

華南地區中尺度對流系統的分析

陳景森¹ 王時鼎² 林民生²

林雨我³ 朱昌敏⁴

1. 主持人 中央大學大氣物理系
2. 協同主持人 中央氣象局科技中心
3. 助理 中央氣象局科技中心
4. 助理 中央大學大氣物理系

一、摘要

每年春末夏初之際，在華南地區梅雨鋒附近常有一些中尺度對流系統（Mesoscale Convective System）的發展，這些系統東移到台灣之後，常能引起豪雨。然而有些系統東移至台灣海峽之後，却有消散的現象；有的系統在移至台灣海峽附近時，轉以偏北的方向行徑，沒有逼向台灣省，故也沒有引發豪雨的現象。因此本文僅藉著相當位溫場（ θ ）及相當位溫梯度場（ $|\nabla\theta|$ ）的客觀分析，對有豪雨及沒有豪雨天氣發生時的環境分析場與當時的衛星雲圖比較，希望能從中瞭解這兩者之間的相關性，是否能提供天氣預報的參考。

二、前言

五、六月梅雨季所伴隨的豪雨天氣，常導致台灣地區有嚴重的災害發生，諸如民國七〇年的「五·二八」水災，造成了新竹、桃園之間的鐵公路受損，交通中斷且多處積水，形成重大的損失。另外在民國七十三年「六·三」和「六·十」台北地區的豪雨（水災），同樣的造成了嚴重的損失；引發這一類豪雨的天氣現象，歸因於梅雨鋒面帶內中尺度對流系統的發展而造成的。目前國內已有不少學者曾先後對此MCS誘發的豪雨現象做過分析研究，例如Chen（1977）；陳與蔡（1978）；劉（1982）；丘等（1982）；丘與廖（1984）；丘與林（1985）；丘與劉（1985）；Chen et al.

（1986）。而國外方面，如美國中西部地區於每年的暖季期間（即三～九月）常有一生命期較長和尺度較大的中尺度對流系統發展，此系統有時造成美國中西部地區豪雨天氣現象，有時造成其他較嚴重的劇烈天氣如冰雹、陣風等，諸如Maddox、Chappel and Hoxit（1979）；Maddox（1980）；Maddox（1981）；McAnelly, R. L. and W. R. Cotton（1986）；Wetzel, P. J., W. R. Cotton and R. L. McAnelly（1983）等的研究分析。不論是國內或是國外的氣象作業單位，對此豪雨天氣所帶來的災害都是相當重視。因此在預報與防範的工作上是不容忽視的，期望能使財務損失及人員傷亡達到最小。所以本次

報告的分析結果，希望能對預報方面提供一些參考。

三、資料與分析方法

資料的分析以地面傳統測站報告為主，因為地面的觀測資料每三小時有一次，資料較為密集，對分析上較能掌握系統的演變過程。由科技中心所提供的資料有：(1)民國 70 年 5 月 27 ~ 28 日；(2)民國 73 年 6 月 2 ~ 3 日；(3)民國 73 年 6 月 13 ~ 16 日；共三個案例的地面傳統觀測報告。衛星雲圖方面，因現有的雲圖並非每三小時一張，因此在個案分析與雲圖比對上較受限制。另外雲圖資料又分為 V I S 可見光和 I R 紅外光兩種。

客觀分析的範圍為 18×16 的網格，從 105°E 至 122°E 及 20°N 至 35°N ，經緯度各一度的間距。而資料的區域為 28×26 的網格，亦即 100°E 至 127°E 及 15°N 至 40°N ，這在分析上能提高分析值的準確度。分析的方法是採用 Barnes (1973) 提出的客觀分析方法，基本上它是屬於逐次修正法的一種。首先在網格點上設定一初始場，而後再以網格點附近的觀測值作逐次修正。計算過程如下：

$$\phi_g^m = \phi_g^{m-1} + \frac{\sum_{i=1}^N W_i (\phi_{i0} - \phi_{i0}^{m-1})}{\sum_{i=1}^N W_i} \quad (1)$$

式中 ϕ 代表任意氣象變數。 ϕ_g^m 及 ϕ_g^{m-1} 代表網格點上第 m 次及 $m-1$ 次的分析值； ϕ_{i0} 代表網格點附近第 i 個測站上的觀測值； ϕ_{i0}^{m-1} 代表第 i 個測站上第 $m-1$ 次的分析值（此可藉由網格點上的分析值內插而得）； W_i 為第 i 個測站對網格點的權重因子， N 為網格點附近參與內插的測站總數。

權重函數是採用 Barnes (1964) 所提的：

$$W_i = \exp\left(-\frac{r_i^2}{4K}\right) \quad (2)$$

以及 Barnes (1973) 所提的權重修訂函數：

$$W_i = \exp\left(-\frac{r_i^2}{4\eta K}\right) \quad (3)$$

式中 r_i 為第 i 個測站和網格點之間的距離； K 為決定權重函數形狀的參數，它是由測站分佈的密度以及所要分析系統的尺度大小來決定，在此給定 $\lambda = 1000 \text{ km}$ ； η 為增加收斂性和提高計算速度的參數。根據 Barnes (1973) 的解釋，認為 η 值在 $0.2 \sim 0.4$ 之間最好，在此選取 $\eta = 0.3$ 作運算。

另外也採用 Barnes (1973) 所提的反應函數：

$$D = \exp\left(-\frac{4K\pi^2}{\lambda^2}\right) \quad (4)$$

此反應函數的意義為當一氣象觀測資料從測站上內插到網格點後，尚保留原有特性的比例。據此，修正後的反應函數，如下式表示：

$$D' = D(1 + D\eta^{-1} - D\eta^{+1}) \quad (5)$$

D' 為修正後的反應函數。此處選取 $D' = 0.9$ ，亦即期望修正後，能保留原特性的 90%。如此反求 K ，進而決定權重函數應以何種形狀出現。

就處理網格點內插到測站時所採用的方法分成兩個步驟：(1)四點內插，主要應用在靠近邊界部份，如圖一所示，這種內插較能處理邊界的問題；(2)十六點內插，主要應用在離邊界兩個網格以內的區域，利用此法能保留高低壓中心的數值，如圖二所示。

四、個案分析

本次分析所選用之三種不同時間的案例資料，目的在希望應用 Chen et al. (1986) 所提的 $|\nabla\theta|$ 分析，是否也能同樣的應用在這有豪雨及沒有豪雨的個案分析上。因為，在 Chen et al. (1986) 的研究指出，造成許多對流系統發展的原因是南來的水汽提供暖濕的環境，有利於對流系統的發展。同時在其報告中指出， $|\nabla\theta|$ 值較大的區域與對流系統雲區所在的區域相互吻合。因此，藉此應用到三個不同的個案，一方面驗證 $|\nabla\theta|$ 對

分析預報上的可行性，另一方面藉此了解三個案例中 $|\nabla\theta|$ 值較大的區域與雲系的相關性。

(一)民國70年5月27~28日：在27日18Z時，鋒面帶內中尺度對流系統的東移，造成了台灣北部地區的降水，而於28日00Z時，此系統伴隨鋒面帶南移，先後在新竹附近和梧棲，台中造成大量的降水，在12Z時之後才有明顯的消散。就雲圖的分析來看，27日18Z時，在台灣海峽北面的雲系東移，而影響到本省北部，28日00Z的雲系仍停留在本省北部，而於03Z、06Z、09Z系統不斷的南移，至12Z後雲系減弱。就 θ_e 和 $|\nabla\theta_e|$ 的分析來看，27日12Z、28日00Z、12Z θ_e 場的分析結果顯示，在華南地區 θ_e 等值線較密集的區域（其值為 $340^\circ\sim 355^\circ\text{K}$ ）與衛星雲圖的鋒面系統前緣相配合（如圖三所示）。27日09Z時廣西省梯度較大的區域（ $|\nabla\theta_e|\geq 4^\circ\text{K}/100\text{Km}$ ）與雲圖雲系的位置相關性很高。但並不是意味只有 $|\nabla\theta_e|\geq 4^\circ\text{K}/100\text{Km}$ 的區域才與雲圖配合， $|\nabla\theta_e|$ 較小的區域也是有雲覆蓋。12Z時，自09Z $|\nabla\theta_e|$ 大的區域移出的對流系統（ $|\nabla\theta_e|\geq 4^\circ\text{K}/100\text{Km}$ ）從台灣北面掃過；15Z時，在 115°E ， 25°N 附近， $|\nabla\theta_e|\geq 4^\circ\text{K}/100\text{Km}$ 的區域有分成兩部分的趨勢。在台灣北部有 $|\nabla\theta_e|$ 較小的區域出現。這些系統不斷的從廣西貴州地區發展出來，而且都是在 $114^\circ\sim 116^\circ\text{E}$ ， $24^\circ\sim 26^\circ\text{N}$ 附近分成兩部分，18Z、21Z亦是如此。雲圖的相對位置也均能與華南地區之分析值相配合。28日00Z，03Z時， $|\nabla\theta_e|\geq 4^\circ\text{K}/100\text{Km}$ 的範圍有南移的現象，同時區域也較27日分析的大，而其移出的部份也有東移的現象，雲圖的分佈也是如此。09Z的 $|\nabla\theta_e|\geq 4^\circ\text{K}/100\text{Km}$ 的區域較小，在東南沿海呈塊狀區域，而雲圖的相對位置，大致也是如此。12Z時，在台灣北部有 $|\nabla\theta_e|\geq 4^\circ\text{K}/100\text{Km}$ 的區域，與雲圖頗配合。同時，華南地區的 $|\nabla\theta_e|$ ，有變成較小的情形（

如圖四所示）。然而， $|\nabla\theta_e|$ 的分析只是我們提供參考的方法，不能涵蓋所有的分析，尚須配合其他的氣象資料分析，才能完整。

(二)民國73年6月2~3日：鋒面系統於6月1日18Z~2日06Z一直在台灣北部海面徘徊滯留，而在2日12Z時，整個鋒面帶向東南方向的台灣地區移動。此後，一直到3日02Z止，鋒面在台灣北部徘徊，並於2日18Z時，造成台北地區的強烈降水。同時在本省西北方新的對流系統與鋒面帶合併，更造成北部地區持續性降水。

就 θ_e 和 $|\nabla\theta_e|$ 的分析來看，2日12Z時的雲圖位置與華南地區 θ_e 場密集區域相配合。同樣的3日00Z亦是如此，如圖五所示。2日03Z時大陸東南沿海， $|\nabla\theta_e|\geq 4^\circ\text{K}/100\text{Km}$ 的區域範圍很大，而於06Z時， $|\nabla\theta_e|\geq 4^\circ\text{K}/100\text{Km}$ 的區域範圍減小，並有南移的現象，與雲圖的雲系相當配合。09Z時， $|\nabla\theta_e|$ 的強度增加且範圍增大，同時 $|\nabla\theta_e|\geq 4^\circ\text{K}/100\text{Km}$ 的區域有東移現象。12Z時，系統更向東移，但範圍變得較小。於15Z時，在東南沿海 $|\nabla\theta_e|\geq 4^\circ\text{K}/100\text{Km}$ 的區域再減小，但強度有增強的趨勢。18Z時， $|\nabla\theta_e|\geq 4^\circ\text{K}/100\text{Km}$ 的區域退到福建省境內，認為是小的系統自 $|\nabla\theta_e|$ 大的區域移出的結果，就雲系的演變過程來看，有雲的區域大致都能與 $|\nabla\theta_e|$ 強的地方吻合，如圖六所示。以上兩種對台灣本省而言，是有造成豪雨現象的天氣系統。

(三)民國73年6月13~16日：此案例從衛星雲圖的報告，認為華南地區之中尺度對流系統東移的影響，很有可能會導致台灣地區15~16日期間有豪雨的出現，然實際上，系統東移之後，經台灣海峽而轉偏北方向行徑，有的却在移出大陸東南沿海地區之後，迅速消散。15日00Z，鋒面帶由江蘇近海向西南延伸至雲南省，系統向東偏北的方向移行。16日00Z時，鋒面系統沿大陸東南沿海

向東北移行。而由 θ_e 及 $|\nabla\theta_e|$ 的分析來看，15 日 00Z 340°K 的等值線與鋒面位置吻合，而 16 日 00Z 時，則為 350°K 的等值線，如圖七所示。14 日 21Z，在 110°E 以西的貴州省境內，有 $|\nabla\theta_e|$ 較強的地區 ($|\nabla\theta_e| \geq 4^\circ\text{K}/100\text{Km}$)，此一系統向東移，在 15 日 03Z 時，於 114°E，25°N 附近有偏北的傾向，同時由衛星雲圖得知在大陸沿海地區，有鋒面雲系的存在，沒對台灣造成影響。而後 12Z， $|\nabla\theta_e|$ 較強的區域沿大陸東南沿海呈帶狀，於 15 日時向東北延伸，就雲圖的比對上，大致配合。此與前兩者有明顯的不同，其結構較為完整。但並未造成豪雨現象。21Z $|\nabla\theta_e|$ 較強的區域變小，且強度減弱。16 日 00Z 時，110°E ~ 120°E，25°N ~ 30°N 的區域，其 $|\nabla\theta_e|$ 變得相當弱，而較強的區域沿福建沿海分佈，此與大陸東南沿海雲圖位置大致配合。

五、總 結

$|\nabla\theta_e|$ 的分析，僅是我們提供預報分析的參考，單獨此項分析不能概括所有的天氣特徵，尚須配合其他的氣象分析，如垂直剖面的水汽分佈等。然就上述三個案例的分析結果所示：雲貴地區發展的中尺度對流系統，移至大陸東南沿海地區時，並非都能對台灣本省造成強烈的降水現象。 $|\nabla\theta_e|$ 的分析方面，可以界定 $\geq 4^\circ\text{K}/100\text{Km}$ 的區域與雲圖雲系所在的位置是具有很高的相關性。正如前二個案例裡 $|\nabla\theta_e| \geq 4^\circ\text{K}/100\text{Km}$ 區域，在台灣出現的頻率很高，而後一案例裡，在台灣出現之 $|\nabla\theta_e|$ 較小，沒有 $|\nabla\theta_e| \geq 4^\circ\text{K}/100\text{Km}$ 的區域出現。因此，在豪雨預報上， $|\nabla\theta_e|$ 確實能提供參考。

六、致 謝

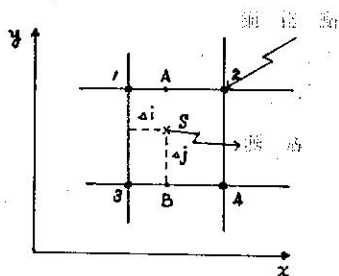
本文的完成，承蒙氣象科技中心所提供的觀測

資料，以及林煒閔、丘台光先生的協助，在此一併致謝。另外，特別感謝中央大氣物理所林松錦教授提供的寶貴意見及微電腦中心所提供的軟體與硬體設備，並感謝林忠仁同學的繪圖協助。

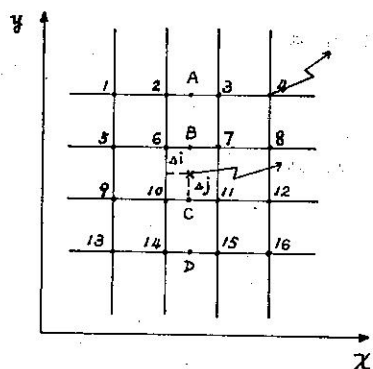
七、參考文獻

- 丘台光、林雨我，1985：利用衛星、雷達資料作台灣地區豪雨預報之初步研究，天氣分析與預報研討會論文彙編，中央氣象局，107-129。
- 丘台光、劉復誠，1985：民國 73 年 6 月 3 日台灣北部地區豪雨之個案研究，大氣科學，十二期，93-102。
- 丘台光、廖學鎰、洪理強，1982：民國 70 年 5 月 28 日之豪雨個案研究，中範圍天氣系統研討會論文彙編，中央氣象局，233-247。
- 丘台光、廖學鎰，1984：華南及鄰近地區中尺度對流系統之研究、大氣科學第 11 期，85-100。
- 丘台光，1984：華南地區中尺度對流複合系統對飛航之影響，航空氣象與飛航安全研討會，27-36。
- 林松錦、陳雯美，1987：Barnes 客觀分析方法中影響半徑的選擇，大氣科學第 15 期，59-67。
- 紀水上、陳泰然，1984：1981 年 5 月 27、28 日華南及台灣地區中尺度對流複合系統之初步分析，天氣分析預報研討會論文彙編，中央氣象局，95-114。
- 劉廣英，1982：民國 70 年 5 月 28 日豪雨與中範圍天氣系統之關係。氣象預報與分析，91，1-10。

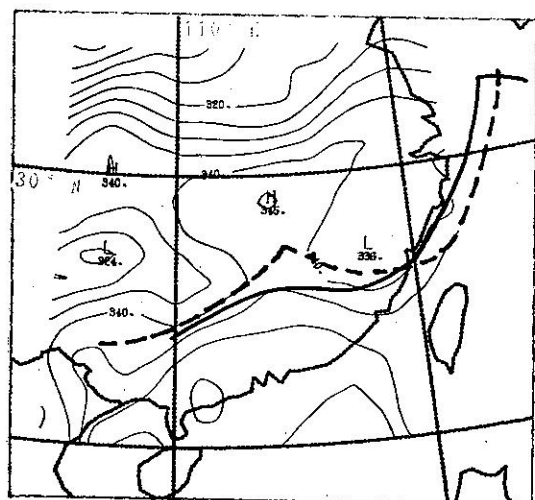
- Barnes, S.L., 1964 : A technique for maximizing details in numerical weather map analysis. *J. Appl. Meteor.*, 3, 369-409.
- , 1973 : Mesoscale objective map analysis using weighted time series observations. NOAA Tech. Memo. ERL NSSL-62, 60pp.
- Chen, G.T.J., 1977 : An analysis of moisture and rainfall for a Mei-Yu regime in Taiwan. *Proc. Natl. Sci. Coun., ROC*, 1, 11, 1-21.
- , and C.Y. Tsay, 1977 : A detailed analysis of a case of Mei-Yu system in the vicinity of Taiwan. Tech. rep. No. Mei-Yu-001, Dept. Atmos. Sci., Natl. Taiwan Univ., 249 pp.
- Chen, C. S., T.K. Chiou and S. T. Wang, 1986 : An investigation of mesoscale convective systems associated with Mei-Yu front in SE China from May 26 to 28, 1985, Paper in Meteorological Research, 9, 137 - 161.
- Maddox, R. A., 1980a : Mesoscale convective complexes. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 61, 1374-1387.
- , 1980b : An objective technique for separating macroscale and meso-features in meteorological data. *Mon. Wea. Rev.*, 108, 1108-1121.
- , 1981 : The structure and life-cycle of midlatitude mesoscale convective complexes. *Atmos. Sci. Pap. No. 336*, Colorado State University, 311 pp.
- , C.F. Chappell and L. R. Hoxit, 1979 : Synoptic and meso- α scale aspects of flash flood events. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 60, 115-123.
- McAnelly, R.L. and W. R. Cotton, 1986 : Meso- β -scale characteristics of an episode of meso- α -scale Convective Complexes., *Mon. Wea. Rev.*, 114, 1740-1770.
- Wetzel, P.J., W.R. Cotton and R.L. McAnelly, 1983 : A long-lived mesoscale convective complex Part II : Evolution and structure of the mature complex. *Mon. Wea. Rev.*, 111, 1919-1937.



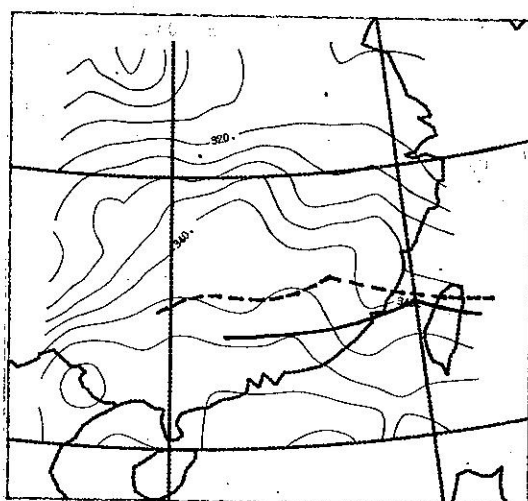
圖一 四點內插



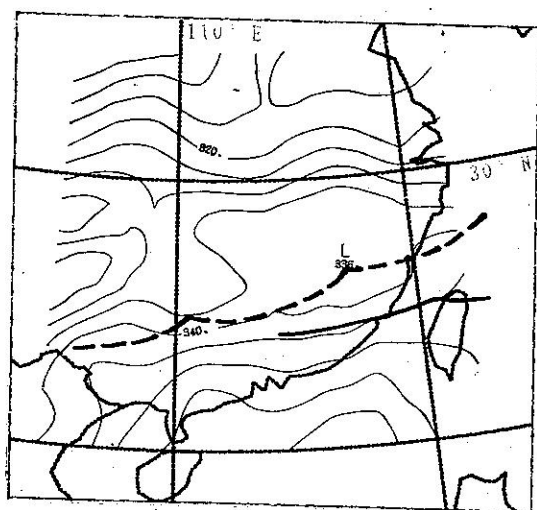
圖二 十六點內插



(a)

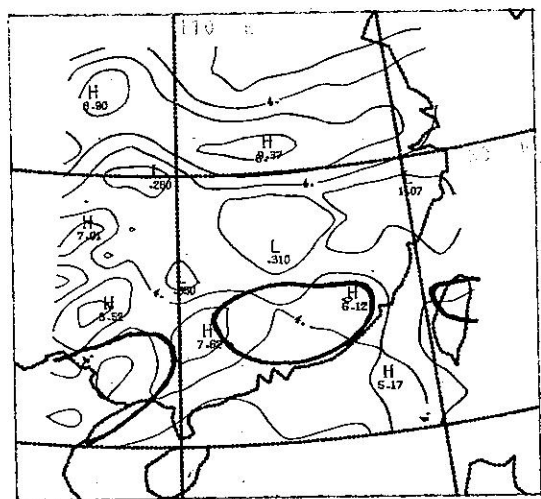
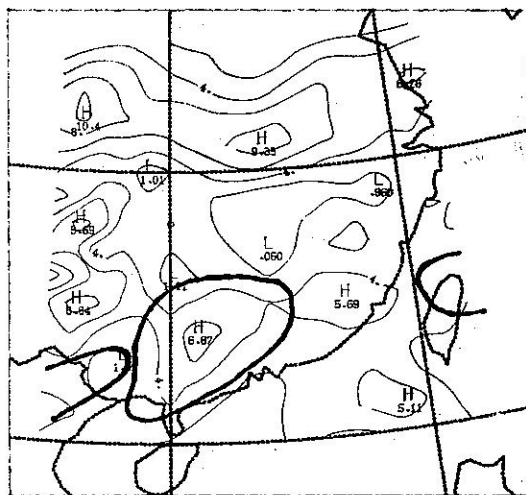
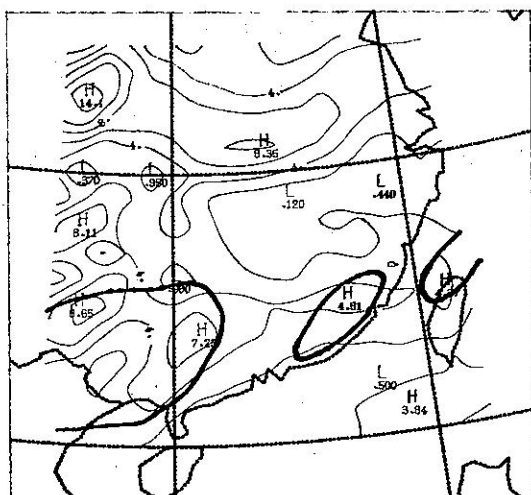
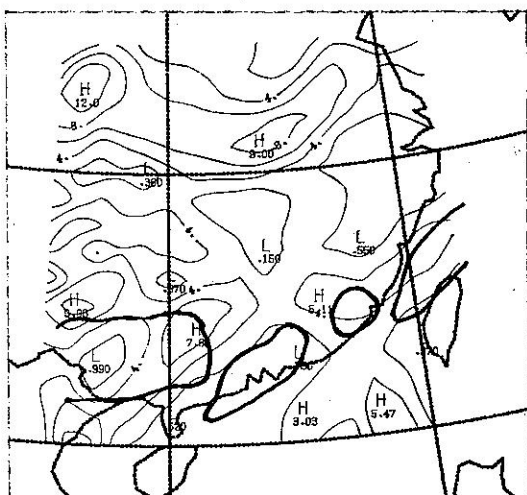
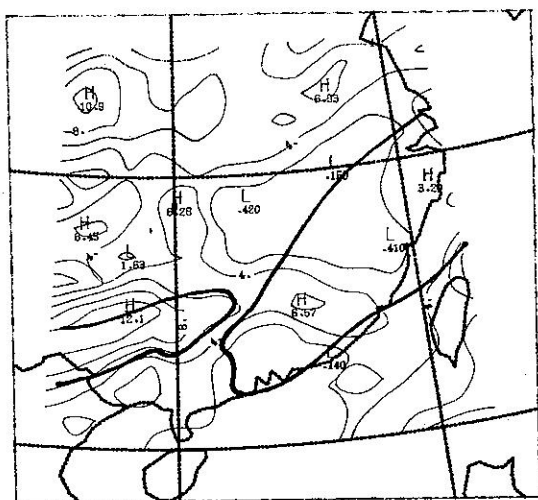


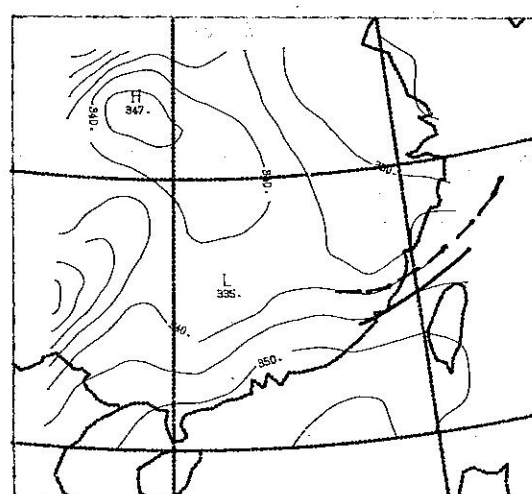
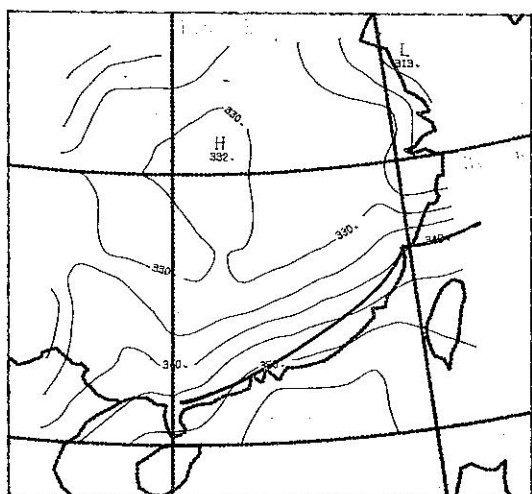
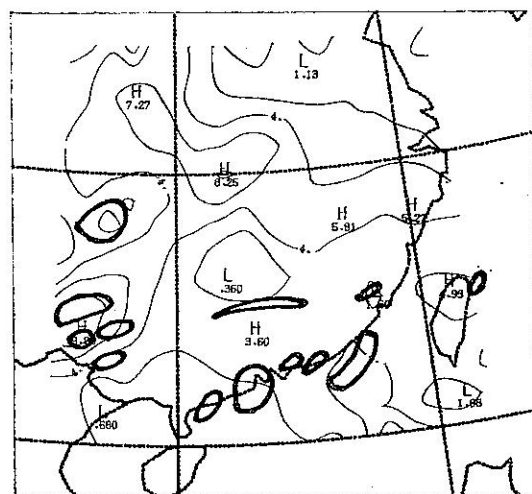
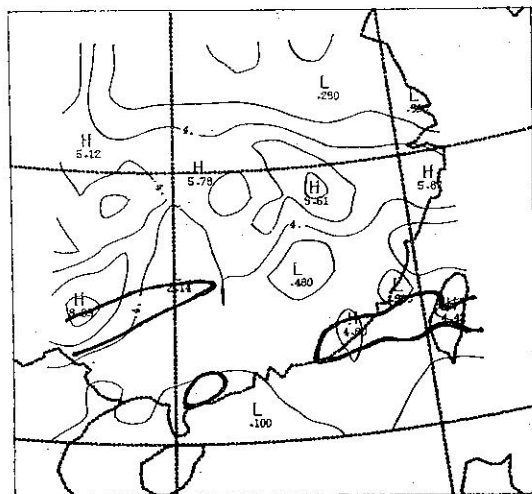
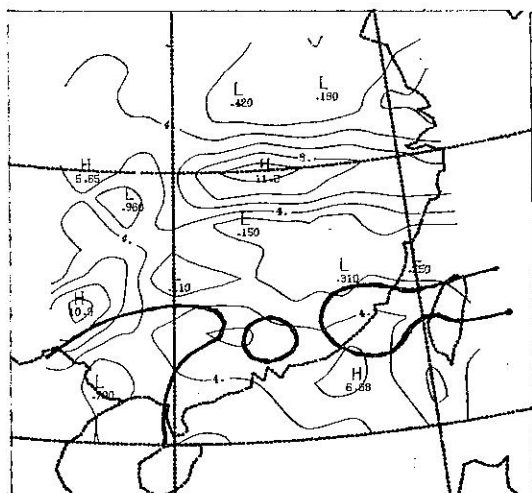
(b)



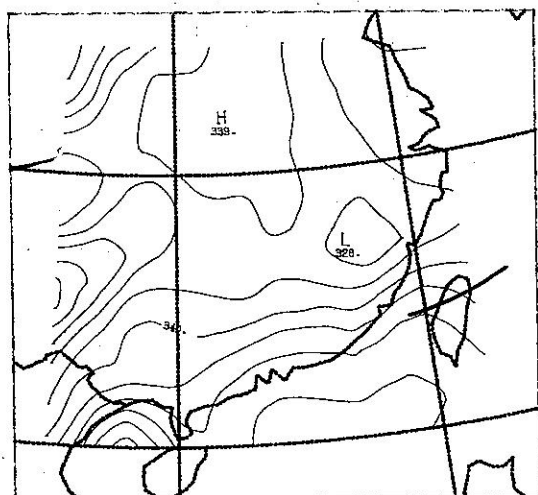
(c)

圖三 相當位溫場 (θ_e) 與鋒面配置圖, θ_e 等值線間距為 5°K 。粗實線代表地面鋒面位置, 粗虛線代表 850 mb 鋒面位置。民國 70 年:
(a) 5.27.12 Z (b) 5.28.12 Z (c) 5.28.12 Z

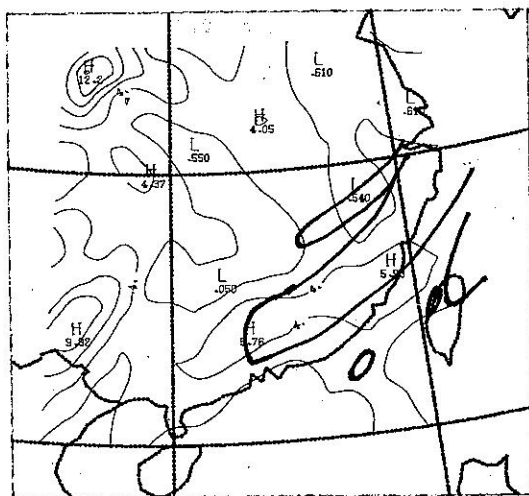
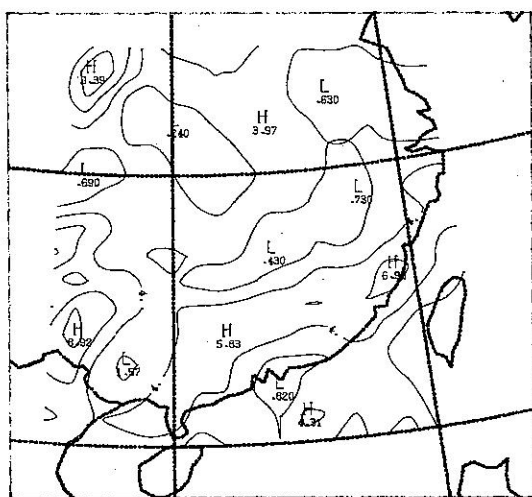
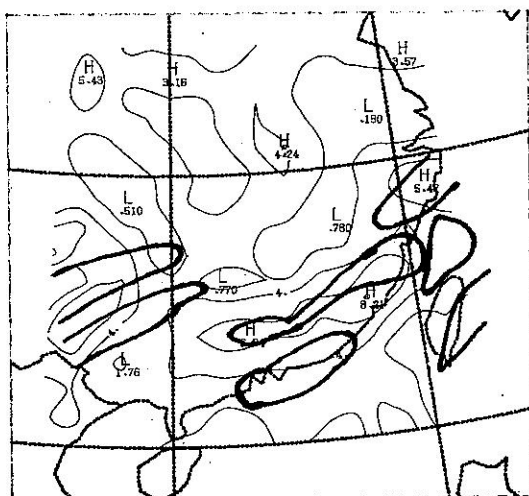
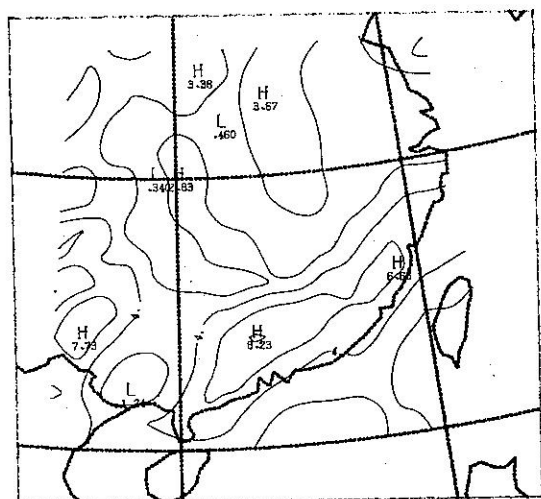


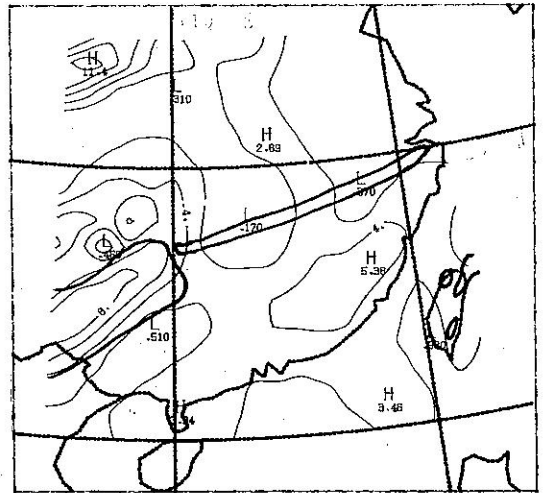
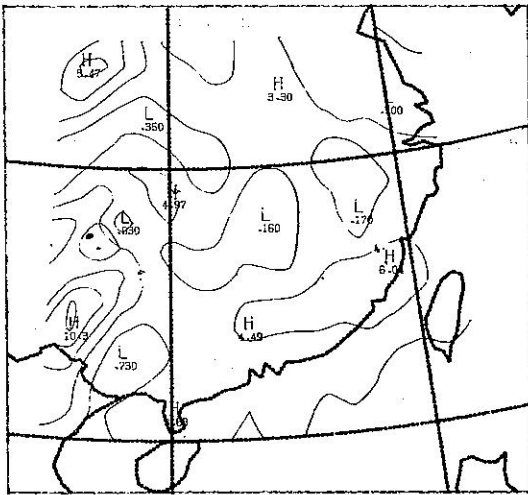


圖四 相當位溫梯度表 ($|\nabla\theta_e|$) 與雲區的配置圖， $|\nabla\theta_e|$ 等值線間距為 $2^\circ\text{K} / 100\text{Km}$ 。粗實線包圍的區域是紅外線雲圖所顯示的範圍。民國70年5月27日：(a) 09Z (b) 12Z (c) 15Z (d) 18日 (e) 21Z；28日 (f) 00Z (g) 03Z (h) 09Z (i) 12Z

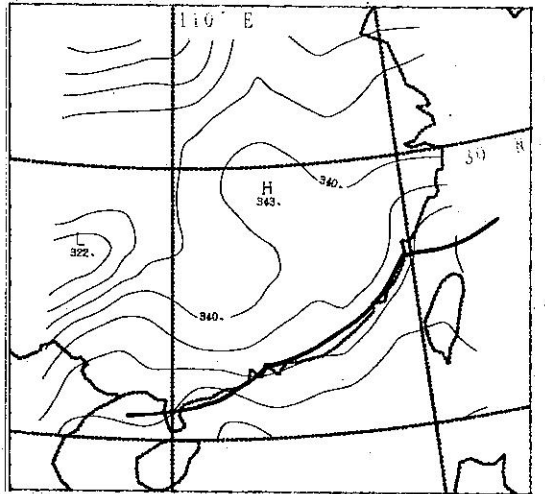
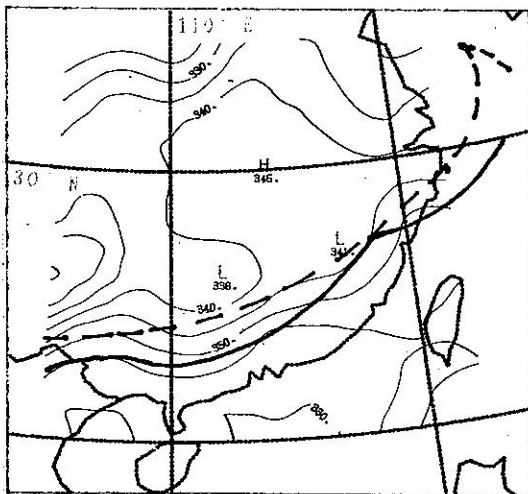
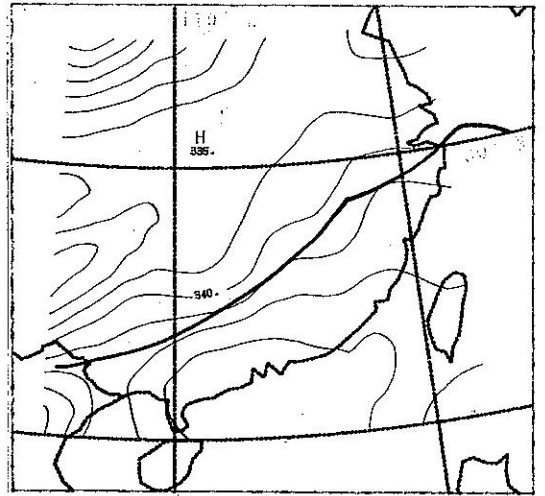


圖五 同圖三。但為民國 73 年：(a) 6.2.00Z (不含 850mb 鋒面) (b) 6.2.12Z (c) 6.3.00Z (不含 850mb 鋒面)

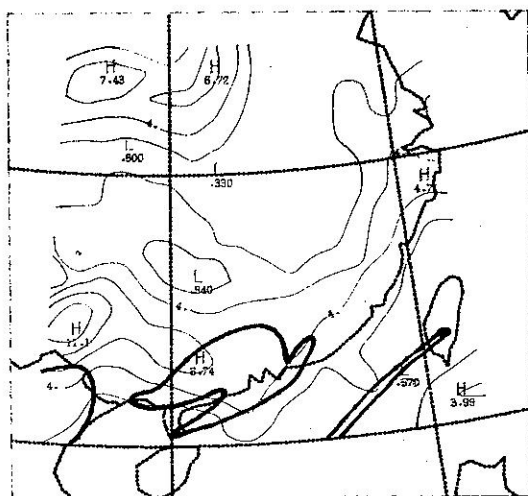
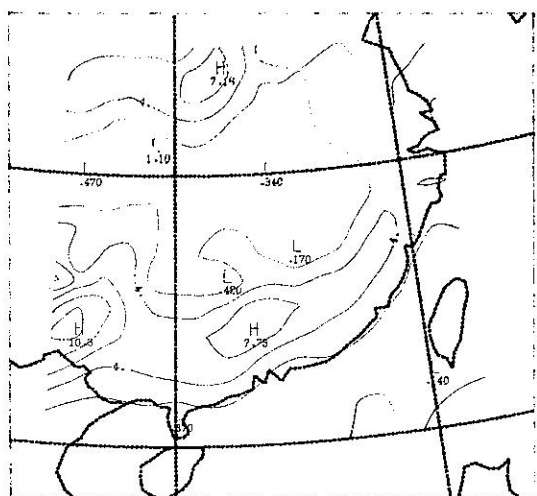
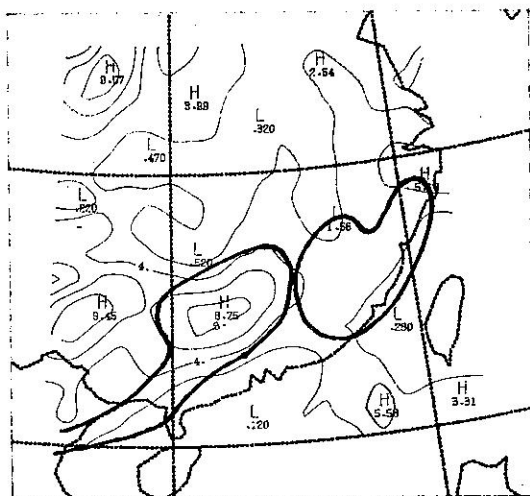
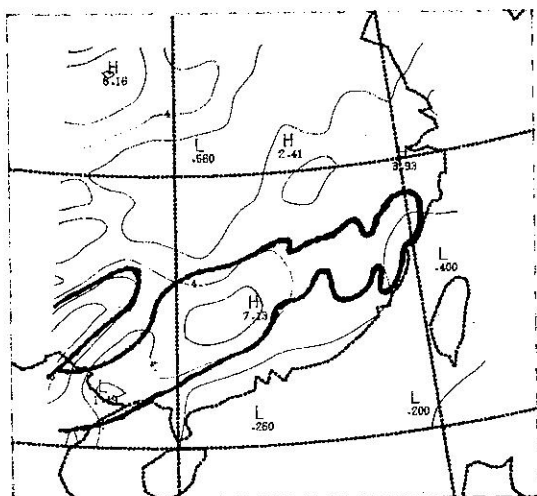
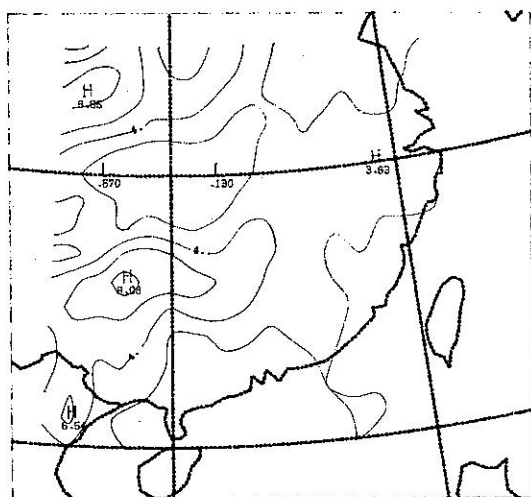


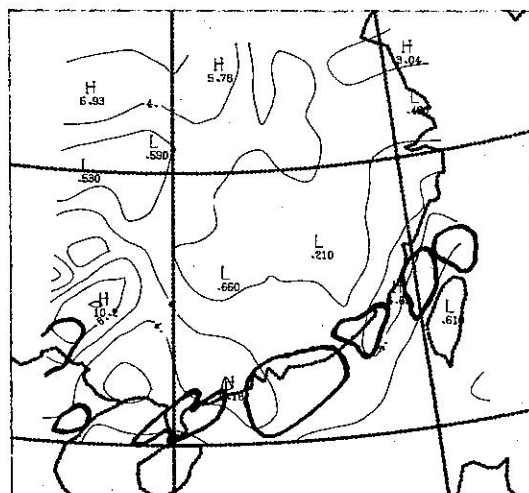
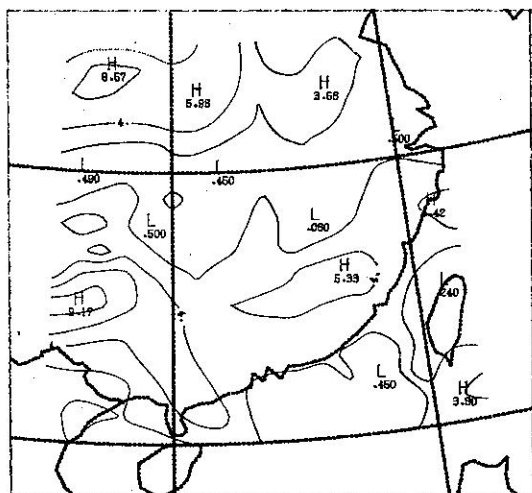


圖六 同圖四。但為民國73年6月2日：(a) 03Z (僅有 $\nabla\theta$ 。|場) (b) 06Z，但為VIS雲圖範圍 (c) 09Z (僅有 $\nabla\theta$ 。|場) (d) 12Z，但為VIS雲圖範圍 (e) 15Z (僅有 $\nabla\theta$ 。|場) (f) 18Z



圖七 同圖五。民國73年：(a) 6.15.00Z (不含 850 mb 鋒面) (b) 6.15.12Z (c) 6.16.00Z (不含 850 mb 鋒面)





圖八 同圖六。民國73年6月14日：(a) 21Z (僅有
| $\nabla\theta$ 。| 場)；15日(b) 00Z (c) 03Z (d) 12
Z (僅有| $\nabla\theta$ 。| 場) (e) 15Z (f) 21Z (僅
有| $\nabla\theta$ 。| 場)；16日(g) 00Z

The Analysis of Mesoscale Convective Systems in SE China

Ching-Sen Chen¹ Shing-Ting Wang² Jack Ming-Sen Lin²

Yeu-Woo Lin³ Chang-Min Chu⁴

1. Principle investigator, Department of Atmospheric Physics, National Central University. Chung-Li, Taiwan. R.O.C.
2. Co-investigator, Scientific and Technical center, Central Weather Bureau, Taipei, Taiwan, R.O.C.
3. Assistant, Scientific and Technical center, Central Weather Bureau, Taipei, Taiwan, R.O.C.
4. Assistant, Department of Atmospheric Physics, National Central University. Chung-Li, Taiwan, R.O.C.

Abstract

Several mesoscale convective systems(MCCs) occur associated with Mei-Yu Front in SE China during late spring and early summer. Some MCCs can move over Taiwan area and dump a lot of rain. However some MCCs disappear before reach Taiwan. In this study we will investigate the relationship between surface potential temperature field and the development of MCCs. Through the analysis the gradient of horizontal potential temperature we find some relationship exist. More cases are needed to generalize this relationship. We hope this relationship can help the forecast of the development of MCCs.