

偏波ドップラーレーダーによる台風内部のメソスケール擾乱に関する基礎的研究

山梨大学工学部 学生会員 ○丸山 務
 山梨大学大学院 正会員 大石 哲
 山梨大学大学院 非会員 浅田浩之
 (独) 情報通信研究機構 正会員 中川勝広

研究の背景と目的

台風は毎年平均 10.8 個接近し 2.6 個上陸して大量の水を日本に供給するので、それによって日本の水が保たれている面もあり「恵みの雨」とも言える。しかし、過去に何千人もの死者を出した室戸台風、枕崎台風、伊勢湾台風などの例からわかるように、台風災害は一番身近で最も注意を要する災害の一つである。最近では台風予測の精度の向上や治水事業の成果もあり、台風による死者の数は減ってきたが、2004 年の台風被害も記録的で観測史上最大の 10 個の台風が上陸し、観測史上タイ記録の 19 個の台風が接近して、230 人の死者・行方不明者を出しており、未だ十分な対策が取られたとは言えない。台風に対する適切な防災を行うためには、台風に関する予測が必要である。より精度の高い台風の予報情報を獲得するためには、台風の進路、進路による強度変化予測を統計的予測から力学的予測にすることが求められ、その基礎知識獲得のために富士山レーダーをはじめとする、日本を覆うレーダーネットワークが整備された。

本研究は 2003 年の台風 10 号を対象に、独立行政法人情報通信研究機構 (NICT) 沖縄亜熱帯計測技術センター所有 沖縄偏波降雨レーダー (COBRA)¹⁾ を用いた雨滴・1 次元風速の観測データをより詳細に解析するために、雲解像非静力学気象シミュレーションモデル (CReSS)²⁾ を用いて台風内部の 3 次元構造を数値的に再現し、今まで詳しいことが分からなかった、台風内部の詳細なメソスケール構造の解明を行い、台風の進路・勢力の変化予測のための基礎的研究を行うことを目的としている。

研究の概要

本研究で使用するレーダーは、COBRA (CRL (独立行政法人通信総合研究所, NICT の前身) Okinawa Bistatic polarimetric RAdar) である。COBRA は沖縄本島北部名護市の主レーダー 1 台と恩納村および大宜味大気観測施設のバイスタティック受信機 2 台で構成されている。COBRA の観測機能としてバイスタティック観測、偏波観測、ドップラー観測があり、主レーダー局には 2 台の送信機があり、水平・鉛直、 ± 45 度直線、右旋、左旋円偏波の計 6 種類の偏波をパルスごとに切り替えて送信することにより、降水粒子の詳細な偏波特性の観察や降水粒子の判別、強雨時の減衰補正、グランドクラッタ除去、雨滴粒径分布の推定などを高精度で行うことが可能である。ここでは COBRA の機能のうち偏波観測とドップラー観測を用いる。偏波観測とは送信及び受信において電波の偏波を水平と垂直方向とに高速で切り替えて、各々に対する受信電力を測定するもので、雨滴粒子の大きさを観測することができる。ドップラー観測は、電波のドップラー効果による反射波の周波数変化を利用して雨滴や雪片などの降水粒子の移動速度(これを大気中の風速とみなす)を測定する。

次に雲解像モデル CReSS について説明する。CReSS とは Cloud Resolving Storm Simulator の頭文字をとったもので、雲スケールからメソスケールの現象の高精度シミュレーションを行うために開発された、雲解像の非静力学気象モデルである。このソフトはダウンバースト・マイクロバーストの数値シミュレーションを並列計算機で行えるような数値モデルを開発し、それによりダウンバーストの発生と下降流及びその発散流のふるまいを調べることを目的にしている。特徴としては並列計算機用のプログラムが組まれているので地球シミュレータに代表される大規模な並列計算をして大規模計算が実行できる。さらに地球の曲率、地形の起伏も考慮

キーワード 降水、台風、ドップラーレーダー、非静力シミュレーションモデル、メソスケール構造

連絡先 〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11 山梨大学工学部土木環境工学科 TEL: 055-220-8524

されていることも特徴である。

対象となる台風

本研究で扱う台風は、Typhoon ETAU (台風 0310) である。Typhoon ETAU は 2003 年 8 月 3 日 03:30GMT (以下全て GMT) ごろ東経 140 度、北緯 12.5 度付近で台風となり、その後、勢力を強め 2003 年 8 月 7 日 02:00 ごろ沖縄上空を通過した。COBRA では 2003 年 8 月 6 日から 7 日にかけて観測されている。そこで、CReSS を用いて、2003 年 8 月 5 日 12:00 から 8 月 8 日 12:00 までの再現計算を行い、COBRA 観測データと比較、考察した。再現計算では水平解像度 2500m、鉛直解像度 300m であり、計算時間間隔が 3 秒、解析用出力 20 分ごとのデータである。

考察

算出された結果を図示して解析を行うと、現象をあわせると時間が中心位置で見ると 2 時間ほどずれる。縁辺部の現象はモデルでは表現されていないことが理解された。その上でレーダー反射因子と雨水量の式の導出と値の比較を行った。

Marshall - Palmer 分布をもとに層状雲による降雨に対して導かれた ZR 関係と Bringi and Chandrasekar³⁾ の K_{DP} に関する式と、雲量の定義および単位互換の式から以下の式が得られる。

$$Z = 300 \left\{ 129 \left(\frac{qr \frac{1000}{\rho}}{3.565} \right)^{\frac{0.85}{0.77}} \right\}^{1.6} \quad (1)$$

ここで、Z はレーダー反射因子、qr は単位体積あたりの水の重さ、 ρ は空気密度である。

このレーダー反射因子 Z を dBZ 単位に変換するために自然対数を取り 10 倍する。

モデルのレーダー反射因子[dBZ]は 10 ~ 40 の範囲にありレーダー観測データ範囲の値と一致することがわかり、モデルの妥当性およびモデルの結果のレーダー反射因子への変換が正しいことが示された。

次に、偏波レーダーを使うことによって新たに得られる伝播位相差変化率 K_{DP} ³⁾ を使うメリットとモデル化された K_{DP} の問題点を考察する。メリットとしては、 K_{DP} は Z_{DR} や LDR と異なり受信信号の振幅に左右されず、したがって途中経路上で電波の減衰によって定量性が損なわれることが無い。 K_{DP} には降水強度推定の制度向上に Z_{DR} 以上の効果が期待される。問題点は単位体積あたりの水の重さからの推定値なので雨粒の扁平度合いが反映されないことである。

そこで、本研究でも Bringi and Chandrasekar³⁾ の雲水量と K_{DP} の関係式を用いて、 K_{DP} の値を算出したところ、0 から 1 程度になり、きわめて小さな値であることが示された。この値は深尾らの示す K_{DP} の一般的な値に近く、 K_{DP} の算出も適切に行われたと考えられる。

紙面の関係で、算出結果の図を掲載することができなかったため、講演会ではレーダー反射因子 Z や伝播位相差変化率 K_{DP} の次空間分布を紹介する。

参考文献

- 1) 沖縄偏波降雨レーダー、情報通信研究機構、<http://www.rqtrust.co.jp/c218/COBRA/index.html>
- 2) 坪木和久・榊原篤志：CReSS ユーザーズガイド第 2 版、253p.、2000.
- 3) V.N.Bringi and V.Chandrasekar：Polarimetric Doppler Weather Radar, Cambridge University Press, 636p.2001.
- 4) 深尾昌一郎・浜津享助：気象と大気のレーダーリモートセンシング、京都大学学術出版会
- 5) 小倉義光：一般気象学第 2 版、東京大学出版会、308p. 1999.
- 6) 中川勝広：雨滴流刑分布の鉛直構造解析を基礎にしたレーダーによる降雨量推定手法の構築に関する研究