

# 北部沿岸風場與波浪特性之氣候分析 -1998 與 1999 浮標資料

李汴軍<sup>1</sup> 范揚洛<sup>2</sup> 楊康宏<sup>2</sup> 葉曙綱<sup>2</sup>  
中央氣象局海象測報中心<sup>1</sup> 成功大學近海水文中心<sup>2</sup>

## 摘要

本文之目的是探討花蓮、新竹及龍洞三個海上資料浮標站的風場及波浪之氣候特性。經分析民國 87 年至 88 年間之資料中，以風向分布、平均波高、風浪相關及風湧浪分布來描述其區域特徵。在風向方面顯示三個資料浮標站資料受季節變化的影響，主要風向為東北向與西南向，但花蓮與龍洞除了東北向與西南向外，尚有其他方向的風向且佔有一定的比例。波浪的特性顯示三個資料浮標站冬天的波高平均值較大，夏天較小，而各資料浮標站波高的總平均值以龍洞約 124 公分最大，花蓮約 102 公分次之，新竹約 89 公分最小。風與浪的相關性分析，以西南季風為例顯示新竹的風浪相關係數(0.79)較花蓮(0.33)及龍洞(0.46)為高。波齡分析的結果，顯示花蓮資料浮標站的湧浪成份在各季節中約佔 90%，龍洞資料浮標站湧浪成份約佔 70%，新竹資料浮標站則是風浪與湧浪各佔有一定的比例，這些現象在波高、週期聯合機率分析中也有相同的結論。此外資料浮標站與相鄰之氣象站的風場差異頗大，主要是因地形而產生，也因此證明了海上資料浮標觀測的必要性。

## Analysis of Wind and Wave Characteristics offshore North Taiwan

B. C. Lee, Y. M. Fan, K. H. Yang and S. C. Yeh

### ABSTRACT

The paper presents wind and wave characteristics in the vicinity of Hwa-Lien, Hsin-Chu, and Long-Dong offshore. The observation period lasts from 1998 to 1999. Analysis of buoy-measured information are summarized as following:

1. In Taiwan, wind directions highly depending on seasons are primarily northeast in summer and southwest in winter. Except seasonal northeast and southwest wind, other directions which occur with certain amount of percentages in Hwa-Lien and Long-Dong cannot be ignored.
2. Generally, the largest mean wave heights happen in winter. Compared with measured data from three buoys, the largest mean wave height, 124cm, was obtained from the one offshore Long-Dong.
3. Wind-wave correlation examination shows that the degree of predictability between wind and wave data monitored in Hsin-Chu offshore are better than those monitored in the other two areas.
4. According to wave age analysis, a given wave field states a mixture of two wave systems. The probability of swell happening all year around in Hwa-Lien reaches 90%, highest among all three. The similar results are also computed by joint probability function of wave height and period.

In addition, evaluating three pairs of observed data from the data buoy and near-by weather station, great dispersion between measured variables indicates that they are dependent on rare occasions. It is concluded that offshore wind and wave conditions cannot be predicted simply based on near-by weather stations.

## 一、前言

台灣四面環海，可以運用的海岸海洋資源相當的豐富，除了可以供工商業資源開發利用外，亦可以用於生態保育之用。不論海岸海洋資源運用的標的為何，均需充分掌握當地海氣象特性，才能有效的達到目的。以往的海象觀測的方法有許多種，除了觀測樁外，大都只能觀測單項資料，例如風或波浪，無法同時兼二者之觀測。另外觀測樁受限於水深，因此資料浮標具有不受地形水深的限制、同時進行多種海象資料量測以及定時觀測與即時傳輸等優點，因此，從民國八十四年起中央氣象局逐年在新竹外海、花蓮外海、龍洞外海設置資料浮標(圖 1)進行台灣沿海海氣象資料

觀測。

本篇文章分析台灣地區北部沿岸三處<sup>1</sup>的資料浮標所觀測到風與浪的資料，資料的觀測期間為民國八十七年至八十八年。希望藉由分析風場與波浪於不同季節上的特性瞭解三個不同海域風與波浪在空間特性的異同。主要分析工作有 4 項，(1)風場氣候特性；(2)波高平均值隨季節上的變化；(3)波高、週期於季節上的分佈；(4)風與浪之相關性分析。透過資料分析將可以對於台灣北部海域風場與波浪的特性有進一步的瞭解與認識。

<sup>1</sup> 北部沿岸包括西北部的新竹海域、東北部的龍洞海域以及東部的花蓮海域

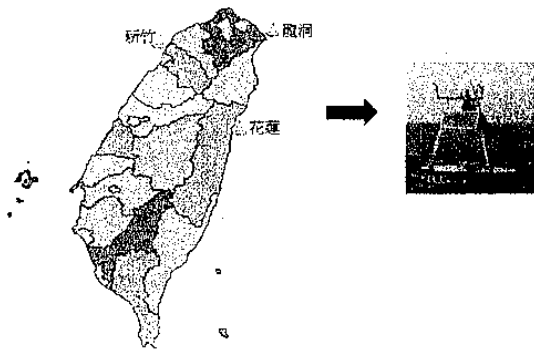


圖 1 資料浮標與其地理位置圖

## 二、資料背景

資料浮標站觀測項目有波高、週期、波向、一維波譜、方向波譜、風速、風向、大氣壓力、氣溫、表面水溫。本文採用花蓮、新竹及龍洞三處的資料浮標站所觀測的風速、風向、波高、週期、一維波譜來分析。資料浮標站所觀測之波高由於無法直接量取波浪時序列，而是經由波譜轉換算為示性波高(以下簡稱波高)。又本文所使用的波高資料不包含颱風來臨時的波高資料。各個資料浮標站位置敘述如下：(1)花蓮資料浮標站：佈放於花蓮港北方七星潭外海約 600m，水深 31m 處；(2)新竹資料浮標站：佈放於新竹紅毛港外海，南寮漁港北方，水深 23m 處，距岸邊約 1.5km；(3)龍洞資料浮標站：佈放於龍洞遊艇港外海 2km，水深 32m 處。另外，資料浮標站與相鄰之氣象站(花蓮氣象站、新豐岸邊風速風向站、龍洞岸邊風速風向站)的風場資料做分析與比較在風場上的差異。

## 三、資料分析與討論

將各個觀測站的風場及波浪資料，依照春季、夏季、秋季、冬季、或各月份進行風場與波浪的特性於氣候上之分析。本文中春季是指 3~5 月、夏季是指 6~8 月、秋季是指 9~11 月、冬季是指 12~2 月。

### 3-1、風場氣候特性

根據三個資料浮標站所量測到的風場資料，其風玫瑰圖的分析可以發現，三個資料浮標站風向的特性主要為受東北季風與西南季風影響。但花蓮(圖 2)與龍洞(圖 3)在兩年資料的風玫瑰圖中，顯示除了東北向與西南向的風向外，尚有其他方向的風向且佔有一定的比例。例如花蓮資料浮標站西北風所佔比例大於東南風，龍洞資料浮標站北北西風與南南東風所佔比例也相當多。前者可能受地形影響所致，後者係受季節風轉變所致。

三個資料浮標站觀測到風場與相鄰氣象站受地形之影響如表 1，先將資料浮標站所量測的風

速按風速之大小分為 3 等級，即風速 0 至 3.3m/s(蒲福風級 0-3 級)者為第一等級(I)，3.3 至 10.7m/s(蒲福風級 4-5 級)者為第二等級(II)，10.7 至 15m/s(蒲福風級 6-7 級)者為第三等級(III)，再將資料浮標站與相鄰氣象站(花蓮資料浮標站-花蓮氣象站，新竹資料浮標站-新豐岸邊風速風向站，龍洞資料浮標站-龍洞岸邊風速風向站)間的風向取差值，發現無論在花蓮、新竹或龍洞地區風向在風速小時，受地形影響較大，呈現紛亂的現象，不過隨著風速越大，盛行風之因素大於地形影響，因此資料浮標站與相鄰氣象站間的風向在差值小於 22.5° 的百分比也隨著增加。但新竹地區風向的差值小於 22.5° 所佔百分比相較花蓮與龍洞地區為大，其原因係新豐岸邊風速站位於岸邊，受地形的影響較小；龍洞岸邊風速站雖然也是在岸邊，但其後方為一座山，會產生回風的現象；花蓮氣象站位於花蓮市區，容易受地形及建築物的影響。然而，新豐與龍洞岸邊風速風向站是在岸邊，不像花蓮氣象站是位於市區，所以在風場的分析上，其相關性應該要比花蓮地區較佳，經相關性分析顯示新竹資料浮標站與新豐岸邊風速風向站兩者間的風速相關係數  $R = 0.63$ (圖 4)，圖中可以看出有兩個主要的曲線分佈，因為新竹海域的風場幾乎只受東北季風與西南季風影響，又東北季風風速大於西南季風風速，所以圖中的兩條主要趨勢線，一為東北季風作用下的相關性曲線，另一為西南季風作用下的相關性曲線，因此若考慮風向的情況下，新竹地區在冬季東北季風的情況下，相關係數為 0.97，在夏季西南季風的情況下，相關係數為 0.79；龍洞資料浮標站與龍洞岸邊風速風向站兩者間的風速相關係數  $R = 0.71$ (圖 5)，但隨著風速越大，兩者間的相關性越低。其原因與龍洞地區在風向上的討論相同，即龍洞岸邊風速站的後方為一座山，會產生回風的現象，因此在風場的分析上，龍洞岸邊風速站與龍洞資料浮標站所觀測到風場資料兩者差異性大。所以即使是位於岸邊的風速風向站，若要以此觀測到的風場資料來類推鄰近海域之風場，必須要考慮到地形所造成的影響，再來決定是否可以以類推的方式來求得海域上的風場資料。

### 3-2、波高平均值隨季節上的變化

各資料浮標站在各月份的波高平均值(表 2)，顯示在冬天的波高平均值較大，夏天較小，與簡仲環等(1995)研究結果相近。由總平均值檢視可發現三個資料浮標站中以龍洞資料浮標站最大，花蓮資料浮標站次之，新竹資料浮標站最小。其差異性原因係龍洞與花蓮兩資料浮標站其波浪伴隨天氣系統之風浪與其他湧浪之總和，而花蓮資料浮標站波高較龍洞資料浮標站小，係天氣系統抵達花蓮時勢力減弱之故(圖 2、圖 3 可證明)，而新竹資料浮標站位於近岸之處，波浪已有淺化效應，故波浪較小，在深海國光平台之波浪則非常大(吳立中等，2000)。但是波高平均值無法全然反映迅速變化的天氣系統，如在冬季時常有威力

很強的冷鋒快速的通過台灣，此時，會造成有某一短暫的期間波高出現特大值，因此本文以每日最大波高之月平均值(以下簡稱大波高平均值)來看，如表 2，各測站在各月份之大波高平均值都大於波高平均值，若由比值來看，如圖 6~8 所示，縱軸 Ratio 代表

$$\text{Ratio} = \frac{\text{大波高平均值} - \text{波高平均值}}{\text{波高平均值}}$$

圖中顯示三個資料浮標站中最大的比值已超過 0.4，也就是說大波高平均值為波高平均值之 1.4 倍。在微小振幅波理論中，平均單位面積上之總能量與波高的平方成正比，以能量來看，兩者能量相差將近 2 倍，因此若以波高平均值來代表波高特性而做為海事工程或海洋航運上的參考，可能會低估波高特性或波浪的能量，對提供海事工程或海洋航運上的參考方面有很大的影響。

### 3-3、波高、週期於季節上的分佈

經過波高與週期聯合機率分佈之分析，顯示三個資料浮標站在冬季時的波高與週期聯合機率分佈呈現帶狀分佈(以圖 9 為例)，在夏季時卻不是帶狀分佈(以圖 10 為例)，係因冬季東北季風風速較大，波高分佈範圍較廣，夏季西南季風風速較小，波高較小且較集中。花蓮資料浮標站冬季波高主要分佈範圍為 100 至 150cm，夏季則在 100cm 以下，冬天週期主要分佈於 6 至 7sec，而夏天則為 5 至 6sec。新竹資料浮標站兩年來各個季節波高主要出現最多的是介於 50 至 100cm 公分，週期主要分佈於 4 至 5sec。龍洞資料浮標站冬天的波高出現最多的波高範圍為 200 至 250cm，夏天則多為 50cm 以下，冬天波高與夏天波高的差距遠大於花蓮海域的波高，週期則集中在 5 至 6sec 間。由於花蓮資料浮標站放置的位置為花蓮七星潭海域，從外海傳至量測地點的波浪受地形影響，而龍洞資料浮標站放置位置則不受地形效應的影響，因此，同樣面臨太平洋的兩個觀測地點，波高大小特性顯然不同。新竹資料浮標站位於台灣海峽中，平均水深變化不若花蓮與龍洞資料浮標站所位於的海域，波浪成長受限於地形的影響很大，因此，波高、週期顯出較小波高、較短週期的特性。一般來說，湧浪的週期會比風浪的週期來的大，所以本文之分析可以看出三個資料浮標站的波浪所佔有的湧浪成分以花蓮較多，龍洞次之，新竹較少。

### 3-4、風與浪之相關性分析

由風場的分析顯示三個資料浮標站在冬季以東北風所佔的比例最多，夏季以西南風所佔的比例最多，因此本文以冬季東北風及夏季西南風為條件，對三個資料浮標站所觀測的波高與風速做相關性分析。在冬季東北風的條件下，三個資料浮標站的波高與風速以延時為兩小時的相關係數為最高，相關係數介於 0.63~0.69；在夏季西南風的條件下，新竹資料浮標站的波高與風速以延時為兩小時的相關係數為最高，相關係數 0.79，而

花蓮與龍洞相關性低。波高與風速的相關係數高低與波浪的組成成分或風速大小有關，因此本文以波齡來判斷波浪的組成成份。波齡為判斷波浪成熟度的一個指標，其定義為  $C_p/U_{10}$ ，其中， $C_p$  為水位頻譜主頻所對應的波速， $U_{10}$  為海面上 10m 所量測的風速。Mitsuyasu(1981)曾建議以 1.4 做為分界，當波齡大於 1.4 時，波浪屬於湧浪，即波浪與當地的風無關。若波齡小於 0.7 時，則為不成熟波，此時波浪主要為受風的影響。本文依照 Mitsuyasu 的建議將波齡以 1.4 為分界分為兩組，試圖從分類中找出各個海域波浪的風湧浪特性。

由於資料浮標站上所測得的風速為  $U_{2.8}$  並非  $U_{10}$ ，故利用 Jackson (1989)建議的方法將  $U_{2.8}$  轉換至  $U_{10}$ ，

$$U(10) = U(z) \frac{\log(10/z_0)}{\log(z/z_0)}$$

其中， $U(10)$  為 10m 高的風速， $U(z)$  為於  $z$  公尺高所量測的風速。 $Z_0$  為海面粗糙高度，可由疊代方式求得。拖曳係數( $C_{dn}$ , drag coefficient)公式

$$C_{dn} = [0.49 + 0.065u(10)] \times 10^{-3}$$

若風速符合對數剖面的假設，拖曳係數  $C_{dn}$  與風的摩擦速度  $u_*$  之間的關係如下所示

$$C_{dn} = \frac{u_*^2}{[u(10)]^2}$$

$$\frac{u(z)}{u_*} = \frac{1}{k} \log \left[ \frac{z}{z_0} \right]$$

其中， $k$  為常數，一般假設為 0.4。經由上述公式疊代計算即可求得  $U(10)$ 。

波齡分析結果如表 3 所示。從分析的結果可以發現花蓮資料浮標站的波齡值除了在冬天外，各個季節波齡值在 1.4 以上佔總樣本數的 90% 以上，顯示花蓮資料浮標站的波浪特性於各季節以湧浪為主。新竹資料浮標站風浪與湧浪的特性在各個季節不盡相同，風浪與湧浪各佔有一定的比例。龍洞資料浮標站風浪與湧浪的比例於各季節並不一致，但是於各個季節中仍有 70% 以上的波浪屬於湧浪的特性。以定性來說，波齡分析的結果與波高與週期聯合機率分佈在風湧浪討論中的結果一致。

所以若湧浪成分居多，則相關係數低，反之，若風浪成分居多，則相關係數高。又在東北季風的情況下，因風速較大，所以受地形的影響較小，所以在東北季風的情況下，三個資料浮標站的波高與風速相關性高。

## 四、結論

在風場的氣候分析中，三個資料浮標站的主要風向為東北向與西南向，但花蓮與龍洞除了東北向與西南向的風向外，尚有其他方向的風向且佔有一定的比例。前者可能受地形影響所致，後者係受季節風轉變所致。

分析三個資料浮標站與相鄰氣象站在風向上的差異，顯示風速小時，海上與陸上的風向差距較大，隨著風速增加，海上與陸上的風向差距小於 22.5° 的百分比也隨著增加；而龍洞岸邊風速風向站位於岸邊，因受地形的影響，其風場資料與資料浮標站的觀測值在風速的相關性分析中顯示相關性不佳。新竹地區因受季風影響大且新豐岸邊風速風向站位於岸邊，因此在考慮風向的情況下，資料浮標站與新豐岸邊風速風向站的相關性高。

在波浪的氣候分析中，三個資料浮標站中的波高總平均值以龍洞最大，為 124cm；花蓮次之為 102cm；新竹最小，為 89cm。由於波高平均值無法全然反映迅速變化的天氣系統，因此若以波高平均值來代表波高特性而做為海事工程或海洋航運上的參考，可能會低估波高特性或波浪的能量，所以在做為提供海事工程或海洋航運上的參考方面有很大的影響，所以建議採用每日最大波高之月平均值做為參考。

經過波高與週期聯合機率分佈之分析，顯示三個資料浮標站在冬季時的波高與週期聯合機率分佈呈現帶狀分佈，在夏季時卻不是帶狀分佈，係冬季東北季風風速較大，波高分佈範圍較廣，夏季西南季風風速較小，波高較小且較集中。波高與週期聯合機率分佈之分析在定性上顯示三個資料浮標站的波浪所佔有的湧浪成分以花蓮較多，龍洞次之，新竹較少。

風與浪的相關性的分析顯示花蓮資料浮標站與龍洞資料浮標站在夏季西南風的條件下相關性低，新竹資料浮標站相關性高，因為花蓮與龍洞湧浪性質明顯。但在東北季風的情況下，因風速較大，受地形的影響較小，所以三個資料浮標站的波高與風速相關性高。

## 謝致

本研究承蒙國科會研究計畫 NSC89-2611-E-052-001 資助。同時也感謝中央氣象局提供寶貴之資料。

## 參考文獻

- 1、吳立中、董東環、莊士賢、李汴軍, 2000, "國光平台與新竹浮標波高相關性分析", 第二屆國際海洋大氣會議
- 2、簡仲環、曾相茂、林受勳, 1995, "台灣區域波浪統計特性比較研究", 第十七屆海洋工程

研討會暨 1995 兩岸港口及海岸開發研討會, 161~167

- 3、Jackson O. Blanton, Julie A. Amft, and Dana K. Lee 1989, "Wind Stress and Heat Fluxes Observed During Winter and Spring 1986", *Journal of Geophysical Research*, Vol. 94, No. C8, pp 10686~10698.
- 4、Mitsuyasu, H. 1981, "Directional spectra of the ocean waves in generation area", *Proc. Conf. Directional wave spectra applications*, R.L. Wiegell, Ed., ASCE Pub., pp.87-102

表 1 在風速分成三個等級下，三個資料浮標站觀與鄰近氣象站所觀測到的風向之差值在不同差值範圍內的樣本數與百分比

測站	風向差值	風速 0~3.3m/s		風速 3.3~10.7m/s		風速 10.7~m/s	
		樣本數	%	樣本數	%	樣本數	%
		花 蓮					
	0~22.5	244	21	203	30.8	30	58.8
	22.5~45	154	13.3	89	13.5	9	17.6
	45~67.5	125	10.8	79	12	3	5.9
	67.5~90	143	12.3	59	8.9	1	2
	90~112.5	126	10.8	54	8.2	0	0
	112.5~135	110	9.5	57	8.6	1	2
	135~157.5	119	10.2	64	9.7	3	5.9
	157.5~180	141	12.1	55	8.3	4	7.8
新 竹							
	0~22.5	409	47.9	1696	76	421	63.6
	22.5~45	203	23.8	427	19.2	229	34.6
	45~67.5	79	9.2	81	3.6	12	1.8
	67.5~90	45	5.3	26	1.2	0	0
	90~112.5	39	4.6	0	0	0	0
	112.5~135	33	3.9	0	0	0	0
	135~157.5	21	2.5	0	0	0	0
	157.5~180	24	2.8	0	0	0	0
龍 洞							
	0~22.5	18	13.1	72	29	9	40.9
	22.5~45	7	5.1	56	22.6	7	31.9
	45~67.5	8	5.9	28	11.3	1	4.5
	67.5~90	14	10.2	17	6.8	1	4.5
	90~112.5	16	11.7	15	6	0	0
	112.5~135	17	12.4	20	8.1	3	13.7
	135~157.5	26	19	20	8.1	1	4.5
	157.5~180	31	22.6	20	8.1	0	0

表2 花蓮、新竹、龍洞資料浮標站之大波高平均值與波高平均值

站名	花蓮		新竹		龍洞	
	大波高 平均值(cm)	波高 平均值(cm)	大波高 平均值 (cm)	波高 平均值(cm)	大波高 平均值(cm)	波高 平均值(cm)
87/1	190	142	158	113	X	X
87/2	147	119	126	96		
87/3	108	103	111	81		
87/4	85	66	81	57		
87/5	86	69	78	54		
87/6	73	57	92	70		
87/7	46	38	115	95		
87/8	58	44	85	62		
87/9	121	91	102	74		
87/10	147	117	160	125		
87/11	205	160	168	126	226	167
87/12	226	174	145	118	259	189
88/1	179	145	137	103	234	173
88/2	182	140	135	98	203	148
88/3	166	126	137	99	230	158
88/4	139	106	117	81	170	116
88/5	122	91	85	58	124	87
88/6	74	58	88	68	60	44
88/7	86	70	94	77	64	44
88/8	80	62	83	64	69	51
88/9	113	91	53	38	149	106
88/10	80	60	121	120	166	120
88/11	185	147	142	109	226	167
88/12	227	171	184	152	254	194
總平均	130	102	117	89	172	124

表3 花蓮、新竹、龍洞三個海域波齡值隨季節的變化

測站	季節	1997-冬		1998-春		1998-夏		1998-秋		1998-冬		1999-春		1999-夏		1999-秋		
		波齡	個數	%	個數	%	個數	%	個數	%	個數	%	個數	%	個數	%	個數	%
花蓮	0.0~0.7		5	1	0	0	1	0	3	0	3	0	5	0	0	0	1	0
	0.7~1.4		111	19	15	3	24	3	95	9	165	16	82	8	9	1	47	7
	1.4~		462	80	518	97	874	97	957	91	872	84	952	92	677	99	601	93
新竹	0.0~0.7		39	6	81	8	258	33	61	9	76	15	132	18	217	24	52	8
	0.7~1.4		339	56	348	34	262	34	334	52	350	71	331	46	270	29	318	53
	1.4~		231	38	596	58	261	33	249	39	67	14	261	36	433	47	233	39
龍洞	0.0~0.7								0	0	0	0	1	0	3	0	2	0
	0.7~1.4								80	13	200	23	108	11	68	7	183	21
	1.4~								518	87	665	77	848	89	901	93	688	79

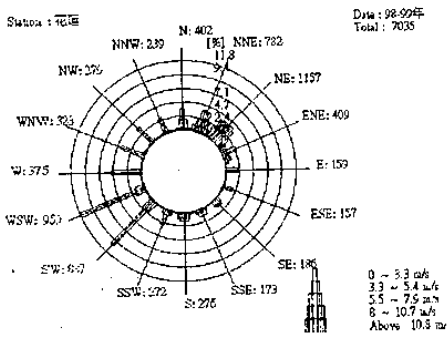


圖 2.花蓮 98-99 年風玫瑰圖

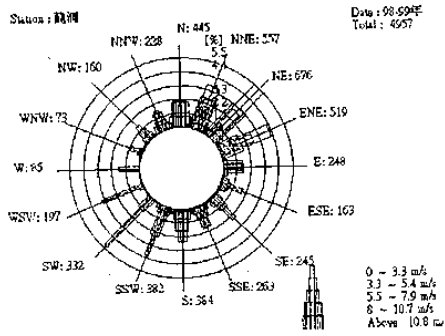


圖 3.龍洞 98-99 年風玫瑰圖

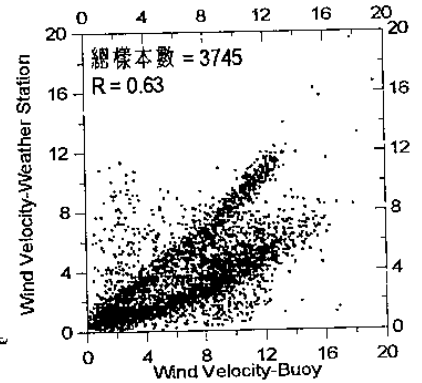


圖 4.新竹資料浮標之風速(x 軸)與新豐岸邊風速風向站之風速(y 軸)的相關性分析圖

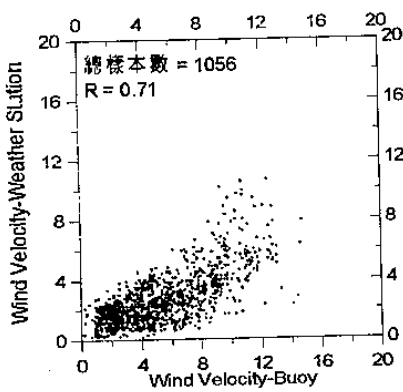


圖 5.龍洞資料浮標之風速(x 軸)與龍洞岸邊風速風向站之風速(y 軸)的相關性分析圖

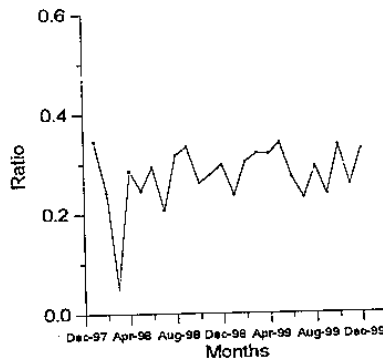


圖 6.花蓮海域大波高平均值與波高平均值之差值與波高平均值之比值隨季節變化圖

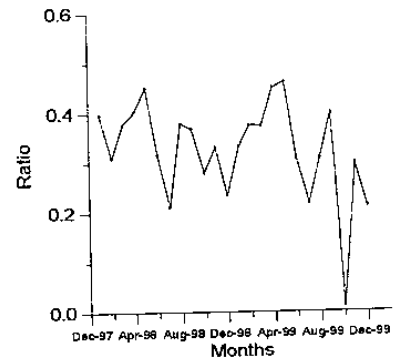


圖 7.新竹海域大波高平均值與波高平均值之差值與波高平均值之比值隨季節變化圖

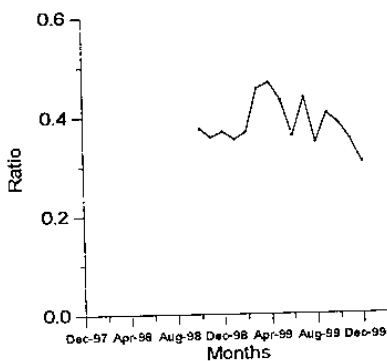


圖 8.龍洞海域大波高平均值與波高平均值之差值與波高平均值之比值隨季節變化圖

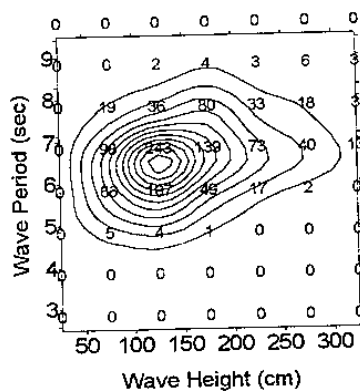


圖 9.花蓮海域 1999 冬季波高與週期聯合機率分佈圖

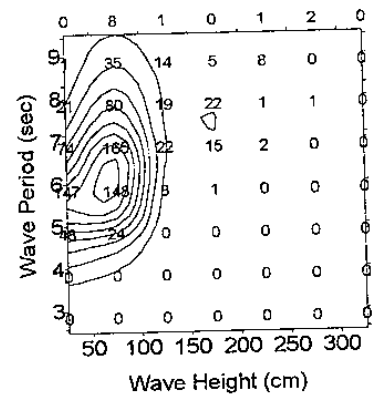


圖 10.花蓮海域 1999 夏季波高與週期聯合機率分佈圖