

# 數值模式對梅雨鋒面系統模擬之分析

宋偉國 鄧資嘉 陶家瑞

空軍航空技術學校

## 摘 要

本文選 1998 年 5 月 14 - 15 日作個案分析，主要在探討數值模式對於東亞梅雨鋒面系統預報的能力做一評估。觀測分析顯示，大尺度強迫過程對於鋒面系統有重要的影響。鋒面大部分多為近似滯留，主要是由於鋒後冷平流很弱，無法有效的推動鋒面南移。低層噴流與鋒面的舉升過程，對於對流有重要貢獻。日本 JMA 模式由於屬於大尺度數值模式，基本的綜觀環境條件均能掌握到，因此對於鋒面的移動及對流的分布都有不錯的表現。中尺度模式 MM5 則由於其降水的潛熱效應過程可能有被高估現象，導致其降水帶、鋒面位置均有偏北現象，且產生一些局部強風帶，觀測上並沒有出現此種情形。

## 一、前言

東亞是世界著名季風區，由冬季東北季風轉變到夏季西南季風的過渡時期，是為該區梅雨期。華南與臺灣梅雨期盛行暖溼西南氣流，具潛在不穩度，若有適當強迫作用，如鋒面或低層噴流 ( low-level jet; LLJ ) 等中  $\alpha$  尺度系統提供舉升機制，即可產生中尺度對流系統 ( mesoscale convective system; MCS )。當 MCS 較強且持續時間較長時，往往可以對鋒面與 LLJ 造成影響，使其間形成正反饋作用，這種鋒面、MCS 及 LLJ 間之交互作用是相當複雜而有趣的問題。

Kuo and Anthes ( 1982 ) 模擬 1975 年 6 月 11 - 15 日梅雨滯留鋒及雲帶，發現潛熱釋放對於鋒面雲帶、低層氣旋式渦度維持有顯著貢獻。TAMEX IOP - 2 個案期間，梅雨鋒面持續伴隨強對流，鋒前 LLJ 隨時間往南移動並增強，宋等 ( 1997 ) 用 MM4 數值模式，顯示對流潛熱釋放對於鋒面移動、MCS 自我加強都有重要角色。宋等 ( 1998a ) 分析 1998 年 5

月 1 日至 2 日期間，影響華南區域梅雨鋒面移動的相關性因素，也發現對流可能有重要貢獻。限於傳統觀測探空資料每 200 - 300 公里水平解析度及每 12 小時資料，不易對鋒面與 MCS 演變作詳細分析，故以 Penn/NCAR MM5 模式模擬個案後所產生的高解析度資料，探討鋒面之演變及其與 MCS 之相關，為一值得嘗試的方式。在此之前，由於中央氣象局已經對 1998 年整個南海實驗計劃期間的梅雨其做 MM5 數值模擬，因此本文即先對模式預報梅雨能力做一初步評估，以對於模式特徵有更進一步的掌握。

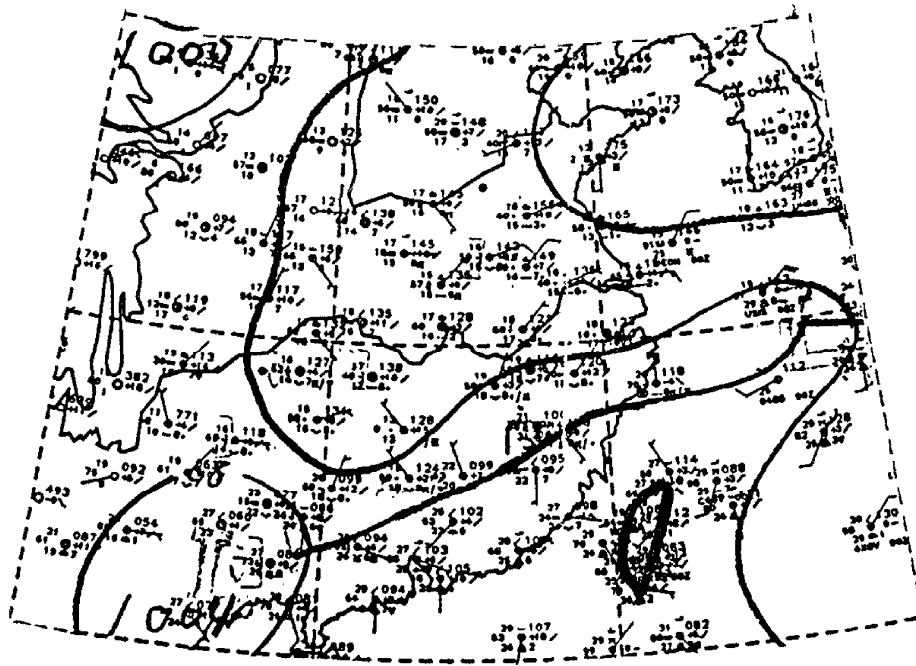
## 二、資料來源與處理

運用日本 JMA 數值模式 2.5x2.5 度網格，及中央氣象局提供的 MM5 中尺度模式 15 公里水平網格的預報產品，包含地面氣壓、風場、累積降水量，對模式預報梅雨系統做初步分析。並使用南海實驗計劃的綜觀天氣圖集，包含東亞地區每 12 小時地面、850hPa 探空站溫度、氣壓、重力位高度、溫度露點差及風場，

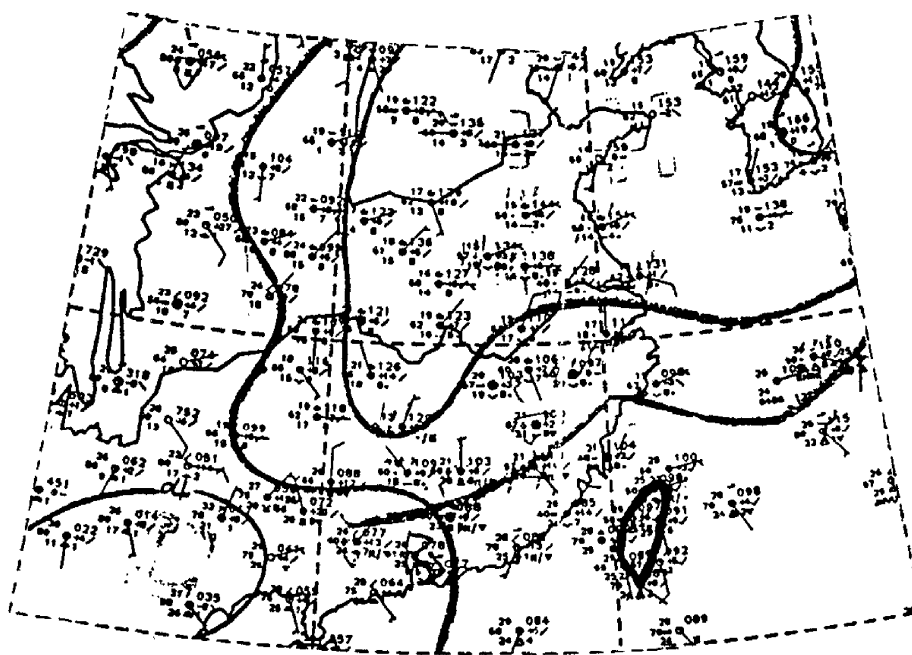
分析鋒面移動及綜觀環境，及使用中央氣象局提供的日本GMS每3小時紅外線衛星雲圖，分析MCS分佈及演變，與數值模式產品做一校驗。

### 三、綜觀環境分析

1998年5月14日0000 UTC地面天氣圖顯示(圖1a)，鋒面由30°N附近海面向西南延伸至嶺南，鋒後冷高壓中心已移到朝鮮半島，鋒面伴隨雷雨。5月14日1200 UTC(圖1b)，鋒面緩慢往南移動，鋒前伴隨雷雨。5月15日0000 UTC時(圖1c)，鋒面迅

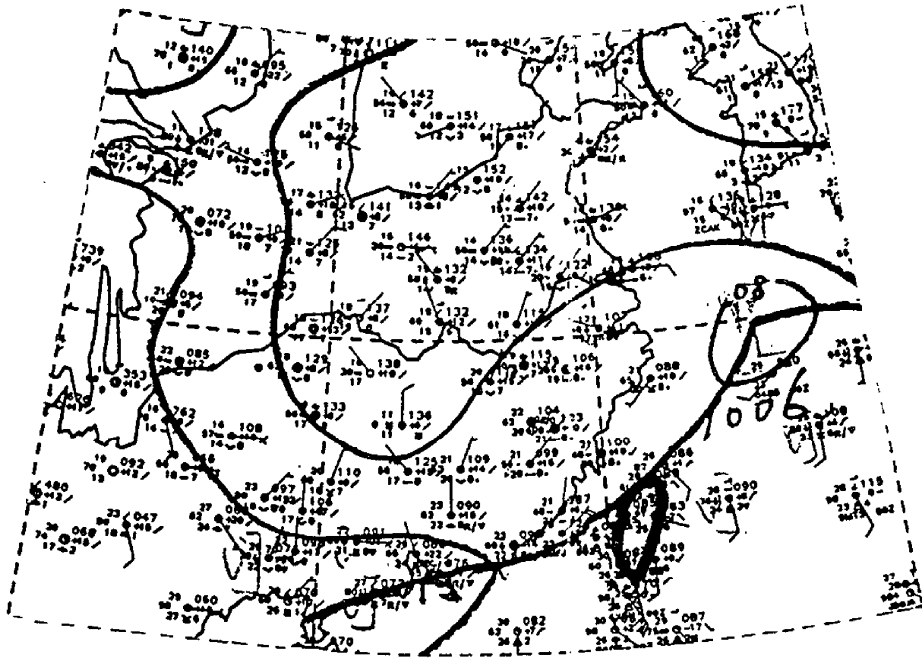


(a)



(b)

圖1 1998年5月(a)14日0000 UTC，(b)14日1200 UTC與(c)15日0000 UTC地面天氣圖。



(c)

續圖 1

速南移接近台灣北部，此時華南地區等壓線分布相當稀疏，鋒後冷高壓勢力已相當弱，氣團持續在變性中。5月14日0000 UTC - 15日0000 UTC 每6小時地面鋒面位置分布圖顯示（

圖2），除了5月14日1200 UTC - 1800 UTC 鋒面南移迅速外，其他時段如5月14日0000 UTC - 14日1200 UTC 與5月14日1800 UTC - 15日0000 UTC 鋒面均近似滯留。

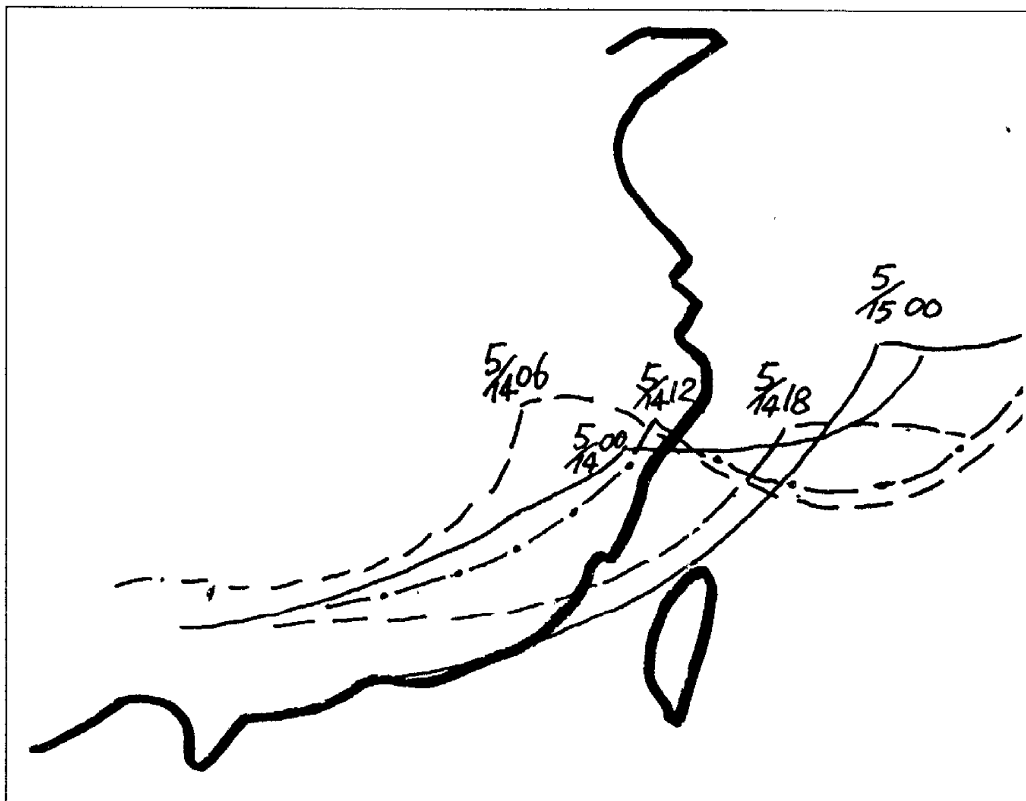
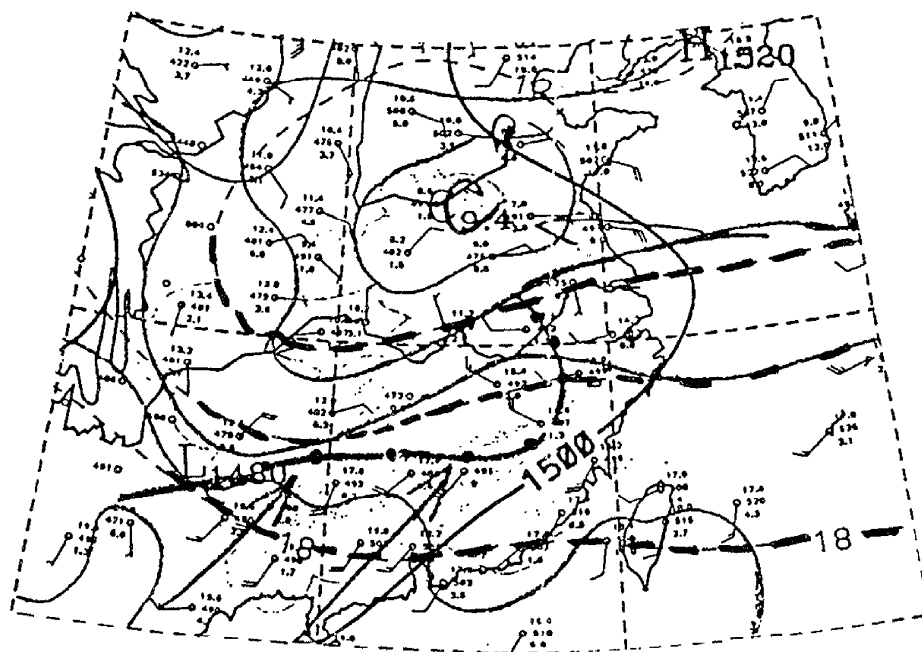


圖 2 1998年5月14日0000 UTC至15日0000 UTC 每6小時地面鋒面位置。

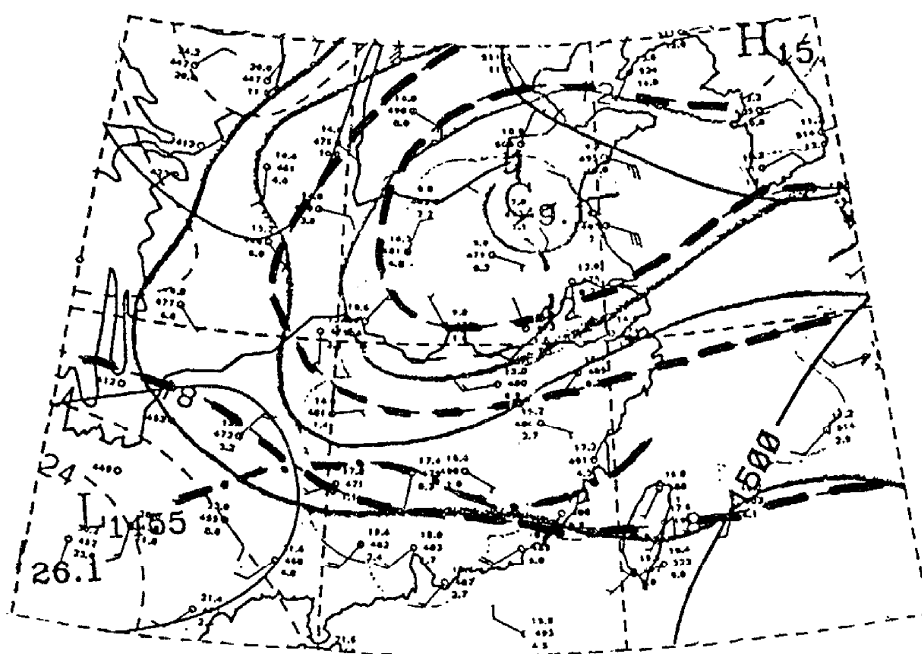
5月14日0000 UTC的850hPa天氣圖顯示(圖3a)，115°E附近在850hPa鋒後有較強的冷平流，115°E以西則鋒後氣流與等溫線近乎平行，冷平流很弱。鋒面位置與地面鋒接近，鋒前暖區伴隨15m/s以上的低層噴流(LLJ)。5月14日1200 UTC時(圖3b

)，鋒前低層噴流已消失，鋒區伴隨的斜壓度相當弱，此時30°N附近有另一道鋒面形成，斜壓度較為顯著。5月15日0000 UTC時(圖3c)，850hPa鋒面附近水平溫度對比仍然相當弱。

本個案顯示，5月14日-15日850hPa

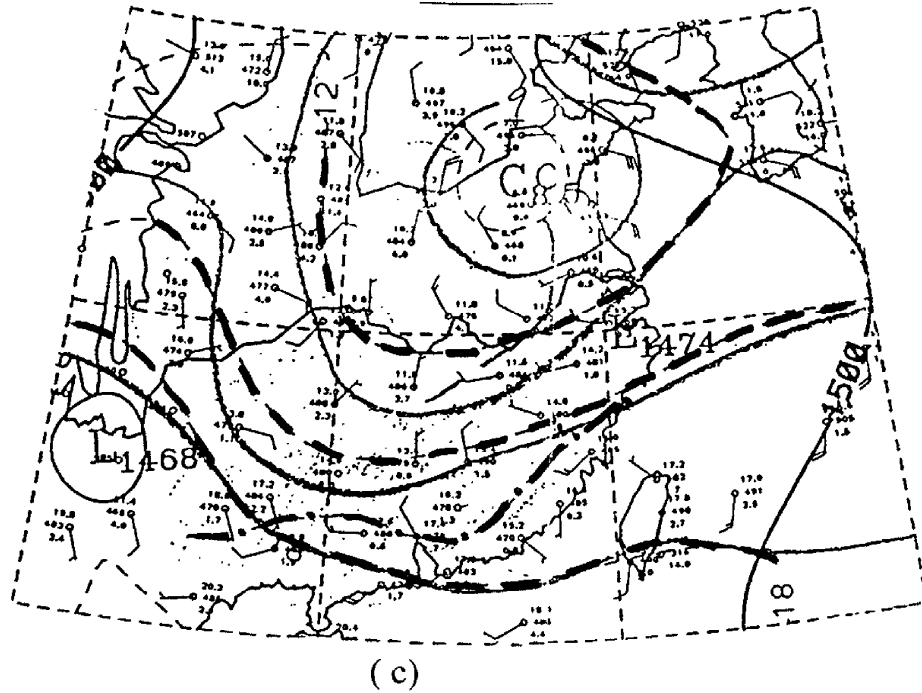


(a)



(b)

圖3 1998年5月(a)14日0000 UTC，(b)14日1200 UTC與(c)15日0000 UTC 850hPa天氣圖。粗虛線為每3°C等溫線，點虛線為鋒面位置，箭頭為低層噴流區。



續圖 3

鋒面附近溫度對比弱，顯示鋒面後緣冷平流效應弱，是造成鋒面近似滯留的原因，至於鋒面移動的迅速，應非其主要原因。5月14日雲圖分布顯示，14日0000 UTC時（圖4a）， $120^{\circ}$  E以西、 $30^{\circ}$  N以南的地面鋒區伴隨顯著對流系統。0600 UTC時（圖4b），該區對流雲已逐漸減弱，1200 UTC - 1800 UTC時（圖4c, d），雲系已逐漸南移接近台灣， $30^{\circ}$  N以南的華南雲雨帶再度加強並往東北移到海上。

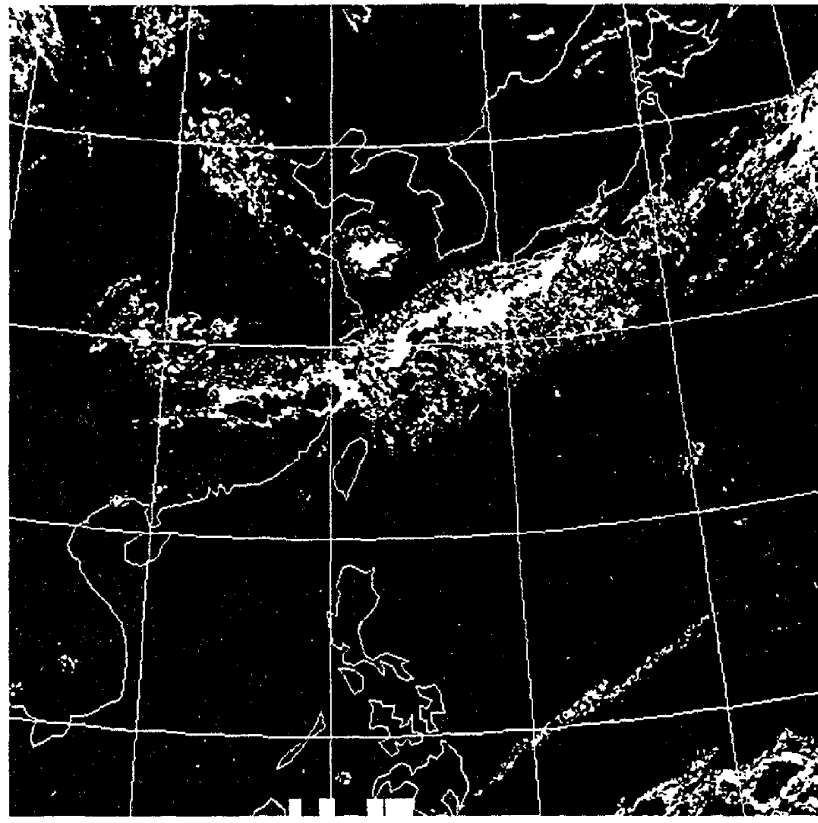
5月14日0000 UTC - 0600 UTC華南對流系統減弱，此時低層噴流已漸漸減弱，顯示低層噴流對於此對流系統的重要性。5月14日1200 UTC - 1800 UTC華南雲雨帶再度被加強起來，並且往東北移動，此時 $30^{\circ}$  N附近有鋒生過程，可能是鋒面的舉升過程使對流發展起來。另外，本個案對流發展並非很強，大尺度鋒後冷平流也不顯著，鋒面近乎滯留。唯一例外的是5月14日1200 - 1800 UTC鋒面移動迅速，此情形與5月1 - 2日個案類似，均是在1200 - 1800 UTC期間鋒面南移迅速，其原

因可能是地形引發的影響（宋等，1998）。

由於鋒後大尺度的冷平流與局部地形及對流均可能對於鋒面移動有重要貢獻，彼此間交互作用顯著，如何能定量釐清彼此間的關係，須做數值模擬才有得到進一步的結果，而數值模擬對於梅雨系統模擬的能力如何，須先做評估，因此我們以日本氣象廳JMA數值模式與中央氣象局MM5中尺度模式來加以評估模式對於梅雨模擬的表現。

#### 四、數值模擬評估

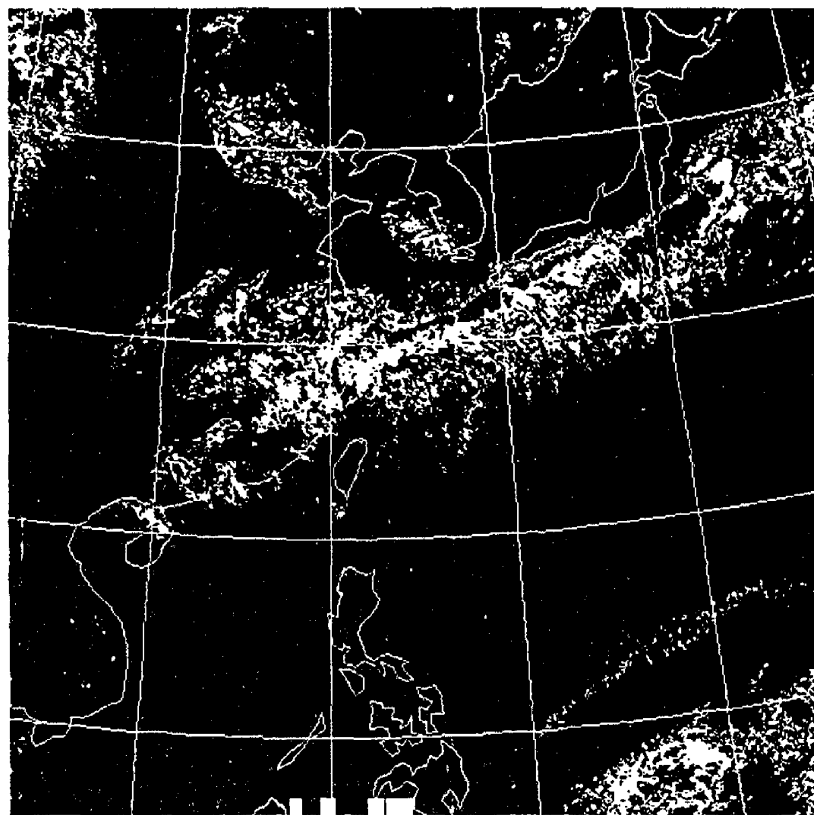
日本JMA模式模擬12小時的地面氣壓與累積降水量顯示（圖5a），鋒面近似滯留於華南，鋒後移動性高壓位於黃海一帶，鋒面前緣與鋒上伴隨顯著降雨帶。與觀測資料比較（圖1b），顯示地面鋒面及鋒後移動高壓的位置均十分一致。模式累積降水量與衛星雲圖比較（圖4c），也顯示模式鋒面雨帶與觀測接近。24小時模擬顯示，地面鋒已經往南移動，但略微落後觀測的鋒面位置（圖1c），此可能是日本模式水平網格解析度為 $2.5 \times 2.5$ 度



GMS5 10.5-11.5  $\mu\text{m}$

Thu May 14 00:00:

(a)

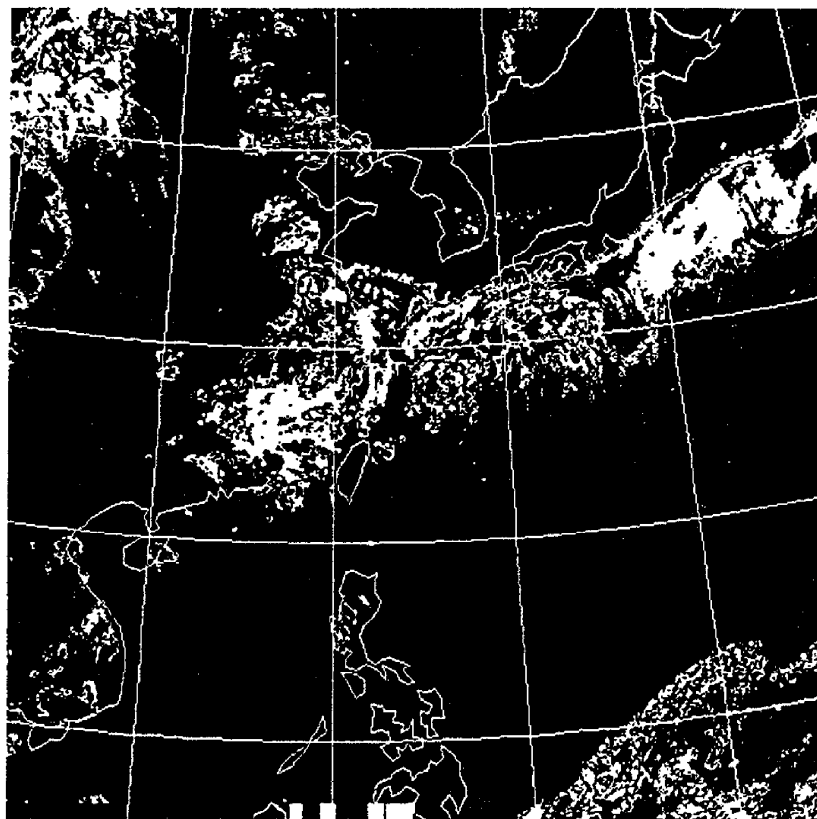


GMS5 10.5-11.5  $\mu\text{m}$

Thu May 14 06:00:

(b)

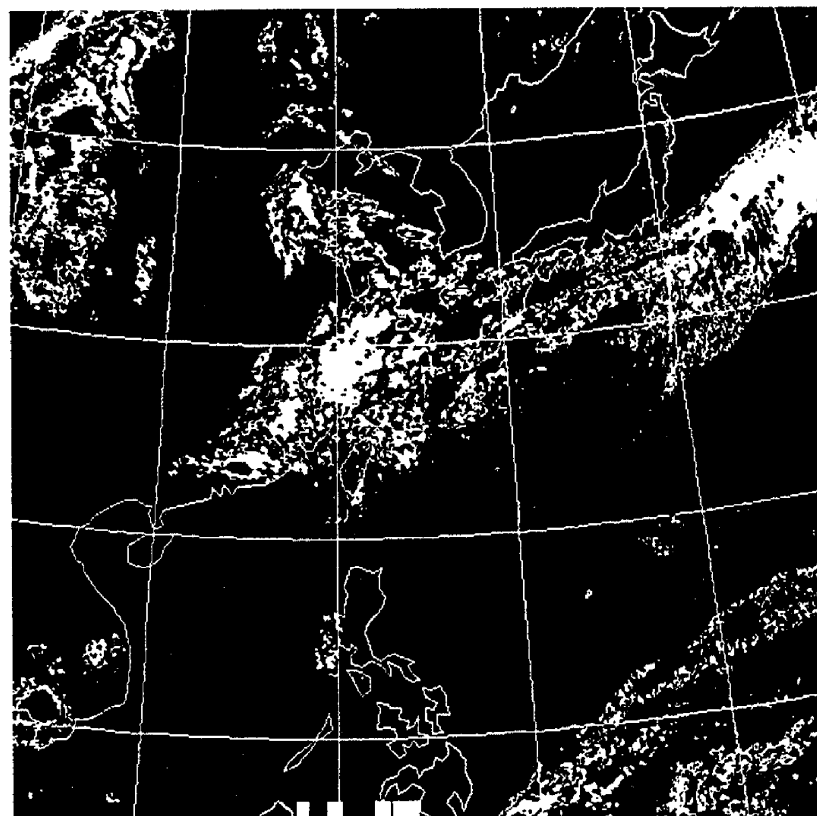
圖 4 1998年5月14日(a) 0000 UTC , (b) 0600 UTC , (c) 1200 UTC 與(d) 1800 UTC 衛星紅外線雲圖。



GMS5 10.5-11.5  $\mu\text{m}$

Thu May 14 12:00:

(c)



GMS5 10.5-11.5  $\mu\text{m}$

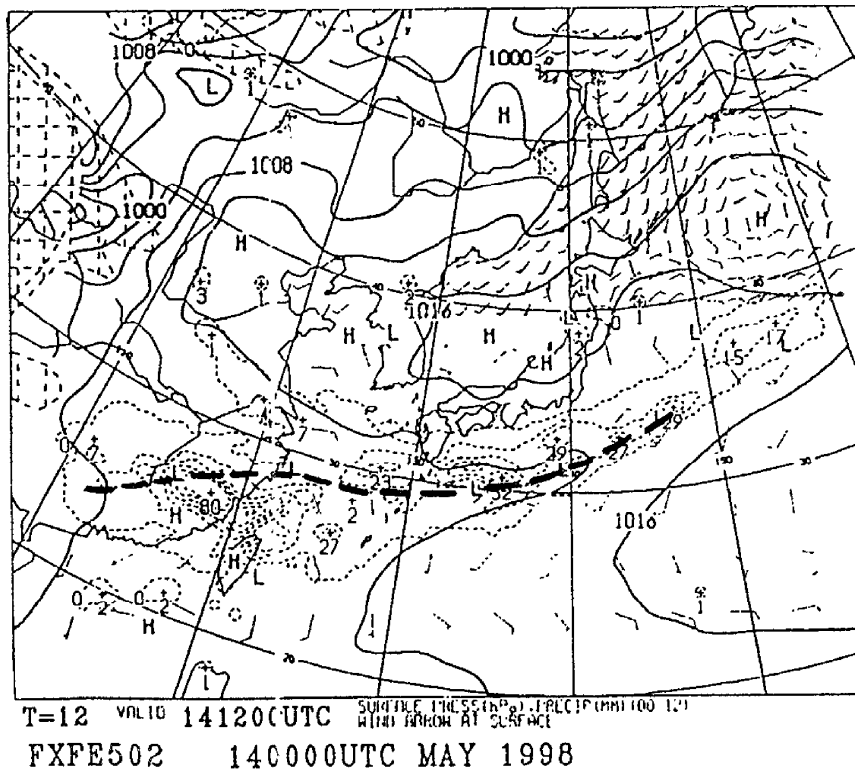
Thu May 14 18:00:

(d)

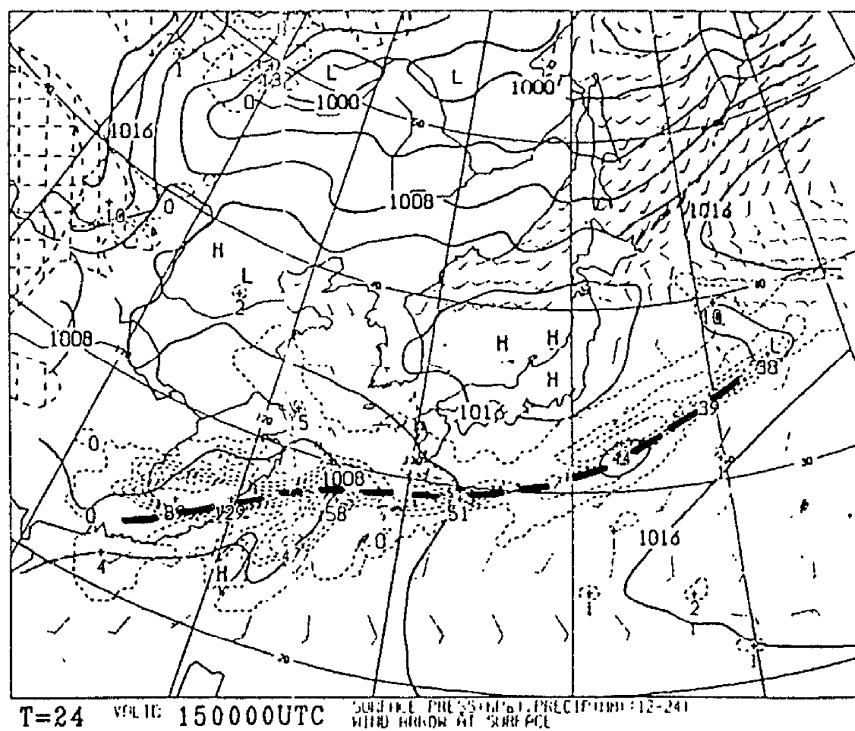
續圖 4

，250公里以下的物理現象無法被解析到，武夷山地形對鋒面移動的影響已被模式過濾掉所

致。降水方面，模式預報的12-24的12小時累積降雨帶(圖5b)，在30°N以南、130°



(a)



(b)

圖5 日本JMA模式模擬1998年5月(a)14日1200UTC與(b)15日0000UTC地面氣壓與每12小時累積降水量分布圖。粗虛線為鋒面位置。



E 以西有兩個強降水帶，一個位於華南，另一個位於台灣東北海面上，台灣西南地區則由於地形形成局部高壓而無降水帶，與雲圖 5 月 14 日 1800 UTC 比較（圖 4d），強降水帶與觀測的對流雲帶亦很一致，顯示日本 JMA 模式對於本個案華南梅雨鋒的掌握相當不錯。而本個案鋒面與對流系統除了綜觀環境影響外，中尺度過程又扮演何種角色，此並非日本 JMA 大尺度模式可以解析，因此我們也用 NCAR 發展的 MM5 模式，經由中央氣象局測試的模式產品加以比較評估。

MM5 模式每 15 公里水平網格解析的數值模擬顯示（圖 6），模式 6 小時時（圖 6a），亦即 5 月 14 日 0600 UTC 時，地面鋒伴隨顯著上升運動，強降水帶位於鋒上，其南側具有低層 850hPa 噴流。與觀測資料鋒面位置比較顯示（圖 2），模式的鋒面位置較為偏南。強降水中心也較觀測偏南（圖 4b）。模式模擬 12 小時後（圖 6b），降水帶主軸與前六小時接近，但強降水中心有往東移趨勢。此時地面鋒受到強降水系統的影響，鋒面變得較無組織性，另外，強降水帶伴隨低 850hPa 層局部強風帶。觀測的地面鋒仍是屬於大尺度特徵（圖 2）， $115^{\circ}$  E 以東的鋒面位置仍比數值模擬偏北。衛星雲圖亦無模式預報的有顯著的強降水帶（圖 4c）。模式 18 小時後（圖 6c），地面鋒已移到台灣海峽，和觀測接近（圖 2），強降水區則持續往東移到  $120^{\circ}$  E 海面上，此時雲圖則在此區亦有較顯著對流（圖 4d）。模式模擬 24 小時後（圖 6d），鋒面仍滯留在大陸東南沿海，但觀測則已經在台灣北部（圖 2），顯示模式對於地形使鋒面加速的效應亦無法反應。此時強降水區持續往東北移動，在  $120^{\circ}$  E 則局部產生一強降水帶，雲圖分析上（圖略），亦顯示有此種現象。

MM5 數值模擬顯示，本個案強降水帶與低層噴流關係密切，二者均往東北移動，並且

強降水帶對於地面鋒的結構有顯著的影響。但是觀測上則顯示本個案無論是鋒面移動或是低層噴流、強對流區，均比較是受到綜觀環境的影響。初期 MM5 預報的降雨帶與鋒面均超前觀測，之後有一段時間二者接近，最後則模式的鋒面與對流均落後觀測，顯示主要是模式系統性誤差所致。MM5 中尺度降水過程處理上可以過於高估其潛熱效應，導致一連串非線性過程，使鋒面與低層噴流及對流均受到此種中尺度過程的主導。

## 五、討論與結論

本文選 1998 年 5 月 14 - 15 日作個案分析，主要在探討數值模式對於東亞梅雨鋒面系統預報的能力做一評估。觀測分析顯示，大尺度強迫過程對於鋒面系統有重要的影響。鋒面大部分多為近似滯留，主要是由於鋒後冷平流很弱，無法有效的推動鋒面南移。低層噴流與鋒面的舉升過程，對於對流有重要貢獻。日本 JMA 模式由於屬於大尺度數值模式，基本的綜觀環境條件均能掌握到，因此對於鋒面的移動及對流的分布都有不錯的表現。中尺度模式 MM5 則由於其降水的潛熱效應過程可能有被高估現象，導致其降水帶、鋒面位置均有偏北現象，且產生一些局部強風帶，觀測上並沒有出現此種情形。

## 參考文獻

- 宋偉國，陳泰然，郭英華，1997：低層噴流和中尺度對流系統間的相關性研究，大氣科學，25，211 - 234。
- 宋偉國，鄧資嘉，陶戲灣，1998：梅雨鋒面移動之分析，氣象預報與分析，編印中。
- Kuo, Y. H. and T. A. Anthes, 1982: Numerical simulation of a Mei - Yu system over southeastern Asia. *Papers Meteor. Res.*, 5, 15 - 36.

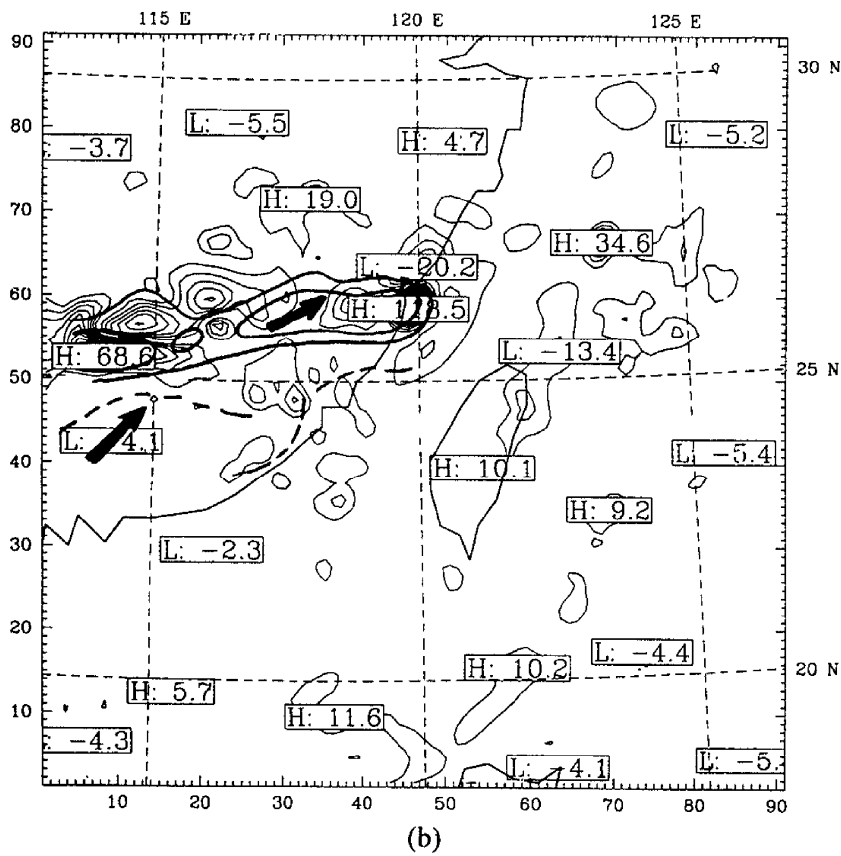
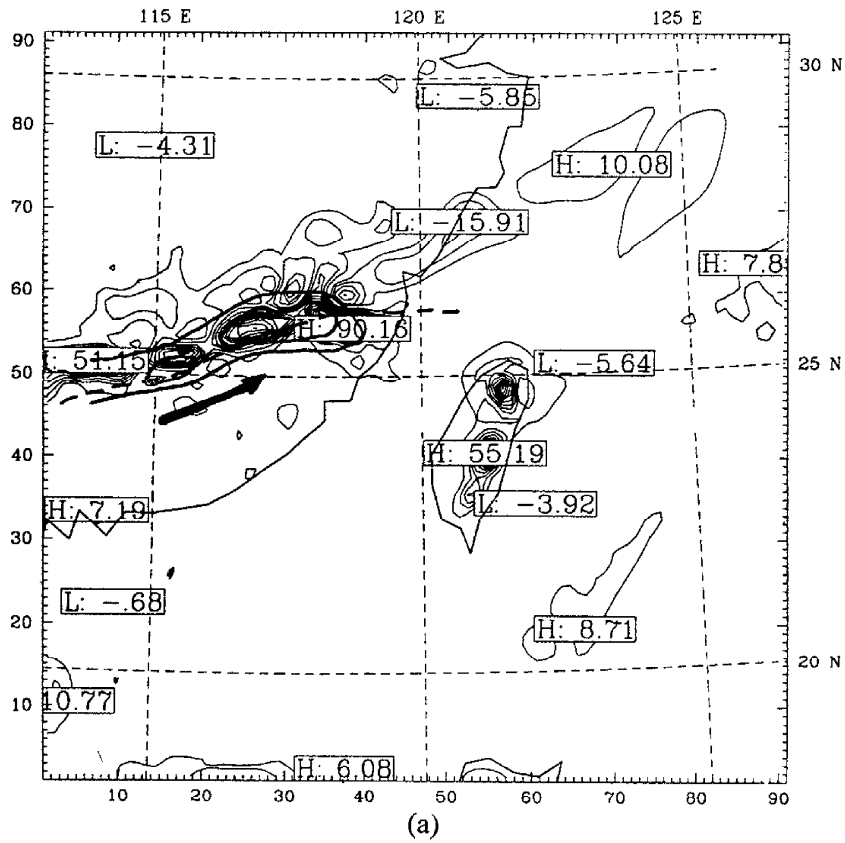
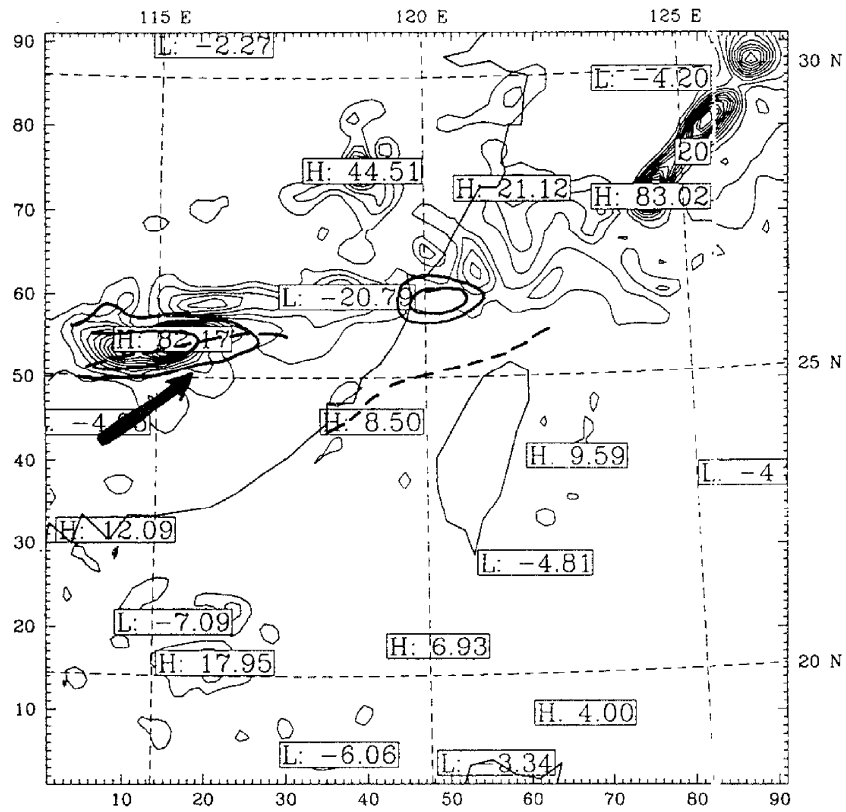
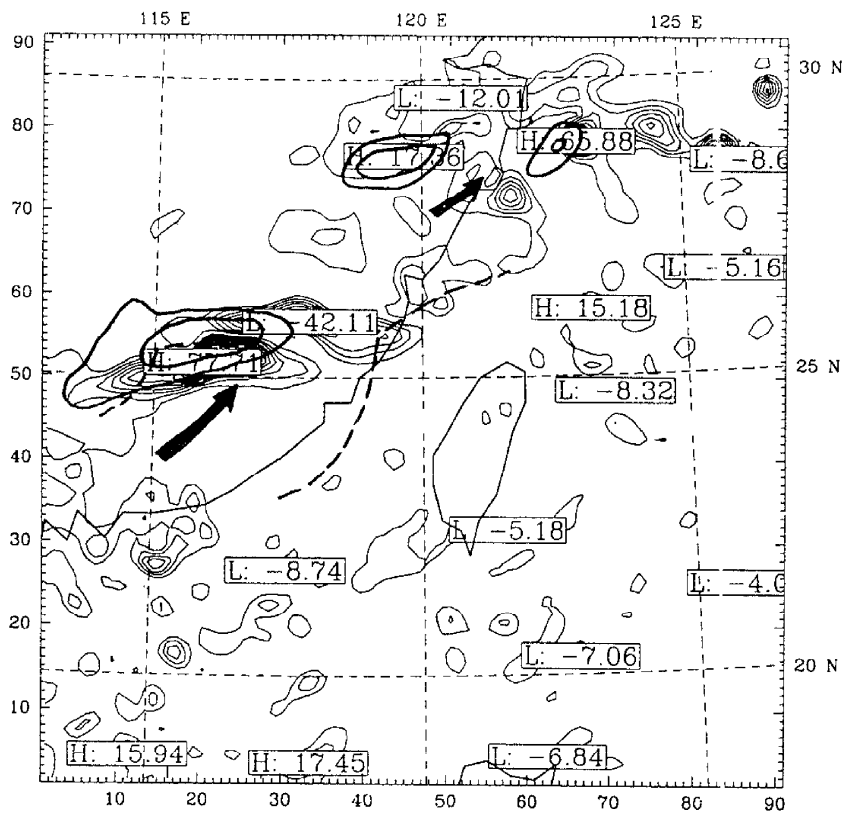


圖 6 中尺度模式 MM5 模擬 1998 年 5 月(a) 14 日 0600 UTC , (b) 14 日 1200 UTC , (c) 14 日 1800 UTC 與(d) 15 日 0000 UTC 700hPa 垂直運動分布圖。粗虛線為地面鋒面位置，粗實線為 6 小時累積雨量之強降水區，粗箭頭為 850hPa 低層噴流位置。



(c)



(d)

續圖 6