

特別報告 佐呂間町に竜巻をもたらしたスーパーセルの再現実験 ～水平分解能250mの雲解像モデルの結果から～

○加藤輝之(予報研究部)

1. はじめに

2006年11月7日13時20分頃、北海道佐呂間町でF3(風速70～92m/s)の非常に強い竜巻が発生し、9名の犠牲者を出す大惨事となった。

竜巻は、寒冷前線を積乱雲が通過する場合や巨大な積乱雲(スーパーセル)に伴って、下層の渦が積乱雲中の上昇流によって引き伸ばされることによって発生する。その積乱雲がスーパーセルであるかどうかの判定には、通常積乱雲内部の風の流れを推定することができるドップラーレーダーによる観測が必要である。

現在、気象庁ではドップラーレーダーによる観測網の整備を進めているが、佐呂間町は未整備な領域にあり、今までの気象レーダーによる観測しかない。したがって、そのデータから竜巻をもたらした積乱雲内部の風の流れは分からない。

そこで、本研究では気象研究所で開発中の雲解像モデルを用いて、竜巻をもたらした積乱雲の再現を試みた。また、観測データからだけでは分からないその積乱雲を発生させた大気状態についても調べた。

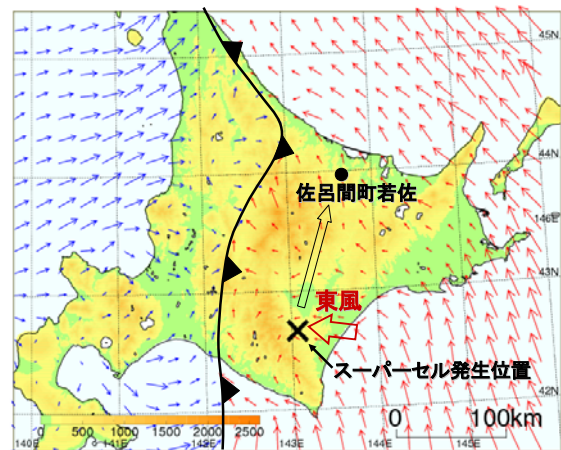
2. 竜巻発生当日の大気状態

竜巻をもたらした積乱雲は、11月7日11時過ぎに日高山脈の東山麓で発生した(第1図のx地点)。その後、時速約80kmで北北東進し、13時過ぎに佐呂間町に達し、竜巻をもたらした。また、その積乱雲はオホーツク海で消滅するまで、約3時間持続した(通常の積乱雲は約1時間の寿命)。

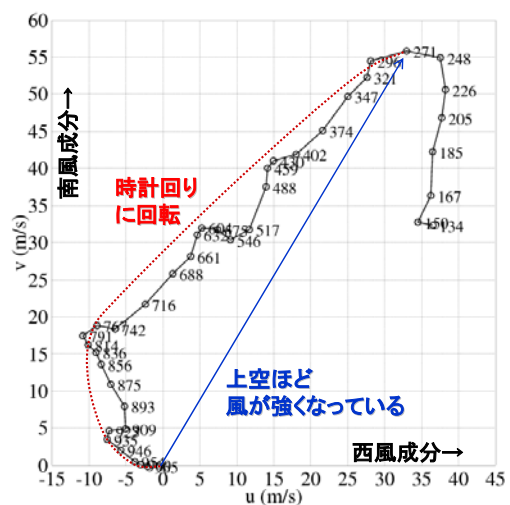
当日、発達した低気圧が北海道の北方に存在し、その低気圧から延びる寒冷前線が北海道を通過した。寒冷前線的位置(第1図)を見ると、竜巻をもたらした積乱雲の発生位置は寒冷前線の東側に当たり、そこでは概ね強い南よりの風が吹いていた(第2図)。また、アメダスによる観測から、その寒冷前線は佐呂間町を14時頃に通過したので、竜巻は寒冷前線の東側の暖域内(南よりの風の卓越領域)で発生したことになる。

竜巻をもたらした積乱雲の発生位置での地表付近の風(第1図)をよく見ると、山岳の影響を受け東よりの風になっていた。その地点での上空の風の分布(第2図)を見ると、高度3km(～700hPa)付近で東風から西風成分を持つようになると

ともに、上空ほど風が強くなっていた。このような風の分布を持つときに、スーパーセルを発生させることが指摘されている。積乱雲は上空の風によって北北東に移動する一方、雨やあられなどは落下しながら西側に流される。このような大気状態では、雨などの落下や蒸発によって作られる下降気流と雨雲を作り出す上昇気流が異なった場所に存在し続け、積乱雲の寿命は長くなる。これは、スーパーセルの1つの特徴である。



第1図: 竜巻をもたらした積乱雲が発生した頃(11時)での水平分解能1kmの雲解像モデルで再現された地表付近の風と寒冷前線的位置。↑でスーパーセルの移動方向を示す。



第2図: 第1図のx地点(スーパーセルの発生位置)における上空の風分布。3桁の数値は気圧(hPa)を示す。

3. 雲解像モデルによる再現結果

佐呂間町で竜巻が発生する直前の気象レーダー(第3図左上)によると、竜巻は強い降水域の東側で発生したことが分かる。しかし、アメダスの風だけでは竜巻が発生した付近での風の詳細な分布は把握できない。

水平解像度250mの雲解像モデルによって再現された結果(第3図左下)は、約10km東側にずれてはいるものの、気象レーダーによる降水分布と非常によく一致している。また、周辺の風の分布を見ることができ、積乱雲の下降気流によって作られた冷気(⇨)と積乱雲に暖かく湿った空気を送り込む南よりの風(⇩)が降水域の東側下層で衝突し、局地的な前線(ガストフロント)を形成している。ガストフロント上(第3図右)では、上昇流域となっているとともに、渦状のもの(○や⊗)が複数見られる。その中の1つが上空の強い上昇流によって吸い上げられて、竜巻になったのではないかと考えられる。

竜巻をもたらした積乱雲の構造を雲解像モデルでの再現結果(第4図)から見てみる。積乱雲の高さは10km、大きさは20~30kmである。積乱雲の南東側では、南風により暖かい湿った空気が流入し、強い上昇気流域(赤色の領域)が作られている。そこには、上昇流が強いために雨やあられなどは落下することができずにヴォルト(丸天井の意味)と呼ばれる領域が存在している。また、上昇流域の西側には雨などの落下や蒸発により顕著な下降流域が作られていた。さらに、上空(0°C以下)での降水物質は、雪ではなく、ほとんどがあられであった。以上の特徴から、佐呂間町に竜巻をもたらした積乱雲はスーパーセルであったことがわかる。

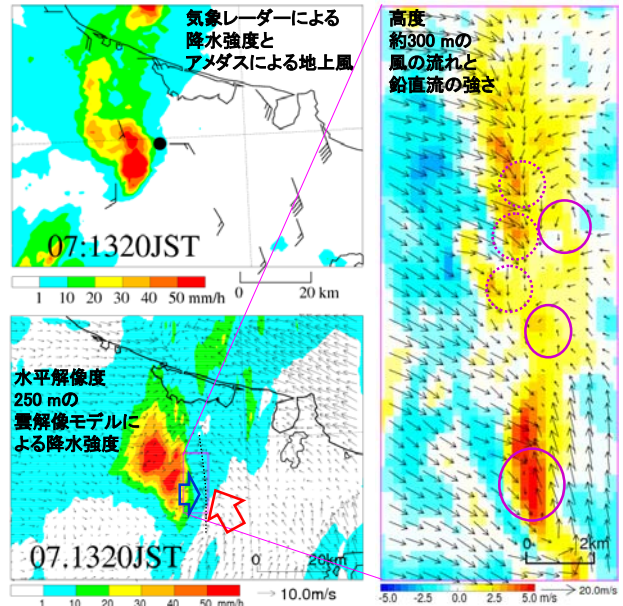
4. まとめ

雲解像モデルを用いることで、気象レーダーからだけではわからなかった佐呂間町に竜巻をもたらした積乱雲の内部構造が明らかになった。その積乱雲はスーパーセルの特徴を持ち、下降流域から吹き出した冷気と上昇流域に暖かい湿った空気を送り込む南風が衝突してガストフロントを作っていた。竜巻はそのガストフロント上で発生したと考えられる。

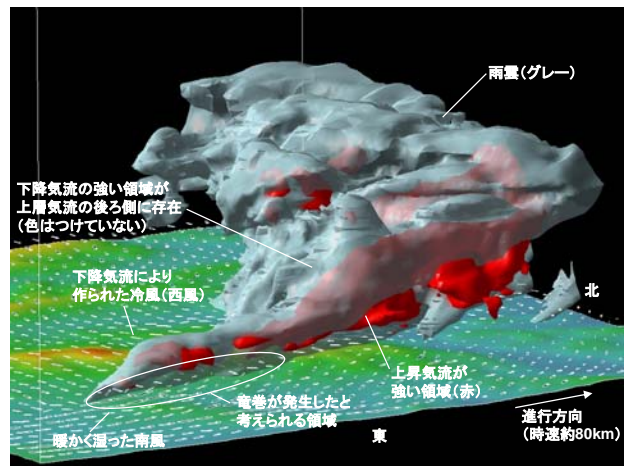
日本付近では、スーパーセルは台風の北東側の周辺領域でよく発生すると考えられてきた。これは、そこでの大気状態が第2図で示すような風の分布を持つためである。しかし、このケースによって台風に関係なくスーパーセルが発生しうることが示された。今後、台風の周辺領域で観測されたケースを含め、竜巻をもたらしたと思われるスーパーセルの再現実験を行うことによって、日本付近で竜巻がもたらされたときの大気状態の把握を行う予定である。

また、雲解像モデルの水平分解能の高めることで竜巻が再現できれば、その発生メカニズムの解明につながり、気象

のみならず多様な分野での防災対策に役立つことが期待される。参考までに、竜巻(直径約50m)を再現するためには、雲解像モデルの水平分解能を10m以下にする必要があり、『地球シミュレータ』を利用しても数日間の計算を行わなければならない。



第3図: 佐呂間町で竜巻が発生する直前(13時20分)の気象レーダーによる降水強度(mm/h)とアメダスによる水平風(左上図)、同時刻における、水平解像度250mの雲解像モデルによる降水強度と高度20mの水平風(左下図)。竜巻が発生した位置を●で示す。高度約300mにおけるガストフロント付近での風の流れと鉛直流の強さ(右図)。左下図のピンク色の領域を拡大。なお、渦が判別しやすいように南北風速は8m/s減速させて表示した。渦状に見える領域を○、その他に渦として判断される領域を⊗で示す。



第4図: 佐呂間町通過時の水平解像度250mの雲解像モデルで再現されたスーパーセル。矢印は、下層の風の向きを示す。雲の高さは10km、大きさは東西・南北とも20~30kmであった。