

論文審査の結果の要旨

氏名 益子 渉

台風は、夏から秋にかけて日本列島にしばしば襲来し、強風・大雨・高潮等によって甚大な被害をもたらす。台風による風災害は、発達した台風のメソ α スケール（約数百 km）に対応したインナーコアによる強風だけに限らず、メソ β スケール（約数十 km）からマイクロスケールのさまざまな現象に起因する。それらの現象は詳細な観測データが得られないことや、数値シミュレーションによる再現が困難なため、未だ十分に理解されていない。論文提出者は、2006年台風第13号に伴うスーパーセル竜巻と2004年台風第22号に伴う地形性強風の発生機構について、非静力学モデルを用いて研究している。

論文は、5つの章からなっている。第1章は序で、これまでの研究と問題の背景が述べられている。第2章では、2006年台風第13号の接近に伴う、アウターレインバンド上で発生したミニスーパーセルに伴う竜巻について研究している。竜巻をもたらした積乱雲の構造と竜巻の発生機構の解明を目的として、最内側の水平格子間隔が50 m という超高解像度のモデルを用いて数値シミュレーションを行った。レインバンド周辺的环境場の特徴は、高度が高くなるにつれて時計回りに変化する大きな鉛直シアが下層に存在したことである。レインバンドは、水平スケールが20~40 km の複数の降水セルによって構成されていた。そのうちの一つは、 30 m s^{-1} 以上の強い上昇流と大きな鉛直渦度の領域を伴っていた。下層のメソサイクロンの強化と共に、近傍の後方ガストフロント上において、2 次的な **Rear-flank Downdraft (RFD)** からの外出流のサージがメソサイクロンを取り巻くように進行して、その左先端が後方ガストフロントに到達した時、渦の直径約 500 m で鉛直渦度 1.0 s^{-1} を超えた竜巻が発生した。

後方トラジェクトリ解析の結果、竜巻を構成する空気塊の約半数が **RFD** 起源のものであることが示された。**RFD** 起源の代表的な空気塊に対する渦度収支解析の結果、空気塊がメソサイクロンの周りを下降している時、下層の環境場の鉛直シアに伴う水平渦度は、主に収束によって増大していた。空気塊が最下点に到達する直前に、水平渦度の立ち上がりが起こり正の鉛直渦度が生成される。空気塊が上昇に転ずるにつれ鉛直渦度の収束が顕著に大きくなり、急激に鉛直

渦度が増大して竜巻となっていた。2 次的な RFD からのサージが、環境場に伴う大きな水平渦度を地表へ輸送し、サージがガストフロントに到達した時に水平収束を強化し、鉛直渦度を急激に増大させる役目をしており、竜巻発生の重要な要因であることを示した。

第 3 章では、2004 年台風第 22 号に伴う下層ジェット形成機構を研究している。台風中心が相模湾から東京湾を移動している時、平塚観測所で北寄りの強風が観測された。東日本の南には停滞前線があり、関東平野の下層は北東風の寒気層に覆われ、関東平野の西に位置する関東山地の東側では、山岳に沿う方向の北風になっていた。台風の上陸後の構造と進行方向後面左側における強風の発生機構の解明を目的として、水平解像度 2 km のモデルによる再現実験を行った。台風後面左側の強風は台風上陸後に生じたごく下層の現象であり、観測された強風域に対応して下層ジェットを相模湾上に形成していた。台風中心が相模湾に達した時、下層の北からの冷気流は、関東平野西部において、台風中心と関東山地との間で流路幅が狭まる構造になっていた。下層ジェットはその狭まった流路から相模湾上へ冷気が流出する際に生じ、狭まった流路の出口において、冷気の流れは下流へ向けて広がり、その厚みは薄くなっていた。トラジェクトリ解析を行うと、空気塊は関東山地に沿って南下しながら加速し、関東山地の南端にあたる丹沢山地付近においては、相模湾へ向けて水平に広がりながら下降し、顕著に加速していた。下層ジェットは台風による大きな場の南向きの気圧傾度力によって主に形成されていたが、狭まった冷気の流路の出口において、冷気の厚みが減少することに伴うメソスケールの気圧傾度力も局所的に寄与しており、下層ジェットの力学や構造が“gap wind”に近いものであると結論づけている。第 4 章は結果に関する議論が行われ、第 5 章は全体のまとめとなっている。

論文提出者は、世界で初めて現実場においてスーパーセル竜巻の再現に成功し、詳細な解析をおこなうことで台風に伴う竜巻の生成メカニズムを明らかにした。台風に伴う地形性強風に関して、台風の構造と山岳性の地形が作り出す“gap wind”による強風の発生機構を示したのは本研究が初めてである。これらは、独創性が高く優れた研究と評価できる。

なお、本論文第 2 章は新野宏・加藤輝之氏との共著論文として印刷済みであるが、論文提出者が主体となって問題の設定、数値実験、解析をおこなったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、論文提出者に博士（理学）の学位を授与できると認める。