

高頻度ラジオゾンデ観測によって捉えられた 台風中心近傍の逆鉛直循環

Reversal Vertical Horizontal Circulation of Typhoon Core Area Captured by Frequent Radiosonde Observation

地球環境気候学研究室 吉岡七緒 (512M236) : 指導教員 立花義裕 教授
Nanao Yoshioka

keywords: absolute angular momentum, radial wind speed

1. 序論

台風中心域の熱力学的、力学的な3次元構造は、直接観測の難しさから、その多くが未だ謎に包まれている。ドロップゾンデ観測では航空機の飛行高度が限られ、ラジオゾンデ観測では激しい気象条件下での観測が難しいため、台風中心域を地上から成層圏まで直接観測することは非常に困難である。我々は、東シナ海において練習船上より、上空を通過していく台風中心域に対し1時間間隔計12回の高頻度なラジオゾンデ観測を行った。この連続的な観測により、成熟段階にある台風の半径200km内、地上から成層圏までの水平、鉛直構造を捉えた。本研究では、ラジオゾンデ観測データにより台風中心域の水平、鉛直構造を明らかにすることを目的とする。

本研究は、Geophysical Research Letters (American Geophysical Union) に投稿予定である¹⁾。

2. 観測概要

西表島北西の湾内に停泊中の練習船上より、上空を通過する台風メアリ中心域に対し、台風通過前から通過後まで1時間間隔計12回のラジオゾンデ観測を行った。観測には明星製のGPSラジオゾンデを使用し、受信機4台を交互に使用することで1時間毎の高頻度で連続的な放球を可能にした。1番目、2番目の放球は、2時間間隔、3番目以降は1時間間隔に放球した。台風とラジオゾンデの水平相対位置をFigure 1に示す。台風最接近時の観測点と台風中心の水平距離は約55kmであった。観測にかかった12時間という時間スケールは、この台風の寿命5日間と比較すると短い。また、観測期間中台風はずっと成熟段階にあったため、観測期間中の台風の構造は、時間変化による影響は少ないと考えられる。従って、本研究では、観測によって捉えられた台風の構造を、時間変化ではなく空間変化と捉えて解析していく。

3. 結果

ラジオゾンデデータをそれぞれ縦軸高度、横軸台風中心からの距離に並べ、ラジオゾンデと台風中心の相対位置から台風中心域の鉛直構造を示しているとして、解析を行った。

①動径風速成分と絶対角運動量(Figure 2)

地上から高度500mでは、動径風速は前面で内向

き、後面で外向きであり、絶対角運動量($rv+fr^2/2$ r :半径, v :接線風速成分, f :コリオリパラメータ)のコンターは、ほぼ水平であった。高度2km付近では、両面とも動径風速が外向きでコンターは台風外側にむかい傾斜していた。対流圏中層では動径風速は中心付近から後面にかけ内向きでコンターは台風外側にむかい傾斜していた。前面高度12km、後面高度14kmより上で動径風速は外向き、コンターは対流圏中層に比べおおよそ水平であった。

②動径風速成分とラジオゾンデ相対上昇速度による鉛直流の推定(Figure 2)

動径風速成分とラジオゾンデの相対上昇速度を用いて、半径-鉛直断面における風の流れを推定する。後面には、高度2km付近の動径風速が外向きの領域にそって上昇流があり、対流圏中層では内向きかつ下降する流れがあった(図中黒矢印)。

③連続式による鉛直流の推定(Figure 3)

連続式より、 $2\pi r v / \pi r^2$ (r :半径, v :動径風速成分)を積分していくことで鉛直流を求めた。地上からと圏界面16kmからの2通り行った。高度1-6kmでは、台風中心付近で上昇流があり、後面は動径風速が外向き(Figure 2(b))の領域を境に上側で下降流、下側で弱い上昇流があった。高度10-15kmでは、前面は上昇流、後面は10-14kmで下降流、14-15kmで上昇流であった。後面の下降領域は、②による推定流と一致していた。

④気圧傾度力、コリオリ力、遠心力の合計とロスビー数(Figure 4)

気圧傾度力 $\rho^{-1}dp/dr$ 、コリオリ力 fv 、遠心力 v^2r^{-1} (ρ :密度, p :気圧, r :半径, f :コリオリパラメータ, v :接線風速成分)をそれぞれ求め合計した。ロスビー数 v/fr (v :接線風速成分, f :コリオリパラメータ, r :半径)が全体的に大きいため、コリオリ力は気圧傾度力、遠心力に比べ非常に小さかった。地上から高度2.5kmは、接線風速が30m/s以上(図略)と強いため遠心力が大きくなり、力の合計は外向きであった。高度2.5kmより上では、気圧傾度力が遠心力より大きいため内向きであった。この結果は、動径風速の向きと一致していた(Figure 2(b))。

4. 考察、まとめ

摩擦のない場合絶対角運動量は保存するので、空

気塊は絶対角運動量のコンターに沿って動くと考えられる。よって、①より風の流れを推定することができる。①から、前面では地上付近で内向き、圏界面付近で外向きに吹き出す流れが推定される。後面は地上付近で外向き、高度 2km 付近で外向きかつ上昇、対流圏中層で内向きかつ下降する流れが推定される。これら風の流れは、②、③によって推定される流れとおおよそ一致している。また、④の結果も高度 2km 付近の吹き出しを支持している。以上の結果から、前面と後面では風の流れが異なり、後面には、対流圏中層で台風中心に向かいつつ下降し、高度 2km 付近で外向きに吹き出しつつ上昇する、という流れの鉛直循環があると推定される。

前面の風の様子は、先行研究[e.g., Frank 1977²⁾; Gray1979³⁾]で示される成熟期の代表的な台風の二次循環と一致している。しかし、後面の風の様子は先行研究と異なり、逆向きの流れに近い。高頻度直接観測によって、先行研究とは異なる“逆鉛直循環”を明らかにすることができた。

5. 謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導頂いた指導教員の立花義裕教授、小寺邦彦氏、山崎考治氏、吉岡真由美氏、観測に協力して下さった長崎大学、東北大学、弘前大学、三重大学、JAMSTEC、長崎丸船員の皆様、多くの助言をして下さった研究室のメンバーに感謝の意を表します。

6. 引用文献

- 1) Yoshioka *et al.*, (2014), Detailed vertical and horizontal structure of typhoon central region in frequent radiosonde observation. *Geophys. Res. Lett.*, (to be submitted)
- 2) Frank, W. M., (1977). The structure and energetics of the tropical cyclone. Part I: Storm structure, *Mon. Weather Rev.*, 105, 1119–1135.
- 3) Gray, W. M., (1979). Hurricanes: Their formation, structure, and likely role in the tropical circulation. *Meteorology over the Tropical Oceans*, D. B. Shaw, Ed., Royal Meteorological Society, 155–218.

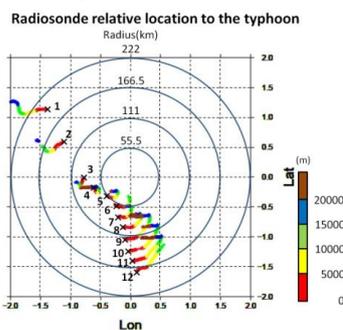


Figure 1. Relative locations of the track of radiosondes to the typhoon. Cross signs are the positions of the launches. Color lines are the track of

the radiosonde, and colors indicate the altitude of the radiosonde. Blue circles indicate a distance from the typhoon center.

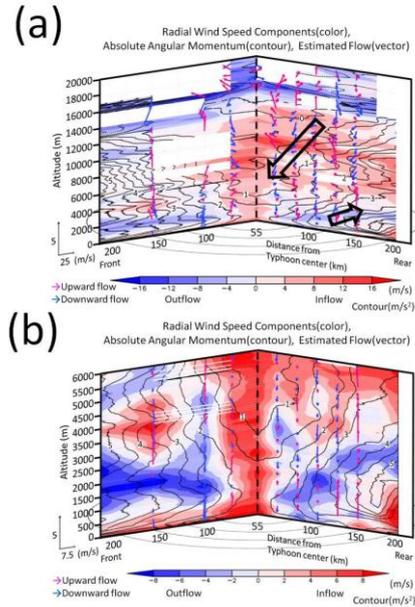


Figure 2. Radius-height cross-section of radial wind speed components with absolute angular momentum and estimated flow by radial wind speed components and relative radiosonde upward speed in (a)0-20 km altitudes and (b)0-6 km altitudes. Black arrows indicate estimated flows on average.

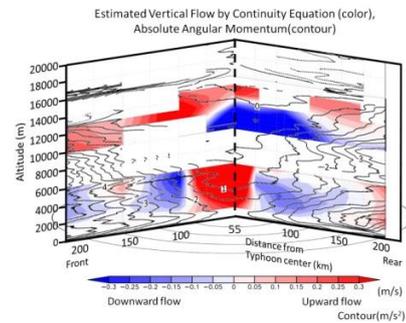


Figure 3. Radius-height cross-section of estimated vertical flow and absolute angular momentum in 0-20 km altitudes.

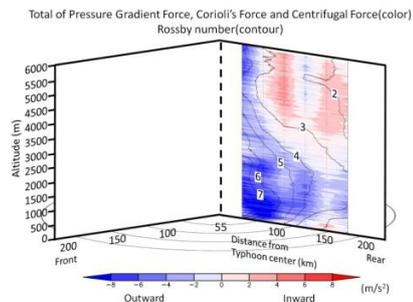


Figure 4. Radius-height cross-section of total of pressure gradient, Coriolis force and Centrifugal force and Rossby number in 0-6 km altitudes.