

# 平成 19 年 2 月 14 日座間味漁港付近で発生した突風（竜巻）

上原政博、新垣盛真、大城智幸、仲間豊、永山武彦（久米島空港出張所）

## 1 はじめに

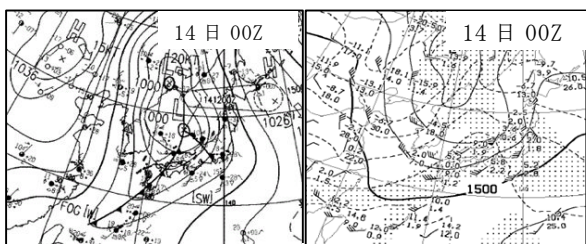
平成 19 年 2 月 14 日午前 4 時 30 分から 7 時の間に、座間味村座間味漁港付近で藤田スケール F0 と推定される竜巻が発生した。その被害は漁港内の幅 20 メートル、長さ 100 メートルの範囲に及んだ。

この竜巻について、実況解析及び気象庁非静力学モデル（以下 JMANHM）による環境場の再現実験を行い、その構造解析を試みた。

なお、本調査は平成 20 年度沖縄管内共同調査「新しい観測ツール及び JMANHM を用いたシビア現象の構造解析」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

14 日 00Z の地上天気図（第 1 図）によれば、日本海に中心をもつ温帯低気圧から延びる寒冷前線が東シナ海にある。座間味島は、その前面にあたり前線は午後 12 時 30 分頃座間味島を通過した。

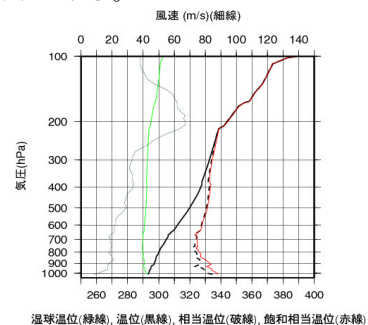


第 1 図 地上天気図

第 2 図 850hPa 天気図

### (1) 高層資料

14 日 00Z の 300hPa 天気図（図略）では、亜熱帯ジェット気流が北緯 25 度付近の沖縄地方上空を西から東に走行しており、500hPa 天気図（図略）では、華南付近は乾燥域となっている。700hPa（図省略）と 850hPa（第 2 図）では、沖縄本島地方は南西風流場で湿数 3 以下となっており、14 日 00Z の時点で、東シナ海にある前線前面の暖域内である。



第 3 図 14 日 00Z 那覇エマグラム

那覇温位エマグラムは、13 日 12Z（図略）から風の hodograph が順転しており暖気移流の場で、既に暖域内にあることを示している。14 日

00Z（第 3 図）では、全層湿っており、1000hPa での相当温位は約 334K で、13 日 12Z の約 325K から約 9K 上昇している。また、地上から 800hPa まで対流不安定となっている。これは、13 日 12Z から 14 日 00Z にかけて、下層への暖気移流が強まり対流不安定が強化されていることを示している。

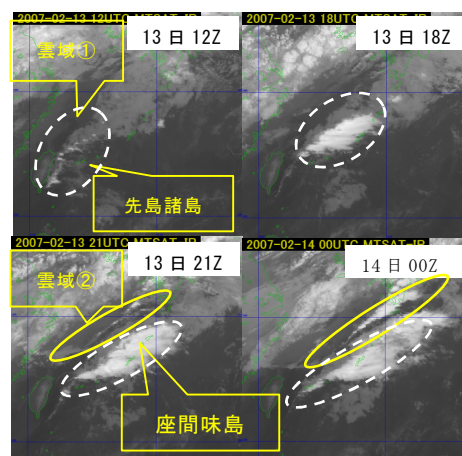
大気の安定度を示すパラメータ（第 1 表）を見ると、CAPE（対流有効位置エネルギー）では那覇 13 日 12Z が LFC（自由対流高度）がないことから安定で、那覇 14 日 00Z がやや不安定、石垣では両時刻とも中程度に不安定（CAPE）となっている。CAPE や LFC、LNB（浮力がなくなる高度）の高度で安定度を比較すると、石垣島の方が積乱雲が発生、発達しやすい環境場であることがわかる。

|          | SSI  | CAPE    | LFC    | LNB(EL) |
|----------|------|---------|--------|---------|
| 那覇 1312Z | 7.45 | 0       | なし     | なし      |
| 那覇 1400Z | 3.38 | 655.28  | 858hPa | 580hPa  |
| 石垣 1312Z | 0.93 | 1035.65 | 904hPa | 364hPa  |
| 石垣 1400Z | 2.57 | 1798.40 | 932hPa | 322hPa  |

第 1 表 大気の安定度を示すパラメータ

### (2) 衛星画像

衛星赤外画像（第 4 図）では、13 日 12Z に先島諸島から東シナ海に連なる線状の CB 域（雲域①、点線丸）があり、その後 13 日 18Z には先島諸島の北



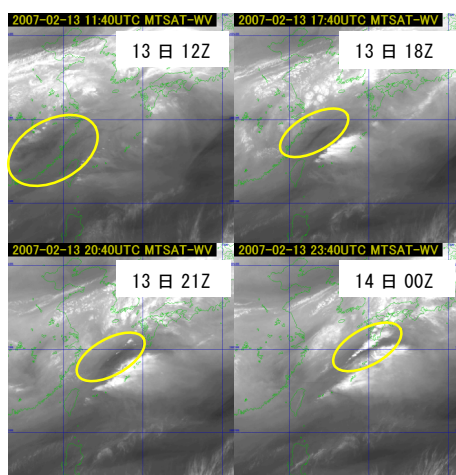
第 4 図 衛星赤外画像

海上の CB 域が発達し、テーパリング状を呈しながら東進している。また、雲域①の後面の東シナ海にはロープクラウド（雲域②、丸）があり、南東進している。

14 日 00Z の地上天気図等から、雲域②が地上前線に対応し、雲域①は暖域内に位置している。

竜巻の発生した時間帯は、13日21Z前後であることから、竜巻は暖域内の発達した積乱雲により発生したものと推定できる。

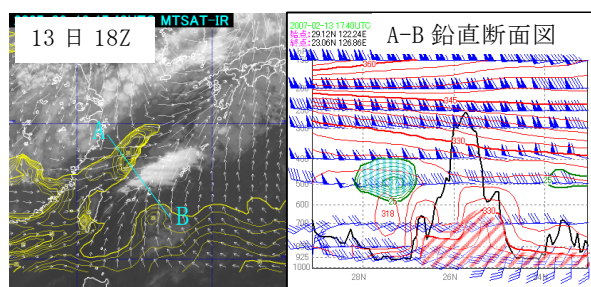
衛星水蒸気画像（第5図）では、13日12Zには華南は暗域となっており、13日12Zの500hPa天気図（図略）で華南付近に湿数40以上の乾燥域があることと対応している。暗域は、その後北東進し13日18Zには雲域①の西縁に達し、雲域①の発達に寄与していると考えられる。



第5図 衛星水蒸気画像

座間味島を暖域内の雲域①が通過したのは08時頃であり、07時以前に竜巻が発生したとの証言からすると竜巻の親雲は、線状降水帯の前面で発生したと考えられる。

### (3) 数値予報資料



第6図 13日12Z衛星赤外面像とRSM重ね合わせ  
左図 925hPa 風向風速 等値線：500hPa T-Td>25℃  
右図 相当温位(斜線 330K 以上)，縦線：T-Td>25℃

13日12Z初期値RSMデータ(GPV)と衛星赤外面像を重ね合わせて解析する。

まず、暖域内の雲域①が先島諸島北海上で発達した13日18Z 925hPa面（第6図）では、雲域付近で台湾の北から回り込む西風と、太平洋にある高気圧から回りこむ相当温位330K以上の湿った南風が合流している。

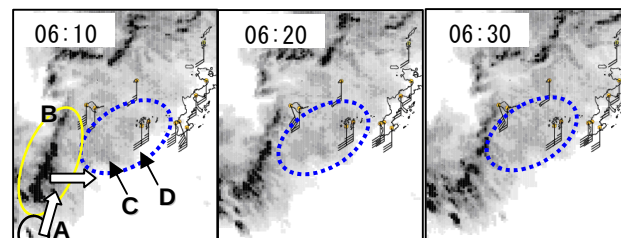
また、500hPaでは華南から東シナ海にかけて湿数30以上の乾燥域（第6図）が東進し、13日18Zでは雲域①の西縁に達している。

### (4) 総観場解析のまとめ

暖域内の雲域①は、925hPaの330K以上の湿った南風（海洋性湿潤気流）と台湾北側を回り込む西風の合流により発生した。その後、中層への乾燥域の流入により潜在不安定な環境場が維持されたことにより発達した。また、雲域①が長時間

持続しながら東進した要因として、下層への南からの高相当温位気塊による水蒸気の供給が続いたことが考えられる。

### 3 レーダーエコー及び各種指数による解析



第7図 レーダーエコーとアメダス風向風速  
点線丸内：座間味島

座間味島を暖域内の雲域①が通過したのは08時頃であり、07時以前に竜巻が発生したとの証言からすると竜巻の親雲は、線状降水帯の前面で発生したと考えられる。

雲域①に対応するレーダーエコー及び竜巻の親雲に対応するレーダーエコーについて解析する。

#### (1) 暖域内の雲域①の解析

暖域内の雲域①の一部を第7図に示す。宮古島付近で次々と発生した積乱雲Aが、北東進しながらライン状のメソ対流系Bに合流し、Bは次々と積乱雲を吸収しながらライン状の形態を維持し東進している。このメソ対流系は雲域①の全体で見られ、積乱雲の発生・合流は南側で顕著である。対流系の維持には、下層で南風、中層で西風という鉛直シアーによるバックアンドサイドビルディング型の形態に近いと考えられる。

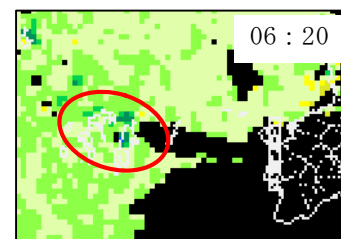
#### (2) 竜巻の親雲の解析

第7図のメソ対流系Bの前面に北東進する積乱雲CとD（点線内）があり、直径10km程度の積乱雲Dは06:10に発生し06:20に発達した。雲頂高度は10kmに達していたが06:30には急速に衰弱している。この積乱雲Dが竜巻の親雲に対応すると考えられる。

積乱雲Dは、積乱雲Cが衰弱する過程で流れ出した冷氣外出流と一般風の南風との収束により発生した可能性が考えられるが、アメダス渡嘉敷と慶良間空港の10分ごとの風向風速（第7図矢羽）ではシアーは表現されていない。

#### (3) ドップラーレーダーによる解析

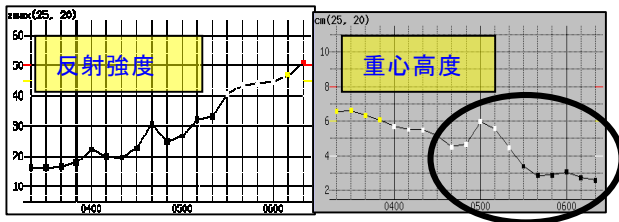
那覇航空測候所ドップラーレーダーでは、06:20の距離方向速度シアー（第8図）で、座間味島付近にシアー（丸印）が検出された。



第8図 距離方向速度シアー



#### (4) RaDAMoS による解析



第 9 図 14 日 06:20 RaDAMoS 指数

RaDAMoS による各指数を第 9 図に示す。スーパーセルの場合、鉛直積算雨水量、反射強度、重心高度はそれぞれ増加することがわかっている。今回の事例では、反射強度は増加しているが、重心高度は竜巻発生前の 1 時間前から減少している（第 9 図黒丸）。鉛直積算雨水量（図略）も最大  $8\text{kg}/\text{m}^2$  で、大雨の基準  $20\text{kg}/\text{m}^2$  まで達していない。

#### (5) まとめ

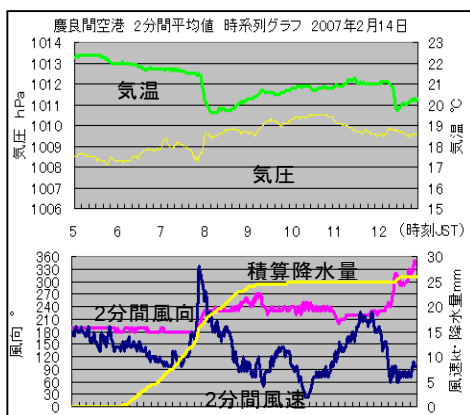
第 7 図で示した積乱雲 D が竜巻を発生させた親雲だと考えられる。この積乱雲は、寿命が短い事と重心高度が低い（第 9 図）事から、下層収束による鉛直軸の渦が積乱雲により持ち上げられて発生するノンスーパーセル型竜巻の可能性が高い。

#### 4 突風に関する各種数値予報資料

突風に関する気象情報支援資料の 13 日 03 時（1318Z）の MSM 予想資料で、突風発生時間帯 06 時（FT=3）では、CAPE 492.44、SR<sub>EH</sub> 416.76（SR<sub>EH</sub>：300～449 は強い竜巻（F2～F3）の可能性）、EHI 1.28（EHI：1.0～はスーパーセル発達の可能性あり）、SWEAT 376.47（SWEAT：300 以上は激しい雷雨の可能性あり）となっている。

#### 5 地上データによる解析

慶良間空港の 2 分間平均の風向風速と、6 秒毎の気温、気圧、積算降水量を第 10 図に示す。慶良間では午前 8 時頃に暖域内の線状降水帯、12 時 30 分頃に寒冷前線が通過している。線状降水帯通過時には約 30kt の突風と、南から西南西への風向変化、気温低下及び気圧上昇と顕著な変化が見られるが、竜巻が発生した 6 時から 7 時の間は特徴的な変化は見られない。



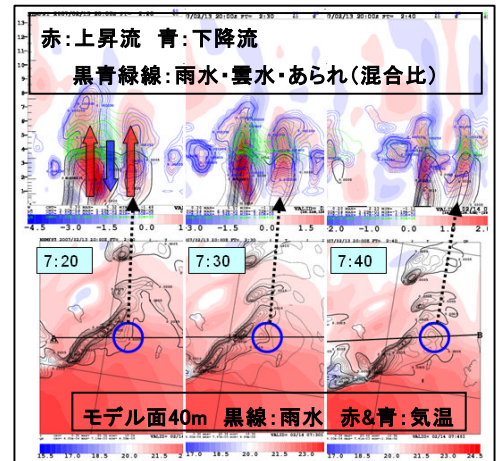
第 10 図 慶良間空港時系列グラフ

#### 6 JMANHM による再現実験

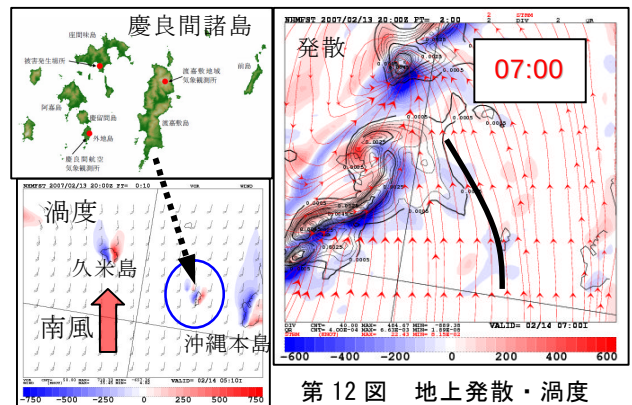
13 日 12Z 初期値（5km 格子、積雲対流設定雲物理過程のみ）で暖域内の線状降水帯が概ね再現できた（図略）。

また、13

日 15Z 初期値（5km 格子、雲物理過程のみ）の計算結果からネストした 20Z を初期値とした 2km 格子（雲物理過程のみ）（第 11 図）では、暖域内の線状降水帯の前面で発達する積乱雲が再現できたが、冷氣外出流による収束は確認できなかった。



第 11 図 JMANHM 再現実験



第 12 図 地上発散・渦度

ノンスーパーセル型の竜巻発生条件である下層渦の生成原因について調べた。第 12 図に 2km 格子での再現実験による発散と渦度を示す。発散の図では、線状降水帯上に低気圧循環がみられ、その影響で線状降水帯の前面に弱い収束が見られる。また、第 12 図の渦度の図は、擾乱がない時間帯の図であるが、南風の場合に島の周囲に地形性の渦ができることが確認できる。

#### 7 まとめ

座間味村座間味漁港付近に被害をもたらした竜巻は、寒冷前線の暖域内で発達した線状降水帯前面の積乱雲を親雲として発生したと考えられる。竜巻の発生機構としては、親雲の寿命が短いことや RaDAMoS による重心高度が低いことなどから、ノンスーパーセル型の竜巻であると考えられる。