

論文審査結果の要旨

氏名 野田暁

竜巻は強い渦度が、狭い範囲に集中している極めて特異な気象現象である。なぜ、このような特異な構造が生成されるのか、未だに明確には理解されていない。本論文は数値実験の手法によりスーパーセル型積乱雲に伴う竜巻の発生過程とその構造を研究したものである。

竜巻は水平スケールが数百m、寿命も十数分と短いために、観測によって得られるデータからその発生と構造を解明することは困難である。また、水平スケール数十kmの親雲であるスーパーセルとはスケールがかなりかけ離れており、数値モデルにより両者を同時に分解することは、今まで困難であった。そのため、竜巻の形成過程は未解明の状態に留まっていた。しかし、最近の計算機の性能の向上により、この困難が克服されつつある。本研究はその先駆けと考えられる。つまり、この研究では、水平方向に70m、鉛直方向には最小10mの格子間隔をとることが出来、これが本研究の成功の一つのポイントになっている。

本研究の数値実験結果によると、竜巻の発生過程は以下のようなものである。まず、ストームが発生してから20分位で、メソサイクロンを伴ったスーパーセルが形成される。50分後頃より気圧の低下が高度2km付近に起こり、これより下で上昇流が強化される。さらに、60分後頃から下層のメソサイクロンが形成され、その回転で生じた気圧の低下により地表面付近の上昇流が加速される。他方、地表面付近では冷気流と温暖で湿った空気がぶつかることによってガストフロント（突風前線）が形成される。この前線に沿って、鉛直渦度が帯状に分布しているが、この領域の中にいくつかのさらに渦度が大きい部分があり、70分後頃よりこのうちの1つが下層メソサイクロンによる上昇流によって引き延ばされて、竜巻となる。この研究が明らかにしたことは、竜巻の渦度の源泉がメソサイクロンの渦度ではなく、ガストフロントの鉛直渦度である、ということである。

竜巻に発達出来そうな強い鉛直渦がガストフロントに沿っていくつも存在しているという数値実験結果とメソサイクロンが観測されても竜巻が発生する確率は20%以下であるという観測事実に基づいて、申請者は竜巻が発生するためには、竜巻になる鉛直渦がメソサイクロンの発達時にうまくその下の地表面付近に存在するか否かが重要である、と推論している。

さらに申請者は、数値実験結果に基づき、竜巻の構造について詳しい解析

を行った。それにより色々なことが明らかにされたが、特に興味深いのは竜巻の渦度の維持機構である。竜巻は上昇流域と下降流域の間で形成されるが、本研究の計算結果によると、竜巻の南半分で上昇、北半分で下降となっている。この時の渦度収支は鉛直渦度の水平移流と鉛直流による引き延ばしによって決まっている。数値実験結果によって、両者がそれぞれ、バランスして同心円状の鉛直渦度分布が維持されていることが分かった。

以上述べたように、本研究は竜巻の発生過程及び維持機構について、従来にはない新しい知見を加えることが出来た。勿論、本研究のみによって竜巻の本質が完全に究明されたわけではない。メソサイクロンが発生しても必ずしも竜巻が発生するわけではないことは、観測より知られている。本論文では、竜巻が発生した事例しか取り上げていないが、この発生の蓋然性の本質を究明することは重要であろう。さらに、本研究が使用した数値モデルにおいては、基本場だけではなく擾乱に関しても、地面境界条件をfree-slipとしたことは大変不自然である。しかし、このような将来の課題を別にしても、本論文の竜巻の研究に対する寄与は画期的であり極めて大きく、学位論文として十分な価値を有する。

なお、本論文は東京大学海洋研究所新野助教授との共同研究であるが、論文提出者が中心となって、計算、解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

従って、博士（理学）の学位を授与できると認める。