

論文審査の結果の要旨

氏名 山田 洋平

台風は顕著な災害をもたらす気象擾乱であり、気候変動による台風の活動や強さの変化は、気象学的にも社会的にも関心の高い研究課題である。数値シミュレーションを用いた研究が活発に行われているが、これまでのモデルでは、台風を表現するための解像度や、台風を構成する重要な要素である積雲対流等の物理過程表現が十分でなく、温暖化時の台風構造の変化についての研究は少ない。温暖化時の台風の構造変化を論じたいいくつかの研究でも明瞭な結論は得られていない。

申請者は、非静力学全球大気モデル NICAM を高解像度で長期間積分した結果をもとに温暖化時の台風の構造変化を調べた。

第 1 章においては、台風の構造や温暖化時の台風変化に関する研究の現状がレビューされ、将来の台風構造の変化に焦点を当てた本研究の目的が提示される。台風の構造を議論するためには、水平方向に高解像度が要求され、また、個々の台風のばらつきと温暖化による変化を区別するためには多くのサンプルを解析する必要があり、長期間の積分が必要である。これには大量の計算資源が必要となり、したがって、これまでの研究では温暖化時の台風の構造変化については明瞭な結論が得られていなかった。

第 2 章では、本研究で用いる数値モデルと数値実験の設定、台風擾乱の追跡手法、検証用観測データ等が記述される。第 3 章は、現在気候条件下で、水平格子間隔約 14 km のモデルを用いて行った 30 年間のシミュレーションにおいて、台風の統計、構造、活動の年々変動等の再現性が観測と比較して良好であることが報告される。とくにこのモデルでは、従来の多くのモデルで用いられてきた積雲対流パラメタリゼーションを用いておらず、台風中心の眼の壁雲が上方に向かって中心から離れる方向へ傾く様子など、台風構造の現実的な再現が可能であることが示される。

第 4 章は、同じモデルでシミュレートされた温暖化時における台風の発生数の減少や強い台風の相対頻度の増加等の変化がこれまでの知見と矛盾のないものである旨の解析がなされる。

第 5 章は、将来の温暖化気候下での台風の構造変化を論じた本論文の主要部分である。30 年間という長期間計算の利点を生かし、従来の研究では行われな

かった台風の強度カテゴリー毎の解析を行い、強度に依存した構造変化と温暖化によるそれとを明瞭に分離することができている。

中心気圧が 965hPa を下回る強い台風では、温暖化時に最大地上風速半径より外側で、台風を回る接線風速が大きくなることを見出され、以下のように説明される。すなわち、温暖化による気温変化による対流圏界面高度の上昇に伴って、壁雲中の凝結加熱が大きくなり、静力学調節を経て、地表気圧が下降する。このモデルでは壁雲が外へ傾いた構造が表現できているために、気圧の下降は地上の最大風速半径より外側で大きく、半径方向外向きの気圧傾度も大きくなるため、傾度風平衡にある接線風速も増加する。

第 6 章、第 7 章においては、本研究の主要結論についてさらに考察を加えている。まず、第 6 章においては、第 5 章で提唱された構造変化とメカニズムは、より高い解像度を持つ 7 kmモデルでも確認されることが示され、結論の頑強性が補強される。また、本研究の重要な要素である壁雲の傾きの大きさのシミュレーションには解像度や物理過程依存性があることが既存研究で知られている。第 7 章で申請者は、理論モデルにもとづいて、本研究の結論が壁雲の傾きの大きさの再現性には依存しないことを示している。第 8 章は、本論文のまとめである。

本研究は、これまで十分な研究がなされなかった地球温暖化時の台風構造の変化について、世界でも稀な高解像度全球非静力学モデルの長期積分によって、多くのサンプルを用いて統計的にもロバストに論じたもので、また、風速増加のメカニズムについても明瞭に提示している。気象学的にも社会的にも関心の深い課題に挑み、貴重な進展をもたらした意義は大きいと考えられる。

なお、本論文第 3、4、5 章は、佐藤 正樹氏らとの共著論文の結果を含んでいるが、論文提出者が主体となって計算及び解析をおこなったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

よって、博士（理学）の学位を授与できると認める。