

# 寒潮暴發的天氣分析與機制探討

洪秀雄

國立中央大學大氣物理研究所

葉錫圻

空軍第五天氣中心

## 摘要

寒潮暴發是冬季最顯著的天氣現象。一般的研究著重在超長波在寒潮暴發前後的行為推論寒潮暴發的機制。由於寒潮是一種極淺層的天氣現象，是否與超長波有如此密切的關聯，以及如何與超長波會有所關聯都是值得深究的問題。

本文採用 FGGE 資料，選擇 1979 年 11 月 15 日至 11 月 19 日之寒潮個案來做天氣分析，並探討冷高壓之結構及寒潮暴發過程中垂直沈降運動的變化情形。此外，藉著高度及溫度距平來探討冷高壓結構為移動性或是滯留性。經由風變來探討非地轉對冷空氣暴發所扮演的角色。並進而探討寒潮暴發之原因。

## 一、前言

所謂寒潮暴發是指極地冷氣團大舉南侵時的顯著天氣現象，其所經之地，氣溫常在短時間內驟然下降，氣壓迅速上升，並伴隨著強烈的風變。而寒潮暴發也是東亞地區冬季季風的主要特徵，但寒潮之發生並不侷限於東亞地區，在北美、中歐亦同時可見。

由於寒潮暴發在各地所造成的影響程度不盡相同，所以國際間尚無統一的定義。以美國而言，美國氣象局採用之標準（Visher 1954）隨著地區與季節有所差異。在國內方面，任立渝及蔡清彥（1981）定義台灣地區寒潮為：「冷鋒過境後，因大陸冷氣團南下帶來冷空氣，使台北的最低溫連續兩天下降達  $4^{\circ}\text{C}$  或以上者稱之為寒潮。而下降度數在  $4^{\circ}\text{C}$  與  $5.9^{\circ}\text{C}$  之間者，稱為中寒潮；在  $6^{\circ}\text{C}$  與  $7.9^{\circ}\text{C}$  之間稱為強寒潮；在  $8^{\circ}\text{C}$  以上者稱為極強寒潮。」此可為台灣寒潮定義的參考。儘管至今對於寒潮未能有統一的定義，但它所帶來的現象；諸如：有很強的冷平流、氣溫驟降、氣壓上升及強烈的風變等，皆是公認的事實。

過去氣象學家對於寒潮的研究報告，大多偏重於分析有關寒潮暴發期間大氣環流的演變及特徵和西風波間能量轉換問題，少部分則探討地形的作用。但多屬寒潮暴發的中期或末期，對於寒潮暴發之原因，尚未有完整的理論證明或模擬上的驗證，此乃有待突破之處。根據 Palmen and Newton（1951）探討北美寒潮的等熵圖分析得知，冷空氣可從 600 mb 迅速下沉至 850 mb 或 900 mb 而後向南移動，從此冷空氣運動的軌跡，意味著寒潮的暴發極似潰流。

仔細考察典型寒潮個案（1979 年 11 月 15 日至 11 月 19 日），發現寒潮暴發時地面冷高壓發展至相當強度（約 1050 mb）後，高壓中心有向南移動的分量，在 850 mb 上的高壓中心向南移動更加明顯，而後出現冷空氣潰流。因此，我們懷疑在冷空氣瀕臨潰流時，高壓中心的南移是否為導致冷空氣潰流的導火線。因此，本文採用 FGGE 資料來做天氣分析，以探討冷高壓之結構及寒潮暴發過程中垂直沈降運動之變化，並根據距平圖及風變圖來做為寒潮暴發預報之參考，進而討論寒潮暴發之原因。

## 二、綜觀天氣分析

由於對於寒潮之冷高壓的結構（高度場與溫度場配置）尚未完全了解，因此希望藉著對高度場及溫度場分析能夠對整個寒潮暴發過程中兩個場的配置及變化有所了解；並探討水平風場的變化情形。

### (一)高度場及溫度場分析

11月16日00Z 1000mb（圖1-1(a)）高壓中心位於貝加爾湖西南方（ $90^{\circ}\text{E}$ ， $45^{\circ}\text{N}$ ）繼續增強中。冷心位於高壓東緣。在850mb（圖1-1(b)）高壓中心與1000mb位置一致，高壓東側有小冷心存在。700mb（圖1-1(c)）高壓位置隨高壓上升而西偏，冷心位於高壓東方，即槽線所在的位置。500mb（圖1-1(d)），貝加爾湖西北有明顯脊線存在；同時其南側有槽線存在，並有明顯的冷心與之配合。

11月16日12Z 1000mb（圖1-2(a)）高壓明顯增強，並有冷心與之配合，高壓南側及東南側之溫度梯度及高度梯度加強，溫度線 $+15^{\circ}\text{C}$ 線位於台灣北部此時為寒潮暴發之前兆。850mb（圖1-2(b)）情況與1000mb相似。700mb（圖1-2(c)）冷心向東南位移；500mb（圖1-2(d)）高空脊線有暖心與之配合，而高空槽線有冷心與之配合，但冷心區域開始減小。

11月17日00Z 低層高壓中心東移，冷心區域加大而高層槽向東移動且冷心區域縮小。11月17日12Z 1000mb（圖1-3(a)）高壓明顯向東南移動且開始減弱，東南沿海至台灣地區開始氣溫明顯下降， $+10^{\circ}\text{C}$ 線到達台灣北部顯示冷空氣潰流開始並大量向東南入侵。850mb（圖1-3(b)）高壓向東南移動減弱，冷心消失。700mb及500mb（圖1-3(c)、(d)）可看出冷心區域明顯減小，並配合槽、脊向東移動。

11月18日00Z 1000mb（圖1-4(a)）高壓明顯減弱並繼續向東南移動，此時 $+5^{\circ}\text{C}$ 線到達台灣北部，顯示溫度繼續下降。850mb（圖1-4(b)）高壓明顯減弱，700mb及500mb（圖1-4(c)、(d)）冷心消失，槽線東移至東南沿海附近。

11月19日00Z 1000mb（圖1-5(a)）高壓移至東南沿海， $0^{\circ}\text{C}$ 線通過台灣北部，此時達最低溫。700mb及500mb（圖1-5(c)、(d)）槽線東移後明顯減弱，顯示系統將消失，到了12Z時氣溫逐漸開始回升。

### (二)水平風場分析

11月17日00Z 850mb（圖1-6(a)）在高壓東側及大陸東南水平風（東北風）開始加強，此象徵著大量冷空氣潰流即將開始。11月17日12Z 850mb（圖1-6(b)），沿渤海經黃海、東海、大陸東南到台灣北部海面有明顯的風場加強，此與大量冷空氣向東南入侵相一致，顯示寒潮暴發的開始，台灣北部溫度明顯下降。11月18日00Z 850mb（圖1-6(c)），風場加強範圍深入南海，顯示冷空氣深入較低緯度，此時台灣溫度繼續下降。而500mb風場亦同時明顯加強。11月19日00Z 850mb（圖1-6(d)）高壓東側水平風開始減弱，顯示入侵的冷空氣已大大減少。11月19日12Z 850mb風場明顯減弱，本省氣溫亦開始回升。

## 三、風場垂直剖面分析

根據Palmen and Newton（1951）探討北美寒潮之等熵圖分析得知，冷空氣可從600mb迅速下沉至低層後向南方入侵，顯示冷空氣運動的軌跡極似潰流。因此，希望藉著風場的東西向及南北向垂直剖面來加以探討及印證。

11月16日12Z由東西向剖面(圖1-7(a))可看出在高壓東側中層開始有沈降運動加強,至低層則向東傳遞。而高壓西側中層上升運動亦十分明顯。在南北向剖面(圖1-7(b))可看出在高壓東側的冷空氣開始下沉並向南方較低緯度傳遞,在此時南方中層仍有明顯的上升運動。

11月17日12Z由東西向及南北向剖面(圖1-7(c)、(d))可以明顯看出高壓東側有明顯的沈降運動,其到達低層後向東南方向傳送,最大沈降速度出現在500mb與700mb之間約為 $-3.2\text{ cm/S}$ 。此顯示冷空氣明顯的潰流,大陸東南至台灣地區氣溫將明顯下降。

11月18日00Z由東西向及南北向剖面(圖1-7(e)、(f))可看出冷空氣繼續向外潰流,亦明顯表現出冷空氣暴發過程的軌跡。11月18日12Z後下沉運動明顯減少,到了11月19日00Z(圖1-7(g)、(h))無論東西或南北向都看不到明顯的沈降現象,此顯示冷空氣潰流已達到結束的階段。

## 四、溫度距平、高度距平和風變之探討

### (一)溫度及高度距平

根據15日至19日的溫度場及高度場的五日平均所求得之逐日距平值,來探討冷心高壓結構上為滯留性或是移動性;並藉著距平值之移動來探討其與寒潮暴發之關聯。由圖1-8(a)可看出在15日00Z 1000mb面上有高度正距平中心及溫度負距平中心分別位於貝加爾湖西側和北端。16日00Z 1000mb面上(圖1-8(b)),可以明顯看出高度正距平和溫度負距平加強,且距平中心達到最強階段,兩者位置一致並稍許東移至貝加爾湖附近。此刻台灣位於溫度正距平區域內及高度負距平的外圍。

而16日12Z時1000mb面上(圖1-8(c)),高度正距平中心配合溫度負距平中心明顯南移,此刻位於台灣地區之溫度正距平區消失,顯示隨著高度正距平中心的南移,冷空氣的大舉南下即將開始。17日12Z(圖1-8(d))高度正距平中心明顯向東南移動並減弱,台灣此刻位於溫度負距平區外圍,顯然冷空氣已大量南下並造成本省溫度明顯下降。而後高度正距平中心繼續向東南移動並明顯減弱,台灣溫度亦漸漸回升。

### (二)風變

根據850mb水平風場的時間改變,來探討寒潮暴發過程中風場隨時間變化的情形,並藉此來探討非地轉分量對冷空氣潰流所扮演的角色。由15日12Z與00Z 850mb面上之水平風場差異(圖1-9(a))可看出在渤海及山東半島一帶開始有東北風加強出現,而大陸東南至本省尚未有明顯變化出現。16日12Z與00Z 850mb面上之水平風場差異(圖1-9(b)),在黃海、東海、大陸東南沿海至本省有明顯風變出現,此乃冷空氣大量暴發的前兆。

而17日12Z與00Z 850mb面上水平風場差異(圖1-9(c)),有更加明顯的東北季風加強且範圍擴張至較低緯度,此與大量冷空氣暴發時間相一致。到了18日12Z與00Z 850mb面上之水平風場差異(圖1-9(d)),可以明顯看出風變情形減弱且東北風加強區東移至台灣東側洋面上,顯示冷空氣南侵的量已明顯減小,隨之氣溫下降將趨於緩和。

## 五、討論與結論

(一)根據綜觀天氣分析可以得知寒潮暴發之前,在低層(1000mb及850mb)高壓中心東側有冷心與之配合;而中層(700mb及500mb)冷

心則位於高空槽線的位置。

(二)寒潮暴發開始時，可以明顯看出高壓中心的南移，此高壓的南移所造成非地轉風的加強，為造成冷空氣潰流的主要原因。而非線性的平流作用為大量冷空氣向東南入侵的主宰。

(三)由風場的垂直剖面，可看出冷空氣潰流的軌跡是先沈降而後向東南方向傳遞，且最大下沉速度約為 $-3.2\text{ cm/S}$ ，此與 Palmen and Newton (1951) 所做相符合。

(四)根據距平分析及風變分析可以看出當高度正距平和溫度負距平達最大且位置相一致時，代表冷高壓達最強，也就是冷高壓即將南移和冷空氣暴發前兆。另外，由高度和溫度距平變化可以看冷高壓結構上屬於移動性。而由風場差異變化情形可看出，當渤海、黃海、東海至大陸東南有風變發生，即非地轉分量的加強時，此顯示冷空氣即將暴發，本省氣溫亦將明顯下降。以上結果可做為預報寒潮暴發的參考。

## 參考文獻

- Palmen, E. and C.W. Newton, 1951 : On the three-dimensional motions in an outbreak of polar air. J. Met., 8, 25-39.
- Visher, S.S., 1954 : Climate atlas of the United States. Harvard University Press, Cambridge, 151.
- 王時鼎 1974，亞洲極地高壓生成發展與台灣地區寒潮中期預報。空軍氣象中心研究報告第七號，8-17。
- 王崇岳 1978，台灣寒潮分析與預報。氣象學報，24, 138。

任立渝 1981，台灣地區寒潮合成天氣型式之研究  
蔡清彥  
。大氣科學，8, 67-79。

俞家忠 1978，近年來國內寒潮之評介。國科會與中研院論文彙編，69-81。

## 誌謝

感謝中央大學大氣物理研究所洪秀雄教授的指導及蕭志惠學姊的協助，以及空軍第五天氣中心長官們的支持，使我得以順利完成此篇報告。

1979/11/16/00Z/1000MB HEIGHT(M)/TEMPERATURE(C)

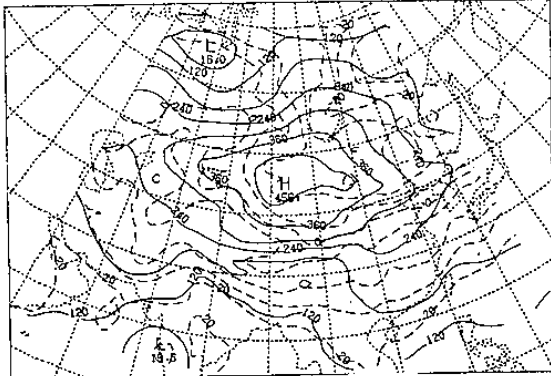


圖 1-1(a) 11/16/00Z/1000mb 高度場及溫度場

1979/11/16/12Z/1000MB HEIGHT(M)/TEMPERATURE(C)

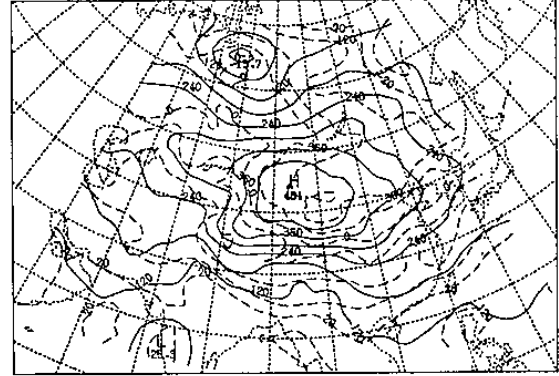


圖 1-2(a) 11/16/12Z/1000mb 高度場及溫度場

1979/11/16/00Z/850MB HEIGHT(M)/TEMPERATURE(C)

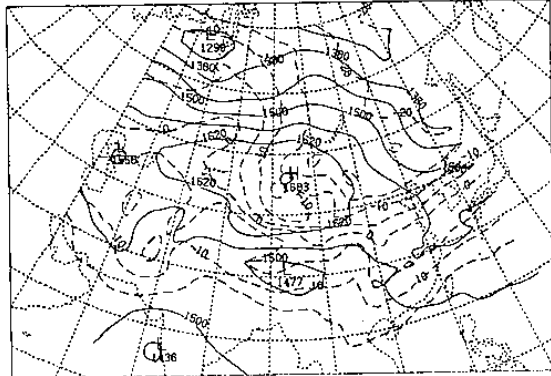


圖 1-1(b) 11/16/00Z/850mb 高度場及溫度場

1979/11/16/12Z/850MB HEIGHT(M)/TEMPERATURE(C)

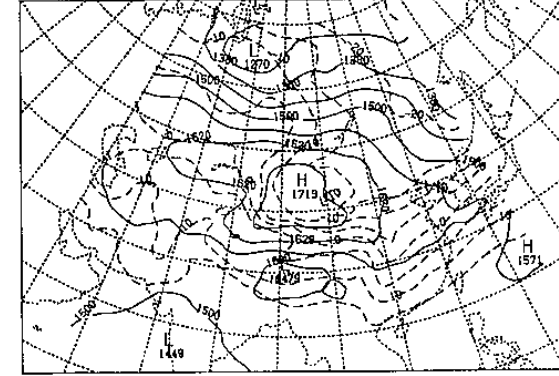


圖 1-2(b) 11/16/12Z/850mb 高度場及溫度場

1979/11/16/00Z/700MB HEIGHT(M)/TEMPERATURE(C)

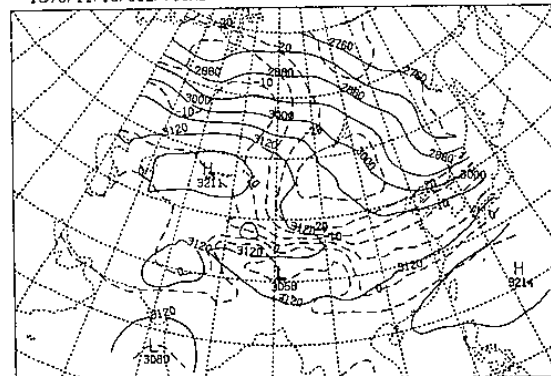


圖 1-1(c) 11/16/00Z/700mb 高度場及溫度場

1979/11/16/12Z/700MB HEIGHT(M)/TEMPERATURE(C)

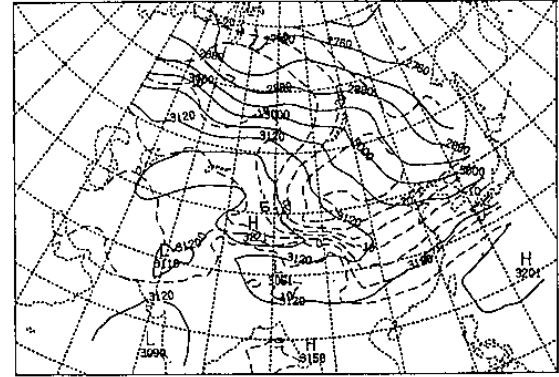


圖 1-2(c) 11/16/12Z/700mb 高度場及溫度場

1979/11/16/00Z/500MB HEIGHT(M)/TEMPERATURE(C)

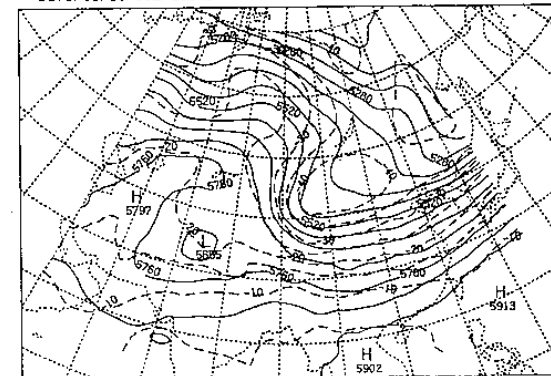


圖 1-1(d) 11/16/00Z/500mb 高度場及溫度場

1979/11/16/12Z/500MB HEIGHT(M)/TEMPERATURE(C)

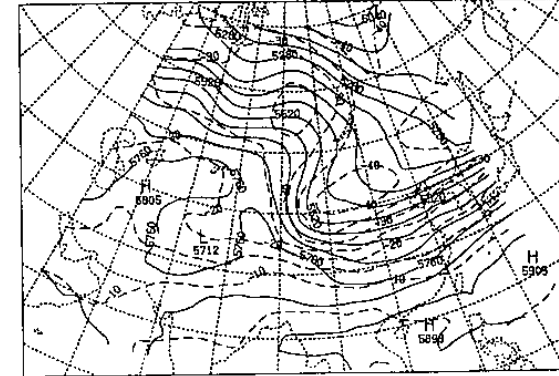


圖 1-2(d) 11/16/12Z/500mb 高度場及溫度場

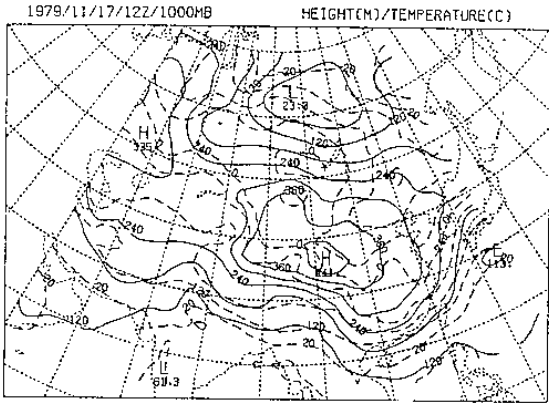


圖 1-3(a) 11/17/12Z/1000mb 高度場及溫度場

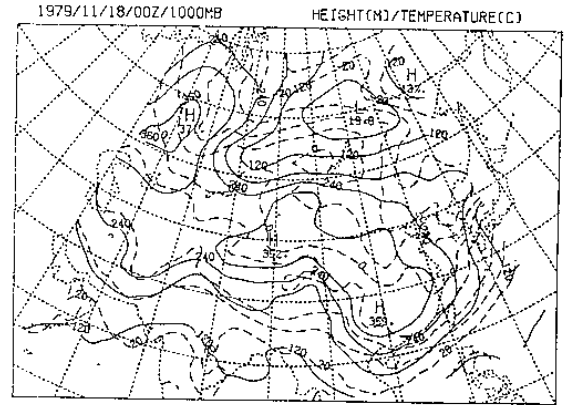


圖 1-4(a) 11/18/00Z/1000mb 高度場及溫度場

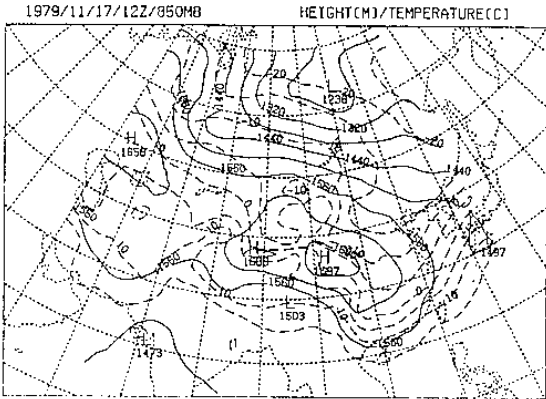


圖 1-3(b) 11/17/12Z/850mb 高度場及溫度場

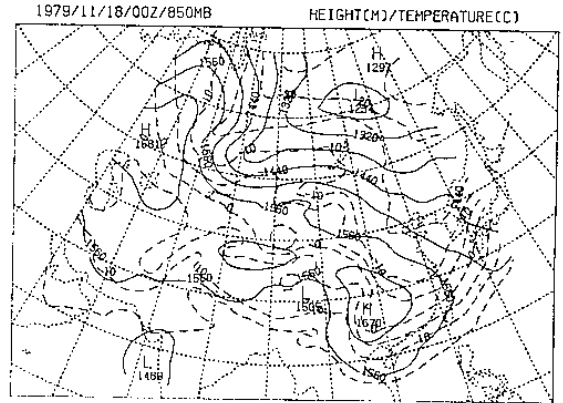


圖 1-4(b) 11/18/00Z/850mb 高度場及溫度場

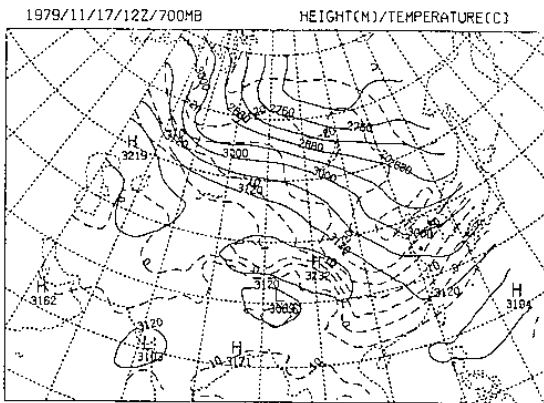


圖 1-3(c) 11/17/12Z/700mb 高度場及溫度場

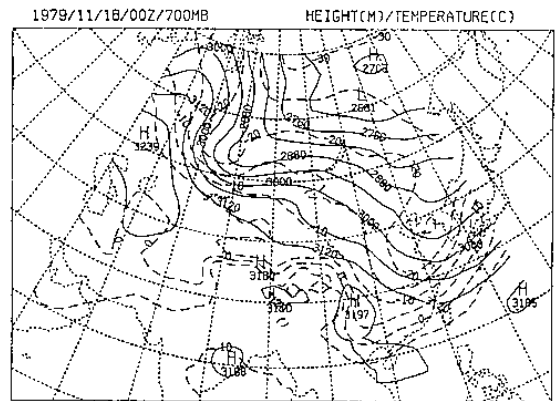


圖 1-4(c) 11/18/00Z/700mb 高度場及溫度場

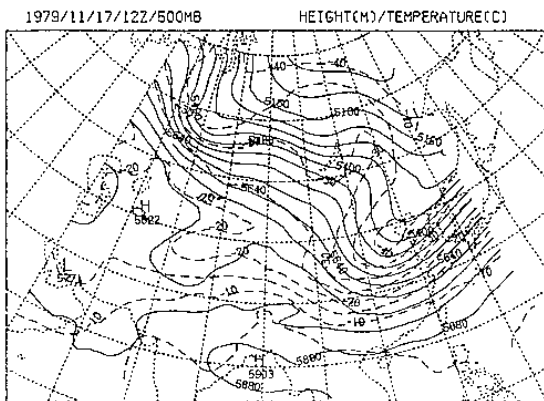


圖 1-3(d) 11/17/12Z/500mb 高度場及溫度場

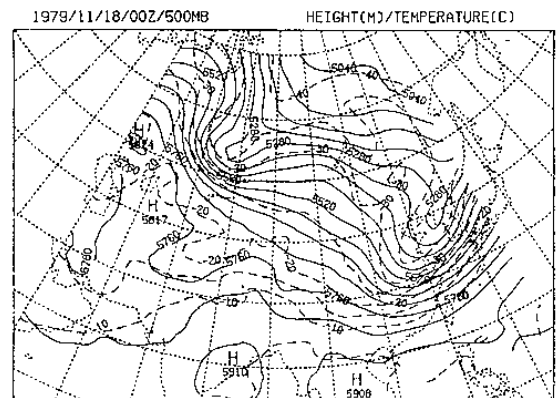


圖 1-4(d) 11/18/00Z/500mb 高度場及溫度場

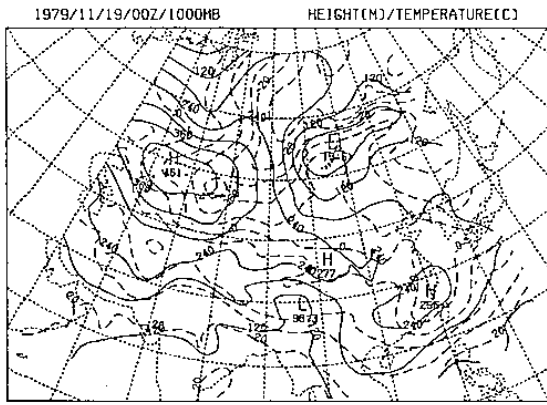


圖 1-5(a) 11/19/00Z/1000mb 高度場及溫度場

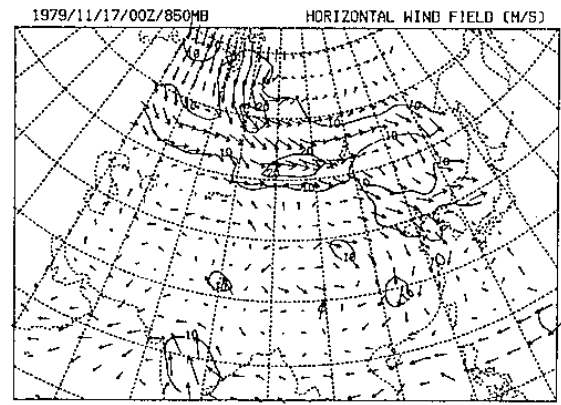


圖 1-6(a) 11/17/00Z/850mb 水平風場

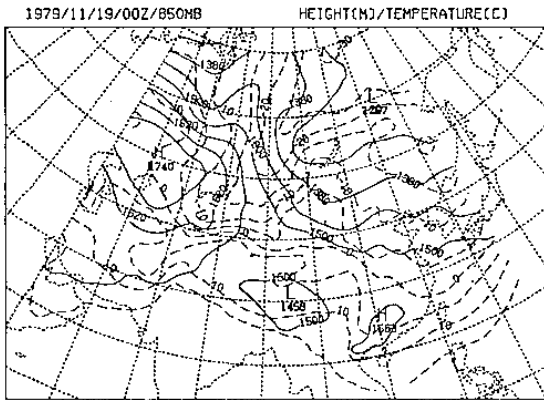


圖 1-5(b) 11/19/00Z/850mb 高度場及溫度場

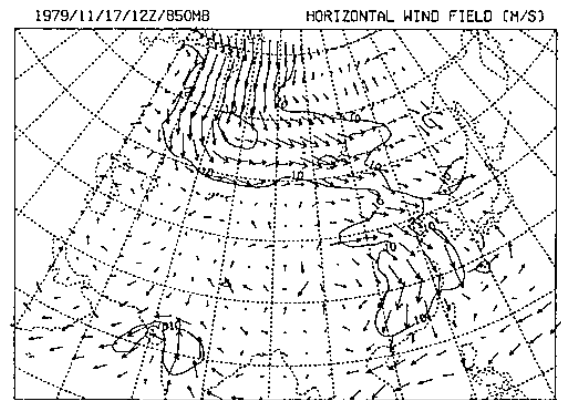


圖 1-6(b) 11/17/12Z/850mb 水平風場

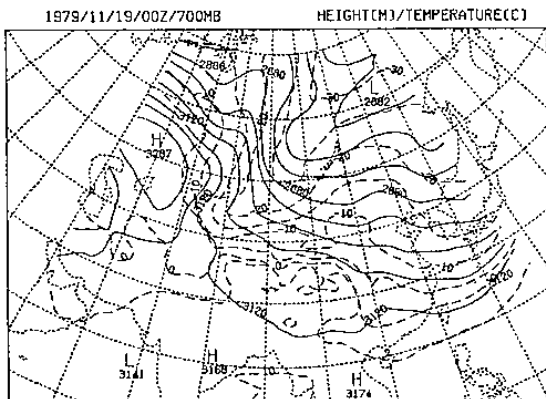


圖 1-5(c) 11/19/00Z/700mb 高度場及溫度場

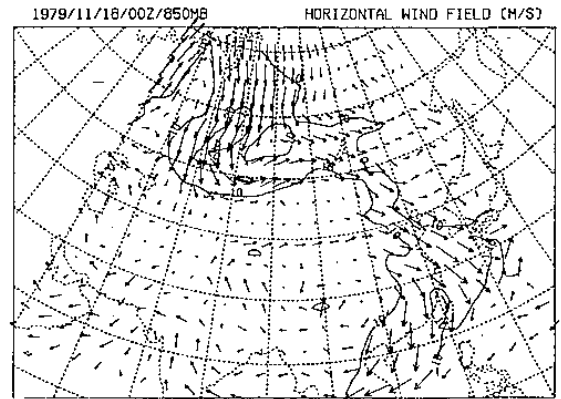


圖 1-6(c) 11/18/00Z/850mb 水平風場

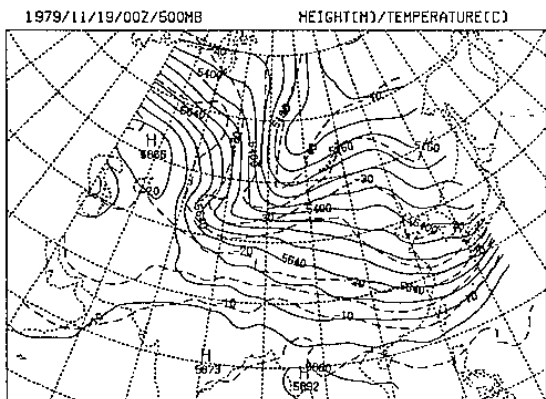


圖 1-5(d) 11/19/00Z/500mb 高度場及溫度場

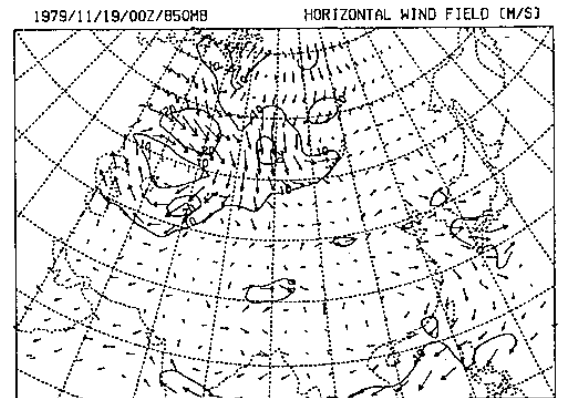


圖 1-6(d) 11/19/00Z/850mb 水平風場

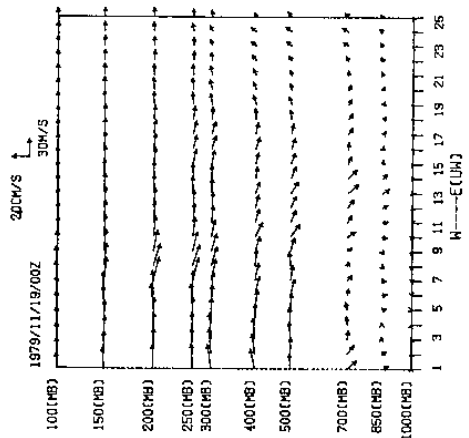


圖 1-7(a) 11/16/12Z 東西向風場垂直剖面

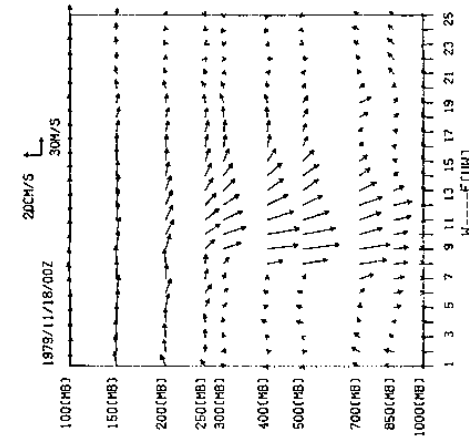


圖 1-7(b) 11/16/12Z 南北向風場垂直剖面

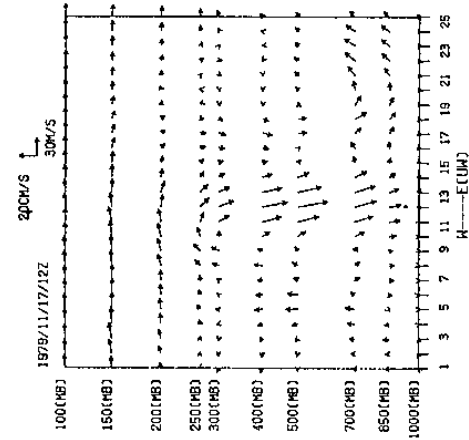


圖 1-7(c) 11/17/12Z 東西向風場垂直剖面

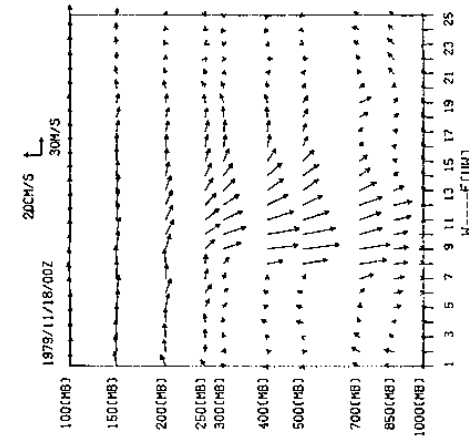


圖 1-7(d) 11/17/12Z 南北向風場垂直剖面

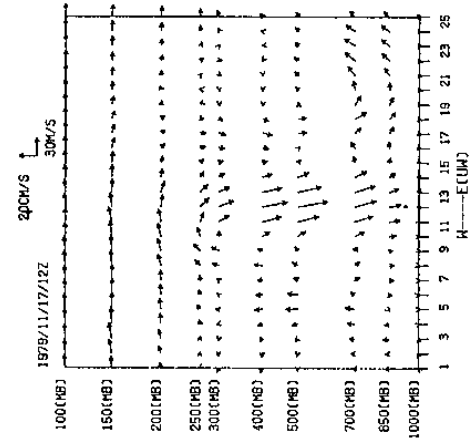


圖 1-7(e) 11/18/00Z 東西向風場垂直剖面

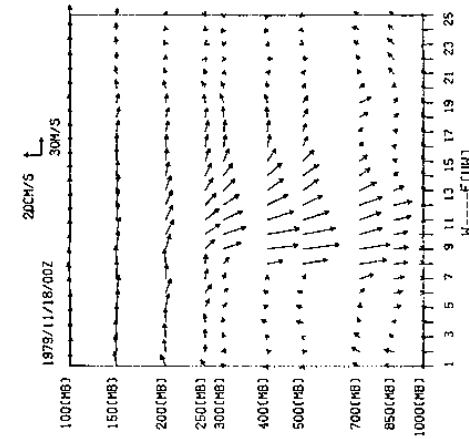


圖 1-7(f) 11/18/00Z 南北向風場垂直剖面

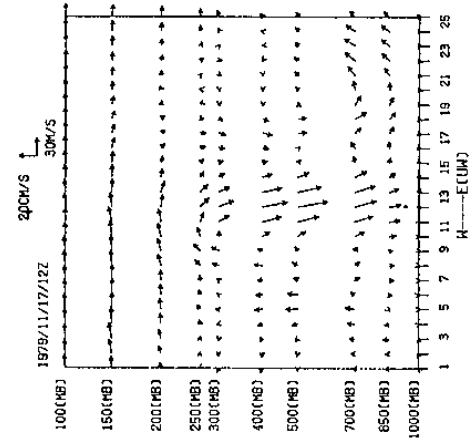


圖 1-7(g) 11/19/00Z 東西向風場垂直剖面

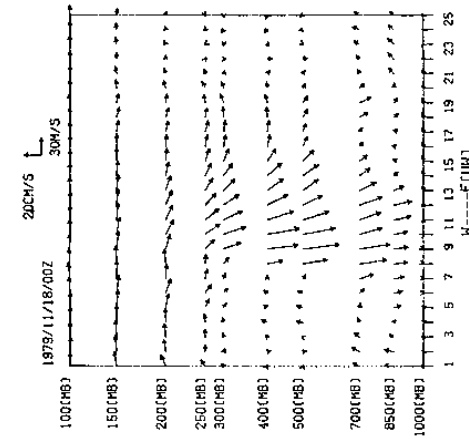


圖 1-7(h) 11/19/00Z 南北向風場垂直剖面



1979/11/15/00Z/1000MB DEVIATION OF HEIGHT(M)/TEMPERATURE(C)

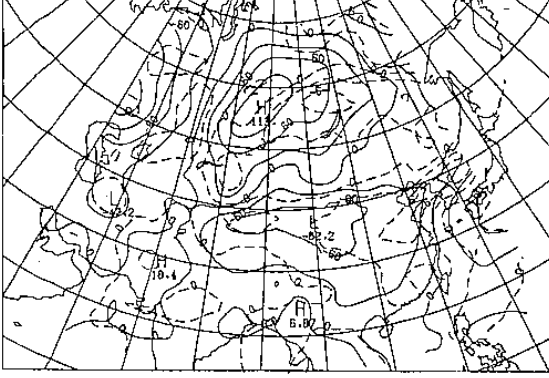


圖 1-8(a) 11/15/00Z/1000mb 高度及溫度距平

15/12Z-15/00Z/850MB DIFFERENCE OF WIND FIELD (M/S)

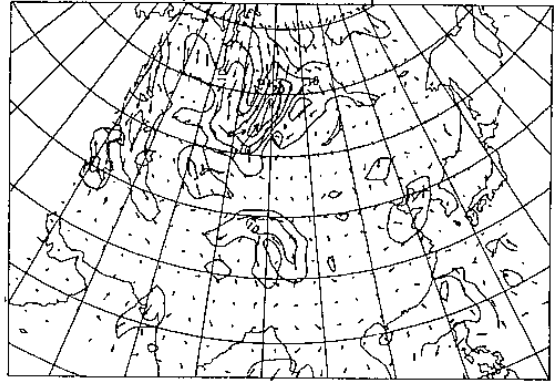


圖 1-9(a) 11/15/12Z - 00Z/850mb 之水平風場差異

1979/11/16/00Z/1000MB DEVIATION OF HEIGHT(M)/TEMPERATURE(C)

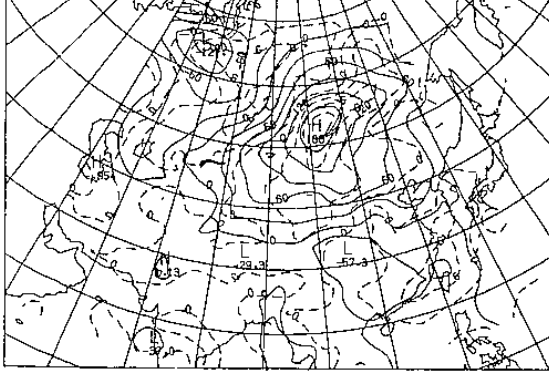


圖 1-8(b) 11/16/00Z/1000mb 高度及溫度距平

16/12Z-16/00Z/850MB DIFFERENCE OF WIND FIELD (M/S)

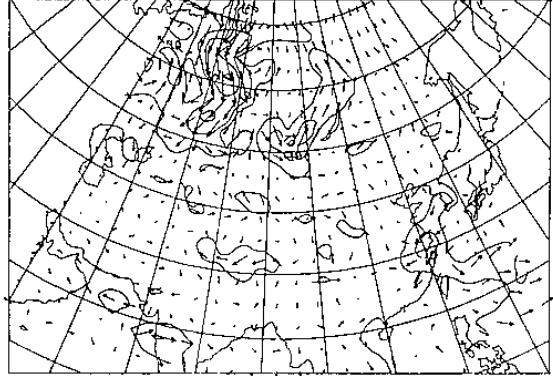


圖 1-9(b) 11/16/12Z - 00Z/850mb 之水平風場差異

1979/11/16/12Z/1000MB DEVIATION OF HEIGHT(M)/TEMPERATURE(C)

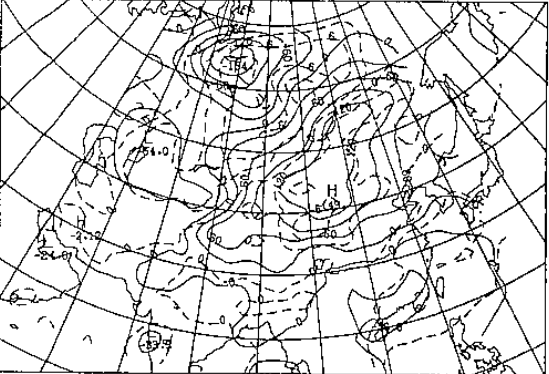


圖 1-8(c) 11/16/12Z/1000mb 高度及溫度距平

17/12Z-17/00Z/850MB DIFFERENCE OF WIND FIELD (M/S)

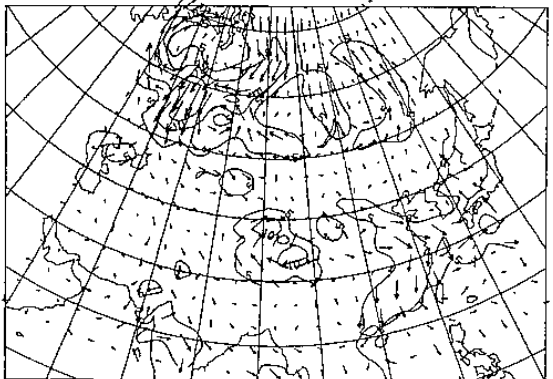


圖 1-9(c) 11/17/12Z - 00Z/850mb 之水平風場差異

1979/11/17/12Z/1000MB DEVIATION OF HEIGHT(M)/TEMPERATURE(C)

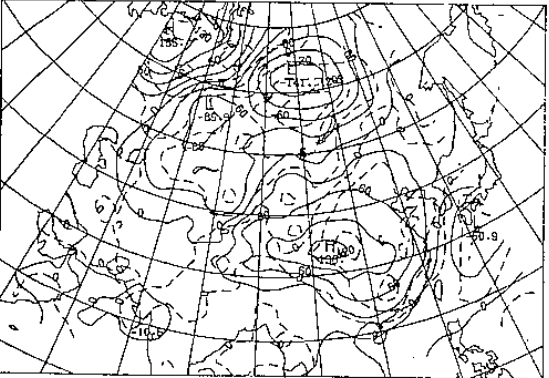


圖 1-8(d) 11/17/12Z/1000mb 高度及溫度距平

18/12Z-18/00Z/850MB DIFFERENCE OF WIND FIELD (M/S)

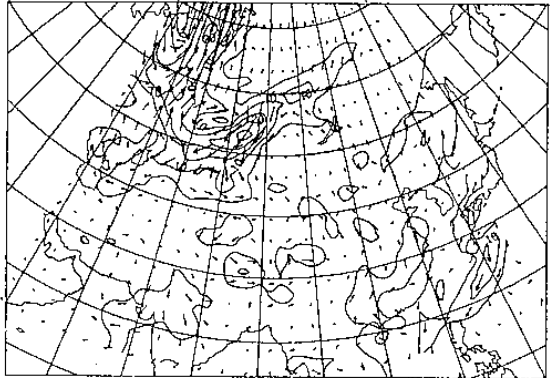


圖 1-9(d) 11/18/12Z - 00Z/850mb 之水平風場差異

Analysis of a Cold Air Outbreak and its Mechanism

Siu-shung Hong  
National Central University

Hsi-Chyi Yeh  
Fifth Weather Center

ABSTRACT

Cold air outbreak is a prominent weather phenomenon in winter. Most researches focused on the behavior of planetary waves before and after the outbreak. However, since the cold outbreak is a quite shallow phenomenon, whether it is so closely related to the planetary waves and how it connects with the planetary waves are puzzling problems which are worth studying.

In this paper, we analyzed the FGGE data for the case occurred in the period between 15 November and 19 November, 1979, and investigated into the structure of the cold high and the time variation of the subsiding motion. Height and temperature anomalies are used for investigating the stationarity of the cold-core high. We also calculated the wind change vector to visualize the role of the ageostrophy in the process of cold outbreak, and its usefulness in forecasting the outbreak.