

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。一般的研究著重以超長波在寒潮暴發前後的行為推論寒潮暴發的機制。由於寒潮是一種淺層的天氣現象，是否與超長波會有所關聯是值得深究的問題。本文以客觀的方式分析1979年11月15日至11月19日的個案，將整個寒潮暴發的過程作深入的探討；並指出非地轉的風變發生在冷空氣開始潰流之時，比氣壓的劇烈變化早12小時。這可能可作為預報寒潮暴發的指引。

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，任立淦及蔡清彥(1981) 定義臺灣地區寒潮為：「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°C 或以上者稱之為寒潮。而降度數在 4°C 與 5.9°C 之間者，稱為中寒潮；在 6°C 與 7.9°C 之間者稱為強寒潮；在 8°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暴發的研究，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間或末期，對於寒潮暴發的

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(1959) 探討北美寒潮的等熵圖分析得知，冷空氣可從 600 mb 迅速下沈至 850 mb 或 900 mb 而後向南移動，從此冷空氣運動的軌跡意謂著寒潮暴發極似冷空氣潰流。

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

由於寒潮冷高壓的結構 (高度場與溫度場配置) 尚未完全了然，因此我們首先檢討高度場及溫度場在寒潮暴發過程中的變化情形，然後分析水平風場的變化情形，期能掌握寒潮暴發的機制及預報因子。

(一) 高度場及溫度場分析

1000 mb 等壓面上，在 11 月 16 日 00 Z 時高壓

中心位於貝加爾湖西南方(90° E, 45° N)繼續增強中(圖1-1(a))。冷心位於高壓東緣。在850mb等壓面上高壓中心與1000mb位置一致,高壓東側有小冷心存在(圖1-1(b))。700mb面

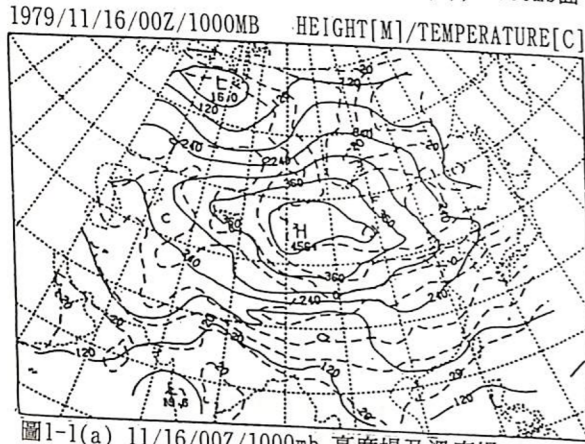


圖1-1(a) 11/16/00Z/1000mb 高度場及溫度場

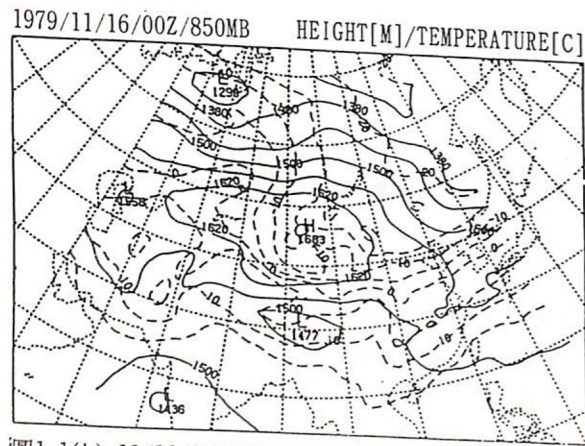


圖1-1(b) 11/16/00Z/850mb 高度場及溫度場

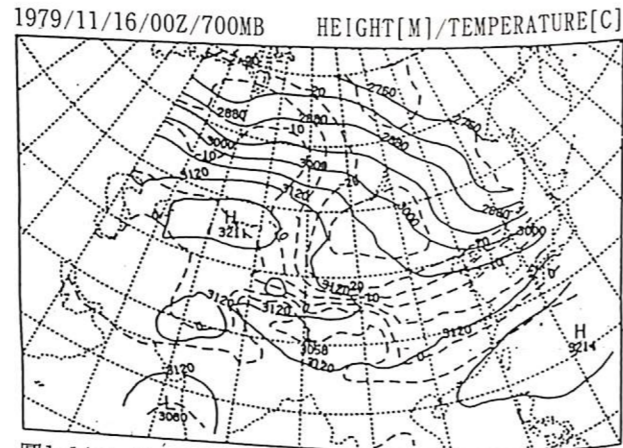


圖1-1(c) 11/16/00Z/700mb 高度場及溫度場

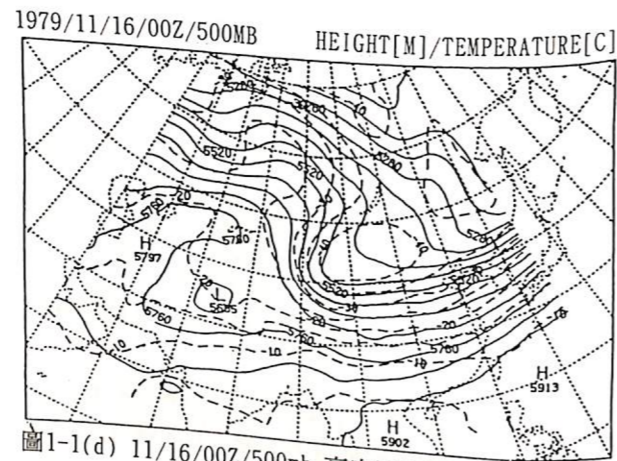


圖1-1(d) 11/16/00Z/500mb 高度場及溫度場

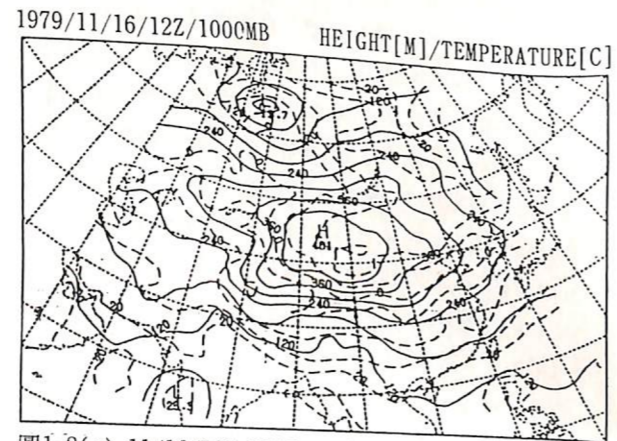


圖1-2(a) 11/16/12Z/1000mb 高度場及溫度場

線且通過台灣北部。此時為寒潮暴發之前奏。850mb的情況(圖1-2(b))與1000mb相似。700mb

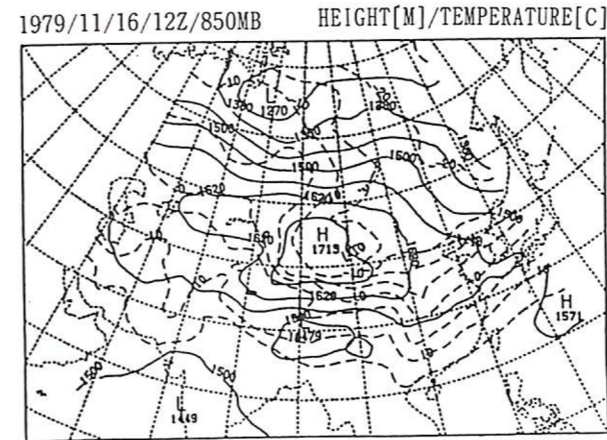


圖1-2(b) 11/16/12Z/850mb 高度場及溫度場

上的冷心向東南位移(圖1-2(c));500mb面上的脊線有暖心與之配合,而槽線則有冷心與之配合,但冷心區域開始減小(圖1-2(d))。

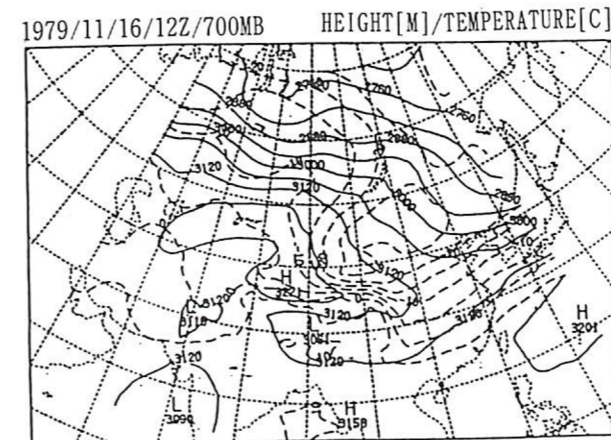


圖1-2(c) 11/16/12Z/700mb 高度場及溫度場

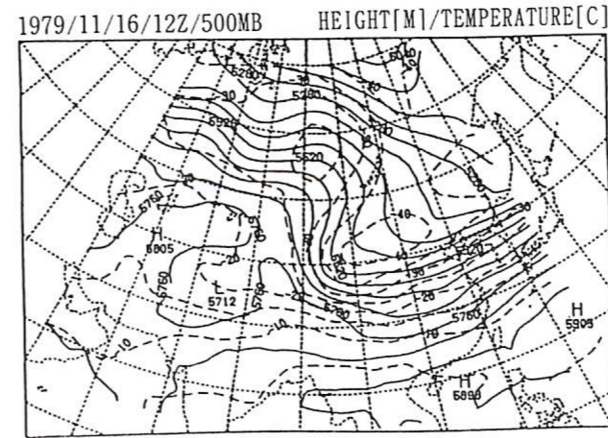


圖1-2(d) 11/16/12Z/500mb 高度場及溫度場

一般而言,11月17日00 Z時,低層高壓中心東移,冷心區域加大,而高空槽向東移動且冷心區域縮小。到了12 Z,1000mb面上的高壓明顯向東南移動且開始減弱(圖1-3(a)),東南沿海至台灣地區氣溫開始明顯下降,+10℃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面上高壓向東南移動且減弱(圖1-3(b)),冷心消失。700mb及500mb面上可看出冷心區域明顯減小(圖1-3(c)、(d)),並配合槽、脊的東移。

11月18日00 Z時1000mb的高壓,其中心位於(40° N、90° E),且強度明顯減弱,並繼續向東南移動(圖1-4(a)),此時+5℃線到達台灣北部,顯示溫度繼續下降。850mb高壓亦明顯減弱(圖1-4(b)),700mb及500mb

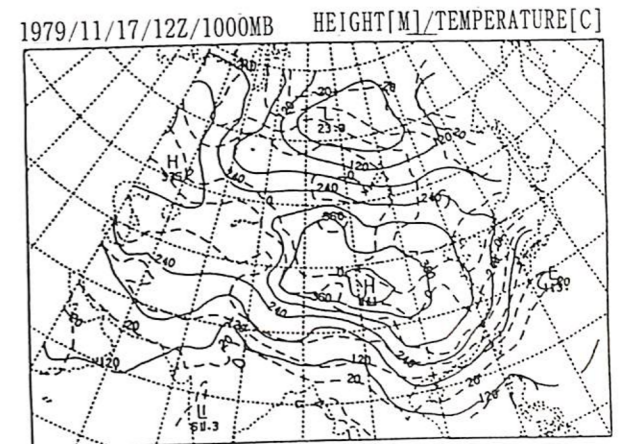


圖1-3(a) 11/17/12Z/1000mb 高度場及溫度場

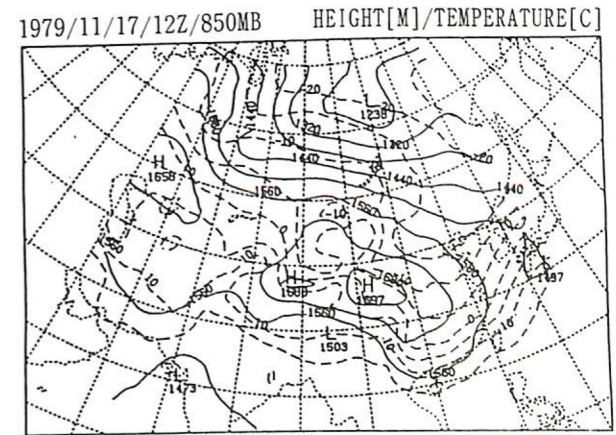


圖1-3(b) 11/17/12Z/850mb 高度場及溫度場

上的高壓位置在850mb高壓位置的西方(圖1-1(c)),可見高壓中心隨高度增加而向西偏。冷心位於高壓東方,接近槽線所在的位置。在500mb面上(圖1-1(d)),貝加爾湖西北方有明顯的脊線存在;同時在其南南東側有槽線存在,並有明顯的冷心與之配合。

在11月16日12 Z時,1000mb面上的高壓明顯增強(圖1-2(a)),並有冷心與之配合,高壓南側之溫度梯度及高度梯度均加強,+15℃的溫度線存在,並有冷心與之配合;+15℃的溫度

1979/11/17/12Z/700MB HEIGHT[M]/TEMPERATURE[C]

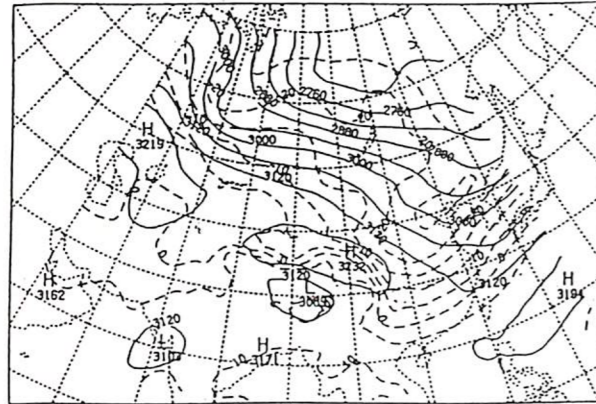


圖1-3(c) 11/17/12Z/700mb 高度場及溫度場

1979/11/17/12Z/500MB HEIGHT[M]/TEMPERATURE[C]

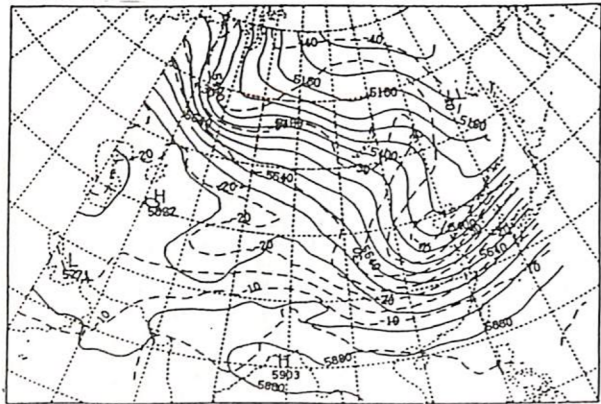


圖1-3(d) 11/17/12Z/500mb 高度場及溫度場

1979/11/18/00Z/1000MB HEIGHT[M]/TEMPERATURE[C]

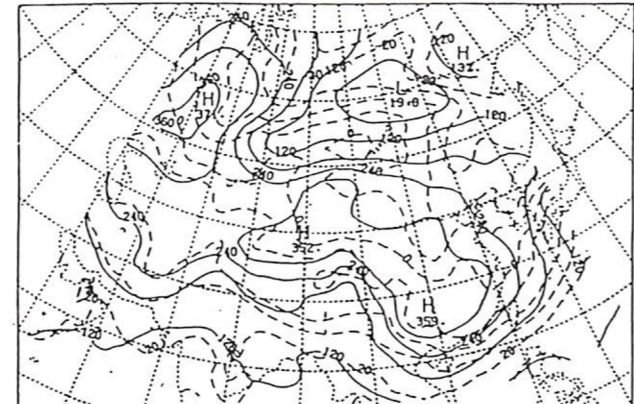


圖1-4(a) 11/18/00Z/1000mb 高度場及溫度場

1979/11/18/00Z/850MB HEIGHT[M]/TEMPERATURE[C]

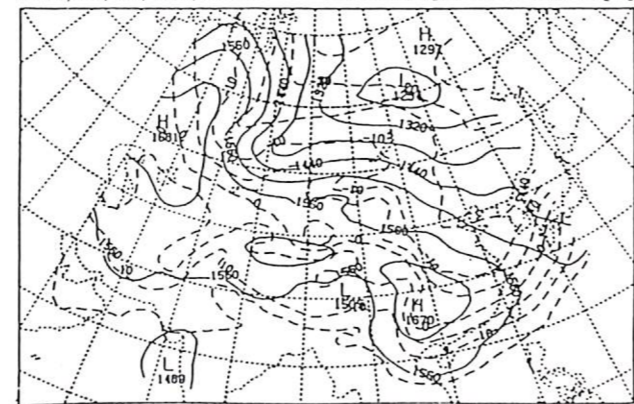


圖1-4(b) 11/18/00Z/850mb 高度場及溫度場

1979/11/18/00Z/700MB HEIGHT[M]/TEMPERATURE[C]

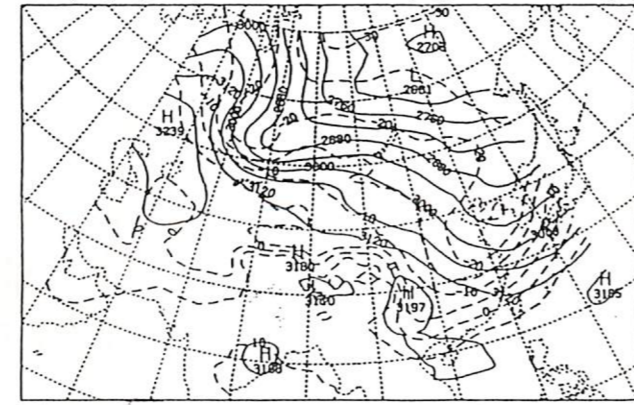


圖1-4(c) 11/18/00Z/700mb 高度場及溫度場

1979/11/18/00Z/500MB HEIGHT[M]/TEMPERATURE[C]

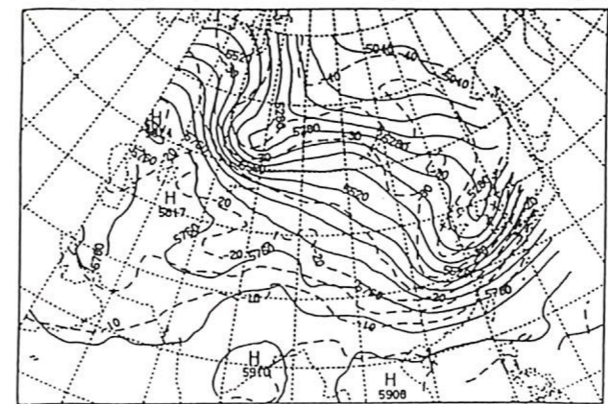


圖1-4(d) 11/18/00Z/500mb 高度場及溫度場

1979/11/19/00Z/1000MB HEIGHT[M]/TEMPERATURE[C]

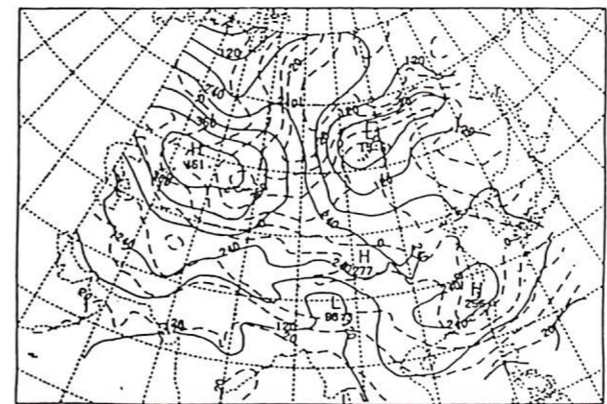


圖1-5(a) 11/19/00Z/1000mb 高度場及溫度場

1979/11/19/00Z/850MB HEIGHT[M]/TEMPERATURE[C]

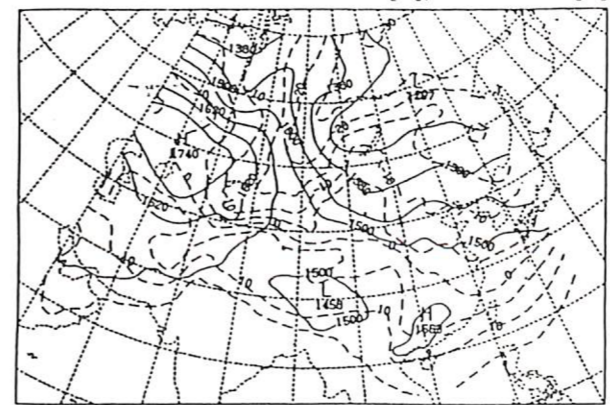


圖1-5(b) 11/19/00Z/850mb 高度場及溫度場

1979/11/19/00Z/700MB HEIGHT[M]/TEMPERATURE[C]

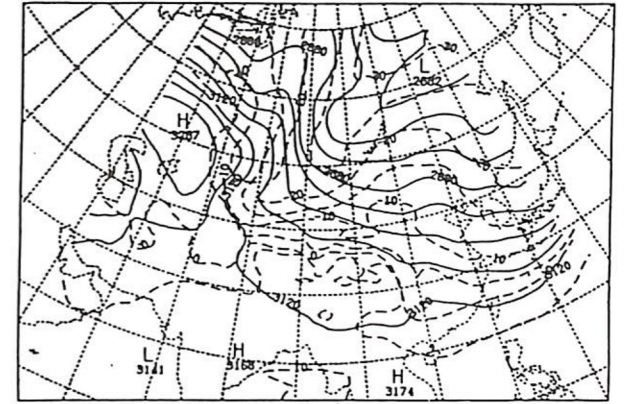


圖1-5(c) 11/19/00Z/700mb 高度場及溫度場

1979/11/19/00Z/500MB HEIGHT[M]/TEMPERATURE[C]

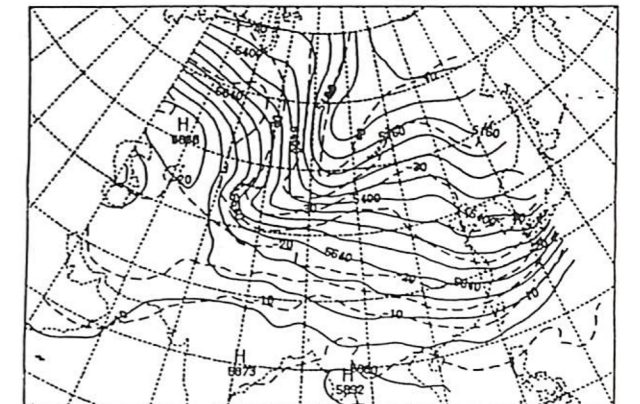


圖1-5(d) 11/19/00Z/500mb 高度場及溫度場

1979/11/17/00Z/850MB HORIZONTAL WIND FIELD [M/S]

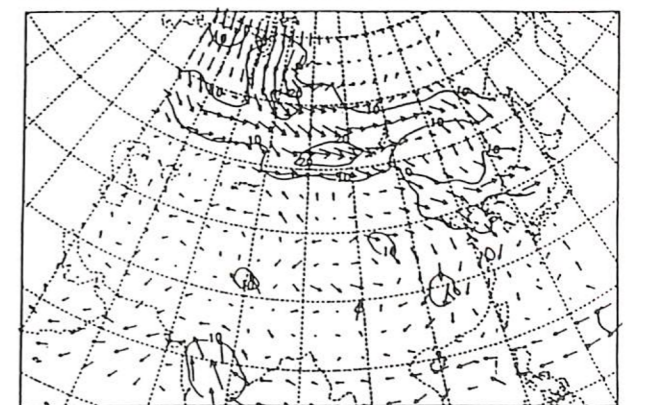


圖1-6(a) 11/17/00Z/850mb 水平風場

、(d))冷心消失，槽線東移至東南沿海附近。

最後到了11月19日00 Z時1000mb的高壓中心移至東南沿海(圖1-5(a))，0℃線通過台灣北部，此時台灣處於最低溫。700mb及500mb (圖1-5(c)、(d))的槽線東移後明顯減弱，顯示系統在消失中，到了12 Z時台灣的氣溫即逐漸開始回升。

(二)風場分析

這裡僅介紹此時期 850mb面上風場的演化情形。11月17日00 Z時在高壓東側及中國大陸東南的東北風速開始加強(圖1-6(a))，顯示大規模的冷空氣潰流即將開始。11月17日12 Z時，沿渤海經黃海、東海、大陸東南到台灣北部海面均有明顯的風場加強(圖1-6(b))，這時顯

然大量冷空氣已開始向東南潰流。11月18日00 Z時，風場加強範圍擴大，甚至深入南海，顯示冷空氣已深入較低緯度(圖1-6(c))，此時台

灣溫度快速下降。附帶一提的是這時 500mb的風場亦同時明顯加強。11月19日00 Z高壓中心

東側的水平風速開始減弱(圖1-6(d))，顯示入侵的冷空氣已大為減少。11月19日12 Z 850mb

1979/11/17/12Z/850MB HORIZONTAL WIND FIELD [M/S]

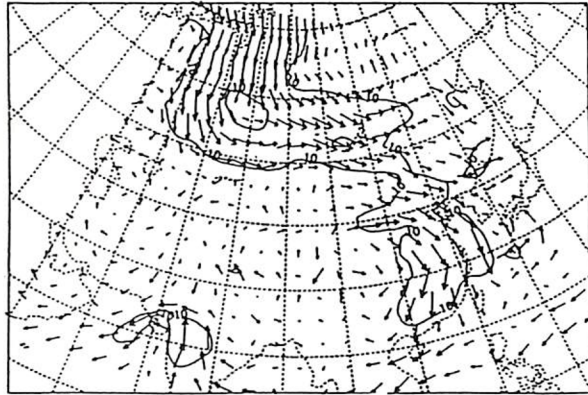


圖1-6(b) 11/17/12Z/850mb 水平風場

1979/11/18/00Z/850MB HORIZONTAL WIND FIELD [M/S]

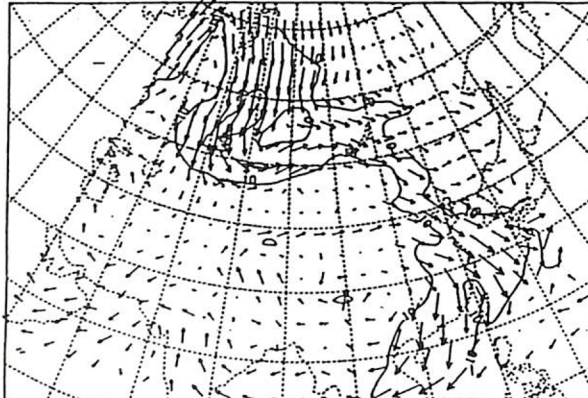


圖1-6(c) 11/18/00Z/850mb 水平風場

1979/11/19/00Z/850MB HORIZONTAL WIND FIELD [M/S]

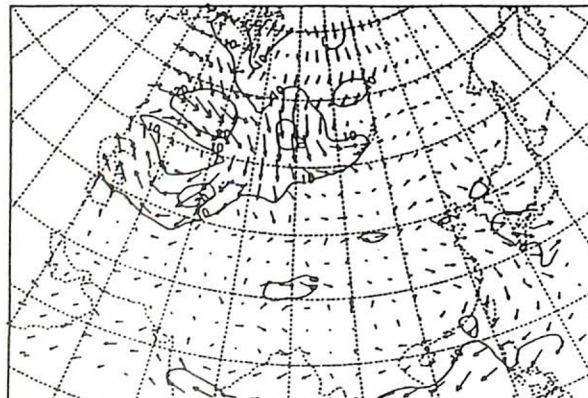


圖1-6(d) 11/19/00Z/850mb 水平風場

三、風場之垂直剖面分析

根據Palmen and Newton (1951)探討北美寒潮之等熵分析得知，冷空氣可從600 mb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，我們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。結果展示在圖1-7上。

11月16日12 Z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發生，且向東傳遞至低層。而高壓中心及其西側則為上升運動。在南北向剖面(圖1-7(b))上可看出在高壓中心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。

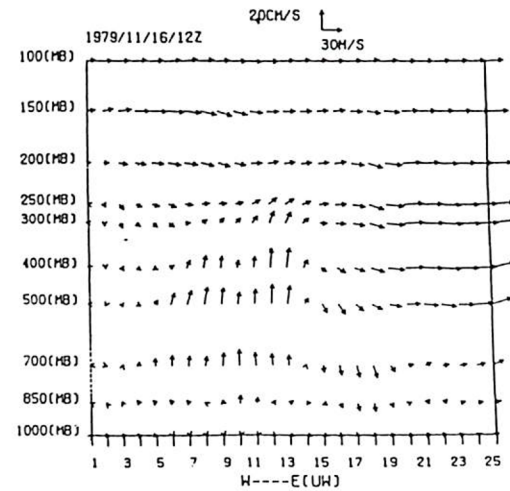


圖1-7(a) 11/16/12Z 東西向風場垂直剖面

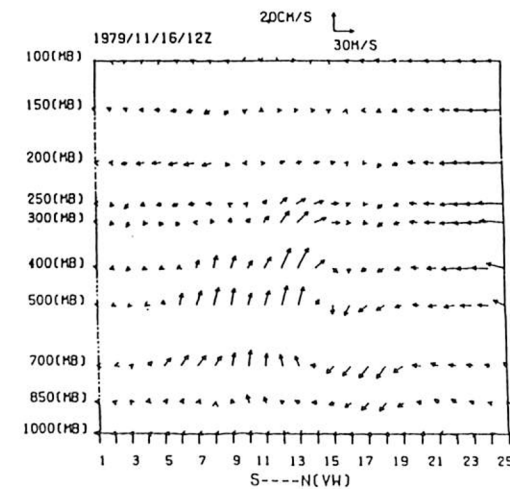


圖1-7(b) 11/16/12Z 南北向風場垂直剖面

11月17日12 Z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，其到達低層後向東南方向流出，最大沈降速度出現在500mb與700mb之間約為-3.2cm/s。這明顯顯示冷空氣的潰流，中國大陸東南至台灣地區的氣溫將明顯下降。

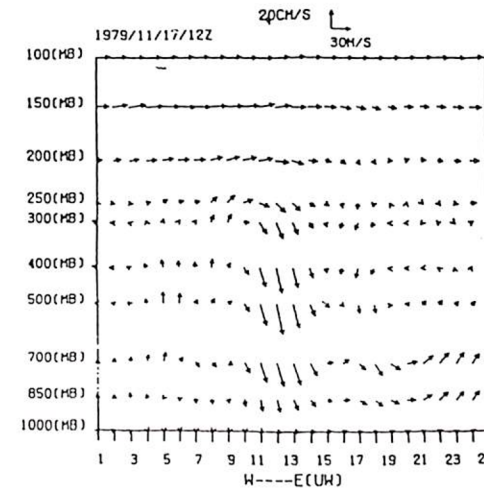


圖1-7(c) 11/17/12Z 東西向風場垂直剖面

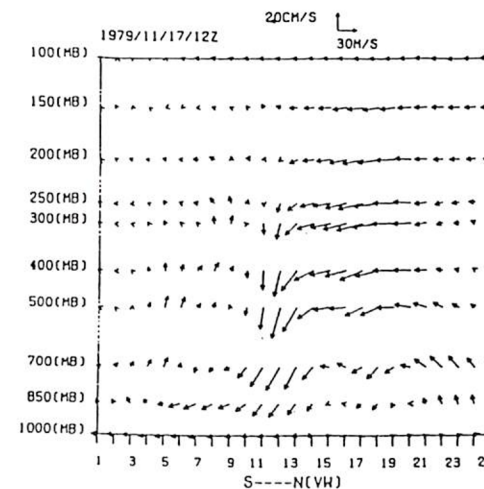


圖1-7(d) 11/17/12Z 南北向風場垂直剖面

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

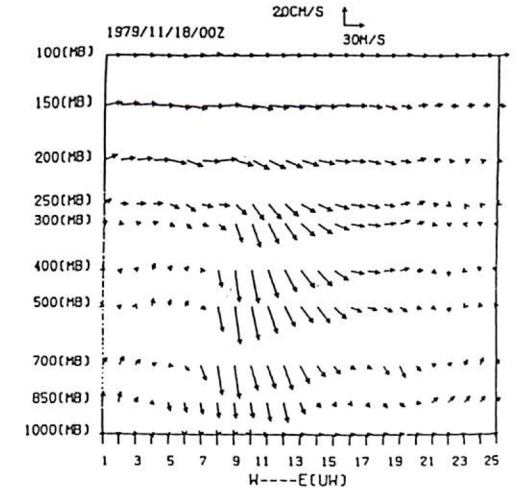


圖1-7(e) 11/18/00Z 東西向風場垂直剖面

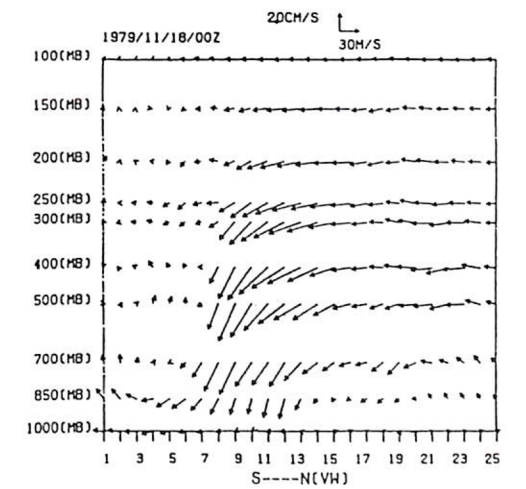


圖1-7(f) 11/18/00Z 南北向風場垂直剖面

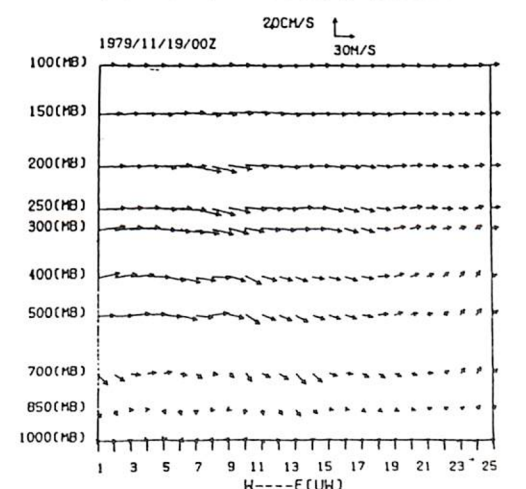


圖1-7(g) 11/19/00Z 東西向風場垂直剖面

的風場明顯減弱，本省氣溫亦開始回升。

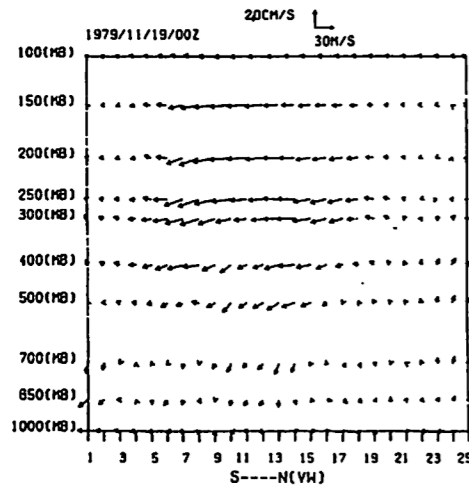


圖1-7(h) 11/19/00Z 南北向風場垂直剖面

四、溫度距平、高度距平和風變之探討

(一)溫度及高度距平

我們先根據15日至19日的溫度場及高度場作五日平均，再將逐日的資料減去此平均而求得逐日的距平值。然後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15日00 Z在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00 Z在1000mb面上(圖1-8(b))，可以明顯看出高度正距平和溫度負距平都在加強，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12 Z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12 Z(圖1-8(d))高度正距平中心明顯向東南移動並減弱，且溫度負距平偏向高度正距平的東方，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。

1979/11/15/00Z/1000MB
DEVIATION OF HEIGHT[M]/TEMPERATURE[C]

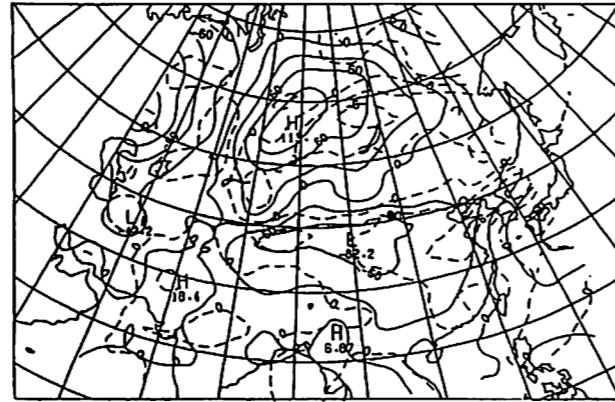


圖1-8(a) 11/15/00Z/1000mb 高度及溫度距平

1979/11/16/00Z/1000MB
DEVIATION OF HEIGHT[M]/TEMPERATURE[C]

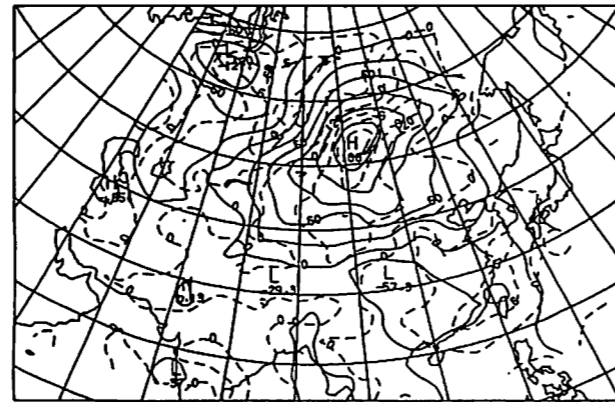


圖1-8(b) 11/16/00Z/1000mb 高度及溫度距平

1979/11/16/12Z/1000MB
DEVIATION OF HEIGHT[M]/TEMPERATURE[C]

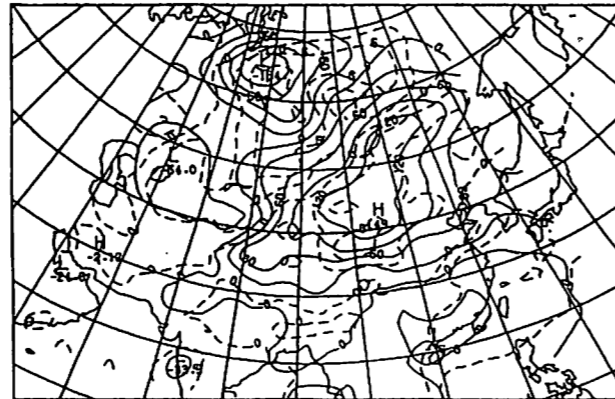


圖1-8(c) 11/16/12Z/1000mb 高度及溫度距平

1979/11/17/12Z/1000MB
DEVIATION OF HEIGHT[M]/TEMPERATURE[C]

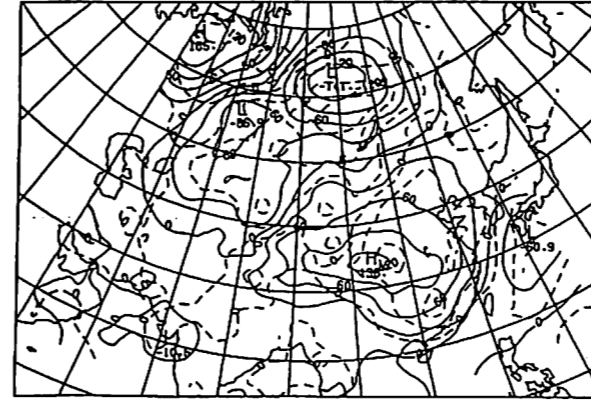


圖1-8(d) 11/17/12Z/1000mb 高度及溫度距平

(二)風變

寒潮暴發空氣運動迅速，質量場也迅被扭曲，基本上是非線性的，故探討寒潮暴發前後非地轉運動的變化，對掌握寒潮暴發有重要的意義。

我們計算 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。由於在寒潮暴發之前大氣接近於地轉風平衡，而地轉風隨時間的變化率很小，故快速的風變主要是屬於非地轉性的。因此藉由計算出來的風變量可用來探討非地轉分量在冷空氣潰流時所扮演的角色。

由15日12 Z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的加強出現，而由大陸東南至台灣則尚未有明顯變化。16日12 Z與 00Z 850mb面上之水平風場差異(圖1-9(b))，顯示在黃海東海、乃至大陸東南沿海與本省均開始發生明顯風變，這是冷空氣大量潰流的前兆。

而17日12Z與00Z 850mb面上水平風場差異(圖1-9(c))，有更加明顯的東北風加強，且範圍擴張至較低緯度，此與大量冷空氣潰流的時間相一致。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

15/12Z-15/00Z/850MB DIFFERENCE OF WIND FIELD [M/S]

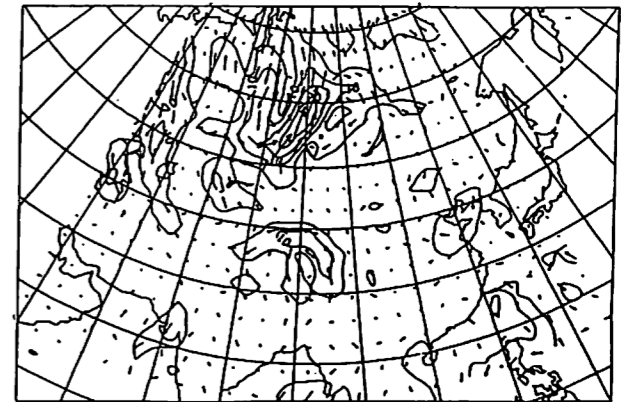


圖1-9(a) 11/15/12Z-00Z/850mb 之水平風場差異

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

17/12Z-17/00Z/850MB DIFFERENCE OF WIND FIELD [M/S]

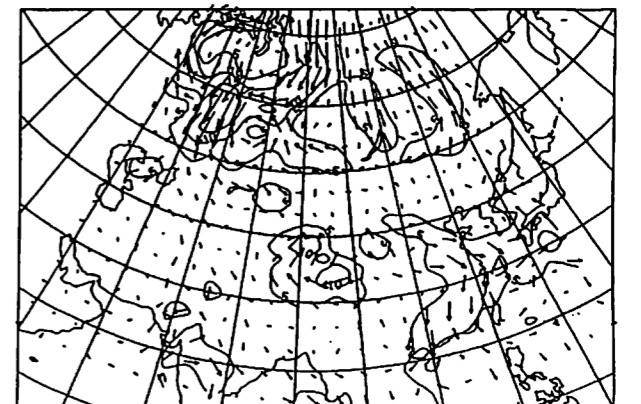


圖1-9(c) 11/17/12Z-00Z/850mb 之水平風場差異

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少，隨之氣溫之下降將趨於緩和。

18/12Z-18/00Z/850MB DIFFERENCE OF WIND FIELD [M/S]

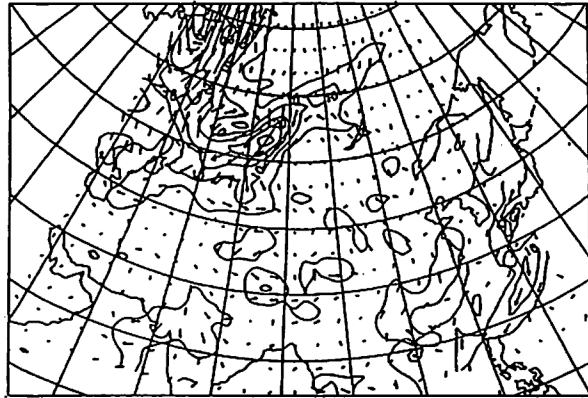


圖1-9(d) 11/18/12Z—00Z/850mb 之水平風場差異

五、討論與結論

本研究探討1979年十一月一個最明顯的寒潮暴發個案的完整過程，以了解寒潮暴發過程的特徵、機制以及前兆，以作為預報的參考。研究的方法為分析FGGE資料，將寒潮暴發時大氣運動的三維環流勾勒出來，並分析高度距平、溫度距平的變化情形，最後透過計算風變向量檢討非地轉運動在寒潮暴發前後所扮演的角色，及其在預報上之可用性。我們有以下的結論：

- (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-3.2cm/s，此與Palmen and Newton (1951)的結果相符合。

四)根據距平分析及風變分析，我們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，冷高壓達最強，也就是冷高壓即將南移和冷空氣潰流的前兆。另外，由高度和溫度距平變化可以看出冷高壓的結構屬於移動性。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，即預示寒潮即將暴發，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。

誌謝

我們要感謝蕭志惠小姐在分析FGGE資料方面的協助。葉錫圻要特別感謝空軍第五天氣中心長官們的支持。本文所有圖均係使用國立中央大學大氣物理研究所發展出來之個人電腦福傳繪圖程式集所繪製。

參考文獻

1. Palmen, E. and C.W. Newton, 1951: On the three-dimensional motions in an outbreak of polar air. *J. Met.*, 8, 25-39.
2. Visher, S.S., 1954: *Climate atlas of the United States*. Harvard University Press, Cambridge, 151pp.
3. 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。
4. 王崇岳, 1978: 台灣寒潮分析與預報。氣象學報 24, 138。
5. 任立渝、蔡清彥, 1981: 台灣地區寒潮合成天氣型式之研究。大氣科學, 8, 67-79。
6. 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。

Analysis of a Cold Air outbreak and its Mechanism

Siu-Shung Hong

Institute of Atmospheric physics
National Central university

Hsi-Chyi Yeh

Fifth weather Center
Air Force weather wing

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 coldcore 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.