

平成 18 年（2006 年）11 月 22 日本島北部の降雹

棚原聡、川門義治、渡辺茂（南大東島地方気象台）

1 はじめに

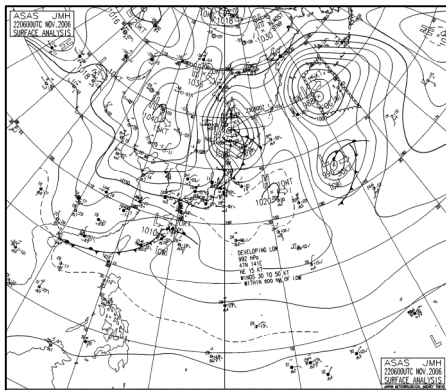
平成 18 年 11 月 22 日、東シナ海にあった前線上に低気圧が発生し、22 日昼過ぎから夕方にかけて沖縄本島を通過した。この低気圧に伴う寒冷前線の通過で、本島北部の各地で 14 時までに 1 時間 50 ミリを越える非常に激しい雨を観測した。また、発達した積乱雲の下で、名護市や伊是名村では 13 時から 14 時頃にかけて「降雹」を観測し、東村では 13 時頃に竜巻（F 1）が発生した。本稿では、降雹が発生した気象条件の特徴や NHM の再現実験について報告する。

なお、本調査は平成 20 年度管内共同調査研究「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 気象状況

（1）地上天気図

22 日 09 時の地上天気図（図省略）では、東シナ海にある停滞前線は石垣島の北海上でキンクし発達傾向となっている。15 時（第 1 図）には前線上に低気圧が発生した。この低気圧からのびる寒冷前線が 15 時 30 分頃に沖縄本島地方を通過した。



第 1 図 地上天気図 22 日 15 時

（2）高層天気図

22 日 09 時の 300hPa 天気図（図省略）では、東経 110 度付近にトラフがあり 80kt のジェット気流がチベットから華南を経て東シナ海、九州へと流れている。

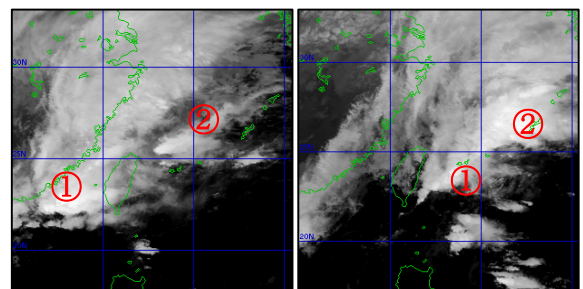
850hPa 天気図（図省略）では、華南に低気圧があり、9～12 温度線に沿って前線が解析される。

また、華中から東シナ海及び沖縄地方まで、広く湿域に覆われている。気温線は先島付近で北側に盛り上がっており、前線の前面にあたる石垣島

では南西の風 35kt と暖気移流が顕著となっている。

（3）衛星画像

22 日 02 時の赤外画像（第 2 図）では、華南から華中にかけてバルジが顕著となり、台湾の西南西海上（図中①）や与那国島の北海上（図中②）でテーパリングが形成されている。図中①は北東へ進み、09 時頃に二つのテーパリングは合流した。12 時から 15 時には図中②のテーパリングは更に顕著となり、同時刻には名護市や伊是名村で「降雹」を観測し、東村では竜巻が発生した。輝度温度 -60°C 以下の等値線（図省略）で見ると、図中①の輝度域は、移動速度が速く概ね前線と位相を合わせ移動している。07 時には台湾付近に達し、その後、先島諸島の南海上で図中②の輝度域と合流した。12 時頃に図中①の輝度域が消散すると図中②が発達し、 -70°C 輝度域が沖縄本島付近に拡大した。その後は、前線の通過に伴い、雲域は東海上へ抜けた。



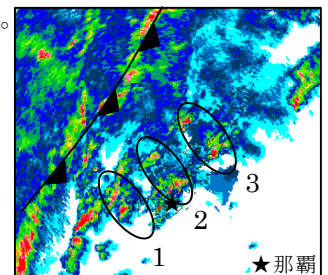
第 2 図赤外画像 22 日 02 時（左）12 時（右）

3 レーダー資料に基づく解析

（1）沖縄レーダー

第 3 図は、13 時観測の沖縄レーダーエコーで、降雹があった時間帯である。沖縄本島の南西海上から与論島付近にかけてほぼ等間隔（図中 1～3）に発達したエコーがある。

個々のエコーは 10 時頃から沖縄本島南海上で出現し 12 時頃に本島南部にかかり始め、前線が沖縄本島を通過するまで北上しながら発達と衰弱を繰り返した。



第 3 図 沖縄レーダー
（22 日 13 時）

（2）レーダー三次元情報各指数

レーダー三次元情報各指数（第 1 表）では、名護と伊是名付近の発達期のレーダー頂高度は

15km 以上と高く、伊是名の格子で 13 時前後の vil（鉛直積算雨水量）と cm（雨水の重心高度）の値を見ると、vil は 12 時 40 分から急激に高くなり、13 時 00 分から 13 時 20 分までは 30kg/m^2 を超え cm も同じ様に 13 時 00 分に上昇していることからかなり発達した構造（スーパーセル）と推測される（図省略）。また、vil は、名護で 35.3kg/m^2 、伊是名で 44.1kg/m^2 、cm は名護で 4.4km、伊是名で 5.3km となっている。zmax（レーダー最大反射強度）は名護で、56.8dBZ、伊是名で 60.3dBZ、vild（鉛直積算雨水量密度）については名護で 2.4kg/m^3 、伊是名で 2.9kg/m^3 となっていて、気象庁が降雹となる判断目安値の条件を概ね満たしている。

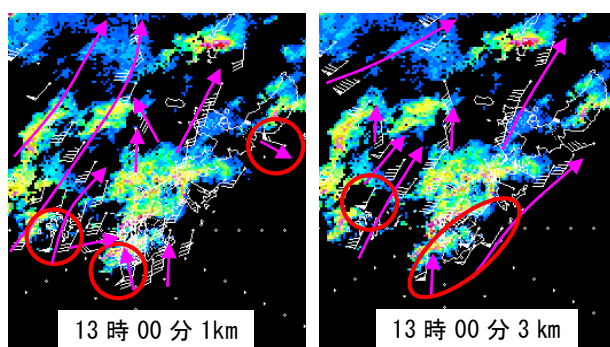
第 1 表 レーダー三次元情報各指数

	vil	top	zmax	cm	vild
名護 13 時 30 分	35.3	15	56.8	4.4	2.4
伊是名 13 時 00 分	44.1	15	60.3	5.3	2.9

（３）那覇航空ドップラーレーダー（DRAW）

第 4 図は、22 日 13 時の 1km と 3 km のエコー強度と水平風向風速分布である。前線の暖域内には南西から北上する発達したエコーがあり、各高度でエコーに吹き込む収束シアーがある。風速は、高度 1 km では 50kt を超え、高度 3km では 65kt と上空ほど強くなっている。

伊是名村で 12 時 55 分から 13 時 01 分にかけて、名護市付近では 13 時 58 分から 14 時 10 分にかけて、96.0 mm/h 以上の降雨強度が観測された。



第 4 図 ドップラー（エコー強度、1、3kmVVP）

4 高層資料に基づく解析

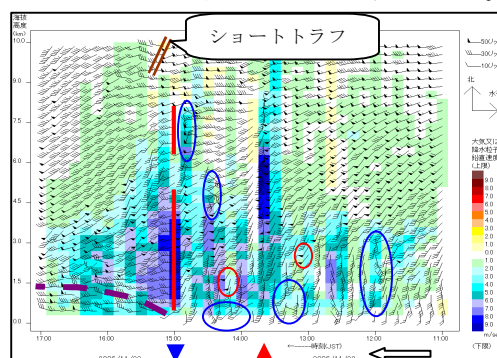
（１）22 日 09 時の那覇の高層資料

22 日 09 時の那覇のエマグラム（図省略）では、風向は下層から上層へと時計周りの風で暖気移流の場である。湿度は、地上付近（1000hPa）では 90% と湿っていて、中層（700hPa）で 62%、上層（500hPa）で 30% と上空ほど乾燥している。1000hPa の空気塊を持ち上げたときの凝結高度（LCL）は 973 hPa、対流凝結高度（CCL）は 955 hPa、自由対流高度（LFC）は 829 hPa で対流不安定な場

であった。また、CAPE は 1314J/kg 、SSI は -1.5 で対流不安定を示し、K-Index は 34.8 で散在する雷雨の可能性を示唆している。メソ対流系の発生形態の指標リチャードソン数（Ri）は単一セル（スーパーセル） $10 < Ri < 40$ の範囲の数値 27 となっていた。また、EPTdif は、降雹の発生条件指数 > 20 に近い 19.77 であった。09 時の DCAPE は 940 で数値が高かった。

（２）NICT 沖縄ウィンドプロファイラ

第 5 図のウィンドプロファイラでは、12 時頃から下層で風の乱れが出ており、積乱雲からの降水を示唆している。40 分（▲印）には 4~7km の高度で最大 9.7m/sec の落下速度が発生している。なお、降水粒子は高度 3km の 60kt の南風の場合によって上空に保たれている。14 時 20 分には、南よりの風で 50kt の下層ジェットが現れ、50kt の強風軸は次第に南下し、15 時の前線通過（▼印）時には、下層まで落下速度 9.5m/sec の強い降水粒子を伴っていた。また、前線通過時には下層から中層にかけて南西と西風のシアーも見られた。



第 5 図 NICT 沖縄ウィンドプロファイラ
（11 月 22 日 11~17 時）

ドップラーレーダー、エマグラム、各実況の資料からは、大雨や降雹、突風（竜巻）が同時発生する条件はそろっていた。

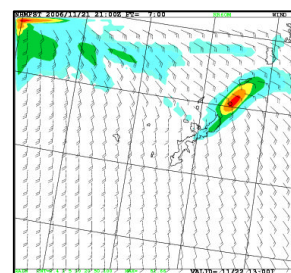
5 JMANHM による再現実験結果と検証

（１）JMANHM 再現実験（水平格子間隔 5km）

5km の再現実験は MSM の 2006/11/21/21Z 初期値を用いて行った。

MSM21Z の FT=3（09 時）では、前線は東シナ海にあり、暖域内の地上風は南の風が 20kt、降水域は沖縄本島南部から北部へ広がる発達した単一のセルとなっている（図省略）。09 時の沖縄レーダーでは、沖縄付近はオープン域で、本島にエコーがかかる時間は 12 時頃であった。

MSM は実況に比べ 2~3



第 6 図 5kmJMANHM
FT=07（13 時）

時間程度降水予想が早く時間ズレが発生していた。

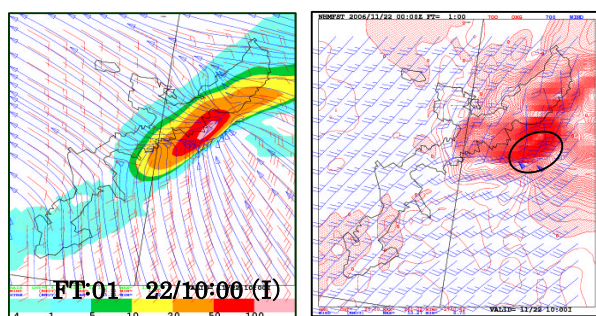
第6図の再現実験の結果も、降雹があった時間帯 FT=07 (13 時) では、降水域の中心は与論島付近まで北上し、MSM 初期値に伴う 2~3 時間程度の時間ズレが発生した。風は南東の風が 30kt とやや強まった。

(2) JMANHM 再現実験 (水平格子間隔 2km)

22 日 00Z の 5km ネスト初期値を用い 2km のネストを行った。なお、比較のために時間ズレを考慮し、降水が沖縄本島にある時間帯を用いた。

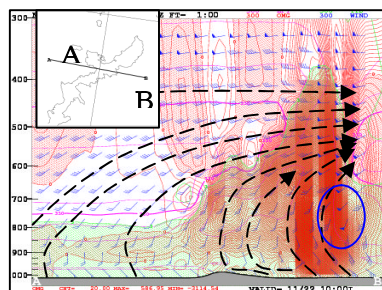
第7図の 2km ネスト 10 時 (FT=1) の地上では、降水強度が 100mm/h と強まって、上記ドップラーレーダーの数値 96.0mm/h に相当する。また、風速は 5 km ネストより更に強まり 35kt、また、中心付近では風の収束 (キンク) が顕著になった。

700hPa 平面図では、地上降水域の前面に顕著な上昇流 (赤) が現れ、反時計回りの 50kt の南西風もあり、高度 3km のドップラー風速とも一致する。



第7図 2kmJMANHM と 700hPa (上昇流、風)

第8図は、FT=01 (10 時) で高度 300hPa までの E-W 断面である。下層は湿っていて、中層では A 地点から陸地上空まで 330° 以下の乾燥場が広がっている。下層の湿域は、陸地付近からは上昇流で上層へと運ばれ、B 地点手前では強い上昇流により、湿域は上層 400hPa まで達している。B 地点の 850hPa の風速は、南西 50kt、500hPa では西南西 65kt と更に強く 2 km ネストは、ウィンドプロファイラの下層ジェットや、高度 3km の風速 60kt と似通っており、再現実験は実況と概ね一致した。



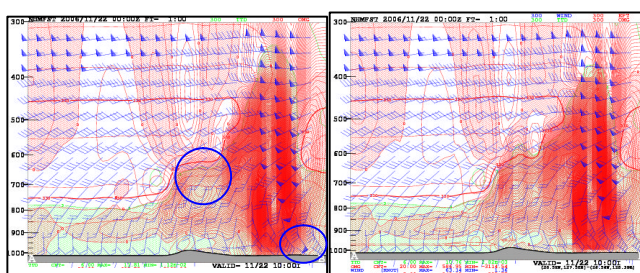
第8図 2kmJMANHM E-W断面
FT=01 (10 時)

(3) JMANHM 感度実験

2km の再現実験は、風や強雨域は実況と概ね一致しているが、モデルが単一セルの為、複数の強

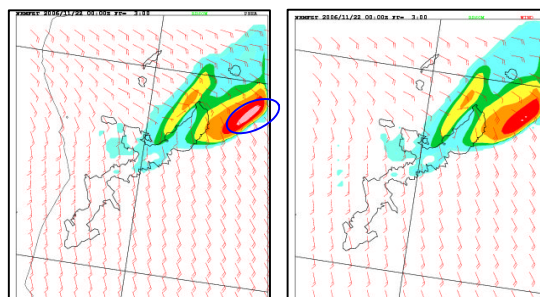
雨域の持続の場が表現できなかった。実況では、湿潤な暖気の流入により複数の強雨域が持続する場であることから、対流抑制効果の実験 (適応水蒸気拡散 (TMD) の WTHRT 指数を 3.0→5.0 へ、拡散時間設定は変更なし) を行った。

第9図は感度実験と通常モデルの比較である。FT=1 (10 時) の 300hPa までの断面では、900hPa に風速 50kt が現れ、ドップラー 1 km VVP 実況と一致、通常モデルより改善している。上昇流や湿域は陸地上空で弱くなり、降水強雨域の中心付近では、湿域は 400 hPa を超え強化された。



第9図 感度実験 (左) と通常モデル (右)
断面 300hPa (風、TTD、OMG、EPT)

第10図の地上 FT=3 (12 時) では、感度実験では、FT=3 で通常モデルより中心付近で降水強度 (図中の丸円) が拡大し、対流抑制効果が現れた。なお、FT=2 まで、降水エリアや強度に、通常モデルとの違いは無かった (図省略)。



第10図 感度実験 (左) と通常モデル (右)

6 まとめ

(1) 実況の各資料から、大雨や降雹、突風 (竜巻) の同時発生の可能性を示す条件を確認できた。

(2) MSM の 21Z 初期値に伴う、5km 及び 2km ネストに 2~3 時間程度の時間ズレが発生した。

(3) 2km 再現実験の結果は、5 km ネストより降水強度及び風速は改善された。

(4) 感度実験結果は、目先 (FT=1) は 900hPa で風速 50kt が現れた。降水エリアや強度の違いは、FT=3 以降に現れ、通常モデルより降水強度が強化されていた。

謝辞

(独) 沖縄亜熱帯計測技術センターのウィンドプロファイラーの利用をさせていただいたことに感謝申し上げます。