

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 地球科學科

第二名、最佳團隊合作獎

040506

猜不透我的心——探討影響颱風路徑的原因，及不同颱風路徑造成的災害

高雄市立高雄女子高級中學

作者姓名：

高二 邱郁婷 高二 蕭慧岑 高二 陳宜吟
高一 林秋鈺

指導老師：

張家齊 蔡靜誼

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

科（類）別： 地球科學科

組 別： 高中組

作品名稱： 猜不透我的心

——探討影響颱風路徑的原因，及
不同颱風路徑造成的災害

關鍵詞：颱風 副熱帶高壓 外圍環流

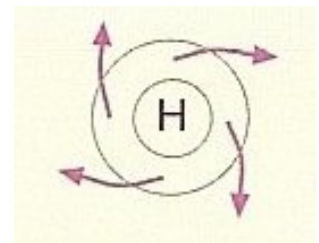
編號：

摘要

本報告主要研究不同變因對西太平洋颱風移動路徑之影響，方法為使用旋轉圓錐盤來模擬高壓風場，以 BB 彈射入盤內時，BB 彈的下滑力和離心力平衡後，其移動的路徑，模擬颱風進入副熱帶高壓後的路徑變化。實驗結果發現，模擬高壓越強，模擬颱風越不易被快速拋出，且較強模擬高壓橫移時，模擬颱風的路徑也隨之偏轉。對照實際情況，發現高壓越強，颱風較不易被拋出，而順著高壓西側北上，有些更因高壓移動，路徑隨之偏移而接近台灣。實驗發現颱風不會被高壓直接向外推出，主因是摩擦力較小時，氣壓梯度力和科氏力平衡，形成幾乎平行等壓線的駛流風場帶動颱風移動。另外，侵台颱風路徑不是造成全面降雨的主因，明顯外圍環流及颱風眼對全面降雨的效果更強。

壹、研究動機

基礎地球科學課本（見參考資料 1）內提到颱風主要是順著副熱帶太平洋高氣壓的西側北上，台灣正好位於此一必經的路徑，所以每年 7~9 月台灣地區常因此遭受颱風的風雨侵襲。從高一學到此時，我們覺得有問題的地方是：在地科及地理均有學到高氣壓的氣流為順時針向外（圖一），這個向外的氣流，為何不會把颱風的路徑向外推，反而可以成為颱風的駛流？且除了副熱帶高壓外，西風帶對颱風路徑會不會帶來影響？另外，由於台灣地形上的特殊，侵台的颱風雖然易於消散，但其風雨對台灣的肆虐常難以預期，下一步我們想問的是哪種侵台路線會造成較大的災害？經地科老師建議，我們利用模擬實驗和分析資料來討論颱風的移動路徑。



圖一 高壓風場示意圖

貳、研究目的

- 一、 副熱帶太平洋高壓及高空西風帶對颱風移動路徑的影響。
- 二、 找出颱風在何種侵台路徑會帶來較大的降雨及其原因。

參、研究設備與器材

科氏力模擬器	一台
保力龍製蛋糕盒蓋	一個
D8 攝影機	一台
BB 彈	一包
硬紙板（全開）	數張
ABS 塑鋼實心條	二條
望遠鏡腳架（含赤道儀及雲臺板）	一組
軌道架（由廢棄物組裝）	一組
壓克力板	一個
臺車	四台
塑膠繩	一束

肆、研究過程及方法

一、模擬高壓實驗

- (一) 以旋轉圓錐盤模擬副熱帶高壓。
- (二) 考慮高壓的強度不同，颱風路徑偏轉的情況可能也不同，故製作兩種不同斜率的圓錐斜面，分別傾斜 15° 與 10° （如圖二），以模擬強弱不同的高壓。
- (三) 將紙製圓錐盤面黏在科氏力模擬器上，再將科氏力模擬器裝在大型滑車上，製成一可移動的斜面系統（如圖三），以模擬高壓移動情形，以下稱此系統為移動平台。
- (四) 在圓錐斜面中段畫一圓，做為高壓外圍的等壓線，稱其為大圓，其圓心與圓錐斜面中心重合（如圖四）。
- (五) 以 BB 彈做為模擬颱風，將 BB 彈置於大圓上，調整科氏力模擬器的轉速，當轉速可使 BB 彈在圓錐斜面上轉上數圈才飛出後，固定轉速並進行以下實驗。
- (六) 將 ABS 塑鋼實心條彎曲，做為入射軌道。
- (七) BB 彈在入射軌道垂直高度分別為 5cm、2cm 處，以高速與低速入射轉盤。
- (八) 改變 BB 彈和大圓間入射夾角 30° 及 0° 。
- (九) 移動平台以靜止、慢、快三種不同速度移動，重覆步驟（一）～（八）。
- (十) 用 D8 拍攝實驗進行結果，並分析。



圖二 不同斜率的圓錐盤面



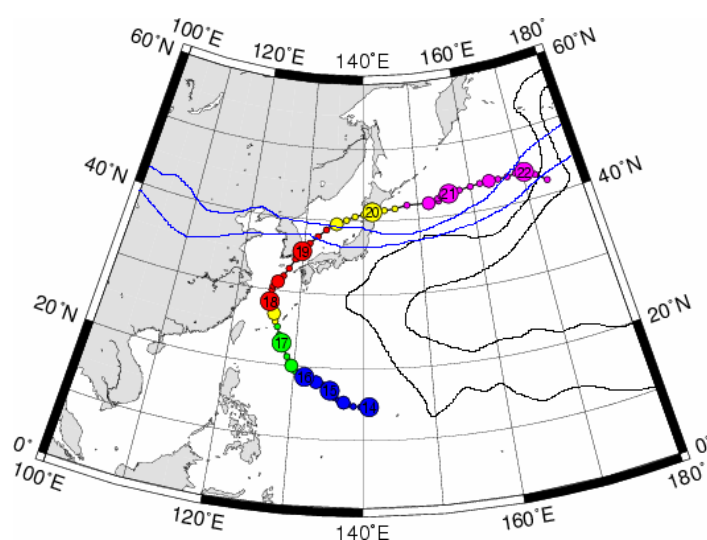
圖三 斜面系統



圖四實驗裝置圖

二、 颱風近台路徑與副熱帶高壓之關係研究

- (一) 從網路上(註 1)下載 2000~2004 年西北太平洋颱風路徑圖、颱風移動速度、地面天氣圖及 500mb 天氣圖資料。
- (二) 將颱風發源地分成三個源地，分別是甲：130°E 以西、乙：130°E~150°E、丙：150°E 以東。
- (三) 在上述三個源地中，取出 100 個颱風，並進行以下分析：
 1. 找出颱風生成後兩天內，對颱風路徑影響最大的地面高壓。
 2. 將高壓中心距颱風中心 2/3 處以內所有等壓線，繪於颱風路徑圖上，並將同一時刻的 500mb 天氣圖上西風帶最南邊二條等壓線繪於颱風路徑圖上。(如圖五)
 3. 找出颱風及高壓各別移動速度，記錄在颱風路徑圖上。
 4. 當颱風路徑通過台灣地區周圍約 10°範圍區域時，稱此颱風「近台」。
- (四) 對 100 個颱風資料進行比較，找出何者為使颱風近台的決定性因素。

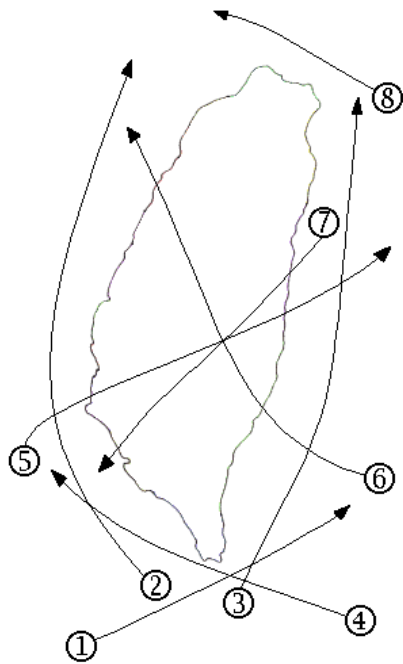


圖五 颱風路徑與副熱帶高壓（黑實線）及西風帶（藍實線）關係圖

註 1：西北太平洋颱風路徑圖、颱風移動速度資料，於網站「Tropical Storms, Worldwide」、
「Digital Typhoon」下載。
地面天氣圖、500mb 天氣圖，於網站「香港熱帶氣旋追擊站」下載。

三、 侵台雨量分析

- (一) 從中央氣象局的網站上選取在 1996~2004 年間有發布陸上颱風警報且警報單上有出現風雨災害的颱風共 25 個。
- (二) 取其侵台路徑，製作侵台颱風路徑分類表，分成下圖中八類，見下圖六、表一。



圖六 颱風侵台路徑圖

表一 侵台颱風路徑分類表

路徑	侵台時間		颱風名稱
	年份	月 / 日	
1	1996	05/22~05/24	CAM
2	1998	07/09~07/10	NICHOLE
	1998	10/21~10/27	BABS
	1999	10/03~10/10	DAN
3	1998	09/27~09/29	YANNI
	1998	10/13~10/17	ZEB
	2000	07/06~07/10	KAI-TAK
	2000	10/28~11/01	XANGSANE
	2003	10/31~11/04	MELOR
4	1999	06/04~06/06	MAGGIE
	2003	08/31~09/02	DUJUAN
5	2002	07/09~07/13	NAKRI
6	1996	07/25~07/27	GLORIA
	1997	08/24~08/30	AMBER
	1998	08/02~08/05	OTTO
	2000	08/21~08/23	BILIS
	2001	07/10~07/11	TRAMI
	2001	07/27~07/31	TORAJI
	2001	09/23~09/28	LEKIMA
	2003	08/02~08/04	MORAKOT
	2004	06/28~07/04	MINDULLE
7	2001	09/07~09/20	NARI
8	1996	07/30~08/01	HERB
	1997	08/16~08/19	WINNIE
	2002	09/03~09/08	SINLAKU

- (三) 從中央氣象局取得 1996 年至 2004 年共 9 年，7~10 月（2004 年只到 9 月）的衛星雲圖及台中、台南、宜蘭、台東四個測站的地面氣象資料。
- (四) 將九年內與颱風侵台同時段的雨量擷取出來，並對 4 個測站個別分析。
- (五) 單一測站內，扣除該颱風所在年份的雨量後，求各測站的雨量平均值。
- (六) 將各測站降雨量減去步驟（五）得到的雨量平均值後，得到颱風帶來的「颱

風異常降水量」。

(七) 將歷年來測站所有的「颱風異常降水量」做平均，做為測站因颱風而異常降水的「標準值」。

(八) 若颱風所帶來的降水多於「標準值」，則判定為雨量多；反之，則判定為雨量少。

(九) 最後對四個測站作綜合判斷：

1. 若 3 個以上測站，判定此颱風為雨量多，則視颱風為台灣帶來「全面性降雨」

2. 若恰有 2 個測站判定其為雨量多，則視颱風為台灣帶來「局部性降雨」

3. 若少於 2 個測站判定其為雨量多，則視颱風為台灣帶來「不明顯降雨」。

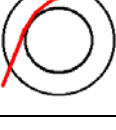
(十) 將路徑與雨量判定結果，寫在衛星雲圖上，並分析比較。

伍、 研究結果

一、 模擬高壓和模擬颱風實驗部份

當 BB 彈以不同入射角度在不同斜率、不同橫移速度的轉盤上移動時，其移動軌跡有 5 種特定方式，經歸納後如下表（表二）所示，表中編號越小的路徑，表示 BB 彈越快速掉入中心，而編號越大的路徑是越快速飛出。

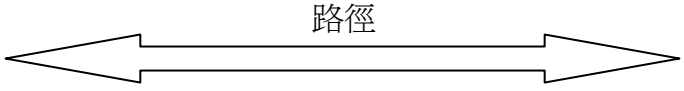
表二 BB 彈移動路徑歸納表

路徑	圖例	BB 彈移動路徑描述
1		快速掉入圓錐盤中心。
2、2'	 	2：轉數圈後，才掉入圓錐盤中心。 2'：先至圓錐盤外圍，再往內轉數圈，掉入中心。
3		在大圓上跟隨圓錐盤移動，不掉入中心，也不飛出圓錐盤。
4、4'	 	4：轉數圈後，才飛出圓錐盤。 4'：先至圓錐盤外圍，再往內轉數圈，最後飛出。
5		快速飛出圓錐盤。

整理不同斜率之旋轉圓錐盤面的結果，如下列之表三、表四，此二表中顯示：

- (一) 以不同速度橫移旋轉圓錐盤面時，發現盤面橫移速度越快，BB 彈以路徑 4、5 的方式被拋出的機率越大。例如：表三中斜率 15° 的旋轉圓錐盤不橫移時，BB 彈多半較易被捲入（掉入）旋轉圓錐盤中心（路徑 2、3），但快速橫移圓錐盤時，BB 彈移動的路徑全為快速飛出圓錐盤。顯示此時 BB 彈移動路徑受旋轉圓盤影響程度變小。
- (二) 比較表三及表四結果，當旋轉圓錐盤面橫移速度為 0 時，BB 彈以相同速度入射後，在斜率 10° 的圓盤上要比 15° 者較易被拋出。例如：BB 彈進入斜率 15° 的旋轉圓錐盤面後，移動的軌跡為編號 2~5，但若進入斜率 10° 的旋轉圓錐盤面後，移動軌跡多為路徑 4、5（較快速飛出），此表示旋轉圓盤的斜率較大，BB 彈移動路徑受影響程度越大。
- (三) BB 彈以高速入射時，無論入射角度為 30° 或 0° ，所走的軌跡結果十分相似（見表三、表四）。表上註記※者，表示此 30° 入射所得結果與 0° 入射相似，唯一的差別在於 30° 入射會先進入大圓內，再轉出； 0° 入射是直接在大圓上轉出。

表三 BB 彈之移動路徑發生機率表（一）

斜率 15° 的圓錐盤面							
盤面 移動 速率	入射 速度	入射 角度	路徑				
							
			1	2 or 2'	3	4 or 4'	5
0	低速	30°	0%	71.4%	0%	※28.6%	0%
		0°	0%	12.5%	0%	87.5%	0%
	高速	30°	0%	0%	0%	0%	※100%
		0°	0%	28.6%	14.3%	42.9%	14.3%
慢	低速	30°	0%	0%	0%	50%	50%
		0°	0%	0%	0%	83.3%	16.7%
	高速	30°	0%	0%	0%	0%	100%
		0°	0%	0%	0%	0%	100%
快	低速	30°	0%	0%	0%	0%	※100%
		0°	0%	0%	0%	0%	100%
	高速	30°	0%	0%	0%	0%	※100%
		0°	0%	0%	0%	0%	100%

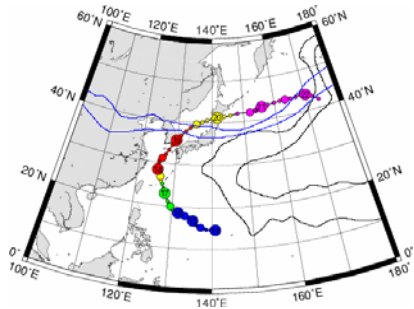
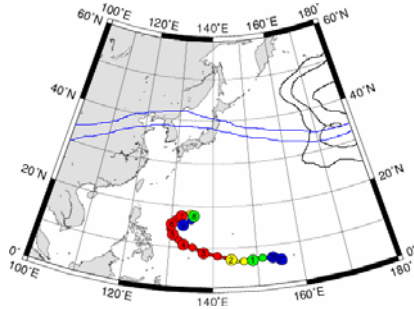
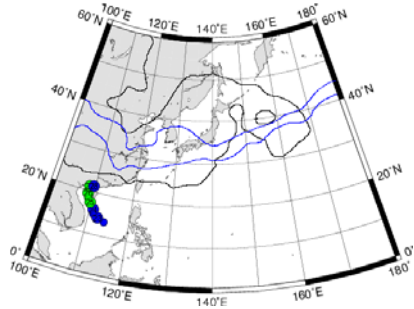
表四 BB 彈之移動路徑發生機率表（二）

斜率 10° 的圓錐斜面							
盤面 移動 速率	入射 速度	入射 角度	← 路徑 → 較快速掉入中心 較快速飛出				
			1	2 or 2'	3	4 or 4'	5
0	低速	30°	0%	0%	0%	※100%	0%
		0°	0%	0%	0%	100%	0%
	高速	30°	0%	0%	0%	0%	※100%
		0°	0%	0%	0%	0%	100%
慢	低速	30°	0%	0%	0%	0%	※100%
		0°	0%	0%	0%	14.3%	85.7%
	高速	30°	0%	0%	0%	0%	※100%
		0°	0%	0%	0%	0%	100%
快	低速	30°	0%	0%	0%	0%	※100%
		0°	0%	0%	0%	0%	100%
	高速	30°	0%	0%	0%	0%	※100%
		0°	0%	0%	0%	0%	100%

二、 颱風近台路徑與副熱帶高壓之關係研究

經由實驗啟發，我們發現副熱帶高壓強度及其是否移動可能是影響颱風路徑的兩大原因，為研究副熱帶高壓對颱風的影響程度，我們自行設定以下分類標準：分類編號 A，表示高壓對颱風影響程度大，包括高壓很接近颱風或高壓很強均屬於此類，相反者為分類編號 A'，如見表五中顯示。

表五 高壓影響程度判定標準示意圖

高壓影響程度 編號	意義	範例
A	高壓對颱風 影響大	高壓接近颱風  高壓很強 
A'	高壓對颱風 影響小	高壓很弱且離颱風遠 

此外，再將「高壓是否移動」做為另一個分類標準，B 表示副熱帶高壓在颱風移動期間有移動，B' 表示高壓在颱風移動期間幾乎沒有移動，B'' 表示高壓在颱風移動期間無明顯高壓中心，故無法判斷其移動情形。

為幫助了解，將上述代號意義以表格整理如表六。

表六 分類表代號說明

代號說明	
A	高壓強，或離颱風近
A'	高壓弱，且離颱風遠
B	高壓有明顯移動
B'	高壓未移動
B''	無明顯高壓中心，無法判斷其是否移動
颱風名稱後註*者，表示附近海域有其他颱風	

以上述分類標準將發源於甲、乙、丙三區域的颱風資料作分析的結果如下：

1. 生成於甲區域內的颱風(表七)無論高壓影響程度及高壓是否移動，有 18/21 的機率近台。

表七 生成於甲區域的颱風分類表（共 21 個颱風）

颱風生成地：甲							
生成年代	颱風名稱	高壓影響程度		高壓是否移動			颱風是否近台
		A	A'	B	B'	B''	
2001	NARI	V		V			是
2003	LINFA	V		V			是
2003	VAMCO	V		V			是
2004	CONSON	V		V			是
2004	HAIMA	V		V			是
2003	NANGKA	V		V			是
2001	USAGI	V		V			是
2001	LINGLING	V		V			否
2003	MORAKOT	V			V		是
2001	TRAMI	V			V		是
2002	KAMMURI	V				V	是
2001	LEKIMA	V				V	是
2001	DURIAN	V				V	是
2002	NOGURI	V				V	是
2002	HAGUPIT	V				V	是
2002	MEKKHALA		V	V			否
2002	VONGFONG		V	V			否
2001	FITOW		V			V	是
2001	CIMARON		V			V	是
2002	NAKRI*		V			V	是
2004	MERBOK	高壓不明顯				V	是

2. 生成於乙區域內（表八）的颱風共 39 個，其中有 20 個颱風進入「近台」的範圍，這 20 個近台的颱風大多在生成初期即出現明顯的高壓影響其路徑（18/20）。且具有明顯高壓而近台的颱風，半數以上（10/18）高壓有移動（即代號 B）。

表八 生成於乙區域的颱風分類表（共 39 個颱風）

颱風生成地：乙							
生成年代	颱風名稱	高壓影響程度		高壓是否移動			颱風是否近台
		A	A'	B	B'	B''	
2000	XANGSANE	V		V			是
2001	HAIYAN*	V		V			是
2002	TAPAH	V		V			是
2002	RAMMASUN	V		V			是
2003	ETAU	V		V			是
2004	NIDA	V		V			是
2004	MINDULLE	V		V			是
2003	CHOI-WAN	V		V			是
2003	MELOR	V		V			是
2000	YAGI	V		V			是
2001	VIPA	V		V			否
2003	KOPPU	V		V			否
2003	KETSANA	V		V			否
2004	OMAS	V		V			否
2002	CHANGMI	V		V			否
2004	MALOU	V		V			否
2003	PARMA	V		V			否
2001	TORAJI*	V			V		是
2001	WUTIP	V			V		否
2003	KONI	V				V	是
2001	UTOR*	V				V	是
2001	CHEBI	V				V	是
2004	DIANMU	V				V	是
2004	MEGI	V				V	是
2004	KOMPASU	V				V	是
2003	DUJUAN	V				V	是
2004	CHANTHU	V				V	否
2001	PABUK	V				V	否
2004	MA-ON		V	V			否
2001	KROSA		V	V			否
2002	HAISHEN		V	V			否
2002	HAGIBIS		V	V			否
2000	SONAMU		V	V			否
2004	RANANIM		V			V	是
2003	NEPARTAK		V			V	否
2004	MUIFA		V			V	否
2004	AERE	高壓不明顯				V	是
2000	RUMBIA	高壓不明顯				V	否
2000	SOULIK	高壓不明顯				V	否

3. 生成於丙區域內（表九）的 40 個颱風不論副熱帶高壓影響程度及其是否移動，除了 10 個之外，均無近台，其中有 6 個颱風生成到消失期間，有其他颱風在同時段出現，影響其路徑。

表九 生成於丙區域的颱風分類表（共 40 個颱風）

颱風生成地：丙							
生成年代	颱風名稱	高壓影響程度		高壓是否移動			颱風是否近台
		A	A'	B	B'	B''	
2002	SINLAKU*	V		V			是
2002	FUNGWONG*	V		V			是
2004	NANMADOL	V		V			是
2003	KUJIRA	V		V			是
2004	TOKAGE	V		V			是
2002	HALONG*	V		V			是
2001	PODUL	V		V			否
2004	TALAS	V		V			否
2001	KONG-REY	V		V			否
2000	SHANSHAN	V		V			否
2001	FRANCISCO	V		V			否
2004	SUDAL	V		V			否
2003	LUPIT	V		V			否
2002	ELE*	V		V			否
2002	CHATAAN	V		V			否
2001	SEPAT	V		V			否
2002	KALMAEGI	V		V			否
2002	PONGSONA	V		V			否
2002	MAYSAK	V		V			否
2002	RUSA	V			V		是
2004	SARIKA	V			V		否
2004	CHABA*	V				V	是
2004	SONGDA*	V				V	是
2004	MERANTI	V				V	否
2002	FENGSHEN*	V				V	否
2002	HUKO	V				V	否
2001	DANAS	V				V	否
2003	CHAN-HOM	V				V	否
2003	MAEMI	V				V	否
2001	MAN-YI	V				V	否
2004	MALAKAS	V				V	否
2004	TINGTING*	V				V	否
2002	MITAG	V				V	否
2002	PHAN-FONE		V	V			否
2002	BAVI		V	V			否
2002	HIGOS		V	V			否
2004	NOCK-TEN*	高壓不明顯		V			是
2003	YANYAN	高壓不明顯				V	否
2004	NORU	高壓不明顯				V	否
2004	NAMTHEUN	高壓不明顯				V	否

三、 侵台雨量分析

上述分析敘述颱風近台的氣象條件，以下為颱風近台後分析不同路徑可能帶來的雨量結果。將宜蘭、台東、台中、台南四個測站雨量綜合判斷整理，可得下表。(見表十)

表十 雨量綜合判定表

颱風名稱	侵台日期		區域判定				雨量
	年代	日期	宜蘭	台東	台中	台南	
CAM	1996	05/22~05/24	雨少	雨少	雨少	雨少	不明顯
GLORIA	1996	07/25~07/27	雨少	雨多	雨少	雨多	局部
HERB	1996	07/30~08/01	雨多	雨少	雨多	雨多	全面
WINNIE	1997	08/16~08/19	雨少	雨少	雨少	雨少	不明顯
AMBER	1997	08/24~08/30	雨多	雨少	雨少	雨少	局部
NICHOLE	1998	07/09~07/10	雨少	雨少	雨少	雨多	不明顯
OTTO	1998	08/02~08/05	雨少	雨少	雨少	雨多	不明顯
YANNI	1998	09/27~09/29	雨多	雨少	雨少	雨少	不明顯
ZEB	1998	10/13~10/17	雨多	雨多	雨多	雨多	全面
BABS	1998	10/21~10/27	雨多	雨多	雨少	雨少	局部
MAGGIE	1999	06/04~06/06	雨多	雨多	雨少	雨少	局部
DAN	1999	10/03~10/10	雨少	雨多	雨少	雨少	不明顯
KAI-TAK	2000	07/06~07/10	雨少	雨多	雨多	雨少	局部
BILIS	2000	08/21~08/23	雨多	雨多	雨少	雨多	全面
XANGSANE	2000	10/28~11/01	雨多	雨多	雨少	雨多	全面
TRAMI	2001	07/10~07/11	雨少	雨少	雨少	雨少	不明顯
TORAJI	2001	07/27~07/31	雨少	雨少	雨多	雨少	不明顯
NARI	2001	09/07~09/20	雨多	雨少	雨多	雨多	全面
LEKIMA	2001	09/23~09/28	雨多	雨多	雨少	雨少	局部
NAKRI	2002	07/09~07/13	雨多	雨少	雨少	雨多	局部
SINLAKU	2002	09/03~09/08	雨少	雨少	雨少	雨少	不明顯
MORAKOT	2003	08/02~08/04	雨少	雨少	雨少	雨少	不明顯
DUJUAN	2003	08/31~09/02	雨少	雨多	雨少	雨少	不明顯
MELOR	2003	10/31~11/04	雨少	雨少	雨少	雨少	不明顯
MINDULLE	2004	06/28~07/04	雨少	雨多	雨多	雨多	全面

由衛星雲圖中查出颱風外圍環流及颱風眼情形，並對照圖六颱風侵台路徑圖後，再加上表十各測站雨量判定結果整理成下表，由表中可以發現具有明顯外圍環流的颱風，較易造成局部性或全面性降雨（13/18），只要沒有明顯外圍環流的颱風全導致不明顯降雨。（表十一）

表十一 影響颱風降雨因素相關表

颱風名稱	明顯外圍環流		有無颱風眼		路徑是否為3、5、6、7		雨量多少
	有	無	有	無	是	否	
XANGSANE	V		V		V		全面
KAI-TAK	V		V		V		局部
ZEB	V		V		V		局部
MINDULLE	V		V		V		全面
SINLAKU	V		V			V	不明顯
DAN	V		V			V	不明顯
HERB	V		V			V	全面
BILIS	V		V			V	全面
NARI	V			V	V		全面
NAKRI	V			V	V		局部
LEKIMA	V			V	V		局部
AMBER	V			V	V		不明顯
YANNI	V			V	V		不明顯
GLORIA	V			V	V		局部
OTTO	V			V	V		不明顯
DUJUAN	V			V		V	全面
MAGGI	V			V		V	局部
BABS	V			V		V	局部
MELOR		V	V		V		不明顯
WINNIE		V	V			V	不明顯
TRAMI		V		V	V		不明顯
TORAJI		V		V	V		不明顯
MORAKOT		V		V	V		不明顯
CAM		V		V		V	不明顯
NICHOLE		V		V		V	不明顯

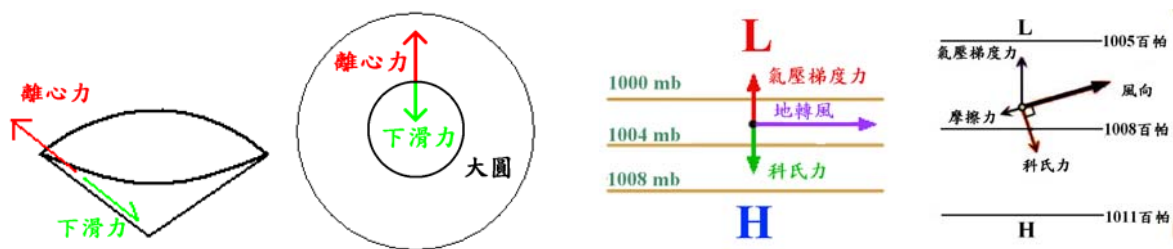
陸、 討論

一、 以實驗來模擬颱風進入高壓的基本構想

副熱帶高壓之氣壓梯度力由中心向外，這個結果應使颱風進入此高壓後被向外推，但為什麼會成為颱風的駛流，必有其原因，參考物質地球科學課本下冊（見參考資料 2）後，發現雖然在大尺度氣象中，氣壓梯度力是由高氣壓推向低氣壓，長時間後因科氏力和梯度力平衡，使氣流方向近乎平行等壓線，所以當颱風進入高壓氣流區，氣流造成引導颱風的駛流，而不是將颱風直接向外推。

爲了模擬此一現象並了解「氣壓梯度力與科氏力平衡的理論」與可能「帶動颱風移動的駛流」二者間的關係，我們設計了旋轉圓錐盤模擬高壓，**BB** 彈模擬颱風。在圓錐盤面旋轉時，旋轉造成的離心力相當於高壓的氣壓梯度力，由斜坡所造成的下滑力相當於高壓的科氏力，而轉速則相當於高壓風場的速度。因斜面所產生向中心的下滑力和離心力之合力（圖七(a)、(b)、(c)），恰可模擬高壓的氣壓梯度力與科氏力之合力。當颱風路徑經過海面上時摩擦力很小，產生的實際風方向和等壓線夾角很小，而當 **BB** 彈射入旋轉圓錐盤後，在圓錐盤面上的大圓轉數圈後，緩緩向外飛出，即可表示真實大氣偏向低壓的風（圖七(d)）。

這個模擬實驗正可解釋我們的疑惑，較強的高壓應具有較密的等壓線，其氣壓梯度力大，故風速也應較大，較陡的圓錐盤面的模擬效果正好合乎需求。因此可以藉由改變圓錐盤面的斜率，可模擬強弱不同的高壓。

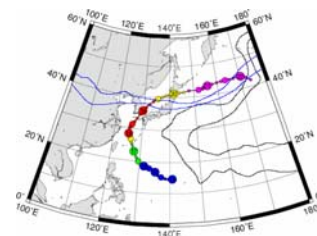


(a)旋轉圓錐盤側視圖 (b)旋轉圓錐盤俯視圖 (c)地轉風時力平衡圖 (d)實際風時力平衡圖

圖七 圓錐盤面模擬示意圖

二、 颱風近台路徑與西風帶之關係研究

除了副熱帶太平洋高氣壓外，颱風路徑也常進入西風帶的範圍，所以西風帶對颱風路徑的影想也成為我們考慮的另一變因。爲了觀察西風帶是否對颱風造成影響，我們將西風帶畫入颱風路徑圖。經觀察，西風帶只在中緯度地區產生一小段導引作用（如圖八），颱風整體路徑主要還是受到副熱帶高壓的影響。且西風帶的導引作用，對颱風路徑是否近台無太大影響，因限於篇幅，本實驗暫不深入討論。

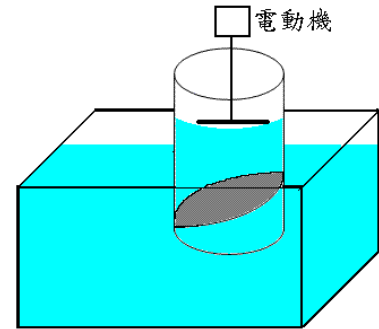


圖八 西風帶對颱風路徑的影響

三、模擬實驗對照真實颱風路徑之討論

- (一) 經觀察發現，當颱風附近沒有明顯的高壓時，颱風本身依然會有一個向西北方向移動的速度。這可能是因颱風本身內力的不平衡而產生的。而在實驗中發現，颱風的入射速度會影響其路徑，入射速度較快的颱風會較快脫離模擬高壓（見表三、表四）。但在現實中，颱風的路徑並不會受到本身初始速度的影響。這可能是因為實驗中模擬高壓勢力的影響和颱風進入高壓範圍時速度所產生的影響相差不遠，颱風路徑才會表現出受到兩者的影響。而在現實中因颱風本身內力因素所產生的移動速度，對颱風路徑的影響遠小於高壓的影響，使得颱風入射速度對路徑的影響不明顯。
- (二) 在實驗中，颱風入射的角度只在颱風剛進入模擬高壓時造成影響，而進入模擬高壓後的路徑，以及脫離模擬高壓時的情形皆與颱風入射角度無太大關係。在現實環境中，也由觀察發現，颱風進入高壓影響範圍時，即使切入角度與高壓的等壓線不平行，其最後的路徑會漸漸平行等壓線。因此，颱風的入射角度對颱風路徑造成的影響很小。
- (三) 在實驗中，較強的模擬高壓其盤面斜率較大，產生較大的下滑力。因此，雖然較強的模擬高壓轉速較快，模擬颱風卻較難脫離高壓的影響。在現實中也可經由觀察發現，當高壓較強時，颱風路徑受影響的程度也較大。這顯示，雖然高壓較強時風速快，但科氏力也較大，高壓風場大抵上仍接近地轉風，致使颱風無法藉由高壓風速的提高而快速脫離高壓的影響。
- (四) 經觀察發現，分類表三區域的颱風，其近台機率不同，其可能原因如下：
1. 分類表中甲區域（見表七）內颱風近台機率相當高的原因，可能是因為在此區域生成的颱風，與台灣已相當接近，所以當高壓對颱風的影響大，受到高壓的牽引，颱風便會順著高壓的等壓線向西北或北方移動，如此一來，颱風的路徑就會更接近台灣。
 2. 在實驗中，BB 彈的路徑大致上循著圓錐盤面的大圓即氣壓梯度力和科氏力平衡後，行成高壓的駛流帶著颱風以近乎平行等壓線的方式移動，所以在實驗中發現，若模擬高壓有移動，模擬颱風受到模擬高壓影響的時間便會縮短，即較易被高壓拋出，但在斜率 15° 的模擬高壓上，因高壓較強，颱風較會跟隨高壓而移動，改變移動方向。對照在乙區域生成的颱風，如果順著高壓等壓線移動有多數颱風路徑可能更偏西，此時若副熱帶高壓較強，其移動時會帶著颱風，使颱風近台的機會增大。這可解釋表八中近台的颱風，在當時太平洋上多半有較強的副熱帶高壓，且高壓有移動的結果。
 3. 在丙區域內生成的颱風，距離台灣相當遙遠，受到強大的高壓影響時，反而因路徑遠離台灣而不易近台。因此，在此範圍生成的颱風，無法只靠高壓影響而近台，尚須仰賴其他颱風的影響（見表九）。
- (五) 經觀察發現，當颱風不受高壓影響時，它仍會有個向西北方向移動的速度。這是可能因為颱風在低緯度地區的部份渦度較大，在高緯地區的部份渦度較小，因為南北方向上的渦度差異而造成颱風的移動。
- 為了證明，我們試圖利用一些簡單裝置（如圖十）來模擬此一現象。在水波槽中放置一裝水圓筒，並使此圓筒浮在水上，而圓筒底部非水平。利用電動

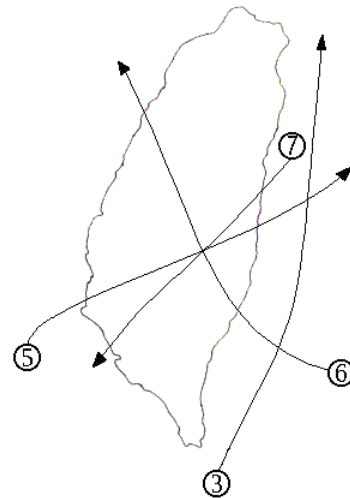
機驅使圓筒內的水流以逆時針方式旋轉。將可發現圓筒有向右方（較淺處）移動的趨勢。這可能是因為右方的水體質量較小，雖然水流轉速相當，但其渦度較小，故圓筒會向右方移動。



圖十 渦度模擬裝置示意圖

四、侵台雨量分析

- (一) 台灣地區地狹人稠，土地開發率高。每當大雨過後，山區飽受山崩、土石流等天然災害的威脅。而台灣全年雨量有一半來自颱風，若能預期颱風是否會帶來大量的降水，則可減少人員、財物上的損失。因此，我們在此僅討論颱風帶來的降水，而不討論其強風所造成的影響。
- (二) 若颱風在侵台期間也同時引導外圍環流接近台灣，則外圍環流所帶來的水氣即會增加颱風侵台期間所帶來的降水量，因此，有伴隨著外圍環流的颱風就有較高的機會帶來局部以上的降雨。沒有外圍環流者，無論颱風眼有多明顯或路徑為何，皆無明顯降雨。
- (三) 颱風有颱風眼即意味著其結構完整，在登陸後較不易受到地形的破壞，如此一來，也就能引導更多的水汽至臺灣，以利降水。
- (四) 路徑為 5、6、7 其中一條者（見圖九），因為這些路徑皆有橫切過台灣，在侵台過程中，會因經過中央山脈，受到地形的抬升，而造成降水。路徑 3 雖然未切過台灣而越過中央山脈，但因其路徑為沿著東部劃過，而東部的山脈接近海岸線，因此，當颱風劃過東部海岸線時，本身旋轉的雲氣會被東部的山脈攔截而在東部降水；同時也因其本身的旋轉，帶動台灣北方或東北方的雲氣接近台灣，而在台灣西部、北部造成降水。



圖九 侵台路徑 3、5、6、7 示意圖

五、颱風初始速度之討論

由此，我們相信颱風會因為南北方向上的渦度差異，而有向渦度小的方向移動的趨勢，也因此，在模擬實驗中我們必須要給予模擬颱風一個向西北方前進的初始速度，以表示颱風內力不平衡所造成的影響。

柒、 結論

- 一、 西風帶僅在中緯度地區對颱風路徑造成影響，颱風路徑在起始到接進台灣主要隨副熱帶高壓駛流移動。

- 二、較強的模擬高壓對模擬颱風路徑影響越大，模擬颱風越不易被快速拋出。在現實中，當高壓較強時，颱風路徑受影響而產生較大偏折，易沿高壓西側向西北或北方前進，而到達台灣附近。
- 三、模擬高壓橫移時，颱風路徑受影響的時間減少，但較強的模擬高壓，仍可對模擬颱風產生牽引作用而改變其路徑。對照現實情況，高壓的橫向移動發生於 $130^{\circ}\text{E}\sim 150^{\circ}\text{E}$ 間會對颱風路徑造成影響，在高壓較強時，其移動所產生的牽引作用，會使颱風路徑偏折變大，侵台機率提高。
- 四、生成於 150°E 以東的颱風，距離台灣遙遠，無法只靠高壓的影響使其靠近台灣，須依賴其他颱風的影響。
- 五、若颱風侵台，其外圍環流是否明顯，是決定其降水程度的主要因素，不具有明顯外圍環流的颱風，均無法造成局部性或全面性降雨。次要因素是颱風結構的完整性，至於颱風侵台路徑則影響更小。

捌、參考資料及其他

- 一、毛松霖等五人主編（2004）：高級中學基礎地球科學（四版）。台中市：康熙圖書公司。
- 二、毛松霖等五人主編（2004）：高級中學物質科學地球科學篇 下冊（四版）。台中市：康熙圖書公司。
- 三、Tropical Storms, Worldwide 網站 <http://www.solar.ifa.hawaii.edu/Tropical/tropical.html>
- 四、Digital Typhoon 網站 <http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon>
- 五、香港熱帶氣旋追擊站 <http://hkcoc.weather.com.hk/observatoryhome.htm>

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

高中組 地球科學科

第二名、最佳團隊合作獎

040506

猜不透我的心——探討影響颱風路徑的原因，及不同颱風路徑造成的災害

高雄市立高雄女子高級中學

評語：

1. 可以設計儀器探討氣流變化及其路徑，為其優點。
2. 解釋的部份還可以加強其他影響因子。
3. 團隊默契佳，各有表現。