

Characteristics of the Planetary Wave Packet Propagation During Boreal Winter as Revealed by Japanese Long-term Reanalysis Data

原田, やよい

<https://hdl.handle.net/2324/2236332>

出版情報 : 九州大学, 2018, 博士 (理学), 論文博士
バージョン :
権利関係 :



氏 名	原田 やよい		
論 文 名	Characteristics of the Planetary Wave Packet Propagation During Boreal Winter as Revealed by Japanese Long-term Reanalysis Data (長期再解析データに基づく北半球冬季における惑星規模波束の伝播特性に関する研究)		
論文調査委員	主 査	九州大学	教授 氏名 廣岡俊彦
	副 査	九州大学	教授 氏名 川村隆一
	副 査	九州大学	准教授 氏名 三好勉信

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

地球大気中に存在する地球規模の大規模波動であるプラネタリー波は、大規模山岳や海陸分布に伴う熱コントラストにより対流圏で生成され、大気中を 3 次元的に伝播する。特に、それが成層圏へと上方伝播した場合は、大気の密度成層に伴って増幅し、成層圏突然昇温現象を始めとする成層圏特有の様々な現象を引き起こす。従来、これらの現象は、プラネタリー波が東西に一樣な大気中を、特定の東西波数、東西波長を保持したまま東西方向に一樣に上方伝播し、媒質である大気との相互作用を通して引き起こされると考えられていた。この理論は「波動と平均流の相互作用」と呼ばれ、東西方向に平均した緯度高度の 2 次元平面（子午面）内での、波動に伴う東風角運動量伝達を表す 2 次元ベクトル量であるエリアッセン・パーム (EP) フラックスを用いて議論するのが一般的であった。本研究者は、EP フラックスを 3 次元に拡張した 3 次元波活動フラックスを、観測データを気象予報値に同化して作成された時間空間的に均一な気象データである気象庁 55 年長期再解析データに適用し、プラネタリー波の中でも、その出現に大きな年々変動が現れる東西波数 2（以下波数 2 と略す）成分のプラネタリー波を中心に 3 次元伝播特性を研究した。申請者の成果は、以下の 3 点に要約できる。

一つめは 2013/2014 年冬季に関する成果である。この冬は、強く発達した波数 2 のプラネタリー波の鉛直伝播が継続的に卓越したにも拘わらず、成層圏突然昇温現象は発生しなかった特異な年であった。2013/2014 年冬季における対流圏上層からの波数 2 の EP フラックス鉛直成分を調べたところ、1958 年以降 56 冬季の統計で最大の値である 2008/2009 年冬季の値とほぼ同じ値であった。また 3 次元波活動度フラックスを用いて計算した対流圏上層からの波束伝播の特徴は、西経 100 度付近における下方伝播と、東経 60 度付近における上方伝播が、1958/1959 年以降で最大であることを示した。さらに日々の大気循環場を解析した結果、東経 60 付近の対流圏上層から上方伝播した波束は成層圏において収束し、波束伝播を妨げる順圧的なアリューション高気圧の発達および維持をもたらしたことを明らかにした。アリューション高気圧の発達に伴う波束伝播が不可能となる領域の拡大は、この冬に見られた北太平洋で発達する対流圏ブロッキング高気圧から射出される波束の屈折と反射に関与し、これが西経 100 度付近における波束の下方伝播を引き起こしていることを示し、このことから成層圏における順圧的なアリューション高気圧の発達は、この冬に成層圏突然昇温現象が発生しなかったことの主因である結論づけた。また、局所的な波束伝播の形成においては、波数 3 以上の惑星規模波動よりも小規模な擾乱が貢献していることも示した。

次に、上記事例解析を拡張し、北半球冬季における波数 2 の増幅イベントの時間発展とその特徴についての統計解析を行った。250hPa 気圧面における日平均南北風の成分を 2 乗し、その帯状平均値を指標として、1958/1959 年冬季以降の日別のサンプルの中から、1 標準偏差より大きな強いイベントを抽出した。さらに、これらの強い波数 2 増幅イベントを、対流圏上層の増幅イベントのピーク 2 日後に成層圏で波数 2 の強い上方伝播がみられた事例、弱い上方伝播がみられた事例、弱い下方伝播がみられた事例、および強い下方伝播がみられた事例の 4 つに分類し、事例別に合成図解析を実施した。その結果、強い上方伝播事例においては、アラスカ付近の地上高気圧偏差、北米での地上気温の低温偏差、およびラニーニャ現象との関連を示唆する熱帯の海面水温偏差分布が統計的に有意であることを明らかにした。一方、強い下方伝播事例においては、北欧付近の地上高気圧偏差や欧州から中央アジアにかけての広範囲な地上気温の低温偏差が統計的に有意となったが、熱帯の海面水温偏差には有意な領域が見られないことを示した。また成層圏循環については、強い上方伝播事例では、波数 2 型の成層圏突然昇温の生起に対応する北極域を中心とする低気圧性極夜渦の分裂を、強い下方伝播事例では順圧的なアリューシャン高気圧の発達を示唆された。また、弱い上方伝播事例と弱い下方伝播事例は、それらの中間的特徴を示すことも明らかにした。

最後に 2018 年 2 月に発生した波数 2 型の成層圏突然昇温現象について、循環場が急速に変動する場合でも波束伝播が計算可能な、より拡張した 3 次元波活動度フラックスを用いて解析し、主として、過去最大級の波数 2 型成層圏突然昇温現象である 2009 年の事例との比較を行った。まず、2018 年の事例は、明瞭な極夜渦の分裂、2 つの明瞭な極大時期を伴った東風の持続、および 2009 年事例に匹敵する対流圏からの波数 2 のプラネタリー波束の上方伝播などの特徴を示すことを明らかにした。しかしながら、2018 年事例における成層圏気温の昇温規模は、2009 年事例と比較して緩慢であった。さらに 2018 年事例における波束伝播を解析した結果、東半球と西半球の 2 つの領域から同時に上方伝播が見られ、東半球側から伝播した波束はアリューシャン高気圧の西側で減衰、収束し、その多くは上部成層圏には伝播していなかった。一方、西半球側から伝播した波束は、2018 年事例の成熟期には、波束の伝播不可能領域を避けながら北米上空の経度帯を伝播し、上部成層圏に到達していた。また、波束の伝播が減衰した領域は、波数 5 以上の小規模擾乱の鉛直位相が東傾もしくは順圧的であった領域と良く一致していた。これに対し、2009 年事例の成熟時には、小規模擾乱の位相の西傾が明瞭であり、2018 年事例とは大きく異なる特徴であることを示した。このような小規模擾乱の構造と、それに伴う波束伝播の特徴の違いが、2018 年事例における緩慢な成層圏気温の昇温をもたらしたものであると結論づけた。

以上の研究成果は、従来の 2 次元的な描像に基づくプラネタリー波束の上方伝播と、それに伴う成層圏突然昇温現象の生起を、3 次元波束の伝播を用いた 3 次元描像へと拡張することで、現象のより深い理解につながる新しい視点を提供し、気象力学の理論的發展に貢献した価値ある業績と評価できる。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。