

# 梅雨期鋒面伴隨之對流個案分析

<sup>1</sup>宋偉國、<sup>2</sup>林家昱<sup>2</sup>石琦堅

<sup>1</sup>空軍航空技術學院軍事氣象系<sup>2</sup>成功大學地球科學系

## 摘要

本文運用2014年西南氣流聯合觀測實驗計畫資料，與中央氣象局、NCEP資料，分析5月28日高雄外海地區對流系統特徵，並透過探空密集觀測資料，以及WRF模式模擬對流系統，研討梅雨鋒與高雄地區邊界層特性及其與對流系統相關性。OLR資料與高屏地區降水分析顯示，5月OLR於10日前有顯著深對流條件，但5月28日高雄地區的強降水並無伴隨大範圍深對流之OLR，顯示局部環流有其角色。透過WRF模擬結果，鋒已在台灣附近，高雄外海為5月28日清晨高屏地區地面的陸風，與高雄外海之西北風產生輻合，透過台灣海峽交界產生的水氣場與輻合氣流，以及低的舉升凝結高度，使對流容易發展。探空資料顯示，海峽附近的馬公與南台灣屏東均有高的可用位能，且屏東近地層開始產生顯著西南風，當對流透過陸風與海岸邊的西北風輻合舉升後，對流開始發展，之後透過近地層轉為顯著西南風，水氣平流與輻合，使對流持續發展。

關鍵字：WRF 模式、梅雨鋒、對流系統

## 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，是為梅雨期。台灣地區5月中旬至6月中旬梅雨季，鋒區伴隨狹長雲帶，寬數百公里，長數千公里，雲帶內之中尺度對流系統，往往伴隨顯著降水。中尺度對流系統的發展與低層噴流、西南氣流、局部環流有密切關係(Jou et. al[7]；宋等[3])，另外，局部環流等天氣系統的發展與邊界層息息相關。侯等[4]發現白天陸地受熱後會產生不穩定的對流邊界層，並透過亂流傳送熱量，當海風環流形成後向內陸移動時，會和這些亂流發生交互作用，使海風前緣產生忽強忽弱的情形，進而使被舉升的水氣凝結成雲也相當複雜，海風鋒面和對流邊界層中的對流胞交互作用，因合併對流胞而增強。Hsiu et al.[6]分析2008年西南氣流實驗期間晴空狀況下，南台灣所觀測之大氣邊界層中尺度擾動，發現海風、陸風鋒面等中尺度邊界的存在和新對流胞的發生有高達0.7的相關，顯示晴空狀況下的大氣邊界層擾動對於豪雨系統發生之瞭解具有重大意義。Bright, D. R., and S. L. Mullen[5]分析顯示邊界層在激發西南季風下的對流系統扮演重要的角色，正確分析邊界層演變，對於定量降水預報有重要影響。低層噴流對中尺度對流系統影響顯著，而低層噴流亦與邊界層密切相關，Li, J., and Y.-L. Chen[8]分析TAMEX期間的地形噴流成因，在地面鋒面或低壓槽接近華南沿岸時，在鋒前西南氣流盛行的環境下，至台灣西北部地形時，氣流大部分會繞過山脈到背風面，在邊界層內（約1 km）氣流受地形的屏障，會在迎風面產生堆積，產生迎風脊和背風槽的氣壓型態。這樣的氣壓配置，在台灣西北部的迎風面會有跨越等壓線由高壓往低壓的等變壓風加速，加上環境的西南氣流而造成較強的風速帶，即形成地形噴流。中尺度對流系統為豪雨的製造者，唯其形成與演變為多重尺度交互作用所致，欲提升梅雨季豪大

雨定量降水預報技術，須整合氣象觀測網、氣象模式、氣候分析等相關領域，唯有整合研究團隊方能提升定量降水預報技術。2014年5月26日-6月7日，由颱風中心邀集國內大氣科學研究單位舉行西南氣流觀測實驗計畫，於台灣南部高雄集來、長榮大學、小琉球以及海研五號做密集觀測，以雷達及每六小時探空實施密集觀測，研究引發對流系統之中尺度激發機制，與梅雨鋒、低層噴流及邊界層結構相關性分析，本文將運用探空密集觀測資料，分析梅雨期南部地區邊界層結構特徵，並探討邊界層結構對梅雨期環流及對流之影響性。

## 二、資料處理簡介

本研究使用中央氣象局天氣圖與NCEP全球模式資料分析綜觀環境，並以氣象局衛星雲圖分析對流演變過程。另外，以颱風中心聯合國內氣象單位舉行之西南氣流觀測網，包含高雄集來與小琉球探空每六小時觀測資料，以及環保署高雄氣象觀測站，分析邊界層風場變化，探討梅雨鋒與局部環流對於對流系統演變知相關性分析。

研究引用中尺度模式WRF3.4版，模擬對流個案，模式初始時間為2013年7月9日0000UTC，採用水平網格三層，第一層網格70\*70(27km)，第二層網格91\*91(9km)，第三層網格61\*61(3 km)，模擬中尺度過程對午後雷雨發展機制。邊界層參數化用Yonsei University (YSU)，於地表層用Monin-Obukhov with Carlsion-Boland黏滯副層及標準的similarity，土壤用5層土壤處理熱擴散Single-Moment 5-class (WSM5)，雲物第一、二層雲滴、雨滴、冰晶、雪交互作用，第三層網格Kessler scheme暖雲過程。積雲參數化用Kain-Fritsch (KF)，降水方面採用KM 2D Smagor模組，短波輻射採用Dudhia，長波採用RTIM。

### 三、對流系統分析

2014年5月每五日OLR平均結果顯示(圖1)，5月1-10日台灣明顯出現深對流雲帶，延伸到南海附近，顯示南海水氣提供申對流系統發展。5月11日至5月底，南台灣OLR平均值 $240\text{Wm}^{-2}$ 以上，顯示對流系統並非十分活躍。對照天氣系統與降雨而言，5月5日至7日台灣受滯留鋒面影響(圖略)，高雄與屏東地區均有降水發生(圖2)，高雄降雨量可達 $30\text{mm}$ 左右。之後台灣處於太平洋高壓影響下，偶有對流降水發生。5月15日至16日梅雨鋒面通過，但南部地區降水並不明顯，對照OLR，南台灣此時非處於深對流條件。19日至21日台灣受滯留鋒面影響，各地有短暫陣雨或雷雨，特別是南部局部地區於19-20日大豪雨發生，降水可達 $50\text{mm}$ ，但對應OLR而言，並無明顯深對流條件。27日至29日台灣受滯留鋒面影響，高雄與屏東有降水發生，但OLR仍無顯著深對流情形。

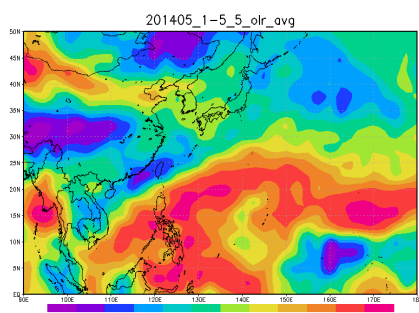


圖1a 2014年5月1-5日OLR平均值( $\text{wm}^{-2}$ )

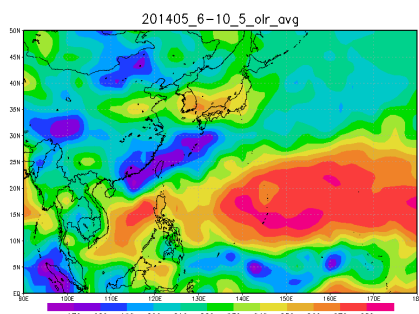


圖1b 2014年5月6-10日OLR平均值( $\text{wm}^{-2}$ )

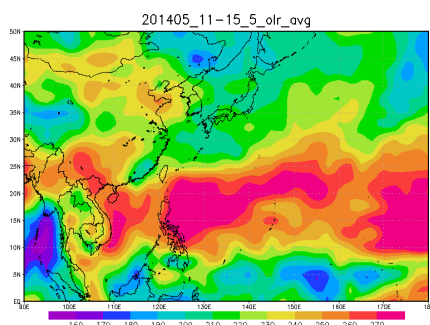


圖1c 2014年5月11-15日OLR平均值( $\text{wm}^{-2}$ )

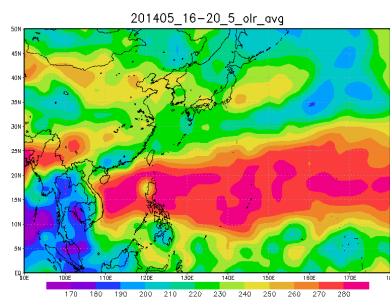


圖1d 2014年5月16-20日OLR平均值( $\text{wm}^{-2}$ )

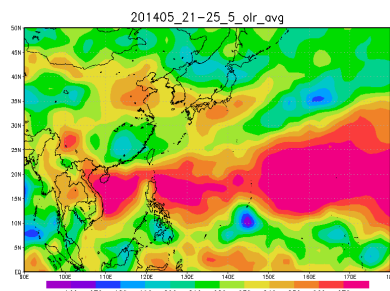


圖1e 2014年5月21-25日OLR平均值( $\text{wm}^{-2}$ )

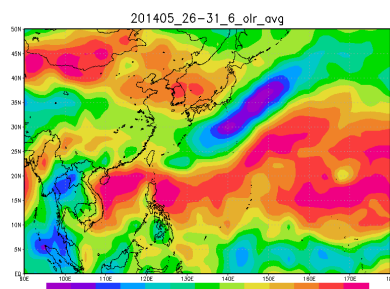


圖1f 2014年5月26-31日OLR平均值( $\text{wm}^{-2}$ )

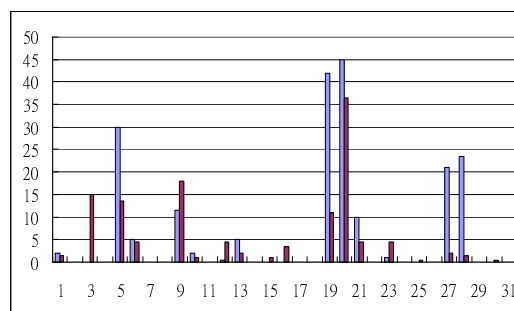


圖2 2014年5月高雄(藍色)、屏東(紅色)降雨量(mm)

6月開始，1-5日OLR平均值顯示南台灣深對流逐漸發展起來(圖3a)，6-10日此時南台灣OLR值最低(圖3b)，平均值可達 $180\text{Wm}^{-2}$ 以下。11-15日OLR值略為減弱(圖3c)，但仍顯示深對流延伸至南海一帶，唯此為颱風外圍環流引發的對流系統。16日至6月底則南台灣對流強度相較之前則減弱許多(圖略)，顯示此時已為太平洋高壓環流之反映，梅雨期已經結束。

對照6月降雨量(圖4)，6月3日台灣受滯留鋒面影響，3-4日南部高雄與屏東有降雨，尤其屏東雨勢遠較高雄明顯。6日至8日鋒面滯留在臺灣附近，但南部降雨有限。13-16日高雄降雨為颱風外圍環流影響，此時梅雨期已經結束。

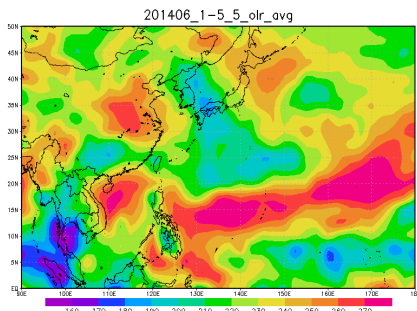


圖3a 2014年6月1-5日OLR平均值( $\text{wm}^{-2}$ )

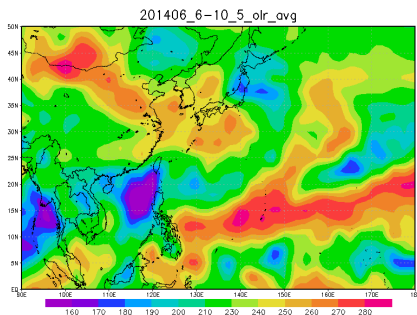


圖3b 2014年6月6-10日OLR平均值( $\text{wm}^{-2}$ )

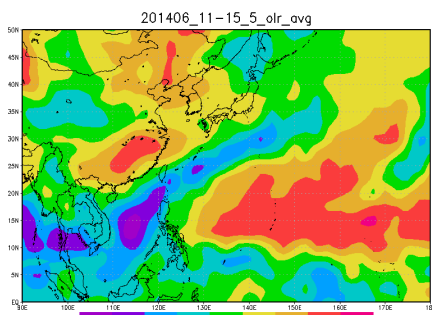


圖3c 2014年6月11-15日OLR平均值( $\text{wm}^{-2}$ )

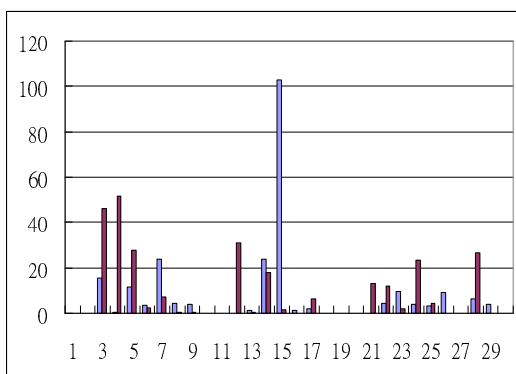


圖4 2014年6月高雄(藍色)、屏東(紅色)降雨量(mm)

透過OLR與高屏地區降雨分析，影響南台灣的對流系統，5月份為1-10日，19-21日南台灣有顯著降水，但OLR並無明顯反映。5月27-29日高雄降水顯著，但屏東很少，顯示對流系統不易掌握。6月之後，6月3-7日高屏顯著降水，OLR則主要反映在6月6-10日。之後6月13-15日高雄強降水為颱風外圍環流反應，OLR亦有顯著反映，顯示此降水系統為深對流降水系統。

5月27-29日高雄地區的顯著降水，但OLR並無明顯反映，顯示此個案並非梅雨鋒大尺度環流的舉升過程，本個案之前分析結果顯示（宋與石[2]），5月28日上午出現對流系統，並逐漸發展成幾百公里對流系統（圖5），時間持續近一天，直至5月29日上午消散。5月28日0000UTC-1800UTC小琉球地面至850hPa均偏西北風（圖略），而高雄集來則於900hPa附近為西南風，但風速不強，而地面則為西北風，南海附近地面為西南風，是否透過南海與台灣海峽交界產生的水氣場與輻合氣流，以及低的舉升凝結高度，使對流容易發展，本文將近一步用WRF模式模擬結果所提供的高解析度資料，分析邊界層與局部環流對於對流系統發展之相關性分析。

模式模擬初始時間為5月27日1200UTC，模式模擬15小時後（28日1100LST）（圖6），台灣海峽與台灣東側海面上出現對流雨帶，此與觀測結果一致（圖5c）。宋與石[2]模擬該個案15小時（28日1100LST）的850hPa水氣與風場，顯示台灣海峽對流區伴隨顯著水氣，分析28日0800LST舉升凝結層分布，在該對流區出現一相對極低值，LCL僅為300多公尺，該區亦伴隨顯著輻合區，由於舉升凝結高度較低，氣流的局部輻合產生上升運動，造成對流很快形成。本研究持續宋與石[1]研究，分析近地面氣流分布（圖7），顯示模擬12小時（28日0800LST）於南台灣海岸出現陸風，與海峽出現的西北氣流產生顯著的輻合區，該區伴隨顯著對流降水（圖8），顯係局部環流扮演舉升氣流之重要角色。

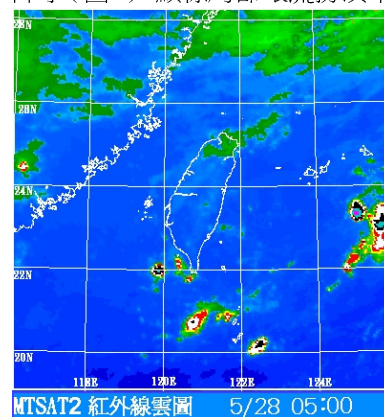


圖5a 2014年5月28日0500L衛星雲圖

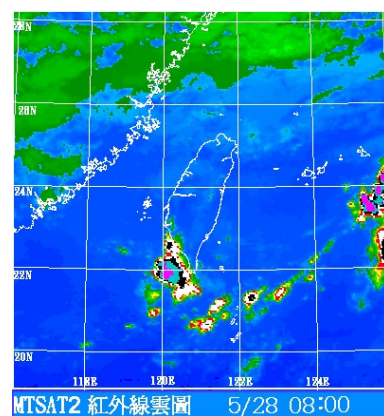


圖5b 2014年5月28日0800L衛星雲圖



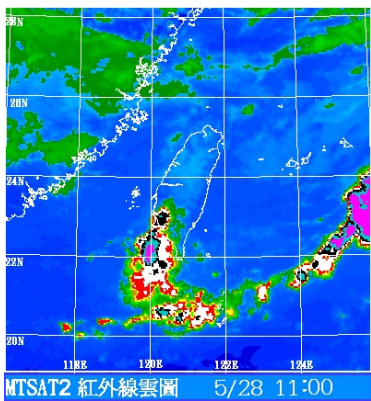


圖5c 2014年5月28日1100L衛星雲圖

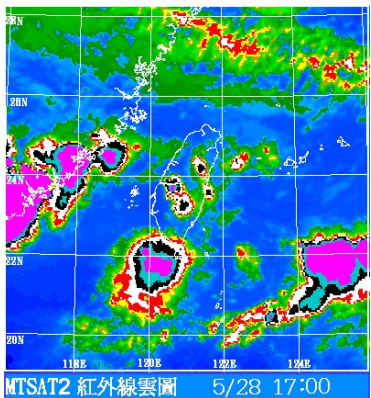


圖5d 2014年5月28日1700L衛星雲圖

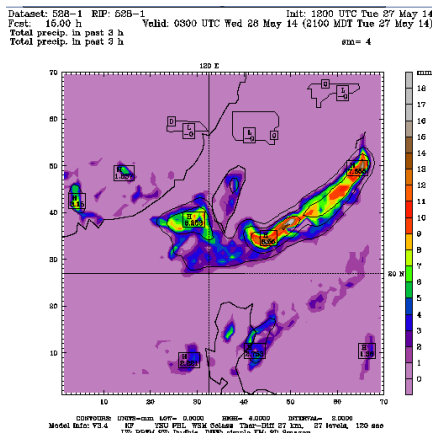
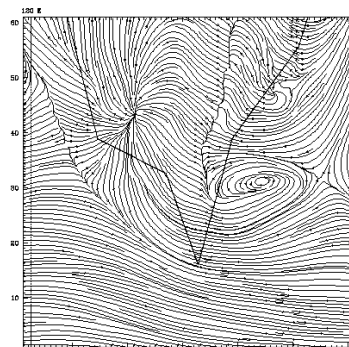


圖6 WRF模擬15小時（5月28日1100LST）三小時累積降水量

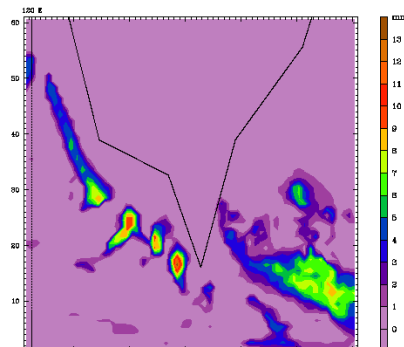
Dataset: 528-3 RIP: 628-3 Init: 1200 UTC Tue 27 May 14  
Fct: 12:00 h Valid: 0000 UTC Wed 28 May 14 (1800 MDT Tue 27 May 14)  
Horizontal wind streamlines at k-index = 27



Model Info: V3.4 KF 1200 PBL WSM Scheme Ther=202 3.0 km, 27 levels, 13 sec  
L1: 554M 87: Double 100% simple IM: 80 Smagor

圖7 WRF模擬12小時（5月28日0800LST）地面氣流線

Dataset: 528-3 RIP: 628-3 Init: 1200 UTC Tue 27 May 14  
Fct: 12:00 h Valid: 0000 UTC Wed 28 May 14 (1800 MDT Tue 27 May 14)  
Total precip. in past 6 h



Model Info: V3.4 KF 1200 PBL WSM Scheme Ther=202 3.0 km, 27 levels, 13 sec  
L1: 554M 87: Double 100% simple IM: 80 Smagor

圖8 WRF模擬12小時（5月28日0800LST）三小時累積降水量

分析模式模擬之屏東探空資料，模式預報12小時（5月28日0800LST），屏東近地層為西北風（圖9a），與實際觀測一致（圖略）。此時CAPE僅約309，LCL則為924hPa高度。預報15小時（5月28日1100LST）（圖9b），屏東近地層已轉為西南風，此時CAPE以增加為1291，LCL則為915hPa高度。馬公近地層已轉為西南風，此時CAPE以增加為965，LCL則僅為941hPa高度，顯示只需上升幾百公尺即可產生對流系統。

Dataset: 528-3 RIP: 628-3 Init: 1200 UTC Tue 27 May 14  
Fct: 12:00 h Valid: 0000 UTC Wed 28 May 14 (1800 MDT Tue 27 May 14)  
Temperature x,y= 19.55, 43.04 latlon= 22.68, 120.47 sta=KCCG,66750  
Dewpoint temperature x,y= 19.55, 43.04 latlon= 22.68, 120.47 sta=KCCG,66750  
Horizontal wind vectors x,y= 19.55, 43.04 latlon= 22.68, 120.47 sta=KCCG,66750

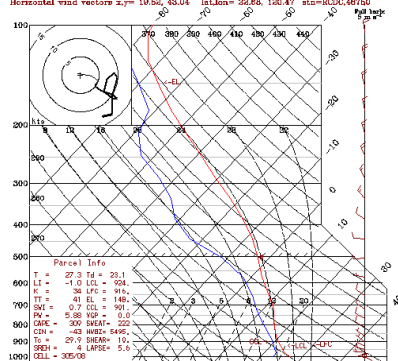


圖9a WRF模擬12小時（5月28日0800LST）屏東探空

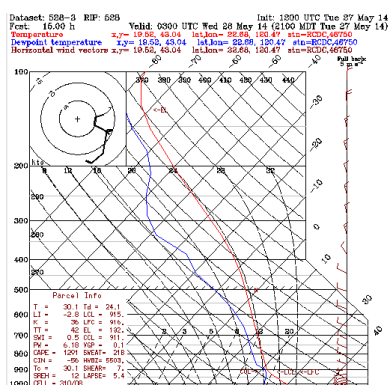


圖9b WRF模擬15小時（5月28日1400LST）屏東探空

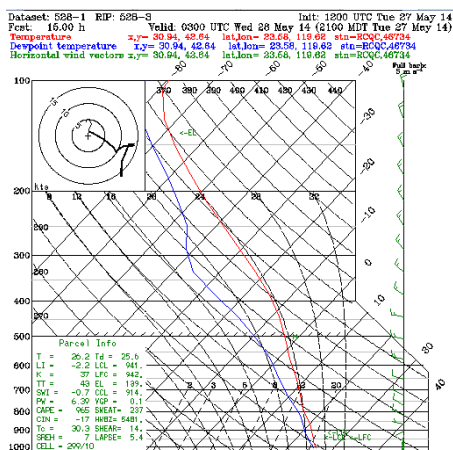


圖9c WRF模擬15小時（5月28日1400LST）馬公探空

## 四、結論

本文運用2014年西南氣流聯合觀測實驗計畫資料，與中央氣象局、NCEP資料，分析5月28日高雄外海地區對流系統特徵，並透過探空密集觀測資料，以及WRF模式模擬對流系統，研討梅雨鋒與高雄地區邊界層特性及其與對流系統相關性。OLR資料與高屏地區降水分析顯示，5月OLR於10日前有顯著深對流條件，但5月28日高雄地區的強降水並無伴隨大範圍深對流之OLR，顯示局部環流有其角色。透過WRF模擬結果，鋒已在台灣附近，高雄外海為5月28日清晨高屏地區地面的陸風，與高雄外海之西北風產生輻合，透過台灣海峽交界產生的水氣場與輻合氣流，以及低的舉升凝結高度，使對流容易發展。探空資料顯示，海峽附近的馬公與南台灣屏東均有高的可用位能，且屏東近地層開始產生顯著西南風，當對流透過陸風與海岸邊的西北風輻合舉升後，對流開始發展，之後透過近地層轉為顯著西南風，水氣平流與輻合，使對流持續發展。

## 五、參考文獻

[1]宋偉國、石琦堅，2014：“梅雨期戰場環境之對流個案初步分析”，第二十三屆國防科技研討會。

- [2]宋偉國、石琦堅，2015：“2014年梅雨期5月28日對流個案分析”，第五屆航空科技與飛航安全學術研討會
- [3]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
- [4]侯昭平、謝銘恩、張龍耀、汪建良、廖杞昌，2011：“局部環流與深對流”，2011第一屆航空科技與飛航安全學術研討會
- [5]Bright, D. R., and S. L. Mullen, 2002: “The sensitivity of the numerical simulation of the southwest monsoon boundary layer to the choice of PBL turbulence parameterization in MM5”. Wea. Forecasting, 17, No. 1, 99–114.
- [6]Hsiu, Rong-Guang, Ben Jong-Dao Jou, and Wen-Chau Lee, 2009: “Mesoscale boundaries and thunderstorm initiation during SoWMEX/TiMREX”, Proceeding Abstract 2nd Science Workshop on SoWMEX/TiMREX, Taipei, Taiwan, Oct.
- [7]Jou, B. J.-D., WC Lee, RH Johnson, 2010: “An overview of SoWMEX/TiMREX operation. “Global Monsoon System” edited by CP Chang, Scientific World Publishing, 214-232.
- [8]Li, J., and Y.-L. Chen, 1998: “Barrier jets during TAMEX”. Mon. Wea. Rev., 126, 959–971.