

9 平成 18 年 6 月 10 日に糸満市で発生したダウンバーストと推定される現象について

林俊宏、許田盛也（沖縄气象台）

1 はじめに

平成 18 年 6 月 10 日 15 時過ぎ、沖縄本島南部の糸満市照屋付近で突風による街路樹の折損やサトウキビの倒伏、非固定式ガードレールの転倒などの災害が発生した。このとき災害発生場所にある糸満市消防本部では、15 時 13 分に南の風 35.8m/s（参考値）の瞬間風速を観測していた。

沖縄气象台は当日と翌 11 日の 2 日間に行った現地調査などから、次の理由によりこの現象はダウンバーストである可能性が高いと推定した。

痕跡から突風は同一方向（北東）に向かって吹いており、被害範囲も東西約 600m、南北約 400m と幅広い（第 1 図）。

日中であるにもかかわらず、竜巻や漏斗雲の目撃情報はなく、竜巻特有の「ゴーツ」という音も聞かれていない。

突風発生時頃のレーダーエコーから沖縄本島南部には発達した積乱雲がかかっているのが確認できる（第 2 図）。また、突風の発生直前に激しい雷雨があったとの情報があり、発達した積乱雲からの強い下降流があったことが示唆される。



第 1 図 突風害の発生した糸満市照屋付近
点線で囲んだ部分が突風の形跡が見られた範囲
矢印は痕跡から推定される突風の向き

本調査は、各種監視資料の詳細な実況解析及び JMANHM による再現実験から、この突風現象の物理構造を把握し、最終目標として、概念モデルの構築及び突風現象監視ワークシートの作成を目指すものである。

2 気象資料の特徴

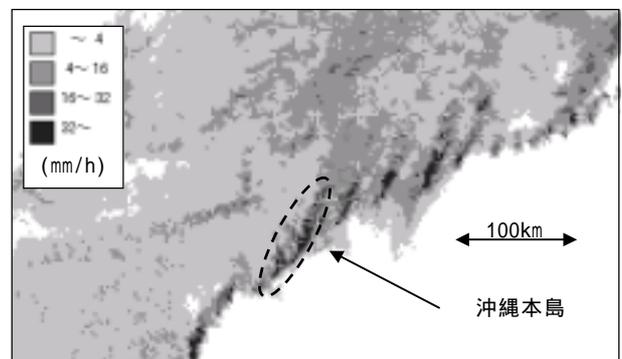
(1) 地上天気図

6 月 10 日 15 時の地上天気図（省略）では、ウェーク島に中心を持つ高気圧と日本の東から沖縄本島を経て華南にのびる梅雨前線が解析されており、沖縄本島近海では、高気圧の縁を回る南西からの暖湿気塊が梅雨前線に向かって流入していた。

(2) レーダーエコー

突風が発生した頃の 6 月 10 日 15 時 10 分のレーダーエコー（第 2 図）を見ると、南西から北東にのびる幅約 300km の層状性降水域の南縁には南南西 - 北北東に走向する数 10 ~ 100km（メソスケール）の線状降水域がほぼ等間隔に並んでいる。

さらに、突風をもたらしたと思われる線状降水域（第 2 図の点線で囲んだ部分）のレーダーエコーを詳細に追跡すると、全体として北東進しながら、内部では、線状降水域に沿ってセルが北北東進しており、セル内では降水強度の強い部分が徐々に下降（積乱雲の成熟期）しており（図省略）この線状降水域はバックビルディング型の



第 2 図 6 月 10 日 15 時 10 分のレーダーエコー
沖縄本島付近には南南西 - 北北東の走向を持つメソスケールの線状降水域が数本見られ、頂高度は高いところで 14km 以上に達していた。点線で囲んだ部分は突風をもたらしたと思われる線状降水域

特徴を有している。

(3) 高層気象観測

10日の09時および21時における那覇での高層観測資料(図省略)を見ると、09時は全層にわたって湿潤となっていたが、21時には800~600hPaに乾燥した層があった。大気安定度は、09時は全層にわたってほぼ安定、21時も対流到達高度は570hPa程度であった。

(4) ウィンドプロファイラ

時間分解能の高い高層風の様子を見るため、大宜味村(那覇市の北東約70km)にある独立行政法人情報通信研究機構沖縄亜熱帯計測技術センター(NICT沖縄)のウィンドプロファイラ(以下WPR)のデータを用いた(図省略)。

被害状況の様子(第1図)から、下降した気塊は上空では北北東~北東へ向かう運動量(南西風)を持っていたと考えられる。WPRを見ると、強い対流性降水に対応する10日13時から16時ころの高度1.5~4kmでは60~70kt(30~35m/s)の南西風が確認でき、糸満市消防本部で観測された瞬間風速35.8m/sとも矛盾しない。

(5) 推定されるメカニズム

本事例のレーダーエコーの特長は裁(2006)との類似点が多い。実況資料および裁(2006)を基に今回のダウンバーストの発生メカニズムを次のように推定する。

地上付近の水平シアーにより、等間隔に渦度の集中域が発生(シアー不安定)、負の気圧偏差が生じ、上昇流が強化

湿潤不安定な成層で積乱雲が発生、中層風に流されバックビルディング型の線状降水域を形成
積乱雲への乾燥空気の流入、蒸発冷却により気塊の密度が増大し、下降流を強化(「湿ったダウンバースト」大野、2001)

下降流に伴った気塊は、上空での水平運動量を保持したまま地表面へ到達、突風をもたらす

3 気象庁非静力学モデルによる検証

前節で推定したメカニズムが妥当なものであるか、気象庁非静力学モデル(JMANHM)による数値実験で検証を試みた。設定は以下のとおりである。

初期値：2006年6月9日21UTC

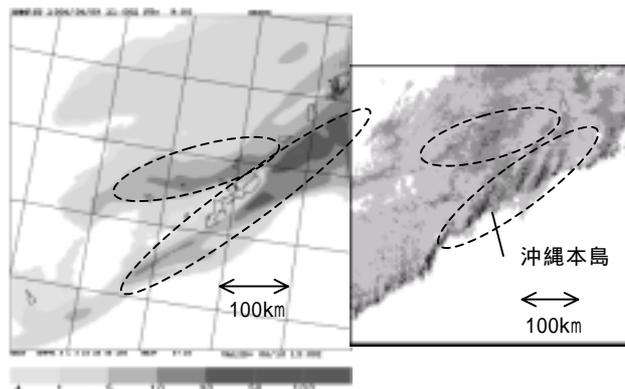
境界値：2006年6月9日12UTC

格子：5km(102×102) 鉛直50層
雲物理過程：氷相を含むバルクモデル
対流パラメタリゼーション：K-Fスキーム
側面境界：レイリーダンピング

第3図は突風が起きた時刻に近い予報時間FT=9(6月10日15時)の計算結果とレーダーエコーである。多少位置ずれがあるが、それ相応の対応が見られる。ただし、メソスケール線状降水域は表現されていない。

第4図に第3図と同時刻の地上における流線と渦度を示す。シアーライン沿いに渦度の大きい領域があり、その中には極大域も見られ、シアー不安定による渦度の集中をうかがわせる。

格子間隔を狭めて空間分解能を上げれば、メソスケール線状降水域を表現できる可能性がある。



第3図 NHM 計算結果 (FT=09 10日15時)
左：NHM 1時間積算降水量(mm)
右：レーダーエコー
線状降水域は表現されていない



第4図 NHM 再現結果(第3図と同時刻)
地上における流線と渦度(陰影)
シアーラインに沿った渦度の大きい領域があり、極大域(周囲より濃い部分)も見られる

上述の計算結果を親モデルとしたダブルネストを以下の設定で試みたが、特筆すべき改善は見られなかった。

初期値・境界値：2006年6月10日00UTC

格子：2km(147×147)、鉛直50層

側面境界：放射条件

その他：親モデルと同じ

そのほかにも、パラメタの変更など数通りの再現実験を試みたが、大きな改善は見られなかった。

メソスケール線状降水域の再現は思わしくなかったが、シャーライン上での積乱雲の発生については、概ね適当であったと考え、総観場の検証を進めていく。

湿ったダウンバーストが発生するには、積乱雲への乾燥空気の流入が必要とされる。第5図は上述のダブルネストの計算結果で、予報時間はFT=4(6月10日13時)である。沖縄本島の西にある強い降水域(図左)と乾燥空気の流入域(図右)が対応している。第5図右で沖縄本島の南海上が乾燥しているのは、梅雨期の太平洋高気圧は地上付近(~1km)が湿潤であるのに対して、中層では沈降昇温により乾燥しているためである。

さらに乾燥空気の効果を検証するため、降水粒子の蒸発効果を除去した感度実験を行った(蒸発効果の除去以外の設定は、上述のダブルネストと同じである)。

その結果は、降水域の表現が若干ぼやけており、上昇流域および下降流域の表現が弱まっていた(図省略)。流入した中層の乾燥空気中での降水粒

子の蒸発による気塊の冷却が、下降流(上昇流)を強化させており、ひいてはダウンバーストの発生につながったものと考えられる。

4 まとめと課題

6月10日糸満市で発生した突風について、発生のメカニズムを2節(5)のように推定し、JMANHMによる再現および検証を行った。今回のJMANHMによる再現結果では、メソスケール線状降水域の再現はできなかったが、定性的には「推定」を否定するものではなかったと考える。今後は、初期設定などを再検討し、メソスケール線状降水域の再現、さらなる詳細な解析を行う必要がある。

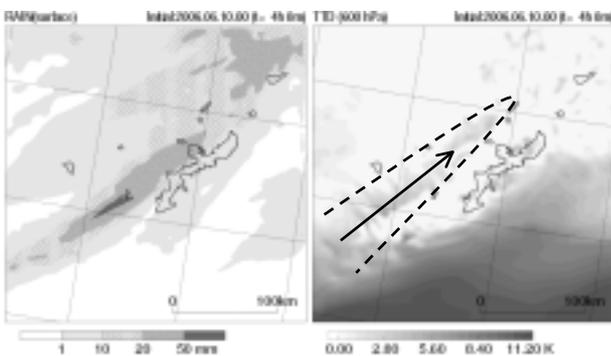
また、突風害が発生した日に、那覇航空測候所の空港気象ドップラーレーダーでは数時間の間に100個以上のマイクロバースト(吹き出しの水平規模が4km以下のダウンバースト)を検出していた(仲程、他、2006)。最終目標である「突風現象監視ワークシート」の作成までには、さらにJMANHMによる詳細な構造解析を進めることで、ダウンバーストの発生条件を絞り込み、ドップラーレーダーによる実況監視技術と融合させることが必要である。

謝辞

本調査では、独立行政法人情報通信研究機構沖縄亜熱帯計測技術センター(NICT沖縄)のウィンドプロファイラデータを利用させていただきました。感謝申し上げます。

参考文献

- 大野久雄, 2001: 雷雨とメソ気象. 東京堂出版, 309pp.
- 沖縄気象台: 平成18年6月10日(土)に糸満市で発生した突風について(速報). 平成18年6月11日沖縄気象台広報資料.
- 裁吉信, 2006: 2004年6月9日に沖縄本島で停滞したメソスケール降水域の構造解析. 沖縄管内気象研究会誌, 34, 43-45.
- 仲程, 他, 2006: 平成18年6月10日のマイクロバースト及びシャーラインの解析. 平成18年度沖縄管内気象研究会誌(簡易版), 35, 22-24.



第5図 NHN再現結果(FT=4 6月10日13時)

左: 1時間積算降水量(mm)

右: 600hPaにおける湿差(T-Td)()

陰影が濃いほど乾燥