

確率的物理過程強制法によるモデルアンサンブルの開発

米原 仁*、小森 拓也、酒井 亮太 (気象庁予報部数値予報課)

1. はじめに

気象庁では 2007 年 11 月に、週間アンサンブル予報システム (週間 EPS) を更新し、Singular Vector (SV) 法により作成した摂動を用いて初期値集合のアンサンブルを運用している (酒井 2008)。一方で、アンサンブル予報においては、初期値の不確実性を考慮した初期値摂動のみのアンサンブルを行うのでは不十分で、予報モデルの不確実性も同時に取り扱う必要があることが指摘されている。実際、ECMWF 等いくつかの現業センターでもそれを考慮した EPS がすでに運用されている。また、現在の気象庁週間 EPS においては、夏季のスプレッドが予報誤差と比較して熱帯で予報期間全体に亘って大きく不足し、また北半球の中緯度帯でも予報期間後半で小さくなっていることが過去の実験から指摘されている。確率情報精度の高度化やより良い実況捕捉のためにも、モデルの不確実性を取り扱う手法 (モデルアンサンブル) の開発が必要である。

そこで現在我々は、モデルアンサンブル手法の一つである確率的物理過程強制法の評価実験を行っている。今回はこれまでの結果を報告する。

2. 確率的物理過程強制法

確率的物理過程強制法 (stochastic physics) は、モデルの不確実性を確率論的に取り扱う手法の一つである (Buizza 1999)。この手法では、物理過程で表現されないサブグリッドスケールのランダムな誤差を、対象とする部分の時間変化量に応じた確率的な摂動によって表現する。時刻を t 、 j 番目のアンサンブルメンバーの状態ベクトルを e_j とし、 e_j の時間発展方程式は、

$$\frac{\partial e_j(t)}{\partial t} = F(e_j; t) + r_j(\lambda, \phi; t)P(e_j; t)$$

と書かれる。ここで右辺第 1 項の F は元の予報方程式の時間変化項であり、 P はその F のなかの一部分のみを抜き出したものである。また r_j は平均が 0 の確率変数であり、 $(\lambda, \phi; t)$ は緯度 λ 、経度 ϕ および時刻が異なれば r_j が異なることを表す。ただし、ここで表現されるランダム誤差は、空間的にも時間的にもある程度近傍では相関を持っていると考えられるので、その効果を取り入れるために確率変数も近い場所では同一で、一定時間内は変化しないものを用いる。また確率変数は鉛直方向で同一にとる。

今回の実験では、 r_j の分布としては -0.5 から 0.5 の範囲の一律分布を用いた。また相関の効果として r_j を緯度経度 10 度毎の区間では同じにし、6 時間の間値を変更せずに用いた。P としては全ての物理過程による時間変化項を対象とした。これらは ECMWF の現業 EPS と同じ設定である。

3. 結果

この手法を評価するために、SV 法による初期摂動のみを加えた場合 (実験 SV)、確率的物理過程強制法による摂動のみを加えた場合 (実験 STC)、その両方を加えた場合 (実験 SV+STC) の 3 つの条件で実験を行った。対象期間は 2004 年 8 月 24 日から 8 月 30 日までの期間の、それぞれの 12UTC 初期値を用いた 216 時間予報である。解像度 TL319L60 やメンバー数 51 等の基本的な EPS の構成は 2007 年 11 月以降の気象庁週間

EPS と同じである。

図 1 に、今回の実験期間における 500hPa でのジオポテンシャル高度 (Z500) のスプレッドの領域平均を示す。左図が北緯 20 度以北の北半球領域 (NH)、右図が南緯 20 度から北緯 20 度までの熱帯領域 (TR) での平均である。予報前半では両領域とも、SV 法により予報初期で誤差成長率の高い初期摂動が選択されている実験 SV に比べると、実験 STC のスプレッド成長率はかなり小さい。一方で予報後半では、実験 STC の成長率は実験 SV に比べ大きくなっている。また NH 領域では、実験 SV ではスプレッドが飽和傾向であるのに対し、実験 STC のスプレッドはほぼ指数関数的に成長している。

図 2 に、今回の対象期間における実験 SV+STC の領域平均 Z500 スプレッドから実験 SV のそれを引いたもの示す。どちらの領域でも、実験 SV に比べ同程度スプレッドが大きくなっている。NH 領域ではスプレッドの増加は相対的に小さいが、TR 領域ではこの手法によりスプレッドが一割程度大きくなり改善している。

この手法による総観場の変化を調べるため、24 日 12UTC 初期値の、実験 SV+STC と実験 SV の同じ初期値を持つメンバー同士の予報を比較した。図 3 に NH 領域での予報と予報の Z500 のアノマリー相関係数を示す、図にはコントロール同士を除く 50 メンバーの結果がプロットしてある。予報前半では全てのメンバーが 0.95 以上の高相関を示し、この手法による摂動を加えることによって総観場はほぼ変化していないといえる。一方、後半では急激に相関係数が小さくなり始め、場が異なるメンバーが存在する。また、予報後半での各メンバーの降雨域を比較すると (図略)、実験 SV より実験 SV+STC の方が実況に近くなっているメンバーも見られ、この手法の導入による実況捕捉向上の可能性を期待させる結果となっている。

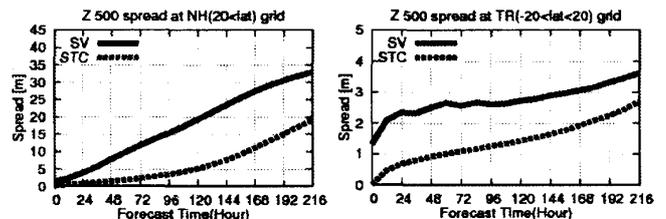


図 1. 実験期間の Z500 の領域平均スプレッド。左図が NH 領域、右図が TR 領域。実線が実験 SV、破線が実験 STC。

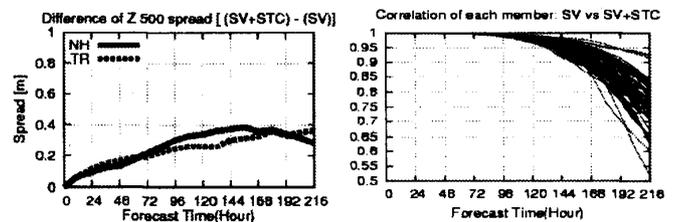


図 2. Z500 スプレッドの差。実験 SV+STC から実験 SV のスプレッドを引いたもの、実線が NH 領域、破線が TR 領域。
図 3. 実験 SV+STC と実験 SV 予報の Z500 アノマリーの相関係数。同じ初期値の予報同士の 50 組。

参考文献

酒井 亮太, 経田 正幸, 山口 宗彦, 門脇 隆志, 2008: 日本気象学会春大会予稿集。
Buizza, R., M. Miller, and T.N. Palmer, 1999: Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 125, 2887-2908.