

デジタルフィルターによる気象庁非静力学モデルの初期値化

室井ちあし（気象研・予報）

1. はじめに

予報モデルの予報開始直後においては、一般に高周波ノイズが発生し、予報場を乱してしまう。これは主に、データ同化や外部モデルの予報値からの内挿で得られた予報モデルの初期値において、気圧と風がバランスしていないために生じるものである。従来の静力学モデルでは、ノーマルモードイニシャライゼーションにより初期値化を行っている。気象庁非静力学モデルにおいては初期値化をおこなっていないため、予報開始直後にはノイズが見られる。

そこで本研究では、より簡便なデジタルフィルターを気象庁（数値予報課・気象研究所統一）非静力学モデルに導入し、立ち上がり的高周波ノイズを消去し、短時間予報の精度を向上させることを試みた。

2. デジタルフィルターによる初期値化(DFI)

予報モデルによる初期値からの予報値時系列に対して、格子点毎にデジタルフィルターを適用することにより、高周波成分を除去することで初期値化を行う。すなわち

- (i) 予報値をフーリエ変換値を求める。
- (ii) 高周波に対する係数をゼロとする。
- (iii) 逆変換を行う。

ことで行う。この手法はヨーロッパのメソモデルHIRLAM, カナダ気象局の全球モデルGEMで実用化されている。

実際には、これらの手続きをたたみ込み(convolution)することにより、有限近似した場合のフィルターされた値 X_0 は、時系列予報値 $X_{-N}, X_{-N+1}, \dots, X_0, X_1, \dots, X_N$ より、

$$X_0 = \sum_{k=-N}^N h_k X_k$$

と求めることができる。ここで

$$h_k = \frac{\sin k\theta_c}{k\pi}, \theta_c = \frac{2\pi\Delta t}{T_c}$$

で、 T_c がカットオフ周期である。このままでは Gibbs の現象が顕在化するため、これを回避するために、 h_k の代わりに Lanczos filter

$$w_k = \frac{\sin \frac{k\pi}{N+1}}{\frac{k\pi}{N+1}}$$

を用いて

$$X_0 = \sum_{k=-N}^N w_k h_k X_k$$

と計算される。

初期時刻に相当するフィルターされた値を求めるためには、前方積分と後方積分を両方行う必要があるが、その際に非断熱過程の取り扱いが大きな問題となる。ここでは後方積分は行わず、前方積分のみで初期値化を行った。したがって、求まるフィルターされた値はもとの初期時刻に対応するものではなく、フィルター期間の半分だけ進んだ時刻に対応し、その時刻の値を改めて初期値として予報を開始することになる(図1)。実際の予報システムに適用する際には、観測から予報プロダクトの作成まで一定の時間が経過していることから、前方積分のみの初期値化で実用上の問題はないと考えられる。

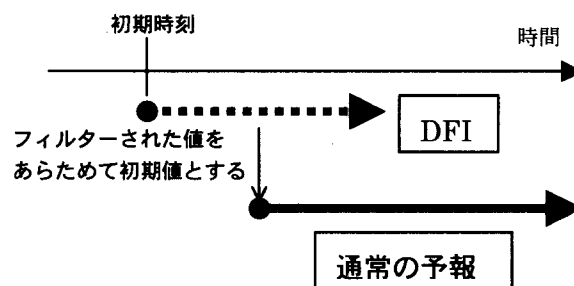


図1：デジタルフィルターによる初期値化(DFI)およびそれをもとにした予報の概念図

デジタルフィルターによる初期値化のメリットは、その実装が極めて簡便なことである。またその実行に要するコストは、予報モデルをそのまま時間積分することのみ（フィルターに要するコストは無視できる）である。デメリットは、カットオフ周期の設定に任意性があることである。シミュレートする現象のスケールやモデルの解像度に応じてカットオフ周期の設定を変更する必要がある。

3. 初期値化による効果

気象庁非静力学モデルMRI/NPD-NHMにデジタルフィルターを導入し、初期値化のテストを行った。水平解像度10km、格子点数は202x202x38とし、初期値は2001年6月11日00UTC初期値の水平解像度20kmのRSMによる6時間予報値から内挿して作成した。時間積分法には、音波を水平方向には陽に取り扱うHE-VI法を採用した。カットオフ周期を1時間に設定し、前方積分しながらデジタルフィルターを施すことによって、30分目の初期値を取得し、それをもとにさらに予報した。また、初期値化を施さない通常の予報も行い、結果を比較した。

図2に、地上気圧の時間変化率の絶対値の領域平

均値を示す。これによると、通常の予報では予報開始約2時間までは高周波ノイズが見られる。デジタルフィルターによる初期値化では予報開始直後もノイズは見られず、予報時刻30分～2時間は初期値化をしないものと比較して高周波ノイズを除去していることがわかる。また図3に、予報領域中央の点での地上気圧の時系列予報値を示す。初期値化をしない予報では立ち上がり数分間は極めて短い周期の波動が卓越し、その後2～3時間予報値までは数分から20分程度の周期の高周波ノイズが表れている。それに対し、デジタルフィルターによる初期値化を施した予報では、予報開始直後に弱い高周波モード

が見られるものの、その後はスムーズな予報時系列値になっていることがわかる。

4. まとめと問題

気象庁非静力学モデルにデジタルフィルターによる初期値化を導入し、予報開始直後の気圧変動が減少することを確認した。

カットオフ周波数の設定に任意性があり、初期値化により場をスムーズにさせすぎている懸念もある。様々な事例に適用することにより、初期値としての妥当性や予報への影響を評価する必要がある。

図2: 地上気圧時間変化率の絶対値の領域平均

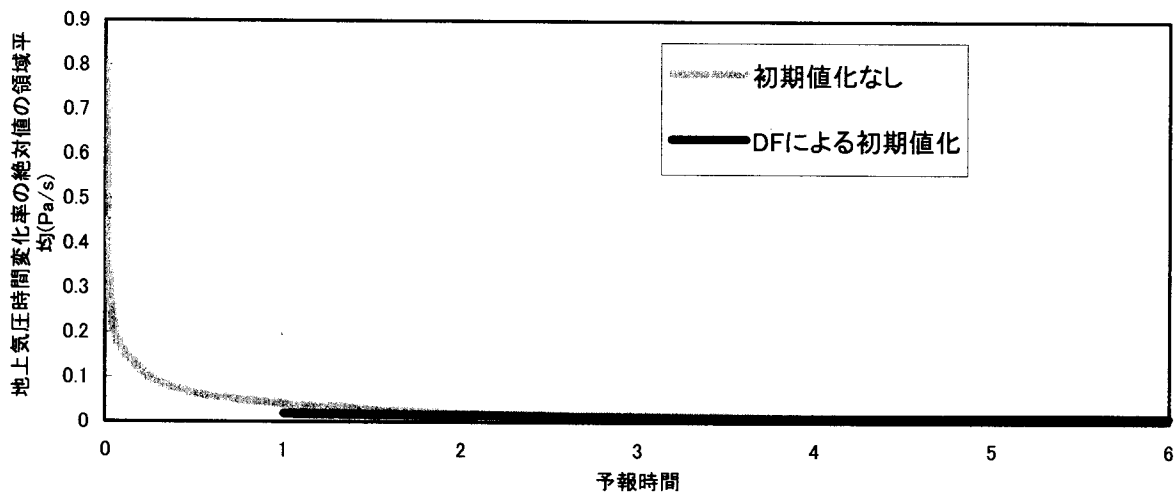


図3: 領域中央の地上気圧の変化

