

中央氣象局與歐洲中心（ECMWF）產品之比較： 1992—1993年冬季熱帶分析風場

盧 孟 明

中央氣象局

摘要

中央氣象局每日接收歐洲中期天氣預報中心（ECMWF）的200hpa和850hpa熱帶（ 30° S- 30° N）風場資料，並此資料自1992年12月起歸檔儲存。我們比較了在1992年12月1日至1993年3月30日這段期間ECMWF與中央氣象局分析的熱帶風場間之差異。將資料分為時間平均和擾動量之後，我們發現在平均量方面兩組資料的850hpa風場有較明顯的差異。其中最重要的是氣象局資料顯示於新幾內亞島北方有一明顯的氣流輻合區，ECMWF的資料則顯示主要輻合區在澳洲以東近換日線的海面上，並在200hpa風場可以看到相對應的輻散區。在擾動量方面，兩組資料於數值大小上明顯的不同，並由氣象局資料所求得的值要比由ECMWF資料所得者為大。除了數值大小的差異以外，兩組資料對於熱帶地區大尺度波動於時空變化上的描述差別並不大。我們的結果顯示氣象局的200hpa熱帶風場資料所具代表性與ECMWF資料相似。在850hpa風場方面，我們認為氣象局資料可以用於了解熱帶地區大尺度波動的一般性質。至於在探討波動的區域特性時，也許要以其他分析或觀測資料加以核對後方可做結論。

關鍵詞：數值天氣預報產品，全球分析資料

一、前 言

中央氣象局利用全球模式分析全球性觀測資料已有三餘年歷史。此全球資料不僅可提供給模式作為預報初值，更是表明我們當前大氣狀態之重要的資訊。因此在天氣預報及天氣現象之分析與了解上，這一套資料有其極珍貴的價值。然而，就作者所知，目前使用過這些資料的人並不多，對此資料做系統性評估的文獻也不多見。為彌補此一缺憾，作者在本篇研究報告中嘗試較有系統的比較中央氣象局之全球分析資料與歐洲中心

（ECMWF：European Center for Medium-Range Forecasts）的分析資料之差異。

嚴格地說，評估分析資料之好壞，應以直接觀測到的資料為依據，而這是項費時費力的工作。目前中央氣象局正積極發展第二代數值模式，新模式可望於1993年下半年開始運作。此時此刻不容也不宜投入大量精力直接校驗第一代模式的分析資料；待第二代模式穩定運作時，此工作絕對不能避免。在第二代模式尚未穩定運作之前，以ECMWF的分析資料為指標來衡量中央氣象局分析資料之良弊，不失為一亡羊補牢之計。ECMWF的分析資料被廣泛接受為一套品質最好的分析資

料，並被應用於多種研究工作中。現在中央氣象局每日接受一次ECMWF的部分分析資料，我們就是利用這些資料進行這項校驗工作。

二、資料

中央氣象局全球預報系統中所接收及使用的全球觀測資料，其資料種類和處理過程在 Liou et.al (1989) 及曾文斐 (1992) 兩文中均有詳細的描述。另外，陳雯美 (1993) 對於全球觀測資料的陸地、船舶及探空觀測的數量和分布情況，也整理得非常詳盡。由陳雯美報告中，我們發現在熱帶地區資料最為缺乏的為東太平洋、西太平洋及印度洋上空。在南半球的部分，澳洲及西太平洋上仍有相當可觀的探空及飛機資料。有關預報系統所用的衛星資料，目前還沒有報告發表。於上述資料較缺乏的洋面上，據陳雯美指出，在風場方面常有衛星資料可以彌補。

除了觀測資料以外，中央氣象局每日還接收 ECMWF 分析的熱帶 (30° S – 30° N) 850hpa 及 200hpa 風場資料，及北半球 (20° N 以北) 的 500hpa 高度場及 850hpa 溫度場資料。ECMWF 資料每日一比 (12Z) 並分布於 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ 的網格點上，而中央氣象局的相對應資料是分布於 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 的網格點上。我們所取的時段為 1992 年 12 月 1 日至 1993 年 3 月 30 日。其中各組資料分別有四天缺資料。中央氣象局缺資料的日期為：12 月 7 日，12 月 8 日，3 月 7 日，3 月 10 日；ECMWF 則為 12 月 22 日，1 月 12 日，2 月 1 日及 3 月 11 日。

三、資料分析步驟及方法

在本研究報告中，我們循序漸進地比較了兩組資料的平均及擾動場。我們將風場 (u, v) 依下列公式分為平均量和擾動量：

$$\begin{aligned} u &= \bar{u} + u' \\ v &= \bar{v} + v' \end{aligned} \quad (1)$$

其中 “ $\bar{}$ ” 符號代表四個月 (120 天) 平均值而 “ $'$ ” 符號代表瞬變 (transient) 量，即原始資料與時間平均值之差量。對於時間平均量我們可以直接相互比較，對於瞬變量我們採用了以下的幾

種方式去比較：

(一) 比較不同緯度資料所畫出經向和時間向變化圖 (Hovmöller Diagram)，

(二) 比較下列各量的緯向平均值，

$$\begin{aligned} PKEu &= 1/2 u'^2 \\ PEKv &= 1/2 v'^2 \\ PKE &= 1/2 (u'^2 + v'^2) \end{aligned} \quad (2)$$

(三) 比較 PKEu, PEKv 及 PKE 的 Hovmöller Diagram
(此結果在本文中不討論)

(四) 比較時空波譜分析的結果。

在時空波譜分析方面我們採用的方法完全是依據 Hayashi 於 1971 年所發表的方法，此方法可以很容易地將擾動特性在頻率和波數的座標上表示出來，並可以顯示出擾動向西或是向東移動的特性。有關此方法的計算步驟，在 Hayashi (1971) 中文有詳細的說明。

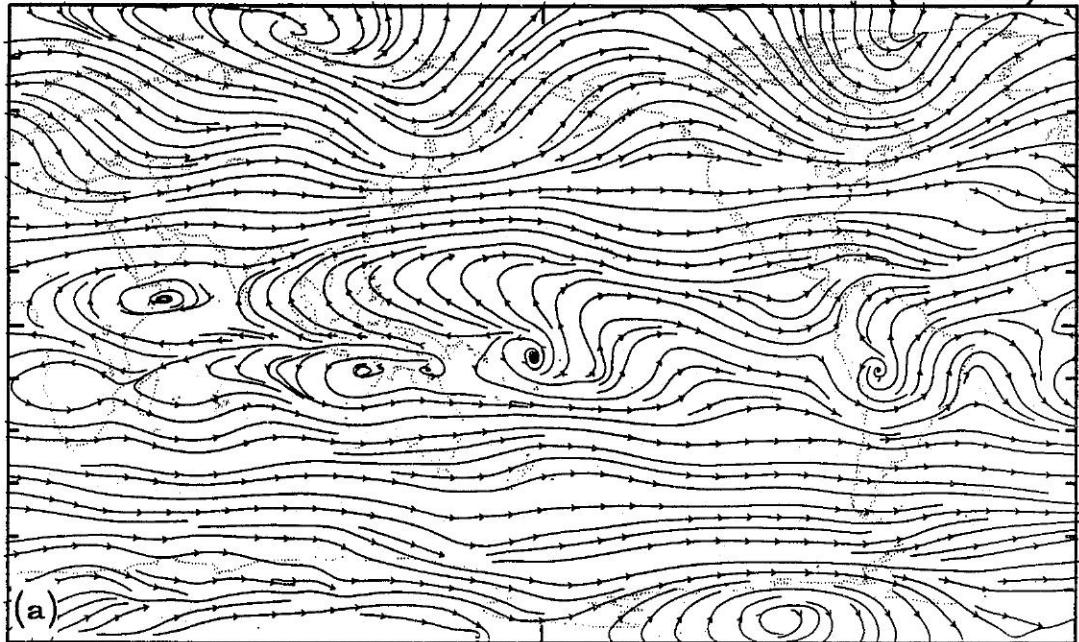
四、結果

(一) 平均場

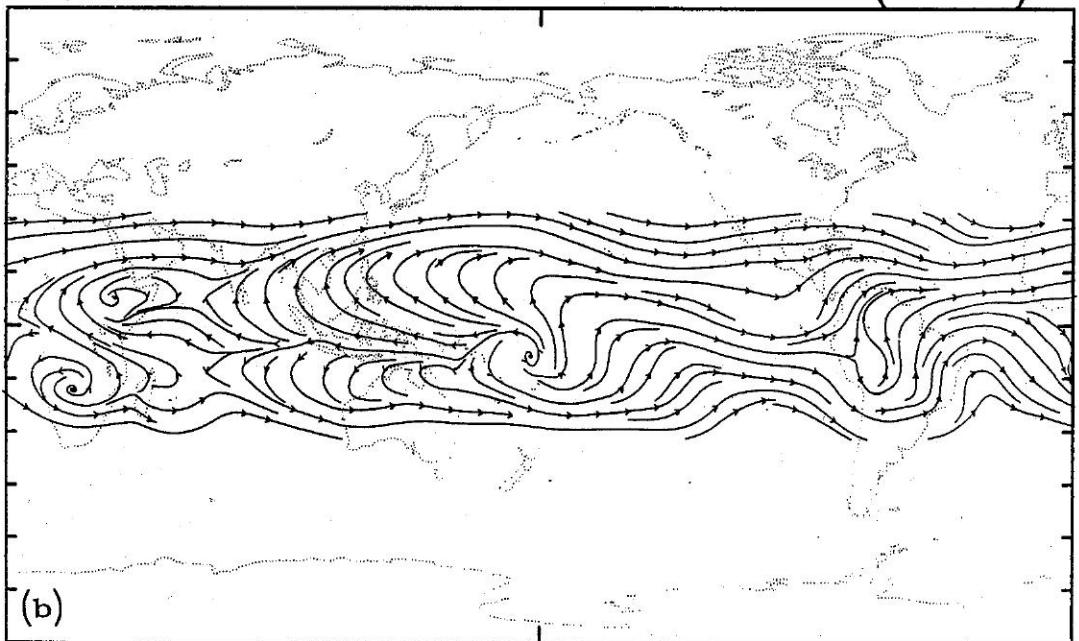
圖一(a), (b) 分別為以氣象局和 ECMWF 200 hpa 風場資料所畫出的流線場。在熱帶地區二圖極為相似。由於兩組資料解析度不同，根本上會有一些差異。而在相似處方面，我們發現於西太平洋 (180° E, 10° S) 上兩圖中都有一非常清楚的輻散中心。此外，在南美洲 (70° W, 150° S)，非洲的東西岸及澳洲北端部分也有清楚的輻散中心。於不同處方面，大致說來，二圖的差異在東半球 (非洲南部及澳洲北部) 要比西半球為大。

850hpa 的流線場示於圖二(a) 和 (b)。與 200hpa 的流線場相比，兩組資料在 850hpa 流線場上差異比較大。例如在非洲南部，ECMWF 資料清楚顯示出一幅合區，而這幅合現象在氣象局資料中完全沒有顯出。另外，在西太平洋沿岸部分，兩組資料也有顯著的差異。氣象局資料顯示在新幾內亞島北部有一清楚的輻合中心，而 ECMWF 資料顯示在南太平洋靠近換日線處有一清楚的氣旋式 (順時針方向) 環流。此二環流中心的差異造成了兩組資料在南太平洋換日線以西部部分極大的差別。由於這個區域是冬季對流系統比較活躍的區域，

200hPa CWB Streamlines Win(DJFM)



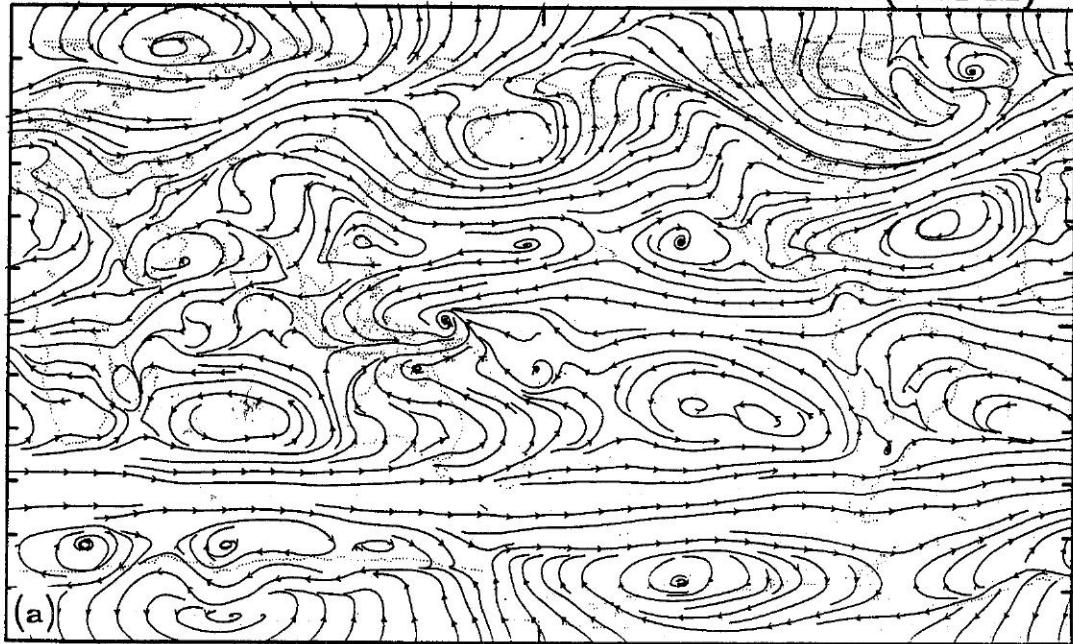
200hPa EC Streamlines Win(DJFM)



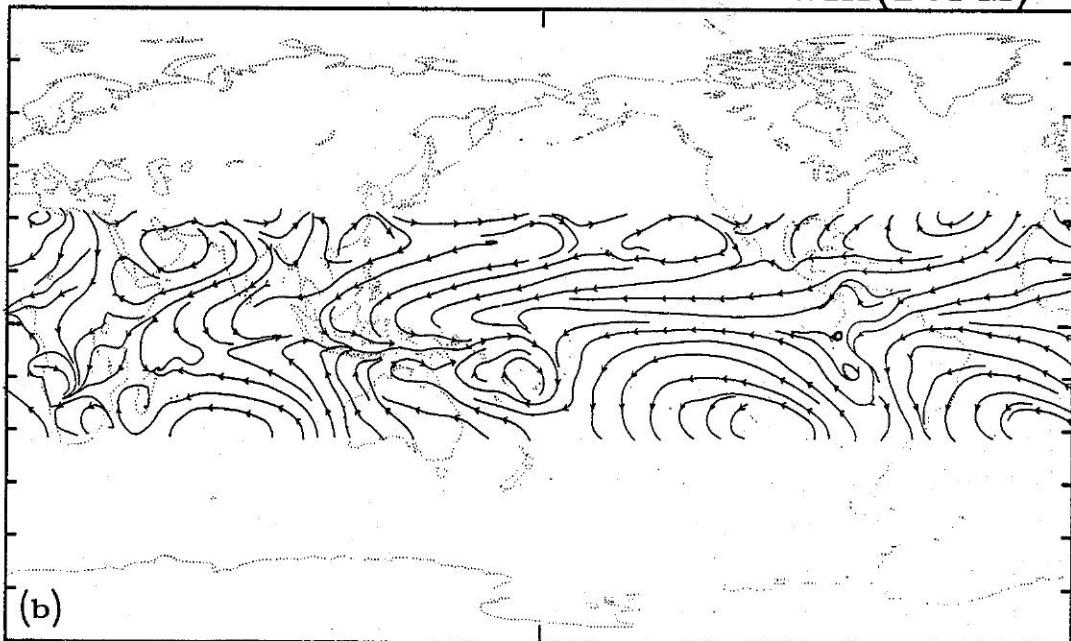
圖一 200hpa平均（1992年12月至1993年3月）流線場。

(a)中央氣象局資料，(b)ECMWF資料。

850hPa CWB Streamlines Win(DJFM)



850hPa EC Streamlines Win(DJFM)



圖二 如圖一，但為850hpa流線場。

，因而這種差異對預報結果可能會有不能忽視的影響。

(二)擾動部分

1.Hovmoller圖

比較兩組資料在風場擾動部分的差異最直接的方式之一即為比較Hovmoller圖。圖三(a)與(b)中所見的200hpa赤道上 u' 是經過5天滑動平均以後的結果，這兩圖極為相似。以值的大小而言，氣象局資料所得的瞬變量稍大於ECMWF的資料所得。圖四(a)與(b)和圖三(a)與(b)型式相同，但是變數為於850hpa赤道上的 u' 。比較圖四(a)與(b)，我們發現二者除了因解析度不同而造成的一些差異外，最明顯的差別在中南美(75° W附近)。ECMWF資料顯示在 90° W與 75° W之間有一持續性的正值區，而氣象局資料顯示此正值區不但非持續存在的，並且在這個區域有非常清楚的規律性振盪。據ECMWF的Bernard Strauss指出ECMWF資料顯示的持續性正值區乃由資料是為外挿風場所導致。在ECMWF的T213模式中，於赤道上有三處地形高度超過1800m(850hpa)，這三處分別是 29° E(1960m)， 37° E(290m)及 78° W(3820m)。因而在這三處的850hpa風場，是由上一層風場外挿求得。

2.擾動動能

(1)緯向平均量

圖五(a)和(b)為赤道上緯向平均200hpaPKE之時間序列圖。圖中顯示由氣象局資料算出的PKE隨時間的變化比由ECMWF資料算出的結果要大。圖五(a)中我們大致可定出十一個極大值點分別在日期為12月2日，12月23日，1月3日，1月16日，2月3日，2月23日，3月2日，3月10日，3月14日，3月18日及3月28日；與圖三(b)相比，除了3月14日以外，其餘在圖五(a)中出現的極值在圖五(b)中均可找到相對應之極值。另一方面利用兩組資料所導出赤道上緯向平均850hpa的PKE則顯著不同(圖六(a)與(b))。氣象局的結果擾動較為顯著，並與ECMWF資料的所得結果沒有明顯的相關性。但如果我們比較在 25° N緯向平均的PKE，兩組資料結果的差異就沒有那麼大。圖七(a)與(b)分別

為由氣象局和ECMWF200hpa風場資料所得的結果，PKE的變化仍以氣象局的結果為大，但兩組資料顯示出的變化趨勢大致是相同的。由850hpa風場所得結果示於圖八(a)與(b)；圖八(b)的ECMWF結果顯示在一，二，三月明顯地有低頻振盪，極高值出現於1月8日，2月3日及3月12日附近。在圖八(a)中我們也可以看到類似的變化。

(2)平均圖

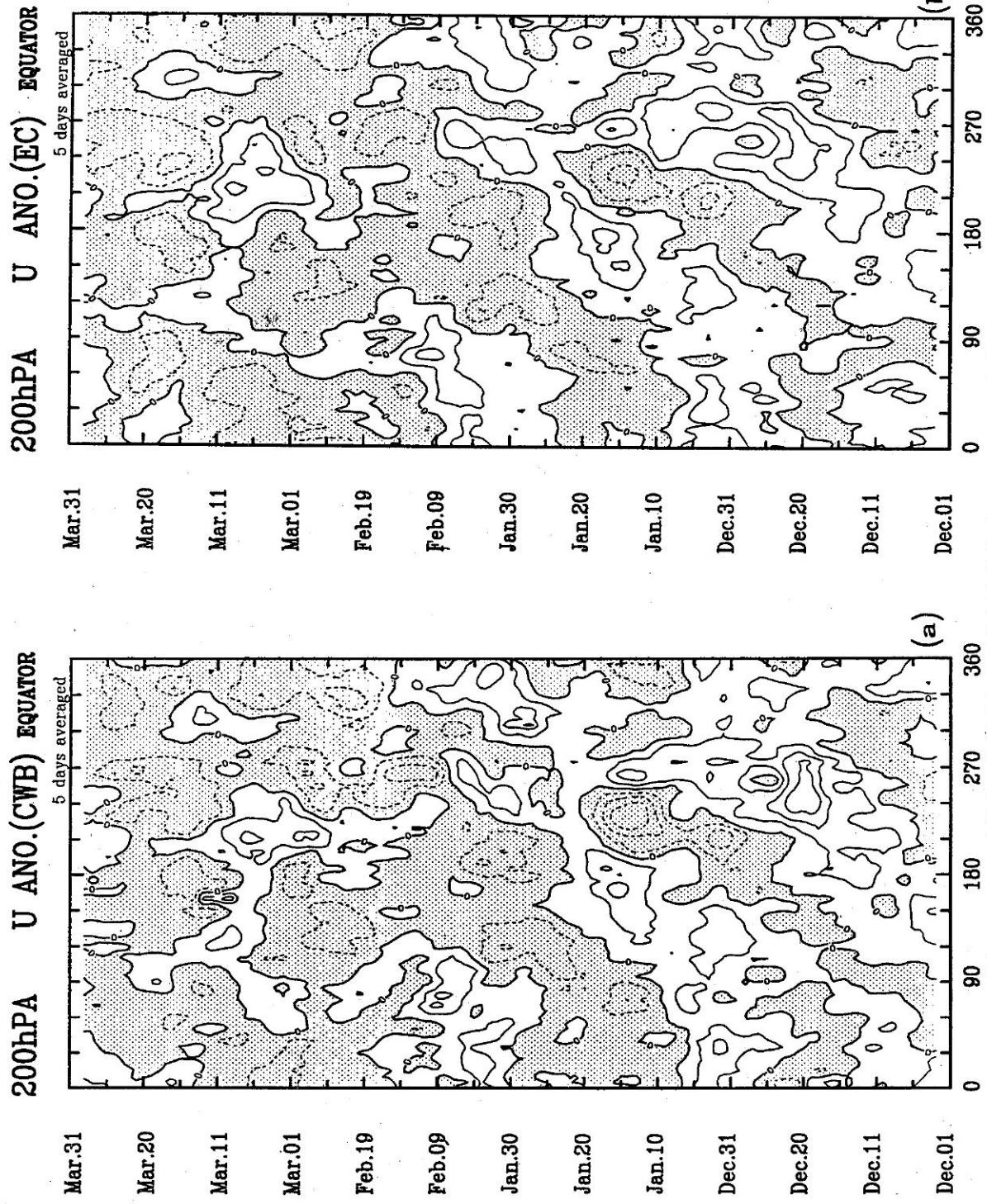
我們接下來比較200hpaPKE的四個月平均圖，藉以得知兩組風場資料擾動部分在空間上的分布是否一致。比較圖九(a)與(b)，我們發現除了數值的大小差異以外，兩組資料所得結果極為相似。PKE的高值區偏在東太平洋，而低值區則偏於西太平洋群島和印度洋區域。在南美大陸上有一極低值，並在它兩側(祕魯兩岸外海及南大西洋與巴西東岸外海)有偏高的PKE值出現，由兩組資料所得的850hpa的四個月平均PKE(圖十(a)與(b))主要的差別仍是在數值的大小。圖十(a)和(b)均顯示在赤道附近地區於澳洲北方，澳洲與印尼群島之間，有一明顯的極大值，另外在南太平洋近換日線處(15° S, 180° E)，南美洲中部及非洲西岸外海處均有極大值出現。以台灣緯度(25° N)而言，極大值分布於太平洋及西大西洋上。

(3)時空波譜分析

利用Hayashi(1971)時空波譜分析分析法，我們可以迅速地取得兩組資料在擾動部分異同之主要訊息。由於在200hpa風場擾動部分以長波為主，因而在本文中我們僅討論由兩組資料的200hpa風場的東西分量算出波數為1至3波動的結果。至於這個季節中的熱帶波動特性我們將於別文中詳細討論。

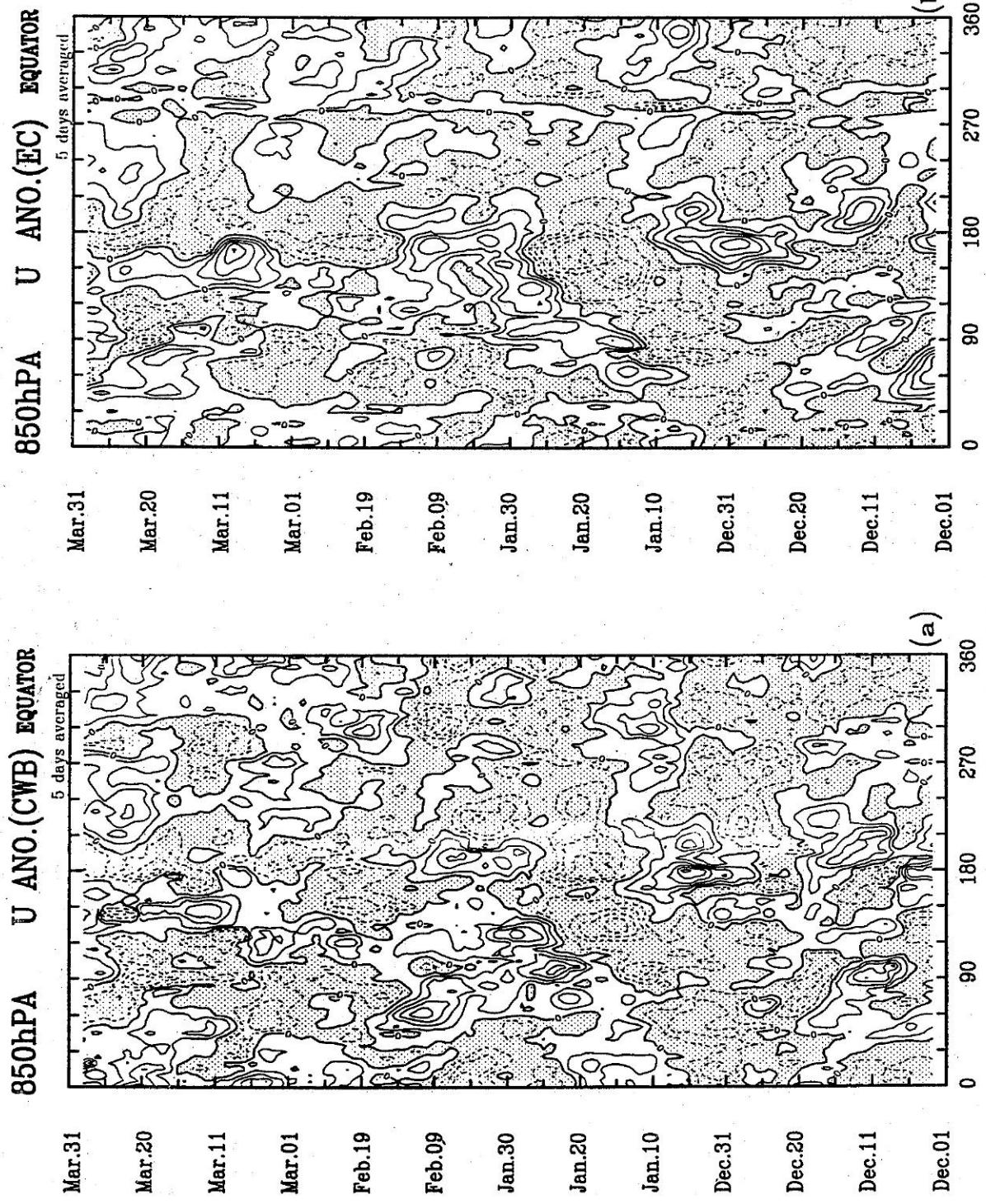
圖十一(a)及(b)為波數1， u 分量的波譜密度(power spectral density)在緯度及頻率座標上的分布圖，波譜密度大值主要集中於低頻(週期長於24天)部分，並(a)，(b)兩圖非常相似。主要的不同點有下列三點：

第一點，從氣象局資料所得的波譜密度值在北半球及赤道附近比從歐洲中心所得者為大。



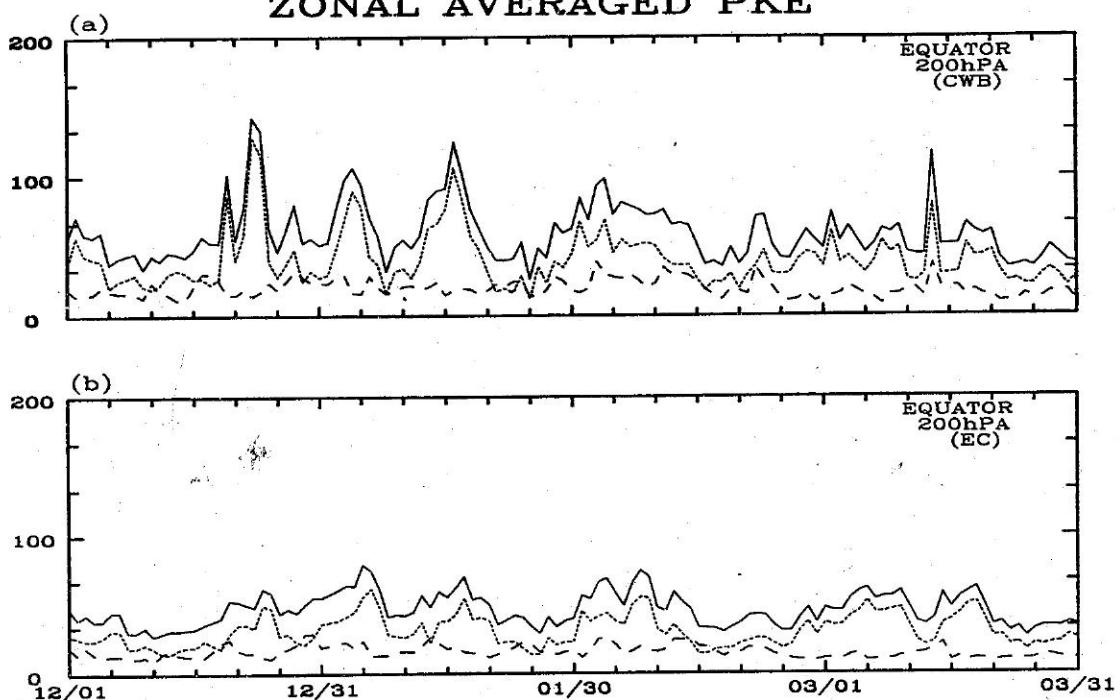
(a) 中央氣象局資料，(b) ECMWF資料。圖中等值線之間隔為 8ms^{-1} 。

圖三 200hpa赤道上‘u’在經度與時間座標上的等值圖 (Hovmoller圖)。



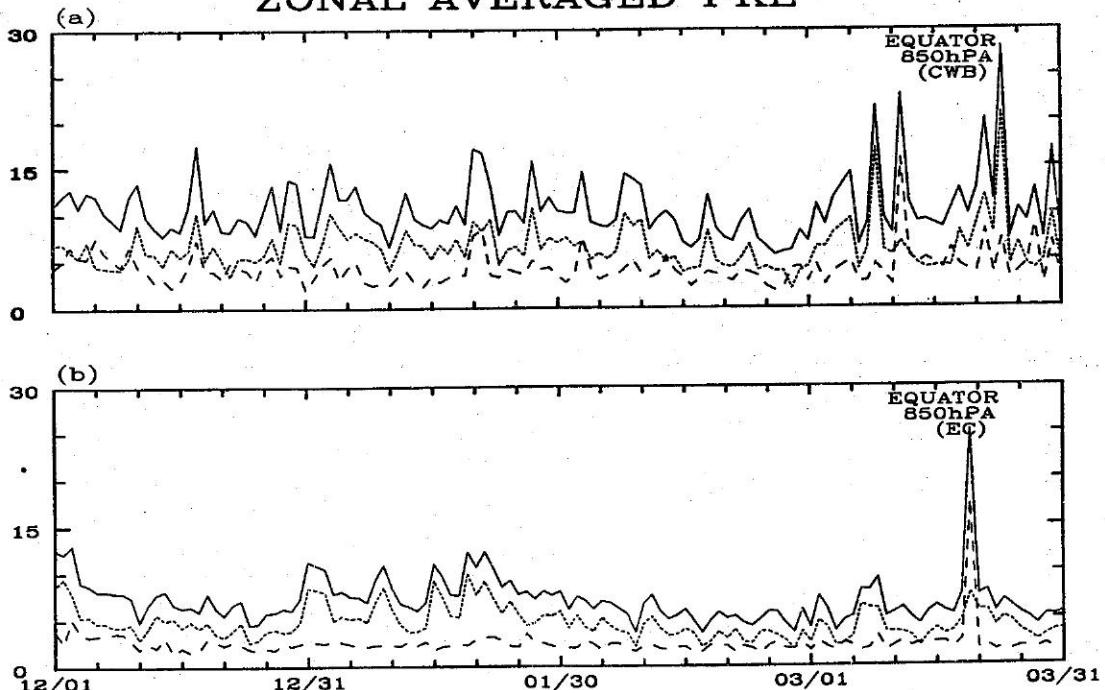
圖四 如圖三，但為850hpa的'u'。等值線之間隔為 2ms^{-1} 。

ZONAL AVERAGED PKE

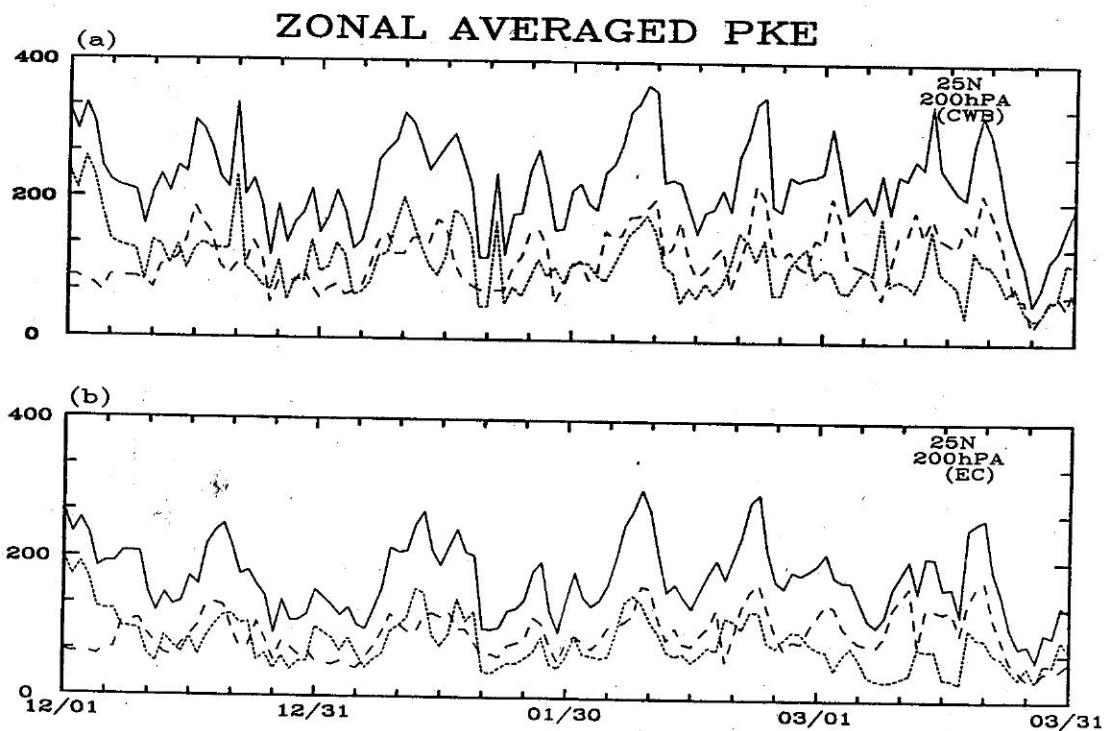


圖五 200hpa赤道上緯向平均PKE隨時間的變化。圖中橫軸為時間，縱軸為PKE大小，單位為 ms^{-1} 。實線代表總PKE，虛線代表u分量部分的PKE（即PKE_u），點線代表v分量部分的PKE。（a）中央氣象局資料，（b）ECMWF資料。

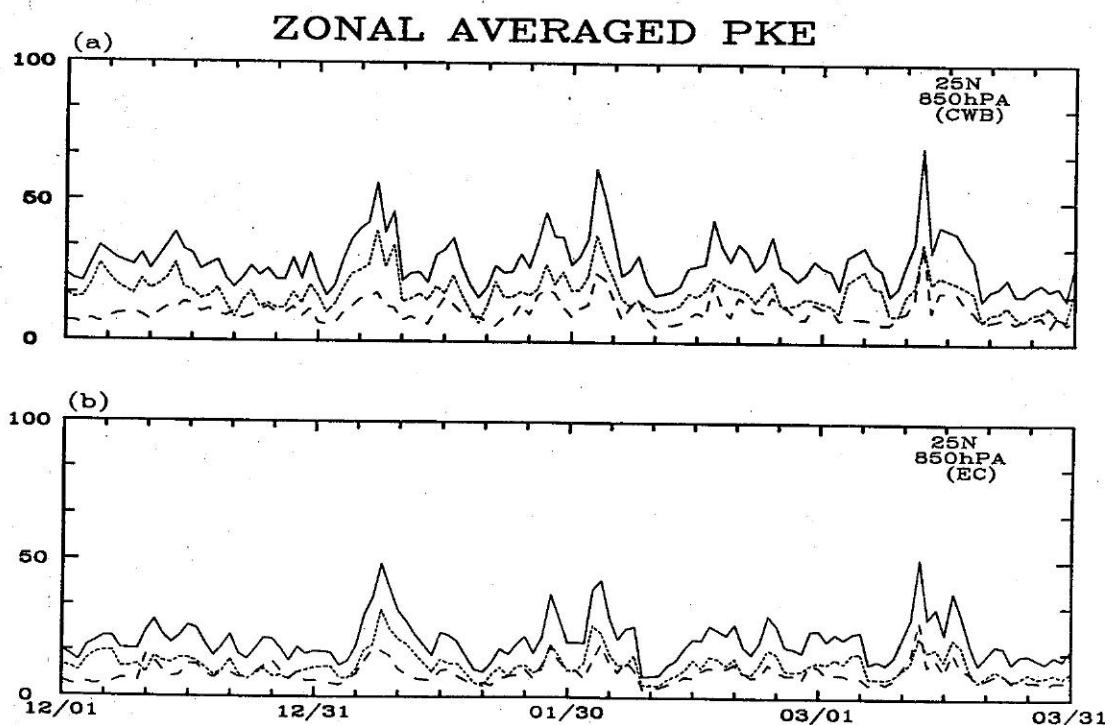
ZONAL AVERAGED PKE



圖六 如圖五，但為850hpa。

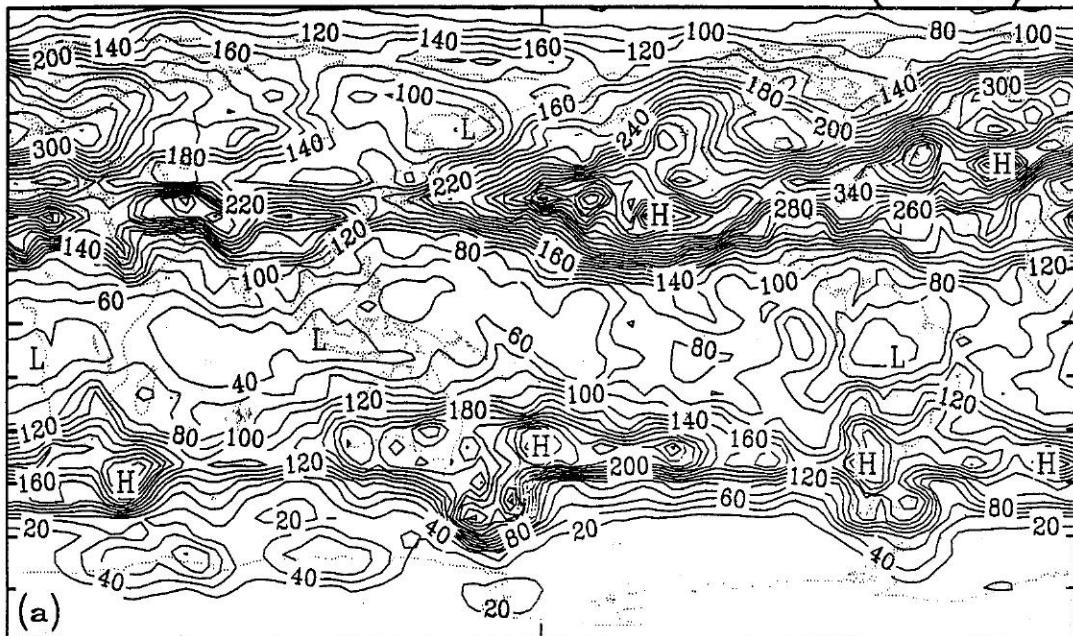


圖七 如圖五，但為 25°N 上的緯向平均值。

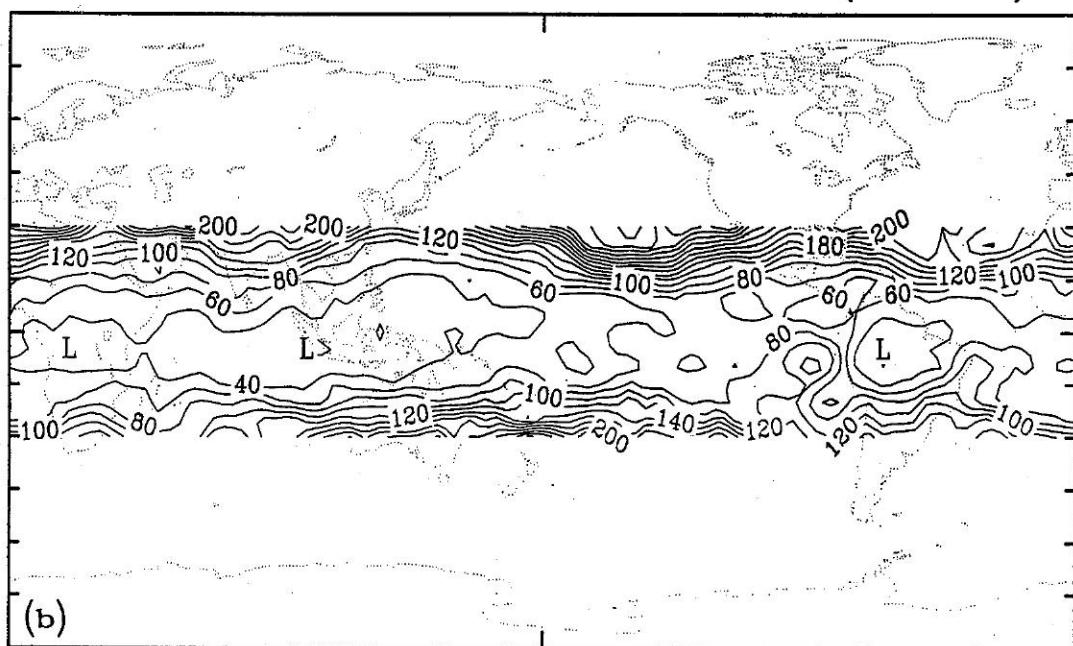


圖八 如圖七，但為 850hpa 。

200hPa Purterbation K.E. Win(DJFM)



200hPa Purterbation K.E. Win(92-93)

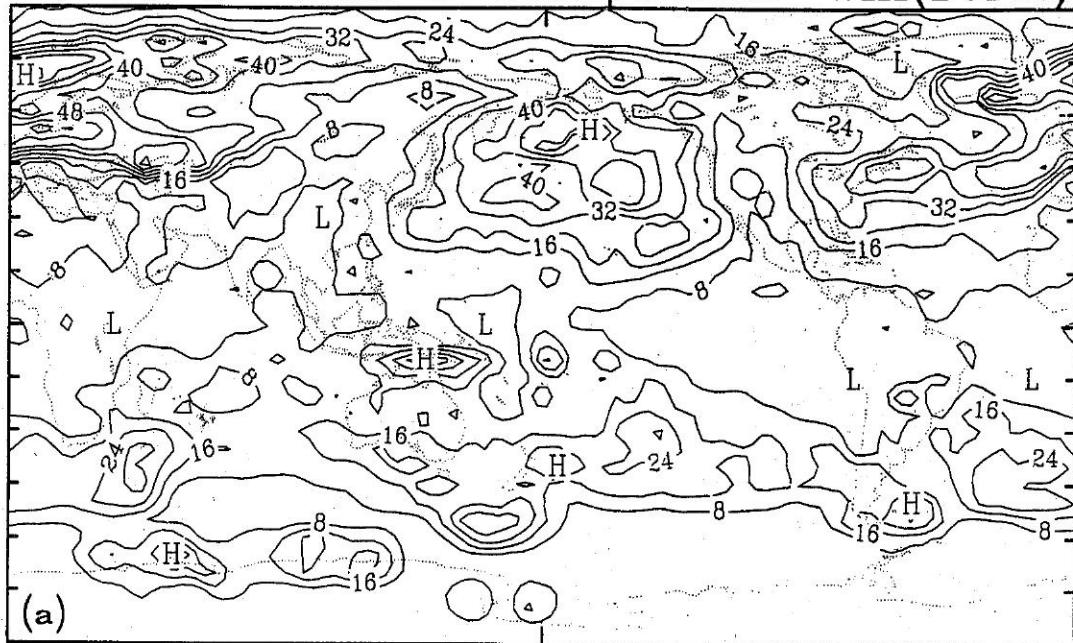


圖九 1992年12月至1993年3月平均200hpa PKE。

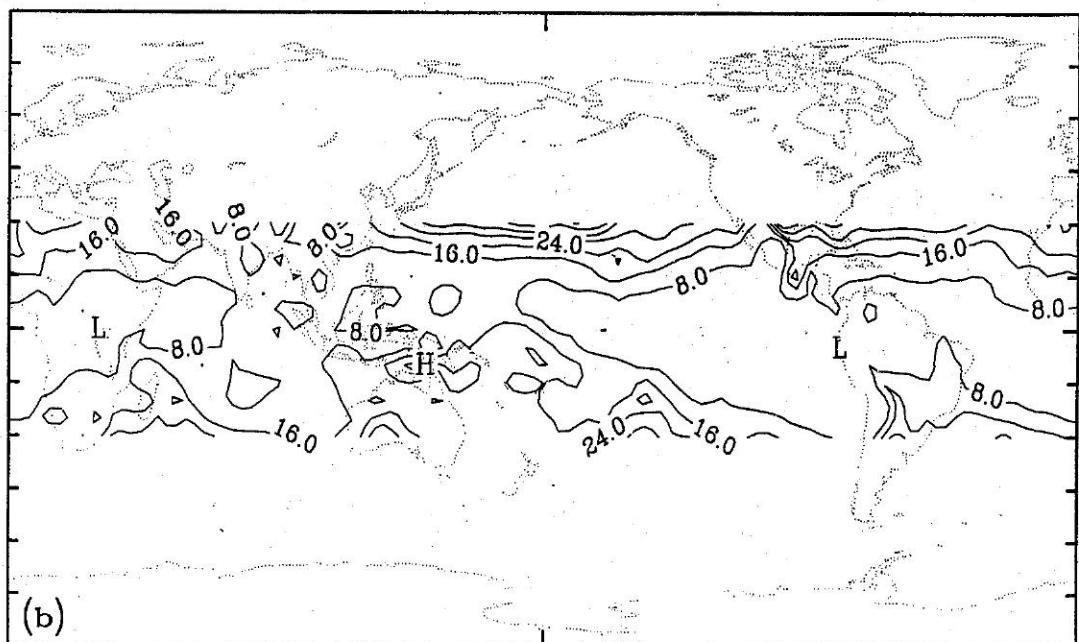
(a) 中央氣象局資料，(b) ECMWF 資料。

圖中等值線的間隔為20ms。

850hPa PKE U-Component Win(DJFM)

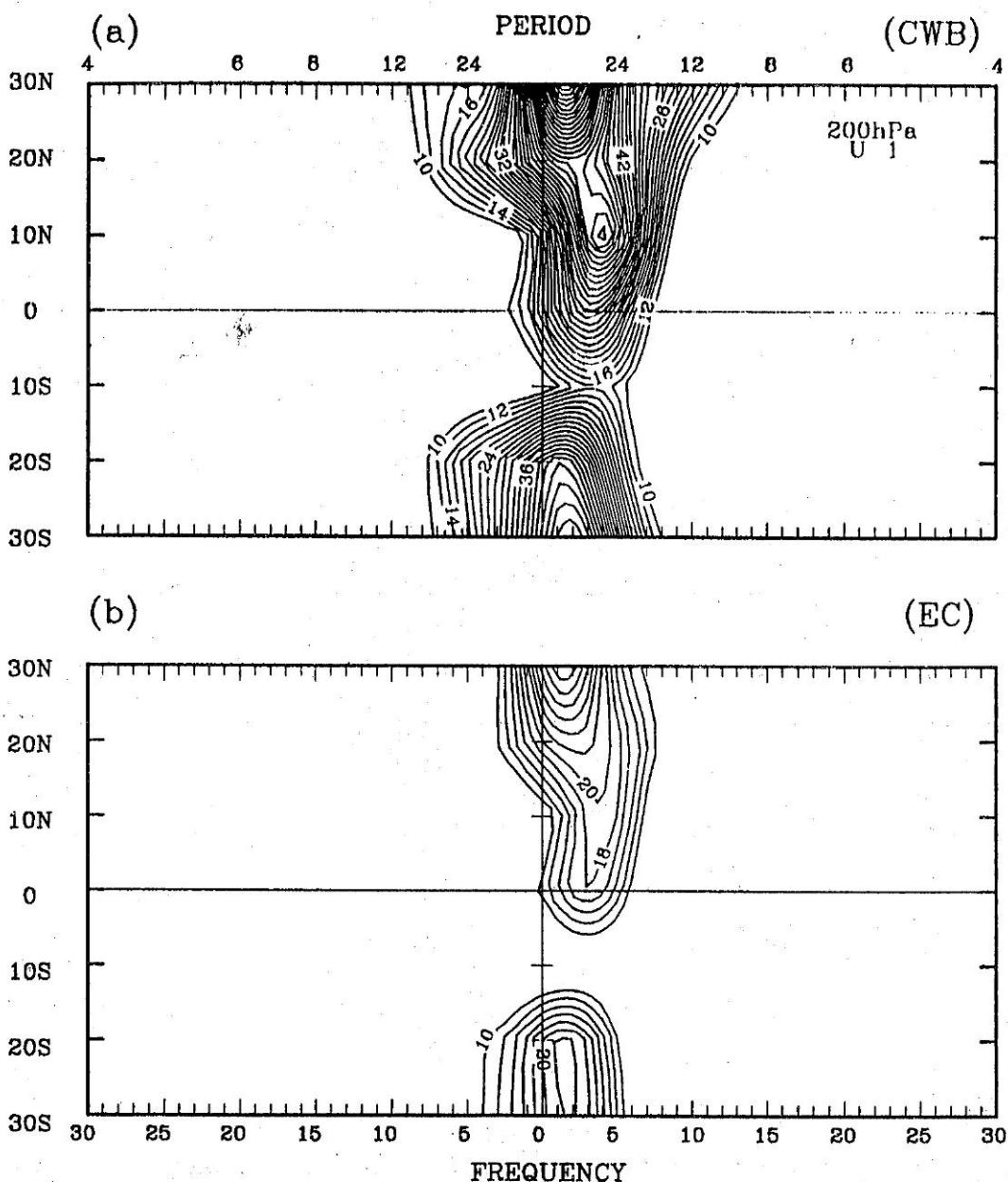


850hPa Purterbation K.E. Win(92-93)



圖十 如圖九，但為850hpa。

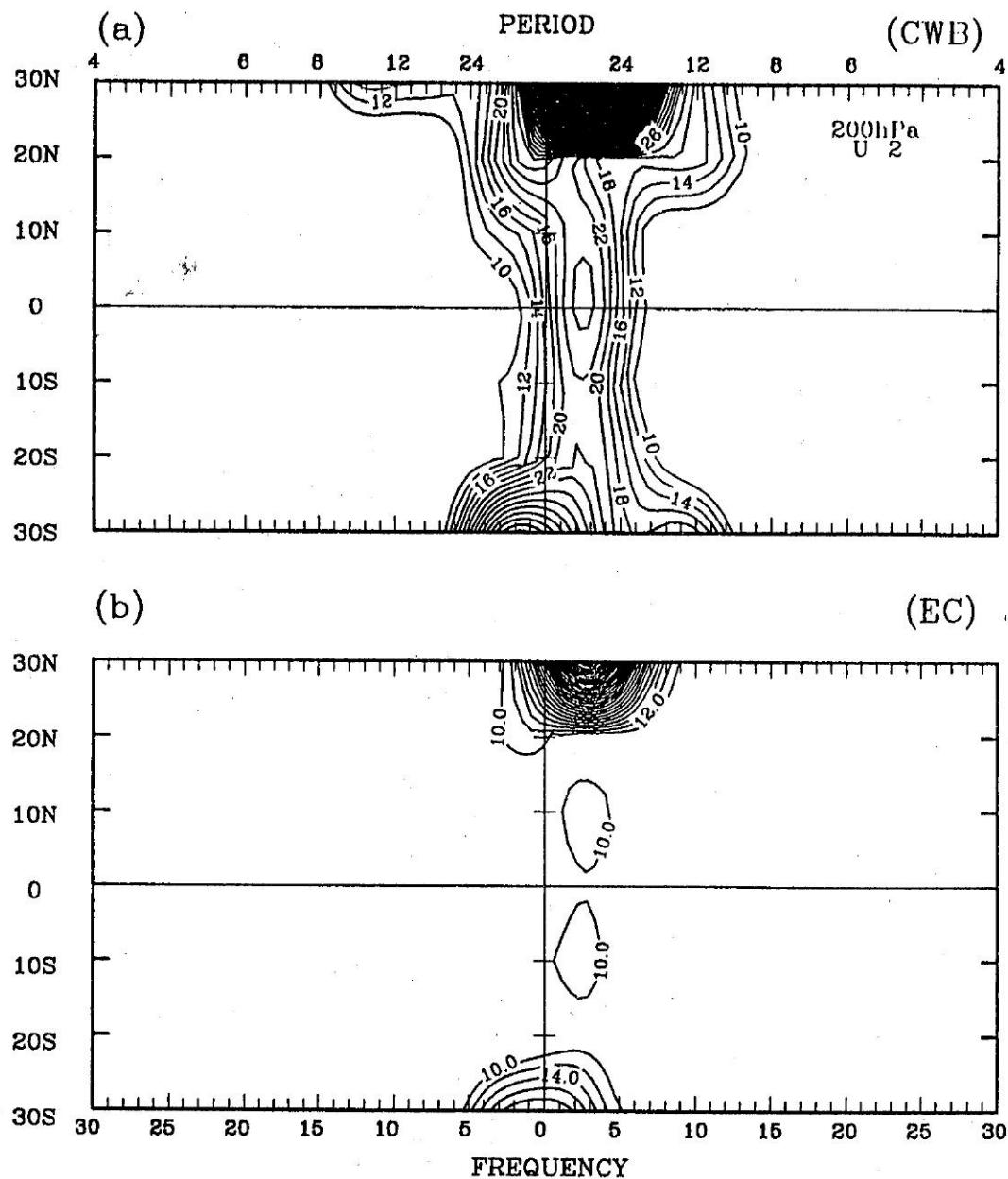
POWER SPECTRAL DENSITY



圖十一 緯向波數1之200hpa風場東西向分量(u)的波譜密度圖。(a)中央氣象局資料，(b) ECMWF資料。圖中等值線單位(a)為 $2 \times 10\text{ms}^{-1}$ (b)為 10ms^{-1} 。等值線之間隔為兩個單位。

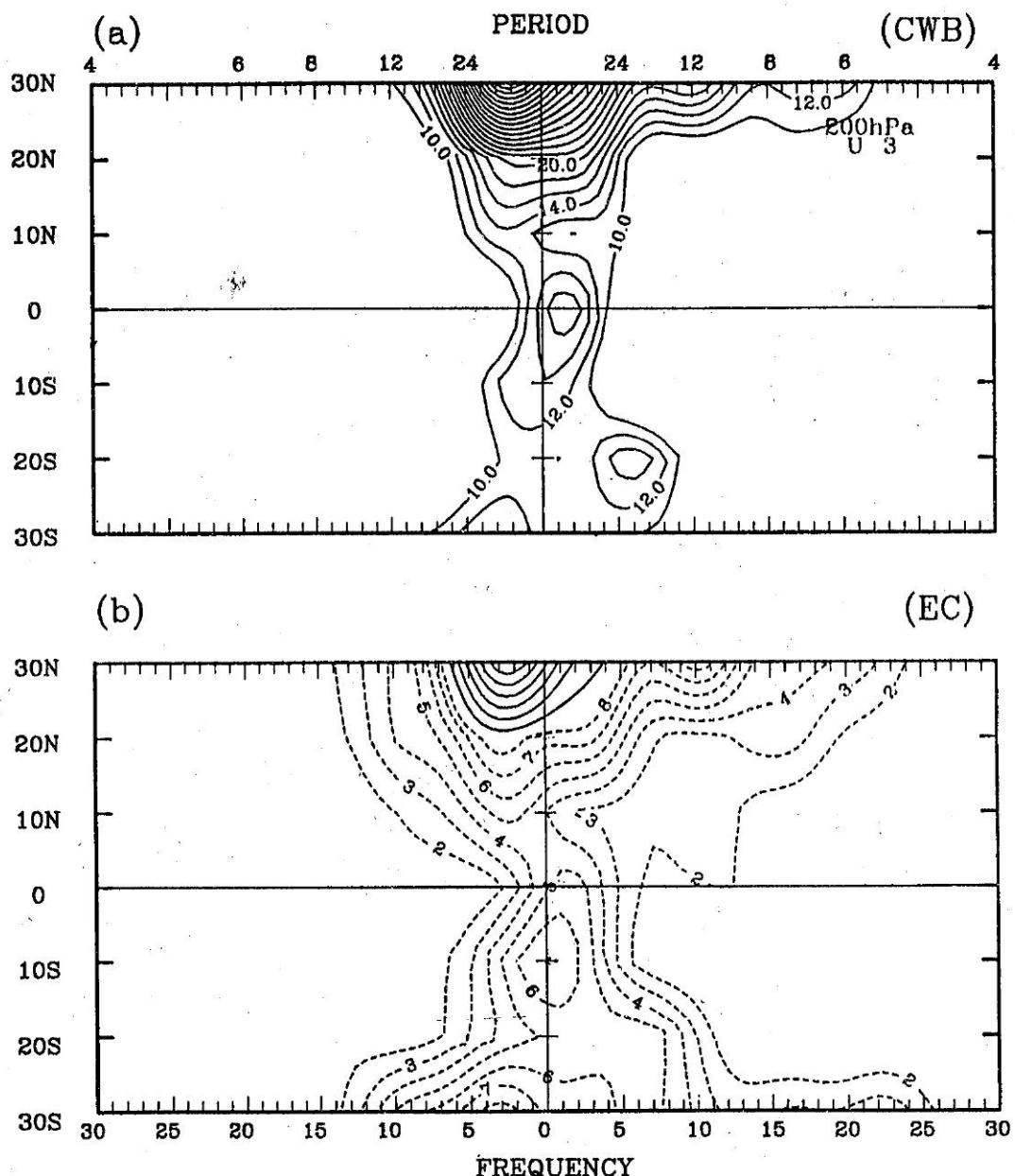
圖中橫座標為頻率（單位： $1/120\text{day}^{-1}$ ）或週期（單位：day）。在頻率為0之軸的右半圖為向東的波動，而左半圖為向西行進的波動。

POWER SPECTRAL DENSITY



圖十二 如圖十一，但波數為2。

POWER SPECTRAL DENSITY



圖十三 如圖十一，但波數為3，(b)中虛線部分表示等值線小於10大於等於2，並且間隔為1。單位與圖十一同。

第二點，圖十一(a)顯示在 10° N，週期30天處有獨立的極大值，但圖十一(b)中沒有；

第三點，圖十一(b)中顯示在 20° S，週期120天處有一獨立極大值。但圖十一(a)中沒有。

圖十二(a)及(b)為波數2，u分量的波譜密度圖。兩圖中最顯著的現象為在 30° N，週期60天處有一極大值。從氣象局資料所求得的極值比從歐洲中心資料所得者要大許多。此外，兩圖中最明顯的差異處仍在熱帶地區與南半球。圖十二(b)中顯示在 10° N及 10° S處有一週期為60天的極值，而在圖十二(a)中沒有。

圖十三(a)及(b)為波數3，u分量的波譜密度，其中在圖十三(b)數值大於等於2且小於10者以虛線畫出以便比較。兩圖於北半球大致相似，於赤道與南半球差異較為明顯。圖十三(a)中在赤道上，週期120天處有一極大值；另外在 20° S，週期為20天處也有一極值，這些極大值均沒有出現於圖十三(b)中。圖十三(b)中在 10° S有一相對應於滯波(stationary wave)的極值，在圖十三(a)中沒有。

五、結論與討論

本文中我們比較了1992年12月1日至1993年3月31日ECMWF和氣象局所分析的熱帶風場。將風場分為時間平均量和相對於平均場的擾動量之後，我們發現在200hpa兩組資料的平均場非常接近，但在850hpa兩組資料在西太平洋近赤道的海洋地區(maritime area)有相當明顯的差異。由ECMWF資料所求得高層輻散中心(10° S, 180° E)位於低層輻合中心的正上方，而氣象局資料求得的高層輻散中心(位置與ECMWF結果一致)在低層輻合中心的東方。

在風場的擾動量方面，由氣象局資料所得的

擾動能量顯著地大於由ECMWF資料所得結果。Hovmoller圖和波譜分析結果均顯示，兩組資料對移動性波動的描述在北半球非常類似，而在南半球的差別較大，這可能部分歸因於氣象局用到較少南半球觀測資料。由波譜分析的結果顯示，對於一些主要的超長波，氣象局資料所求得的擾動動能比ECMWF所得結果要大兩倍以上，造成這種差異的原因仍需要進一步研究之。

利用氣象局第一代數值模式分析資料而作的研究還不多見，原因之一也許是對這一套資料的可信度有所懷疑。根據以上的分析，作者認為對於研究大氣大尺度現象而言，這套資料的代表性與ECMWF資料相似。同仁們不妨儘量利用這套寶貴的資料，也許還會發現新的疑點供給氣象局數值預報小組修正資料分析方法之用。

參考文獻

- 陳雯美，1993：CWB地面與探空資料現況及數值預報成效的客觀評估。中央氣象局數值預報小組技術報告第82003號，46頁。
- 曾文斐，1992：中央氣象局自動氣象資料處理系統之現況研究。氣象學報，38卷，119-133頁。
- Hayashi, Y., 1971 : A generalized method of resolving disturbances into progressive and retrogressive waves by space Fourier and time cross-spectral analyses. J. Meteor. Soc. Japan, 49, 125-128.
- Liou, C-S, C-T Terng, W-s Kau, T.E. Rosmond, C-S Chen, J-H Chen and C-Y Tsay, 1989 : Global forecast system at Central Weather Bureau, Papers in Met.Res. 12, 205-228.

THE COMPARISON OF THE CWB AND ECMWF PRODUCTS : 1992-1993 WINTER TROPICAL WIND ANALYSIS

Mong-ming Lu
Central Weather Bureau

ABSTRACT

The Central Weather Bureau (CWB) receives wind data at 200 hPa and 850 hPa., in the tropical region (30°S – 30°N), broadcasted by ECMWF on a daily basis. Since the December of 1992, we have systematically archived the data. The data from December 1, 1992 to March 30, 1993 have been compared with the same type of data but analyzed by the global analysis and forecast system of the CWB. We separate the data into the time mean and perturbation components. The time mean components computed from both data sets, respectively, are very similar for the 200 hPa wind data. For the 850 hPa wind data, there are some noticeable differences. In particular, the CWB data clearly show a convergence center of air flow around the north of New Guinea, while the ECMWF data show a major convergence center at the east of Australia near the date line. In the later data set, we find a divergence center, at the 200 hPa, almost exactly over the convergence center at the 850 hPa. The perturbation components computed from two data sets are quite different in their magnitudes, though they are similar in how they vary with space and time. The perturbation component computed from the CWB data is much larger than its ECMWF counterpart. Our results suggest that the CWB 200 hPa wind data can be used interchangeably with the ECMWF data for studying the dynamics of tropical large scale disturbances. However, particular caution is demanded when one uses the CWB 850 hPa wind data. If one is interested in studying localized phenomena, we feel that it is necessary to double check the results with the ECMWF data before making conclusions.

Key words : NWP product, GCM analysis data