

中央氣象局波浪模式模擬近岸風浪預報之應用研究

朱啟豪¹ 林芳如¹ 楊天瑋¹ 徐月娟¹
¹中央氣象局海象測報中心

摘要

本局目前作業化之波浪模式有CWB/NWW3及CWB/SWAN等2種，輸入風場是以本局巢狀網格數值天氣預測系統(NFS) 所提供之區域性大氣模式海面風場，該模式海面風場依解析度大小分別為RC(45km×45km)、MC(15km×15km)及HC(5km ×5km)。波浪模式根據不同尺度之大氣風場將CWB/NWW3分成3個子模式，將CWB/SWAN分成2個子模式。波浪模式模擬時間為97年1月至6月，利用本局現有之資料浮標所觀測之風場與波高作為模式模擬之校驗，本研究之結果將作為未來整合不同之波浪子模式之參考，預計未來CWB/NWW3模式將利用整合風場(RC合併MC)，CWB/SWAN模式利用MC解析度風場，2種波浪模式將繼續作為本局波浪預報之參考，並提供預報資訊給下游海象資訊服務系統使用。

一、前言

近年來由於週休二日的實施與國民生活品質的提升，參與沿海遊憩與觀光的民眾湧現，隨著政府相關觀光計畫的推動，預期未來將有更多民眾走向海洋，因此近岸風浪預報資訊的提供愈顯重要。台灣近海波浪預報為中央氣象局的主要業務之一，中央氣象局海象測報中心每日發布西北太平洋波浪分析圖及未來24、36及48小時波浪預報圖，並提供台灣近海波浪模式預報資訊。中央氣象局波浪預報作業系統已建置完成多年，波浪模式係引進美國海洋及大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)所開發的NWW3(NOAA WAVEWATCH III)模式(Tolman 1999)及由荷蘭Delft技術大學所發展的波浪模式SWAN(Booij et al., 1996)，海面風場由中央氣象局巢狀網格數值天氣預測系統(NFS) 之區域性大氣模式所提供。為增進波浪模式之預報時效性，相關之預報系統均包含MPI(Message-Passing Interface)平行化模組，建置於中央氣象局高速叢集電腦系統，大量縮減其運算時間。目前波浪模式每日執行兩次，分別為00Z及12Z，每次預報72小時，預報間隔為3小時。

本文主要分析2種波浪模式對於不同大氣風場輸入之模擬情形，並利用台灣近海資料浮標及浮球之波浪觀測資料作校驗，先進行97年上半年1至6月的波浪模式校驗，待分析完一整年的校驗結果後，將進行波浪模式的整併工作以及作為改進現行波浪預報作業之依據。本文第二節說明中央氣象局現行波浪預報作業系統，第三節分析波浪模式校驗結果，第四節為結論與建議。

二、中央氣象局波浪預報作業系統架構

中央氣象局海象測報中心每日執行台灣附近及西北太平洋風浪預報業務，目前使用3層巢狀網格波浪模式作業系統，最外層是CWB/NWW3-1，涵蓋範圍為北緯1到41度，東經99到155度，包括了台灣海峽、東海、黃海、南海及部份西北太平洋海域，網格點的分割係以0.5個經緯度為單位，波譜分成12個方向及25個頻率，方向由0度到360度，以順時針30度為單位增加，頻率則由0.04177Hz以增加因子為1.1的對數增加，時間間隔則隨著傳送項及來源項變化以增進模式效率，最大全球時間間隔為1小時，最小來源項時間間隔為5分鐘，並選用Tolman and Chalikov (1996)為基礎的來源項。第2層是CWB/NWW3-2，範圍是以台灣為中心的海域，涵蓋北緯17到32度，東經113到129度，網格解析度為0.25°，其邊界條件係由CWB/NWW3-1所提供，模式物理設定與CWB/NWW3-1相同。

為求更精準之近岸波浪預報，第3層是CWB/SWAN-3，係引進荷蘭Delft技術大學所開發的SWAN近岸風浪模式(Simulating Waves Nearshore)。SWAN模式係由荷蘭Delft技術大學所發展的波浪模式(Booij et al., 1996)，適用於海岸地區、湖泊或河口附近水域之波浪模擬，屬於第三代的風浪預報模式。此模式考慮波浪在時間及空間領域中的傳遞、波與波的非線性交互作用、波浪受風的成長、碎波、因底床摩擦所造成的能量衰減、及受到海流及地形變化而產生的頻率位移、淺化與折射、波浪所引致的平均海平面的上升(set-up)等。因此，SWAN模式具有推算近岸波浪的功能。CWB/SWAN-3之頻譜邊界條件由CWB/NWW3-2所提供，涵蓋範圍包含整個台灣(北緯

21.0到26.25度，東經118.75到123.0度)，網格解析度為0.05°。中央氣象局三層巢狀波浪模式範圍如圖1所示。

波浪模式所輸入的風場資料為中央氣象局巢狀網格數值天氣預測系統(NFS)所提供之區域性大氣模式輸出的海面風場，依解析度大小分別為RC(45km×45km)、MC(15km×15km)及HC(5km×5km)，本文將分別以RC、MC及HC代表，大氣模式涵蓋範圍如圖2所示。三層巢狀網格風浪模式分別由以上三個不同解析度之大氣數值模式的海面風場來驅動。風浪模式相關資訊如表1。

鑑於大氣風場MC較能代表台灣附近風場之變化，中央氣象局海象測報中心整併RC及MC風場，利用原來CWB/NWW3-1波浪模式範圍，只是改變風場輸入資料，將台灣附近風場改由MC風場，其餘範圍還是採用RC風場，再將此合併風場輸入波浪模式中，本文稱之為CWB/NWW3-3波浪模式。另外，將原來輸入CWB/SWAN-3的HC風場改為輸入MC風場，並與原有模式校驗結果分析比較。

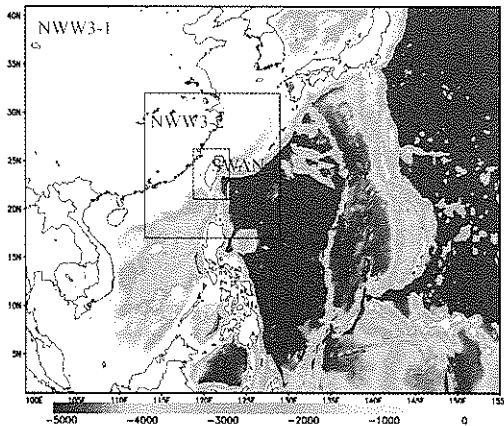


圖1 中央氣象局海象測報中心巢狀網格

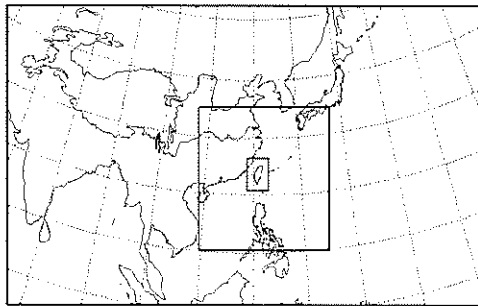


圖2 中央氣象局NFS大氣數值模式涵蓋範圍

表1 海象中心巢狀網格波浪模式之相關資訊

WAVE MODEL	NWW3-1	NWW3-2	SWAN-3
Resolution	0.5° ≈ 54km	0.25° ≈ 27km	0.05° ≈ 5.4km
Domain Lower Left	99°E 1°N	113°E 17°N	118.75°E 21.0°N
Domain Upper Right	155°E 41°N	129°E 32°N	123.0°E 26.25°N
X Grids	113	65	86
Y Grids	81	61	106
Wind Model resolution	RC 45km	MC 15km	HC 5km

三、模式校驗分析

本研究搜集中央氣象局、水利署所建置之資料浮標觀測資料，包含龍洞、蘇澳、花蓮、新竹、澎湖、小琉球、鵝鑾鼻及金門，測站位置如圖3。資料觀測時間從97年1月至6月底，進行CWB/NWW3及SWAN波浪模式的校驗分析，分析方法為分別計算模式值與觀測值之相關係數(CR)、平均偏差(BIAS)、均方差(RMS)及散射指數(SI)。由於大氣模式海面氣象場隨著預報時間的增長，模擬的誤差會變大，進而影響到波浪模式的模擬結果，因此，本文的校驗分析以分析場為主。

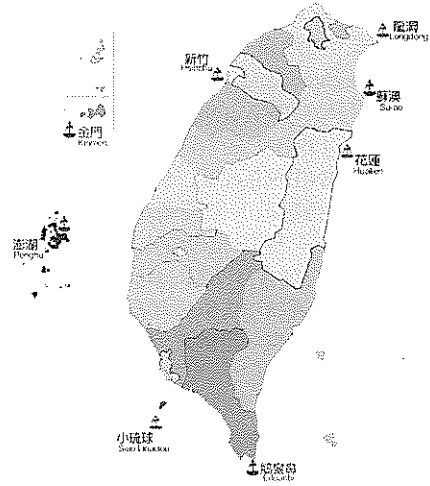


圖3 資料浮標測站位置圖

(一) CWB/NWW3

本研究利用龍洞、蘇澳、花蓮、新竹、小琉球、鵝鑾鼻、澎湖及金門等資料浮標從97年1月至六月觀測資料，針對不同CWB/NWW3波浪模式之波高計算逐月統計參數值，礙於篇幅的關係，本文只列出部份

統計參數表格。從平均偏差來看，1-5月份除了金門外，模式值均大於觀測值，6月份中，小琉球、新竹及金門模式值小於實測值。觀察東北角的龍洞（表2-表4），1-5月3個模式的相關係數均在0.8左右，6月份則同時掉至0.1。除了5月以外，均方差均以NWW3-1最低。3個模式對於蘇澳及花蓮相關係數1-2月達0.7以上，3月份花蓮除了NWW3-2達0.7，其於兩個模式均掉至0.7以下，4月份花蓮的相關係數達0.7以上，5月份以NWW3-1的相關係數最高，NWW3-2最低，平均偏差這兩站呈現相反的情況，花蓮為NWW3-2模式值較觀測值大，兩站均方差、散射指數均以NWW3-2為最大，6月份兩站的相關係數均降至0.2—0.3，均方差以NWW3-1為最低。新竹方面，除了4、5月，其餘月份相關係數均達0.7以上，1月份高達0.9以上，3個模式中以NWW3-1相關係數最低，均方差除了6月是NWW3-3最低外，其餘以NWW3-1最低。小琉球方面（表5-表7），1-3月份3個模式的相關係數均不高（小於0.7），4-6月除了NWW3-1外，相關係數達0.7以上，均方差方面，1、2月NWW3-2最低，3、4月NWW3-1最低，5、6月NWW3-3最低。鵝鑾鼻方面（表7-表10），模式在相關係數的表現在1至4月偏低，5至6月除了NWW3-1外，相關係數達0.7以上，NWW3-2的均方差在1、3、5、6月最低。澎湖方面（表11-表13），1-5月3個模式的相關係數均在0.8以上，1、2月以NWW3-1最高，3-5月以NWW3-3最高，6月相關係數全部降低至0.4以下，均方差1-5月的變化和相關係數一致，3個模式中相關係數最高者，均方差最小。金門方面，3個模式的相關係數1-6月都達0.8以上，均方差除了4月外，都是以NWW3-1最高。

綜合來看，模式對於波浪模擬的表現和盛行風有關（徐等，2006），東北季風盛行的時候，模式對於龍洞、花蓮、蘇澳等測站模擬佳，西南季風時，模式對於小琉球及鵝鑾鼻站的波浪模擬較佳，相關係數以NWW3-2或NWW3-3表現較佳，均方差則無一致性。3個模式模擬澎湖站以1-5月較佳，金門站則是1-6月模擬均佳。觀察觀測資料與模式之時序列圖，可發現當觀測波浪較小時（<1公尺）模式較難模擬出波浪的變化，因此可推定若測站位於盛行風之背風面，因受台灣本島遮蔽效應，波浪較小，因此模式模擬較差。

表2 CWB/NWW3-1模式校驗統計參數_龍洞

龍洞 NWW3 -RC	hindcast				forecast 24				forecast 48			
	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI
97.01	0.82	0.48	0.78	0.42	0.80	0.17	0.55	0.30	0.78	-0.33	0.57	0.31
97.02	0.75	0.33	0.62	0.30	0.70	0.06	0.55	0.26	0.64	-0.42	0.72	0.34
97.03	0.81	0.07	0.36	0.32	0.78	-0.00	0.35	0.32	0.68	-0.08	0.42	0.37
97.04	0.80	0.02	0.33	0.33	0.77	-0.05	0.36	0.36	0.66	-0.21	0.46	0.46
97.05	0.80	0.11	0.38	0.40	0.75	0.06	0.35	0.39	0.66	0.04	0.40	0.47
97.06	0.17	0.39	0.56	1.01	0.21	0.39	0.57	1.02	0.25	0.31	0.49	0.87

表3 CWB/NWW3-2模式校驗統計參數_龍洞

龍洞 NWW3 -MC	hindcast				forecast 24				forecast 48			
	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI
97.01	0.83	0.65	0.99	0.53	0.81	0.19	0.59	0.31	0.76	-0.36	0.61	0.33
97.02	0.78	0.46	0.73	0.34	0.75	0.13	0.54	0.26	0.63	-0.38	0.71	0.34
97.03	0.80	0.00	0.41	0.37	0.79	-0.06	0.38	0.34	0.67	-0.12	0.47	0.42
97.04	0.83	0.09	0.34	0.34	0.76	-0.04	0.37	0.37	0.65	-0.23	0.49	0.49
97.05	0.78	-0.03	0.37	0.39	0.69	-0.06	0.39	0.44	0.60	-0.03	0.45	0.53
97.06	-0.11	0.40	0.59	1.05	-0.10	0.46	0.68	1.23	-0.13	0.40	0.62	1.11

表4 CWB/NWW3-3模式校驗統計參數_龍洞

龍洞 NWW3 RC&MC	hindcast				forecast 24				forecast 48			
	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI
97.01	0.83	0.65	0.92	0.50	0.81	0.26	0.58	0.31	0.77	-0.25	0.54	0.29
97.02	0.77	0.48	0.71	0.34	0.74	0.18	0.54	0.26	0.63	-0.32	0.67	0.31
97.03	0.82	0.19	0.40	0.36	0.79	0.15	0.38	0.34	0.68	0.06	0.42	0.38
97.04	0.82	0.17	0.36	0.36	0.76	0.06	0.37	0.36	0.66	-0.11	0.43	0.42
97.05	0.82	0.13	0.35	0.37	0.78	0.13	0.35	0.40	0.69	0.14	0.41	0.49
97.06	0.13	0.50	0.62	1.11	0.12	0.55	0.69	1.25	0.10	0.50	0.63	1.14

表5 CWB/NWW3-1模式校驗統計參數_小琉球

小琉球 NWW3 -RC	hindcast				forecast 24				forecast 48			
	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI
97.01	0.52	0.43	0.60	0.62	0.50	0.48	0.63	0.65	0.53	0.40	0.54	0.55
97.02	0.36	0.40	0.49	0.48	0.38	0.42	0.53	0.52	0.41	0.41	0.56	0.55
97.03	0.64	0.12	0.26	0.35	0.61	0.20	0.33	0.44	0.63	0.15	0.28	0.38
97.04	0.80	0.11	0.25	0.41	0.78	0.16	0.30	0.49	0.72	0.14	0.29	0.47
97.05	0.50	0.08	0.44	0.65	0.54	0.10	0.44	0.66	0.61	0.08	0.44	0.65
97.06	0.71	-0.17	0.68	0.50	0.76	-0.19	0.62	0.46	0.78	-0.27	0.63	0.47

表6 CWB/NWW3-2模式校驗統計參數_小琉球

小琉球 NWW3 -MC	hindcast				forecast 24				forecast 48			
	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI
97.01	0.54	-0.17	0.35	0.36	0.51	-0.28	0.38	0.39	0.45	-0.38	0.46	0.47
97.02	0.38	-0.24	0.35	0.34	0.35	-0.30	0.39	0.38	0.32	-0.39	0.47	0.46
97.03	0.66	-0.29	0.37	0.49	0.57	-0.30	0.39	0.51	0.60	-0.35	0.42	0.56
97.04	0.80	-0.19	0.25	0.41	0.81	-0.19	0.25	0.40	0.72	-0.17	0.26	0.42
97.05	0.70	-0.30	0.39	0.58	0.73	-0.28	0.36	0.54	0.73	-0.25	0.37	0.55
97.06	0.90	-0.45	0.63	0.47	0.88	-0.40	0.60	0.45	0.82	-0.46	0.70	0.52

表7 CWB/NWW3-3模式校驗統計參數_小琉球

小琉球 NWW3 RC&MC	hindcast				forecast 24				forecast 48			
	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI
97.01	0.52	-0.28	0.37	0.39	0.49	-0.35	0.42	0.43	0.40	-0.40	0.47	0.48
97.02	0.35	-0.33	0.41	0.41	0.34	-0.37	0.45	0.44	0.32	-0.44	0.51	0.49
97.03	0.60	-0.30	0.37	0.50	0.56	-0.31	0.39	0.52	0.57	-0.34	0.42	0.55
97.04	0.75	-0.09	0.26	0.42	0.74	-0.08	0.27	0.42	0.66	-0.09	0.24	0.40
97.05	0.78	-0.18	0.28	0.41	0.78	-0.15	0.26	0.39	0.79	-0.12	0.26	0.39
97.06	0.90	-0.29	0.51	0.38	0.88	-0.23	0.50	0.37	0.82	-0.29	0.60	0.45

表8 CWB/NWW3-1模式校驗統計參數_鵝鑾鼻

鵝鑾鼻 NWW3 -RC	hindcast				forecast 24				forecast 48			
	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI
97.01	0.28	1.22	1.66	1.48	0.30	1.27	1.66	1.48	0.33	0.97	1.29	1.13
97.02	-0.14	1.39	1.64	1.54	0.03	1.42	1.61	1.50	0.24	1.32	1.47	1.38
97.03	0.29	0.44	0.66	0.75	0.45	0.50	0.66	0.75	0.54	0.45	0.60	0.68
97.04	0.51	0.35	0.54	0.81	0.51	0.35	0.55	0.82	0.50	0.27	0.49	0.73
97.05	0.76	0.40	0.69	0.89	0.78	0.40	0.65	0.88	0.83	0.39	0.66	0.91
97.06	0.63	0.03	0.63	0.50	0.66	-0.01	0.58	0.46	0.74	-0.11	0.53	0.42

表9 CWB/NWW3-2模式校驗統計參數_鵝鑾鼻

鵝鑾鼻 NWW3 -MC	hindcast				forecast 24				forecast 48			
	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI

97.01	0.28	1.14	1.64	1.47	0.29	1.09	1.55	1.37	0.30	0.79	1.20	1.05
97.02	-0.15	1.38	1.72	1.61	-0.04	1.37	1.62	1.51	0.07	1.21	1.42	1.33
97.03	0.38	0.31	0.57	0.64	0.48	0.37	0.59	0.67	0.52	0.32	0.57	0.65
97.04	0.40	0.29	0.56	0.84	0.38	0.27	0.51	0.77	0.39	0.20	0.49	0.74
97.05	0.78	0.36	0.61	0.80	0.80	0.36	0.61	0.82	0.84	0.45	0.72	0.99
97.06	0.79	-0.09	0.48	0.38	0.80	-0.08	0.48	0.38	0.74	-0.12	0.53	0.42

表10 CWB/NWW3-3模式校驗統計參數 鵝鑾鼻

鵝鑾鼻 NWW3 RC&MC	hindcast				forecast 24				forecast 48			
	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI
97.01	0.32	1.38	1.75	1.56	0.33	1.35	1.68	1.49	0.33	1.04	1.31	1.16
97.02	-0.11	1.60	1.84	1.73	-0.02	1.57	1.74	1.63	0.10	1.39	1.54	1.44
97.03	0.26	0.55	0.72	0.82	0.38	0.60	0.74	0.84	0.45	0.56	0.71	0.80
97.04	0.44	0.53	0.70	1.05	0.43	0.49	0.66	0.99	0.40	0.41	0.60	0.90
97.05	0.79	0.58	0.70	0.92	0.81	0.61	0.75	1.01	0.84	0.67	0.83	1.15
97.06	0.74	0.10	0.53	0.42	0.71	0.13	0.55	0.44	0.73	0.09	0.54	0.43

表11 CWB/NWW3-1模式校驗統計參數 澎湖

澎湖 NWW3 -RC	hindcast				forecast 24				forecast 48			
	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI
97.01	0.93	-0.27	0.42	0.22	0.92	-0.56	0.67	0.35	0.84	-0.80	0.94	0.50
97.02	0.85	-0.26	0.40	0.20	0.83	-0.55	0.64	0.32	0.77	-0.78	0.87	0.43
97.03	0.88	-0.29	0.43	0.37	0.79	-0.43	0.59	0.52	0.61	-0.49	0.70	0.61
97.04	0.83	-0.24	0.42	0.42	0.65	-0.42	0.61	0.60	0.50	-0.50	0.71	0.71
97.05	0.81	-0.14	0.47	0.59	0.57	-0.17	0.60	0.81	0.45	-0.09	0.62	0.90
97.06	0.25	0.33	0.55	1.48	0.18	0.41	0.65	1.76	0.16	0.40	0.68	1.83

表12 CWB/NWW3-2模式校驗統計參數 澎湖

澎湖 NWW3 -MC	hindcast				forecast 24				forecast 48			
	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI
97.01	0.92	0.93	1.22	0.64	0.92	0.39	0.67	0.35	0.86	0.01	0.52	0.28
97.02	0.84	0.85	0.96	0.48	0.86	0.44	0.58	0.29	0.77	0.11	0.46	0.23
97.03	0.88	0.24	0.44	0.39	0.83	0.05	0.39	0.34	0.76	-0.05	0.46	0.41
97.04	0.86	0.17	0.38	0.38	0.76	-0.11	0.42	0.42	0.65	-0.31	0.57	0.57
97.05	0.85	0.09	0.46	0.57	0.77	0.02	0.47	0.64	0.76	0.10	0.52	0.75
97.06	0.35	0.30	0.55	1.46	0.26	0.40	0.68	1.83	0.18	0.38	0.75	2.00

表13 CWB/NWW3-3模式校驗統計參數 澎湖

澎湖 NWW3 RC&MC	hindcast				forecast 24				forecast 48			
	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI
97.01	0.92	0.77	1.01	0.53	0.93	0.26	0.51	0.27	0.86	-0.05	0.48	0.26
97.02	0.85	0.70	0.81	0.41	0.86	0.32	0.46	0.23	0.78	0.03	0.41	0.21
97.03	0.88	0.25	0.42	0.36	0.84	0.06	0.37	0.32	0.77	-0.04	0.44	0.38
97.04	0.87	0.16	0.36	0.36	0.78	-0.10	0.39	0.39	0.69	-0.29	0.53	0.53
97.05	0.86	0.11	0.43	0.54	0.76	0.06	0.47	0.63	0.77	0.14	0.48	0.70
97.06	0.37	0.32	0.53	1.42	0.26	0.42	0.64	1.72	0.19	0.39	0.68	1.82

(二) SWAN

依據不同風場的輸入，本文比較兩種不同SWAN模式統計參數比較。龍洞方面（表14-表15），由平均偏差可看出，除了1月外，SWAN-HC模式值均小於觀測值，相關係數除了6月份偏低外，均以SWAN-MC較佳，均方差除了1月外，也是以SWAN-MC為最低。花蓮方面，平均偏差顯示2模式除了6月外，模式值較觀測值小，相關係數在6月偏低，1-5月的相關係數除了5月外，以SWAN-MC較佳，均方差以SWAN最低。蘇澳方面，SWAN-HC的平均偏差在1-5月均為負值，SWAN-MC在3-5月為負值，1-4月相關係數以SWAN-MC較佳，2模式的相關

係數在6月份偏低，除了1、6月外，均方差均以SWAN-MC為最低。新竹方面，2模式的平均偏差在1-4月均為正值，SWAN-HC在5、6月為負值，相關係數均以SWAN-MC為最佳，只是4、5月值偏低（0.5-0.6），但是均方差1-5月SWAN-MC較大。小琉球方面（表16-表17），SWAN-HC的平均偏差均為負值，SWAN-MC 3-6月的平均偏差為負值，除了5月外，SWAN-MC的相關係數較佳，但是在1、3、5月小於0.7，除了2月外，SWAN-MC的均方差最低。鵝鑾鼻方面（表18-表19），2模式的平均偏差只有6月為負值，其餘均是正值，相關係數2模式只有5-6月達0.7以上，且均以SWAN-MC為最佳，均方差除了6月外，以SWAN-HC較低。澎湖方面（表20-表21），SWAN-MC的平均偏差均為正值，SWAN-HC除了6月為正值外，其餘均為負值，2模式相關係數6月均較低（<0.4），1-5月達0.7以上，以SWAN-MC較佳，均方差在1、2、6月SWAN-MC較大，其餘月份則以SWAN-HC較大。

綜合來看，SWAN模式和NWW3模式一樣，對於面對盛行風的測站模擬較佳，背風面的測站模擬較差。SWAN-MC相關係數較SWAN-HC佳，均方差也較小，SWAN-HC在龍洞、花蓮及蘇澳測站模式值較觀測值小，5、6月份2模式模擬小琉球之模式值小於觀測值，6月份SWAN-HC模式模擬鵝鑾鼻數值也較觀測值低。

表14 SWAN-MC模式校驗統計參數 龍洞

龍洞 SWAN -MC	hindcast				forecast 24				forecast 48			
	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI
97.01	0.82	0.39	0.78	0.42	0.79	0.02	0.54	0.29	0.75	-0.52	0.72	0.38
97.02	0.79	0.20	0.54	0.26	0.72	-0.05	0.54	0.26	0.60	-0.59	0.84	0.40
97.03	0.81	-0.02	0.34	0.31	0.80	-0.05	0.34	0.30	0.69	-0.13	0.42	0.38
97.04	0.83	0.02	0.31	0.31	0.77	-0.07	0.36	0.36	0.68	-0.26	0.48	0.47
97.05	0.85	-0.06	0.30	0.32	0.80	-0.07	0.32	0.36	0.72	-0.05	0.36	0.42
97.06	0.27	0.17	0.31	0.56	0.22	0.21	0.37	0.68	0.16	0.15	0.32	0.58

表15 SWAN-HC模式校驗統計參數 龍洞

龍洞 SWAN -HC	hindcast				forecast 24				forecast 48			
	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI
97.01	0.79	0.00	0.55	0.30	0.78	-0.25	0.55	0.29	0.75	-0.67	0.84	0.45
97.02	0.65	-0.17	0.61	0.29	0.59	-0.39	0.73	0.35	0.52	-0.77	1.01	0.48
97.03	0.66	-0.21	0.48	0.43	0.72	-0.22	0.45	0.40	0.64	-0.28	0.51	0.46
97.04	0.75	-0.14	0.39	0.39	0.75	-0.19	0.41	0.41	0.72	-0.35	0.52	0.51
97.05	0.81	-0.19	0.38	0.40	0.78	-0.20	0.38	0.43	0.73	-0.19	0.39	0.46
97.06	0.38	-0.02	0.23	0.41	0.39	-0.00	0.23	0.41	0.33	-0.03	0.23	0.42

表16 SWAN-MC模式校驗統計參數 小琉球

小琉球 SWAN -MC	hindcast				forecast 24				forecast 48			
	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI
97.01	0.54	0.05	0.36	0.37	0.52	-0.09	0.29	0.30	0.45	-0.22	0.35	0.36
97.02	0.37	-0.01	0.27	0.26	0.31	-0.08	0.28	0.28	0.32	-0.20	0.33	0.32
97.03	0.62	-0.14	0.27	0.35	0.58	-0.15	0.28	0.38	0.58	-0.20	0.31	0.41
97.04	0.80	-0.03	0.17	0.28	0.82	-0.04	0.16	0.27	0.73	-0.04	0.19	0.31
97.05	0.61	-0.15	0.31	0.46	0.67	-0.14	0.29	0.43	0.74	-0.14	0.27	0.40
97.06	0.84	-0.41	0.68	0.51	0.83	-0.36	0.64	0.48	0.80	-0.42	0.70	0.52

表17 SWAN-HC模式校驗統計參數_小琉球

小琉球 SWAN -HC	hindcast				forecast 24				forecast 48			
	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI
97.01	0.39	-0.39	0.46	0.48	0.43	-0.42	0.48	0.50	0.18	-0.49	0.56	0.57
97.02	0.21	-0.42	0.48	0.48	0.40	-0.45	0.50	0.49	0.33	-0.51	0.57	0.55
97.03	0.48	-0.34	0.43	0.57	0.44	-0.36	0.44	0.59	0.38	-0.38	0.46	0.61
97.04	0.79	-0.16	0.23	0.37	0.78	-0.16	0.23	0.38	0.63	-0.17	0.27	0.44
97.05	0.73	-0.27	0.36	0.54	0.76	-0.27	0.36	0.53	0.79	-0.27	0.34	0.51
97.06	0.83	-0.48	0.74	0.55	0.83	-0.46	0.72	0.54	0.81	-0.50	0.75	0.56

表18 SWAN-MC模式校驗統計參數_鵝鑾鼻

鵝鑾鼻 SWAN -MC	hindcast				forecast 24				forecast 48			
	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI
97.01	0.27	1.01	1.48	1.32	0.29	0.97	1.39	1.23	0.30	0.65	1.00	0.88
97.02	-0.17	1.20	1.50	1.41	-0.09	1.20	1.43	1.34	0.10	0.99	1.18	1.11
97.03	0.29	0.33	0.54	0.61	0.38	0.36	0.55	0.63	0.47	0.33	0.51	0.58
97.04	0.34	0.35	0.56	0.84	0.33	0.32	0.52	0.78	0.31	0.26	0.48	0.71
97.05	0.77	0.42	0.62	0.80	0.79	0.44	0.62	0.84	0.82	0.51	0.71	0.98
97.06	0.79	-0.06	0.48	0.38	0.78	-0.06	0.50	0.40	0.72	-0.11	0.55	0.43

表19 SWAN-HC模式校驗統計參數_小琉球

鵝鑾鼻 SWAN -HC	hindcast				forecast 24				forecast 48			
	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI
97.01	0.27	0.52	0.91	0.81	0.32	0.53	0.84	0.75	0.34	0.29	0.56	0.49
97.02	-0.21	0.75	1.01	0.95	-0.01	0.75	0.93	0.87	0.17	0.58	0.74	0.70
97.03	0.39	0.12	0.36	0.41	0.47	0.16	0.35	0.40	0.47	0.13	0.33	0.37
97.04	0.42	0.17	0.37	0.55	0.41	0.18	0.37	0.55	0.38	0.13	0.31	0.47
97.05	0.73	0.16	0.41	0.53	0.72	0.17	0.38	0.51	0.78	0.19	0.38	0.52
97.06	0.81	-0.27	0.55	0.43	0.81	-0.25	0.55	0.44	0.79	-0.29	0.57	0.45

表20 SWAN-MC模式校驗統計參數_澎湖

澎湖 SWAN -MC	hindcast				forecast 24				forecast 48			
	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI
97.01	0.92	0.92	1.31	0.69	0.92	0.29	0.62	0.33	0.84	-0.10	0.56	0.30
97.02	0.84	0.81	0.97	0.49	0.85	0.34	0.54	0.27	0.75	-0.02	0.48	0.24
97.03	0.88	0.20	0.41	0.36	0.82	0.03	0.39	0.34	0.74	-0.05	0.46	0.40
97.04	0.85	0.14	0.36	0.36	0.74	-0.12	0.42	0.42	0.68	-0.27	0.51	0.51
97.05	0.85	0.10	0.45	0.57	0.77	0.02	0.46	0.62	0.77	0.09	0.48	0.70
97.06	0.35	0.36	0.59	1.59	0.26	0.44	0.69	1.86	0.19	0.37	0.70	1.88

表21 SWAN-HC模式校驗統計參數_澎湖

澎湖 SWAN -HC	hindcast				forecast 24				forecast 48			
	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI	CR	BIAS	RMS	SI
97.01	0.89	-0.34	0.54	0.28	0.88	-0.60	0.75	0.39	0.82	-0.83	1.01	0.54
97.02	0.78	-0.40	0.54	0.27	0.74	-0.59	0.72	0.36	0.66	-0.83	0.94	0.47
97.03	0.80	-0.37	0.55	0.48	0.77	-0.42	0.61	0.54	0.69	-0.47	0.67	0.58
97.04	0.74	-0.27	0.49	0.49	0.65	-0.33	0.56	0.55	0.62	-0.41	0.61	0.61
97.05	0.83	-0.24	0.52	0.65	0.77	-0.25	0.57	0.77	0.76	-0.19	0.52	0.75
97.06	0.32	0.24	0.50	1.33	0.27	0.27	0.52	1.40	0.23	0.22	0.52	1.41

四、結論與未來展望

本文主要分析97年1-6月不同波浪模式模擬之統計參數，作為未來波浪模式整合的依據，初步結論如下：

1、NWW3及SWAN模式對於模擬面對盛行風的測站模擬較佳，例如東北季風盛行的時候，模式對於

龍洞、花蓮、蘇澳等測站模擬佳，西南季風時，模式對於小琉球及鵝鑾鼻的波浪模擬較佳。

2、NWW3及SWAN模式均無法準確模擬較小波高 (<1公尺) 之變化趨勢。

3、對於NWW3模式而言，相關係數較高的月份，無法明確指出哪一模式較佳。

4、對於SWAN-4模式而言，SWAN-MC表現明顯優於SWAN-HC。

波浪模式校驗工作預計執行1年，未來外洋及近海波浪模式將以CWB/NWW3-3為主，SWAN-MC將取代SWAN-HC，並將模式結果應用於以GIS為基礎之海象資訊系統，今(97)年底開始，所有波浪模式配合大氣模式輸出，每日執行次數由2次增加為4次。長期來看，鑑於天氣預報未來將朝向客製化及精緻化，邁向時間與空間上更細緻的預報流程，近海波浪預報也將朝向更小尺度的預報，中央氣象局海象測報中心於今(97)年提出建置5公里波浪分析場、海面氣象場之研發及波浪預報場預報指引等精緻化氣象預報等子計畫，此外，為了增加近海波浪預報準確度，海象測報中心也配合中央氣象局第5期計畫提出改進海象預報子計畫，將引進外洋至近岸波浪模式嵌合系統，作為近岸波浪預報指引參考。

參考文獻

- 1.徐月娟,楊天璋,張恆文,2006:“SWAN模式在東北部及南部海域之應用研究”,第28屆海洋工程研討會論文集, 247-252.
- 2.Tolman, and H.L.,1999: “Validation of a global implementation of NCEP’s new ocean wave model”, Submitted.
- 3.Booij, N., Holthuijsen, L.H. and Ris, R.C.,1996: “The SWAN Wave Model for Shallow Water”, Proceedings of 24th International Conference on Coastal Engineering, ASCE, Orlando, Vol.1, 668-676.
- 4.Tolman, and D.V. Chalikov,1996: “Source terms in a third-generation wind wave model”, J. Phys. Oceanogr, 26, 2497-2518.

