

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物及地球科學科

第二名

031730

風起「潮」湧－以東石測站為例探討暴潮和颱風的關係

學校名稱：嘉義市立北興國民中學

作者：	指導老師：
國二 黃宇晟	劉宏二
國二 林恩丞	

關鍵詞：颱風 暴潮 逐時剖面分析

風起「潮」湧

以東石測站為例探討暴潮和颱風的關係

摘 要

台灣地區常受颱風暴潮災害，本研究以嘉義東石潮位測站潮位資料及中央氣象局氣象資料來分析暴潮和颱風的關係，採用 2000 年至 2006 年間有發佈颱風警報月份的資料進行處理，將颱風路徑進行區分後，利用逐步迴歸與逐時剖面分析，得到暴潮和氣象因素的關係，並得到二點結論：一、不同路徑的颱風對東石測站發生暴潮機率有明顯的差異，其中沿台灣海峽北上的颱風路徑對研究地區影響最大且暴潮強度強，而由東向西穿越台灣中部進入台灣海峽的颱風影響居次。二、由颱風及測站氣象因素和暴潮的關連性，能大致掌握暴潮發生的強度及可能發生的時間，達到暴潮預測的成效。

壹、研究動機

國中地科課本第五章一千變萬化的天氣中，提到台灣地區每逢夏、秋兩季，經常遭受颱風侵襲，造成各地災情嚴重，尤其是沿海地區，時常伴隨巨大浪潮並引發海水倒灌，例如：2006 年的珍珠颱風重創西部沿海地區；暴潮不但使居民的生命財產損失外，亦對漁產養殖業造成嚴重的傷害。因此我們希望藉由研究颱風與暴潮兩者之間的關連性，試圖預測暴潮時間、強度，並期望能做好防災準備，以減少暴潮造成的損失，保障民眾生命財產之安全。

貳、研究目的

- 一、分析潮位資料，瞭解暴潮發生時間及強度
- 二、由颱風氣象資料瞭解影響東石測站發生暴潮的颱風類型
- 三、以逐步迴歸分析法，探討颱風及測站的氣象因素對暴潮的影響
- 四、由暴潮及氣象逐時資料作出剖面分析圖，探討氣象因素和暴潮發生的時序性

參、研究設備及器材

- 一、電腦及網際網路
- 二、統計分析軟體 SPSS 及 Microsoft Office Excel
- 三、中央氣象局海象中心東石站(2000-2006)逐時潮位及調和分析潮位資料
- 四、中央氣象局嘉義氣象站氣象資料
- 五、中央氣象局颱風資料庫氣象資料

肆、研究方法

- 一、分析潮位資料，找出暴潮發生時間及強度
 - (一)從參考資料中得知，影響潮汐潮位的因素除了太陽、月球…等星球的重力影響所造成的天文潮外，亦可能是受到強烈的大氣擾動及氣壓急遽變化等其他因素而引起的異常顯著的水位變化。天文潮呈現週期性變化，其所得的潮位稱為調和分析潮位。而其他因素所造成的異常水位（以下稱為暴潮偏差 ΔH ），可由實際潮位高度(H)扣除調和分析潮位(H_0)得到，即 $\Delta H = H - H_0$ 便可得知。
 - (二)由海象中心所提供逐時潮位資料及調和分析潮位資料，加以整理計算出暴潮偏差 ΔH ，並計算各個暴潮偏差的標準計分 ΔS ，定義為暴潮強度。其中標準計分 $\Delta S = (\text{暴潮偏差 } \Delta H - \text{平均 } \Delta H) / \text{標準差}$ 。
 - (三)為確認暴潮偏差是否呈現常態分佈，利用 EXCEL 計算，統計各區段標準計分資料，做成折線圖。
 - (四)因限於時間及人力的關係，僅以 2000 年到 2006 年中央氣象局針對台灣地區有發布颱風警報的所有月份中，分析東石站實測潮位及調和分析預測的資料。
- 二、由颱風氣象資料瞭解影響東石測站發生暴潮的颱風類型
 - (一) 列出 2000 年到 2006 年侵台颱風，蒐集及整理各個颱風的氣象資料；和暴潮資料逐一比對後，刪除潮位測站無觀測記錄的颱風資料。
 - (二) 分別將各個颱風依路徑、強度分類，與暴潮強度交叉比對，分析不同颱風類

型對暴潮影響，並統計中心和測站間的距離暴潮發生比例。路徑分類如圖 1：

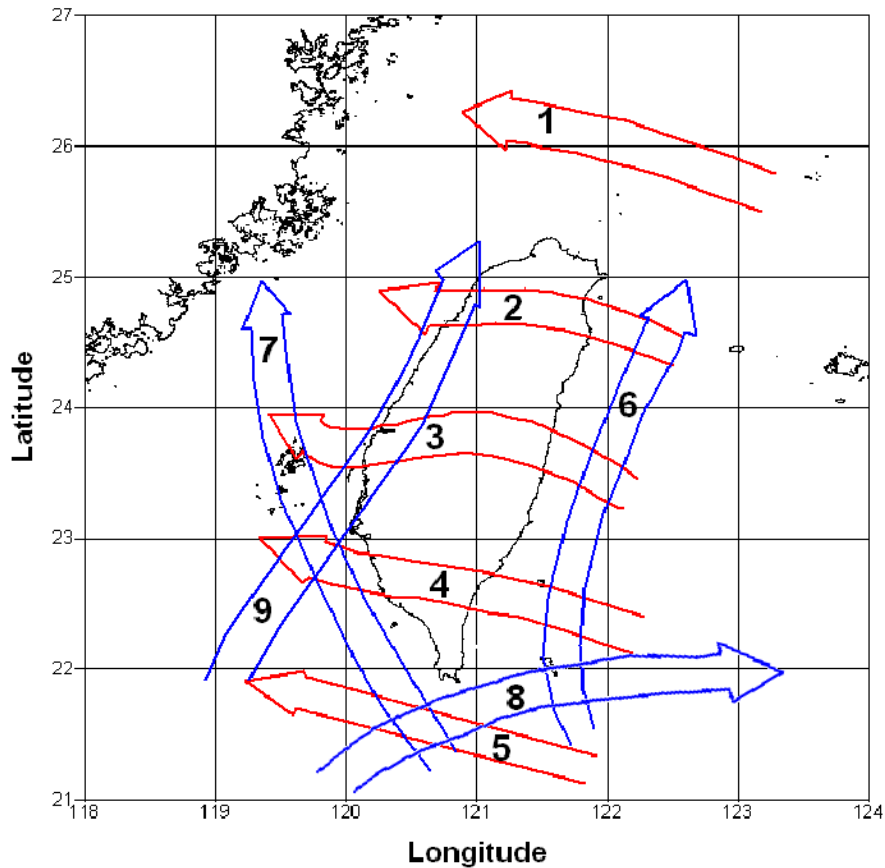


圖 1：颱風路徑分類圖（依據中央氣象局分類整理）

註 1：1：通過台灣北部海面向西或西北進行者。

2：通過台灣北部向西或西北進行者。

3：通過中部向西或西北進行者。

4：通過台灣南部向西或西北進行者。

5：通過台灣南部海面向西或西北進行者。

6：沿東岸或東部海面向北者。

7：沿西岸或台灣海峽北上或西北者。

8：通過台灣南部海面向東或東北進行者。

9：通過台灣海峽或陸地向北或東北進行者。

註 2：在路徑分類上因少數颱風移動方向為由北向南（如：納莉），為將這些颱風強制區分，此類颱風以路徑分類而忽略其方向性。

(三) 將上述資料分析，繪出發生暴潮比例圖及平均暴潮強度圖，討論各種路徑、不同強度及不同颱風中心距離時，暴潮可能的威脅性。

三、以逐步迴歸分析法，探討颱風及測站的氣象因素對暴潮的影響

(一) 進入中央氣象局的颱風資料庫內，依警報單內資料取得颱風的各項氣象類型資料：路徑、最大強度、逐時暴風半徑、逐時中心氣壓和逐時位置、逐時中心最大風速、逐時瞬間最大陣風。

(二) 影響暴潮強度值，除了颱風本身的氣象因素外，考慮潮位測站所在的地域性

氣象因素影響，因此向中央氣象局申請東石地區 2000 年到 2006 年的氣象資料。但由於東石地區無人工氣象觀測站，氣象資料不足，而距離東石最近的為嘉義氣象站，且資料較為詳細，測站氣象因素皆以嘉義氣象站代替。而取得的氣象資料為：氣壓、平均風力、最大風力、最大陣風等項目。

(三)為得知暴潮強度和颱風及測站氣象因素的關連，使用 SPSS 軟體將暴潮強度和下列因素做逐步迴歸分析，包括：颱風中心最大風速、颱風七級風暴風半徑、颱風中心氣壓、測站氣壓、測站平均風速、測站最大風速、測站瞬間最大陣風、颱風距離，找出暴潮強度受各因子的影響程度，並依路徑區分討論。

(四)為得知暴潮發生時，暴潮強度和颱風及測站氣象因素的關連，先篩選出發生暴潮時的資料，並重複上述步驟，找出暴潮發生時暴潮強度受各因子的影響程度，並依颱風路徑區分逐一討論。

四、由暴潮及氣象逐時資料作出剖面分析圖，探討氣象因素和暴潮發生的時序性

(一)將步驟三中的各項因素做逐時剖面分析，探討暴潮強度及各項因素變化趨勢，找出暴潮發生時間和各因素間的關係。

(二)歸納各颱風路徑發生暴潮的共通性，作出可能的時間序列推論。

伍、研究結果

一、分析潮位資料，瞭解暴潮發生時間及強度

(一)整理本研究所蒐集的潮位資料，列出本研究資料數量（表 1）。並整理各個單位標準差內的資料（表 2），繪出折線圖（圖 2）。顯示分佈近乎常態分佈。

表 1：潮位資料概述

項目	時數
實測潮位資料	19524
調和平均潮位資料	20568
發生暴潮	231

表 2：暴潮強度統計分佈表

暴潮強度	資料筆數	所佔比例(%)
$\Delta S \geq 3$	231	1.18
$3 > \Delta S \geq 2$	376	1.93
$2 > \Delta S \geq 1$	2152	11.02
$1 > \Delta S \geq 0$	6772	34.69
$0 > \Delta S \geq -1$	7643	39.15
$-1 > \Delta S \geq -2$	2112	10.82
$-2 > \Delta S \geq -3$	234	1.20
$-3 > \Delta S$	4	0.02
總合	19524	100

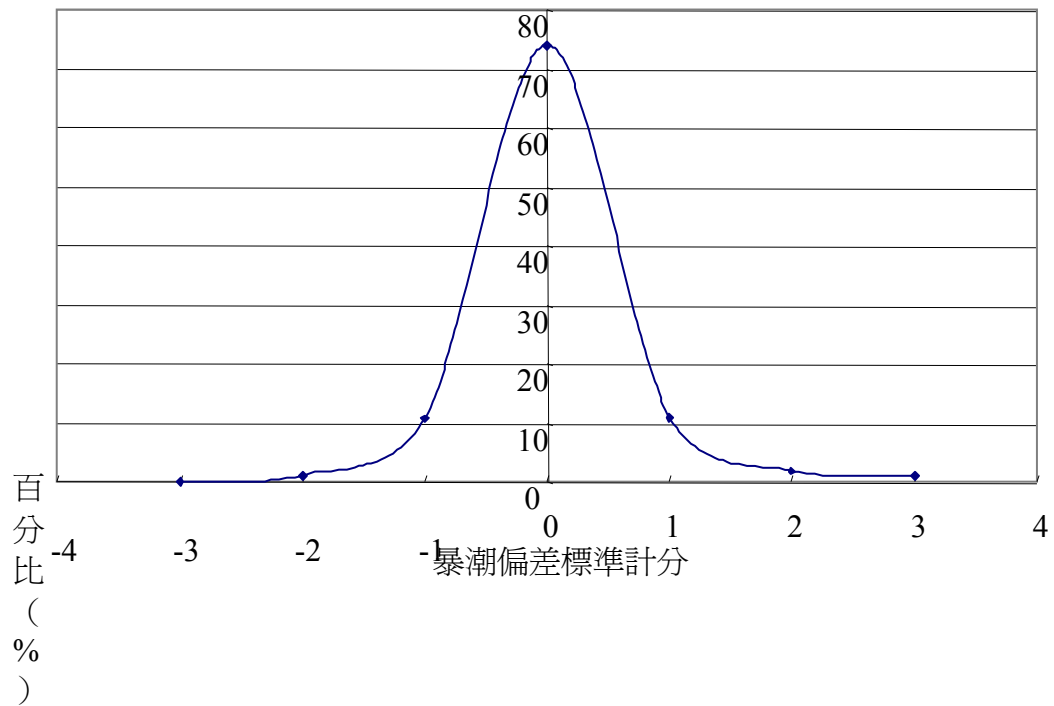


圖 2：暴潮偏差統計分佈圖

(二)各年份的潮位平均及標準差(表 3)分析結果發現，每年調和分析潮位和實際潮位的基準點有變化。

表 3：各年份平均暴潮偏差統計描述

年份	平均暴潮偏差(mm)	標準差(mm)
2000	127.41	89.38
2001	-429.70	92.95
2002	-221.15	144.32
2003	-38.55	147.16
2004	16.06	183.03
2005	-27.11	111.39
2006	49.96	94.59

二、由颱風氣象資料瞭解影響東石測站發生暴潮的颱風類型

(一)由資料分析結果，發生暴潮的時間均有颱風在台灣附近，推論暴潮應為颱風所造成，但不一定每次颱風均會造成東石站的暴潮。

(二)整理本研究所蒐集的相關颱風資料，如表 4。

表 4：颱風資料概述

颱風路徑	總個數	總時數	發生暴潮個數	發生暴潮時數	強度	個數	時數	發生暴潮個數	發生暴潮時數
全部	43	2484	17	197	強	5	310	4	42
					中	25	1571	10	120
					弱	13	603	3	35
路徑 1	5	185	0	0	強	0	0	0	0
					中	5	185	0	0
					弱	0	0	0	0
路徑 2	2	162	2	20	強	1	87	1	11
					中	0	0	0	0
					弱	1	75	1	9
路徑 3	5	337	5	42	強	3	190	3	31
					中	2	147	2	11
					弱	0	0	0	0
路徑 4	4	245	1	13	強	0	0	0	0
					中	1	110	1	13
					弱	3	135	0	0
路徑 5	7	268	2	37	強	0	0	0	0
					中	5	217	2	37
					弱	2	51	0	0
路徑 6	11	693	2	12	強	1	33	0	0
					中	8	555	2	12
					弱	2	105	0	0
路徑 7	2	111	2	23	強	0	0	0	0
					中	1	57	1	12
					弱	1	54	1	11
路徑 8	4	195	0	0	強	0	0	0	0
					中	1	57	0	0
					弱	3	138	0	0
路徑 9	3	288	3	50	強	0	0	0	0
					中	2	243	2	35
					弱	1	45	1	15

(三)分析不同颱風路徑，颱風出現暴潮個數占所有颱風的比例及發生暴潮的時數占警報時間的比例(圖 3)。顯示路徑 2、3、7、9 的颱風發生暴潮機率高達 100%；路徑 1 及 8 則無暴潮發生。以發生暴潮的時數來看，以路徑 7 及 9 在颱風侵台的數小時內，發生暴潮的機率高，其中路徑 7 的機率超過 20%。

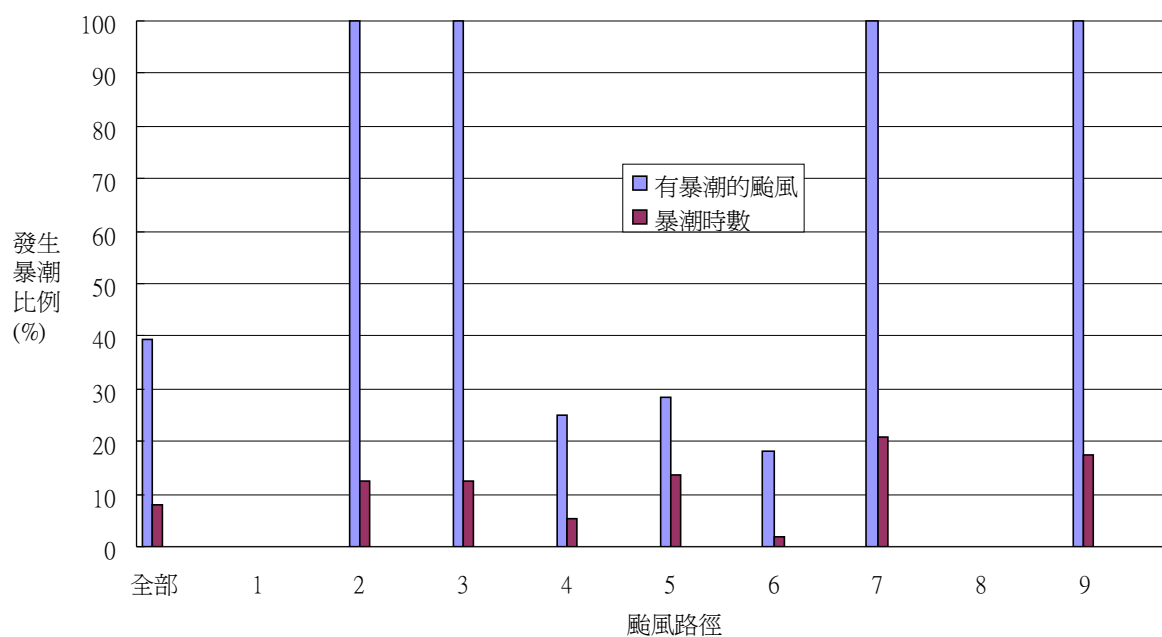


圖 3：各路徑颱風發生暴潮比例圖

(四)分析各颱風路徑中，暴潮發生時的平均強度(圖 4)。顯示平均暴潮強度最強為路徑 7，其次是路徑 3 及 9。

EMBED Excel.Chart.8 \s

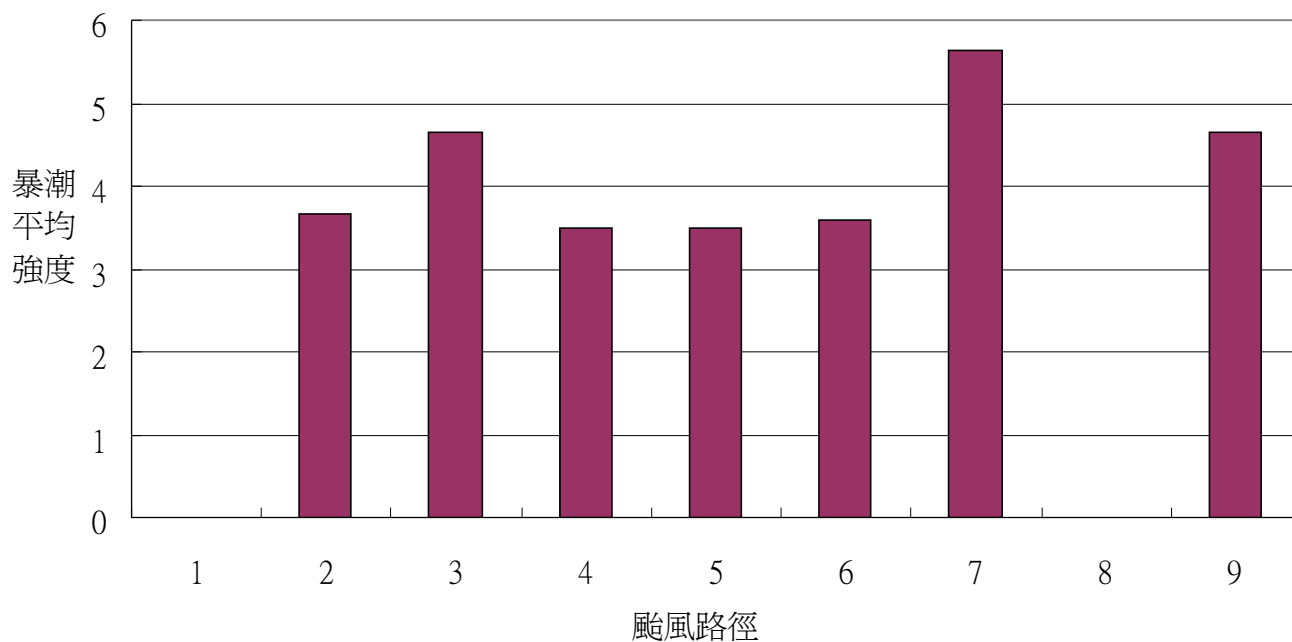


圖 4：不同颱風路徑的平均暴潮強度

(五)分析不同颱風最大強度發生暴潮的比例及暴潮的時數佔警報時數的比例(圖 5)。推測颱風的最大強度愈強，暴潮出現的機率愈大且影響時間較長。

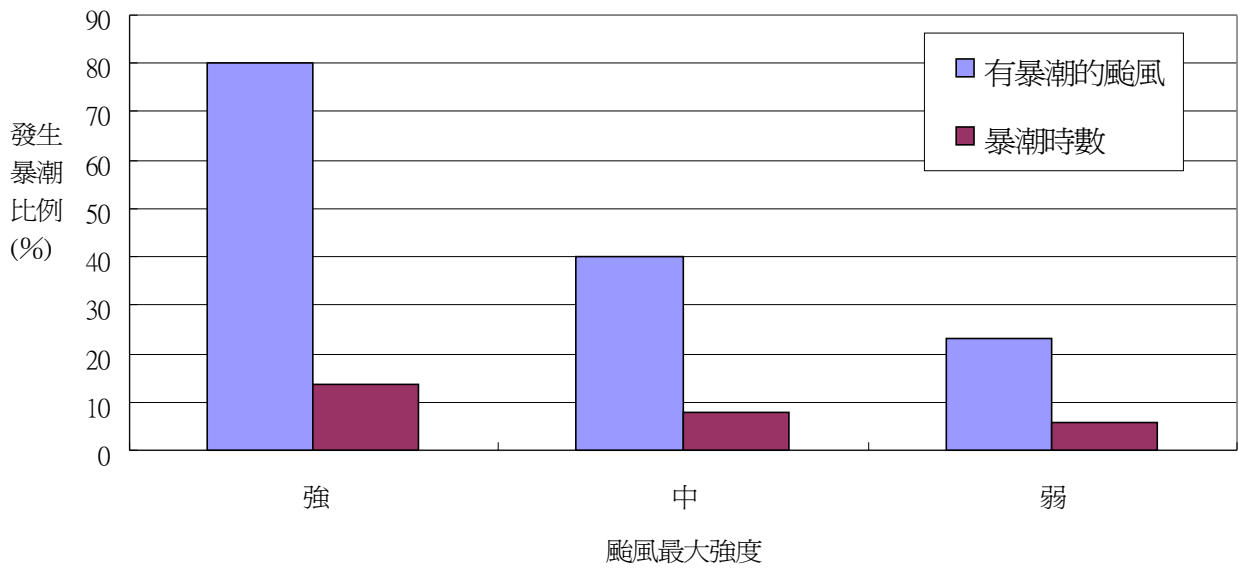


圖 5：不同颱風最大強度出現暴潮比例圖

(六)分析颱風與測站距離和暴潮發生機率的關係（圖 6）。推測當颱風愈接近測站時，發生暴潮的機率愈大。

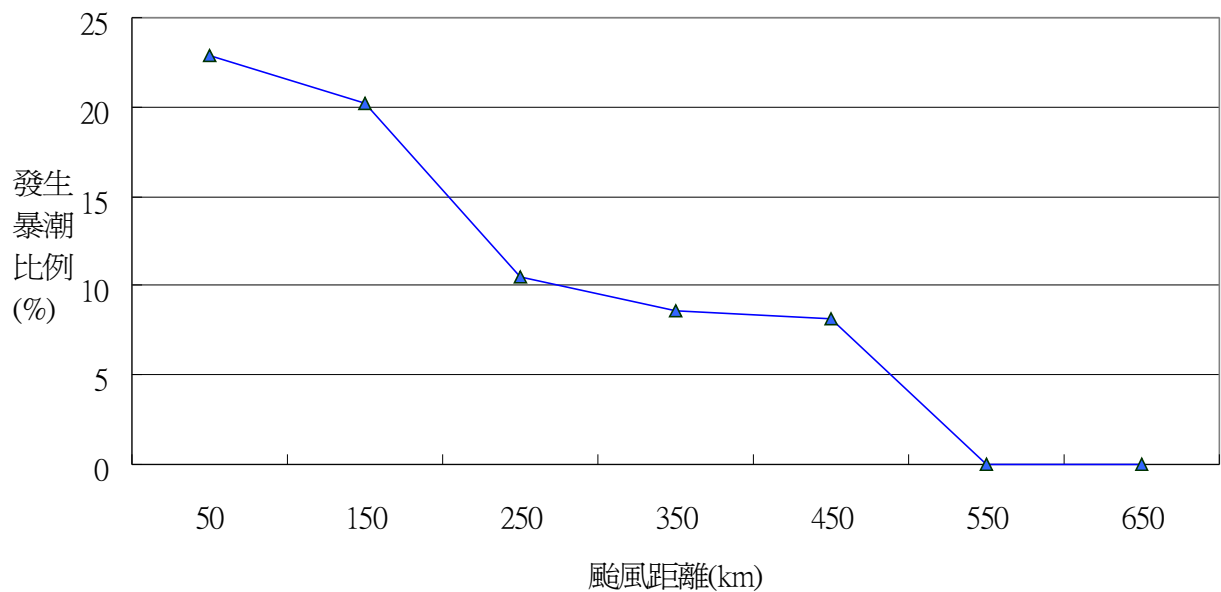


圖 6：颱風與測站距離和暴潮發生比例圖

三、以逐步迴歸分析法，探討颱風及測站的氣象因素對暴潮的影響

(一) 颱風警報期間的觀測值計有 2787 筆，逐步迴歸分析颱風及測站因素對暴潮強度的影響，得到決定係數 (R^2)，只列出各因子解釋變異量大於 0.5% 的變項。標準化迴歸方程式(表 5)顯示，路徑 1、6 受測站因素影響主導，其餘路徑在颱風及測站因素均有影響。

表 5：颱風及測站的氣象因素對暴潮強度的標準化迴歸方程式及解釋變異量

路徑	標準化迴歸方程式	解釋變異量%
全部	$\Delta S = -0.319R - 0.127Pl + 0.278Rt + 0.151Wm - 0.356Wt - 0.243Pt + 0.292V - 0.184W$	26.3
1	$\Delta S = -0.601Pl - 0.178Wm$	39.1
2	$\Delta S = -0.772R + 0.361Pl$	28.6
3	$\Delta S = 0.570V - 0.299R + 0.285Pl + 0.489Rt - 0.290Wm + 0.378Pt$	52.3
4	$\Delta S = 0.598Rt + 0.342Wm + 0.254Pl - 0.198R - 0.104V$	53.2
5	$\Delta S = -0.185Pl - 0.487R + 0.307Wm + 0.311Rt + 0.098W$	54.0
6	$\Delta S = -0.548Pl + 0.125Wm$	35.5
7	$\Delta S = -0.731R + 0.486V + 0.542Pl - 2.661Pt - 2.914Wt + 0.381Rt - 0.251W$	70.3
8	$\Delta S = 0.870Rt - 0.483Wm + 0.403Pt + 0.192Pl - 0.108V - 0.086R$	80.0
9	$\Delta S = -1.126Wm - 0.163R + 2.952Pt + 2.793Wt$	53.1

註 ΔS ：暴潮強度；Pl：測站氣壓；W：測站風速；Wm：測站最大風速；V：測站陣風；Pt：颱風中心氣壓；Wt：颱風中心最大風速；Rt：暴風半徑；R：颱風中心距離。

(二) 颱風警報期間發生暴潮時的觀測值計有 197 筆，逐步迴歸分析颱風及測站因素對暴潮強度的影響，得到決定係數 (R^2)，只列出各因子解釋變異量大於 0.5% 的變項。標準化迴歸方程式(表 6)顯示，路徑 7 受測站因素影響主導，路徑 5、7 受颱風因素影響主導，路徑 3 則兩者因素均有影響，而路徑 2、4、6 則無法找出迴歸方程式。

表 6：發生暴潮時颱風及測站氣象因素對暴潮強度的標準化迴歸方程式及解釋變異

量

路徑	標準化迴歸方程式	解釋變異量%
全部	$\Delta S = -0.380R + 0.425Rt + 0.444Pl + 0.271V + 0.187Wm$	28.4
1	*	
2	—	
3	$\Delta S = -0.682R - 0.294Wm$	44.1
4	—	
5	$\Delta S = -1.132Wt - 0.438Rt - 0.243R$	75.5
6	—	
7	$\Delta S = 1.064V - 0.661W - 0.551R + 0.195Pl$	91.8
8	*	
9	$\Delta S = 1.490Rt - 1.400R + 0.572Pl$	61.3

註 *：no data；—：無相關； ΔS ：暴潮強度；Pl：測站氣壓；W：測站風速；Wm：測站最大風速；V：測站陣風；Pt：颱風中心氣壓；Wt：颱風中心最大風速；Rt：暴風半徑；R：颱風中心距離。

四、由逐時剖面分析圖，探討氣象因素和暴潮發生的時序性

(一) 各項因素的數值大小不一，為使數值一致，必須先做轉換，轉換方式為：

風速除以 2，陣風除以 4，暴風半徑及距離除以 100，氣壓則以實測值扣除 1013 後得到差值後作圖分析，惟以上檢定只能看出趨勢的相關。

(二) 路徑 2（圖 7—圖 8）：暴潮的發生時間較不連續，最大暴潮在測站氣壓最小後約 6 小時發生，距離最近前後 6 小時內產生暴潮。

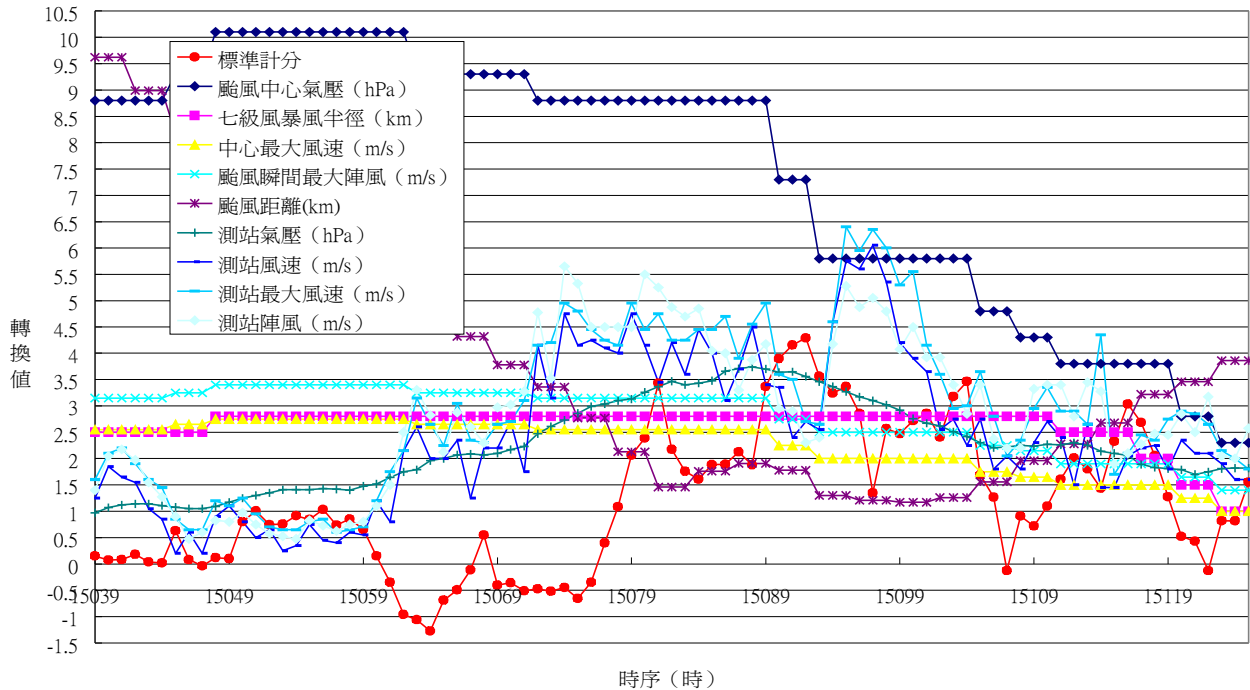


圖 7：路徑 2—海棠颱風(2005 年)逐時剖面分析圖

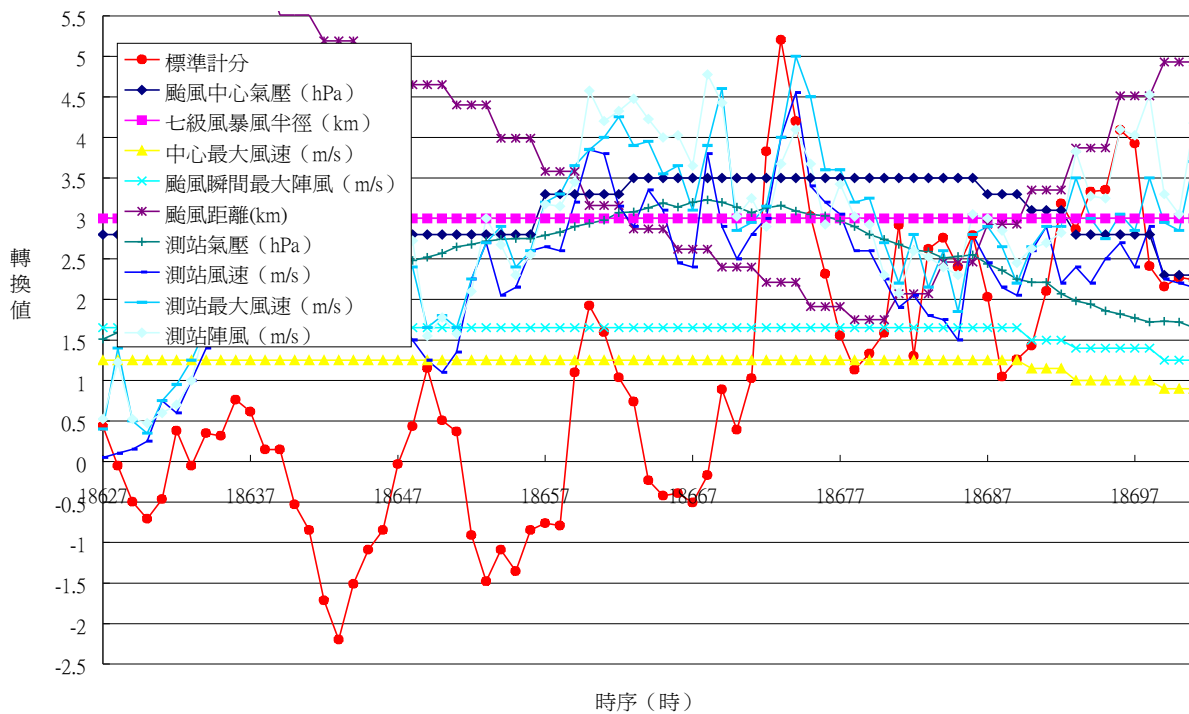


圖 8：路徑 2—碧利斯颱風(2006 年)逐時剖面分析圖

(三) 路徑 3（圖 9—圖 13）：最大暴潮在測站風速最大、測站氣壓最小後 6 小時內會發生，且在距離最近後在 3 小時內產生暴潮。

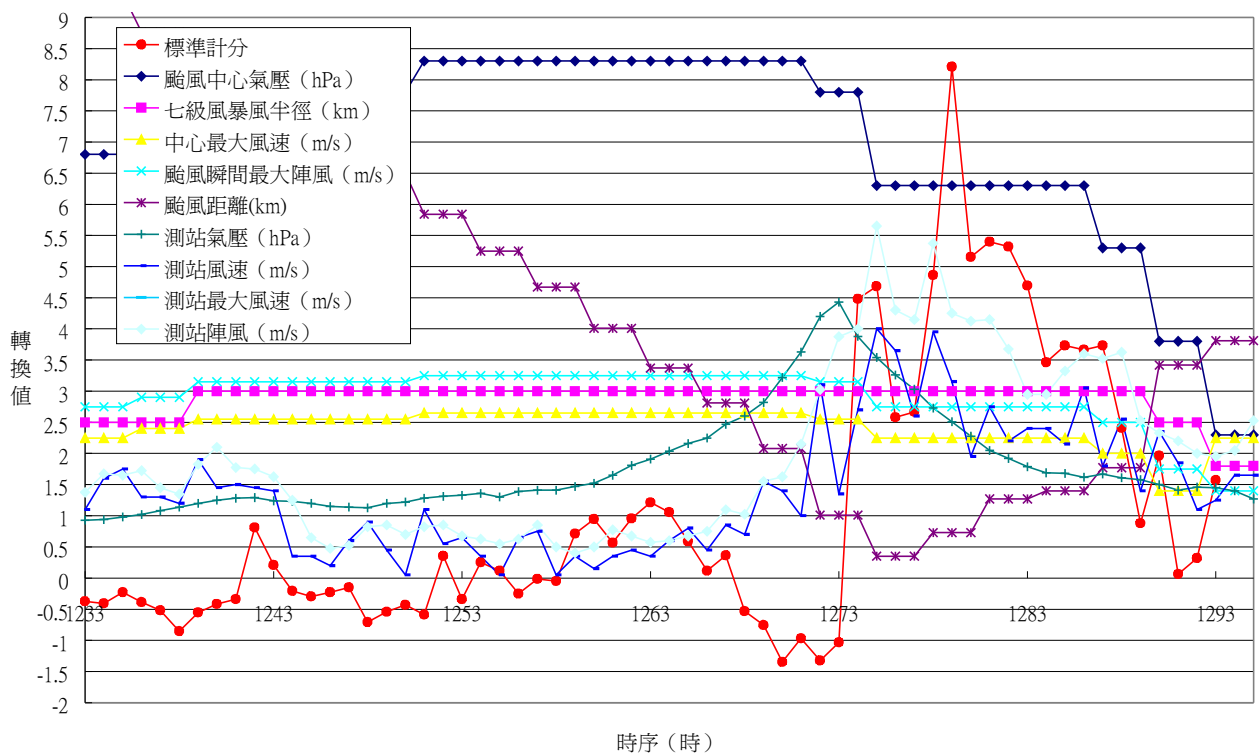


圖 9：路徑 3－碧利斯(2000 年)逐時剖面分析圖

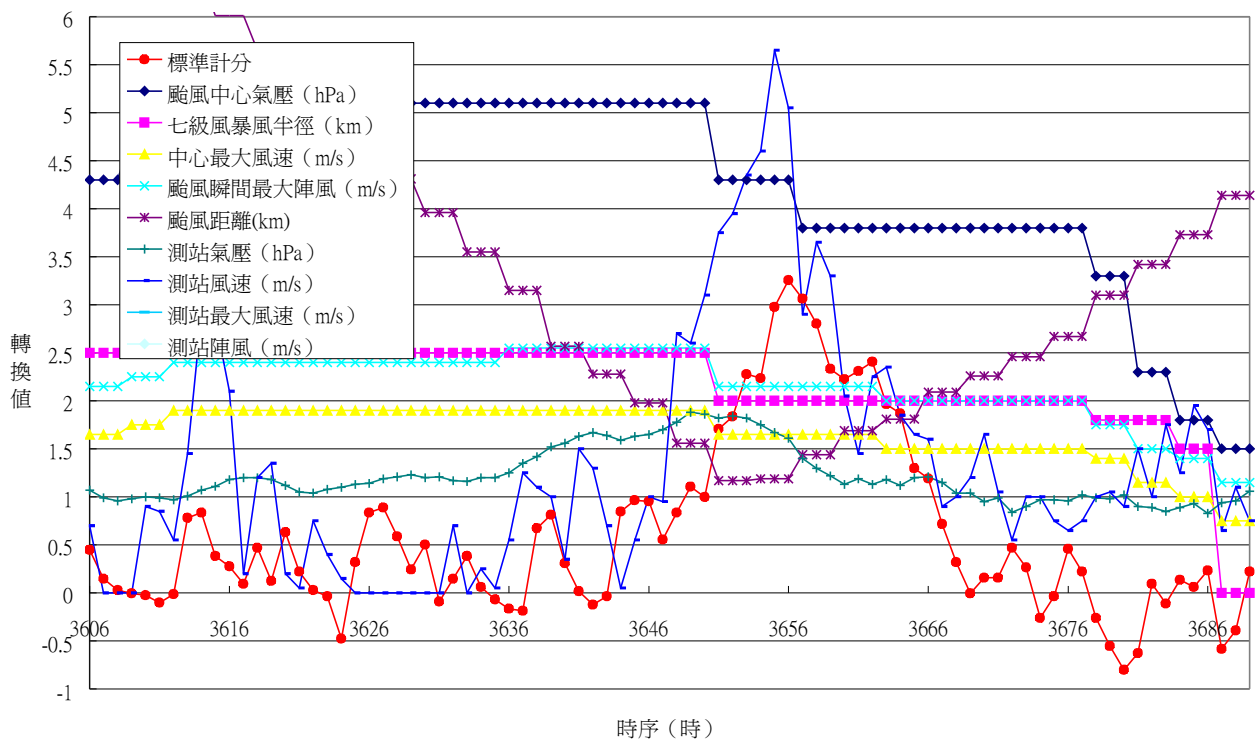


圖 10：路徑 3－桃芝颱風(2001 年)逐時剖面分析圖

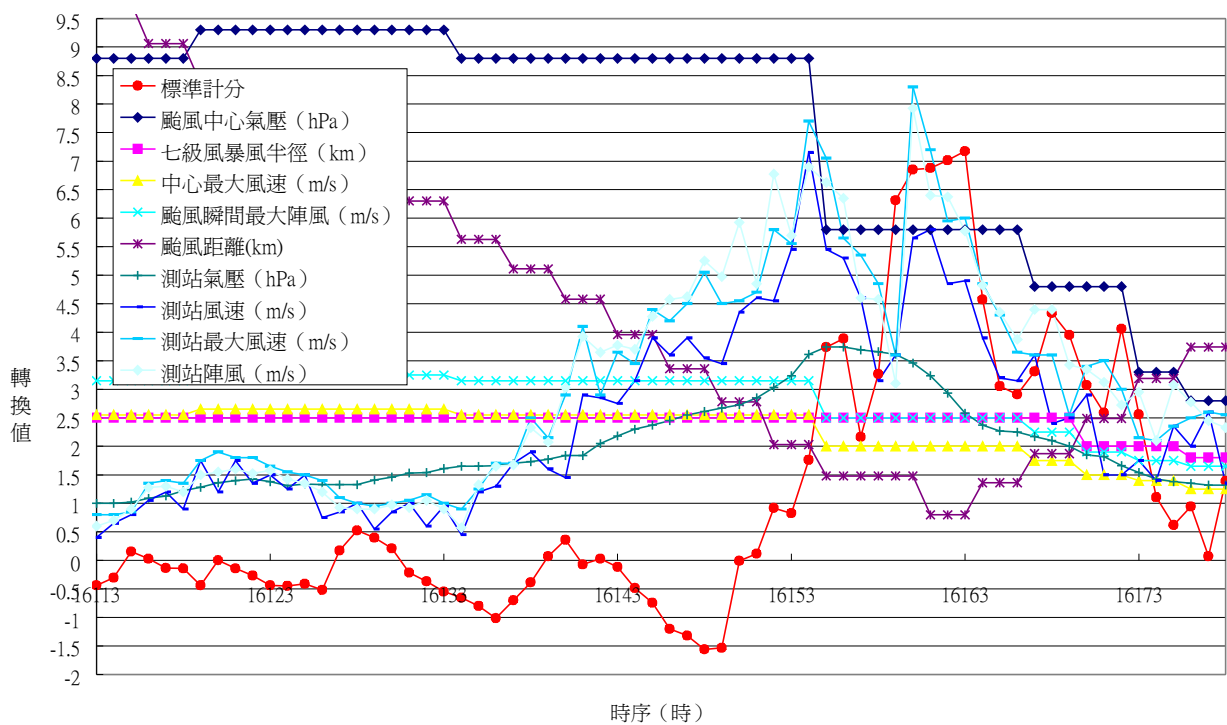


圖 11：路徑 3－泰利颱風(2005 年)逐時剖面分析圖

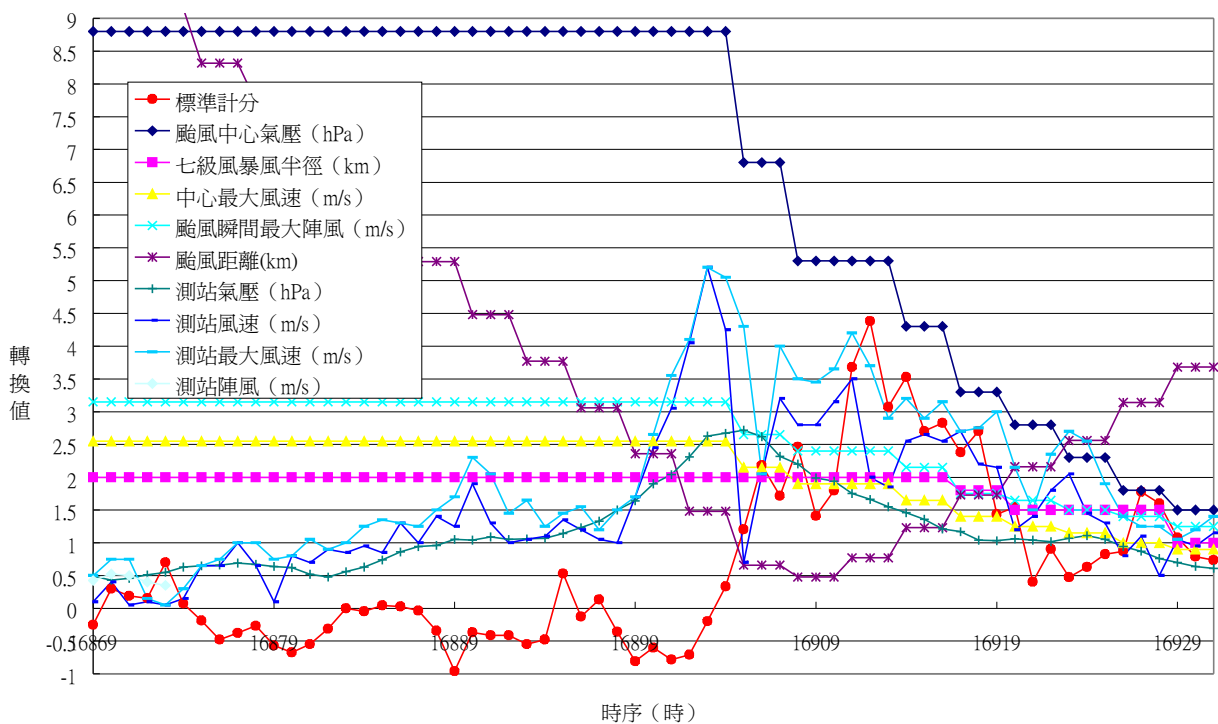


圖 12：路徑 3－龍王颱風(2005 年)逐時剖面分析圖

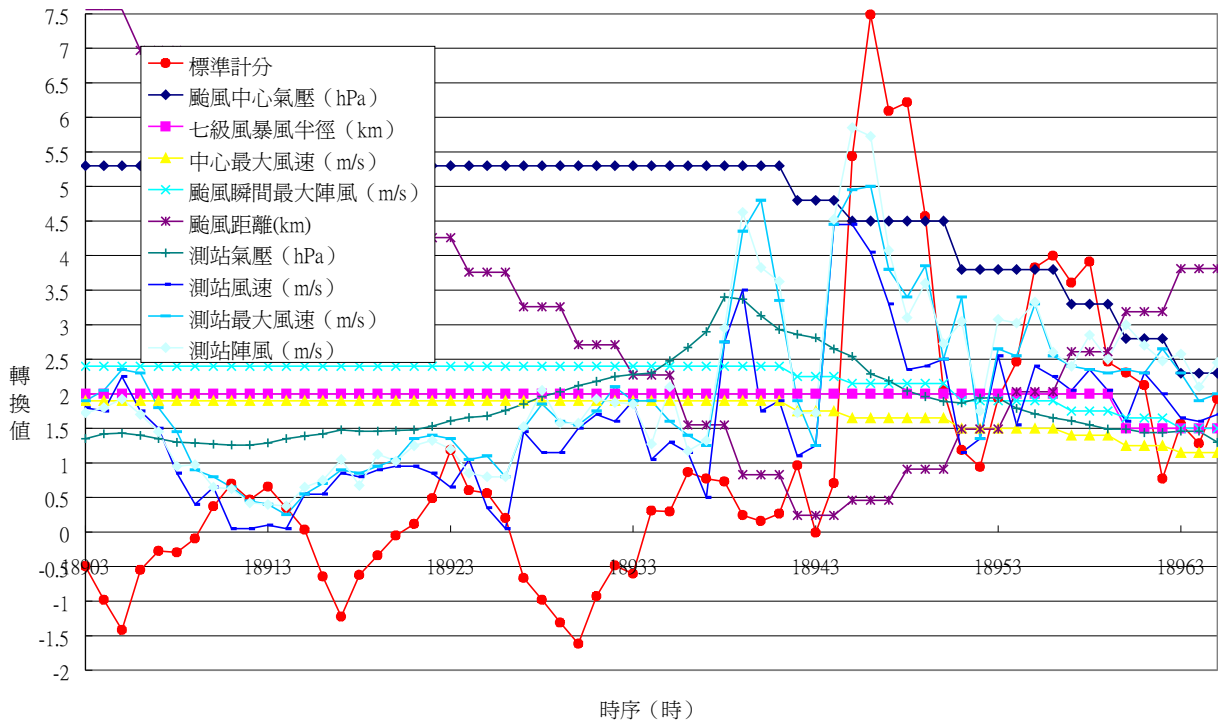


圖 13：路徑 3—凱米颱風(2006 年)逐時剖面分析圖

(四) 路徑 4（圖 14）：暴潮發生時間在颱風來襲前期，和測站風速變化趨勢較一致，而且間接出現數次暴潮。

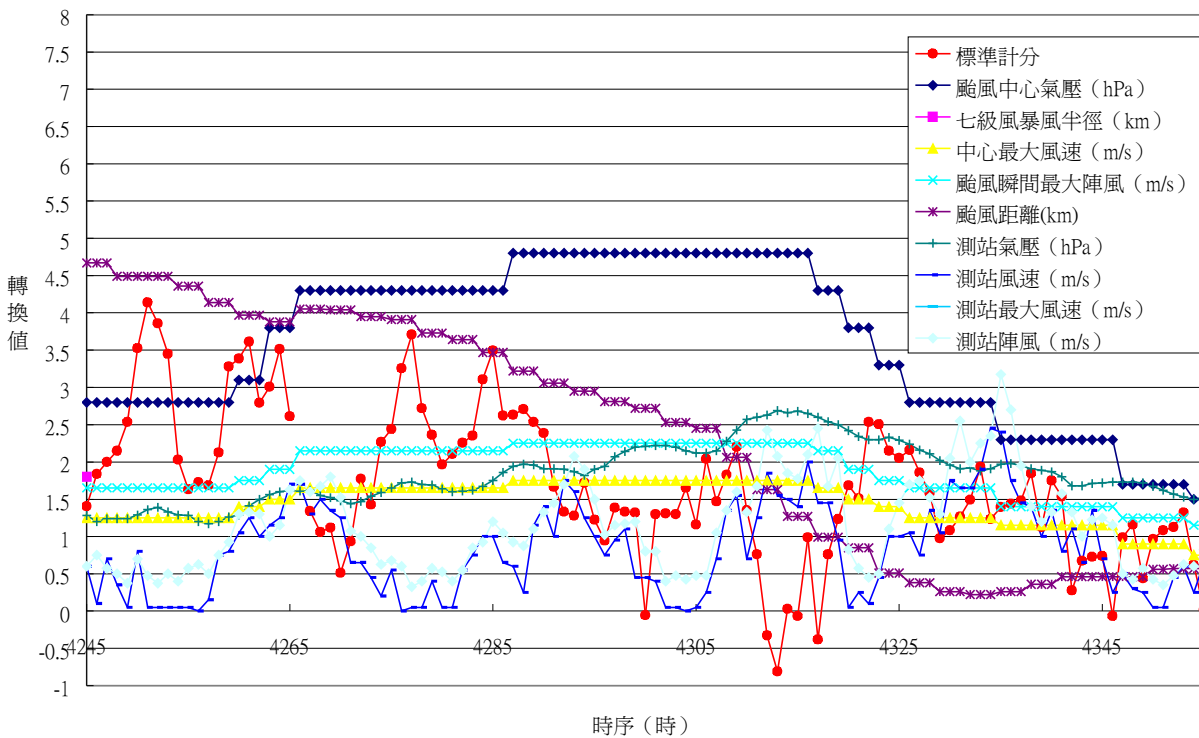


圖 14：路徑 4—利奇馬颱風(2001 年)逐時剖面分析圖

(五) 路徑 5 (圖 15—圖 16)：最大暴潮在測站氣壓最低且距離最近約 8 小時後才出現，其中 2001 年的尤特颱風，有出現暴潮強度達 8.5 及連續 40 小時的暴潮，推測和測站氣壓有 34 個小時均在 990 百帕以下有關。

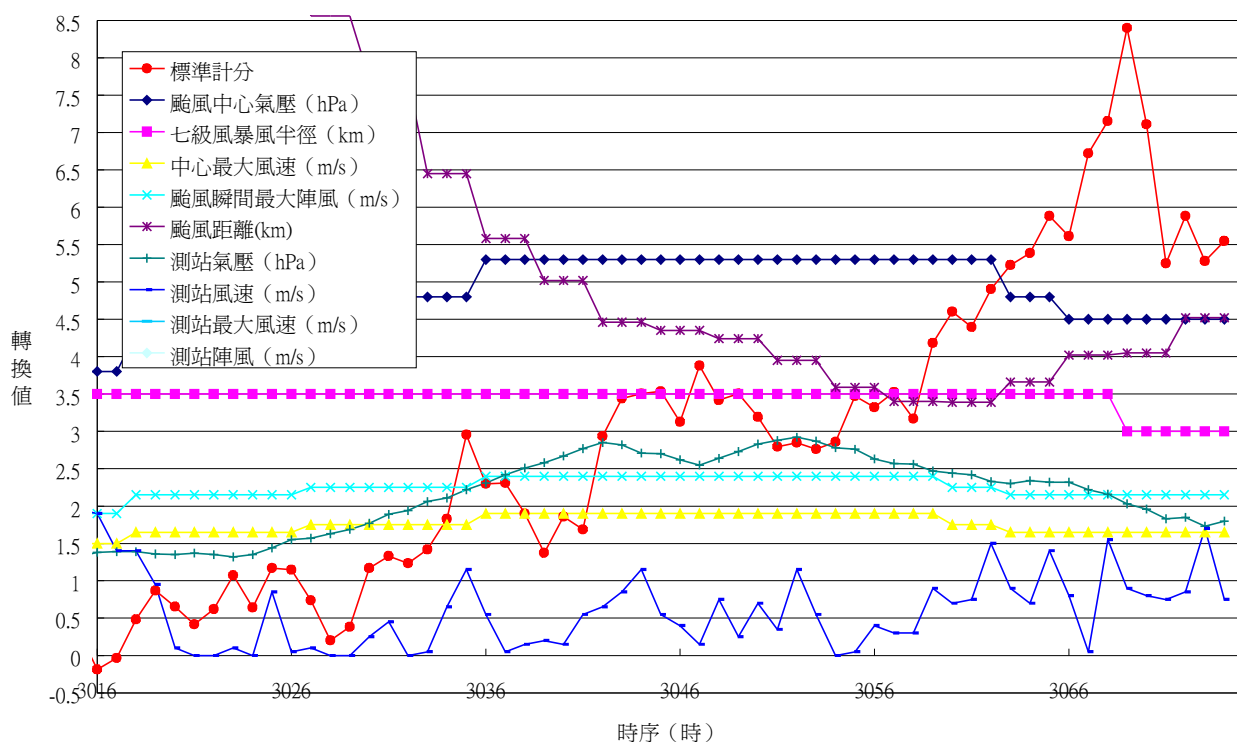


圖 15：路徑 5—尤特颱風(2001 年)逐時剖面分析圖

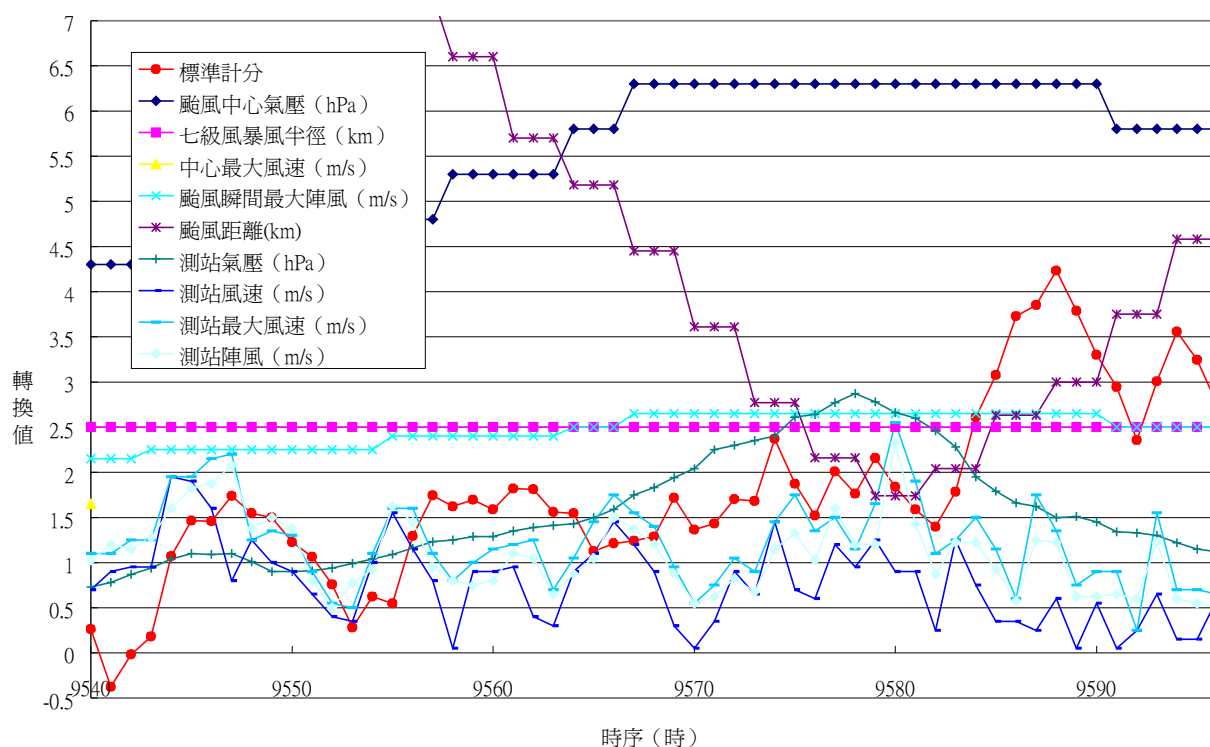


圖 16：路徑 5—杜鵑颱風(2003 年)逐時剖面分析圖

(六) 路徑 6 (圖 17—圖 18)：暴潮強度和測站風速變化趨勢較一致，其中 2000 年啓德颱風的暴潮強度極弱約在臨界值；而 2004 年敏督利颱風為颱風遠離後，西南氣流中的強烈熱帶低壓所造成。

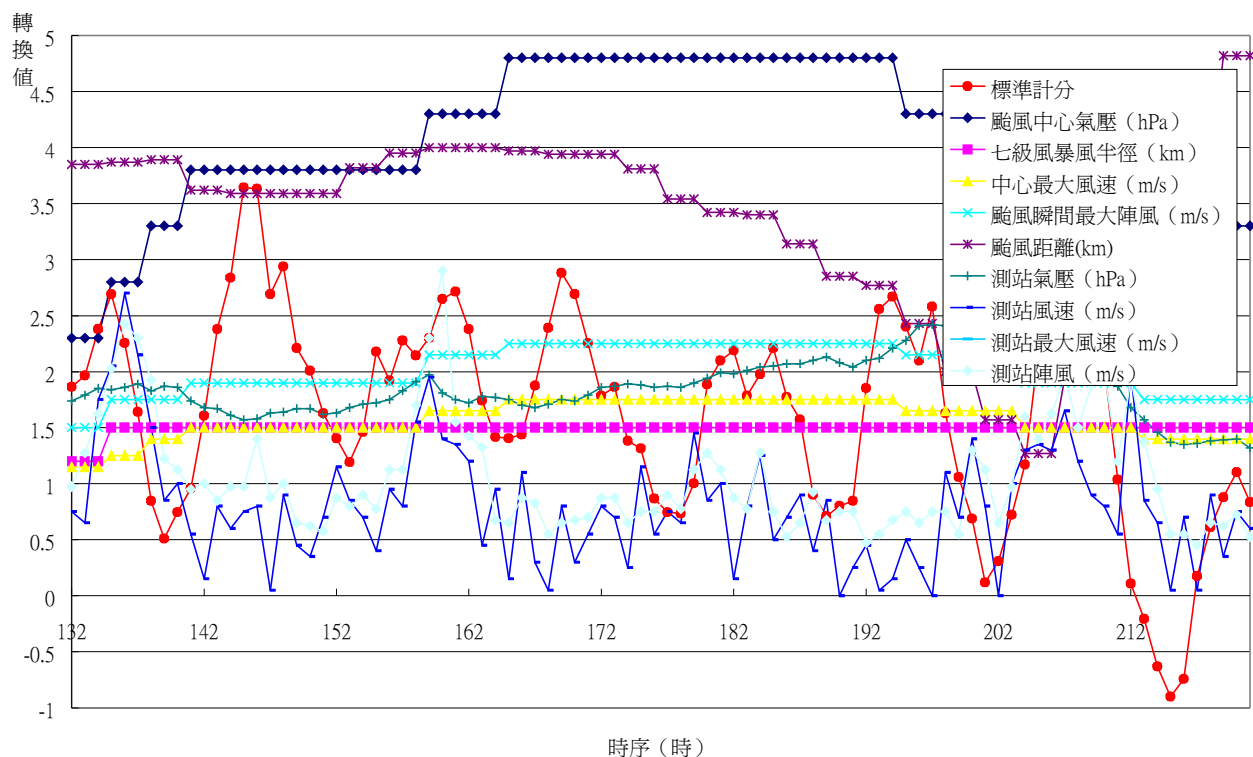


圖 17：路徑 6—啓德颱風(2000 年)逐時剖面分析圖

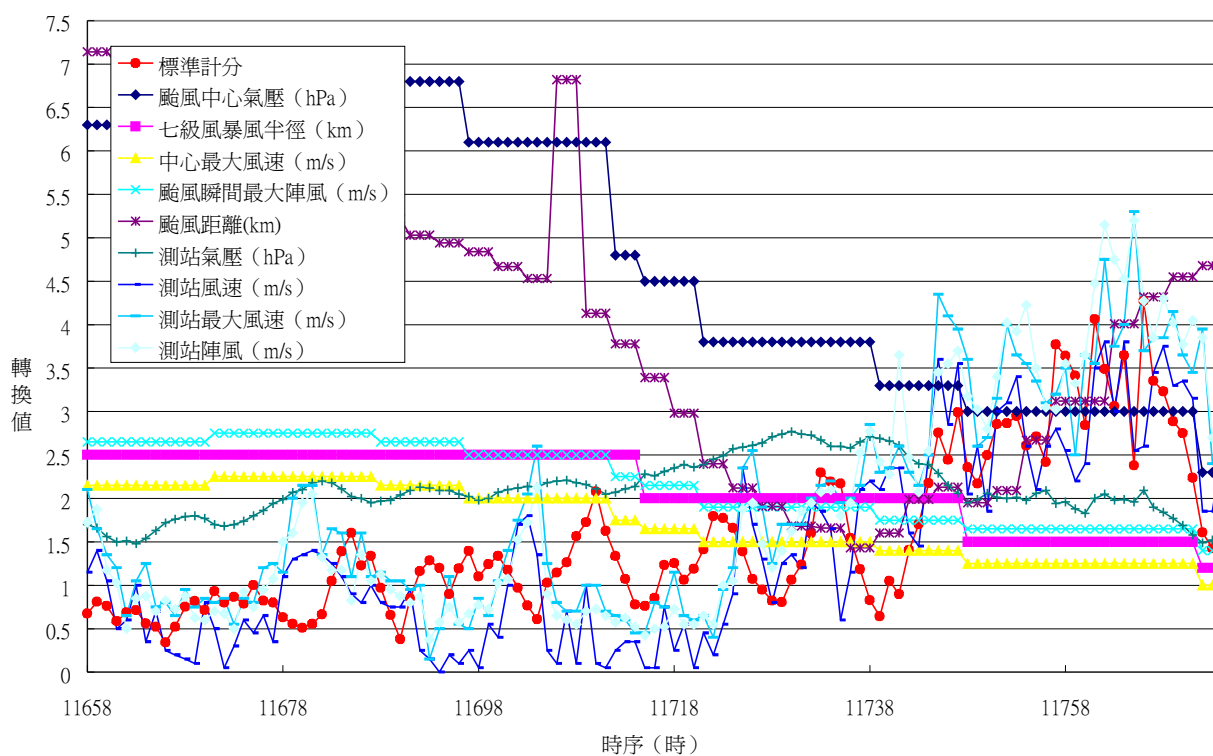


圖 18：路徑 6—敏督利颱風(2004 年)逐時剖面分析圖

(七) 路徑 7 (圖 19—圖 20)：最大暴潮在和颱風距離最近後約 3 小時發生，時序上出現水位快速上升的長時間暴潮，而且風速能增強暴潮強度。2001 年奇比颱風，最近距測站 100 公里，在 2 小時內暴潮強度從 3 激增到 7.5，且有 8 小時連續出現暴潮平均強度值超過 7。2005 年珊瑚颱風為遠距離的弱颱風，中心最近距離在 250 公里亦能產生連續 5 小時的暴潮。

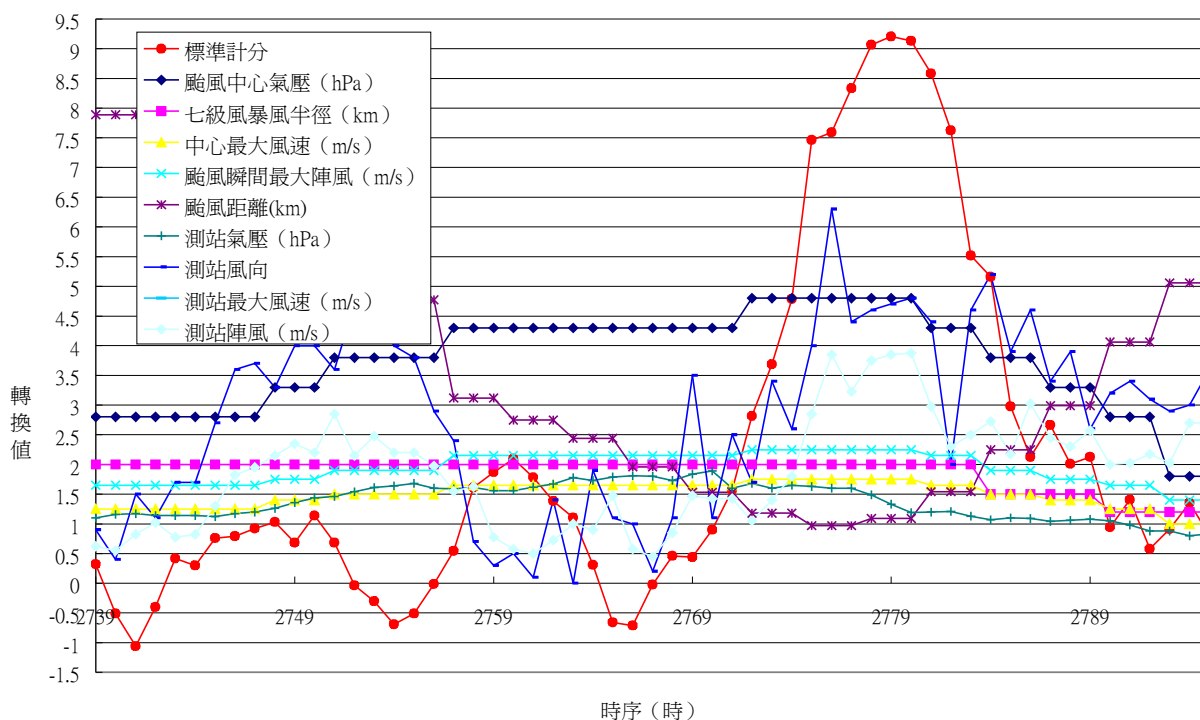


圖 19：路徑 7—奇比颱風(2001 年)逐時剖面分析圖

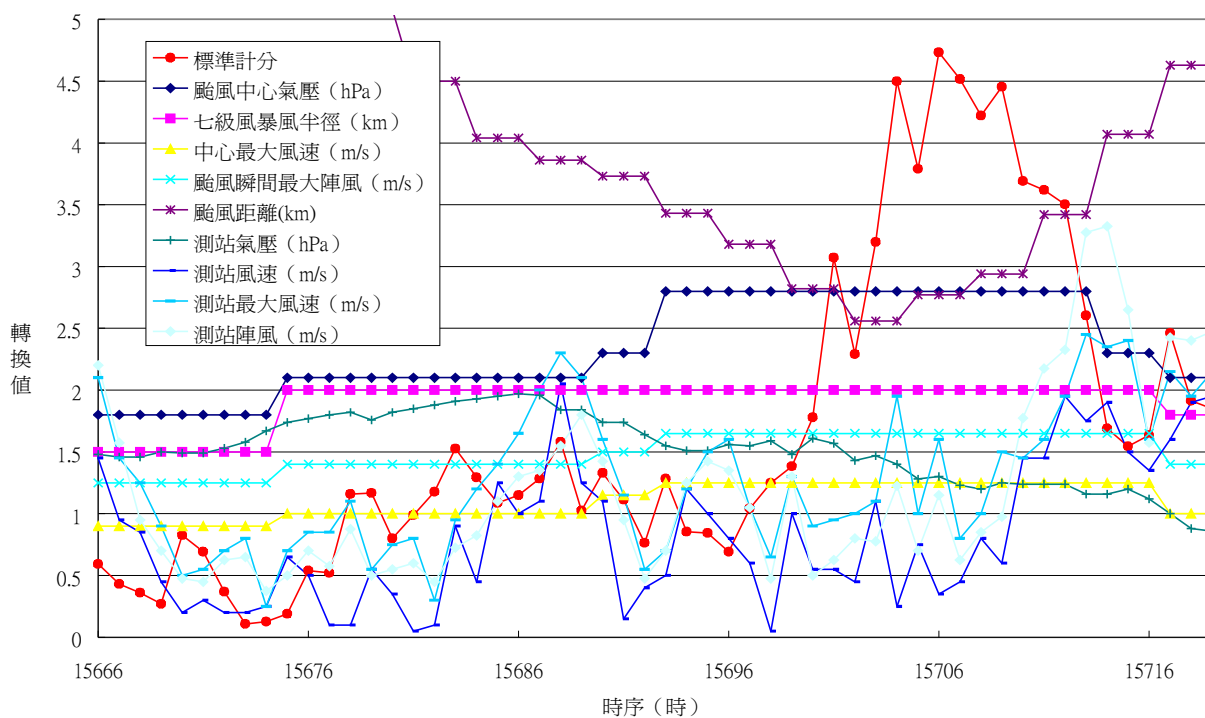


圖 20：路徑 7—珊瑚颱風(2005 年)逐時剖面分析圖

(八) 路徑 9 (圖 21—圖 23)：最大暴潮在測站風速快速上升時，較無法掌握前兆，易出現長時間的暴潮。2006 年的珍珠颱風由於颱風強度偏大，遠在距測站 500 公里處就出現明顯強大暴潮。

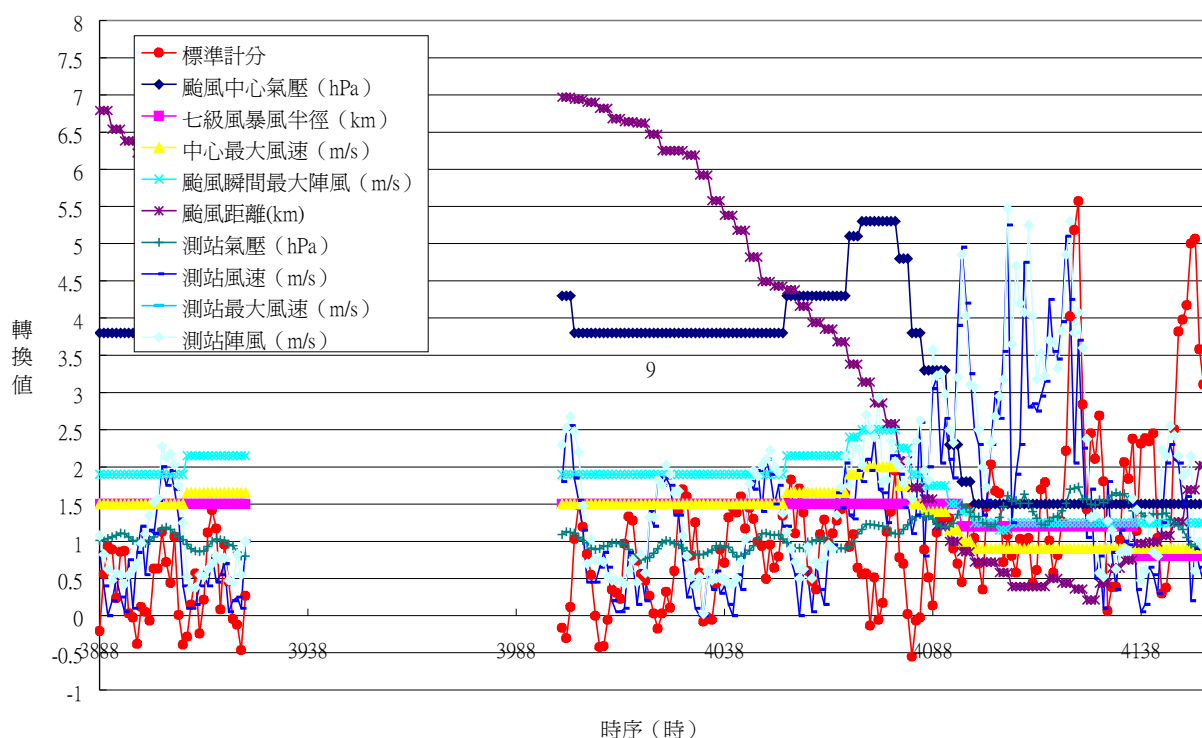


圖 21：路徑 9—納莉颱風(2001 年)逐時剖面分析圖

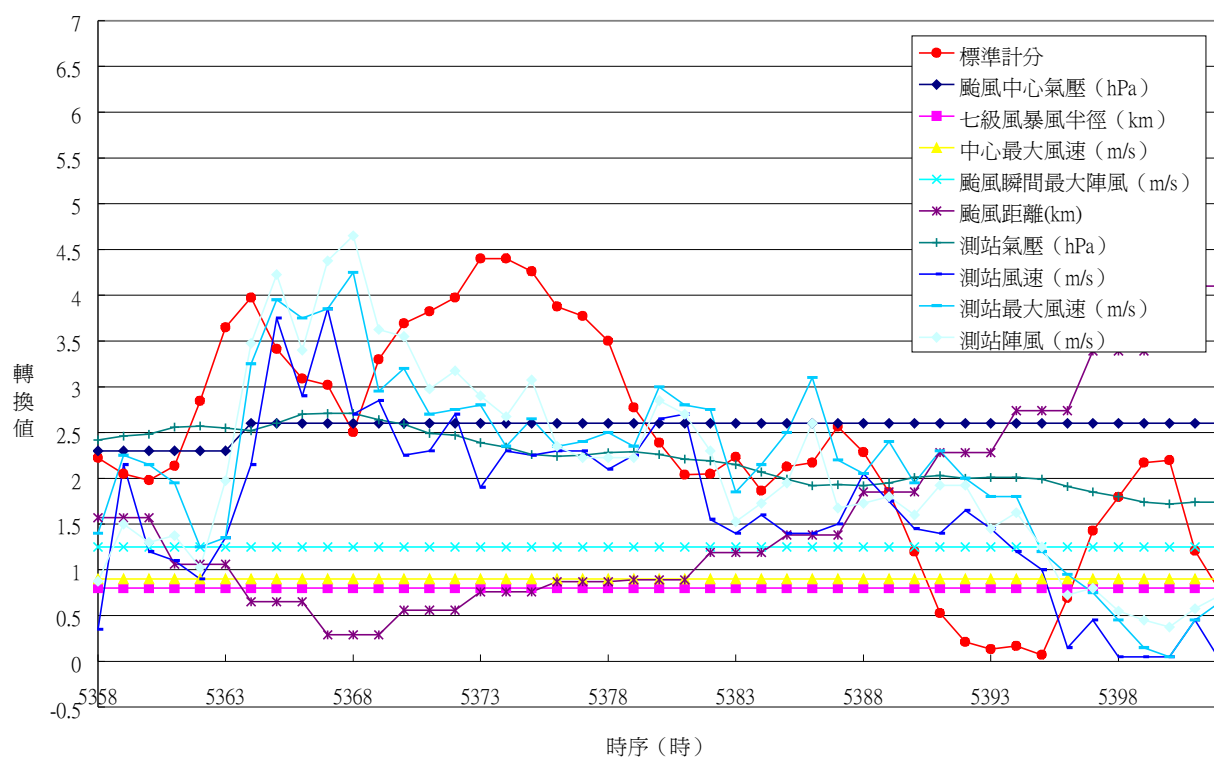


圖 22：路徑 9—娜克莉颱風(2002 年)逐時剖面分析圖

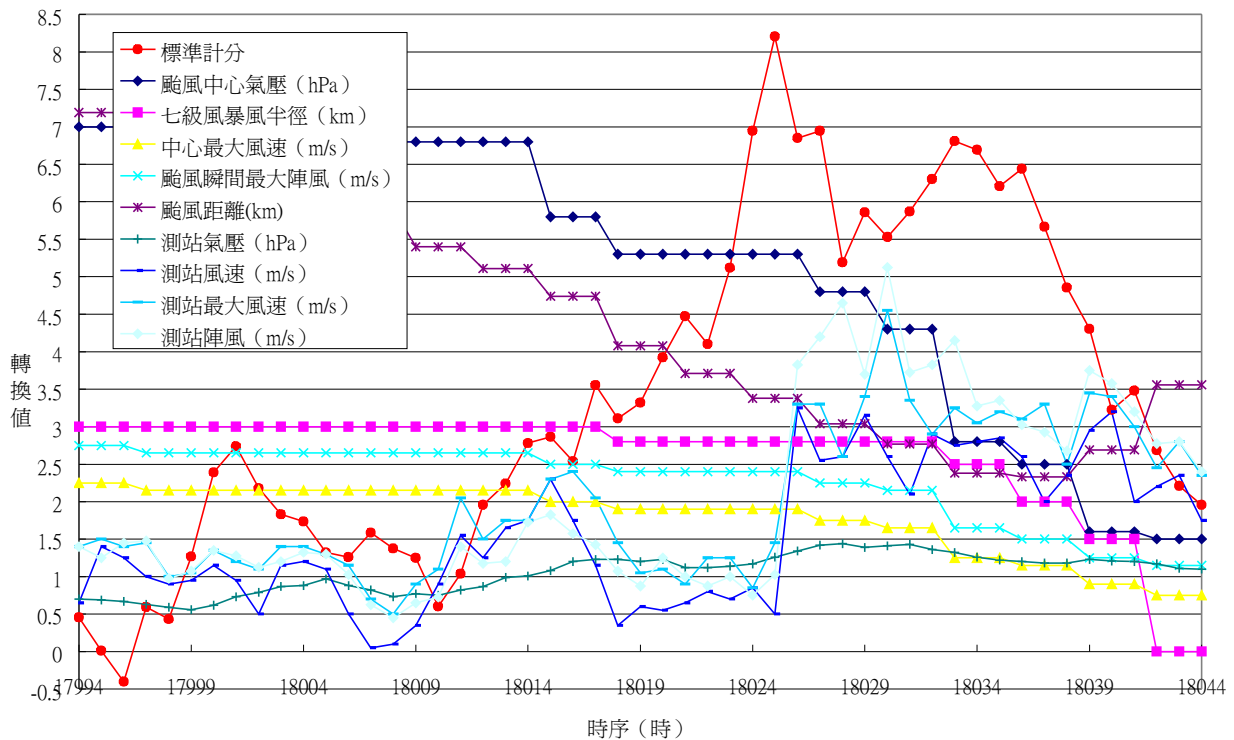


圖 23：路徑 9—珍珠颱風(2006 年)逐時剖面分析圖

陸、討論

一、分析潮位資料，討論暴潮發生時間及強度

- (一)計算暴潮偏差均已扣除天文潮，若要討論暴潮災害時需加上調和天文潮，以達到預測潮位的實際值。
- (二)許多觀測記錄值多呈現常態分佈，本研究所探討的暴潮偏差也假設其分佈為常態分佈，並以此做為基準來判別暴潮是否發生。在常態分佈上，標準計分在-3 到 3 之間的值占 99.7%，在此範圍以外可當做為異常的現象處理，故 ΔS 大於 3 定義為暴潮。在表 2 中，大於三個標準差的比率高達 1.18%，此可證明暴潮不是隨機出現，而是有特殊機制。
- (三)因應基準點的變化，須以統計方法加以修正，故以年為單位，求出不同年份暴潮偏差 (ΔH) 的平均值及標準差，再修正各年的逐時暴潮偏差值。
- (四)由表 3 的各年份平均暴潮偏差值統計描述中發現，2000 年的平均暴潮偏差值和其後年份差異極大，經向中央氣象局海象中心查證，原因是 2000 年 12 月份東石潮位測站曾進行工程，將基準點作異動所造成。
- (五)在 2001 到 2006 年間的平均暴潮偏差，有逐年升高的現象，也就是實測潮位漸高，在 6 年內共累計升高 50 公分，懷疑是潮位測站受到東石地區地層下陷所導致。

二、影響東石測站發生暴潮的颱風類型

- (一)颱風所造成的暴潮是由於颱風引起的氣壓與風場的變化，而產生水位異常變化的現象，包括因颱風中心之氣壓過低造成海面水位上升，及作用於水體表

面之風力造成海水堆積而使海面水位上升。因此推測颱風路徑、強度、颱風和測站之間的距離都有一定的影響。

- (二)由颱風路徑、強度兩者與東石站發生暴潮結果（圖3-圖6）分析，發現以路徑分組來區別最為明顯。故推論暴潮發生的機會的確可以從颱風路徑上明顯區別，作為分析上的重要依據。
- (三)從上述推論可確定，颱風路徑及颱風距離是暴潮發生的重要因素，但無法區分暴潮的發生是受到颱風直接影響還是間接影響，故進一步以逐步迴歸分析法來釐清影響暴潮發生的各項因素。

三、以逐步迴歸分析法，探討颱風及測站的氣象因素對暴潮的影響

- (一)以颱風期間所有資料及颱風期間發生暴潮時的資料兩種方式來分析，前者推測出各項因子對暴潮強度的影響，而後者推測出造成暴潮的主要因子。
- (二)影響暴潮強度的因素（表5），從路徑類別上可明顯看出不同。整體而言，還是距颱風中心的距離及測站氣壓影響較大；在暴潮強度上聯合解釋變異量，全部路徑合併的效果不佳只有26.3%，但依路徑區分，最小為路徑2的28.6%，最大為路徑8，可達80%；推測出以路徑分類在預測上有較大的可信度。
- (三)在探討造成暴潮的主要因子（表6）時，因資料量較少，易出現因少數干擾的觀測值影響分析結果。發生暴潮的聯合解釋變異量，全部路徑合併的效果有28.4%；但依路徑區分，有較高的聯合解釋變異量為路徑7的91.8%、路徑5的75.5%及路徑9的61.3%，而路徑2、4、6則找不出相關性，可能和資料量較少，且離散度大有關。
- (四)比較暴潮強度及產生暴潮時的迴歸分析，發現下列二點：
 - 1. 部分路徑暴潮強度和發生暴潮時的主要因子不同，和暴潮發生時某些氣象因素的變化量有快速反應或是同一路徑的不同颱風之間的差異性所導致；像是路徑3的颱風中心距離、路徑5的颱風最大風速；可列為暴潮發生時，預測暴潮強度應注意的指標。
 - 2. 暴潮及氣象因素時間序列先後差異所產生的時間差，可能造成各路徑資料點間散佈離散度大，使暴潮發生時不易從迴歸分析中找出迴歸方程式，而造成訊息上的遺漏及預測的盲點，因此必需再從逐時剖面分析來看時序排列找出可能的影響。
- (五)藉由氣象因素所得的迴歸方程式應可預測暴潮，但預報本身需預留發佈後的緩衝時間，而迴歸方程式只能計算出即時暴潮強度，因此導致暴潮預測可能受限於氣象預報的準確度。

四、由逐時剖面分析圖（圖7—圖23），探討氣象因素和暴潮發生的時序性

- (一)經逐一比對後，發現若有相關因子的暴潮，暴潮多較相關因子延遲數小時出現，可利用此時間差來達成預測暴潮的目的。
- (二)在測站資料中發現測站氣壓值低於990百帕的颱風，無論何種路徑的颱風，東石地區均有暴潮發生。

- (三) 2001 年納莉颱風雖然列入路徑 9，但其行進方向相反，表現較其他不同，應予以排除。
- (四) 調閱路徑 4 的發生暴潮時全台氣象站的風速及風向發現：只有台灣中部的氣象站幾乎均呈現無風，其他地區風速較強，可能是受到地形影響，使較內陸的嘉義氣象站無法和沿海的東石地區的實測結果一致，造成判斷上的誤差。
- (五) 同一路徑的不同颱風，影響因素略有不同，以此方式分析雖能推測出大致的共同特徵，但較易受到主觀判斷影響而有瑕疵；且部分颱風未使用合適的處理方式或未列入其他的干擾因素，不易判斷。
- (六) 在非颱風影響的時間，發現發生暴潮強度大於 2.5 的現象，其發生時間多在中午之後且有氣壓偏低及強陣風，推理是午後的對流雲系所造成。

五、綜合上述分析做出下列的討論：

- (一)路徑 1：雖然無暴潮發生；但注意測站因素所產生的潮位變化，如：測站氣壓及最大風速。
- (二)路徑 2、3：暴潮發生率高，兩路徑在分析上表現較一致，兩者的暴潮強度和颱風距離、測站氣壓有關，路徑 3 的暴潮強度另外受測站陣風、颱風半徑、測站最大風速、中心氣壓影響；發生時間在測站氣壓最小且距離最近時，暴潮的發生時間較不連續，且暴潮強度約在 4 左右，暴潮維持時間較短，平均約 10 小時。
- (三)路徑 4、6：兩路徑的表現一致，暴潮發生率機率低，約 20%，暴潮強度和暴風半徑、測站最大風速及氣壓有關，暴潮發生時間和測站風速較大變化趨勢一致，但延遲時間不易掌握，暴潮出現時間短且無連續性，暴潮強度弱約在最小臨界值。主要是地域性的氣象條件所造成。
- (四)路徑 5：暴潮發生率機率低，不到 30%，暴潮強度和颱風距離、暴風半徑及測站最大風速有關，發生時間明顯延遲約 8 小時後，暴潮持續時間長，在警報過後仍有暴潮。
- (五)路徑 7：暴潮發生率極高，暴潮強度和颱風最大風速、中心氣壓及距離有關，暴潮在和颱風距離最近後約 3 小時發生，易發生暴潮強度快速激增的強大暴潮，暴潮平均強度在 5，具海水位突然快速上升至高水位的危險性，需提高警覺。
- (六)路徑 8：無暴潮發生，但需注意颱風因素所造成的潮位變化，尤其是暴風半徑、中心氣壓。
- (七)路徑 9：暴潮發生率極高，暴潮強度和颱風中心氣壓、最大風速有關，暴潮發生在風速快速上升時，易發生暴潮時間長強度大的持續性暴潮，平均暴潮強度約 4.5，且不易掌握前兆，具高危險性需提高警覺。

六、暴潮災害預警，除了暴潮的預測外，仍需將天文潮的調和分析潮位加入，計算出潮位是否會達到警戒潮位，才能有效預報，達到預警的成效。

柒、結論

- 一、不同路徑的颱風對東石測站發生暴潮機率有明顯的差異，其中以颱風路徑經由台灣海峽北上的影響程度最大且暴潮強度強，而由東向西穿越台灣中部進入台灣海峽的颱風影響居次。
- 二、由颱風及測站氣象因素和暴潮的關連性，能大致掌握暴潮發生的強度及可能發生的時間，達到暴潮預測的成效。
- 三、本研究在空間上，僅針對東石測站的潮位進行分析，未能得知其他地區的暴潮發生情況；在時間上，以有發布颱風警報的月份作分析，若有其他季節的因素如：東北季風、鋒面對流雲系..等，可能造成潮位異常。故缺乏全面性討論，仍需蒐集各地測站的潮位資料來加以分析，並作交叉比對，期望能夠建立出完整的模式，並利用模式來針對全台各地的沿海地區發佈暴潮預報，達到防災的成效。

捌、參考資料及其他

- 一、涂齡方(民 94) 國中自然與生活科技地球科學【全一冊】(第五章一千變萬化的天氣 P.63~P.90)。臺北縣：康軒文教。
- 二、王執明(民 90) 高級中學基礎地球科學【全】(第七章—海洋、第八章—天氣與天氣觀測 p.89~p.103)。臺北縣：龍騰文化。
- 三、威啓勳、關壯濤(民 69)。颱風的理論和預報。臺北市：季風出版社。
- 四、吳大猷(民 76)。高級中學地球科學【第三冊】。臺北市：正中書局。
- 五、鄭惟厚譯(民 91)。統計學的世界。臺北市：天下遠見出版。
- 六、高誌翰(民 93)。颱風暴潮特性分析。國立成功大學水利海洋研究所碩士論文，未出版，台南市。
- 七、鄭允翔民(民 92)。颱風暴潮與颱風特性關係之研究。國立成功大學水利海洋研究所碩士論文，未出版，台南市。
- 八、中央氣象局。氣象百科。2007 年 3 月。
<http://www.cwb.gov.tw/V5/information/knowledge/knowledge.htm>
- 九、中央氣象局。台灣地區颱風分析與預報輔助系統。2007 年 3 月。
<http://photino.cwb.gov.tw/tyweb/default.htm>
- 十、中央大學。大氣科學教學輔助資訊。2006 年 12 月。
<http://www.lib.ncu.edu.tw/~hong/atmhmpg/atmhome.htm>

【評語】

031730

風起「潮」湧－以東石測站為例探討暴
潮和颱風的關係

1.本件作品主要在以觀測資料統計分析颱風與暴潮之相關，分析詳實，架構清晰。作者使用逐步回歸分析法，初探相關因素對暴潮的影響，若能繼續深入研究，對嘉義東石值颱風時暴潮的預報應有助益與實用的價值。

2.建議作者進行統計分析後，應更加著重在統計結果的解釋並詳細討論其背後機制與意義，否則恐陷入操弄統計與數字的陷阱當中。