

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、王建國、王溫和

中央氣象局氣象衛星中心

摘要

利用同步氣象衛星可見光、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成果，不僅有助於主觀研判熱帶擾動(如熱帶氣旋和颱風等)之短期行進方向(Velden et al., 1998；陳嘉榮等 1998, 顏泰崇與陳嘉榮 1999,2000,2001)，近年來亦用於改進數值預報模式對缺乏傳統觀測資料之廣大洋面地區天氣系統及颱風路徑預報的準確性(Cherubini et al., 2006; Soden et al., 2001)。本研究以 2006 年 5-6 月期間之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，評估衛星雲導風場之加入對 LAPS-MM5 模式模擬 2006 年梅雨季節強降雨天氣系統之影響。

經由 2 梅雨鋒面系統個案之探討，吾人發現當衛星風場資料可進一步解析 500hPa 以上且臨近華南地區之高層槽線時，衛星風場資料之加入可提升 LAPS-MM5 預報系統對發生台灣地區強降雨個案(2006 年 6 月 9 日)降雨強度之模擬能力。衛星風場之加入可有效調整 500hPa 以上高層氣流場結構之調整(如增強 300hPa 或 500hPa 高層槽線之強度及所伴隨之輻散場等)。此導致 LAPS-MM5 預報系統在後續之時間積分過程中，低層 850 hPa 之水汽輻合區增強，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強降雨量中心之模擬能力。另一方面，當傳統探空所分析之高層風場並無明顯槽脊線(亦即為 zonal flow 狀態)時(2006 年 5 月 30 日)，衛星風場資料(亦呈現 zonal flow 狀態)之加入則無法明顯增強 LAPS-MM5 預報系統對強降雨系統之模擬能力。

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

紅外線頻道衛星雲導風場可直接應用於研判颱風系統之短期移動趨勢並可用於研判中高緯度環流系統之位置及強度。此外，數值預報模式對颱風路徑之預測準確性則因同化衛星雲導風場資料而提昇 (Bennett et al. 1996, Velden et al. 1998, Leslie et al. 1998, Soden et al., 2001; Cherubini et al., 2006)。水汽頻道衛星風場則可用於研判(雲區內內及無雲區但水汽量充足區之)中尺度環流系統的風場結構特徵。自 1997 年起中央氣象局開始依據美國國家衛星資訊局(National Environmental Satellite, Data and Information Service, NESDIS)與威斯康辛大學

Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies (CIMSS) 之方法(Velden *et al.*, 1997), 利用日本GMS-5 衛星資料開發紅外線與水汽頻道之雲導風場反演技術(陳等 1998, 顏與陳, 1999,2000,2001) 並在氣象衛星中心進行例行上線作業。

中央氣象局之局地分析預報系統(Local Analysis and Prediction System, LAPS) 特殊之處在於可整合各式傳統與非傳統觀測資料以完整描述三維之大氣狀態。LAPS 系統水平解析度為 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 系統逐時產生如雲量、降水量及地面變數等。LAPS 首先客觀分析 15 公里 X 15 公里水平解析度之中央氣象局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 微米紅外線及可見光頻道資料、(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。

本研究嘗試引進 2006 年梅雨季之衛星雲導風場以校正 LAPS 大氣之風場, 藉由紅外線及水汽頻道雲導風場之加入以增進 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, 以驅動及調整 LAPS-MM5 系統後續預報積分之溫度場及水汽場向真實大氣逼近, 而改進其對梅雨鋒面降雨強度之模擬與預報能力。

二、研究方法

日本 MTSAT-1R 衛星風場反演技術乃依美國威斯康辛大學 Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies (CIMSS)所設計之方法, 其流程參見陳嘉榮(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; 簡與鄧, 2005)。

LAPS 系統以 Barnes (1964)逐次修正法 (Successive Correction) 客觀分析各式風場觀測資料[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], 權重函數中之影響半徑將於逐次計算中隨著減小, 以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。接著針對各都卜勒雷達三維

徑向風資料，由之前的三維風場推算出相對於雷達的切向風分量與雷達徑向風合併，然後將合併風場再進行 Barnes 逐次修正法得到最終之三維水平風場。本研究即是將依 MTSAT-1R 衛星所反演之衛星風場視為另一種類之觀測資料源，進入前述第一次之 LAPS 風場分析。

三、個案選取與分析

本研究首先選取發生在 2006 年 6 月 9 日發生在台灣地區之梅雨季豪雨個案(圖 3.1) 以評估檢視衛星風場資料(圖 3.2)對 LAPS-MM5 系統降雨預報之影響。由圖 3.1 可看出鋒面滯留於台灣並延伸至大陸華南，低層(850 及 700hPa) 氣旋式風切線由華南延伸至臺灣附近，並有 40 或 45kts 之低層噴流位於風切線之南(圖未示)，且台灣位於高層(300hPa) 噴流條入區之南(圖未示)，大氣之綜觀環境有利於對流雲系沿此梅雨鋒面發展。從衛星雲圖(圖未示)即可看出中尺度對流雲即在北台灣地區生成或發展。

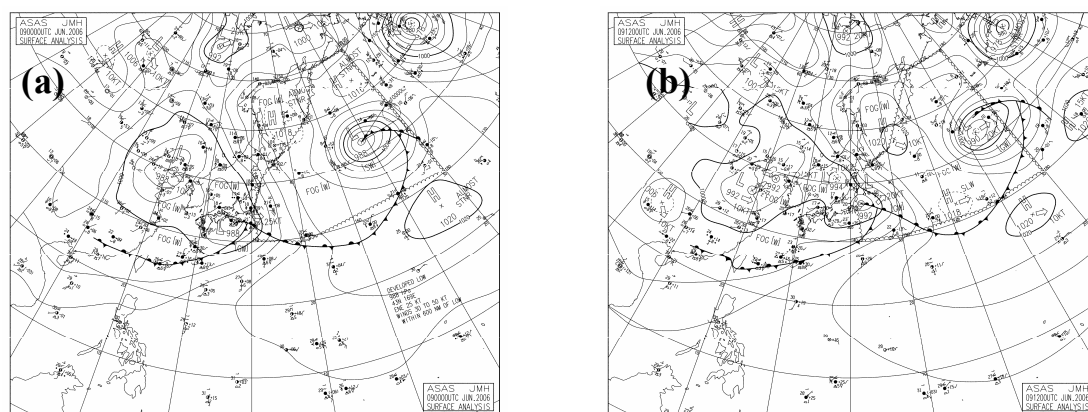


圖 3.1 2006 年 6 月 9 日東亞地區地面天氣圖，(a) 00UTC 、(b) 12UTC (取自日本氣象廳 JMA)

2006 年 6 月 9 日 00 及 12UTC 之 GOES-9 東亞地區衛星風場如圖 3.2 所示。從衛星風場之分布狀況可知台灣地區正處於高層槽前之分流區域內，亦為對流雲系之生成或發展提供有利之環境。

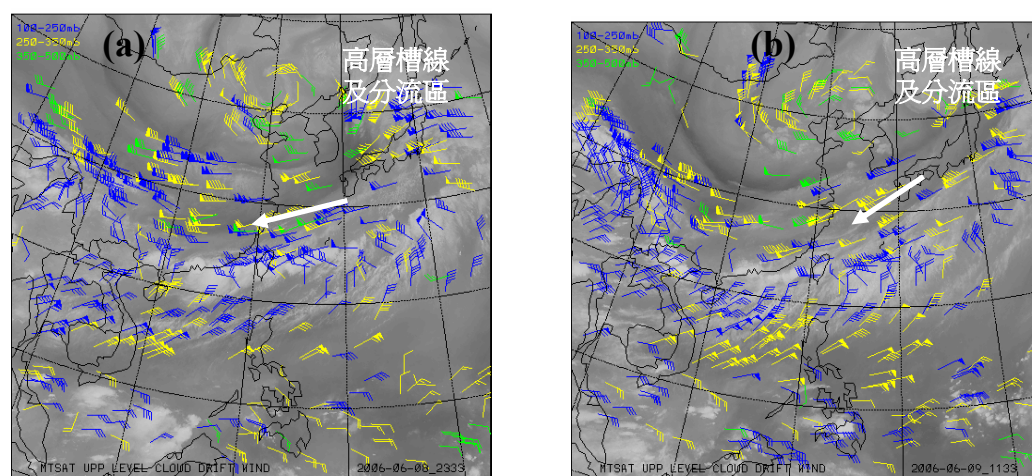


圖 3.2 2006 年 6 月 9 日 MTSAT-1R 東亞地區高層(500-100hPa)衛星風場，(a) 00UTC、(b) 12UTC。

本研究即將 2006 年 6 月 9 日 00UTC 之 MTSAT-1R 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 MTSAT-1R 衛星風場多位於 500hPa 高度以上，亦即 MTSAT-1R 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福建沿海上空(300 hPa)之高層槽線加強 (圖未示)，此導致該 300hPa 槽前之水氣輻散區域因衛星風場之加入而範圍加大及強度加強，更有利於流系統發展(圖未示)。另一方面，500hPa 高度場分析顯示，衛星風場之加入已稍為加強在台灣海峽上空之短槽線，其所伴隨之正渦度平流區域稍為加強(圖未示)，此使中層大氣條件更有利於對流系統之發展。

同時間之 850hPa 高度場方面，因衛星風場加入之故導致台灣海峽區域之低層噴流增強 5 至 10 kts (圖未示)，水汽輻合區之範圍亦隨之加大 (圖未示)，亦即有更多之低層水氣向台灣地區集中及輸送，有利於梅雨鋒面降雨強度之增強。

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 3.11)。另由圖 3.11 可明顯看出經由衛星風場之加入導致 MM5 對中南部地區之強降雨量中心區(累積雨量達 300mm 以上之區域)有較佳之預報能力，強降雨中心區域更為集中。預兆得分(threat score)數值顯示 LAPS-MM5 模式系統對台灣地區之 0-12 小時雨量預報在 25mm 以上之區域由無衛星風場之加入之 0.56，增加為有衛星風場之加入之 0.58。亦即衛星風場資料可增強 LAPS-MM5 系統針對發生在 2006 年 6 月 9 日台灣中南地區降雨個案降雨中心強度及範圍之模擬能力。

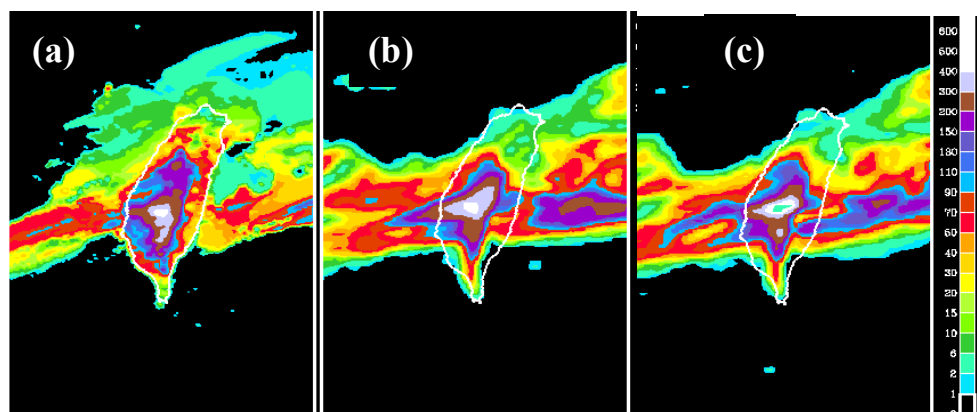


圖 3.3 LAPS-MM5 對 2006 年 6 月 9 日 00UTC 之 0 至 12 小時台灣地區雨量預報圖，(a)雷達觀測之估計值、(b)未加入衛星風場、(c)已加入衛星風場。

四、結語

對 2006 年 6 月 9 日 00UTC 之個案而言，高密度 MTSAT-1R 衛星風場之加入 LAPS 分析場內，使得位於台灣地區上游即福建沿海上空之高層(300 hPa)槽線加強，水氣輻散區因之範圍加大及強度加強，更有利於流系統發展。衛星風場之加入使位於台灣海峽上空之 500hPa 短槽線稍為加深，其所伴隨之正渦度平流區域稍為加

強，此亦使中層大氣條件更有利於對流系統之發展。最重要的是，因衛星風場加入之導致台灣海峽區域之 850hPa 低層噴流增強 5 至 10 kts，水汽輻合區之範圍隨之擴大，使有更多之低層水氣向台灣地區集中及輸送，有利於梅雨鋒面降雨強度之增強，導致 MM5 對中南部地區之強降雨量中心區(累積雨量達 300mm 以上之區域)有較佳之預報能力，強降雨中心區域更為集中，更接近雷達之降雨量觀測。

五、參考文獻

- 陳嘉榮、顏泰崇與謝信良，1998:地球同步衛星雲導風場之推演與應用(一)。氣象學報，42, 313-330.
- 顏泰崇與陳嘉榮，1999：同步衛星風場求取與在颱風上的應用(一)，國科會專題研究計畫成果報告。17pp。
- 顏泰崇與陳嘉榮，2000：同步衛星風場求取與在颱風上的應用(二)，國科會專題研究計畫成果報告。17pp。
- 顏泰崇與陳嘉榮，2001：同步衛星風場求取與在颱風上的應用(三)，國科會專題研究計畫成果報告。18pp。
- 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。
- 陳嘉榮，2005：衛星風場對濕絕熱初始化模式預報梅雨季豪大雨影響之研究(I)，國科會專題研究計畫成果報告。18pp。
- Bennet, A. F., B. S., Chua, and L. M. Leslie, 1996: Generalization inversion of a global numerical weather prediction model. *Meteor. Appl. Phys.*, 60, 165-178.
- Cherubini, T, S. Businger, C. Velden, R. Ogasakawa, 2006: The impact of satellite-derived atmospheric motion vectors on mesoscale forecasts. *Mon. Wea. Rev.*, 134, 2009-2020.
- Jian, G.-J., S.-L. Shieh, J. Mcginley, 2003: Precipitation simulation associated with typhoon Sinlaku (2002) in Taiwan area using the LAPS diabatic initialization for MM5. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 14, 1-28.
- Leslie, L. M., J. F. Le Marshall, R. P. Morison, C. Spinono, R. J. Purser, N. Pescod, and R. Seecamp, 1998: Improved hurricane tract forecasting from the continuous assimilation of high quality satellite wind data. *Mon. Wea. Rev.*, 126, 1248-1257.
- Soden, B., C. Velden, and R. Tuleya, 2001: The impact of satellite winds on experimental GFDL hurrican model forecasts. *Mon. Wea. Rev.*, 129, 835-852.
- Velden, C., T. Olander, and S. Wanzong, 1998: The impact of multispectral GOES-8 wind information on Atlantic tropical cyclone track forecasts in 1995: Part I: Dataset methodology, description, and case analysis. *Mon. Wea. Rev.*, 126, 1202-1218.