

# 衛星風場對濕絕熱初始化模式預報梅雨季豪大雨之影響

陳嘉榮 王溫和 王建國  
中央氣象局氣象衛星中心

## 摘要

為因應對缺乏觀測資料的洋面地區定量化風場資訊之需求，導致利用衛星可見光、紅外線與水汽頻道觀測資料追蹤雲塊移速與移向以獲得不同高度風向量的研究(Velden et al., 1998; 陳嘉榮等 1998)。反演之衛星雲導風場，不僅有助於主觀研判熱帶擾動(如熱帶氣旋和颱風等)之行進方向，近年來亦用於改進數值預報模式對熱帶地區天氣系統及颱風路徑預報的準確性(Soden et al., 2001)，同時衛星雲導風場之植入亦有助於數值預報模式合理模擬溫帶氣旋的強度演化過程(Xiao et al., 2002)。本研究以衛星雲導風場作為新增觀測資料源，輸入及同化進入中央氣象局上線作業中之非絕熱局地分析與預報系統(Local Analysis and Prediction System, LAPS) 及後續之 PSU/NCAR MM5 中尺度數值預報模式內，以評估衛星雲導風場之加入對 LAPS-MM5 模式模擬梅雨鋒面演化過程及降雨強度之影響，比較包含與未包含衛星雲導風場訊息之模式初始場對 MM5 模式模擬梅雨鋒面移動、強度演化及降雨量的差異。經由一個案之探討吾人可發現非傳統衛星風場資料之加入可提升 LAPS-MM5 預報系統對發生在 2005 年梅雨季之北台灣地區強降雨個案(5 月 12 日)降雨強度之模擬能力。經由對 500hPa 以上高層氣流場結構之調整(如增強 300hPa 高層噴流之強度及範圍以增強高層之輻散場、弱化 500hPa 脊場之強度)。此導致 LAPS-MM5 預報系統在後續之時間積分過程中，增強低層 850 hPa 之水汽輻合量，而提升本系統此梅雨季中尺度對流系統個案之降雨過程及降雨量之模擬能力。

關鍵詞：衛星雲導風場、非絕熱局地分析與預報系統、梅雨鋒面

## 一、前言

局地分析預報系統(Local Analysis and Prediction System, LAPS)由美國預報系統實驗室(Forecast Systems Laboratory, FSL)在 1990 年代初開始發展，目的在於整合所有可用之資料以完整描述三維之大氣狀態。中央氣象局所引進之 LAPS 系統目前水平解析度為 9 公里，格點數為 153 及 141 點，垂直氣壓高度有 21 層，每 50 hPa 一層，由 1100 hPa 開始直到 100 hPa 之高度。LAPS 系統逐時產生描述大氣狀態之諸變數，如雲量、降水量及地面變數等。LAPS 系統之初始(背景)分析場來自水平解析度為 15 公里 X 15 公里之中央氣象局的非靜力區域模式系統(Non-hydrostatic Forecast System, NFS)，然後再加入(1)地面觀測(包含綜觀氣象站、船舶、海上浮標)及逐時航空機場資料、(2)氣象局所屬四雷達站每六分鐘觀測資料、(3)同步衛星 11 微米及可見光頻道資料、(4)探空資料、(5)不定時之飛機觀測報告。LAPS 系統之風場分析方面，則包含對都卜勒風場之併入及其客觀分析。LAPS 系統之地面及高空溫度場分析方法，利用變分法以運動方程為限制，使分析結果之質量場與風場保持平衡。LAPS 系統較特殊之處在於其對雲及水氣之分析，以 NFS 模式之水氣場及航空氣象觀測資料加上同步衛星紅外線雲頂溫度資料，產生初步之三維雲分布狀況，雷達回波資料亦作為定義雲區之用。另外亦利用 Haines et al. (1989)之方法導出雲系內部個種微物理參數、雲類及所應伴隨之雲厚與其相關之垂直運動分布場。 Jian et al. (2003)

指出由於衛星紅外線雲頂溫度及雷達資料(包含回波強度及逕向風場)之加入促使非絕熱(或溼)絕熱初始化 LAPS 系統增強對颱風雲系結構之分析能力，進而使其後之 MM5 模式系統在短於 2 小時之積分運算時間內對 Sinlaku 颱風之降雨強度作出更合理之預報。丘與陳(2002, 2003)評估非絕熱初始化 LAPS-MM5 系統對梅雨鋒面降雨強度之預報結果顯示，LAPS-MM5 系統對 0-6 小時累積雨量達 35mm 以上之梅雨鋒面降雨系統較有掌握能力(Equitable Threat Score, ETS 分數較高)，但對於 6 小時降雨強度在 35mm/6hr 以下之梅雨鋒面系統 LAPS-MM5 系統對雨區之偵測能力指標 POD (Probability of Detection) 為 1.0，而同期間之 BIAS 亦為 1.0 以上。亦即，LAPS-MM5 系統有傾向於普遍過度預報梅雨鋒面雨量及雨區之現象。換言之，非絕熱初始化 LAPS-MM5 系統對梅雨季豪大雨之定量降雨預報仍有相當大幅度的改進空間，吾人乃嘗試引進衛星雲導風場以使 LAPS 大氣之風場更為接近真實大氣，藉由紅外線及水汽頻道雲導風場之加入以改進 LAPS-MM5 系統對滯留性梅雨鋒面雲區及鋒面周圍無雲區但存在豐富水汽之三維風場結構之辨識能力，以增進其對梅雨鋒面降雨強度之模擬與預報能力。

## 二、研究方法

### (一) CIMSS 衛星反衍風場產品概述

本產品使用同步氣象衛星之影像資料，加上中央氣象局全球數值天氣預報模式(CWB/GFS)之網

格點資料，利用美國 UW-CIMSS 所發展的衛星反衍風場之演算法，從而計算而產生。衛星反衍風場產生之步驟，大致可分三部份：前置處理、演算主體和檢驗修正。前置處理包括氣象衛星資料轉換和數值預報資料尋找，衛星資料之轉換是把中央氣象局氣象衛星中心所產生的東亞地區 LCC 格式衛星資料，轉換成 McIDAS 格式資料，而其所轉換之衛星資料為水汽、紅外線和可見光頻道。至於數值預報模式則採用 GFS  $1^{\circ}\times 1^{\circ}$  之 GRIDB 格式資料，並根據衛星資料之時間，尋找最近可用之模式資料。演算主體包括目標物和初始高度計算（簡稱 WT）模組和風向量決定（簡稱 WW）模組。檢驗修正則包含了卷雲檢查、風向量驗證、品質控制指示（簡稱 QI）和逐次濾除修正（簡稱 WE）四部份。衛星反衍風場之整體流程圖如圖 2.1 所示。

## (二) LAPS 風場分析方法簡述 (簡與鄧, 2005)

對非絕熱初始化 LAPS 系統之風場分析方法而言，觀測所得之地面與高空風場權重遠大於其所使用 NFS 模式之背景風場，只要任一 LAPS 三維格點附近有觀測之風場，則經 LAPS 分析後之風場即會極趨近於觀測所得之風場，其目的即在於使 LAPS 大氣更接近真實大氣以增加 LAPS 產品在主觀(即時天氣分析)及客觀(供後續 MM5 模式進行預報積分)的可用性(Jian et al., 2003)。LAPS 採用多次迴圈方式進行風場分析，第一迴圈首先讀進地面觀測 [包括：機場天氣報告 (METAR)、浮標 (BUOY)、船舶報告 (SHIP)、氣象站天氣觀測 (SYNOP)]、探空、飛機觀測等風場資料，透過背景高度場 (來自背景模式，NFS Model) 之輔助，將觀測的風向、風速資料置於分析網格點上，可得觀測內插風場；接著將觀測內插風場減去模式背景風場 (來自 NFS 模式，first guess)，稱之為差量場，再來是將差量場以 Barnes (1964) 權重函數進行逐次修正法 (Successive Correction) 客觀分析；權重函數中之影響半徑將於逐次計算中隨著減小，且每次分析之結果都當作為下一次分析之背景場，如此循環分析，將可逐步顯現出大氣之中、小尺度風場特徵。接著將客觀分析後之差量場，加回模式背景風場，可得初步三維風場。繼續進入風場第二迴圈分析，此迴圈之主要目的為引進都卜勒雷達三維徑向風資料。首先讀進雷達徑向風場，接著由第一迴圈風場推算出相對於雷達的切向風分量，與徑向風進行合併；然後將合併風場再如同第一迴圈程序分析一次，即可得第二迴圈風場。若有雙或多雷達同時觀測時，則將藉第二迴圈風場，推導出第二個雷達的切向風分量，並與徑向風場結合，再進入第三迴圈分析。如此循環，直到所有雷達都計算完畢，即是最終之三維水平風場。本研究即是將衛星風場視為另一類之觀測資料源，進入 LAPS 風場分析之第一計算迴圈。

## 三、個案選取

本研究選取發生在 2005 年 5 月 12 日發生在台灣

地區之梅雨季豪雨個案(圖 3.1 至 3.4) 以評估檢視衛星風場資料(圖 3.5)對 LAPS-MM5 系統降雨預報之影響。由圖 3.1 可看出鋒面滯留於北台灣並延伸至大陸福南省，低層(850 及 700hPa) 氣旋式風切線在臺灣附近(圖 3.2)，且台灣位於高層(300hPa) 噴流條入區之南(圖 3.3)，大氣之綜觀環境有利於對流雲系沿此梅雨鋒面發展。經由前述之 CIMSS 衛星反衍風場方法，本研究得出 2005 年 5 月 12 日 00 及 12UTC 之 GOES-9 東亞地區衛星風場如圖 3.5 所示。從衛星風場之分布狀況可知台灣地區正處於高層輻散場內，亦為對流雲系之生成或發展提供有利之環境。從衛星雲圖(圖 3.4)即可看出中尺度對流雲即在北台灣地區生成或發展。

本研究即將 2005 年 5 月 12 日 12UTC 之 GOES-9 衛星風場加入 LAPS 分析場內，供後續之 MM5 模式做為初始場之用，以進行 12 小時之預報積分。由於衛星風場多位於 500hPa 高度以上，亦即 GOES-9 衛星風場對 LAPS 高層風場分析較有影響力，故本研究著重在比較有無衛星風場對 500hPa 以上之大氣環境影響之分析。由於衛星風場之植入使得台灣地區上空(300 hPa)之高層噴流加強且範圍加大(圖 3.6)，亦即 300hPa 之高層氣流結構因衛星風場之加入增加噴流入區之範圍而有利於流系統發展。另一方面，500hPa 高度場分析顯示，衛星風場之加入使得在台灣上空之脊場強度減弱(圖 3.7)，使不利於對流系統垂直發展之中層大氣條件轉為相對有利。

當模式積分至 6 小時(即 2005 年 5 月 12 日 18UTC)，高層(300hPa)之水汽輻合及輻散場即因衛星風場之加入而出現明顯差異。北台灣地區上空之 300hPa 輻散場範圍因衛星風場之加入而擴大(圖 3.8)，此對梅雨鋒面及所伴隨之中尺度對流系統之發展非常有利。另外，在 500hPa 高度亦顯示相同之現象(未示圖)。同時間之 850hPa 高度因衛星風場之故導致北台灣地區水汽輻合強度增強(圖 3.9)，亦即有更多之低層水汽向北台灣地區集中，有利於梅雨鋒面強度之增強。

於是，因衛星風場之加入使得模式對台灣地區之降雨強度有較佳之模擬能力(圖 3.10)。另由圖 3.11 可明顯看出經由衛星風場之加入導致 MM5 對中北部山區及平地地區之雨量有較佳之預報能力。預兆得分(threat score)數值顯示 LAPS-MM5 模式系統對台灣地區之 0-6 小時雨量預報由無衛星風場之加入之 0.58，增加為有衛星風場之加入之 0.82。亦即衛星風場資料可增強 LAPS-MM5 系統針對發生在 2005 年 5 月 12 日北台灣地區強降雨個案降雨強度之模擬能力。

## 四、結語

經由本個案之研究吾人可發現非傳統衛星風場資料之加入可提升 LAPS-MM5 預報系統對發生在 2005 年梅雨季之北台灣地區強降雨個案(5 月 12 日)降雨強度之模擬能力。經由對 500hPa 以上高層氣流

場結構之調整(如增強 300hPa 高層噴流之強度及範圍以增強高層之輻散場、弱化 500hPa 脊場之強度)。此導致 LAPS-MM5 預報系統在後續之時間積分過程中，增強低層 850 hPa 之水汽輻合量，而提升本系統此梅雨季中尺度對流系統個案之降雨過程及降雨量之模擬能力。

### 參考文獻

簡國基與鄧仁星，2005：中央氣象局 LAPS/MM5 系統在短時 (0-12 小時) 定量降雨預報之應用——梵高 (Vamco, 2003) 颱風個案研究。大氣科學，33，77-101。

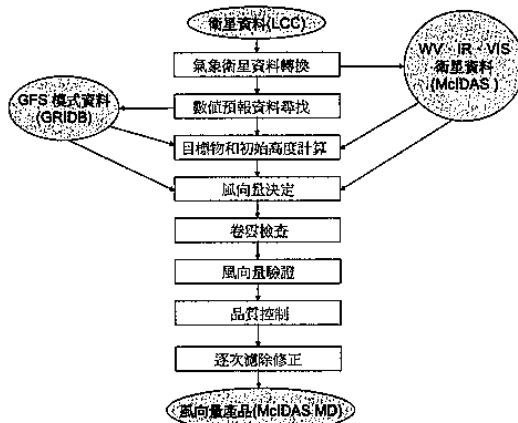


圖 2.1 衛星反衍風場之整體流程圖

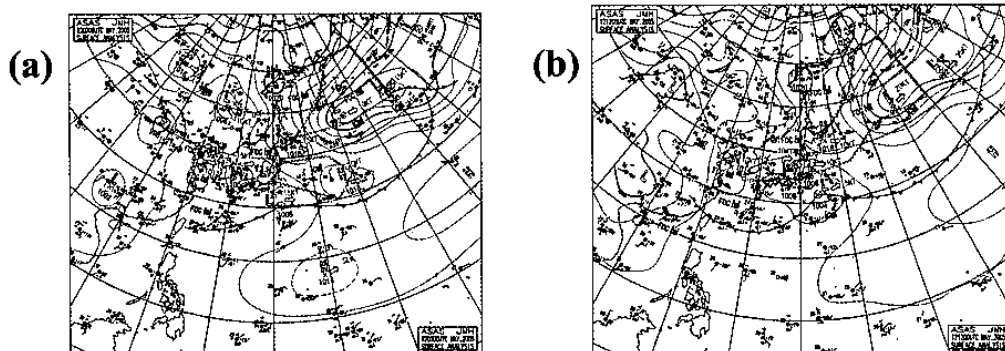


圖 3.1 2005 年 5 月 12 日東亞地區地面天氣圖，(a) 00UTC、(b) 12UTC (取自日本氣象廳 JMA，以下之天氣圖亦同)

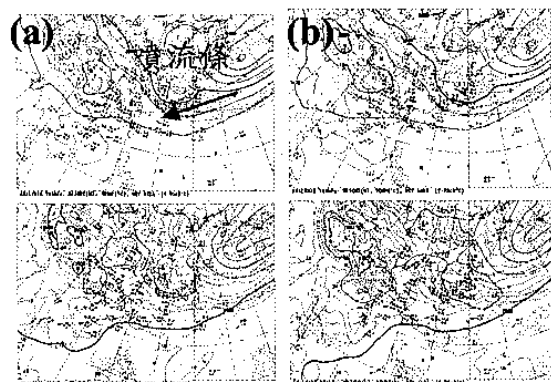


圖 3.2 2005 年 5 月 12 日東亞地區 700 及 850hPa 天氣圖，(a) 00UTC、(b) 12UTC。

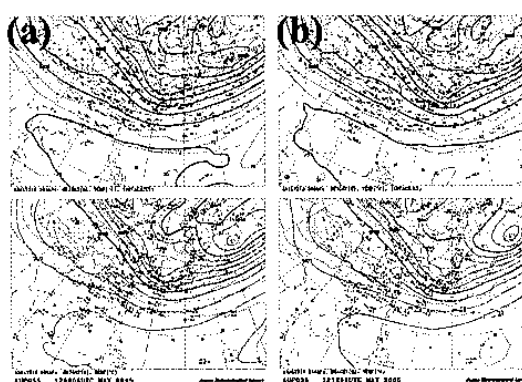


圖 3.3 2005 年 5 月 12 日東亞地區 300 及 500hPa 天氣圖，(a) 00UTC、(b) 12UTC。

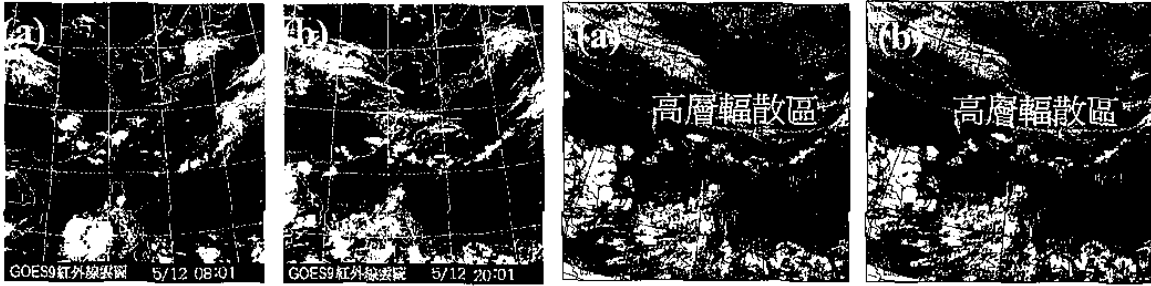


圖 3.4 2005 年 5 月 12 日東亞地區 GOES-9 紅外線衛星雲圖，(a) 00UTC、(b) 12UTC。

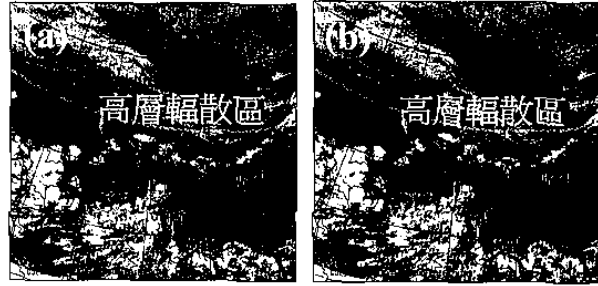
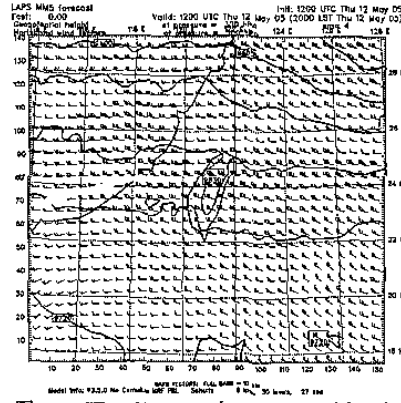


圖 3.5 2005 年 5 月 12 日 GOES-9 東亞地區衛星風場，(a) 00UTC、(b) 12UTC。

(a)



(b)

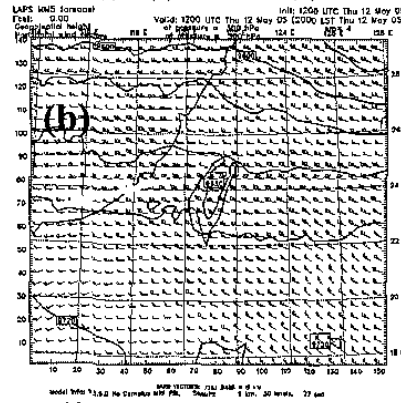
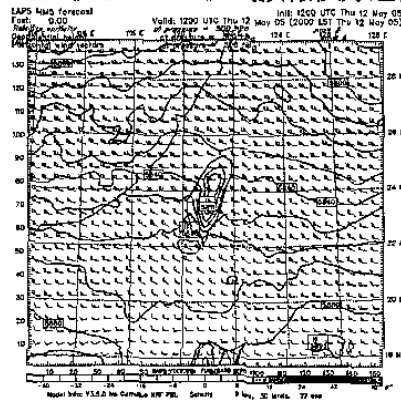


圖 3.6 2005 年 5 月 12 日 12UTC 之 LAPS 所分析之 300hPa 等高線與風場圖，(a) 未加入衛星風場、(b) 已加入衛星風場。此為進入後續 MM5 模式預報積分之初始場。

(a)



(b)

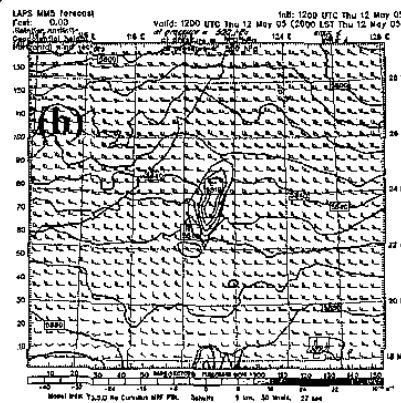
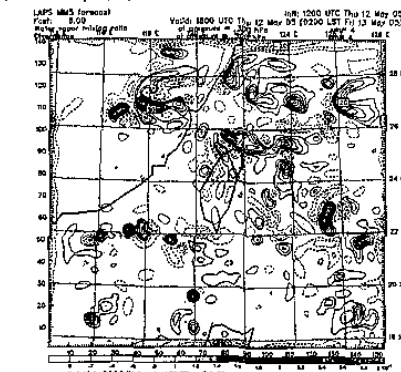


圖 3.7 同圖 3.6，但為 500hPa。

(a)



(b)

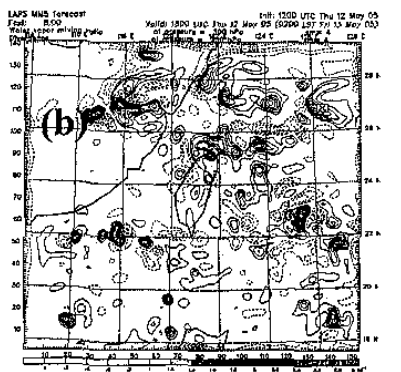


圖 3.8 LAPS-MM5 積分 6 小時(有效時間為：2005 年 5 月 12 日 18UTC)後之 300hPa 輻散場(實線為輻散，虛線為輻合)與水汽混合比(顏色深淺)圖。

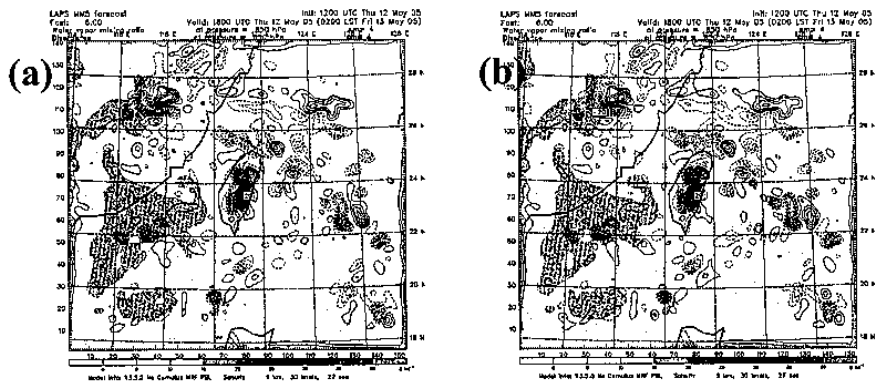


圖 3.9 同圖 3.8，但為 850hPa。

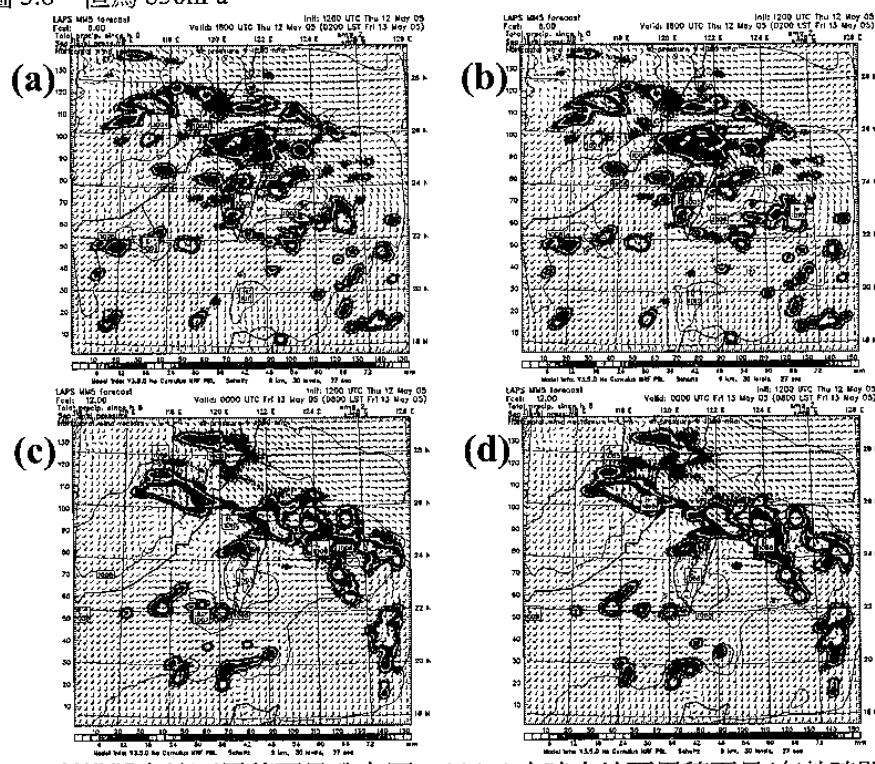


圖 3.10 LAPS-MM5 所模擬之地面累積雨量分布圖，(a)0-6 小時之地面累積雨量(有效時間為：2005 年 5 月 12 日 18UTC)，無衛星風場之加入結果、(b)同(a)，但為加入衛星風場之結果、(c) 6-12 小時之地面累積雨量(有效時間為：2005 年 5 月 13 日 00UTC)，無衛星風場之加入結果、(d)同(c)，但為加入衛星風場之結果。

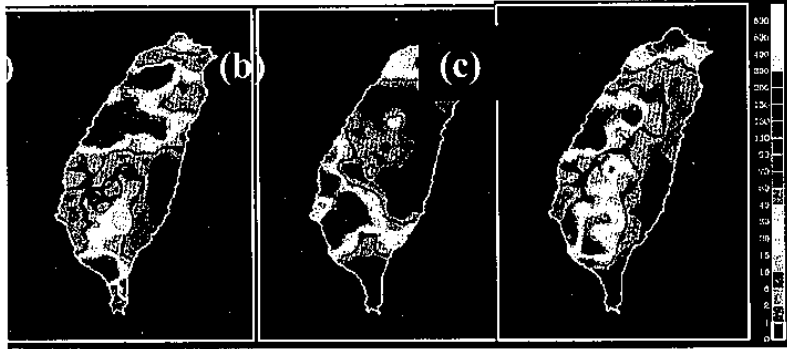


圖 3.11 LAPS-MM5 對 2005 年 5 月 12 日 12UTC 之 0 至 6 小時台灣地區雨量預報圖，(a)觀測、(b)未加入衛星風場、(c)已加入衛星風場。