

# 亞洲及西太平洋區域超長波之 動態及發展研究

王 時 鼎

中 央 氣 象 局

(中華民國六十七年九月二十九日收到)

## 一、前 言

大氣西風帶中之擾動可大別為波數 1 至 3 及波數 4 至 8 兩類。前者稱超長波，後者即習稱之洛士貝波動。兩者在大氣運動理論及實際天氣預報中，同佔極重要之地位。有關超長波生成發展之能量消長及與各波動間能量交換等方面，研究者頗多。前者，如 Saltzman (1970)。近者，如蔡清彥與高仕功 (Tsay and Kao, 1977) 等。但對其位置確定、動態變化及進而與地表性質間之關係等之研究，似仍甚少見。本項研究，則着重本者。並特別着重其在亞洲及太平洋部份之研究。

## 二、研究方法及延用資料

本項研究係採用傅氏分析(Fourier analysis)法，延用資料為 500mb 之高度值，係分兩類：

(1) 為 1953 年美國氣象局出版之 500mb 歷史月平均圖。

(2) 1975 年元月及二月逐日 500mb 圖。

此處選用月平均圖之目的為，因月平均圖為各測站資料之時間平均。屬移動性之洛士貝波動已經濾去，但超長波主要係與大規模地形及陸海分佈有關，故各位置之時間平均值並不能濾去超長波。是以傅氏分析可分離出超長波資料，藉供進一步之分析研究。此處所用作傅氏分析之資料，係沿 50°N 及 25°N 圈上之高度值，每隔 5 個經度取一數據。

至於採用 1975 年元月及二月之 500mb 層以分析研究之原因為：(1) 元月及二月係在仲冬，有最強之各種波動分量。(2) 因該年之該兩月，亞洲區域有最顯著高空波動過境。所取用之資料係沿 45°N 者，仍以每隔 5 度取一數據。

綜合上述該兩類資料經作傅氏分析分離出各類波動之分量，以及有關地面氣壓場及溫度場資料，

相信對各種波長(波數)之波位置、結構、發展及地面程序發展，當可作出某些結果。

## 三、結果討論

(一) 根據 500mb 月平均圖所得結果

(A) 沿緯度 50°N 之線上超長波位置、動態、生成及發展研判。

根據 500mb 月平均圖 50°N 線上所求得之結果，正如所預期，波數逾 4 之波幅均無足道。茲以元月份平均圖為例。如以  $N=1$  者，波幅大小值為 100%，則  $N=2$  者，為第一波之 86.5%。 $N=3$  者為第一波之 91.2%。僅有三波。而  $N=4$  者，波幅為 1.5%。 $N=5$  者為 1.6%。其餘迄至 35 波，其波幅均在 1.0% 以下。圖 1 所示即為就元月份平均圖上所求得之  $N=1$ ， $N=2$ ， $N=3$ ， $(N=1)+(N=2)$ ， $(N=2)+(N=3)$ ，及  $(N=1)+(N=2)+(N=3)$  之波波形剖面，以及實際波形剖面。在作

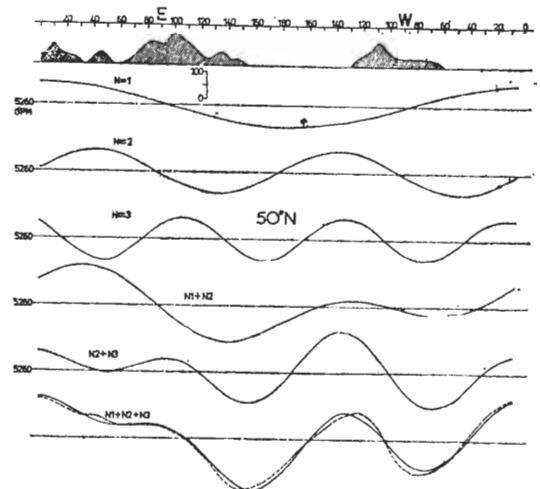


圖 1. 根據 500mb 元月份平均圖所求得 50°N 線上之  $N=1$ ， $N=2$ ， $N=3$ ， $(N=1)+(N=2)$ ， $(N=2)+(N=3)$ ， $(N=1)+(N=2)+(N=3)$  之波之實際形式。圖中虛線為實際高度剖面。

更進一步討論前，必須說明者，當波長（或波數）一定時，擾動波幅之重力位高度的平方值係直接正比於擾動之動能。此可藉下述討論得出：

假定擾動係重疊於平均東西向帶流中，即

$$u = \bar{U} + u' \quad v = v' \quad (1)$$

如此擾動流線函數可寫成  $v' = \frac{\partial \phi'}{\partial x}$ ，

$$u' = -\frac{\partial \phi'}{\partial y}$$

則擾動動能可寫成：

$$K. E. = \frac{1}{2} (u'^2 + v'^2) = \frac{1}{2} \left[ \left( -\frac{\partial \phi'}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial \phi'}{\partial y} \right)^2 \right] \quad (2)$$

在波動的情況下：

$$\phi' = A e^{i(kx + my - \sigma t)}$$

在中緯度， $\phi' = \varphi' / f_0$ 。

以上 A 為波幅，k 與 m 為 x（經向）與 y（緯向）方向之波數。而波長為  $L_x = 2\pi/k$  及  $L_y = 2\pi/m$ 。σ 為頻率，φ' 為擾動波幅之重力位高度值。f<sub>0</sub> 在中緯之地球科氏參數。

$$\frac{\partial \phi'}{\partial x} = ik A e^{i(kx + my - \sigma t)}$$

$$\left| \frac{\partial \phi'}{\partial x} \right| = k |A| \quad (3)$$

$$\frac{\partial \phi'}{\partial y} = im A e^{i(kx + my - \sigma t)}$$

$$\left| \frac{\partial \phi'}{\partial y} \right| = m |A| \quad (4)$$

$$K. E. = \frac{1}{2} f_0^2 (k^2 + m^2) A^2 \quad (5)$$

故於同一緯度帶上相同波長或波數之波，其波動動能，係與其波幅之平方成正比。藉傅氏分析所求得各波長（波數）之波幅係為  $A_i = \varphi_i'$ ， $\varphi_i'$  為沿 50°N 上某一波數之重力位波幅。故  $A_i^2 \equiv \varphi_i'^2$ 。是以藉傅氏分析法求得之各波數（波長）之波幅值亦可視為波動動能以討論之。而使此項研討更具物理意義。表 1 所示為就月平均圖中所求得各波數之波逐月位置及強度（波幅）值，以下茲分別就各波長（數）之波加以討論之：

1. 波數為 1 (n=1) 之超長波

表 1. 藉 500mb 月平均圖所求得沿 50°N 線上各月各波動之位置及波幅一覽表。表中並附阿留申低壓之位置，中心數值及氣壓梯度值，藉供與第一波者之比較。

月	份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
第一波 (N=1)	波幅 (φ')	82.7	83.7	86.9	62.8	58.3	63.5	31.2	26.5	34.7	70.8	96.6	105.3
	位置	175°W	175°W	165°W	165°W	165°W	140°W	165°W	185°W	175°E	170°W	175°W	170°W
阿留申 強度	(P)	999.0	997.0	1004.0	1006.5	1006.0	1009.0			1006.5	1000.0	999.0	998.5
	$\frac{\Delta P}{10^\circ \text{Lat}}$	7.1	7.7	8.1	5.7	5.2	3.7			4.4	6.6	10.3	9.1
低壓	經度	174.0E	176.5E	170.5E	165.0W	163.5W	175°W			168.5W	165.5W	163.5W	174.0E
	緯度	50.0N	49.5N	50.5N	57.0N	56.0N	53.5N			58.5N	57.0N	57.0N	52.0N
阿留申低壓 ΔP 與第一波之 φ' 之比		0.086	0.099	0.093	0.091	0.089	0.068			0.127	0.085	0.107	0.086
阿留申低壓中心與 N=1 波槽相位差 (偏東為正)		-11.0°	-9.5°	-19.5°	+10.0°	+1.5°	-35.0°			+19.5°	+14.5°	+21.5°	-16.0°
第二波 (N=2)	波幅 (φ')	76.8	80.1	46.7	47.7	47.5	43.8	35.0	39.0	24.2	27.7	52.4	76.8
	位置	130°E	130°E	140°E	145°E	155°E	155°E	160°E	150E	150°E	145°E	130°E	140°E
第三波 (N=3)	波幅 (φ')	78.7	82.5	60.3	49.8	41.2	30.3	22.2	18.5	25.4	27.5	42.3	60.1
	位置	165°E	165°E	165°E	165°E	175°E	177.5	175°E	175°E	175°E	180°E	165°E	165°E
第四波 (N=4)	波幅 (φ')			21.5	19.6	29.5	19.4	12.4	12.6	15.1	25.9	18.0	
	位置			120°E	115°E	115°E	115°E	105°E	110°E	180°E	100°E	120°E	

蔡清彥與高仕功 (1977) 討論到超長波波數 1 及 3 之維推與發展時，曾論及各波長間非線性交互作用之正負，係與該兩超長波動能之增加與減弱同號。即發展時為正；減弱時為負。並論及可用位能 (APE) 對波動動能間之變換，在開始時，並不重要。但隨後無論於增強或消失時均為正值。惟該項分析方法並不能指出相位所在及其變化。因此很難作地形及地面性質對超長波及動態之討論。相反地，傅氏分析技術所分離出之超長波，不但可定出其地理位置及其變化，以及波幅（上經推證其平方值係與波動動能成正比），亦即波動動能大小之變化。圖 2 所示為月平均圖上所示之  $N=1$  波之位置及波幅圖。藉圖 2 及表 1 可得：

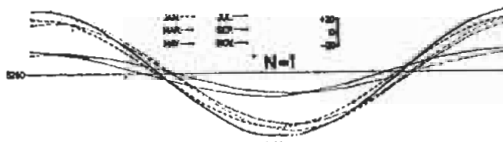


圖 2. 藉 500mb 月平均圖所求得波數為 1 ( $N=1$ ) 之超長波逐月平均位置及波幅變化圖。

(a) 冬半年自 11 月至翌年 3 月具有最大之波幅。特以 12 月，較之最小之 8 月，約大近 3 倍。以波動動能言，約大近 9 倍。至其「強制因素」(forcing factors)，當再論之。

(b) 以其槽線所在位置言，冬半年之 10 月至 2 月均極穩定。其位置係在  $170^{\circ}\text{W}$ — $175^{\circ}\text{W}$  之間。至夏半年顯有向東位移現象。最東係至  $155^{\circ}\text{W}$  (8 月份)，其強度並同時減弱 (另 6 月份突變至  $140^{\circ}\text{W}$ ，似有問題，見表 1)。

(c) 冬季  $N=1$  超長波槽線平均位置為  $170^{\circ}\text{W}$ — $175^{\circ}\text{W}$ ，恰與地面圖上阿留申低壓——半永久性活動中心——略相一致。且其強度亦然。此處引起之問題為，是否作為半永久性活動中心之阿留申低壓控制高空  $N=1$  超長波之發展，且亦因之維持  $N=1$  超長波之穩定位置？有關此問題似迄未見有討論，此處經初步探討認為有其可能。因超長波暨係由於大規模之地形變化，及地面性質所造成。而  $N=1$  波槽所在，即恰配合地面半永久性活動中心之阿留申低壓，故造成該低壓之生成發展及維持之因素應亦與  $N=1$  波動之生成發展及維持有關。此處加以分析， $N=1$  超長波之波槽位於該處，可能較重要

因素計有兩者：

(i) 於準地轉式運動中，高空波動發展之強制因素，為自地面迄至該氣壓層間冷暖空氣平流。阿留申區其北為美阿拉斯加以及蘇俄西伯利亞東北部，均屬陸地，而其南屬廣大之太平洋。由於陸海溫差，該處有明顯之南北溫度對比。因阿留申低壓穩定存在，上述溫度梯度恰使其前方有暖平流，後方有冷平流，且其為半停留性質。故因此項強制 (forcing) 因素影響，使槽線位置亦然。

(ii) 最重要者，阿留申低壓一般均有別於亞洲東海岸在發展中之氣旋，係屬深厚低壓 (deep low)。其發展厚度已與 500mb 槽線結合 (coupling)，是以在平均圖上，已充分顯示兩者之關係 (並參見下述  $N=1$  波逐日變化討論所附之例——圖 5 與圖 6)。

另藉表 1 並可見，在平均圖上，無論阿留申低壓中心之氣壓值，氣壓梯度值 (此處以 10 緯度之平均氣壓差表示)，略均與  $N=1$  波之波幅成比例。且並可見，在月平均圖上 7、8 兩月阿留申封閉低壓隱隱不見，500mb 層之  $N=1$  波波幅亦為最小。另外，極有與趣者，當  $N=1$  之波槽隨季節自冬迄夏向東位移時，地面平均圖上，阿留申低壓亦為向東。以上討論，亦即說明阿留申低壓除控制  $N=1$  波之產生外，亦控制其位置及強度變化。

## 2. 波數為 2 ( $N=2$ ) 之超長波

波數為 2 之超長波之槽線一般均係在沿亞洲及美洲陸海分界之處附近。主要係由發展於大陸上冷高壓外流之冷性季風 (monsoon) 環流所控制 (forcing)。而藉表 1 及圖 3， $N=2$  波槽線強度及位置分佈，更可一目了然。深值注意者：

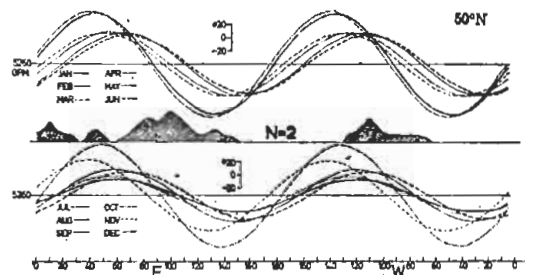


圖 3. 藉 500mb 月平均圖所求得波數為 2 ( $N=2$ ) 之超長波逐月平均位置及波幅變化圖。

(1)自冬迄夏,  $N=2$  之波槽係為向東位移。仲冬之時, 其中波槽之一係恰在亞洲東海岸。但至仲夏7月, 已移至  $160^{\circ}\text{E}$ 。復查地面鋒面活動亦然(見後討論)。

(2)沿海  $N=2$  波槽發展期間, 地面一般均伴有氣旋波之發展, 而阿留申低壓一般均已在囚網階段。兩者在能學(energetics)上最顯著不同為, 前者較之後者有較大之擾動可用位能(eddy available potential energy)對擾動動能(eddy kinetic energy)間之變換。故由蔡清彥、高仕功(1977)對波動能學討論知,  $N=2$  波動在發展至減弱階段, 波動動能之來源均係由於可用位能與動能間之變換。非線性交作用均為負值。反之,  $N=1$  之可用位能對動能變換, 在其發展階段較之於非線性交作用所獲之值言為甚小, 惟對其強度之維持, 前者仍甚重要。藉此處之討論, 亦可見  $N=2$  與沿海在發展中之斜壓渦旋, 及  $N=1$  與阿留申深厚低壓(deep low), 兩者間關係之不同點。

(3)  $N=2$  之波幅於2月間最大, 亦即於2月間有最大之波動動能。反之  $N=1$  者於12月為最大。 $N=2$  波幅最小在9月。無論最大與最小之值, 均較季節為落後, 且亦均較  $N=1$  者為落後。惟兩者強度變化則相若。最高最低時之波幅均略相差2.5倍。

### 3. 波數為3 ( $N=3$ ) 之超長波

深值注意者, 波數為3之波, 其中波槽之一即位於  $N=1$  波槽之附近, 並略偏西大約  $10^{\circ}-20^{\circ}$  經度(參見表1)。且其位置之季節變化亦略同  $N=1$ 。自冬迄夏為向東, 自夏迄冬為向西。波幅2月份最大, 8月份最小。 $N=3$  之另兩槽線位置, 一略在美國東海岸  $70^{\circ}\text{W}$ , 一略在蘇俄烏拉山區域  $50^{\circ}-60^{\circ}\text{E}$  經度, 均俱明顯之地理特徵。全年平均位置之變化最小 ( $165^{\circ}\text{E}-177.5^{\circ}\text{W}$ )。其變化不足  $20^{\circ}$  經度。有關  $N=3$  之發展及維持。由蔡清彥與高仕功(1977)就500mb層之研究, 各波長之波間之非線性作用(L項)與可用位能至動能間之轉換(C項)兩者同俱重要性。其中  $N=3$  之波, C項又較  $N=1$  者為大。證諸波槽較靠近大陸與海洋分界線之事實, 以及此時地面所相伴之低壓亦更具斜壓之性質。故轉換項在波動動能變化率

$\frac{dk}{dt}$  中, 佔重要之地位。

### 4. $N=4$ 之波動

一項極重要之事實, 即在月平均圖之傅氏分析中,  $N=4$  之波在3至11月期間亦明顯可見(表1), 而仲冬12、1、2月則不重要。此亦即言, 除仲冬外,  $N=4$  亦俱地形性波動之性質。又就其在亞洲區域言, 其平均位置係在  $100-120^{\circ}\text{E}$  之間。該位置恰屬東北九省之松遼平原, 熱低壓之發展之地。且極值注意地, 其波幅  $N=1、2、3$  均為仲冬時最大。而  $N=4$  即在變易季之5月及10月最大, 因該時熱低壓仍可存在, 但已有南北之溫度梯度, 故熱低壓影響外尚有熱力平流。較單純熱低壓更具激發(forcing)作用。又不同於  $N=1、2、3$  之超長波, 其波槽自春迄夏係為西移, 而非東移。蓋熱低壓係發展於陸上而非海洋也。而核對蔡、高(1977)之文,  $N=4$  波轉換項(C項)之值, 顯較  $N=6、7、8$  者為小, 係與  $N=5$  者相若。但非線性項即  $N=4$  者較  $N=5$  者為大。故更接近於  $N=1、3$  之超長波之性質(所不同者在第一階段, 即初生期, 已有相當大之可用位能至動能之轉換項)。

### (B) 沿低緯 $25^{\circ}\text{N}$ 緯度線上

在500mb平均圖中,  $25^{\circ}\text{N}$  緯線上之波動遠較  $50^{\circ}\text{N}$  線上者為平淺。因此分析所得結果較不確定。茲將分析結果輯成表2, 下述為其討論:

#### (1) 一般分析

$25^{\circ}\text{N}$  緯線上並不若  $50^{\circ}\text{N}$  緯線有顯著  $N=1、2、3$  及  $4$  ( $N=4$  見於夏半年) 之超長波。經分析在平均圖上,  $N=1、2、3、4、5、8$  均有出現。但極有興趣者, 除  $N=1$  者外, 其餘各波, 在8、9兩月均無。因該兩月北半球中西風帶有最北位置, 而並不擴及該緯度。第5波不顯著(僅1及10月出現各一次且波幅甚小)。由上並可見  $25^{\circ}\text{N}$  處, 以圓周較長, 故在平均圖上竟可顯出第六波。即相當於6,000公里之波長者。

#### (2) 各不同波數之波動態及生成與發展機制討論

(a)  $N=1$  者——由於500mb層  $25^{\circ}\text{N}$  線上, 多夏半年係各受不同系統所控制。冬半年為高空西風, 而夏半年則為副熱帶高壓帶及鞍形場所在。此項分析亦反映此項變化。藉表2資料可見, 6-9月

表 2. 藉 500mb 月平均圖所求得沿 25°N 線上各月各波動之位置波幅一覽表

月 份		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
第一波 (N=1)	波 幅 ( $\phi'$ )	41.5	36.5	33.4	23.3	21.9	45.2	36.2	35.6	33.1	23.7	25.0	23.2
	位 置	105°E	130°E	150°E	165°E	160°E	135°E	130°E	140°E	135°E	155°E	125°E	145°E
第二波 (N=2)	波 幅 ( $\phi'$ )	15.2									13.6	14.4	8.6
	位 置	145°E									90°E	65°E	25°E
第三波 (N=3)	波 幅 ( $\phi'$ )	18.1	19.2	23.1	19.4	18.0						18.9	21.8
	位 置	60°E	60°E	120°E	125°E	120°E						115°E	115°E
第四波 (N=4)	波 幅 ( $\phi'$ )			19.2	20.0	10.5	20.3	24.0					
	位 置			140°E	135°E	145°E	155°E	155°E					
第五波 (N=5)	波 幅 ( $\phi'$ )	14.1					11.6						
	位 置	93°E					115°E						
第六波 (N=6)	波 幅 ( $\phi'$ )					10.0	10.0	12.8					
	位 置					105°E	110°E	100°E					

主槽位置或鞍形場 (col) 位置係在 130-140°E。波幅平均言為全年最大，為 37.5 重力公尺。其中又以 6 月為最。注意該經度帶 (130°-140°E)，恰為西太平洋颱風夏季平均轉向之經度。多半年言，其逐月位置變動頗大。即自亞洲沿海 (120°-130°E) 自冬迄春，係向東移，波幅則在元月最大。比較 50°N 者，顯見兩者之 N=1 之波並不一致。似乎在低緯亞洲東海岸，海陸造成之溫差效應為 N=1 生成發展之物理機制。

(b) N=2 者——僅仲冬 10 至 1 月有見之。惟位置變化頗大。就其波槽平均位置言，似由西藏高原與洛磯山脈之地形效應有以致之。因仲冬時 25°N 線上之西風帶有最大強度，地形效應亦最大，故有 N=2 之波存在。而其餘各月均不見。其波幅約相當於同月 N=1 者之半。

(c) N=3 者——全年中除夏季 6、7、8、9 四個月外，其餘各月均有。波幅平均言為 N=1 波

者之一半略大。較之其他之波為最大者。其槽線平均位置略相當於亞洲東海岸美洲西海岸及非洲西海岸之處。故其存在似與陸海分佈造成之斜率度有關。6、7、8、9 諸月，西風帶向北退出本緯度帶。故本波數之波隱跡不見。

(d) N=4 者——出現 4、5、6、7 月。即冬夏之變易季。其槽線出現位置甚見穩定，係在 135-155°N 之間。隨季節變化略向東移。在亞洲者，該項擾動與梅雨季之出現時間及經度甚相一致。按梅雨季之造成為源於西南季風與東北季風之間擾動。此季風交替區，同時伴隨有溫度之對比。該 500mb 層 N=4 之擾動，在亞洲區域之能量來源或係由於與低層擾動之偶合 (coupling)。又本波之波幅亦甚大，約達 N=1 者之二分之一或稍大。

(e) N=5 者——在 25°N 線上波數 N=1 至 6 之波中，獨缺本波數 (或波長) 之波，甚值注意。

(f)  $N=6$ 者——出現期間，為春季及初冬。其波幅略相當第一波者之  $\frac{1}{3}$  至  $\frac{1}{4}$ 。波槽位置甚見穩定。在亞洲區域均在  $105-130^{\circ}\text{E}$  之間。以  $110^{\circ}\text{E}$  之處出現最多。即略位於西藏高原東側位置。故其存在似與地形有關。按由上分析， $N=2$  者似亦與西藏高原有關。值得注意者，在  $25^{\circ}\text{N}$  線上，地形所造成之超長波之波幅為甚小（參見表 2）。

(二) 根據逐日 500mb 圖資料所作對超長波之位置及生成發展機制討論

此處之分析研究，主要係求證上述月平均圖上超長波之研究結果，並相互比較。

上經述及延用資料為 1975 年元月及 2 月逐日 500mb 圖，係沿  $45^{\circ}\text{N}$  線上。此因當西風帶偏南時， $50^{\circ}\text{N}$  線上或已在高緯之東風帶中，故沿用  $45^{\circ}\text{N}$  線上之資料。有關該兩月逐日之  $N=1, 2, 3$  之波在亞洲及太平洋區域槽線之逐日位置及波幅變化參見圖 4a-c。此處茲就仲冬期間各波數之波分別討論之。

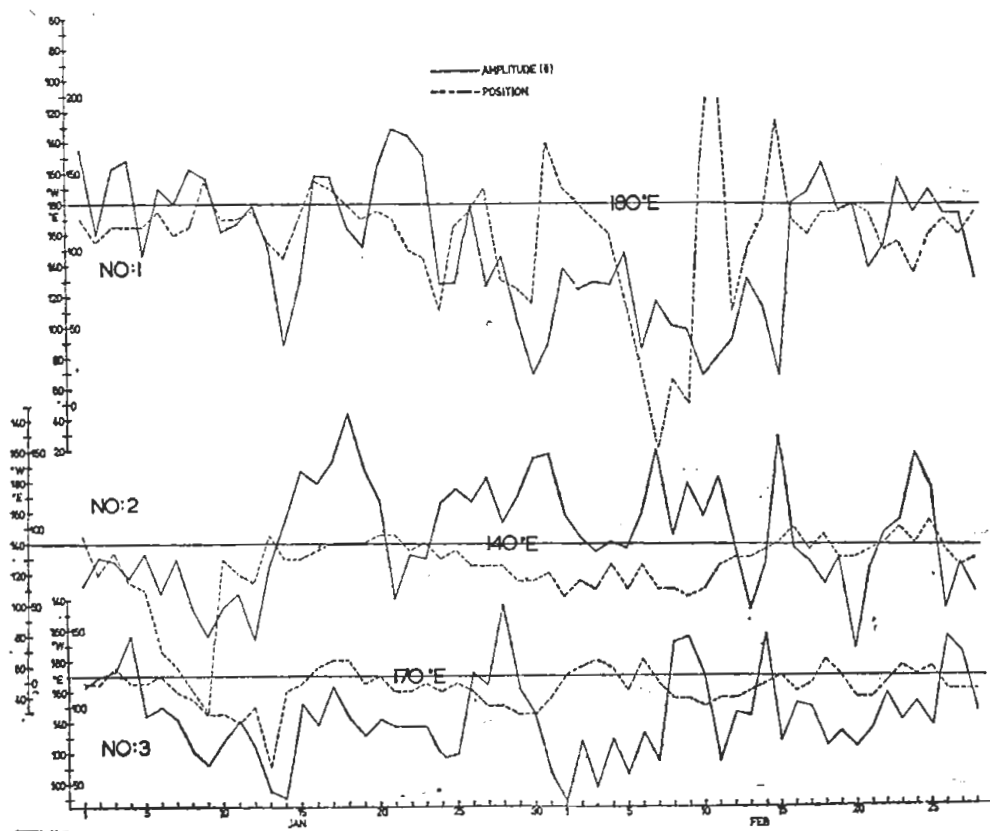


圖 4. 根據 1975 年元月至 2 月逐日 500mb 圖藉傅氏分析法所分離出之  $45^{\circ}\text{N}$  線，(a)  $N=1$ ，(b)  $N=2$ ，(c)  $N=3$  超長波在亞洲及太平洋地區波槽位置及波幅之逐日變化圖。

(1) 波數為 1 ( $N=1$ ) 之超長波。

(a) 藉圖可見，雖然超長波係由大規模地形及地表情況所支配，然其逐日位置仍顯有變動（大部份時日為向西）。但就該年 1 至 2 月份資料顯示，其平均位置略位於  $170^{\circ}\text{E}$ ，與前述自月平均圖上所得之位置仍甚符合。其波幅亦見有頗大變動，其變化值

25—175 在重力米之間。其發展之生命期明顯可見。就元月份平均言，其週期略為 5 至 6 天。與蔡、高 (1977) 之例者甚為一致。並可見在發展之同時，其相位並向東移。

(b) 上經論及  $N=1$  之超長波係與阿留申深厚低壓 (deep low) 發展有關，此處茲舉圖 5 之 1975 年元月 16 日 12Z 之地面、

850mb、700mb 及 500mb 實例，以為闡明。藉圖 5a-d 可見， $N=1$  之波槽（附於圖 5d 之 500mb 圖中），實際係與阿留申低壓相連。自地面岡迄至 500mb 圖均可見有中心。並自圖 4a 之時間變化圖中，可見係在發展最盛之時，波幅值為 149 重力米。同時在各層圖中，可見此期間，低壓之後及前部，均併隨有明顯之

冷暖平流，示有顯著可用位能對動能之轉換。此在蔡、高（1977）文中之表 2a 亦指示此項事實（於發展全期中均有，但於發展最盛時，此項值，即 C 項，為最大）。又另一次  $N=1$  超長波發展最盛之時（元月 20-23 日）各層之圖情形，與本例者亦極一致。

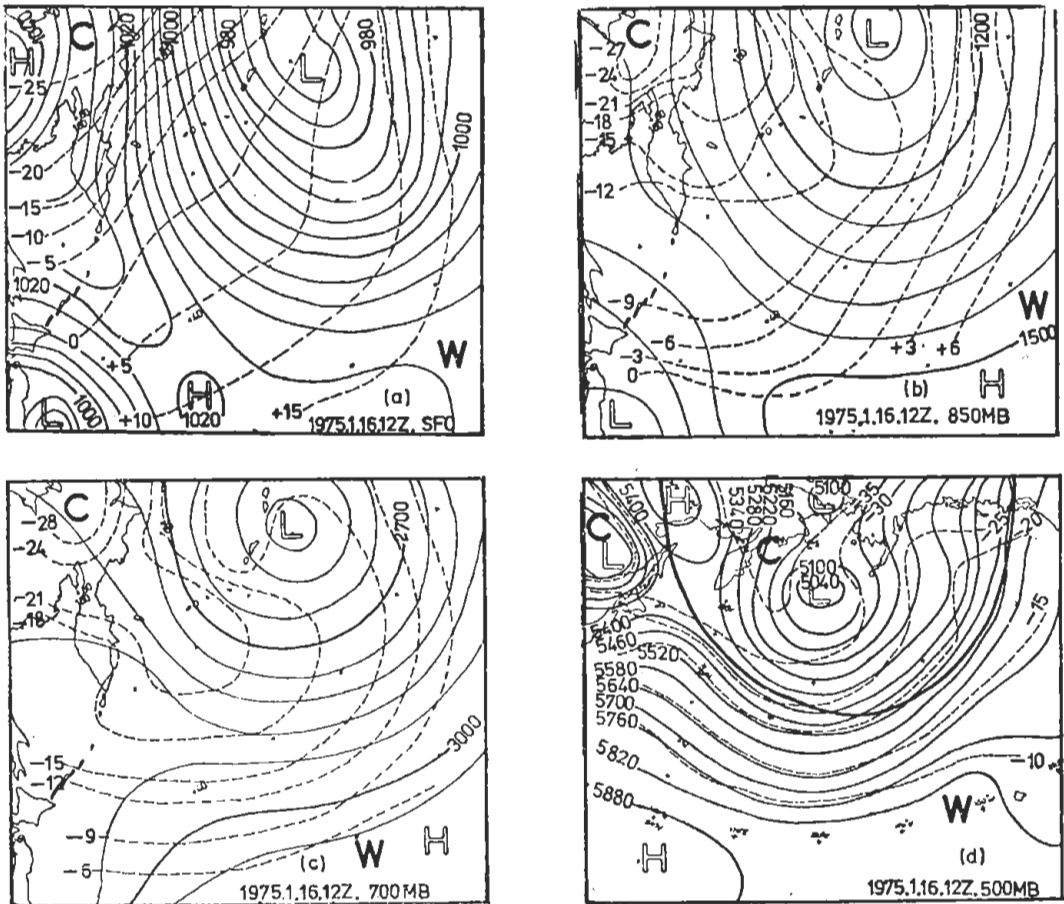


圖 5. 1975 年元月 16 日 12Z (a) 地面, (b) 850mb, (c) 700mb 及 (d) 500mb (上並附  $N=1$  波圖形——粗實線) 圖。示  $N=1$  之波發展最盛時之實例。

(c) 自圖 4a 中，於元月 31 日至 2 月 15 日， $N=1$  波槽位置變動極不規則。有自  $20^{\circ}E$  跳至  $60^{\circ}W$  者。似有悖該超長波之性質。經查該一時日，沿  $50^{\circ}N$  緯度於  $N=1$  波槽發展之處，恰為阻塞高壓所據。此處茲附 2 月 5-9 日位相極端反常期間 (圖 4a) 之

500mb 及地面 5 日平均圖，如圖 6a 及 6b。同時並附上所討論標準之例之 5 日平均 500mb 及地面圖 (1975 年元月 16-20 日) 如圖 6c 及 6d。藉供此兩極端情況之實例證明並參考。藉上討論可見，如遇此處 (圖 6a-b) 之例情形， $N=1$  之超長

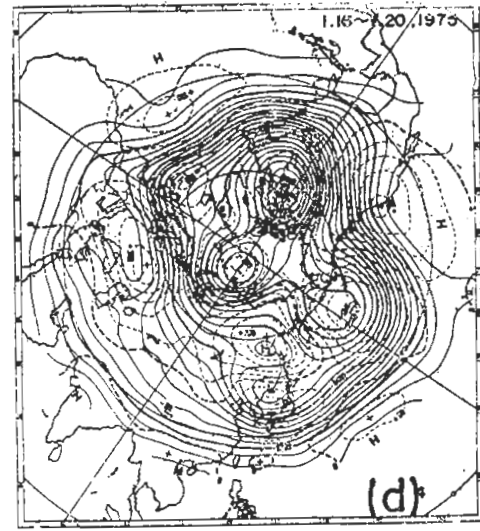
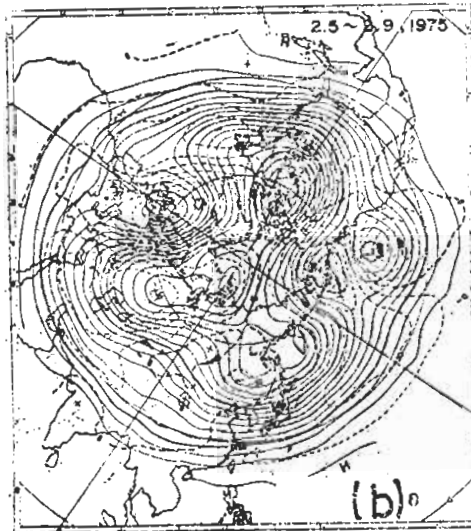
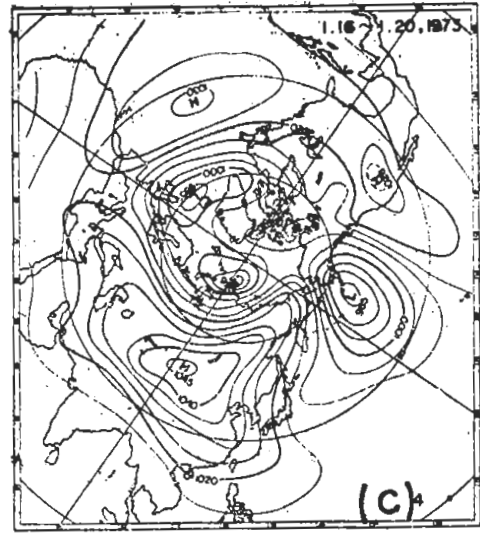
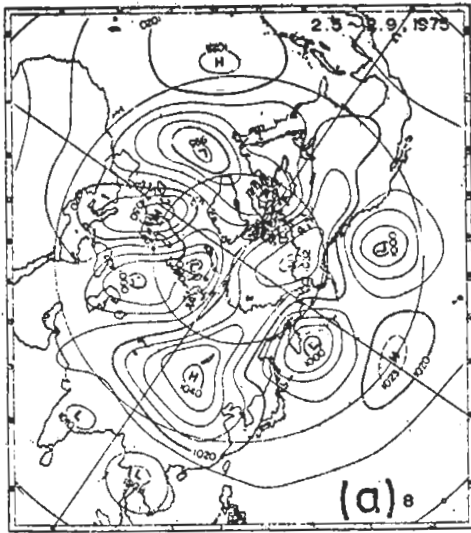


圖 6a-b. 1975 年 2 月 5-9 日五日平均之  
(a) 500mb 圖及 (b) 地面圖。示  $N=1$   
波槽反常發展。其原平均位置 ( $45^{\circ}N$ ,  
 $175^{\circ}W$ ) 處恰為阻塞高壓位置。

圖 6c-d. 1975 年元月 16-20 日五日平均之  
(a) 500mb 圖及 (b) 地面圖。示  $N=1$   
波槽在其正常位置 ( $175^{\circ}W$ ) 時之天氣圖  
型式。

波似無物理意義。

(2) 波數為 2 ( $N=2$ ) 之超長波

(a) 藉圖可見  $N=2$  波槽逐日變化遠較  $N=1$  者為穩定。甚少有顯著位移。亞洲區域者，平均略在  $130^{\circ}E$  左近。與月平均圖上所示 1 月及 2 月位置甚相一致(比較圖 3)，僅 1 月 6-9 日除外，關於此下再討論。

(b) 上經述及 1 月 6-9 日甚見反常。其波槽

位置係在歐亞大陸之  $70^{\circ}E$  處，並有規則地西退。西半球則略位於美國西海岸一帶。無論  $45^{\circ}N$  及  $50^{\circ}N$  線上傅氏分析結果均然。復查 500mb 北半球上之波槽分佈，亦支持此項事實。故顯非分析之錯誤。此項  $N=2$  超長波槽線之突變事實，深值吾人進一步探討。

(c) 於 1 月 16-20 日期間， $N=2$  之波有最



大之發展(波幅最大曾達 174 之重力米)。復查此一期間亞洲區域地面有最大極地高壓與最著之季風環流(參見圖 6c-d)。同時亞洲區域指標值(sector zonal circulation index),亦為最低(王時鼎 1975)。且低緯(臺灣)有最強之寒潮(圖略)。上項討論與一般咸認(N=2 超長波係由於陸海分佈大規模溫差,亦即冬季季風(winter monsoon)之激發作用(forcing effect)完全一致。

#### (3) 波數為 3 (N=3) 之超長波

(a) 藉圖可見在亞洲及西太平洋部份 N=3 之波槽逐日變化亦甚見穩定。平均約位於 165°E 經線,與月平均圖上所得結果,幾全一致。

(b) 另外其波幅值亦略同月平均圖者。在該兩個月中,僅有四次獲明顯之發展。顯較 N=1 及 N=2 之波,均為穩定。

(c) 前經述及, N=3 之波在亞洲區域亦與寒潮(季風)環流有關。核驗實際天氣圖可見,於 N=3 超長波發展時,寒潮高壓及其前之低壓之相位,略比 N=2 者,偏東約 30 個經度,或可稱與日本區之寒潮一致。

## 四、結 論

1. 此處主要為藉平均圖以分析超長波之性質,所用參數為 500mb 之高度值。吾人並可推知,當波數(N)固定時,傅氏分析所求得之各調和波波幅之平方,即相當於波動之動能。

2. 根據 500mb 月平均歷史天氣圖 50°N 線上高度值,所作傅氏分析結果可得:

(a) 波數為 1 (N=1) 超長波平均位置係在 170°W-175°W 之間,在仲冬時有最大強度。於夏半年向東位移,其強度同時減弱。

(b) N=1 超長波主要係由阿留申深厚低壓(deep low)——冬季之半永久性活動中心——所制約(constrain)。

(c) 波數為 2 (N=2) 超長波波槽之一之平均位置係在亞洲沿海。同 N=1 波,於夏半年係向東移,並趨減弱。其控制(forcing)因素為大陸

冷高壓外流之季風。入夏後冷高壓每自鄂霍次克海南下,致波槽亦因之向東位移。

(d) N=3 超長波之三波槽,一在 165°E-175°W (阿留申低壓處),一在 50°-60°E (西藏高原東側),一略在 70°W (美國東海岸),均具明顯之地形及陸海分佈特徵。

(e) 在平均圖中,可發現於 3 至 11 月間, N=4 之波動,亦具超長波性質,惟波幅遠為小。且不同於 N=1、2、3 之波,其於夏半年間平均位置為向西位移。

3. 根據 500mb 月平均圖 25°N 線上高度值所作傅氏分析結果可得:

(a) 在該緯度帶上,波數自 1 至 6 均為超長波,惟其中 N=5 者不著。另其他各波出現季節亦各有不同,因仲夏間該緯度帶無西風波動。其強制(forcing)因素,亦與 50°N 者有所區別。

(b) 其強制(forcing)因素在亞洲區,可發現 N=1 及 N=3 為陸海效應, N=2 及 N=6 為西藏高原東側之背風槽效應, N=4 者為西南季風與東北季間之擾動,亦即梅雨低壓所造成, N=5 不著。其波幅以 N=1 者最大,隨波數增加而減小。

4. 根據仲冬期間逐日 500mb 圖分析結果可得:

(a) N=1 超長波之發展與阿留申低壓之發展甚相一致。其波槽甚穩定,其位置與歷史圖中該各月所求得者略同。惟當於其平均波槽位置處,出現阻塞現象時, N=1 之波跳動多變。

(b) N=2 波槽亦甚穩定,與月平均圖上所得結果甚一致。其發展與低層季風湧動成正相關。實際之例並經作出。另可見 N=2 之波槽有時可自美國東海岸變至西海岸區。在亞洲區此時為在 70°E 經度左近。

(c) N=3 之逐日位置亦與平均圖上所得結果,甚為一致。其強制因素可發現亦與寒潮前方之低壓有關。

## 誌 謝

本研究渥蒙蔡清彥博士撥冗作極有價值討論。貢獻卓見,賴以準繩。復蒙審閱原稿,糾指謬誤。另並蒙徐士哲先生為研擬有關計算機程式,並提供卓見。以及謝維權、張義棠、游本麟、馬汝安、陳明燦、林洋政等同學協助有關資料之統計分析、製

圖、謄寫等工作，均所衷心銘感，在此一併誌謝。另本項研究為國科會 NSC-66M-0202-05(01) 研究計劃中之一部份，賴該會經費支援，方克完成，在此謹致最高之敬意。

### 參 考 文 獻

王時鼎 1975: 臺灣冷季長期天氣預報法——高空環流與鋒面系統部份——氣象中心研究報告 009 號

Saltzman, B. 1970: Large-scale atmospheric energetics in the wave number domain, *Rev. Geophys. Space Phys.*, 8, p. 289—p.302.

Tsay, C. Y., Kao, S. K. 1977: Linear and nonlinear contributions to the growth and decay of the large scale atmospheric waves and jet stream, 臺大大氣科學系研究報告 NWP=03

U. S. Weather Bureau 1952: Nomal weather charts for the northern hemisphere.

## Behavior and Development of the Extra-Long Waves over Asia and the Pacific Shown from Monthly and Daily 500mb Charts

Shih-Ting Wang

*Central Weather Bureau*

### Abstract

In this paper we study the behavior of the extra-long waves at 500mb in Asia. Wavenumber analysis of the monthly mean geopotential height along 50°N and 25°N latitudes, and the daily geopotential height along 45°N from January 1 to February 28, 1975 are examined. From these data the positions and amplitudes of all extra-long waves are identified. We found that the wave numbers 1 and 3 are closely related to the Aleutian low, the semi-permanent "action center", while the wave number 2 is probably forced by the continent-Ocean thermal contrast. All these waves shifted eastward in summer time, and westward back to their preferred positions in winter time. The variation in the intensity of the extra-long waves is also examined with aid of daily surface and upper air charts.