

20 平成18年11月18日に名護市辺野古付近で発生した竜巻

親富祖努（沖縄气象台） 砂川徳松・大城正巳・根間幸美（南大東島地方气象台）
比嘉雅・森根豊（石垣空港出張所）

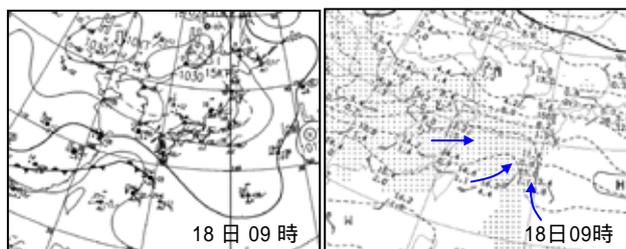
1 はじめに

平成18年11月18日13時頃、名護市辺野古付近で突風が発生し、現地調査の結果、F2の竜巻と推定された。この事例について、突風災害の軽減や航空気象業務の向上をはかる目的で、実況観測やJMANHMを用いた再現実験を行い、その環境場と突風をもたらした発生メカニズムの解析を行い、突風の予測可能性について調査した。

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。

2 総観場

第1図の18日09時の地上天気図では、東シナ海に停滞前線が東西にのびており、本島地方は前線の南側であった。第2図の850hPa天気図では、南からの湿った気流と南西からの湿った気流が沖縄本島付近で合流している。また、沖縄本島では南西の風が30ktと強く、沖縄本島から東シナ海にかけて等温線が北側に凸状となっており、暖気移流も大きい。



第1図 地上天気図

第2図 850hPa天気図

3 JMANHM再現実験の設定

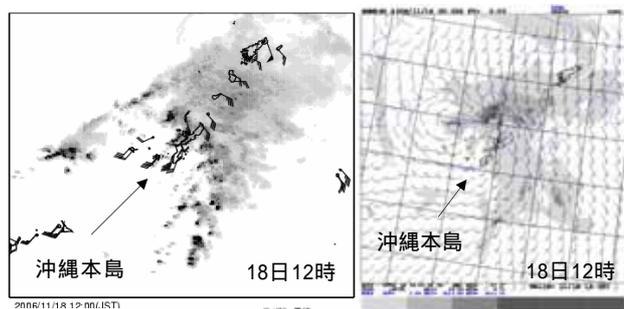
5km格子は再現性の良い18日00UTCを初期値とし、JMANHM統合環境CGIのデフォルトの設定で初期パラメータはMF5km33を用いて計算を行った。

2km格子は5km格子を親モデルとし、1km格子は、2km格子を親モデルとし、デフォルトの設定で初期パラメータはMF2kmで多重ネストを行った。

4 実況とJMANHMの再現性

第3図のレーダーと地上風、第4図のJMANHM5kmの地上風と1時間降水量を竜巻発生前18日12時で比較すると、降水の分布は実況、予想ともコマ状になっておりおおむね再現しているが、降水強度は実況に比べ弱い。また、風向を比較すると実

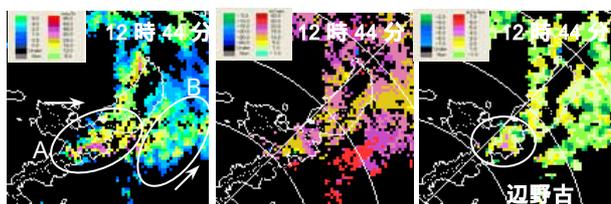
況では大東島地方から本島北部の国頭地区以北では南東の風、先島諸島から本島北部の名護地区までは南西の風が吹いており名護地区と国頭地区付近に風向シアーがある。JMANHM5kmでも、同様の風が吹いておりおおむね再現している。しかし、本島北部の風向シアーは実況では14時頃まで北部に停滞しているがJMANHM5kmでは、北東へ移動した。



第3図 レーダーと地上風

第4図 JMANHM5km

第5図のエコー強度（左図）では、エコーAは沖縄本島の西海上から東へ進み、エコーの形状は楔状から次第にフック状へと変化する。辺野古付近をフック状の先端が通過した。その後、エコーBと合流し北東に進んだ。次に辺野古付近のドップラー速度（中央図）を見ると、ドップラーから遠ざかる成分が30.0~60.0m/sと周りに比べ若干大きい。特に渦は確認できない。距離方向速度シアー（右図）では、辺野古の北側に発散（白丸印）が見られ、この部分には非常に強いエコー強度が観測されており、ダウンバーストの可能性はある。



エコー強度

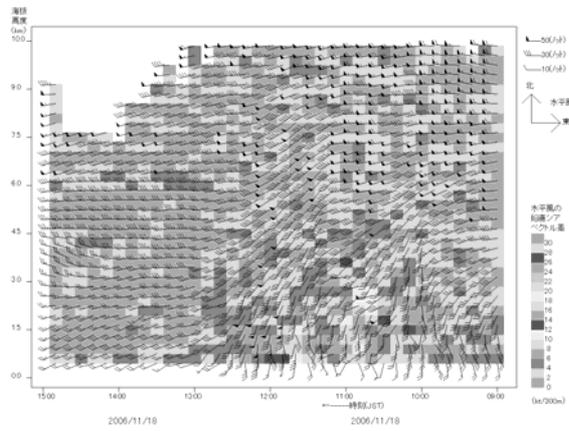
ドップラー速度

距離方向速度シアー

第5図 ドップラーレーダー（12時44分）

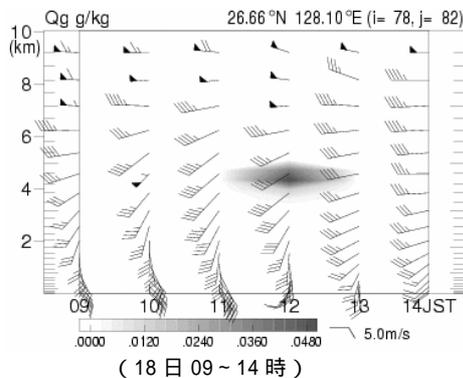
第6図はNICT沖縄の大宜味付近のウィンドプロファイラ（WPR）である。12時頃は高度1.5km付近までは南の風で上空に行くにしたがって時計回りに風向が変化し高度9km付近で西の風となってい

る。また、0.9~1.5km付近で南西の50~60ktの下層ジェットを観測している。水平風の鉛直シアベクトル差を見ると、最下層で11時50分から12時00分頃にかけて12~14kt/300mを観測している。



第6図 NICT沖縄WPR (18日09~15時)

第7図JMANHM1km大宜味付近の時間鉛直断面図の12時では、下層で南風、高度が高くなるにしたがって風向が時計回りに変化し高度6km付近では西風となっている。13時頃 (t=4) では、地上から高度2km付近までは南よりで、それより高い高度では次第に時計回りに風向が変化している。ウィンドプロファイラとJMANHMの風向を比べると12時頃まではおおむね再現しているが、13時頃から地上付近で若干ずれている。風速は12時頃の下層の強い風が再現できていない。

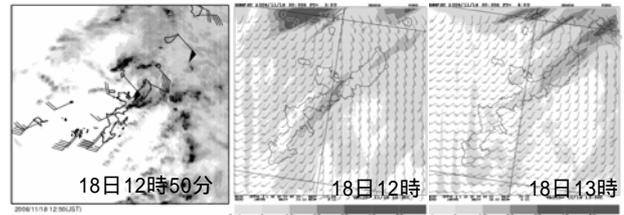


第7図 大宜味付近の時間鉛直断面図

第8図は18日12時と13時のJMANHM1kmの1時間降水量と風である。解析雨量では本島北部に50ミリの非常に激しい雨を解析しているが、JMANHM1kmの予想では本島付近にかかっている降水域の降水強度は30ミリ程度と実況に比べ弱い。12時の風向を見ると実況に比べ風向シアが明瞭ではない。また、13時では、風向シアが本島北部の北海上にずれている。

以上の結果からJMANHMでは、実況と比較して若干のずれはあるが、12時頃までは、おおむね実況

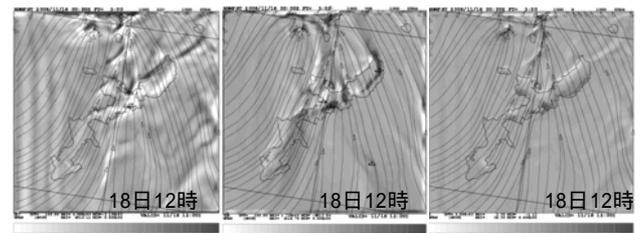
を再現している。このことから、突風が発生した環境場に近いJMANHM1kmの12時の予想で突風の構造解析を行う。



第8図 レーダーと地上風及び JMANHM1km1時間降水量と地上風

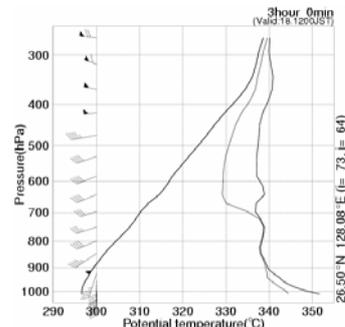
5 突風をもたらした環境場と発生メカニズム

第9図のJMANHM1km1000hPaの発散 (左図) では、本島地方の西海上で発散、本島地方の東海上や風の合流している所で収束となっている。渦度 (中央図) では本島地方の東海岸沿いに正渦度があり、辺野古付近では周りに比べると正渦度が大きい。また、鉛直速度 (右図) では、本島北部の東海岸沿いや本部付近の山岳の風上側、風の合流している所では、上昇流域となっている。



第9図 JMANHM1km1000hPa

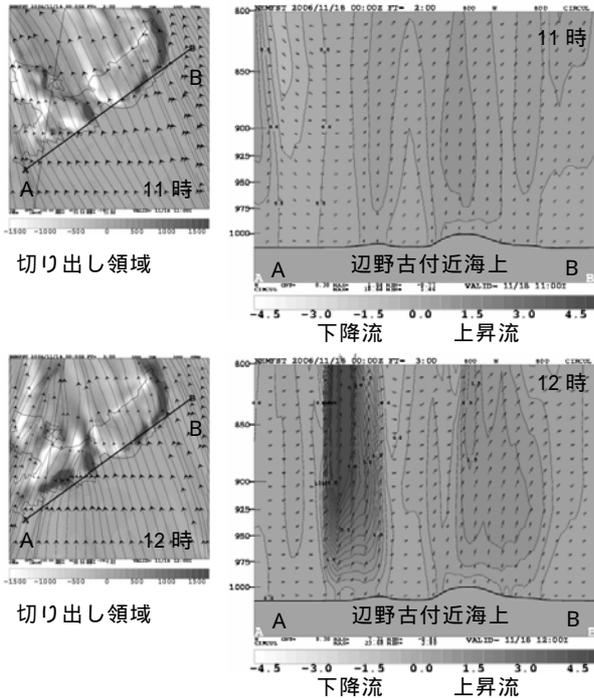
第10図は12時のJMANHM1km辺野古付近海上の温位エマグラムで、900hPa付近で25m/sと風が強い。また、下層で相当温位が高く、大気の状態が不安定で、対流到達潜在高度 (LNB) も高く対流雲の発達しやすい状況であった。



第10図 辺野古付近海上の温位エマグラム

第11図は平面図の切り出し領域A-B (本島北部東海岸を南西から北東に沿った) の断面図である。塗りわけは、鉛直速度を示している。11時では全体的に弱い上昇流がある。12時では辺野古付近海

上の上空にはやや強い上昇流があって、地上付近まで弱い上昇流が達している。この辺野古付近のやや強い上昇流は、5～10ミリの降水域の東側に対応している。



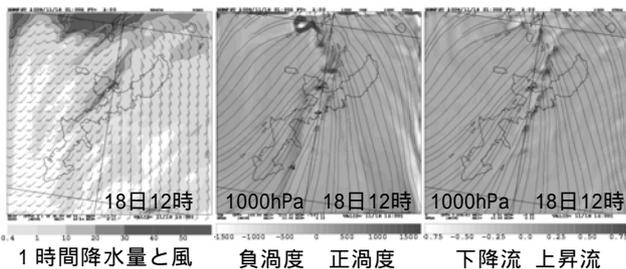
第11図 JMANHM1km鉛直速度と鉛直循環の断面図

6 感度実験

感度実験を行い鉛直速度に与える影響を調べる。なお、3項の設定（通常モデルと言う）と比較する。

(1) 地形の影響

第12図は地形の影響を調べるため地形や海陸分布を取り除いてすべて海上とした感度実験を行った。上昇流（右図）は、本島北部の東海岸沿いに通常モデルであった地上付近の弱い上昇流はなくなり、収束している部分にのみ上昇流がある。

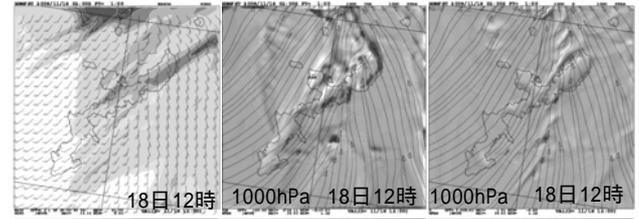


第12図 JMANHM1km（地形、海陸分布なし）

(2) 雲物理過程のみによる設定及び適応水蒸気拡散（TMD）を用いない設定

第13図は実況に近い降水強度を再現できな積雲対流パラメタリゼーションを用いず雲物理過程のみによる設定及びTMDを用いない設定で感度実験を行った。本島付近では、降水の強度（左図）が全体的に強まったが、実況に比べると弱い。上

昇流（右図）は本島北部の東海岸沿いは、あまり変わらないが、本島北部の南海上や北海上の収束している部分では上昇流が強まった。



第13図 JMANHM1km（雲物理過程のみTMDなし）

7 再現実験のまとめ

再現実験では、対流雲はある程度再現できたが降水の強度は全体的に実況に比べ弱く、うまく再現できなかった。この影響で上空の強い上昇流が再現できなかった。また、風向シアーも実況の方が大きかったことと、実況では風向シアーが本島北部で停滞したが、JMANHMでは南西から北東に降水域と共に移動した。このため、風向シアーと強い降水域に伴う上昇流が重ならなかった。

8 突風のまとめ

実況観測やJMANHMの再現実験からスーパーセルを伴わない竜巻が、収束線上に発生したと考える。

竜巻の発生を以下のとおり考察する。また、以下の点に着目し、実況監視を行うことにより、竜巻の発生しやすい環境場は予測できると考える。

(1) 地上で南東の風と南西の風のシアーが南西から移動してきて本島北部に停滞した。

(2) 地上の風向シアー付近では、風が収束し、渦や上昇流が発生した。また、地形や地面摩擦の影響により風の乱れが生じ、このことが竜巻の発生に関係した可能性もある。

(3) 本島地方の西海上から対流雲が発達しながら近づき、エコーの形状がフック状となり、その先端が辺野古付近に近づいた。

(4) 非常に発達した対流雲の前面の強い上昇流によって、下層の渦が上空に引き伸ばされて竜巻が発生したと推測する。

(5) 大気の状態が不安定 (SSI:-2.2、K-Index:35.5) で突風関連指数も EHI:1.15、SWEAT:399.91等と高く竜巻の発生しやすい環境場であった。

9 謝辞

独立行政法人情報通信研究機構の沖縄亜熱帯計測技術センター（NICT沖縄）にはウィンドプロファイラのデータを提供していただき感謝申し上げます。