

# 中央氣象局非靜力作業模式 NFS 之現況與展望

## :降水方面的處理

柳再明  
中央氣象局

### 摘要

NFS 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)兩種方法。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)。現行 NFS 作業採用郭氏對流性降水參數法與雲冰雲水法，而 5 公里解析度降水模擬方面，不再使用對流性降水參數化法，僅以雲冰雲水法處理降水的模擬。

解析度增加對於定量降水預報的成績不全是正面的，因此我們針對 CWB NFS 15 公里與 45 公里解析度的降水預報，做系集(ensemble)方式的定量降水預報測試，主要有三種系集方式的測試，一是混合使用郭氏積雲參數法(1974)與 Arakawa and Schubert 積雲參數法(1974)的結果，混合使用後其 ET 得分遠優於原先任一方法，二是使用雲水雲冰(simple ice)的雲物理參數法，其也較一般大尺度降水法有較佳的 ET 得分，三是混合使用 NFS 前後時段的預報，其 ET 得分優於原先任一時段的預報。因此統合此三項系集處理方法，我們得到最高最佳的 ET 得分。而此項定量降水系集預報之測試方法，已納入 CWB NFS 日常作業裡。

NFS 降水模擬的展望方面，雲物理參數法的改進是最主要的著眼點，加入雪(snow)及雨(rain)的模擬，進而 hail 的模擬或是其過程的診斷效應之加入，是我們的思考方向，另外電腦計算時間的長短，也是複雜雲物理過程能否作業化的重要決定因素。

### 一. 引言:

一般模式中使用之大尺度降水參數法，是檢查網格點上水汽是否有超飽和狀態，若有則減去且往下累積至地表，其總量即是大尺度降水。Zhao (1997)之雲冰與水的層狀降水參數法，以模擬雲液態水和雲冰(僅在模式中增加一組雲混合比的方程式)，來診斷大尺度降水，其文中指出加入冰與水參數法的模式，有較精確的雲量以及雲位置的預報，因此尤其在地表及凝結層附近，對比濕的預報有改進。所以 NFS 於民國 91 年 4 月中旬，將 Zhao (1997)之雲冰與水的層狀降水參數法作業化，取代原以網格水汽飽和判定之大尺度降水參數法。下述我們以不同的天氣系統個案，一是春季鋒面的個案，另一是夏季午後對流的個案，說明雲物理參數法對模擬結果的改進情形。

NFS 為四階定差，三層巢狀網格(45/15/5)公里(格點數 221x127/181x193/91x121)，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，也使用四階頻散讓模式穩定積分。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 Harshvardhan 等(1987)法處理, 邊界層參數化方面採 TKE  $E-\epsilon$  法處理。

## 二. 初步測試結果:

### 1. 春季鋒面的個案(2003/3/28):

圖 1 是春天鋒面影響臺灣北部的降水個案, 由圖 1b 的衛星雲圖清楚看到鋒面雲帶已覆蓋台灣全島, 由圖 1a 的觀測降水資料顯示, 降水範圍由北部海岸約南延至臺中縣, 結果顯示, 使用雲冰與水的層狀降水參數法(圖 1d), 可以初步掌握此種春天鋒面的降水, 反觀一般模式中使用的之大尺度降水參數法(圖 1c), 無法模擬此種春天鋒面的降水。也就是說, 我們認為影響台灣的春天鋒面是一斜壓系統, 層狀降水明顯且分佈寬廣, 佔降水比率中的絕大部分, 此種降水特徵是一般模式中使用的之大尺度降水參數法無法模擬的, 明顯的雲冰與水的層狀降水參數法可以初步掌握此種春天鋒面的降水。

### 2. 夏季午後對流

就全年影響臺灣的天氣系統來說, 夏季午後對流絕對是相當難以預測的降水型態。分析累積降水資料, 顯示夏季午後對流有幾個特徵: 就空間尺度而言, 夏季午後對流的降水範圍(雷雨胞)很小, 約僅從數十公里到幾公里的尺度, 以全台自動雨量站平均約 10 公里的分布密度來說, 大都僅單一個自動雨量站能觀測到對流雷雨胞的主要降水強度(見圖 2), 降水累積資料顯示隨後雨勢歇緩, 降水雲帶順著盛行風移動且擴散, 因此 2000/6/20 之午後對流個案, 其降水累積圖 2 中指出, 降水主要中心的強度和周圍有不小的差距, 主要中心的分布位置散亂實屬不可預報度。

夏季午後對流的另一特徵是, 就同一區域而言也沒有連續的必然性, 意思是說當日有午後對流, 不保證明日同一區域也有(見圖 5)。夏季午後對流也沒有時間連續的必然性, 意思是

說當日某時有午後對流, 不保證明日午後對流發生在同一時間, 經驗顯示也不一定會發生午後對流, 這也說明午後對流時間點的不可預報度。夏季午後對流的降水強度有時極強, 圖 2 資料指出有三個百釐米附近的降水觀測, 其降水的時間記錄說明降水前後時段僅約一小時, 因此夏季午後對流也會造成區域淹水, 據悉排水溝最高流速的設計為每小時 70 釐米的降水, 圖 2 即是夏季午後對流造成臺北縣中永和瞬間淹水的典型個案, 中永和區域內兩個自動雨量南勢角(116.5), 永和(96)都觀測到瞬間的強烈降水。圖 3a 之可見光雲圖清楚顯示中永和午後對流雲團的發展。圖 3c 是說明 NFS 5 公里若使用一般模式之大尺度降水參數法, 對夏季午後對流沒有模擬能力, 若是 NFS 5 公里使用雲冰與水的層狀降水參數法, 可以初步掌握夏季午後對流的模擬(見圖 6)。

夏季午後對流的第三特徵是弱綜觀強迫(weak synoptic forcing), 弱綜觀強迫是臺灣島上發生午後對流相當重要的天氣型態, 鋒面系統約在華南或約和臺灣相距 2 至 300 公里(見圖 4), 當鋒前的不穩定擾動適時通過, 加上地表有足夠的受熱時, 常會發生午後對流。若是鋒面雲帶涵蓋全島之強綜觀強迫下, 地表加熱不足則不易發生午後對流。圖 5 是連續 6 天 2003/07/06~11 臺灣島午後對流降水的情形, 左欄是觀測, 右欄是 NFS 5 公里 36 小時預報, 中間欄是 NFS 5 公里 24 小時預報, 圖 5 指出 NFS 5 公里可以初步模擬掌握夏季午後對流降水的趨勢。圖 6 是 2003/8/11 臺灣島午後對流的個案, 左上圖 6a 是觀測, 而後圖 6b 至圖 6e 依序是 12, 24, 36 至 48 小時 NFS 5 公里之預報, 右下圖 6f 是 NFS 15 公里 12 小時之預報, 圖 6 除指出 NFS 5 公里可以初步掌握夏季午後對流的模擬外, 也說明 NFS 15 公里的解析度太粗, 無法對夏季午後對流作模擬。因此圖 6 強調雲物理參數法的效果要搭配足夠的網格解析度, 畢竟雲物理過程是極其小尺度的行為。

以上我們用春季鋒面與夏季午後對流的兩個案,來說明雲物理參數法對模擬結果的改進情形,另外下述說明 NFS 對颱風路徑與降水之模擬,之外我們也討論 NFS 對於多個電腦中心處理器的效能測試。

### 3. 颱風海燕(2001/10/14~17)

圖 7 是 NFS 對海燕颱風的路徑預報,粗線是颱風的實際路線,其上的節點以 12 小時作間隔,南邊起始點時刻為 2001/10/14/0000UTC,海燕颱風約在 2001/10/16/0000UTC 轉向北方,NFS 在 36 小時前 2001/10/14/12,就可以掌握且提供海燕颱風轉向北方的預報,彼時海燕颱風距台灣尚有千公里之遙,因此 NFS 此種預報品質是極佳的預報指引。圖 8~10 分別是 NFS 三個時段 2001/10/15/0000UTC ~ 15/1200UTC, 2001/10/15/1200UTC ~ 16/0000UTC, 2001/10/16/0000UTC ~ 16/1200UTC, 12 小時降水累積量 12 小時, 24 與 36 小時的預報圖。圖中顯示海燕颱風的降水累積位置約分佈在臺灣北部的雪山山脈,而 NFS 不論 12 小時或是 24, 36 小時預報都能掌握實際的降水型態,其中以預報時間較近的時段為佳。

### 三. NFS PC cluster 測試結果:

多個電腦中心處理器是今日超級電腦架構的趨勢,主要原因是單一中心處理器的運算速度不易有大幅度的進展,所以採取多個中心處理器的方式以增進運算效率。圖 11 與 12 是 NFS 在中央氣象局的 PC cluster(28 個 nodes, 56 個 pes)之測試結果,圖 11 顯示 NFS 隨中心處理器的增加運算時間明顯減少,圖中 Myrinet 資料的傳輸速度是 Gb 的兩倍快,因此 Myrinet 由 2pes 增加至 28pes,運算時間由 88.75 分鐘減少到 8.87 分鐘,Gb 因為資料傳輸速度較慢,中心處理器會有空轉等候資料到來,因此 28pes(27.42 分鐘)比上 16pes(24.68 分鐘),中心處理器增加運算時間反而沒有減少。圖 12 清

楚指出上述的效率性,就 28pes 理論值 14 而言 Myrinet 尚有 10,然而 Gb 僅有 3.22,如此結論說明除了中心處理器的運算速度外,資料傳輸速度對於 NFS 益形重要。

### 四. 結論與展望:

就實際觀測經驗指出,台灣本島每年都有固狀(雪或是冰雹)降水,冬季高山飄雪或是夏季平地降雹,由此證明台灣上空雲物理過程必然十分明顯且重要。因此 NFS 降水模擬的展望方面,雲物理參數法的改進是最主要的著眼點,加入雪及雨的模擬,進而 hail 的模擬或是其過程的診斷效應之加入,是我們的思考方向,預計 NFS 作業版本在民國 95 年會由 5 公里提高為 3 公里,屆時雲物理過程必然在 NFS 的降水模擬居樞紐地位,就實際需求而言,定量降水預報亦是 CWB 的目標,是每日提供民眾參考的重要生活資訊之一,因此 NFS 定量降水預報的研發是一重要且急迫性的工作。另外電腦計算時間的長短,也是複雜雲物理過程能否作業化的重要決定因素。

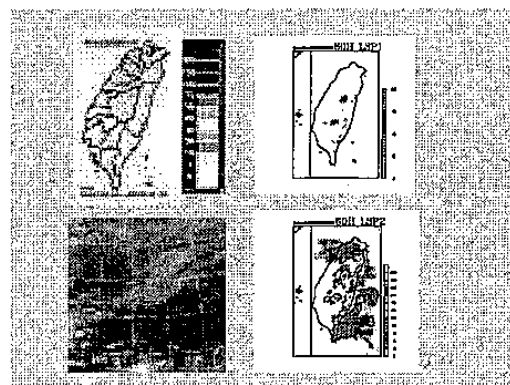


圖 1 是春天鋒面影響臺灣北部的降水個案,左上圖 1a 是觀測降水資料,左下圖 1b 是衛星雲圖,右上圖 1c 是使用一般模式之大尺度降水參數法,右下圖 1d 是使用雲冰與水的層狀降水參數法。



圖 2 是 2000/6/20 之午後對流個案的降水累積。

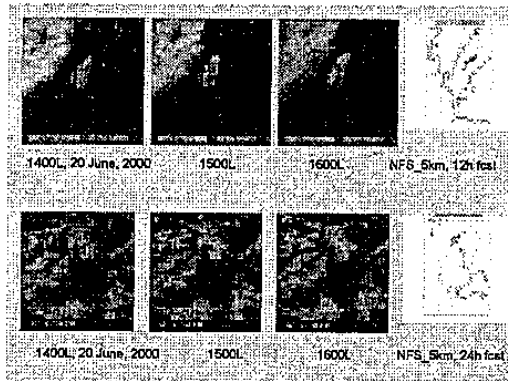


圖 3 中左上圖 3a 是可見光雲圖，左下圖 3b 是紅外線雲圖，右邊圖 3c 是 NFS 5 公里使用一般模式之大尺度降水參數法的預報。

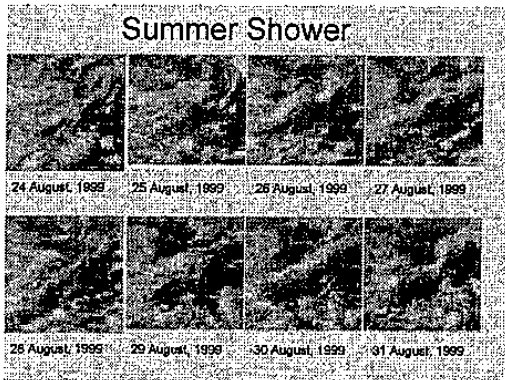


圖 4 是 1999/08/24~31 可見光雲圖。

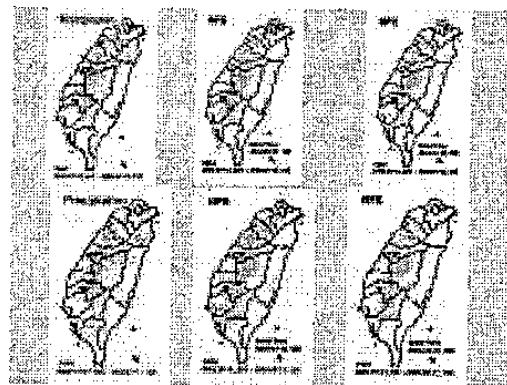
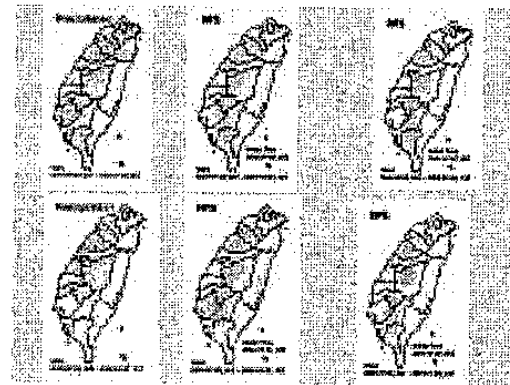
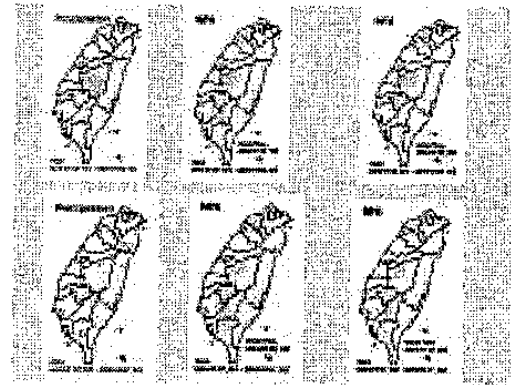


圖 5 是 2003/07/06~11 臺灣島午後對流降水的情形，左欄是觀測，右欄是 NFS 5 公里 36 小時預報，中間欄是 NFS 5 公里 24 小時預報。

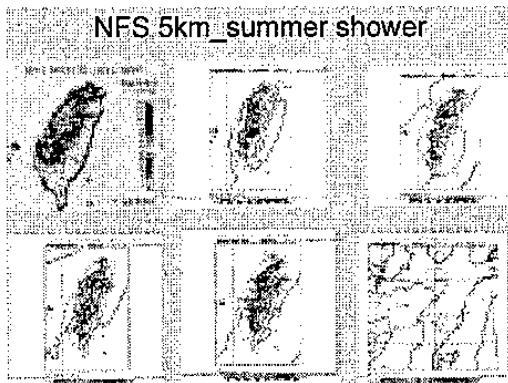


圖 6 是 2003/8/11 臺灣島午後對流的個案，左上圖 6a 是觀測，而後圖 6b 至圖 6e 依序是 12, 24, 36 至 48 小時 NFS 5 公里之預報，右下圖 6f 是 NFS 15 公里 12 小時之預報

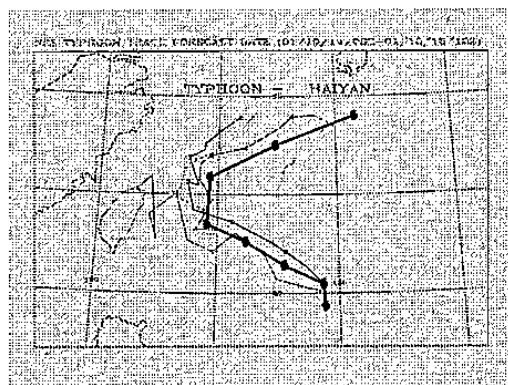


圖 7 是 NFS 對海燕颱風的路徑預報，粗線是颱風的實際路線，其上的節點以 12 小時作間隔，南邊起始點時刻為 2001/10/14/00。

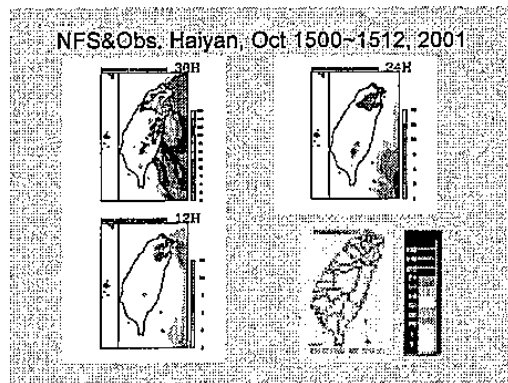


圖 8 是 NFS 2001/10/15/00~15/12 12 小時降水累積量的預報圖。

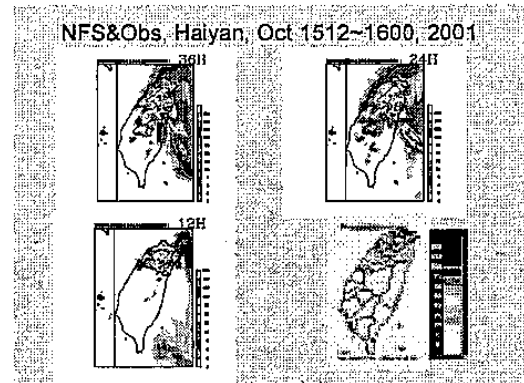


圖 9 是 NFS 2001/10/15/12~16/00 12 小時降水累積量的預報圖。

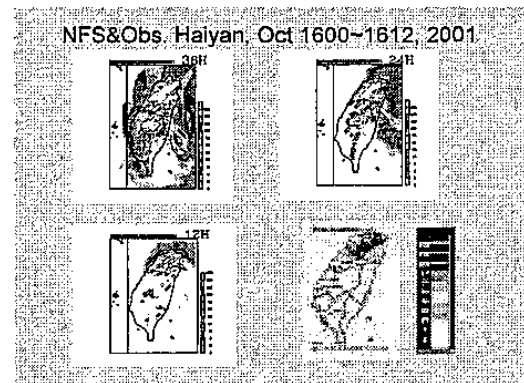


圖 10 是 NFS 2001/10/16/00~16/12, 12 小時降水累積量的預報圖。

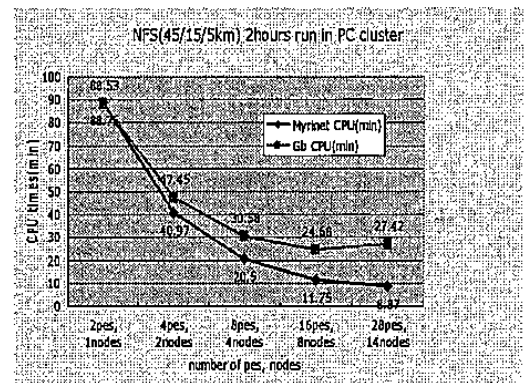


圖 11 是 NFS 在中央氣象局的 PC cluster(28 個 nodes, 56 個 pes)之測試結果，圖中紫色線是 Gb 藍色線是 Myrinet。

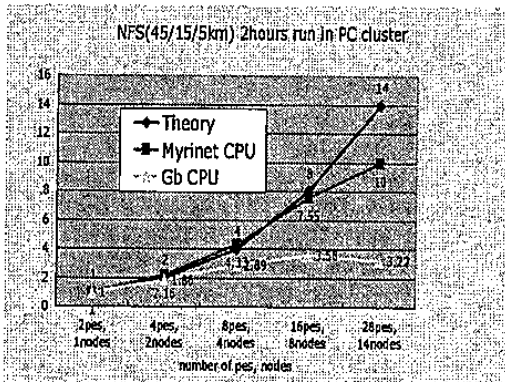


圖 12 是 NFS 在中央氣象局的 PC cluster(28 個 nodes, 56 個 pes)之測試結果, 圖中紫色線是 Myrinet, 藍色線是理論值, 黃色線是 Gb。