

25 2005年3月23日の寒冷前線通過に伴う石垣島地方の大雨

重村尚秀・安田修・石川美乃（石垣島地方気象台）

1 はじめに

本調査は、管内 NHM 共同調査「NHM を用いた大雨の大外れ事例の構造解析と概念モデルの構築」の一環として行っている。2005 年 3 月 23 日に寒冷前線の通過に伴って起こった石垣島地方の大雨を、ミニスーパー版気象庁非静力学モデル(NHM)を用いて再現し、大雨をもたらしたじょう乱の構造を解析する。得られた知見から大雨の予測のためのワークシートを作成することを目的とする。

2 大雨の概要

第1図に地上天気図を示す。東シナ海に停滞していた前線が南下して、3月23日9時頃に石垣島地方を通過した。前線の通過に伴い、石垣島地方では2時頃から7時頃にかけて雷を伴った非常に激しい雨が降った。竹富町上原では日降水量127ミリ、最大1時間降水量76ミリ(起時5時10分)を、石垣市川平では日降水量111ミリ、最

大1時間降水量63ミリ(起時6時0分)を観測した。石垣市では3時頃にひょうが降った。降ひょうによる葉タバコ被害、停電1,043世帯、強風と高波による行方不明者3名、強風による非住家一部損壊1棟の被害があった(被害状況は3月24日付け八重山毎日新聞による)。

3 観測資料に現れた特徴

(1) 衛星画像

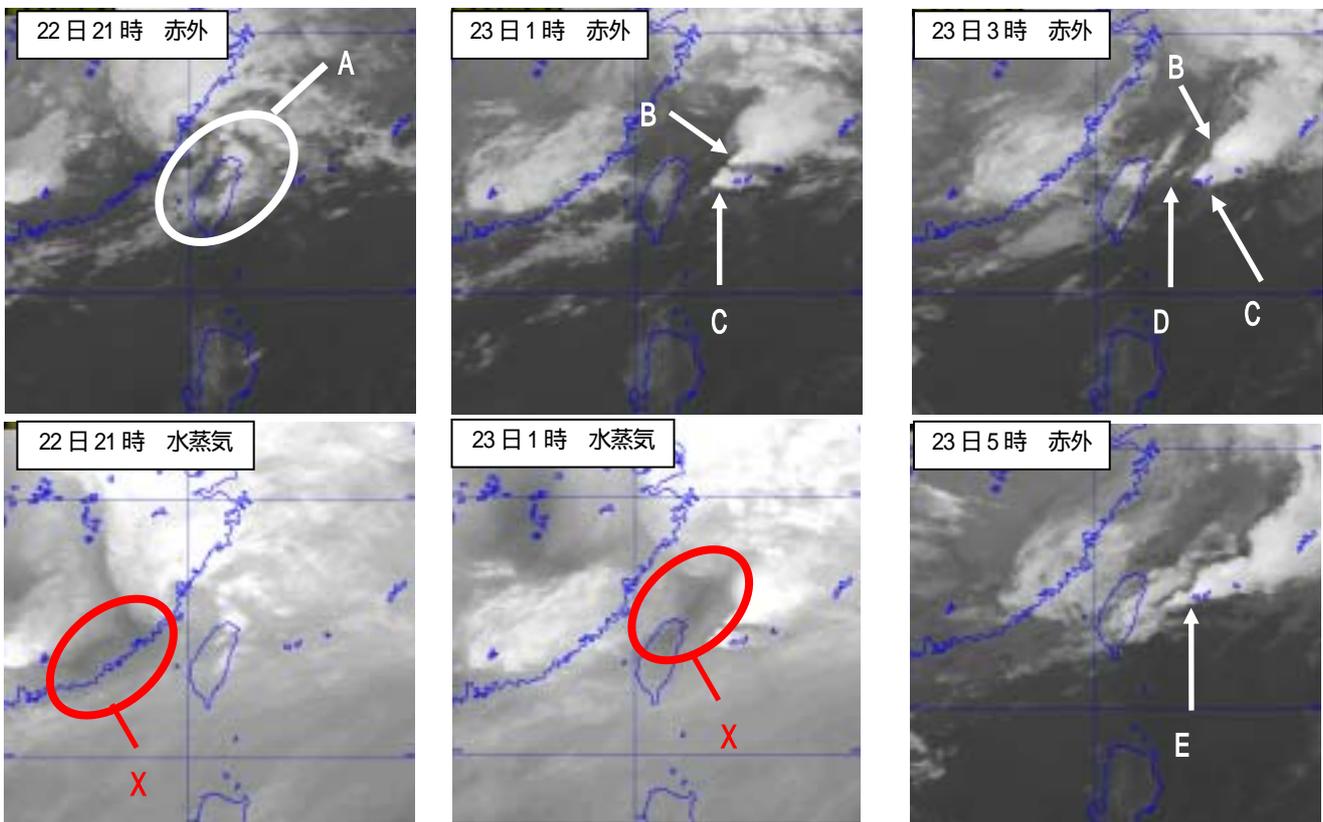
第2図に衛星画像を示す。前線の南、南シナ海をクラウドクラスター(A)が東進して、22日21時には、台湾を通過し、先島諸島の北～西の海上に達した。このとき、水蒸気画像ではクラウドクラスターの後面の華南沿岸に明瞭な暗域(X)が接近している。23日1時には、暗域(X)が重なり、クラウドクラスターは八重山地方の北でテーパリングクラウド(B)に発達して東進した。テーパリングクラウド(B)のすぐ南西には別のテーパリングクラウド(C)があり、東北東進して3時、石垣島地方を通過した。テーパリングクラウド(C)の後方の与那国島付近で新たな対流雲(D)が発生し、発達して新たなテーパリングクラウド(E)となって7時頃にかけて石垣島地方を通過した。

(2) レーダー画像

第3図にレーダー画像を示す。22日21時まで、台湾を越えて八重山地方の北西海上に現れたエコー(A')は発達しながら東進した。衛星画像のテーパリングクラウド(B)に対応して、22日23時から23日3時



第1図 地上天気図



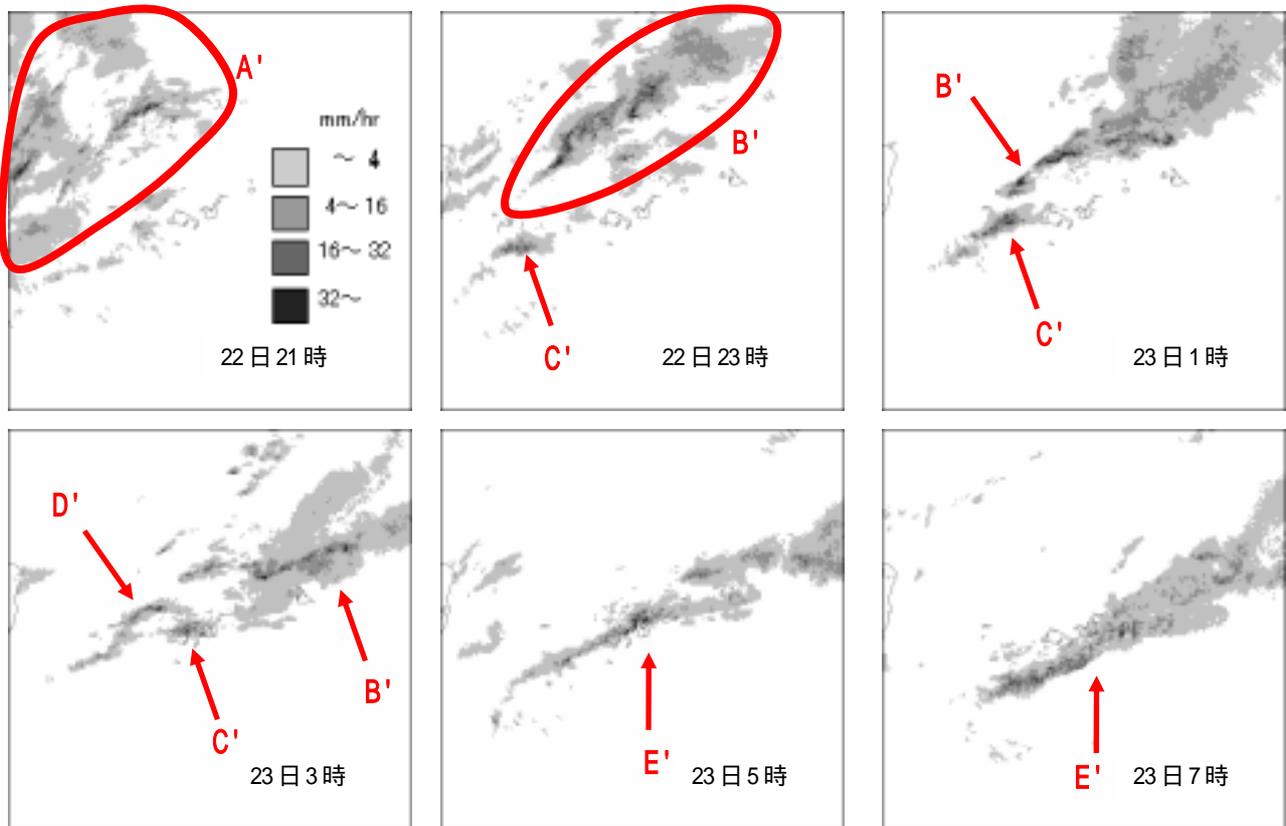
第2図 衛星画像

て八重山地方の北海上を円錐状の発達したエコー(B')が東進し、宮古島の北海上で衰弱した。テーパリングクラウド(C)に対応して与那国島の南にエコー(C')が現れて東北東進し、50km程度のスケールの塊状になって23日3時頃に石垣島地方を通過した。石垣市の降ひょうは、エコー(C')の通過に伴ってもたらされた。また、23日3時には西表島の西にエコー(D')が現れ、発達しながら東北東に伸びて5時にはライン状のエコー(E')になった。エコー(D')と(E')は衛星画像の対流雲(D)とテーパリングクラウド(E)に対応する。エコー(E')は7時にかけて南下して石垣島地方を通過した。竹富町上原や石垣市川平の最大1時間降水量はエコー(E')の通過によりもたらされた。この後で述べるように総観場の前線は10時頃に通過したと見られるが、エコー(E')の後面で前線に対応するエコーはほとんど見られない。

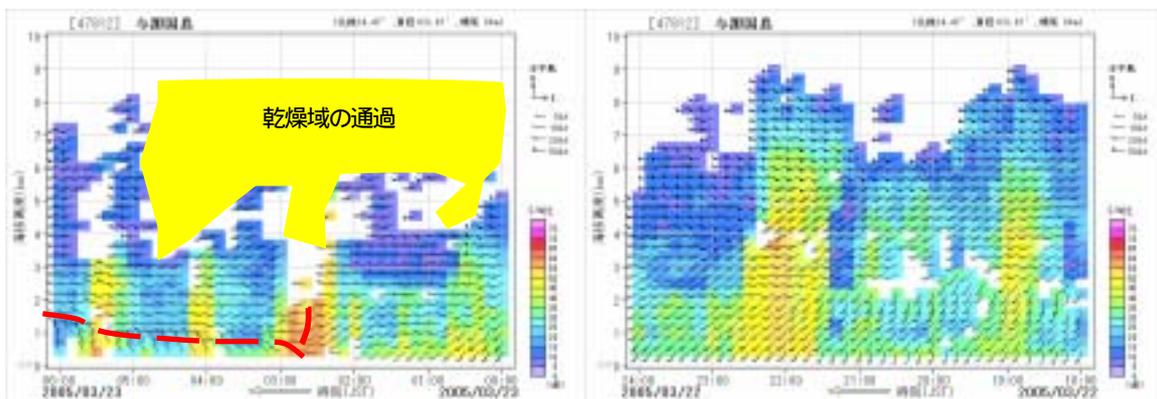
(3) ウィンドプロファイラと高層観測資料

第4図に与那国島のウィンドプロファイラ観測の時系列を示す。23日0時頃から5時頃にかけて4kmより上層に風の観測されない時間帯があり、衛星画像の暗域(X)に対応する乾燥域の通過が示唆される。2時過ぎには高度1~2kmで南西風から西風に風向が変化するシヤアの通過が見られる。2時過ぎに最下層の風向は北よりに変わった。北よりの風の層は徐々に厚くなり、6時には高度1.5kmに達した。最下層の北風は6時頃に20ノット程度に急に強まり、総観場の前線が与那国島に到達したと見られる。4kmより上層の風向は南西の状態が続いたが、図に示される時間より後の9時頃に西風に変化した。

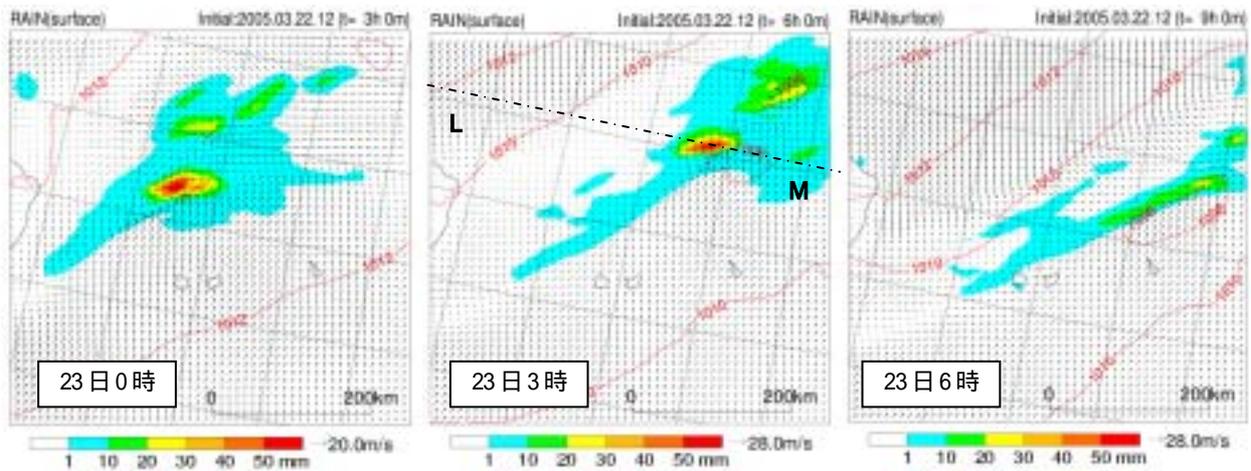
22日21時の石垣島の高層解析から、相当温位の垂直分布を見ると、地上から500hPaまで対流不安定、風は南~南西となっている。各指数はSSIは-0.4、CAPEは300J/kg、CINは20.4J/kg、凝結高度は949hPa、自由対流高度は850hPaであった。



第3図 レーダー画像



第4図 与那国島のウィンドプロファイラ 水平風とS/N比



第5図 NHMの実験結果(水平格子間隔5km、K-F法) 1時間降水量と地上風、地上気圧

(4) アメダスの風、気温

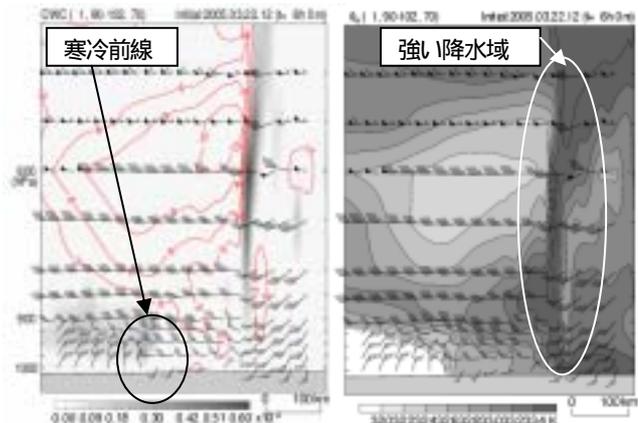
石垣島地方のアメダスの風は、エコー(E')の通過前は南～南西の風で風速は強い所で8m/sであった。エコー(E')の通過後6時頃には風向は北よりに変わったが、風速は強い所でも4m/sであった。10時頃には北風が急に強まり、風速は強い所で10m/sを超えた。また、10時頃には気温が1時間に3程度下がった。10時頃に総観場の寒冷前線が通過したと見られる。

4 NHMによる再現実験

初期時刻22日21時、水平格子間隔5km、対流パラメタリゼーションにK-F法、境界値に同初期時刻のRSMを用いる設定で行ったNHMによる再現実験の結果を第5図に示す。降水域は南西の暖湿大気移流の北端に位置する。強い降水域は南西風とその北側の東風の収束する所に位置し、そこから南西に弱い降水域が延びる。強い降水域は石垣島地方の150km程度北を東進して、石垣島地方にはかからない。石垣島地方では、南西に延びる弱い降水域が南下して、図に示した後の9時に通過する。5km格子の解像度から、先鋭部の強度が強い円錐状エコー(B')や強いライン状エコー(D')が再現されることが期待されたが、実験結果には現れなかった。寒冷前線に対応する強い北風の先端には降水域は計算されず、実況とあっている。前線は、この9時には降水域に追いつき、石垣島地方を通過する。

第6図に寒冷前線と強い降水域を通る、L-Mの線に沿った断面の水平風、雲水量、湿数、相当温位の分布を示す。寒冷前線の上空の中層では600～500hPaを中心に乾燥した西風が吹き、寒冷前線付近の雲は低い高度に限られ、前線の活動が弱いことが示される。強い降水のある場所では、東側では下層を中心に暖湿な南西風が吹き、西側には乾燥した中層の気流の先端が達している。この境界では雲水は下層から上層まで大きな密度で分布し、活発な対流が起きていることがうかがえる。これらの特徴は、スプリット前線とその降水分布の模式図(Browning and Monk, 1982)と似ている。

NHMの設定を変えた実験をいくつか行った。緩和領域にかかるが、領域を東西南北にそれぞれ150km程度広げた実験では、第5図とほとんど同じ結果となった。デフォルトの設定である、対流パラメタリゼーションを用いない実験では、弱い降水域がK-F法に比べて狭くなったが、強い降水域の位置はK-F法の結果と同様であった。降ひょうをもたらしたエコー(C')が再現されることを期待して、第5図のモデルを親モデルとして、水平格子間隔2kmのダブルネストの実験を行ったが、期待される結果は得られなかった。



第6図 NHMの実験結果(第5図のL-M線に沿った断面図) 水平風、雲水量と湿数(左) 相当温位(右)

5 まとめ

観測資料からは次のことが確認できた。前線の南の暖域内で、下層の南西風による暖湿大気移流に伴う対流雲に、中上層の乾燥域に対応する明瞭な暗域が西から追いついて重なり、テーパリングクラウドが発達した。テーパリングクラウドに伴うライン状のエコーが南下して石垣島地方を通過するときに大雨をもたらした。その後、寒冷前線が通過したが、前線に伴う降水はほとんどなかった。

NHMによる再現実験では、暖域内で、下層の南西風による暖湿大気移流の先端で降水域が計算された。寒冷前線付近では降水はほとんど計算されなかった。これらの特徴は実況と合っていた。一方、円錐状の強い降水域や、強いライン状の降水域は再現できなかった。また、石垣島地方では弱いライン状の降水域が通過した。東西に切った断面図では、スプリット前線に似た構造が見られた。観測から得られた特徴やNHMの断面図の特徴から、本事例の大雨は、カタ型寒冷前線の暖域内にあった対流雲が、上空寒冷前線が重なったことにより発達して通過したことによって起こったと考えられる。

本事例のタイプの大雨予測ワークシートには、次の要点を含む。

- 暖域内での対流雲の存在、移動の確認。
- 高層天気図、水蒸気画像、ウィンドプロファイラによる上空寒冷前線の確認、追跡。
- 上空寒冷前線が重なったことによる対流雲発達の確認。
- 降水短時間予報を利用した注警報作業。但しMSMの降水量が実況より弱い場合は、降水短時間予報より大きく見積もる。