

論文審査の結果の要旨

氏名 岡島 悟

中緯度における移動性高気圧と温帯低気圧は、日々の天気を支配する重要な気象現象である。これらの気象擾乱の通り道はストームトラックと呼ばれ、気象データの豊富な現在では複数の同定方法が存在する。擾乱に伴う熱・運動量のフラックスをオイラー的に計算すると、平均流と渦の相互作用を定量的に記述できるが、個々の高低気圧を区別して扱うことはできない。また、ラグランジュ的に擾乱の追跡（トラッキング）を行うと、個々の高低気圧を区別して解析することができるが、気象力学の理論と結び付けた現象の解釈が難しい。このように、オイラー的・ラグランジュ的という二つの枠組みは相補的であるが、両者を融合させた研究はほとんど存在しない。

申請者は、上記の二つの手法を組み合わせて、北太平洋ストームトラックの季節進行に見られる真冬の振幅低下（Midwinter Minimum、以下 MM）のメカニズムを包括的に解明することを試みた。この MM は、北大西洋のみで観測される特徴的な季節変化で、西風ジェットが極大になっているにもかかわらず高低気圧擾乱の活動が弱まることは、線形傾圧不安定理論では説明ができない。過去の研究でそのメカニズムはいくつか提唱されているが、それらのすべてはオイラー的解析に基づくもので、ラグランジュ的に見たときに MM がどう説明されるかは明らかではない。

第 1 章において、オイラー的・ラグランジュ的手法を用いたストームトラックの解析がレビューされた。さらに、MM に関する過去の研究のレビューも展開され、既に提案されているいくつかのメカニズムが説明された。具体的には、強い西風ジェットにより擾乱が成長する前に移流される、成長しにくい構造に変形する、地表付近の傾圧帯から切り離されるといったメカニズムである。これらの仮説を踏まえて、本研究でストームトラックの季節進行を調べるためのデータと手法が、第 2 章で説明された。すなわち、過去 60 年分の気象庁再解析大気データを用いた、オイラー的エネルギー収支解析、渦度フィードバック解析、波活動度フラックスおよび、ラグランジュ的な擾乱のトラッキングなどである。

第 3 章では、オイラー的手法を用いて、MM の特徴が詳しく解析された。特に、エネルギー収支解析から、MM に伴って擾乱の運動エネルギー生成が抑制されており、それは背景場から擾乱の有効位置エネルギーへの変換効率が低下したためであることが明らかにされた。MM は 1986/87 年以降不明瞭になっているが、上記のメカニズムと整合して最近の期間では擾乱エネルギー生成はそれ以前ほど抑制されていないことも示された。MM が明瞭だった期間には、擾乱の傾圧エネルギー変換が不活発であったが、1986/87 年以降は比較的活発であった。

第 4 章では、上記のオイラー的解析にラグランジュ的視点を導入するための新たな手法が提案された。これは、海面気圧のトラッキングから特定された個々の高低気圧の領域を、対応する上層渦の曲率を用いて三次元空間で分割するという考えに基づいている。これにより、高気圧と低気圧それぞれでオイラー的なエネルギー収支解析が可能になった。本章では、この手法の妥当性がデータを用いて検証された後、MM に対する高気圧・低気圧群の寄与を明らかにした。すなわち、前章で示された擾乱の傾圧エネルギー変換が抑制される特徴は、主に高気圧に見られるものであった一方、低気圧の存在密度は MM 時に逆に増えていたことが分かった。

第 5 章では、前章の解析をさらに進めて、トラッキングから特定された高低気圧の合成図解析から、強いジェットがそれらをどう変形するかが調べられた。また、変形した渦構造をオイラー的なストームトラックの場合（南北風・温度擾乱の分散とそれらの共分散）と対応づけ、高気圧擾乱が MM にどのように寄与していたかを明らかにした。さらに、高低気圧の背景風へのフィードバックや、MM の長期変動も解析し、包括的な描像をまとめることに成功した。

本研究では、中緯度総観規模擾乱という気象学で古くから研究されてきた現象に対し、二つのアプローチを組み合わせる新たな手法を考案することで、ストームトラック研究の枠組みを拡張した点に新規性がある。この手法を用いて、北太平洋ストームトラックの真冬の振幅低下に焦点を当て、高低気圧それぞれの寄与や擾乱エネルギーが抑制されるメカニズムを明らかにした点も気象学的に価値が認められる。今後、同じ手法を他の海域や他の気象擾乱に適用することで、さらなる研究成果が期待される。本論文 3~5 章の内容は、中村 尚氏ほか 2 名の共同研究者との共著論文として投稿予定であるが、これらはすべて申請者が筆頭著者であり、主体となって計算および解析をおこなったものであるため、申請者の寄与が十分であると判断される。

上記の理由から、博士（理学）の学位を授与できると認める。