

氏 名	よしの野 純
学位の種類	博士 (理 学)
学位記番号	理 博 第 2768 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	中緯度帯における台風の温帯低気圧化過程とそのメソスケール構造に関する数値的研究

論文調査委員 (主査) 助教授 石川裕彦 教授 植田洋匡 助教授 里村雄彦

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、日本に上陸して一旦弱まった後、日本海北部からオホーツク海を移動しながら再発達した1999年の台風18号を事例とし、台風が温帯低気圧に変化する過程を数値モデルにより詳細に再現し、その結果を解析することにより、温帯低気圧化過程の力学を詳しく調べたものである。

論文の前半では、台風中心から約400km東方のアウトーレインバンド内で発生した竜巻を伴うメソ擾乱に着目した数値実験について述べている。数値実験では、台風の移動と構造を再現するための9km格子、アウトーレインバンドを解像する3km格子、メソ擾乱の発生発達を再現する1km格子の計算を行い、台風の移動、アウトーレインバンド及びその中に発生するメソ擾乱が現実とほぼ同じように再現された。数値的に再現されたデータから、対流発生指標となる対流有効位置エネルギー (CAPE) や渦度生成の指標となるストーム相対ヘリシティ (SREH)、及び両者の積であるエネルギー・ヘリシティ指数 (EHI) の空間分布を計算し、高SREHは台風の北東側に、高CAPEは日本の南岸の広い地域に分布するが、EHIはレインバンド、とりわけメソ擾乱が発生した付近で極大となることを示した。さらに、このような環境場の形成には、台風上層に乾燥空気が流入し、上層に湿度前線が形成され、台風の構造が非軸対称になることが重要であることを示した。また、渦度方程式の各項を計算結果から見積もり、メソ擾乱の発達には立ち上り項とともに、渦度収束項が効いていることを見つけた。そして、渦度収束項が寄与する原因は海岸線に沿って存在する下層の収束帯にあることを示すと同時に、感度実験とフルード数による考察から収束帯の形成に中部山岳が影響していることを確認した。

論文の後半では、台風の急減衰と再発達を扱っている。30km格子による広領域計算と、この中にネストされた10km移動格子により再現された台風は、現実と良く合う急減衰・再発達を遂げ、台風に伴う雲域の形状変化や前線の形成も観測結果と良く対応することを、まず示した。次に渦位を調べ、再発達期には、一旦弱まった台風に対応する下層の正渦位が、対流圏上層にある成層圏起源の高渦位トラフとカップリングして鉛直方向に伸びる渦位分布が形成されることを明らかにした。さらに部分渦位変換法を用いて、渦位を成層圏起源の上層トラフ (Q_d)、台風下層の正渦位偏差 (Q_{hp})、台風上部の負渦位偏差 (Q_{hm})、下部境界の温位に起因する偏差 (θ_{eff}) と残差 (Q_r) に分解し、最盛期から、急減衰、再発達、消散に至る各段階で、それぞれの偏差が台風の中心気圧低下に寄与する割合を調べた。その結果、最盛期には Q_{hp} が支配的であるのに対し、急減衰期には Q_{hm} の増加が大きく寄与し、再発達期以降は Q_d の効果が大きいことを明らかにした。また、台風の減衰に大きく寄与した Q_{hm} は、再発達過程においては、それが作り出す流れ場が Q_d を台風中心に巻き込むような作用を果たすと同時に、台風北側のジェットストリークとこれに伴う2次循環である上昇流を作り出し、ともに再発達を促進する作用を持つことを示した。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

台風やハリケーンなどの熱帯低気圧が中緯度帯まで北上してくると、中緯度大気に特徴的な傾圧性の影響を受け、徐々に

温帯低気圧に特有な構造に変化する。また、この過程においてメソスケール擾乱を発生させ災害発生の要因となることがしばしばある。この論文は、1999年の台風18号を事例とし、熱帯低気圧が温帯低気圧に変化する過程を数値モデルにより詳細に再現し、モデル結果の解析により、温帯低気圧化過程の力学を詳しく調べたものである。

論文の前半では、温帯低気圧初期の台風に伴うアウターレインバンドの形成とそこでのメソ擾乱の形成を扱っている。従来の研究では、台風に特徴的な大気状態を水平一様に与えた中でのメソ擾乱形成の数値実験は行われているが、本研究ではメソ擾乱をその周辺の非一様な環境との相互作用を含めて詳細に再現することに成功した。さらに、この計算結果を用いて、台風とその周辺の大気環境場の解析を行い、熱的不安定の尺度となるCAPEと水平渦度の尺度となるSREHを組み合わせた尺度(EHI)の空間分布がメソ擾乱の発生位置と良く一致することを見つけた。また、より詳細な格子を用いたメソ擾乱の再現実験では、地形に強制された局地的な収束帯の存在が重要であることを示す解析結果を得た。これらの成果は、台風に伴うメソ擾乱形成のメカニズムを明らかにしたものであるとともに、台風に伴う竜巻の発生予報に関わる今後の研究の道を開くものである。

論文の後半で扱っている台風の急減衰と再発達は、近年注目を集めている研究テーマである。従来の研究では、再発達到注目した研究が行われているが、この論文では、台風の温帯低気圧化という観点から、最盛期、急減衰期、再発達期、消散期というライフサイクル全体を数値モデルで再現し、部分渦位逆変換法を用いた解析で、さまざまな力学要素が台風の強度変化に与える影響を台風ライフサイクルの各段階で定量化している。この手法は、これまで比較的大規模な現象に適用された手法であるが、申請者はその適用限界を注意深く考察し、台風スケールの現象に初めて適用したものである。特に、台風循環の上部に形成されるポテンシャル渦度の負の偏差が台風の急減衰に大きな役割を果たしていること、この負偏差が対流圏上層のトラフと相互作用することにより、温帯低気圧としての再発達を促していることは、これまで注目されていなかった力学過程である。これらの成果は、数値モデルによる再現場に対して渦位診断解析を施すことで初めて明らかになったものであり、台風の温帯低気圧化過程研究のなかでも最新の成果である。

以上により、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試問を行った結果、合格と認めた。