高解像度非静力学モデルによる T0613 号に伴う竜巻のシミュレーション ー竜巻の発生過程の解析ー 益子 渉 (気象研)

1. はじめに

台風0613号の接近に伴い、宮崎県(延岡、日南、日向) で竜巻が発生し、甚大な被害がもたらされた事例に関して、 前回、気象庁NHMを用いた高解像度数値シミュレーション を行い、環境場、竜巻をもたらした積乱雲、そして竜巻自体 の再現を試みた(2007 春季大会予稿集B201)。その結果、 竜巻が発生した環境場として、時計回りに変化する大きな鉛 直シアが高度2km以下で顕著であったこと、そして団塊状 の降水セルで構成されたレインバンドには、ミニスーパーセ ルが存在していたこと分かった。そのミニスーパーセルは、 陸地に近づくにつれ、高度 1km付近においてメソサイクロ ンが顕在化していった。そして延岡市沿岸に達した時、メソ サイクロンの南東側において、地表付近の渦度が最大 ~1.0 s⁻¹ で、直径が約 500mの竜巻が発生した。しかし、今回の 事例でもそうであるが、台風に伴うミニスーパーセルのガス トフロントの水平温度傾度は弱く、米国中西部の典型的なス ーパーセルとは異なっており、この下層のメソサイクロンの 生成機構は未解明で重要な研究課題となっている。また、ス ーパーセル (メソサイクロン) に伴う竜巻の発生機構も十分 には理解されていない。今回の研究では、水平解像度 50m の実験に着目し、延岡市沿岸に再現された竜巻の発生過程に 関して詳細に解析することを目的とする。尚、実験の設定等 は前回と同じで、水平解像度 50mの実験においても、実地 形を取り入れ、地表摩擦も考慮している。

2. 再現された竜巻の時間変化

再現された竜巻の時間変化を見るため、メソサイクロン を中心とした半径 2.5kmの領域内における、海面気圧の最 低値、地上高 20mの鉛直渦度の最大値、そして、その最大 渦度とメソサイクロンの水平距離の時系列を図1に示す。メ ソサイクロンの中心は、高度1kmにおいて、水平1km四方 で平均した鉛直渦度が最大となる地点とした。これによると、 まず 14:27JST直後に、最低気圧が約 985hPa、鉛直渦度が 約1.0s⁻¹の竜巻がメソサイクロンから約1km離れた場所で 発生している。その後、竜巻はメソサイクロンから遠ざかり ながら、発生から約2分後には最低気圧で見る限り判別でき なくなる。しかし、14:32 直後に再度、最低気圧が約 983hPa、 鉛直渦度が約1.0 s¹ の竜巻がメソサイクロンから約2km離 れた場所で発生した。便宜的に竜巻を地表付近で 0.7s¹以上 の鉛直渦度をもつものとし、前半のものをTorl、後半のもの をTor2 と今後呼ぶことにする。図2に、先に定義したメソ サイクロンを中心とした半径 2.5km以内における、鉛直渦 度の最大値と気圧偏差の最低値の時間高度断面を示す。ミニ スーパーセルは上端の 4~5km付近では次第に弱まってい くが、下層では時間の経過と共により低い高度でメソサイク ロンに伴う渦度、気圧偏差が顕在化してくる。14:22頃から は特に高度 1km以下で顕著になり、それが次第に下方に伸 びて地表付近まで達し、14:27 直後に発生したTor1 につなが っている。これは、過去の調査で指摘されている TVS(Tornadic Vortex Signature)に対応していると考えら れる。一方、Tor2 は 14:32 直後、地表付近から竜巻に対応 する鉛直渦度、気圧偏差が急激に生じ、渦度が 0.5s1以上の 領域は地表付近に限られているのが特徴である。



図1. 高度1kmにおけるメソサイクロンを中心にした半径2.5kmの領域内における海面気圧の最低値、地上高20mの最大鉛直渦度、最大渦度とメソサイクロンの水平距離の時系列。



¹⁰⁰⁰ 2000 - 20000 - 20000 - 2000 - 2000 - 2000 - 2000 - 2000 - 2000 - 2000 - 2000 - 2000

3. Tor1とTor2の発生過程

Tor1 はミニスーパーセルが閉塞過程 (eg. Klemp and Rotunno(1983)) に入った時に、上昇流と下降流の境界付近 の上昇流側で発生した(図略)。TVSは最初、メソサイクロ ンの中心に存在していたが、下層から次第に分離して弱まっ ていった(図略)。次に、Tor2の発生過程を確かめるため、 図3に14:30とTor2発生直前にあたる14:32の地上高60m における鉛直渦度とストームに相対的な風の分布を示す。こ れらの図から、後方ガストフロントと、それとは別に東側に 存在する局地前線が 14:32 頃にマージしていたことが分か る。竜巻は直後に、そのマージした地点で発生した。Tor2 の発生において、上空は上昇流域になっていたが、特に強ま っていたということはなく、下層の渦の強化が支配的であっ たと言える。これら Tor1、Tor2 の特徴は、Trapp and Davies-Jones (1997)で指摘される DPE(dynamic pipe effect)あり、なしの竜巻発生過程と共通点が多く見られる。 Tor1の発生過程はDPEで説明できるのか、また、渦の生成 機構は何であるのか、今後解析する必要がある。



図3. (a)14:30、(b)14:32における地上高約60mにおける鉛直渦度とストームの動きに相対的な風の分布. コンターは海面気圧.