

鋒面過境鼻頭角海域風浪成長之分析(一)

李 汴 軍 陳 富 裕

中央氣象局

摘 要

本文主要探討冬季在鋒面過境之際，波浪成長情形。從69年到70年之冬半年15個個案中，可看出波浪場一般均比風場落後，而達到第一次最大波高平均需時約10小時，此時最大波高值與相對應最大平均風過，其相關為0.7。

一、引 言

根據Phillips (1957)與Miles (1957)波浪成長理論知道，在平穩狀態下波浪之成長先由共振學說，提供平靜海面之初期成長，然後波浪依指數型成長，然而鋒面過境時為一不平穩狀態，可想而知，波浪之成長異於常態。

李氏(1981)指出鋒面過境波浪之成長，數值模式無法處理因鋒面過境前整個氣流場非常均勻，而當過境時迅速變為亂流場，又由於鋒面前緣有一強勁之颱風線使得波浪場變得不穩定，欲要解決鋒面過境之波浪狀況，必需要從鋒面結構着手。

從觀測資料(民國69年11月到70年3月)顯示鋒面過境之波浪成長曲線可分為二個階段，一為成長狀態，一為平衡狀態，而後者可由一般波浪方法來推算，故本文針對前者藉實測資料(共有15個個案)來探討其統計特性，發現鋒面過境後第一次最大波高與相對應平均風速有很好統計關係。

二、風浪成長理論簡介

當風吹拂海面時立即發生風浪，初生的風浪尖銳度($\delta = \frac{H}{L}$; H:波高, L:波長)甚大，非常不穩定，大部份能量都由於碎波作用而耗損掉，然後再從風力獲得補充。隨著吹風時間(duration)增加，上風處傳來的能量逐漸增多，故波高週期也就慢慢加大以迄成熟(fully arisen)一或稱完全發展。對某一 σ 頻率之成份波而言，其能譜之成

長(圖一)所示。

圖一顯示 $t < a$ 時為線性成長， $a < t < b$ 則為指數型成長 $t > b$ 後便趨於平衡。根據實地觀測，漸近平衡有兩種方式；一種為實線所示之 \tanh 函數型之方式，另一種則為虛線所示，以衰減振盪方式(有overshoot與undershoot)達成平衡。這種能量振盪可能是由於非線性之干涉作用，也可能是由於碎波作用，迄今尚未定論。

三、資料分析

(一)個案之選取

鼻頭角測波站於民國六十九年十月正式起用，故鋒面過境個案之選取從十一月到翌年三月份止(表一)，期間由於波浪資料之斷缺，所以僅有十五個較為明顯鋒面之例子來分析。

表一 鋒面過境日期

個案	日 期	個案	日 期
1	69.11.12-69.11.13	9	70.1.24-70.1.25
2	69.12.2-69.12.3	10	70.2.2-70.2.3
3	69.12.11-69.12.12	11	70.2.16-70.2.17
4	69.12.25-69.12.26	12	70.3.1-70.3.2
5	70.1.1-70.1.2	13	70.3.6-70.3.7
6	70.1.9-70.1.10	14	70.3.8-70.3.9
7	70.1.15-70.1.16	15	70.3.14-70.3.15
8	70.1.21-70.1.22		

(二)風浪資料分析

由於鼻頭角測波站沒有氣象觀測站，不過從地理位置圖顯示(圖二)，可用彭佳嶼測站之風來代表整

個北部海域之風場值，茲將全部個案風浪成長曲線（圖三），從這些個案中可看出一些特徵：

(1)鋒面過境後，彭佳嶼測站風速成長過程有：一為當鋒前近似無風時，其成長迅速到達最大值，然後減小然後再出現高峯，一為若海面有3至4級之風速時其鋒面過境僅為加強梯度而已。

(2)波浪之成長，有成長迅速與成長平緩二種情形。

(3)一般而言，鋒面過境後，風起浪亦起，通常風先達到最大值，然後浪才達到最大值，在全部個案中僅個案7，浪高比風或同時到達最大值。

(4)真正波高成長，必需從週期變化來看，若鋒面來臨時從風域觀點來看整個海面應為短週期，然後長週期來臨此點吾人能想像得知，但若海面為長週期時，此時海面有少許波浪，然後變為短週期波高才成長，此點李氏（1981）已指出。

綜合以上，可將成長過程中有關參數如表二

表二 風浪成長參數統計表

個案	第一次達到最大值			鋒面過境後	
	平均風速(KTS)	波高(米)	延時(浪落後)	浪起延時(時)	最大波高需時(時)
1	29	3.7	6	0	12
2	23	2.6	7	0	8
3	29	3.7	0	2	10
4	24	3.2	4	6	8
5	28	3.8	4	2	8
6	30	3.8	11	0	12
7	28	3.6	-1	2	6
8	24	3.2	8	4	10
9	25	3.4	9	4	10
10	30	3.2	6	2	10
11	26	3.0	0	2	4
12	21	3.3	8	2	12
13	26	3.0	0	2	8
14	22	2.4	7	0	14
15	24	3.2	4	2	10

從表二中我們可看出：

1 鋒面過境後，起浪時間以落後二小時為最多，此可說明波浪鋒面與冷鋒伴隨而至，但波浪要達到第一次最大波高平均需時約10小時。

2 從第一次達到最大值延時可知道有三種情形，即

$$\bar{U}_{max} - kH_{\frac{1}{3}max} \cong 0 \dots\dots\dots(1)$$

式中 \bar{U}_{max} 表示第一次達到最大值之彭佳嶼風速

$H_{\frac{1}{3}max}$ 為相對應之波高值，此公式之導出可參閱李（1976）。

3 表二中平均風速與波高之間有很好之相關其值為0.70，而其線性回歸（圖四）為

$$H_{\frac{1}{3}}(m) = 0.74 + 0.097 \bar{U}(KTS) \dots\dots(2)$$

此時最大波高可用（參閱湯1980）

$$H_{max} = 1.85 H_{\frac{1}{3}}$$

四、結 論

1 從圖三每個個案中可看出，在鋒面過境時短週期之波浪先成長，而且成長率甚為陡峭，達到第一次最大波高需時平均 10 小時。

2 鋒面過境後起浪時間，若以預報時間間距而言可說風浪同時成長。

3 當鋒面來臨時，我們只要知道平均風速，則可依式(2)來預測指示波高，以後則按波浪預報法(附錄)來推算，而最大波高可依 $H_{max} = 1.85 H_{\frac{1}{3}}$ 來計算。

4 若要實際了解波浪成長情形應該從頻譜分析着手並有待進一步研究。

五、誌 謝

本文之完成獲中央氣象局(71)研究發展專題編號 075 之資助，特致誠摯之謝意。

參 考 文 獻

- 湯麟武：1980：波群中高波連續出現問題之研究，台大海洋研究所講義。
- 李汴軍：1979：冬季鋒面過境型台中港波浪成長之研究，大氣科學 6 卷 1 期 1—6。
- 李汴軍：1981：風浪數值預報模式，國立台灣大學海洋研究所碩士論文。
- 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.

附錄：S.M.B. 深海波預報法

風吹海面形成之風浪可用指示波高表示之，影響指示波高 $H_{\frac{1}{3}}$ 及週期 $T_{\frac{1}{3}}$ 因素①風速 U ，②吹風區域 F ，及③吹風歷時，如以無因次式表示則

$$\frac{gH_{\frac{1}{3}}}{U^2} = F_1 \left(\frac{gF}{U^2}, \frac{gt}{U} \right)$$

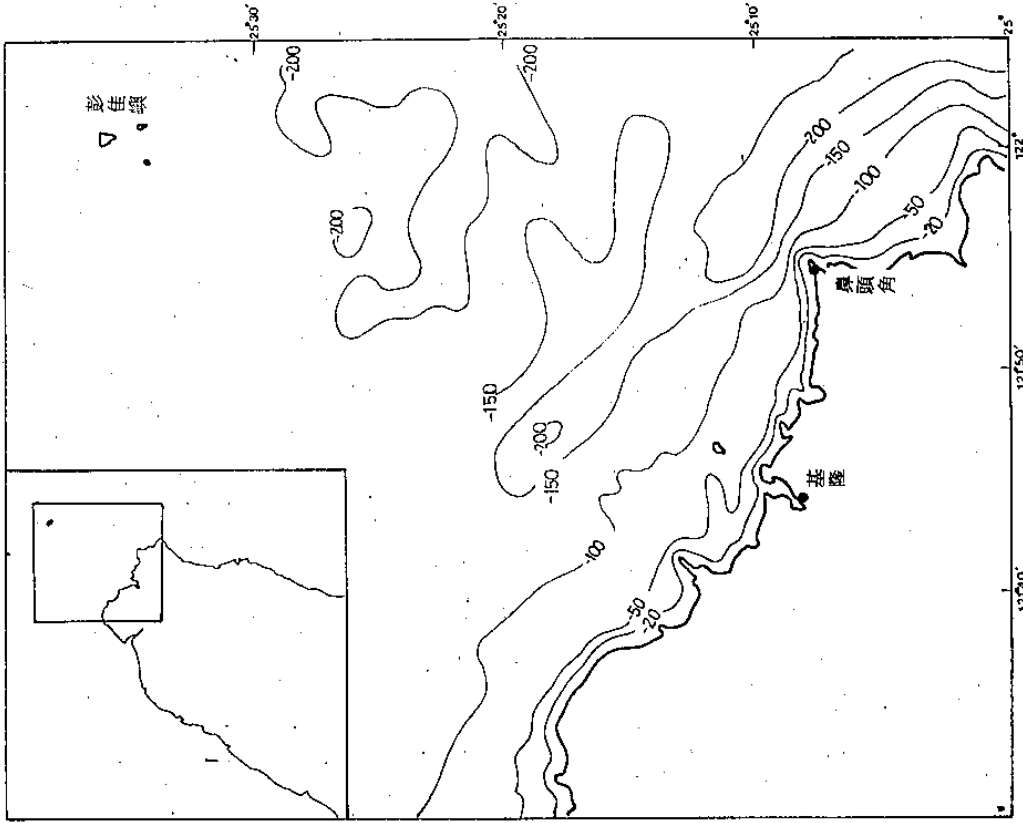
$$\frac{gT_{\frac{1}{3}}}{2\pi U} = \frac{C}{U} = F_2 \left(\frac{gF}{U^2}, \frac{gt}{U} \right)$$

Sverdrup-Munk 由其理論推演及實地觀測之波浪所作之預報圖後經 Bretschneider 再補充許多實測資料稍加修正做成圖(五)之預報曲線用於預報深海風浪，稱為 S-M-B (Sverdrup-Munk-Bretschneider) 方法或稱指示波法。

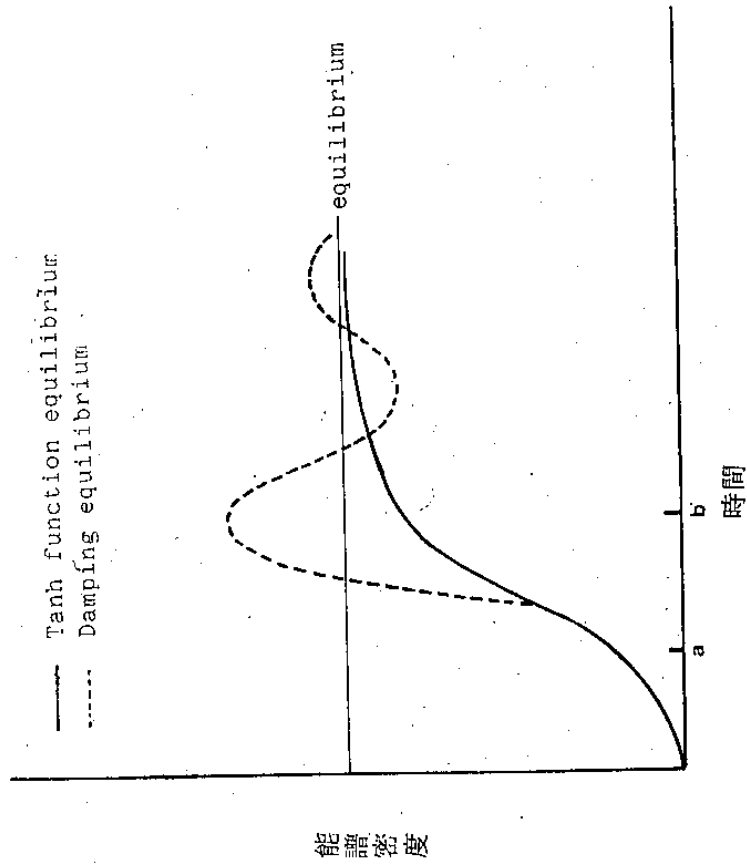
對任一預報地點而言，鋒面前後可視為二種不同吹風區域，雖然可用湧浪方法來推算，但稍嫌複雜，故本文結果可輔助此點其預報程序如下：

- 1 先要知道，鋒面過境後，預報地點風之預報。
- 2 由預報風速，利用式(2)或圖四，知道相對應之波高。

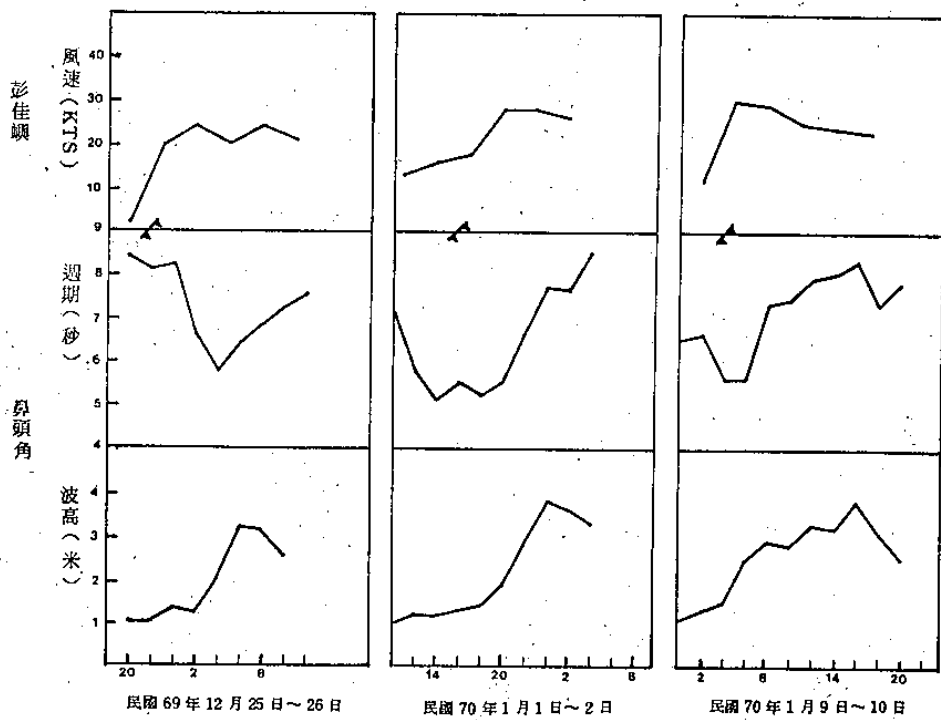
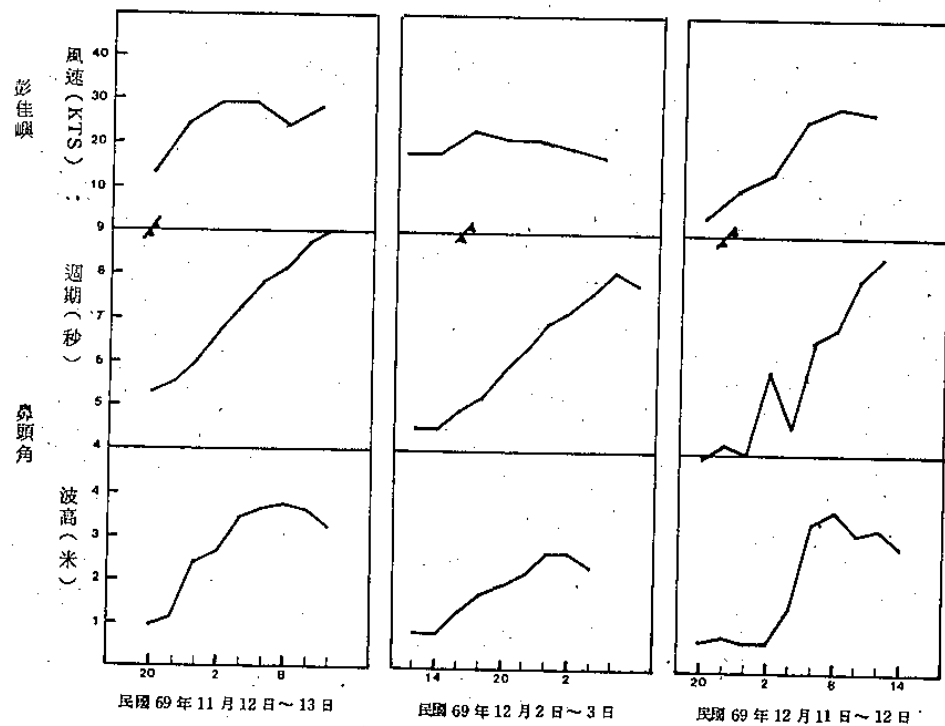
3 由 1 及 2 得到一組參數 (U, H) 在圖(五)中找到其交點，此時可以知道，週期，吹風歷時，作為預報起始點，假設風速不變，我們要預報多少時間，即將 (U, H) 點所對應吹風歷時加上預報時間為新之吹風歷時，沿 U 軸平移即可找到預報時間之波高，週期。若風速改變，應將 (U, H) 沿等能量線(左上右下之點線)平行到與改變後之風速 U' 之水平線相交，由此點算出等價之有效歷時(或風域)。等能量曲線上能量相等，即 $H_{\frac{1}{3}}^2 T_{\frac{1}{3}}^2 = \text{const}$ 之曲線由等值之歷時加上改變風速後之歷時，就可預報波高，週期。



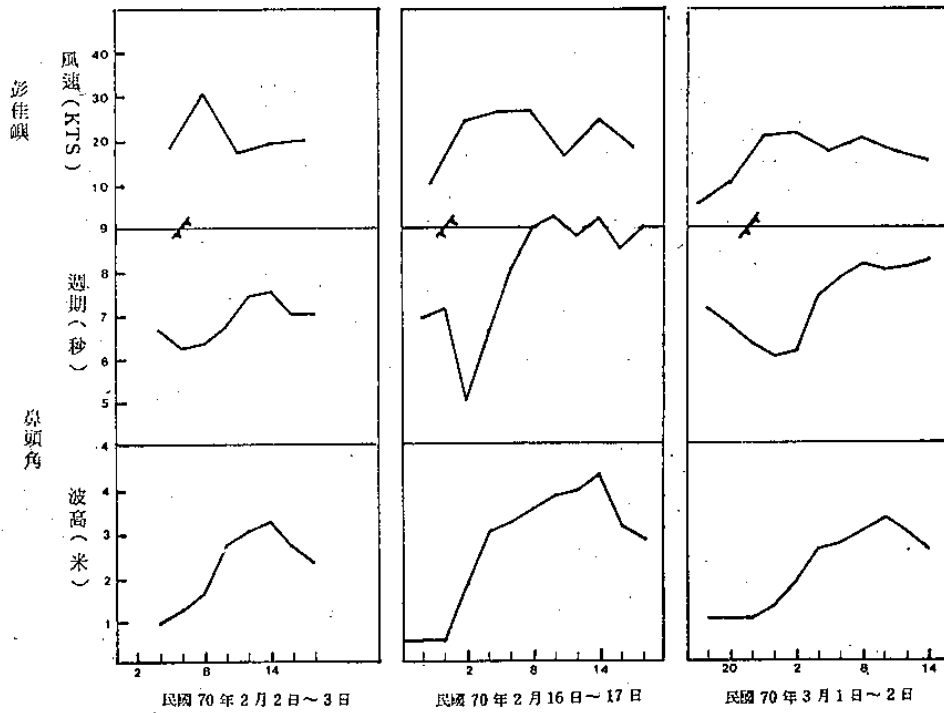
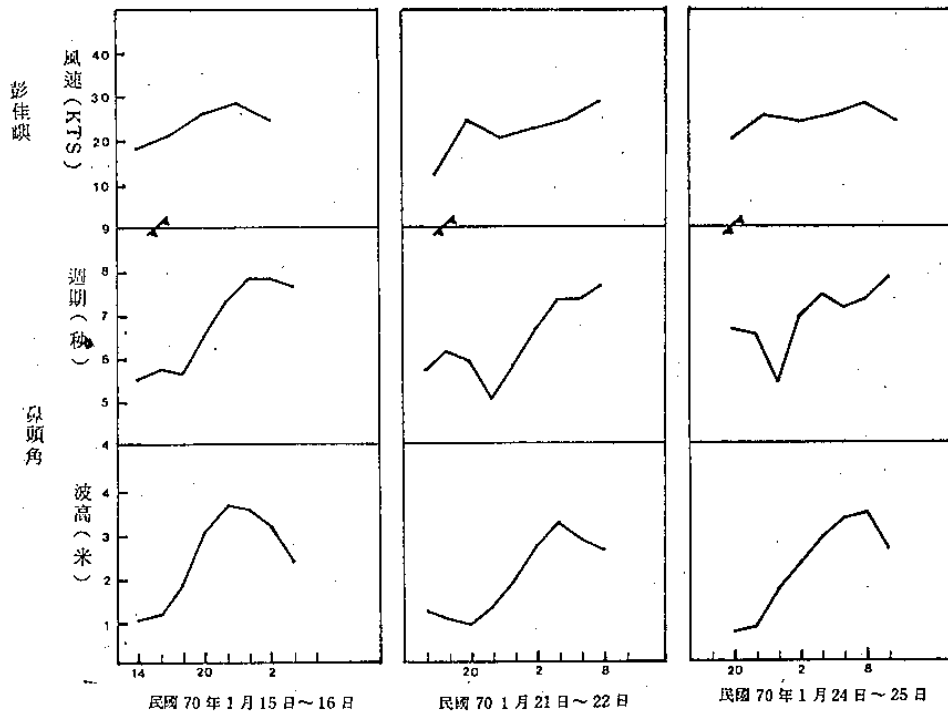
圖二 測波站位置圖



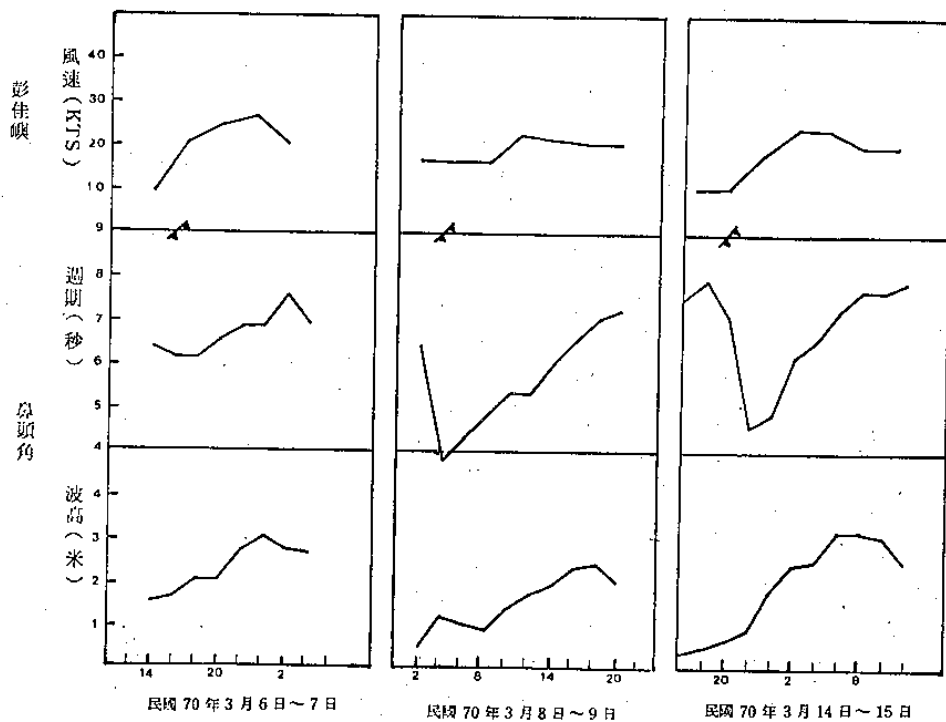
圖一 某成份波之成長曲線圖



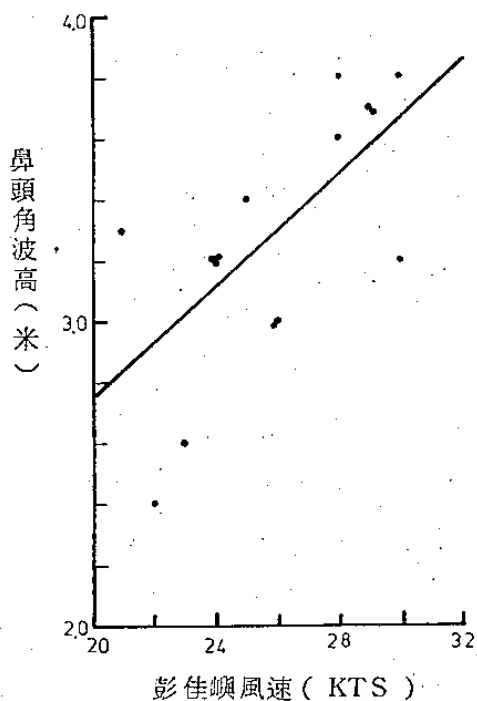
圖三 鋒面過境風浪觀測資料



圖三 鋒面過境風浪觀測資料(續)



圖三 鋒面過境風浪觀測資料(續)



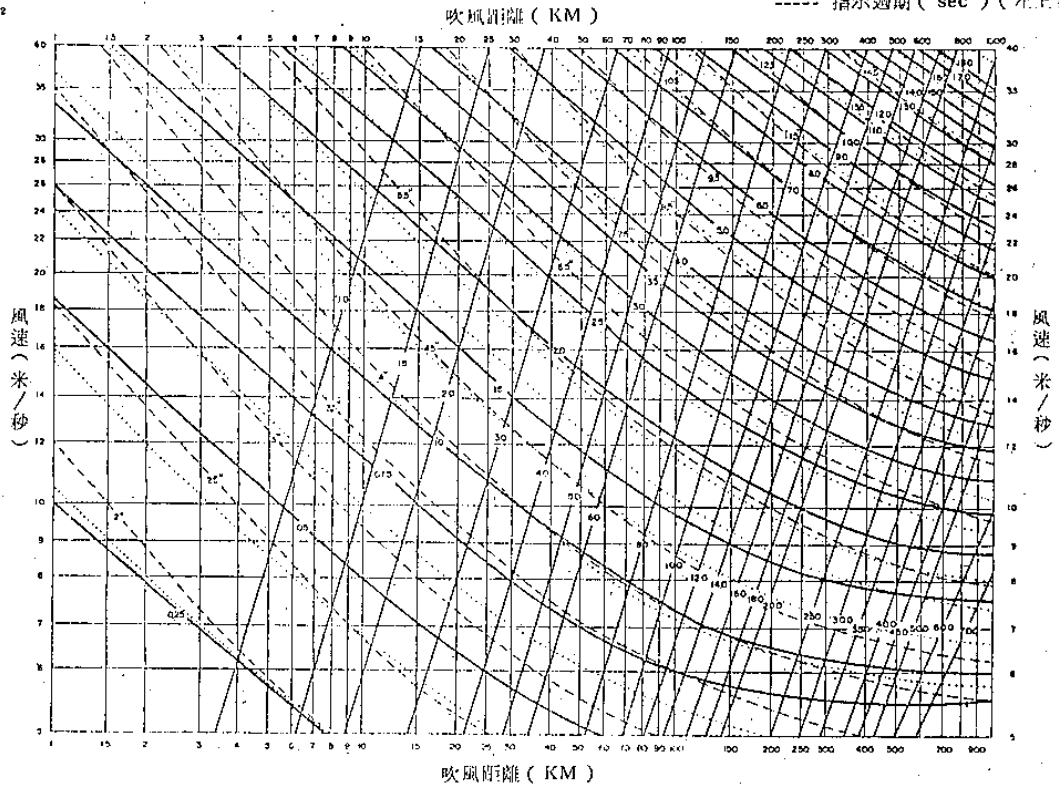
圖四 風速與波高之關係

— 最小延時 (hr) (右土左下)

..... H^2T^2

—— 指示波高 (M) (左上右下)

----- 指示週期 (sec) (左上右下)



圖五 S.M.B 深水波推算圖表 (1970 年 C.L. BRETSCHNEIDER 修正)

An Analysis of The Growth of Wind Waves Around Pitouchiao Waters during Frontal Passage

Beng-Chun Lee Fu-Yu Chen

Central Weather Bureau R.O.C.

Abstract

This paper is mainly to study the growth of wind waves in case of cold front passage during the winter seasons. By taking analyzing the 15 cases observed from 1980 to 1981, we find that the wind field is, generally, faster than the wave field. It seems to need 10 hours to reach its first maximum height of waves. Finally, the correlation between the velocity and the wind waves is found to be 0.7.

