

23 平成 19 年 3 月 15 日に沖縄本島中部で発生した突風について

許田盛也（沖縄气象台）、伊芸勝也（宮古空港出張所）

渡真利明・小濱俊朗（那覇航空測候所）

1 はじめに

平成 19 年 3 月 15 日 15 時頃、沖縄本島中部の読谷村からうるま市にかけての広い範囲で突風による被害が発生した(第 1 図)。



第 1 図 突風被害分布（印）
は米軍嘉手納飛行場
は金武地域気象観測所（アメダス）
右下のスケールは 8km

翌 16 日に沖縄气象台が実施した現地調査の結果、読谷村～嘉手納町の突風は、被害痕跡や目撃情報などから竜巻(F1)によるものと推定された。一方、沖縄市池原～うるま市栄野比・昆布については、突風の規模を表す藤田スケールは F1 と推定されたが、現象を推定することはできなかった。

本調査では、各種実況資料の解析から突風現象をもたらす積乱雲を発生させる環境場及び積乱雲の構造を把握し、また、気象庁非静力学モデル(JMANHM)による再現実験をとおして詳細な解析を行う。最終的に、突風現象の予測可能性を検討し、突風災害の軽減に資することを目的とする。また、本調査は航空機の安全運航など航空気象業務に資するものでもある。

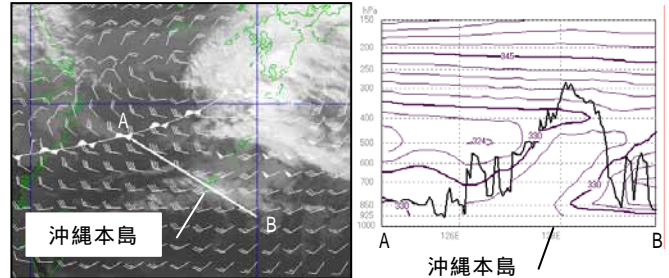
なお、本調査は平成 19 年度沖縄管内共同調査「竜巻やダウンバースト等の突風現象の監視技術及び予測可能性について」の一環として実施したものである。

2 気象状況

(1) 総観場

突風発生時刻に最も近い平成 19 年 3 月 15 日 15 時の地上天気図(省略)では、九州の西海上に中心気圧 1004hPa の低気圧があり、中心から停滞前線が種子島近海及び華中にのびていた。沖縄地方は暖域内にあたり、大気の状態が不安定であった。那覇では南南西 10m/s の風が吹いていた。

同時刻の衛星画像を第 2 図に示す。



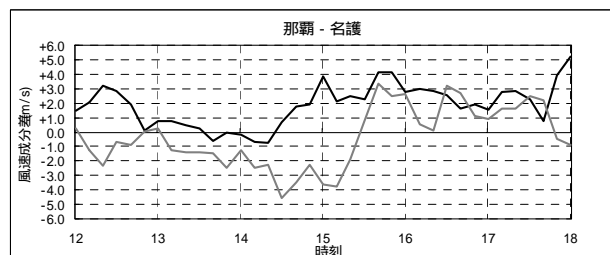
第 2 図 衛星赤外画像 平成 19 年 3 月 15 日 15 時
左図：850hPa 風向風速(RSMGPV)と地上前線
右図：左図 A-B 断面図。相当温位(RSMGPV)と雲頂高度

沖縄本島付近には発達した雲域がみられるが、停滞前線近傍にはあまり発達した雲域はみられない。左図の 850hPa の風では地上の停滞前線を越えて南側も西北西～北西の風向となっている。沖縄本島を横切る断面図(右図)では、沖縄本島付近で最も雲頂高度が高くなっており、雲域の前面では下層の暖気移流に伴い高相当温位域(330K 以上)となっている。一方、後面の中層では相対的に低相当温位域(327K 以下)となっており、これらの影響によって対流雲が発生・発達した。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(以下、NICT 沖縄)のウィンドプロファイラでも地上付近のシア-通過に先行して高度 2~3km 付近のシア-通過が観測されている(図省略)。

以上のことは、地上天気図で解析された停滞前線(奄美の北西海上から華中にかけての領域)が、カタ型の構造であったことを示唆している。

(2) 地上気象観測

3 月 15 日の那覇と名護における風速成分差を第 3 図に示す。15 時以降 20°成分の差は正であり、那覇から名護にかけて減速していることを表し、中部付近が収束場であった可能性を示唆している。110°成分の差も 15 時～18 時は正であり、那覇名護間に正渦度(低圧場)の存在を示唆している。

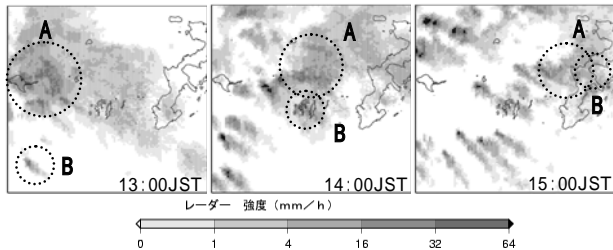


第 3 図 平成 19 年 3 月 15 日 12～18 時の
那覇と名護の風速成分差
黒線：20°成分(南南西風が正)
灰線：110°成分(西北西風が正)

3 レーダー資料に基づく解析

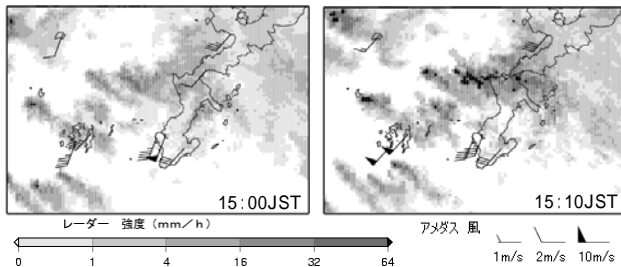
(1) 全国合成レーダー画像とアメダスの風

突風発生前の3月15日13時から15時にかけて、沖縄本島中部付近では、久米島付近から東北東進するやや広がりのあるエコー（第5図A）と、久米島の南海上から北東進するセル状のエコー（第5図B）が合流する場にあった。



第5図 平成19年3月15日13～15時の沖縄本島～久米島の全国合成レーダー画像

エコーAは、不明瞭ながら低気圧性の回転が確認でき、久米島では1.7hPa/20分の急激な気圧降下（変動）もみられた。その後、やや衰弱しながら東北東進し、14時40分頃読谷の南西海上でエコーBと合流した。合流したエコーは15時00分から15時10分にかけて急激に発達し（第6図）、東北東進して本島中部を横断した。第1図との比較から、一連の突風は、この合流したエコーの南縁に沿って発生しているのが分かる。



第6図 平成19年3月15日15時00分、10分の沖縄本島中部付近の全国合成レーダー画像と周辺のアメダスの風

第5図のエコーBは、約70km/hの速度で移動しており、NICT沖縄のウィンドプロファイラ観測の高度2km付近の南西風（14時頃は35kt前後）と対応が良い。エコーAは、約50km/hの速度で東北東進しており、高度3km付近の西風に対応して移動していると考えられる。

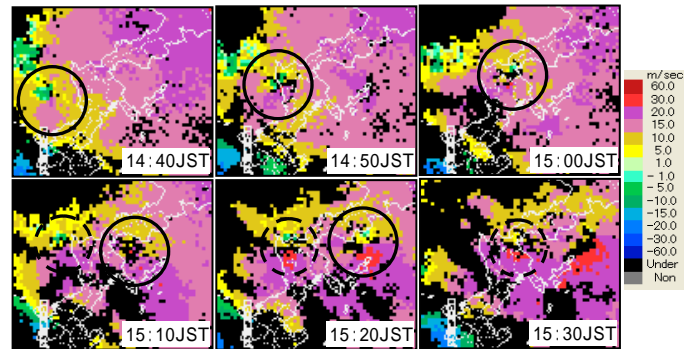
第6図のアメダスの風の分布をみると、ある程度の風の収束は示唆されるものの、全体的に南西風の間となっており、強い風の収束はみられない。金武や名護では、発達したエコーの影響により西北西や南南東へ風向が変化した。エコーの通過後は、再び南西風へと戻っており、エコーの規模の割には、風の収束域は局地的なものであったと考えられる。

(2) 那覇空港気象ドップラーレーダー画像

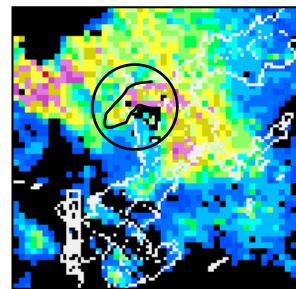
第7図に、突風発生前後の那覇空港ドップラーレーダーによるドップラー速度の経過を示す。第5図で示したエコーAおよびBが合流した14時40分頃には、読谷の南西海上に渦の存在を示すドップラー速度の明瞭な正負の極大の対が高度300m前後に見られ、渦度は概算で $3\sim 4 \times 10^{-2} s^{-1}$ であった（第7図実線円）。エコー強度でみるとフック状になっており（第8図）、スーパーセル型積乱雲の特徴がみられる。読谷村～嘉手納の竜巻および沖縄市～うるま市の突風はこの積乱雲に伴って発生した可能性がある。しかし、（一般気象レーダーでの）断面図ではスーパーセル型積乱雲にみられるヴォールトを確認することはできなかった。

15時10分頃には、読谷の西海上に別の正負の極大の対が現れ（第7図破線円）、東北東進して同じく本島中部を横断している。

なお、独立行政法人情報通信研究機構（NICT）の佐藤他(2007)は偏波ドップラーレーダーを用いて上述2個以外にも複数のメソサイクロンを解析している。



第7図 平成19年3月15日14時40分～15時30分の那覇空港気象ドップラーレーダーによるドップラー速度の経過（仰角0.7度）



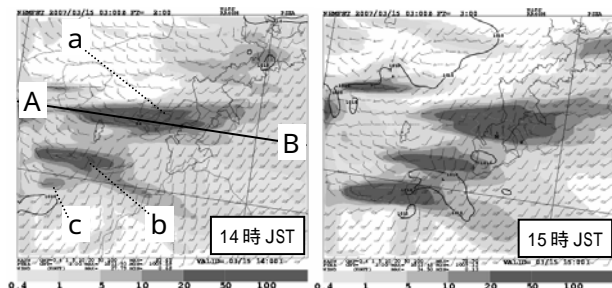
第8図 エコー強度
3月15日14時50分
円内にフック状のエコーがみられるが、ヴォールトは確認できなかった。

竜巻が発生した読谷村～嘉手納町に程近い米軍嘉手納飛行場の航空気象観測報の海面気圧の経過をみると、15時頃に2つのピーク（極小14時55分、15時15分）がみられた。第7図で示したドップラー速度の正負の対との関連が示唆される。なお、突風発生前後の当該飛行場の風の資料をみると、15時25分頃に風速が7m/sから12m/sへ強まっていたが、風向は南から南南西で推移し特に変動はみられなかった（図省略）。

4 JMANHM による再現結果と検証

JMANHM で構造解析を行う前に、各種設定を変えて実験を行った。初期値の違いによる比較では、最新の 12 時 JST 初期値より前の 09 時 JST の結果が良かった(図略)。これは、現業 MSM でも同様な結果が見られ、JMANHM が現業 MSM を基本に計算していることに起因していると思われる。次に、現業 MSM に準じた設定と雲物理過程のみの設定で比較した。結果は、雲物理過程のみの設定の方が良かった(図略)。これは、対流抑制の効果が影響していると考えられ、他の調査報告でも同様な傾向が多々見受けられる。最後に、計算領域を西側へ広げると、若干の改善が見られた(図略)。これは、暖域内の南西風場で、擾乱が西側から進入する場であったことが主な理由と考えられる。

以上の結果より、09 時 JST 初期値、雲物理過程のみの設定で 1km 格子までの再現結果で構造解析を試みた。第 9 図に 1 時間降水量・地上風・地上気圧の計算結果を示す。沖縄本島の南部付近には 3 つの降水域 (a ~ c) が現れている。実況との比較から竜巻発生に關与した積乱雲は、降水域 a が対応していると考えられるが、30 分程度の時間ズレと 20km 前後の位置ズレが生じている。降水域 a は東北東進しており、動きや規模は実況との対応が良い。しかし、降水域 b と c については、実況と同様な推移(降水域 a と合流)にはならず、規模も過大で再現性が良くない。フックエコーなどのスーパーセルの特徴は見られず、実況で示唆されたような回転性(低循環)の風分布は確認できなかった。

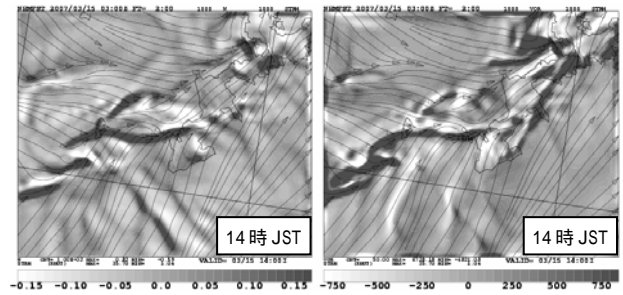


第 9 図 JMANHM1km 格子の再現結果(09 時 JST 初期値) 1 時間降水量、地上風、地上気圧

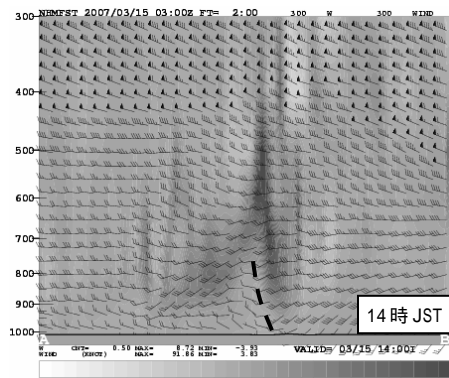
第 10 図に最下層(1000hPa)の鉛直速度、渦度及び流線を示す。第 9 図と比較すると、強い降水域の南縁に沿って、上昇流や正渦度が分布しており、降水域 a の進行方向前面(東側)にもそれらが分布している。これらの上昇流や正渦度(鉛直渦度)が竜巻発生に關与することが推察される。

第 11 図に第 9 図左図の東西方向に沿った鉛直断面図を示す。降水域 a の進行方向前面の下層では、南西風と西北西の風のシアが明瞭で、シア付近では下層から上層まで上昇流がのびて高度

300hPa にまで達している。冷気外出流に伴うガストフロントなどは確認できない。



第 10 図 JMANHM1km 格子の再現結果(09 時 JST 初期値) 左図：鉛直速度と流線、右図：渦度と流線



第 11 図 降水域 a の進行方向に沿った断面図(鉛直速度、風向風速)

5 まとめ

地上気象観測では那覇名護間(本島中部)が収束場であったことを示唆しており、急激なレーダーエコーの発達からも竜巻発生条件の 1 つである強い上昇流の存在が認められる。ヴォルトは確認できなかったが、メソサイクロンとフックエコーが認められ、スーパーセル型の竜巻であった可能性も十分考えられる。もう 1 つの竜巻発生条件である下層渦の生成については、スーパーセル、下層シアや地形の影響(出原他、2007)などが考えられるが、実況資料から確認することはできなかった。JMANHM では竜巻発生条件である上昇流や正渦度を再現したものの、実況で確認されたフックエコーや低気圧性循環(メソサイクロン)降水域の合流は再現されなかった。

本事例における竜巻発生の一の要因は急激な上昇流強化であったと考えられる。そのため、上昇流強化のメカニズムを解明することが、突風予測の可能性のカギのひとつだと考えられ、今後の課題としたい。

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。