

# 論文審査の結果の要旨

氏名 土屋 主税

本論文は7章からなる。大気重力波の研究に用いられる衛星搭載測器の中で Aqua 搭載の Atmospheric Infrared Sounder (AIRS)は、現在、最高水平解像度 (13.5 km)を持つ。土屋主税氏は、最新のアルゴリズムによる AIRS 最高解像度データをいち早く入手し、2003-2011年の9年間について解析した。特に、最も信頼がおける高度 39 km での一層データを用いて重力波の伝播特性を明らかにし、成層圏中層における重力波のクライマトロジー及び経年変動や季節内変動について、新しい科学的知見を示した。

第1章のイントロダクションでは、まず中層大気における重力波研究の重要性を解説し、現行の重力波観測の能力について紹介した。さらに先行研究レビューにより、重力波スペクトルの広がりとお観測フィルター問題、重力波源と伝播、気候モデルの重力波パラメタリゼーションの現状についての知見を要約し、本論文の目的を述べた。

第2章では、利用データ及び解析手法を詳細に解説した。土屋氏は、地球表面の曲率を考慮して AIRS 観測幅の見積もりを改訂し、解析の精確化を行った。さらに一次元ウェーブレット解析の一種の S 変換を適用して、AIRS 観測が可能な局在化した重力波の位相構造を検出し、振幅、水平波長、伝播方向を推定した。有意なシグナル検出のため、温度推定の過程で生じるランダムノイズの特徴も調べた。

第3章では、重力波特性の季節進行の気候値を調べた。特に、南半球冬季の南北伝播特性に着目すると、重力波が南緯 60 度付近の極夜ジェットを中心に向かって伝播していることが示された。このような南北伝播特性は、これまで重力波を解像可能にした気候モデルによる研究や、衛星データを用いた山岳起源の重力波の事例解析により示唆されていたが、実観測データを用いた解析により気候値として統計的に示したのは本研究が初めてである。次に、季節平均した重力波振幅の地理分布を調べ、夏季亜熱帯に降水量分布に対応する明瞭な経度依存性があることを示した。特に南太平洋においては、重力波振幅最大の緯

度は、降水データで定義した南太平洋収束帯 (SPCZ) より約 3 度 (約 330 km) 高緯度側に位置することを指摘した。

第 4 章では、データの高解像度特性を利用し、重力波空間分布の経年変動を調べた。その結果、南太平洋の重力波分布の経年変動は、主にエルニーニョ南方振動 (ENSO) に伴う南半球夏季の SPCZ 降水域の移動に依存することが示された。このような、成層圏中層における重力波振幅の空間分布の経年変動と ENSO との関係性を明瞭に検出した研究は過去にない。

第 5 章では、重力波の季節内 (数十日) スケールの変動を調べた。その結果、成層圏中層の重力波が熱帯対流圏の降水を伴うマッデン・ジュリアン振動 (MJO) の東進に伴い変動していること、及び、その構造を初めて明らかにした。MJO に伴う対流の発生源としての効果、及び対流圏界面の風速偏差の重力波伝播への効果を示した。

夏の成層圏・中間圏の東向き運動量の鉛直フラックスは、主に、南半球夏季亜熱帯における重力波によることが先行研究で記されている。第 4-5 章の結果は、中間圏への運動量輸送に、対流活動の経年変動、季節内変動に伴う変動が貢献していることを示唆した。

第 6 章では、南太平洋の重力波分布が SPCZ 降雨域から約 3 度高緯度側にずれる原因を考察した。簡単な理論計算から、南北風の鉛直シアによる南向き伝播重力波の選択的励起の効果と背景風の緯度勾配による重力波の屈折効果とを加算すると、水平波長 700 km の重力波では 3 度のずれを説明できるが、本研究で典型的に求めた 225km の波では説明できず、海に比べ強い対流が立ちやすい島域が南方に分布している効果も指摘した。

第 7 章は全体のまとめに充てられた。

以上、本研究では、大気重力波の衛星観測として最高水平解像度を持つ Aqua 搭載 AIRS 観測データを用い、成層圏中層における重力波特性を詳細に解析し、これまで指摘されながら検出されていなかった南緯 60 度付近の極夜ジェットに向かう重力波伝播を検出した。また、高解像度を生かして、南太平洋上の重力波が SPCZ の降水活動を源とし ENSO に伴う東西経年変化をすること、熱帯の降水活動を伴う MJO に伴って数十日スケールで東西移動することなどを初めて明らかにした。また、降水活動と重力波分布との位置関係についても定量的に考察した。これらの成果は、世界初の発見であり価値が高い。

なお、本論文第 2-4 章、および第 5 章は、佐藤薫教授、M. Joan Alexander 博士、Lars Hoffmann 博士との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析および検証を行ったもので、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。