

# 冬季副熱帶噴流的年際變化

張忍成 王煥文  
中國文化大學大氣科學系

## 摘要

分析北半球冬季(12, 1, 2月) 200 hPa 的副熱帶噴流特徵可發現：副熱帶噴流以三波的形式分布於 $20^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 之間，特別是在日本附近有最大風速在150和200 Kts之間(Krishnamurti, 1960)。為瞭解冬季東亞地區副熱帶噴流的年際變化對台灣地區氣候可能之影響，本文選用了1980~2001年NCEP再分析資料( $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ )中200 hPa之每日緯向風場(u)及中央氣象局4個測站(台北、台中、高雄、花蓮)共22年的月降雨比例、月降雨日數與月溫度距平資料做深入分析。

初步結果顯示：(1)月平均噴流條(風速 $\geq 60$  m/s者)出區及入區皆有明顯的經、緯度年際變化；(2)季平均噴流條入區則僅有經度的(longitudinal)變化而無明顯的緯度(latitudinal)年際變化，出區似有2~5年明顯的經度變化而無明顯的緯度變化，後者可能和副熱帶噴流條內部之週期性的振盪或與ENSO擾動有關；(3)月平均的副熱帶噴流條入區之緯度年際變化與台灣地區北部(台北測站)月降雨比例似存在良好相關性(即位置偏南(北)，降水增加(減少))，但與月溫度距平則無明顯線性相關；(4)再深入觀察噴流強度、噴流軸位置與台灣地區月降雨比例、月溫度距平的相關分析，二月份可獲得較佳的相關性。

## 一、前言

根據世界氣象組織(WMO)實務手冊中，對噴流確切的定義為：長度在千公里，寬度在百公里，垂直厚度在數公里，任取速度下限為30公尺/秒，垂直風切在 $5\text{--}10\text{ ms}^{-1}(\text{km})^{-1}$ ，水平風切在 $5\text{ ms}^{-1}(100\text{ km})^{-1}$ 。高對流層西風噴流可分成伴隨中高緯度極鋒之極鋒噴流(polar-front jet stream)及副熱帶噴流(subtropical jet stream)兩種(陳, 1993)，冬季副熱帶噴流位於 $20^{\circ} \sim 45^{\circ}\text{ N}$ 之某些經度區以噴流條(jet streak)間較小的風速區之分布形式蜿蜒環繞著北半球(南半球亦同)，且以東亞地區冬季最強噴流軸最強風可達200 Kts左右。噴流入區南邊為高對流層輻散場，低層為輻合，因此高空噴流對於地面天氣系統發展和維持有相當程度的影響。冬季台灣正處於東亞副熱帶噴流入區南端附近，是以應對此upper Level Jet的動態值得一定程度之重視。

Ye. et al. (1959)在東亞大氣環流季節轉換的研究中指出，季節突變現象中最顯著的變化就是200 hPa 高空噴流位置的南北跳躍：高空西風噴流由 $35^{\circ}\text{ N}(\text{ }30^{\circ}\text{ N})$ 南(北)跳至 $30^{\circ}\text{ N}(\text{ }35^{\circ}\text{ N})$ ，

且不再回到 $35^{\circ}\text{ N}(\text{ }30^{\circ}\text{ N})$ 以北(南)，則為冬(夏)季型之大氣環流。Chang and Lum (1985)利用1983/84年冬天200hPa風場資料做客觀分析，找出東亞與西太平洋地區中緯度大氣與熱帶大氣間之交互作用研究發現在亞洲太平洋、印度洋區域內，高對流層西風噴流的加速與熱帶輻散之間，有明顯的正相關。

國內許多學者在研究東亞夏季季風環流時亦注意到高空西風噴流與其東亞夏季季風環流有密切之關係，如王等(2002)在東亞夏季季風活動的研究中亦發現，南海地區夏季季風的肇始和江淮地區梅雨期的長短與高空西風噴流的南北位移和強弱存有一定的關係；郭等(2001)於東亞夏季季風環流的建立過程之研究也發現季風肇始時期，高層西風強風軸增強、強風區北退。相對於夏季，冬季天氣系統與副熱帶噴流之研究甚少，吾人希望藉此研究探討冬季副熱帶噴流與台灣短期氣候之關聯性，並對副熱帶噴流與ENSO作簡單的探討。

## 二、資料來源及分析方法

(一)、資料來源

本文所使用的資料為 1980 年至 2001 年的 NCEP 再分析資料，水平網格為  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ ，200 hPa 之每日緯向風場 (u) 及中央氣象局 4 個測站 (台北、台中、高雄、花蓮，本文以台北站為例) 共 22 年之每日氣溫 (包括最低溫度、平均溫度) 和逐日降水資料與每月降雨日數。

(二)、分析方法

分析的時間為每年的 12 月至隔年 2 月，分析的方式有月平均和季平均兩種。

1. 氣象局測站資料

(1) 每日氣溫

將氣象局所得的四個測站的每日溫度 (日均溫與每日最低溫) 資料求取月平均和季平均後，再分別求取其月距平 (anomaly) 及季距平，以用來了解此變數對樣本平均值的偏差 (deviation) 情形。

(2) 逐日降水量

將所得的逐日降雨資料求取月降水總量和季降水總量後，再分別求取其與氣候平均値之月 (季) 降雨比率 (rainfall amount ratio)，以用來區分其為多雨 ( $r > 1.3$ ) 或少雨 ( $r < 0.7$ ) 月 (季) 和正常降水月 ( $1.3 \geq r \geq 0.7$ )。

(3) 每月降雨日數

分別求取各月 (季) 氣候平均後，並求取其標準差。以月 (季) 降雨日數來區分該月 (季) 為多降雨日數和少降雨日數，並計算其標準差以利進行更多的分析 (表 1)。

2. NCEP 200hPa 每日緯向風場 (u)

(1) 副熱帶噴流條 (STJ) 位置與範圍

根據 Cressman (1981)，吾人將風速  $\geq 60$  m/s 者定為副熱帶噴流的噴流條 (jet streak)，以用來方便區分噴流位置與範圍。並以噴流條出、入區的經度為噴流條的東、西界線；噴流條最北和最南端為噴流條北界與南界。

表 1. 1980-2001 台北冬季月 (季) 降雨日與平均比較表，\* 為相差一個標準差 (標準差分別為 4.07(十二月)、3.65(一月)、5.26(二月)、8.75(冬)) 以上之年。標藍粗斜體者為連續三個月皆高於月平均降雨日之年份，標紅色底線者為連續三個月皆低於月平均降雨日之年份。

|     | 月 (季)<br>降雨日<br>(天) | 年  |
|-----|---------------------|--|
| 十二月 | >12.6               | 80, 81, 82, 84*, 85*, 87, 89, 94*, 97, 98, 99, 00*                             |
|     | <12.6               | 83, 86, 88*, 90*, 91*, 92, 93, 95*, 96*, 01                                    |
| 一月  | >14.7               | 83*, 84, 85, 88, 89, 90*, 91*, 92, 98, 00                                      |
|     | <14.7               | 80, 81*, 82*, 86, 87, 93, 94, 95, 96, 97, 99, 01                               |
| 二月  | >16.1               | 80*, 83*, 84, 85, 86*, 88, 92, 94, 95, 98*, 00                                 |
|     | <16.1               | 81, 82, 87*, 89, 90, 91, 93, 96, 97, 99*, 01*                                  |
| 冬   | >43.3               | 82/83*, 83/84, 84/85*, 85/86*, 87/88, 89/90, 91/92, 94/95*, 97/98*, 99/00      |
|     | <43.3               | 80/81, 81/82, 86/87*, 88/89, 90/91, 92/93, 93/94, 95/96*, 96/97, 98/99*, 00/01 |

(2) 將每月 (季) 噴流條位置與噴流條月 (季) 平均位置合成，以便清楚辨識每月 (季) 噴流軸心 (jet stream core)、槽、脊、出入區與平均場位置分布比較情形。

(3) 200hPa 平均緯向風場在  $120^{\circ}E$  (台北) 及  $140^{\circ}E$  (噴流平均最強風速處) 隨時間的變化，可以風速的大小初步認定該年 (季) 噴流條在  $120^{\circ}E$  與  $140^{\circ}E$  強度與南北位置之變化。另再細分每個月 (季) 在  $120^{\circ}E$  緯向平均風場與月 (季) 平均之比較圖更可清楚分辨各月 (季) 強度在局部地區 (台灣地區) 隨緯度的變化。

三、冬季東亞副熱帶噴流之年際變化

由冬季東亞副熱帶噴流條位置與範圍圖 (圖略) 可發現：(1) 由整體來看，噴流條的南北界之年際變化不大，南界平均位置在  $27.5^{\circ}N$  (標準差為 0.96) 附近，北界平均位置則在  $38^{\circ}N$  (標準差為 1.18) 附近，但月平均噴流條入區及出區皆有明顯的經、緯度年際變化且出區位置變化程度較入區大；(2) 季平均噴流條入區則僅有經度的變化而無明顯的緯度年際變化，出區似有 2~5 年明顯的經度

變化而無明顯的緯度變化，後者可能和副熱帶噴流條內部之週期性振盪與 ENSO 擾動有關。

由 $120^{\circ}\text{E}$ 及 $140^{\circ}\text{E}$ 緯度平均風場的時間序列圖(圖 1.a 和圖 1.b)可發現，副熱帶噴流條內部有 2~3 年週期性的振盪，而當 ENSO 發生時，則會改變或加強其振盪，尤以二月最為明顯。

圖 1.a

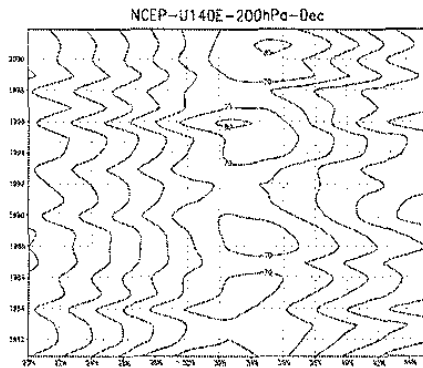


圖 1.b

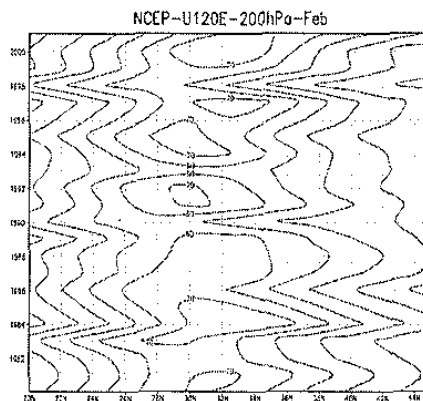


圖 1、1980-2001 年緯向平均風場在 $120^{\circ}\text{E}$ 和 $140^{\circ}\text{E}$ 的時間序列圖。圖 1.a 為十二月在 $140^{\circ}\text{E}$ 的緯向平均風場時間序列圖。圖 1.b 為二月在 $120^{\circ}\text{E}$ 的緯向平均風場時間序列圖。

#### 四、冬季東亞副熱帶噴流與台灣地區降水和溫度之關係

冬季台灣正位於東亞副熱帶噴流入區南邊的高層輻散，底層輻合區附近。而這由噴流所引發的底層輻合將對台灣地區的溫度與降水產生何種影響？我們利用 22 年的觀測資料進行分析，希望能了解其中的關連。

##### (一) 與月(季)雨日之關係

根據表一可發現，連續三個月雨日皆大於月氣候平均雨日者(藍色粗斜體者)，似乎與 ENSO 事件的發生有某種程度上的相關；而連續三個月雨日皆小於月平均雨日者(紅色底線者)，則發生於正常年和較弱的 ENSO 事件年。由於月降雨日變異度大(表一)，即有明顯乾/濕年分別；因此將月雨日以多雨日和少雨日之別，以利我們分析。結果顯示：二月多(少)雨日與噴流南(北)移存在著良好的關係。而它月未有良好關係之可能原因為噴流平均位置較二月為往北分布。

##### (二) 與各月(季)平均降水量之關係

由於各月(季)平均降水量之變異度較大，有明顯乾濕年之區別，但與噴流條強度直接線性關係並不佳。不過仍可發現當台灣地區降水量較多(少)時，多數之噴流條多會南(北)移，其中以二月與整個冬季的關係較佳。但當噴流南(北)移時，並不代表台灣地區降水較多(少)，如表二。另由圖 2(b)，二月噴流位置與強度在 $120^{\circ}\text{E}$ 和台北測站二月平均降水比率隨時間的分布圖亦可發現噴流條南移至 $26^{\circ}\text{N}$ 以南時，台北地區降水比率皆有大幅度的增加；反之(噴流條在 $26^{\circ}\text{N}$ 以北時)則大部分台北地區之降水比率為低於標準值。1990 年二月 200hPa 平均風速雖未達 60m/s，但相對強風軸位於 $26 \sim 28^{\circ}\text{N}$ 之間，故初步研判噴流強度可能為 1990 年二月降水相對較多的原因之一。十二月(圖 2(a))及一月(圖略)噴流位置皆未達 $26^{\circ}\text{N}$ (1998/1999 除外)，且噴流強度較弱，可能為兩者(噴流與降水)關係不佳之原因之一。

##### (三) 與均溫變化之關係

依氣象局所求得的 22 年月平均溫度資料顯示，各月均溫皆有逐漸暖化的趨勢，尤以十二月最為明顯。

我們由統計上發現，當噴流條位置南移(北移)且噴流強度(各月噴流條面積與平均噴流條在

表二、台北地區降水比率與副熱帶噴流條位置。藍色粗斜體者為多雨年前三名，紅色底線者為降水最少年前三名。

Dec (precp = 72.08mm, SD(precp) = 40.65)

| 噴流條位置 \ 降水比率 | $r > 1.3$                 | $1.3 \geq r \geq 0.7$ | $0.7 > r$         |
|--------------|---------------------------|-----------------------|-------------------|
| 北移           | 81、 <b>98</b> 、 <b>00</b> | 86、91、94              | 84、88、01          |
| 無明顯南移或北移     | 99                        | 87                    | <u>90</u> 、93     |
| 南移           | <b>85</b> 、89             | 82、83、92、<br>97       | 80、 <u>95</u> 、96 |

Jan (precip = 86.94mm, SD(precip) = 50.79)

| 噴流條位置 \ 降水比率 | $r > 1.3$          | $1.3 \geq r \geq 0.7$ | $0.7 > r$       |
|--------------|--------------------|-----------------------|-----------------|
| 北移           | 88                 | 92                    | 81、89、99、<br>00 |
| 無明顯南移或北移     | 90                 | 94、95                 | 87、96           |
| 南移           | 80、83、93、<br>98、01 | 84、85、86、<br>91、97    | 82              |

Feb (precip = 192.66mm, SD(precip) = 150.46)

| 噴流條位置 \ 降水比率 | $r > 1.3$          | $1.3 \geq r \geq 0.7$ | $0.7 > r$             |
|--------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| 北移           |                    | 97、99                 | 84、87、88、<br>89、93、01 |
| 無明顯南移或北移     |                    | 81、90                 | 82、96                 |
| 南移           | 83、85、92、<br>98、00 | 80、86、94、<br>95       | 91                    |

W (precip = 348.3mm, SD(precip) = 176.16)

| 噴流條位置 \ 降水比率 | $r > 1.3$                 | $1.3 \geq r \geq 0.7$ | $0.7 > r$                   |
|--------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| 北移           | 89/90、91/92               | 87/88、00/01           | 86/87、88/89、<br>92/93、98/99 |
| 無明顯南移或北移     | 99/00                     | 93/94、<br>94/95、96/97 | 95/96                       |
| 南移           | 82/83、<br>84/85、<br>97/98 | 85/86                 | 80/81、81/82、<br>83/84、90/91 |

120°E 之比較) 增強(減弱)時, 與台灣地區月平均溫度變化皆有顯著的相關, 尤以二月(圖 2(d)) 最佳。而如果只有單一因子存在(即噴流條位置南移或噴流強度增強), 兩者關係亦存在著相關, 但關係較為不明顯著。如果此兩個因子不能互相配合時, 即噴流條位置南移(北移)而噴流強度卻減弱(增強)時, 則需進一步探討是由何種因子主導台灣地區月平均溫度之變化。

## 五、小結

在本研究中我們使用了 22 年(1980-2001 年) NCEP 再分析資料, 來探討冬季副熱帶噴流與台灣短期氣候之關聯性, 並對副熱帶噴流與 ENSO 作簡

單的探討。以下為本研究所得冬季東亞副熱帶噴流與台灣地區短期氣候變遷可能之關係。

1、副熱帶噴流條的入區及出區經、緯度年際變化和局部地區(120°E 和 140°E) 內部週期性的振盪皆可能會因 ENSO 事件的發生而改變其原有的週期性振盪。

2、副熱帶噴流條入區位置的南北移動與台灣地區(台北測站) 二月降水量與月均溫存在著良好的相關, 而他月關係較不佳可能與其噴流條入區位置較為往北偏(皆在 26°N 以北) 或強度較弱有關。

3、噴流影響局部地區短期氣候變異似乎與其噴流條南北位置有重大關係, 而噴流強度之影響為次。

## 六、未來工作

為了更進一步探討副熱帶噴流對台灣地區冬季短期氣候的影響, 並評估副熱帶噴流作為台灣地區短期氣候預報參考之價值, 我們希望延長觀測與分析時間和範圍, 以整個冬半球(十月至隔年三月) 與北非副熱帶噴流(東亞副熱帶噴流的上游) 年際變化之分析為下一步即將進行之工作。

## 參考文獻

- 王作台和林士哲, 2002: “東亞夏季季風活動與兩次高空西風噴流位置北跳關係之研究”, *氣象預報與分析*, 171 期, 17-33
- 郭勉之和林松錦, 東亞夏季季風環流的建立過程, *第七屆全國大氣科學學術研討會論文集編*, 台北, 358-390.
- 陳泰然, 1993: *天氣學原理*, 第二版, 八章四節, 聯經出版社, 台北市, 183-202.
- Chang, C.-P., and K.G.Lum, 1985: Tropical-midlatitude interactions over Asia and the western Pacific Ocean during the 1983/84 northern winter. *Mon. Wea. Rev.*, 113, 1345-1358.
- Chang, C.-P., 1984: Energy transformations in the East Asia-West Pacific Jet Stream. *Mon. Wea. Rev.*, 112, 563-574.
- Cressman, G. P., 1981: Circulation of the West Pacific Jet Stream. *Mon. Wea. Rev.*, 109, 2450-2463.
- Krishnamurti, T. N., 1960: The subtropical jet stream of winter, *J. Meteor.*, 18, 172-191.

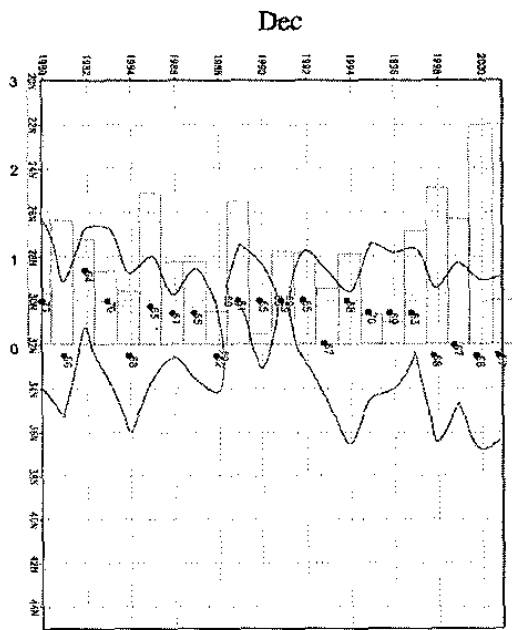


圖 2 (a)

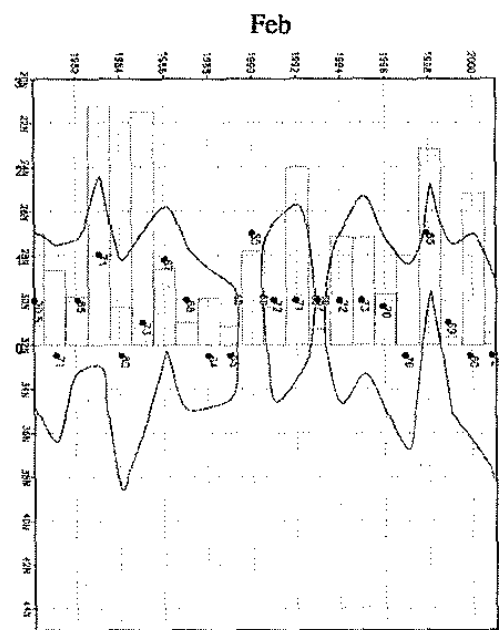


圖 2 (b)

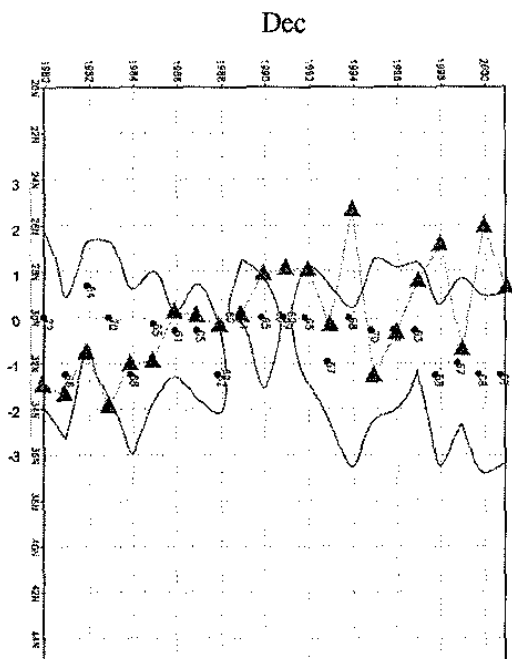


圖 2 (c)

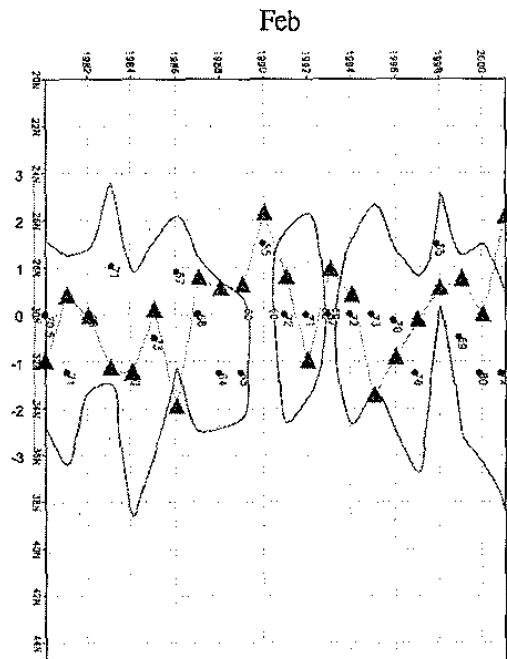


圖 2 (d)

圖二、副熱帶噴流條在東經 120 度與台北地區降水比率（圖二(a)、(b)）與溫度距平（圖二(c)、(d)）隨時間的變化情形。圖中 ● 為噴流在東經 120 度最強處與其風速值（單位：m/s）；▲ 為溫度距平值（單位： $^{\circ}\text{C}$ ）。