

NFS 在 SCSMEX 期間的個案分析

柳再明*

中央氣象局

劉其聖

美國海軍實驗室

摘要

本文針對中央氣象局新區域預報系統(NFS)的降水量預報做診斷。首先觀測結果指出日間山區降水大於沿海的降水, 這顯示日間區域環流(海風)結合台灣地形, 加強了地形性降水。而夜間的山區降水和沿海的降水約相當, 這顯示夜間區域環流(陸風), 無助於地形性降水的加強。日間之海風區域環流加強水汽的輸送, 可能是地形性降水增加的原因。

NFS 的降水量預報校驗方面, 大致結論是 NFS 有過度預報的情形, 不論台灣北中南各區預報降水量都比觀測值大, 研究指出 NFS 降水量過度預報的地方是山區, 顯示 NFS 使用郭氏積雲參數法, 在地形降水的處理上有過量的現象, 沿海的部份 NFS 的預報與觀測相當接近, 顯示 NFS 對於天氣系統的水平移動有不錯的模擬。

一. 前言

區域雨量的預報是中央氣象局正積極從事, 也是多年來一再努力的目標。由納莉(Nali)颱風超大雨量的天氣現象所導致的淹水災情, 加上事後的防颱檢討, 民眾的需求, 無不凸顯雨量預報的重要性。模式雨量的預報準確度, 與模式解析度, 降水參數化法, 雲物理過程之掌握程度極其相關, 就新區域預報系統(NFS)現有的內容, 對影響台灣的天氣系統所能掌握的降水預報, 仍極其有限, 因此本文僅為 NFS 這幾年來階段性的降水預測能力檢討報告, 因此下文也對 NFS 作一簡單的描述。

NFS 為四階定差, 三層巢狀網格(45/15/5)公里 (格點數 191x127/145x139/61x91), 垂直 30 層之非靜力平衡模式, 水汽的動力平流方面除了一般的四階法, 尚有 Hsu 與 Arakawa 正定法(Hsu and Arakawa 1990) 可供選擇, 此法當網格解析度到達對流尺度時, 更能凸顯正定水汽平流法的重要性, 尤其是在垂直平流方面, 當然較之四階定差法, 正定法會花費更多的電腦計算時間。模式採用 split-explicit 法處理前三個速度較快的重力波, 也使用四階頻散, 以 120 秒為積分時距, 每天執行兩次(0000UTC 與 1200UTC), 每次預報 72 小時。模式的物理部份, 輻射參數化方面採 Harshvardha 等(1987) 法處理, 邊界層參數化方面採

TKE E- ϵ 法處理, 而降水模擬部份, 對流性降水參數化方面有 Kuo(1974) 以及 Arakawa and Schubert(1974) 可供選擇。大尺度降水參數化方面有層狀降水參數法以及雲冰與雲水的降水參數法(Zhao 1997) 可供選擇。

第二節討論 1998 年 5 月 13 日的個案。第三節分析 1998 年六月 1 至 10 日台灣本島上的降水情形。總結與後續工作放在第四節。

二. 個案初步分析結果

本文以個案討論 CWB NFS 的預報結果, 討論的個案時間是 1998 年 5 月 13 日, 其為 SCSMEX 那年有關季風肇始階段的個案。

(1) 海平面氣壓以及 500 百帕部分:

1998 年 5 月 13 日之海平面氣壓指出, 亞洲的天氣系統大致如下所述, 東亞沿岸部分 長江口東海地區有一高壓, 因錮低壓在日本北海道, 其北方庫頁島有一高壓。亞洲陸上部分, 蒙古與青藏均為高壓, 華北直到華南天氣系統不明顯, 印度半島亦是, 青藏東南方有一小低壓。

NFS 12 小時至 72 小時的海平面氣壓預報場資料指出, 日本北海道因錮低壓隨時間東移後, 由庫頁島往西南延伸至華中的高壓帶逐漸成形, 且隨時間南壓進而影響台灣地區, 此高壓帶前緣生波現象明顯, 天氣極不穩定, 台灣即位於其前緣不穩定地區, 24 小時之後(14 日)產生劇烈降雨現象(見下節降水參

* 聯絡資料: 柳再明, < rfs4@cwb.gov.tw >, tel@02-2349-1266, fax@02-2349-1279, 台北市公園路 64 號。

數化的討論)。24 小時的預報資料指出台灣東北方海面產生一低壓，其隨預報時間往東北方向移動，直至 72 小時都還存在，位置約在日本群島東方海面。印度半島天氣系統變化不明顯，僅氣壓值隨預報時間稍降低。

從海平面氣壓客觀分析資料我們發現，NFS 之海平面氣壓預報場的氣壓數值，較客觀分析資料高出 3 至 5 個百帕。舉例來說，以同一時間之客觀分析圖與 NFS 之預報圖，明顯的可以看到通過台灣等值線的數值，在客觀分析約為 1012 百帕，然而在 NFS 卻是約 1017 百帕，也就是說 NFS 之海平面氣壓預報場，較客觀分析資料高出 5 個百帕。比較其餘預報圖也可得到相類似的結果。另外一點我們要討論的是，NFS 之海平面氣壓預報場曾指出，台灣東北方海面產生一低壓，其隨預報時間往東北方向移動這部分的校驗，從客觀分析資料我們發現，NFS 之低壓的移速，較客觀分析資料之低壓來的慢。舉例來說，客觀分析之低壓約在北緯 38 度東經 150 至 160 度之間，而 NFS 之低壓僅移動到北緯 30 度東經 130 至 140 度之間。當然上述結論是針對低壓中心位置，若以低壓槽的伸展範圍來討論，差距就沒有如此多。正因為此低壓移動速度的預報有差距，日本北海道東方的高壓西伸的範圍，NFS 之預報圖較客觀分析來得大，也就是說此高壓東移的速度，NFS 較客觀分析來得慢。總結來說客觀分析之圖中，由台灣往東北方向呈現之低壓高壓交互出現的天氣形態，是東亞地區主要的天氣系統，NFS 並沒有掌握住。NFS 與客觀分析兩者，其邊界點的數值有相當大的差異，如此也可推論 NFS 與客觀分析兩者中天氣系統的進出是不同的。校驗邊界點的數值是考慮側邊界條件(由 CWB 全球模式提供)是否正確。文後我們將校驗全球模式，若其也有類似的誤差，我們將可知 NFS 一部分誤差的來源。

1998 年 5 月 13 日的 500 百帕高度場部分，東亞大槽約位於中國東北與日本北海道之間，且往西南延伸至朝鮮半島，因此東亞大槽約是位於北緯 35 度以北地區，大致不影響台灣地區的天氣。就 500 百帕高度場而言，影響台灣地區的主要天氣系統是約在北緯 30 度附近的槽脊，在 1998 年 5 月 13 日時其位置約是 110 東經以西，距台灣尚遠，隨後緩慢東移，通常地面天氣系統將順著槽後的西北氣流南壓，進而影響台灣地區。

NFS 12 小時至 72 小時的 500 百帕高度預報場顯示，36 小時預報時，台灣地區已在北緯 30 度槽的槽後，48 小時預報時，圖中明顯看出地面天氣系統已順著槽後的西北氣流快速南壓，進而影響台灣地區的

天氣。之後此北緯 30 度槽以稍偏東北的方向緩慢移行。

比較 500 百帕高度分析資料與 NFS 的預報結果。整體來說，兩者的差異很大，我們甚至於可以說兩者完全不同。舉例來說，500 百帕高度分析資料約在華北東北地區，等值線 5760 重力位高度約呈西北東南走向的槽脊，NFS 的預報圖中幾乎完全沒有模擬掌握著，我們認為此槽脊的走向主導東亞的天氣系統，而且此槽脊的存在也阻擋大部分氣流的走向，意思是說，此槽脊造成暫時 blocking 的天氣，NFS 圖中幾乎完全沒有掌握此槽脊，因此天氣系統快速南壓影響台灣地區。另外由東亞大槽的最低等值線，500 百帕高度分析資料為 5220 重力位高度，然而 NFS 的預報圖卻為 5400 重力位高度，因此我們再度懷疑，側邊界條件(由全球模式提供)的提供是否正確。

(2) 降水參數化的討論部分:

NFS 的降水預報場(圖 1)認為梅雨鋒面結構完整，東北西南走向綿延長達五千公里以上，且南下造成劇烈降水，初期華南一帶都受影響，24 小時之後(14 日)梅雨鋒面呈 V 字形，東段海面部分往東北方移動，西段陸地部分接續西藏東邊南下的系統，不停的在華中華南地區產生劇烈降水。NFS 模擬台灣地區主要降水發生在 14 日，日降雨量近百公釐。NFS 對印度半島地區持續的也存在一些降水的模擬。

圖 2 是 GCPC(Global Precipitation Climatology Project)的降水觀測。對照圖 2，顯示 NFS 梅雨鋒面南下的速度過快，幾乎早了一天，圖 2 中指出 15 日台灣才開始降水(和 500 百帕高度預報的校驗結果相同)。華中華南地區部分的降水模擬，我們認為 NFS 掌握的比海面上的梅雨鋒面好很多。對照圖 2，NFS 對印度半島地區的降水模擬，也掌握住一些。

20 公里網格距的降水模擬結果，除對台灣以及華南有更詳盡的描述外，和 60 公里網格距的結論約相同。

在兩種大尺度降水，一是判定網格點上過飽和後之凝結總和(一般常用之大尺度降水法)，另一是雲水雲冰參數法的測試結果比較方面，因為雲水雲冰參數法有平流過程，可避免郭氏積雲法局部降水過大的現象，比較上明顯的可以看出，雲水雲冰法等值線較平滑，也沒有單一網格持續不停降水的情形。以上所述是 20 公里網格距的結果，60 公里網格距的結果無法顯示出雲水雲冰參數法的效果，因為 60 公里的網格距過大，在積分時距中平流速度尚無法跨出一個網格的距離，也就是說 60 公里的網格距使用雲水雲冰參數法，仍無法避免郭氏積雲法局部

降水過大的現象。

(3) 美國海軍 COAMPS 降水預報的討論部分:

圖 3 是美國海軍 COAMPS 的降水預報,較之圖 3 降水觀測, COAMPS 圖中指出對於東亞梅雨鋒面的降水模擬,在位置的預報上和實際觀測相當接近,因此對照 NFS 圖中顯示梅雨鋒面南下的速度過快,幾乎早了一天的預測結果,我們認為 COAMPS 較之 NFS,對於東亞梅雨鋒面有較佳的降水模擬,當然另外在實際雨量的比較上,與鋒面上中尺度對流系統雨胞的移行位置,是進一步校驗且困難的課題,我們不認為 60 公里粗網格解析度,以及沒有足夠詳細描述雲物理的模擬,可以做這樣的比較工作。我們也注意到在圖 3b 中台灣本島的降水預測(圖 2b 之 GCPC 台灣本島並無降水),以模式預測的角度來說,它是屬於鋒面前緣的降水。另外 COAMPS 對印度半島南端地區有一較實際大很多降水的模擬。

三. 台灣本島降水量的診斷

對台灣而言,1998 年梅雨季是一個很特殊的降水事件,尤其是自六月 1 至 10 日,在這 10 天期間,台灣本島上近乎無間斷連續性的大降水,為主要特色。

觀測降水量的統計上(圖 4)概括指出,總降水量方面,台灣南部的降水量遠大於台灣中北部,且往北遞減(見圖 4,僅六月 4 日例外)。進一步研究指出台灣南部的降水部份,山區降水大於沿海的降水,這顯示此降水事件,台灣南部的中尺度地形加強降水系統,因而地形性降水明顯。台灣中北部在此降水事件中,沒有明顯的地形性降水加強現象。因此我們就把焦點放在台灣南部的降水現象上來分析,我們分別針對白天和夜晚的降水特性來分析。結果指出日間山區降水大於沿海的降水,這顯示日間區域環流(海風)結合台灣地形,加強了地形性降水。而夜間的山區降水和沿海的降水約相當,這顯示夜間區域環流(陸風),無助於地形性降水的加強。日間之海風區域環流加強水汽的輸送,可能是地形性降水增加的原因,由此水汽輸送的觀點可知為何夜間陸風環流,對地形性降水的加強無助益。

NFS 細網格(20 公里)對此降水事件的預報結果,我們將台灣分北中南三區比較,另一方面也細分台灣南部分成日間與夜間,山區與沿海來校驗。大致結論是 NFS 有過度預報的情形,不論台灣北中南各區預報降水量都比觀測值大,研究指出 NFS 降水量過度預報的地方是山區,顯示 NFS 使用郭氏積雲參數法,在地形降水的處理上有過量的現象,沿海的部份

NFS 的預報與觀測相當接近,顯示 NFS 對於天氣系統的平流移動有不錯的模擬。結果明白表示不論白天夜晚,NFS 在地形降水的處理上都有過量的現象。

四. 總結與後續工作

NFS 的降水預報,尤其是在台灣地區。大致說來 NFS 有過多的地形性降水,尤其在迎風面的斜坡與山頂部份。此種過多的地形性降水,不論 Kuo 法或是 Arakawa-Schubert 法都存在,而當解析度提高時,過度降水預報的雨量,以超過幾何倍數的情況遞增。我們期待非靜力平衡動力部分完成後,加上較多雲物理變數方程的處理,對於對流點的判定能更接近真實,加上有較正確的雲物理過程,因此希望在解析度較高的 5 公里格組,對地形性降水有較正確的解析。

後續工作除了 NFS 模式本身非靜力平衡動力系統的建置,以及雲物理方程變數(預計有雲水,雲冰,雨和雪四種)的採用外,3DVAR 客觀分析法的測試(現採用 OI 法),以及配合電腦硬體規格 NFS 平行處理等,都是十分重要且急需人力來仔細研究測試的工作。

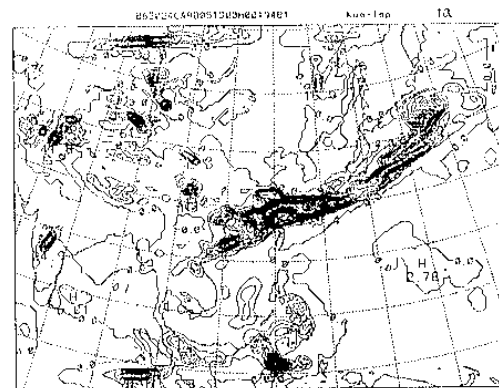
參考文獻:

Arakawa, A. and Schubert, W.H. 1974:

Interaction of cumulus cloud ensemble with the large-scale environment, part I., J. Atmos. Sci., 31, 674-701.

Kuo, H. L., 1974: Further studies of the parameterization of the influence of cumulus convection on large-scale flow, J. Atmos. Sci., 31, 1232-1240.

Zhao, Q., Black, T. L. and Baldwin, M. E., 1997: Implementation of the cloud prediction scheme in the eta model at NCEP. Weather and Forecasting, 12, 697-713.



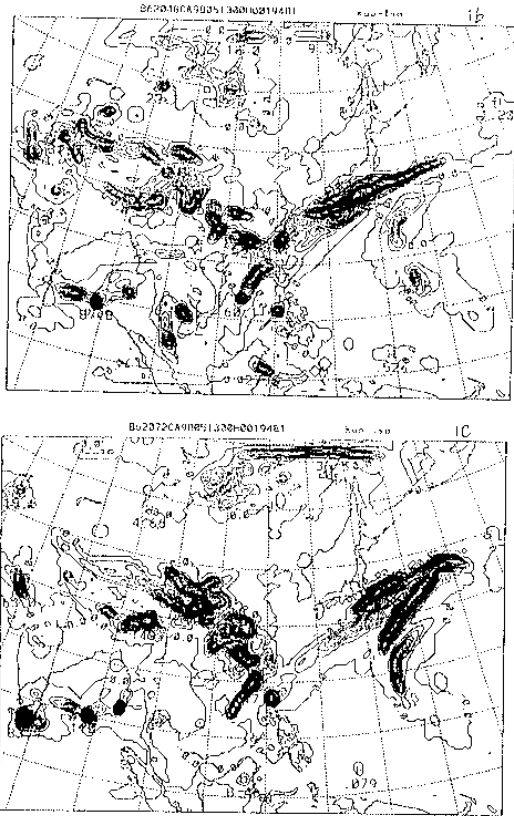


圖 1. NFS 的降水預報場, 1a 為 0-24 小時(13 日 0000UTC~14 日 0000UTC)預報累積, 1b 為 24-48 小時(14 日 0000UTC~15 日 0000UTC)預報累積, 1c 為 48-72 小時(15 日 0000UTC~16 日 0000UTC)預報累積。

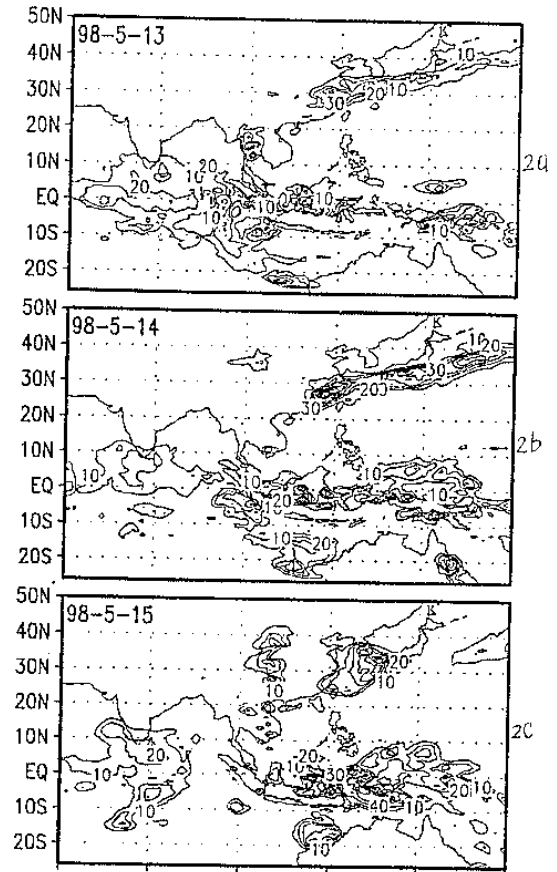


圖 2 是 GPCP(Global Precipitation Climatology Project) 的降水觀測。2a 為 13 日 0000UTC~14 日 0000UTC 的累積, 2b 為 14 日 0000UTC~15 日 0000UTC 的累積, 2c 為 15 日 0000UTC~16 日 0000UTC 的累積。

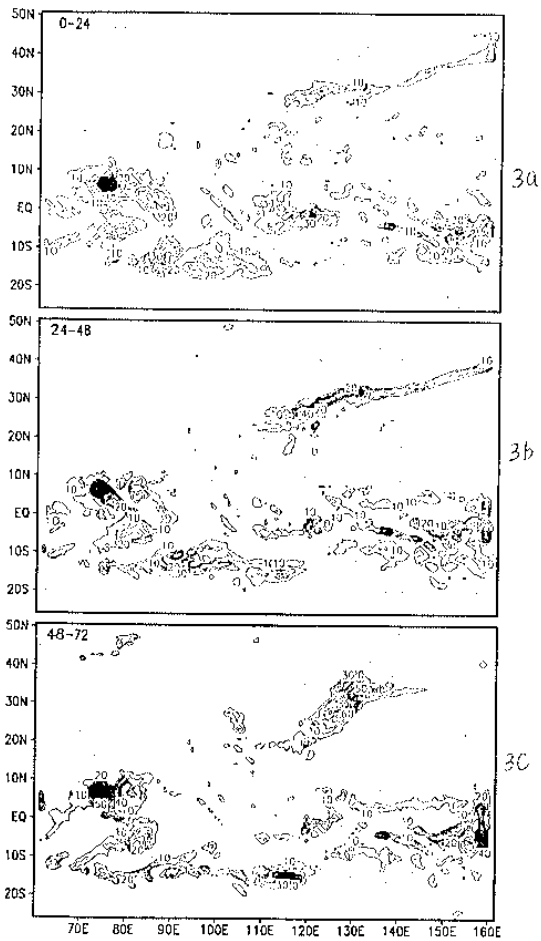


圖 3 和圖 1 同唯是美國海軍 COAMPS 的降水預報。

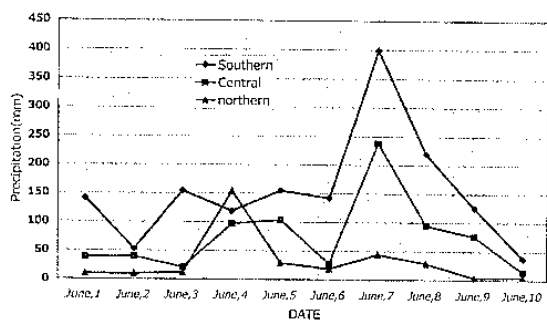


圖 4 將台灣分成北中南三區的觀測降水量統計。