

# 宜蘭地區秋冬季豪大雨特性之研究

葉嘉靜 林沛練

中央大學大氣物理研究所

## 一、摘要

台灣冬季盛行東北風，夏季盛行西南風，且地勢陡峭，因此在地形效應和盛行風場的交互作用下，往往在地形的迎風面產生降水。宜蘭地區就位於東北季風的迎風區，因此在秋冬季總是特別多雨。然而在無劇烈天氣系統（例如颱風）的影響下，宜蘭地區仍然有超過 100 (mm/day) 的豪大雨發生。嚴重影響當地民生經濟及交通的發展。

本研究利用中尺度數值模式 (MM5)，挑選出 1996 年 10 月 9-10 日、1998 年 12 月 10-13 日及 1996 年 11 月 25 日三個分別代表台灣位在鋒前 (BF)、鋒後 (AF) 及無鋒面 (NF) 的降雨個案進行模擬，以探討在不同天氣類型的降雨個案，宜蘭地區流場的分布特性與降雨發生的關係，以及地表通量和潛熱釋放對降雨的影響。結果顯示，當東北風流經宜蘭西面的地形迎風坡時發生分流，西支和東支分流分別在宜蘭地區西方及東南方斜坡上與東北向的盛行風場會合造成輻合抬升而導致降雨，可知蘭陽平原特殊的三角狀地形，是造成宜蘭地區東南方豪大雨發生主因之一。在討論潛熱釋放與地表通量對降雨影響的模擬實驗中發現，在 BF 天氣型態下，潛熱釋放對降雨的影響較大；而在 AF 天氣型態下，地表通量對降雨的影響較大。

關鍵詞：地形、東北風、局部環流、MM5

## 二、前言

台灣地區冬季盛行東北風，夏季盛行西南風，加上其地勢陡峭，因此在地形和盛行風場的交互作用下，往往在地形的迎風面發生降水。從台灣地區 30 年來的月平均降雨氣候統計資料即可發現這樣的特徵。而宜蘭地區就在東北季風的迎風區，因此秋冬季總是多雨的，然而最讓人感到興趣的是，在無強烈天氣系統（如：颱風）的影響下，宜蘭地區仍然有超過 100 (mm/day) 的豪雨發生，對當地的民生經濟影響甚大。

過去對宜蘭地區豪大雨的個案研究

有：潘等 (1984) 分析 1983 年 10 月 12 日在裘依 (JOE) 颱風影響下宜蘭地區發生豪雨的個案顯示，綜觀環境的不穩定度及水汽分布均有利於降水的發生，而暖平流及正渦度平流隨高度的增加以及地形更是造成垂直上升運並導致雨量集中之有利條件。張等 (1995) 分析 1985~1994 年十年來宜蘭發生豪雨的個案，歸納出造成宜蘭地區豪雨的可能原因為：1. 暖平流輸入；2. 地形效應；3. 東北風和東南風在此區域合流；及 4. 中尺度對流系統的影響。陳 (2000) 模擬 1998 年 12 月 10-14 日鋒面在巴士海峽的豪雨個案，發現綜觀天氣條件、宜蘭地區特殊的口袋狀地形所產生的局部環流以及地表的可感熱通量，是影響宜蘭地區降雨的重要因素。

然而，導致宜蘭降雨的天氣類型不一，是不是每個類型都滿足上述的降雨條件，是值得去探討的。因此本研究選取 1996 年 10 月 9 日、1998 年 12 月 10-13 日以及 1996 年 11 月 25 日三個分別代表台灣位在鋒前 (BF)、鋒後 (AF) 及無鋒面 (NF) 的降雨個案進行模擬。探討不同綜觀天氣型態下，其影響宜蘭地區降雨的因素有何異同。

## 三、資料來源與模式介紹

### 1. 資料來源：

本研究所選取的時間長度為 1996~2000 年的秋冬兩季（即 9 月~次年 2 月，共計 6 個月）。所使用的資料包括中央氣象局的標準氣象測站、自動氣象站、自動雨量站、日本氣象廳天氣圖、歐洲區域預報中心 (ECMWF/TOGA) 的氣象資料、GMS 紅外線衛星雲圖、彭佳嶼測站資料以及宮古島探空站的資料。

### 2. 模式介紹：

本研究在控制組 (CTR) 的設定如下：垂直層數取 15 層，水平網格數分為 66×66

(D01)、76x76 (D02) 及 112x100 (D03)，其網格間距分別為 45 公里、15 公里及 5 公里，地形解析度分別為 10min、5min 及 1min，採非靜力模擬。在水氣參數上，3 層網格均使用簡單冰相模式；在積雲參數上，第 1 及第 2 層採 Grell 積雲參數化法，而第 3 層採模式直接計算；在行星邊界層參數上，3 層均使用 Blackadar 的行星邊界層參數化法；另外，在輻射參數化上，第 1、2 層採 Simple Cooling 參數化法，而第 3 層則加入 cloud 的影響。

此外，為了解熱力效應（地表通量和潛熱釋放）對三種天氣類型的降雨影響，本研究特別進行 NSF 和 NLH 兩組敏感度模擬實驗（如表一）。

#### 四、模擬結果之分析

##### 1. 台灣位在鋒前個案 (BF, 1996/10/9~10)

###### (1) 綜觀天氣型態

此個案之綜觀天氣情勢為，山東半島一高壓 1022 hpa 將出海，菲律賓東方海面一熱帶低壓（中心強度 1006 hpa）存在，此時鋒面在在在台灣北部海面（圖一），風場為東北風。

###### (2) 降雨特徵之分析

檢視模式模擬的日累積降雨量及降雨分布與實際雨量站觀測到的結果（圖二）發現，觀測資料的最大降雨發生在宜蘭地區東南方的地形迎風面上，最大降雨量為 229.0 公厘，而模式模擬的結果亦顯示在宜蘭地區東南方地形的迎風區有最大的降雨發生，但其最大降雨量高達 286.9 公厘。

###### (3) 流場及降雨系統的空間結構

從 9 日當天近地層逐時之水平流場變化（圖三）發現，東北來的氣流進入宜蘭地區後，先受到西面地形的阻擋產生分流，一支向西，並在宜蘭的西方山區和東北風會合產生輻合而降雨，而另一支則往東走並沿著

三角狀地形繞流，最後在宜蘭南方山區和東北風會合造成輻合，進而引發降雨。然隨著日照輻射的增加，氣流的運動情形並無太大之變化。

順著東北風的方向（東北-西南走向）取 A-A'（圖四）的剖面檢視垂直風場與對流系統的狀況，發現在地形迎風坡上有微弱的上升運動，對流系統在此發展，幾個小時後降雨系統更為旺盛，降雨區擴展到較低的地形迎風坡甚至是海上。

###### (4) 熱力效應之影響

由 NLH 模擬 9 日日累積降雨的分布圖（圖五）發現，降水集中在東北部和宜蘭境內，與 CTR 相較下降雨量顯的很小，最大降雨量為 66.95mm，減少幅度為 76.7%。檢視垂直風場與對流系統的狀況（圖六）發現，降雨發生的時間集中在凌晨以及白天，其風場的上升運動與對流系統的發展均較 CTR 來的弱，可見雖然低層提供有利降雨發生的上升運動，但由於無潛熱釋放來增強上升速度的結果，導致對流系統無法往上發展。

由 NSF 模擬 9 日日累積降雨的分布圖（圖七）發現，其降水量比 CTR 少，且降雨範圍更小更集中在東北部山區。最大降雨量為 85.69mm，減少幅度為 68.2%。分析垂直風場與對流系統的狀況（圖八）發現，白天對流系統的發展以及上升運動明顯較 CTR 弱，顯示地表通量對降雨系統亦有一定程度的影響。

##### 2. 台灣位在鋒後個案 (AF, 1998/12/10~13)

###### (1) 綜觀天氣型態

此個案之天氣型態為，大陸上（約 45°N, 110°E 處）有一冷高壓存在，其中心強度約為 1042hPa，而在律賓南方則有一颱風存在（中心強度約 970hpa），此時鋒面位在台灣南端的海面上（圖九）。台灣地區當時的天氣主要受大陸上的高壓系統和菲律賓

附近的颱風所影響，地面風場為東北風。

### (2) 降雨特徵之分析

比較模式模擬與實際觀測的日累積降雨量及降雨分布(圖十)發現，1998年12月10日的日累積雨量觀測資料顯示，最大的降雨發生在宜蘭地區東南方的地形迎風面上，最大降雨值為141.5公厘，而模式模擬的結果也顯示降雨區域僅在台灣東北角及宜蘭地區，且宜蘭地區東南方地形的迎風面上有最大的降雨發生，但其最大降雨量高達278.1公厘。

### (3) 風場及降雨系統的空間結構

從10日當天逐時之地面水平流場變化(圖十一)發現，當東北風流經宜蘭地區時，受到西面地形阻擋的影響產生分流，然這兩支分流與東北風會合的位置和BF天氣類型相較下，發現輻合的位置在流場的更下游處。隨著日照輻射的增加，氣流由繞山運動的情況轉為過山運動，直到日照輻射減少時，才又以繞流運動為主。

由A-A'的垂直剖面(圖十二)，發現在地形迎風坡上氣流呈向上運動的情形，同時在此處亦有對流發展。隨著日照輻射的增加，對流系統有逐漸增強的情勢。

### (4) 熱力效應之影響

由NLH模擬10日日累積降雨的分布圖(圖十三)發現，降水集中在東北部和宜蘭境內，然與CTR相較發現降雨量減少，最大降雨量為129.5mm，其減少幅度為46.5%。分析垂直風場與對流系統的狀況(圖十四)發現，迎風坡低層的風場有上升運動的情形，且低層的對流系統發展旺盛，但其發展的高度並不高，此乃因無潛熱釋放增強上升速度而導致降雨系統無法往上發展。

從NSF模擬10日日累積降雨分布圖(圖十五)發現，幾乎無降水，最大降雨量為10.31mm，減少幅度為95.7%。分析垂直風場與降雨系統的情勢(圖十六)發現，迎

風坡上的上升速度與對流系統的發展較CTR小很多，且在16LST過後不再有對流系統發展，顯示地表通量對此個案之降雨系統影響很大。

## 3. 無鋒面存在個案 (NF, 1996/11/25)

### (1) 綜觀天氣型態

此個案的綜觀天氣情勢為，朝鮮半島有一高壓1028 hpa出海，在菲律賓西方海面有熱帶低壓(中心強度1006 hpa)，台灣附近並無鋒面存在。此時台灣地區主要受此高壓出海影響(圖十七)，地面吹東北風。

### (2) 降雨特徵之分析

比較模式模擬與實際觀測的日累積降雨量及降雨分布(圖十八)發現，在1996年11月25日的日累積雨量觀測資料顯示，最大的降雨發生在宜蘭地區東南方的地形迎風面上，最大降雨值為198公厘，而模式模擬的結果也顯示降雨區域僅在台灣東北角及宜蘭地區，且宜蘭地區東南方地形的迎風面上有最大的降雨發生，但其最大降雨量高達268.8公厘，為高估的情況。

### (3) 風場及降雨系統的空間結構

從11月25日當天近地層水平流場變化(圖十九)來看，此時風場為東北風，當氣流流經宜蘭時，受到西面地形的阻擋產生繞流，並且在東南方地形迎風面上與東北風會合，產生輻合而導致降雨。且隨著日照輻射的增加，氣流亦逐漸由繞流轉為過山運動，然在午後3點左右即又轉為繞流運動。

由A-A'的垂直剖面(圖二十)發現，24日16Z時在地形迎風坡上的風場為上升運動的情形，且有對流系統發展。隨著時間的變化，迎風坡上的對流系統逐漸向海上移動。

### (4) 熱力效應之影響

由NLH模擬25日日累積降雨的分布圖(圖二十一)發現，降水集中在東北部和宜蘭境內，與CTR相較下降雨量較小，最大

降雨量為 76.19mm，減少幅度為 70.5%。分析垂直風場與對流系統發展的情形(圖二十二)發現，迎風坡低層氣流呈上升運動的狀況，且對流系統發展的很好，但其發展高度較 CTR 的低，此乃因無潛熱釋放增強上升速度而導致降雨系統無法往上發展。

從 NSF 模擬 25 日日累積降雨分布圖(圖二十三)發現，宜蘭地區幾乎無降水，最大降雨量為 24.67mm，減少幅度為 90.8%。分析垂直風場與降雨系統發展的情況(圖二十四)發現，迎風坡上的上升速度較 CTR 小，且白天對流系統之發展不如 CTR 的，顯示地表通量對此個案之降雨系統亦影響很大。

## 五、結論與展望

宜蘭地區位在東北季風的迎風區，因此在秋冬季往往特別多雨，但進一步分析發現即使在無劇烈天氣系統(如颱風)的影響下，仍然有超過 100mm/day 的豪大雨發生，檢視其原因後發現，除了大尺度的天氣型態在熱力及動力上提供有利降雨的條件外，宜蘭地區特殊的口袋狀地形亦是影響宜蘭地區降雨分布的主因之一。當東北來的風場流經宜蘭西面的地形迎風坡時，受到地形的阻擋產生分流，一支向西，並在宜蘭的西方山區和東北風會合產生輻合而降雨，而另一支則往東走並沿著三角狀地形繞流，最後在宜蘭南方山區和東北風會合輻合而引發降雨。是故宜蘭地區最大降雨總是發生在其南西方。

在忽略潛熱釋放之計算的模擬中，發現三個個案的日累積降雨量都明顯的減少，且對流發展的高度較 CTR 低，而近地層的上升運動情況則較無明顯之差異。在降水值的表現上發現，BF 個案的降水值減少的程度最大，NF 個案次之，而 AF 個案則最小，這顯示在 BF 天氣型態下，水氣凝結降雨的

潛熱釋放對宜蘭的豪大雨影響很大。

而在不考慮地表通量的情況下，發現三個個案的降水值亦減少，其減少的幅度以 AF 個案的最大，NF 個案的次之，而 BF 個案的則最小，在 AF 天氣類型下，地表通量對降雨的影響扮演著舉足輕重的角色地位。

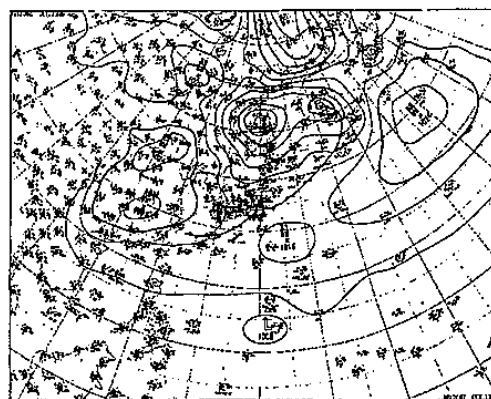
從本研究所挑選的三個降雨個案之綜觀天氣圖中發現，當時在低緯度地區均有熱帶低壓存在，由衛星雲圖發現此低壓與中緯度高壓似乎形成共伴環流，此共伴環流存在與否對宜蘭降雨影響為何，以及熱帶低壓在宜蘭地區發生豪大雨事件中扮演著什麼樣的角色，將有待進一步去釐清。

## 參考文獻

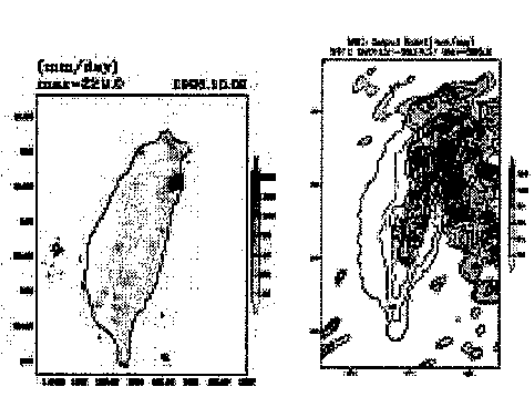
- 潘大綱、張凱軍、徐天佑，1984：72 年 10 月 12 日宜蘭地區豪雨個案之分析與探討。《氣象預報與分析》，第 98 期，36-45。
- 張耀升、陳台琦、陳景森，1995：宜蘭地區連續降水初步探討。《氣象預報與分析》，第 144 期，11-20。
- 陳盈暉，2000：宜蘭地區秋冬季降雨特性之研究。國立中央大學大氣物理研究所碩士論文。

表一、MM5 模擬實驗設計

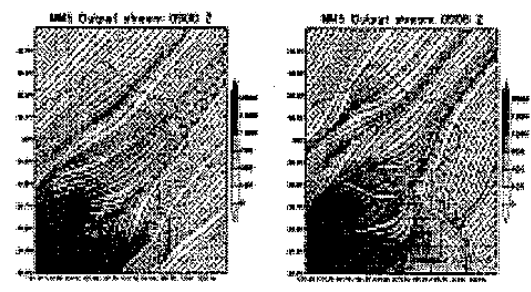
實驗名稱	潛熱釋放	地表通量
CTR	有	有
NSF	有	無
NF	無	有



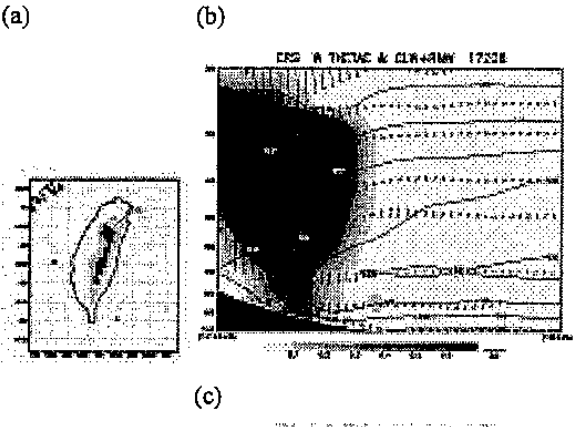
圖一、1996 年 10 月 8 日 12Z 地面天氣圖。



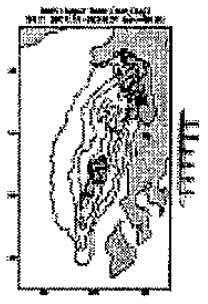
圖二、1996年10月9日模擬(左)和觀測(右)日累積降雨比較。



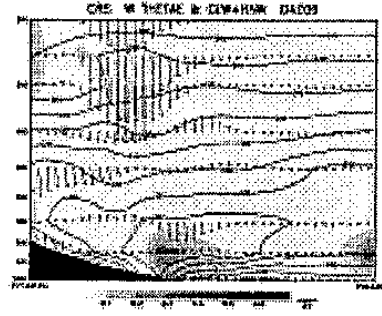
圖三、模式模擬之逐時地面流場變化，陰影區為台灣地形分布。(左)9日00Z；(右)9日08Z。



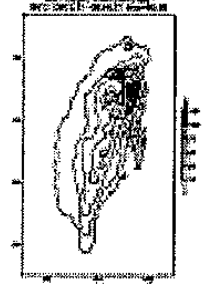
圖四、風場、相當位溫及雨水混合比垂直剖面圖。(a)剖面位置，即AA'線段；(b)8日17Z；(c)9日04Z。



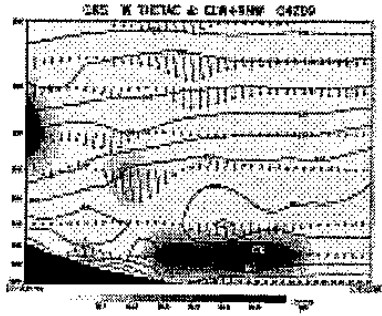
圖五、NLH 模擬9日之日累積降雨。



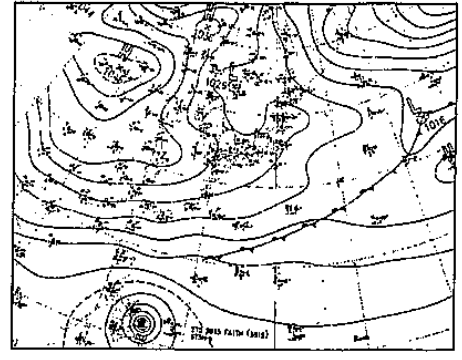
圖六、9日04z 風場、相當位溫及雨水混合比垂直剖面圖。



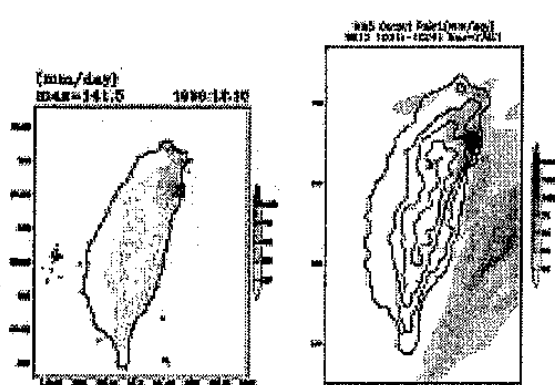
圖七、NSF 模擬9日之日累積降雨。



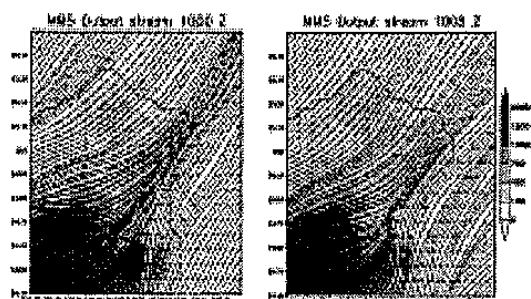
圖八、9日04z 風場、相當位溫及雨水混合比垂直剖面圖。



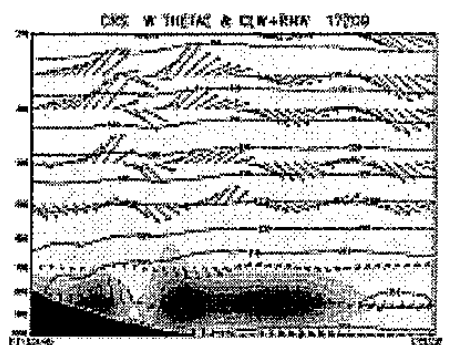
圖九、1998年12月10日12Z地面天氣圖。



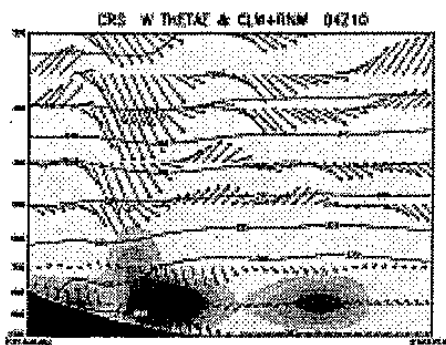
圖十、1998年12月10日模擬(左)和觀測(右)日累積降雨比較。



圖十一、模式模擬之逐時地面流場變化，陰影區為台灣地形分布。(左)10日00Z;(右)10日08Z。



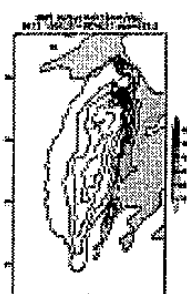
(a)



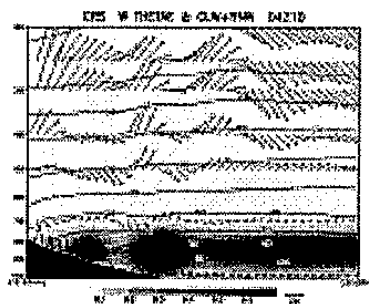
(b)

圖十二、風場、相當位溫及雨水混合比垂直剖面圖。

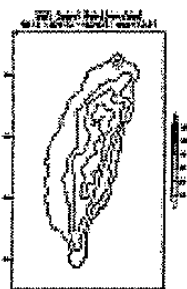
(a) 9日17Z;(b) 10日04Z。



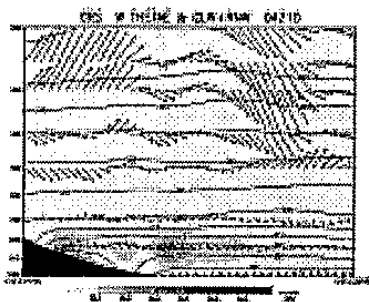
圖十三、NLH 模擬 10 日之日累積降雨。



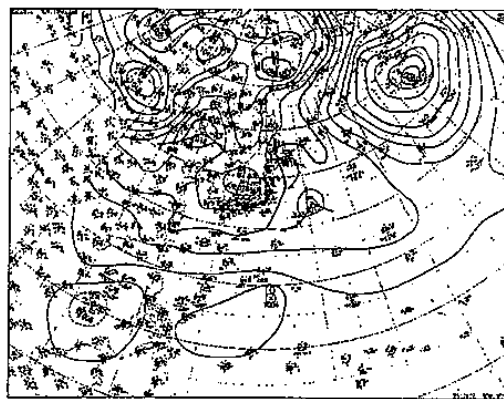
圖十四、10日04z 風場、相當位溫及雨水混合比垂直剖面圖。



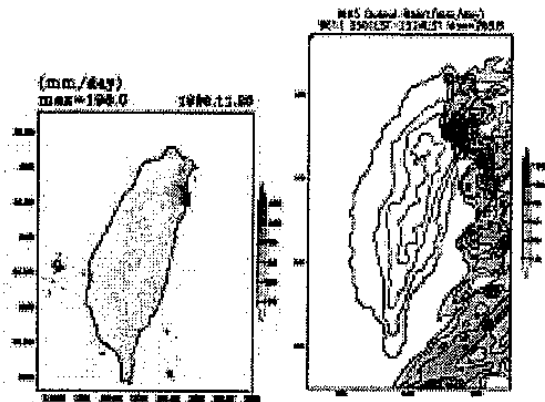
圖十五、NSF 模擬 10 日之日累積降雨。



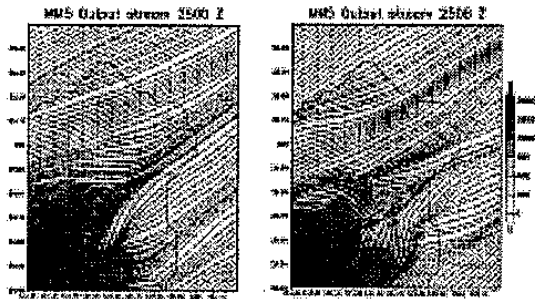
圖十六、10日04z 風場、相當位溫及雨水混合比垂直剖面圖。



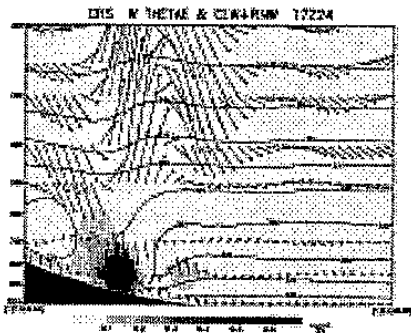
圖十七、1996年11月25日12Z地面天氣圖。



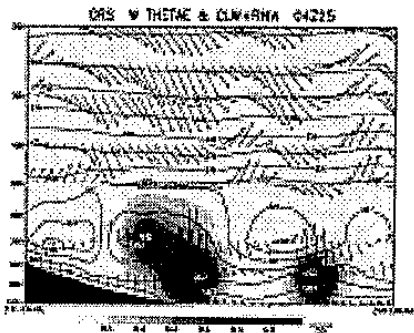
圖十八、1996年11月25日模擬(左)和觀測(右)日累積降雨比較。



圖十九、模式模擬之逐時地面流場變化，陰影區為台灣地形分布。(左)25日00Z;(右)25日08Z。

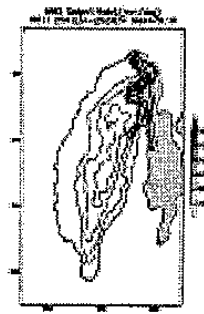


(a)

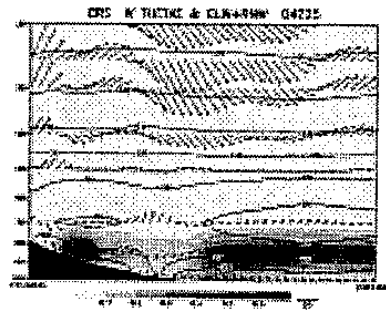


(b)

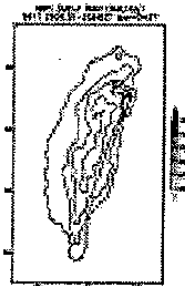
圖二十、風場、相當位溫及雨水混合比垂直剖面圖。(a) 24日17Z;(b) 25日04Z。



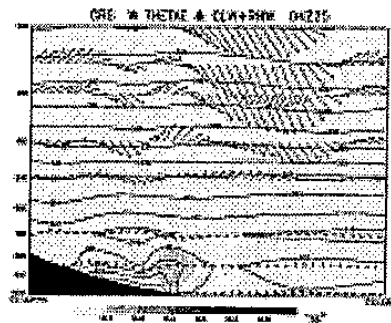
圖二十一、NLH 模擬 25 日之日累積降雨。



圖二十二、25日04z 風場、相當位溫及雨水混合比垂直剖面圖。



圖二十三、NSF 模擬 25 日之日累積降雨。



圖二十四、25日04z 風場、相當位溫及雨水混合比垂直剖面圖。