

## 論文審査の結果の要旨

氏名 中野英之

海洋深層の循環は表層に比較してゆっくりしているが、熱容量は膨大であり、大気海洋系における熱輸送の重要な担い手である。このため、海洋深層循環の変動は気候の長期変動に大きな影響を持つことが知られている。しかし、海洋深層の循環や水塊分布は、表層に比較して、これまで十分な精度では数値モデル化されていなかった。

本論文は4章からなっている。第1章は導入部であり、気候変動研究に対する海洋深層循環の数値モデリングの重要性、海洋大循環モデルによる深層循環研究の現状、本論文の内容と目的について述べている。第2章では、海底境界層(BBL)のパラメタリゼーションを海洋大循環モデルに対して適用した結果について記述しており、特に、中規模渦パラメタリゼーションとの併用によるBBLパラメタリゼーションの有効性、及び、深層水形成海域における急傾斜の海底を下る深層水の再現について議論している。第3章では、海洋大循環モデルにBBLパラメタリゼーションを組み込むことで得られた深層の水塊分布と循環を観測と比較し、本論文の結果が観測と良く対応していることを示した。特に、モデルで得られた太平洋の深層水の分布及び太平洋の中深層2500m付近の循環が観測を良く再現することを指摘した。この太平洋の中深層の循環については、さらに付録において、より単純化したモデルによって検討し、この循環が海面風応力に起因する風成循環であることを明かにした。第4章では、本論文のまとめと今後の課題について述べている。

縁辺海で形成された深層水は急傾斜の海底を下り外洋に流出して深層水となるが、計算機資源の制約から全世界海洋モデルで深層水の形成や移動に重要な海底境界層を十分な解像度で表現することは困難である。このため、従来の海洋大循環モデルでは、深層水の元となる重い水の流出は拡散としてしか表現されておらず、その結果として広域の深層水分布は非現実的であった。本論文では、深層水が海底斜面を45度の角度で斜めに下るように表現した海底境界層を全世界海洋大循環モデルに適用することにより、深層のモデリングの改善を図った。なお、将来この海洋モデルを気候モデルに組み込むことを念頭に置き、深層の循環や水塊分布を再現するためにはどの程度の解像度が最低限必要かについても検討している。

特筆すべきは、この海底境界層のパラメタリゼーションと水平解像度を緯度経度1度とすることにより、モデルの結果が深層の水塊分布や循環の観測結果を良く再現できることを示したことである。海底境界層のパラメタリゼーションによって、北大西洋深層水及び南極アデリー海岸沖で形成される南極底層水が海底斜面を下る過程を再現できるようになった。特に、従来のモデルで非現実的だった太平洋とインド洋の深層水の水塊分布が、南極底層水の形成と循環が適切に表現されることにより大きく改善され、初めてモデルで現実的に再現されるようになった。また、近年用いられるようになった中規模渦パラメタリゼーションが深層循環を非現実的にする原因を明らかにし、海底境界層のパラメタリゼーションを併用することによってその効果を発揮できることを示した。さらに、化学トレーサから推定されていた北太平洋中深層 2500m 付近の東西流分布をモデルによって初めて再現し、さらにこの中深層の東西流が風応力によって生ずるメカニズムを単純化した数値モデルと解析解によって示した。なお、海底境界層のパラメタリゼーションについては、論文提出者も今後の課題として述べているように、北大西洋深層水が海底斜面を下る際の暖水取り込み量が非現実的に大きく、さらに改善が必要である。今後の発展に期待したい。

以上述べてきたように、本学位論文は、海洋深層循環のモデリング研究に大きく貢献する成果と評価でき、学位論文として、十分な成果が得られていると、審査員一同判断した。

なお、本論文第2章、第3章は、指導教官である杉ノ原伸夫教授との共同研究であるが、論文提出者が主体と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。