

1997 年梅雨季豪(大)雨觀測預報實驗結果分析

謝信良

中央氣象局

丘台光

柳再明

簡芳菁

衛星中心

資訊中心

科技中心

摘 要

1997 年梅雨季豪(大)雨觀測預報實驗，從 5 月 15 日起至 6 月 27 日止，計進行 16 天密集觀測期。為便於了解各豪(大)雨個案發生之原因及評估執行觀測預報實驗之成效起見，將整個發生豪(大)雨個案，劃分成七次密集觀測(IOP)實驗個案探討，其中 IOP1 及 IOP2 為移動鋒面所引發海峽線狀對流所引起，IOP3 為超越型(Overrunning Type)層狀降水特徵，IOP4、IOP5 及 IOP6 均為一典型梅雨滯流鋒配合中層短槽所引發 MCSs 所造成，因此持續時間較長災害比較嚴重，IOP7 為一弱綜觀強迫機制下，午後對流配合地形及局部環流所引發之強烈降水之個案。

研究結果顯示此次實驗所收集的個案分析發現，雖然有部份與典型梅雨鋒強迫所引發之豪(大)雨現象相似，但其中 IOP4 係由副熱帶海洋發展之積雲簇北上與鋒面的交互作用產生的豪雨個案，在過去這樣的類型較未被重視。另外也有少部份在無鋒面綜觀環境下，經由午後加熱，局部環流及地形的強迫作用所引發組織性對流個案，亦造成局部地區豪(大)雨現象，有些豪(大)雨之發生，若配合實驗加放探空對所引發豪(大)雨的天氣系統及穩定度，可更早了解豪(大)雨發生前的資訊及更明確的掌握大氣不穩定度及潮濕度之變化過程，對提前發布豪(大)雨特報將有很大的幫助。無論中央氣象局區域模式細網格預報結果或 MM5 中尺度模式降水預報結果均顯示，模式對大尺度(大範圍)降水的分佈，結果不錯，可作為參考，但對局部小尺度所引發的強烈降水，由於解析度的關係，均無法掌握其發生位置及降雨量大小。現階段中央氣象局豪(大)雨預報作業準確率，由於引進過去所研發的方法於日常作業上應用，預報準確率及預報技術有明顯的提升，尤其豪(大)雨定性方面，但在定量方面仍須再加以研發改進。

一、前 言

1997 年梅雨季豪(大)雨觀測預報實驗開幕典禮在 5 月 15 日上午九時，於中央氣象局作業大樓四樓預報中心舉行，由中央氣象局謝局長與豪雨研究整合計畫主持人台灣大學周仲島教授共同主持第一次每天例行的天氣簡報會議中，展開序幕。

本次實驗定名為 1997 年梅雨季豪(大)雨觀測預報實驗，其主要目標，為測試改進過去所研發之定量降水預報方法與技術，另一方面同時測試加放探空及地面密集觀測之資料對豪(大)雨預報能力之改進，以及了解動員密集觀測之能力及設備執行情況，以作為未來 1998 年國際大型觀測實驗之參考與研發豪(大)雨預報技術的重要參考依據。

本實驗依豪(大)雨發生之緊迫性及考慮加強觀測之前置時間再細分為預備期、待命期及密集觀測期等三階段。當進入待命期，可依需要加放探空(每隔 6 小時)，密集觀測期則進行加強觀測(可視情況每隔 3 小時加放探空，每小時地面加強觀測及加強衛星與雷達的監測)。實驗區域則以臺灣本島為中心(118-123E, 21-26N)，並配合氣象局現行之預報分區，將台灣本島分成六大區域，為了進一步配合對各主要縣市提報豪(大)雨量預報，再將六大區域細分成十五個小區域。預報實驗的方法除綜觀天氣類型法、豪(大)雨預報檢查表、氣候法、MCSs 預報流程表、以及衛星與雷達降水估計與預報技術外，尚加入中央氣象局區域模式細網格定量降水預報與 MM5 中尺度模式定量降水預報結果討論與評估。有關實驗測試的方法及詳細實驗的作業情況、個案回顧及結果分析，可參考謝信良(1996, 1997)的報告。

二、實驗結果及討論

1997 年梅雨季豪(大)雨觀測預報實驗，從 5 月 15 日起至 6 月 27 日止，總共進行十六天密集觀測，在密集作業期間，特別強調中尺度數值模式、衛星及雷達定量降水預報結果的檢討與評估工作。為便於了解各豪(大)雨個案發生之原因並評估執行觀測預報實驗之成效起見，將整個發生豪(大)雨個案，劃分成七次密集觀測(IOP)實驗個案探討，表 1 為七次 IOP 發生的時間、降水系統特徵、最大降雨地方以及所伴隨之天氣系統與有無災害情形之統計分析。由表中可看出 IOP1 及 IOP2 為移動鋒面所引發海峽線狀對流所引起，IOP3 為超越型(Overrunning Type)層狀降水特徵，IOP4、IOP5 及 IOP6 均為一典型梅雨滯留鋒配合中層短槽所引發 MCSs 所造成，因持續時間較長災害比較嚴重，IOP7 為一弱綜觀強迫機制下，午後對流配合地形及局部環流所引發之強烈降水之個案。以下就針對不同方面測試

結果作一評估。

(一) 12-24 小時定量降水預報方面之評估

從 5 月 1 日至 6 月 27 日期間導致台灣地區豪雨及大雨個案有利綜觀環境條件統計分析，十三個發生豪雨個案中除 6 月 23 日及 24 日二個因非鋒面影響，有利條件所占比例較少外，大致可分成兩類特性，一類是由鋒面所伴隨強強迫所引發之豪雨個案，就豪雨發生前及當時綜觀有利條件所占比例較高(如個案 5 月 17 日、19 日及 6 月 2 日、4 日、5 日、10 日至 15 日)，平均符合豪雨綜觀有利項目為 13/20 項，此類型主要造成平地豪雨，另一類與鋒面無關而為弱綜觀強迫所引發則綜觀有利條件不多(平均 7/20)，但易造成山區豪雨(如個案 6 月 23 日及 24 日)，大雨的分析結果亦類似如此，亦可大致分成兩類，其中一類是由鋒面所造成大雨的有利條件平均占 10/20 項，但非鋒面造成大雨的有利綜觀條件則較小，平均占 4/20 左右。(另外一類為鋒面已南移至巴士海峽，但 850hPa 之風切線仍平行於鋒面並橫跨華南至本省北部，造成穩定層狀降水，如 5 月 22 日及 23 日個案)。若將發生豪雨個案一起來分析那些最重要有利綜觀條件出現鋒面易發生豪雨，分析結果 80% 發生豪雨之有利條件即鋒面在台灣上空或附近，850hPa 風切線存在，露點溫度大於 15°C， θ_e 主軸指向台灣或 700hPa 溫度與露點差小於 3°C，高層 300/200hPa 出現分流以及不穩定度存在($TT > 40$, $K > 35$)等必要條件。又分析非由鋒面所造成而是由西南氣流與午後加熱對流之弱強迫條件所引起，平均有利綜觀條件僅占 4/20 左右，此四項為台灣處在鋒前或鋒後，潮濕分布 850hPa 之 $Td > 15^\circ\text{C}$ ，及不穩定度(總指數 > 40 或指數 > 35)存在，一般在北邊鋒面靠近台灣附近，而太平洋高壓減弱西南氣流盛行，山區發生大雨的機會就易發生。又由沒有豪(大)雨個案統計，符合豪(大)雨條件項目少於或等於 3/20 項，判定不發生豪(大)雨成功

的機會約 89%左右。

(二) 6-12 小時定量降水預報方面之評估

有關 6-12 小時定量降水方面，分成 0-12 小時 MCS 影響區域預報及 0-6 小時定量降水預報。衛星六小時降水估計預報結果，平均誤差 45%左右，由於此方法牽涉對中尺度對流系統發展與演化過程，又 MCS 本身移動快慢亦影響到累積降水量及校驗的區域，故對於移動及變化較快的 MCS 不易估計準確及校驗，而對於移動較慢及變化較緩的，則預報的結果較接近實際值。利用衛星估計 MCS 影響地區與實際發生豪(大)雨之日數統計分析，此方法預報準確率大於 60%，其中南部地區更高達 80%左右。由於所估計 MCS 所影響的區域中有些雨量並沒有達到大雨標準，此類情況亦會影響到校驗預報準確率偏低的因素。若祇要發生下雨情形就算正確，那麼此方法估計 MCS 影響地區所伴隨降水的準確率會更高。

(三) 0-3 小時定量降水預報方面之評估

0-3 小時定量降水預報校驗分成衛星及雷達，利用衛星資料估計 0-3 小時降水量誤差小於 30%占 34%左右，誤差小於 50%占 54%左右，若分成大雨(大於 40mm/3 小時)與小雨分別校驗，則實際發生大雨所發生的誤差平均約占±40%左右，其中低估比高估多一倍次數左右。該方法對於 MCS 正在發展移動緩慢所估計誤差較小，而當系統減弱或雨量較小時則誤差較大，另外地形之作用亦使得降水量改變，故未來除對 MCS 在台灣地區發展、移動及生命期有必要深入的了解外，對地形的影響亦應加以考慮，方能使準確率更提高。而利用雷達估計 3 小時降水預報其結果較差，主要因素如系統移速估計的誤差，回波變化之預測(如新生胞、回波合併或消散)以及預報時效問題。又在雨量估計方面，Z-R 關係在不同降雨型態的適用性及在作雨量估計時所採

用的回波型態的合適度(採用何種高度或仰角之回波型態)，亦需再進一步分析比較及改進，尤其對降水回波之演化特徵必須先有所了解。

(四) 中央氣象局 (CWB) 區域模式細網格定量降水預報結果評估

就今年 5、6 月梅雨季節，CWB/ LFS 細網格之降水場預報方面，初步結果顯示對初始場有解析掌握住的天氣系統，往後不論此系統是持續在陸地發展，或是移往海洋，細網格對此天氣系統均有合理的預報，也就是說，大致可以掌握百公里尺度以上的天氣系統，但衍生系統的尺度若小於百公里，囿於網格距 20 公里的限制，模式無法掌握。如 IOP1 中梧棲降豪雨，其原因是在臺灣海峽生出的對流胞，發展後東移直接影響造成的，此對流胞降水尺度極小，實際觀測顯示，在梧棲東方十多公里的臺中市降水量並不多。

IOP4 期間的後段 6 月 4、5 日，是菲律賓呂宋島西北方的熱帶雲簇北上，直接影響臺灣南部造成高雄屏東持續性大雨，LFS 對梅雨鋒的降水預報佳，但對菲律賓呂宋島西北方的熱帶雲簇，初始場沒有觀測資料來解析，因此降水預報場沒有指出呂宋島西北方的熱帶雲簇，所以其導致南臺灣降大雨的預報，LFS 掌握的並不正確，其他如 LFS 可以模擬出 IOP5 與 IOP6 臺灣豪雨的發生，IOP3 的鋒後波狀雨帶超越型(Overrunning Type)的降水等，詳細可參考柳再明在研討會所發表“1997 年梅雨季 CWB 區域模式細網格之降水預報”。

(五) MM5 中尺度模式定量降水預報結果評估

從 1997 年五月底開始，MM5 模式便開始進入測試階段，每天 RUN 一次，作 36 小時的預報，初

始時間選為每日 12Z，模式的網格包括一個粗網格(45km)和一個細網格(15km)。因為仍屬測試期間，

穩定度不高，經常無法即時提供預報結果，僅測式 IOP4、IOP5 及 IOP6 結果，大致與 cwb 區域模式細網格情形類似，唯從九月開始，MM5 系統中已納入了客觀分析，利用其中一個豪雨個案(IOP4)，重新運算的結果比較，鋒面的位置與降雨量大小也與觀測更為接近，詳細可參考簡芳菁在研討會所發表“MM5 模式之降水預報與其作業性評估”。

(六) 現階段豪(大)雨預報作業技術評估

過去前十年(1977~1986)氣象局對豪雨/大雨預報準確率之評估報告指出除東部外前估(prefigurance)大約 55-75%左右，後符(post agreement)為 30-35%左右，而 TS (Threat Score)得分為 0.27~0.30 之間。由於近十年來 TAMEX 實驗及後續研究成果所發展的方法，是否對作業上豪(大)雨預報能力之提升有幫助為此次實驗的主要目的，就豪(大)雨綜觀天氣類型及豪(大)雨檢查表應用在 1997 年梅雨季預報作業上測試，其校驗結果如表 2 所示，表中前估為全部發生次數中被預報到的次數(C)與發生次數(O)之百分比，即 C/O(%)。後符為預報應驗次數(C)與預報次數(F)之百分比，即 C/F(%)。TS 得分原為美國國家氣象中心(NMC)用來校驗定量降水預報(QPF)之方法，定義為某降水強度或降水量之正確預報面積(C)與預報面積(F)加觀測到的面積(O)減正確預報面積(C)之百分比，即 $C/(F + O - C)$ (%)，即量度在某區域內正確預報降水的相對頻率。表內 Threat score(TS)得分即依此原始定義，將面積改以次數而已，亦即為豪雨預報準確度之百分比量度。表中又分成全部所發生的豪(大)雨個案數(如表左邊數字)及不包含午後局部豪(大)雨個案數(如表右邊數字)分別統計，顯見，除山區預報，後符均較前估為低。各區預報除東部及東南部較低外，其他地區有 36~55%與 44~61%應驗(後符)，而

豪雨/大雨之發生有 67~100%與 88~100%事先可預報到，TS 得分在 0.33~0.50 與 0.44~0.60 之間。完全正確的預報，TS 得分為 1，前估與後符均為 100%。就前估、後符及 TS 得分過去十年與本年現階段預報作業比較，顯見現階段豪(大)雨預報能力在引進所研發的綜觀天氣類型及豪(大)雨預報檢查表之後，結果比過去前十年有明顯提升，若針對鋒面伴隨所引發之豪(大)雨預報(不包含午後局部豪(大)雨個案)，其預報技術提升更高。而東部地區如過去技術較其他地區特別低估，可能因東來系統海上缺乏資料或熱帶系統可預報度較低或對該區豪雨之了解較少或預報員缺乏信心較少發佈預報等因素而來。由以上分析可見，現階段對豪雨/大雨發生與否之預報能力比過去十年已有進步。

四、總結與建議

1997 年台灣地區梅雨季豪(大)雨觀測預報實驗的測試結果，可得下列幾點結論與建議：

1. 此次實驗所收集的個案分析發現，雖然有部份與典型梅雨鋒強迫所引發之豪(大)雨現象相似，但其中 IOP4 係由副熱帶海洋發展之積雲簇北上與鋒面的交互作用產生的豪雨個案，在過去這樣的類型較未被重視。另外也有少部份在無鋒面綜觀環境下，經由午後加熱，局部環流及地形的強迫作用所引發組織性對流個案，亦造成局部地區豪(大)雨現象，這些個案都有待我們進一步加以深入研究了解。

2. 實驗所整合的台灣地區定量降水預報方法及流程與加放探空及加強觀測之動員人力能力及設備執行情況，經過本次實地測試大致可行，尤其 12-24 小時豪(大)雨發生的預報已有長足進步，所建立的作業模式及方法，將為未來中八十七年南海季風實及梅雨期豪雨實驗奠定良好的基礎。未來 3-6 小時衛星(平均 40-45%誤差)及雷達(誤差更大)定量降水預報方面，仍須進一步再加以研究改進。

3. 本次觀測預報實驗，在密集作業階段除本局板橋及台南永康加放探空外，另請空軍馬公、東港以及綠島探空站亦配合實驗加放探空，對所引發豪(大)雨的天氣系統及穩定度，可更早了解豪(大)雨發生前的資訊及更明確的掌握大氣不穩定度及潮濕度之變化過程，並提前發布豪(大)雨特報，對豪(大)雨預報作業將有很大的幫助。

4. 鋒面易發生豪雨，分析結果 80 % 發生豪雨之有利條件為鋒面在台灣上空或附近，850hPa 風切線存在，露點溫度大於 15 °C， θ_e 主軸指向台灣或 700hPa 溫度與露點差小於 3 °C，高層 300/200hPa 出現分流以及不穩定度存在($TT > 40$ ， $K > 35$)等必要條件。非由鋒面所造成豪雨，而是由西南氣流與午後加熱對流之弱強迫條件所引起，僅需台灣處在鋒前或鋒後，潮濕分布 850hPa 之 $T_d > 15$ °C，及不穩定度(總指數 > 40 或指數 > 35)存在等必要條件，一般在北邊鋒面靠近台灣附近時，太平洋高壓減弱，西南氣流盛行，山區局部地區豪(大)雨的機會就易發生。

5. 由豪(大)雨預報檢查表統計分析發現，由鋒面伴隨引發之豪雨個案，平均有利條件佔 13/20 項(去年佔 14/20 項)，而大雨佔 10/20 項(去年佔 12/20 項)，另少部分在無鋒面弱綜觀環境下與去年類似，有利

條件平均僅佔 4/20 項，又由沒有豪(大)雨個案統計，符合豪(大)雨條件項目少於或等於 3/20 項，判定不發生豪(大)雨成功的機會約 89%左右(去年為 70-80%)。

6. 梅雨季豪(大)雨綜觀天氣類型及綜觀因子檢查表測試結果，與去年(85)所作的預報實驗結果類似，對於如鋒面之強強迫所引發之豪(大)雨，效果很好大致均能掌握，但對於如午後加熱對流及地形抬升之弱強迫機制所引發之山區豪(大)雨，則較不適用，未來需再進一步研發此方面預報指引。

7. 現階段中央氣象局豪(大)雨預報作業準確率，由於引進過去所研發的方法於日常作業上應用，預報準確率及預報技術有明顯的提升，尤其豪(大)雨定性方面，但在定量方面仍須再加以研發改進。

參考文獻

- 謝信良，1996：嘉南地區定量降水預報整合型計畫-總計畫(二)，國科會防災研究計畫報告，161 頁。
- 謝信良，1997：嘉南地區定量降水預報整合型計畫-總計畫(三)，國科會防災研究計畫報告，196 頁。

表 1：八十六年梅雨季豪(大)雨觀測預報實驗個案特徵分析

IOP	時間	天氣系統	降水系統特徵	最大降水地方	災情
1	5月17日	移動鋒面	海峽線狀對流	梧棲	無
2	5月19日	移動鋒面	海峽線狀對流	中部山區	無
3	5月22-23日	華南雲雨帶	鋒後波狀雨帶超越型降水	中部山區	無
4	6月2-5日	滯留鋒面配合短波槽移入及旺盛西南氣流	西南氣流湧動所引發降水;熱帶雲簇外流所引發 MCSs	新竹	桃、竹、苗地區、南投、高屏地區
				苗栗	
				屏東	
				高雄	
5	6月10-11日	滯留鋒面	MCSs	中部山區	桃、竹、苗地區
6	6月14-15日	滯留鋒面配合中層深槽	MCSs	苗栗	區嘉義、台中
7	6月21-24日	低對流層短波槽配合局部環流所引發午後組織性對流	午後雷陣雨	苗栗	花蓮
			午後雷陣雨	花蓮	
			午後雷陣雨	南投	
			午後雷陣雨	新竹	

表 2：1997 年中央氣象局發布台灣地區豪雨/大雨預報次數、豪雨/大雨出現(或觀測)次數、預報正確(或應驗)次數、前估、後符與 TS 得分統計。表中左邊為全部個案數，右邊為扣除非鋒面午後對流個案數。

區域	次數 (F)	觀測 (O)	應驗 (C)	前估 (C/O)%	後符 (C/F)%	TS 得分 (0~1) (C/F + O - C)
北部	22/18	14/11	12/11	85.7/100	54.5/61.1	0.50/0.61
中部	22/18	8/8	8/8	100/100	36.4/44.4	0.36/0.44
南部	19/15	9/8	7/7	77.8/87.5	36.8/46.7	0.33/0.44
東北部	21/17	10/8	8/8	80.0/100	38.1/47.1	0.35/0.47
東部	16/12	3/2	2/2	66.7/100	12.5/16.7	0.12/0.17
東南部	16/12	5/5	4/4	80.0/80.0	25.0/33.3	0.24/0.31
山區	21/17	26/19	16/14	61.5/73.7	76.2/82.3	0.52/0.64