

Downward Propagation of Planetary Wave Packets from the Stratosphere to the Troposphere

松山, 裕矢

<https://hdl.handle.net/2324/6787421>

出版情報 : Kyushu University, 2022, 博士 (理学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

氏 名	松山 裕矢			
論 文 名	Downward Propagation of Planetary Wave Packets from the Stratosphere to the Troposphere (成層圏から対流圏へのプラネタリー波束の下方伝播について)			
論文調査委員	主 査	九州大学	教授	廣岡俊彦
	副 査	九州大学	教授	川村隆一
	副 査	九州大学	准教授	江口菜穂 (応用力学研究所)
	副 査	京都大学	教授	向川 均

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

プラネタリー波は、大規模山岳や海陸分布に伴う熱コントラストにより大気下層の対流圏内で生成される地球規模の大気波動で、通常は緯度円に沿った東西波数が 1 から 3 のものを指す。プラネタリー波は、成層圏の帯状風が西風となる冬季において対流圏から成層圏へと上方に伝播し、成層圏突然昇温現象を始めとする成層圏固有の現象を引き起こしている。一方で、プラネタリー波は成層圏から対流圏へと下方伝播することがある。北半球冬季におけるプラネタリー波束の伝播経路を調べた研究によると、下方伝播が北米大陸上で生じる事例が多く報告されており、北米における寒波発生にも関与している可能性が指摘されている。しかしながら、プラネタリー波束の下方伝播に関する研究の多くは事例解析にとどまっており、南半球を含めた下方伝播発生の経度依存性とそれが生じるメカニズム、さらには下方伝播が及ぼす対流圏循環への影響などについての詳細はよくわかっていないのが現状であった。

そのような背景の下、本研究者は、観測データを時空間的に最適な状態に同化した、気象庁 55 年長期再解析データ (JRA-55) を用いて、過去 40 年間にわたる南北両半球冬季におけるプラネタリー波束の下方伝播の統計的特徴を明らかにすることを試みた。まず、北半球冬季について、プラネタリー波の活動度を表す指標の一つである Eliassen-Palm (EP) フラックスに基づき、閾値を設定して抽出した下方伝播の全事例に対して、下方伝播の経度依存性を調べた。その結果、全事例の 84% が西半球で発生し、残りの 16% は東半球で発生していることを明らかにした。次に、西半球における下方伝播事例に対して、波活動度フラックスを用いて波束伝播の特徴を調べ、下方伝播が発生する前に、その西方で波束の上方伝播が生じていること、そして、この上方伝播に伴い順圧的に発達するアリューシャン高気圧の東端で、波束の下方伝播が生じている事実を示した。さらに、下方伝播領域では、高度とともに東に傾く構造の気圧の谷が成層圏から対流圏へと延伸し、その下層で顕著な低温偏差、すなわち寒波が発生することを見出した。一方、東半球における事例についても、発生経度は異なるが、西半球の事例に類似した特徴を持つことを明らかにした。また、同様の解析を南半球冬季に関しても行い、北半球よりも経度分布は散らばっているものの、全事例の 70% が西半球で生じていることや、下方伝播領域の西方に位置する日付変更線付近で、波束の上方伝播に伴い順圧的に発達する高気圧が下方伝播に重要な役割を果たしているという、北半球と類似の特徴が見られることを示した。

以上の JRA-55 を用いた 40 年間の解析では、北半球冬季で下方伝播が 25 事例しか得られず、特

に事例数が少ない東半球においては、統計的な解析が困難であった。そこで本研究者は、「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース」(d4PDF)で提供される過去60年間の気象場のシミュレーションデータを用いて、さらに詳細な解析を行った。このシミュレーションでは、気象庁気象研究所の大気シミュレーションモデルを用いて、初期値をわずかに変えた100個のアンサンブルメンバーの計算を行っており、合計6000年分の冬季の解析が可能となっている。その結果、JRA-55の解析で得られたのと同様の特徴を持つ下方伝播の経度依存性が見られることに加え、西半球の下方伝播事例数が二つの異なる経度で顕著な極大を持つことを明らかにした。さらに、これら二つのピークは、下方伝播生起前の上方伝播が生じる経度や、アリューシャン高気圧が発達する経度の違いによって形成されることを示した。一方、東半球の事例数については、ある一つの経度でのみ極大が見られることを明らかにした。

さらに本研究者は、EPフラックスは、その振幅が経度に依存しない波動の伝播解析に最適な活動度指標であるが、振幅が経度依存性を持つような波動の場合には、波束伝播の経度分布を表現できる波活動度フラックスを用いて事例を抽出すべきであることを指摘した。そのような考え方に基き、JRA-55とd4PDFの両データに対して、ある経度域で局所的に発生する下方伝播事例を抽出し、その統計的特徴を調べた。局所的下方伝播事例は、格子点ごとに波活動度フラックスの閾値を設けて抽出した。その結果、上述の下方伝播事例とは2割程度しか重複しないことや、JRA-55で得られた局所的下方伝播事例数は、d4PDFで得られた下方伝播事例数の経度依存性と似ており、西半球では二つの異なる経度で顕著な極大を持ち、東半球ではある一つの経度で弱い極大を持つことを明らかにした。それに加え、下方伝播が生じる経度幅にも二つの異なる値で事例数が極大を持つことも示した。本研究者は、このような分布が生じる原因について、下方伝播事例の時間発展を含めた解析によって詳細に検討すると同時に、局所的下方伝播領域の下方に位置する対流圏で発生する低温偏差の強度、すなわち寒波の強さについても解析を行い、広い経度幅を持つ西半球下方伝播事例が、より強い低温偏差を引き起こすことを明らかにした。以上の結果は、d4PDFに対しても同様に得られ、東半球での小数事例も含めて、全てが統計的に有意であることを示した。

以上のように、本研究者は、プラネタリー波束の下方伝播について詳細な解析を行い、その発生経度や発生する経度幅の分布の特徴、そのような分布が生じる要因、さらには下方伝播が対流圏に及ぼす影響について多くの新しい知見を得ることに成功し、成層圏-対流圏間の力学的結合過程分野の進展に大きく貢献したものと評価できる。よって、本研究者は博士(理学)の学位を受ける資格があるものと認める。