

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

高中組 地球與行星科學科

第三名

051908

甩尾颱風

學校名稱：裕德學校財團法人新北市裕德高級中等學  
校

作者：  高二 吳芷彤  高二 李繕希  高二 紀丞業	指導老師：  簡寶貴
---	------------------

關鍵詞：颱風轉向

# 甩尾颱風

## 摘要

所謂「甩尾颱風」我們定義颱風移動期間行進方向急轉超過 90 度，就稱為甩尾颱風也稱為大轉向颱風；為了探討西北太平洋颱風大轉向的原因，以及了解颱風大轉向期間的經緯度分佈與轉角大小、颱風強弱變化、轉向花費時間和季節的關聯性。我們找出 56 個符合的颱風(其中包含一個颱風不同時間點出現 2~3 次的大轉向)，依序分類、再參考中央氣象局的天氣圖與歷年颱風調查報告等資料，分別做出各種歸納與整理、並且提出我們的想法和結論。

## 壹、研究動機

高中地球科學課程已經介紹過颱風，也知道西北颱、共伴效應、藤原效應等基本知識。去年(2022 年)的 8 月 29 日至 9 月 6 日，軒蘭諾颱風從生成到結束過程充滿驚奇，先是併吞了一個熱低壓後朝台灣東北部海面而來，緊接著宛如棒球投手投出下墜球般往台灣東南部海面直撲而來，沒想到軒蘭諾在 21°N、126°E 海面滯留、而後大轉向、沿著 125°E 海面直直北上至 30°N 後再轉向南韓方向；我們好奇颱風為何會大轉向，因此從中央氣象局的歷史颱風資料找出所有大轉向的颱風，並且從天氣圖與歷年颱風調查報告等資料，探討西北太平洋颱風大角度轉向的原因，以及探索颱風大角度轉向期間的經緯度分佈與轉角大小、颱風強弱變化、轉向花費時間和季節等的關聯性。

## 貳、研究目的

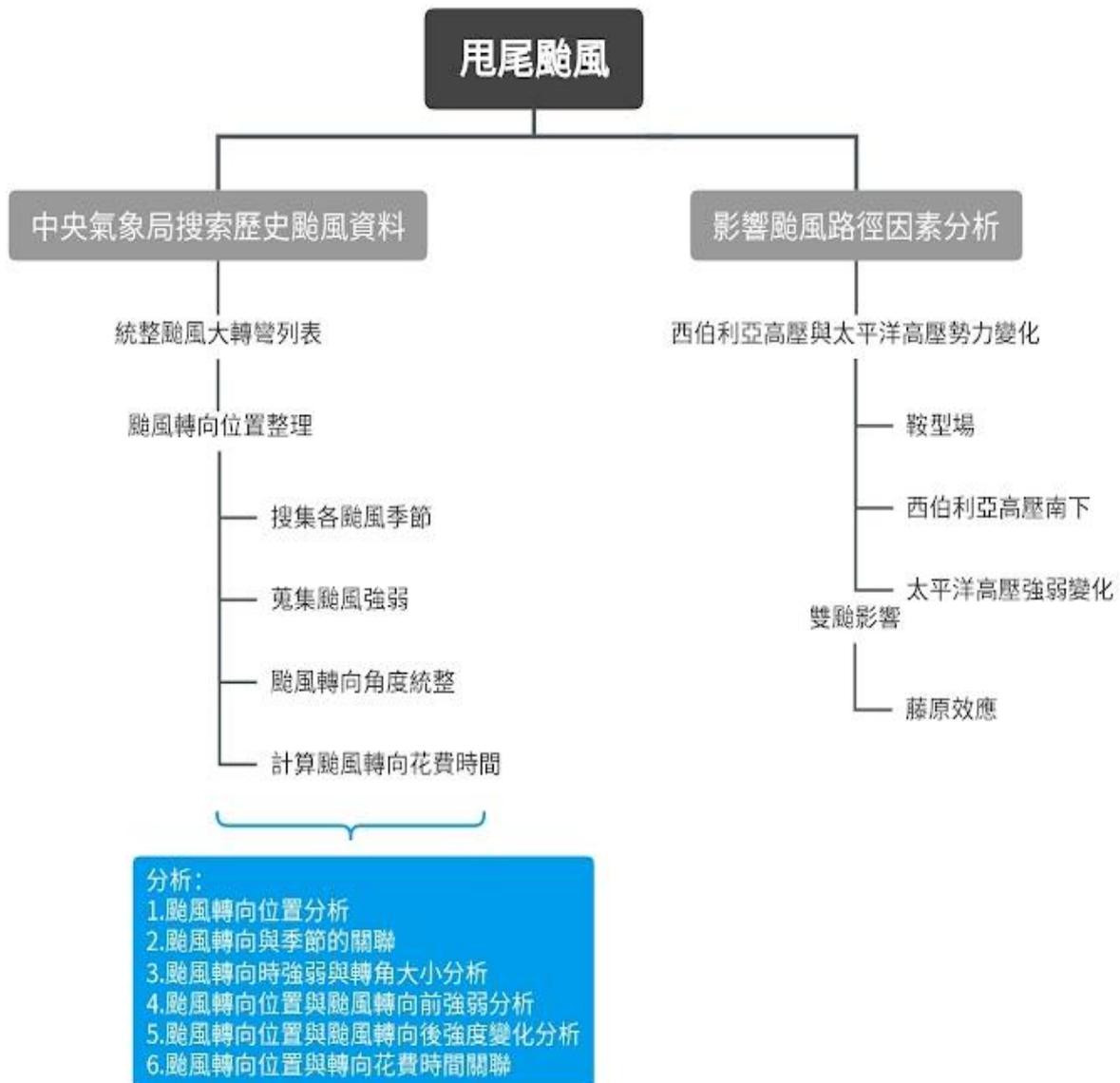
- 一、探討西北太平洋颱風大轉向的各種可能原因。
- 二、了解西北太平洋從 1959~2022 年期間，颱風大轉向時的經緯度分佈。
- 三、探討颱風大轉向與季節的關聯。
- 四、探討颱風大轉向時轉角大小與颱風強弱的關聯。
- 五、探討颱風大轉向前後強度變化與經緯度的關係。
- 六、探討颱風大角度轉向時颱風強弱與轉彎花費時間的關聯。

## 參、研究器材

電腦 平板

## 肆、研究過程

### 一、研究架構



## 二、影響颱風路徑因素說明

1. 一般情況下，西北太平洋颱風經常生成在太平洋副熱帶高壓(以下簡稱副高)的南緣，形成後會沿著副高的導引氣流順時針移動，移動路徑大致有三種較常見:

(1)第一種- 副高強大且高壓脊線呈東西向時，颱風形成後穩定西行容易經巴士海峽或菲律賓進入南海，如圖1、2、3。



圖 1: 颱風路徑與副高關係示意圖

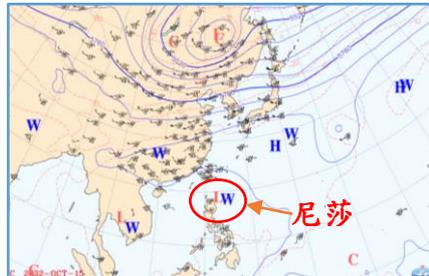


圖 2: 2022-10-15 尼莎颱風 500hpa 天氣圖



圖 3: 2022 尼莎颱風路徑圖

(2) 第二種- 副高稍弱且高壓脊線呈西北-東南向時，颱風形成後向西北行進可能登陸台灣，如圖4、5、6。



圖 4: 颱風路徑與副高關係示意圖

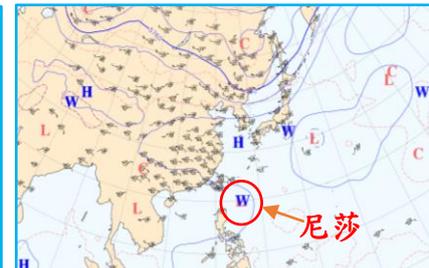


圖 5: 2017-07-28 尼莎颱風 500hpa 天氣圖



圖 6: 2017 尼莎颱風路徑圖

(3) 第三種- 副高減弱或斷裂，颱風形成後向西北移動，而後在25°N附近轉向東北方繼續向日本方向行進，如圖7、8、9。



圖 7: 颱風路徑與副高關係示意圖

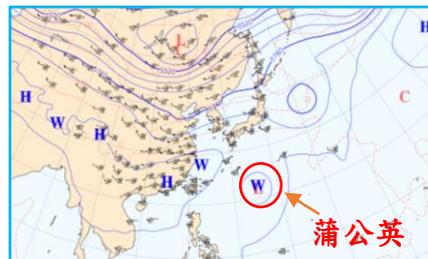


圖 8: 2021-09-28 蒲公英颱風 500hpa 天氣圖



圖 9: 2021 蒲公英颱風路徑圖

2.我們將影響颱風路徑的因素做以下分類，如表1。

分類	西伯利亞高壓與太平洋副熱帶高壓勢力變化			雙颱風影響
原因	鞍型場-- 高壓脊分裂	西伯利亞高壓南下 (伴隨鋒面系統)	太平洋高壓強弱變化 (伴隨南海季風環流 變化)	藤原效應

表 1: 颱風轉向原因分類

- (1) **鞍型場**--當北方高壓南下、靠近，或高壓分裂，都可能導致鞍型氣壓場的出現，使得颱風困在兩個高壓之間，以致導引氣流不明顯、颱風滯留，而後大氣環境改變，颱風才改變方向加速前進。如圖 10、11。



圖 10: 為 500hpa 副熱帶高壓脊斷裂所形成的鞍型場示意圖

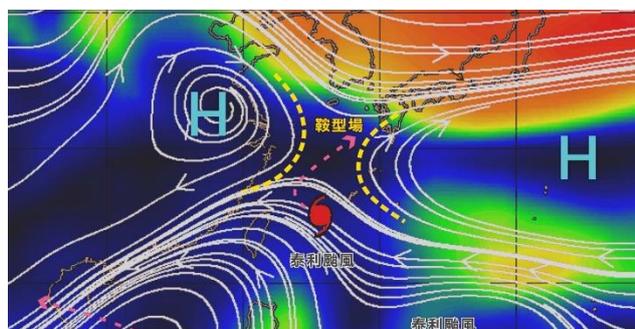


圖 11: 圖片取自「台灣颱風論壇」2017 年泰利颱風風場示意圖

- (2) **西伯利亞高壓南下**--當西伯利亞冷高壓南下並形成鋒面，鋒面東移時副高往往東退，使得颱風夾在兩個高壓之間而失去明確的導引，經常使得颱風滯留甚至引起共伴效應，如圖 12，待鋒面系統遠離或消失，颱風即加速行進，如圖 13。

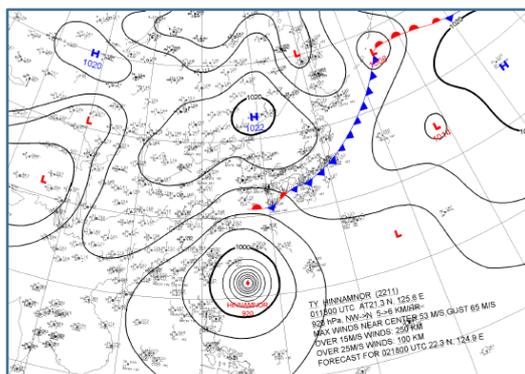


圖 12: 2022 年軒蘭諾颱風滯留時的天氣圖

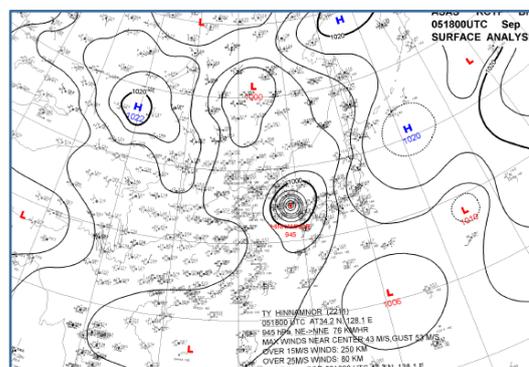


圖 13: 軒蘭諾颱風加速移動時的天氣圖

(3)太平洋高壓強弱變化--有時天氣圖上未出現鋒面但颱風北方有低壓槽線接近，颱風也會滯留而後轉向，如圖 14。

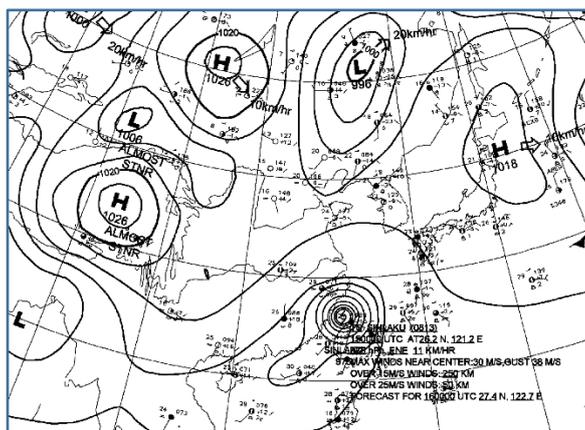


圖 14: 2008 年辛樂克颱風滯留時的天氣圖

(4) 副高減弱伴隨南海季風環流變化 --當颱風位於菲律賓西方海域時，如果副高強弱出現變化、同時西南季風強弱也出現變化，那就會讓颱風失去明確的導引氣流，而出現滯留、甚至大轉向。如圖 15。

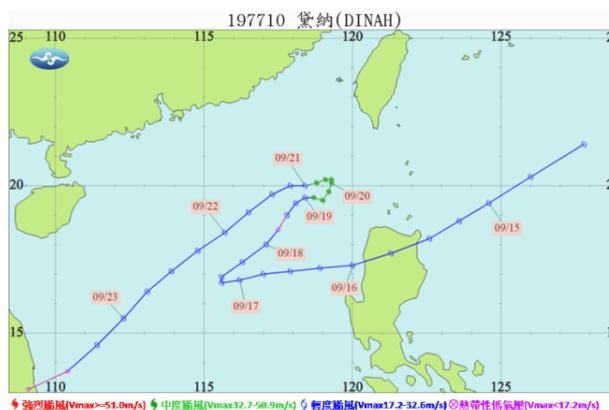


圖 15: 1977 年黛納颱風路徑圖

(5) 藤原效應--當藤原效應發生時，北半球雙颱風會以共同質量中心逆時針互繞，通常氣旋環流相對較大者，在相互作用中路徑較少受影響；而氣旋環流相對較小者會出現滯留、打轉等不規則路徑(陳營華、何嘉玲，2001)。2012 年天秤與布拉萬颱風發生典型的藤原效應，天秤颱風從台東登陸台灣後，因為與布拉萬颱風產生藤原效應，天秤颱風滯留台灣海峽南部，受布拉萬颱風的牽引而繞回巴士海峽後沿臺灣東部海面北上就是最好的例子。如圖 16~20。

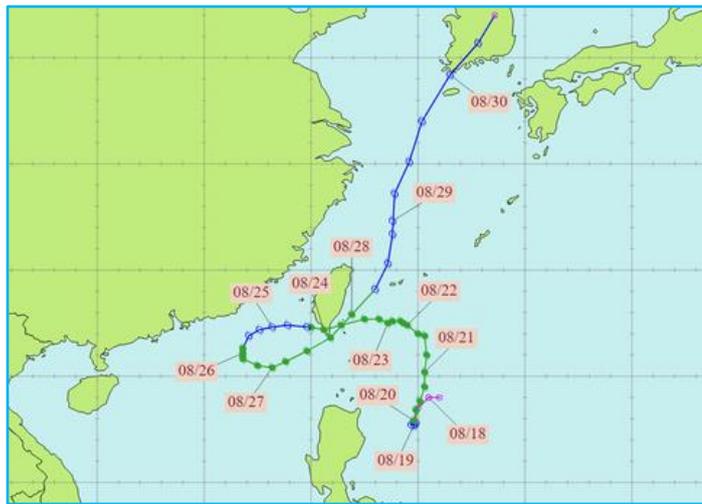


圖 16: 2012 年天秤颱風路徑圖

地面天氣圖:

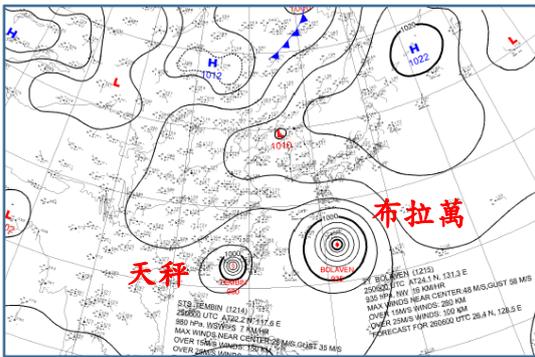


圖 17: 天秤與布拉萬颱風互繞 -1

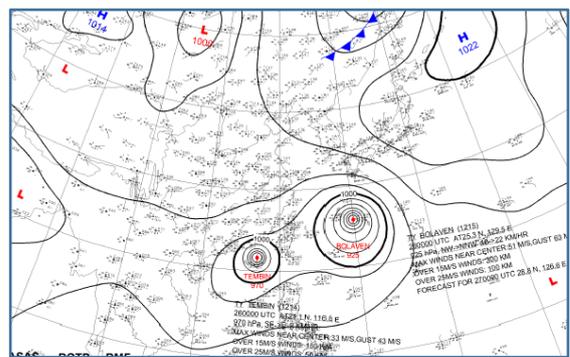


圖 18: 天秤與布拉萬颱風互繞 -2

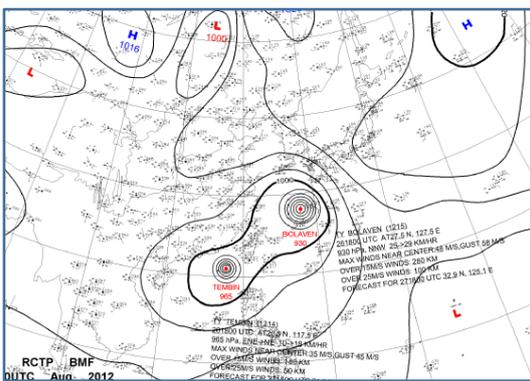


圖 19: 天秤與布拉萬颱風互繞 -3

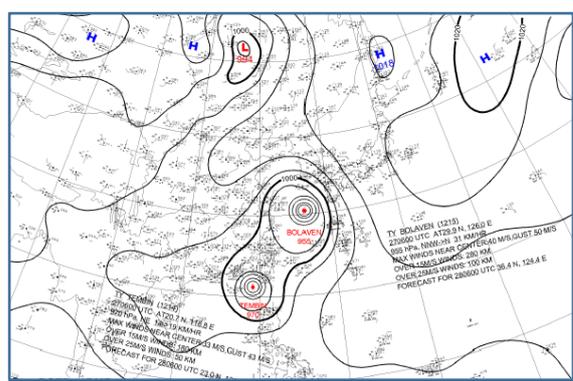


圖 20: 天秤與布拉萬颱風互繞 -4

### 三、大轉向颱風的定義:

何謂大轉向颱風，我們定義颱風移動方向急轉超過90度，就認定為大轉向颱風；而角度認定如下列例子:

(一)颱風移動路徑如圖21，則定義其轉向角度為  $\theta$ ， $\theta > 90^\circ$ 。

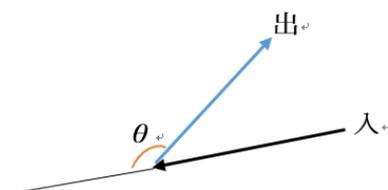


圖 21: 颱風行進方向改變示意圖

(二)颱風移動路徑如圖22，則定義其轉向角度為:  $180^\circ$ 。



圖 22: 颱風行進方向改變示意圖

(三)颱風移動路徑如圖23，則定義其轉向角度為:  $180^\circ + \theta$ 。

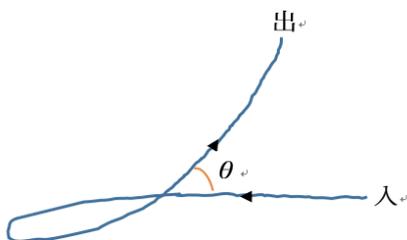


圖 23: 颱風行進方向改變示意圖

### 四、西北太平洋颱風大轉向的經緯度分佈與轉角大小、颱風強弱變化、轉向花費時間和季節的關聯

從中央氣象局歷史颱風紀錄1959~2022年中，共選取56個符合我們定義的大轉向颱風路徑；其中包含一個颱風不同時間點出現2~3次的大轉向，因為每次轉向原因可能不同；另外，我們不選取颱風剛剛形成初期路徑飄忽不定的階段，也不選取颱風生命期中的熱低壓階段。再進行以下各種分析與比較。

### (一) 颱風轉向位置分析

我們以台灣為中心，並以 $23.5^{\circ}\text{N}$ 、 $120^{\circ}\text{E}$ 線將靠近台灣附近的西北太平洋海域區分成四個象限，如圖24，依颱風轉向時的經、緯度位置，分別標記其所屬象限，再進行比較、分析。

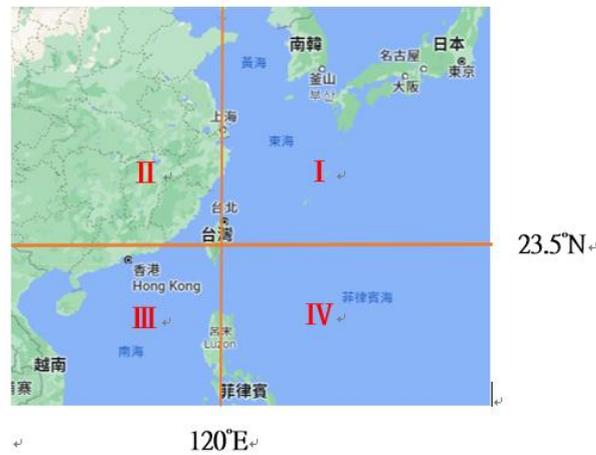


圖 24: 將西北太平洋海域區分成四個象限

象限說明如圖25~圖27:

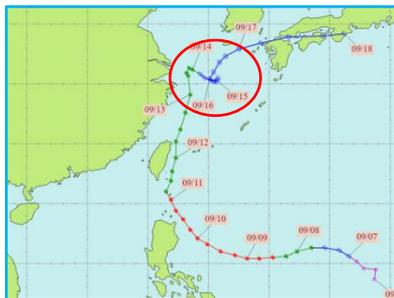


圖 25: 颱風轉向處為第一象限

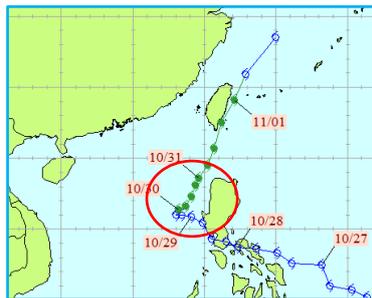


圖 26: 颱風轉向處為第三象限

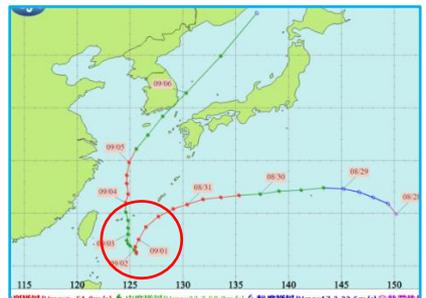


圖 27: 颱風轉向處為第四象限

### (二) 颱風轉向位置與季節的關聯

標示出各象限颱風大轉向時的季節，統計不同季節颱風大轉向的數量，並比較不同季節的颱風轉向位置的差異。

### (三) 颱風轉向時轉角大小分析

利用我們對颱風轉向的角度定義，依颱風路徑圖分別將各颱風的轉角大小求出，分析颱風轉角大小的分布、轉角大小與颱風強弱的關係。

#### (四) 颱風轉向位置與颱風轉向前強弱分析

標示出各象限颱風轉向時的強度，比較不同象限與颱風強弱的關係。

(所謂轉向時的強度，因為颱風轉向前經常出現滯留現象，使得颱風在轉向前、後強度經常出現變化而有所不同，我們統一取改變方向前的颱風強度。)

颱風強度說明: 如圖28、29箭頭所指處。

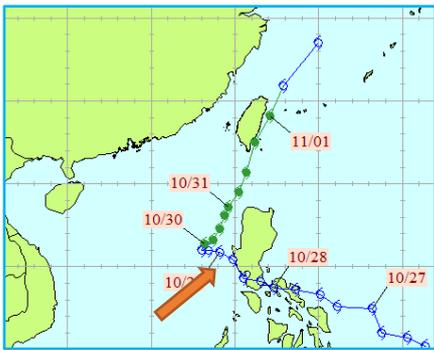


圖 28: 轉向時為輕度颱風

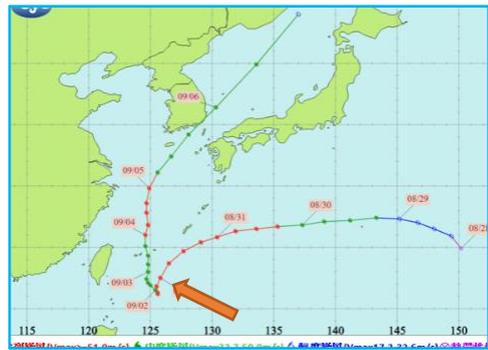


圖 29: 轉向時為強烈颱風

#### (五) 颱風轉向位置與颱風轉向後強度變化分析

將所有大轉向颱風在轉向後的強度變化標示，並且加以統計、比較、分析。

#### (六) 颱風轉向位置與轉向花費時間關聯

標示出各象限颱風轉向花費的時間，比較颱風在不同象限轉向所需時間有何不同。(所謂轉向花費的時間，我們定義: 因為颱風轉向前會出現減速或滯留現象，當颱風轉向後經常會加速前進，一般認為颱風移動速率小於10km/hr即接近滯留狀態，所以我們統一取颱風改變方向前、後的移動速率小於10km/hr期間所花費時間，稱為颱風轉向所需時間。另外，有少數颱風生命週期間移動速率皆小於10km/hr，或移動速率皆大於10km/hr，我們則取方向開始改變時刻至轉向後移動方向固定止，所花費時間為颱風轉向所需時間。)

### 三、西北太平洋颱風大轉向的原因歸納

當颱風快速移動後突然減速、滯留，接下來轉向的可能性很高，甚至移動路徑飄忽不定、來來回回繞圈子，而被歸類為怪颱，我們認為怪颱必然有特殊的大氣環境或其他因素造成的，因此分析颱風轉向前後的天氣圖、颱風警報單與各颱風或各年份的調查報告等，找出每個大轉向颱風的主要因素並按照表 1 加以分類。

## 伍、結果與討論

### 一、西北太平洋颱風大轉向的經緯度分佈與轉角大小、颱風強弱、轉向花費時間和季節的關聯

從中央氣象局歷史颱風紀錄中，共選取56個(次)符合我們定義的大轉向的颱風，進行以下各種分析與比較的結果與討論如下:

#### (一)颱風轉向位置分析

我們以台灣為中心，並以 $23.5^{\circ}\text{N}$ 、 $120^{\circ}\text{E}$ 線將靠近台灣附近的西北太平洋海面區分成四個象限，依颱風轉向時的位置分別標記其所屬象限，計算各象限百分比，如圖30。

結果:

1. 第一象限( $23.5^{\circ}\text{N}$ 以北、 $120^{\circ}\text{E}$ 以東) 共21個颱風，佔37.5%。
2. 第二象限( $23.5^{\circ}\text{N}$ 以北、 $120^{\circ}\text{E}$ 以西) 共 0個颱風。
3. 第三象限( $23.5^{\circ}\text{N}$ 以南、 $120^{\circ}\text{E}$ 以西) 共19個颱風，佔33.9%。
4. 第四象限( $23.5^{\circ}\text{N}$ 以南、 $120^{\circ}\text{E}$ 以東) 共16個颱風，佔28.6%。

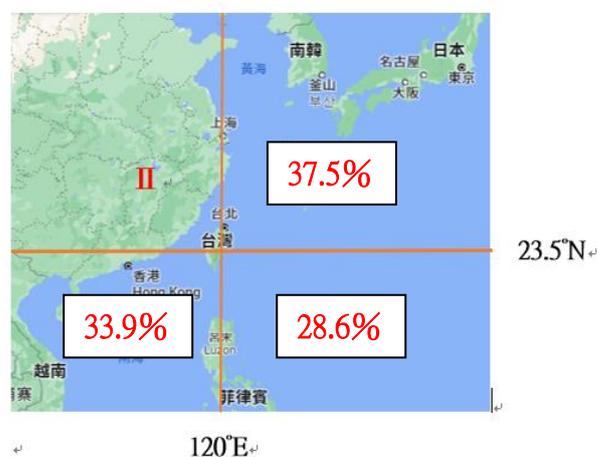


圖 30: 颱風轉向位置在各象限的百分比

### 討論:

1. 第一象限(23.5°N以北、120°E以東)的海面範圍廣闊出現大轉向現象的比例最高，颱風通常不在此區域生成，當颱風到達此區域海面因為容易受到西伯利亞高壓南下的影響，而大幅改變其行進方向，所以颱風出現大轉向機率最高。
2. 第二象限(23.5°N以北、120°E以西)的海面範圍太窄，通常到達此處的颱風多數直接進入中國大陸而減弱、消散，並未出現大轉向現象。
3. 第三象限(23.5°N以南、120°E以西)的海面範圍較小，但出現大轉向現象的相對比例居次，此海域雖不大，在此處生成的颱風數量也不算多，但大轉向颱風卻不少，因為此海域除了受到太平洋副熱帶高壓變化影響外，還會受南海季風影響。
4. 第四象限(23.5°N以南、120°E以東)的海面範圍雖廣闊但出現大轉向現象的比例最小，颱風最常在此海域生成，當颱風行進方向穩定後又立即大轉向的機率相對最小。此區域颱風形成後幾乎只受到副高外圍環流導引而移動，故颱風大轉向比例最小。

### (二)颱風大轉向與季節的關聯

對於季節，一般大眾以國曆(陽曆)的6、7、8月為夏季；9、10、11月為秋季。然而若以民間24節氣而言，則大約國曆的5、6、7月為夏季(立夏起即為夏天、約5月6日)；8、9、10月為秋季(立秋起即為秋天、約8月8日)；因此我們分別加以統計。

### 結果:

1. 以陽曆區分季節，統計出各象限颱風轉向時的季節，比較不同象限與颱風季節的關係如表2、圖31。

颱風個數	春颱 (3、4、5月)	夏颱 (6、7、8月)	秋颱 (9、10、11月)
第一象限(21個)	0	13	8
第三象限(19個)	1	7	11
第四象限(16個)	0	8	8
總數(個)	1	28	27

表 2: 颱風轉向與季節關係(依陽曆)

2. 以24節氣區分，統計出各象限颱風轉向時的季節，比較不同象限與颱風季節的關係如表3、圖32：

颱風個數	春颱 (2、3、4月)	夏颱 (5、6、7月)	秋颱 (8、9、10月)
第一象限(21個)	0	6	15
第三象限(19個)	0	6	13
第四象限(16個)	0	4	12
<b>總數(個)</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>40</b>

表 3: 颱風轉向與季節關係(依節氣)

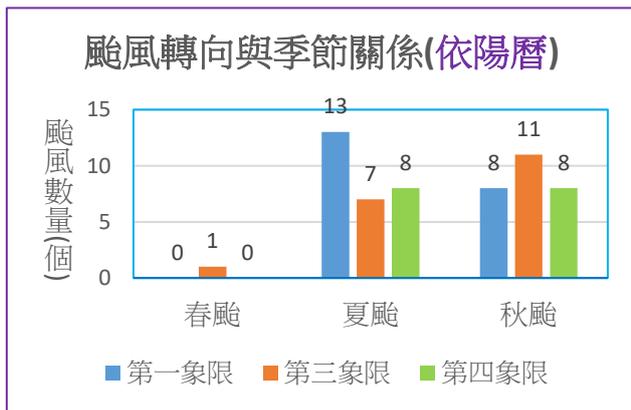


圖 31: 颱風轉向與季節關係圖(依陽曆)

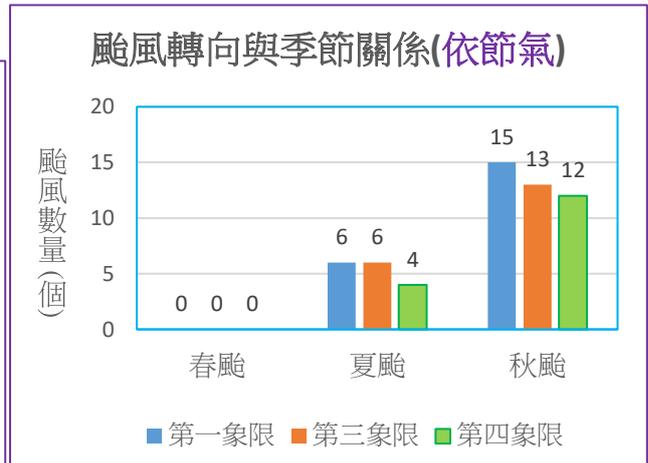


圖 32: 颱風轉向與季節關係圖(依節氣)

### 討論:

1. 以陽曆分類，夏颱與秋颱大轉向的颱風總數相當，如表2；以節氣分類，夏颱與秋颱大轉向的颱風總數就有顯著差異，多數的大轉向颱風都出現在秋季，如表3。為何有如此的差異，因為8月對緯度較低的台灣來說仍然是炎熱的夏天，然而對較高緯度地區而言，立秋(大約8月8日)過後晝夜溫差即慢慢增加，西伯利亞冷氣團開始增強、南下，北方冷鋒面開始形成，雖然此時鋒面系統不會影響到台灣，但是大氣環境已經在慢慢改變，所以颱風出現大轉向的機會大大增加。

2. 比較圖31與圖32，依節氣定義四季則各象限夏颱風均減少，秋颱風均明顯增加，尤其以第一象限大轉向的秋颱風數目增加最多，因為此時第一象限受西伯利亞高壓影響最顯著。證明「秋颱風」應該是以民間24節氣的方式分類更貼近大氣環境的變動。
3. 圖33、34為部分大轉向的秋颱風與夏颱風的路徑疊加圖，兩圖比較可以看出秋颱風路徑較偏北，登陸韓國機率高很多；夏颱風生成緯度、路徑偏南，登陸中國大陸的機率較高。

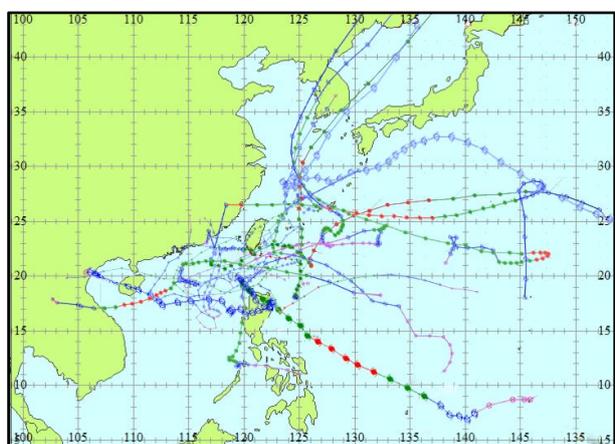


圖 33：部分秋颱風路徑圖

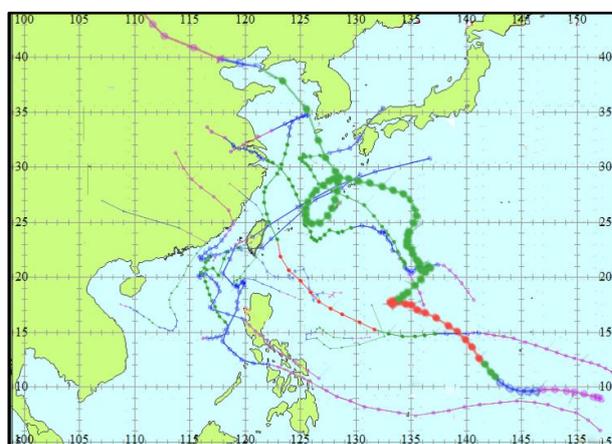


圖 34：夏颱風路徑圖

4. 西伯利亞高壓與太平洋副熱帶高壓兩者勢力的消長影響颱風路徑非常明顯，其中尤以秋颱風為甚。范銚燠、趙家民與葛晉澤(2008)在秋颱風侵襲台灣之路徑與降雨特性研究中，提出以下結論可驗證：(一) 秋季颱風可能受到大陸南下高壓系統的影響，在台灣地區形成東北季風共伴效應。(二) 颱風行經台灣附近時，如在北方或東北方有鋒面低壓系統，將受其牽引偏北或東北移動。(三) 秋颱風之移行路徑有兩股趨勢方向，其一是行經緯度較低者，受制於北方強大高壓影響，大多以偏西方向移行前進；其二則是行經緯度較高者，若受到鋒面系統低壓槽的牽引，幾乎都是由原來之西行，轉而改東北方向移動。(四)秋颱風另一特色是其路徑容易出現特殊路徑，令人捉摸不定。

### (三) 颱風轉向轉角大小分析

將各所有符合大轉向颱風的轉角求出，分析轉角大小的分布。

結果如表4、圖35。轉角 $\theta$ 範圍每45°統計颱風數量。

轉角 $\theta$	$90^\circ < \theta < 135^\circ$	$135^\circ \leq \theta < 180^\circ$	$180^\circ \leq \theta < 225^\circ$	$225^\circ \leq \theta < 270^\circ$	$270^\circ \leq \theta \leq 360^\circ$
颱風(個)	27	11	12	2	4

表 4: 颱風轉角大小與颱風數目關係

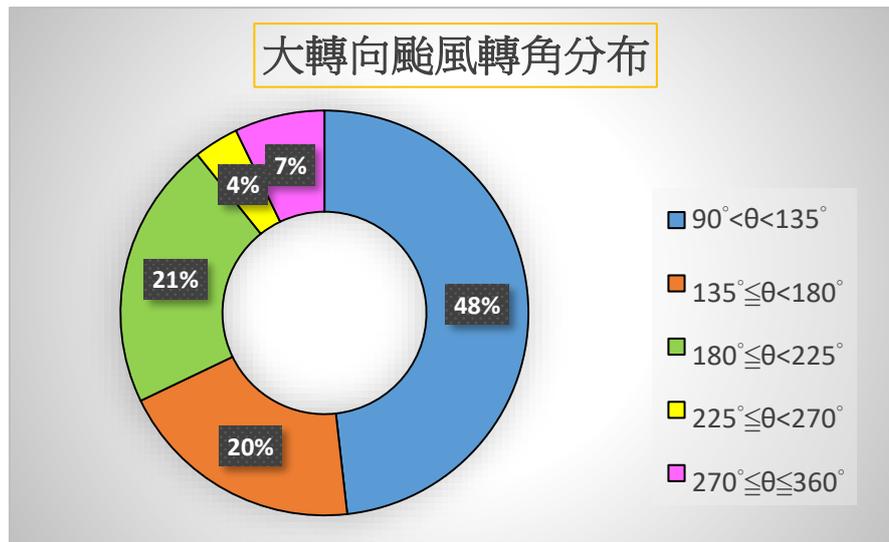


圖 35：颱風轉角大小與颱風數目關係

**討論:**

1. 大轉向颱風轉角  $\theta$ ， $90^\circ < \theta < 135^\circ$  佔最多數。
2. 大部分颱風轉角皆小於  $225^\circ$ ，轉角大於  $225^\circ$  的颱風非常少；顯示出現颱風迷航的情況並不多見，除非大氣環境情況極為特殊。

**(四) 颱風大轉向前時強弱分析、颱風強弱與轉角  $\theta$  範圍關係**

1. 標示出轉向時的強度，分析颱風強弱與大轉向的關係。結果如表5、圖36。

颱風個數	輕颱	中颱	強颱
56	33	14	9

表 5: 颱風轉向時的強弱

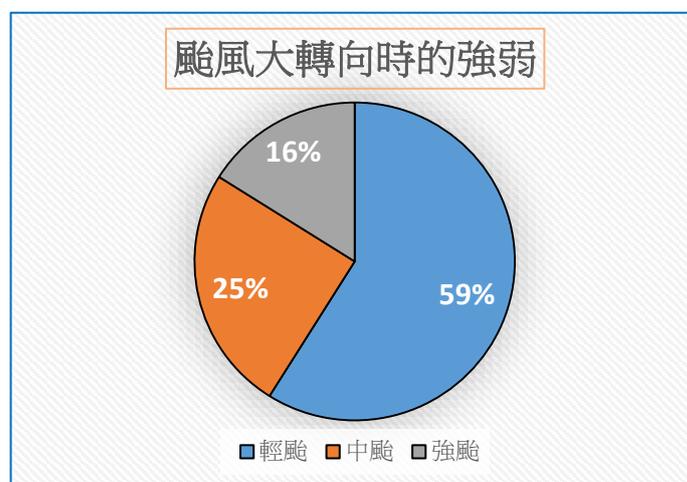


圖 36：颱風轉向的強弱關係圖

討論:

1. 在颱風的生命週期中強、弱隨時可能因為緯度、海面狀況、大氣環境、移動速度而發生變化，從表5、圖36可以看出多數颱風的大轉向是出現在輕颱期間而強颱期間最少，可見**颱風在強颱期間較不易出現大角度轉向**，應該是強颱時期颱風範圍大、水氣多、質量大、旋轉氣流也強，要大角度改變颱風的行進方向較不容易，除非有很特別的大氣環境出現。

2. 所有大轉向颱風，颱風強弱與轉角  $\theta$  範圍關係如表6、圖37。

颱風強弱	颱風個數	轉角 $\theta$ 範圍
輕颱	33	$90^\circ < \theta \leq 360^\circ$
中颱	14	$90^\circ < \theta \leq 270^\circ$
強颱	9	$100^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$

表 6: 所有颱風轉向角度與颱風強弱的關係

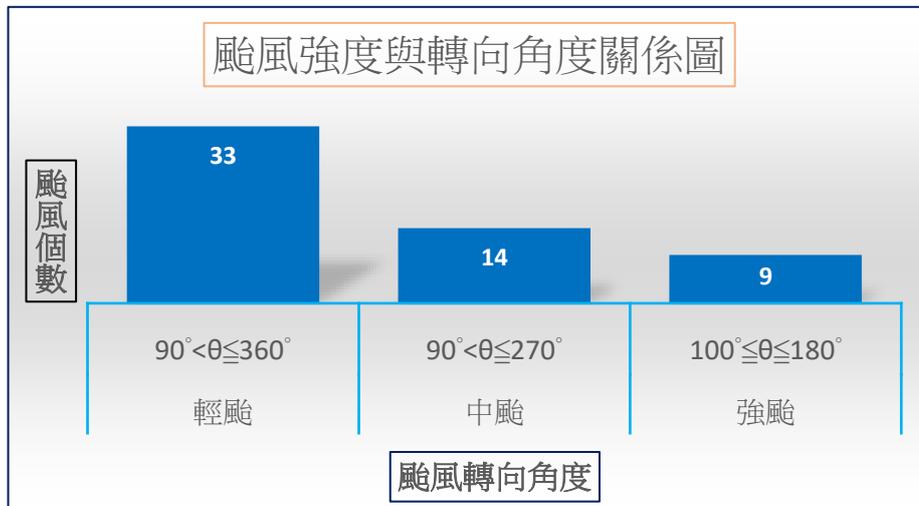


圖 37: 所有颱風轉向角度與颱風強弱的關係

討論:

1. 從圖37可以看到輕颱轉角範圍最大( $90^\circ < \theta \leq 360^\circ$ )，強颱轉角範圍最小( $100^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ )，這似乎符合前項的說法，也就是**颱風在強颱期間較不容易出現大轉向**，縱使因大氣環境改變而出現大轉向，其轉向角度也相對最小，不超過 $180^\circ$ 。

## (五) 颱風轉向位置與颱風轉向後強度變化分析

1. 標示出所有大轉向颱風轉向後強度變化。

結果: 如表7、圖38。

颱風強弱變化	第一象限	第三象限	第四象限
強度增強(個)	3	7	4
強度減弱(個)	5	1	4
強度不變(個)	15	14	8

表 7：颱風轉向後強度變化

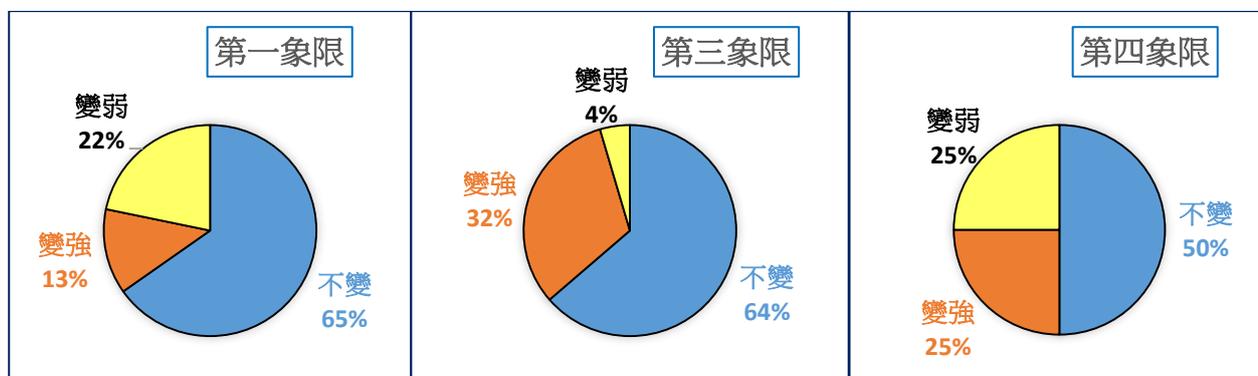


圖 38：颱風轉向後強度變化圖

### 討論:

1. 我們以為颱風大轉向之前的滯留期間，颱風容易繼續吸取洋面熱量因而強度增強，但比較圖38，發現各象限有所不同，說明如下：

- (1) 各象限颱風轉向後強度不變的比率最高。但這不表示颱風強度完全不變，只是變化不夠明顯。
- (2) 大轉向後颱風強度變強比率則是：第三象限 > 第四象限 > 第一象限，原因是第三象限與第四象限的緯度較低、海溫較高，颱風在此處滯留期間繼續吸取洋面熱量因而強度增強；但是第一象限的緯度較高、海溫較低，不利颱風增強。
- (3) 第三象限颱風強度變強比率最高、變弱比率最低，此處除了緯度低外也跟西南季風帶來赤道附近熱量有關。

## (六) 颱風強弱與轉向花費時間關聯

將我們能找到並完整算出颱風轉向花費時間的資料整理。

結果: 如表8、圖39。

颱風強弱	颱風個數	轉向費時T(小時)
強颱	3	$20 \leq T \leq 26$
中颱	6	$15 \leq T \leq 36$
輕颱	10	$9 \leq T \leq 54$

表 8: 颱風強弱與轉向費時關係

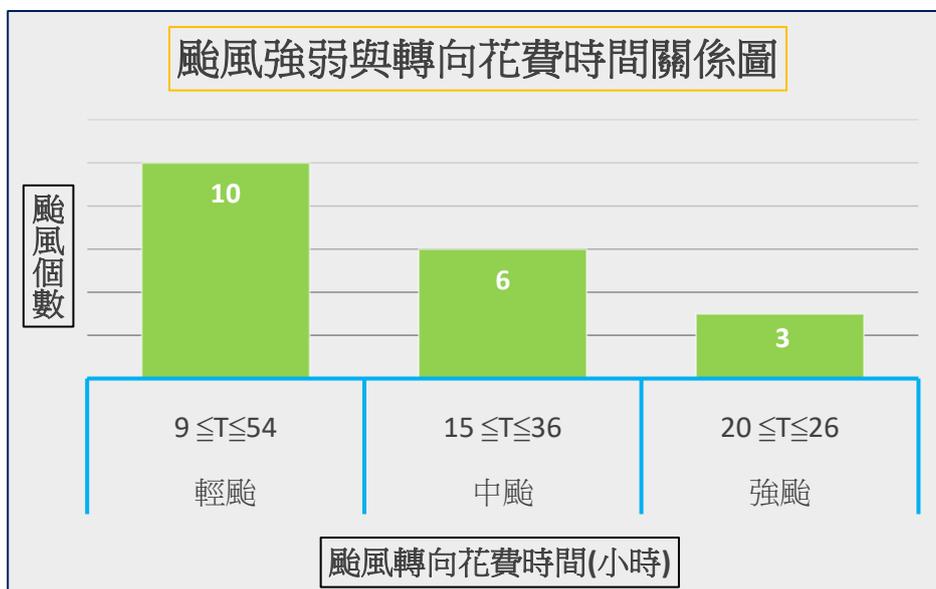


圖 39: 颱風強弱與轉向費時關係圖

### 討論:

1. 從圖39可以看出，輕颱轉向花費的時間範圍很大，從9小時至54小時，花費9小時轉向意味輕颱較容易出現快速轉向，而花費54小時轉向就是當時大氣環的境變化複雜，使得颱風在海面上迷航。而強颱轉向花費的時間範圍最小，從20小時至26小時，從現有資料我們發現強颱大轉向至少需花費20小時，中颱大轉向至少需花費15小時，輕颱大轉向最少只需9小時，也就是說，強颱比較不容易大轉向、但只要出現大轉向通常完成轉向所需最低時數卻是強、中、輕颱三者中最高的；換言之，使強颱轉向通常需要較長時間才能完成，但轉向後強颱路徑明確不會像輕颱在海面迷航而滯留過久。

2. 歷史颱風中「三大怪颱」1986韋恩、1991耐特、2001納莉，都是長時間在海上迷航，其颱風生命週期中多在熱低壓、輕颱、中颱期間，颱風生命週期中都沒有出現強颱，如圖40~42。

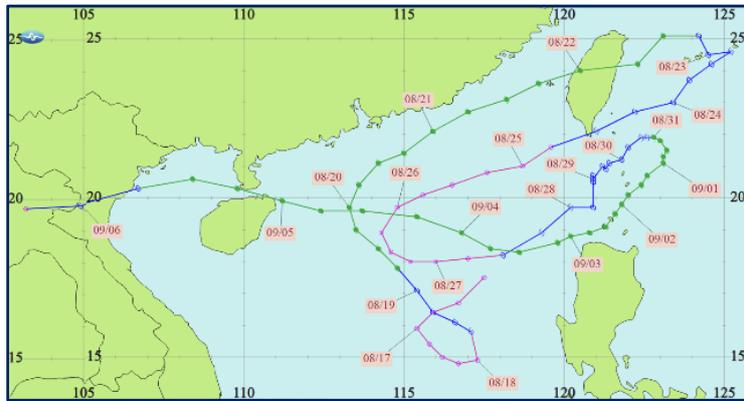


圖 40: 1986 韋恩颱風路徑圖

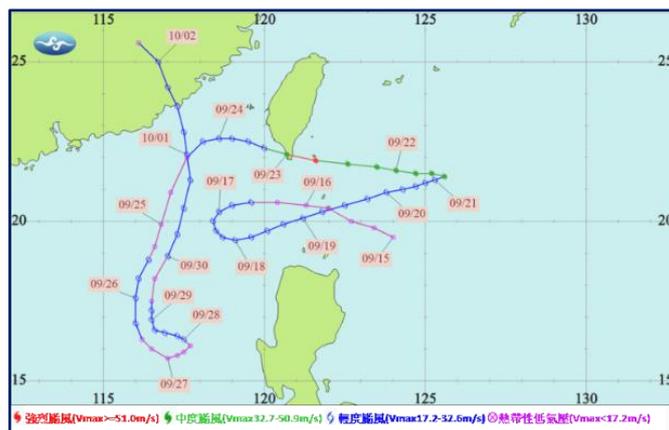


圖 41: 1991 耐特颱風路徑圖

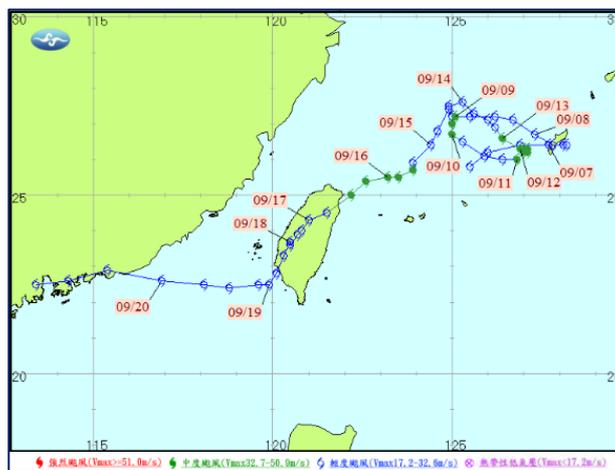


圖 42: 2001 納莉颱風路徑圖

## 二、西北太平洋颱風大角度轉向的原因統計

每一個颱風突然出現大轉向的原因，並不一定是單一因素造成，可能同時出現好幾種原因導致颱風滯留、轉向，因此我們將能找到原因的大轉向颱風共 54 個，依據轉向前滯留期間的天氣圖和颱風調查報告等，判斷轉向的主要原因而大致歸類成兩類、共 4 種因素。

結果: 如表 9、圖 43。

分類	西伯利亞高壓與太平洋高壓勢力變化			雙颱風影響
原因	鞍型場	西伯利亞高壓南下 (伴隨鋒面系統)	太平洋高壓強弱變化 (伴隨南海導引氣流 變化)	藤原效應
颱風數目	5	16	12	21

表 9: 颱風轉向原因統計

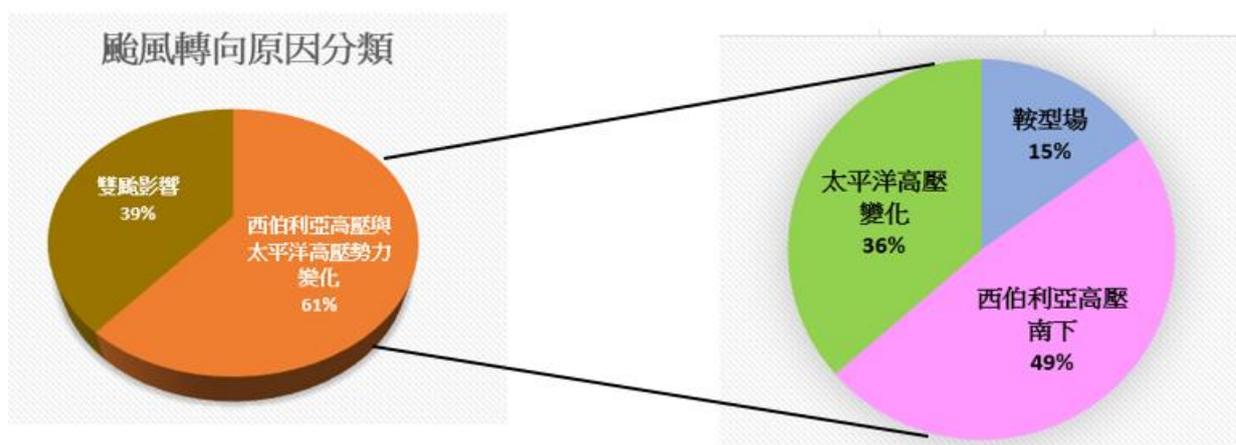


圖 43: 颱風轉向各類原因佔比

討論:

1. 颱風出現大轉向的原因中，經過我們的分析、討論發現**西伯利亞高壓、太平洋副熱帶高壓的變化與雙颱風效應的影響最常見**，其中西伯利亞高壓南下與副高之間的交互影響最為顯著，佔大轉向颱風因素的61%，當導引颱風的副高受到西伯利亞高壓南下影響而產生變化時，副高變化過程容易使颱風發生滯留、路徑方向出現大的變化。
2. 一個颱風滯留、轉向有時並非單一因素造成，以 2009 年芭瑪颱風為例，其三進三出呂宋島颱風路徑如圖 44，先是登陸呂宋後受北方鋒面系統南下出現鞍型場使芭瑪颱風在南海滯留，再受米勒颱風藤原效應作用而 180 度大轉向二度登陸呂宋，接著藤原效應消失後缺乏導引氣流再度滯留，等高壓脊重新建立後芭瑪再次出現 120 度大轉向，而後三次登陸呂宋後進入南海。芭瑪颱風地面天氣圖與 500hpa 天氣圖，如圖 44~52。



圖 44: 芭瑪颱風路徑圖

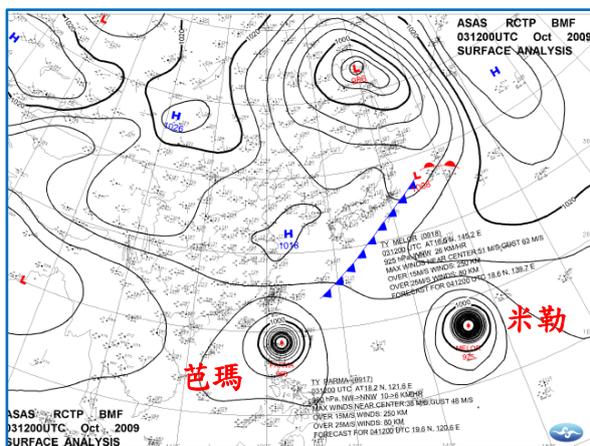


圖 45: 芭瑪颱風第 1 次滯留地面天氣圖

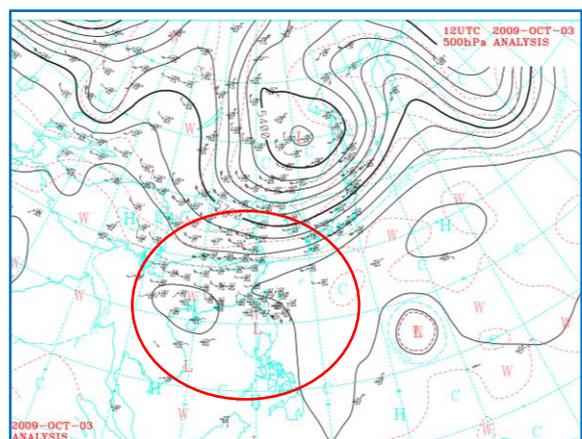


圖 46: 芭瑪颱風第 1 次滯留 500hpa 天氣圖出現鞍型場

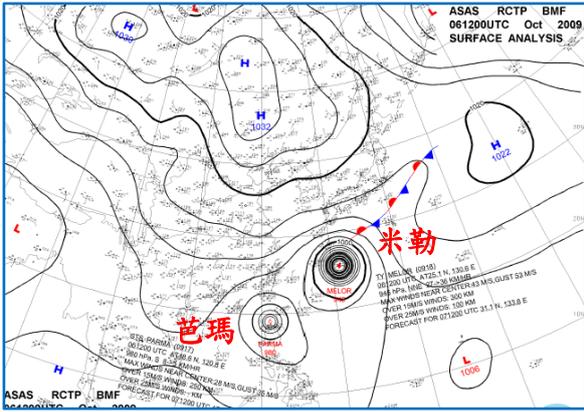


圖 47 芭瑪颱風第 1 次轉向地面天氣圖

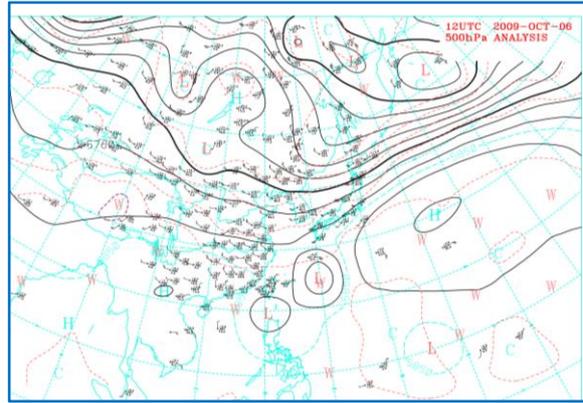


圖 48: 芭瑪颱風第 1 次轉向 500hpa 天氣圖  
米勒沿導引氣流北上芭瑪逆時針移動

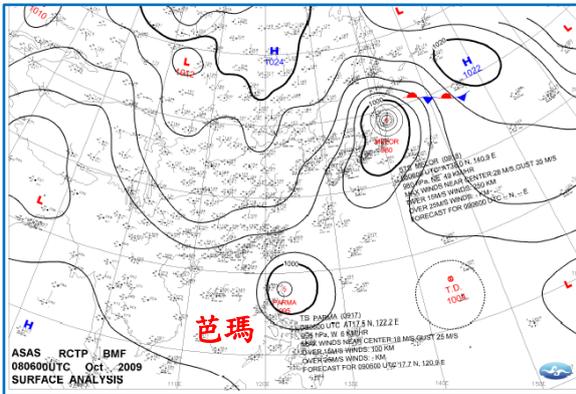


圖 49: 芭瑪颱風第 2 次滯留地面天氣圖

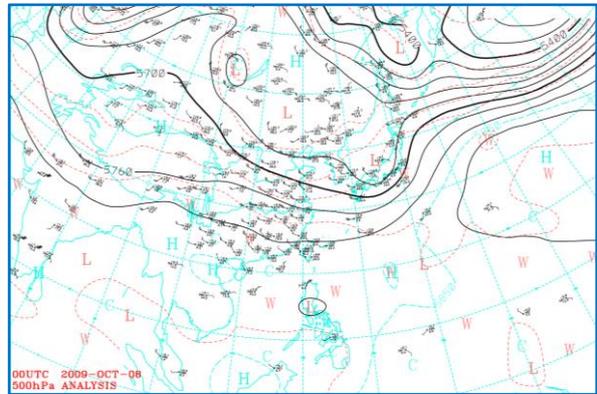


圖 50: 芭瑪颱風第 2 次滯留 500hpa 天氣圖  
無明確導引氣流

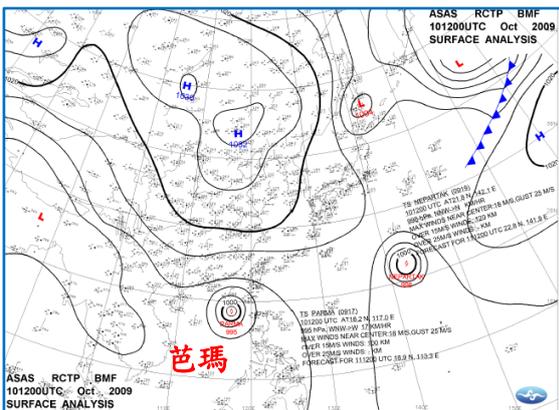


圖 51: 芭瑪颱風加速移動時地面天氣圖

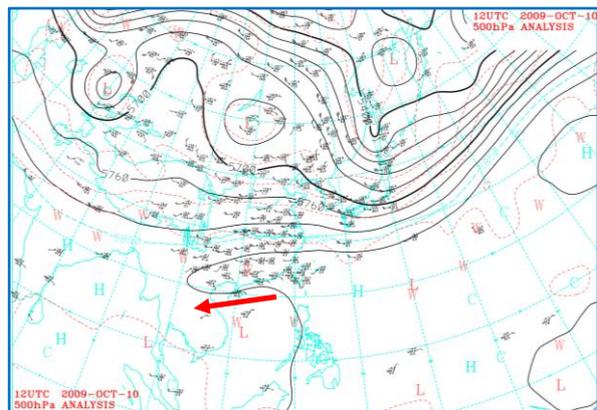


圖 52: 芭瑪颱風加速移動時 500hpa 天氣圖  
芭瑪沿導引氣流西行

## 陸、結論

關於西北太平洋海域甩尾颱風的分析與討論，我們得到的結論如下：

- 一、第一象限(23.5°N 以北、120°E)以東的海面出現颱風甩尾的比例最高。主要是受到西伯利亞高壓南下影響，使得導引颱風路徑的太平洋副熱帶高壓發生了變化所致。其次是第三象限(23.5°N 以南、120°E 以西)的海面，較常受到雙颱風效應與夏季季風影響。
- 二、所有甩尾颱風總數中，秋颱風出現最多，幾乎占了所有甩尾颱風數量的 5/7，「秋颱風」則是指 24 節氣的立秋至立冬期間。
- 三、颱風轉向轉角大於 225°的颱風非常少。
- 四、颱風生命週期中在輕颱風期間相對較容易出現甩尾情況，轉角範圍也最大，90°~360°間都有可能。在強颱風期間最不容易出現甩尾情況，其轉向角度也相對最小，不超過 180°。
- 五、輕颱風比較容易在海面上迷航，甩尾總時數不一定，有長有短；強颱風雖然較不容易出現甩尾，但完成轉向所需最低時數卻是強、中、輕三者中最大的，也就是使強颱風轉向通常需要較長時間才能完成，強颱風也不會在海面上因迷航而長時間滯留。
- 六、在第三象限(23.5°N 以南、120°E 以西)的海面大轉向的颱風強度變強比率最高、變弱比率最低。
- 七、我們知道颱風形成後需要有導引氣流來帶動颱風移動，西北太平洋的主要導引氣流為副熱帶高壓，當副高因各種因素而突然增強或減弱，就可能使颱風出現甩尾現象；與副高相關的原因共占所有甩尾颱風數量的 3/5 強；另外的 2/5 弱則是受到雙颱風效應的影響。

## 柒、參考文獻資料

- 一、中央氣象局全球資訊網。
- 二、陳營華與何嘉玲（2001）。2000 年在西北太平洋上雙熱帶氣旋相互作用實例的探討。第十五屆粵港澳重要天氣研討會發表論文。
- 三、陳昭銘與范惠菱(2003)。南海夏季降雨年際變化與親颱風關係。中央氣象局科技研究中心。
- 四、范鈞燦、趙家民與葛晉澤。秋颱風侵襲台灣之路徑與降雨特性研究。

- 五、黃椿喜。101年天秤颱風調查報告。中央氣象局預報中心。
- 六、陳得松與黃康寧。98年芭瑪颱風調查報告。中央氣象局科技研究中心。
- 七、呂國臣。97年辛樂克颱風調查報告。中央氣象局預報中心。
- 八、徐辛欽。90年納莉颱風調查報告。中央氣象局預報中心。
- 九、陳得松與黃康寧。89年象神颱風調查報告。中央氣象局預報中心。
- 十、呂國臣。83年道格颱風調查報告。中央氣象局預報中心。
- 十一、廖志翔。80年耐特颱風調查報告。中央氣象局預報中心。
- 十二、78年莎拉颱風調查報告。中央氣象局科技研究中心。
- 十三、陳清得與林國金。75年韋恩颱風調查報告。中央氣象局。
- 十四、73年傑魯得颱風調查報告。中央氣象局。
- 十五、67年颱風調查報告。中央氣象局。
- 十六、香港熱帶氣旋追擊站
- 十七、台灣颱風論壇網站

## 【評語】 051908

甩尾颱風，也即是轉向超過 90 度之颱風路徑，確實是很有趣也很值得深入研究之議題。統計分析清楚顯示甩尾颱風時空分布之特性。造成甩尾颱風之因素與影響之天氣系統分布特徵，可以再深入分析與相關物理過程之探討。颱風轉向除了與環境之導引有關之外，本身之旋轉動力與環境之交互作用也是關鍵因素，環境導引氣流除了副高之外，其他不同天氣系統以及與副高之交互作用影響，可以延伸探討。不同季節影響因子之分析比較也是很值得關注之議題。

## 作品海報

甩尾颱風

# 壹、研究動機

去年(2022年)的8月29日至9月6日，軒蘭諾颱風從生成到結束充滿驚奇，先是併吞了一個熱低壓後朝台灣東北部海面而來，緊接著宛如棒球投手投出下墜球般往台灣東南部海面移動，沒想到大約在 $21^{\circ}\text{N}$ 、 $126^{\circ}\text{E}$ 海面滯留、而後大轉向、沿著 $125^{\circ}\text{E}$ 海面直直北上至 $30^{\circ}\text{N}$ 後再轉向南韓方向；我們好奇颱風為何大轉向，因此從中央氣象局的歷史颱風資料找出所有大轉向的颱風，並且從天氣圖與歷年颱風調查報告等資料，試圖探討西北太平洋颱風大角度轉向的原因，以及探討颱風大角度轉向期間的經緯度分佈與轉角大小、颱風強弱、轉向花費時間和季節的關聯性等。

# 貳、研究目的

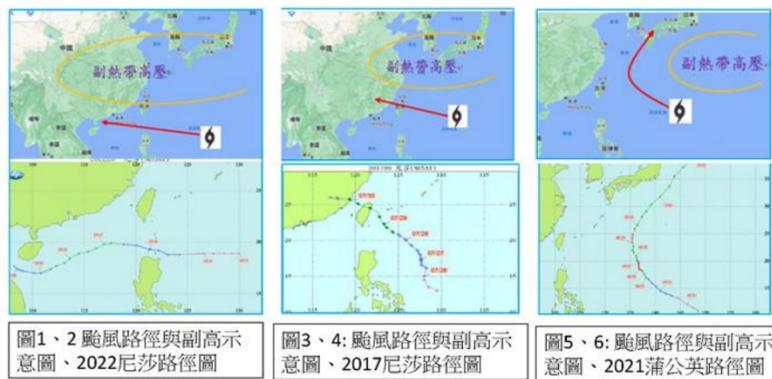
- 一、探討西北太平洋颱風大轉向的各種可能原因。
- 二、了解西北太平洋從1959~2022年期間，颱風大轉向時的經緯度分佈。
- 三、探討颱風大轉向與季節的關聯。
- 四、探討颱風大轉向時轉角大小與颱風強弱的關聯。
- 五、探討颱風大轉向前後強度變化與經緯度的關係。
- 六、探討颱風大角度轉向時颱風強弱與轉彎花費時間的關聯。

# 參、研究過程

## 一、颱風路徑說明:

1. 一般情況下，西北太平洋颱風經常生成在太平洋副熱帶高壓的南緣，形成後會沿著副熱帶高壓的導引氣流順時針移動，移動路徑大致有三種較常見:

- (1) 第一種是高壓強大且高壓脊線呈東西向時，颱風形成後穩定西行容易經巴士海峽或菲律賓進入南海，如圖1、2。
- (2) 第二種是高壓脊線呈西北-東南向時，颱風形成後向西北行進可能登陸台灣，如圖3、4。
- (3) 第三種是高壓減弱或斷裂，颱風形成後向西北移動，而後在 $25^{\circ}\text{N}$ 附近轉向東北方繼續向日本方向行進，如圖5、6。



## 二、西北太平洋颱風轉向的原因探討

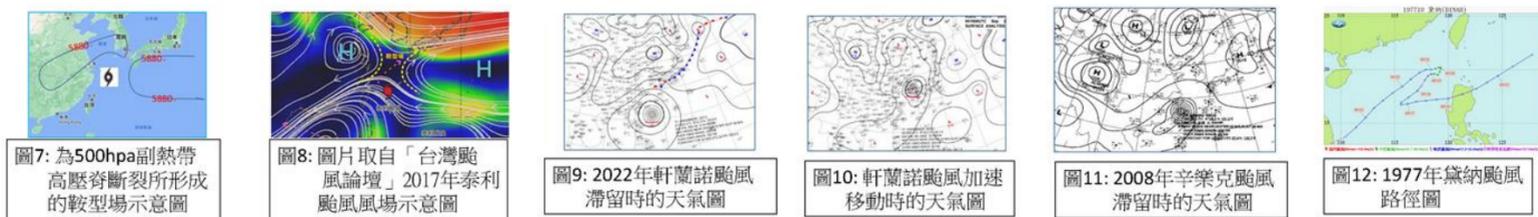
1. 我們將颱風轉向的主要原因而大致歸類成兩類、共4種因素，如表1。

分類	西伯利亞高壓與太平洋副熱帶高壓勢力變化		雙颱風影響
原因	鞍型場-- 高壓脊分裂	西伯利亞高壓南下 (伴隨鋒面系統)	太平洋高壓強弱變化 (伴隨南海季風環流變化)

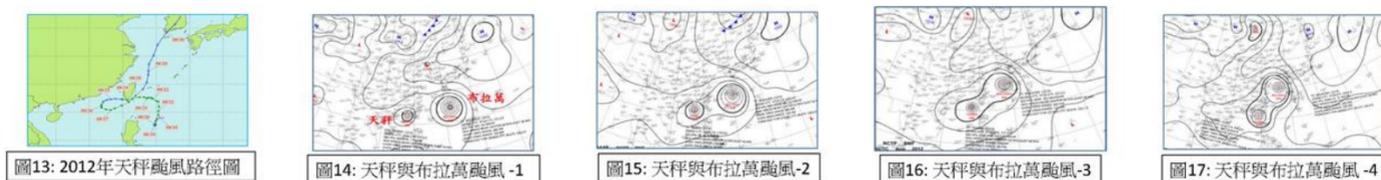
表1: 颱風轉向原因分類

2. 我們將西伯利亞高壓與太平洋副熱帶高壓勢力變化型態再細分成四種不同狀況說明:

- (1) 鞍型場--當北方高壓南下、靠近，或高壓分裂，都可能導致鞍形氣壓場的出現，使得颱風困在兩個高壓之間，以致導引氣流不明顯、颱風滯留，而後大氣環境改變，颱風才改變方向加速前進。如圖7、8。
- (2) 西伯利亞高壓南下--當西伯利亞冷高壓南下形成鋒面，鋒面東移時太平洋高壓往往東退，使得颱風夾在兩個高壓之間而失去明確的導引，經常使得颱風滯留甚至引起共伴效應，如圖9，待鋒面系統遠離或消失，颱風即加速行進，如圖10。
- (3) 副高強弱變化--有時天氣圖上未出現鋒面但颱風北方有低壓槽線接近，颱風也會滯留而後轉向，如圖11。
- (4) 副高減弱伴隨南海導引氣流 --當颱風位於菲律賓西方海域時，如果副高強弱出現變化、同時西南季風強弱也出現變化，那就會讓颱風失去明確的導引氣流，而出現滯留、轉向。如圖12。



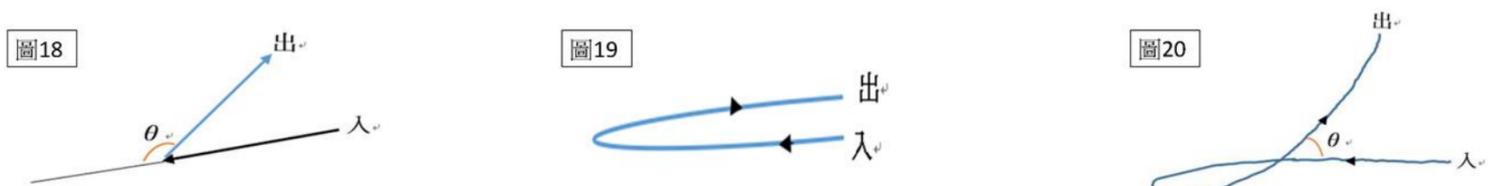
3. 當藤原效應--當藤原效應發生時，北半球雙颱風會以共同質量中心逆時針互繞，通常質量較大的颱風(可能是暴風半徑較大、較強烈的颱風)會牽引著另一個颱風滯留、轉向；圖13~17，是典型的藤原效應，2012年天秤颱風從台東登陸台灣後，因為與布拉萬颱風產生藤原效應，中心滯留台灣海峽南部，受布拉萬颱風的牽引而繞回巴士海峽後沿台灣東部海面北上就是最好的例子。



## 三、大轉向颱風的定義:

何謂大轉向颱風，定義颱風移動方向急轉超過 $90^{\circ}$ ，就認定為大轉向颱風；角度認定如下列例子:

- (一) 颱風移動路徑如圖18，定義轉向角度為  $\theta$ ， $\theta > 90^{\circ}$
- (二) 颱風移動路徑如圖19，定義轉向角度為:  $180^{\circ}$
- (三) 颱風移動路徑如圖20，定義轉向角度為:  $180^{\circ} + \theta$



## 二、西北太平洋颱風大轉向的經緯度分佈與轉角大小、颱風強弱變化、轉向花費時間和季節的關聯

從中央氣象局歷史颱風紀錄1959~2022年中，共選取56個符合我們定義的大轉向颱風路徑；其中包含一個颱風不同時間點出現2~3次的大轉向，因為每次轉向原因可能不同；另外，我們不選取颱風剛剛形成初期路徑飄忽不定的階段，也不選取颱風生命期中的熱低壓階段。再進行以下各種分析與比較。

### (一) 颱風轉向位置分析

以台灣為中心，並以23.5°N、120°E線將靠近台灣附近的西北太平洋海域區分成四個象限，如圖21，依颱風轉向時的經、緯度位置，分別標記其所屬象限，再進行比較、分析。象限說明如圖22~圖24：

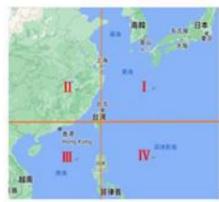


圖21: 將西北太平洋海域區分成四個象限



圖22: 颱風轉向處為第一象限



圖23: 颱風轉向處為第三象限



圖24: 颱風轉向處為第四象限

### (二) 颱風轉向位置與季節的關聯

標示出各象限颱風轉向時的季節，統計不同季節颱風大轉向的數量，並比較不同季節的颱風轉向位置是否有差異。

### (三) 颱風轉向位置與轉角大小分析

利用我們對颱風轉向的角度定義，依颱風路徑圖分別將各象限颱風的轉角大小求出，分析颱風轉角大小的分布、轉角大小與颱風強的關係。

### (四) 颱風轉向位置與轉向時強弱分析

標示出各象限颱風轉向時的強度，比較不同象限與颱風強弱的關係。(所謂轉向時的強度，因為颱風轉向前經常出現滯留現象，使得颱風在轉向前、後強度經常出現變化而有所不同，我們統一取改變方向前的颱風強度。如圖25、圖26)



圖25: 轉向前為輕颱



圖26: 轉向前為強烈颱風

### (五) 颱風轉向位置與轉向後強度變化分析

將所有大轉向颱風在轉向後的強度變化標示，並且加以統計、比較、分析。

### (六) 颱風轉向位置與轉向花費時間關聯

標示出各象限颱風轉向共花費的時間，比較颱風在不同象限轉向所需時間有何不同。(所謂轉向時所花費的時間，我們定義：因為颱風轉向前會出現減速或滯留現象，當颱風轉向後經常會加速前進，一般認為颱風移動速率小於10km/hr即接近滯留狀態，所以我們統一取颱風改變方向前、後的移動速率小於10km/hr期間所花費時間，稱為颱風轉向所需時間。另外，有少數颱風生命週期間移動速率皆小於10km/hr，或移動速率皆大於10km/hr，我們則取方向開始改變時刻至轉向後移動方向固定止，所花費時間為颱風轉向所需時間。)

## 三、西北太平洋颱風大轉向的原因歸納

當颱風快速移動後突然減速、滯留，接下來轉向的可能性很高，甚至移動路徑飄忽不定、來來回回繞圈子，而被歸類為怪颱，我們認為怪颱必然有特殊的大氣環境或其他因素造成的，因此分析颱風轉向前後的天氣圖、颱風警報單與各颱風或各年份的調查報告等，找出每個大轉向颱風的主要因素並按照表1加以分類。

## 肆、結果與討論

### 一、西北太平洋颱風大轉向的經緯度分佈與轉角大小、颱風強弱變化、轉向花費時間和季節的關聯

從中央氣象局歷史颱風紀錄中共選取56個(次)符合我們定義的大轉向的颱風，分析與比較的結果與討論如下：

#### (一) 颱風轉向位置分析

依颱風轉向時的位置分別標記其所屬象限，計算各象限百分比，如圖27。

結果：

1. 第一象限(23.5°N以北、120°E以東) 共21個颱風，佔37.5%。
2. 第二象限(23.5°N以北、120°E以西) 共0個颱風。
3. 第三象限(23.5°N以南、120°E以西) 共19個颱風，佔33.9%。
4. 第四象限(23.5°N以南、120°E以東) 共16個颱風，佔28.6%。



圖27: 颱風轉向位置在各象限的百分比

討論：

1. 第一象限的海面範圍廣闊出現大轉向現象的比例最高，颱風通常不在此區域生成，當颱風到達此區域海面因為容易受到太平洋副熱帶高壓的強弱變化，以及鋒面系統的影響，而大幅改變其行進方向。
2. 第三象限的海面範圍最小(第二象限除外)，但出現大轉向現象的相對比例居次，此海域雖不大，此處生成的颱風數量也不算多，但大轉向颱風卻不少，因為此海域除了受到太平洋副熱帶高壓變化影響外，還會受南海季風影響。
3. 第四象限的海面範圍雖廣闊但出現大轉向現象的比例最小(第二象限除外)，颱風最常在此海域生成，當颱風行進方向穩定後又立即大轉向的機率相對最小。此區域颱風形成後受到太平洋副熱帶高壓外圍環流導引而移動，幾乎只受副高的強弱變化而改變其行進路線，故颱風大轉向比例最小。

#### (二) 颱風轉向與季節的關聯

對於季節，一般以陽曆的6、7、8月為夏季；9、10、11月為秋季。若以24節氣言，則大約國曆的5、6、7月為夏季(立夏起)；8、9、10月為秋季(立秋起)；分別加以統計。

結果：

1. 依陽曆，比較不同象限與颱風季節的關係，如圖28。
2. 依24節氣，比較不同象限與颱風季節的關係如，圖29。

討論：

比較圖28、29，依節氣定義四季則各象限夏颱均減少，秋颱均明顯增加，尤其以第一象限轉向的秋颱數目增加最多(受西伯利亞高壓影響最顯著)。證明「秋颱」應該是以民間24節氣的方式分類更貼近大氣環境的變動。

#### (三) 颱風轉角大小分析

將大轉向颱風的轉角求出，分析轉角大小的分布。

結果如圖30。轉角 $\theta$ 範圍每45°統計颱風數量。

討論：

1. 颱風轉角 $\theta$ ， $90^\circ \leq \theta < 135^\circ$ 佔最多數，且大部分颱風轉角皆小於225°，轉角大於225°的颱風非常少；顯示出現颱風迷航的情況並不多見，除非大氣環境情況極為特殊。

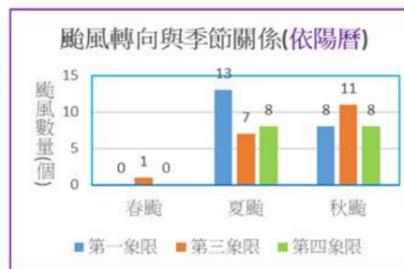


圖28: 颱風轉向與季節關係圖(依陽曆)

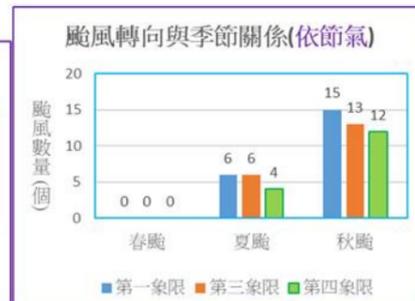


圖29: 颱風轉向與季節關係圖(依節氣)

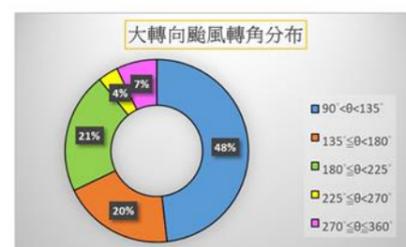


圖30: 颱風轉角大小與颱風數目關係

#### (四) 颱風大轉向時強弱分析、颱風強弱與轉角 $\theta$ 範圍關係

分析不同象限大轉向、轉角 $\theta$ 範圍與颱風強弱的關係。如圖31、32。

##### 討論:

1. 在颱風的生命週期中強、弱隨時可能因為緯度、海面狀況、大氣環境、移動速度而發生變化，從圖31 可以看出多數颱風大轉向出現在輕颱風期間而強颱風期間最少，可見**颱風在強颱風期間較不易出現大角度轉向**，應該是強颱風時期颱風範圍大、水氣多、質量大、旋轉氣流也強，要大角度改變颱風的行進方向較不容易。
2. 圖32 可以看到輕颱風轉角範圍最大( $90^\circ \leq \theta \leq 360^\circ$ )，強颱風轉角範圍最小( $100^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ )，這似乎符合前項的說法，也就是**颱風在強颱風期間較不容易出現大轉向**，而即使因大氣環境改變而出現大轉向，其轉向彎角度也相對最小，不超過 $180^\circ$ 。

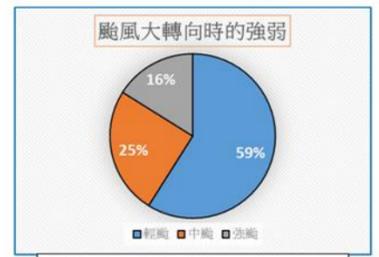


圖31: 颱風轉向時的強弱關係圖



圖32: 所有颱風轉向角度與颱風強弱的關係圖

#### (五) 颱風轉向位置與轉向後強度變化分析

分析不同象限大轉向與颱風強度變化關係。結果如圖33。

##### 討論:

1. 我們以為颱風大轉向之前的滯留期間，颱風容易繼續吸取洋面熱量因而強度增強，但比較圖33，發現各象限有所不同，說明如下：
  - (1) 各象限颱風轉向後強度不變的比率最高。
  - (2) 大轉向後颱風強度變強比率則是：第三象限 > 第四象限 > 第一象限，原因是第三象限與第四象限的緯度較低、海溫較高，颱風在此處滯留期間繼續吸取洋面熱量因而強度增強；另外也可能跟西南季風帶來赤道附近熱量有關。

#### (六) 颱風強弱與轉向花費時間關係

分析不同強度颱風轉向所需時間。結果如圖34。

##### 討論:

1. 圖34看出，輕颱風轉向花費的時間範圍很大，從9至54小時，9小時轉向意味輕颱風較容易出現快速轉向，而花費54小時轉向就是當時大氣環境變化複雜，颱風在海面上迷航。而強颱風轉向花費的時間範圍最小，從20至26小時。也就是說，**強颱風比較不容易大轉向**，但只要出現大轉向通常完成轉向所需最低時數卻是強、中、輕颱風三者中最高的；換言之，使強颱風轉向通常需要較長時間才能完成，但轉向後強颱風路徑明確不會像輕颱風在海面迷航而滯留過久。

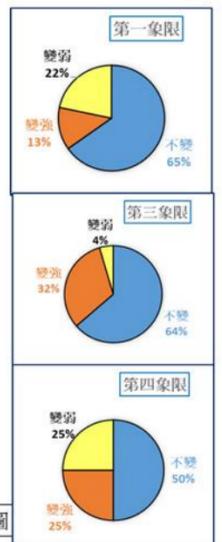


圖33: 颱風轉向後強度變化圖



圖34: 颱風強弱與轉向花費時間關係圖

## 二、西北太平洋颱風大角度轉向的原因探討

(一) 我們將能找到原因的大轉向颱風共54個，依據轉向前滯留期間的天氣圖

和颱風調查報告等，判斷轉向的主要原因而大致歸類成兩類、共4種因素，結果如圖35。

##### 討論:

1. 颱風出現大轉向的原因中，經過我們的分析、討論發現**西伯利亞高壓、太平洋副熱帶高壓的變化與雙颱風效應的影響最常見**，其中西伯利亞高壓南下與副高之間的交互影響最為顯著，佔大轉向颱風因素的61%，當導引颱風的副高受到西伯利亞高壓南下影響而產生變化時，副高變化過程容易使颱風發生滯留、路徑方向出現大的變化。
2. 一個颱風滯留、轉向有時並非單一因素造成，以2009年芭瑪颱風為例，颱風三進三出呂宋島，先是受北方鋒面系統南下出現鞍型場使芭瑪颱風在南海滯留，再受米勒颱風藤原效應作用而 $180^\circ$ 大轉向，待藤原效應消失後缺乏導引氣流再度滯留，等高壓脊重新建立後再讓芭瑪再次出現 $120^\circ$ 大轉向。芭瑪颱風路徑圖如圖36，芭瑪颱風地面天氣圖，如圖37~40。

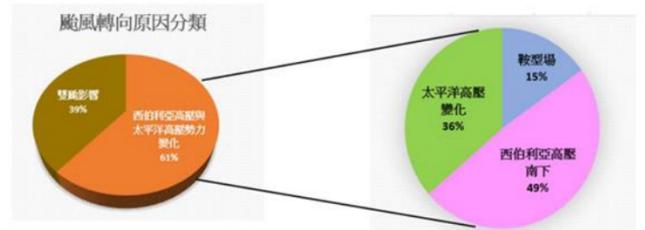


圖35: 颱風轉向各類原因佔比



圖36: 芭瑪颱風路徑圖

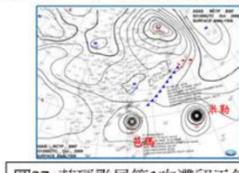


圖37: 芭瑪颱風第1次滯留天氣圖

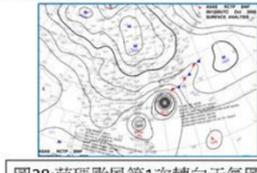


圖38: 芭瑪颱風第1次轉向天氣圖

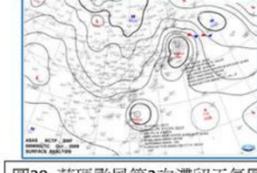


圖39: 芭瑪颱風第2次滯留天氣圖



圖40: 芭瑪颱風加速移動時天氣圖

## 伍、結論

關於西北太平洋海域甩尾颱風的分析與討論，我們得到的結論如下：

- 一、 $23.5^\circ\text{N}$ 以北、 $120^\circ\text{E}$ 以東的海面出現颱風甩尾的比例最高。
- 二、所有甩尾颱風總數中，秋颱風出現最多，幾乎占了所有甩尾颱風數量的 $5/7$ ，「秋颱風」則是指24節氣的立秋至立冬期間。
- 三、颱風轉向轉角大於 $225^\circ$ 的颱風非常少。
- 四、**颱風生命週期中在輕颱風期間相對較容易出現甩尾情況**，轉角範圍也最大， $90^\circ \sim 360^\circ$ 間都有可能。**強颱風期間最不容易出現甩尾情況**，其轉向角度也相對最小，不超過 $180^\circ$ 。
- 五、輕颱風比較容易在海面上迷航，甩尾總時數不一定，**強颱風通常需要較長時間才能完成大轉向**。
- 六、在 $23.5^\circ\text{N}$ 以南、 $120^\circ\text{E}$ 以西的海面大轉向的颱風轉向後強度增強比率最高、變弱比率最低。
- 七、西北太平洋的主要導引氣流為副熱帶高壓，當副高出現變化就可能使颱風發生甩尾現象；與副高相關的原因共占有甩尾颱風數量的 $3/5$ 強；另外的 $2/5$ 弱則是受到雙颱風效應的影響。

## 陸、參考資料

- 一、中央氣象局全球資訊網。
- 二、陳營華與何嘉玲(2001)。2000年在西北太平洋上雙熱帶氣旋相互作用實例的探討。第十五屆粵港重要天氣研討會發表論文。
- 三、陳昭銘與范惠菱(2003)。南海夏季降雨年際變化與親颱風之關係。中央氣象局科技研究中心。
- 四、范鈞燦、趙家民與葛晉澤。秋颱風襲台灣之路徑與降雨特性研究。
- 五、黃椿喜。101年天秤颱風調查報告。中央氣象局預報中心。
- 六、陳得松與黃康寧。98年芭瑪颱風調查報告。中央氣象局科技研究中心。
- 七、呂國臣。97年辛樂克颱風調查報告。中央氣象局預報中心。
- 八、徐辛欽。90年納莉颱風調查報告。中央氣象局預報中心。
- 九、陳得松與黃康寧。89年象神颱風調查報告。中央氣象局預報中心。
- 十、呂國臣。83年道格颱風調查報告。中央氣象局預報中心。
- 十一、廖志翔。80年耐特颱風調查報告。中央氣象局預報中心。
- 十二、78年莎拉颱風調查報告。中央氣象局科技研究中心。
- 十三、陳清得與林國金。75年韋恩颱風調查報告。中央氣象局。
- 十四、73年傑魯得颱風調查報告。中央氣象局。
- 十五、67年颱風調查報告。中央氣象局。
- 十六、台灣颱風論壇網站