

2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

國中組 成果報告表單

題目名稱：追風計畫 No.1-探討颱風經過台灣的路徑變化

一、摘要

本研究旨在分析歷史資料以及透過模型製作進行實驗，探討颱風經過台灣的路徑變化。首先透過歷史資料分析颱風的路徑，接著利用颱風模型模擬颱風路徑進行實驗，探討颱風經過台灣後的路徑變化，並了解颱風預測的原理，接著進行過山模擬實驗並透過 Tracker 分析颱風過山路徑，最後模擬各種類型的颱風並找出規律。

二、探究題目與動機

台灣是位於太平洋上的海島型國家，每年夏秋兩季是颱風侵襲台灣的旺季，根據颱風滯台時間長短以及其路徑軌跡不同，我國遭受颱風侵擾後所受到的危害及經濟損失亦有所差異。研究颱風路徑是全球氣象監測單位的重點項目，若能及早掌握颱風動向將有望提前處遇因應。而台灣因為有許多不同種類的山地地形，加上四面環海提供颱風動能的水氣豐沛，促使颱風路徑受影響的因素眾多。近年來在氣候變遷的干擾下，天氣更是變幻莫測，因此我們想進行此研究，探討颱風的過山情形，以及颱風經過台灣的路徑變化，期盼能對氣象預報有所貢獻。

三、探究目的與假設

- 3.1 分析歷史颱風路徑並了解颱風形成與運行之原理。
- 3.2 製作颱風模型並模擬颱風路徑。
- 3.3 利用颱風模型模擬颱風的不同過山情形，並使用 Tracker 分析。
- 3.4 利用颱風模型模擬颱風不同的經過台灣路徑，並使用 Tracker 分析。

四、探究方法與驗證步驟

4.1 歷史颱風資料分析

我們在觀察歷史颱風資料後，發現颱風的最低氣壓越低，或最大風速越大者，颱風的威力越強。另外，在近十年的颱風歷史資料中，我們並未發現有明顯分裂過山情形的颱風，說明台灣不易發生分裂過山，最近的一筆資料要追溯到 2005 年的泰利颱風。

4.2 模型製作與演進

我們首先透過雷切透明壓克力，並使用矽利康黏著，使用煙量較大的硝糖煙霧與抽風扇當作煙霧與將風抽出模型的設備，但我們發現硝糖煙霧因為有大量的熱能，容易使矽利康脫膠，且煙霧容易在模型中形成閉循環，未進入到颱風系統中，因此我們加裝三對引流板(如下圖)，以及進行煙霧的實驗，最後發現水霧的綜合效果最好，因此我們採用水霧進行接下來的實驗，且將抽風設備轉換成較強的吸塵器。

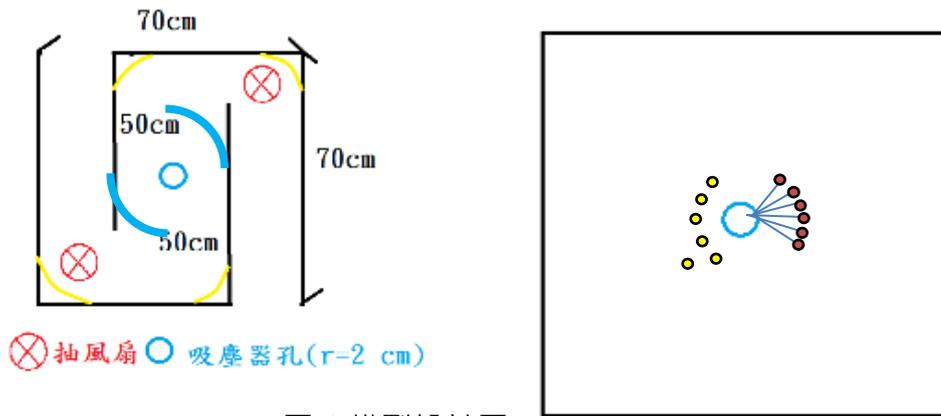


圖 1. 模型設計圖



圖 2. 模型演進

4.3 路徑模擬

1. 在抽風扇處各配置兩台水霧機
2. 開啟抽風扇，利用吸塵器在孔洞上抽風
3. 將初始孔洞上的吸塵器改為抽風扇，並將吸塵器移動至欲移動的終點位置，颱風就會因壓力差往終點洞口移動

4.4 過山實驗模擬

本實驗透過前面製作的模型模擬颱風過山的路徑，分為山高對過山的影響與過山角度對過山的影響。首先利用 L 形資料夾裁減製作成坡度為 60 度的山地模型，將颱風模型準備好後，可以改變模型的山高，模擬真實颱風遇不同高度的山的路徑變化。模型山高轉換成真實山高的公式如下所示(30cm 為模型內颱風高度，18km 為實際颱風平均高度):

$$\text{模型山高:30cm} = \text{實際山高:18km}$$

另外，也可以透過模擬不同孔洞(模型設計圖中的橘色孔洞)往中間主孔洞(模型設計圖中的藍色空心孔洞)的颱風路徑，模擬不同角度(70 度至 120 度)對颱風過山的影響，本實驗使用換算實際山高為 3000m 且坡度為 60 度的山地模型，較貼近台灣的平均山高與平均坡度。本實驗之角度是指颱風路徑與山脈的夾角(β 角度)，希望未來可以借用各級大學的大尺度颱風模擬實驗室，模擬颱風氣流場與山脈的夾角(α 角度)對颱風過山的影響。

4.5 颱風各種經過台灣的路徑

本實驗透過將 3D 列印的台灣模型放入前面製作的颱風模型中，模擬各種颱風經過台灣的路徑變化。依據中央氣象局的颱風資料，颱風總共分為十類，其中包含一個特殊類。本實驗主要模擬另外九類的颱風路徑，具體分類如以下所示：

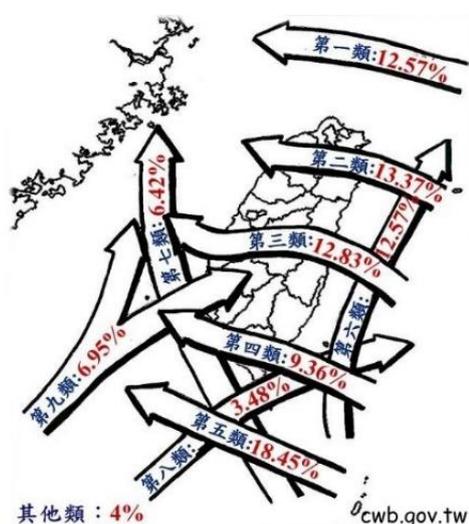


圖 3. 颱風十大路徑

1. 第 1 類：通過臺灣北部海面向西或西北進行者。
2. 第 2 類：通過臺灣北部向西或西北進行者。
3. 第 3 類：通過臺灣中部向西或西北進行者。
4. 第 4 類：通過臺灣南部向西或西北進行者。
5. 第 5 類：通過臺灣南部海面向西或西北進行者。
6. 第 6 類：沿臺灣東岸或東部海面向北者。
7. 第 7 類：沿臺灣西岸或臺灣海峽北上者。
8. 第 8 類：通過臺灣南部海面向東或東北進行者。
9. 第 9 類：通過臺灣南部向東或東北進行者。
10. 其他類：無法歸於以上的特殊路徑。

五、結論與生活應用

5.1 模型製作結果

以下是我們製作的模型：

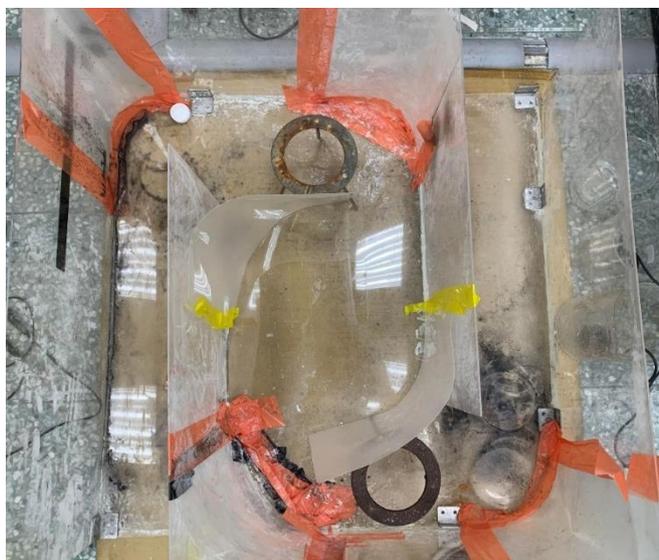


圖 4. 自製模型(不含上板)

本改良後的模型可以成功模擬颱風，且煙散失量少、不易漏風，因此我們將此模型作為之後實驗之模型。

5.2 過山實驗模擬

一、山高對過山的影響

(一) 實驗結果

表 1.山高對過山的影響

	2cm	4cm	6cm	8cm	10cm
實際山高	1200m	2400m	3600m	4800m	6000m
過山方式	完全自由過山	幾乎自由過山， 部分繞過山	部分自由過山， 部分分裂過山	幾乎分裂過山	完全分裂過山 甚至消散
大致圖形 (Tracker 分析 結果)					

(二)實驗分析

- 我們在實驗中發現:颱風 90°過山時，遇到小於 2400m 的山時自由過山；遇到 2400m~4800m 的山時混合過山；遇到超過 4800m 的山時分裂過山。
- 實際上颱風過山情形會與實驗結果有差異是因為混合過山分裂的不明顯，且台灣的山脈地形崎嶇，容易使副低壓減弱或消失，因此在台灣的山高下不易發生分裂過山現象。



圖 5.放入低山地模型(不含上板)

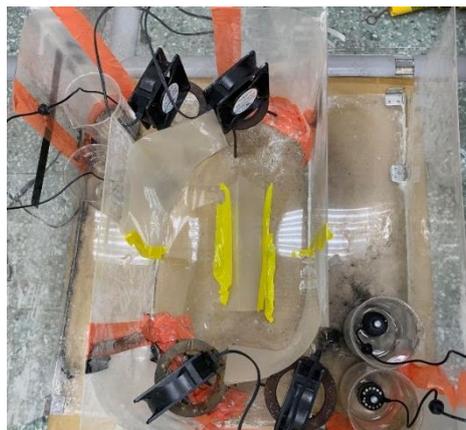


圖 6.放入高山地模型(不含上板)

二、過山角度對過山的影響

(一)實驗結果

表 2.過山角度對過山的影響

	70°	80°	90°	100°	110°	120°
過山方式	自由過山	自由過山	自由過山	幾乎自由過山， 部分繞過山	部分自由過山， 部分分裂過山	分裂過山
大致圖形 (Tracker 分析結果)						

(二)實驗分析

1. 3000m 過山時 β 角度(颱風與山脈夾角)為 70 度~110 度時，颱風自由過山；角度為 110 度時，颱風混合過山；角度大於 110 度時，颱風分裂過山。

5.3 侵台路徑模擬實驗

一、實驗結果

表 3. 侵台路徑模擬實驗

類型	第一類(3-1 至 4-1)	第二類(3-2 至 4-2)	第三類(3-4 至 4-3)	第四類(3-5 至 4-4)
X,Y 起點,拐點及終點	起點(4.0,7.8) 終點(-4.0,7.8)	起點(4.5,2.0) 拐點(1.1,3.5) 終點(-4.5,3.9)	起點(5.0,-0.1) 消失(0.5,0.7)	起點(4.5,-2.9) 消失(0.4,-2.2)
X,Y 函數	$-0.03x^2+8.2$	綠: $-0.009x^2-0.1x+3.6$ 藍: $-0.004x^2-0.4x+3.9$	$-0.006x^2-0.12x+0.7$	$0.011x^2-0.23x-2$
大致圖形 (Tracker 分析結果·由 Geogebra 繪出)				
極座標起點拐點及終點	起點[8.8,62.9°] 終點[8.8,117.2°]	起點[4.9,24.0°] 拐點[3.7,72.6°] 終點[-6.0,139.1°]	起點[5.1,-1.2°] 消失[0.9,54.5°]	起點[5.4,-32.8°] 消失[2.2,-79.7°]
旋轉角度正值	54.3°	48.6°/66.5°	55.7°	46.9°
觀察及分析	平穩通過台灣·無拐點及過山現象	颱風過山時拐彎·故極座標旋轉範圍大	颱風在撞擊中央山脈時消失	颱風在撞擊中央山脈時消失
類型	第五類(3-6 至 4-5)	第六類(3-6 至 3-1)	第七類(4-5 至 4-2)	第八類(4-6 至 3-6)
X,Y 起點,拐點及終點	起點(4.0,-7.9) 終點(-4.0,-8.0)	起點(4.0,-7.1) 終點(4.7,7.1)	起點(-4.0,-7.6) 終點(-5.3,3.9)	起點(-5.0,-7.6) 終點(4.0,-6.7)
X,Y 函數	$0.014x^2+0.02x-8.2$	$0.013y^2+0.05y+3.7$	$1.89x^2+8.4x-4.4$	$-0.036x^2+0.06x-0.64$
大致圖形 (Tracker 分析結果·由 Geogebra 繪出)				

極座標起點拐點及終點	起點[8.9,-63.1°] 終點[8.9,-116.6°]	起點[8.1,-60.6°] 終點[8.5,56.5°]	起點[8.6,-117.8°] 終點[6.6,143.7°]	起點[9.0,-123.3°] 終點[7.8,-59.2°]
旋轉角度	53.5°	117.1°	98.5°	64.1°
觀察及分析	平穩通過台灣，無過山現象	離台灣近，但無明顯偏折	逐漸遠離台灣，路徑趨近直線但稍有弧度	雖然經過台灣南部，但山高較低無明顯偏折
類型	第九類(4-6 至 4-1)	二、實驗分析		
X,Y 起點,拐點及終點	起點(-5.0,-7.6) 終點(-4.0,7.6)	1.第一類颱風模擬實驗中:颱風平穩通過台灣且未發生任何過山現象。		
X,Y 函數	15.1x+67.7	2.第二類颱風模擬實驗:在(1.1,3.5)處發生自由過山，颱風路徑發生明顯偏折，且極座標旋轉角度大，表移動路徑長。		
大致圖形		3.第三類颱風模擬實驗:颱風在(0.5,0.7)處撞擊中央山脈消失，推測可能是因為強度過小。若強度夠大，則可能發生分裂過山現象。		
極座標起點拐點及終點	起點[9.1,-123.3°] 終點[8.6,117.8°]	4.第四類颱風模擬實驗:颱風在(0.4,-2.2)處撞擊中央山脈消失。		
旋轉角度	118.9°	5.第五類颱風模擬實驗:颱風平穩通過台灣且未發生過山現象。		
觀察及分析	路徑趨近直線	6.第六類颱風模擬實驗:我們發現使用 y 對 x 的二次函數較能貼近颱風路徑。		
		7.第七類颱風模擬實驗:颱風逐漸遠離台灣，未發生明顯過山現象。		
		8.第八類颱風模擬實驗:颱風雖然由南部穿越台灣，但由於台灣南端地勢較低，因此未偵測到明顯過山現象。		
		9.第九類颱風模擬實驗:發現一次函數更能貼近路徑，因此用直線方程式表示。		

5.4 生活應用

本研究透過氣象學相關實驗與分析，判斷颱風侵台的路徑可以提前得知可能受災害的區域以及過山後的強度，可以讓住在該地區山區的民眾盡早撤離下山，減少土石流所帶來的危害。颱風預報也可以提醒民眾要做好防颱準備，避免靠近水域。俗話說的好:「知己知彼，百戰百勝。」，若人類可以對颱風進行研究，增加對颱風的了解，才能將颱風所帶來的災害降到最低。

參考資料

1. <https://www.ntsec.edu.tw/ScienceContent.aspx?cat=&a=0&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=241&sid=12556> 凌「雲」馭「風」 - 以霧化水分子氣流場模型，模擬颱風在不同環境下的風場與路徑變化。郭宜玟、江怡臻、吳昱輝,2015。
2. <https://www.ntsec.edu.tw/ScienceContent.aspx?a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=12310> 「颱」客~ 追! 追! 追!。黃筠茜、呂映儒,2014。
3. <https://www.ntsec.edu.tw/ScienceContent.aspx?a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=712> 大風怎麼吹，颱風旋轉方向之研究與模擬。吳瑜芬、呂廷鈺、吳佳穎、林玉芳,2002。
4. https://rdc28.cwb.gov.tw/TDB/public/warning_typhoon_list/ 颱風資料庫-中央氣象局
5. <https://www.hko.gov.hk/tc/index.html> 香港天文台-颱風資訊。