

東吉島海面實測波浪場與氣象場之分析

林 雨 我

中央氣象局科技研究中心

摘 要

本文係利用近年來本局所屬東吉島站在冬季(12、1、2月)期間,實測所得之波浪資料與氣象資料,應用統計的方法,分析在該測站附近海面之波浪特性(波高、週期)與各氣象參數間的相關性。

分析結果顯示,氣壓場、風場與實測之浪場間有很好的相關,並因此而求得由風速推算波高的迴歸方程式,據此似可使預報作業得以進一步量化。

關鍵詞:複迴歸方程式,多項式迴歸方程式。

一、前 言

早期根據Sverdrup-Munk(1947)的研究,認為完全成熟的波浪其波高與風速的平方有正比的關係;Pierson-Neumann-James(1955)則認為波高與風速直接成正比。此外Phillips(1957)認為由於大氣壓力變動與波浪間之共振機制會引起波浪的產生,而提出他的共振模式(resonance model);Miles(1957)則認為大氣與海洋間邊界面的不穩定會引起波浪,而提出他的切流模式(Shear-flow-model)。以上所述的,都僅是在於理論上的探討與研究,然而却互有長處與短處,說法莫衷一是。但是無可否認的,就現象而言,浪係因風而生,當風吹拂海面時會立即產生波浪。由過去的觀測經驗知道,海面受風吹襲,海水受到風力的作用而堆積成浪,風速愈強,風吹時間愈久,吹風距離愈長,所形成的波浪也愈高。因此若是直接由這三項因素著手研究,應該可以得到較為具體的結果。

目前可以用來推算預測波浪的方法很多,也有許多的圖表及計算公式可資利用,較為有名的有SMB¹法、美國海軍預測法、PNJ²法、日本氣象

廳法、Darbyshire及Wilson等法(徐和劉,1978)。基本上這些預報方法可以分成波譜法及代表波法兩大類,前者的理論架構較為完美,後者則較為簡單實用。波譜法如WAMDI GROUP法是必須求得波浪的波譜,由於計算量較大,而且在氣象預報上並不需要詳細的波譜資料與分析,因此波譜法似乎不適合在日常作業上使用,代表波法如SMB法,一般而言較適合於季風波浪的推算,但是在使用SMB法時,不易決定吹風域長度,且有人為主觀因素,另外對受限制的海域(如台灣海峽而言,預報波高偏大(梁,1985),似乎也不適用於本省附近的海域。Liang(1973)及Liang et al(1975)提出之面積風域法(FAM⁴)在研究之後,認為在台灣附近海域使用效果良好,尤其適合於邊際海域形狀不規則的地區。然而由於波浪的生成過程十分複雜,海面風的資料又很難獲得,同時這兩類方法事實上都需要以經驗常數來參數化,而推算的結果却又無以定論出何者為優,因此基於快速便捷的考量下,以一種經驗公式來做波浪的預報,似乎也不失為一種良方,如郭(1976)等的研究。

三、分析結果

由前述中知道風對於浪的形成很重要，而對波高大小更有重要的因果關係。從另一個角度來看，在中緯度地區，風係受氣壓系統的支配，由此似乎可以推論氣壓場與波高間也應該存在某種相關性，故本文乃根據定點實測之風場、氣壓場及波浪場資料，以統計的方法建立彼此的相關並推導出計算公式，以便在得到預報風場或氣壓場後，可以再經由此客觀關係，定量預報出浪場，提供氣象預報上之參考。

1. S M B法：Sverdrup-Munk-Bretchnider, Bretchnider (1970).
2. P N J法：Pier son-Neumann-James(1955).
3. W A M D I G R O U P法：Wave Modeling Development & Implementation GROUP, (1988) J.P.O., 18, 1776-1810.
4. F A M法：Fetch-Area-Method (1973).

二、研究方法與資料來源

在講求時效的實際預報作業上，如何應用最簡單、最方便的方法，得到足夠的參考資訊，應該較理論上的研究更為具體而實際，因此本研究乃著重在實測資料的分析。為求得一簡單且客觀的風浪關係，本計畫初步選擇中央氣象局所屬的東吉島測站近年來的實測波浪資料，應用統計的方法分析該測站附近海域之波浪特性（包括波高與週期）與該測站實測氣象參數間的相關性。

通常在東北季風期裏，本省附近的海域內會出現較為強勁的風浪，造成測波儀器極大的損害，以致無法收集到長時間的連續資料，形成在這方面研究上的困難。然而在這個季節裏，風與浪間的關係對於人類的各項活動而言却更形重要，因此實有必要儘可能以有限的資料來分析這個季節中的風浪，做為預報上的參考。所收集之資料時間如表 1 所示，由於東吉島為一氣象觀測站，其觀測項目較多，在考量本研究的目的後，共計選擇了二十二個變數，詳如表 2。

圖 1 為十六方位風向出現頻率分佈情形，顯示在冬季東北季風期內，東吉島所觀測到之風向十分穩定，基本上這三個月份內均是以北北東風 (01) 為最常出現之風向，其次為北風 (16) 與東北風 (02)，因此我們可以很容易地界定出東吉島站在 12、1、2 月份內的特徵風向。因法若藉著計算包括氣壓場、風場及浪場資料間的相關係數，將可幫助了解這些物理場間之相關性在統計上所代表的意義。

表 3 所示為在同一時間下，風場及浪場間之相關係數值大於 0.5 的變數對，表 4 所列則為各量在計算相關係數時之標準偏差。考量表 3 所顯示的情形，可以看出在這些月份中，風場與各特徵波的波高及週期均有極高的相關性，尤其是風場與各特徵波高間的關係更是顯著。若在表 3 中不去考量冬季各月份平均波數 (WNOA) 及最大波週期 (TMAX) 與其他各量間的相關，則可以發現無論是平均風速 (VAVG)，最大風速 (VMAX)，最大陣風 (VGUT) 及平均風程 (WDIS) 都與最大波高 (HMAX)，1/10 波的最大波高 (H10M)，1/10 波的平均波高 (H10A)， $\frac{1}{3}$ 波的最大波高 (H3MX)， $\frac{1}{3}$ 波的平均波高 (H3AV) 以及全波波高 (HTOT) 有著很好的相關 (如表中黑綫下標的係數值)。郭等 (1984) 指出東吉島測站在冬季期間， $\frac{1}{3}$ 有義波高與風速的相關係數為 0.86，但本文中計算所得之係數則高達 0.96，這可能與本文係分月來加以研究，而彼等則以冬季綜合討論所致，但基本上藉著這些高相關性，使得吾人可以進一步的求取風場與浪場間更為具體定量的關係。雖然在表 3 中看不出氣壓場與各特徵波波高有很高的相關性，但是由於氣壓場與風場間的關係極為密切，因此仍試著尋求這些物理量間的關係。

各特徵波高以 PAVG (平均氣壓)，PMAX (最高氣壓)，PMIN (最低氣壓)，VAVG，VGUT，VMAX 為參數所構成之複迴歸方程式 (

Multiple Regression Equation, MRE) 如表 5, 說明如下:

CONS: 複迴歸方程式或多項迴歸方程式之常數項。

EXP N: 複迴歸方程式或多項迴歸方程式可解釋資料量的百分比(可信度)。

X、X²、X³: 多項迴歸方程式之各冪次項。

	方程式中各項名稱	
特 徵	AAA A	?
	BBB B	
波 高	CCC C	

○: 方程式簡化時需保留項
 ? < X: 方程式簡化時可省略項

AAA.A: 係數上界值

BBB.B: 係數恰當值

CCC.C: 係數恰界值

此處所謂之係數上界值, 下界值是該MRE模型所得之係數信賴區間(confidence interval)(曾等, 1986), 也就是說對此信賴區間而言, 有某種程度百分比的資料(EXPN), 可以滿足此一MRE模型, 而係數恰當值則是MRE模型所建議的最佳係數值。同時藉著這些上下界的正負號, 尚可以看出某些係數恰當值可以被省略者, 其原因在於該恰當係數既然在正負號相反的信賴區上下界值間, 則可以為其間的任何實數值, 只不過以該MRE計算所得之係數值較為恰當而已。因此基於簡化方程式的目的, 應可選擇零做為該參數項之係數。由表 5(a)中知道在12月時, 各特徵波高的MRE均可解釋80%以上的資料。尤其代表平均狀態的H10A與H3AV較代表極端狀態的H10M與H3MX解釋的更好。此外尚可得知VAVG在整個MRE中具有絕對的重要性, 而VGUT則次之。表 5(b)顯示在1月份中, HMAX、H10M、H3MX、H3AV的MRE亦可解釋80%以上的資料, 獨有HTOT的MRE解釋程度較差, 但仍有60%以上的可信度, 同時1月份的VAVG也仍

具有絕對之重要性, 這與12月的情形完全相同。表 5(c)顯示在2月份時, 各特徵波高的MRE對資料的解釋能力, 較前二者有更佳的表現, 除了HMAX外, 其餘各MRE均有85%以上的可信度。尤其像H10A、H3AV二種特徵波高的MRE甚至有90%以上的可信度, 其中VAVG這個參數又再度顯示在MRE中之重要性。由表 5所顯示的整體結果得知基本上以PAVG, PMAX, PMIN, VAVG, VMAX, VGUT等參數所構成之MRE可以解釋東吉島測站在12、1、2月所觀測到各特徵波高的大部分資料, 同時也顯示出VAVG這一項參數對於估算各特徵波高時之重要性。為求使得各特徵波高與氣象場間有更簡化的關係, 吾人似可以根據以上所得之初步結論, 利用VAVG做為單一參數來計算各特徵波高的多項式迴歸關係(Polynomial Regression Equation, PRE), 使其更具有預報作業上之應用價值。表 6所列之數值是以VAVG為單一變數所得之多項式迴歸係數及其上下限。各特徵波高的PRE, 均由三次式起遞減計算至一次, 其目的是為了求得在盡可能解釋大部分資料的情形下, 又可以極度簡化MRE。由於計算各特徵波PRE的目的, 係提供預報作業上之參考, 因而在此不擬多做現象上的解釋, 只將表中所顯示的訊息指出, 以供預報員應用, 至於如何選擇恰當的冪次及如何的簡化, 則端視預報員的經驗來決定。表 6(a)顯示, 12月份的各特徵波高之各冪次多項式, 其可信度的差異均不大。同時三次以下的多項式都有被簡化的可能, 其可信度也不差, 因此似說明了各特徵波高與VAVG之間可以被簡化成三次以下的曲線關係。表 6(b)為1月份的情形, 除HMAX的可信度極度偏低而不知其原因外, 其餘的特徵波高的可信度基本上也與表 6(a)的情形類似, 因此各特徵波高的PRE似亦均可簡化成三次以下的方程式。表 6(c)為2月份的情形, 顯示出與12及1月份完全相同的性質。此外, 綜觀表 6中H3AV及H3MX的一次式係數欄, 可以發現其係數值平均約為22.5及26.4, 與郭等(1984)所得之26.6相差不多, 又常數項係數為-66.0及-46.2, 也與郭等

(1984) 所得之 - 57.0 相差不多，其間的差異可能來自於彼等之研究中並未加以分月考慮。

至此可以知道 V A V G 不僅在複迴歸分析中，具有絕對之重要性，同時其所構成的多項迴歸方程式也極具代表性，加上由於 V A V G 係一般觀測時極易獲得之資料，使得在以風場估算浪高的實際預報作業中更具應用價值，因此本文中更進一步採用平均風速的資料來代表風場，以建立與浪場間的對應關係。圖 2 表示在 12 月份，V A V G 與 H M A X , H 10 M , H 10 A , H 3 M X , H 3 A V , H T O T 間的對應關係。由各圖中黑點所示的分佈情形看來，平均風速與這些特徵波高間存在著一種非綫性多項式關係，基本上也就是前面表 6 (a) 所計算出之多項式。其代表曲綫的傾斜角度，依 H M A X , H 10 M , H 10 A , H 3 M X , H 3 A V , H T O T 的順序遞減，顯示各特徵波高對風速變化的敏感度逐漸降低。同時亦可以發現，平均風速與各特徵波最大波高的對應關係較為分散，如圖 2 (a)(b)(d)；反之，平均風速與各特徵波平均波高的對應關係則較為集中，如圖 2 (c)(e)(f)。1、2 月份的情形，如圖 3 及圖 4 所示，所表現的特徵與 12 月份的分佈型態十分近似，若仔細比較這三個月份的代表曲綫或分佈型態，可以發現其曲綫傾斜角度大致相同，平均風速與各特徵波平均波高的關係也均較集中，似乎顯示東吉島測站的實際資料分析較有利於平均狀態的解釋。

四、結 論

由以上的資料分析，大致可以獲得到下列幾點初步結論：

1. 東吉島測站在冬季 12、1、2 月份均以北北東風為最主要的特徵風向。
2. 東吉島測站在冬季期間，風場和浪場間有很好的相關，可以據此求取推算浪場的複迴歸方程式，使得預報作業得以初步量化。
3. 平均風速在複迴歸分析中係一重要因子，同時其所構成的多項迴歸方程式也極具代表性。
4. 一般而言，各特徵波高的多項迴歸方程式，可以簡化成三次以下的多項迴歸關係，並具有不錯的

可信度。

5. 東吉島測站資料顯示，各特徵波高對平均風速變化的敏感度，隨最大波波高，1/10 波最大波高，1/10 波平均波高，1/3 波最大波高，1/3 波平均波高，全波平均波高的順序遞減。
6. 平均風速與各特徵波最大波高的對應關係較為分散，而與平均波高間的對應關係則較為集中。

參考文獻

- Bretschneider, C.L., 1970: Forecasting Velocity for wave generation. Univ. of Hawaii, Dept. Ocean Eng., JKK LOOK Lab. Quart., 1(3): 31-34.
- Liang, N.K., 1973: "Elementary Wave model and the Definition of "Fetch Area" in Wave Prediction", Acta Oceanographica Taiwanica., Science reports of the National Taiwan University, No. 3.
- Liang, N.K., S.T. Tang and B.J. Lee, 1975: The wave prediction model of monsoon for Taichung harbour. Acta Oceanographica Taiwanica., Science reports of the National Taiwan University No. 5, 106-123.
- Miles, J.W., 1957: On the generation of surface waves by shear flows., J. Fluid Mech., 3, 185-204.
- Phillips, O.M., 1957: On the generation of waves by turbulent wind., J. Fluid Mech., 2, 417-445.
- Pierson, W.J., G. Neumann, and R.W. James, 1955: Practical Methods for Observing and Forecasting Ocean Waves by Means of Wave Spectra and Statistics. U.S. Navy Hydrographic office Pub. No. 603, 284pp.
- Sverdrup, H.U., and W.H. Munk, 1947:

Wind, sea and swell; theory of relations for forecasting. U.S. Navy Hydrographic office Pub.No. 601, 44pp.

林雨我，1989：台灣海峽之實測波浪初步分析研究——小琉球、東吉島。颱風景潮、湧浪、波浪研究計畫報告（第四年），印刷中。

徐明同、劉玉龍，1978：琉球嶼海面波高預測之研究——Acta Oceanographica Taiwanica., Science Reports of the National Taiwan University No.8, 178-194.

梁乃匡等，1985：台灣附近海域波浪預報模式研究(一)——波浪部份。中央氣象局研究報告第148號，96頁。

郭金棟，1976：臺中港區波浪預測方法之研究，中興大學土木工程系，86頁。

郭金棟、吳明宗、陳冠銘，1984：台灣沿海波浪分析與預測方法之研究(一)——鼻頭角、小琉球、東吉島、新港波浪記錄之統計特性分析，國立成功大學水利及海洋工程學系暨研究所，研究試驗報告No.73-5，49頁。

曾國雄、鄧振源，1986：多變量分析(一)——理論應用篇，松崗電腦圖表資料有限公司，491頁。

表1：東吉島測站風浪資料取樣時間

Table 1: Time of selected wind and wave data for Tungchitao station.

取樣月份	十二月	一月	二月
取樣年份			
	1985	1983	1983
	1986	1986	1985
	1987	1987	1986
		1988	1987

表2：東吉島測站觀測資料的考量項目

Table 2: Items of observed wind and wave data for Tungchitao station.

變數名稱	風場資料						波浪資料												
	平均風速	最高風速	最低風速	平均風速	最大風速	平均風向	平均波數	最大波數	最大波高	十分之一波高	十分之二波高	十分之三波高	三分之一波高	三分之二波高	全波平均波高	全波平均波期	海平面平均風速		
英文代號	P	P	P	V	V	V	W	W	H	T	H	T	H	T	H	T	W	T	S
	A	M	M	A	G	M	D	D	N	M	M	1	1	1	3	3	3	3	T
	V	A	I	V	U	A	I	I	O	A	A	0	0	0	0	M	A	A	O
	G	X	N	G	T	X	R	S	A	X	X	M	M	A	A	X	X	V	T

表3：東吉島測站風場及浪場之相關係數 (僅列出相關係數>0.5者)

Table 3: Correlation coefficients between wind and wave field for Tungchitao station. (only for correlation coefficients larger than 0.5)

	十二月				一月				二月			
	VAVG	VGUT	VMAX	WDIS	VAVG	VGUT	VMAX	WDIS	VAVG	VGUT	VMAX	WDIS
WNOA												
HMAX	.88	.90	.88	.89	.88	.87	.87	.89	.87	.85	.86	.87
TMAX	.56	.59	.57	.56								
H10M	.88	.90	.88	.89	.87	.89	.88	.87	.91	.91	.92	.91
T10M	.83	.83	.83	.83	.78	.79	.79	.79	.72	.68	.68	.72
H10A	.94	.90	.89	.94	.95	.88	.90	.95	.96	.89	.90	.96
T10A	.85	.83	.82	.86	.76	.70	.73	.77	.81	.73	.73	.81
H3MX	.88	.90	.88	.89	.90	.89	.90	.90	.92	.92	.92	.92
T3MX	.84	.86	.85	.85	.74	.73	.75	.74	.82	.78	.78	.82
H3AV	.94	.90	.89	.94	.94	.85	.87	.94	.96	.89	.89	.96
T3AV	.73	.74	.74	.74	.77	.70	.74	.78	.82	.73	.73	.82
HTOT	.92	.88	.88	.92	.75	.61	.66	.75	.92	.83	.81	.92
TTOT	.89	.87	.85	.89	.79	.74	.77	.80	.83	.74	.74	.83

表4：各參考變數之標準偏差

Table 4: Standard deviations for observation items for Tungchitao station.

	十二月	一月	二月
PAVG	2.12	2.94	3.74
PMAX	2.15	2.93	3.59
PMIN	2.28	3.10	3.90
VAVG	4.26	3.69	3.73
VGUT	7.35	5.96	6.33
VMAX	4.99	4.28	4.55
WDIS	4.28	3.63	3.70
WNOA	36.50	44.46	26.89
HMAX	233.28	184.17	204.11
TMAX	18.68	22.22	33.61
H10M	165.85	124.76	140.24
T10M	11.03	9.89	13.60
H10A	128.16	99.00	106.52
T10A	7.79	7.79	8.37
H3MX	127.94	97.37	110.63
T3MX	10.62	9.13	12.63
H3AV	100.43	77.64	84.53
T3AV	8.34	7.50	8.63
HTOT	61.82	61.22	56.36
TTOT	6.95	6.77	6.86
WSFC	4.28	3.73	3.78

表 5：東吉島測站所測得各特徵波高之複迴歸式的係數表。

(係數值均經四捨五入，以小數點後一位表式) (a)12月 (b)1月 (c)2月

Table 5 : Coefficients of multiple correlation equation of each significant wave height for Tungchitao station. (all values with one decimal have been rounded up/down)

(a) December (b) January (c) February

(a)	PAVG	PMAX	PMIN	VAVG	VGUT	VMAX	CONS	EXPN%
HMAX	50.2 -22.2 -94.5	X 69.3 17.8 -33.8	X 53.7 6.5 -40.6	X 34.1 20.1 6.0	0 39.2 24.0 8.9	0 13.6 -9.1 -31.8	X 8070.6 -2301.8 -12674.2	X 83.3
H10M	57.5 5.0 -47.6	X 43.5 6.1 -31.4	X 25.3 -8.9 -43.1	X 24.8 14.6 4.4	0 28.9 17.9 6.9	0 8.0 -8.5 -24.9	X 5281.0 -2250.9 -9782.9	X 82.6
H10A	23.1 -8.0 -39.1	X 35.8 13.6 -8.6	X 15.8 -4.5 -24.8	X 31.3 25.2 19.2	0 14.1 7.6 1.1	0 1.5 -8.3 -18.1	X 3224.7 -1240.0 -5704.7	X 89.7
H3MX	47.9 7.6 -32.6	X 32.0 3.3 -25.4	X 16.8 -9.4 -35.7	X 18.9 11.0 3.2	0 20.7 12.3 3.8	0 8.5 -4.1 -16.7	X 4163.9 -1612.5 -7388.8	X 82.8
H3AV	24.4 -0.4 -25.3	X 27.2 9.5 -8.3	X 8.2 -8.1 -24.3	X 24.4 19.5 14.7	0 9.8 4.6 -0.6	X 3.4 -4.4 -12.2	X 2492.3 -1076.0 -4644.4	X 89.3
HTOT	28.9 11.1 -6.7	X 14.6 1.9 -10.8	X -0.6 -12.2 -23.8	0 14.8 11.3 7.9	0 4.3 0.5 -3.2	X 6.4 0.8 -4.8	X 1753.8 -800.3 -3354.4	X 85.6

(b)	PAVG	PMAX	PMIN	VAVG	VGUT	VMAX	CONS	EXPN%
HMAX	93.6 24.2 -44.8	X 20.3 -19.5 -59.2	X 33.8 -6.4 -46.7	X 38.9 26.7 14.4	0 16.5 5.9 -4.7	X 24.4 8.4 -7.6	X 7535.2 1392.0 -4751.4	X 80.2
H10M	-63.2 -17.6 27.9	X -20.0 6.1 32.3	X -14.3 12.2 38.7	X 1.5 9.6 17.6	0 2.4 9.4 16.4	0 -5.3 5.3 15.8	X -4871.6 -827.4 3216.8	X 81.3
H10A	43.9 17.5 -8.9	X 8.3 -6.9 -22.1	X 6.1 -9.2 -24.5	X 26.5 21.9 17.2	0 4.1 0.1 -4.0	X 8.9 2.8 -3.4	X 843.2 -1500.6 -3844.4	X 90.0
H3MX	37.2 4.2 -28.8	X 14.7 -4.3 -23.3	X 21.3 2.1 -17.1	X 16.1 10.2 4.4	0 7.6 2.6 -2.5	X 16.0 8.4 0.8	X 922.6 -2010.0 -4942.5	X 83.9
H3AV	40.0 17.8 -4.4	X 5.2 -7.5 -20.3	X 5.3 -7.6 -20.5	X 22.8 18.9 14.9	0 2.6 -0.8 -4.2	X 6.3 1.1 -4.0	X 765.0 -2140.0 -4714.0	X 88.5
HTOT	54.8 24.0 -6.8	X 10.7 -7.0 -24.7	X 6.0 -11.9 -29.8	0 20.4 14.9 9.5	0 -2.7 -7.4 -12.1	X 13.5 6.4 -0.7	X 2534.0 -5267.4 -8000.7	X 64.6

(c)	PAVG	PMAX	PMIN	VAVG	VGUT	VMAX	CONS	EXPN%
HMAX	76.4 3.1 -70.1	X 42.9 2.3 -38.2	X 42.5 -3.5 -49.5	X 44.1 30.0 15.9	0 10.8 -6.2 -23.2	X 47.2 23.8 0.5	X 3908.8 -2188.5 -8245.8	X 78.1
H10M	59.1 21.3 -16.5	X 20.0 -0.9 -21.8	X 6.1 -17.7 -41.4	X 21.7 14.4 7.2	0 10.0 1.2 -7.5	X 27.0 15.0 3.0	X 225.6 -2909.0 -6043.4	X 87.7
H10A	29.8 7.6 -14.7	X 13.5 1.2 -11.2	X 6.6 -7.4 -21.4	X 29.0 24.7 20.5	0 2.5 -2.7 -7.8	X 12.7 5.6 -1.5	X 396.8 -1452.0 -3300.7	X 92.6
H3MX	43.3 14.1 -15.1	X 16.4 0.2 -16.0	X 6.1 -12.2 -30.6	X 17.1 11.5 5.9	0 8.1 1.3 -5.5	X 20.7 11.4 2.1	X 205.3 -2219.0 -4643.1	X 88.2
H3AV	22.2 4.4 -13.4	X 11.8 1.9 -8.0	X 5.9 -5.2 -16.4	X 23.2 19.8 16.4	0 1.6 -2.6 -6.7	X 10.6 5.0 -0.7	X 321.1 -1154.5 -2630.0	X 92.5
HTOT	27.2 10.6 -6.1	X 9.0 -0.2 -9.4	X 0.9 -9.6 -20.0	X 18.8 15.6 12.4	0 3.9 0.0 -3.8	X 3.4 -1.9 -7.2	X 602.3 -777.7 -2157.6	X 85.2

表 6 : 東吉島測站所測得各特徵波高的多項迴歸式的係數表。(四捨五入, 小數點後一位)

(a)12月 (b)1月 (c)2月

Table 6 : Coefficients of polynomial correlation equation of each significant wave height for Tungchitao station. (all values with one decimal have been rounded up/down)

(a) December (b) January (c) February

(a)	X	X ₂	X ₃	CONS	%	(b)	X	X ₂	X ₃	CONS	%	(c)	X	X ₂	X ₃	CONS	%			
HMAX	37.9 -41.8 -121.5	15.7 8.5 1.2	-0.0 -0.2 -0.4	471.7 207.0 -57.6	X	79.4	HMAX	67.4 24.9 -17.7	1.3 -2.5 -6.3	0.2 0.1 -0.0	282.4 132.6 -17.3	X	9.5	HMAX	101.2 11.1 -79.1	11.0 2.5 -6.0	0.2 -0.0 -0.3	374.2 81.5 -210.9	X	76.7
	72.0 45.2 18.4	1.3 0.1 -1.0		100.1 -48.7 -197.5	X	78.2		9.4 -1.9 -13.3	0.4 -0.1 -0.5		286.5 220.7 154.8	O	8.2		52.1 26.3 0.4	2.2 1.0 -0.2		171.0 36.1 -98.8	X	76.7
	53.8 48.5 43.1			6.0 -64.8 -135.6	X	78.2		-1.3 -3.4 -5.5				254.8 228.7 202.7	O		8.2	52.9 47.8 42.6				-7.0 -66.7 -126.4
HIOM	33.5 -24.4 -82.2	10.2 4.9 -0.4	0.0 -0.1 -0.3	347.9 155.8 -36.3	X	78.6	HIOM	83.7 -2.0 -87.7	10.8 3.2 -4.4	0.1 -0.0 -0.3	447.9 146.1 -155.8	X	78.6	HIOM	68.6 16.9 -34.7	5.9 1.0 -3.9	0.1 -0.0 -0.2	185.9 18.4 -149.1	X	83.8
	39.4 20.3 1.1	1.4 0.6 -0.2		131.2 24.7 -81.8	X	78.0		45.6 22.8 -0.0	1.8 0.9 -0.0		196.5 64.6 -67.3	X	78.5		35.6 20.8 6.0	1.3 0.6 -0.0		84.1 6.9 -70.3	X	83.8
	38.1 34.3 30.4			6.2 -45.0 -96.3	X	77.4		48.3 44.0 39.7				2.9 -50.0 -103.0	X		77.9	37.3 34.4 31.4				-23.7 -58.0 -92.2
HIOA	0.7 -28.8 -58.2	7.3 4.6 1.9	-0.0 -0.1 -0.2	225.5 127.8 30.1	O	90.7	HIOA	52.2 -8.8 -69.8	8.8 3.4 -2.0	0.1 -0.1 -0.2	327.7 112.8 -102.1	X	76.4	HIOA	-2.7 -27.0 -51.3	7.0 4.7 2.4	-0.1 -0.1 -0.2	192.1 113.3 34.5	O	93.8
	21.3 11.3 1.2	1.2 0.7 0.3		66.0 10.2 -45.5	X	89.9		43.3 27.0 10.7	0.8 0.1 -0.6		89.5 -4.8 -99.1	X	76.1		22.0 14.6 7.2	0.9 0.6 0.3		26.6 -11.8 -50.3	X	93.0
	30.4 28.3 26.2			-46.4 -71.6 -102.8	O	88.5		32.5 29.5 26.5				19.4 -17.9 -55.2	X		76.1	29.0 27.5 25.9				-55.3 -73.1 -90.8
H3MX	24.0 -20.2 -64.4	8.0 4.0 -4.0	0.0 -0.1 -0.2	271.8 125.0 -21.8	X	79.0	H3MX	11.1 -19.0 -49.2	6.1 3.4 0.7	-0.0 -0.1 -0.2	217.0 110.8 4.6	O	90.8	H3MX	52.5 12.6 -27.4	4.6 0.8 -2.9	0.1 -0.0 -0.1	147.8 18.2 -111.4	X	84.5
	32.2 17.5 2.8	1.0 0.4 -0.2		96.0 14.3 -67.3	X	78.2		20.6 12.5 4.3	0.9 0.5 0.2		54.6 7.4 -40.0	X	90.5		27.4 15.9 4.5	1.0 0.5 -0.0		67.8 8.0 -51.7	X	84.4
	29.5 26.5 23.6			8.5 -30.7 -69.8	X	77.9		26.9 25.4 23.8				-43.0 -62.4 -81.8	O		89.7	29.5 27.2 24.9				-19.1 -45.6 -72.2
H3AV	2.6 -20.9 -44.3	5.6 3.4 1.3	-0.0 -0.1 -0.1	174.6 96.8 19.0	O	90.4	H3AV	36.5 -6.5 -49.5	6.3 2.5 -1.3	0.0 -0.1 -0.2	238.8 87.4 -64.0	X	80.7	H3AV	-1.8 -21.1 -40.5	5.5 3.6 1.8	-0.0 -0.1 -0.1	153.6 90.7 27.9	O	93.7
	16.7 8.7 0.8	0.9 0.6 0.2		54.0 9.9 -34.3	X	89.7		30.6 19.1 7.6	0.7 0.2 -0.3		70.0 3.5 -63.0	X	80.5		17.0 11.1 5.2	0.8 0.5 0.2		24.4 -6.1 -36.7	X	93.0
	23.8 22.2 20.5			-34.6 -56.9 -79.3	O	88.3		25.8 23.6 21.5				5.1 -21.2 -47.5	X		80.4	23.0 21.8 20.5				-42.9 -57.0 -71.2
HTOT	5.6 -11.6 -28.8	3.5 2.0 0.4	-0.0 -0.0 -0.1	116.4 59.3 2.1	O	86.4	HTOT	11.9 -14.2 -40.2	4.9 2.6 0.2	0.0 -0.0 -0.1	178.6 86.8 -5.0	X	88.9	HTOT	14.7 -5.6 -25.8	3.7 1.8 -0.1	0.0 -0.1 -0.1	99.7 34.0 -31.7	X	84.6
	11.2 5.4 -0.3	0.6 0.3 0.1		41.3 9.3 -22.7	X	85.7		15.8 8.8 1.7	0.7 0.5 0.2		52.1 11.5 -29.1	X	88.5		18.2 12.3 6.4	0.3 0.1 -0.2		10.9 -19.8 -50.6	X	84.1
	14.5 13.3 12.1			-14.3 -30.1 -46.0	O	84.5		21.0 19.7 18.3				-30.7 -47.4 -64.1	O		87.6	15.0 13.9 12.7				-13.7 -27.2 -40.6

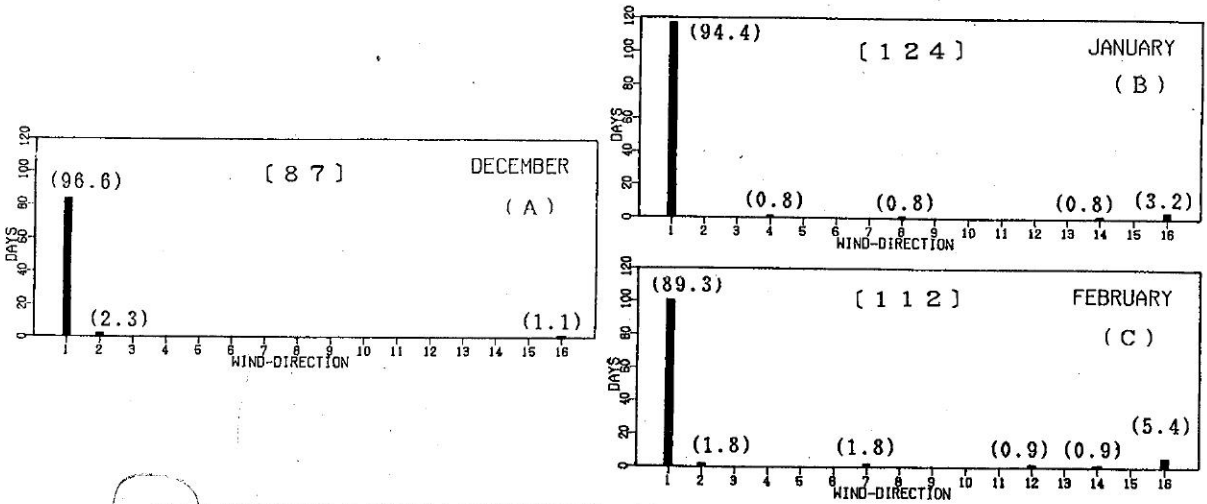


圖 1：東吉島測站各月份風向出現頻率分佈 ()：樣本資料總天數 []：百分比

(A) 12月 (B) 1月 (C) 2月

Figure 1 : Frequence distribution of wind direction for Tungchitao station in
 (a)December (b) January (c) February
 (Wind direction shown in sixteen segments)
 () total days of sample date, [] percentage %

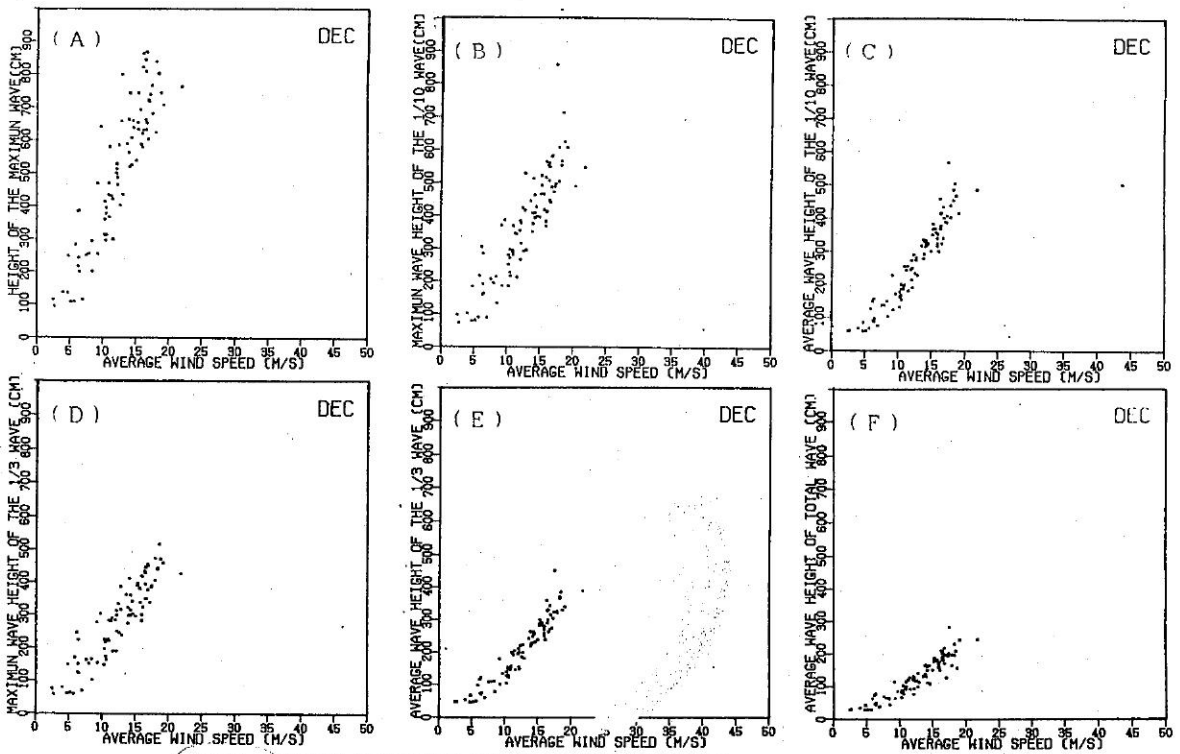


圖 2：12月份各特徵波波高與平均風速的對應關係

(A)HMAX (B)H10M (C)H10A (D)H3MX (E)H3AV (F)HTOT

Figure 2 : Scatter diagrams of each significant wave height and average wind speed in December.

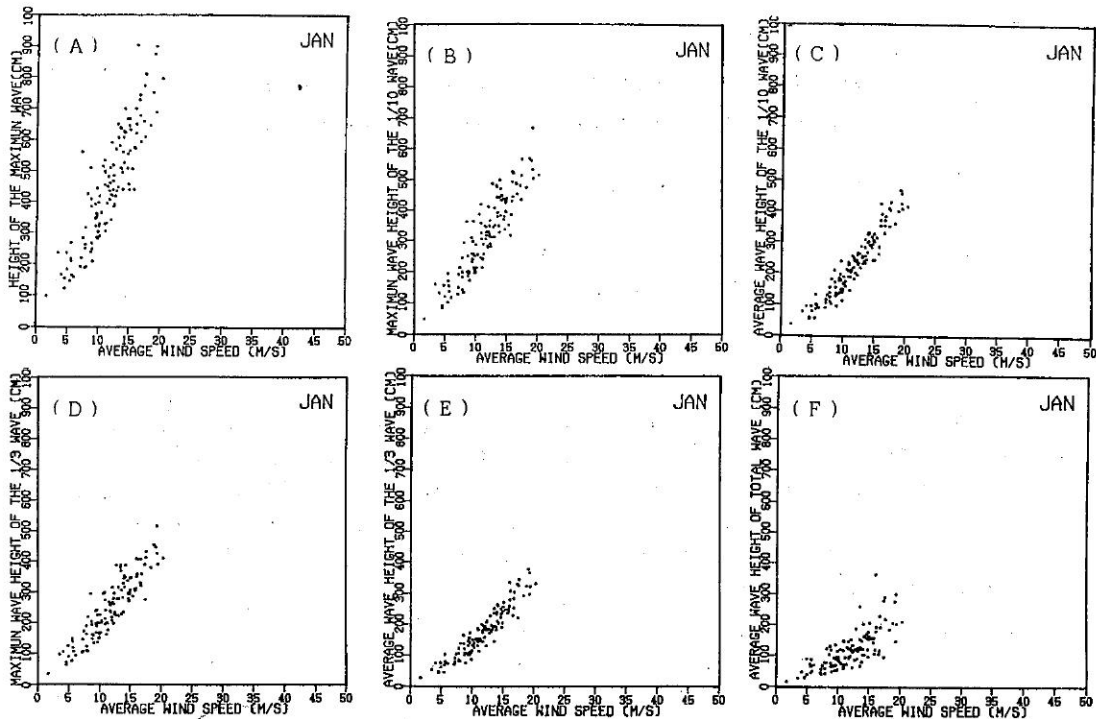


圖 3：1 月份各特徵波波高與平均風速的對應關係

(A)HMAX (B)H10M (C)H10A (D)H3MX (E)H3AV (F)HTOT

Figure 3 : Scatter diagrams of each significant wave height and average wind speed in January.

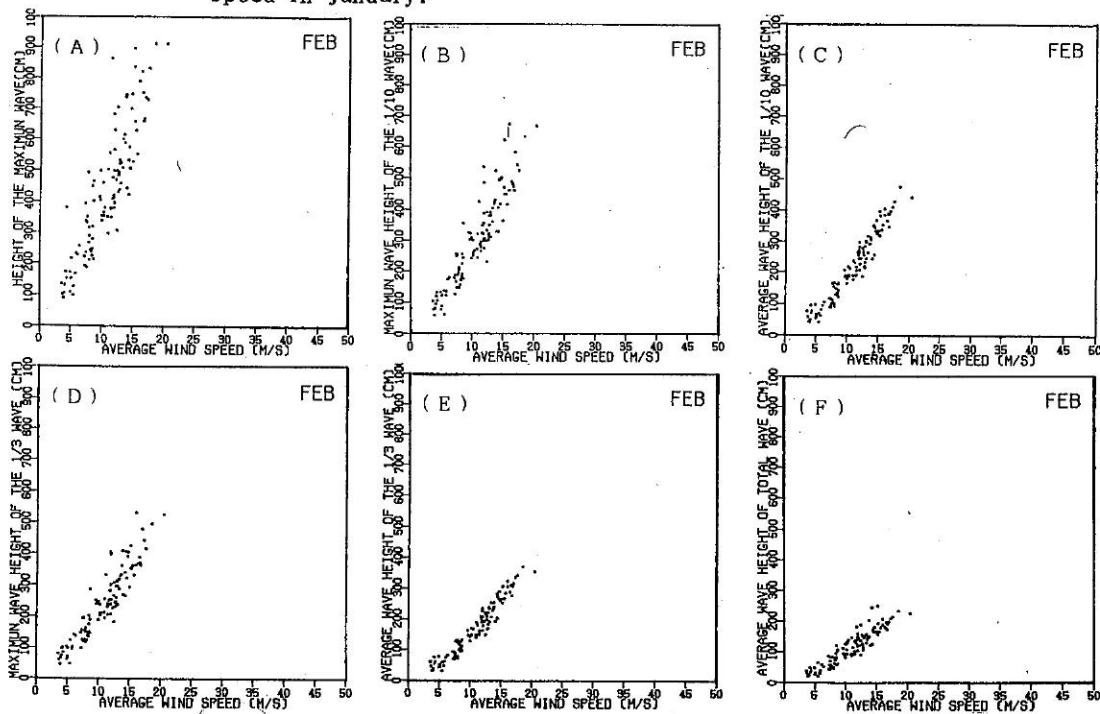


圖 4：2 月份各特徵波波高與平均風速的對應關係

(A)HMAX (B)H10M (C)H10A (D)H3MX (E)H3AV (F)HTOT

Figure 4 : Scatter diagrams of each significant wave height and average wind speed in February.

**STATISTICAL ANALYSIS OF WAVES AND WINDS
FROM REAL DATA OBSERVED AT TUNCHIDAO**

Yeu-Woo, Lin

R&D Center
Central Weather Bureau

ABSTRACT

Using statistics, this paper surveys the relationship between wave and meteorological data observed at Tunchidao during the winter season. The results show that the mean wind speed on the surface highly correlates with the significant wave height/period; furthermore, there is a series of simple regression equations for computing significant wave height from wind speed only, so that we can make the quantitative forecast of wave characteristics.

Key word: Multiple Regression Equation (MRE),
Polynomial Regression Equation (PRE)