

兩個颱風波浪推算模式與衛星資料的比較

林文宗¹ 梁乃匡¹ 黃華興²

海洋研究所¹ 海象測報中心²

國立台灣大學¹ 中央氣象局²

摘要

根據 Jeffreys 遮蔽效應，推導出湧浪逆風減衰效應半經驗式，梁乃匡湧浪模式加入逆風減衰效應後，已有所改良。以改良後的湧浪模式配合 Bretschneider 颱風波浪模式(即 Bret-Liang typhoon wave model)，以及第三代波譜模式(WAM model)兩種模式分別計算颱風浪場，並與民國 82 至 85 年間 5 個颱風時期 Topex 衛星量測到 8 組連續點位上波高資料，以及花蓮與成功實測三個颱風波高資料加以比較，結果顯示前者優於後者，因此 Bret-Liang 颱風波浪模式可作為海岸預警系統之波浪預報法，不失為一全盤瞭解颱風浪場，包括七級暴風圈內外一個簡便實用的波浪推算法。第一作者也利用 Topex 量測風速資料對 R-V 颱風風場模式作一檢驗，發現 R-V 模式是一合適的模式。

A Comparison of Two Typhoon Wave Models with Satellite Data

Wen-Chung Lin¹ Nai-Kung Liang¹ Hua-Shing Hwang²

Institute of Oceanography¹ Marine Center²

National Taiwan University¹ Central Weather Bureau²

ABSTRACT

According to the Jeffreys' sheltering effect, an equation of swell decay induced by an adverse wind is derived. The Liang's typhoon swell model is revised by introducing this effect. A combined model(Bret-Liang typhoon wave model) including revised Liang typhoon swell model and Bretschneider typhoon model is established. Wave heights of Bret-Liang and WAM models are compared with observed data of satellite Topex and also compared with observed data on Chengkung and Hualien harbours. We find that the Bret-Liang model is better than WAM model, especially in outside area of radius of Beaufort Scale 7. The Bret-Liang typhoon wave model can be employed to predict typhoon wave for warning system in coastal area. R-V typhoon wind model is also evaluated by using Topex observed wind data, we find it is a appropriate typhoon wind model.

一、前言

過去計算颱風浪曾使用 Bretschneider(1976)颱風波浪法求得颱風七級暴風圈(R7)內波浪，再應用梁乃匡(1989、1990)湧浪模式求取颱風七級暴風圈外湧

浪，但由於過去湧浪法並沒有考慮颱風前進左半側湧浪因逆風所引起的減衰效應，導致推算值偏大現象，而且過去迴歸出此半經驗湧浪法所依據之波浪觀測資料並不多且都是單點資料，如今拜 Topex 衛星之賜，量測到大量連續性點位(data point)波高資料，得以有機會將過去之湧浪模式進一步改善並加

以驗證，使湧浪模式更趨合理正確；同時也將 WAM 模式作一比較，以供參考。

二、湧浪模式之改進

Bretschneider 颱風波浪模式只計算七級風暴風半徑 R7 內波浪並沒有考慮 R7 之外湧浪部份，湧浪部份梁乃匡曾依據 Bretschneider 颱風波浪模式求出颱風中心波高與週期，作為計算湧浪的輸入資料，其模式如下：

湧浪週期計算

$$T = 1.06 T_R^* \quad (1)$$

T_R^* 為移動颱風最大暴風處週期(秒)。

移動颱風 R7 之外距中心 r (公里)處湧浪波高 H_{SWELL} (公尺)：

$$H_{SWELL} = 0.41 \times H_R^* \times \sqrt{R7/r} \times C_X \quad (2)$$

其中 H_R^* 為移動颱風最大暴風半徑(R)處之波高(公尺)，R7 為颱風七級風暴風半徑(公里)， C_X 為颱風接近或遠離測站之堆積或消散效應係數。

上述(2)式並沒考慮逆風效應，林文宗、梁乃匡(1999)依據 Jeffreys 遮蔽效應有關式子推導出逆風效應式為 $E = E_0 \exp[-\zeta(U+C)^2 X/T^4]$ (3)

式中 ζ 為係數項， E 及 E_0 分別為波浪減衰之後及之前波能， U 為沿波向之逆風風速分量， C 為波速， X 為減衰距離， T 為湧浪週期。

於是將(2)式修正為

$$H_{SWELL} = 0.41 \times H_R^* \times \sqrt{R7/r} \times C_X \times OWD \quad (4)$$

式中 OWD 為逆風減衰係數(可由(3)式及風場計算)。經此改良後確實發現(4)式計算結果比(2)式好，表 1 為民國 82 至 85 年 6 個颱風期間此二湧浪模式與 Topex 衛星量測波高值之統計參數評價表。

三、風場計算及驗證

颱風風場是波浪模式最重要之能量來源，由於颱風風場實測非常困難，因此都由模式風場模擬整個颱風分析風場加以應用。林文宗(1985)曾以 R-V 颱風模式計算風場，一般颱風風場可由三個參數即最大暴風半徑(R)、氣壓降(P)及颱風前進速度(Vf)來描述，其中 $R = 0.1R7$ ， $P = 1056 - 1.05P0$ 計算，式中 $P0$ 為中心氣壓，有關理論可參考林文宗(1995)，在此不再贅述，圖 1 為筆者以 R-V 颱風風場模式模擬結果之圖例之一，圖 2 則為民國 82 至 85 年 6 個颱風期間 8 組 Topex 衛星量測風速值與 R-V 模式值

所繪之散佈圖(Scatter Diagram)及附註之統計參數資料。由圖顯示，R-V 颱風風場模式值與 Topex 量測值之平均誤差為 -0.81m/s，平均絕對誤差百分比為 26.4%，相關係數為 0.87，結果尚可接受，因事實上颱風風場快速隨時間及空間改變的特性，要達到完美的地步並不容易，畢竟過去颱風期間能夠量測到，並可拿來驗證的資料是如此少，尤其是連續測站資料更不可能，如今拜 Topex 衛星之賜有連續點位置測風速資料，可提供驗證，以瞭解颱風風場模式之可靠性，這在過去是辦不到的。

四、波浪模式計算及驗證

以考慮逆風效應後修正之湧浪模式即(4)式，計算 R7 之外湧浪波高，R7 之內波浪則以 Bretschneider 颱風波浪法計算(即 Bret-Liang 颱風波浪模式)，求得颱風暴風圈內外之波高推算值；另以第三代波譜模式 WAM 計算。上述兩種方法推算值與民國 82 年至 85 年間 Topex 衛星量測到 5 個颱風 8 組連續點位波高資料比較，圖 3 至圖 5 為其中 3 個颱風計 3 組資料之比較圖例，圖 6 與圖 7 則為統計所有 8 組 Topex 量測值與兩種模式推算值所繪得的波高散佈圖(Scatter Diagram)，表 2 則為兩模式值與 Topex 量測波高值之統計參數評價表。筆者也取得了 83 年台東成功港在道格及弗雷得颱風期間之波高實測資料，以及 85 年花蓮港在賀伯颱風期間實測波高等三組資料，其中兩模式值之比較如圖 8 至圖 10 所示。結果顯示，Bret-Liang 颱風波浪模式所推算之結果比 WAM 模式要好。

五、結論及討論

茲分述如下：

(一)Topex 衛星量測資料提供了風場及浪場驗證的寶貴資料，過去颱風模式風場是否正確並無把握，因實測資料不多且都是近岸受地形影響或是鑽井台上單點資料，如今 Topex 衛星量測到開放大洋上大量連續線上品質不錯的資料，正可拿來檢驗颱風風場模式的好壞，而 R-V 颱風模式經檢驗應是一個合理適用的模式。

(二)根據模式計算結果顯示，改良之湧浪模式因有考量逆風減衰效應，比較合理，比未修正之湧浪模式好，可作為 R7 暴風圈外湧浪預報法，再配合 R7 之內波浪以 Bretschneider 法計算(即 Bret-Liang 颱風波浪模式)，則可瞭解颱風 R7 暴風圈內外波浪，二者配合不失為一簡便實用的半經驗的颱風波浪預報法。

(三)第三代波譜法 WAM 應用於颱風波浪計算時，受限於颱風風場隨時間及空間快速改變的特性及湧浪傳播之複雜性，再加上颱風模擬分析風場本身無法百分之百正確，都是 WAM 模式較 Bretschneider 加改良 Liang 湧浪模式(即 Bret-Liang 颱風波浪模式)為不理想的原因。

(四)颱風風場是波浪場最重要能量來源，理論上有正確的風場資料才有可能獲得正確的波浪場，可惜目前颱風模式風場尚無法盡善盡美，期盼將來有更多更好的衛星量測資料，可進一步改善，使颱風模式風場更完美，這還有待大家努力。

參考文獻

1. 林文宗，1995：“H-R-V 模式颱風與歐菲莉實測颱風之個案比較”，國立台東師範學院學報，6 期，135-168。
2. 林文宗、梁乃匡，1999：“颱風湧浪逆風之探討”，第二十一屆海洋工程研討會論文集，109-114。
3. 梁乃匡、林文宗，1995：“八十三年侵台颱風波浪推算研究”，第十七屆海洋工程研討會論文集，425-442。
4. Bretschneider, C.L. and E.E. Tamage, 1976：“Hurricane wind and wave forecasting techniques”, Proceedings 15th International Coastal Engineering Conference, 202-237.
5. Jeffreys, H., 1925：“On the formation of water waves by wind”, Proceedings Roy. Soc., A107(A472), 189-206.
6. Liang, N.K., 1989：“A revised typhoon swell prediction method”, Harbour Technology, 4, 1-10.
7. Liang, N.K., 1990：“A study on typhoon swell height prediction”, Acta Oceanographica Taiwanica, 25, 77-86
8. Liang, N.K. and Yang, T.H., 1999：“Typhoon wave height hindcasting compared with altimeter data”, Acta Oceanographica Taiwanica, 37, 231-250.
9. WAMDI Group, 1988：“The WAM model- A third generation ocean wave prediction model”, J. of Physical Oceanography, 18, 1775-1810

附錄：圖表與照片

表 1 未修正及修正湧浪模式值與 Topex 衛星量測值波高統計參數評價表

Parameter	MAE	ME	RMSE	SI	R	N	Y=a+bX
Model	(%)						
Model-1 (Original)	17.2	0.54	1.40	29	0.85	184	Y=1.120+0.879X
Model-2 (Revised)	16.0	0.19	1.33	28	0.87	184	Y=0.356+0.965X

表 2 WAM 及 Bret-Liang 模式值與 Topex 衛星量測值波高統計參數評價表

Parameter	MAE	ME	RMSE	SI	CR	N	Y=a+bX
Model	(%)						
WAM	44.8	-1.02	2.31	51	0.77	218	Y=-1.56+1.12X
Bret. & Liang (Revised)	22.4	-0.21	1.50	33	0.82	218	Y=-0.07+0.97X

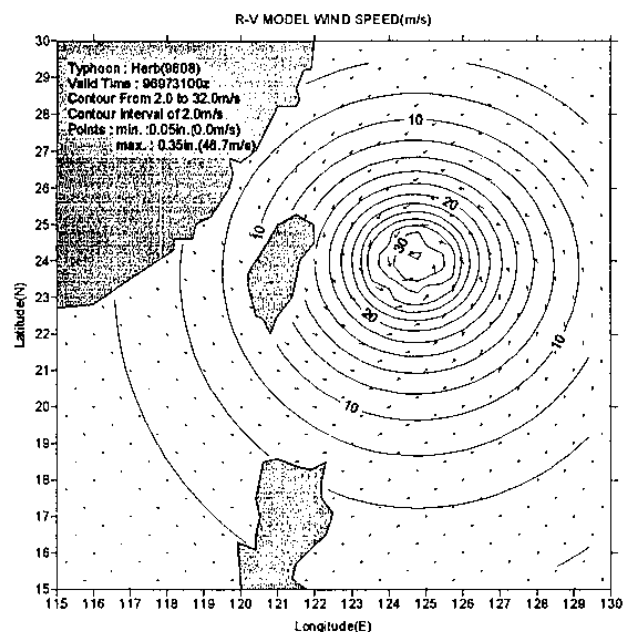


圖 1 R-V 颱風風場模式模擬風場圖

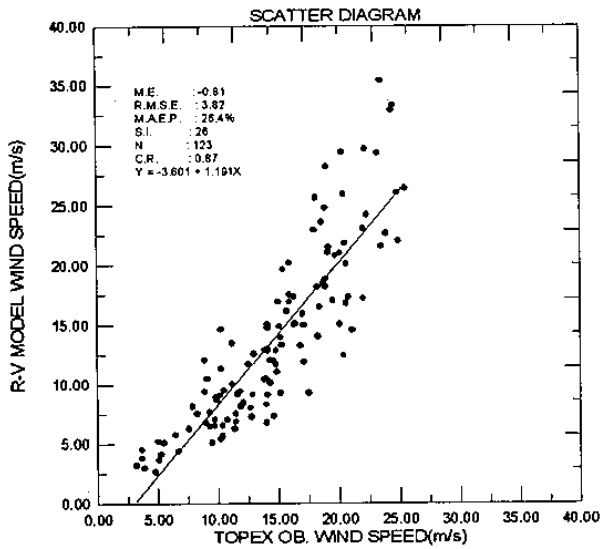


圖 2 R-V 模式值與 Topex 衛星量測值風速散佈圖

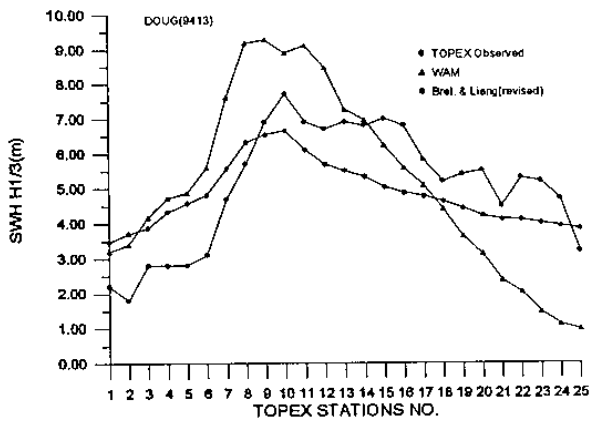


圖 3 Topex 衛星軌跡點位上波高量測值與模式值比較(Doug)

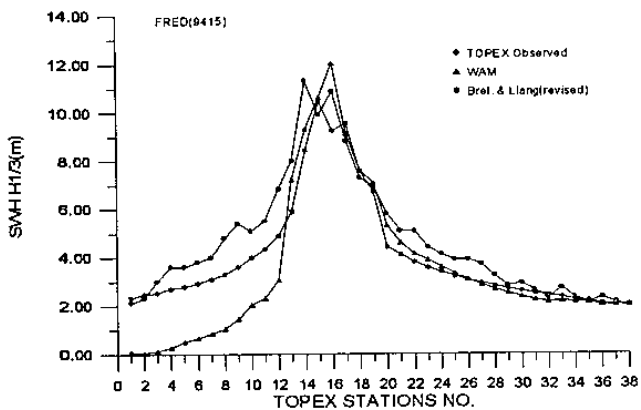


圖 4 Topex 衛星軌跡點位上波高量測值與模式值比較(Fred)

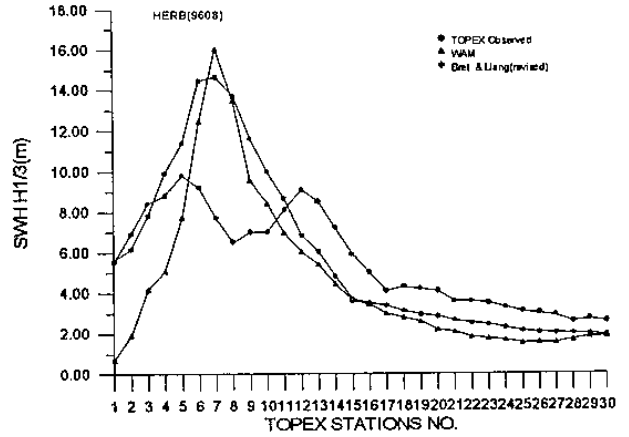


圖 5 Topex 衛星軌跡點位上波高量測值與模式值比較(Herb)

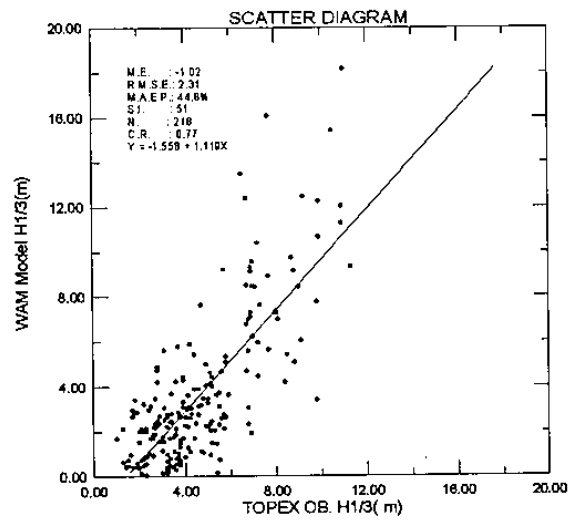


圖 6 Topex 衛星量測值與 WAM 模式值波高散佈圖

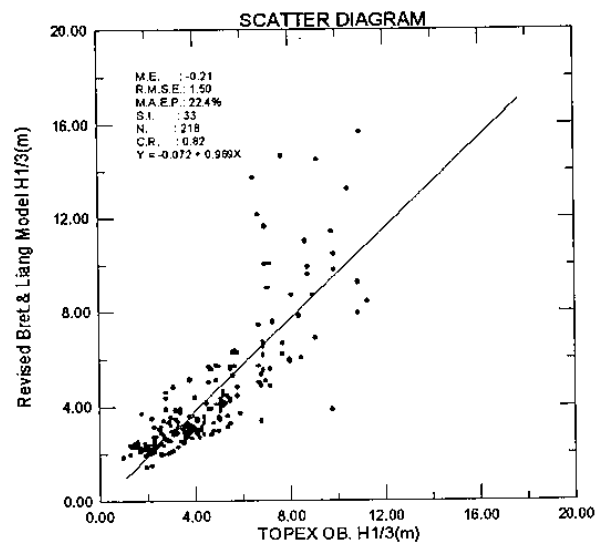


圖 7 Topex 衛星量測值與 Bret-Liang 模式值波高散佈圖

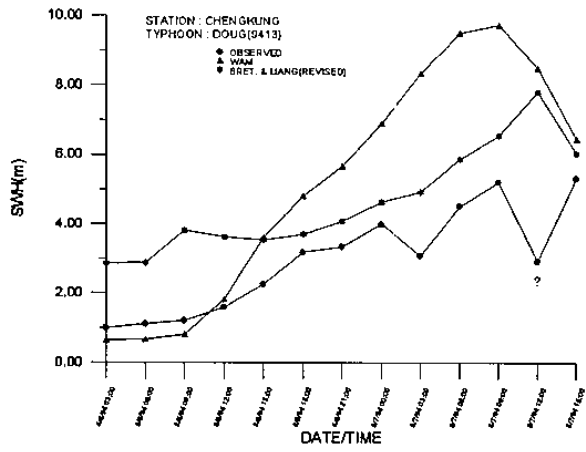


圖 8 兩模式值與成功測站實測波高值比較(Doug)

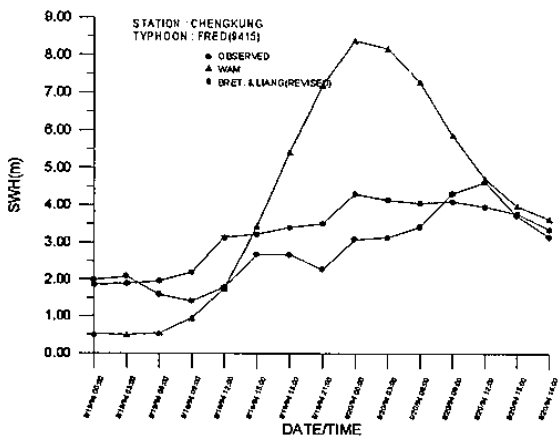


圖 9 兩模式值與成功測站實測波高比較(Fred)

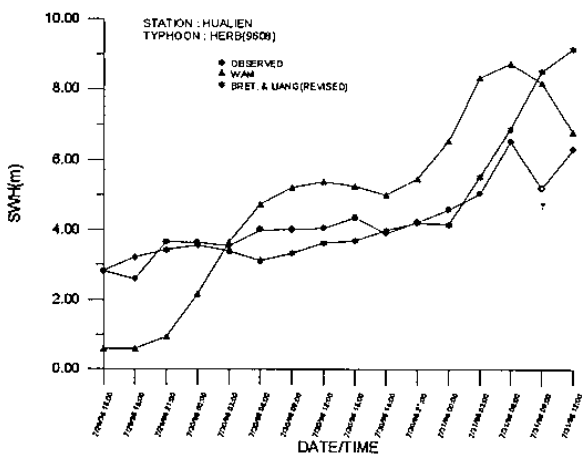


圖 10 兩模式值與花蓮測站實測波高比較(Herb)