

民國83年3月19日急行鋒面之綜觀尺度診斷分析

劉崇治 潘大綱
空軍氣象中心

劉廣英
中國文化大學

摘 要

1994年 3月19日有一鋒面快速通過本省，並在本省中央山脈西側地區造成雷雨，本文以作業的觀點為出發，並透過傳統的預報法則、 Q 向量及其輻散(合)場、地轉鋒生、對稱性不穩定的討論，就綜觀尺度來診斷分析。此外還利用落雷資料做進一步之探討，結果顯示，上述方法對對流系統的發展、移動以及有利環境都有很好的指示。特別是落雷資料除了可以追蹤雷雨的動態，更可以彌補雷達及衛星資料的不足，是作業上一個重要的守視工具。

一、前言

1994年 3月19日有一鋒面快速通過本省，並在本省中北部及南部之中央山脈西側地區造成雷雨，本文將透過廣泛綜觀尺度環境場，以作業的觀點來分析此一個案。最後並針對鋒前深對流系統之落雷資料加以討論。

二、綜觀天氣系統概述

1994年 3月19日00GMT 地面低壓中心位於湖南省中南部地區(圖略)，冷鋒自此中心向西南沿伸至大陸南部沿海，局部深對流系統發生在鋒前暖區，廣泛之降水伴隨鋒面附近發生，如圖一、二。

850hPa天氣圖顯示，如圖三，低壓系統較地面低壓中心稍微西傾，35Kts 之東風位於低壓之北側，冷空氣在鋒後堆積，暖濕之空氣則在於暖區。

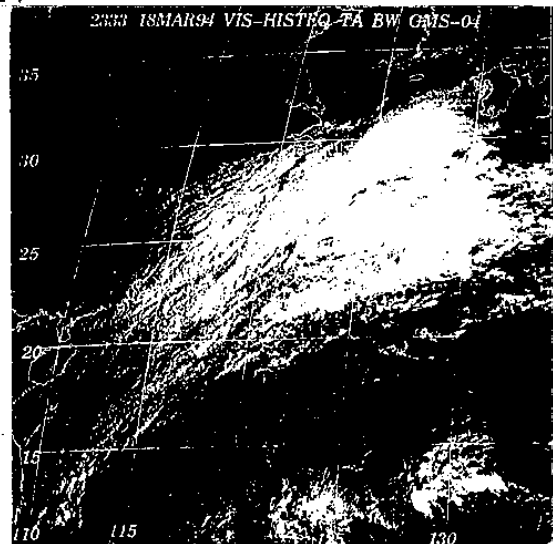
700hPa上主要的槽線是由黃海沿伸至貴州南南西方，另一伴有 25-35Kts 西南氣流及50KTS北北西氣流之短波槽則位於廣西省，如圖四。500hPa與700hPa之天氣圖大致類似唯系統稍向西傾。300hPa則顯示有一合流軸位於日本中南部，如圖五，其中西風噴流位於 $35^{\circ}N$ 附近，另一支西南強風軸則位中國大陸南部。

2-1 綜觀系統分析結果

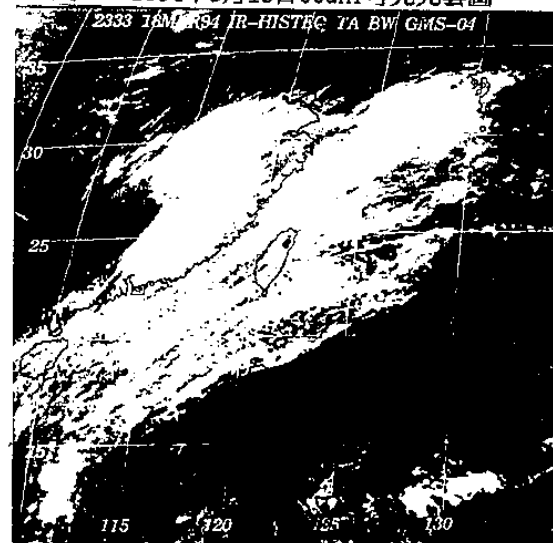
眾所週知，天氣預報員必須首先了解當時綜觀天氣概況，方可成功地掌握未來天氣系統演變，因此我們使用作業上的軟體AMIGAS來分析綜觀天氣環境場的分布情形。

分析結果顯示，低層濕舌位於850hPa，由南中國海沿伸至台灣，最大的濕度輻合區位於福建省及台灣，如圖六，由850、700hPa及300hPa可分析出鋒前暖區中之低層輻合帶上伴有明顯的高層輻散，如圖七、八，正渦度平流顯示鋒面可由中國大陸向東移至台灣，如圖九，700及850hPa 之相當位溫最大軸

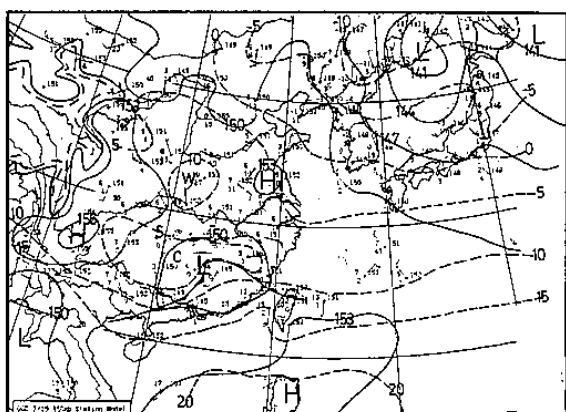
位於本本省附近亦顯示鋒面附近有利對流之發展，如圖十。



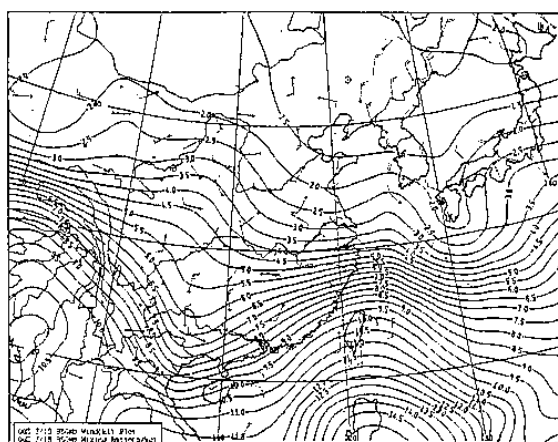
圖一 1994年3月19日00GMT可見光雲圖。



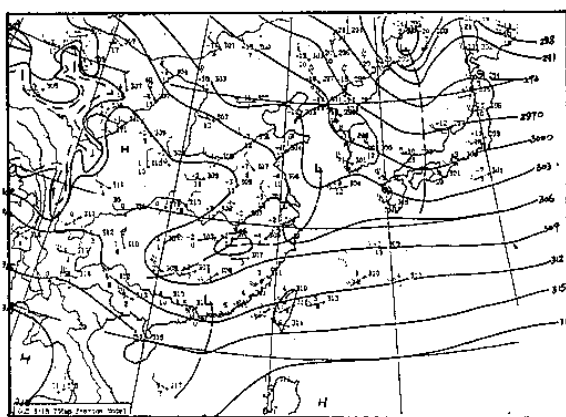
圖二 1994年3月19日00GMT，紅外線雲圖。



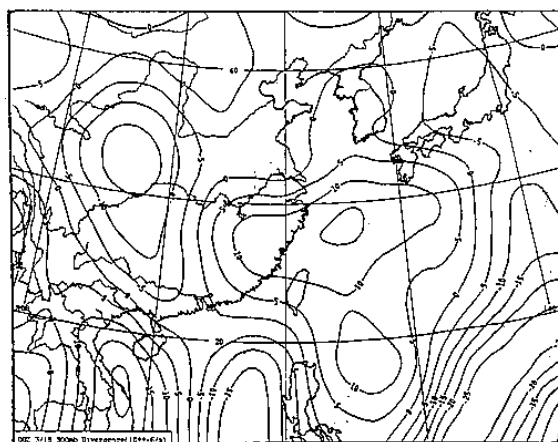
圖三 1994年3月19日00GMT850hPa天氣圖，實線表等高線，虛線表等溫線。



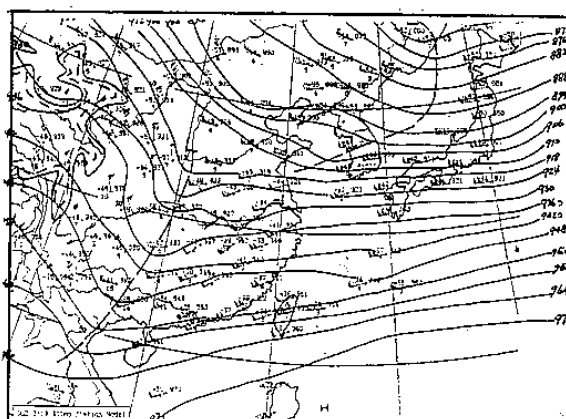
圖六 1994年3月19日00GMT850hPa等混合比線。



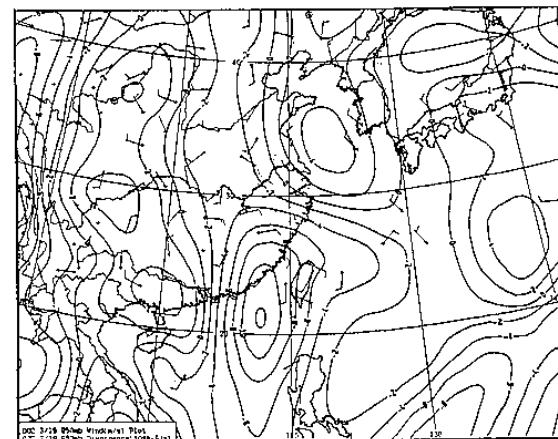
圖四 1994年3月19日00GMT700hPa天氣圖。



圖七 1994年3月19日00GMT300hPa輻散場。



圖五 1994年3月19日00GMT300hPa天氣圖。



圖八 1994年3月19日00GMT850hPa輻散場。

2-2 垂直運動及次環流

就現行氣象作業上來說，利用準地轉垂直運動方程是診斷垂直運動最為廣泛的方法，近年來許多學者亦曾針對綜觀尺度垂直運動的問題做過研究 (Holton, 1992; Sutcliffe, 1947; Hoskins et al., 1978; Trenberth, 1978)，但因為複雜的計算及強迫項中相互抵消作用的影響，作業上來講仍屬不便，最近 Q 向量已被證明是推導垂直運動的利器 (Bluestein, 1992; Dunn, 1988; Sander et al., Durran et al., 1987 and Barnes, 1985)。由於 Q 向量的分析提供了

系統發展，水平偏地轉運動及鋒面環流強度等方面的訊息，因此本文計算了 Q 向量，Q 向量輻散(合)場及地轉鋒面等。

為了簡化起見，在此將不考慮非絕熱項及 β 效應，因此 Hoskins 之 ω 方程可寫為下式：

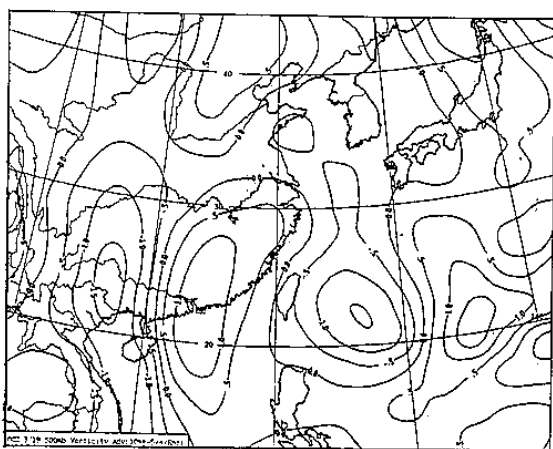
$$\nabla^2 (\sigma \omega) + f \frac{\partial^2 \omega}{\partial p^2} = -2 \nabla \cdot \vec{Q}$$

則 σ 為靜力穩定度 ($\sigma = -(\alpha/\theta) \cdot (\partial \theta / \partial p)$)， θ 為位溫， f 為科氏參數，Q 向量則以下式計算得到。

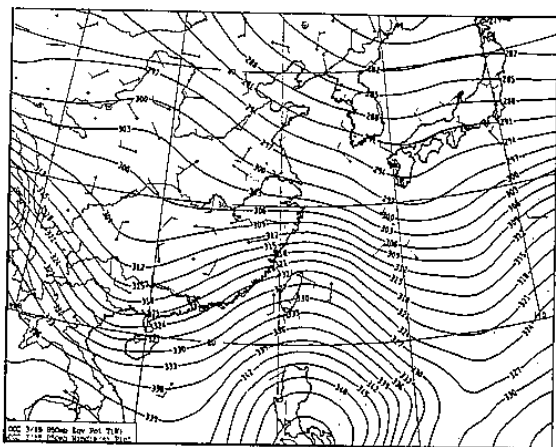
$$\vec{Q} = \frac{R}{p} \left[-\frac{\partial \vec{V}_g}{\partial x} \cdot \nabla T, -\frac{\partial \vec{V}_g}{\partial y} \cdot \nabla T \right]$$

\vec{V}_g 為地轉風向量， T 為環境溫度場， R 則為乾空氣氣體常數，微分項計算採中間差分法計算，相對垂直運動場則由 Q 向量輻散(合)場加以表示。

圖十一為1994年3月19日00GMT及500hPa Q 向量及其輻散(合)場之分布情形， <0 為上升運動，我們觀測到主要的密雲區及降水區域與 Q 向量輻合區一致。另外一個觀察到的重要特徵，靠近台灣海峽附近之 Q 向量輻合區中低層 (500~850hPa) 伴有向上運動，但在300hPa卻為下沉運動，如圖十二，這一點意謂著必須有更多的能量才能使得較深之對流得以發展，事實上都卜勒雷達資料亦顯示雷雨的發展只到達6~7公里而已，進一步的討論將在另文中說明。



圖九 1994年3月19日00GMT500hPa溫度平流分布圖。



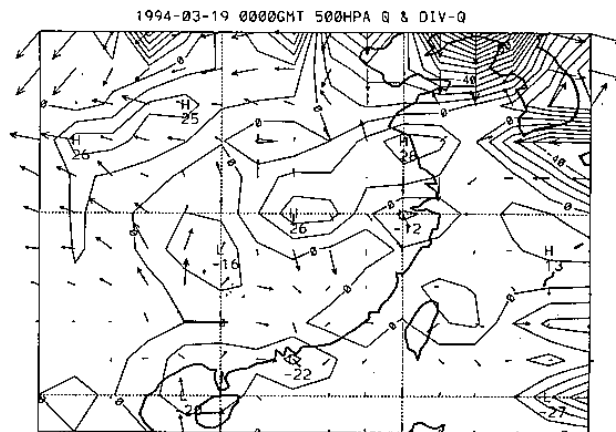
圖十 1994年3月19日00GMT850hPa等相當位溫線圖。

由於 Q 向量可由位溫表示 (Hoskins and Pedder, 1980) 故二維的地轉鋒生可表示為

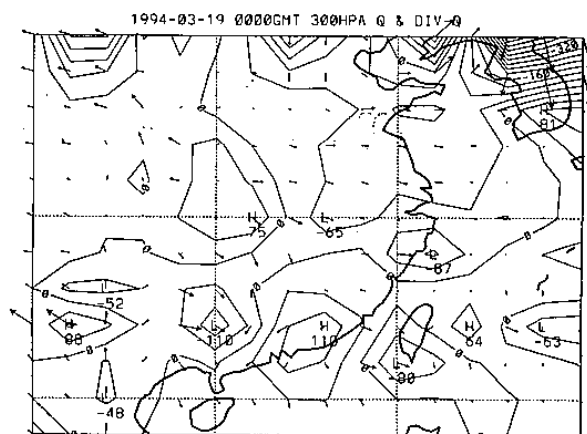
$$\frac{d_s}{dt} |\nabla \theta|^2 = 2 \frac{p}{R} \left(\frac{p_0}{p} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \vec{Q} \cdot \nabla \theta$$

因此地轉鋒生可由 Q 向量及位溫場算出，圖十三為850hPa地轉鋒生分布圖，正區為鋒生、負區為鋒消，

由圖顯示有強鋒生存在於台灣海峽及本省附近區域。其他層亦有相似現象存在，只不過略為向西北西傾斜，由此我們可以推論低層水平溫度由於鋒生而將增加，類似的討論亦曾有學者做過研究 (Dunn, 1988)。



圖十一 1994年3月19日00GMT500hPa Q 向量及輻散(合)場。 Q 向量以箭頭長度為其量之大小，每個經緯度長表 $1.0e-9$ K/MS，等值線間隔為 $1.0e-16$ $1/MS(-3)$ 。



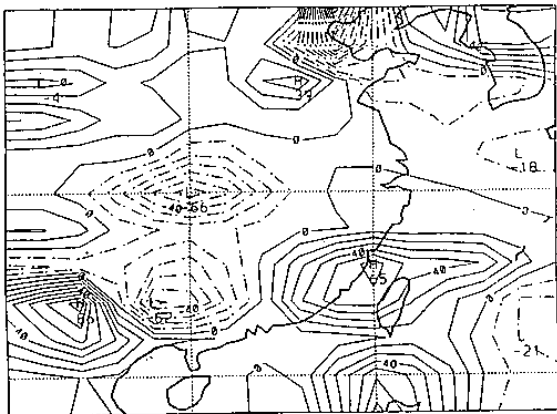
圖十二 1994年3月19日00GMT300hPa Q 向量及輻散(合)場。 Q 向量以箭頭長度為其量之大小，每個經緯度長表 $1.0e-9$ K/MS，等值線間隔為 $1.0e-16$ $1/MS(-3)$ 。

2-3 鋒面兩帶條件對稱性不穩定

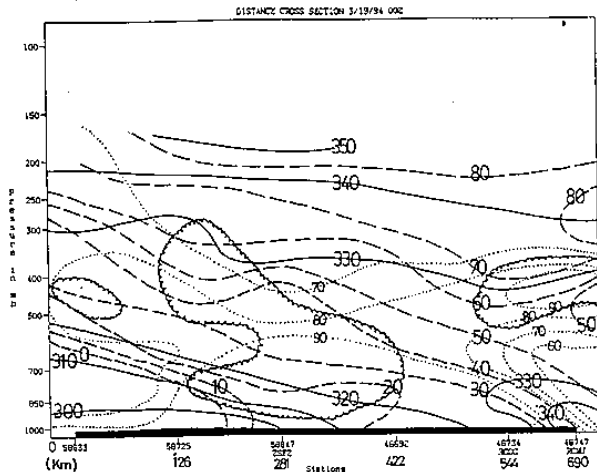
關於對稱性不穩定的理論和在鋒面兩帶及中尺度天氣現象應用上的研究已許多 (Emanuel, 1983a, b, 1985, 1988; Dunn, 1988; Reuter et al., 1990 and Snook, 1992)。對稱性不穩定理論包含慣性及對流性動力不穩定，Snook (1992) 提出作業上即時估計對稱性不穩定的技術，本個案亦採用此法來加以分析。1994年3月19日00GMT可見光及紅外線雲圖分別如圖一、二，由雲圖中顯示，在冷鋒前之暖區內有明顯的雲帶及降水區因此本文選取之測站從46747到58633將測站資料繪製成剖面圖，如圖十四，其中包括等動量線，等位溫線及等相對濕度線，由圖中可知，主要的對稱性不穩定存在於58725、58847及46629三測

站之900~280hPa 垂直剖面上，這個位置恰好是主要鋒面兩帶，另外兩個區則是 58633 附近之500~ 400 hPa及46747到46734 附近之 500~350hPa (此處正好是台灣中部及南部)，此外值得注意的是，強烈的低層對流不穩定，存在於後者，明顯的相對濕度等值線顯示，水汽飽和區域與對稱性不穩定區域大致相符。

到此為止，我們大致已可知本個案之綜觀系統條件及部份的中尺度激發機制，例如，對稱性不穩定度、地形舉升等等，都支持對流的發生。



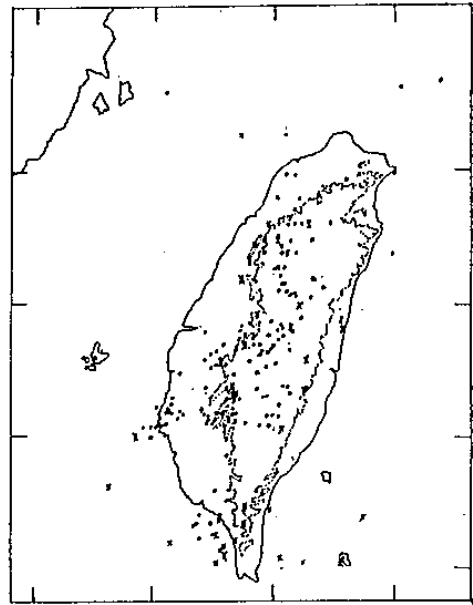
圖十三 1994年3月19日00GMT850hPa地轉鋒生分布圖。等值線間隔為 $1.0e-16$ K/MS。



圖十四 1994年3月19日00GMT 58633至46747探空剖面，實線表相當位溫線，虛線表動量線，點線表相對濕度線。

三、落雷資料分析

本文使用台電落雷偵測資料，落雷資料已被證實是一種可以彌補傳統的衛星、雷達資料不足的可用性資料，因為落雷資料直接表示雲的放電情形，它可以避免雷達及衛星資料應用上的太過主觀認定，並且降低了地形造成的誤差圖十五為1994年3月19日1100L



圖十五 1994年3月19日11L 落雷資料，"·"表正電放電，"x"表負電放電。

的落雷資料，"·"代表正電放電"x"代表負電放電，本文三個雷雨發生最大的強度在1325L及1555L，當鋒面通過台灣時，巨大的負電放電在本省東南邊出現，當雷雨出現在本省西方時，正電放電則有巨量的出現，事實上由每20分鐘正、負電放電之分布頻率，我們可以發現正電放電在1340L開始，且在1500L達到兩個尖峰；中央山脈西邊之雷雨在這段時間亦有出現，brook et. al. (1982) 曾假說，強烈的垂直風切可能造成雲中正電的水平向位移，Engholm et. al. (1990) 則加以証明，這些放電與垂直風切有關，因此大量正電放電聚集在中央山脈西側的原因，可能有二，第一是強烈的垂直風切，從都卜勒徑向風觀測和地轉鋒生的結果，我們可推當鋒面接近時，垂直風切將加強。第二是，雷雨垂直之發展與夏季比起來較為平淺，不過無論如何這些觀點需要這一步的研究。

四、結論

基本上本文是從一個作業人員的觀點來研究發生於1994年3月19日一個快速移動的鋒面系統，它在本省西部，激發三個雷雨胞，研究結果顯示，傳統的預報法則、Q向量、Q向量輻散(合)場、地轉鋒生、對稱性不穩定分析、落雷資料已提供作業人員一個更可用的資訊來針對對流性天氣系統的移動、強度、未來發展及有利環境做進一步的分析與預報，作業人員應同時考慮綜觀環境場的條件及中尺度激發機制才能確切地掌握系統的發展及移動情形。

五、誌謝

本文之完成感謝徐天佑先生及呂貴寶先生提供許寶貴的意見，簡敏慧小姐之打字，特此致謝。

六、參考文獻

- Barnes, S. L., 1985: Omega diagnostics as a supplement to LFM/MOS guidance in weakly forced convective situations. *Mon. Wea. Rev.*, 113, 2122-2141.
- Brook, M., M. Nakano and P. Krehbiel, 1982: The electrical structure of the Hukuriko winter thunderstorms. *J. Geophys. Res.*, 87, 1207-1215.
- Emanuel, K. A., 1983a: The lagrangian parcel dynamics of moist symmetric instability. *J. Atmos. Sci.*, 40, 2368-2376.
- Emanuel, K. A., 1983b: On assessing local conditional symmetric instability from atmospheric soundings. *Mon. Wea. Rev.*, 111, 2016-2033.
- Emanuel, K. A., 1988: Frontal circulations in the presence of small moist symmetric stability. *J. Atmos. Sci.*, 45, 1062-1071.
- Dunn, L. B., 1988: Vertical motion evaluation of a Colorado snowstorm for a synoptician's perspective. *Wea. and Fore.*, 3, 261-272.
- Durrant, D. R. and L. W. Snellman, 1987: The diagnosis of synoptic-scale vertical motion in an operational environment. *Wea. and Fore.*, 2, 17-31.
- Engholm, C. D., E. R. Williams, and R. M. Dole, 1990: Meteorological and electrical conditions associated with positive cloud-to-ground lightning. *Mon. Wea. Rev.*, 118, 470-487.
- Holton, J. R., 1979: An introduction to dynamic meteorology. 2nd ed., Academic Press, 391 pp.
- Holton, J. R., 1992: An introduction to dynamic meteorology. 3rd ed., Academic Press, 511 pp.
- Hoskins, B. J. and M. S. Pedder, 1980: The diagnosis of middle latitude synoptic development. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 106, 707-719.
- Reuter, G. W., and M. K. Yau., 1990: Observations of slantwise convective instability in winter cyclones. *Mon. Wea. Rev.*, 118, 447-458.
- Sanders, F. and B. J. Hoskins (1990): An easy method for estimation of Q-vector from weather maps. *Wea. and Fore.*, 5, 346-353.
- Snook, J. S., 1992: Current techniques for real-time evaluation of conditional symmetric instability. *Wea. and Fore.*, 7, 430-439.
- Trenberth, K. E., 1978: On the interpretation of the diagnostic quasi-geostrophic omega equation. *Mon. Wea. Rev.*, 106, 131-137.

THE DIAGNOSIS OF SYNOPTIC SCALE SYSTEMS ASSOCIATED WITH A FRONT FROM AN OPERATIONAL PERSPECTIVE

Chung-Chih Liu Peter Pan

Weather Central, Weather Wing, CAF ROC

Koung-Ying Liu

Department of Atmospheric Sciences
The Chinese Culture University

ABSTRACT

A frontal system which passed and triggered three thunderstorms in Taiwan during 19 March, 1994 was studied from an operational perspective. Our results indicate that conventional forecast rules, Q vector, divergence Q, geostrophic frontogenesis, symmetric instability analysis, and lightning discharge data has given forecaster various valuable information in determining system motion, intensity, future development, and environmental setup for convective activity initiation. Operational forecasters should always focus his/her consideration from synoptic favorable conditions for convection initiation to meso-scale triggering mechanisms. Under this circumstance, he/she could easily grasp most of the weather changes along the system evolution.

