

# 東北季風對臺灣海峽風浪之影響

陳金堂 張昭仁

海軍氣象中心

## 摘 要

每屆冬季半年（九月至翌年三月），台灣海峽海面狀況恒受東北季風影響，波濤洶湧。當大陸高壓系統南下，風力常達八級以上，海浪愈形狂猛，致使船隻航行困難，海上作業常受阻礙。

基於本軍氣象預報之需要，本文特依據 1972～1980 年間馬公測站風力超過八級之資料，以統計方法探討出台中港、東吉島與小琉球之浪高與馬公風力的相關性。而根據天氣圖，亦可導出馬公風力與基隆、上海、福州間氣壓梯度之迴歸方程式，以作為預測馬公風力之參考。

由於浪高與風力及風力與氣壓梯度成 $-$ 函數關係，故在氣象作業上，吾人將可獲得良好之風浪預報。

## 一、前 言

台灣四面環海，迅速精確的海浪預報，在氣象作業是非常重要的環，目前一些理論之海浪預報模式，如湯麟武法（湯，1971），FAM法（梁，1973），S.M.B.（Sverdrup, Munk 1949，Bretschneider 1952）等所做之模式，都需要繁雜的運算及花費長時間之電腦作業，並不適用於氣象作業上的實際要求。

為爭取海浪預報之時效，本文最主要研究，乃在於尋求一較簡單的預報經驗公式，以作為預報海峽風力與海浪之參考。

由於風浪最主要是受風力之影響，本文所作的海浪經驗公式，是以 61 年至 69 年之冬半年（9 月至 3 月），海軍馬公測站風速達八級期間之資料，首先求出馬公風速與台中港、小琉球、東吉島海浪之良好相關性為依據，得出一可靠的迴歸式，由所得之海浪迴歸式求預測台中港之海浪，相當準確，

且較一般沿用之理論數值分析模式迅速方便。在氣象方面，本文以馬公風速代表海峽風速。由於影響海峽風力因子複雜，現僅考慮地形與壓力差值兩項重要因子，並選取東北向，風力達 8m/sec 以上之風速與之作變變數迴歸，求出迴歸方程式以為海峽風力預測之參考。

最後由所求出之風力預測方程式預測海峽之風，並將預測之風速代入風浪預測方程式，以達到本文探討東北季風對海峽風浪之影響。

本文以馬公風速代表海峽風力，其理由如下：  
①馬公位於台灣海峽之中央，而本軍馬公風速測站之位置相當適宜，頗能代表海峽之風速，故以馬公風速求其相關性，其情形皆較其他測站為佳，由此亦可證明馬公測站之風速比其他測站更能代表海峽之風。  
②馬公之風速為 24 小時觀測，隨時可提供資料，故有利於預報作業。

## 二、資料分析與選擇

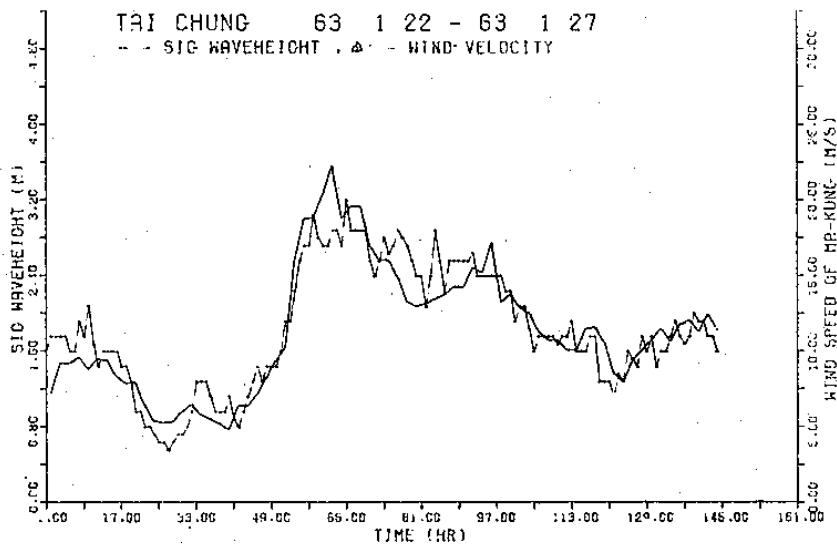
本文資料選定時間為 1972~1980 年，每屆冬半年（九月至翌年三月），當大陸分裂高壓系統南下，海軍馬公測站風力超過八級（17.2m/sec）時之前後兩天為起止，風力單位為每秒公尺（m/sec），浪高單位為公尺（m）\*。氣象部份以當時天氣圖上等壓線與基隆、上海聯線成東北方±22.5°範圍內，風速 8m/sec 以上與上海、基隆、福州三地壓力差值為討論對象，壓力差值以毫巴（mb）為單位。

由於本省冬半年大部份吹東北風，當風由本省北部吹進台灣海峽時，受海峽地形影響，使得風向更加穩定，在 N~NE 範圍內變化，因此本文海浪部分不考慮風向影響。

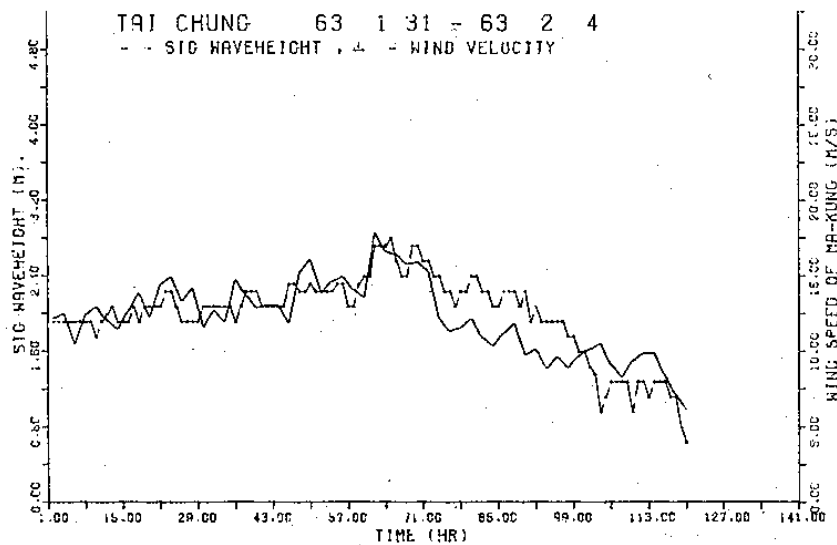
### 三、風浪分析結果

#### (1) 台中港

台中港之海浪資料最齊全，從 61 年~67 年，總共有 62 個寒潮個例，1 萬 2 千個資料。分析馬公風與台中港海浪之結果（如圖一），當寒潮爆發時，台中港之浪高隨馬公風速增強而增高，一直到 3.5 公尺以上，有時甚至可達 4.1 公尺，造成一極大值，其後風速雖然沒有下降，然浪高無法維持，通常會下降 0.5 公尺左右，反而本來很高之風速，無法造成極值的海浪（如圖二）。



圖一



圖二

\*註：蒙中央氣象局提供 66 年至 69 年小琉球海浪資料、東吉島 66 年 12 月風力及海浪資料與台中港務局提供 61 年至 67 年海浪資料。以每兩小時記錄一次，浪高取最大三分之一平均波高  $H_{\frac{1}{3}}$  (Significant Wave height)。

分析台中港浪高 ( $H_{\frac{1}{3}}$ ) 與馬公風速  $V^{0.5}$ 、 $V^{1.0}$ 、 $V^{1.5}$ 、 $V^{2.0}$  之相關係數 (RL)，其結果如表一：

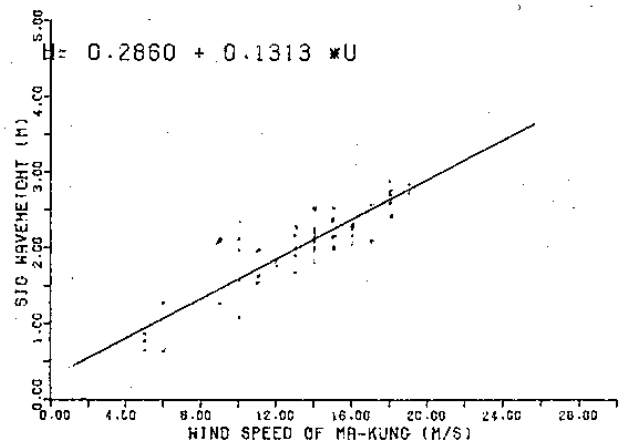
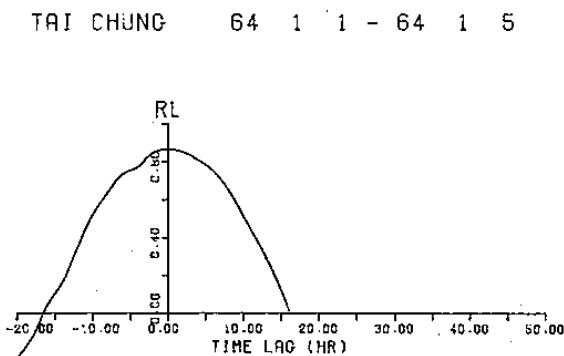
相關係數 (RL <sub>max</sub> ) 日期	$V^{0.5}$	$V^{1.0}$	$V^{1.5}$	$V^{2.0}$
61年 1月 1日至 61年 1月 8日	0.8230	0.8215	0.8144	0.8066
61年 1月 24日至 61年 1月 28日	0.9114	0.9343	0.9172	0.8952
61年 2月 18日至 61年 3月 2日	0.8498	0.8649	0.8707	0.8695
61年 3月 28日至 61年 4月 3日	0.9290	0.9384	0.9187	0.8928
61年 4月 7日至 61年 4月 11日	0.8720	0.8920	0.9045	0.9042
61年 11月 5日至 61年 11月 16日	0.8980	0.9121	0.9153	0.9104
61年 11月 16日至 61年 11月 23日	0.8892	0.8940	0.8901	0.8800
61年 11月 29日至 61年 12月 3日	0.8378	0.8340	0.8272	0.8149
61年 12月 6日至 61年 12月 21日	0.8086	0.8280	0.8249	0.8108
61年 12月 27日至 61年 12月 31日	0.8866	0.9129	0.9197	0.9201
平均	0.8724	0.8832	0.8803	0.8704

由表一，可以看出台中港浪高與馬公風速  $V^{1.0}$  相關性最好，此亦可以說明台中港之波浪為不成熟波浪。

台中港之浪高非常符合於馬公之風速，其相關

係數  $RL_{MAX}$  均在 0.8 以上，延遲 (Lag) 在 -2 ~ +2 小時之間，大部份以延遲為零小時出現最大相關性 (圖三之 FIG 1)。

由圖三之 FIG 2 顯示出 台中港浪高與馬公風



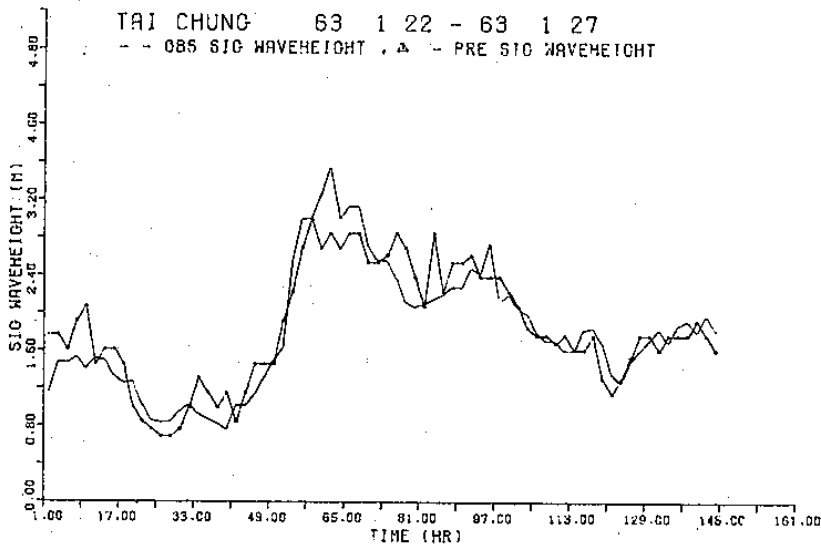
圖三

速成線性關係，吾人將 61~67 年全部資料求出 9 月~3 月迴歸線如下：

一月分：	$H = 0.083 + 0.1579 * U$	$RL_{max} = 0.821$	，	$Lag = 0$
二月分：	$H = 0.1346 + 0.1620 * U$	$RL_{max} = 0.816$	，	$Lag = 0$
三月分：	$H = 0.0981 + 0.1494 * U$	$RL_{max} = 0.915$	，	$Lag = 0$
九月分：	$H = -0.0996 + 0.1599 * U$	$RL_{max} = 0.929$	，	$Lag = 0$
十月分：	$H = 0.1359 + 0.1447 * U$	$RL_{max} = 0.826$	，	$Lag = 0$
十一月分：	$H = -0.0829 + 0.1552 * U$	$RL_{max} = 0.843$	，	$Lag = 0$
十二月分：	$H = 0.3671 + 0.1292 * U$	$RL_{max} = 0.810$	，	$Lag = 0$

H 為台中港浪高，U 為馬公風速。

以此結果，代入保留資料作校驗（圖四），結果與實測資料很符合。



圖四

(2) 東吉島

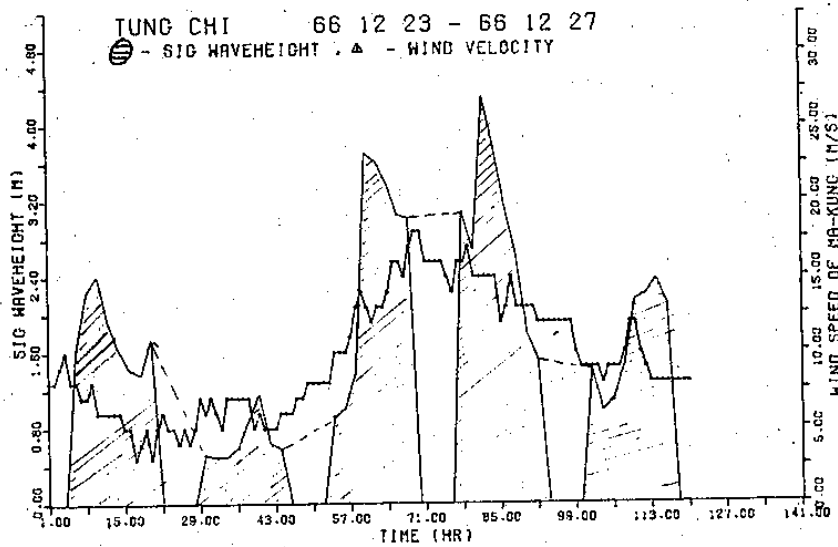
東吉島的資料，其測站位於北緯 23 度 16 分，東經 119 度 41 分遠離東吉島之海上，並不受地形之影響，頗能代表海峽當地的海面現象，分析東吉島本身之浪高，風速的相關係數  $RL_{max}$  為 0.8432

之高，此亦能證明馬公風速具有代表性。

(一) 東吉島浪高與馬公風速相關性及迴歸線：

東吉島資料寒潮段只有兩組如（圖五），其浪高可達 4~5 公尺。本文首先做出東吉島浪高與馬公風速之  $V^{0.5}$ ， $V^{1.0}$ ， $V^{1.5}$ ， $V^{2.0}$  之關性如表：

日期	風速	$V^{0.5}$	$V^{1.0}$	$V^{1.5}$	$V^{2.0}$
	$RL_{max}$ 值				
66 年 11 月 30 日至 66 年 12 月 5 日		0.8953	0.8960	0.891	0.883
66 年 12 月 23 日至 66 年 12 月 27 日		0.785	0.7903	0.7913	0.7889
平均		0.8402	0.8432	0.8411	0.8355



圖五

得出結果以  $V^{1.0}$  相關性最大，可知東吉島之海浪亦非成熟波浪，由圖六 FIG 2 可以看出浪高與風速成線性關係，做出線性迴歸如下：

$$H = -0.9847 + 0.2476 * U$$

$$RL_{MAX} = 0.8432, \text{Lag} = 0$$

H 為浪高 U 為馬公風速

(二) 東吉島與台中港海浪之關係：

東吉島頗能代表海峽南部之海浪，由於實測資料太少，吾人更進一步的求出東吉島與台中港海浪

之關係（如圖七）。

$$RL_{MAX} = 0.841, \text{Lag} = 0$$

$$H_1 = -1.6033 + 1.8280 * H_2$$

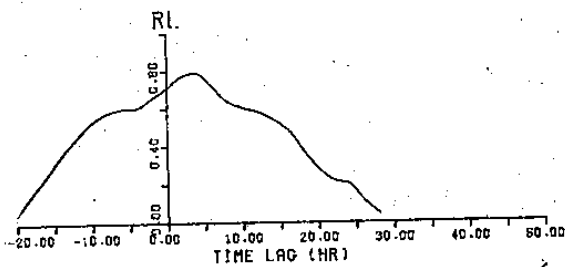
$H_1$  為東吉島浪高

$H_2$  為台中港浪高

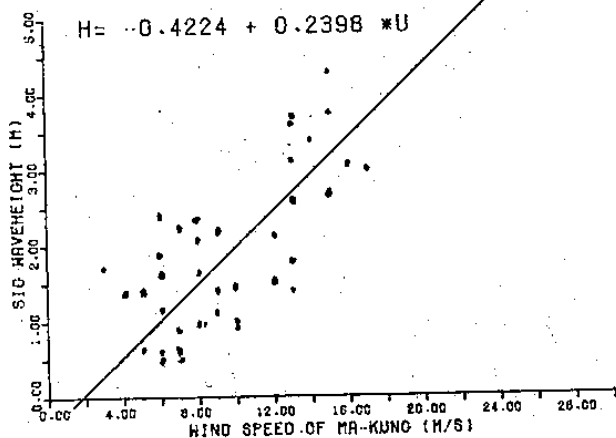
東吉島與台中港浪高之相關性頗高，如果東吉島之浪高能代表海峽南部之海浪，只要有台中港之浪高便可直接估計東吉島之浪高。

TUNG CHI HSU 66 12 23 - 66 12 27

TAI CHUNG 66 11 30 - 66 12 5

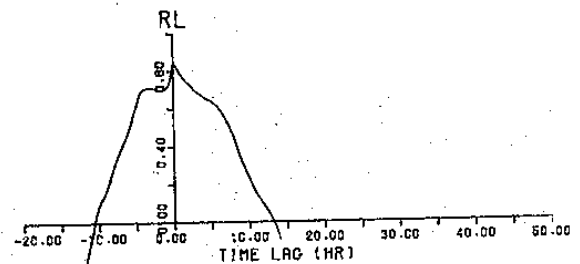


FIG(1)

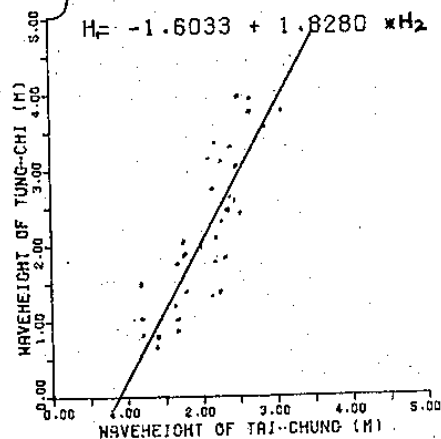


FIG(2)

圖六

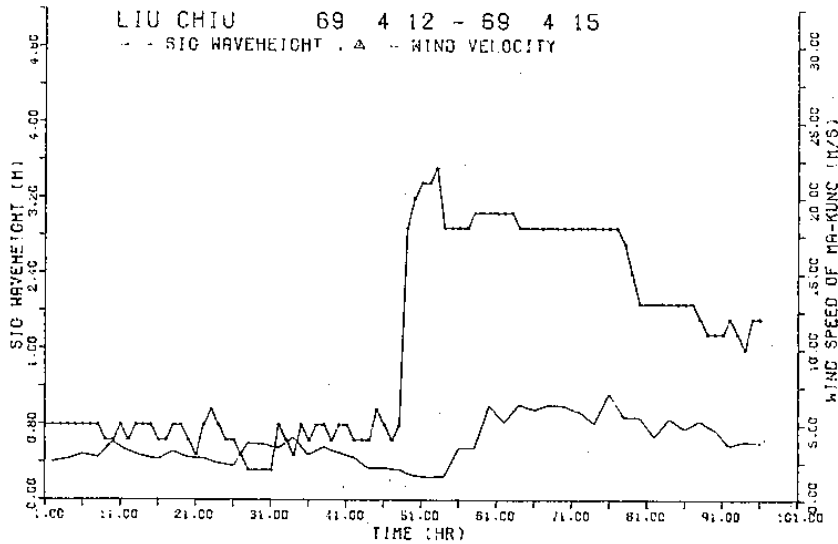


FIG(1)



FIG(2)

圖七



圖八

(3)小琉球之測站位在小琉球的南端，對東北季風而言，小琉球嶼產生了遮蔽作用，致使浪能無法傳遞，海浪非常小，皆在 1.5 公尺以下，如(圖八)

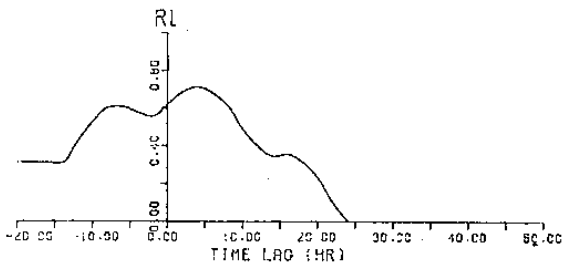
【相關分析】

小琉球浪高與本軍馬公測站之風速亦可得相當好的相關性(圖九)，相關係數皆在 0.5 以上，有

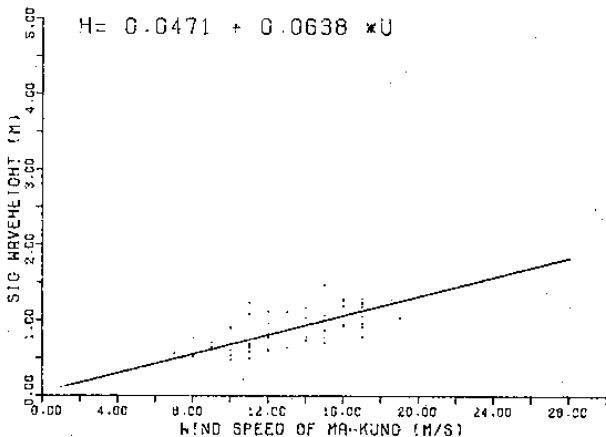
時尚可達 0.8，其延遲約於 6 小時~ 10 小時，據徐明同(徐，1978)分析 66 年小琉球之波高與馬祖、彭佳嶼風速間相關係數最好，約於 0.3~ 0.5 之間，本文所得之結果，馬公之風速與馬祖、彭佳嶼更能符合小琉球之波浪。

小琉球海浪並無代表性，且其浪高甚低，作線性迴歸並無意義，本文只作分析參考用。

LIU CHIU 66 10 9 - 66 10 13



FIG(1)

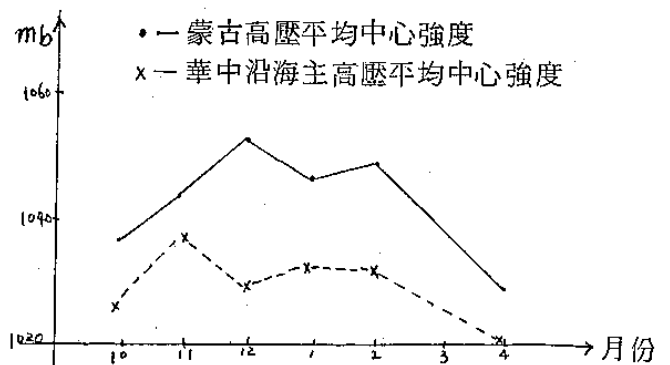


FIG(2)

圖九

四、氣象分析

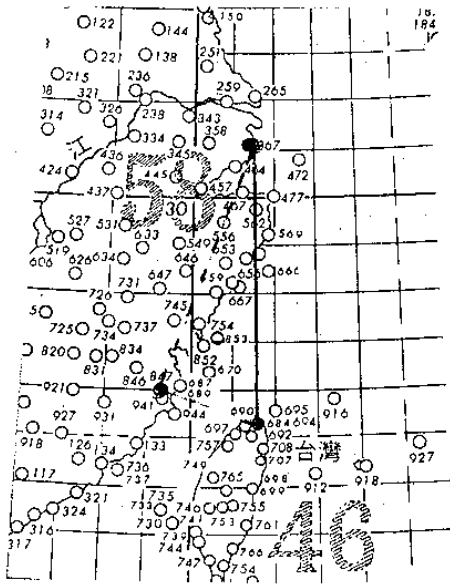
(1)冬季，蒙古高壓南下、分裂，中心強度隨著月份不同而有所不同，平均中心強度，從十月份 1036 mb 開始逐漸加強，到十二月份，增至 1053 mb，再慢慢緩和減弱到四月份 1030 mb，其中二月份的高壓中心有上升的趨勢。(參閱圖十)。南下的路徑大致上亦可分為兩支，一支橫貫中國大陸，直衝而下，到華中、華北，控制台灣天氣



圖十 冬季蒙古高壓及華中沿海主高壓中心平均強度，各月份變化一覽表

，支配台灣海峽海面的風力強度，由東海或黃海出海，沿日本列島與另一支結合東去。另一支受極地高壓影響，由海參威出海，經日本東去。

(2)決定台灣海峽風力的兩個重要因子：壓力梯度與地形因子。本文首先將61~69年海峽起八級風的前後兩天馬公風速，及對應之福州、基隆、上海三地(圖十一)間壓力差值分為二組，第一組討論海峽風與壓力差值，地形因子之關係，並求出風與壓力差值、地形因子變數迴歸方程；第二組資料則用於最後校驗經由迴歸方程式預測值與實測值間誤差。



圖十一

【討論如下】：

①地形因子：圖十一是基隆、福州、上海位置關係圖，將台灣海峽考慮為一流體的力管，設流過上海、基隆聯線的風速  $V_1$ ，上海、基隆壓力差值  $\Delta P_1$ ，流過基隆、福州的風速  $V_2$ ，福州、基隆的壓力差值  $\Delta P_2$ ，利用伯努力方程式：

$$\frac{V_1^2}{2} + \frac{\Delta P_1}{9} = \frac{V_2^2}{2} + \frac{\Delta P_2}{9}$$

則 
$$V_2^2 = V_1^2 + \frac{2}{9}(\Delta P_1 - \Delta P_2)$$

但是流入基隆、上海間的風，並不一定完全從基隆、福州間流出且風速並不均勻、穩定，故將結果修正為  $V_2 \propto V_1$ ， $V_2 \propto (\Delta P_1 - \Delta P_2)$ ，由於  $(\Delta P_1$

$-\Delta P_2)$  含有地形因子效應，故  $V_2 \propto (\Delta P_1 - \Delta P_2)$  已將地形因子之影響慮及。

②壓力差值：壓力梯度是決定風力的重要因子，為了顧及作業單位的便捷，本文以壓力差值取代壓力梯度來討論，由天氣圖上等壓線走向一定時，兩地間等壓線疏則風弱，密則風強，可知  $V \propto \Delta P$ 。由於天氣圖的解析情形，我們選取上海、基隆壓力差值做為討論的  $\Delta P$ ，由①②可知  $V_2 \propto V_1$ ， $V_2 \propto (\Delta P_1 - \Delta P_2)$ ， $V_1 \propto \Delta P_1$ ，得出以下方程：  
 $u$  (台灣海峽風力) =  $a \times$  (基隆、上海間壓力差值) +  $b \times$  (福州、基隆壓力差值) +  $c$ 。

$a$ 、 $b$ 、 $c$  均為係數。

將第一組資料代入算出之迴歸方程如下：

- 一月  $U = x - 0.2y + 6.6$  MR = 0.51
- 二月  $U = 0.97x + 0.31y + 6$  MR = 0.581
- 三月  $U = 0.55x + 0.3y + 7.2$  MR = 0.41
- 四月  $U = 0.7x + 0.17y + 8.3$  MR = 0.406
- 十月  $U = 1.25x - 0.86y + 8.7$  MR = 0.58
- 十一月  $U = 1.16x - 0.49y + 8.2$  MR = 0.568
- 十二月  $U = 0.97x + 0.11y + 6.8$  MR = 0.589

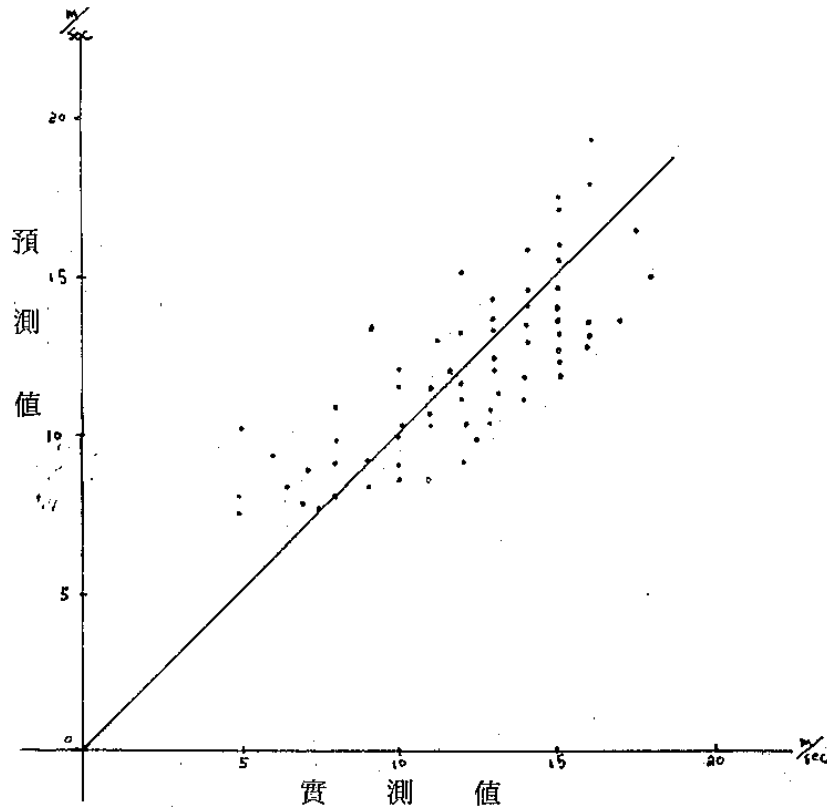
MR 為複合相關係數 (Multiple correlation)。

$x$ ：基隆、上海間壓力差值。

$y$ ：基隆、福州壓力差值。

$U$ ：台灣海峽風速。

(3)將第二組資料經由迴歸方程式校驗預測值與實測間之結果如圖十二。



圖十二

## 五、結 論

根據以上風力、風浪之研究，可得以下幾點結論：

(1) 本軍馬公測站風速，可以做為海峽風速之代表，一般而言，風浪決定於廣大風域，研究海浪與風速的關係，必須相對應風速不受地理位置之影響，才能得到良好的風浪關係，本軍馬公測站與台中港、東吉島之浪高皆得出相當好的相關性，可以證明本軍馬公測站的價值。

(2) 馬公風速與上海、基隆壓力差值所得出之迴歸方程式，來預測馬公風速，情形不錯（如圖十二），可提供當時天氣圖上等壓線與上海、基隆聯線為東北方向 $\pm 22.5^\circ$ 範圍內，風速達 $8\text{m}/\text{sec}$ 以上海峽風力預測之參考。

(3) 由海浪簡單迴歸經驗式，求得台中港的海浪，結果符合於實測資料，其誤差（Theil 不等係數）為 $14.2\% \sim 23\%$ ，殘缺數（Residual） $0.22 \sim 0.56$ 公尺，且簡單方程式，提供迅速、準確的海浪預報，符合實作單位需要。

(4) 由風力迴歸經驗式所得之海峽風力，代入海浪迴歸方程中，求的海浪值結果如圖十三，很明顯的比 S. M. B. 法為佳。

(5) 由 66 年 12 月所得馬公風速與東吉島海浪之相關性極高，在 0.8 以上，因此，如果我們有更多之海峽風浪資料，將可導出準確之海峽海浪預報經驗式。

## 六、致 謝

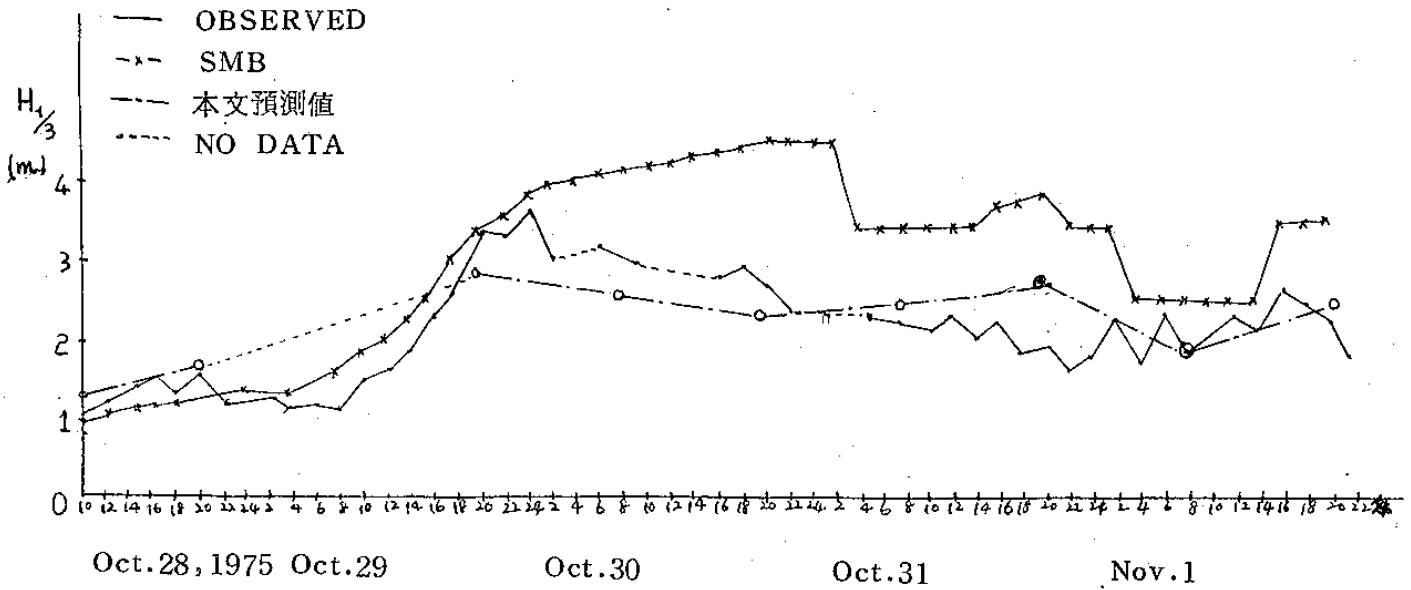
本文承蒙湯麟武教授、梁乃匡教授及張隆男教授，熱心指導與建議；中央氣象局、台中港務局等單位提供海浪資料；海軍氣象中心諸同仁協助搜集資料、繕寫及提供寶貴意見，本文作者在此致最深忱的謝意。

## 參考文獻

- 1 徐明同、劉玉龍：琉球嶼海面波高預測之研究，國立臺灣大與海洋研究所研究報告第八期，民國 67 年 12 月。
- 2 梁乃匡：波浪資料處理與推算模式研究報告書，



## Significant Wave Height at Taichung Harbour



圖十三

國立臺灣大學理學院海洋研究所，民國 67 年 3 月。

3. 湯麟武：海岸工程規劃設計，農復會特刊二號，國 60 年 11 月。

4. Bretschneider C.L. (1952): "The generation and decay of wind waves in deep water" Tran. Amer. Geophysics. Union Vol 33. No. 3. °

5. Liang, N.K., Elementary Wave Model

and the Definiton of "Fetch Area" in Wave Prediction, ACTA OCEANOGRAPHICA TAIWANICA, Science Reports of the National Taiwan University, No. 3, P. 87~96 °

6. Sverdrup Munk (1949): Wind, sea and swell, Theory of relations for forecasting, H.O. pnb. 601. U.S. Navy.

# The Effect of Northeastern Monsoon on the Wind Waves in Taiwan Strait

K. T. Chen C. Z. Chang

Weather Central CNF

## ABSTRACT

In the winter half of each year ( September to march ), the waves in Taiwan Strait are always affected by the northeasterh monsoon, that are furious. When the continental high pressure systems move down southward. the wind force is often higher than Beaufort scale eight. The waves then are evenmore violent ; resulted in that ships are very difficult to sail, and the operations on the sea are often retarded.

For the need of military operations, we have done this study. Employing statistical methods, we have studied the relationship between the waves and the wind force of Taichung harbor, Tung-chi hsu and Liu-chu hsu. In the cases when the average wind force is above Beaufort scale eight in Ma-Kung from 1972 to 1980. Furthermore, the wind wave depends on wind force, and the wind force in Taiwan strait is primarily influenced by pressure gradient and the topography ( channel effect ). This paper discuss these effects through multiple linear regression using the pressure difference between Keelung, Sanhai, Futso as well as the topography as the forecast factors in the regression equation.

From these study, We get a good forecast of wind wave in Northeasterh Monsoon.