

審査の結果の要旨

氏名 ドゥリニ ヤサーラー ムドゥンコトウウェ

近年の北極海の海氷減少により、北極海を商業航路として活用できる可能性が高まり、利用が急激に伸び始めている。しかしながら、海氷が船舶の航行にとって有害な障害物であることに変わりはなく、安全かつ効率的な航路利用のためには、正確な海氷将来予測をすることが、極めて重要である。本研究は数値モデルを用いた氷況短期予測の精度向上に向けて、海氷観測データの同化手法を研究したものである。

本論文は9章より構成されている。第1章は序論であり、近年の北極海の急激な海氷減少と、それに伴い利用が進んでいる北極航路や資源開発のために、精度良い海氷予測が益々重要になってきていることを述べ、数値モデルによる海氷予測へのデータ同化が有効な手段になりうることを論じている。また、海氷観測データの同化研究をレビューし、その研究がまだ黎明期にあり既存研究では検討が不十分であることを述べている。

第2章は本研究に用いた海氷・海洋連成モデル (Ice-POM) について説明し、空間解像度 25km の中解像度で北極海全体を計算するモデルにて同化研究を行う理由を述べている。同化する海氷観測データは、海氷密接度、海氷厚さ、海氷漂流速度であり、どれも、衛星リモートセンシングにより得られるものである。

第3章はデータ手法の説明である。まず、Nudging による同化の係数決定に必要な海氷の観測誤差について調べている。次に、複数の大気予測モデルによる結果を駆動力として誤差共分散行列を計算してゆく手法 (Atmospheric forcing Kalman filter 法、以降 AFKF と表記) を説明している。また、データ同化に伴い修正される計算格子ごとの海氷の消滅・生成に伴う修正法を示している。

第4章は Nudging のもっとも簡単な手法である Direct Insertion 法 (観測誤差を考慮せず、観測結果をそのまま計算に導入するもの) を用いて、同化の効果を調べている。その結果、データ同化により計算精度が大幅に向上することを具体的に示している。そして、同化の時間間隔や期間の影響を調べ、両者についてどの程度の時間間隔や期間が必要かという、有益な示唆を得ている。

第5章は Nudging 手法について、深く検討している。まず、Nudging 係数の影響を調べたあと、ショック緩和のための緩和時定数の影響を調べている。そして、一つの海氷パラメータ、例えば海氷密接度を同化するだけでも海氷厚さの計算精度が向上することとその理由を述べている。さらに、観測誤差を考慮した方法についても、種々検証している。

第6章は AFKF 法について検討している。世界各国の気象予報機関の大気数値モデルによる計算結果のうち、北極海域で信頼し得る結果を出している7機関のデータを用いて、アンサンブル海氷・海洋計算をしている。まず、大気データの分散を調べた後、Kalman フィルターを用いたデータ同化を行なって、海氷密接度、海氷厚、海氷漂流速度全てにおいて良好な結果を得ている。

第7章は、本研究で検討した各種同化手法の相互評価である。定量的に精度と計算時間

を比較し、AFKF 法が一番精度良い結果を与えるものの Nudging 手法に比べて一桁大きい計算時間が掛かるので、目的と計算機環境に応じて使い分けることを推奨している。これは当然の結果であるが、それを定量的に示している所に価値がある。

第 8 章は高解像度領域モデルへの同化手法の検討である。中解像度広域モデルによるデータ同化計算結果を初期値および境界条件として、高解像度 (2.5km) 領域モデルに対して本研究で検討した同化手法を適用し、その効果を調べている。その結果、同化の効果はあるものの、中解像度モデルの結果を高解像度モデルの初期値および境界条件として用いたことによる精度向上が大きいいため、結果として、高解像度領域モデルではデータ同化手法による差はそれほど大きくないことが分かったとしている。これはまた数値モデルによる氷況短期予測に対する大変有益な結果である。

第 9 章は結論であり、上記のことを纏めている。

したがって、博士 (環境学) の学位を授与できると認める。

以上 1720 字