

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 地球科學科

040508

『心』情萬種!—論地形效應對颱風副中心的形
成與影響

學校名稱： 高雄市立高雄女子高級中學

作者： 高二 許舒惟 高二 張嘉珮 高一 賴瑀庭 高一 陳瑛婷	指導老師： 陳建宏
---	--------------

關鍵詞：副中心、颱風

『心』情萬種！

----論地形效應對颱風副中心的形成與影響

摘要

本研究利用地面測站之逐時氣象資料與颱風警報單，探討自 1961 至 2005 年颱風中心曾登陸台灣之颱風樣本，希望探討台灣地形對颱風副中心形成之影響。

本研究分析結果數項如下：

- 一、利用不同緯度的地面測站進行海平面氣壓趨勢比較，可以大略推測出颱風在登陸台灣陸地前後是否在除了原颱風主中心之外，亦可能產生另一低壓副中心。亦可以手繪等壓線圖來加以輔正副中心之形成
- 二、不同侵台路徑之颱風都有可能產生副中心。
- 三、颱風副中心出現在 L 2 區（台中、嘉義附近）的機會是最多的。
- 四、颱風副中心形成區不同，其原主環流類型亦是有所不同。
- 五、各類型副中心位置的雨量在副中心出現當時與前後各三小時內，雨量並不明顯。若從風速的氣象因子分析來看，副中心出現弱風(風速在 2m/s 左右)的機會相當高，此與颱風主中心附近強風豪雨情形有所不同。
- 六、利用雙水槽實驗的方法可以產生一穩定的漩渦來模擬颱風的環流，並且利用台灣模型可以發現颱風外圈氣流受地形阻擋有繞山或是爬山等現象，以嘗試解釋颱風在中央山脈背風側形成副中心的情形。

壹、研究動機

台灣地處西太平洋，因而在夏秋之際，不時有颱風經過，經由颱風所帶來的雨水，為台灣水資源的最重要來源。但是相對的，颱風也帶給台灣不少災害，如：土石流、農作物受損、水災…等等諸如此類的問題。因此颱風，是身為台灣人的我們，最關心的問題之一。之前的地科有教過，颱風的發源地是在海上，但是為什麼當它碰到陸地就開始會有一些特殊的變化呢？而在 2005 年泰利颱風侵台時，一些對於泰利的所謂「頭過身未過」之報導，更讓我們對於台灣地形影響著颱風動態的種種，有著更濃厚的興趣，希望藉由分析歷年氣象資料，而能對於神秘的颱風與地形間之交互作用有著更深一層的認識。

貳、研究目的

颱風環流接近陸地時，受地形影響，常在其他地點形成另一氣旋式環流中心，可稱此為副中心。台灣地區有著高聳的中央山脈，是否會在縱貫全島的中央山脈之背風側，發展成副中心，而確切的地點在何處呢？其細節是如何呢？根據上述想法，本研究之目的如下：

- 一. 探討尋找颱風副中心位置的方法。
- 二. 探討形成不同颱風副中心位置的環流型態。
- 三. 探討颱風副中心處的氣象因子狀況。
- 四. 設計模擬實驗來探討漩渦環流受障礙物之影響情形。

參、研究設備與器材

- 一. 西元 1961 至 2005 年之逐時地面氣象資料。
- 二. 西元 1961 至 2005 年之颱風警報單與路徑圖。
- 三. 實驗水槽(100cm×100cm×60cm)、儲水槽、台灣模型、抽水馬達、流速計、染料、數位攝錄影機。

肆、研究過程或方法

- 一、探討颱風副中心的形成
 - (一) 我們先利用台大大氣研究資料庫所提供的 2005 年至 1961 年之中央氣象局所屬之地面測站的逐時地面氣象檔案，將之轉檔成 Excel 檔，以利後續資料的選取。
 - (二) 接著從中央氣象局之颱風資料庫中，挑選 2005 年至 1961 年颱風中心曾經登陸台灣陸地之颱風樣本。
 - (三) 針對每個颱風樣本，利用當年所發布之颱風警報單，找出該颱風登陸地點、登

陸時刻、移動路徑類型等資料，分別製成表格，以利後續分析。

- (四) 針對不同侵台路徑的颱風樣本，挑選出一組西部測站(由北至南依序是台北、新竹、台中、嘉義、台南、高雄、恆春等測站，各站緯度相差約在 0.5 度左右)和一組東部測站(由北至南依序是基隆、宜蘭、花蓮、台東、成功、大武等測站，各站緯度相差亦約在 0.5 度左右)。
- (五) 針對颱風樣本之不同登陸地點與時刻，挑選出以西部或東部測站組來進行分析。接著利用逐時地面氣象檔案，擷取各測站在颱風登陸前後各 12 小時之海平面氣壓值，以時間為橫軸，海平面氣壓為縱軸，繪出氣壓趨勢圖。
- (六) 利用氣壓趨勢圖，進行是否有颱風副低壓中心出現的推測分析。
- (七) 針對推論出之副中心，手繪副中心出現時刻之台灣地區之地面等壓線圖。

二、探討形成不同颱風副中心位置的環流型態

- (一) 利用上段分析挑出可能有副中心出現的颱風樣本，找出當年該颱風中心登陸前 12 小時的彭佳嶼風向與風速。
- (二) 嘗試對不同地區之副中心位置進行分類整理。
- (三) 利用彭佳嶼的風向與風速代入公式計算得到氣流進入角(風向與中央山脈長軸走向之夾角)、夫如數(與風速成正比，山高成反比)等二個參數值。整理後製成表格分析之。

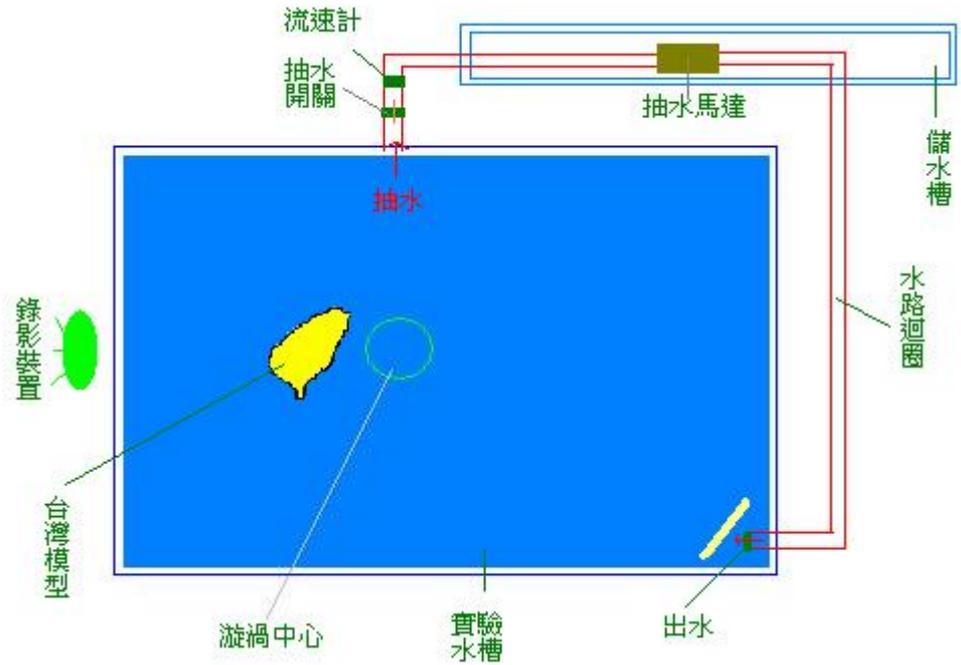
三、探討颱風副中心處的氣象因子狀況

- (一) 針對不同位置颱風副中心之樣本，選取鄰近一些測站作氣象因子的比較。
- (二) 時間的選取是以該颱風副中心形成時刻的前後各 3 小時為依據。
- (三) 製表分析副中心處之雨量、風速等氣象因子之變化情形。

四、設計模擬實驗來探究環流受地形障礙物之影響情形

- (一) 利用雙水槽來製造穩定的漩渦環流，實驗裝置俯視圖如下圖一。馬達從實驗水槽中抽水進儲水槽，再從另一端排入實驗水槽中，使實驗水槽中的水位維持一定，以長時間可以維持一穩定的漩渦。利用流速計來控制每次實驗馬達的抽水量，重複實驗找出較佳的水位以維持穩定的漩渦環流。

圖一：實驗水槽俯視示意圖



(二) 加入染料，以利觀察漩渦環流，並利用數位攝錄影機拍攝全部實驗結果，再加以分析環流運動情形。以石蠟製成的台灣模型置於漩渦旁，觀察漩渦環流受障礙物影響之情形。



圖二：實驗水槽裝置



圖三：在水槽中黏貼比例

(三) 改變台灣模型與漩渦之距離來得到不同的環流速度，與改變模型與漩渦的交角來模擬不同的氣流進入角。重複步驟(二)之實驗過程來觀察不同變數下之漩渦情形。

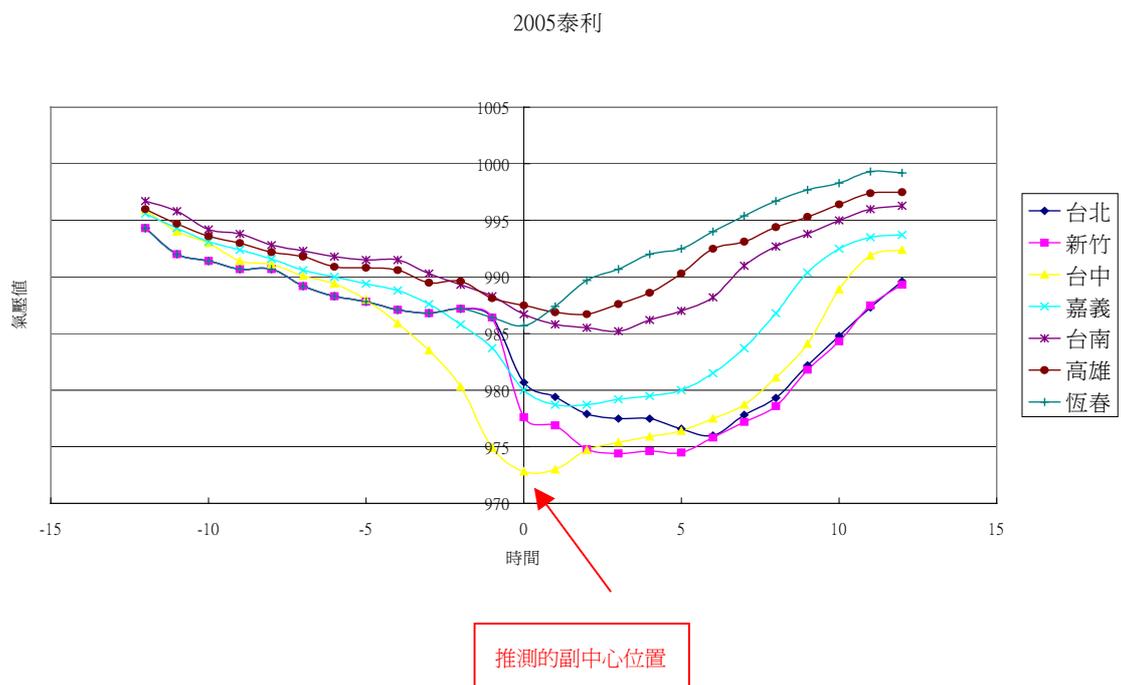
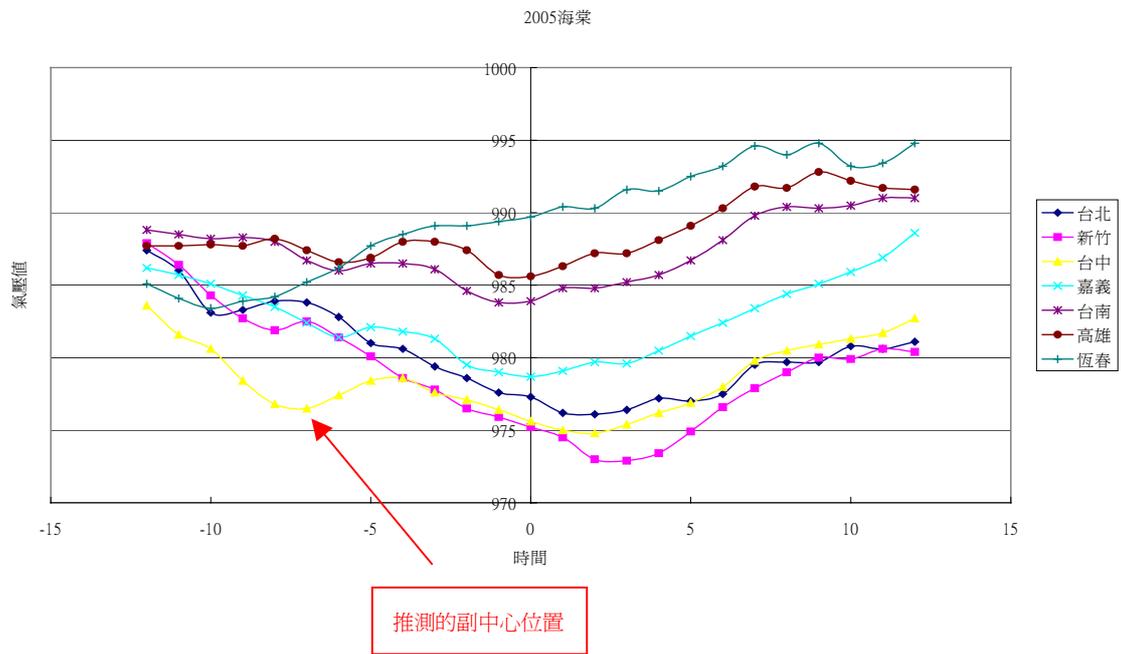
伍、研究結果

一、颱風副中心的分析

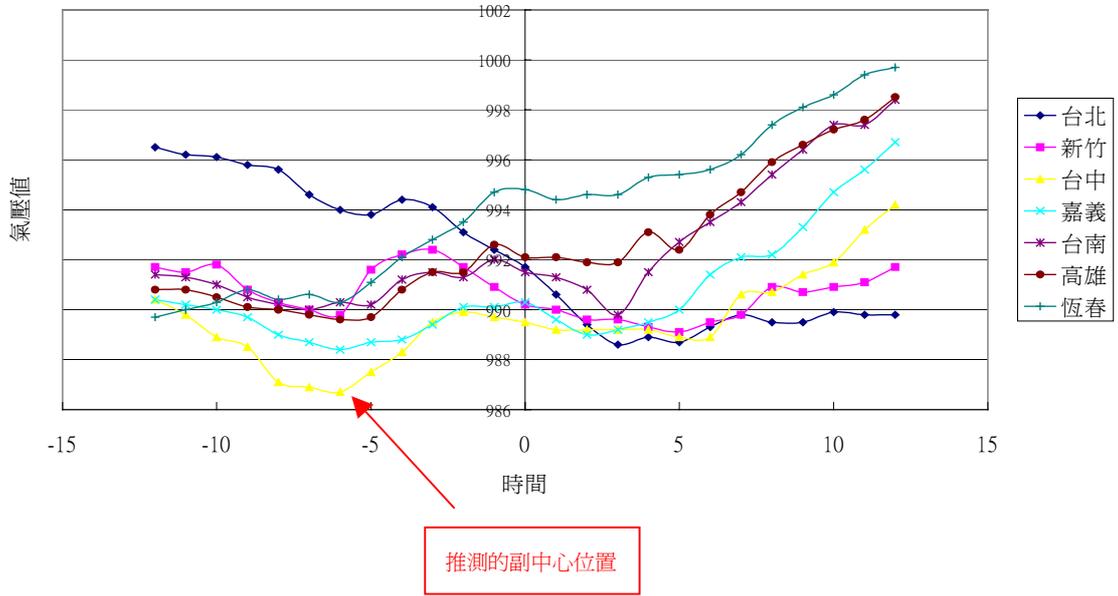
(一) 利用背風坡各測站之颱風登陸前後 12 小時氣壓趨勢圖來尋找副中心

因篇幅關係，下面只列出 2005 年海棠、2005 年泰利、2004 年敏督利、2002 年娜克莉、2001 年潭美、2001 年桃芝等六個可推測副中心位置的範例颱風之氣壓趨勢圖，與無法推測副中心位置的 2005 年龍王、2004 年納坦、2004 年南瑪督等三個颱風範例之氣壓趨勢圖。

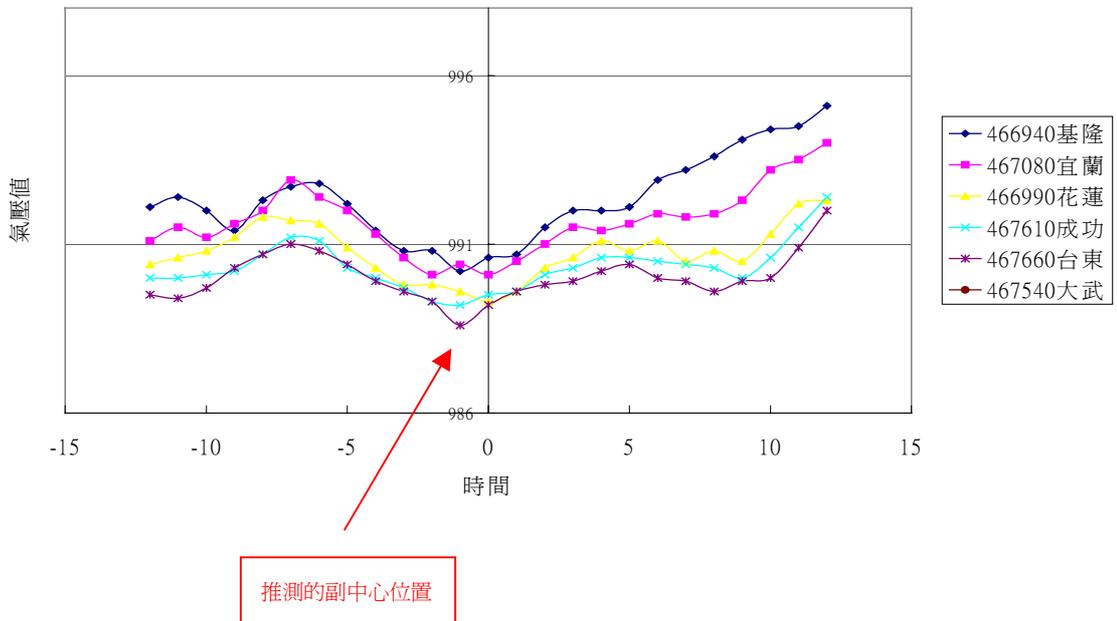
1、可推測副中心位置的颱風範例



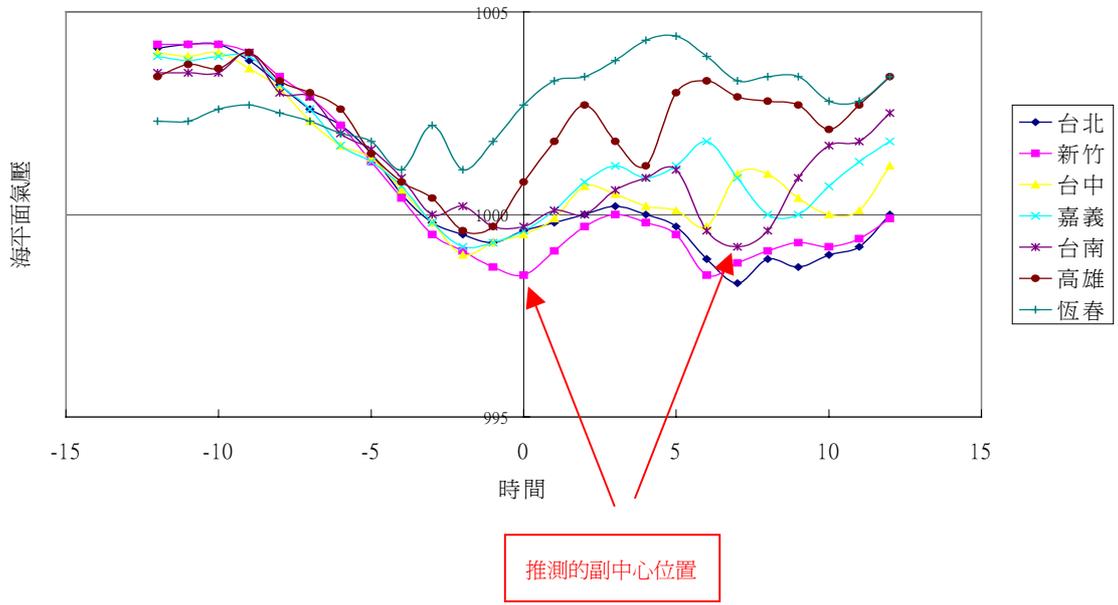
2004敏督利



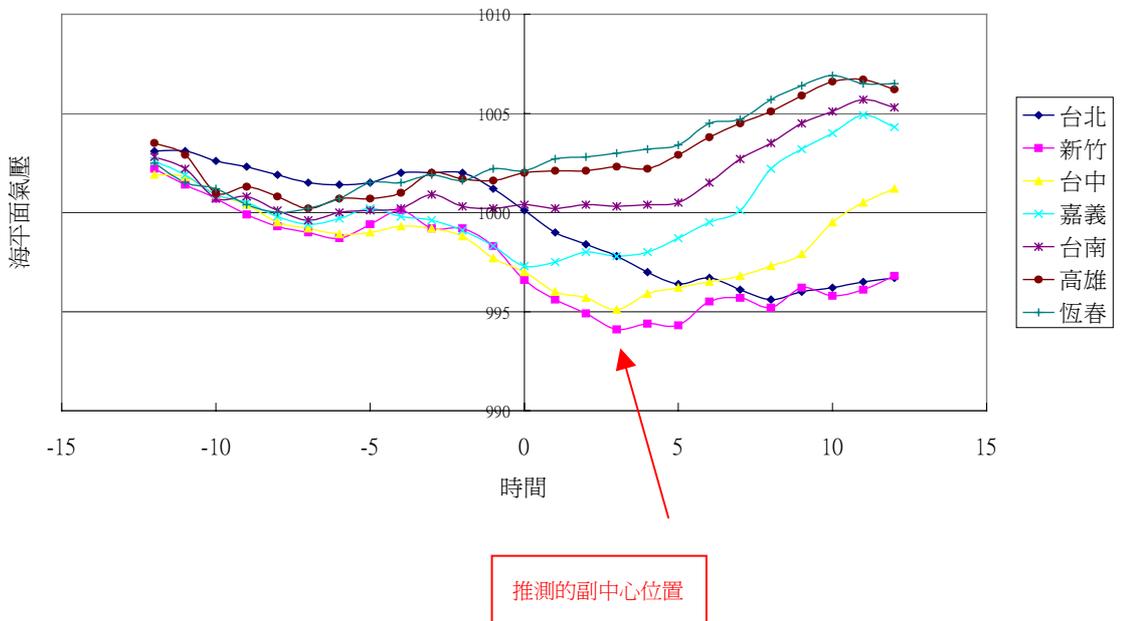
2002娜克莉



2001潭美

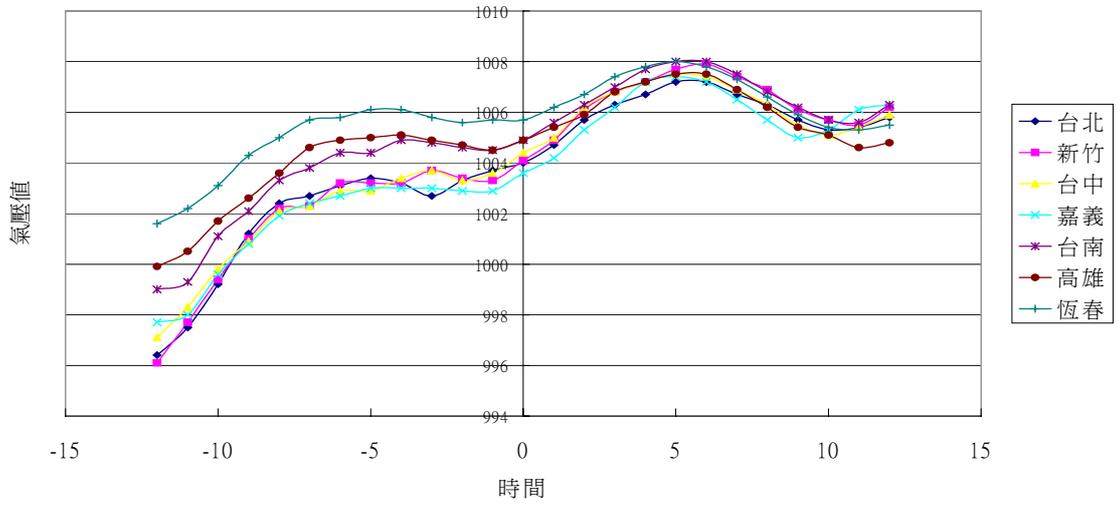


2001桃芝

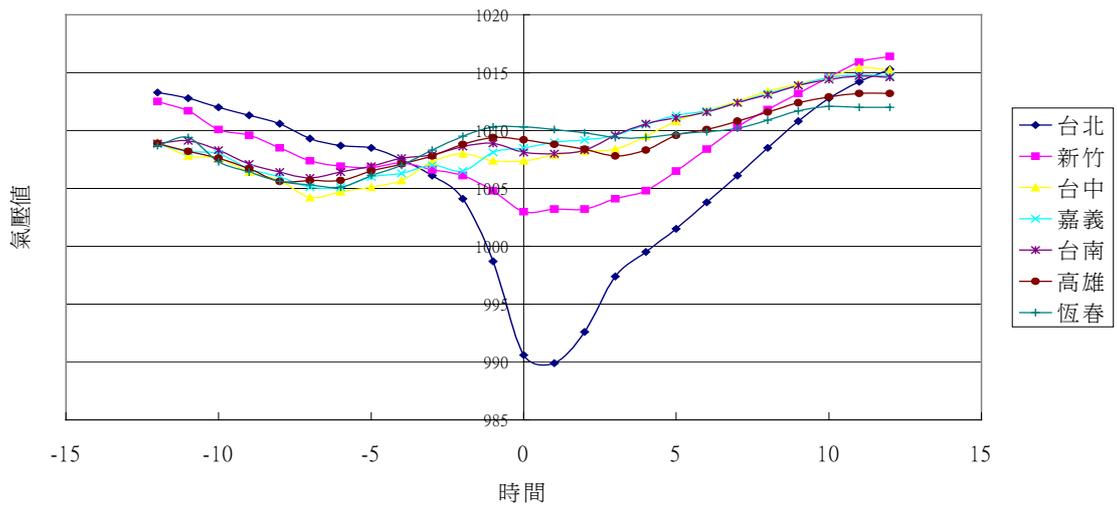


2、無法推測副中心位置的颱風範例

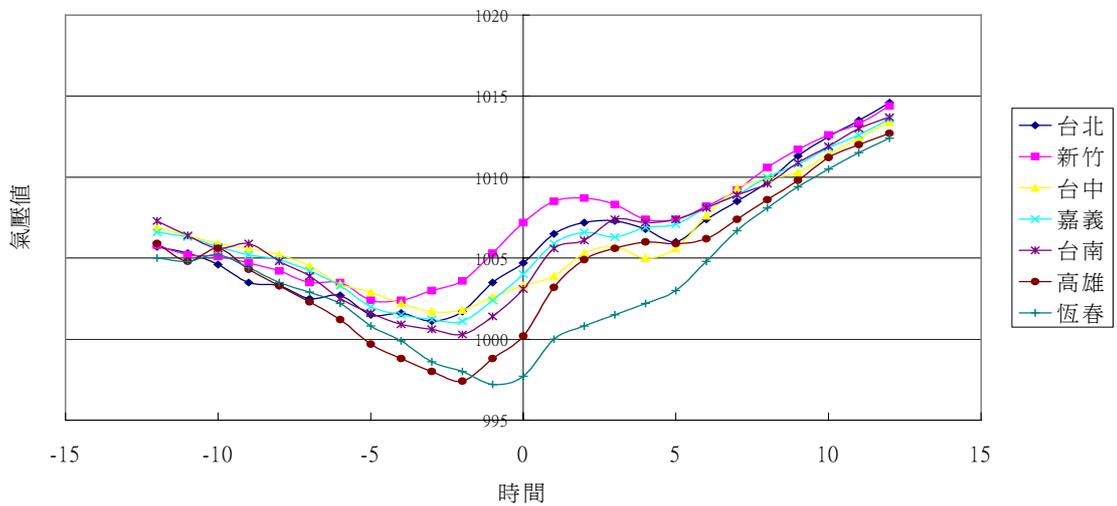
2005龍王



2004納坦



2004南瑪督



(二) 列出所有可推測副中心的颱風

利用上段分析方法找出可推測副中心的颱風範例列於下表，共計有 52 個颱風，表中並標示出推測的副中心位置與時刻，表中副中心位置後方括弧中數字是以該颱風登陸時刻為基準點，「-7」表示副中心約出現於颱風登陸前 7 小時，「+3」表示副中心約出現於颱風登陸後 3 小時。

年	日期	颱風名稱	路徑類型編號	登陸點及登陸時刻	是否有副中心？	副中心位置與時刻
2005	07/17~07/20	海棠	1	宜蘭縣東澳，18日15時	○	台中(-7)
2005	8/30~9/1	泰利	2	花蓮縣立霧溪，1日1時	○	台中(-1)
2004	6/28~7/2	敏督利	4	花蓮市，1日23時	○	台中(-6)
2002	7/8~7/13	納克莉	6	台中苗栗一帶，10日5時	○	台東(-1)
2001	7/10~7/11	潭美	3	台東大武，11日17.5時	○	新竹(0)，台南(+7)
2001	7/28~7/31	桃芝	2	花蓮秀姑巒溪，30日0時	○	新竹(+3)
2001	09/06~09/20	納莉	7	台北縣三貂角，16日22時	○	成功(+4)
2001	9/22~9/28	利奇馬	2	台東與大武間，26日18.5時	○	新竹(+8)
2000	7/5~7/9	啟德	4	台東縣成功鎮，9日10時	○	台中附近(0)
2000	08/21~08/23	碧利斯	2	台東縣成功鎮，22日22時	○	嘉義(+2)
1997	8/27~8/29	安珀	2	花蓮秀姑巒溪，29日4時	○	台中、新竹間(+1)
1994	7/9~7/11	提姆	2	花蓮秀姑巒溪，10日20時	○	新竹(2)
1994	8/1~8/4	凱特琳	2	花蓮秀姑巒溪，3日18時	○	新竹、台中間(0)
1992	08/26~08/31	寶莉	2	花蓮立霧溪口，30日14時	○	台中(-4)
1992	09/02~09/05	歐馬	2	花蓮與成功之間，4日22時	○	台中(-2)
1992	9/21~9/23	泰德	4	秀姑巒溪口，22日12.5時	○	台南(+1)
1991	09/16~09/25	耐特	7	恆春，23日7時	○	台中(+7)
1990	6/22~6/24	歐菲莉	2	花蓮，23日13時	○	新竹(-2)
1990	08/16~08/21	揚希	1	東北角，19日14時	○	新竹(-1)
1990	9/06~9/08	黛特	2	花蓮秀姑巒溪，7日22時	○	台中(1)
1989	09/10~09/13	莎拉	4	花蓮南方靜浦附近，11日23時	○	台中(-1)，台東(+1)
1986	6/22~6/24	南施	4	花蓮附近，24日2時	○	新竹(0)
1986	8/21~8/25	韋恩	7	濁水溪口附近，22日7時	○	成功(+1，+5)
1986	09/16~09/20	艾貝	2	台東新港，19日8時	○	台中(0)
1982	07/27~07/30	安迪	3	台東附近，29日6時	○	嘉義(-1)
1982	08/13~08/15	黛特	3	大武附近，15日3時	○	新竹(-2)
1981	6/18~6/21	裘恩	1	宜蘭，20日16時	○	台中(-2)
1980	08/26~08/28	諾瑞絲	1	宜蘭附近，27日23時	○	台中(-3)
1980	09/16~09/18	珀西	3	台灣最南端，18日8時	○	台中(-6)
1978	6/23~6/24	羅絲	4	新港，24日20時	○	台中(-4)
1978	8/11~8/13	黛拉	1	宜蘭，13日10時	○	台中(+5)
1977	7/23~7/26	賽洛瑪	5	高雄，25日9時	○	宜蘭(+5)
1977	07/28~08/01	薇拉	1	基隆附近，31日17時	○	台中(-6)

1976	08/08~08/10	畢莉	1	三貂角附近，9日23時	○	台中(-3)
1975	08/01~08/04	妮娜	2	花蓮附近，3日12時	○	台中(0)
1974	9/25~9/30	范迪	4	三貂角，28日19時	○	台南(-4)
1971	07/24~07/26	娜定	3	新港與台東之間，26日2時	○	嘉義(+6)
1971	09/15~09/19	艾妮絲	2	花蓮與宜蘭之大濁水，18日18時	○	高雄(-4)
1969	09/25~09/27	愛爾西	2	宜蘭、花蓮之間，26日23時	○	高雄(-8)
1967	07/09~07/12	葛萊拉	2	花蓮北方20公里處，11日14時	○	高雄(0)
1967	8/28~8/30	娜拉	2	花蓮，29日23時	○	台中(0)
1967	11/16~11/18	吉達	2	花蓮南方，18日10時	○	台中(-5)
1966	5/29~5/31	裘蒂	6	台南南方，30日18時	○	台東(+3)
1966	9/13~9/17	愛爾西	6	高雄、恆春之間，16日10時	○	花蓮(+2)
1965	7/24~7/27	哈莉	2	新港，26日8時	○	台中(0)
1965	8/17~8/20	瑪麗	1	宜蘭南方，18日23時	○	台中(+5)
1963	07/14~07/17	范迪	1	花蓮北方，16日11時	○	台中(+1)
1962	08/04~08/06	歐珀	1	宜蘭附近，5日23時	○	高雄(-5)
1962	09/03~09/06	愛美	1	花蓮北方40公里處，5日10時	○	高雄(-4)
1961	8/5~8/8	裘恩	2	新港，7日13時	○	台中(0)，高雄(0)
1961	09/10~09/12	波密拉	1	花蓮、宜蘭之間，12日6時	○	台中、新竹間(-1)
1961	9/27~9/28	沙莉	3	大武，28日14時	○	台中(-6)

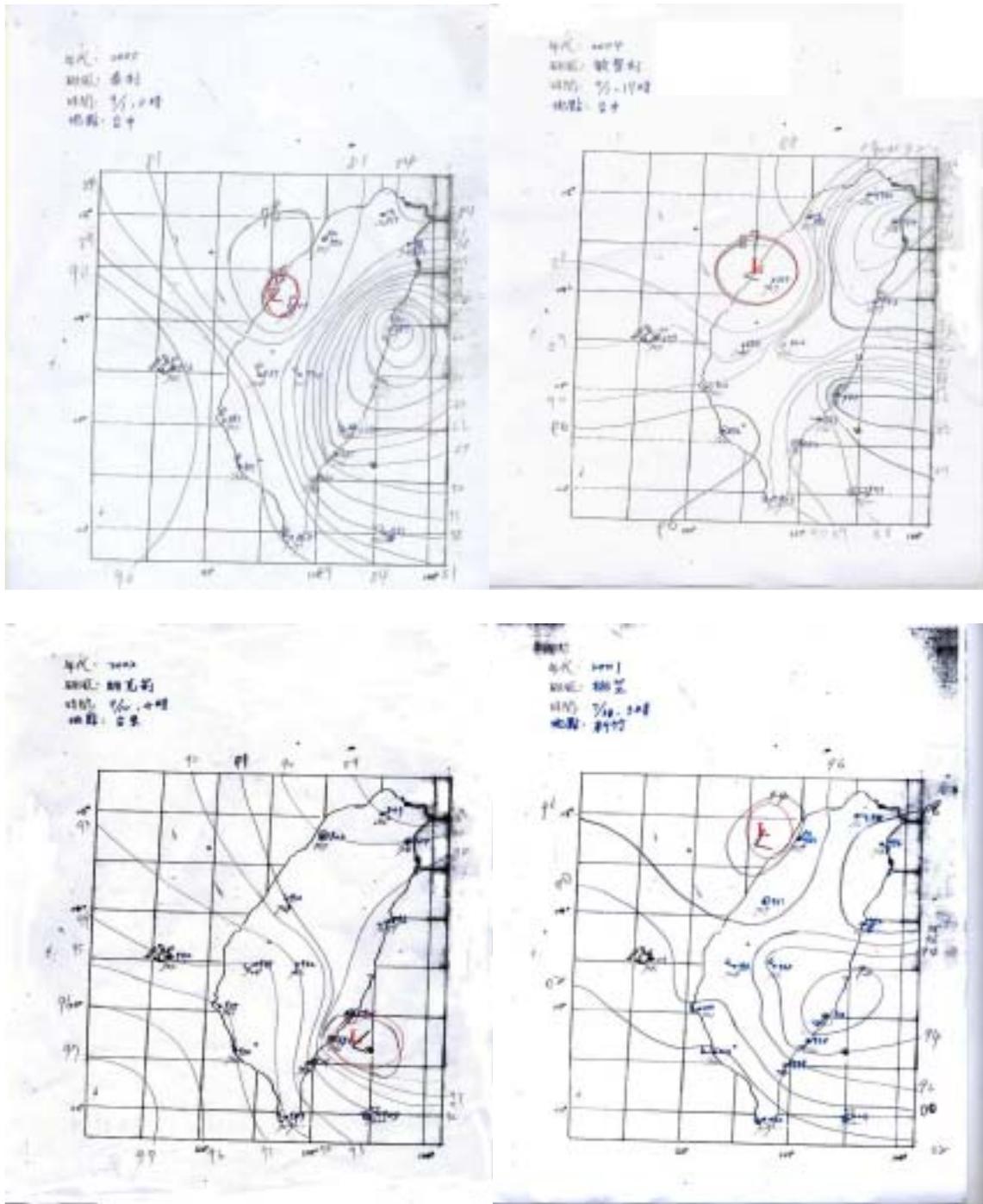
我們的想法：

- 1、從表中數據分析看來，7種類型的颱風路徑都有可能產生副中心。
- 2、從副中心形成的地點加以分析，可大略分成五個區域如右圖所標示。「L1」表示新竹附近，「L2」表示台中、嘉義附近，「L3」表示台南、高雄附近，「L4」表示宜蘭、花蓮附近，「L5」表示台東附近。
- 3、副中心在「L1」、「L2」和「L3」區的颱風，其侵台路徑大都為1、2、3類型颱風(58例中佔50例)為主，即是西行過中央山脈的颱風。只有7例是屬於4號路徑，即是台灣東部北行之颱風；另有一例是不規則的7號路徑。
- 4、副中心在「L4」與「L5」區的颱風範例較少，其侵台路徑以4、5、6、7等類型為主。
- 5、利用測站之逐時氣壓趨勢來找出可能的副中心位置，這樣的方法可信度有多高呢？接下來我們便以上述方法找出的副中心時刻與全省測站之海平面氣壓來繪製等壓線圖，來比對推測的副中心位置是否可信？



(三) 利用手繪地面等壓線圖來再度確認副中心環流

因篇幅關係只列出 2005 年泰利、2004 年敏督利、2002 年納克利、2001 年桃芝等四個颱風之地面等壓線圖範例。



我們的想法：

1. 從繪製之地面等壓線圖中之低壓位置和推測的副中心位置有相當高的吻合度，因此利用逐時地面氣壓趨勢的方法應該可以推測副中心之位置。
2. 另外我們發現，屬同類型侵台路徑的颱風，形成的副中心位置並不一定相同，而颱風外層環流在接近台灣中央山脈時，便應該已受到地形的阻擋，下段我們便以颱風外圍環流與中山脈的夾角大小與決定颱風爬山能力的夫如數

(Fr 值，Froude number)值來探討分析不同的副中心族群。

二、探討形成不同副中心位置的環流型態

分別以 L1、L2、L3、L4 和 L5 等位置來分組各颱風，並計算出「氣流進入角 α 」和「夫如數 Fr 值」製成表格如下列各段所述。

(一)副中心在「L1」區時

年	日期	颱風名稱	路徑類型編號	氣流進入角 α	夫如數 Fr	副中心位置與時刻
2001	7/10~7/11	潭美	3	90	0.33	新竹(0)，台南(+7)
2001	7/28~7/31	桃芝	2	80	0.49	新竹(-3)
2001	9/22~9/28	利奇馬	2	60	0.51	新竹(-8)
1997	8/27~8/29	安珀	2	70	0.53	台中、新竹間(+1)
1994	7/9~7/11	提姆	2	70	0.60	新竹(2)
1994	8/1~8/4	凱特琳	2	93	0.50	新竹、台中間(0)
1990	6/22~6/24	歐菲莉	2	93	0.54	新竹(-2)
1990	08/16~08/21	揚希	1	48	0.39	新竹(-1)
1986	6/22~6/24	南施	4	138	0.23	新竹(0)
1982	08/13~08/15	黛特	3	93	0.42	新竹(-2)
1961	09/10~09/12	波密拉	1	3	0.53	台中、新竹間(-1)

(二)副中心在「L2」區時

年	日期	颱風名稱	路徑類型編號	氣流進入角 α	夫如數 Fr	副中心位置與時刻
2005	07/17~07/20	海棠	1	70	0.80	台中(-7)
2005	8/30~9/1	泰利	2	100	0.66	台中(-1)
2004	6/28~7/2	敏督利	4	90	0.28	台中(-6)
2000	7/5~7/9	啓德	4	60	0.09	台中(0)
2000	08/21~08/23	碧利斯	2	50	0.39	嘉義(+2)
1992	08/26~08/31	寶莉	2	70	0.56	台中(-4)
1992	09/02~09/05	歐馬	2	48	0.40	台中(-2)
1991	09/16~09/25	耐特	7	25	0.47	台中(+7)
1990	9/06~9/08	黛特	2	48	0.50	台中(1)
1989	09/10~09/13	莎拉	4	48	0.53	台中(-1)，台東(+1)
1986	09/16~09/20	艾貝	2	3	0.54	台中(0)
1982	07/27~07/30	安迪	3	55	0.48	嘉義(-1)
1981	6/18~6/21	裘恩	1	100	0.47	台中(-2)
1980	08/26~08/28	諾瑞絲	1	25	0.28	台中(-3)

1980	09/16~09/18	珀西	3	25	0.67	台中(-6)
1978	6/23~6/24	羅絲	4	115	0.37	台中(-4)
1978	8/11~8/13	黛拉	1	70	0.35	台中(+5)
1977	07/28~08/01	薇拉	1	25	0.53	台中(-6)
1976	08/08~08/10	畢莉	1	-40	0.56	台中(-3)
1975	08/01~08/04	妮娜	2	10	0.37	台中(0)
1971	07/24~07/26	娜定	3	48	0.62	嘉義(+6)
1967	8/28~8/30	娜拉	2	25	0.35	台中(0)
1967	11/16~11/18	吉達	2	48	0.50	台中(-5)
1965	7/24~7/27	哈利	2	70	0.43	台中(0)
1965	8/17~8/20	瑪麗	1	25	0.47	台中(+5)
1963	07/14~07/17	范迪	1	48	0.35	台中(-1)
1961	8/5~8/8	裘恩	2	138	0.40	台中(0)·高雄(0)
1961	9/27~9/28	沙莉	3	25	0.54	台中(-6)

(三)副中心在「L3」區時

年	日期	颱風名稱	路徑類型編號	氣流進入角 α	夫如數 Fr	副中心位置與時刻
2001	7/10~7/11	潭美	3	90	0.33	新竹(0)·台南(+7)
1992	9/21-9/23	泰德	4	70	0.53	台南(+1)
1974	9/25~9/30	范迪	4	93	0.74	台南(-4)
1971	09/15~09/19	艾妮絲	2	3	0.44	高雄(-4)
1969	09/25~09/27	愛爾西	2	-40	0.57	高雄(-8)
1967	07/09~07/12	葛萊拉	2	48	0.22	高雄(0)
1962	08/04~08/06	歐珀	1	70	0.59	高雄(-5)
1962	09/03~09/06	愛美	1	48	0.56	高雄(-4)
1961	8/5~8/8	裘恩	2	138	0.40	台中(0)·高雄(0)

(四)副中心在「L4」區時

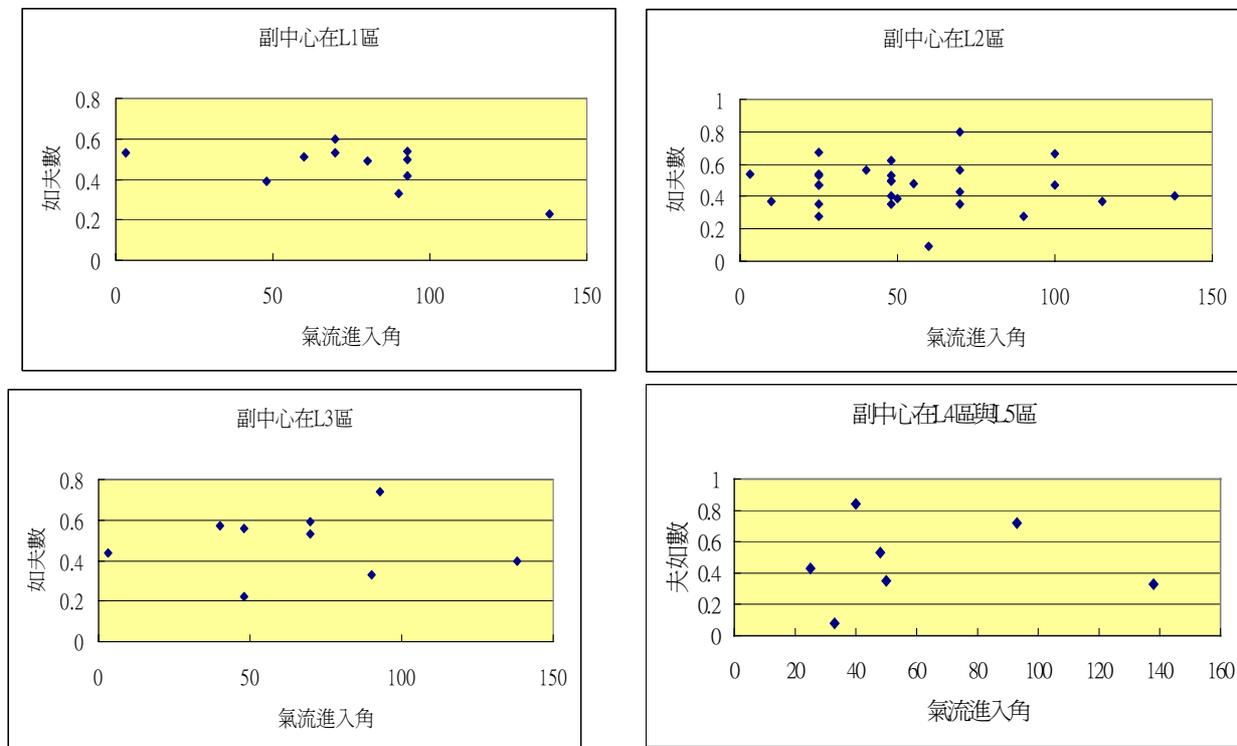
年	日期	颱風名稱	路徑類型編號	氣流進入角 α	夫如數 Fr	副中心位置與時刻
1977	7/23-7/26	賽洛瑪	5	93	0.72	宜蘭(+5)
1966	9/13~9/17	愛爾西	6	25	0.43	花蓮(+2)

(五)副中心在「L5」區時

年	日期	颱風名稱	路徑類型編號	氣流進入角 α	夫如數 Fr	副中心位置與時刻
2002	7/8-7/13	納克莉	6	50	0.35	台東(-1)
2001	09/06~09/20	納莉	7	-40	0.84	成功(+4)
1989	09/10~09/13	莎拉	4	48	0.53	台中(-1)，台東(+1)
1986	8/21~8/25	韋恩	7	33	0.08	成功(+1，+5)
1966	5/29~5/31	裘蒂	6	138	0.33	台東(+3)

(六)副中心在「L1」、「L2」、「L3」、「L4」、「L5」時的颱風環流分析

將各組颱風的氣流進入角與夫如數的數值作成 X-Y 分布圖，但副中心在 L4 與 L5 的颱風範例較少，故將 L4、L5 的資料合併成一圖如下：



我們的想法：

1. 從 X-Y 散佈圖發現副中心在「L1」區的颱風，其環流特徵趨勢有氣流進入角(α 角)約在 50 度至 90 度間；而夫如數(Fr 值)約在 0.40 以上。此環流流型較接近爬山型之類型。
2. 副中心在「L2」區的颱風，其環流特徵趨勢顯的較為多樣化。其顯示夫如數的大小似乎不是很固定，而氣流進入角(α 角)約大多在 70 度以內。此環流類型較接近沿山型或是組合型。
3. 副中心在「L3」區的颱風，其環流特徵趨勢與「L1」較為相似。
4. α 角與 Fr 值的不同造成有些環流是沿著山移動，有些環流會受到地形較多的

阻擾，它們在背風面形成的副低壓中心處之短時間雨量和風速等氣象因子情形是如何？將於下段中探討分析之。

三、颱風副中心處的氣象因子狀況

(一)副中心在「L1」區時

年	日期	颱風名稱	路徑類型編號	副中心位置與時刻	氣象因子	
					雨量	風速
2001	7/10~7/11	潭美	3	新竹(0)，台南(+7)	無	弱
					往南雨勢明顯增強	中
2001	7/28~7/31	桃芝	2	新竹(+3)	無	中
2001	9/22~9/28	利奇馬	2	新竹(+8)	無	漸弱
1997	8/27~8/29	安珀	2	台中、新竹間(+1)	無	弱但往北明顯增強
1994	7/9~7/11	提姆	2	新竹(2)	無	中
1994	8/1~8/4	凱特琳	2	新竹、台中間(0)	無	台中風弱
1990	6/22~6/24	歐菲莉	2	新竹(-2)	無	弱
1990	08/16~08/21	揚希	1	新竹(-1)	中雨	中
1986	6/22~6/24	南施	4	新竹(0)	無	弱
1982	08/13~08/15	黛特	3	新竹(-2)	無	弱
1961	09/10~09/12	波密拉	1	台中、新竹間(-1)	小雨	中

(二)副中心在「L2」區時

年	日期	颱風名稱	路徑類型編號	副中心位置與時刻	氣象因子	
					雨量	風速
2005	07/17~07/20	海棠	1	台中(-7)	無	中
2005	8/30~9/1	泰利	2	台中(-1)	小雨	強轉中
2004	6/28~7/2	敏督利	4	台中(-6)	無	弱
2000	7/5~7/9	啓德	4	台中(0)	無	弱
2000	08/21~08/23	碧利斯	2	嘉義(+2)	小雨	中
1992	08/26~08/31	寶莉	2	台中(-4)	中轉小雨	弱
1992	09/02~09/05	歐馬	2	台中(-2)	無	中轉弱
1991	09/16~09/25	耐特	7	台中(+7)	無	弱
1990	9/06~9/08	黛特	2	台中(1)	小雨	弱
1989	09/10~09/13	莎拉	4	台中(-1)，台東(+1)	小雨	中
1986	09/16~09/20	艾貝	2	台中(0)	無	中
1982	07/27~07/30	安迪	3	嘉義(-1)	無	中
1981	6/18~6/21	裘恩	1	台中(-2)	無	弱

1980	08/26~08/28	諾瑞絲	1	台中(-3)	無	弱
1980	09/16~09/18	珀西	3	台中(-6)	無	弱
1978	6/23~6/24	羅絲	4	台中(-4)	無	弱
1978	8/11~8/13	黛拉	1	台中(+5)	無	弱
1977	07/28~08/01	薇拉	1	台中(-6)	小雨	中
1976	08/08~08/10	畢莉	1	台中(-3)	小雨	中
1975	08/01~08/04	妮娜	2	台中(0)	小雨	強轉中
1971	07/24~07/26	娜定	3	嘉義(+6)	小雨	強
1967	8/28~8/30	娜拉	2	台中(0)	無	弱
1967	11/16~11/18	吉達	2	台中(-5)	無	弱
1965	7/24~7/27	哈莉	2	台中(0)	無	弱
1965	8/17~8/20	瑪麗	1	台中(+5)	小雨	中轉弱
1963	07/14~07/17	范迪	1	台中(+1)	無	弱
1961	8/5~8/8	裘恩	2	台中(0)，高雄(0)	無	弱
1961	9/27~9/28	沙莉	3	台中(-6)	無	弱

(三)副中心在「L3」區時

年	日期	颱風名稱	路徑類型編號	副中心位置與時刻	氣象因子	
					雨量	風速
2001	7/10~7/11	潭美	3	新竹(0)，台南(-7)	無	弱
					往南雨勢明顯增強	中
1992	9/21-9/23	泰德	4	台南(-1)	無	弱
1974	9/25~9/30	范迪	4	台南(-4)	無	弱
1971	09/15~09/19	艾妮絲	2	高雄(-4)	無	強
1969	09/25~09/27	愛爾西	2	高雄(-8)	無	中
1967	07/09~07/12	葛萊拉	2	高雄(0)	無	中
1962	08/04~08/06	歐珀	1	高雄(-5)	無	弱
1962	09/03~09/06	愛美	1	高雄(-4)	無	中
1961	8/5~8/8	裘恩	2	台中(0)，高雄(0)	無	弱

(四)副中心在「L4」區時

年	日期	颱風名稱	路徑類型編號	副中心位置與時刻	氣象因子	
					雨量	風速
1977	7/23-7/26	賽洛瑪	5	宜蘭(+5)	無	中
1966	9/13~9/17	愛爾西	6	花蓮(+2)	無	中

(五)副中心在「L5」區時

年	日期	颱風名稱	路徑類型編號	副中心位置與時刻	氣象因子	
					雨量	風速
2002	7/8-7/13	納克莉	6	台東(-1)	無	弱
2001	09/06~09/20	納莉	7	成功(+4)	無	弱
1989	09/10~09/13	莎拉	4	台中(-1)，台東(+1)	小雨	中
1986	8/21~8/25	韋恩	7	成功(+1，+5)	無	中
1966	5/29~5/31	裘蒂	6	台東(+3)	無	弱

我們的想法：

1. 從雨量氣象因子的分析看來，各類型副中心位置的雨量在副中心出現當時與前後各三小時內，雨量並不明顯。
2. 從風速的氣象因子分析來看，副中心出現弱風(風速在 2m/s 左右)的機會相當高。
3. 從副中心位置與時刻來看，許多副中心出現於颱風中心登陸前，外圍環流於背風坡受地形阻擋影響，而形成無雨、弱風之區域。

四、利用水槽實驗來探討地形對颱風環流之影響

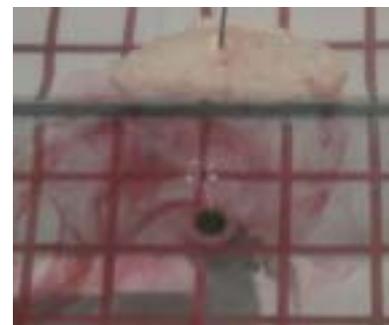
(一)製造水槽中的漩渦

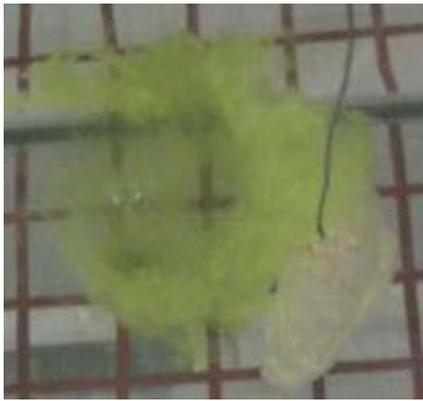
從許多次實驗中發現若利用馬達抽水的方法來製造漩渦時，控制水槽中水位高度在 6 公分至 10 公分內時，較容易產生漩渦。若水位高度過淺則易使空氣混入抽水管中，另一端的排水不順而使漩渦不易維持穩定。右圖是加入染色劑來觀察水槽中的漩渦情形。



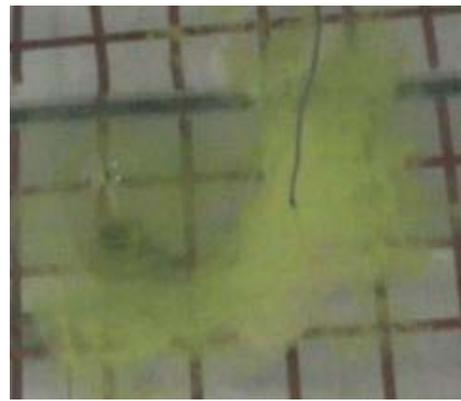
(二)漩渦環流受地形障礙物之影響探討

1. 利用石臘製造的台灣模型置放於漩渦旁，觀察漩渦受障礙物之影響情形，如右圖所示。
2. 重複實驗來觀察漩渦環流受障礙物之影響，並從錄影影像中擷取畫格來加以分析。下面連續四圖是同一實驗中漩渦受地形障礙物影響情形，從圖形發現環流在地形的背側，環流速度似乎變慢，造成染料在障礙物的背側堆積，而侵台颱風之副中心容易出現在台灣中央山脈的背風側，是否也可能與水槽模擬實驗之此項觀察推論有關？





時間 1



時間 2



時間 3



時間 4

(三) 漩渦環流與地形障礙物間之變數探討

1. 當氣流進入角大時



α 角大、流速快



α 角大、流速慢

外圈環流在受到台灣北部地形阻擋時，染色劑的流動明顯受到影響而轉彎繞過北部地形面，而內圈環流較不受影響。

2. 當氣流進入角小時



α 角小、流速快

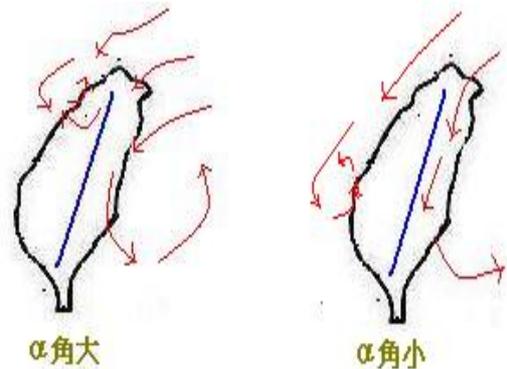


α 角小、流速慢

氣流進入角較小時，外圈環流較容易順延著海岸地形南下，受到中部突出地形而有環流改變的影響。

我們的想法：

依據上述實驗錄影所截取影像分析，我們對於副中心的形成原因推論如右圖所示。當 α 角大時，台灣北部氣流繞山或是爬山而在背風側產生曲率改變造成渦度漩流。而當 α 角小時，因為中部海岸地形突出，沿著台灣西部海域南下的氣流可能產生角效應 (corner effect)，而在中部產生氣漩式環流。



陸、討論

一、中央氣象局的颱風警報單中大多主要對颱風主中心的描述，少有對可能形成颱風副中心之描述。所以我們利用各測站間之地面逐時海平面氣壓趨勢來找出相對低壓的可能位置，以此為推測颱風副中心的形成，而所選取地面測站已盡量平均分布在台灣東西兩側之南北緯度上，但對於最北與最南端的測站，可能會因資料的無法與週遭測站進一步比較而使副中心的推測有所限制。

二、我們利用中央氣象局所發布歷年颱風警報單中，挑出西元 1960 至 2005 年間侵襲台灣且颱風中心曾登陸台灣之颱風樣本，共有 75 個颱風。這些侵台颱風在接近台灣時，推測應會受到台灣地形之影響，尤其是中央山脈的效應更是不可忽略。中央山脈長約 300 公里，寬約 70 公里，平均高度略為 3 公里，主軸走向約為北偏東 20 度，與颱風的尺度相當。當颱風環流尚未登陸前，其外圈氣流便可能受到中央山脈的阻擋而產生氣流的變化，而要如何去界定侵台颱風環流和



台灣地形間之交互作用呢？根據文獻可以將侵台颱風環流類型分成四種流型。分類之前必須先界定兩個參數，一是氣流進入角 α (incident angle)，如右圖所示；如颱風氣流正對台灣中央山脈長軸方向，即與長軸方向呈 90° 交角，亦即 $110^\circ(90^\circ+20^\circ=110^\circ)$ ；在本研究中是該颱風登陸前 12 小時的彭佳嶼之風向為代表，若其風向為 90° ，則氣流進入角 $=90^\circ - 20^\circ = 70^\circ$ 。另外一個參數是夫如數 Fr (Froude number)，夫如數表如 $Fr=V/NH$ ，式中 V 為山脈上風面的特性風速，N 為常數，H 為局地山脈高度，隨各地地形而不同。式中 N 與 H 可視為常數，一般 N 可採 0.01 秒^{-1} ，H 在台灣各地情形略在 2 至 3 公里之間。故 Fr 係隨 V 之大小而變。根據上述兩參數可將侵台颱風分成：
流型 A：沿山流； α 小，Fr 值小。
流型 B：繞山流； α 大，Fr 值小。
流型 C：爬山流； α 大，Fr 值大。
流型 D：組合流；流型 B 與流型 C 之組合。
上述流型的劃分僅是以颱風外圈氣流為依據，若更進一步牽涉到颱風內圈氣流，將因氣流風向的多變化而使情形趨於複雜。

三、在中央山脈背風面之颱風副低壓中心的形成可能由於颱風氣流過山下沉增溫所致或是因其他原因導致，但颱風副低壓中心形成的副環流系統一般侷限在地形高度之下，此低層副環流如何發展而與原颱風主環流間進行交互作用，取代原颱風主環流？或是消散？這些問題仍值得進一步討論研究之。

四、本研究中的水槽實驗並未考慮到科氏力與駛流的效應，若要考慮科氏力效應，可能必須使水槽下方加裝一旋轉系統，實驗設計上較為困難。

柒、結論

一、利用不同緯度的地面測站進行海平面氣壓趨勢比較，可以大略推測出颱風在登陸台灣陸地前後是否在除了原颱風主中心之外，亦可能產生另一低壓副中心。

二、侵台颱風有 7 種不同類型的路徑，在本研究中發現各類型之颱風路徑都有可能產生另一颱風副中心。

三、從副中心形成的地點加以分析，可大略分成五個區域。「L1」表示新竹附近，「L2」表示台中、嘉義附近，「L3」表示台南、高雄附近，「L4」表示宜蘭、花蓮附近，「L5」表示台東附近，其中出現在「L2」的範例是最多的。而副中心在「L1」、「L2」和「L3」區的颱風，其侵台路徑大都為 1、2、3 類型颱風(58 例中佔 50 例)為主，即是西行過中央山脈的颱風。副中心在「L4」與「L5」區的颱風範例較少，其侵台路徑以 4、5、6、7 等類型為主。

四、從氣流進入角-夫如數值之散佈圖發現副中心在「L1」區的颱風，其環流特徵趨勢有氣流進入角(α 角)約在 50 度至 90 度間；而夫如數(Fr 值)約在 0.40 以上，此環流流型

較接近爬山型之類型。而副中心在「L2」區的颱風，其環流特徵趨勢顯的較為多樣化；其顯示夫如數的大小似乎不是很固定，而氣流進入角(α 角)約大多在 70 度以內，此環流類型較接近沿山型或是組合型。副中心在「L3」區的颱風，其環流特徵趨勢與「L1」較為相似。

五、從雨量氣象因子的分析看來，各類型副中心位置的雨量在副中心出現當時與前後各三小時內，雨量並不明顯。若從風速的氣象因子分析來看，副中心出現弱風(風速在 2m/s 左右)的機會相當高。此特徵與颱風主環流有相當大的不同。

六、利用雙水槽實驗的方法可以產生一穩定的漩渦來模擬颱風的環流，並且利用台灣模型可以發現颱風外圈氣流受地形阻擋有繞山或是爬山等現象，以嘗試解釋颱風在中央山脈背風側形成副中心的情形。

捌、參考資料及其他

- 一、王時鼎、林則銘、俞家忠，民 64：颱風侵襲時臺灣海島對風場分析與預報之影響。大氣科學，第二期，23-35。
- 二、簡國基、謝梨惠、陳碩、丁國平，民 86：颱風形成過程與侵台颱風副中心之分析。國科會專題研究報告，NSC-86-2111-M-002-002-AP1。
- 三、謝信良、王時鼎、鄭明典、葉天降，民 85：台灣地區颱風預報輔助系統建立之研究——侵台颱風路徑、強度、風力預報之應用研究(一)。中央氣象局，專題報告 CWB84-1M-01，P. 1-356。

評語

040508 『心』情萬種！-論地形效應對颱風副中心的形成
與影響

1. 本研究之重點在颱風副中心之形成與位置分布，但颱風副中心形成之確認標準宜更清楚界定之。
2. 另以測站過少之等壓線圖及水流模擬氣體流動來驗證颱風中心之形成作法有待商榷。