

黒潮流路予測実験に見られた誤差発展の特性

碓氷典久・辻野博之・藤井陽介・蒲地政文(気象研究所)

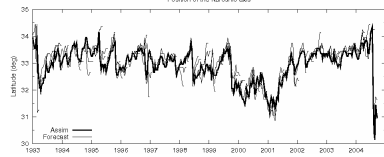
1. はじめに

MOVE/MRI.COMを用いた黒潮流路予測実験(碓氷ら, 2004春季大会)

- 海面高度の予測結果から見積った予測限界は40~60日。
- 直道から蛇行流路への遷移過程の予測結果が比較的よい。
 - 2004年夏の大蛇行流路は2ヶ月前からの予測に成功。
 - 同化による渦の注入とモデル力学による傾圧不安定の発達。
- 予測失敗例は2つのタイプに大別される。
 - (1) 蛇行の東進速度が実況よりも速い。
 - 初期値の力学アンバランスによるイニシャルショック。
 - (2) 実況にない非現実的な蛇行の予測。
 - ?

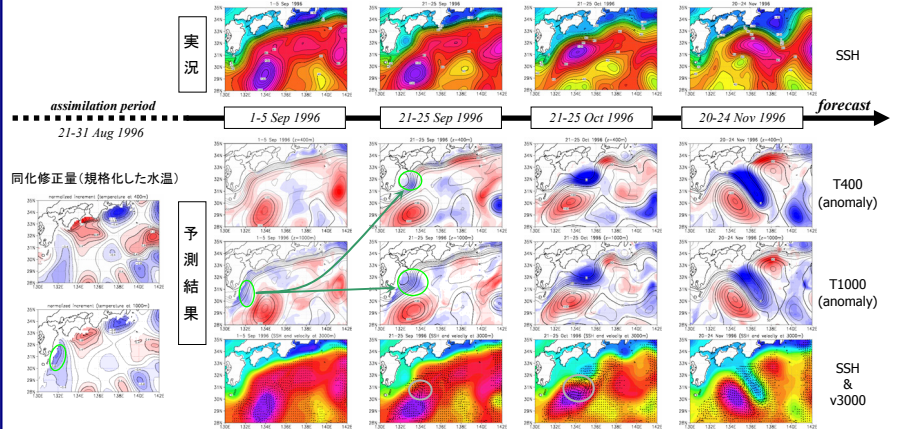
目的

- 失敗例のタイプ(2)について蛇行の原因を探る。
- Breeding法により蛇行の種は検出できるか?
- アンサンブル予測実験と予測スキルへのインパクト。



138°Eにおける黒潮流軸の位置(太線:同化, 細線:予測)

2. 非現実的蛇行の発生要因(1996年9月1日初期値の事例解析)



- 予測初期に中層(~1000m)に弱い冷水アノマリ。→急速に発達し、九州南東沖に冷水渦を形成。→紀伊半島の南で蛇行発達。
- 初期の中層の冷水アノマリは直前の同化により与えられた。
- トカラ海峡の東には強い暖水渦があり、9月下旬に下層(~3000m)において冷水渦と暖水渦の間に高気圧性渦が形成。
- 下層の渦が先行する位相関係のもと、蛇行が発達。→傾圧不安定(辻野ら, 2004春季大会)。
- 8月1日初期値の予測結果では蛇行は予測されていない(図略)。→同化で与えた中層の冷水アノマリが蛇行の引きかね?

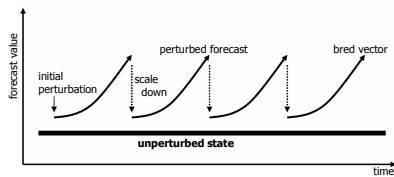
3. Breeding法によるbred vectorの見積りとアンサンブル予測実験

- モデルと外力が完全であると仮定すると、非現実的な蛇行の原因は初期値にあると考えられる。
- 1996年9月の例のような非現実的な蛇行を防ぐためには、発達し易い誤差(perturbation)を予め知っておくことが必要。
- Breeding法(Toth and Kalnay, 1997)によるアンサンブル予測実験

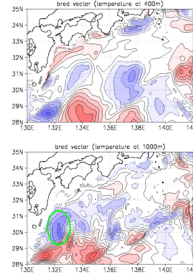
Breeding法とは?

- 初期値に誤差を混ぜ、誤差の成長(perturbed forecast)と誤差のscale downを繰り返すことにより継続的に成長する誤差を取り出す。
- 求める誤差はbred vectorと呼ばれ、力学的素性は局所リアプノフベクトル(Local Liapunov vector)に対応する。

- Breeding cycle: 毎旬(同化サイクルと同じ)。
- scaling factor: 水温・塩分場の標準偏差(同化再解析値から作成)。
- perturbationは水温・塩分をnudging(time scale: 2-day)で与える。
- 初期のperturbationは直前の同化修正量をscalingして与える。



Breeding cycleの模式図

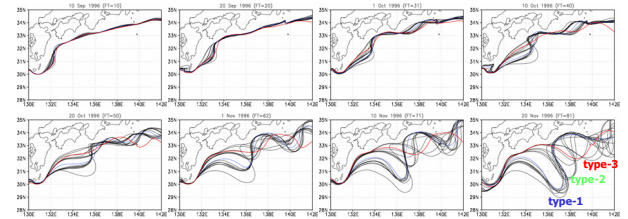


1996/6/1~9/10のbreeding cycleにより生成されたbred vector (上: 400m, 下: 1000mの水温)

九州南東の中層に強いシグナル。

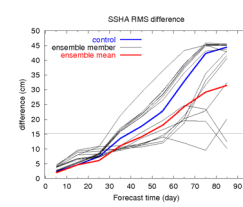
アンサンブル予測実験

- 1996/6/1, 6/11, 6/21, 7/1, 7/11, 7/21, 8/1を初期値として9/1までbreeding cycleを実行して7個のbred vectorを作成。
- 7(bred vectors) × 2 + 1 (control run) → 15 member



黒潮流路の予測結果(赤:実況, 青: control run, 黒: アンサンブルメンバー)。

- 予測結果の流路は3つのタイプに分歧。→黒潮流路のカオス性。
- 3つのメンバーは実況と同じ非大蛇行型流路を予測。



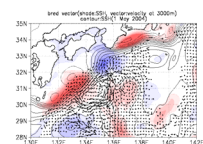
→3000m深における四国海盆付近の平均運動エネルギーの時間発展

→予測スコア(130°E-140°E, 28°N-34°N)における海面高度のRMSE

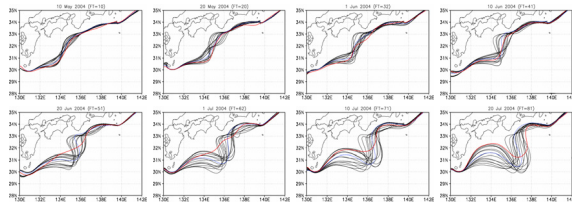
- アンサンブル平均の予測限界はcontrolより約10日改善(40~50日)。
- 予測期間が長くなるほどスコアへのインパクトは大きい。
- 流路タイプ1, 2では9/20~30付近に下層の運動エネルギーが急激に増加。→傾圧不安定による高気圧性渦の生成。

4. 2004年大蛇行への適用

- 2004年5月1日初期値。
- 2004/2/1, 2/11, 2/21, 3/1, 3/11, 3/21, 4/1を初期値として5/1までbreeding cycleを実行して7個のbred vectorを作成。
- 15メンバーによるアンサンブル予測。



2004/2/1~5/1のbreeding cycleにより生成されたbred vector (shade:SSH, vector: velocity at 3000m)。等値線は5月1日の海面高度を表している。



黒潮流路の予測結果(赤:実況, 青: control run, 黒: アンサンブルメンバー)。

- Bred vectorは3000mに高気圧性渦, その上(下)流に海面高度で正(負)の偏差。→傾圧不安定の構造を反映?
- 予測結果は、全メンバーで大蛇行を予測。
- しかし、全メンバーにおいて蛇行の発達が実況よりも早い。
 - 小蛇行の発達過程にモデルバイアス?
- 予測スコアはモデルバイアスのため、インパクトは小さい。

5. まとめ

予測失敗例に見られた非現実的蛇行の要因

- 初期の中層の冷水アノマリが傾圧不安定により発達し、蛇行を発生させた。
- 初期の冷水アノマリは、直前の同化により与えられた。

Breeding法によるアンサンブル予測実験

- Breeding法により生成されたbred vectorは九州南東の中層に強いシグナル。
- 15メンバーによるアンサンブル実験において流路は3つのタイプに分歧。そのうち、3メンバーが実況と同じ、非大蛇行型流路を予測。
- アンサンブル平均の予測限界はcontrolに比べて約10日改善。
- 2004年の大蛇行予測実験では、傾圧不安定の構造を反映したbred vectorが生成された。
- 全メンバーが大蛇行を予測したが、小蛇行の発達過程にモデルバイアスが見られた。
- 物理的知見に基づいたアンサンブル実験の必要性?