

氏名(本籍)	野原大輔(茨城県)		
学位の種類	博士(理学)		
学位記番号	博乙第2021号		
学位授与年月日	平成16年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当		
審査研究科	生命環境科学研究科		
学位論文題目	Estimate of Atmospheric Predictability and Development of Prediction Model Using Ensemble Forecast Assimilation in Nonlinear Dynamical System (大気の予測可能性の評価と非線形力学システムにおけるアンサンブル予報値同化を利用した予報モデルの改善法)		
主査	筑波大学助教授	Ph. D.	田中博
副査	筑波大学教授	理学博士	木村富士男
副査	筑波大学併任教授	理学博士	鬼頭昭雄
副査	筑波大学講師	博士(理学)	植田宏昭

論文の内容の要旨

本学位論文は、過去の類似した天気図を基に大気の予測可能性の評価を行い、非線形システムにおける予報スキルの向上を目指した新しい予報値の同化手法の開発を行ったものである。大気の予測可能限界 P は、初期誤差 E が現実大気における変動の平均から 1 標準偏差の範囲と定義される気候的ノイズレベルまで成長する時間と定義した。全部で 185,547,600 ペアの天気図を探したが、 E が十分に小さい時の誤差成長を調べられるほど十分な類似天気図は存在しなかった。ただ、 E の振る舞いは 2 次誤差成長モデルで説明できる。 P と E の散布図に 2 次誤差成長モデルを回帰することで、十分に小さい E を $1/e$ 倍にしたとき、 P が約 2.88 日延びることが推定された。予測可能限界 P は El Nino や La Nina, PNA や NAO などの長周期変動の境界条件によって変動する。正の PNA や NAO の時、類似ペアの差は平均よりゆっくりと成長し、La Nina や負の PNA の時、類似ペアの差は早く成長した。これらの結果は予報データでも検証された。

一方、予報値の同化とは、個々のアンサンブルメンバーが少しずつ保有している真値の情報を、データ同化のようにひとつの予報値に集約させる解析手法である。一連の同化実験は、簡単なローレンツシステムで構成された完全モデルに対して、カルマンフィルターを用いて行った。まず、真値の周りにガウス分布の誤差を含む 101 メンバーのアンサンブル予報を行い、その中の一例を基準ランとする。統計的な有意性を得るために予報値の同化実験を、それぞれ異なった初期条件で 5000 回繰り返した。予報開始直後では、線形的な誤差増幅によりアンサンブルメンバーの分布はゆがめられ、その後、非線形効果が卓越する。アンサンブル予報の誤差がある程度成長した後、予報値の同化を開始した。同化された予報のスキルは、常に基準ランを上回っている。アンサンブル予報の根二乗平均誤差が小さい場合、同化された予報は通常のアンサンブル平均より劣っている。しかし、誤差が十分に発達し、それが飽和に達するまでの期間に対しては、同化された予報はアンサンブル予報より優れた予報となることが示された。この結果、複数の解析値や複数のモデルを利用したアンサンブル予報のような解析誤差やモデル誤差がキャンセルされる場合、この予報値の同化はより良い予報を提供することが期待される。

審査の結果の要旨

本学位論文は、以上のように、気象学における中心課題とも言える短期・中期予報に関する研究分野において問題となっている大気予測可能性の評価を行い、非線形力学システムに対するアンサンブル予報に同化技術を応用した新しい予報システムを開発したもので、画期的な知見をもたらす業績として高く評価される。新たな知見のひとつは、現実大気の過去50年間の日々の天気図の中から類似天気図を探し出し、これまでに調べられているモデル大気ではなく、現実大気を対象に予測誤差の成長率を明らかにした点である。ふたつ目は、現在、中長期予報で主流となっているアンサンブル予報技術に、カルマンフィルターを用いた4次元同化技術を世界ではじめて応用し、これまでのアンサンブル予報では達成できない力学的に一貫性のあるアンサンブル予測技術を開発した点である。これらの研究は国際学術雑誌（紀要を含む13編の内2編が筆頭著者）として発表され、既にその優れた業績が認められている。天気予報技術に関連するその他の研究についても、これまでに多数執筆しており、学位を取得するに足る業績を挙げている。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。