

アンサンブル予報場中の予報誤差伝播の成層圏突然昇温予測への影響

Propagation of forecasting errors in an ensemble forecast before and during a stratospheric sudden warming in January 2006

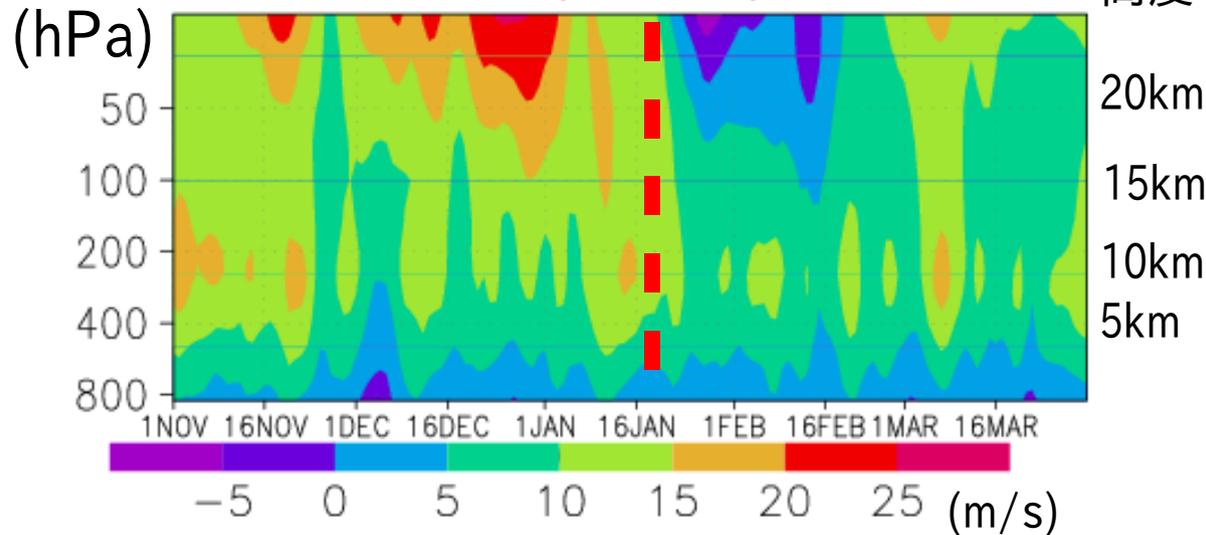
西井和晃、中村尚

東京大学大学院理学系研究科

2006年1月の成層圏突然昇温

東西平均東西風

U (50-70N)



高度

20km

15km

10km

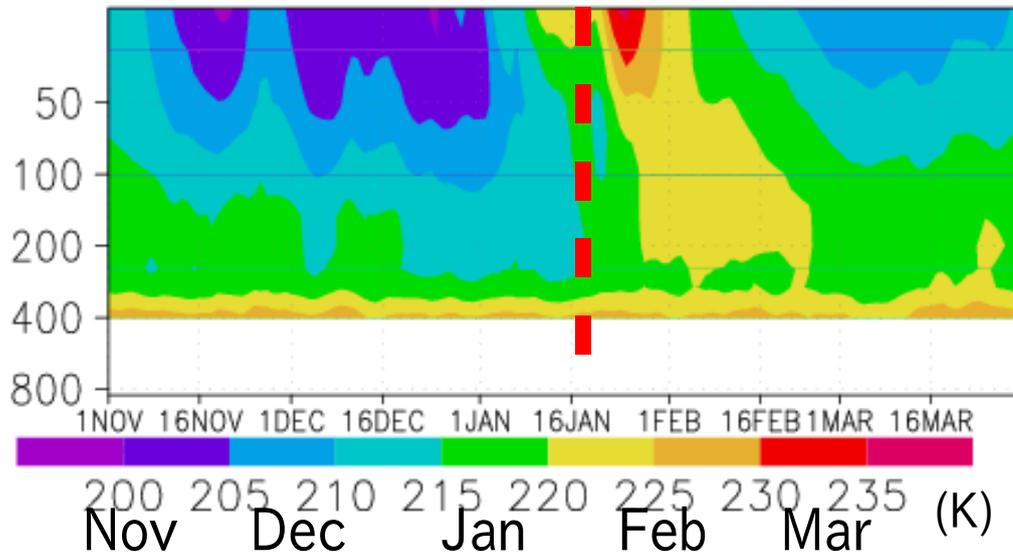
5km

成層圏突然昇温

- 極域成層圏の温度が数日の間に数十度温度が上昇する現象
- 通常存在する強い西風が減速される
- 対流圏からの大規模プラネタリー波の伝播によって引き起こされる

極域温度面積平均

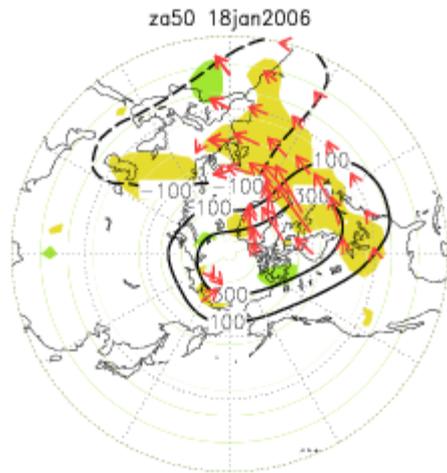
T (70-90N)



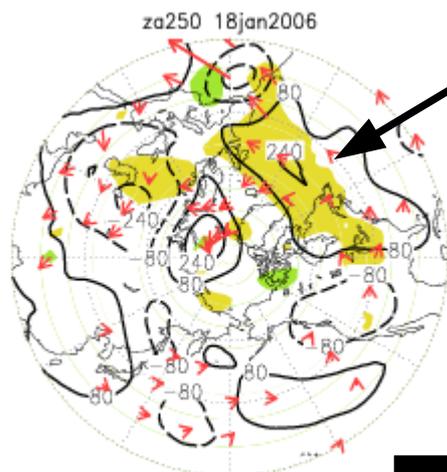
- 1月中旬を境に成層圏の極夜ジェットが減速
- 同時に極の温度が上昇する
- これらのシグナルは上から下に下降している

1月中旬の循環偏差場(1月18日)

50hPa(20km)高度場偏差

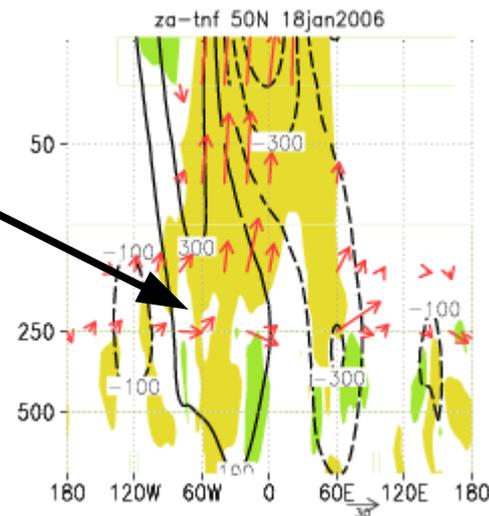


250hPa(10km)高度場偏差



高気圧性偏差

1月18日北緯50度



100hPa上向き波活動度フラックス
(対流圏から成層圏への波伝播)

1月18日前後に大西洋上で発達した
高気圧性偏差を波源とする波束伝播



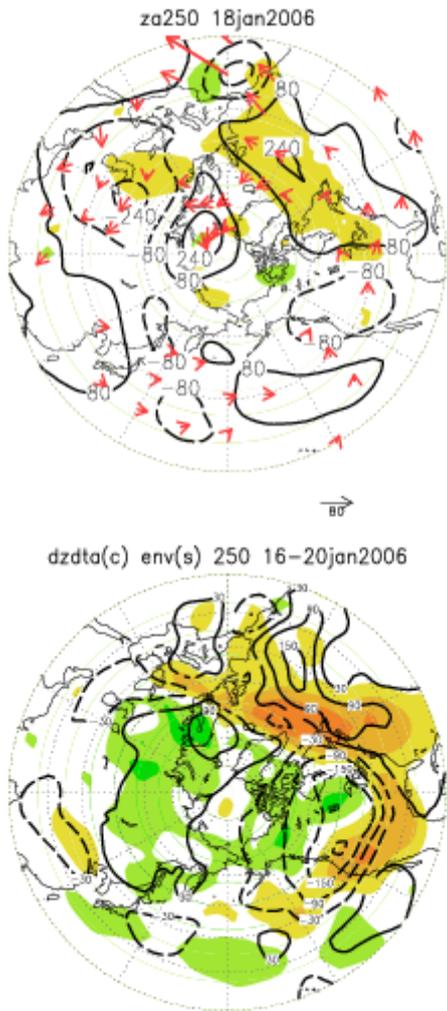
成層圏への波伝播の強化



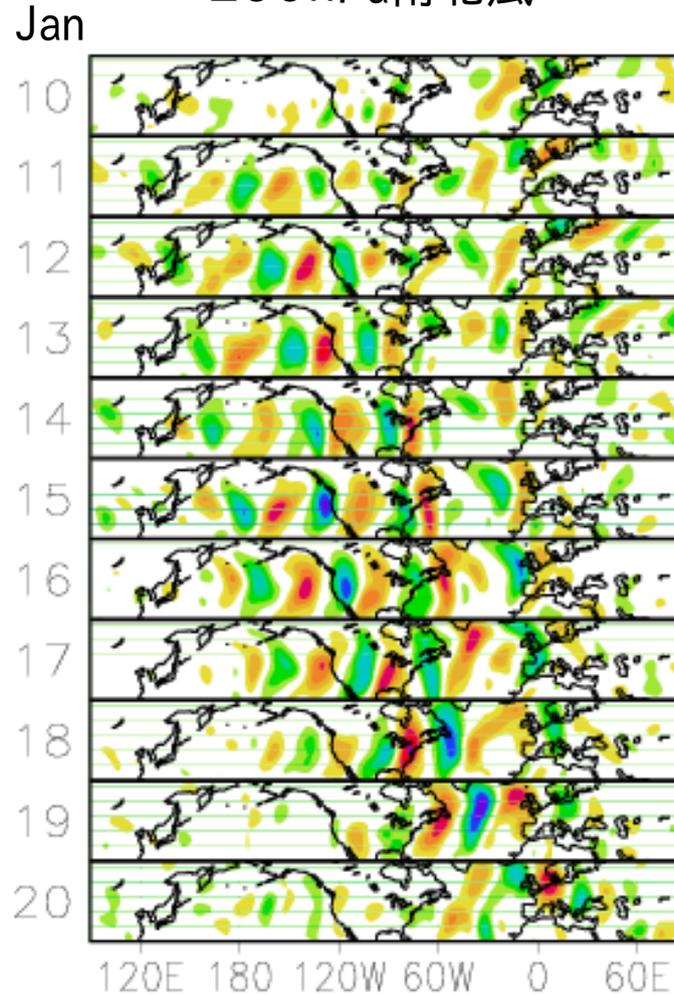
極夜ジェット減速、突然昇温

大西洋高気圧性偏差の発達

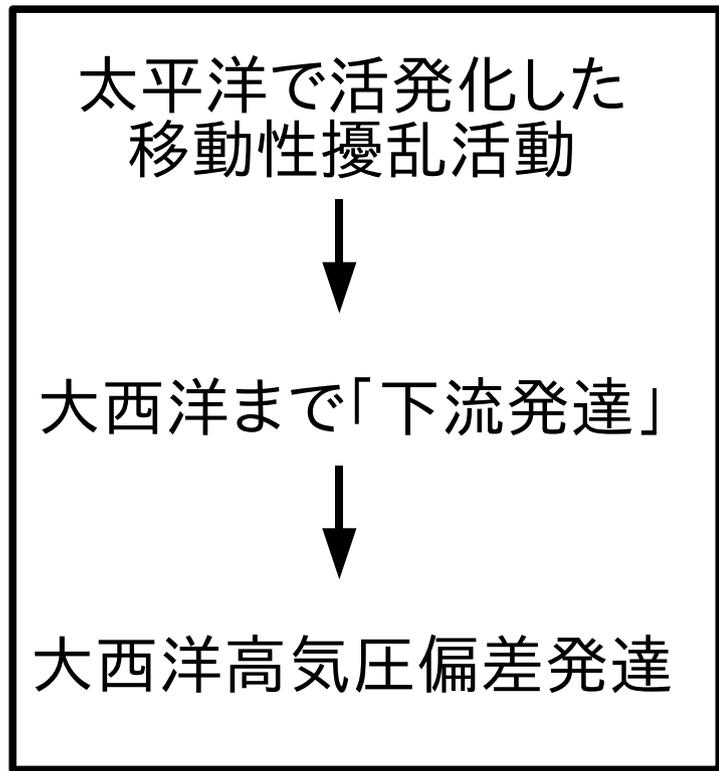
250hPa高度場偏差



250hPa南北風

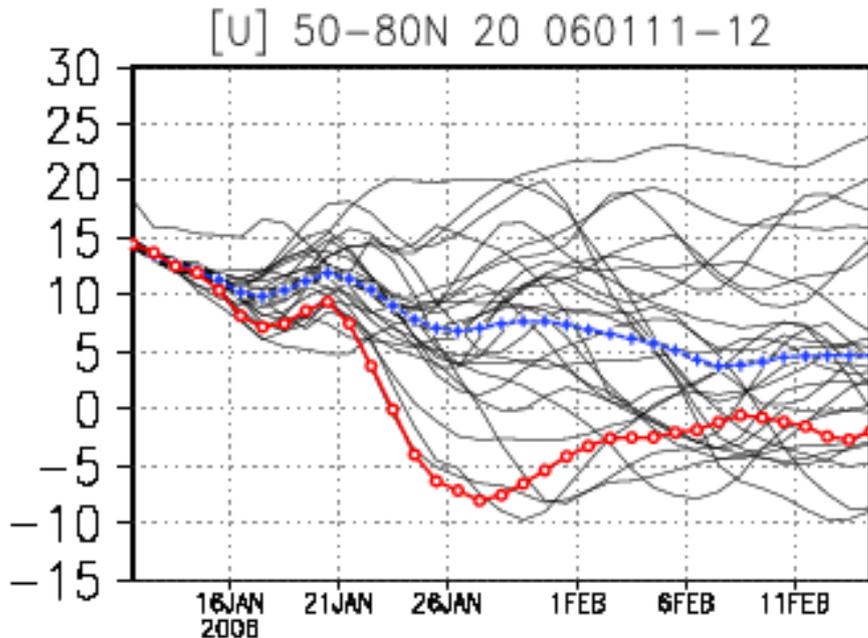


太平洋 大西洋



気象庁1ヶ月アンサンブル予報

2006年1月11,12日を初期値とした
北極域20hPa東西平均東西風の予報



16Jan 1Feb

各アンサンブルメンバー
アンサンブル平均
観測値(JRA25)

水平解像度 T106(100km程度の解像度)
初期値作成法 LAF法+BGM法
毎週水木の初期値
(本研究では2,006年1月11,12日初期値)

各日 12摂動ラン+コントロールラン
計 26メンバー

実際には各日で作成される摂動の
パターンは6種類であり、その符号を
逆転させることによりメンバー数を
2倍にしている。

独立な初期値擾乱パターンは6x2通り
(現在はシステムが更新されている)



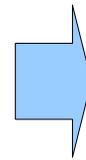
本研究の目的

- 突然昇温の予報に影響を与えた初期値誤差を特定する
- アンサンブル予報の初期値誤差が成層圏突然昇温の予報に影響を与えた過程を明らかにする

スプレッド(メンバー間の標準偏差)は
モデル予測の不確実性の目安
≡ 予測誤差の大きさ

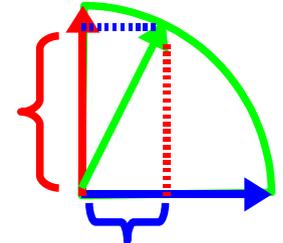
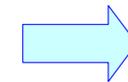
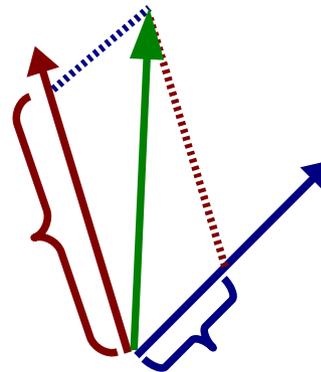
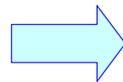
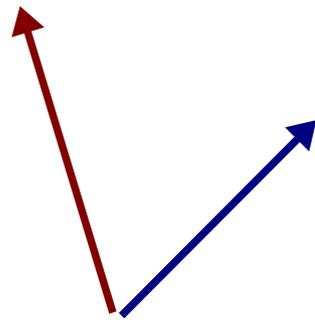
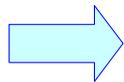
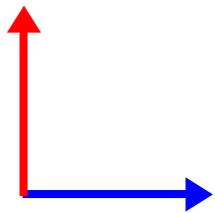
簡易感度解析(Enomoto *et al.* 2007)

ある時刻の予報場の、ある領域において、コントロールランからの「ずれ」をもっとも大きくするような初期値誤差場を、限られたメンバーの初期値の線形結合によって推定
(最も発達する誤差場を推定)



ある領域・時刻の予測にとって最も影響を与える初期値誤差場の推定

予報方程式系の接線型方程式 (tangent linear eq.)を必要としない



各メンバーの初期値誤差場ベクトルの張る空間

コントロールランからのずれの場のベクトル (対象領域のみ)

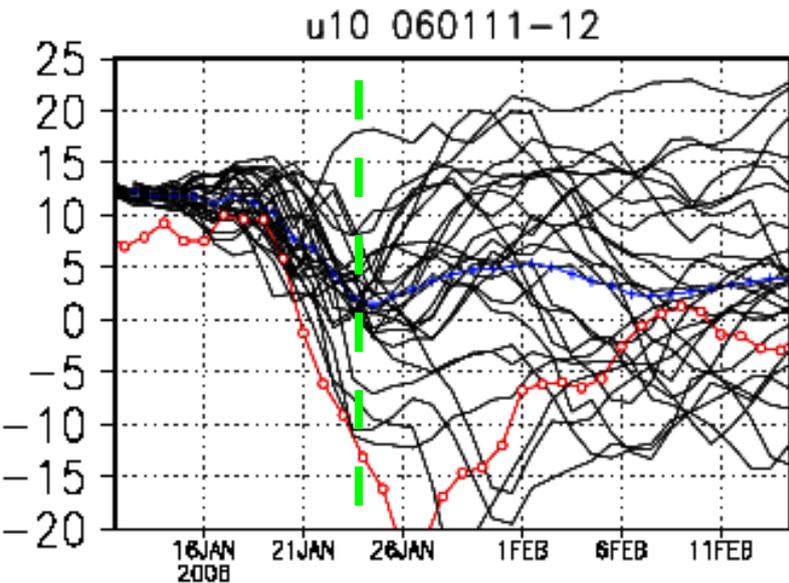
対象領域で「ずれ」をもっとも大きくする線型結合場を推定

線型結合係数を使って初期値誤差場を推定

簡易感度解析(極渦対象)

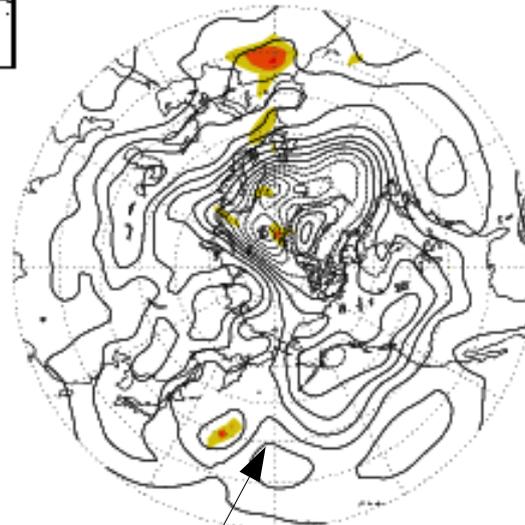
対象; 1月23日の成層圏極渦内
(0-360E, 70-90N, 100-10hPa)

初期値; 11、12日それぞれのアンサンブル
初期値場



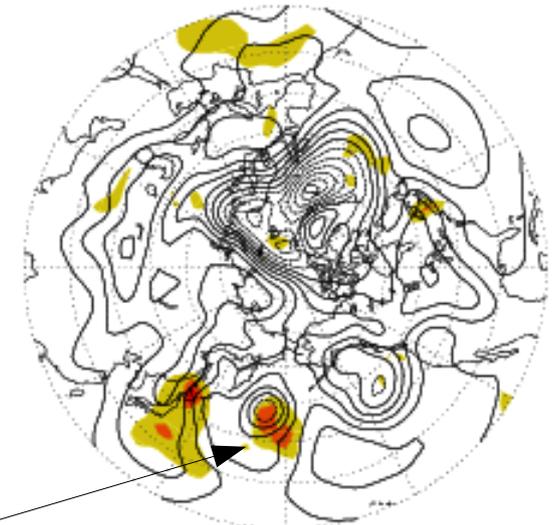
11日

sum 20060111->20060123



12日

sum 20060112->20060123



太平洋上での
地上低気圧の
急発達と対応

成層圏西風減速の
予測への影響を
示唆

地上低気圧の発達

コンター; NCEP海面気圧
影; 感度の大きな領域
(トータルエネルギー表示)⁸

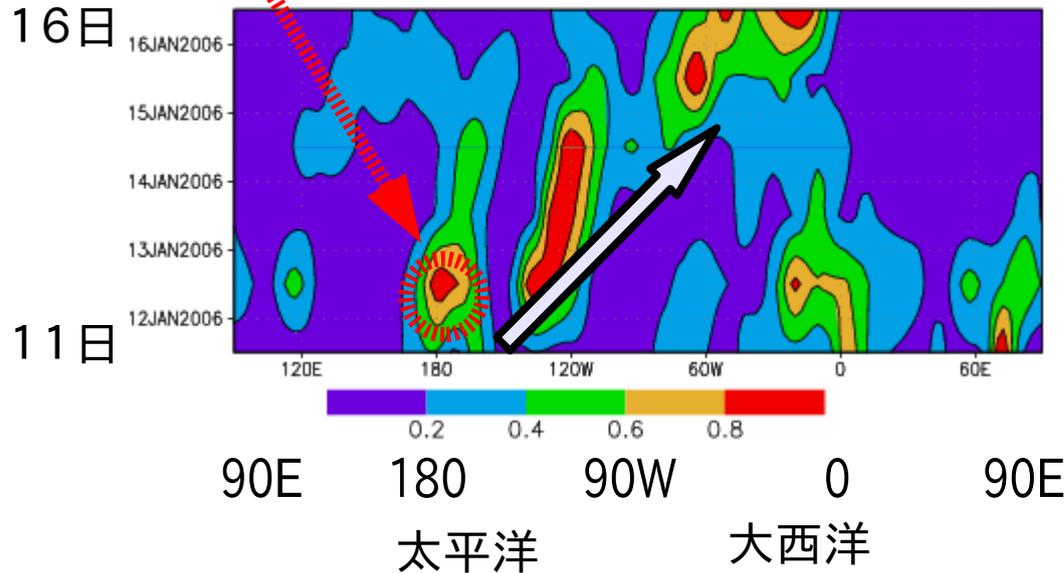
スプレッドの時間発展

250hPa高度場スプレッドを北緯40-70度で平均
各日付の経度方向の最大値が1になるように規格化

太平洋
低気圧発達
に対応

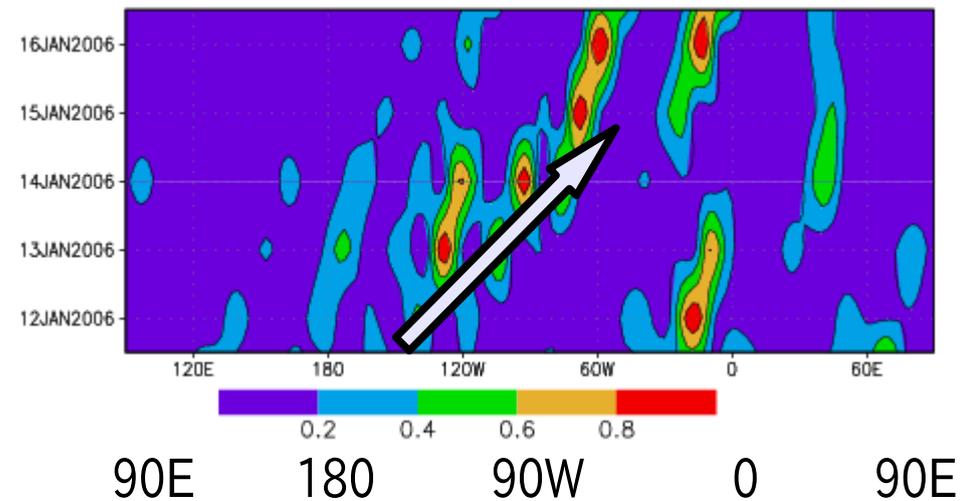
1月11日初期値メンバー

z250,00-06.11jan, z-spread



250hPa南北風の2乗(観測)

vv250 40 60

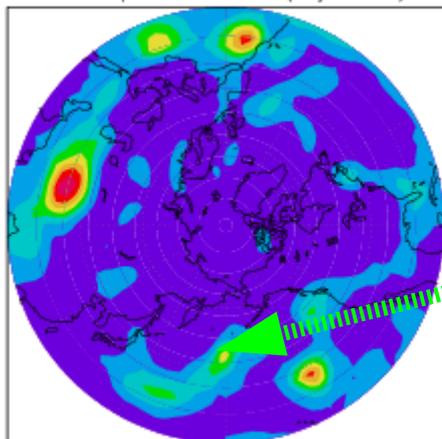


スプレッドの極大域の西へ伝播と「下流発達」に伴う群速度伝搬とほぼ一致
各アンサンブルメンバー中の下流発達の予測のバラツキを反映

スプレッドの時間発展(250hPa高度場)

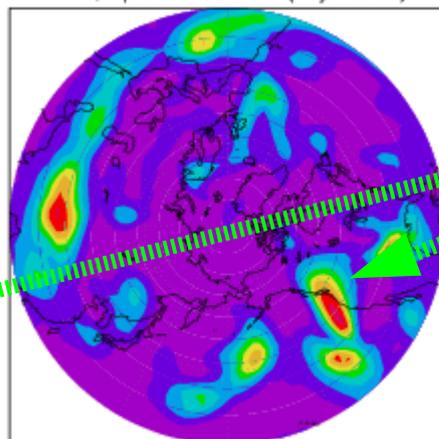
スプレッド 1月12日

spread 060111 (12jan2006)



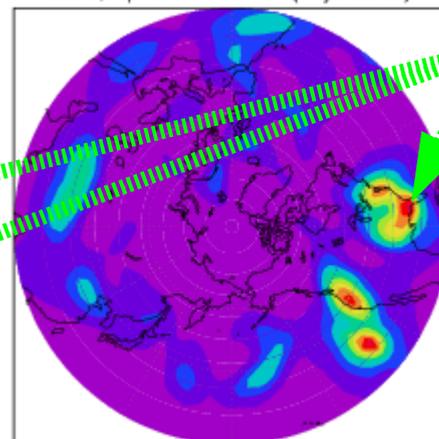
13日

z250, spread 060111 (13jan2006)



14日

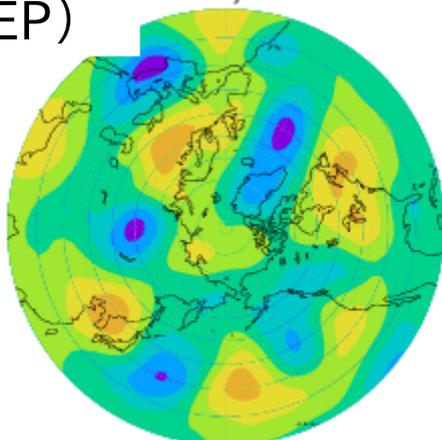
z250, spread 060111 (14jan2006)



スプレッド
極大

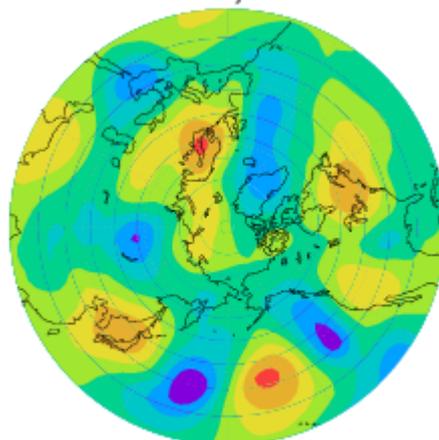
高度場偏差
(NCEP)

za250 12jan2006



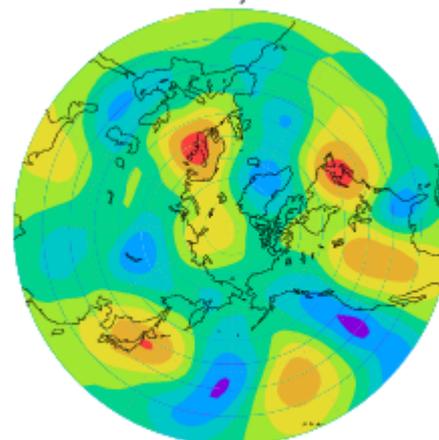
-400 -300 -200 -100 0 100 200 300 400

za250 13jan2006



-400 -300 -200 -100 0 100 200 300 400

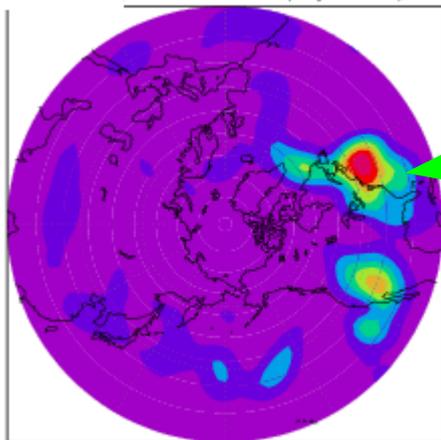
za250 14jan2006



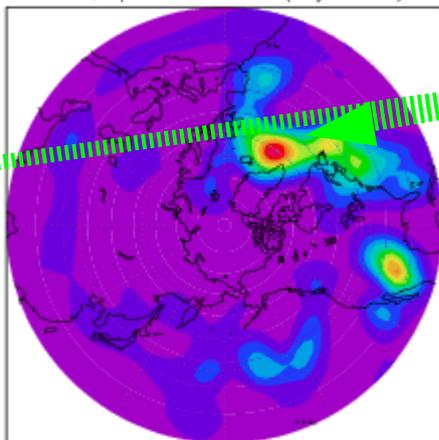
-400 -300 -200 -100 0 100 200 300 400

スプレッドの時間発展(250hPa高度場)

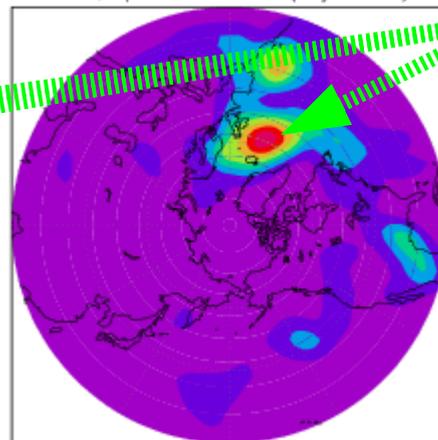
1月15日
スプレッド
spread 060111 (15jan2006)



16日
z250, spread 060111 (16jan2006)

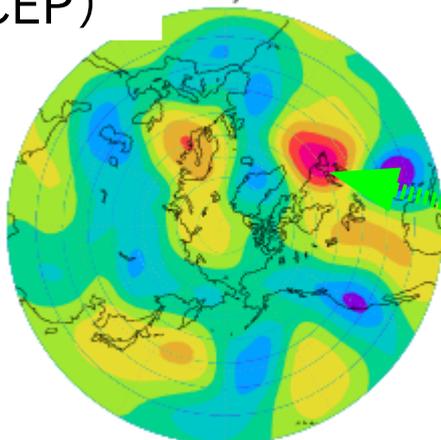


17日
z250, spread 060111 (17jan2006)

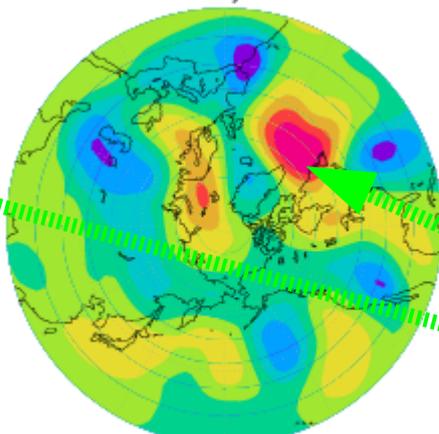


スプレッド極大

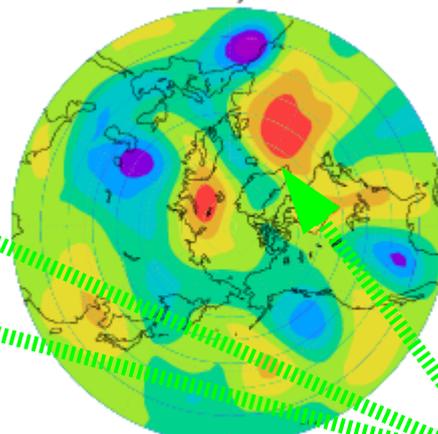
高度場偏差
(NCEP)
250 15jan2006



za250 16jan2006



za250 17jan2006



大西洋
高度場偏差
のやや北側に
スプレッドの
極大

大西洋
高気圧性偏差

成層圏へのスプレッドの伸展 (北緯50度断面)

(hPa)

16(+6 day)

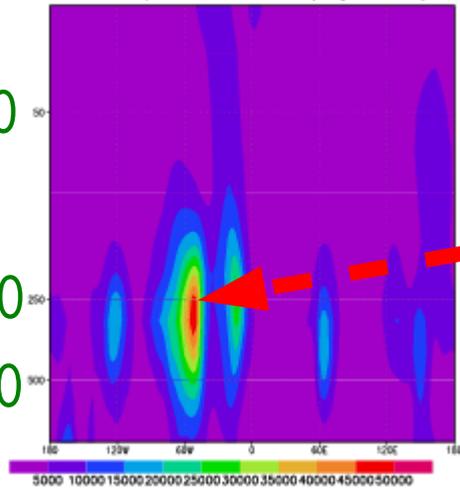
z.50, spread 060111 (16jan2006)

スプレッド

50

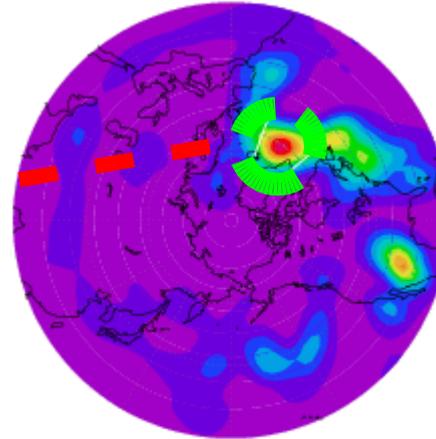
250

500



16日 (250hPa)

z250, spread 060111 (16jan2006)



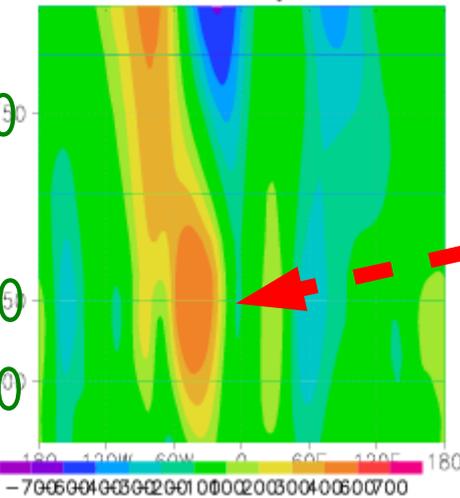
高度場偏差
(NCEP)

za-tnf 50N 16jan2006

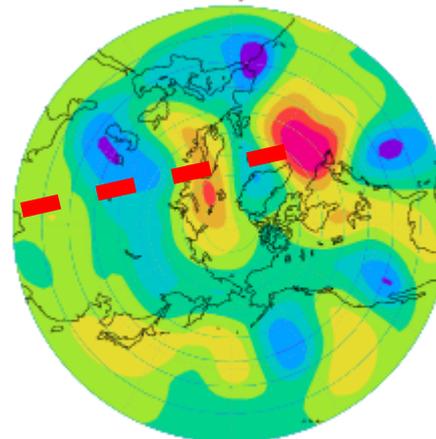
50

250

500

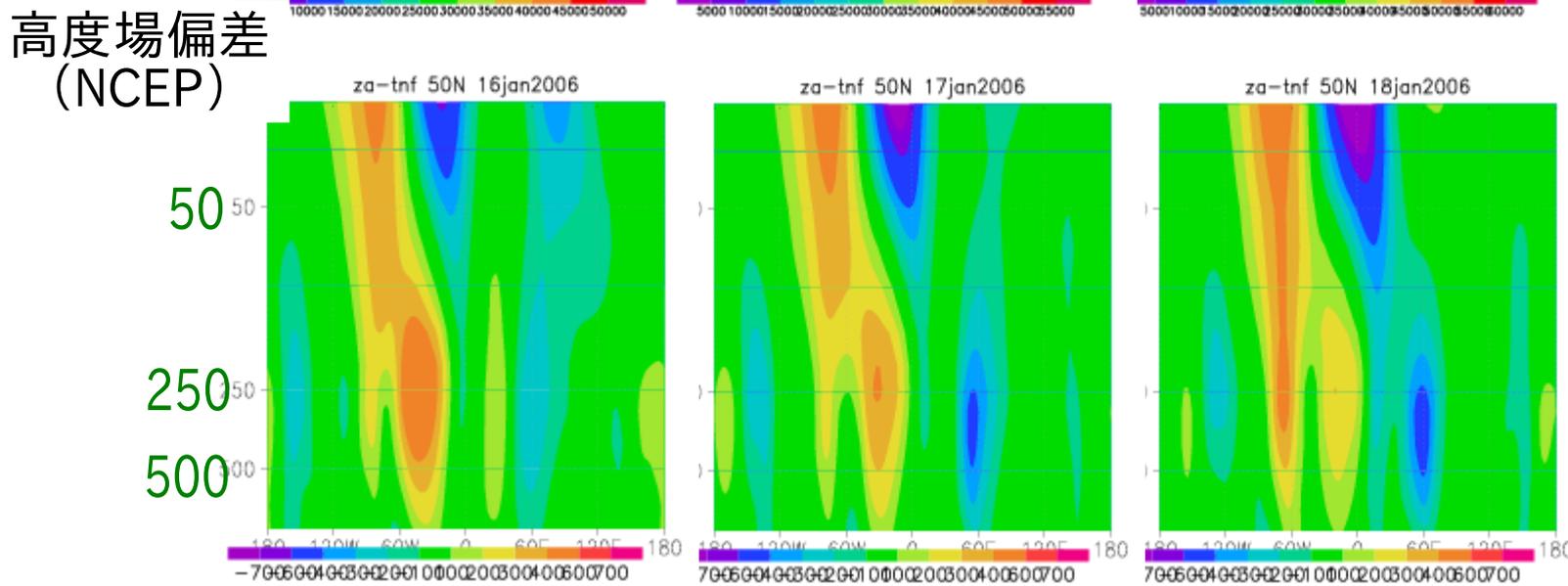
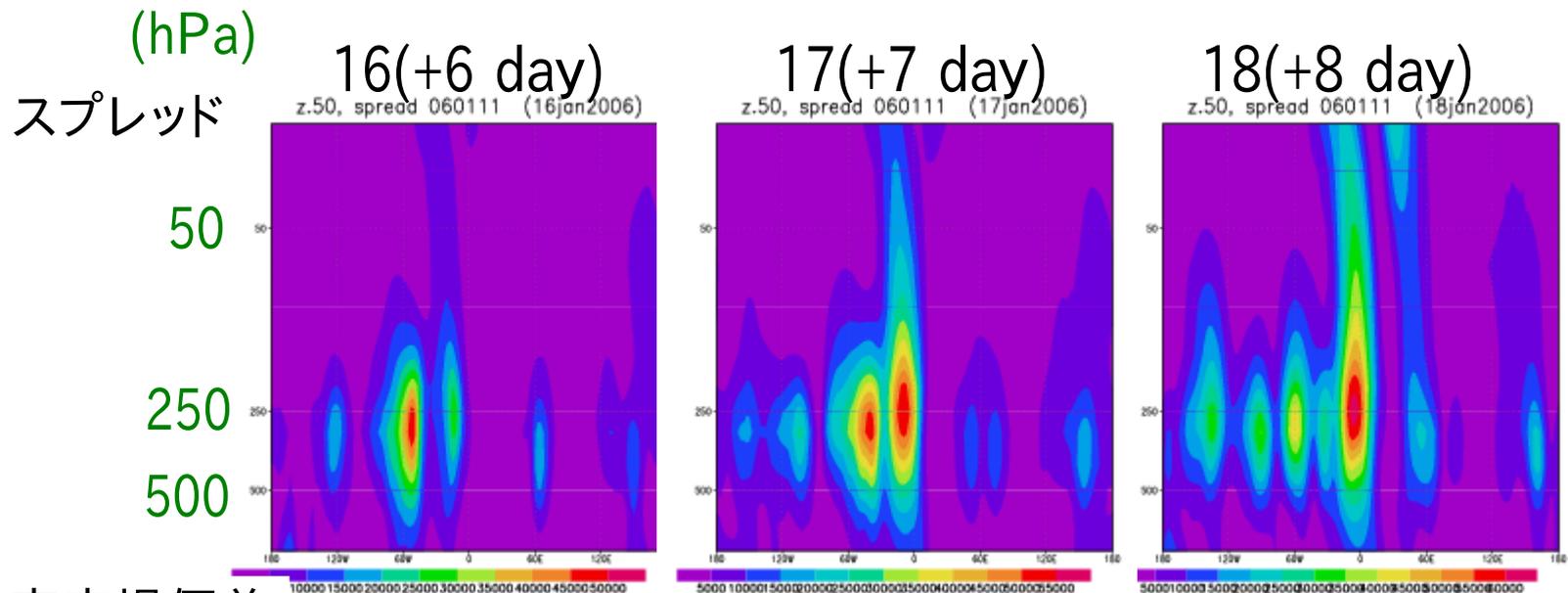


za250 16jan2006



大西洋

成層圏へのスプレッドの伸展 (北緯50度断面)

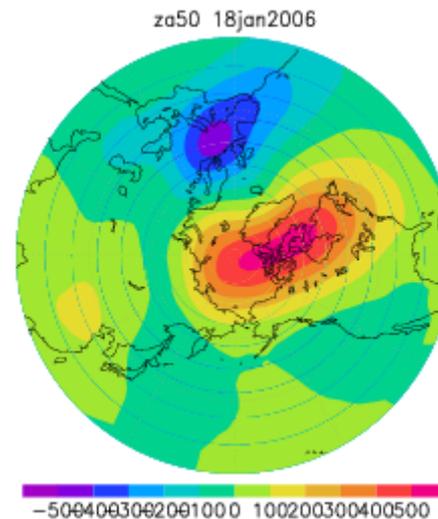
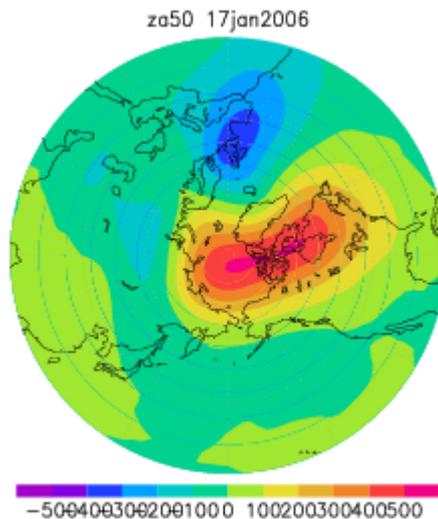
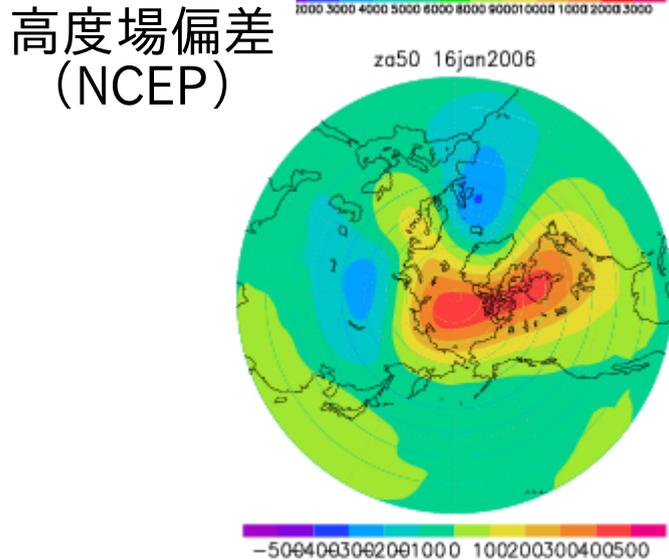
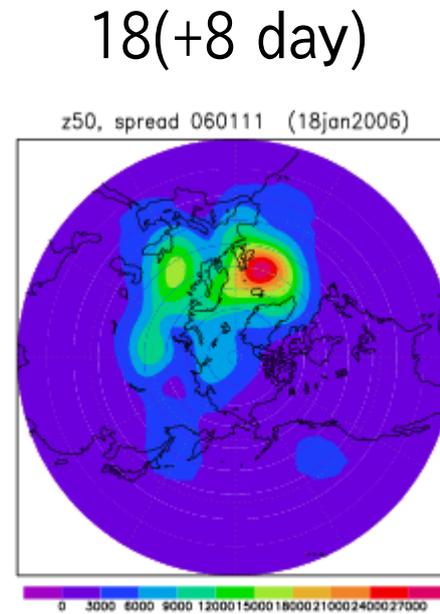
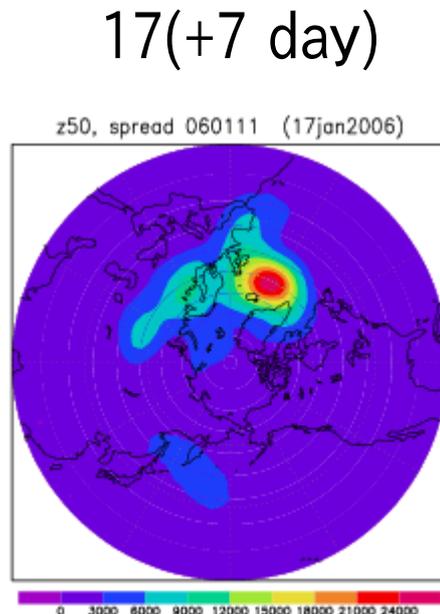
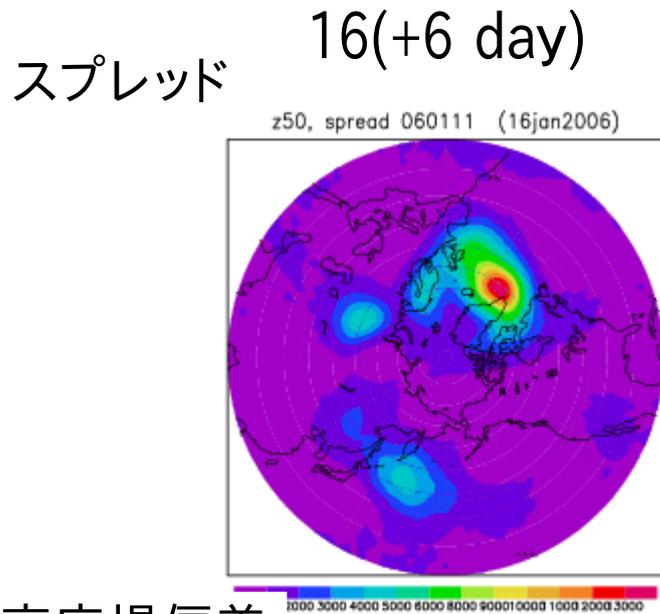


大西洋

波束伝搬
(対流圏
正偏差衰弱・
成層圏
負偏差発達)
と共に
スプレッドが
成層圏で増加

波束伝搬の
予測の
バラツキに
よって
スプレッドが
成層圏で増幅

下部成層圏でのスプレッド(50hPa高度場)



スプレッド
の極大域
が大西洋
上からヨー
ロッパ上に
ある

まとめ

11、12日にかけて発達した太平洋低気圧周辺の初期値誤差



太平洋から大西洋にかけての「下流発達」の予報誤差



大西洋上のストームトラック活動の予報誤差



大西洋上の高気圧性偏差発達の予報誤差



成層圏への上向き波束伝搬の予報誤差



成層圏突然昇温の予報誤差

Appendix 数値気象予報はなぜ困難なのか？

- 数値モデルの不完全性(解像度、物理過程、、、)
- 観測データ
 - 数の不足
 - モデルの自由度 $\sim 10^7$
 - 観測データ数 $\sim 10^4$
 - 観測誤差
 - 観測機器、空間代表性

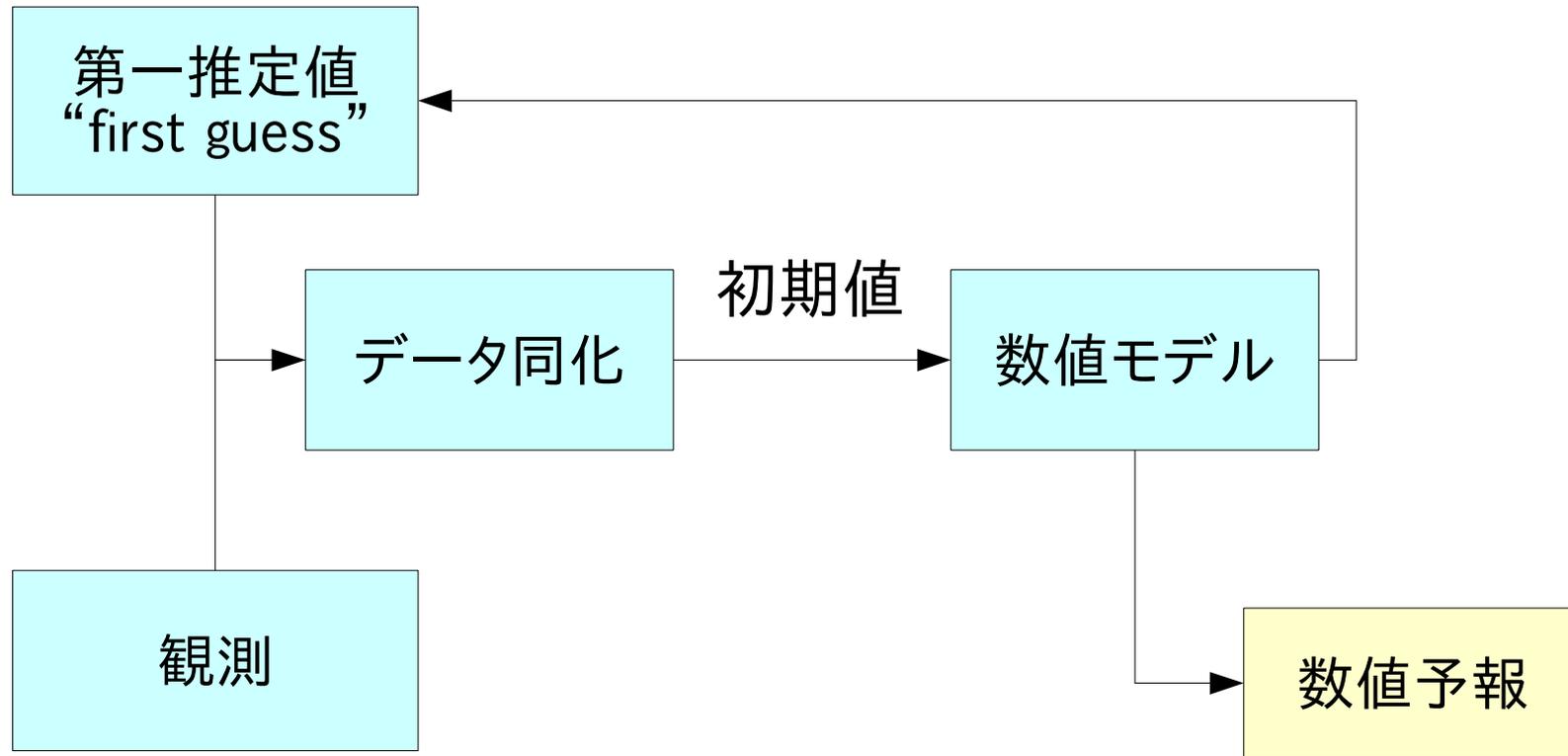
真の大気の状態を知ることは不可能

• 大気の支配方程式は非線型
• 初期値は誤差を伴う

モデルが完全だとしても
予報誤差は増大

Appendix 数値気象予報の手順

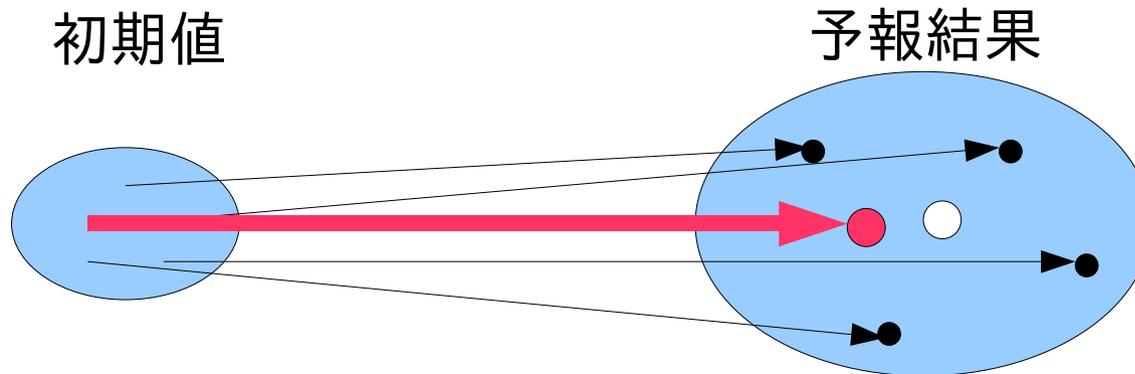
•解析予報サイクル



データ同化
過去の時刻からの数値予報の結果と、観測との”ブレンド”

アンサンブル予報とその利点

人為的な誤差を加えた初期値場を複数作成し予報した結果を平均



- 真値
- アンサンブル平均
- 各アンサンブル予報

大気の真の状態の確率密度分布の時間発展を、有限個のアンサンブル予報で近似する

- 予報誤差の減少
 - 各アンサンブルメンバーの予報誤差を打ち消しあうことにより、アンサンブル平均の誤差は各メンバーの誤差より小さくなる。
- 予報精度の”予測”
 - アンサンブルのスプレッド(メンバー間の標準偏差)は大気の予報精度の目安を与える