

論文審査の結果の要旨

氏名 平野 創一郎

成層圏における惑星規模のロスビー波、即ちプラネタリー波は、その殆どが大規模山岳や海陸間の非断熱加熱の東西非一様性によって対流圏で強制された波動が、寒候期に成層圏に形成される西風の極夜ジェットを導波管として上方伝播してきたものである。対流圏での強制の弱さを反映し、南半球のプラネタリー波は北半球に比して弱いものの、両半球ともに上方伝播するプラネタリー波は成層圏内で南北熱輸送を伴い、西風ジェット気流を弱めようと働きつつ大規模な子午面循環を駆動し、オゾン分布などに大きな影響を与える。しかしながら、観測を反映した全球大気再解析データの蓄積が進んだ今日においても、南半球成層圏プラネタリー波の実態解明は、その気候平均的描像も含め、北半球に比して大幅に立ち後れている。そこで申請者は、本論文にて最新の全球大気長期再解析データ(MERRA-2)38年分に基づき、南半球成層圏プラネタリー波の気候平均的な季節進行と経年変動に関する包括的研究を行った。

本論文は4章から成る。第1章は導入部で、南半球の冬季極域成層圏で生起する力学現象について従来の研究が概観されている。南半球成層圏のプラネタリー波に卓越するのは東西波数1の準停滞波と東西波数2の移動性波動であるが、これらの波動の振幅の気候平均的季節進行に関する現在の知見は、従前の比較的短期間のデータに基づくもので、年々変動の影響で歪められている可能性が拭い切れない上、振幅の季節進行をもたらす要因には未解明な点が多いことが指摘されている。また、冬季成層圏の極渦の崩壊・消滅に対応する最終昇温について、そのタイミングに年々変動をもたらす成層圏プラネタリー波の活動を決める対流圏循環の具体的な条件も未解明であることが指摘されている。

第2章では、最新の全球大気長期再解析データに基づき、南半球成層圏のプラネタリー波の振幅に関する気候平均的季節進行及びその要因について、対流圏でのプラネタリー波の振幅、屈折率で評価される成層圏のロスビー波導波管構造、並びにそれに関わる極夜ジェットの構造の観点から詳細に調査されている。成層圏における東西波数1の準停滞波の振幅は、上部成層圏においては秋季の極大、真冬の極小を経て春季に最大となる一方、中部・下部成層圏における振幅は初冬から徐々に増大して春季に最大となることが発見され、先行研究で指摘された初冬の振幅極大は、少数サンプルによる偏りに過ぎないことが指

摘された。そして、成層圏全体にわたる春季の最大振幅は対流圏での最大振幅を反映する一方、上部成層圏における真冬の振幅極小は成層圏界面付近に形成されるロスビー波の伝播抑制領域の影響であることが示唆された。一方、先行研究と同様、東西波数2の移動性波動の振幅は初冬から徐々に増大して晩冬に最大となることが確認された。これは対流圏における東西波数2成分の同様な季節進行に加え、晩冬にかけて中部・上部成層圏で導波管領域が南北に拡張することにも対応することが見出された。

第3章では、南半球成層圏における最終昇温日の年々変動に関わるプラネタリー波の変調について38年分のデータに基づき調査されている。最終昇温発生前の晩冬から春季にかけて南半球成層圏で卓越する東西波数1の準停滞波は、その振幅や東西平均風への強制が、最終昇温が遅い年に比べ早い年の方が有意に大きいことが発見された。そして、成層圏極夜ジェットの季節進行とそれに伴うロスビー波の導波管構造の経年変動を反映し、最終昇温が早い年には対流圏から成層圏への準停滞波の伝播が促進される傾向も見出された。さらに、最終昇温が早い年には、南半球対流圏においても晩冬から春季に東西波数1の停滞波の振幅が特に亜寒帯域で増大することが分かった。その要因として、大気再解析データの診断から南半球亜熱帯域、特に南太平洋収束帯における対流活動の強化による波動強制の偏差が重要であることが示唆され、対流圏循環の線型順圧モデル実験からもこれが確認された。一方、春季亜寒帯域での停滞性波動の振幅増大をもたらす要因は、主に背景の西風分布の差異に伴う亜熱帯域から亜寒帯域への波動伝播の強化である可能性が示唆された。こうして、最終昇温が早い年には南太平洋上で西風ジェット気流の分流が平年よりも強まり、その影響で弱化した移動性高低気圧からのフィードバック強制が準停滞波の増幅を維持・強化するよう働くことも示された。

第4章では、まとめと今後の展望が提示されている。本研究では、南半球成層圏プラネタリー波の実態について、対流圏からの影響も含め、多くの重要な新知見が得られた。それらは、成層圏最終昇温日の予測可能性や、現在の化学気候モデルにおける最終昇温日のバイアス軽減など、成層圏循環に関する課題解明に向け有用な示唆を与える重要な成果である。

なお、本論文の第2・3章は、佐藤 薫氏、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、論文提出者の寄与は十分であると判断される。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。