

論文審査の結果の要旨

氏名 澁谷 亮輔

本研究は 2 つの最新的手法を用いた南極域中間圏重力波の力学特性の解明を目的とする。1 つは 2011 年に昭和基地に設置された大型大気レーダー (PANSY レーダー) である。PANSY レーダーは対流圏から中間圏までの 3 次元風速の鉛直プロファイルを高分解能かつ高精度で連続観測することができるため、従来調べることのできなかつた中間圏擾乱の細かい鉛直構造を捉えることが可能である。もう 1 つは非静力学正二十面体モデル NICAM である。本研究では NICAM のモデルトップを中間圏まで拡張することで、PANSY レーダーで観測された波構造の再現実験を行う。再現実験のデータを PANSY レーダーの観測データと比較することで、南極域重力波の力学特性の解明を試みる。極域中間圏における周期 12 時間前後の大振幅擾乱は、今まで潮汐波としてのみ議論されてきたが、本研究では、この擾乱が 1000 km 以上の水平波長を持つ準慣性周期の慣性重力波である可能性があることを明らかにした。本研究による NICAM による数値シミュレーションは中間圏擾乱の統計的振る舞いを良く再現することが分かった。

本論文は 5 章からなる。

第 1 章はイントロダクションであり、重力波の一般的な力学的性質がまとめられた後、南極域における中間圏の重力波の観測およびモデリング研究がレビューされ、本論文の目的が提示されている。

第 2 章では、南極域内で格子間隔が一様均一となるような新しい格子構造を考案した。この格子構造をもつ NICAM を開発し、シミュレートされた重力波を解析したところ、従来モデルよりも良好な力学特性を得ることがわかった。

第 3 章では、まず PANSY レーダーのフルシステムによる観測が初めて行われた 2015 年 3 月 16 日から 24 日にかけてのデータを解析し、対地周期が約 12 h、振幅が 30 m/s を超える顕著な波型擾乱が現れていたことが分かった。次に、これらの擾乱の力学特性を調べるため、この期間を対象とし、新たに開発した水平格子構造を適用した NICAM による再現実験を行った。水平格子間隔は南緯 30 度以南で約 35 km、モデル上端は 87 km、鉛直解像度は地表付近およびモデル上端付近を除いて 400 m とした。再現された中間圏の風の場合には、観測とよく似た周期約 12 時間前後の大振幅擾乱が見られた。そこで、昭和基地上の中間圏に現れた 5 つの波束に着目し、波の各パラメータを位相構造から直接推定したとこ

ろ、鉛直波長は約 13 km、対地周期は約 12 時間、水平波長は約 1500 km から約 2500 km であり、慣性重力波の分散関係式を満たす現象であることが分かった。これより、観測された中間圏の 12h 周期の大振幅擾乱は大スケールの慣性重力波であり、従来考えられてきた太陽同期潮汐とは異なる可能性が高いと結論できる。さらに、波束の伝播を後方追跡することにより、波の発生源を調べたところ、そのいくつかは極渦付近の自発的調節によって発生した可能性が示された。そこで、極渦付近における周期 12 時間の重力波の発生を説明する新たな自発的放射メカニズムを提案した。太陽同期半日潮汐波による θ 面の歪みに伴う断熱的な鉛直運動から準共鳴によって、周期 12 時間波数 2 の重力波が生じる。発生した重力波は背景風の水平シアにより変形され、波長が約 2500 km 程度まで短くなったと考えられる。

第 4 章では、NICAM を用いて PANSY フルシステムによる連続観測が行われた 2016 年 4 月から 8 月を対象としたシミュレーションを行った。NICAM によって再現された中間圏の風速場を調べたところ、観測と比べて擾乱の振幅が大きいものの、位相構造を良く再現していた。また平均東西風の緯度高度断面は再解析データと整合的であった。観測と整合的な東西、南北、鉛直風擾乱の周波数パワースペクトルの空間構造を初めて得ることができた。

第 5 章ではまとめと今後の展望が提示される。将来研究として、PANSY レーダーによる観測データを用いた擾乱の詳細なパラメータ解析を行い、NICAM による結果との比較を行う必要がある。また中間圏で見られた慣性周期付近のエネルギーピークの起源について明らかにする必要がある。さらに、PANSY レーダーにより夏期に観測される高度 80 km から 95 km の擾乱について解析するため、モデル上端をさらに高く設定できるよう開発を行う必要がある。このような大気モデルは熱圏を含む全大気をカバーするため、熱圏や電離圏の研究の進展に大きく寄与することが期待される。

なお、本論文第 2 章は、佐藤薫氏、三浦裕亮氏との共同研究、第 3 章は佐藤薫氏、堤雅基氏、佐藤亨氏、富川喜弘氏、西村耕司氏、高麗正史氏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。