
オゾン	帯状平均気候値

- アンサンブル予報システム: MRI-EPS (Yabu et al. 2014)
 - ➤ 気象庁1ヶ月アンサンブル予報システムの移植版

摂動作成手法	成長モード育成 (Breeding) 法
	1 Control run (from ERA-Interim) 24 Perturbed runs (ERA-I ± ptb {#1-12})

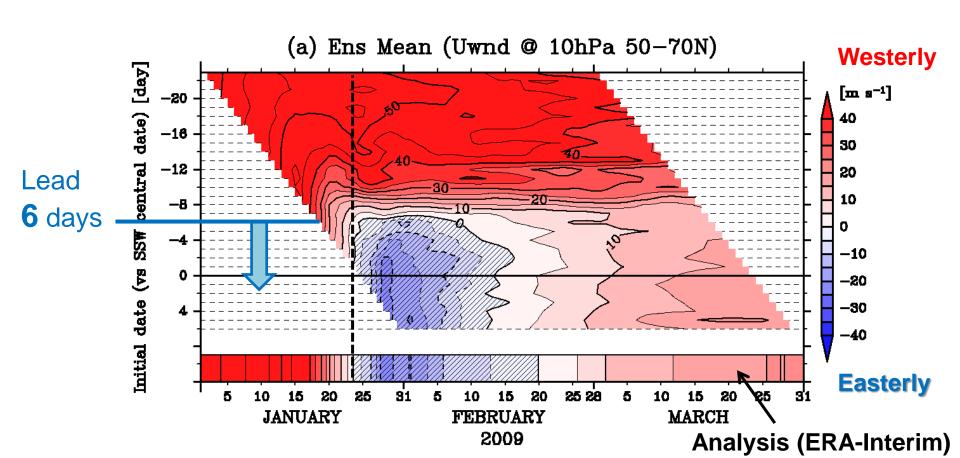
実験設定: 予報の実施方法

- 予報開始日: 毎日
 - ▶ 1月1日から30日までの 30 初期日について, 各日 12UTC から 60 日 (2ヵ月) 予報を実施



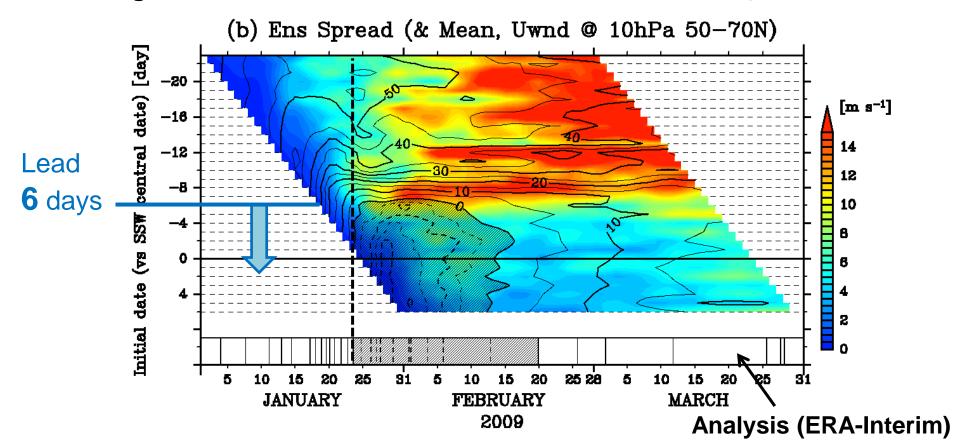
予報結果の概観: アンサンブル平均

• 東西風の逆転を再現できるのは Day-6 から

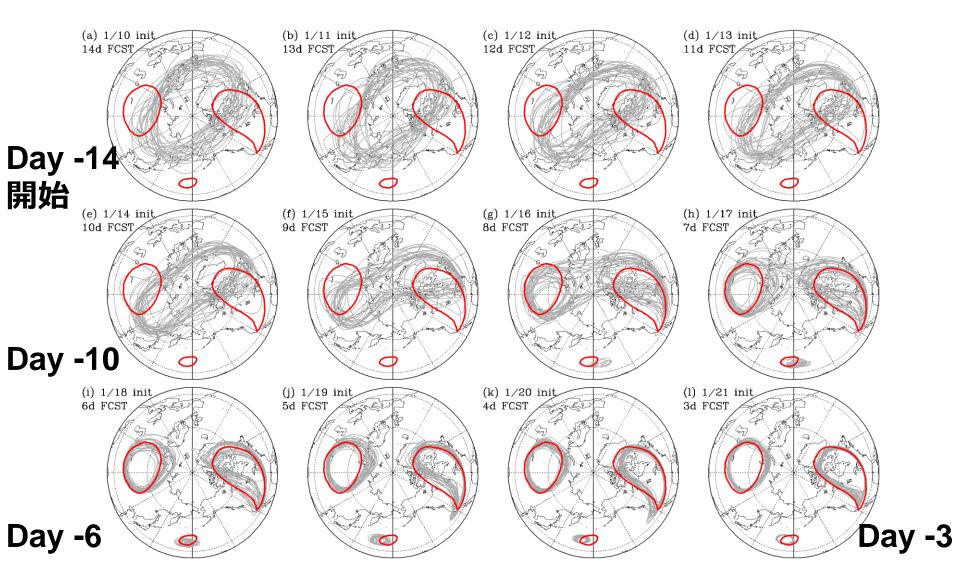


予報結果の概観: アンサンブル平均 & スプレッド

- 東西風の逆転を再現できるのは Day-6 から
- この日を境に**急激にばらつきが変化** (直前: 大, 以降: 小)
 - ▶ 他の SSW と比べて極端に短い予測可能期間e.g. 2001年12月の SSW では2週間以上前から Mukougawa et al. (2005)



極渦の形状のスパゲッティ図 (Day 0: 1月24日)



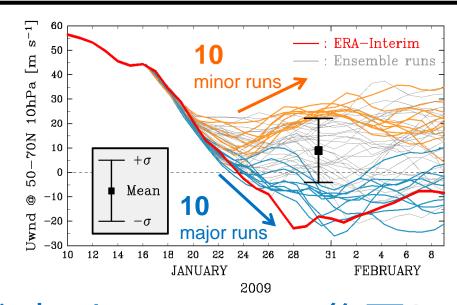
Spaghetti diagrams of the vortex edge [isolines of PV at 850 K (~ 10 hPa)]

-: ERA-Interim -: Ensemble runs

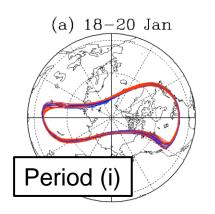
Cf. Matthewman et al. (2009)

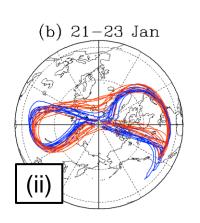
成功集団と失敗集団でのコンポジット解析

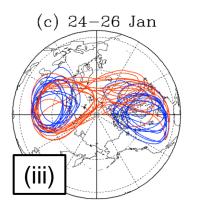
- ばらつき極大の D-8 &-7に開始した予報に着目
- ightharpoons 東風ピーク期 (29~31日) の ightharpoons の値が, $\langle \overline{U} \rangle \pm 1\sigma$ (ightharpoons) を 上回るか下回るかで集団分け

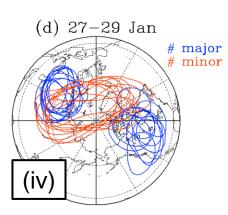


• 東西風の逆転の再現に成功した (Major SSW) 集団と 失敗した (Minor SSW) 集団との差の起源を, 以降追跡









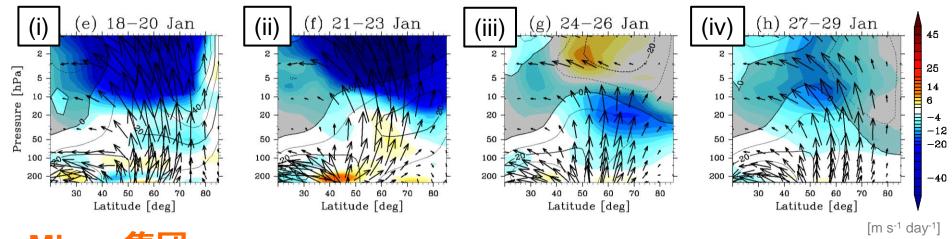
Spaghetti diagrams of the vortex edge (isolines of PV at 850 K) for 3-day-mean fields

• 子午面での波の伝播・基本場の変動の様子:

Major 集団

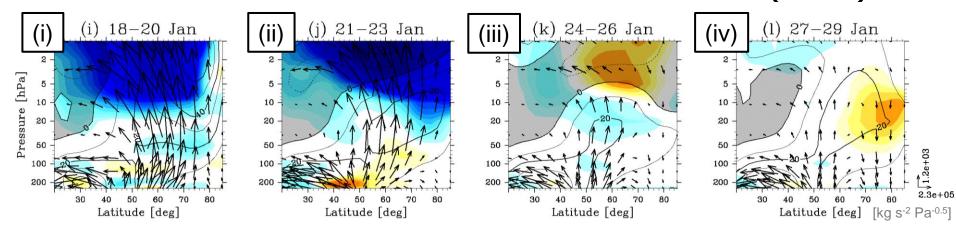
U (contour), EPF (arrow), EPF-div (color)

➤ 減速域が極向き・下向きに伝播 & 波の上方伝播が持続



Minor 集団

▶ 加速域が高緯度側で出現 & 波の下方伝播 (反射)



• 時間-高度断面:

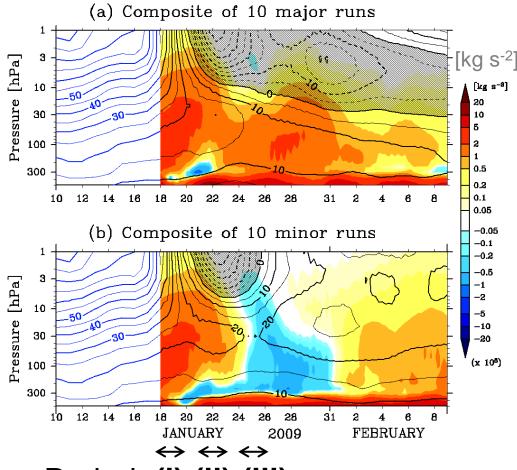
Major 集団

- 上空の減速の持続,東風領域の下方伝播
- ▶ 2度目の波活動度 上方伝播ピークの出現

Minor 集団

- 減速は上部成層圏に 留まり,以降西風回復
- ▶ 上方伝播の代わりに, 下方伝播ピークが出現

U (50N-70N, contour), **EPFz** (60N-, color)

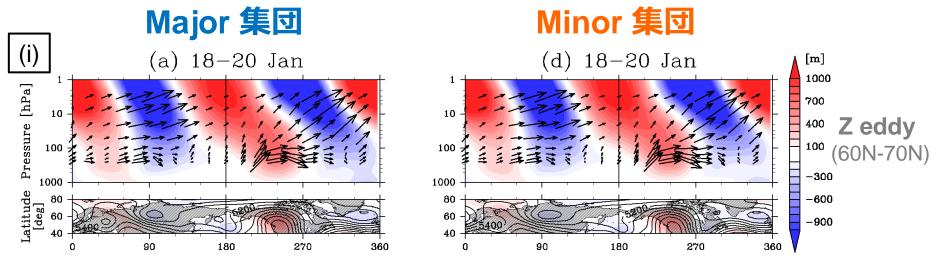


Period: (i) (ii) (iii)

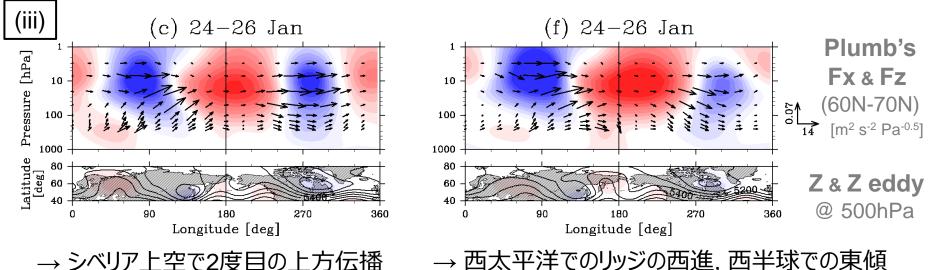
• 24日以降の対照的な変動へと,どのように至ったのか?

(初期の何処に存在した差異が、どのような過程を経て、Major と Minor という違いに至ったのか?)

経度-高度断面での波束の伝播の様子:



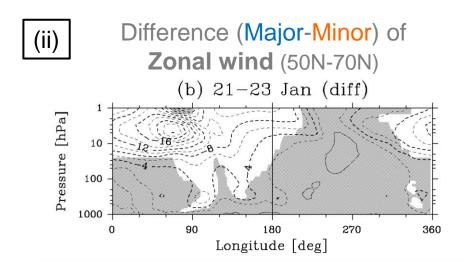
両集団とも, アラスカ域上空の BH 下流 (西半球での位相の西傾)で, 強い上方伝播

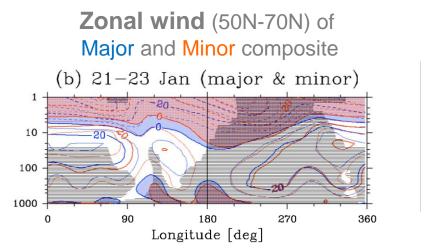


→ 西太平洋でのリッジの西進, 西半球での東傾

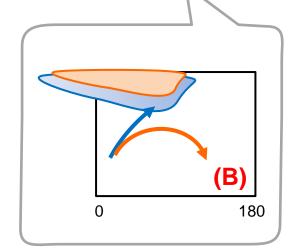
➤ Minor 集団 での太平洋上のリッジの西進 (高気圧性偏差の形成)

- ・ リッジ西進直前の有意な差:
 - > ヨーロッパ上空の帯状風の減速 (Minor 集団で過小)

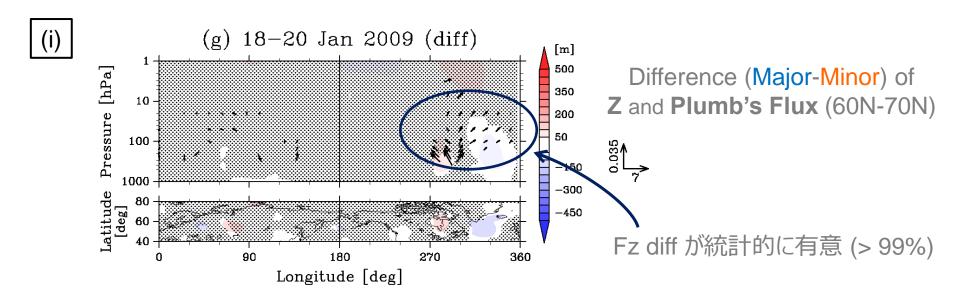




- この違いは, 東半球での波束伝播に大きく影響
 - ➤ Major では、そこで吸収される波束が、 Minor では、そのまま屈折 or 反射し シベリア域上空で対流圏へ下方伝播
 - *実際,この領域で反射の指標に有意な差が存在
 - ➤ 北西太平洋での高気圧発達に寄与

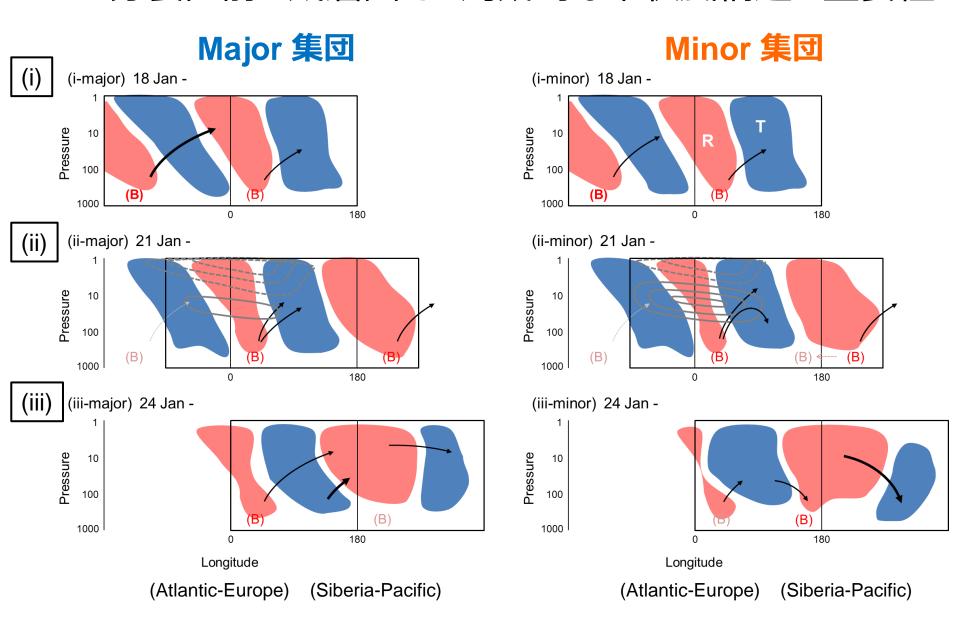


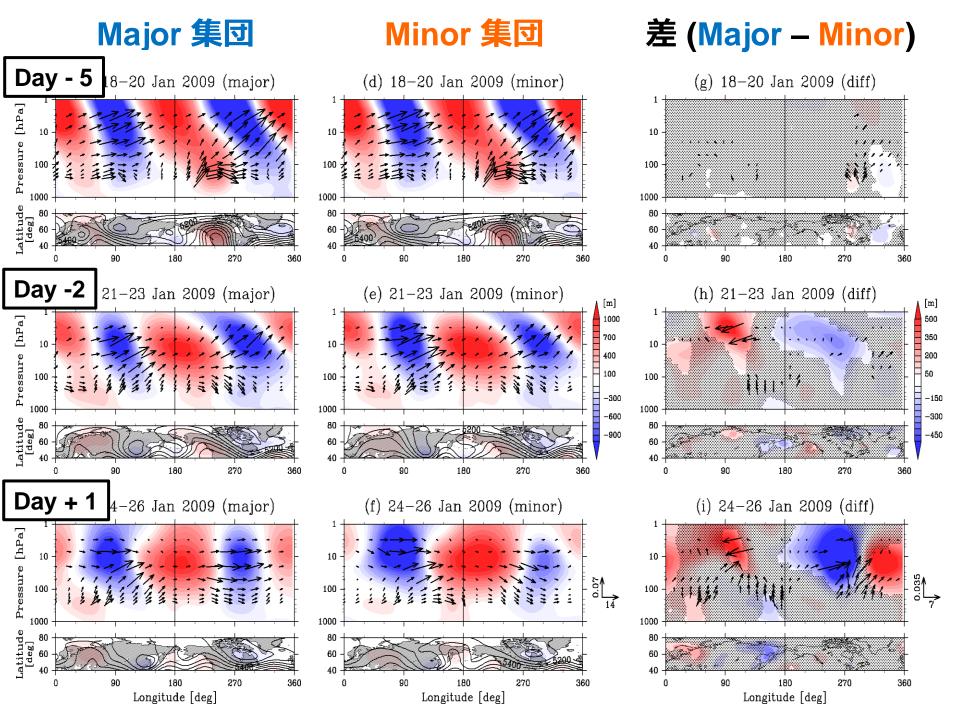
- ・ 初期の有意な差:
 - ➤ 初期にアラスカに存在したブロッキング下流域での 波活動度の上方伝播 (Minor 集団で過小)
 - ▶ これにより、ヨーロッパ上空の帯状風に差



- ・注: 現業予報仕様の初期摂動は, 対流圏に偏在
 - ▶ 差を遡っていくと、最終的には、対流圏での差異に帰着
 - ➤ 初期誤差の重要性 (成層圏 or 対流圏) の解釈には要注意

- 波束伝播による差の拡大過程の解釈のまとめ:
 - > 分裂直前の成層圏での局所的な帯状風構造の重要性





まとめ

- 2009年1月に生起した分裂型 SSW に対して, 開始日を毎日取ったアンサンブル予報実験を実施
- 分裂を確実に再現できるようになるのは, 6日前から (1週間前に予報のばらつき方が急変: 大→小)
- ・成層圏での惑星規模波の振る舞いが、予測の鍵
 - ▶ 成功予測: 成層圏で波が吸収され, 再度上方伝播
 - > 失敗予測: 波が吸収されず, 対流圏へ下方伝播
- ・ 波束伝播による差の拡大過程の解釈を提示 (初期の上方伝播の差) → 成層圏帯状風の局所的な差 → 東半球での伝播の差異 → 北太平洋上でのリッジの差