

審査の結果の要旨

氏名 郭 晓君

昨今の地球温暖化の問題において、気候変動の将来予測及びその影響評価の研究の重要性は増している。全球を扱う気候モデルでは、大気モデルと海洋モデルを結合させ、それらの相互作用を考慮したシミュレーションを行うことが一般的になってきているが、一部の領域をより高い空間解像度でシミュレートする領域気候モデルでは、その重要性は指摘されつつも、多くの研究では大気と海洋の相互作用を考慮していない。郭氏の博士論文「領域結合モデルを用いた東アジアにおける大気海洋相互作用に関する研究」では、まさにその問題点に着目し、領域大気モデル **RSM** と領域海洋モデル **ROMS** を結合した領域結合モデル **RSM-ROMS** を用いて、東アジア及びその周囲の海洋を対象とした様々な大規模数値実験を行い、大気海洋相互作用を中心とした大気過程・海洋過程の多角的な精度検証とそれらのメカニズムの理解について研究を行った。本博士論文は 6 章から構成されている。

第 2 章では、多くの結合モデルに見られる北太平洋西部亜熱帯域の海面水温 (**SST**) の系統的な過小評価に焦点を当てて、その改善方法を提案している。全球気候モデルで使用されるフラックス調整手法を導入すること、水平空間解像度を詳細化することの効果調べたところ、2 つの方法を組み合わせた場合に **SST** の負のバイアスを最も削減できた。これは、地表付近の風速と湿度の表現の改善に起因している。高い水平空間解像度実験では、海洋のメソスケール渦の表現が改善されることにより、黒潮の平均経路がよりよく捉えられることも示した。ただし、両方の方法による改善効果は時間と場所に依存することに注意が必要である。

第 3 章では、季節内規模 (10-60 日) での大気と海洋の相互作用のモデル内の表現について調査した。1999 年から 2008 年にかけての東アジアの季節内の変動性について、5 km 空間解像度で結合モデルと非結合モデルを比較した。東向きに伝搬する冬季の季節内振動と関連する **MJO** イベントの特徴 (伝搬方向など) は、振幅がわずかに弱いだが、結合モデルでよく捕捉された。特に西太平洋上で観測された、**SST** と降水量の関係についての空間的および時間的な季節内特性 (直交位相関係、振幅など) を、結合モデルは、より良く再現した。それらは、

正の短波放射-SSTフィードバックと負の雲量-SSTフィードバックの改善に起因することが示唆された。

第4章では、RSM-ROMSのSST変動に対する幾つかの大気プロセスの相対的寄与を定量的に検討した。その結果、結合モデルでは非結合モデルに比べて、海洋表面での正味放射フラックスがSST変動により大きく寄与していることがわかり、そのことが、結合モデルの大気海洋相互作用のシミュレーション性能の向上をもたらしていることが確認された。しかしながら結合モデルでは、海洋表層の混合層を浅く見積もる傾向があること、ほとんどの海洋領域で正味放射フラックスの寄与を過大評価する傾向があることも突き止めた。

第5章では、水平解像度と鉛直解像度を高めることで、RSM-ROMSに残る欠陥である、季節内のSST変動の過小評価と混合層深さの過小評価が、どの程度改善されるかを調査した。鉛直解像度を高くすると、海洋モデルの最上層の層厚が薄くなり、その層の熱慣性が小さくなるため、黒潮親潮海流域での季節内SSTの変動が効果的に向上することを示した。ただし、鉛直解像度を高くすると、河川水が本来大量に流入する沿岸地域での塩分濃度の過大評価が悪化することがわかり、河川スキームを導入する必要性が示唆された。また、水平解像度を25 kmから10 kmに高めることにより、熱帯海洋域での熱力学的挙動が全体的に改善することがわかった。最も重要なこととして、水平解像度が高いほど、MJO振幅や進行方向などの再現性が向上することがわかった。しかし、観測と比較してMJOの強度が弱く、混合層が浅いなど、まだ改善が不十分な部分もあり、それらは結合の有無やモデル全体な解像度などに依存するのではなく、大気モデルと海洋モデルのそれぞれに内在する物理スキーム（混合過程、放射過程、対流過程、雲微物理過程など）を介して改善する必要がある。

第6章では、結論として、RSM-ROMSでの大気海洋結合の導入及び水平解像度と海洋鉛直解像度の詳細化の利点は、この論文で十分に実証されたことを述べている。

このように本論文は、数多くの大規模な数値実験及び注意深い検証作業を通じて、領域大気海洋結合モデルは、自然の気候システムをシミュレートし、影響評価を実施するための効果的かつ強力なツールであることを実証した。本論文は重要性と実用性の極めて高い研究であり、その研究成果は将来気候の予測精度向上と詳細かつより実用的な影響評価に役立ち、ひいては気候変動を考慮した社会基盤システムの設計の指針として役立つことが期待される。このように、郭氏の研究成果は、水文学はもとより、気象学、海洋学、気候学等にも大きく貢献するものである。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。