

22 平成 18 年 11 月 26 日に久米島で発生した降ひょうを伴う突風

永山武彦・上原政博・大城智幸・仲間豊（久米島空港出張所） 裁吉信（沖縄气象台）

1 はじめに

2006 年 11 月 26 日から 27 日にかけて寒冷前線前面の暖域内で 2 つの突風現象が発生した。1 つは 26 日 20 時 50 分頃に北原で観測した 37kt（約 19m/s）の突風で（以下 突風 A）その 10 分前には降雹があった。2 つ目は 27 日 02 時頃に北原で観測した 39kt（約 20m/s）の突風で（以下 突風 B）、線状の降水域の通過によるものであった。

本稿ではこれら 2 つの突風が発生した総観場の特徴及び発生メカニズムについて、実況解析及び気象庁非静力学モデル（以下 JMANHM）を用いた解析結果を報告し、最後にその監視方法について考察する。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。また、調査結果は、航空気象業務にも資するものである。

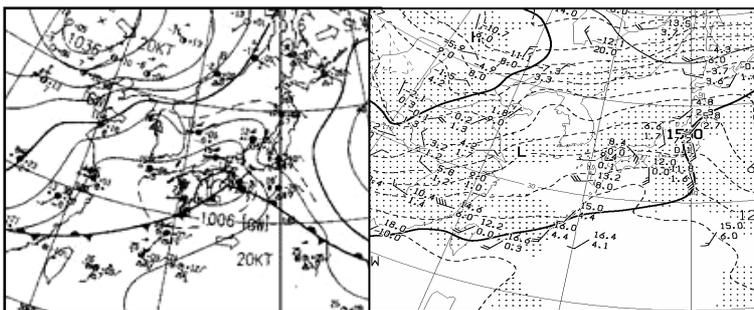
2 総観場の特徴

第 1 図に 26 日 12Z の地上天気図を示す。久米島付近は西日本南岸から華南にかけてのびる寒冷前線の前面に当たっていた。

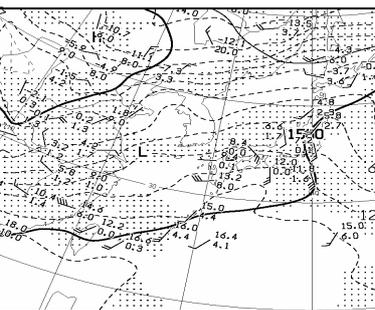
（1）高層資料の解析

第 2 図に 850hPa 面の高層天気図を示す。久米島付近にはサブ H 縁辺から南西の気流が流入し、気温 16、湿数 3~4 と湿潤であった。同時刻の 700hPa 面（図略）では、久米島付近には華南から西よりの気流が流入し、湿数 3 以下の湿域は東シナ海中部付近にあった。また、500hPa 面（図略）では、久米島付近には湿数 16 以上の乾燥空気の流入がみられた。

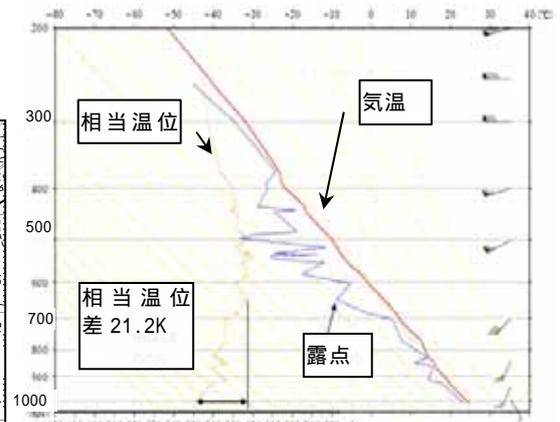
第 3 図に 26 日 12Z の那覇の高層資料を示すが、CAPE は 1689J/kg、SSI は -0.2、K-Index は 34.8、1000hPa 面を持ち上げた時の凝結高度は 982hPa、自由対流高度は 952hPa であり、強い対流不安定となっていた。また下層(1000hPa)の最大相当温位は 343.5K、中層(646hPa)の最小の相当温位は 322.3K



第 1 図地上天気図(26日21時)



第 2 図 850hPa 面天気図(26日21時)



第 3 図 那覇の高層資料(26日21時)

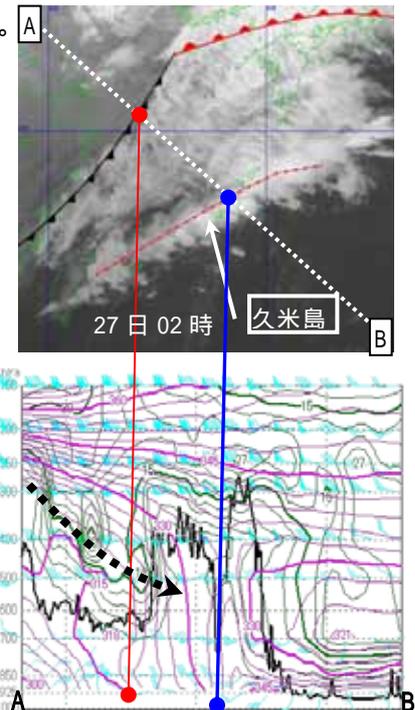
で、その差は 21.2K とアトキンス・ワキモト(1991)のダウンバーストが発生しやすい条件である 20K を超えていた。

（2）衛星雲画像と数値予想資料を用いた解析

衛星雲画像と数値予想資料をもとに空気塊の追跡をした結果、突風 A を伴った積乱雲は、サブ H の縁辺流と華南からの西よりの気流の合流場で発生していた(図略)。

第 4 図に突風 B が発生した頃の赤外雲画像と A から B に沿った数値予想資料の鉛直分布を示す。突風を伴った線状降水域の通過時には実況で一時的な気温の低下と気圧の上昇がみられたが、風向は西よりから南よりに変化した(図略)。この気象変化は一般的な寒冷前線通過時の特徴と異なっている。

第 4 図下の鉛直分布では、突風 B を伴う線状降水域は寒冷前線の前面にあり、また上中層からの乾燥空気の流入(太点線)がみられ、カタ型寒冷前線の特徴を備えている。なお寒冷前線は 27 日昼過ぎに久米島を通過した。



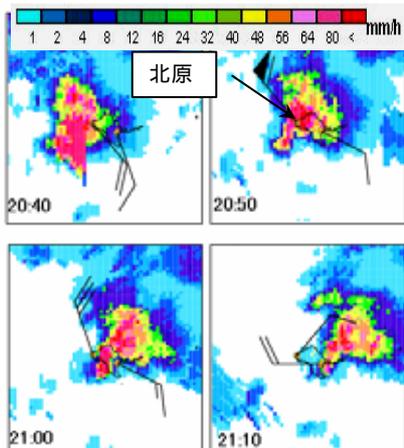
第 4 図 (上): 衛星赤外画像 (下): 鉛直断面図(桃色: 相当温位、黒: 雲頂高度、緑: 湿数)

3 突風を伴うレーダーエコーの解析

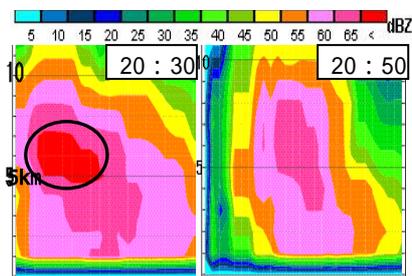
次に、突風を伴った積乱雲や線状降水域の内部構造についての調査結果を述べる。

(1) 突風 A を伴った積乱雲

第 5 図に降雹時を含む 26 日 20 時 40 分から 21 時 10 分までのレーダーエコーとアメダス風を重ねた図を示す。降雹をもたらした積乱雲はフックエコーをもち水平規模が 20~30km、寿命は約 6 時間、エコー頂高度 14km、エコー頂温度は -60 と非常に発達し、約 50km/h で北東に進んだ。また、対流セルの通過に伴い明瞭な低気圧性回転が見られた。第 6 図に第 5 図に示した積乱雲を NE から SW に切った降水強度鉛直分布を示す。降水強度が 60dBZ 以上の領域 (黒円) が高度 6~7km にみられ、その高度の気温は -10 以下である。また、気象庁の雹の判断目安である高度 5km~12km 間で反射強度が 50dBZ 以上を考慮すると、この降水粒子は雹であると推定される。なお、10 分後の 20 時 40 分には降雹が観測されており、同時に黒円の領域も消滅していた。また、降雹と突風の発生を含む 20 時 30 分から 21 時 00 分の間に、鉛直積算雨量 (VIL) は約 80kg/m² も急増した (図略)。



第 5 図レーダーエコーとアメダス風を重ね合わせ



第 6 図 NE SW の降水強度鉛直分布

フックエコー付近には反時計周りの回転 (図 7 左の白円) が確認される。また降雹があった付近には距離方向シアの負値 (収束) が確認され (図 7 右の赤円)、下降流の存在を意味している。また 26 日 20 時 50 分を起点として時空間変換法を適用した結果 (図略)、突風発生時に地上での発散を示す

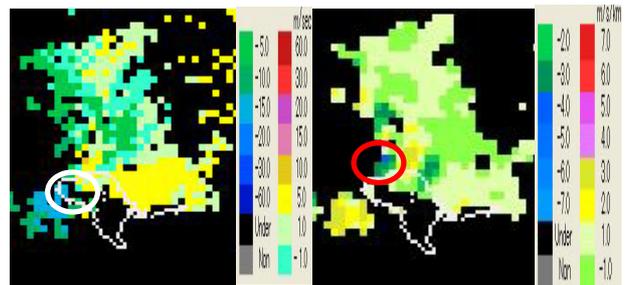
ここで第 6 図より、突風は高度約 7km 付近の空気が雹の落下に伴い引きずり降ろされたと考え、約 20 分で地上に落下したことになり落下速度は 6m/s となる。積乱雲の移動速度は約 14m/s より、その和は約 20m/s で北原で観測された突風とほぼ等しくなる。

第 7 図に 20 時 52 分の高度約 1.8km 付近のドップラー速度と距離方向のシアを示す。

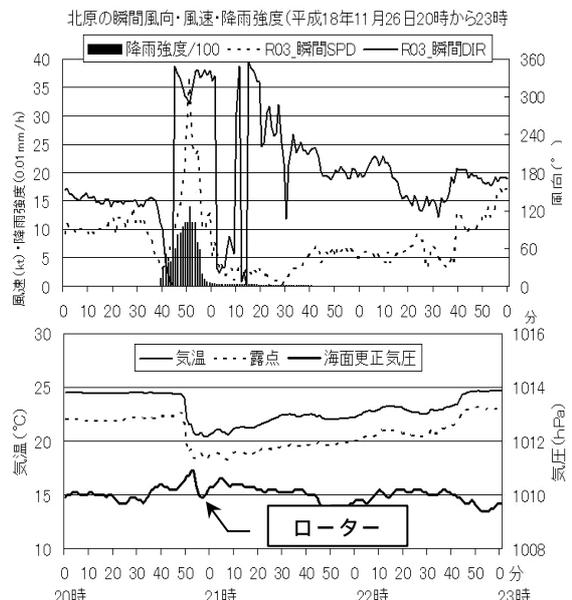
風向変化が見られた。

第 8 図に北原の気象経過図を示す。20 時 50 分頃の突風に伴い気温と露点の降下、気圧の急上昇が顕著であり、ダウンバーストの特徴を示している。20 時 58 分頃に再び気圧が下降し風速も弱まっているが、これはダウンバーストのローター部分に相当すると考える。

以上の結果より、突風 A はダウンバーストでありスーパーセルに伴い発生したと推定する。



第 7 図 ドップラー速度 (左) 距離方向シア (右)

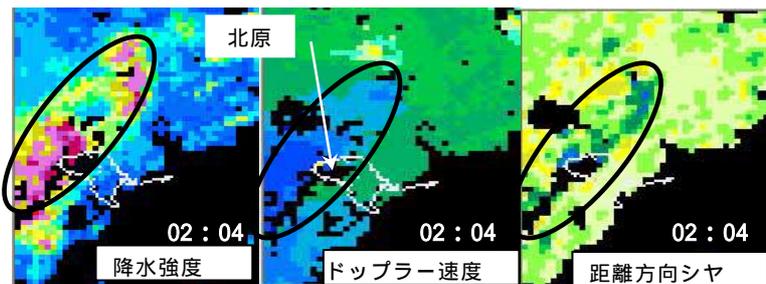


第 8 図 北原の 26 日の気象経過図

(2) 突風 B を伴う線状降水域

第 9 図に 02 時 04 分の突風 B を伴った降水域の降水強度、ドップラー速度、距離方向シアを示す。この降水域は約 70km/h で北東進し、寒冷前線の前面に発生した大規模な線状降水域の速度 (北東約 50km/h) よりも速い。また、降水域に対応するドップラー速度 (-20m/s) とほぼ同じ速度である。また進行方向の前縁に距離方向シアの負値が線状に伸びており収束域の存在を示している。

北原の気象経過図 (図略) から突風の観測前後に気圧と気温変化 (突風後約 1 下降) の変化があり、突風発生後、南南西 10m/s 前後の風がしばらくの間継続していた。これらの特徴はガストフロントがもつ一般的な特徴に類似している。



第9図 27日の突風を伴う降水域のドップラ速度
寒色は負、暖色は正、レーダーサイトは図の右下

ガストフロントの移動速度は式1で計算できることから、層の厚さを1km、 $k=1.0$ とすると、気温 T は約 1 より V は約 20m/s (72km/h) となり、突風Bを伴った降水域の移動速度約70km/hとほぼ等しくなる。

$$V = k \sqrt{\frac{\Delta T}{T_0} gh} \quad (1)$$

V : 重力流、 T_0 : 暖気側の気温、 T : 寒気と暖気の気温差、
 h : 層の厚さ、 k : 係数

以上の結果より、突風Bはガストフロントの可能性が高く、第4図よりカタ型寒冷前線に伴って発生したと推定する。

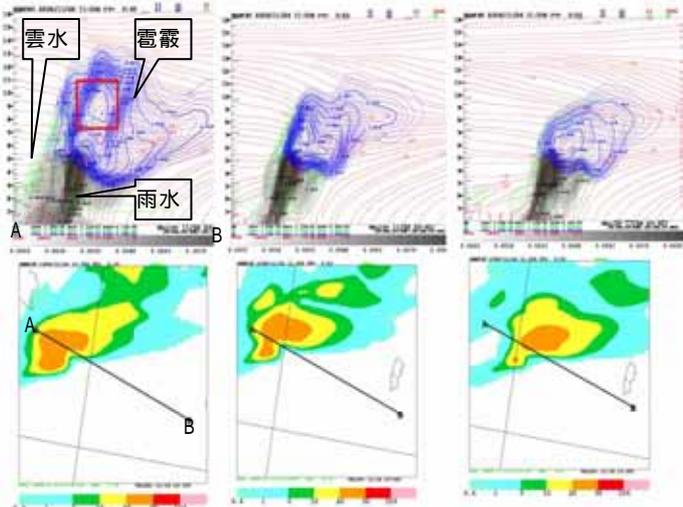
4 JMANHM による再現実験

26日と27日の事例を検証するためJMANHMによる再現実験を行った。

(1) 26日の突風Aについて

26日18時(JST)を初期値とし雲物理過程のみで適応水蒸気拡散を取り除き1km格子までネストを実施した。また1km格子の計算は26日20時を初期値とし、2km格子親モデルの雲物理量を取込んで計算した。

第10図は20時30分、20時40分、20時50分の地上降水と風(下) 雨水、雲水、雲氷(いずれも混合比)の鉛直断面図(上)を示す。突風Aを伴う積乱雲はよく再現され、雲頂は13kmにも達し



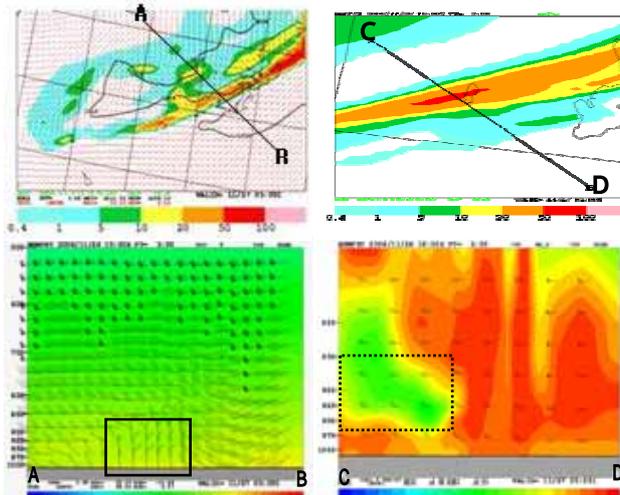
第10図 20:30 20:40 20:50
上: 鉛直断面図 雨水、雲水、雲氷 下: 10分間雨量

ていた。また20時40分のフックエコーの中心付近では風速30ktとなり(図略)ヴォルトらしきものも見られることから、スーパーセルの特徴を再現しているように見える。また雲氷の最大高度(四角)をみると、20時30分から20時40分にかけて下降している。地上への落下は再現できていないが、20時40分に風が強まり風速30ktとなっていることからダウンバーストに近い現象まで再現できたと思われる。このことは、同じ条件で蒸発効果を取り除いた感度実験では風速の強化は起こっていないことから裏付けられる。

(2) 27日の突風Bについて

初期値11月26日15Z(雲物理過程のみ)で格子間隔5kmの計算結果を第11図に示す。降水強度と降水域のずれはあるが概ね良く再現できている。

湿度と風の鉛直分布をみると降水域後面の乾燥域(点四角)は北よりの弱風(四角)と対応している。これは乾燥空気の下降を意味しており、カタ型寒冷前線の特徴を示していたが、ガストフロントを示す特徴は得られなかった。



第11図 27日03時の1時間雨量(上)とそれそれぞれに対応した風及び湿度の鉛直断面図(下)

5 まとめと突風監視方法の考察

平成18年11月26日と27日に発生した突風は、前者はスーパーセルに伴う降雹とダウンバースト、後者は暖域場で形成された線状降水域に伴い発生したガストフロントと推定される。また、この線状降水域はカタ型寒冷前線に伴うものであった。

突風の監視方法については、本調査で得られた環境場の特徴等を高層資料や衛星画像で確認し、レーダーエコーやドップラーデータの監視を強化すれば効果的だと考える。特にガストフロントについては、ドップラー速度を用いれば突風の強さもある程度推測することも可能ではないかと考える。(参考文献省略)