

氏 名	ひ お やす こ 尾 泰 子
学位の種類	博 士 (理 学)
学位記番号	理 博 第 2765 号
学位授与の日付	平 成 16 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 地 球 惑 星 科 学 専 攻
学位論文題目	Interannual Variations in the Structure and Interaction of Planetary Waves in the Southern Hemisphere Stratosphere (南半球成層圏における惑星波の構造と相互作用の年々変動に関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 余 田 成 男 教 授 木 田 秀 次 教 授 植 田 洋 匡

論 文 内 容 の 要 旨

冬季成層圏循環の南北半球間の違いは、基本的に惑星波活動の違いで説明される。大気下端境界条件の違いにより、対流圏で励起される惑星波は南半球のほうが北半球に比べて小さく、これらの波によって駆動される成層圏子午面循環も南半球のほうが相対的に弱い。その結果、南半球のほうが、極域成層圏の温度がより低く、極夜ジェットがより強い。また、惑星波活動や成層圏循環の年々変動の様子も南北半球間で大きく異なっている。本研究は、波の活動が比較的穏やかな南半球に焦点をあて、惑星波の構造と相互作用の年々変動について、帯状平均場にも着目して研究したものである。24年間の全球気象観測解析データを用いた統計的解析と、球面上2次元順圧モデルを用いた数値実験を行った。

北半球では惑星波の急な増幅により約2年に1度の割合で成層圏突然昇温現象が発生するが、南半球では約四半世紀の間そのような現象は観測されてこなかった。しかし、2002年9月に衛星観測開始以降初めて南半球で成層圏突然昇温現象が発生した。本研究では1979年から2002年までの全球気象データを用いて南半球成層圏の季節進行の年々変動について調べ、2002年の共通性および特異性を指摘した。冬から春にかけての帯状平均帯状風の季節進行は、極夜ジェットの極向き下方へのシフトダウンで特徴付けられるが、それが起こる時期の年々変動を主成分解析により抽出し、コンボジット解析により惑星波の活動との関連を明らかにした。シフトダウンが早い年には下部成層圏での上向き Eliassen-Palm (EP) フラックスが大きい傾向にあり、対流圏から伝播する惑星波の活動が大きいことを示している。2002年の惑星波の活動は、突然昇温時だけでなく、すでに7月の時点から他の年よりも大きく、シフトダウンの時期は早い年よりもさらに一ヶ月ほど早かった。帯状平均帯状風の強さと下部成層圏上向き EP フラックスとの強い負の相関関係は、2002年にも成り立っていたが、他の23年から成るクラスターからは大きく離れていた。

南半球冬季成層圏では、東西波数1の停滯波と東西波数2で周期15日程度の東進波が卓越するが、停滯波成分は基本的に対流圏で励起され成層圏まで伝播したものと考えられている。本研究では、月平均して得られる停滯波の東西波数1成分の年々変動とその対流圏循環との関連を20年間のデータを用いて解析した。主成分解析により、晩冬(9月と10月)における停滯波の変動が、その東西位相の変動および振幅の変動で特徴付けられることがわかった。位相が東寄りの場合には上部対流圏における平均帯状風がダブルジェット構造であり、西寄りの場合にはシングルジェット構造であった。また、ストームトラックの位置にも違いがあり、総観規模波動は対流圏ジェット構造の違いを維持するように働いていた。一方、停滯波の振幅の変動は対流圏中層での惑星波の上向き EP フラックスとよく対応しており、振幅が大きな年には上向き EP フラックスが大きくなる傾向があった。

次に、東西波数1の停滯波と波数2の東進波の相互作用を24年間のデータを用いて調べた。1996年の事例解析を行い、これらの波の共鳴相互作用で生じたと考えられる「緯度方向に節を持ち、波数2成分と同じ角振動数の東進波数1成分」を同定した。この東進波と波数1の停滯波との干渉により EP フラックスが周期的に変動し、その結果、帯状平均帯状風も同じ周期で変動していた。また、このような惑星波相互作用は、24年間で波数1成分と2成分が共に大きな他の年にも観測され

た。さらに、理想化した球面上2次元順圧モデルを用いて、波と波との相互作用の実験を行った。順圧不安定なジェット構造の帯状風を強制して東西波数2の東進波を生成するとともに、東西波数1型の表面地形により停滞波成分を強制して、両者が相互作用する状況を作り出したところ、観測でみられたような波数1の東進波と帯状平均帯状風の周期的な変動が得られた。

2次元順圧モデルで得られた波-波相互作用による周期変動解の基本的力学を明らかにするために、帯状風強制のジェットの幅と表面地形の振幅を実験パラメータとして、パラメータ走査実験を行った。順圧安定なジェット幅の場合には停滞波のみの定常解が得られ、一方、表面地形振幅がゼロで順圧不安定な場合には、東進波の波形が定常な周期解、または波形が周期変化する準周期解が得られる。両強制がともにあるときは、パラメータ値に依存して、周期解、準周期解、非周期解、の3つの解が得られる。準周期解から周期解への遷移にともない、帯状平均帯状風と波数2成分の振幅の変動幅に大きな変化がみられた。エントロフィ保存式による診断を行った結果、両成分とも準周期解と周期解で卓越項が変わり、支配的な力学が異なることが明らかとなった。

論文審査の結果の要旨

南半球成層圏の力学的特徴がわかってきたのは衛星観測が始まった1970年代後半になってからである。北半球との比較が可能となり、南半球独自の特徴が指摘され始めた。1980年代後半になると南半球成層圏循環の年々変動についても調べられるようになったが、観測期間に限りがあり統計的な議論が困難であった。また、惑星波は成層圏循環の平均的な特徴やその年々変化をもたらす要因であるにもかかわらず、惑星波自体の年々変動に関する研究は必ずしも多くない。本研究は、現在使用できる24年間のデータを活用して、南半球成層圏における惑星波の年々変動を調べ、統計的な議論を行ったものである。

本研究では、まず、南半球で初めて成層圏突然昇温現象が観測された2002年の状況を特徴づけるために、成層圏循環の季節進行の年々変動を解析した。その変動が極夜ジェットのシフトダウン時期の変動で特徴付けられることを示すとともに、それが冬の間を通して対流圏から伝播してくる惑星波と強く関連していることを明らかにした。また、散布図を用いた相関解析では信頼性を示す楕円表示を導入することにより、2002年の共通性と特異性を議論した。この手法はこれまで年々変動に関する研究では用いられておらず、独自性のあるところである。

または、東西波数1の停滞波の年々変動が、位相と振幅の変動で特徴づけられ、対流圏での惑星波の活動だけでなく、西風ジェットおよびストームトラックの構造の変動と強く結びついていることを初めて示した。総観規模の波活動が惑星波の励起に関係することを示唆した本研究は、南半球における停滞性波動の生成メカニズムを解明する上で大きな手がかりとなるものである。

東西波数1の停滞波と波数2の東進波の相互作用については、波と帯状平均帯状風の緯度構造・時間変化を詳細に調べることによりその全体像を明らかにした。事例解析にとどまらず年々の違いについても調べて、このような相互作用による準周期的な変動が度々観測されることを指摘した。これらの結果は緻密なデータ解析がなければ得られないものである。また、これからの南半球成層圏力学の理解に新たな解釈をもたらすものと期待できる。

さらに、理想化した球面上2次元順圧モデルを用いた数値実験も行って、観測された変動が波と波の相互作用によるという確証を得た。また、パラメータ走査実験を行って、このような周期解の存在条件と領域を明らかにするとともに、エントロフィ方程式による診断方法を開発して、解の遷移の力学的特徴付けを行った。このような理想化したモデルによる理解は、惑星波の変動メカニズムを解明するうえで非常に有用である。

これら一連の研究は、申請者の力量の高さを立証するものである。また、気象力学とくに成層圏対流圏域の波動力学の発展に寄与するものであり、高く評価できる。よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、論文内容とそれに関連した事項について口頭試問を行った結果、合格と認めた。