

ドップラーレーダーを用いた台風の立体構造に関する解析的研究

～ 2007 年台風第 11 号の事例 ～

岩間 陽介、島袋 秀樹（那覇航空測候所下地島空港出張所）

友利 健、比嘉 良守、阿波連 正（宮古島地方気象台）

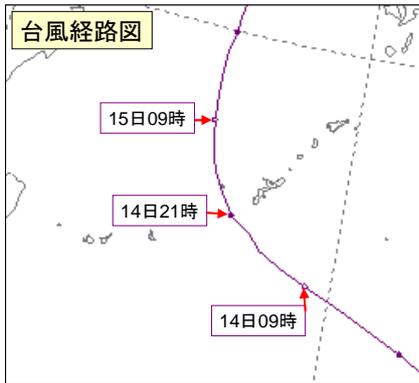
1 はじめに

本調査では、2007 年台風第 11 号の事例について、ドップラーレーダーの観測に基づき、台風内部における風速分布の推定を試みた。推定手法を確立し、予報作業・実況監視等に役立てる事を目的とする。また、調査結果は、航空気象業務にも資するものである。

なお、本調査は、平成 20 年度地方共同調査「ウインドプロファイラを用いた台風の立体構造に関する解析的研究」の一環として実施した。

2 2007 年台風第 11 号の概要

2007 年台風第 11 号は、9 月 13 日 09 時に南大東島の南東海上で発生し、発達しながら西北西へ進んだ。14 日 18 時には沖縄本島に接近し、進路を北寄りに変え、15 日に久米島を通過した。(第 1 図参照)



第 1 図 2007 年台風第 11 号の経路図

台風第 11 号は、本島付近に最も接近した 14

日夜から 15 日未明にかけて最盛期となり、中心付近の最大風速は 50m/s に達した。

3 那覇空港ドップラーレーダーによる台風内部の風速推定

(1) 台風内部の接線風をドップラーレーダーで直接観測できる地点の軌跡

ここでは、台風内部の風の接線成分(接線風)をドップラーレーダーで直接観測する方法について述べる。台風の接線風向がドップラーレーダー(以下 DRAW)の視線方向と一致する点の軌跡を第 2 図に示す。この軌跡は、DRAW で観測されるドップラ

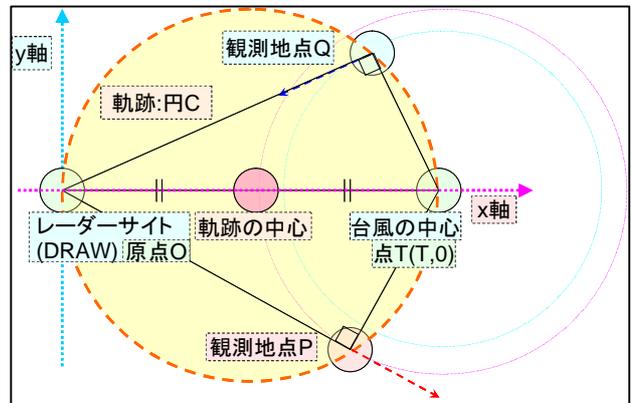
一速度の絶対値と台風の接線風速が等しいとみなせる点の軌跡である。

まず、DRAW の位置を原点 O 、台風を中心を点 T とする。次に、線分 OT に平行な直線を x 軸とする直交座標系を設定する。点 T の座標は $(T, 0)$ とする。

接線風の風向と DRAW の視線方向が平行となる任意の点を点 $P(y < 0)$ 、点 $Q(y > 0)$ とおくと、第 2 図の通り、点 P, Q 共に、 $\angle OPT = 90^\circ$ 、 $\angle OQT = 90^\circ$ を満たす必要がある。円周角の定理により、点 P 、点 Q の軌跡は、線分 OT を直径とする円 C となる。なお、 $y > 0$ の領域は、ドップラー速度が負で、 $y < 0$ の領域は、ドップラー速度が正である。

なお、台風を中心からの距離 $r(0 < r < T)$ に対して、接線風の観測できる点は、点 T を中心とする半径 r の円と円 C の 2 交点(x 軸に対称)である。

通常は、 x 軸が東西方向、 y 軸が南北方向でデータを扱うため、上記の座標系を適切に回転させて、円 C 上のドップラー速度を計算している。



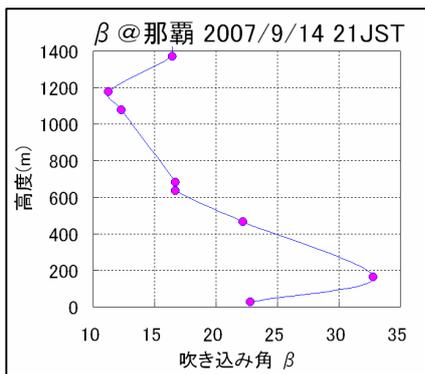
第 2 図 台風の接線風が那覇 DRAW の視線方向と一致する点の軌跡(模式図)

(2) 吹き込み角 β の値について

台風の内側では、地表面摩擦の効果により収束(動径風成分)が生じる。ここで、吹き込み角を一律に β であると仮定すると、風速は、接線風 $\div \cos \beta$ であるとみなせる。なお β の値は通常、海上で約 20° 、陸上で約 35° である。

第 3 図では、14 日 21 時(12Z)における那覇のラジゾンデ観測に基づいた、台風への吹き込み角 β の高度プロファイルを示す。

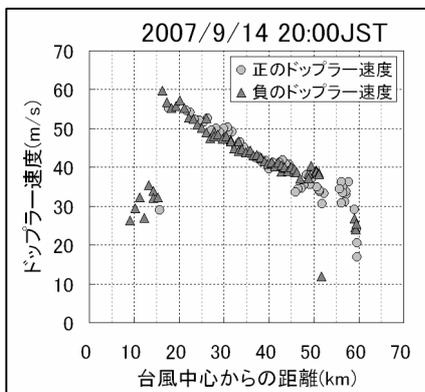
地表面(海拔高度 28m)付近を除けば、概ね、高度 1200m まで、高度と共に、 β の値が小さくなっている。高度 500m 以下では、 β の値が 22 ~ 33° であるのに対し、高度 600~1000m では、 β の値が 11~17° であった。



第3図 14日21時(12Z)のラジオゾンデ観測に基づく、那覇における β の高度プロファイル

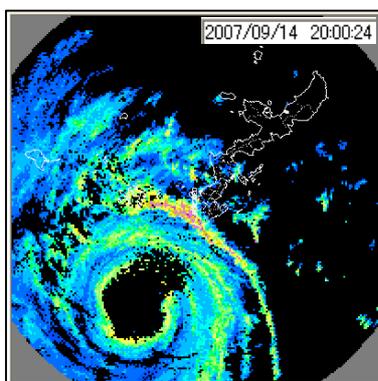
(3) 那覇空港ドップラーレーダーで観測された台風第11号の接線風速の動径分布

ここでは 3.1 に基づき、那覇空港ドップラーレーダー(以下、那覇 DRAW と略す)で観測した、14日20JSTにおける台風第11号の接線風速の動径分布を第4図に示した。接線風速は、台風



第4図 14日20JSTに那覇 DRAWで観測した、上空の接線風速の動径分布(仰角 0.7°)

の中心から約 17km の距離で極大値を持った。また、同時刻のエコー分布を第5図に示す。台風



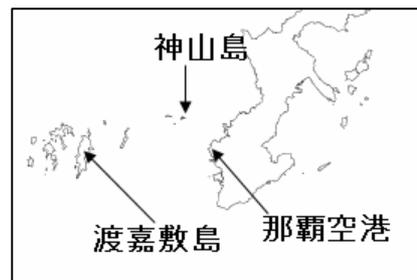
第5図 14日20JSTにおける、那覇 DRAW のエコー分布図

(4) 渡嘉敷上空の風速推定について

渡嘉敷島のアメダス観測地点(以下「渡嘉敷」と

略す)と那覇空港は、ほぼ東西に位置する(第6図)。

3.1 の考え方に基くと、第2図と第6図より、台風



第6図 那覇空港・渡嘉敷島・神山島の位置関係

の中心の経度が渡嘉敷と揃った時、同上空の接線風速を観測できる。また、吹き込み角 β を仮定することで、同上空の風速を推定できる。その後、上空の風速と地上風速の対応関係を示す。

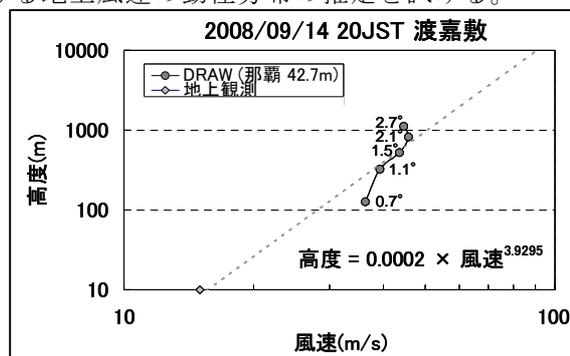
台風第11号で、台風の中心と渡嘉敷の経度が揃うのは、14日20時頃である(第1図、第5図)。これより、20時の観測データを使用する。

吹き込み角 $\beta=20^\circ$ を仮定して、渡嘉敷上空の風速を推定し、風速の高度分布を求めた(第7図)。第7図では、風速・高度の両座標軸を対数とした、風向風速計による20時00分の地上風速(10分値、高度10m)も描画した。次に、10分値の地上風速と上空の推定速度が比較可能であると仮定し、風速の高度分布を第1式の形で近似することで、指数の n を決定した。20時では、 $n \approx 3.9$ を得た。

$$z_1 = z_0 \times (V(z_1) / V(z_0))^n \dots (1)$$

ここで、 z_0 は風向風速計の接置高度(10m)、 z_1 はドップラー速度の測定高度(m)とし、渡嘉敷地上(海拔高度220m)からの高度とする。また、 $V(z_0)$ 、 $V(z_1)$ は、それぞれ高度 z_0 、 z_1 における風速である。

この関係式と、3.3の結果より、台風内部における地上風速の動径分布の推定を試みる。



第7図 風向風速計とドップラー速度に基づく渡嘉敷上空の風速推定値の高度分布

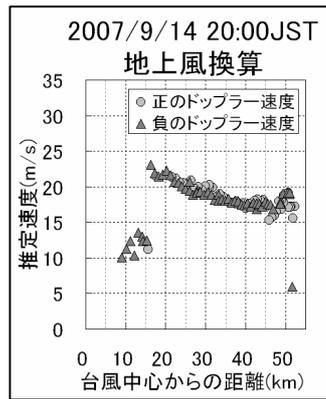
(5) 地上付近における台風内部の風速推定

那覇 DRAW の仰角 0.7° のドップラー速度を用いて、第1式に基づき、台風内部における地上付近

の風速を推定した。なお、第1式におけるnの値、「地上」の標高・風速計の高度とも、渡嘉敷と変わらないと仮定した。結果を第8図に示す。

算出された台風の中心付近の最大風速は、約23m/sで、本来(約50m/s)の半分以下の値となった。

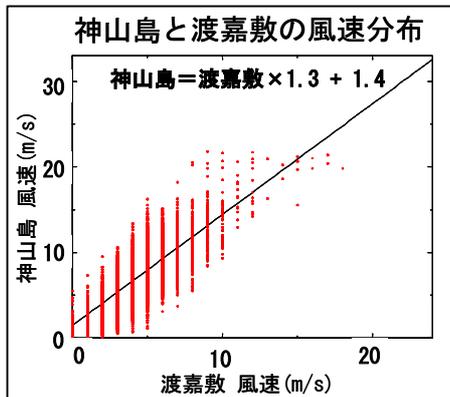
要因の一つとして、地表面摩擦による減衰を考え、地表面摩擦の少ない地点と比較した。



第8図 地上風速推定値の動径分布(20JST)

(6) 渡嘉敷と神山島の風速比較

神山島は、渡嘉敷島と那覇の間に位置し(第6図)、ほぼ平坦(標高10m)で地表面摩擦が少ないため、海上に近い風が吹いていると考えられている。



第9図 神山島と渡嘉敷の風速分布

渡嘉敷付近と神山島付近の海上風速が殆ど変わらないと仮定し、渡嘉敷の地形粗度の影響を確認するために、2004年1月1日から2005年12月31日までの神山島の風速を、渡嘉敷の風速と比較した。両地点の風速分布によると(第9図)、全体的に、神山島の風速が渡嘉敷よりも大きな値を示した。同分布の相関係数は約0.8である。また、両地点の風速関係式は第2式の通りであった。

$$\text{神山風速} = 1.3 \times \text{渡嘉敷風速} + 1.4 \text{ (m/s)} \dots (2)$$

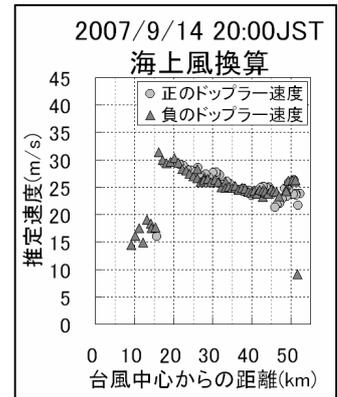
ただし、同観測期間中に神山島への台風の接近は少なく、40m/s以上の風速は観測されていない。つまり、本事例の台風中心付近は、第9図の分布の範囲外である。同式を適用する際には、「外挿」である事に注意する必要がある。また、データ数の確保を優先させたため、風向による風速分布の違いを考慮に入れていない。今回の式の適用がどの程度成り立つのかどうか、検討の余地は残る。

(7) 台風内部における海上風速の推定

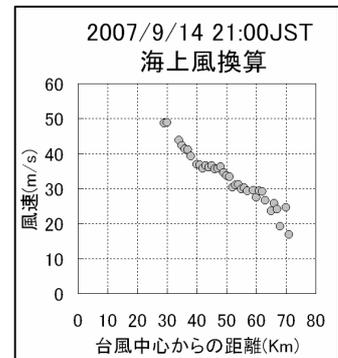
3.5で求めた地上風速分布に第2式を適用し、海上風速を推定した。結果を第10図に示す。20時における、台風中心付近の海上風速の最大値として、50m/sよりもはるかに小さい、約30m/sを得た。

なお、同様の考え方で21時のデータを用いると、第1式の指数nが9.5と大幅に増加し、中心付近の最大風速の推定値として約50m/sを得た。(第11図)。

渡嘉敷では、20時から21時にかけて、上空のドップラー速度の値が35m/sから40m/s程度で推移する一方、地上風速は、15m/sから25m/sへ大幅に増加した(図略)。今回の方法を実際に適用するまでには更なる検討が必要であると考えられる。



第10図 海上風速推定値の動径分布(20JST)



第11図 海上風速推定値の動径分布(21JST)

謝辞

本調査を行うにあたり、沖縄気象台次長、沖縄気象台気候・調査室の皆様大変お世話になりました。那覇DRAWに関して、那覇航空測候所観測課の皆様御尽力を頂きました。その他観測データでは、沖縄気象台観測課の皆様からご協力を頂きました。ここに感謝いたします。

参考文献

上江洸 司, 平成19年度地方共同研究最終報告「台風中心部の強風メカニズムに関する基礎研究」- 台風域内の気圧や風の分布等に関する基礎調査 -