

論文審査の結果の要旨

氏名 三浦 裕亮

本論文は、7章からなり、第1章は、球面測地格子系を用いた数値モデルについての概要、第2章が、球面測地格子系に対する各種の格子最適化法の比較、第3章が、Z-タイプの変数配列を行った浅水方程式系モデルの性能比較、第4章が、A-タイプの変数配列を行ったモデルの性能比較、第5章が ZM グリッドでのモデルの詳細、第6章が ZM タイプの浅水方程式系モデルでの結果、そして、第7章で、まとめが述べられている。

気象学や気候変動の研究に用いられている大気大循環モデルは、現在水平格子間隔が 100 km 程度であるが、将来は、雲を直接表現できるような水平格子間隔 1 – 2 km の非静力学大気大循環モデルの開発が望まれている。しかしながら、このような細かな格子間隔を用いると現在の緯度・経度格子系などでは、極域で格子間隔が短くなり計算効率が落ちてしまう。また、スペクトル法などの手法では、Gibbs 現象や、ルジャンドル変換の効率が落ちることなどにより適当とは考えられない。このようななかで、球面測地格子系は、高分解能モデルのための、地球全域を覆う格子点モデルのための格子系として最近着目されてきている。

球面測地格子系に関しては、過去にいろいろなスキームが提案されている。しかしながら、球面測地格子系をそのまま用いると計算精度が悪く、格子を最適化して計算精度を高める必要がある。これらの最適化に関しては、研究者ごとに異なる方式を用いており、それらの性能を系統的に比較した研究は行われていない。そこで、申請者は、浅水方程式系モデルを用いて、さまざまな格子系の比較研究を行った。

まず、格子系の最適化という観点から以前に提案されている手法、ならびに、申請者によって改良された手法を比較した。比較した手法は、Heikes and Randall(1995)の手法で最適化された HR95、HR95 では、高解像度で最適解が求まらないという欠点を申請者自身が改良した I-HR、I-HR で損なわれる格子間隔の一樣性を改良した M-HR などである。格子系が満足すべき条件として、変数の定義点が格子の重心に一致すること、定義点相互を結ぶ線が格子壁と直交し、2等分すること、また、等方性、一樣性などをあげ、格子系の比較を系統的に行った。その結果、すべての点で優れている最適化法は存在しなかったが、それぞれの手法がどのような点で優れているのかが整理された。

ついで、浅水方程式系モデルを用いて最適化手法の比較を行った。従来は、質量・運動量が同じ点で定義される A-タイプの変数配置が採用され、有限差分法か有限体積法を用

いてモデルが作成されていた。しかしながら、有限差分法では質量などの保存則を満足させることが難しく、有限体積法では、演算子の計算精度がでない。そこで、本研究では、質量などの保存性を高めるため連続の式には有限体積法、また、傾き演算子の計算には有限差分法を用いる方式を提案し、この手法が高解像度のモデルを構築する場合に、精度の面から有利であることを示した。

さらに、質量・トレーサーなどは格子の中心で定義し、運動量などを格子の頂点で定義する ZM グリッドの浅水方程式系モデルを構築した。ここでは、質量場の傾きを求める傾度演算子を近接する 6 点を用いる 2 次精度の近似を考案して、赤道付近での誤差による質量が流れる問題を解決し、計算が安定に走ることを示した。また、1 点に強制力を与える地衡風調節の問題を例として、ZM グリッドの有効性を示した。

以上のように、本研究は、球面測地格子系のグリッドのとり方について統一的な取り扱い方を示した点と、将来有望と思われる ZM-グリッドに関する諸問題を解決し、初めて安定的に時間積分できることを示した点で、学問の発展に寄与したところは大きいと判断する。

なお、本論文の一部は指導教官との共著論文として投稿予定であるが、論文提出者が主体になって研究を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。