

台灣二〇〇二年國際科學展覽會

科 別：地球與太空科學科

作品名稱：台灣地形對颱風路徑的影響

學 校：臺北市立大同高級中學

作 者：張凱翔

作者簡介



我是張凱翔，大同高中氣象站第一任站長兼任大同高中蒼穹新知社教學總監。我出生於民國七十四年Nelson 颱風警報發布前两天。由於出生時有異常天象（颱風），因此我的一生也與颱風脫離不了關係。我的一生有超過六分之一的歲月花在颱風研究上，且所佔時間比例還在逐年增加中。非常榮幸這次能獲選為____國際科展（國名等評審完後再請馮小姐填上）正選代表，感謝過去一年來台大大氣科學系陳泰然教授、景文技術學院環境管理系王重傑助教、大同高中何連生老師、廖哲毅老師的指導，以及國立台灣科學教育館「九十年中學生參與科學專題研究」補助研究經費。

台灣地形對颱風路徑的影響

A Study on the Influence of the Terrain of Taiwan on Typhoon Tracks

壹、中英文作品摘要

英文摘要

Typhoon is a natural hazard that often occurs in Taiwan. The complex terrain of Taiwan also adds to the uncertainty to typhoon tracks. Based on past data, typhoons often show changes in their tracks within six hours before making landfall, while they produce most of their damage within three hours of the landfall. In other words, if the track of a particular typhoon was to be affected by the terrain, people have only a few hours to prepare.

The study collects best tracks of a total of 145 typhoons that made landfall from the east of Taiwan from 1897 to 2001. Their tracks and changes in circulation while they moved across the Central Mountain Range are recorded, and classified according to several different elements such as strength, traveling speed, incipient angle, and landfall area. The possible influence of these elements on typhoon tracks can be applied to forecasts in the future.

Results indicate that the terrain of Taiwan does have an impact on typhoon tracks, and causes typhoons to turn when they approach from the east. Turning angle in most cases is within 30° , and cases turning northward are slightly more than those turning southward. When typhoons approach Taiwan from the northeast (incipient angle $< 60^\circ$) they favor turning south, and when they approach from the southeast (incipient angle $> 160^\circ$) they favor turning north. Also, the turning angle tends to be smaller for typhoons that approach the terrain at a right angle, and the opposite is favored when the incipient angle is more acute. This suggests that the terrain of Taiwan had a blocking and deflecting effect to typhoon tracks.

For results related to typhoon strength, stronger typhoons tend to exhibit smaller turning in their tracks, but they are also less likely to return to their original direction of motion under the influence of steering flow after they leave the terrain. The most relevant factor to moving speed of typhoon is the strength of steering flow, which is slowed down if blocked by the terrain. The difference in terrain elevation can also influence the motion of typhoon and cause some rather special phenomena. For instance, a secondary low is more likely to form and result in a discontinuous track if a typhoon made landfall over southern Hwa-lien or Cheng-kung, while a typhoon has a higher possibility to be deflected southward if it made landfall over Tai-tung, the southernmost area.

中文摘要

颱風是臺灣地區常見的天然災害之一，而台灣地區複雜的地形變化，也為颱風路徑的變化投下一個變數。根據以往的資料顯示，颱風路徑受到地形影響往往是在登陸前六小時內，而颱風對台灣地區災害最嚴重的時候往往是登陸前後三小時，也就是說要是颱風路徑受到地形影響發生偏轉，則我們只有數小時的時間來進行防災的準備。

本研究主要收集 1897~2001 年由台灣東部登陸的颱風最佳路徑圖，分別統計其颱風路徑或颱風環流過山時的變化，並分類統計各種不同颱風要素（包括颱風強度、行進速度、移入角、登陸地段等）對颱風路徑變化的影響，以做為未來預報之參考。

結果顯示，台灣地形的確對颱風路徑有所影響，並使颱風在接近時偏轉，偏轉角度大多

在 30 度以內，且偏北較偏南略多。而當颱風以偏東北方向接近時（移入角小於 60 度）向南偏轉較多；以偏東南方向接近時（移入角大於 161 度）方向偏北較多，顯然地形對颱風行進有阻礙作用；而正交颱風偏轉角度也比斜交颱風小。

在颱風強度部份，越強的颱風路徑偏轉角也越小，颱風過山後路徑受到導引氣流影響回到原路徑的機率較低。而影響颱風移動速度最主要的因素是導引氣流的強弱，若導引氣流受到山脈阻擋時，會使颱風移動速度減慢。而台灣各地山脈高低不同，也會使某些地區出現較特殊的颱風現象。例如花蓮南部及成功地區容易誘發副低壓造成分裂路徑；台東地區因颱風容易繞山而過因此偏南機率比其他地區高等。

貳、前言

一、研究動機

颱風一直是台灣地區常見的災害之一，也因此提昇颱風路徑即雨量預報的準確性，也一直是國科會「防災國家型科技計劃」及國內其他學術單位所共同努力的目標。過去二年本人曾在國際科展及全國科展中發表過有關於颱風風向及災害的研究成果。但在當時的研究過程中，意外發現某些颱風在接近陸地時，路徑有略為偏轉的現象。根據世界氣象組織統計，事前準確的氣象預報可減少 15%~20% 的災害。而預測到颱風轉向的時機越早，我們所有的防颱準備時間就多。為解此現象的原並提昇我國在颱風中心接近台灣陸地時路徑預報的準確性了因，因此決定本人以此主題，做為今年度的研究重點。

二、研究目的

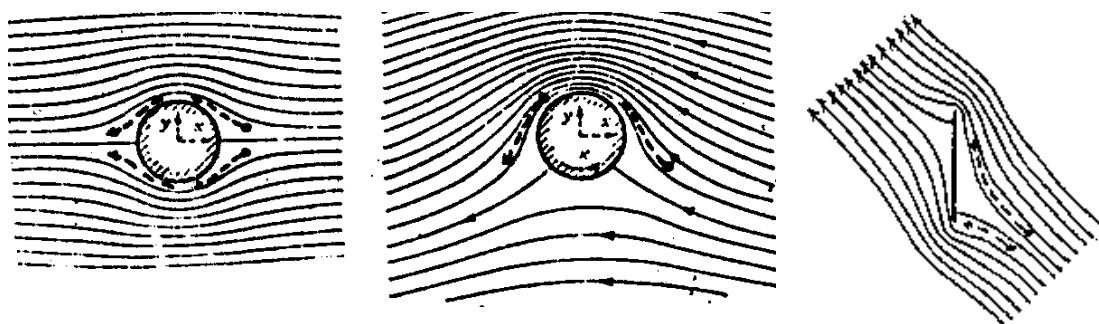
了解台灣地形對颱風路徑的影響，以減少颱風之災害，並做為未來颱風預報的參考。

1. 颱風接近台灣時路徑的變化。
2. 颱風接近台灣時行進速度的變化。
3. 研究以上變化除地形外，是否有其他因素。

三、理論分析

過去國內外氣象界針對地形對颱風路徑的影響也有所研究，對於類似台灣之較小地形根據理論主要有下列二種影響：

1. 地形阻擋效應：一般而言，氣流運動時水平流動比垂流通動容易，若氣流遇到地形阻擋時，無法越過山脈，則必定向山脈南端或北端通過（如圖一左）。若颱風本身作逆時鐘方向旋轉，而加強由北方繞過地形的氣流，會使颱風較容易由北側繞過（如圖一中）。此外，若地形屬於峽長形（如台灣），則氣流的角度也會影響其繞行方向。若以東南向西北前進的氣流而言，大部分氣流將以偏北繞山為主，少部份偏南（如圖一右）。此項理論適用於較小之山脈，山脈太長時，氣流繞山會受影響。



圖一：地形阻擋效應

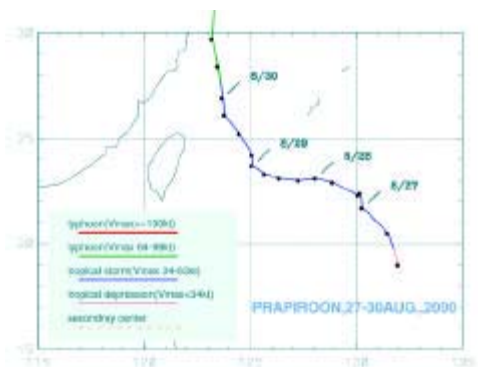
2. 地形缺口效應：山脈中如有河口或盆地之類的地形，因其缺口對颱風行進的阻力較小，

比較容易吸引颱風進入。當颱風通過山脈後，會再回到原導引氣流的路徑。台灣東部比較大的地形缺口包含蘭陽平原及秀姑巒溪等河口。

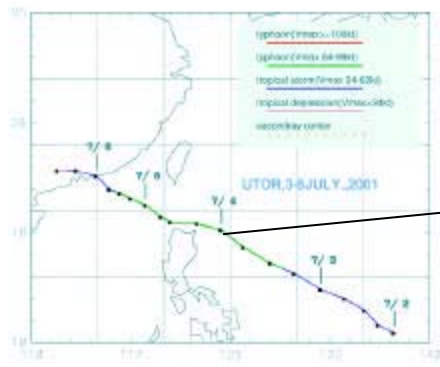
除以上二種效應外，根據角動量守恆的理論，地形也可能對颱風路徑有其他的影響，但以類似台灣的小地形而言，影響有限。

除了地形以外，影響颱風路徑的因素還包括以下幾種：

1. 太平洋高壓的強度變化：一般颱風剛生成時都沿太平洋高壓邊緣向偏西方向移動，至北緯二十度附近。若遇有高壓減弱，則颱風可沿高壓邊緣北上，如八十九年 Prapiroon 颱風；若高壓未減弱，則颱風會維持原行進方向繼續向西移動。過去也發生高壓增強，迫使颱風轉向更南方的案例，如九十年 Utor 颱風。



圖二：Prapiroon 颱風路徑圖



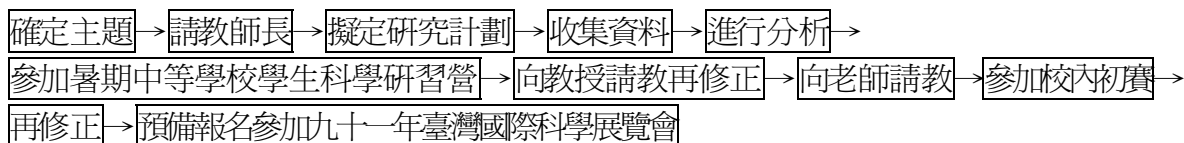
圖三：Utor 颱風路徑圖

颱風行經至此時高壓增強迫使颱風轉南

2. 高層導引氣流：颱風移動除了太平洋高壓的變化外，還與氣流的導引有關。氣流導引的力量以高空大氣的力量最大，而非一般接近地表的氣流。

參、研究方法及過程

一、研究過程



二、研究方法

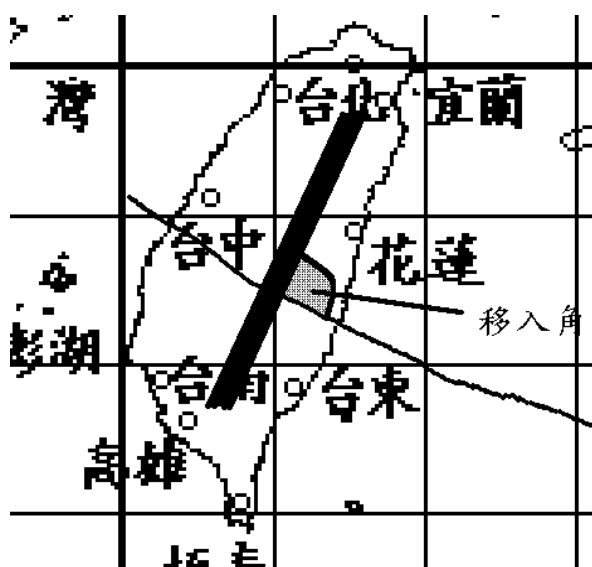
先將 1897 年至 2001 年七月由臺灣東部（東往西）登陸的一百四十五個颱風依登陸地點分類列表統計，統計項目包含颱風強度、原行進狀態、移入角、偏轉型態、偏轉距離、偏轉方向及角度、通過後行進狀態等。各項目意義說明如下：

1. 颱風名稱編號：1949（政府遷台前）年以前資料由中央氣象局按侵台順序編號，並加一英文字母 B 做為區別。1948 年以後則採用美軍駐關島聯合颱風警報中心 JTWC 所編定的名稱及編號，前二碼為年度，後二碼為熱帶氣旋發生次數（包含熱帶低氣壓、熱帶風暴、颱風、超級颱風）。例如八十九年（公元 2000 年）Bilis 颱風，編號為 0018。1948~1949 年為過渡期，同時使用二種方法命名及編號。而為避免八十九年氣象局改變颱風命名及編號方式後的麻煩，本研究報告中提到颱風時都以國際颱風命名表示。
2. 颱風強度：分輕度颱風（Tropical Storm，簡稱 TS）、中度颱風（Typhoon，簡稱 T）、強烈颱風（Super Typhoon，簡稱 ST）。颱風強度依照氣象預報警報統一發布辦法第十條規定，依照颱風中心附近最大風速分類，分類標準如下：

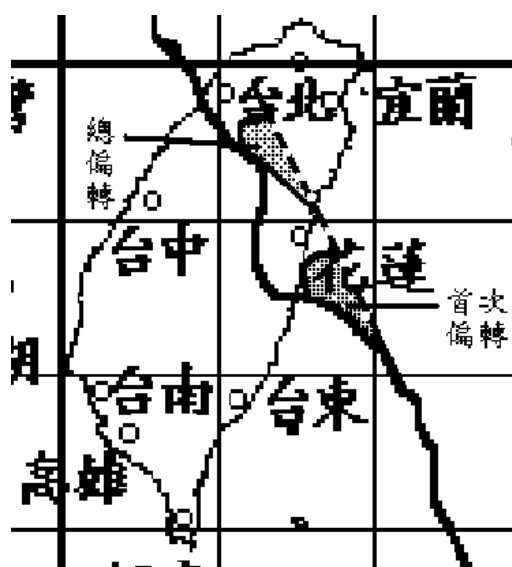
颱風種類	中心附近最大風速
------	----------

	每秒公尺	每時海里	相當風級
輕度颱風 TS	17.2—32.6	34—63	8—11
中度颱風 T	32.7—50.9	64—99	12—15
強烈颱風 ST	51.0 以上	100 以上	16 以上

3. 原行進狀態：包含行進速度及方向。
4. 移入角：颱風路徑與中央山脈的夾角，以順時針方向計算如圖四。為凸顯地形的影響，本次研究以由東部登陸的颱風為主，因此移入角都在 0~180 度間。
5. 颱風過山環流變化（偏轉型態）：根據中央氣象局出版的百年侵台颱風路徑圖集將颱風過山之環流演變分為自由過山（颱風未產生副中心）及分裂過山（颱風於背風面產生副中心）二種，本人將其細分，以代號表示，分八種：
 - (1)自由過山分成：(A)曲折過山、(B)直行通過及(C)繞山而過等三種。
 - (2)分裂過山分成：(D)由北方副中心取代、(E)由南方副中心取代、(F)二副中心並存後副中心減弱消散、(G)二副中心並存後合併及(H)二副中心往不同方向移動等五種。
6. 偏轉距離：為颱風路徑偏轉時距離海岸線之距離（公里），如為登陸後才偏轉，則以負值表示。
7. 偏轉方向及角度：分為第一次偏轉及總偏轉角度二種。第一次偏轉表示颱風接近陸地時的可能影響，總偏轉則表示颱風在接近至遠離地形過程中的整體影響。
8. 通過後行進狀態：包含行進速度及行進方向。



圖四：移入角定義



圖五：偏轉角定義

將颱風資料列表後進行交叉統計，結果如後。

肆、研究結果與討論

本次所選出的 145 個颱風中，分強度、移入角、登陸地點、移動速度等要素統計，各類案例分布如下：

颱風強度：輕度 26 個、中度 61 個、強烈 49 個。輕度颱風案例明顯較少。

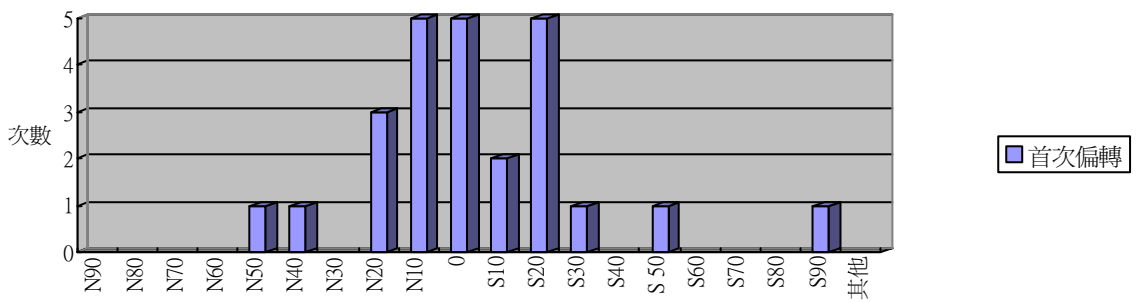
移入角：41~60 度 4 個、61~80 度 18 個、81~100 度 33 個、101~120 度 46 個、121~140 度 16 個、141~160 度 8 個、161~180 度 2 個。移入角分布明顯以正交颱風路徑以及移入角在 101~120 度（略為斜交）最多（與中央山脈近似垂直）。

登陸地點：宜蘭 43 次、花蓮北部 27 次、花蓮南部 38 次、成功 13 次、台東 16 次。

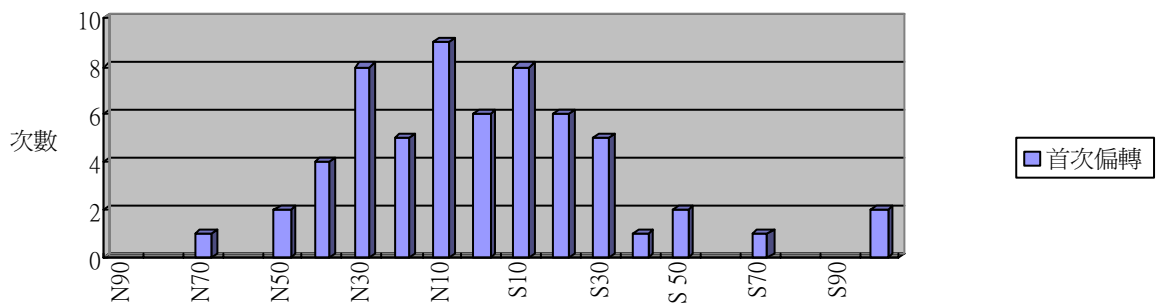
一、颱風強度與颱風過山偏轉情形之關係

表一：颱風路徑首次偏轉角度與颱風強度關係

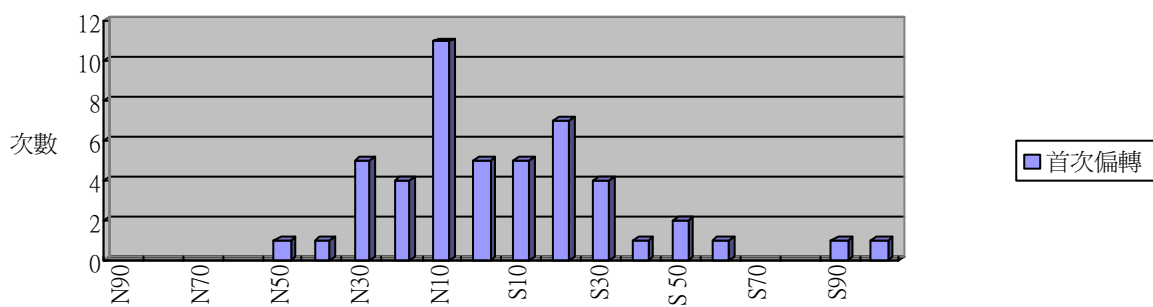
偏轉角度	TS	T	ST
N81~90			
N71~80			
N61~70		1	
N51~60			
N41~50	1	2	1
N31~40	1	4	1
N21~30		8	5
N11~20	3	5	4
N01~10	5	9	11
0	5	6	5
S01~10	2	8	5
S11~20	5	6	7
S21~30	1	5	4
S31~40		1	1
S41~50	1	2	2
S51~60			1
S61~70		1	
S71~80			
S81~90	2		1
其他		2	1
合計	26	61	49
平均	S6.9	S3.3	S3.5



輕度颱風



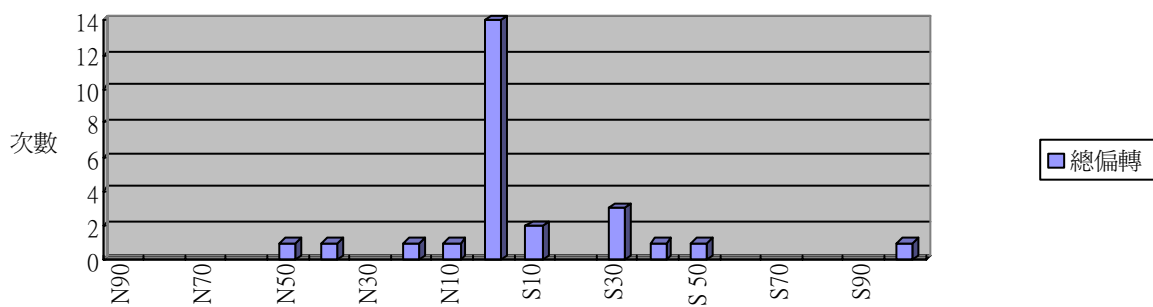
中度颱風



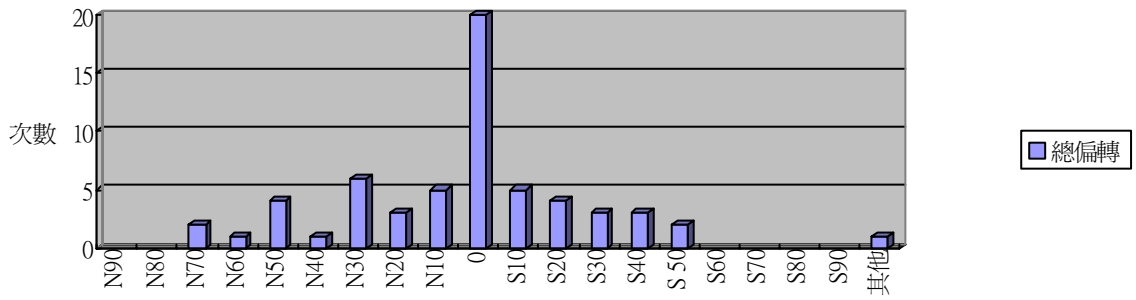
強烈颱風

表二：颱風路徑總偏轉角度與颱風強度關係

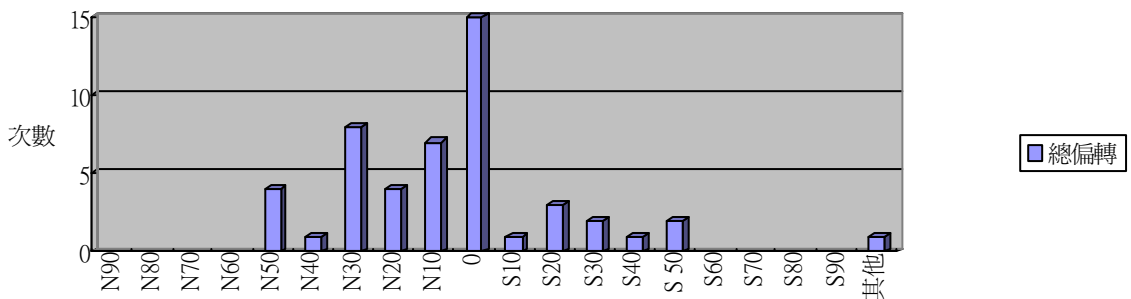
偏轉角度	TS	T	ST
N81~90			
N71~80			
N61~70		2	
N51~60		1	
N41~50	1	4	4
N31~40	1	1	1
N21~30		6	8
N11~20	1	3	4
N01~10	1	5	7
0	14	20	15
S01~10	2	5	1
S11~20		4	3
S21~30	3	3	2
S31~40	1	3	1
S41~50	1	2	2
S51~60			
S61~70			
S71~80			
S81~90			
其他	1	1	1
合計	26	61	49
平均	S3.1	N4.8	N7.3



輕度颱風



中度颱風



強烈颱風

由以上情形可發現，颱風路徑首次偏轉角度從0度到90度都有可能。但是輕度颱風集中在20度以內，中度與強烈颱風則集中在30度以內，且偏北較偏南稍多的情形，輕度颱風則偏南與偏北數接近。

總偏轉角度顯示，不論颱風強度，總偏轉角的變化範圍均較首次者較小，可知颱風通過中央山脈後，地形影響減弱，移動方向有偏向原路徑之趨勢。總偏轉角度為0的比例，在各種不同颱風強度中都是最高，因此颱風中心通過中央山脈後因受原導引氣流影響，而多傾向回到原行進方向。

比較三種強度分類的總偏轉角，可發現強度越強，回到原行進路線（總偏轉角為0）的案例比略有降低。且強烈颱風總偏轉角偏北的機率也特別高，因此，顯示颱風的環流越強，越不易受導引氣流回到原路徑。

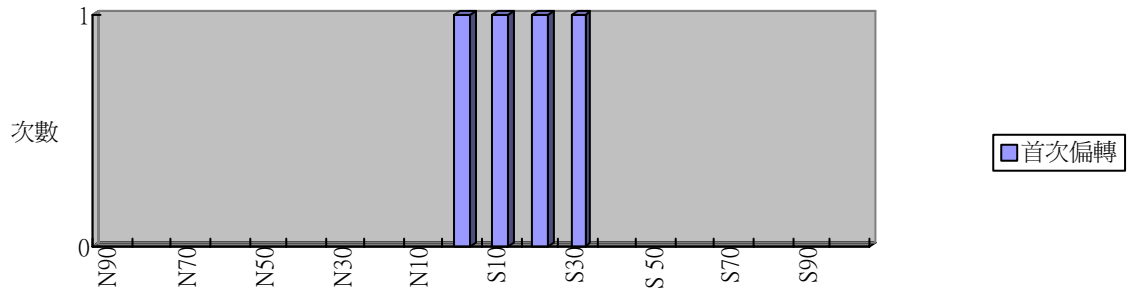
二、移入角與颱風過山偏轉情形之關係

表三：颱風路徑首次偏轉角度與移入角關係

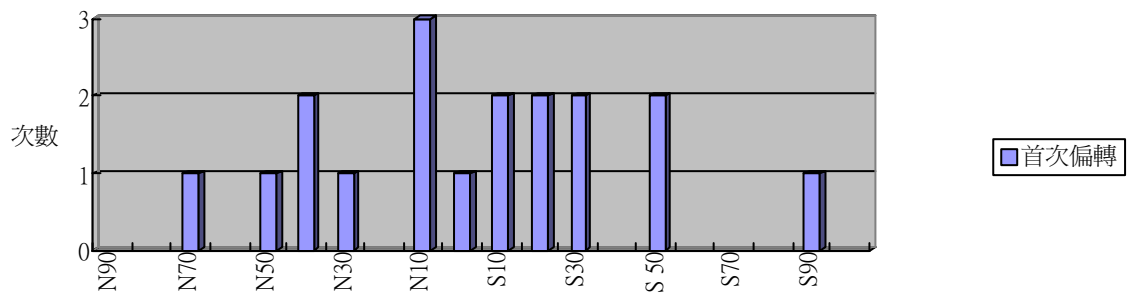
偏轉角度	41~60	61~80	81~100	101~120	121~140	141~160	161~180
N81~90							
N71~80							
N61~70		1					
N51~60							
N41~50		1		3		1	
N31~40		2		3	1		
N21~30		1	3	4	3	2	1

N11~20			4	5	3		
N1~10		3	7	9	5		
0	1	1	3	4	1	4	1
S1~10	1	2	5	7			
S11~20	1	2	4	5	1		
S21~30	1	2	3	3			
S31~40			1		1		
S41~50		2	2				
S51~60						1	
S61~70			1				
S71~80							
S81~90		1		1	1		
其他				2			
合計	4	18	33	46	16	8	2
平均	S 15.0	S 2.8	S 5.6	N 5.0	N 5.6	N 6.3	N 15.0

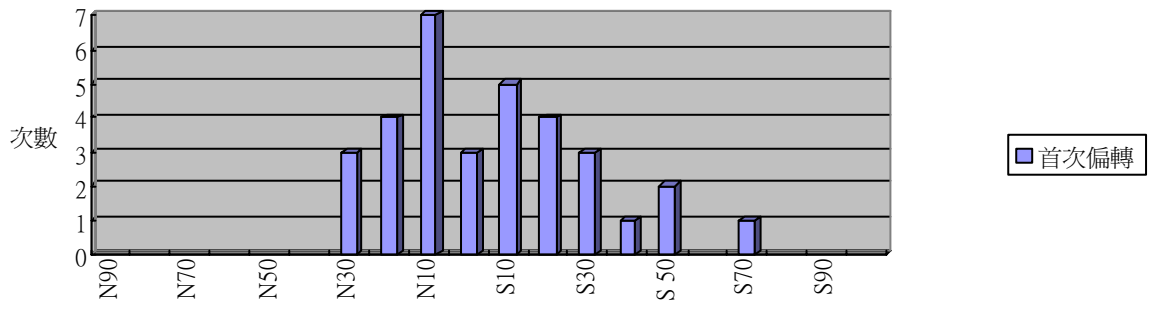
註：移入角以 20 度為一組分組統計，其中 0~20 度及 21~40 度因為過去沒有發生類似案例，並未標示於上表。



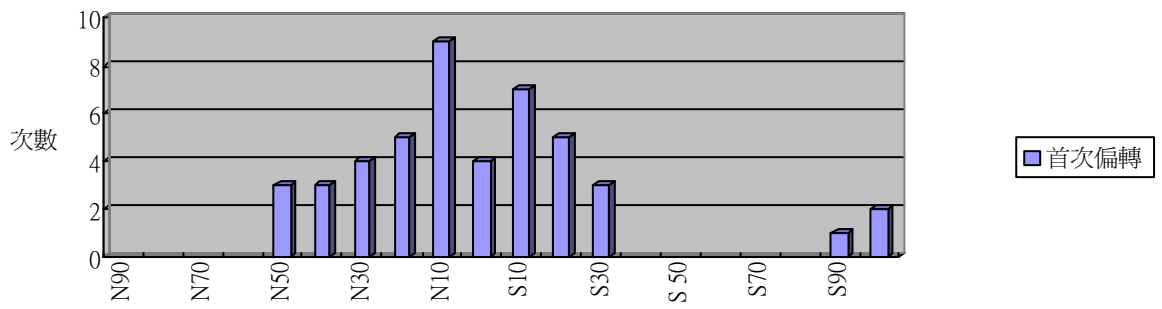
41~60 度



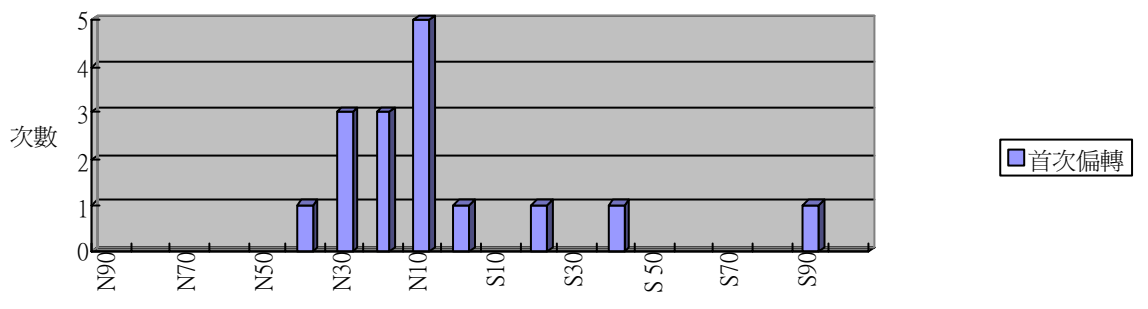
61~80 度



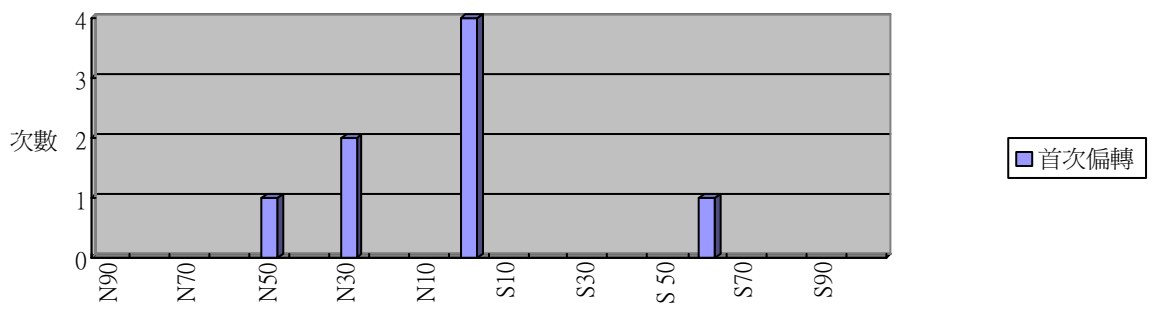
81~100 度



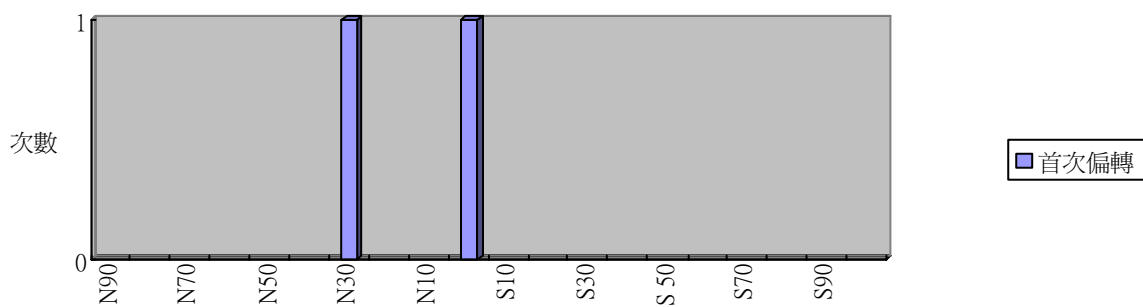
101~120 度



121~140 度



141~160 度

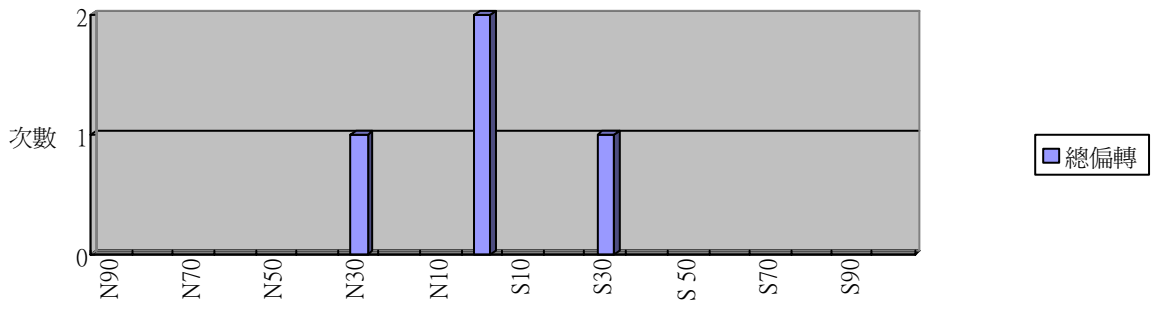


161~180 度

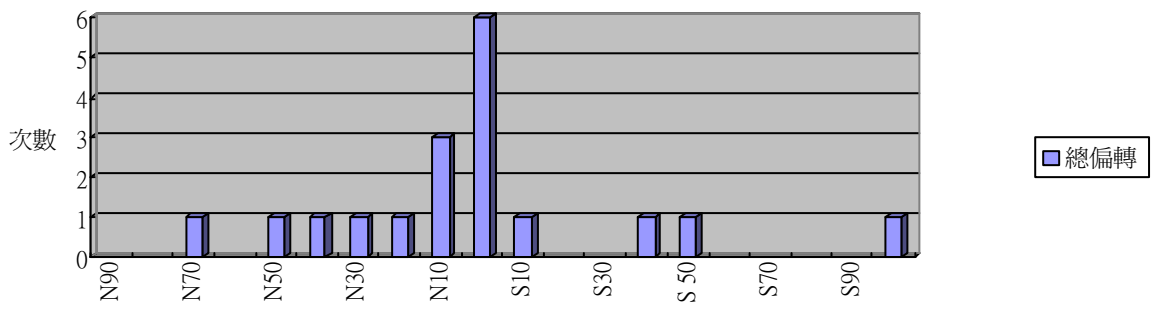
表四：颱風路總偏轉角度與移入角關係

偏轉角度	41~60	61~80	81~100	101~120	121~140	141~160	161~180
N81~90							
N71~80							
N61~70		1					1
N51~60				1			
N41~50		1	2	3	2		
N31~40		1	2	2			
N21~30	1	1	4	2	2	3	
N11~20		1	2	2			
N1~10		3	3	8	2	1	
0	2	6	11	13	3	4	1
S1~10		1	3	3	2		
S11~20			2	5	1		
S21~30	1		2	4	2		
S31~40		1	1	1			
S41~50		1	1	1	2		
S51~60							
S61~70							
S71~80							
S81~90							
其他		1		1			
合計	4	18	33	46	16	8	2
平均	0	N7.8	N2.7	N2.8	S1.3	N12.5	N35.0

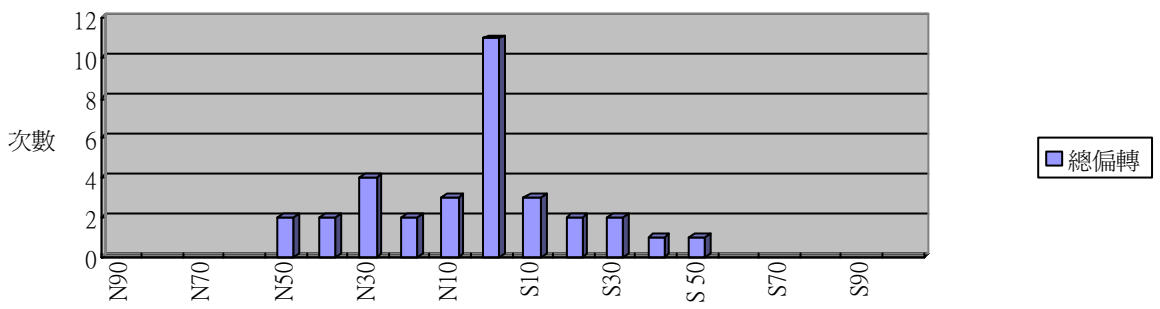
註：移入角以 20 度為一組分組統計，其中 0~20 度及 21~40 度因為過去沒有發生類似案例，並未標示於上表。



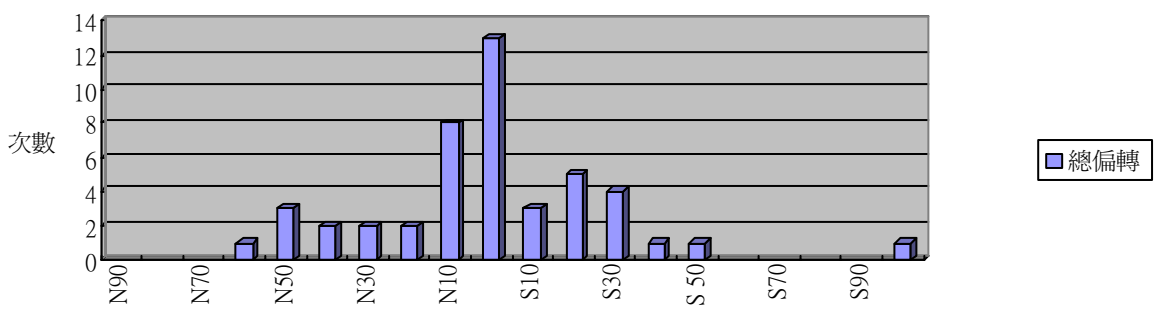
41~60 度



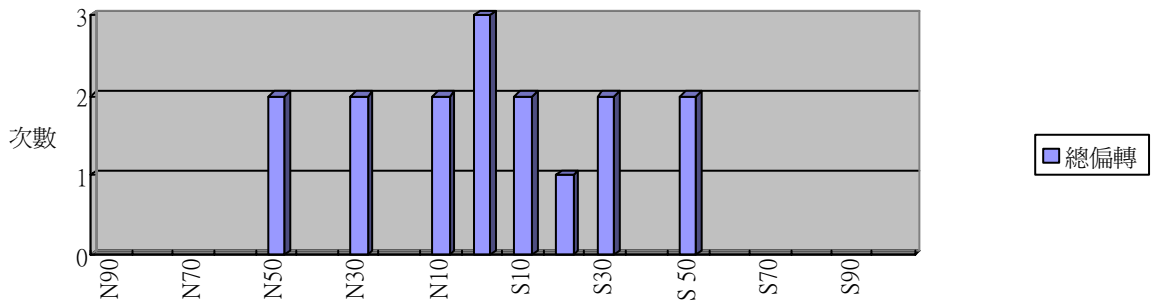
61~80 度



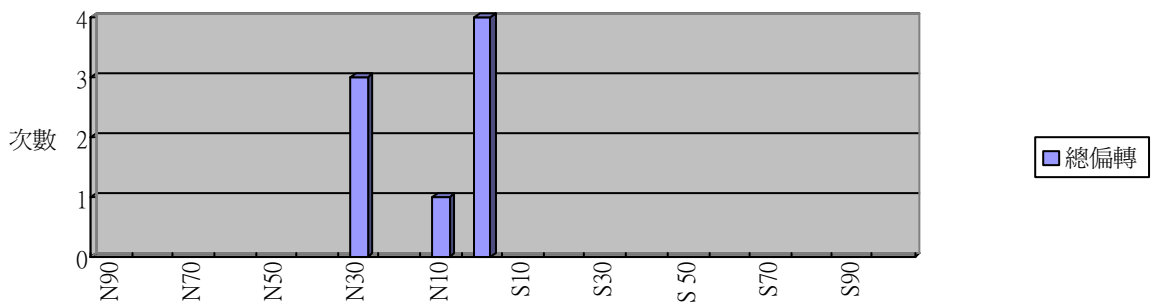
81~100 度



101~120 度



121~140 度



141~160 度



161~180 度

- 1.第一次偏轉角度方面，正交颱風路徑（與中央山脈近似垂直）從0 度到 90 度都有，但主要集中在 20 度以內。斜交颱風路徑（與中央山脈呈 30 度夾角）則是以 20 度~30 度最多。41~60 度多數偏南；81~100 度偏南與偏北大致相當；101~140 越多偏北；141~180 度者則可能部分為受高壓影響而北上的案例，未必全為地形的效應。
- 2.不論各種移入角，總偏轉角度仍以 0 度最多，可見颱風中心通過中央山脈後受到原導引氣流影響，有回到原來路徑的驅勢。移入角 61~120 度之間各分類，偏北略多於偏南者。
- 3.移入角 60 度以下以偏南為主。60 度以下颱風移動方向以西南方向為主，碰到阻礙時機械式氣流繞山以由南通過機會較大。
- 4.移入角 141 度以上以偏北為主。此走向與中央山脈近似平行，氣流繞山以偏北為主。
- 5.因颱風接近台灣時，顯然偏轉方向與移入角有所關聯，由東南方接近易於由北繞過；由東北方接近易於由南繞過，此亦與地形阻擋效應所預期一致。

三、地形對颱風移動速度之影響

表五：各地點颱風移動速度變化（公里／小時）平均值

地點	登陸前				登陸時	出海後	總變化量
	24-18	18-12	12-6	6-0			
宜蘭	19.0	21.5	21.0	24.0	23.4	20.9	
		+2.5	-0.5	+3.0	-0.6	-2.5	+1.9
花蓮北部	20.5	22.3	23.2	26.5	26.0	21.9	
		+1.8	+0.9	+3.3	-0.5	-4.1	+1.4
花蓮南部	17.3	23.1	23.8	20.5	23.6	19.1	
		+5.8	+0.7	-3.3	+3.1	-4.5	+1.8
成功	24.9	25.3	24.7	24.2	30.4	31.1	
		+0.4	-0.6	-0.5	+6.2	+0.7	+6.2
台東	19.5	21.6	22.9	23.8	27.4	23.4	
		+2.1	+1.3	+0.9	+3.6	-4.0	+3.9
平均		+3.2	+0.3	+0.7	+1.6	-2.7	+3.1

自 1897~2001 年七月統計，颱風通過中央山脈後加速者共計 52 次、減速者 63 次、不變者 17 次、另外有 9 次資料不足無法判斷（原因包括資料間隔為時間過長，不易判斷，或颱風分裂、消散而無法判斷。）。颱風減速較加速略多，但不易看出地形對颱風移動速度的影響不大。將時間細分為六小時的統計結果如表五，可發現颱風登陸前加速，出海後減速，但各登陸地點減速時間不同。但成功地區卻出現先減速再加速的現象，此原因尚不明瞭。

以上資料還可以發現越往北部地區颱風開始減速時間越早，例如宜蘭及花蓮北部。至於是否與台灣各地局部地形有關，則有待進一步分析。

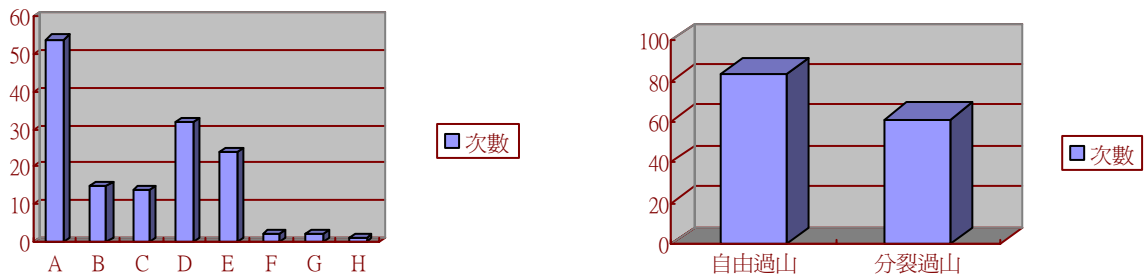
（四）颱風偏轉方向及曲折方式分地段統計

此處對於颱風路徑變化及自由過山、分裂過山的代號與第四頁所列相同。其中 D、E、F、G、H 於颱風侵襲過程都有副低壓產生，屬於分裂過山；其他則屬於自由過山。原第五頁所列分類方式及代號如下：

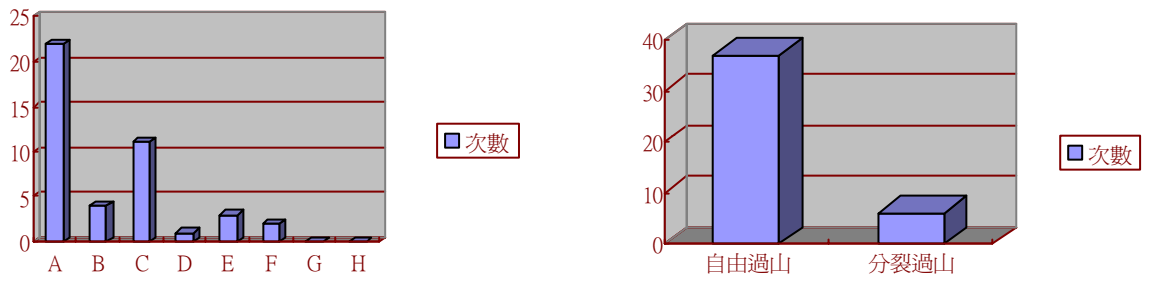
自由過山分成：(A)曲折過山、(B)直行通過及(C)繞山而過等三種。

分裂過山分成：(D)由北方副中心取代、(E)由南方副中心取代、(F)二副中心並存後副中心減弱消散、(G)二副中心並存後合併及(H)二副中心往不同方向移動等五種。

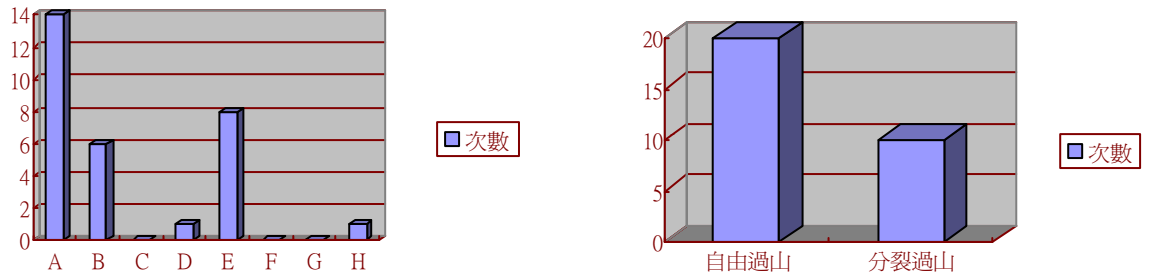
颱風路徑曲折方式統計圖（不分地段）



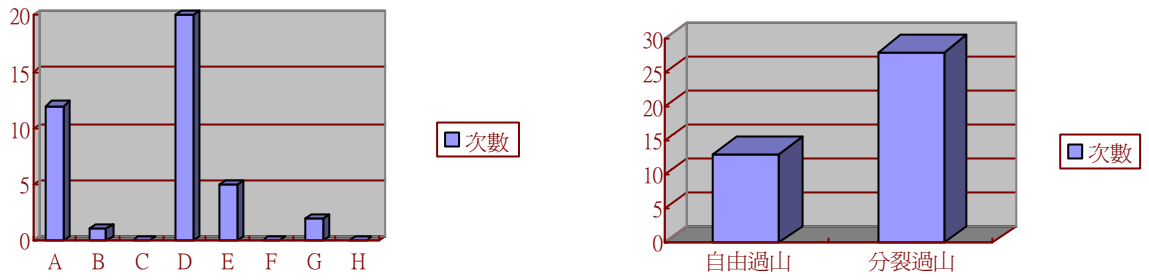
颱風路徑曲折方式統計圖（宜蘭）



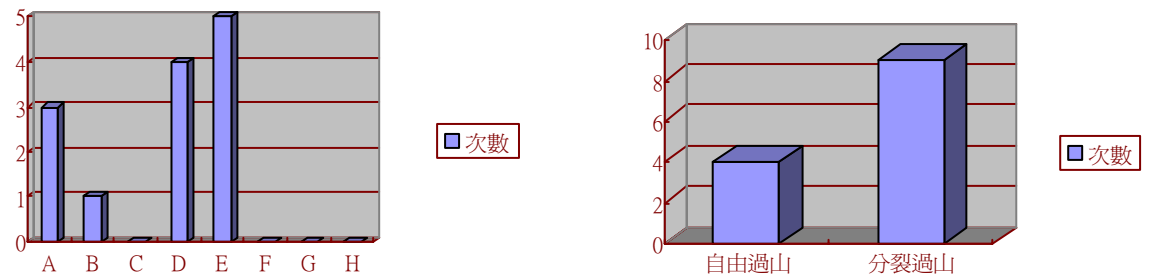
颱風路徑曲折方式統計圖（花蓮北部）



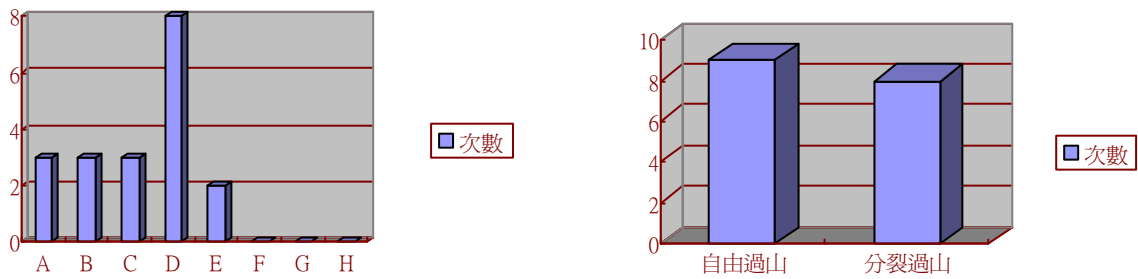
颱風路徑曲折方式統計圖（花蓮南部）



颱風路徑曲折方式統計圖（成功）



颱風路徑曲折方式統計圖（臺東）



宜蘭地區山脈雖高，位於所有分區的最北邊，因此颱風多為自由過山，分裂過山次數極少。自由過山則以 A 型曲折過山及 C 型繞山而過（北方繞山）之案例佔大多數。

花蓮北部以自由過山 A 型曲折過山及分裂過山 D 型由北方副中心取代最多，特別的是此地區位在山脈中間，並無 C 型「繞山而過」的類型發生。

花蓮南部、成功地區位在山脈中間，並無 C 型「繞山而過」的類型發生。繞山而過是發生在山脈邊緣，颱風繞過中央山脈阻力比通過中央山脈小時才發生。

台東地區自由過山較分裂過山略多，且 A 型曲折過山、B 型直行通過、C 型繞山而過次數相當接近。分裂過山以 D 型由北方副中心取代較多，顯示有利於副中心生成處位在山脈北側，即山脈較高處之背風面。

總而言之，自由過山較分裂過山略多；自由過山以 A 型「曲折過山」最多；分裂過山以 D 型「由北方副中心取代」最多。

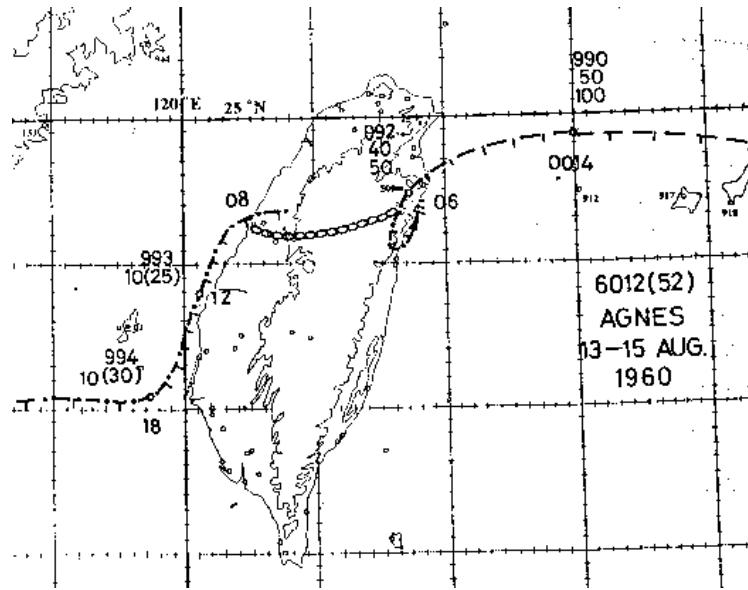
由以上資料可發現，颱風環流過山時的變化總平均是以自由過山較多，但花蓮南部及成功卻以分裂過山比較多，因此各地山脈高低不同會影響颱風環流過山時的變化。這二個地段的颱風氣流正好通過中央山脈最高的玉山，氣流受阻最為明顯，使分裂過山的機率大增。

根據氣象局王時鼎顧問 1980 年「臺灣近海颱風運動及強度預報法」利用水工實驗研究的結果顯示，自由過山或分裂過山主要取決於移入角，移入角小於 100 度傾向於自由過山，大於 120 度則傾向分裂過山。經本研究統計各地區颱風移入角分布情形如表六，發現各地都是小於 100 度的次數比大於 120 度的次數多，因此移入角並不能完全解釋花蓮南部與成功地區分裂過山機率特別高的原因。經查證過去也有許多移入角小於 100 度的颱風為分裂過山，由此顯示證水工實驗與實際大氣的情況仍有誤差。根據本文前述之結果，颱風過山時的環流變化，與登陸地點有較明顯的關係。颱風若由花蓮南部或成登陸，由於地形阻擋效應最大，多於背風處產生副中心，而成為分裂過山之型態。反之，若颱風由較北的宜蘭或花蓮北部，或較南的台東登陸，則自由過山的案較多。

表六：各地區颱風移入角分布情形

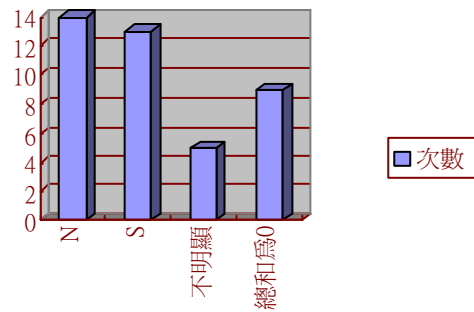
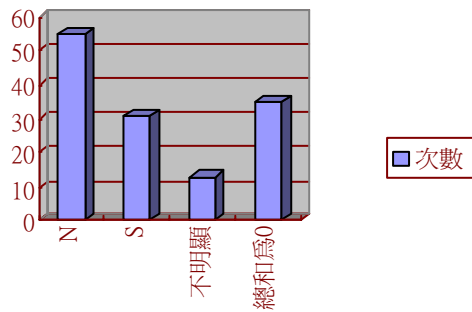
地點	41~60	61~80	81~100	101~120	121~140	141~160	161~180	總數
宜蘭	3	7	11	14	4	3	1	41
花蓮北部	1	1	7	9	3	3	1	27
花蓮南部		3	10	18	7	3		37
成功		2	3	6	2			13
台東		3	8	4	2			16

圖五：移入角小於 100 度的颱風



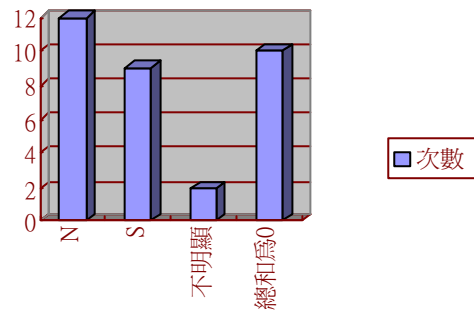
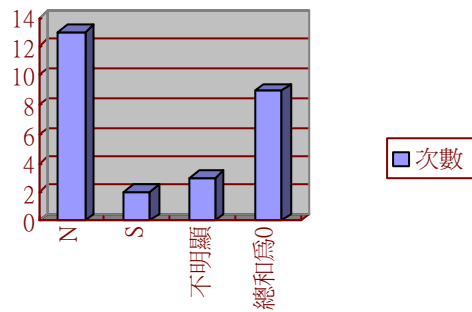
偏轉方向 (不分地段)

偏轉方向 (宜蘭)



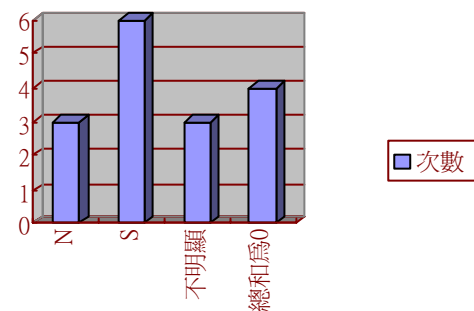
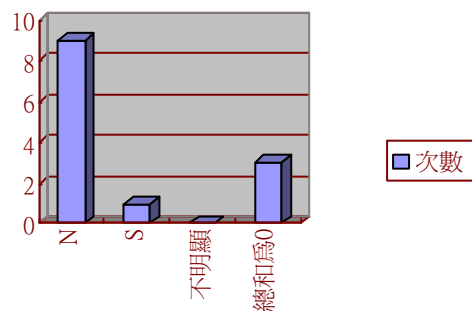
偏轉方向 (花蓮北部)

偏轉方向 (花蓮南部)



偏轉方向 (成功)

偏轉方向 (台東)

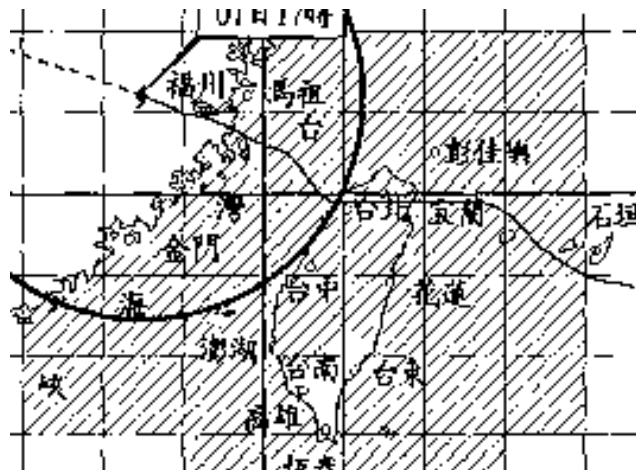


表七：颱風偏轉方向統計表

登陸地點	偏北	偏南	不明顯	總和為 0	合計
宜蘭	14	13	5	9	41
花蓮北部	13	2	3	9	27
花蓮南部	16	9	2	10	37
成功	9	1		3	13
台東	3	6	3	4	16
合計	55	31	13	35	134

表七為各地偏轉方向統計，若不分地點統計，西進颱風的總平均偏轉角度是以偏北機率較大。分地點統計可以發現除台東為南多於北、宜蘭為南北次數接近外，其他發生機率均為北多於南。

宜蘭地區受到地形缺口效應影響，有部份原本以西北方向行進的颱風在宜蘭外海轉西進入蘭陽平原（如 Herb 颱風），但依照地形阻擋效應的理論，颱風以偏北機率較大，互相影響之下使二種情況發生次數非常接近。台東地區位在中央山脈最南端，更南方無地形阻擋，受到氣流繞山之影響，使偏南機率大增，而出現繞山而過的情形。



圖六：Herb 颱風受蘭陽平原缺口影響之路徑

伍、結論與應用

一、氣象局颱風路徑地形預報結果分析

表八：1987~2001 年颱風路徑地形預報分析

日期	颱風名稱	編號	颱風轉向時間或預測轉向時間	登陸時間	預警時間	預報與實際比較
1987.7.21.	VERNON	8706	7/21 15:35	7/21 16 時左右	0:25	正確
1987.7.27.	ALEX	8708	7/27 4:05	7/27 6 時左右	1:55	正確
1989.9.11.	SARAH	8919	9/11 21:55	9/11 23 時左右	1:05	環流變化錯誤
1990.6.23.	OFELIA	9005	資料不足			
1990.8.19.	YANCY	9012	8/19 9:30	8/19 11 時左右	1:30	偏北
1991.8.18.	ELLIE	9111	8/17 21:30	8/18 1:30	4:00	錯誤
1992.8.30.	POLLY	9216	資料建構中	8/30 14 時左右		
1992.9.4.	OMAR	9215	9/4 20 時左右	9/4 22 時左右	2:00	偏南
1992.9.22.	TED	9219	9/22 9:40	9/22 12:30	2:50	偏南
1994.7.10.	TIM	9405	7/10 15:00	7/10 20:10	5:10	正確
1994.8.3.	CAITLIN	9412	登陸後才轉向且事前未預測	8/3 18:15	0:00	未預測
1994.9.1.	GLADYS	9416	9/1 8:30	9/1 10:50	2:20	正確
1996.7.26.	GLORIA	9607	7/26 15:30	7/26 16 時左右	0:30	正確
1996.7.31.	HERB	9608	7/31 3:20	7/31 20:44	17:24	正確
1997.8.29.	AMBER	9717	8/28 23:20	8/29 3:50	4:30	正確
1998.8.4.	OTTO	9802	未預測	8/4 12:20	0:00	未預測
2000.8.22.	BILIS	0010	8/22 20:30	8/22 22:30	2:00	正確
2001.7.11.	TRAMI	0105	此颱風登陸後即減弱消散	7/11 17:30	0:00	消散
2001.7.30.	TORAJI	0108	7/29 23:20	7/30 0:10	0:50	錯誤
平均					2:43	

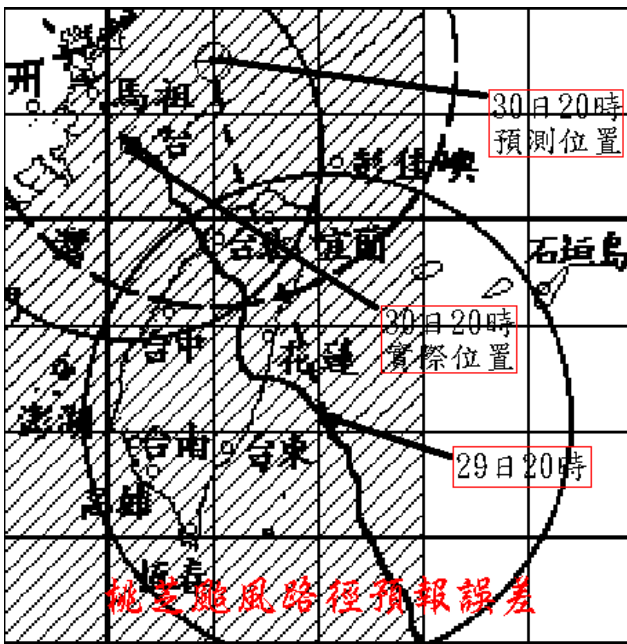
由以上資料可發現，中央氣象局平均在颱風登陸前二小時四十三分左右預測颱風路徑可能受地形影響而轉向。絕大部份集中在三小時內，三至六小時有三個，只有 Herb 颱風在登陸前十七小時即預測轉向。以上資料是以颱風警報單上首次預測轉向的時間為準，並未考慮偏轉角度、偏轉方向或偏轉型態是否準確。

由於目前氣象局的颱風路徑數值預報系統已建有地形影響颱風的預報模式，預警時間已增長到四小時十二分。由本研究的統計可知，雖然台灣地形對颱風路徑的影響可歸納出具體結果，但不論移入角、登陸地點或颱風強度，各分類均仍有許多與理論不符的案例出現，顯示除地形外，尚有很多可能影響颱風路徑的複雜因素。因此，雖然中央氣象局現正努力提高颱風極短期預報能力，但亦應教育民眾在颱風可能接近台灣前即進行防颱準備，而不應期待氣象局做出完美的預報，再據以進行防颱工作。

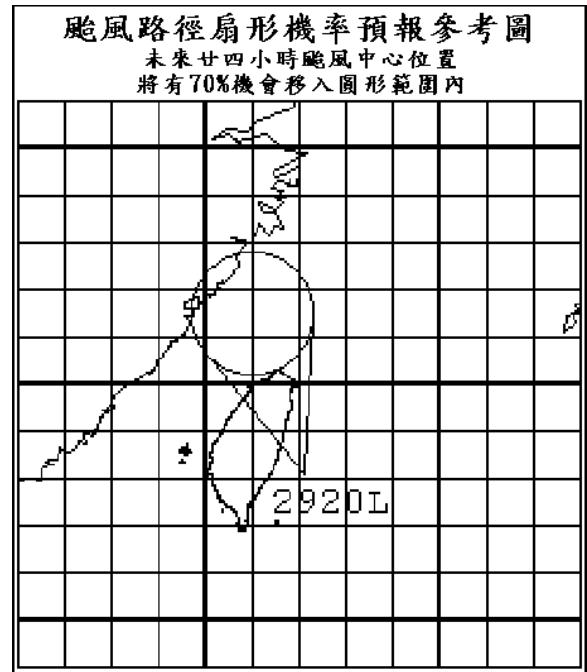
二、Toraji 颱風實際案例分析

民國九十年七月三十日侵襲台灣的 Toraji 颱風是一個颱風路徑受地形影響的實際案例，Toraji 颱風原本預測會在宜蘭登陸，但在行經花蓮秀姑巒溪口時，受到地形缺口效應影響轉向，其實際路線與原路徑如圖七。

由於 Toraji 颱風造成花蓮與南投嚴重災情，亦引起民眾質疑預報之準確性，但以現在氣象預報的技術，仍然會有一定的誤差。因此氣象局發布的颱風警報除了颱風路徑圖外還有「颱風路徑扇形機率預報圖」（如圖八），主要是顯示預報可能的誤差範圍。而本次 Toraji 颱風扇形機率圖預報成果亦相當準確，但各大傳播媒體並未加以利用，導致民眾質疑氣象局的預報能力。



圖七：Toraji 颱風原先預測路徑與實際路徑比較

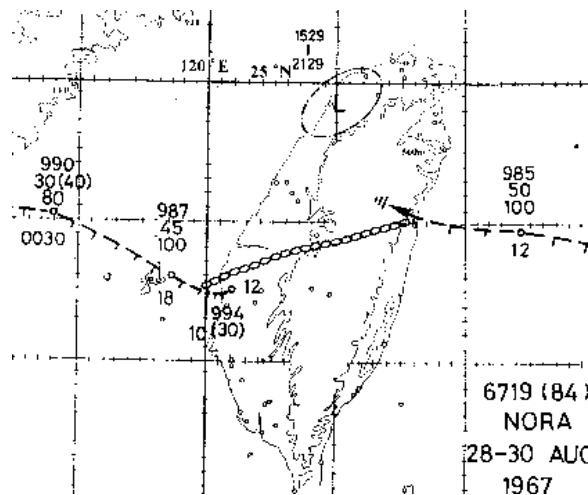


圖八：Toraji 颱風路徑扇形機率預報參考圖

三、副中心對颱風路徑的影響

根據王時鼎九十年天氣分析與預報研討會「台灣地形對侵台之中度以下颱風影響新例——對 2001 年潭美、桃芝、納莉、利奇馬四次颱風實例分析——」文中將颱風流場流型分成內圈及外圈二部份討論。颱風侵襲時外圈氣流與山脈產生「交互作用」機會較大，故迎風脊、背風槽及副低壓等均為外圈現象。

有關二「相互獨立」之系統引發外圈環流導引內圈颱風運動，已經前人「水工實驗」及「數值模擬」證實。颱風遇山時外圈氣流主導山脈附近之颱風運動，此時颱風內、外二圈可彼此被認定為二個系統；在外圈環流生成副低壓，內圈環流之中心消失，被「副低壓中心」取代（如圖九）。



圖九：1967 年 Nora 颱風路徑偏差之實例

過去分裂過山之颱風案例中，主、副中心並存的時間大都不長，能並存六小時以上的算少數。在主中心消失後，副中心仍會受原導引氣流影響，往原行進方向移動。但副中心生成的位置可能比原中心偏南或偏北，因此路徑仍會存在一定的偏差。在二中心並存期間，副中心仍會影響原颱風路徑。

四、應用與結論

台灣地區的颱風在通過中央山脈時，可能因地形阻擋效應所產生的氣流繞山及地形缺口效應的影響，使得路徑變化驅於複雜。再加上各地區山勢不同也會有不同的結果。台灣地形的確對颱風路徑有所影響，並使颱風在接近時偏轉，偏轉角度大多在 30 度以內，且偏北較偏南略多。而當颱風以偏東北方向接近時（移入角小於 60 度）向南偏轉較多；以偏東南方向接近時（移入角大於 161 度）方向偏北較多，顯然地形對颱風行進有阻礙作用；而正交颱風偏轉角度也比斜交颱風小。在颱風強度部份，越強的颱風路徑偏轉角也越小，颱風過山後路徑受到導引氣流影響回到原路徑的機率較低。而影響颱風移動速度最主要的因素是導引氣流的強弱，若導引氣流受到山脈阻擋時，會使颱風移動速度減慢。而台灣各地山脈高低不同，也會使某些地區出現較特殊的颱風現象。例如花蓮南部及成功地區容易誘發副低壓造成分裂路徑；台東地區因颱風容易繞山而過因此偏南機率比其他地區高等。

陸、參考資料

- 一、交通部中央氣象局編著 交通部中央氣象局歷年颱風警報發布概況（自民國四十七年至八十二年止） 台北 中華民國交通部中央氣象局 中華民國八十三年十月三十日
- 二、台大大氣科學系彙編 中華民國九十年八月 「颱風預報準確度研討會——由桃芝颱風談起」相關剪報 台大大氣科學系網站<http://140.112.66.3>
- 三、王時鼎、謝信良、鄭明典、鄧仁星、簡國基 中華民國九十年十一月 台灣地形對侵台之中度以下颱風影響新例——對 2001 年潭美、桃芝、納莉、利奇馬四次颱風實例分析—— 天氣分析與預報研討會論文集編 51~70 頁
- 四、謝信良、王時鼎、鄭明典、葉天降 百年侵台颱風路徑圖集 台北 交通部中央氣象局 中華民國八十七年六月
- 五、1987~2001 年西進登陸颱風警報單 交通部中央氣象局颱風資料庫網站提供 <http://photino.cwb.gov.tw>
- 六、王時鼎 1980 臺灣近海颱風運動及強度預報法 行政院國科會研究報告 NSC-67M 0202-05(01) 1~35、38~41、72~73、80~81、83~84 頁

誌謝：

- 一、感謝台大大氣科學系陳泰然教授及台大大氣科學研究所研究生指導。
- 二、感謝國立臺灣科學教育館九十年「中學生參與科學專題研究」贊助研究經費。