

梅雨季台灣及其鄰近地區中尺度對流系統發展與移動之概念模式研究

紀水上¹ 齊祿祥² 林允才²

¹中央氣象局, ²中央氣象局氣象衛星中心

中文摘要

分析 1997~2003 年梅雨期間台灣及其鄰近地區 MCSs 發展之天氣形勢顯示, 影響台灣及華南 MCSs 發展之天氣類型有綜觀冷鋒發展、滯留鋒前發展、滯留鋒上發展和鋒後不發展等四類型。地面冷鋒後有低層切線、鋒前低層噴流、厚度分流時且水氣羽和低層(850hpa) θ_e 脊軸均為於鋒前唯水氣羽較偏南, MCSs 在鋒前發展; 而 θ_e 脊軸落後於水氣羽而位於地面鋒後冷區中, 則 MCSs 不發展。當位於鋒區之水氣羽低層 θ_e 脊軸一致時, MCSs 在滯留鋒前和鋒上發展。

地面冷鋒、低層切線、低層噴流、厚度分流、水氣羽和低層 θ_e 脊軸之相對位置與 MCSs 之發展與否有密切關係。

本文又分析 1981、1983、1992 和 1993 年之 MCSs 個案, 探討導致 MCSs 發展和移動之機制並建立其概念模式。結果發現湧動(赤道向、熱帶和種中尺度)、聯結、MCSs 對流中心溫度相對位置、對流尺度交互作用和低層不穩度與厚度型式等均在 MCSs 之形成、加強和移動扮演重要的角色。

關鍵詞: 水氣羽、概念模式、湧動、聯結、對流尺度交互作用

一、前言

中尺度對流系統為台灣梅雨季豪(大)雨製造者, 因此豪(大)雨預報就是對中尺度對流系統之預報。雖然線性外延、中尺度模式和氣候學法等為中尺度預報的方法 (Browning, 1980; Doswell, 1986; Austin et. al., 1987)。但若輔以概念模式觀點詮釋大氣, 則中尺度天氣形勢

內許多重要過程可能有更好的分析和了解, 顯示概念模式在中尺度對流系統預報扮演相當重要的角色。

在建立導致豪(大)雨之概念模式有利用各層天氣圖者(例如: 謝, 1996; Junker, 1992; Elsner et al., 1989); 有結合各層天氣圖和衛星雲圖者(例如: Chi and Scofield, 1991; Scofield and Robinson, 1990; Thiao et al., 1993)。謝(1996)指出, 發生豪大雨條件除有地面鋒面並需配合低層噴流、低層冷舌、高層槽線系統存在。Junker (1992) 和 Elsner et al. (1989)等指出, 低層內流和輻合、噴流結構、低層相當位溫、厚度分流和弱厚度梯度等, 都是造成豪大雨的必要條件。Thiao et al. (1993) 和 Scofield and Robinson (1990; 1992)研究發現, MCSs 的發展與大氣環境場的水氣羽 (water vapor plumes; WVPs)、高層 (300hPa) 噴流條、低層相當位溫 (θ_e) 脊軸具有顯著的相關性。

雖然早在 1992 年之 TAMEX Post 預報實驗就有概念模式之應用和謝 (1996) 提出的概念模式, 前者無完整的文獻, 而後者僅在強綜觀激發機制下才可扮演重要的角色。雖然弱綜觀環境下激發之對流不易導致豪(大)雨, 但若經由對流尺度交互作用 (convective scale interaction) 亦可導致豪(大)雨。因此, 概念模式之建立在提高中尺度預報能力是重要且刻不容緩。

二、研究方法

本文為分析 1997~2001 年及 2003 年 5~6 月梅雨期間 MCSs 所伴隨之天氣類型和建立各種天氣類型之概念模式, 所用資料包括逐時 GMS-5 與 GOES-9 地球同步衛

星之紅外線與水汽頻道雲圖、傳統之地面、高空觀測及數值模式資料。衛星資料用來分析 MCSs 之形成與移動和水氣輸送等。傳統資料則利用中央氣象局之即時預報系統(WINS)，分析 MCSs 發生時之綜觀環境天氣圖形勢、垂直風切、低層相當位溫分布、高低層噴流、不穩定指數等特徵，以探討導致 MCSs 形成與發展之天氣類型並建立各類型之概念模式。

此外本文又選取 1981、1983、1992 和 1993 年之一些 MCSs 個案，利用衛星資料及各層天氣圖、 θ_e 分佈及 1000-500 hPa 厚度圖，探討導致 MCSs 發展和移動之各種尺度機制，進而建立其概念模式。

三、結果

(一) 全球尺度(Global Scale)

1. 湧動(surge)

分析 1992 年 5、6 月伴隨 MCS 個案之紅外線雲圖發現，發生於華南地區之湧動可劃分為赤道向湧動 (Equatorward Surge)；熱帶湧動 (Tropical Surge)；雲頂崩潰 (Collapsing) / 增溫 (Warming) 湧動。

赤道向湧動為乾冷的湧動，冷乾空氣從較高緯度湧向較低緯度，在紅外線影像中為晴空 (乾燥) 區，此種冷乾空氣南侵並與熱帶的高溫高濕 (即高相當位溫)、高溼度指數和高 CAPE 空氣等不穩定區發生交互作用，而激發 MCSs 的形成，其概念模式如圖 1。在 1992 年的 TAMEX 預報實驗期間發生 17 個這種導致大雨的湧動，例如 1992 年 5 月 1 日乾空氣從北方南下，導致 0232UTC 有一雲簇在台灣東北方形成，在數小時後，該雲簇演變為深對流且造成當日大於 50mm 的日雨量。另一種和赤道向湧動不同，在衛星雲圖中顯示為一雲帶。雲帶或溼度帶從孟加拉灣、中南半島向東北湧出至臺灣地區稱為熱

帶湧動 (圖未示)。此種湧動是一溼的湧動，可導致台灣地區冷雲頂對流發展並產生豪大雨，此種湧動在 1992 年梅雨季期間共發生 21 次。

雲頂的崩潰 (Collapsing) 或增溫 (Warming) 也是湧動的一種，圖 2 為中尺度雲頂崩潰 / 增溫導致中尺度湧動之示意圖。當雲頂崩潰時，空氣攜下並向所有方向吹出，由於中尺度湧動空氣湧下導致 MCS 東和西方的不穩定。在 1992 年 Post-TAMEX 期間，5 月 17 日 0233-0533 UTC 期間就有此例子。該例子指出，一崩潰中 MCS 引發現之中尺度湧動在大陸東部 (MCS-C)，在台灣中部有 100mm 的日雨量報告。一崩潰的雲頂引發中尺度湧動可使在其周圍 MCS 發展。

2. 聯結(connection)

5、6 月之梅雨季，經常有深厚的對流雲在孟加拉或中南半島地區發展，此深厚的對流雲和高 θ_e 空氣相連並向東北東伸展，此種熱帶的相連稱為“孟加拉聯結 (Bay of Bengal Connection)”或“中南半島聯結 (Bay of Indo-China Connection)”。此種聯結由源區 (孟加拉 / 中南半島) 呈柱狀向東北東輸送高 θ_e 空氣至下游 (華南和台灣)，提供下游 MCS 形成與發展的有利條件。圖 3 為中南半島相連的雲圖和同時間之 θ_e 分析。

(二) 綜觀尺度

圖 4 為 1997-2003 年 5~6 月間伴隨華南與台灣地區 MCSs 之四種天氣類型，分別為綜觀鋒前發展型、滯留鋒前發展型、滯留鋒上發展型和鋒後不發展型等。

當地面冷鋒後有低層切線、鋒前低層噴流、厚度分流時，水氣羽 (water vapor plume；簡稱 WVP) 與的低層 (850hpa) θ_e 脊軸一致，且在鋒區存在有潛在的最大不穩定環境，將有利於鋒前對流系統的發

展。如果 θ_e 脊軸落後於水氣羽而位於地面鋒後冷區中，且鋒後無明顯的低層風切及中高層系統配合，則對流系統不發展。當地面滯留鋒面之鋒後有低層風切線、鋒區有厚度分流及最大不穩定環境，以及水氣羽低層 θ_e 脊軸一致時，MCSs 將在滯留鋒面前緣發展。地面滯留鋒面後存在有低層切線、鋒前低層噴流及 1000~500hPa 之厚度分流及中高層有明顯的水氣羽，鋒上 850hPa θ_e 脊軸位於鋒上時，對流系統在鋒上發展。

(三) 對流尺度

對流系統移動在漏斗型預報流程中對流尺度之重要項目之一。本文就低層不穩度、1000-500hPa 厚度型式和對流雲系對流中心在雲系之相對位置探討 MCSs 之移動型式。

圖 5 顯示 MCSs 之發展和移動與等厚度線以及低層不穩度分佈示意圖。當 MCS 在中度厚度梯度型式移動情況下，且其下游出現不穩度爆發（即低層強風從高不穩度區吹入）時，MCS 將加速向前移動；反之，若 MCS 上游之等厚度線呈分流且有低層不穩度爆發發生時，則 MCS 向上游發展。

圖 6 為 1992 年 6 月 13 日 800-1200 LST 逐時紅外線雲圖。該圖顯示，在台灣海峽南部之 MCS，其對流中心（即雲頂溫度最低處）位於雲系西南部之高層迎風區，且在該雲系之上游有新生小對流雲，在此種情況下 MCS 向上游發展，其概念模式如圖 7。而當 MCS 之對流中心在雲系之東部時，則 MCS 向前快速移動，其概念模式圖 8。

圖 9 為 1983 年 6 月 1 日 1200-2100UTC 之三小時間距之紅外線色調強化雲圖。在 1200UTC，有四個 MCSs 呈東北東-西南西排列。之後，MCSs 有向上游和向下游發展之情形，向上游發展者有加強之勢，而向下游發展者則反之。圖 10 為此類移動之

概念模式。

四、結語

本文探討 1997~2003 年梅雨期間台灣及其鄰近地區 MCSs 發展之天氣類型並建立各類型之概念模式，同時又分析 1981、1983、1992 和 1993 年之一些 MCSs 個案，探討其導致 MCSs 發展和移動之機制並建立其概念模式，結果如下：

1. 赤道向的乾湧動南下與高不穩定空氣交互作用，熱帶湧動從孟加拉攜帶高溼空氣和雲頂崩潰所產生的湧動均可導致 MCSs 形成與發展。
2. 與低層相當位溫有關之雲柱從孟加拉/中南半島之源區傳送水氣至華南和台灣鄰近地區並與梅雨鋒面連接時，劇烈降水經常沿著此相當位溫脊線區發生。
3. 梅雨季華南與台灣地區 MCS 所伴隨天氣類型為綜觀鋒前發展型、滯留鋒前發展型、滯留鋒上發展型和鋒後不發展型等。低層鋒面（風切線）鋒前低層噴流、厚度分流時、水氣羽和低層(850hPa) θ_e 脊軸與 MCS 之發展有密切關係。
4. 控制 MCSs 移動之要素有 1000-500hPa（或 850-300hPa）厚度線、濕度指數和 θ_e 型式、低層噴流和對流雲系之相對位置等特徵有密切關係。

後記

感謝中央氣象局提供資料和設備，本文在國科會 NSC91-2625-Z-052-007 支助下完成。

參考文獻

- 謝信良，1996：嘉南地區定量降水預報整合計畫—總計畫（二）。行政院國家科學委員會防災研究報告，NSC85-2621-P-052-002，161頁。
- Chi, S. S. and R. A. Scofield, 1991: Study on the mesoscale convective systems

(MCSs) propagation characteristics over subtropical China during Taiwan Mei-Yu season. Int'l Conf. On Mesoscale Meteor. And TAMEX. 3-6 December 1991, Taipei, Taiwan, 32-41.

Elsner, J. B., W. H. Drag, and J. K. Last, 1989: Synoptic weather pattern associated with the Milwaukee, Wisconsin flash flood of 6 August 1986. *Wea. Forecasting*, 4, 537-554.

Junker, N. W., 1992: Heavy rain forecasting manual. National Weather Service Training Center. 91 pp.

Scofield, R. A. and J. Robinson, 1990: The "water vapor Imagery/theta-e connection" with heavy convection

rainfall. *Satellite Application Information Note*. 90/7, 7 pp.

Scofield, R. A. and J. Robinson, 1992: The "water vapor plume/potential energy axis connection" with heavy rainfall. *Proceedings of Symposium on Weather Forecasting and the Sixth Conference on Satellite Meteorology and Oceanography* January 5-10, 1992, Atlanta, GA, J 36-43.

Thiao, W., R.A. Scofield, and J. Robinson, 1993: The relationship between water vapor plumes and extreme rainfall events during the summer season. *NOAA Technical Report NEDIS 67*, 69 pp.

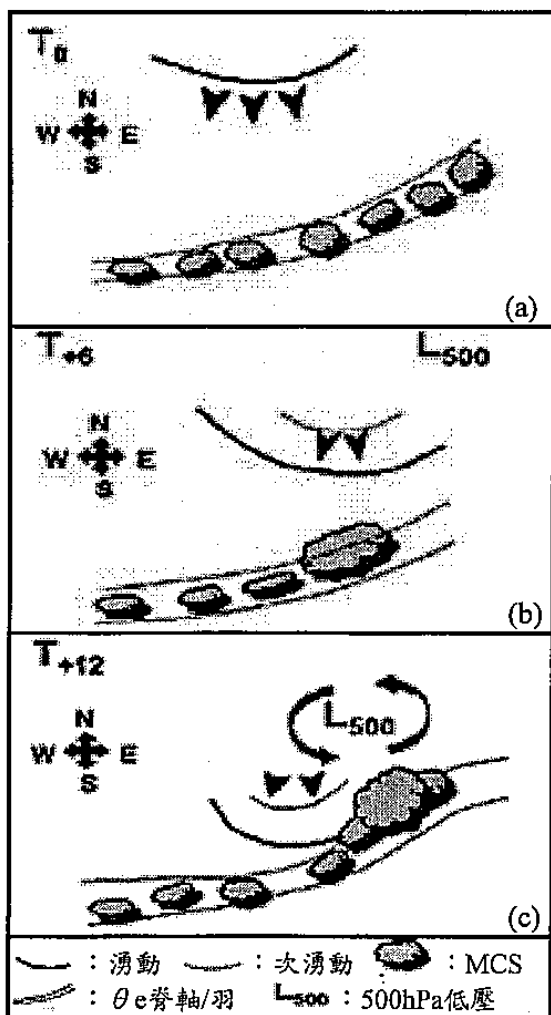


圖1 赤道向湧動概念模式(a) T0 ; (b) T6 , 和(c) T12 。

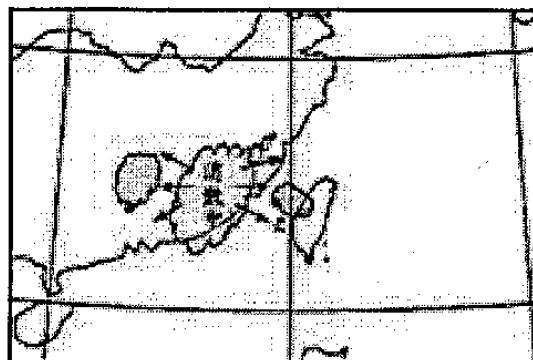
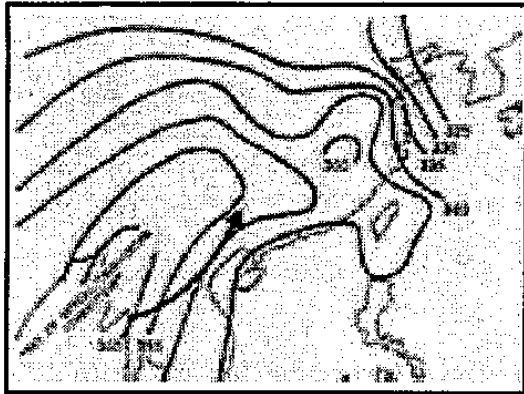


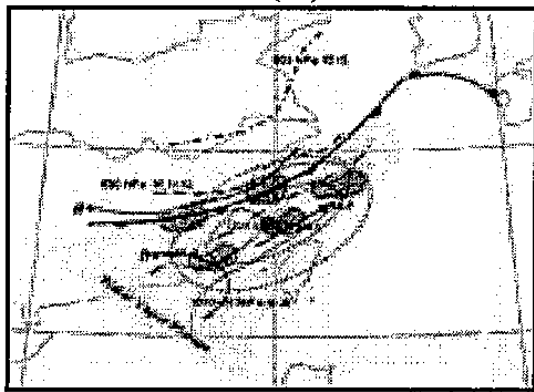
圖2 崩潰中的MCS而導致中尺度湧動而激發周圍MCSs發展之示意圖。



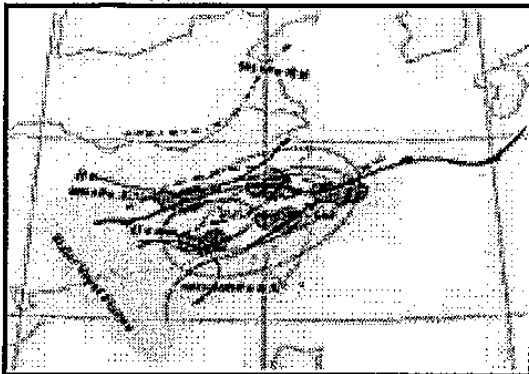
圖3 1983年6月1日1200UTC之 (a) 紅外線衛星雲圖, (b) 850hPa θ_e 分析(箭頭為850hPa最大風速軸)。



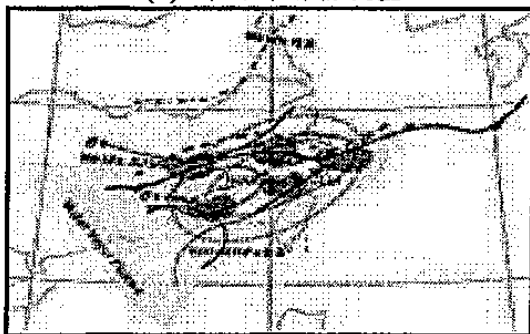
(b)
圖3 (續)。



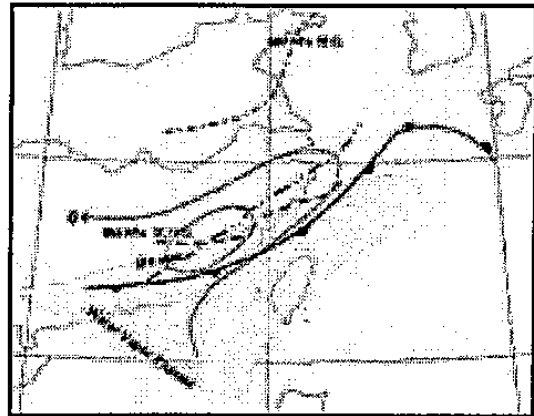
(a) 綜觀鋒前發展型



(b) 滯留鋒前發展型



(c) 滯留鋒上發展型



(d) 鋒後不發展型
圖4 導致華南及台灣地區梅雨季對流環境之概念模式示意圖。

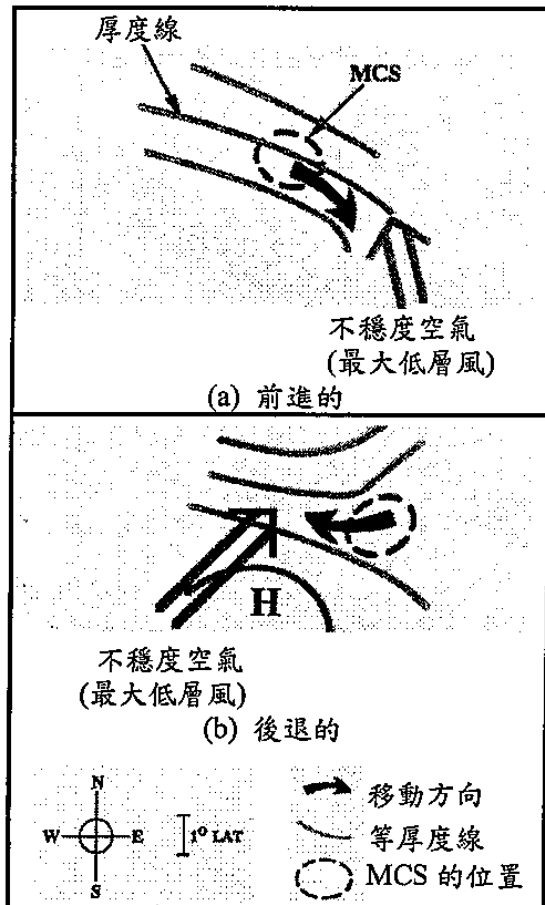


圖5 MCSs移動形式之概念模式。

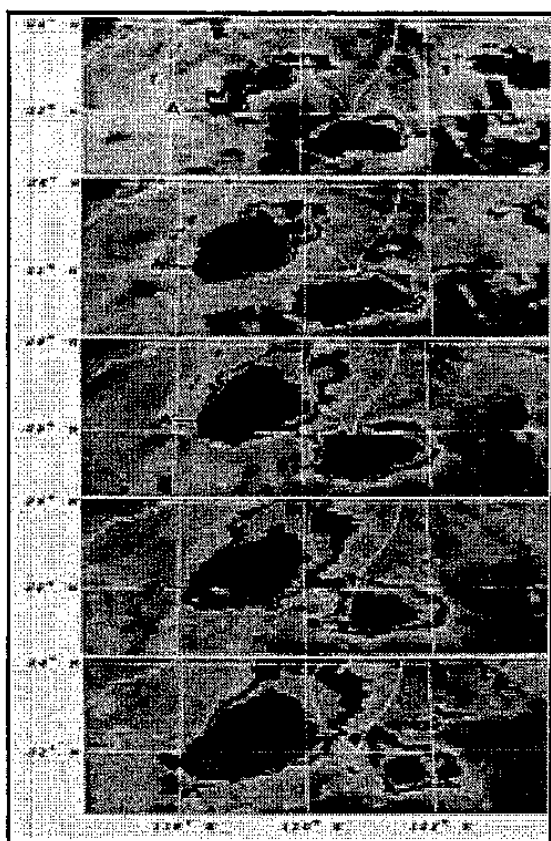


圖6 1992年6月6月13日0800-1200 LST逐時紅外線雲圖。

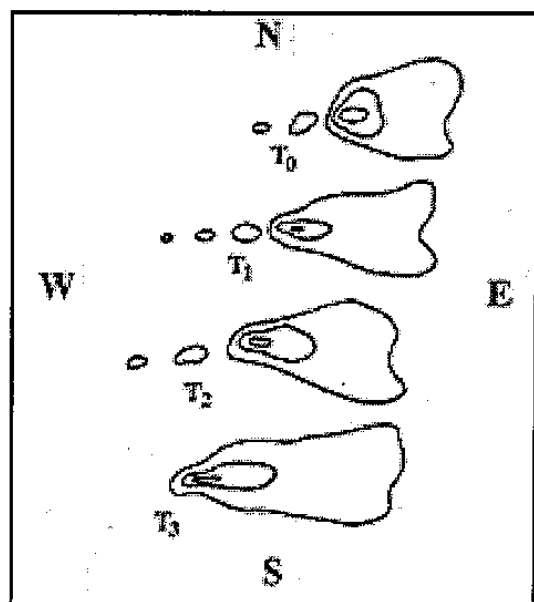


圖7 向上游發展MCS之概念模式。

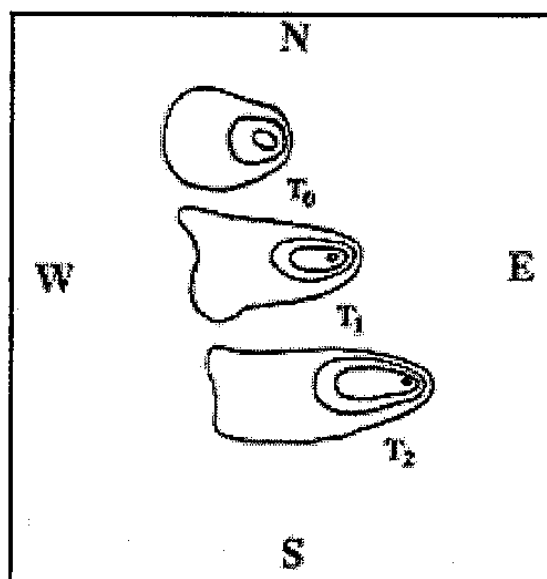


圖8 向下游移動MCSs之概念模式。

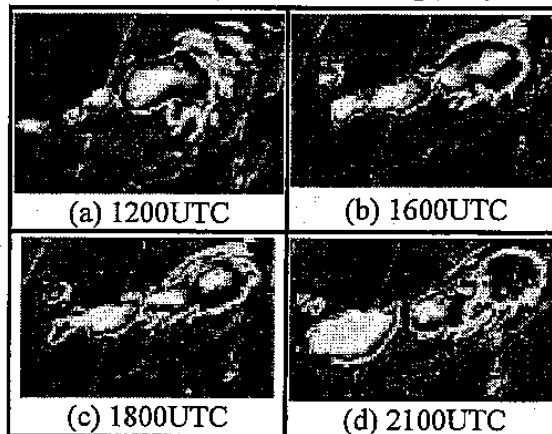


圖9 1983年6月1日紅外線色調強化雲圖。

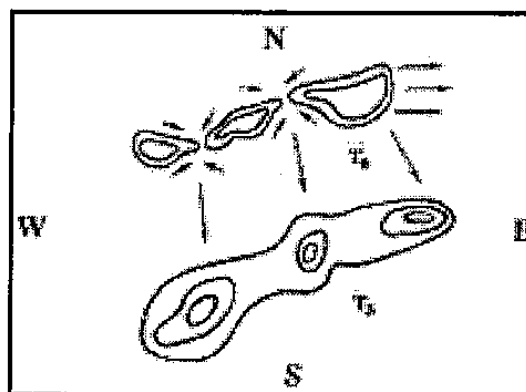


圖10 多方向性發展MCS之概念模式。