

# 97年6月5日南部豪雨成因與中尺度渦旋(MV)現象觀察

莊閔翔 朱炎輝  
空軍氣象聯隊

## 摘要

本研究以梅雨季在鋒面系統影響期間，綜觀環境場提供有利對流條件發展角度切入，促使中尺度對流系統(MCC)發展，從而探討台灣南部地區今(97)年6月5日豪雨發生之成因，並藉由衛星與雷達觀測資料，發現南海至海峽南部地區有中尺度渦旋(MV)存在，該氣旋式環流系統配合底層西南風場移經台灣地區，另位於該渦旋西南方之螺旋狀回波，造成當日南部地區累計最大達293.2mm降雨量；經由研究發現，中尺度對流系統維持長生命期發展之有利條件中，低層噴流(Low Level Jet, LLJ)及垂直風切之相關性密切，當850hPa之低層噴流在風切南側，易提供南方水汽及熱力有利條件，使鋒面上的對流性組織發展旺盛且持續生長，當在南海或海峽南部地區發展成熟後，順著低層西南氣流方向，移入台灣地區造成局部地區豪大雨天氣現象；預報人員當發現綜述條件吻合時，可提前掌握豪大雨量預報，提供相關單位因應，減低災情。

關鍵字：中尺度對流系統(MCC)、中尺度渦旋(MV)、低層噴流、垂直風切

## 一、前言

豪雨造成台灣的自然災害影響經濟生產與民生活動甚鉅。近幾年來國內政府相關部門及民眾非常重視，氣象單位也投入許多的心血進行研究。根據自由時報6月9日報導：『台灣中南部及香港、中國華南地區相繼暴雨成災，正在台灣進行由五國跨國合作的「西南氣流實驗計畫」監測發現，災情元凶都是「中尺度渦旋」。這是台灣首度觀測到的天氣系統，雖然風力較小，但降雨型態與颱風相當類似，看似平常的鋒面，卻在台灣造成類似颱風的豪雨災情。西南氣流實驗計畫主持人、台大大大氣系教授周仲島表示，盛行的西南氣流發展出有組織、逆時鐘旋轉、類似颱風前身的中尺度渦旋系統，周邊常會出現劇烈降雨。5至6月台灣南部及香港大雨，都觀測到是因位處在中尺度渦旋邊緣上的對流系統所造成。』像這種會帶來劇烈降水的天氣系統，發展期與成熟期多半是處在廣大的洋面上，然而這些地方卻是最缺乏完整觀測資料的區域。因此即使是科技如此發達的今天，對於「中尺度渦旋」的產生、發展以及一些細部結構方面的了解與認識仍然力有未逮。因此衛星觀測資料方面的應用更顯得重要，主要偏重在可見光或是紅外線雲圖在渦旋發展及走向的監控，即時提供研究及作業人員使用。

## 二、研究目的

台灣南部地區今(97)年6月5日發生豪雨(圖1、圖2)，並伴隨中尺度渦旋(mesoscale vortex; MV)之現象，此二者之相關性值得探討。引用由范(2002年)

提出的研究結果，利用MM5模擬1998年6月4-5日的中尺度對流(MCS)的組織發展研究，當主對流區為正的氣旋式渦度帶，後方層狀降水區為負的反氣旋式渦度帶。這樣正負對偶的情形，主要為傾斜項(tilting term)作用造成，正負渦度對偶的情形(圖3)，主要為傾斜項(tilting term)作用所造成，並增加了下游方向對流輻合的機制。在MCS發展過程中，舊對流胞所造成的層狀雲區，促進下游方向的新對流胞發展，乃因層狀降水造成的下衝流，使得負渦度得以加強維持。另原始對流胞之正渦度的增強發展，造成下游方向的高層風場轉變，有利於新生對流胞廣大層狀雲區的發展。這樣加強的正渦度可促進帶來南方的暖平流，提供上升氣流所需的暖濕空氣；而增強的負渦度則有助於帶來北邊的冷平流，進一步加強冷池的發展，這些皆顯示出MCV與MCS之間的相關性。

## 三、相關研究回顧

對於MCS的結構特徵方面，在1989年 Houze et al. 提出一概念模式，總結所觀測到的組織性中尺度對流系統(圖4)。這樣線狀排列的中尺度對流系統，其內部的特徵包括有：內部的側前上升氣流(front-to-rear updraft; ftr)，與後方下沉氣流(rear-to-front downdraft)。其前側的上升氣流(FTR)，由系統的前緣低層流入，提供暖濕空氣進入對流降水區。這支上升氣流略往系統後方傾斜，避免了對流區的降水阻絕低層暖濕空氣進入飆線系統，也使對流區內的冰晶粒子能傳送進入到中尺度對流系統

的後方，幫助後緣形成廣大的層狀雲區。另一支特殊的氣流是後側的下沉內流（RTF），將中層冷乾的空氣帶入系統前緣低層，可加強蒸發冷卻作用，有利於維持地面冷池強度，抬升低層暖濕空氣，激發新生對流。線狀組織性的MCS，即颶線(squall line)的發展過程方面(圖5)，在中尺度對流系統的初始發展時期，獨立的中尺度對流胞形成在條件不穩定(Conditional Instability)的區域上(Houze,1977)。中尺度對流胞在發展增強時期，對流胞將合併組織為線狀排列的狀況。隨後，層狀雲區快速成長，其面積與降雨量皆加強。此中尺度對流系統，與伴隨的降雨可維持數小時之久，生命期約12小時左右。當主要對流胞消退後，為中尺度對流系統的消散期(Smull and Houze,1985)。關於中尺度對流系統從單中尺度對流胞的發生，變成線狀排列的組織對流系統的過程，Bluestein and Jain(1985)對近十年間，在Oklahoma所觀測到的線狀組織性中尺度對流系統做研究，發現依其組成的結構可分類成(圖6)：(1).線狀對流胞組成型(Broken Line)：此為排列成線狀的不連續雲胞，並在接近同一時間生成，此時有新生的雲胞生成在舊雲胞之間，而使這些雲胞連接一起成線狀。此種型態的颶線系統多沿著冷鋒面生成。(2).初始對流胞激發型(Back Building)：初始對流胞的周圍週期性的有新對流胞生成，這些新生對流胞互相合併，且以初始對流胞運動方向而移動，而逐漸成為排列呈線狀對流胞系統。(3).破碎對流胞組織發展型(Broken Areal)：原先為不均勻分佈的散狀雲胞，漸漸組織成線狀對流系統。(4).嵌入對流胞發展型(Embedded Areal)：在寬廣的層狀雲中有一帶狀的強對流雲，主要生成在當有一廣大而較弱的層狀降水之區域中出了線狀對流。其中以線狀對流胞組成型(Broken Line)與初始對流胞激發型(Back Building)發生的機率比較大。而MCS的發展增強理論方面，引用Ludlam (1963)提出一長生命期雷雨胞的發展機制(圖7)，當有強的初始上衝氣流時，受環境垂直風切影響，會使上衝氣流向逆風切傾斜，使得降水落於系統的逆風切方向，因此上衝氣流與下衝氣流能分開，而各自維持，這樣的雷雨胞發展模式，會有較長的生命期。在早期觀測研究結果(Chisholm and Renick, 1972；Marwitz, 1972)顯示出垂直風切是決定對流發展型態和劇烈程度的主要原因之一。弱垂直風切環境，較容易形成單胞風暴或無組織性多胞風暴；強垂直風切環境，在此種風切下較容易形成具良好組織的多胞風暴。而在亦為強垂直風切的環境下，但垂直風切隨高度順轉，是有利於超級胞風暴發展。

由過去的研究，認為梅雨鋒的綜觀環境特徵包

括：1.鋒面非常淺，且陡峭。2.低對流層(850-700 hPa)內，梅雨鋒的風場特性較熱力場為顯著。3.低層氣旋式風切線位於地面鋒北方約200- 300 km處。另外，不同於典型的中緯度鋒面，梅雨鋒具弱的溫度梯度，但有強的水汽對比和高的相當位溫梯度。在風切線的南側，常有發展良好的綜觀尺度低層噴流(Low Level Jet,LLJ)，此LLJ 將低層暖濕的空氣傳向北方，並造成了對流性不穩定的氣層。

#### 四、研究分析

本次個案選取 2008 年 6 月 5 日位於台灣海峽南部之渦旋雲系特徵，由當日可見光及紅外線衛星雲圖之渦旋狀雲系(圖 8、圖 9)現象，懷疑其動力來源為中尺度渦旋(MV)。另由雷達回波圖(圖 10)反映有螺旋狀回波現象，且由海峽南部持續朝台灣南部地區接近，並影響南部地區，造成該區域高雄累積降水達 239.2mm。6 月 5 日 0000Z 地面天氣系統分析(圖 11)，梅雨鋒面位於日本南方洋面經台灣北部、南海至中南半島一帶，同時由 JMA 初始場之地面風場圖(圖 12)發現，台灣南部外海確有一逆時針旋轉風場，其風場中心約在海峽南部，其位置接近同時雷達所觀測到螺旋回波中心位置。同時 JMA 850 hPa 風場圖(圖 13)也顯示該氣旋式環流存在，JMA 700 hPa 風場-OMEGA 整合圖(圖 14)顯示相同訊息，且上升運動較高區域涵蓋於台灣南部，發現由 925 hPa 水汽通量輻合與風場整合圖(圖 15)資料分析，海峽南部地區為水汽通量輻合較強區域，且台灣南部至海峽南部區域位處於風切處，且於該風切南側有低層噴流，持續分析 850hPa 及 700hPa(圖 16、圖 17)時發現其環境特徵均相同，輔以分析 850hPa 高度場與溫度分析整合(圖 18)得知，暖舌由大陸華南地區向東延伸至海峽一帶，上述條件易提供南方水汽及熱力有利條件，使鋒面上的對流性組織發展旺盛且持續生長；接著分析 850hPa 及 700hPa(圖 19、圖 20)氣流場圖發現，海峽南部區均為氣旋式輻合場，所提供的氣流來源分別由大陸華南地區之及南海地區輻散場所提供之氣流。在 500hPa 渦度場分析圖(圖 21)中發現，海峽南部及台灣南部地區為較強之正渦度區，提供上升運動動力條件，促使水汽上升對流。在南海至台灣海峽區域，自地面至 500hPa 環境風場均為西南向，故於南海或海南南部區域系所形成的對流雲系，便順著低層西南氣流方向，移入台灣南部地區造成局部區域豪大雨天氣現象。

#### 五、結論

當台灣區受鋒面系統影響時，其對流性雲系組織的生命期，往往因低層噴流提供南方旺盛水汽延長發

展時間，本次個案中MCS之生成條件與所引用文章相關外，對於6月月5日中尺度渦旋成因部分，仍有待探討。另因許多對流系統發生於海上，故監控衛星雲圖與雷達回波資料，可於旺盛對流組織移入陸地前，有效研判其移動趨勢與強度發展，當有渦旋雲帶及螺旋回波伴隨中尺對流時，則需詳加研析促進渦旋系統發展的有利條件，當有上述分析條件符合，即需綜合分析風切、低層噴流及渦旋位置，當綜述條件吻合時，則需針對受影響區域提出預警，俾利民生相關活動及防災單位進行防災作為。

### 參考文獻

范，2002:線狀組織性中尺度對流之渦度分析模擬。  
 丘台光，1999: 華南及台灣地區中尺度對流系統分析與數值模擬研究(II)，國科會專題研究報告NSC 88-2111-M-052-004-AP6。  
 Biggerstaff, M. I. and R.A.Houze,1991a:Kinematic and precipitation structure of the 10-11 June 1985 squall line. *Mon. Wea. Rev.*, 119, 3035-3065.  
 Biggerstaff, M. I. and R.A.Houze,1991b:Midlevel vorticity structure of the 10-11 June 1985 squall line. *Mon. Wea. Rev.*, 119, 3066-3079.  
 Bluestein, H. B., and M. H. Jain, 1985:Formation of mesoscale lines of precipitation :

severe squall lines in Oklahomaduring the spring. *J.Atmos. Sci.*, 42,1711-1732.  
 Fang, Z., 1985: The preliminary study of Houze, R. A., 1977 : Structure and dynamics of a tropical squall -linesystem. *Mon. Wea. Rev.*, 105, 1540-1567.  
 Houze, R.A., S.A. Rutledge, M.I. Biggerstaff, and B.F. Smull,1989: Interpretation of Doppler weather radar displays of mid-latitude S,Amer. Meteor. Soc., 1-30.  
 OSmull, B. F., and R. A. Houze, Jr.,1985: A midlatitude squall line with a trailing region of stratiform rain: Radar and satellite observation. *Mon. Wea. Rev.*, 113, 117-133.  
 Szeto, K.K., R.E. Stewart, and C.A. Lin, storms: a review. *Meteor.Monogr.*,  
 Tao, Wei-Kuo, Joanne Simpson, 1989:Modeling Study of a Tropical Squall-Type Convective Line. *Journal of the Atmospheric Sciences* ,46 pp. 177D202 -619.  
 Ludlam, F. H., 1963 : Severe local mesoscale convective systems. *Bull. Amer.Meteor. Soc.*, 70, 608

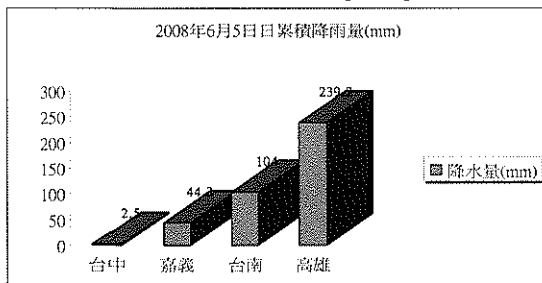


圖1 2008/06/05 中南部四家累積雨量圖；雨量單位:mm

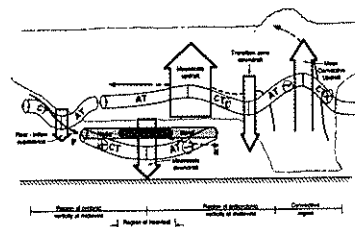


圖3 Biggerstaff and Houze(1991a,1991b)的研究中，發現發展成熟的MCS，主對流區具有正渦度渦旋，後方層狀降水區為負渦度渦旋。該研究認為這樣正、負渦度對偶的情形主要是傾斜項(tilting term)的作用

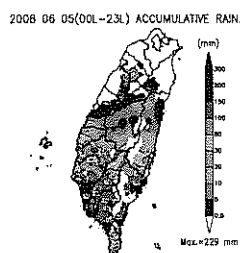


圖2 2008/06/05 台灣地區日累積雨量圖

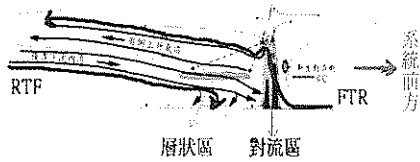


圖 4 Houze et al.(1989)提出一概念模式，總結所觀測到的組織性中尺度對流系統。

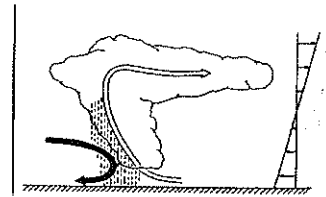


圖 7 Ludlam (1963)提出一長生命期雷雨胞的發展機制，上衝氣流與下衝氣流能分開，而各自維持，這樣的雷雨胞發展模式，會有較長的生命期。

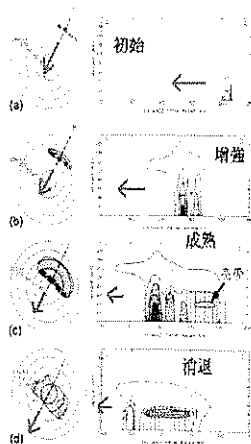


圖 5 Small and Houze,1985 在初始期，獨立的對流胞在大氣不穩定區域形成。在增強期，對流胞組織為線狀，層狀雲區快速成長。當主要對流胞消退時，則為飆線的消散期

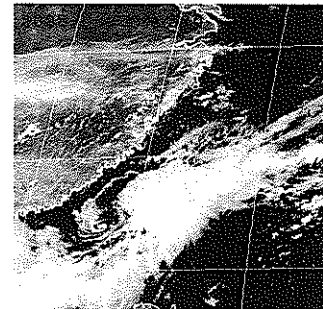


圖8 2008/06/05 1300L 可見光

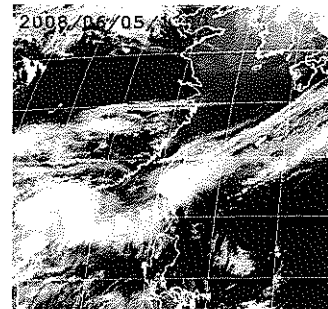


圖9 2008/06/05 1300L 紅外線雲圖

BROKEN LINE (14 Cases)			
BACK BUILDING (13 Cases)			
BROKEN AREAL (8 Cases)			
EMBEDDED AREAL (5 Cases)			

圖 6 Bluestein and Jain(1985)對近十年間在 Oklahoma 所觀測到的線狀組織性中尺度對流系統做研究，發現依其組成的結構分類。

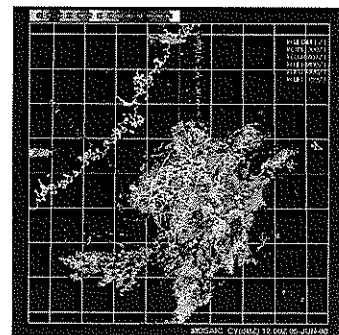


圖10 2008/06/05 2000L 雷達回波圖

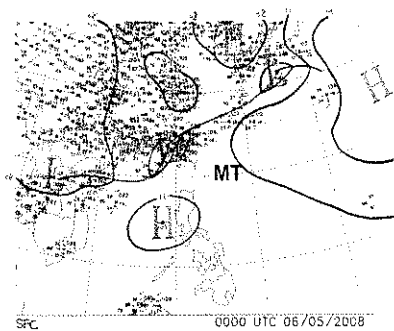


圖11 2008/06/05 地面天氣圖

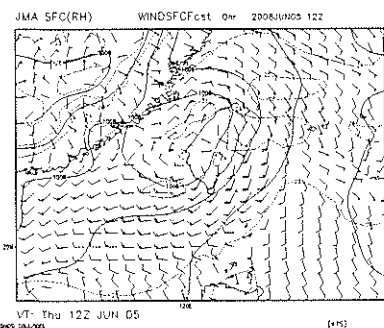


圖12 2008/06/05 2000L JMA SFC 風場-等壓線-等溫線初使場圖(風速單位:kts; 溫度單位:°C; 等壓線單位:hPa)

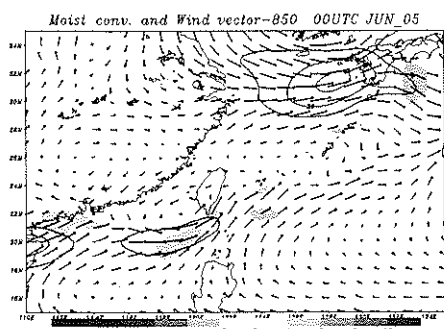


圖13 2008/06/05 2000L JMA 850 hPa 風場-RH初使場圖(風速單位:kts; 溫度單位:°C; 相對溼度色階:%)

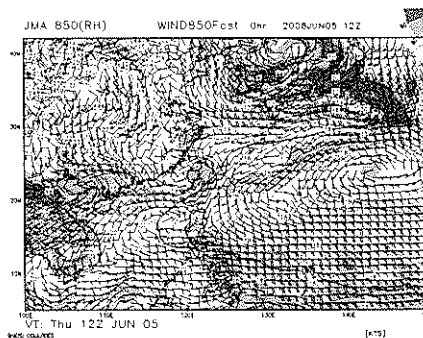


圖14 2008/06/05 2000L JMA 700 hPa 風場-OMEGA 初使場圖(風速單位:kts; 量場色階單位:Pa/s)

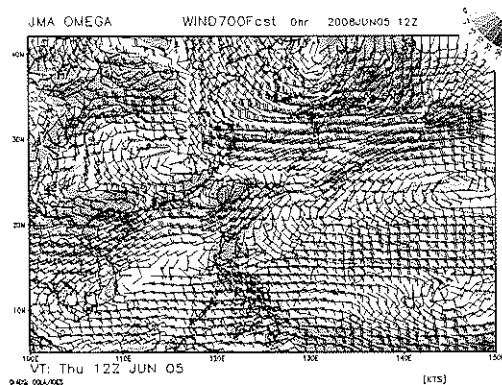


圖15 06/05 925hpa 0000Z水汽輻合與風速場整合圖(風速單位:kts; 量場色階單位: $10^{-7}$  gm/kgs)

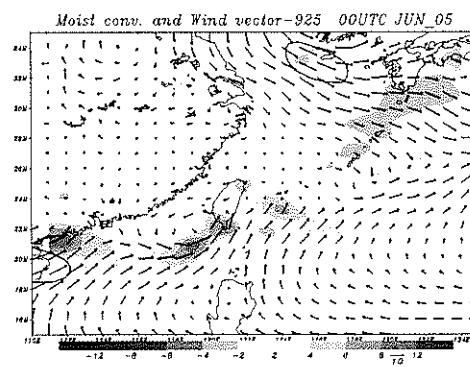


圖16 06/05 850hpa 0000Z水汽輻合與風速場整合圖(風速單位:kts; 量場色階單位: $10^{-7}$  gm/kgs)

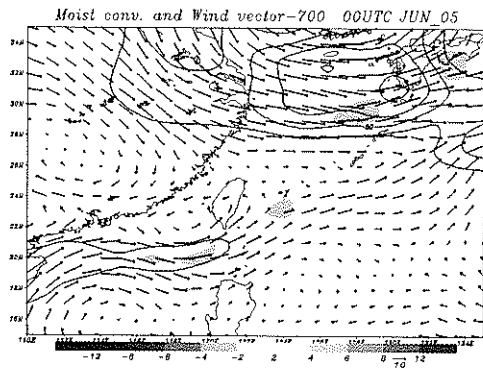


圖17 06/05 700hpa 0000Z水汽輻合與風速場整合圖(風速單位:kts; 量場色階單位: $10^{-7}$  gm/kgs)

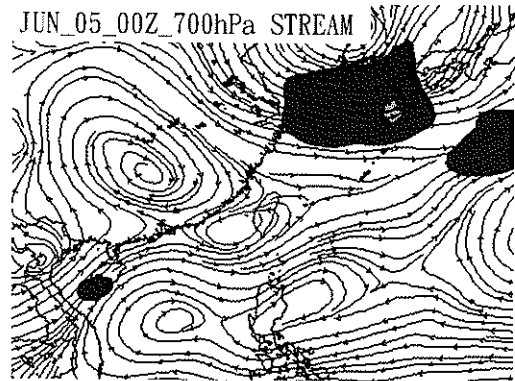


圖20 06/05 700hpa 0000Z氣流場分析圖

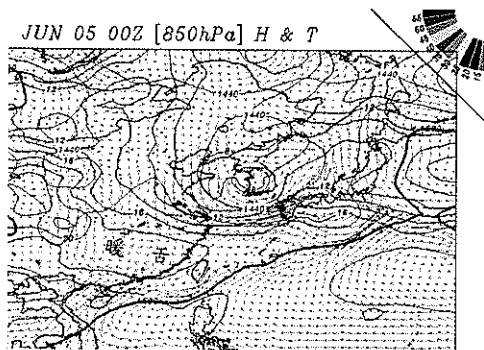


圖18 06/05 850hpa 0000Z高度場與溫度場分析整合圖

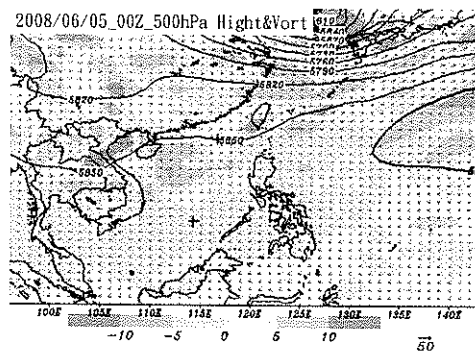


圖21 06/05 500hpa 0000Z渦度場分析圖(vort量場色階單位: $S^{-1}$ )

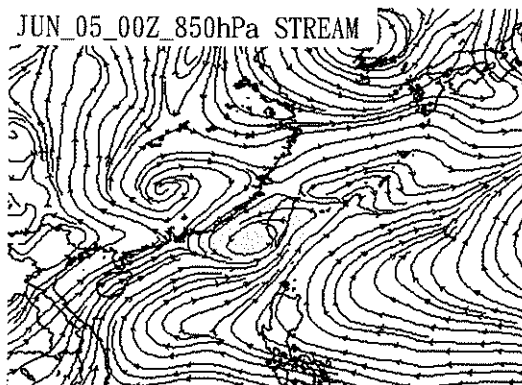


圖19 06/05 850hpa 0000Z氣流場分析圖