

# 冷鋒前中間尺度擾動個案之分析研究

廖學鎰 嚴明鉦

國立中央大學 大氣物理研究所

(中華民國七十一年四月十五日收件, 五月九日訂正)

## 摘要

亞洲副熱帶潮濕區是中間尺度擾動發生頻率最多區域, 民國 68 年 12 月 17 日至 21 日有兩個中間尺度擾動發生於冷鋒南方, 而通過華南地區。

本文使用每隔 3 小時之地面氣象資料, 每天兩次之探空資料, 以及 GMS - I 同步氣象衛星資料。針對此兩個中間尺度擾動, 做一完整分析研究, 以了解中間尺度擾動之結構。

## 一、前言

大氣中擾動通常以尺度來做分類, 中間尺度擾動 (Intermediate-scale disturbance or medium-scale disturbance) 則正好介於綜觀尺度擾動 (Synoptic scale disturbance) 與中尺度擾動 (mesoscale disturbance) 之間。歷史上 Ushijima (1959), Eliassen (1966), Sawyer (1967) 等開始使用中間尺度擾動之名稱, 通常水平尺度在數百公里至一、兩千公里。Orlanski (1975) 更將大氣擾動的尺度細分, 指水平尺度 200 到 2000 公里間之擾動為中間尺度擾動, 並建議使用 meso- $\alpha$  disturbance 之名稱。

根據 Trewartha (1968), 世界上之三類主要降水區, 為熱帶潮濕區 (Tropical humid region), 熱帶乾濕區 (Tropical dry-wet region), 副熱帶潮濕區 (Subtropical humid region) 等。於熱帶潮濕區全年都會有強烈對流性降雨, 但於熱帶乾濕區, 僅在潮濕期 (雨季) 才有強烈降雨。而副熱帶潮濕區, 位置在大陸東岸之副熱帶區。此區域之年降雨量雖然比較熱帶之年降雨於少, 但會生成劇烈對流性降雨或中尺度 (mesoscale) 對流性風暴, 例如雷暴, 颱風等劇烈天氣等, 為其特徵。此種劇烈天氣在春至夏季生成的比較多。世界上副熱帶潮濕區有兩處; 一處在美國東南部, 常稱之為美洲副熱帶潮濕區; 另外一處在中國南部至日本之西南部區域, 因而稱之為亞洲副熱帶潮濕區。

Nitta and Yamamoto (1972) 定義中間尺度擾動之尺度約為一千至二千公里, 使用 1966 至

1970 年間之 5 年資料, 對出現在亞洲副熱帶潮濕區之中間尺度擾動加以統計。顯示在亞洲副熱帶潮濕區, 一年四季都有中間尺度擾動之出現, 而梅雨季出現頻率最大, 其次為我國華南地區之春季出現頻率。

Matsumoto, Yoshizumi and Takeuchi (1970) 分析梅雨鋒的中間尺度擾動, 有二十小時週期, 1000 公里波長之擾動。Nitta, Nanbu and Yoshizaki (1973) 分析冬季的擾動有兩天週期, 波長為 2000 公里的中間尺度擾動。Yoshizumi (1977) 則分析有 2 天週期, 2500 公里波長之中間尺度擾動。

亞洲副熱帶潮濕區中間尺度擾動, 侵襲日本時常誘發豪雨成災, 因此受日本學者重視而有很多研究, 如 Matsumoto and Tsumeoka (1970), Matsumoto and Akiyama (1970), Matsumoto, Ninomiya and Yoshizumi (1971), Ninomiya and Akiyama (1971, 1972), Akiyama (1978), Ninomiya and Yamazaki (1979), Ninomiya, Ikawa and Akiyama (1981) 等。但受資料之限制, 其研究範圍都在日本及其鄰近地區, 並以梅雨季為主, 研究豪雨與中間尺度擾動之關係。

本文針對民國 68 年 12 月 17 日至 21 日, 在華南發生之兩個冷鋒前方中間尺度擾動個案。使用每隔 3 小時的地面氣象資料, 每天兩次之探空資料, 以及 GMS - I 同步氣象衛星資料, 做一完整的分析研究, 以了解中間尺度擾動及其結構。

## 二、天氣形態

民國68年12月17日20時（中原標準時），華北有鋒面之生成時，其南方約500公里之貴州省貴陽附近，有中間尺度擾動之生成，其中心氣壓約為1015mb。此後此低壓逐漸發展並緩慢南移，至18日8時其中心氣壓降低至1013mb，當時之天氣圖列如第一圖。於850mb及700mb高度圖中尚可以檢出此低氣壓；但於500mb高度即消失。當時之500mb高度圖列如第二圖。圖中可以看出低氣壓生成在西風帶波槽之東南方西南風系中。在500mb面上低氣壓已未能檢出，僅可以看出地表面低氣壓之上方形形成一個氣溫暖區。此氣溫暖區可能為地面低氣壓中生成的對流雲中之潛熱釋放所形成。

此後此低氣壓急激發展其範圍也顯著擴大，至18日14時中心氣壓降低到1009mb，其後此低壓維持其勢力，以每小時160公里之快速速度向東北東移動。至20日20時抵達安徽省佛子嶺附近後，移動速度稍減慢並其中心氣壓逐漸上升，並其範圍也有顯然的縮小。至19日2時極鋒迫到，逐漸併入北邊的綜觀尺度天氣系統極鋒裡而消失。以上所述者為第一個案之概況。

第二個案是12月20日8時在漢口附近生成的低氣壓。當時其北方約200公里處有冷鋒向東南方移動。漢口附近生成之中間尺度低壓，其後緩慢向南移動並逐漸發展，20日20時其中心氣壓降低至1009mb，並指向東北東方向以每小時110公里之速度做快速的移動。其後中心氣壓則緩慢的回升，到21日8時併入北邊的綜觀尺度天氣系統極鋒裡而消失（第三圖）。

茲中間尺度擾動中心氣壓之演變，列如第四圖中以資參考。由其演變情況，將中間尺度擾動之生命史，分為生成期、成熟期及衰滅期等三期，以便今後之研討。

為了解中間尺度擾動引起之天氣變化情況，將沿中間尺度擾動路徑上各地面測站之氣象要素時間序列，列入第五圖。圖中有斜線部分代表降雨區，右邊的降雨區是第一個案的中間尺度擾動所誘致之降雨，而左邊的降雨區是第二個案擾動誘致之降雨。如果詳細的考察，由圖中可以看出，中間尺度擾動生成期不一定會下雨。擾動進入成熟期就會有下雨，有時候可以有大雨，而大雨主要集中在擾動後方。

### 三、氣象衛星雲圖分析

氣象衛星雲圖對天氣分析而言，是一種有利的參考資料與佐證。我們採用日本發射的同步氣象衛星GMS-I，所拍攝的紅外線與可見光雲圖，做隨伴中間尺度擾動之雲系分析。

第六圖中所示者，為中間尺度擾動第一個案的紅外線雲圖時間序列。由圖中可以看出，中間尺度擾動之生成期，雲系是分散對流性雲集合的雲團（Cloud cluster）形狀。中間尺度擾動生長達成熟期時，雲系變成一大塊雲系，同時雲頂高度也有顯著增高，並雲系覆蓋範圍也有顯著增大拖長。此時期特別應注意者，紅外線雲圖中可以明瞭的認定，雲系後半部中有特別明亮部份。此明亮部份代表雲頂發展特別高，此雲系下面可能有生成大雨。衰滅期雲頂高度有顯著的減低，並雲系範圍有急激縮小，後分裂成為數塊而逐漸消失。

第七圖中所示者，為第二個案之紅外線雲圖時間序列，其情況與第一個案很相似。第二個案之生成期雲系雲頂高度很低，故於紅外線雲圖中較難檢出。

為了解中間尺度擾動與隨伴雲系之相關關係，描製其相關位置圖，得如第八圖及第九圖之結果。一般而言，中間尺度擾動生成初期對流活動較微弱，隨伴雲系由分散對流雲組成，主要位置在擾動東北方，故不一定會有下雨。至成熟期雲系有顯著發展，一大塊雲系覆蓋整個擾動，特別擾動後半部之雲系雲頂高度特別高，其下面可能有生成大雨。此結果與考察第五圖之結果，即大雨主要集中於中尺度擾動之後面相配合。

根據上述之分析判斷，中間尺度擾動生命史各期之情況，可以綜合如下：

#### (1)生成期：

中間尺度擾動生成期其範圍較小，中心氣壓緩慢下降，並且移動很慢有近似滯留狀態。隨伴雲系主要由分散對流雲組成雲團（Cloud cluster），其雲頂高度比較低，分佈在中間尺度擾動中心之前方。

#### (2)成熟期：

中間尺度擾動範圍顯著的擴大，中心氣壓驟降，雲頂高度急激上升，移動由近似滯留轉變成為快速向東北東移動，速度超過每小時100公里以上，

有時候可達每小時 160 公里。現在研究的兩個案，分別每小時 110 公里與 160 公里。此兩個案擾動在作快速移行時的速度，與 Uccellini (1975) 分析 1971 年 5 月美國中西部豪雨中的重力波速度，介在每小時 126 公里到 162 公里間之結論很相近。此顯示中間尺度擾動，可能帶有內部重力波之特性，其解情將在下一節討論。

隨伴雲系顯著發展雲頂高度增高並擴大其範圍，組織成一大塊雲系，呈橢圓形密佈在中間尺度擾動。此雲系之後部雲系特別發展，可能生成有大雨。

### (3) 衰滅期：

中間尺度擾動範圍縮小，中心氣壓回升，移動速度逐漸減慢至每小時 100 公里以下。隨伴雲系雲頂高度驟降，並分裂成數塊而逐漸消失。

總之，中間尺度擾動生命史，大略有一至三天之壽命。

## 四、中間尺度擾動氣壓場與輻散場分析

為消去大尺度天氣形勢之影響，檢出中間尺度擾動氣壓場，取中間尺度擾動路徑南北各 400 公里以內地面測站氣壓值，加以做氣壓面積平均並求取各測站氣壓值與此平均氣壓值之距平。於第十圖中所示者，為民國 68 年 12 月 20 日 20 時之氣壓場距平圖，即第二個案中間尺度擾動之氣壓場。上述之手續相當於一種通帶濾波 (Band pass filter)，可以抽出中間尺度擾動之氣壓場作用。

此結果與第二、三節分析之中間尺度擾動移動速度及內部重力波特性配合，可以綜合如下：即此個案之中間尺度擾動，可以看成振幅約為 1 mb，波長約為 800 至 1000 公里之波動，以每小時 110 公里之速度向東北東移動之內部重力波。此結果與 Uccellini (1975) 及 Eom (1975) 分析結果相似。

若使用第十一圖之測站網，以 Belamy (1949) 之方法計算 850 mb 高度之速度輻散場，得如第十二圖所示之結果。此圖與第十圖之氣壓場比較可以看出，氣壓場低壓區 (氣壓之負距平區) 與其西方高壓區 (氣壓之正距平區) 間有輻合區，而低壓區與其東方之高壓區間有輻散區存在，即輻散場比較氣壓場有四分之一波長之落後，此事實顯示擾動帶有內部重力波之特性。

又氣象衛星雲圖分析所得之大雨區，與輻合區

之位置大略一致，而其後面 (西方) 有顯著輻散區存在。

於此應注意者，第十圖中所示之中尺度擾動之高壓區與中氣象高壓 (meso-high) 是不同。通常在美國的雷雨，其次雲層 (subcloud layer) 較厚並較乾燥。故降落此空氣層之降雨水滴，在蒸發作用下有顯著冷卻，故有冷空氣存在下層大氣中，而生成中氣象高壓 (Fujita, 1959, 1963)。晚近 Maddox (1980) 及 Maddox, Perkey and Fritsch (1981) 對中尺度對流複合體 (Mesoscale convective complex) 之研究得同樣之結果。因此降水區與中氣象高壓之位置大略一致。第十圖中所示者，亞洲副熱帶潮濕區之華南地區之場合。其次雲層較薄並很潮濕，降雨水滴之蒸發作用較小，因而中氣象高壓之生成較微弱，內部重力波之特性氣壓場比較容易檢出。相反的如果中氣象高壓較顯著時，由中氣象高壓誘致之氣壓變化，埋沒內部重力波之特性氣壓場，將使內部重力波特性之檢出加以困難。

## 五、中間尺度擾動之垂直結構

探討中間尺度擾動垂直結構之目的，使用 18 日 8 時，18 日 20 時，20 日 20 時之三次中間尺度擾動之探空資料，描製中間尺度擾動中心為基點的東西向剖面上高度距平與溫度距平之合成圖，得如第十三圖之結果。

從圖中可以看出，中間尺度擾動是一個冷心低氣壓，且於 500 mb 附近就消失。而 500 mb 以上大氣層由擾動活躍對流氣流誘發之塔狀雲系之潛熱釋放，誘發一個暖心高氣壓。又於下層大氣而言中間尺度擾動之東方較寒冷，而其西方較溫暖之氣溫分佈，因此低壓軸隨高度之昇高向東方傾斜。與鋒面上之綜觀尺度低氣壓，其低壓軸隨高度之昇高，向西方傾斜之一般情況完全不同。

總之，中間尺度低壓與綜觀尺度低壓，垂直結構完全不同。

## 六、結 論

使用每隔 3 小時的地面氣象資料，每天兩次之探空資料，以及 GMS-I 同步氣象衛星資料。針對民國 68 年 12 月 17 日至 21 日，發生於華南之兩個

中間尺度擾動，做一完整的分析研究 ( Observational study )，得如下述之結果：

(1)中間尺度擾動之生命史，大體上可以分為生成期、成熟期、衰滅期等三期。

(2)生成期擾動之範圍較小，中心氣壓緩慢下降，移動很慢有近似滯留狀態。隨伴雲系主要由分散對流雲組成之雲團覆蓋，其雲頂高度比較低，雲系分佈在中間尺度擾動中心之前方。

(3)擾動範圍顯著擴大，中心氣壓驟降，雲頂高度急激上昇，移動由近似滯留轉變成為快速向東北東移動，速度約在每小時 110 公里至 160 公里間，帶有內部重力波特性。

隨伴雲系顯著發展，雲頂增高範圍擴大，組織成橢圓形一大塊雲系。此雲系之後部雲頂高度特別高聳，可能生成大雨。

(4)衰滅期擾動範圍縮小，中心氣壓回升，移動速度減慢。隨伴雲系雲頂高度驟降，分裂成三、四個雲塊而逐漸消失。

(5)此研究個案之中間尺度擾動氣壓場，有約 1 mb 之振幅，約 800 ~ 1000 公里之波長以每小時 110 公里速度向東北東方推進。

(6)中間尺度擾動之輻散場，比較其氣壓場有四分之一波長之落後。此事實表示中間尺度擾動帶有內部重力波特性。

(7)中間尺度擾動是冷心低壓，故於 500 mb 高度就消失不見，通常 500 mb 以上高度由對流雲釋放潛熱而生成為暖心。又下層大氣層中，擾動東方較冷而西方較暖，低壓軸隨高度向東方傾斜。其垂直結構完全與綜觀低壓不同。

## 七、致 謝

本研究在國家科學委員會 NSC - 71-0202 - M008-05 專題研究資助下得以完成，謹表謝忱。

## 參考文獻

- Akiyama, T., 1978 : Mesoscale pulsation of convective rain in medium-scale disturbances developed in Baiu front J. Meteor. Soc. Japan, 56, 267-283.
- Bellamy, J. C., 1949 : Objective calculations of divergence, vertical velocity, and vorticity, Bull. Amer. Meteor. Soc., 15.
- Eliassen, A., 1966 : Motions of intermediate scale ; fronts and cyclone. In Advances in Earth Science, MIT Press, 11-38.
- Eom, J.K., 1975 : Analysis the internal gravity wave occurrence of 19 April 1970 in the midwest. Mon. Wea. Rev., 103, 217-226.
- Fujita, T., 1959 : Precipitation and cold air production in mesoscale thunderstorm systems. J. Meteor., 16, 454-466.
- Fujita, T., 1963 : Analytical mesometeorology. Meteor. Mon. 5, 77-125.
- Maddox, R.A., 1980 : Mesoscale convective complexes. Bull. Amer. Meteor. Soc. 61. 1374-1387.
- Maddox, R.A., D.J. Perkey, and J.M. Fritsch, 1981 : Evolution of upper tropospheric features during the development of a mesoscale convective complex. J. Atmos. Sci., 38, 1664-1674.
- Matsumoto, S., and T. Akiyama, 1970 : Mesoscale disturbances and related rainfall cells embedded in the Baiu front, with a proposal on the role of convective momentum transfer. J. Meteor. Soc. Japan, 48, 91-102.
- Matsumoto, S., K. Ninomiya, and S. Yoshizumi, 1971 : Characteristic features of " Baiu " front associated with heavy rainfall. J. Meteor. Soc. Japan, 49, 267-281.
- Matsumoto, S. and Y. Tsuneoka, 1970 : Time lapse composite echo pattern of wave disturbances embedded in the Baiu front. J. Meteor. Soc. Japan, 48, 198-203.
- Matsumoto, S., S. Yoshizumi and M. Takeuchi, 1970 : On the structure of the " Baiu Front " and the associated intermediate-scale disturbances in the lower atmosphere. J. Meteor. Soc. Japan,

48, 479-491.

Ninomiya, K. and T. Akiyama, 1971 : The development of the medium-scale disturbance in the Baiu front. *J. Meteor. Soc. Japan*, 49, 663-672.

Ninomiya, K. and T. Akiyama, 1972 : Medium-scale echo clusters in the Baiu front as revealed by multi-radar composite echo maps ( Part I ), *J. Meteor. Soc. Japan*, 50, 558-569.

Ninomiya, K., M. Ikawa and T. Akiyama, 1981 : Long-lived medium-scale cumulonimbus cluster in Asia subtropical humid region. *J. Meteor. Soc. Japan*, 59, 564-577.

Ninomiya, K, and K.Yamazaki, 1979 : Heavy rainfalls associated with frontal depression in Asian subtropical humid region (II). *J. Meteor. Soc. Japan*, 57,399-413.

Nitta, T., and M. Nanbu and M. Yashizaki, 1973 : Wave disturbances over the China continent and the Eastern China Sea in February 1968. *J. Meteor. Soc. Japan*, 51, 11-28.

Nitta, T. and J. Yamamoto, 1972 : A statistical survey on frequency of the cyclogenesis of the intermediate scale disturbance near Japan, its vicinity and the southeast Asia. *J. Meteor. Soc. Japan*. 50, 234-237.

Orlanski, I., 1975 : A rational subdivision of scale for atmospheric processes. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 56, 527-530.

Sawyer, J. S., 1967 : Weather forecasting and its future, Part I, *Weather*, 22, 350-360.

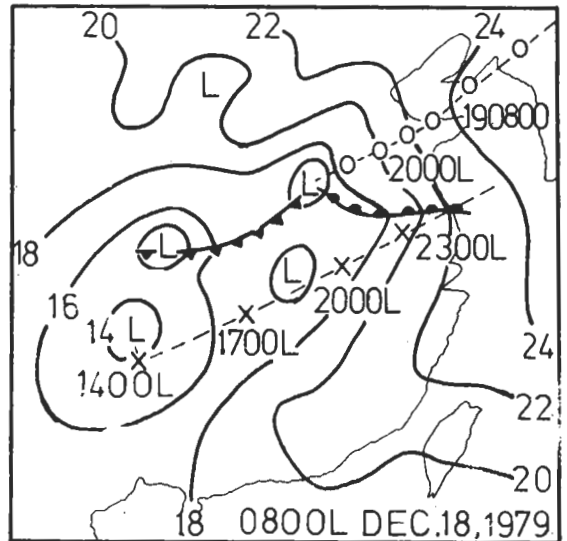
Trewartha, G. T., 1968 : An introduction to climate, 408 pp. McGraw-Hill, New York.

Uccellini, L. W., 1975 : A case study of apparent gravity wave initiation of severe convection storms. *Mon. Wea. Rev.*, 103,

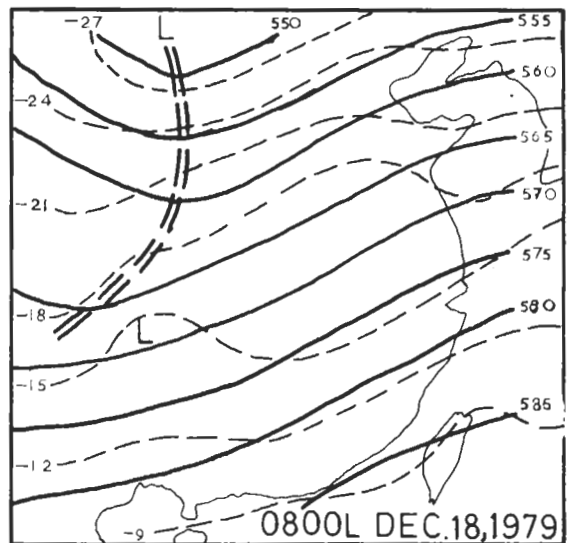
497-513.

Ushijima, T., 1959 : Medium-scale waves in the atmosphere. *J. Meteor. Soc. Japan*, 37, 96-103.

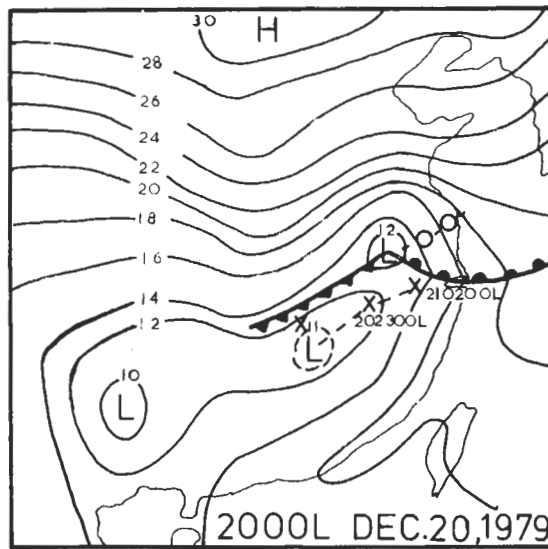
Yoshizumi, S., 1977 : On the structure of intermediate-scale disturbances on the Baiu front. *J. Meteor. Soc. Japan*, 55, 107-120.



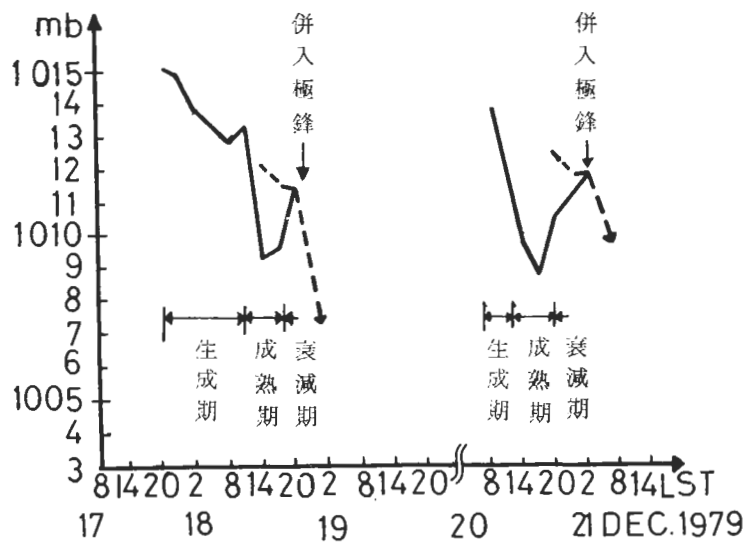
第一圖 民國68年12月18日8時之地面天氣圖 ( O和x的符號分別代表綜觀尺度低壓中心和中間尺度擾動中心在不同時間的位置)



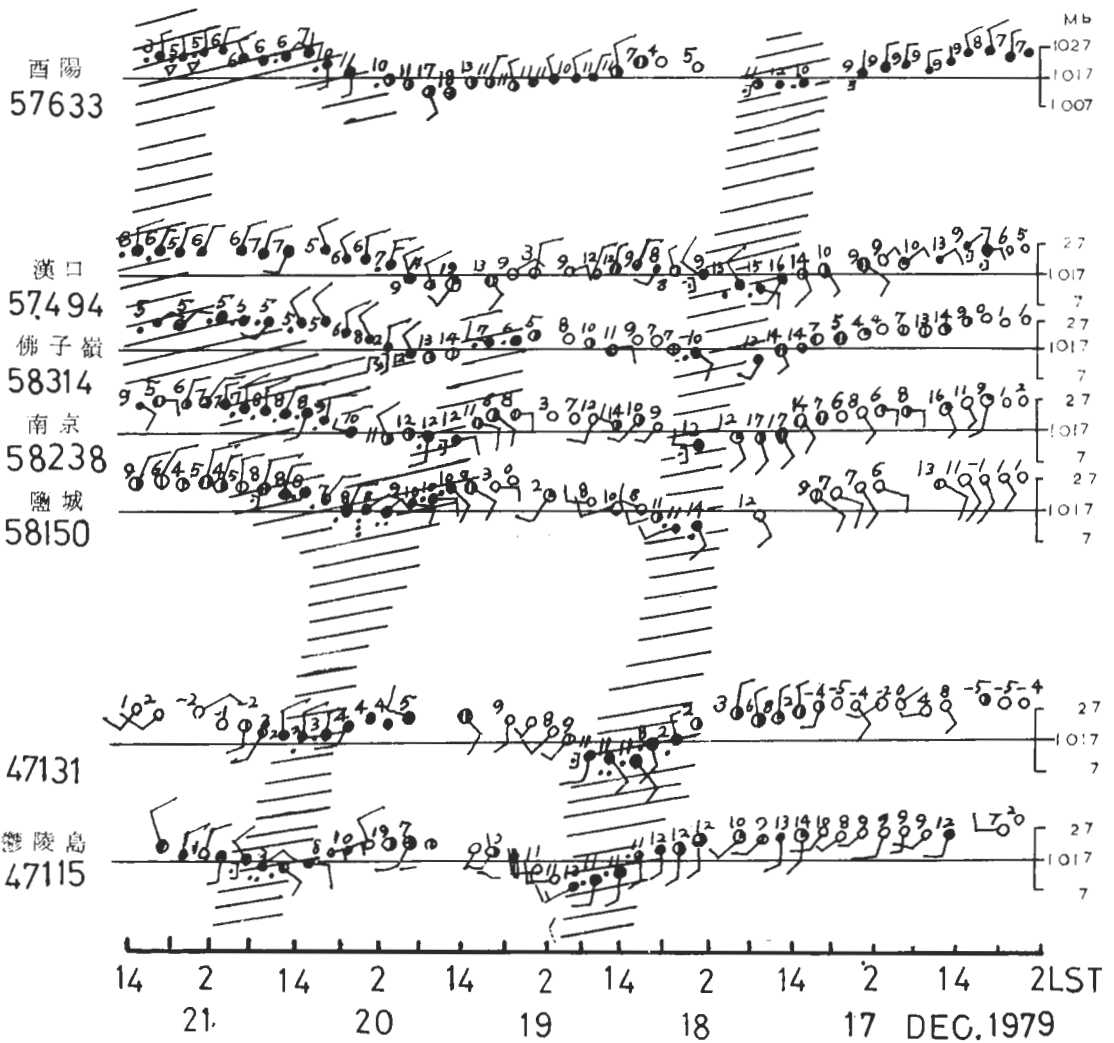
第二圖 民國68年12月18日8時之500mb面高空圖 (貴州省附近之L符號代表當時地面低氣壓位置)



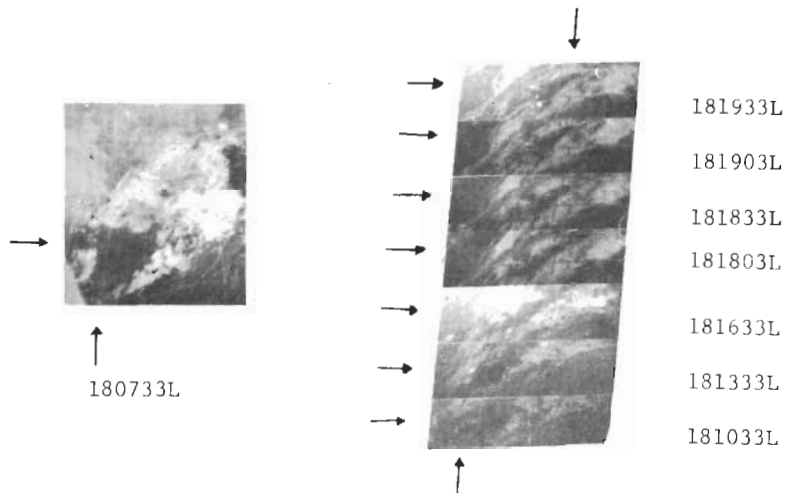
第三圖 民國 68 年 12 月 20 日 20 時之地面天氣圖



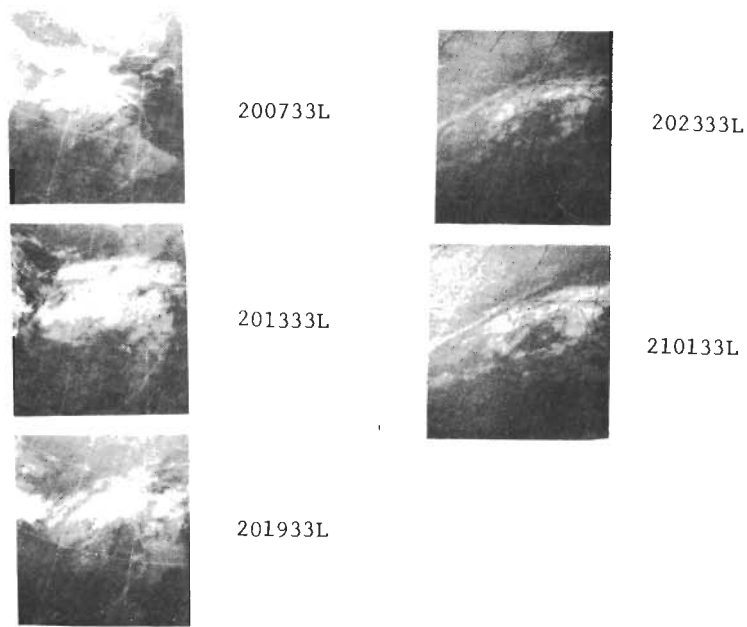
第四圖 擾動中心氣壓之演變圖



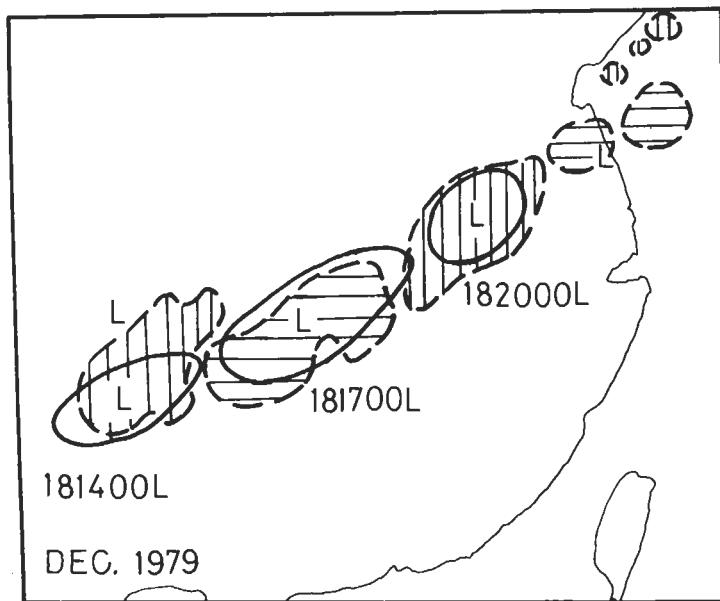
第五圖 沿中間尺度擾動路徑上各地面測站之氣象要素時間序列圖，斜線部分代表降雨地區。



第六圖 中間尺度擾動第一個案之氣象衛星紅外線雲圖，180733L代表中原時間18日7時33分。箭頭所指為中間尺度擾動之伴隨雲系。

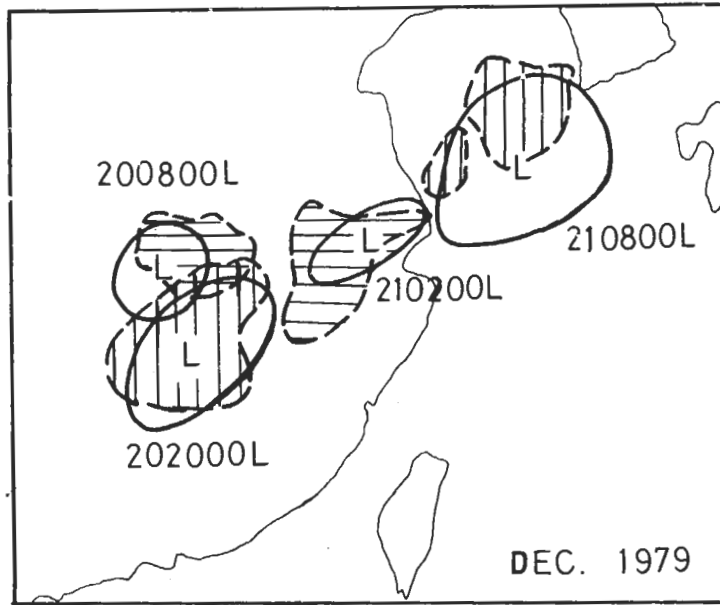


第七圖 中間尺度擾動第二個案之氣象衛星紅外線雲圖

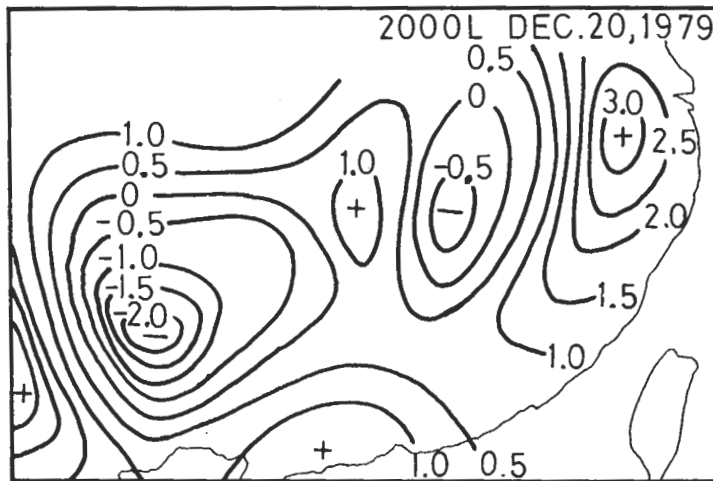


第八圖 第一個案之中間尺度擾動與隨伴雲系(斜線區域)相關位置圖。

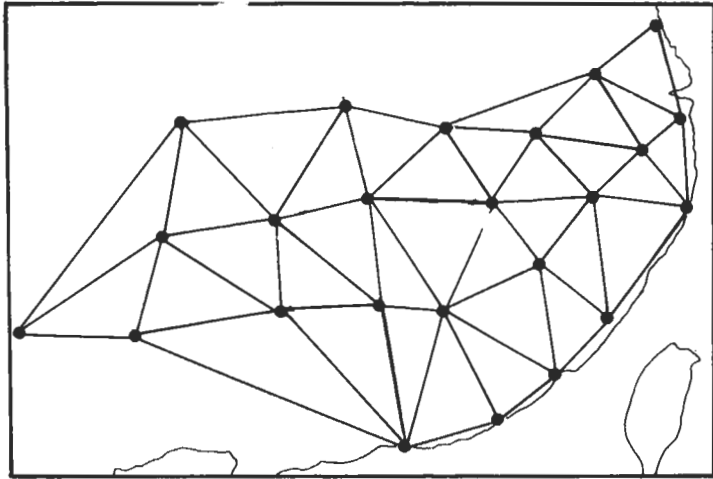




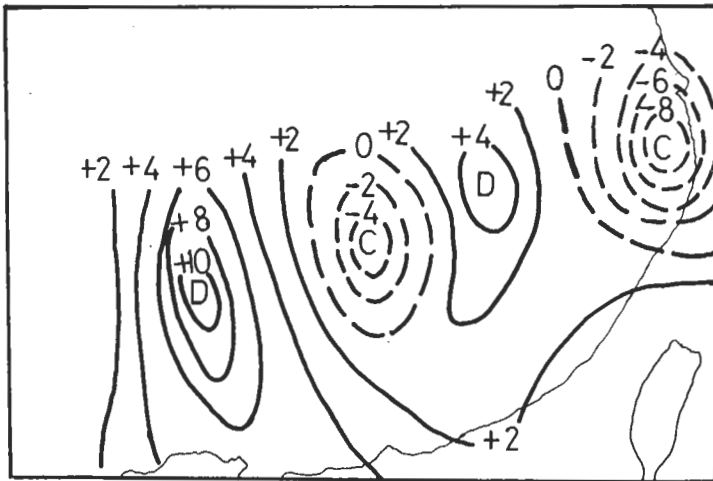
第九圖 第二個案之中間尺度擾動與隨伴雲系相關位置圖



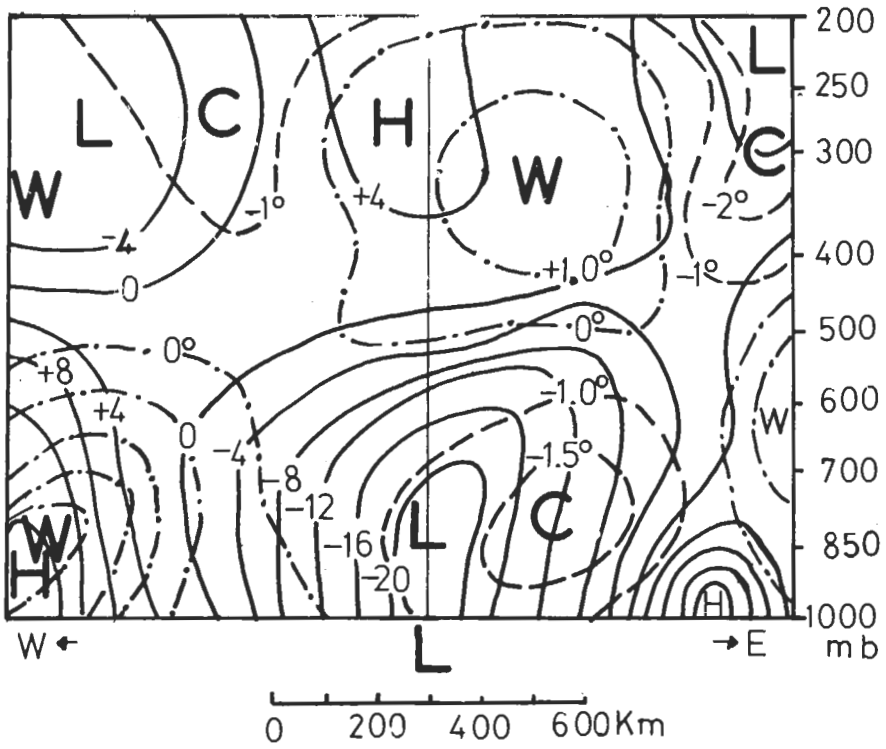
第十圖 民國68年12月20日20時之氣壓場距平圖(單位:mb)



第十一圖 計算輻散場之測站網



第十二圖 民國68年12月20日20時之850 mb 高度輻散場  
(  $\times 10^{-5} \text{ sec}^{-1}$  )



第十三圖 中間尺度擾動之高度距平(實線區)與溫度距平(虛線區代表負值, 點虛線區代表正值)之東西向剖面合成圖。

## Observational Studies of Intermediate-Scale Disturbances Appearing South of Polar Fronts

Shyne-Yih Liao and Ming-Cheng Yen

Institute of Atmospheric Physics, National Central University

### Abstract

The intermediate-scale disturbances is one of the most frequently observed atmospheric waves appearing Asian subtropical humid region. On the December 17-20, 1979, two intermediate-scale disturbances appeared in south of polar front and passed over the southern china continent.

This paper made the observational studies for these intermediate-scale disturbances, and made clear their vertical structure. The data used in the study consist of GMS-1 satellite information, together with routine synoptic data and sequential radiosonde ascent data.