

# 台灣西南季風期間中尺度對流系統之研究

呂芳川<sup>1</sup> 廖杞昌<sup>2</sup>

南榮技術學院資訊工程學系<sup>1</sup>  
國防大學理工學院環境資訊及工程學系<sup>2</sup>

## 摘要

利用巢狀區域波譜模式(RSM)，對於梅雨期鋒面豪大雨個案及其環境場的模擬，均有良好的表現。結果顯示，梅雨鋒面南側有顯著西南氣流，鋒面系統在台灣地區滯留，波狀組織性之中尺度對流系統，在此鋒面帶前緣持續生成、發展；而隨後伴隨梅雨鋒面之中尺度對流系統的發展，與西南氣流的位置及強度變化密切相關。從海峽南端至整個南海地區均屬於高相當位溫區，及明顯的西南氣流，提供有利於中尺度對流系統發展之不穩定環境。充足水汽供應與高低層低壓環流形成垂直耦合的發展，亦是本個案中尺度對流系統發展的有利條件。鋒前有明顯的低層噴流，風速達到 25m/s 以上，提供局部風場輻合，是激發中尺度對流系統的主要動力機制。

地形效應實驗結果顯示，近地面風場的差異主要分布在台灣海峽上及台灣東部海域。海峽上鋒面前的強風受峽管效應影響增強，使得相當位溫梯度增大，海上的對流系統相對增強，降雨量增加，尤其在台灣西北側特別明顯。此外在山脈西側的降雨亦可明確證明是受地形影響。垂直相當位溫剖面比較顯示，冷空氣南移過程明顯受到台灣山脈的影響，移行速度變慢；垂直風場顯示，鋒前的低層噴流受地形影響而加強，使得鋒面附近形成更有利於中尺度對流系統發展的環境。

## 一、前言

梅雨季對處於海島的台灣而言是除了颱風季之外主要的降水。2006 年 6 月上旬延續自 5 月底以來的梅雨鋒面持續徘徊型態，1 日至 12 日均受梅雨鋒面徘徊影響，持續出現連續性降雨，期間 2 日至 3 日中南部地區雨勢較大，而 6 日至 7 日則在新竹以北雨勢較大，8 日至 10 日因鋒面強烈對流雲系影響，各地雨勢更為劇烈。中央氣象局並自 5 月 26 日起至 6 月 12 日連續發佈了 18 天的豪大雨特報，這段期間以 6 月 9 日及 10 日降水最多，造成全省各地均有災情傳出，尤以高屏地區最為嚴重，而阿里山當天的累積降水更達 811.5mm(梁與簡，2006)。

過去關於梅雨季期間劇烈降水成因的探討，主要針對於伴隨鋒面的降水系統和地形所導致的區域降水(林與周 2001, 洪 2002, 陳 2004)。呂等(2003)以美國國家環境預報中心的三重靜力巢狀區域波譜模式(RSM)為主體，其下內嵌非靜力的中尺度波譜模式，建構一完整的四重大氣波譜預報模式，應用於東亞地區之冬季寒潮爆發及梅雨季豪雨個案的天氣預報，並檢驗靜力與非靜力模組預報能力，了解各重模組降尺度的表現，探討非靜力模式對局部環

境場的演進與定量降水等的預報能力，皆有不錯的表現。

台灣本島南北長約 400 公里，東西寬約 150 公里，高度超過 3000 公尺，局部環流特性深受海陸分佈與複雜地形影響。Sun et al. (1991) 利用普渡中尺度模式研究台灣附近的中尺度環流，分析結果指出當  $Fr$  (Froude Number)  $\leq 0.5$  時，氣流會受到中央山脈的阻擋效應。Trier et al. (1990) 利用 Taiwan Area Mesoscale Experiment (TAMEX) 期間的觀測資料，分析冷鋒通過台灣期間，受到中央山脈的影響效應，指出地形會阻擋鋒前和鋒後的氣流，並在海陸交界附近形成熱力環流。Lu et al. (2007) 利用巢狀區域波譜模式針對寒潮個案進行模擬，進而探討台灣地形對鋒面系統移行及結構的影響。

本文以此個案進行 RSM 模式模擬研究及地形實驗比較，期望能進一步了解這一波梅雨鋒面造成大量降水的原因，及台灣地形所扮演的角色。

## 二、模式設定

本文以NCEP的有限區域波譜模式為架構(Juang et al., 1994, 1997), 引進Juang(2000)修正版的非靜力MSM模式, 外二重為靜力的RSM模組, 最內重為非靜力的MSM模組, 水平網格間距分別為 120 公里(RSMA)、15 公里(RSMB)、5 公里(MSM), 地形解析度分別為 5 分(RSMA和RSMB)和 30 秒(MSM)。垂直方向部分, RSM模組採用隨地勢變化的 18 層 19 階 $\sigma$ 坐標, MSM模組為 28 層 29 階 $\sigma$ 坐標。

在靜力RSM模組中, 使用郭氏積雲參數法, 非靜力MSM模組則增加三濕變數顯式雲物理模式(3 Cloud), 即將單一溼變數 $q_v$ 轉換為三濕變數 $q_v$ 、 $q_{ci}$ 、 $q_{rs}$ (水汽、雲滴、雨滴), 且不使用大尺度(格點)降水假設。

初始場資料採用NCEP全球分析場資料, 從 6 月 8 日 0000UTC開始進行模擬, 並提供每 6 小時的分析場, 作為RSM模組的基本場及邊界值, 並未再經過初始化與資料同化處理。模式輸出RSMA為每 3 小時輸出一, RSMB及MSM為每 1 小時輸出一。

## 三、綜觀分析

此次個案在綜觀環境分析上, 可發現自 925hPa 至 700hPa在東經 150 度附近有一高壓脊存在, 而 500hPa以上高層則呈現數日消長的循環, 使得低壓系統無法順利東移, 進而造成鋒面得以徘徊於華南至台灣一帶。從 6 月 9 日 0000 及 1200 UTC地面天氣圖(圖 1、2)可看出氣旋波穿越台灣中南部地區向南延伸直到廣東省沿海一帶, 而在海南島北方亦有一個低壓環流存在。此外, 於渤海及日本九州亦各有一個低壓環流存在, 緩慢向東移動。而這個由日本低壓所延伸出來之鋒面即為此次降下豪雨的主因。

從衛星雲圖上, 亦可發現鋒面雲帶自 9 日凌晨起由台灣北部逐漸往南移動, 而在台灣海峽上所激發出的對流雲系便隨著鋒面移動, 而移入台灣地區陸地, 且在中央山脈的地形助長下, 使得降雨量亦隨之大幅增加。由 6 月 8 日 1800 UTC 的雷達圖(圖 3a)中可看見在海峽上已有明顯的對流向東南方移動, 並於中、北部地區造成豪大雨, 此對流雲帶持續向南部地區移動。9 日 0000 UTC(圖 3b)鋒面滯留於中、南部地區, 並造成大量的降水。9 日 0600 UTC(圖 3c)鋒面移到達高屏一帶, 此後鋒面南緣一直有發展較強之雲系移入該地區, 直至 9 日 1000 UTC 鋒面向北移動。9 日 2000 UTC 於台南外海有明顯的線狀對流, 2100 UTC 至 2300 UTC有往南移動再往北移動的趨勢。

## 四、模擬結果

### (一) 鋒面位置

鋒面位置可由相當位溫梯度來定位, 從模式 24 小時模擬與 6 月 9 日 0000 UTC地面天氣圖(圖 4)來看, 鋒面位置略有偏北, 從琉球海面延伸通過台灣北部往廣東沿海。經過了 12 小時, 模式 36 小時模擬與 6 月 9 日 1200 UTC地面天氣圖相比較, 鋒面位置移到了台灣南部地區一帶, 但模式預報的位置則與觀測資料所分析之位置相近, 而其後鋒面則有往北移動趨勢, 均與實際觀測資料相似。

另外, 模式對於降雨的模擬結果亦能有效掌握降雨趨勢(圖 5a), 結果顯示 6 月 9 日 0000 至 0600UTC 期間, 鋒面雲系所累積的可降雨量相當強。而在 0900UTC後, 降雨強度則有減弱趨勢, 此與實際衛星雲圖所呈現之結果相近, 但在 1200UTC時後台灣海峽上對流雲系又重新發展的情形, 在模式上所呈現的強度則略微偏弱, 但整體上仍能預報出實際所呈現的趨勢。

風場及相當位溫場顯示(圖 5b), 從海峽南端至整個南海地區均屬於高相當位溫區, 及明顯的西南氣流, 提供有利於中尺度對流系統發展之不穩定環境(圖 5d)。充足水汽供應與高低層低壓環流形成垂直耦合的發展, 亦是本個案中尺度對流系統發展的有利條件。數值模擬結果亦顯示, 鋒前有一明顯的低層噴流(圖 5c), 風速達到 25m/s以上, 提供局部風場輻合, 是激發中尺度對流系統的主要動力機制。

### (二) 地形實驗比較

去地形實驗組結果顯示(圖 6), 在台灣西北部海域附近的鋒面強度略為減弱, 降雨量減少, 主要是台灣海峽上鋒前的風場減弱, 即低層噴流強度減小, 相對地使得相當位溫梯度減小, 海上的對流系統因而減弱, 降雨量減少。

控制組與去地形實驗組比較結果指出, 近地面風場的差異主要分布在台灣海峽上及台灣東部海域(圖 5a和 6a)。海峽上鋒面前的強風受峽管效應影響增強, 使得相當位溫梯度增大(圖 5b和 6b), 海上的對流系統相對增強, 降雨量增加, 尤其在台灣西北側特別明顯。此外在山脈西側的降雨亦可明確證明是受地形影響。

垂直相當位溫剖面比較顯示(圖 5d和 6d), 冷空氣南移過程明顯受到台灣山脈的影響, 移行速度變慢; 垂直風場顯示(圖 5c和 6c), 鋒前的低層噴流受

地形影響而加強，使得鋒面附近形成更有利於中尺度對流系統發展的環境。

## 五、結論

此次模擬顯示，梅雨鋒面南側有顯著西南氣流，鋒面系統在台灣地區滯留，波狀組織性之中尺度對流系統在此鋒面帶前緣持續生成、發展；而隨後伴隨梅雨鋒面之中尺度對流系統的發展與西南氣流的位置及強度變化密切相關。從海峽南端至整個南海地區均屬於高相當位溫區，及明顯的西南氣流，提供有利於中尺度對流系統發展之不穩定環境。充足水汽供應與高低層低壓環流形成垂直耦合的發展，亦是本個案中尺度對流系統發展的有利條件。鋒前有明顯的低層噴流，風速達到25m/s以上，提供局部風場輻合，是激發中尺度對流系統的主要動力機制。

地形實驗結果顯示，近地面風場的差異主要分布在台灣海峽上及台灣東部海域。海峽上鋒面前的強風受峽管效應影響增強，使得相當位溫梯度增大，海上的對流系統相對增強，降雨量增加，尤其在台灣西北側特別明顯。此外在山脈西側的降雨亦可明確證明是受地形影響。垂直相當位溫剖面比較顯示，冷空氣南移過程明顯受到台灣山脈的影響，移行速度變慢；垂直風場顯示，鋒前的低層噴流受地形影響而加強，使得鋒面附近形成更有利於中尺度對流系統發展的環境。

## 參考文獻

呂芳川、蔡晉東、廖紀昌、莊漢明，2003：“巢狀波譜模式在東亞地區天氣預報之研究”，氣象學報，Vol. 45，No. 1，pp. 1-22。

林得恩與周仲島，2001：梅雨季中尺度對流系統之數值模擬。航空氣象，6，23-31。

洪景山，2002：“武夷山地形和海洋邊界層在梅雨鋒面南下過程中扮演的角”，大氣科學，第30期，第275-189頁。

梁育儒與簡芳菁，2006：2006年6月9日豪雨個案之模擬分析。天氣分析與預報討論會，95，2-5，2-8。

陳泰然，2004：近期梅雨鋒面研究之回顧。大氣科學，32，3，225-245。

Juang, H.-M. H. and Kanamitsu, M., 1994: "The NMC Nested Regional Spectral Model," Mon. Wea. Rev., Vol. 122, pp. 3-26.

Juang, H. -M. H., Hong, S. Y., and Kanamitsu, M., 1997: "The NMC Regional Spectral Model: An Update," Bull. Amer. Meteor. Soc., Vol. 78, pp. 2125-2143.

Juang, H.-M., 2000: The Nonhydrostatic NCEP Mesoscale Spectral Model: A Revised Version of the Regional Spectral Model. Mon. Wea. Rev., 128, 2329-2362.

Lu, F.-C., Juang, H.-M. H., and Liao, C.-C., 2007: "A Numerical Case Study of the Passage of a Cold Surge Across Taiwan," Meteorol. Atmos. Phys.

Sun, W. -Y., Chern, J. -D., Wu, C. -C., and Hsu, W. -R., 1991: "Numerical Simulation of Mesoscale Circulation in Taiwan and Surrounding Area," Mon. Wea. Rev., Vol. 119, pp. 2558-2573.

Trier, S. B., Parsons, D. B., and Matejka, T. J., 1990: "Observations of a Subtropical Cold Front in a Region of Complex Terrain," Mon. Wea. Rev., Vol. 118, No. 12, pp. 2449 - 2470.

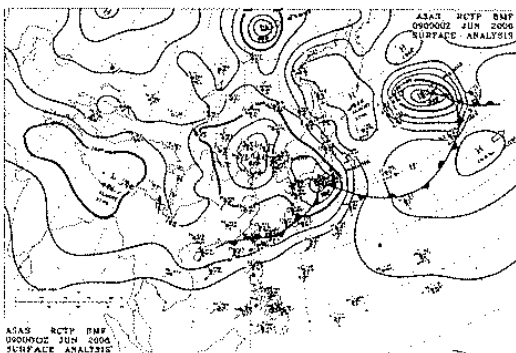


圖1. 6月9日0000UTC地面分析圖

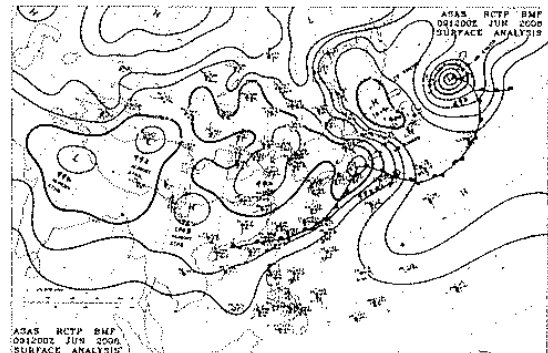


圖2. 6月9日1200UTC地面分析圖

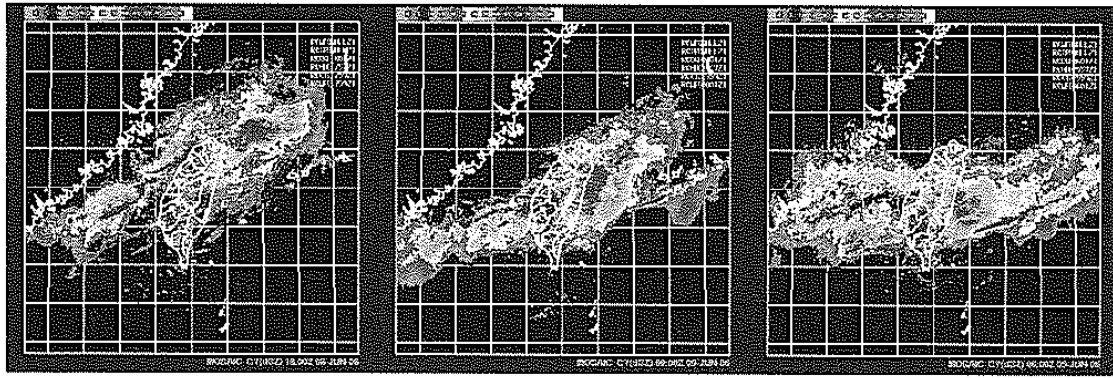


圖3. 雷達回波圖，時間為(a) 6月8日1800 UTC；(b) 6月9日0000 UTC；(c) 6月9日0600 UTC。

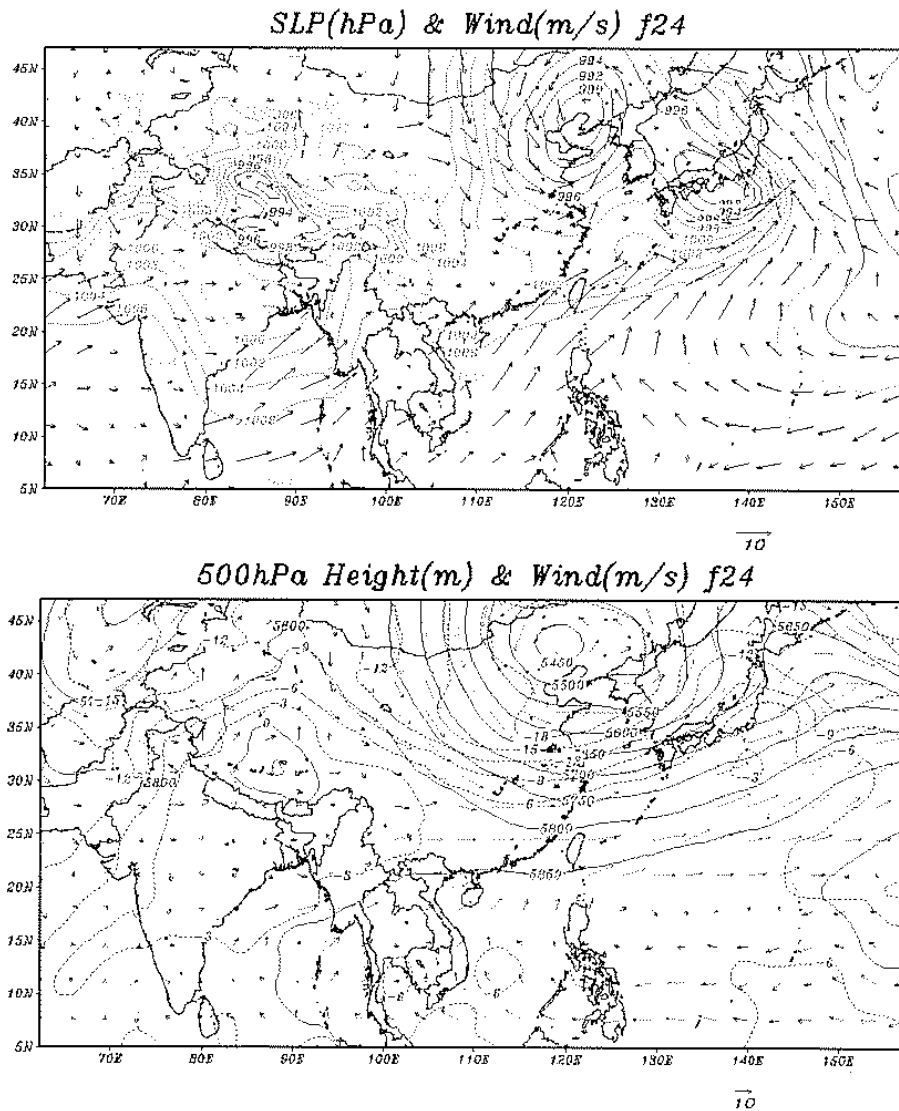
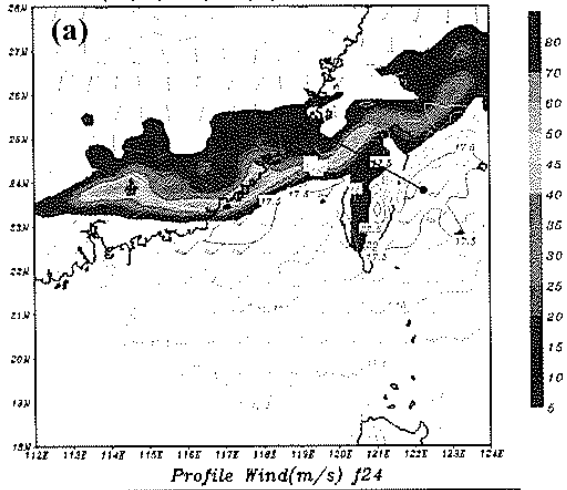


圖4. 模式模擬6月9日0000 UTC(a)海平面氣壓及近地面風場；(b)500hPa高度、溫度及風場。

SFC Wd(m/s);Pr(1hr) f=24 00Z09JUN2006



NOTW 950hPa thetae f=24 00Z09JUN2006

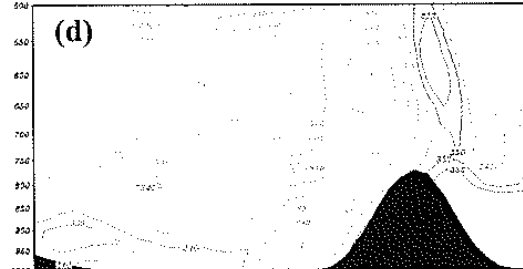
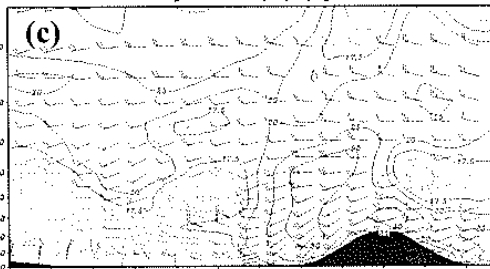
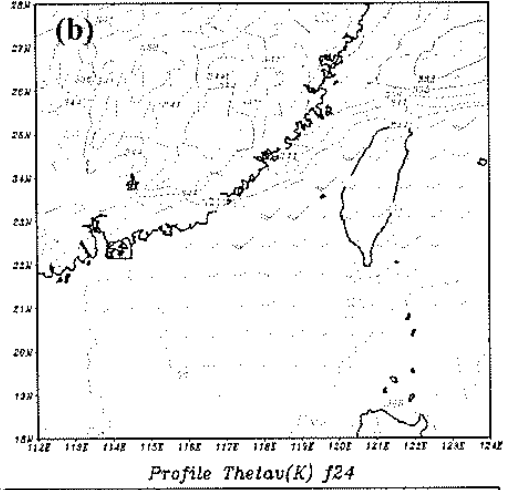
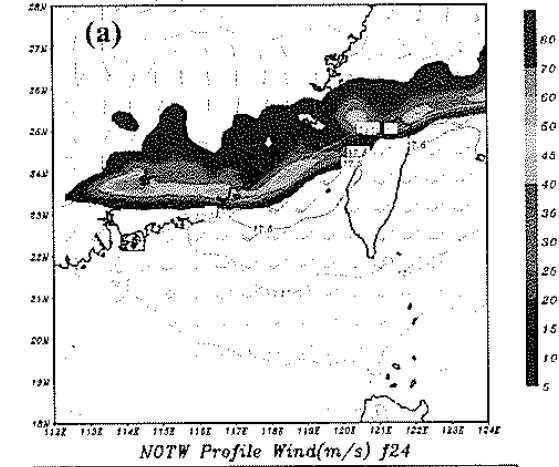


圖 5. 模式模擬 6 月 9 日 0000 UTC (a)近地面風場及降雨量；(b)950hPa 相當位溫及風場；(c)垂直風場分布；(d)相當位溫剖面。

NOTW SFC Wd(m/s);Pr(1hr) f=24 00Z09JUN2006



NOTW 950hPa thetae f=24 00Z09JUN2006

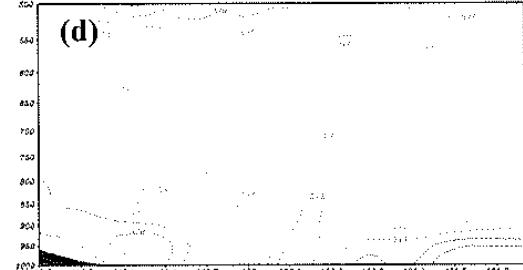
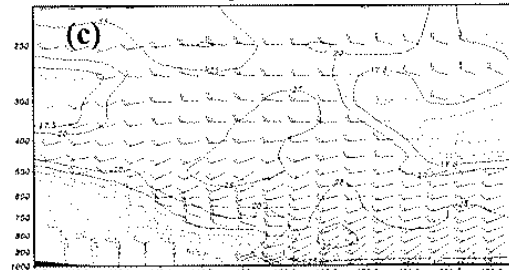
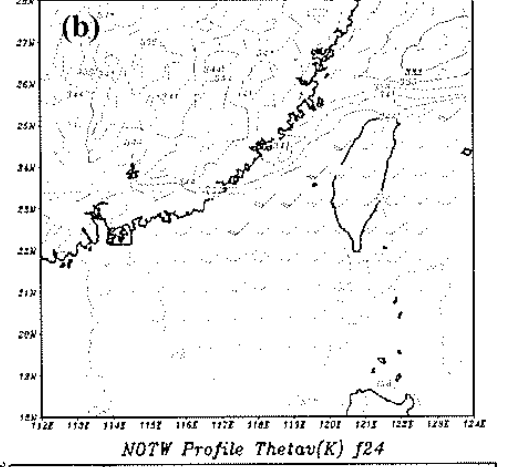


圖 6. 地形實驗模擬 6 月 9 日 0000 UTC (a)近地面風場及降雨量；(b)950hPa 相當位溫及風場；(c)垂直風場分布；(d)相當位溫剖面。