

利用同步氣象衛星資料之熱帶擾動分析

(I) : 擾動生成之綜觀分析

呂 芳 川

摘 要

本文利用 1978 年, 1979 年 GMS 衛星資料, 配合傳統資料 (TTAA, JTWC 所發佈的擾動資料), 選擇十四個擾動個案, 分析探討西北太平洋熱帶擾動的生成。

綜觀分析西北太平洋熱帶擾動的生成, 將擾動生成的天氣類別分成東風波型、間熱帶輻合帶型 (ITCZ)、季風槽型等三類, 並就各類分別分析其發展型、持續型及消失型的綜觀天氣型態, 最後歸納成(I)赤道高空對流槽型 (TUTT) (II)對流型, 有利於擾動的生成、發展。

一、前 言

熱帶地區擾動頻繁, 生成後有的短時間就消失, 有的持續數天, 但無顯著的發展, 更有的加強, 發展到最後形成颱風, 此造成人類重大的災害。這一連串的擾動, 從綜觀尺度上是否有顯著的差別, 又是否可從已知的物理機制去探討它? 瞭解它? 此為我們從事氣象研究人員所感興趣的。

Gray (1968) 分析全球的資料, 指出西北太平洋地區颱風擾動最多, 而生成的機制有三種: 主要一種為在 20°N 以南 $130^{\circ}\text{E} \sim 150^{\circ}\text{E}$ 間與赤道無風槽有明顯相關的正壓不穩定生成發展而成。次要一種為距赤道無風槽很遠, 主要由風切所造成的一種斜壓不穩定擾動。第三種混合型即正壓性與斜壓性不穩定皆有影響的擾動。Fett (1968), Chang (1970a, b), Burpee (1972, 1974), Mobride (1979) 等以傳統資料 (TTAA 與繞極衛星資料) 分析西北太平洋擾動的生成, 指出東風波為其主要源地之一。Fett (1968)、Bates (1970)、Agee (1972)、Lindzen (1974) 等以傳統資料分析西北太平洋熱帶擾動生成, 指出間熱帶輻合帶 (ITCZ) 內為上升氣流及能量的集中區, 且低層存在強烈的氣旋型風場, 易生成熱帶擾動。Sadler (1967, 1976, 1978) 討論西北太平洋擾動生成的主

要源地為赤道無風槽, 其次方為東風波, 生成的條件必須在高層存在一中太平洋赤道槽, (俗稱 TUTT) 位於低層擾動的北方或西北方, 於擾動上方形成明顯輻散場, 而使擾動生成。

前面氣象學家在綜觀尺度上分析熱帶地區時, 因資料的獲得主要是探空資料和少數的繞極軌道衛星資料, 所以在時間上無法密集觀測, 在空間上亦無法做週全的觀測, 且其對於熱帶擾動的生成大都偏重於加強部份。自 1978 年 GMS 同步氣象衛星加入觀測網後, 因 GMS 衛星相對的固定於地球上某一點不動, 可對此地區作連續性觀測、監視有效範圍內天氣系統的逐時變化, 尤以位於赤道上空, 對於熱帶地區天氣現象之研究更有助益, 且可彌補往日海面資料之不足, 加以日本 GMS 氣象衛星中心已利用衛星資料計算風場, 使我們對西北太平洋的氣流場能更進一步的瞭解。本文就針對 GMS 衛星資料、探空資料和關島 JTWC 所發佈的熱帶擾動資料做綜觀分析, 以求對熱帶擾動生成能有效預測。

二、資料採用及研究方法

本文所採用的資料時間為 1978 年 4 月到 1979 年 12 月, 係來自日本 GMS 衛星氣象中心 (JMSC) 整理、分析衛星資料所做的月報; 而目前 JMSC 的 CWES (GMS Cloud Wind Estimation

System) 系統利用每日 0000z 及 1200z 附近每隔 30 分鐘的連續數張雲圖，經過一連串的估計與校正，考慮雲的變化性，且利用各種統計法求取雲與風場的關係，及判定何層風趨使雲的移動，再利用全自動法或半自動法選擇雲塊和換算而求出風場，再經過與探空資料的比較和誤差修正等步驟，方得最後風場。至於個案的選擇，主要依據 1978 年 4 月到 1979 年 12 月 GMS 衛星連續每隔 3 小時的衛星雲圖。分析時感於資料的不足，也酌情加入 TTA 探空資料及關島颶風警報中心 (JTWS) 所發佈的擾動位置與強度資料。

本文著重於西北太平洋熱帶擾動綜觀尺度探討，所以分析範圍偏重於緯度 0°N 到 30°N ，經度 120°E 到 180°E 西北太平洋地區，並參考範圍以外的天氣型態，以達天氣系統的整體性與連貫性。分析時：首先利用衛星雲圖連續追蹤天氣系統，並將擾動發生時天氣型態分類，再選擇個案，分別探討西北太平洋地區熱帶擾動的生命史。

三、擾動生成時的天氣型態

利用熱帶風場和衛星雲圖將擾動生成時天氣型態分類，(生成指熱帶波動由無規則的輻合到形成有系統有組織且已形成微弱封閉擾動為止) 選擇天氣型態分別為東風波、ITCZ 和季風槽作為探討項目，然後再將各類分成三種型態：(A) 型：波動加強生成擾動最後發展成為颱風。(B) 型：波動發展成擾動，但強度持續不變維持數天。(C) 型：波動發展成擾動，但短時間即消失。各類型分析個案如表(一，二，三，四)。最後分析西北太平洋範圍內高層(150mb~100mb)和低層(750mb~850mb)的氣流場，尋求在綜觀尺度上的特性。

GMS 衛星資料所分析之熱帶氣流場及海面溫度資料、配合傳統資料顯示熱帶擾動生成的天氣型態可分為二種：

- A. TUTT 型：(主要機制在上層)即低層有波動存在時，此期高層由於 TUTT 的存在，形成輻散場，促使下層波動的發展。
- B. 對流型：(主要機制在下層)即上層缺乏有利

輻散場，但低層氣流場出現明顯輻合，加以該區海面溫度高時，有利於擾動生成。

若以上二種有利情況消失則擾動將逐漸減弱而消失。

A. TUTT 型

Palm'en and Newton (1969) 等指出：於上對流層必須存在一幅散場，將擾動多餘的能量帶走，方足以使擾動發展。Sadler (1967) 更提出 TUTT 理論。圖(一)為 TUTT 促使擾動生成發展的天氣型態；在上層近赤道附近副赤道脊(S.E.R.)顯著，較高緯度地區存在一副熱帶脊(S.T.R.)使中間 TUTT 顯著並形成輻散場，此時若上層輻散場的低層存在微弱的波動，受 TUTT 的影響，波動有利於生成擾動。例如：1978 年 7 月 9 日 0000z，如圖(二)：低層 13.8°N ， 157.2°E 存在一東風波槽，此時高層，圖(三A) 10°N ， 180°E 到 4°N ， 145°E 存在一明顯的 S.E.R.，而於 20°N ， 155°E 附近有一明顯的 TUTT，且於 14°N ， 160°E 附近形成一幅散場，低層東風波槽在 TUTT 顯著下，逐漸加強，圖(三A~三D)為 1978 年 7 月 9 日 0000z 到 11 日 0000z 每隔 12 小時高層氣流圖(10 日 1200z 資料缺乏)。其間很明顯的低層擾動在 TUTT 影響下生成發展，最後形成颱風 Trix。個案內由於此種 TUTT 輻散場所引發的颱風尚有 Hope, Faye, Ellis 等。圖(二A)低層 14°N ， 135.2°E 亦存在一東風波擾動，由於高層無顯著風場配合，缺乏有利生成發展條件，且受太平洋副熱帶高壓向西南延伸影響，使擾動在高壓外圍環境導引下，快速的向西北移動，擾動維持到 7 月 12 日消失。

B. 對流型

低層風場有輻合現象，加以具有高的海面溫度，使空氣對流上升，並於上層產生輻散場，促使擾動生成。圖(四)為對流型促使擾動生成的天氣型態。例如：1978 年 7 月 20 日 0000z，圖(五A)低層存在季風槽輻合，隨後由於西南氣流的加強，圖(五B)於 18.4°N ， 139.2°E 附近形成明顯的輻合對流區，且此期擾動區海面溫度高，此輻

合現象使對流旺盛，相對的此期高層(如圖(六A~D)於擾動附近，原為東北風盛行，因受低層輻合影響逐漸改變而形成輻散場，最後形成 Wendy 颱風。相同的 1979 年 7 月 Gordon 颱風的生成也是首先由於低層 ITCZ 內的明顯輻合，加以輻合區內海溫配合，因而對流旺盛，促使高層形成輻散場而使擾動生成發展。而 1979 年 7 月 24 日的 TD-8 擾動，因海溫無法配合，無法使其發展，持續 2 天而消失。

除了以上兩種天氣型態外，尚有 Judy 颱風，其於生成期間，天氣型態較為特別，且因在所探討的個案裏，只有一個，故稱為上下輻合配合。(有待更進一步證明)。

C. 上下輻合配合

波動初期，高低層皆存在著輻合中心但不配合，但隨後高低層輻合中心配合形成明顯的對流，此時對流區海面溫度高，形成有利條件而使擾動生成。圖(七)為擾動生成的簡單天氣型態，例如 1978 年 9 月 8 日 0000z 低層輻合中心位於 12.2°N ， 165°E 附近，高層擾動位於 18°N ， 164°E 附近，位置的不配合，擾動無法發展，但在未來 48 小時間低層輻合中心往北移，高層輻合中心近乎滯留，於 9 月 10 日 0000z 上下輻合中心配合，使輻合區擾動迅速發展形成 Judy 颱風。表(五)為高低層輻合中心的相關位置圖。

四、結論與討論

綜觀此研究，探討西北太平洋熱帶地區具有封閉氣流線的擾動生成，共選擇十四個個案，個別探討其綜觀天氣型態，將其分類分型，並分析西北太平洋氣流場，以瞭解擾動生成時綜觀尺度上的特性，其結論如下：

(1) 擾動生成時天氣型態可分成東風波、間熱帶輻合帶、季風槽等三類，各類又可分成發展型，維持型及消失型擾動。

(2) 赤道高空對流槽型：擾動生成時，若偏西北太平洋東部(中太平洋地區)主要受中太平洋槽線(MPT)影響，低層擾動受上層輻散場的作用，

有利於擾動生成。

(3) 對流型：西北太平洋西部低緯度地區，受南來氣流及大陸變性氣團或西南季風的影響，於低層產生明顯的輻合對流，加以海溫高的配合，則對流旺盛，有利於生成。

(4) 上下輻合配合：Judy 颱風的生成，主要發生於海面高溫區，加以上下輻合的配合，使對流旺盛而生成擾動。

綜觀分析 GMS 衛星資料對熱帶擾動的生成有很大的幫助，但從雲圖分析風場時，受晴空無雲區及濃密雲區無法判別的限制，造成綜觀分析的困難，也影響定量上的計算。

參考文獻

- Agee, E. M., 1972: Note on I.T.C.Z. wave distribution and formation of tropical storm. *Mon. Wea. Rev.* 100, 733-737.
- Bates, J. R., 1970: Dynamics of disturbances on the intertropical convergence zone. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 96, 677-701.
- Burpee, R. W., 1972: The original and structure of easterly wave in the lower troposphere of North Africa. *J. Appl. Sci.*, 77-90.
- Burpee, R. W., 1974: Characteristic of North African easterly wave during the summer of 1968 and 1969, *J. Appl. Sci.*, 1556-1571.
- Chang, C. P., 1970a: Westward propagating cloud patterns in the tropical Pacific as seen from time-composite satellite photographs. *J. Appl. Sci.*, 133-138.
- Chang, C. P., 1970b: A statistical study of easterly wave in the western Pacific: July-December 1964. *J. Appl. Sci.*, 195-201.

Fett, R. W., 1968: Typhoon formation within the zone of the intertropical convergence. Mon. Wea. Rev., 106-117.

Gray, W. M., 1968: Global view of the origin of tropical disturbance and storms. Mon. Wea. Rev., 96, 669-700.

Lindzen, R. S. 1974: Wave-CISK in the tropics. J. Appl. Sci., 31, 156-179.

Mobridge, J. L., 1979: Observation analysis of tropical cyclone formation. Colo. State Univ. Atmos. Sci., Paper No. 308.

Sadler, J. C., 1967: On the origin of tropical vortices. Proc. Working Panel on Tropical Dynamic Meteorology.

Sadler, J. C., 1976: A role of the TUTT in early season typhoon development. Mon. Wea. Rev., 104, 1266-1278.

Sadler, J. C., 1978: Mid-season typhoon development and the tropical upper troposphere trough. Mon. Wea. Rev., 106, 1137-1152.

1978, 1979 Annual Typhoon Report: Joint Typhoon Warning Center, Guam, Mariana Island.

第一類 東風波生成的擾動											
A: 發展型											
1 Judy, 1978年9月13日~9月17日最大風速90kts 最低氣壓950MBS											
時間(GMT)	0908 0000	0908 1200	0909 0000	0909 1200	0910 0000	0910 1200	0911 0000	0911 1200	0912 0000	0912 1200	
位置(N°, E°)	12.2°N 165.0°E	14.3°N 165.8°E	16.3°N 165.8°E	18.0°N 165.0°E	20.0°N 162.0°E	21.5°N 158.3°E	22.7°N 155.8°E	23.3°N 152.7°E	23.1°N 149.9°E	23.6°N 148.0°E	
強度(kt)				20	20	20	25	25	30	35	
2 Hope, 1979年7月27日~8月3日, 最大風速130kts 最低氣壓898MBS											
時間(GMT)	0724 0000	0724 1200	0725 0000	0725 1200	0726 0000	0726 1200	0727 0000	0727 1200	0728 0000	0728 1200	0729 0000
位置(N°, E°)	9.8°N 146.8°E	10.3°N 146.9°E	10.4°N 145.5°E	10.9°N 144.0°E	11.2°N 142.4°E	11.8°N 140.7°E	13.2°N 140.3°E	15.0°N 139.6°E	16.1°N 137.8°E	17.2°N 136.9°E	16.7°N 135.7°E
強度(kt)		20	20	25	20	20	15	20	30	35	40
3 TRIX, 1978年7月13日~7月22日最大風速70kts 最低氣壓967MBS											
時間(GMT)	0709 0000	0709 1200	0710 0000	0710 1200	0711 0000	0711 1200	0712 0000	0712 1200	0713 0000	0713 1200	
位置(N°, E°)	13.8°N 157.2°E	15.6°N 159.2°E	16.0°N 157.6°E	17.8°N 155.2°E	18.8°N 153.8°E	19.0°N 152.6°E	19.8°N 151.3°E	21.4°N 149.5°E	23.1°N 147.6°E	23.8°N 145.4°E	
強度(kt)					20	20	25	25	30	30	

表(二) 東風波生成的擾動的時間、位置、強度資料

第一類 東風波生成的擾動													
B: 維持型													
1 Faye: 1979年7月1日~7月6日最大風速40kts, 最低氣壓998MBS													
時間(GMT)	0701 0000	0701 1200	0702 0000	0702 1200	0703 0000	0703 1200	0704 0000	0704 1200	0705 0000	0705 1200	0706 0000	0706 1200	
位置(N°, E°)	5.3°N 150.6°E	6.0°N 149.2°E	6.5°N 146.4°E	8.0°N 144.9°E	9.0°N 143.2°E	9.7°N 141.4°E	10.3°N 139.8°E	10.6°N 137.8°E	10.4°N 135.6°E	11.9°N 135.1°E	13.3°N 133.8°E	15.2°N 131.9°E	
強度(kt)	20	25	25	25	30	35	40	35	30	25	25	25	
2 TD-8: 1979年7月24日~7月25日最大風速20kts, 最低氣壓1004MBS													
時間(GMT)	0724 0000	0724 1200	0725 0000	0725 1200	0726 0000	0726 1200							
位置(N°, E°)	22.0°N 135.8°E	23.4°N 133.0°E	25.0°N 130.2°E	27.4°N 127.4°E	31.5°N								
3 1978年7月9日14.0°N, 135.2°E生成的擾動													
時間(GMT)	0709 0000	0709 1200	0710 0000	0710 1200	0711 0000	0711 1200							
位置(N°, E°)	14.0°N 135.2°E	15.2°N 132.6°E	17.2°N 130.0°E	20.1°N 129.2°E	24.0°N 127.0°E								
C: 消失型: (1979年7月24日0000z於5.6°N, 165.7°E形成東風波擾動0725, 0000z即消失)													
時間(GMT)	0724 0000	0724 1200											
位置(N°, E°)	5.6°N 165.7°E	5.6°N 161.5°E											

表(一) 東風波生成的擾動的時間、位置、強度資料

第二類 ITCZ 生成的擾動									
A: 發展型									
1 Viginia: 1978年7月23日~8月2日最大風速70kts, 最低氣壓972MBS									
時間(GMT)	0720 0000	0720 1200	0721 0000	0721 1200	0722 0000	0722 1200	0723 0000	0723 1200	
位置(N°, E°)	10.4°N 155.3°E	10.2°N 155.0°E	11.5°N 152.0°E	12.5°N 151.6°E	13.7°N 152.0°E	14.6°N 151.4°E	15.5°N 151.1°E	16.1°N 151.0°E	
強度(kt)		15	20	20	25	30	35	40	
2 Gordon: 1979年7月26日~7月29日最大風速60kts, 最低氣壓980MBS									
時間(GMT)	0724 0000	0724 1200	0725 0000	0725 1200	0726 0000	0726 1200	0727 0000		
位置(N°, E°)		18.0°N 134.0°E	19.0°N 133.5°E	18.8°N 132.7°E	19.5°N 130.6°E	20.2°N 128.7°E	20.5°N 126.2°E		
強度(kt)				15	25	35	40		
B: 持續型 1978年9月8日於8.0°N, 148.5°E形成擾動									
時間(GMT)	0908 0000	0908 1200	0909 0000	0909 1200	0910 0000	0910 1200			
位置(N°, E°)	8.0°N 148.5°E	9.5°N 148.2°E	10.2°N 147.8°E	12.2°N 143.6°E	10.2°N 142.0°E	12.0°N 138.2°E			
C: 短暫即消失型 (1978年0908, 1200z於15°N, 136°E形成12小時即消失)									
時間(GMT)	0908 0000	0908 1200	0909 0000						
位置(N°, E°)	15.0°N 136.0°E	15.0°N 136.0°E	15.0°N 136.0°E						

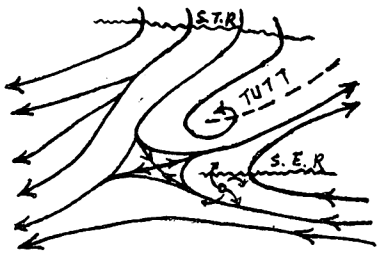
表(三) ITCZ 生成的擾動的時間、位置、強度資料

第三類 季風槽生成的擾動								
A：發展型								
1	Ellis：1979年7月1日～7月6日最大風速85kts，最低氣壓955MBS							
時間(GMT)	0628 0000	0628 1200	0629 0000	0629 1200	0630 0000	0630 1200	0701 0000	0701 1200
位置(N°,E°)	13.6°N 137.0°E	13.2°N 136.4°E	11.7°N 135.4°E	13.2°N 133.8°E	13.2°N 133.8°E	13.5°N 133.0°E	13.7°N 131.9°E	13.8°N 130.5°E
強度(kt)			20	20	25	30	35	40
2	Wendy：1978年7月24日～8月3日最大風速80kts，最低氣壓962MBS							
時間(GMT)	0721 0000	0721 1200	0722 0000	0722 1200	0723 0000	0723 1200		
位置(N°,E°)	17.8°N 142.3°E	17.0°N 140.2°E	18.4°N 139.2°E	19.8°N 138.2°E	20.9°N 137.2°E	21.4°N 136.2°E		
強度(kt)			20	25	30	35		
C：消失型(1979年6月24日0000z於14.0°N，135.0°E生成輻合區，但0725.0000z即消失)								
時間(GMT)	0624 0000	0624 1200						
位置(N°,E°)	14.0°N 135.0°E	12.5°N 132.5°E						

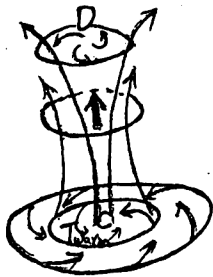
表(四) 季風槽生成的擾動的時間、位置、強度資料

時 間	0908 0000	0908 1200	0909 0000	0909 1200	0910 0000
位置(低層)	12.2°N 165.0°E	14.3°N 165.8°E	16.3°N 165.8°E	18.0°N 165.0°E	20.0°N 162.0°E
位置(高層)	18.0°N 164.0°E	18.0°N 162.0°E	19.7°N 163.6°E	19.5°N 160.4°E	19.7°N 161.2°E
擾動強度(kt)				20	20

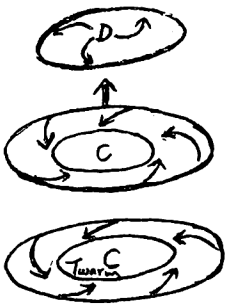
表(五) 高低層輻合中心的相關位置



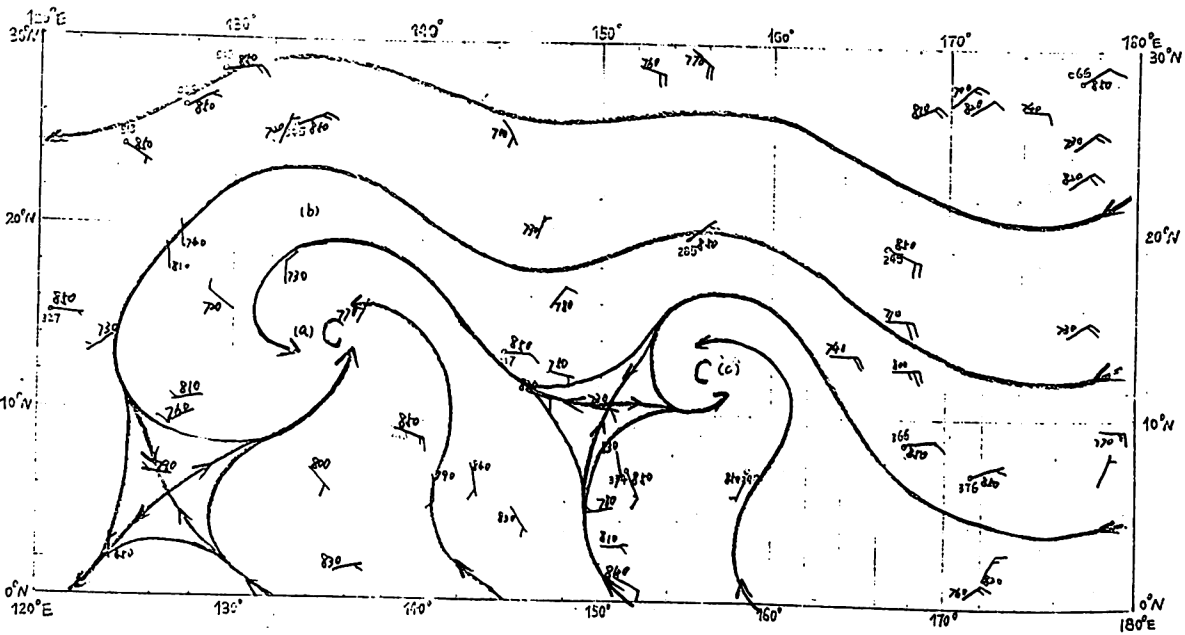
圖一 TUTT型



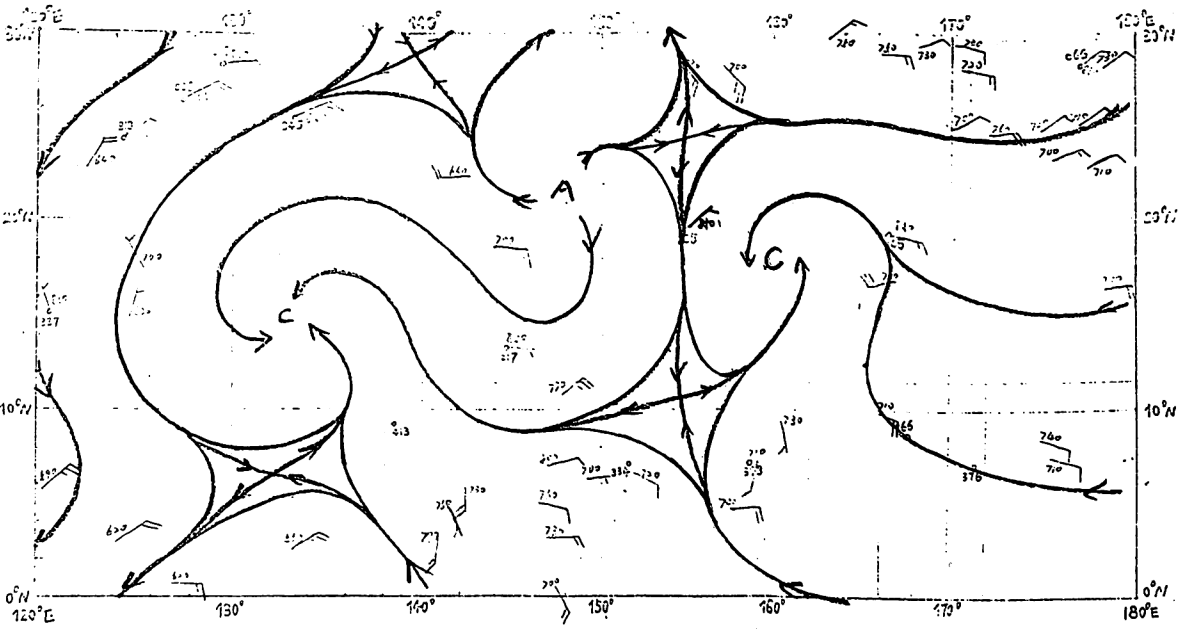
圖四 對流型



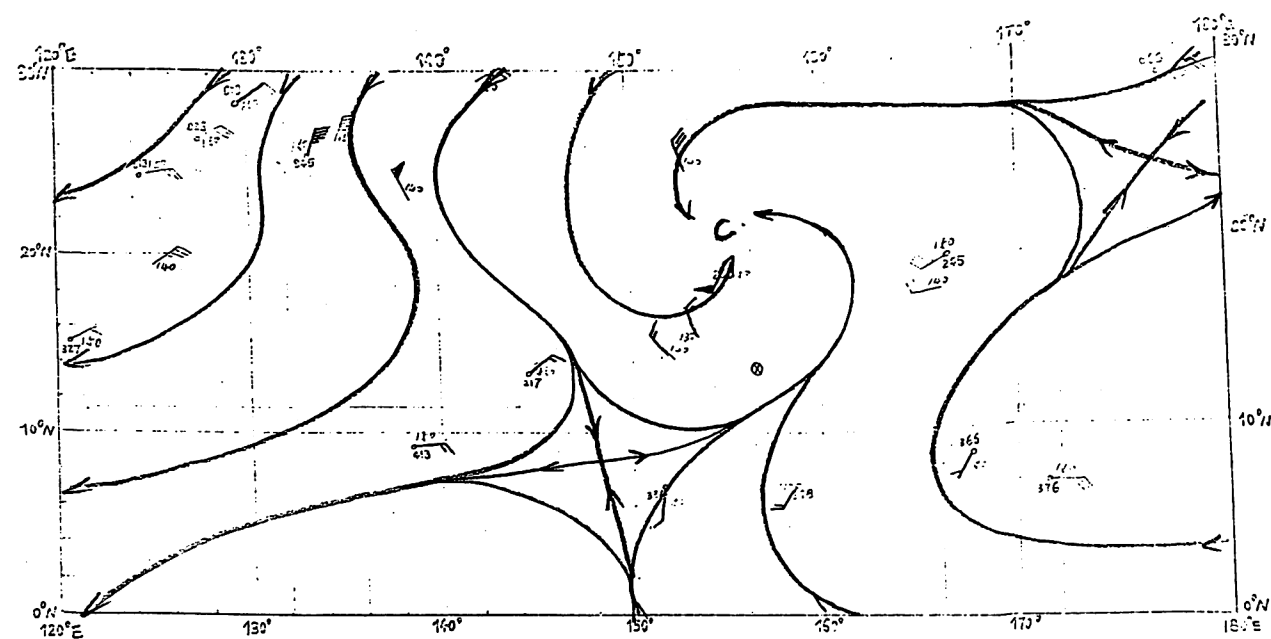
圖七 上下配合



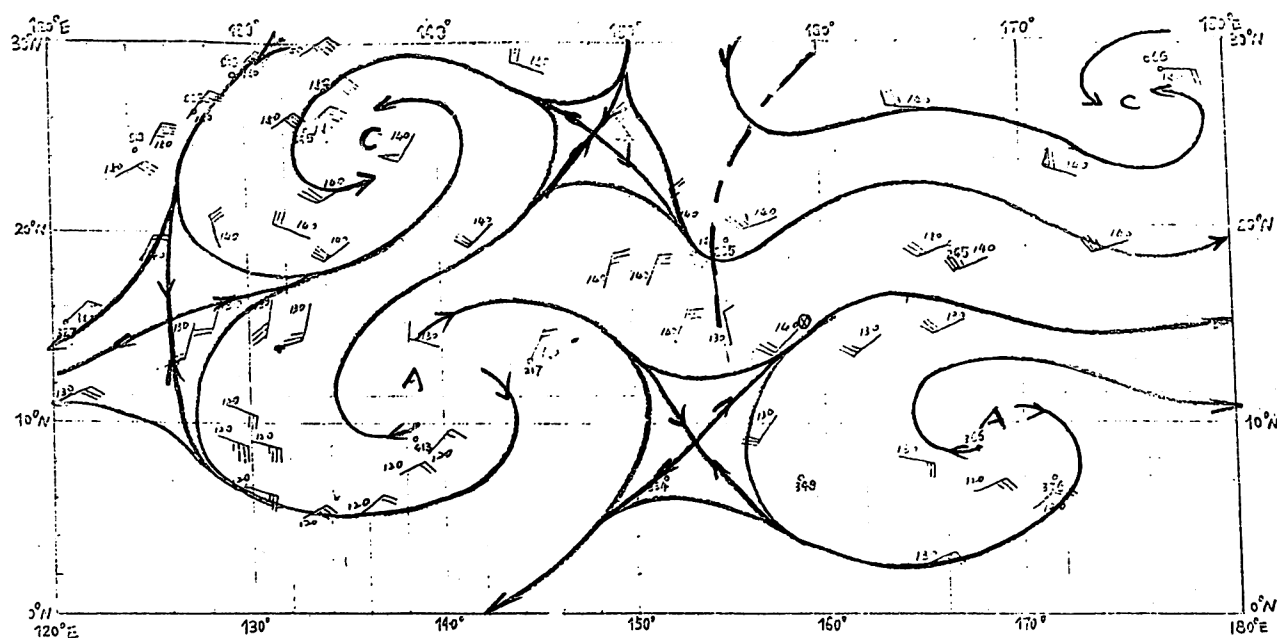
圖(二A) 1978.7.9.0000z 低層氣流型



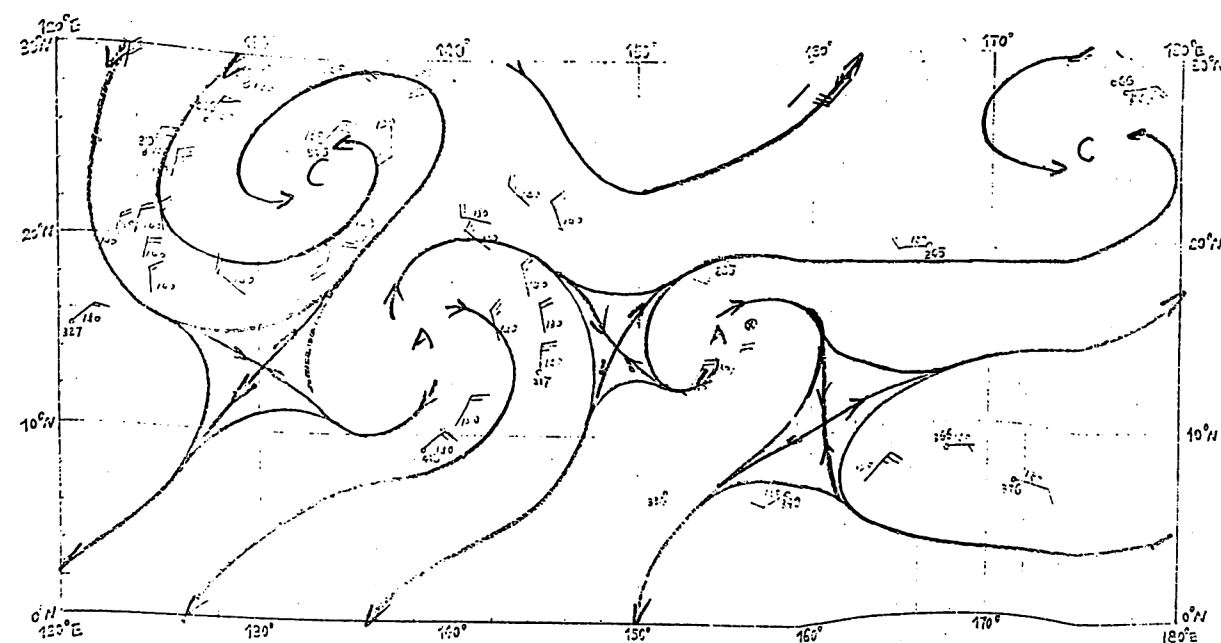
圖(二B) 1978.7.9.1200z 低層氣流圖



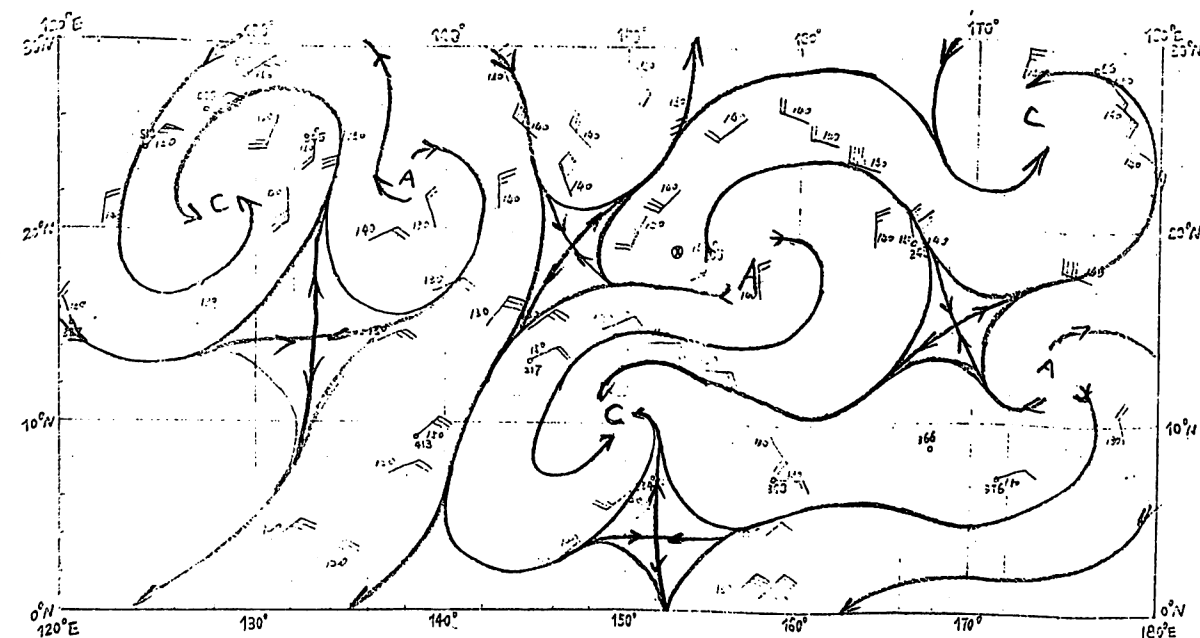
圖(三A) 1978.7.9.0000z 高層氣流圖



圖(三B) 1978.7.9.1200z 高層氣流圖



圖(三C) 1978.7.10.0000z 高層氣流圖

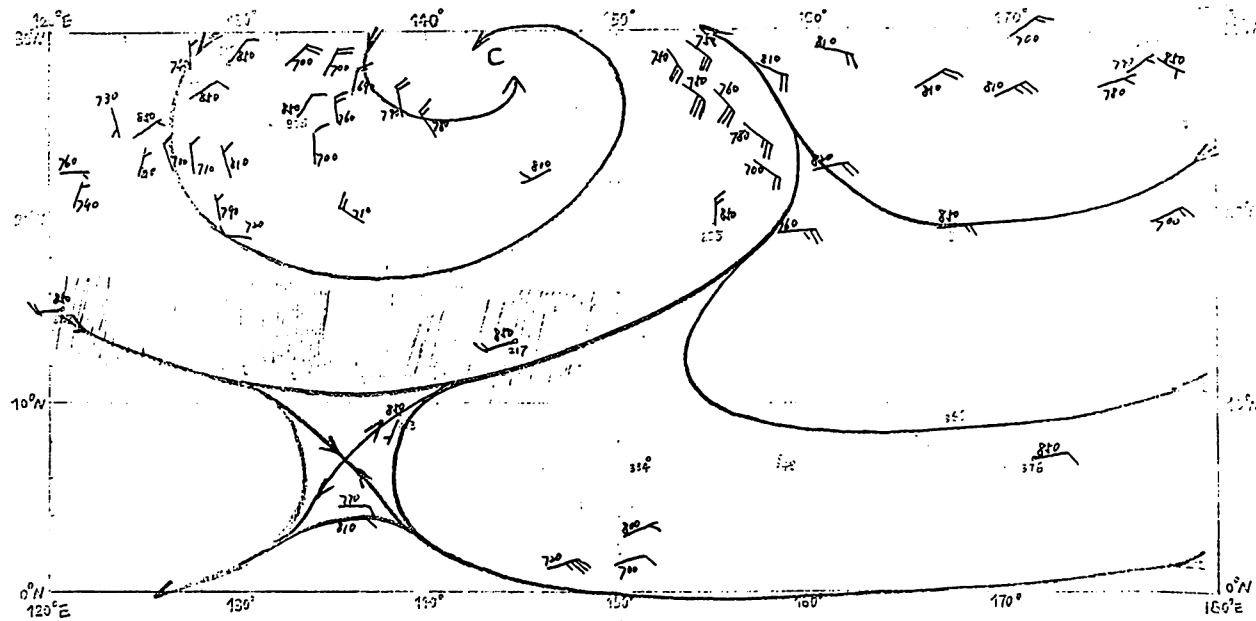


圖(三D) 1978.7.11.0000z 高層氣流圖

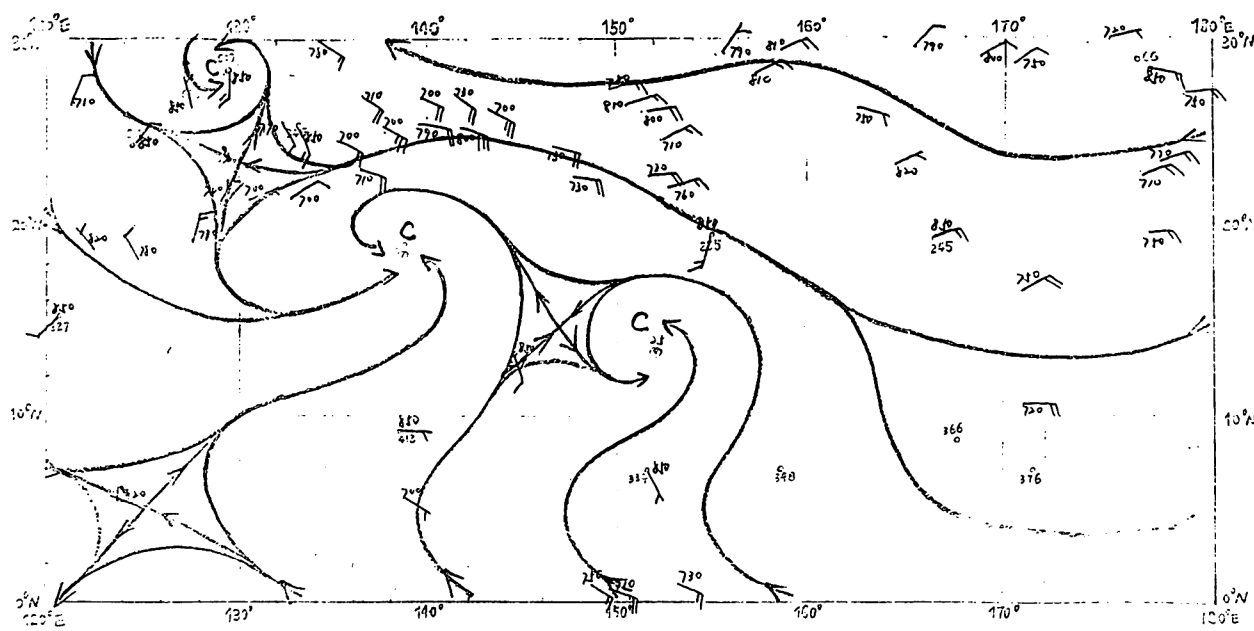
May 1985

氣象預報與分析

第 103 期



圖(五A) 1978.7.20.0000z 低層氣流圖

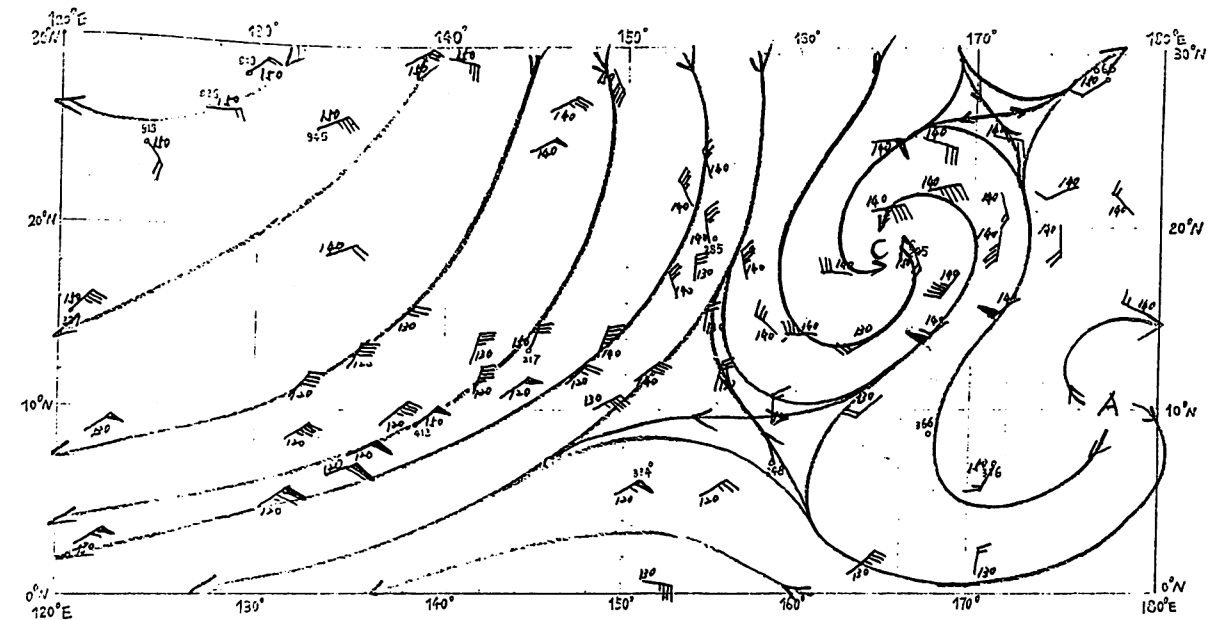


圖(五B) 1978.7.22.0000z 低層氣流圖

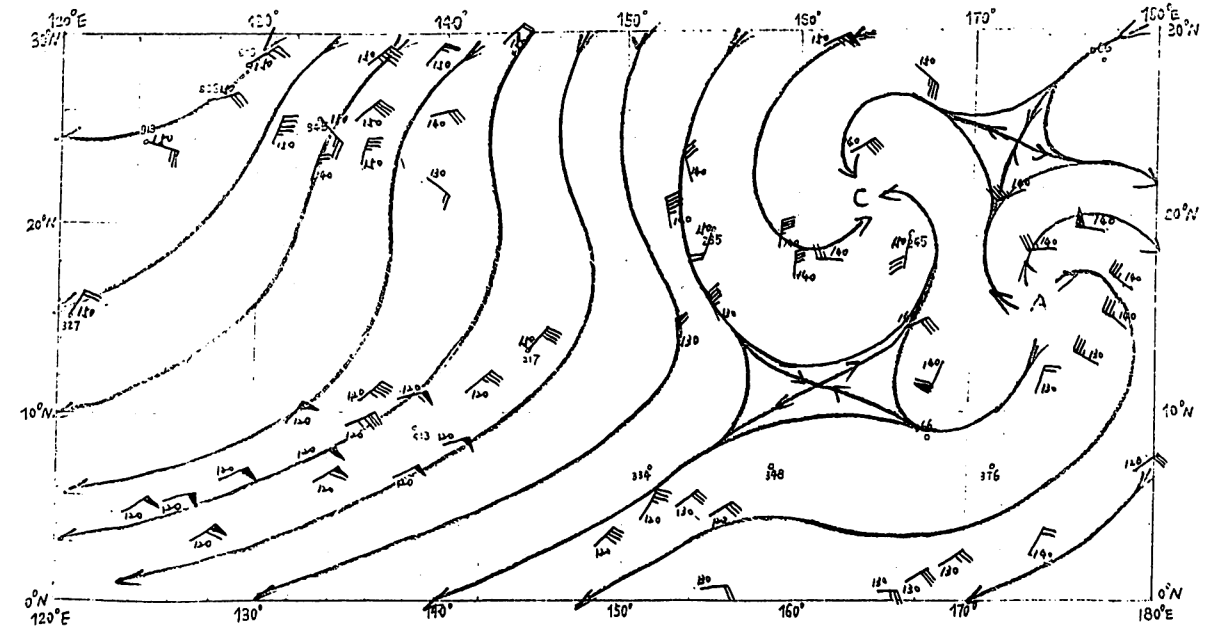
May 1985

氣象預報與分析

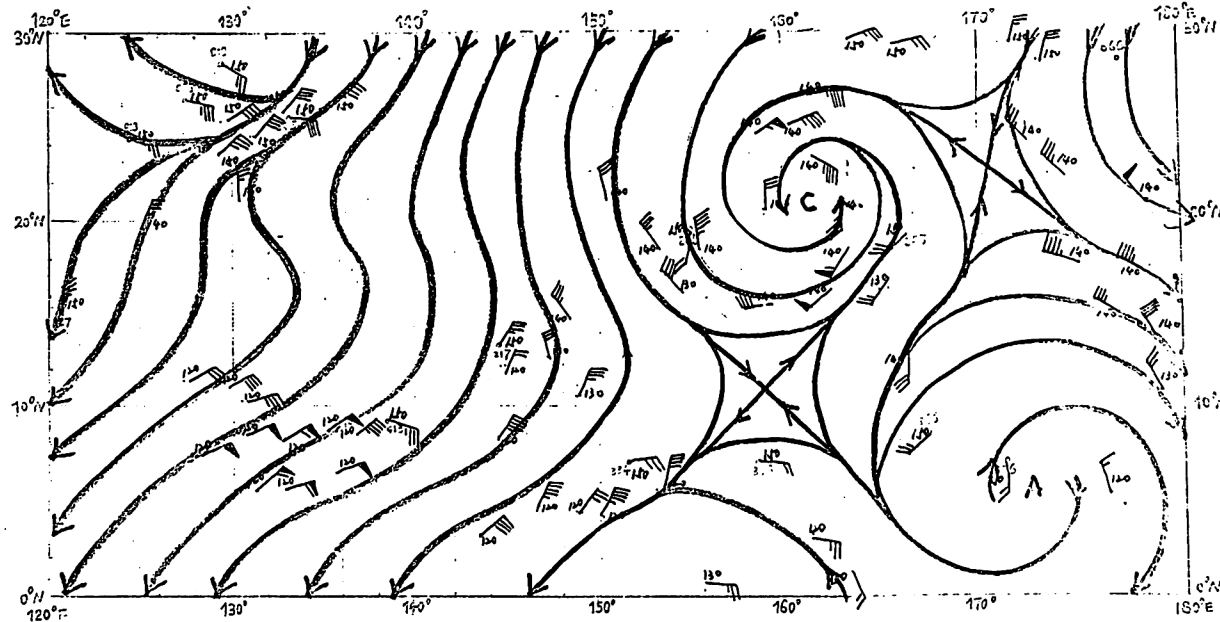
第 103 期



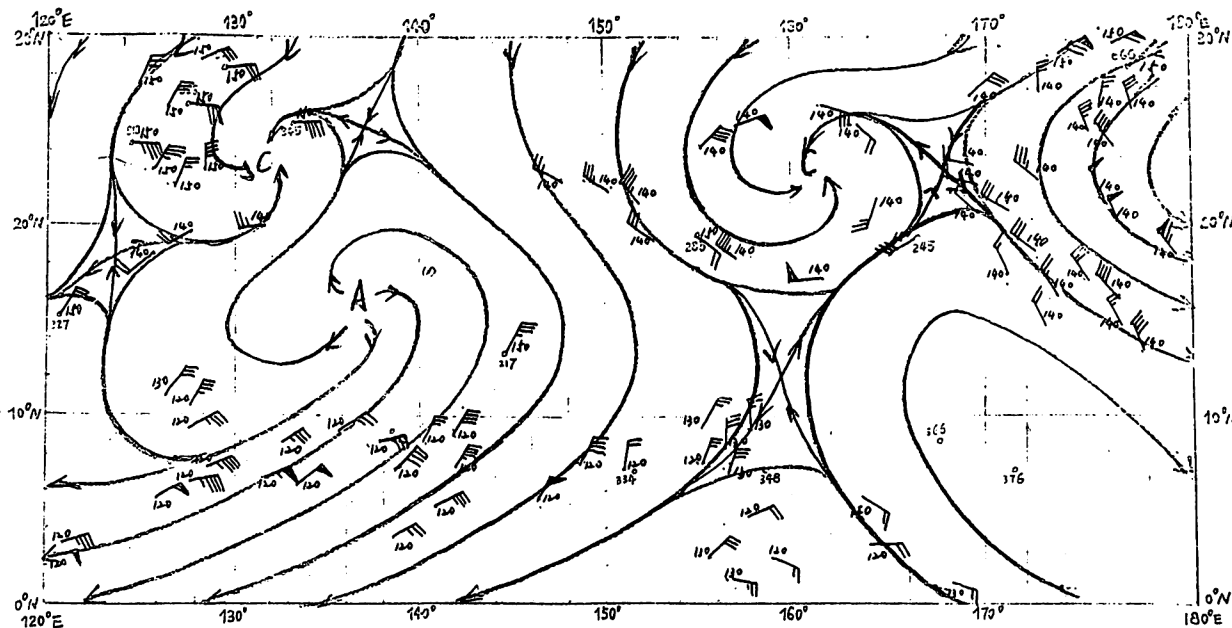
圖(六A) 1978.7.20.0000z 高層氣流圖



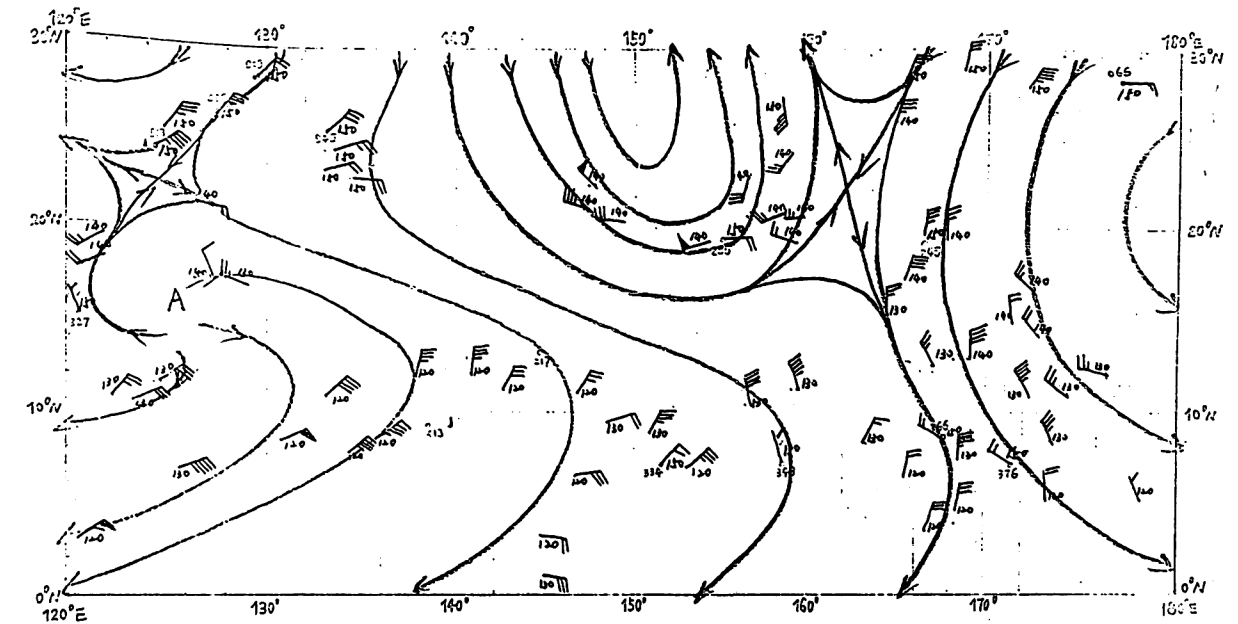
圖(六B) 1978.7.20.1200z 高層氣流圖



圖(六C) 1978.7.21.0000z 高層氣流圖



圖(六D) 1978.7.21.1200z 高層氣流圖



圖(六E) 1978.7.23.0000z 高層氣流圖

A Study of Tropical Disturbance Genesis By Using GMS Image Data

(I) Synoptic Analysis of Tropical Disturbances

Fang-Chuan Leu

ABSTRACT

The purpose of this paper is to analysis and discuss the formation of the tropic disturbance in the North-western Pacific Ocean. Fourteen cases are choosen from the GMS satellite observations during 1978-1979. Incorporating the conventional data(TTAA and the disturbance date published by JTWC), the synoptic weather systems generated by the tropic disturbance are classified into three groups: Easterly Wave, ITCZ and Monsoon Trough. Furthermore, divide each group into three types: the developed type, the carry on type and the decay type, and analysis their synoptic weather patterns. It is shown that the Tropical Upper Tropospheric Trough and the Convection patterns are benefit to the for-
mation and development of the disturbances.

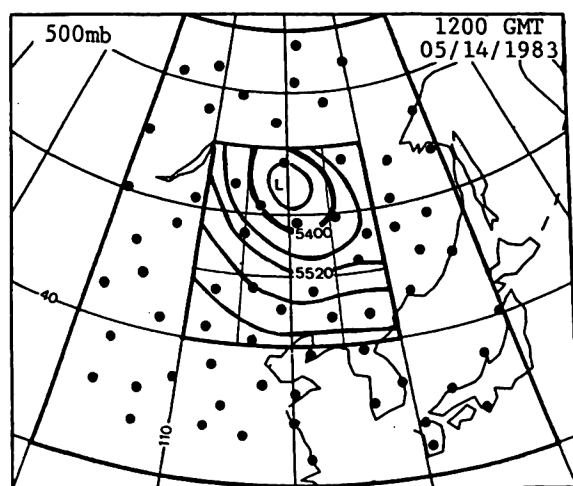


圖 1：測站分佈及日本氣象廳的主觀分析，等高線的間距為 60 公尺。

分析區域內的網格點是直接以經緯度線的交點做為網格點位置。網格點的間距是 1 度，因此共有 21×16 個網格點。因為是經緯度網格點也就不必考慮地圖投影的問題。二點之間的實際距離 (r) 則由二點位置的經緯度利用下式計算

$$r = [a^2(\lambda_i - \lambda_j)^2 \cos^2(\frac{\phi_i + \phi_j}{2}) + a^2(\phi_i - \phi_j)^2]^{1/2} \dots\dots\dots(8)$$

其中 a 為地球半徑， λ 為經度， ϕ 為緯度。最佳內插法所使用的初始猜測場通常是氣候平均場或是預報場，在這裡為方便起見 500mb 高度場的初始猜測值是採在經向為均勻而只隨緯度變化的函數，若 $\bar{z}$ 表初始高度場，則

$$\bar{z} = 5700 - 20(\phi - 40) \dots\dots\dots(9)$$

也就是說初始高度場的等值線是平行於緯度線。解權重係數的聯立方程式是以高斯消去法求相關數矩陣的反矩陣。

四、實驗與結果討論

前面已經提過在均質及均向的假設之下，相關函數只是測站之間距離的函數，距離愈近相關數愈大，愈遠則愈小。在這實驗裡所採用的是高斯形式的相關函數

$$\mu(r) = A \exp(-Br^2) \dots\dots\dots(10)$$

其中 A 及 B 為待決定的係數。係數 A 代表的是當二個測站非常接近時 ($r \rightarrow 0$) 的相關數，理論上 A 應趨近於 1，但由於實際觀測資料通常都帶有少許的誤差 (random error)，即使二個測站幾乎重疊所得到的相關數仍不會等於 1，因此在這實驗裡將 A 訂為 0.95 且保持不變。係數 B 是決定相關數隨距離增加而遞減的斜率， B 值愈大相關數遞減得愈快，愈小則愈慢。以綜觀尺度的大氣運動 (1000 km ~ 2000 km) 為準，我們採用了 5 種不同的 B 值 (由 0.62 到 3.10) 來做模擬分析。不同 B 值時相關數隨距離的變化如圖 2 所示，其中距離 r

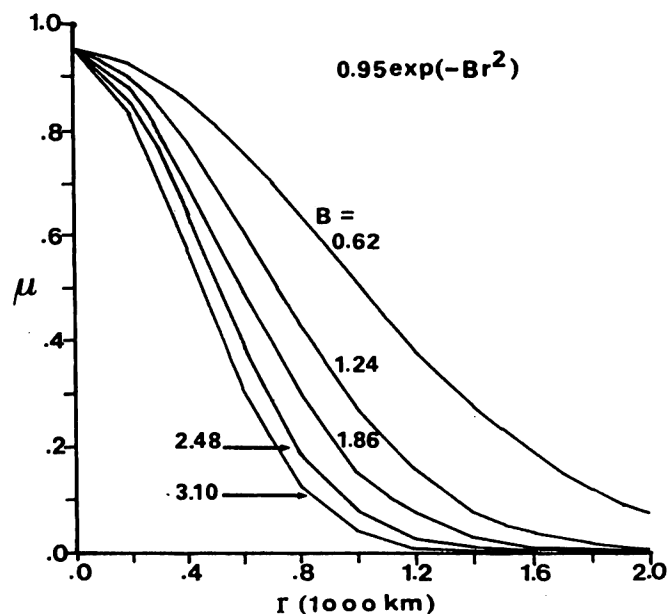


圖 2：不同 B 值時相關函數隨距離的變化

是以 1000 公里做為單位。分析時所使用的測站數不但影響計算的效率同時也會影響分析的結果。為了避免將相關函數及測站數對分析結果的影響混淆不清，實驗中先以固定的測站數來討論不同相關函數對分析結果的影響，由此選定適當的相關函數，再以此相關函數來討論測站數對分析結果的影響。

Meleshko 及 Prigodich (1964) 的結論指出適當的測站數約為 6 ~ 8 個。實驗先固定以 8 個測站利用不同的相關函數來做分析，所得的結果如圖 3。由圖 3 的結果可以看出 B 值愈小高度場的等

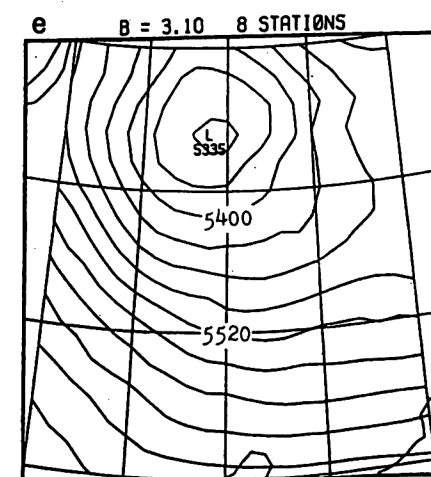
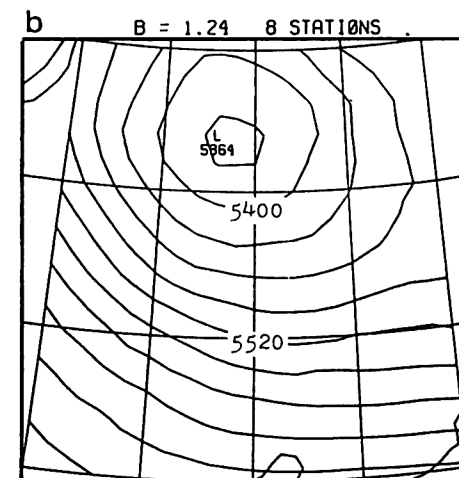
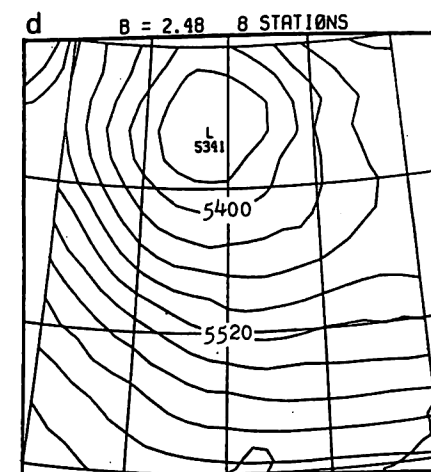
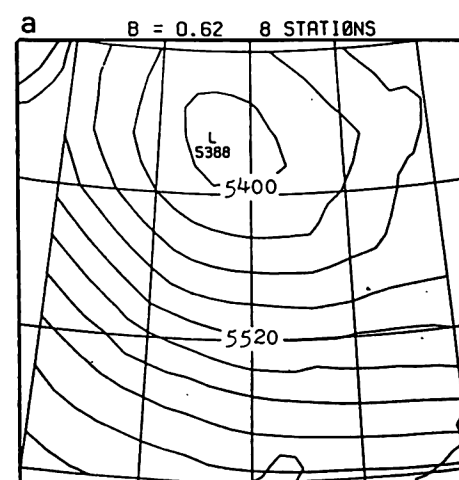
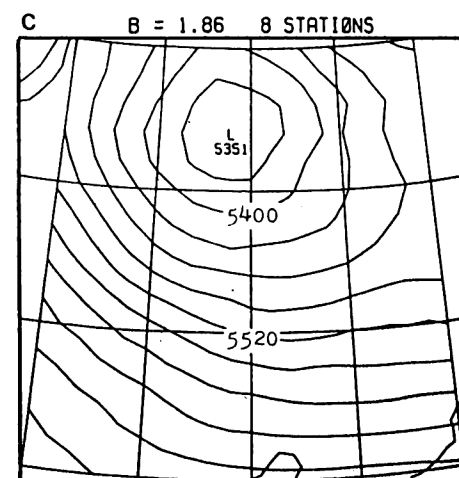


圖 3：測站數為 8 個時不同 B 值的分析結果，等高線的間距為 30 公尺。



值線愈平滑， B 值愈大等值線的擾動愈大。這可由圖 2 來解釋， B 值小時距離網格點近的測站和遠的測站它們和網格點之間的相關數相差不多，對網格點的權重也就相差很少，網格點附近局部的影響顯示不出來。反之， B 值大時局部的影響較顯著，較小尺度的擾動也就因此出現在等值線上。 $B = 0.62$ 時在東北角地區也有等值線擾動的現象，不過這是因為在該地區測站較少的因故，在後面會另外討論。若以分析的低壓中心值來看， B 值愈大中心值愈低，這也是因為距離網格點較近測站的影響較為顯著的原因。由實際的觀測值及上面提到的二個因素

來考慮，就本個案實驗而言(10)式中的係數 B 應取 1.86 較為適當。雖然 $B = 2.48$ 時低壓中心的值 (5341 公尺) 和實際觀測值相當接近，但就客觀分析的性質來說並不見得很理想，因為資料內插本身更含有些微的修勻作用，因此較實際低壓中心值稍高一些應屬正常的。此外，在同一地區對不同的個案 $B = 2.48$ 有可能得到低於實際觀測值的情形。

圖 4 是 $B = 1.86$ 時使用不同的測站數所得到的分析圖。從這一系列的分析圖可以看出，不論對等值線的平滑或低壓中心值，測站數愈多分析的品質愈好。測站太少時(如圖 4.a 五個測站)等值線的擾動較明顯且低壓中心的位置也稍有偏差。本實驗個案區域內測站的密度及分佈尚稱均勻，測站太少時所造成的影響不是很明顯。如果測站較稀疏而

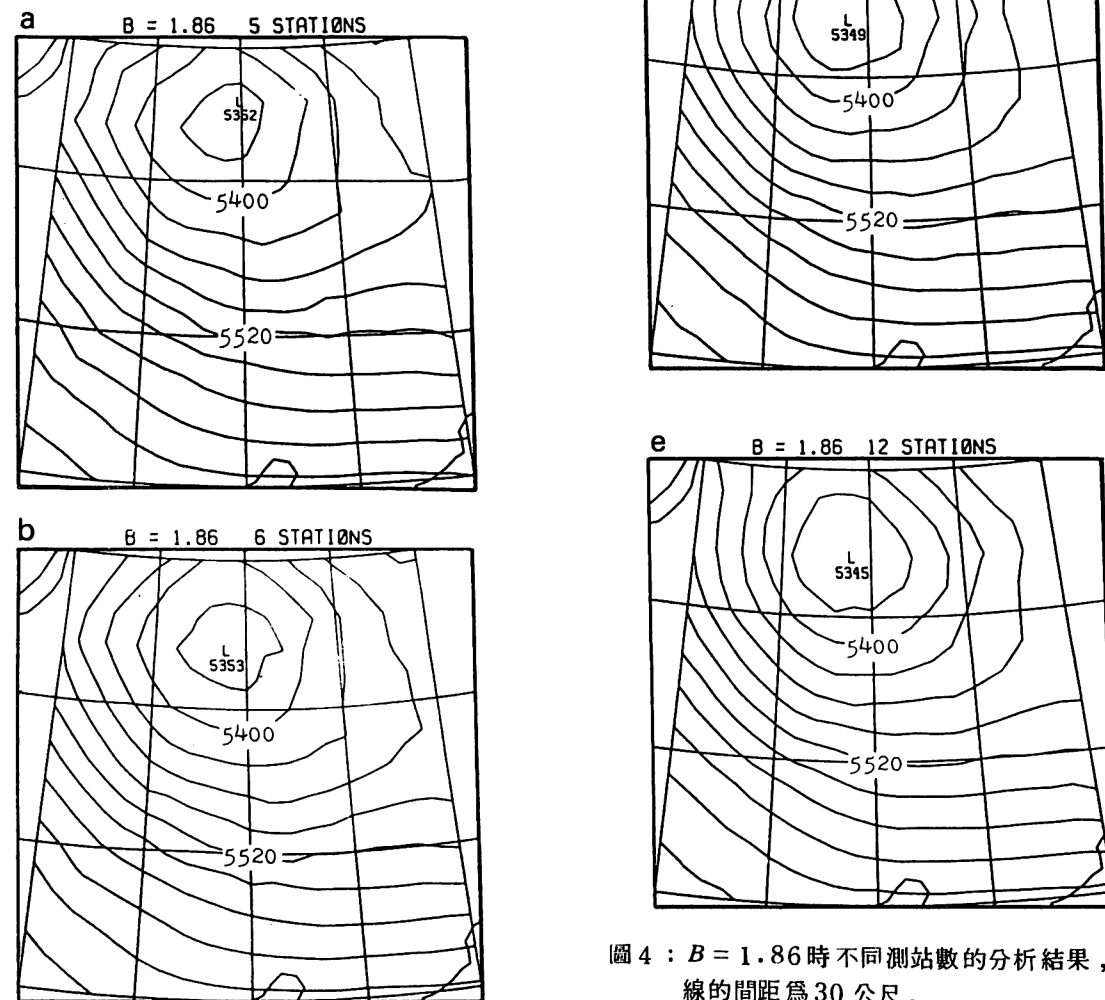
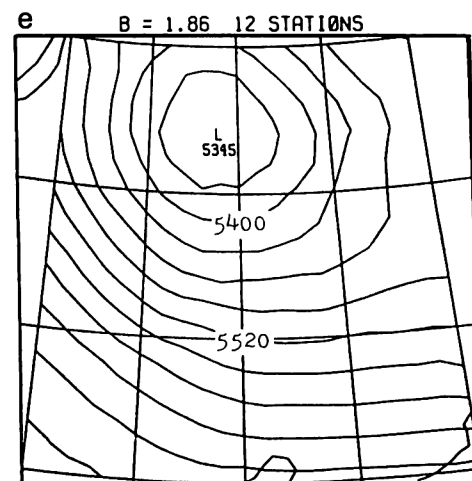
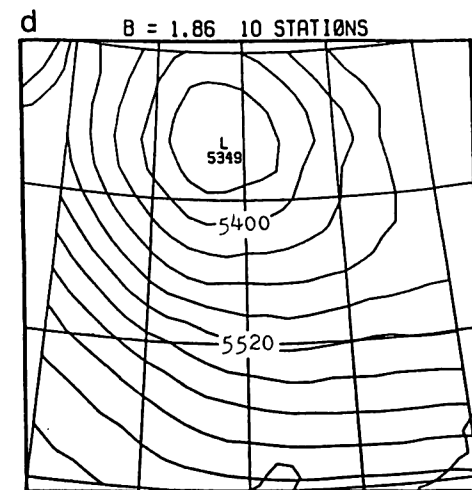
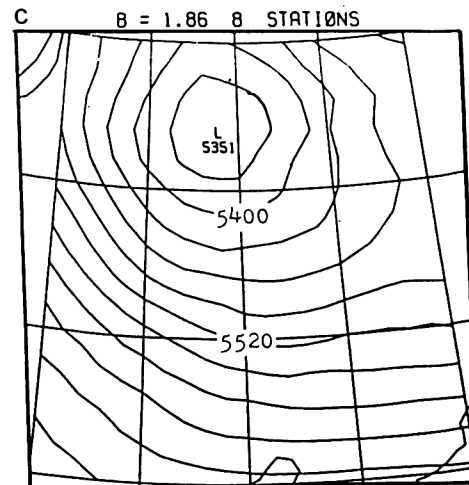


圖 4： $B = 1.86$ 時不同測站數的分析結果，等高線的間距為 30 公尺。



使用的測站數又少，較近的測站可能偏於某一個方向因而造成分析結果偏離實際觀測。如圖 4 內的東北角因為測站較少，只使用 5 個測站時便造成低壓中心偏離的情形，測站數增加後中心的位置便回到正確的位置。由(7)式及圖 5 顯示，分析誤差隨著測站數的增加而減少。不過從圖 4 的結果來看，測站數從 8 增加到 10 甚至 12 所得到的結果除了在東北角測站稀少區稍好外，對於其他地區並沒有很顯著的改變。

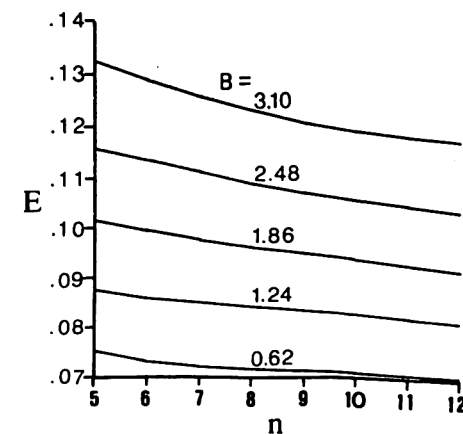


圖 5：不同 B 值時分析誤差隨測站數的變化

前面提過，最佳內插法一般是以氣候平均場或預報場來做為初始猜測場。本個案中 500 mb 高度場的等值線約略平行於緯度線(中、高對流層綜觀尺度的高度場大致都有此趨勢)，因此實驗中假設初始高度場只是緯度的函數(9)式。不過這種假設的初始猜測場對於其他的氣象場或較小尺度運動的分析有時會造成錯誤或較差的分析結果。初始猜測場對分析結果的影響可由圖 6 的分析看出。圖 6 中中假設三種常數的初始猜測場($\bar{z} = 5700$ 公尺，5000 公尺，4000 公尺)，當常數初始場和實際的觀測值相差不多時($\bar{z} = 5700$ 公尺)，分析的結果還不致太離譜，但當 $\bar{z} = 4000$ 公尺時所得到的結果便完全無法辨認了。這個原因可以由(1)式看出，(1)式中測站對網格點的權重的總和，理論上應

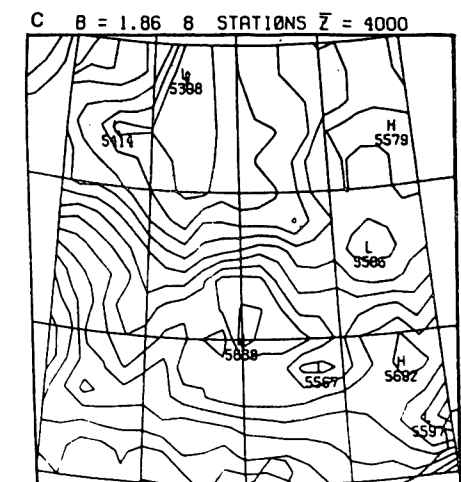
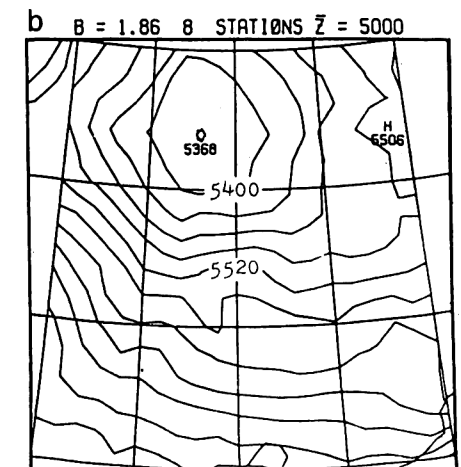
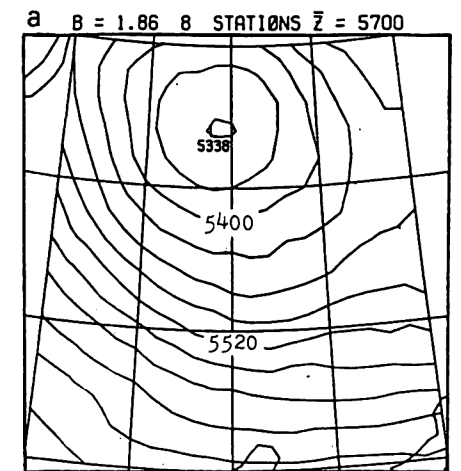


圖 6： $B = 1.86$ ，測站數為 8 個時使用不同的常數初始猜測場的分析結果。

等於 1 ($\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$), 但實際計算的結果在每個網格點上都稍有些微的誤差, 有些網格點上約略大於 1, 而有些則約略小於 1, 如果 ($\varphi_i - \bar{\varphi}_i$) 的值又很大的話, 整個分析結果便會顯得零亂不堪。因此如果要採用常數的初始場, 應採用接近於觀測值的常數 (如觀測值的區域平均), 而且應將(1)式中的權重係數標準化, 亦即將(1)式改成

$$\bar{\varphi}_0 = \bar{\varphi}_0 + \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i (\varphi_i - \bar{\varphi}_i)}{\sum_{i=1}^n \alpha_i} \dots\dots\dots (1)$$

由以上的結果大致可以得到如下的結論:

(一)以(10)式高斯形式的相關函數來做綜觀尺度區域性的最佳內插, 式中適當的 B 值約在 1.86 左右。 B 值太小會造成中心值過度的平滑, 而 B 值太大又會造成過深的中心值。

(二)就一般深空測站分佈的密度而言, 在計算經濟的考慮之下, 使用的測站數約為 8 個。

(三)若測站密度較稀或分佈不均時, 應增加測站數以避免參與分析的測站偏向某一方向造成分析結果的偏差。

(四)由圖 3 及圖 4 的結果顯示, 相關函數對分析結果的影響較測站數對分析結果的影響為顯著。事實上, 相關函數本身便已決定測站的影響半徑。如圖 2 中 $B = 1.86$ 時, 距離網格點 1200 公里以外的測站其相關數均小於 0.1, 這些測站對網格點的權重已相當小, 對網格點上的分析值幾乎沒有影響。因此當增加測站時亦應注意所加入的測站是否在影響半徑之內, 否則只有徒增計算時間而已。

致 謝

本實驗承中央大學電算中心及遙測中心提供計算機的使用, 在此一併致謝。

參考文獻

- Alaka, M. A., and R. C. Elvander, 1972: Optimum interpolation from observations of mixed quality. Mon. Wea. Rev., 100, 612-624

Barnes, S. L., 1964: A technique for maximizing details in numerical weather map analysis. J. Appl. Meteor., 3, 396-409.

_____, 1973: Mesoscale objective map analysis using weighted time-series observations. NOAA Tech. Memo., ERL NSSL-62, 60pp.

Belousov, S. L., L. S. Gandin, and S. A. Mashkovich, 1968: Computer processing of meteorological data. 210pp. Translated from Russian, 1971.

Bertoni, E., and I. A. Lund, 1963: Space correlations of the height of constant pressure surfaces. J. Appl. Meteor., 2, 539-545.

Cressman, G. P., 1959: An operational objective analysis system. Mon. Wea. Rev., 87, 367-374.

Gandin, L. S., 1963: Objective analysis of meteorological fields. 242pp. Translated from Russian, 1965.

Meleshko, V. P., and A. E. Prigodich, 1964: Ob'ektivnyi analiz vlazhnosti i temperatury (Objective analysis of humidity and temperature). Trudy simpoziuma po chislennym metodam prognoza. Leningrad, Gidrometeoidat.

Schlatter, T. W., G. W. Branstator, and L. G.

Thiel, 1976: Testing a global multivariate statistical objective analysis scheme with observed data. Mon. Wea. Rev., 104, 765-783.

Some Experiments on the Optimum Interpolation Method

Song-Chin Lin Shin-Yun Chou

ABSTRACT

This experiment uses observed data to determine the coefficients of the correlation function, which is required in the optimum interpolation method, through mathematical simulations. The impacts of the number of stations on the objective analysis are also discussed. Experimental results indicate that, for the average distribution density of the rawinsonde stations, the appropriate number of station is 8, but this number should be increased in the region where the station density is sparse or stations are not evenly distributed. Results also depict that the impacts of the selected correlation function on the objective analysis are more significant than those caused by the number of stations.