

竜巻を発生させる台風の構造的特徴

＊末木 健太、新野 宏（東京大学大気海洋研究所）

1. はじめに

熱帯低気圧に伴って発生する竜巻は、熱帯低気圧の進行方向右前方で多く発生するといわれている（例えば McCaul, 1991; 小元, 1982 等）。また、総観規模の風の鉛直シアが大きい時、ハリケーンのダウンシア側で Storm-Relative Environmental Helicity (*SREH*) や Energy Helicity Index (*EHI*) が大きくなる傾向が指摘されている (Molinari and Vollaro, 2010)。

2013 年度秋季大会では、コンポジット解析により、竜巻を発生させた台風はそうでない台風と比べ、進行方向右前方における *SREH* の極大値や進行方向前方の鉛直シアが大きいことを示した。本発表では、総観規模の鉛直シアの方向をそろえたコンポジット解析の結果について報告する。また、台風の移動および総観規模の鉛直シアが台風の構造と竜巻の発生環境に与える影響を調べた理想化数値実験の結果について報告する。

2. 客観解析データを用いた解析

2013 年度秋季大会と同様に、「竜巻を発生させた台風」(以下 TT: Tornadic Typhoon) 35 データと、「竜巻を発生させなかった台風」(以下 NT: Non-tornadic Typhoon) 199 データを定義する。竜巻の発生時刻・位置データには気象庁の「竜巻等の突風データベース」(<http://www.data.jma.go.jp/bosai/tornado/index.html>)、台風の解析にはベストトラックデータ (気象庁) と評価版 JRA-55 (解像度 $1.25^\circ \times 1.25^\circ$) を使用した。TT と NT それぞれの台風周辺のデータ (水平風、温度など) を、総観規模の鉛直シアの方向をそろえてコンポジットすることで、両者の構造の違いを比較した。

コンポジットした風速場から *SREH* を計算したところ (図 1)、TT・NT とともに、台風のダウンシア側からダウンシア方向左側、中心から距離 200-400 km で *SREH* が大きくなっていった。一方、TT と NT を比べると、TT の方が *SREH* の極大値は大きく、局所的な鉛直シアについても、TT は NT に比べ 1.5 倍程度大きかった。また、TT について、*SREH* の大きな領域の分布と竜巻発生位置の分布は整合的であった (図 1 a)。

また、Hart (2003) が提案した Cyclone Phase Space (CPS) の中の対称性を表すパラメータである *B* にもとづき、TT・NT それぞれについて、「対称な台風」 ($|B| \leq 10$) および「非対称な台風」 ($B > 10$) のみを抽出し、コンポジットして比較した。その結果、非対称な台風の方が対称な台風と比べ *SREH* が大きかった。一方、対称な台風と非対称な台風いずれの場合も、NT に比べ TT の方が *SREH* は大きかった。この傾向は、移動方向をそろえた場合と同様である。

3. 理想化数値実験

総観規模の風が台風の構造と竜巻の発生環境に与える影響を調べるために、理想化した数値実験を行った。使用モデルは WRF 3.4.1 である。計算領域は水平方向に $3000 \text{ km} \times 3000 \text{ km}$ (5 km 格子)、鉛直方向に 25 km (約 550 m 格子) とし、f 面 (20° N)、SST 一定

の条件下で行った。雲微物理過程には Kessler scheme、大気境界層過程には YSU scheme を使用した。また、高度 20 km より上には Rayleigh damping を導入した。水平境界条件は、東西方向は周期境界、南北方向は対称境界とした。水平一様で鉛直シアのない西風あるいは鉛直シアのある西風の場合の中に初期渦を与えて台風を発生させ、前者では台風の移動の効果を、後者では総観規模の鉛直シアの効果を調べた。

鉛直シアのない西風の場合、西風場の下境界層で生じる南風の影響で、台風の進行方向前方から右前方にかけて *SREH* が大きくなることがわかった (図 2 a)。一方、鉛直シアのある西風の場合、基本場の鉛直シアそのものの効果と、台風渦がダウンシア左側象限へ傾く効果により、ダウンシア側からダウンシア方向左側にかけて *SREH* が大きくなることがわかった (図 2 b)。これらは、客観解析データによるコンポジット解析の結果と整合的であった。また、西風の強さを変化させた感度実験から、上述の非対称性は、移動が速く、鉛直シアが強いほど顕著に現れることがわかった。

4. まとめと今後の課題

コンポジット解析と数値実験の結果から、台風の移動と総観規模の鉛直シアのいずれもが、台風の構造に非対称性を生じさせ、竜巻が発生しやすい環境場を作り出す効果を持つことがわかった。今後は、高度ごとの水平風の向きと鉛直シアの方向が異なる総観場を考慮した実験設定を実現し、台風の移動と総観規模の鉛直シアの複合的效果を検証していきたい。

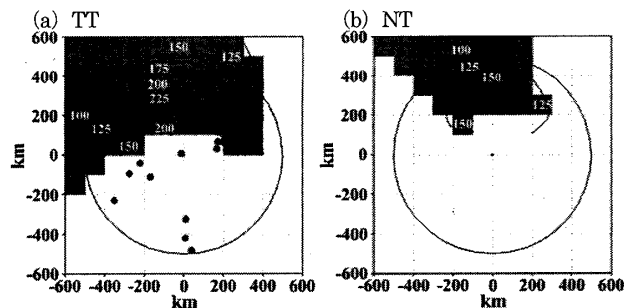


図 1: 総観規模の鉛直シアを紙面上向きにそろえてコンポジットした風速場から求めた *SREH* (コンター; m^2/s^2)。 (a) は TT、(b) は NT。鉛直シアが 10 m/s 以上の領域 (灰色の部分) でのみ計算している。実線の円は、台風中心から半径 500 km を表す。 (a) では、台風の中心に相対的な竜巻発生位置を黒丸で示してある。

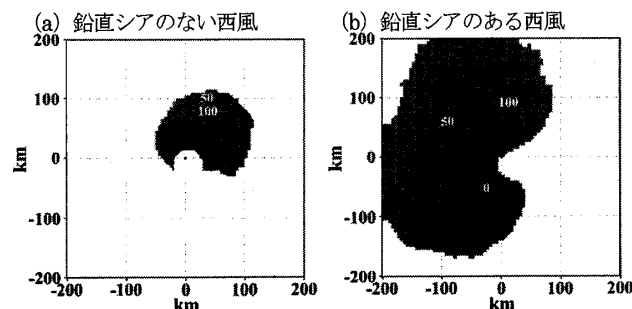


図 2: 数値実験における台風周辺の *SREH* (コンター; $50 \text{ m}^2/\text{s}^2$ ごと) の空間分布。 (a) は鉛直シアのない西風の実験、(b) は鉛直シアのある西風の実験。灰色の領域は図 1 と同様。