

臺灣東部海域風浪模擬系統介紹

劉正琪	國立成功大學水工試驗所研究員
李兆芳	國立成功大學水利及海洋工程學系教授
傅怡釗	交通部運輸研究所港灣技術研究中心副研究員
李俊穎	交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究員兼科長
謝佳紘	國立成功大學水工試驗所研究助理

摘要

本文主要目的介紹港研中心建置的臺灣東部海域風浪模擬子系統，以及2019年強烈颱風利奇馬侵臺期間，花蓮及蘇澳等海域小尺度風浪模組模擬值與觀測值、氣象局預報值校驗結果。證明每日四報作業方式可以及時更新預報資訊，達到改善預報資訊準確性之目的。

一、前言

由於我國為海島型國家，臺灣本島與離島間各類物資及人員多需仰賴海洋運輸，因此發展海象模擬預報有其需求及必要性。基於臺灣周圍海域海象變化莫測，為確保海上航行安全，交通部運輸研究所港灣技術研究中心(以下簡稱港研中心)長期推動發展近岸/近海防救災相關海象預報系統，配合海氣象觀測，提供各大商港海象觀測與預報的資料。近年來，港研中心致力於建置臺灣周圍海域小尺度風浪模擬系統，於平時提供較細緻化的風浪模擬資訊供國內主要商港營運參考；於颱風期間，相關風浪模擬預報資訊將規劃提供東部海岸公路浪襲預警系統或港池靜穩模擬預警系統開發之使用。

交通部中央氣象局(CWB)是國內海象預報作業權責單位，氣象局採用的風浪預報作業化系統主要為決定性波浪預報模式系統，該系統採用美國海洋大氣總署 (National Oceanic and Atmospheric

Administration, NOAA)發展的第三代波譜風浪模式 WaveWatch III (縮寫為NWW3)建構出多重網格之決定性波浪預報模式。此模式包含三層不同解析度(0.25°、0.1°及 0.025°)之大、中及小網格，各層網格模擬範圍如圖 1 所示。圖中大網格模擬範圍為(E99°, N1°)–(E155°, N41°)，採用 NCEP 預報風場驅動；中網格模擬範圍為(E109.9°, N9.4°)–(E126.1°, N36.1°)，採用氣象局 10km 決定性預報風場驅動；小網格模擬範圍為(E117.6°, N20.8°)–(E123.9°, N26.7°)，採用 2.5km 決定性預報風場驅動。目前氣象局風浪預報作業方式為每日四報，預報時間分別為 UTC00、06、12 及 18。(氣象局^[1], 2011)

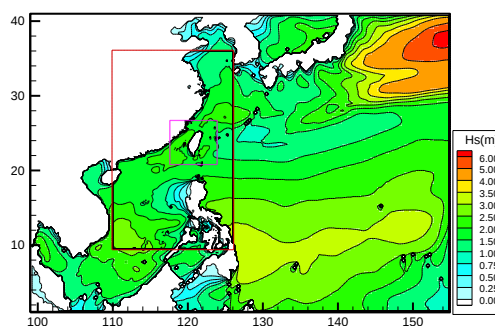


圖 1 氣象局決定性波浪模式三層多重網格模擬範圍示意圖

港研中心基於需求及發展國內海象模擬技術，與中山大學合作建置臺灣近岸海象預報系統(Taiwan Coastal Operational Modeling System, TaiCOMS)，此系統整體架構如圖 2 所示；其組成可區分為即時海象觀測網、

海象模擬作業化系統及港灣環境資訊網等三個單元。其中海象模擬作業化系統主要結合了風(壓)場處理系統、波浪模擬系統、水動力模擬系統及海嘯模擬預警系統等四個子系統。在波浪模擬系統下針對不同需求分別建構了西太平洋模擬範圍之大尺度風浪模組、臺灣周圍海域模擬範圍之中尺度風浪模組、各主要商港外海近岸模擬範圍之小尺度波浪模組以及各主要商港港域模擬範圍之細尺度波浪模組。此波浪模擬系統採用的風浪數值模式包括了 WAM 及 SWAN，前者用於大尺度風浪模組具有節省數值模擬時間之效果，後者應用於中尺度風浪模擬，目的提供臺灣周圍海域較精確的風浪模擬結果。在 TaiCOMS 架構下，大、中尺度風浪模組主要目的為提供各主要商港外海近岸及港域波浪模組(小及細尺度)波浪場模擬所需之外海波浪預報資訊。(運研所^[2]，2007)

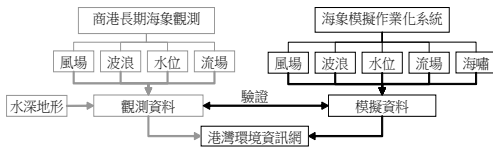


圖 2 臺灣近岸海象預報系統整體架構圖

基於澎湖等離島港口營運及航行安全需求，評估 TaiCOMS 既有的中尺度風浪模擬資訊已無法滿足資訊需求。因此，自 2015 年起港研中心陸續分別以澎湖群島海域及臺東綠島、蘭嶼等海域為對象，採用 SWAN 數值模式及解析度為 0.008° 之計算網格建置小尺度風浪模組，並與 TaiCOMS 既有的大、中尺度風浪模組結合，建構成三層巢狀網格(如圖 3 所示)之風浪模擬子系統，藉以提供臺灣與離島間更細緻化的風浪模擬資訊。此風浪模擬系統包含兩個小尺度計算網格，分別為澎湖海域及東南海域，相關網格資訊綜整如表 1 所列，其中大、中、小尺度網格解析度比為 1 : 5 : 25。在 TaiCOMS 系統架構下風浪模擬最小網

格解析度為 0.008° 略高於氣象局決定性波浪預報模式最小網格之解析度 (0.025°)，但缺點是 TaiCOMS 最小網格之模擬範圍目前仍無法含蓋臺灣本島周圍重要海域。(劉正琪等人^[3,4])

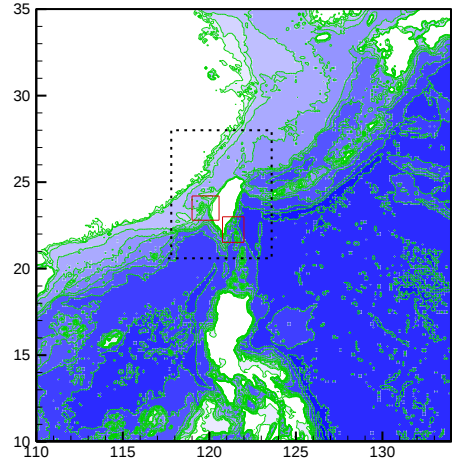


圖 3 TaiCOMS 風浪模擬子系統之三層巢狀網格模擬範圍示意圖

表 1 三層巢狀網風浪模擬系統之網格資訊一覽表

網格名稱	模擬範圍		解析度($^\circ$)	格點數
	經度($^\circ$)	緯度($^\circ$)		
西太平洋	110.0/134.0	10.0/35.0	0.2	121×126
臺灣海域	117.6/123.6	20.60/28.0	0.04	151×186
澎湖海域	119.0/120.56	22.8/24.2	0.008	186×176
東南海域	120.76/122.0	21.52/23.0	0.008	156×186

新的風浪模擬子系統之模擬架構及作業化模擬流程，如圖 4 所示，圖中顯示在遠域(大尺度)與近域(中尺度)之巢狀網格邊界上，中尺度風浪模擬之邊界條件為大尺度風浪模擬結果之波譜資料；同樣地，在近域與近岸(小尺度)巢狀網格邊界上，小尺度風浪模擬採用的邊界條件為中尺度風浪模擬結果之波譜資料。此外，大尺度風浪模擬輸入的風壓場資料 WA02，以及中、小尺度風浪模擬輸入的風壓場資料 WA03 等，均屬 TaiCOMS 因應每日一報作業化模擬而

產生的作業化組合風壓場資料，有關各風壓場資料之網格資訊如表 2 所列。TaiCOMS 作業化組合風壓場的來源為氣象局第四代數值天氣預報模式 WRF 之 M05 成員，其中 WA02 網格解析度約為 0.1667° (或 1/6)，係利用 M05 成員水平解析度為 15km 之風壓場資料內插產生的；WA03 網格解析度約為 0.04167° (或 1/24)，則採用 M05 成員水平解析度為 3km 之風壓場內插產生的。

表 2 TaiCOMS 每日一報作業化組合風壓場之網格資訊一覽表

網格名稱	模擬範圍		解析度($^\circ$)	格點數
	經度($^\circ$)	緯度($^\circ$)		
WA01	100.0/150.0	5.0/40.0	0.5	101×71
WA02	110.0/134.0	10.0/35.0	1/6	145×151
WA03	117.5/124.5	20.5/28.0	1/24	169×181

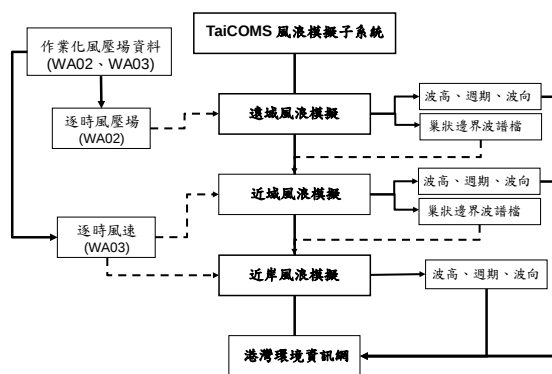


圖 4 TaiCOMS 風浪模擬子系統之架構及作業化模擬流程圖

因應 TaiCOMS 每日一報之特性，系統產生每日 0~72 小時作業化組合風壓場之方式，如圖 5 所示；即依據每日一報作業化模擬啟動時間，往前選取氣象局每六小時發布的天氣預報逐時數值風壓場(0~84 時)共六組，分別抽取相對應時段之風壓場，構成具有連續性的 0~72 時作業化組合風壓場。

長期以來，TaiCOMS 海象模擬作業化系統採用的作業方式為每日一報，即每日執行一次 72 小時波浪及水動力等

海象模擬與預報，包含前一日 24 小時海象追算及今、明日 48 小時推算(預報)，如圖 6 所示。在颱風時期，此一作業化方式提供的風浪預報資訊往往在時效或更新速度上會有跟不上颱風風場變化之疑慮，因此本文提出修正作業方式為每日四報，預報時間分別為臺灣時區之 00、06、12 及 18 時等。

同時，因應東部海岸公路浪襲預警系統及港池靜穩模擬系統開發之需求，因此，本文提出的臺灣東部海域風浪模擬子系統包含 TaiCOMS 既有的大、中尺度風浪模組、小尺度東南海域風浪模組及本文新建的花蓮海域及蘇澳海域小尺度風浪模組。

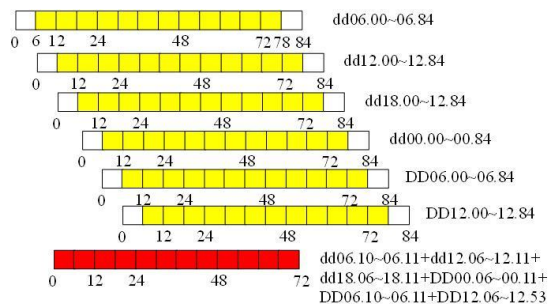


圖 5 TaiCOMS 每日一報海象作業化模擬之預報風場組合方式圖

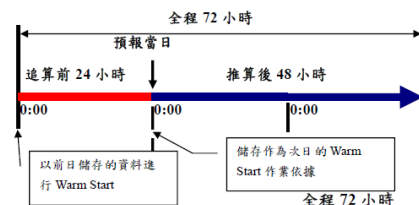


圖 6 海象作業化模擬之追算與推算時間示意圖

二、東部海域風浪模擬系統介紹

本文結合 TaiCOMS 既有的大、中、小尺度風浪模擬系統建構出臺灣東部海域風浪模擬系統，此系統具備的特性說明如下。

2.1 三層巢狀網格架構

本文臺灣東部海域風浪模擬系統採用的數值計算網格架構屬於三層巢狀網格，最外層網格稱之為大尺度網格，解析度為 0.2° ，中層網格稱之為中尺度網格，解析度為 0.04° ，內層網格稱之為小尺度網格，解析度為 0.008° 。各層網格之模擬範圍如圖 7 所示，其中小尺度網格計有三個，其模擬範圍分別代表臺灣東部之東南海域、花蓮海域及蘇澳海域等。本文綜整東部海域風浪模擬系統採用的網格資料，如表 3 所列。

各模組數值計算網格之地形水深資料產生方式簡述如下：

1. 大尺度網格則直接採用 ETOPO1 水深資料，利用繪圖軟體 Tecplot 內插工具得到計算網格地形水深資料，如圖 8 所示；
2. 中尺度網格則整合 ETOPO1、海科中心公布的 500m 及 200m 網格數值水深資料，再利用繪圖軟體內插工具得到計算網格地形水深資料，如圖 9 所示；
3. 小尺度網格(東南、花蓮及蘇澳等海域)水深資料則直接由海科中心公布的 200m 網格數值水深資料分別內插得到，分別如圖 10~圖 12 所示。

表 3 臺灣東部海域風浪模擬系統之巢狀網格資訊一覽表

網格名稱	模擬範圍		解析度($^\circ$)	格點數
	經度($^\circ$)	緯度($^\circ$)		
大尺度	110.0/134.0	10.0/35.0	0.2	121×126
中尺度	117.6/123.6	20.60/28.0	0.04	151×186
東南海域	120.76/122.0	21.52/23.0	0.008	156×186
花蓮海域	121.4/122.4	23.28/24.24	0.008	126×121
蘇澳海域	121.64/122.4	22.24/25.12	0.008	96×111

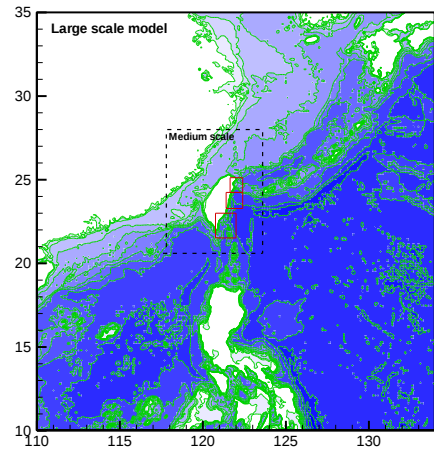


圖 7 東部海域風浪模擬系統之三層巢狀網格架構及範圍圖

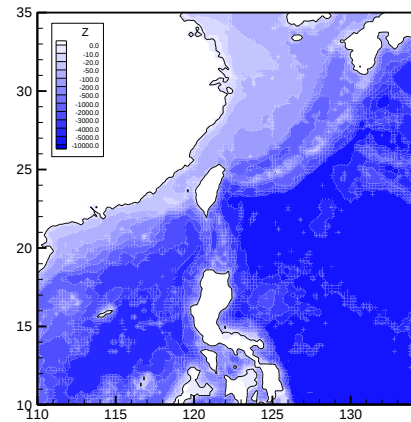


圖 8 大尺度網格水深分布圖

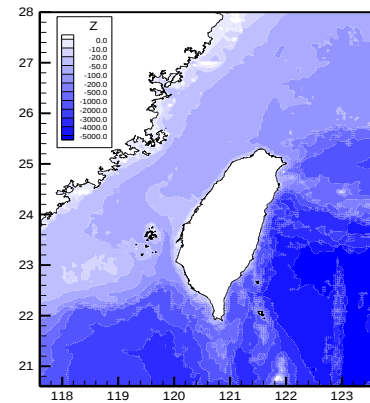


圖 9 中尺度網格水深分布圖

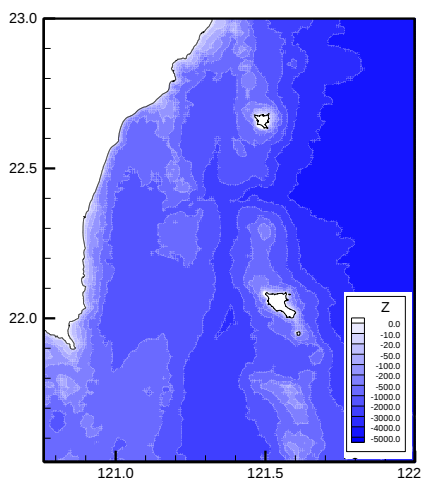


圖 10 東南海域小尺度網格水深分布圖

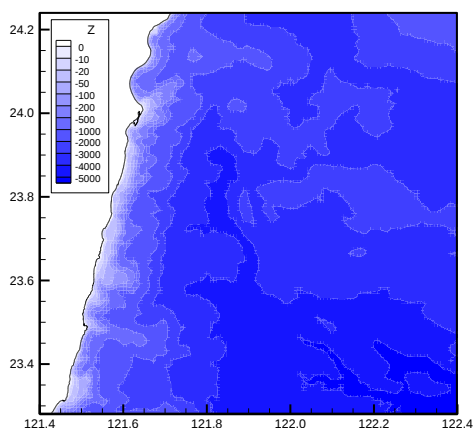


圖 11 花蓮海域小尺度網格水深分布圖

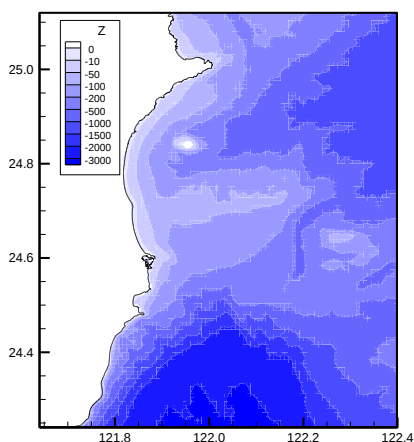


圖 12 蘇澳海域小尺度網格水深分布圖

2.2 風浪模擬架構及流程

本文針對臺灣東部海域風浪模擬系統提出的模擬架構及模擬流程，如圖 13 所示，整體模擬架構包含遠域(大尺度)風浪模擬、近域(中尺度)風浪模擬及近岸(小尺度)風浪模擬等三部份，其中大、中尺度風浪模擬目的分別為提供中、小尺度風浪模擬時所需輸入的逐時邊界條件(波譜資料)，因此僅小尺度風浪模擬預報結果為本文研究重點。

與 TaiCOMS 相同，本文大尺度風浪模擬採用第三代波譜模式 WAM 執行風浪模擬，以節省作業化數值模擬時間；中、小尺度風浪模擬則採用 SWAN 模式，以求得較精確的風浪模擬結果。整體作業化模擬流程與圖 5 之主要差異為，本文作業化風壓場資料改採用 WE01 及 WE02。此作業化組合風壓場資料之來源與 WA02 及 WA03 相同，均來自於氣象局第四代數值天氣預報模式 WRF 之 M05 成員，同樣分別由 M05 成員水平解析度為 15km 及 3km 之風壓場內插產生的。本文作業化風壓場資料 WE01 及 WE02 之網格範圍及解析度，如表 4 所列；相較於表 2 得知，在網格解析度上本文 WE02 略高於 WA03，與 M05 成員水平解析度 3km 網格較接近，此一改善預期有助於促進風浪預報之準確性。

本文風浪模擬系統採用的數值模擬方式均屬非穩態模擬，其中大尺度風浪模組採用的模擬時間距為 120sec，中、小尺度風浪模擬設定的模擬時間距為 300sec。

表 4 TaiCOMS 每日四報作業化組合風壓場之網格資訊一覽表

網格名稱	模擬範圍		解析度(°)	格點數
	經度(°)	緯度(°)		
WE01	105.0/150.0	10.0/40.0	1/6	271×181
WE02	116.0/125.0	20.0/29.0	1/30	271×271

本文臺灣東部海域風浪模擬系統大、中、小尺度風浪模組採用的數值模擬方式均屬非穩態模擬，其中大尺度風浪模組採用的模擬時間距為 120sec，中、小尺度風浪模擬設定的模擬時間距為 300sec。

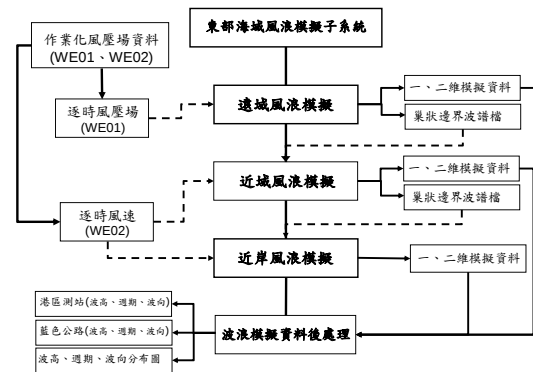


圖 13 東部海域風浪模擬系統之架構及作業化模擬流程圖

2.3 每日四報作業方式評估

由於 TaiCOMS 每日一報作業方式，風浪模擬系統每次作業化耗費的模擬時間約 3.5 小時，若每日四報採取 TaiCOMS 既有的風浪模擬時間方式(採取 72 小時模擬預報方式)規劃，則系統可能陷入無法休息狀態。因此，本文規劃的每日四報作業方式是，每報數值模擬時間長度由 72 小時縮短為 54 小時，其中前 6 小時屬於追算模擬階段，後 48 小時屬於預報模擬階段，維持系統 48 小時預報特性不變，如圖 14 所示。在每報數值模擬時間長度為 54 小時之情況下，測試得到每報耗費的模擬時間約 2.5 小時，經評估為系統可承受方式。

因應每日四報作業方式的改變，每報風浪模擬系統輸入的組合風場資料結構的改變，如圖 15 所示。圖 15 風場之組合結構與 TaiCOMS 每日一報風場之組合結構(參考圖 5 所示)相同之處為，每報追算時間段的風場資料合併後，等於氣象局每報天氣數值資料時間段

06~11 時之組合；以及每日四報第一報之預報時間段風場資料與每日一報之預報時間段風場資料具有一致性的特性。

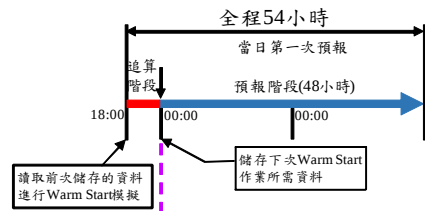


圖 14 每日四報每報風浪模擬之追算與推算時間示意圖

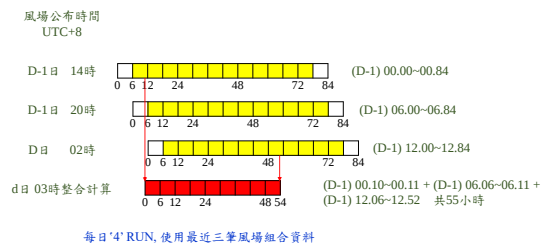


圖 15 每日四報每報作業化組合風場之組合結構示意圖

2.4 離散化波譜之設定

本文風浪模式之波譜離散化方法採用階梯函數(step function)，為獲得相對均等的解析度，離散化頻寬計算採用對數尺度，即 $\Delta f/f = 1.1$ ，則波浪頻率模擬範圍為

$$f_{\max}/f_{\min} = (1.1)^{ML-1} \dots\dots\dots (1)$$

式中 ML 為頻率離散化數量。

本文大、中及小尺度各風浪模組之離散化波譜頻率數(ML)及波向數(KL)設定值分別為 31 及 36，其中最小頻率值 $f_{\min}=0.04$ ，波向解析度為 10° 。

2.5 輸出點位及波浪參數之定義

本文小尺度風浪模組設定的輸出點位包括長期波浪測站如港研中心在花蓮港及蘇澳港外的 AWAC 波流觀測站(HLA 及 SAA)、氣象局或水利署設置浮標測站如台東外海浮標(TD)、蘭嶼浮標

(LY)、花蓮浮標(HLB)及蘇澳浮標(SAB)等，各測站位置分布如圖 16~圖 18 所示。此外，針對東部海岸公路浪襲路段如臺東之南興段(NX)及多良段(DL)、花蓮人定勝天紀念碑所在石門段(SM)等，本文設定的風浪模擬資訊輸出點位，分別如圖 16 及圖 17 所示。另針對花蓮港域靜穩模擬系統開發所需之風浪模擬資訊輸出點位，如圖 17 所示。

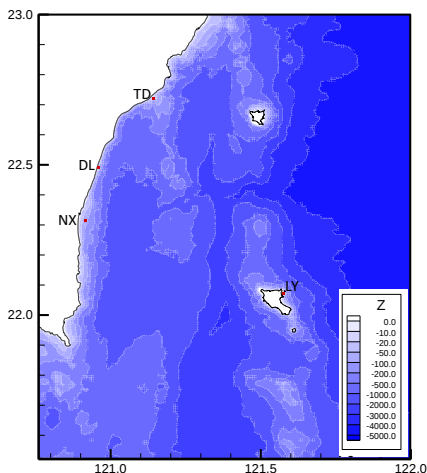


圖 16 東南海域小尺度風浪模組輸出點位分布圖

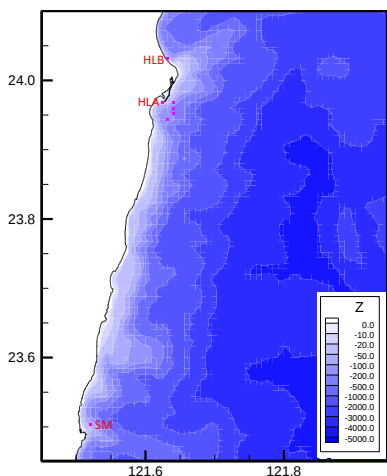


圖 17 花蓮海域小尺度風浪模組輸出點位分布圖

風浪模擬輸出的主要波浪參數包括示性波高(H_s)、平均波向(θ_m)、平均週期(T_m 或 T_{m02})、譜峰週期(T_p)等參數，相關參數之定義，本文參考 SWAN 使用手冊(Booij et al^[5], 2004)整理如下：

4. 波浪能譜 $E(f, \theta)$ 之 n 階動差(M_n)：

$$M_n = \int f^n E(f, \theta) df \cdot d\theta \dots\dots\dots (2)$$

5. 示性波高(H_s)

$$H_s = 4\sqrt{E_0} = 4\sqrt{M_0} \dots\dots\dots (3)$$

6. 平均週期(T_m 或 T_{m02})：零階動差(M_0)與 2 階動差(M_2)比值之平方根定義風浪之平均週期，即

$$T_m = T_{m02} = \sqrt{M_0/M_2} \dots\dots\dots (4)$$

7. 平均波向

$$\langle \theta \rangle = \tan^{-1}(SF/CF) \dots\dots\dots (5)$$

式中

$$SF = \int \sin\theta E(f, \theta) df \cdot d\theta \dots\dots\dots (6)$$

$$CF = \int \cos\theta E(f, \theta) df \cdot d\theta \dots\dots\dots (7)$$

8. 譜峰週期(T_p)：以不連續波浪能譜 $E(f_i)$ 之最大能量頻寬(bin)之不連續頻率 f_p 定義波浪之譜峰週期，即

$$T_p = 1/f_p \dots\dots\dots (8)$$

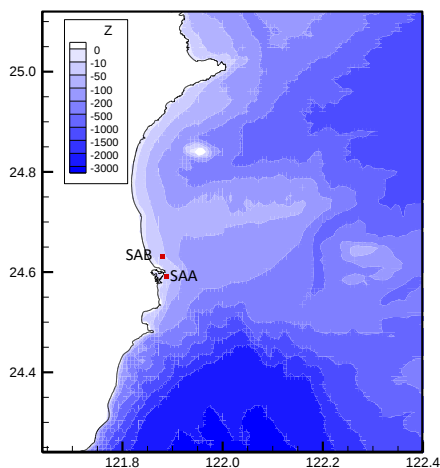


圖 18 蘇澳海域小尺度風浪模組輸出點位分布圖

三、東部海域風浪模擬作業化模擬成果

每年夏秋之際，臺灣周圍海域易遭受颱風侵襲，2019 年氣象局發布的侵臺颱風警報計有輕度颱風丹娜絲(DANAS)、強烈颱風利奇馬(LEKIMA)、輕度颱風白鹿(BAILU)及中度颱風米塔(MITAG)等，上述颱風路徑分別如圖 19 至圖 22 所示，其中強烈颱風利奇馬警報時間為 08/07 17:30~08/10 08:30，颱風中心雖然未登陸，但暴風圈掠過臺灣北部及東北部陸地；輕度颱風白鹿警報時間為 08/23 05:30~08/25 11:30，颱風中心於屏東滿州附近登陸，從高雄楠梓附近出海。中度颱風米塔在菲律賓東方海面生成後向西北移動，朝臺灣東北部海面前進，警報發布時間為 09/29 08:30~10/01 11:30。

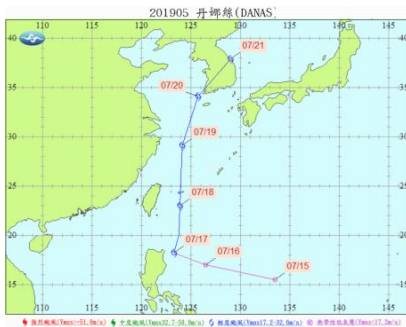


圖 19 2019 年輕度颱風丹娜絲(DANAS)侵臺路徑圖(來源：氣象局網站颱風資料庫)

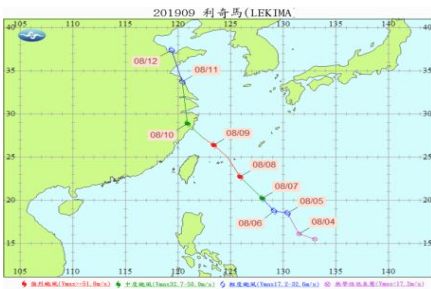


圖 20 2019 年強烈颱風利奇馬(LEKIMA)侵臺路徑圖(來源：氣象局網站颱風資料庫)

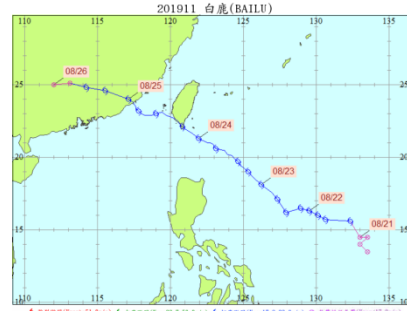


圖 21 2019 年輕度颱風白鹿(BAILU)侵臺路徑圖(來源：氣象局網站颱風資料庫)

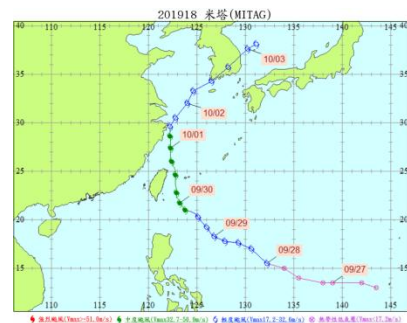


圖 22 2019 年中度颱風米塔(MITAG)侵臺路徑圖(來源：氣象局網站颱風資料庫)

本文以強烈颱風利奇馬為例，說明臺灣東部海域小尺度風浪作業化模擬成果。強烈颱風利奇馬於 8 月 3 日發展成熱帶低氣壓，8 月 5 日成為輕度颱風，至 8 月 8 日成為強烈颱風，颱風警報時間發布時間為 08/07 17:30，解除警報時間為 08/10 08:30，侵臺日期為 8 月 9 日。

3.1 花蓮海域小尺度風浪模擬成果

本文選取 8 月 7 日 00 時花蓮海域小尺度風浪示性波高模擬結果與氣象局波浪預報結果(6 日 12 時 UTC)、觀測資料比對，如圖 23 及圖 24 所示，圖中本文模擬值之預報長度為 48 小時，CWB 預報資料長度為 84 小時。圖 23 顯示在風場預報時間相同情況下，本文 AWAC 測站之示性波高模擬值與氣象局預報值之模擬趨勢高度相似，但氣象局預報值明

顯高於本文模擬值；與觀測值比對結果顯示，前 24 小時本文示性波高預報值低於觀測值，36~48 小時本文預報值轉為高於觀測值。圖 24 浮標測站比對結果顯示，氣象局預報值仍普遍大於本文模擬值，二者模擬趨勢之相似性明顯不如 AWAC 測站模擬結果。

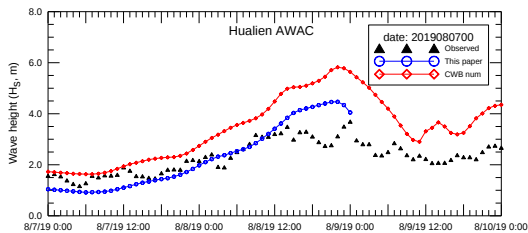


圖 23 花蓮海域 AWAC 測站波高模擬值與氣象局預報值、觀測值之比較

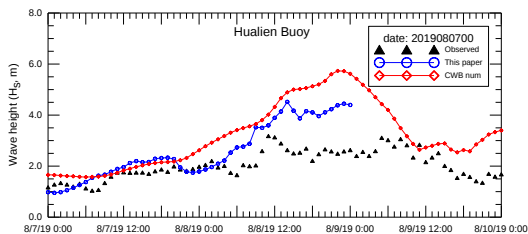


圖 24 花蓮海域浮標測站波高模擬值與氣象局預報值、觀測值之比較

圖 25 及圖 26 為本文 8 月 9 日 18 日預報結果與氣象局預報值(9 日 06 時 UTC)、觀測值之比對，同樣顯示 AWAC 測站本文與氣象局預報趨勢相似性高於浮標測站預報結果，以及氣象局預報值普遍大於本文模擬值等特性。

本文另針對 7 及 8 日每日四報風浪預報階段(6~48 時)，選取花蓮港 AWAC 測站示性波高模擬結果與觀測值比較，如圖 27 及圖 28 所示，其中每日 00 時預報結果等同港研中心 TaiCOMS 每日一報預報階段。圖 27 顯示本文在 7 日 06 時第二報時，因氣象局及時修正颱風侵臺期間預報風場而修正颱風侵臺期間示性波高預報值，縮小預報值與觀測值間誤差。因此每日四報作業方式不僅可以提昇預報資訊更新速度，同時可以達到改善預報資訊之準確性及參考性等目的。

此外，每報之間前 36 小時預報值差異較不明顯，亦即代表預報趨勢偏差較大時段通常發生於 36 時以後。類似的情況同樣出現在花蓮浮標測站示性波高模擬，如圖 29 及圖 30 所示。

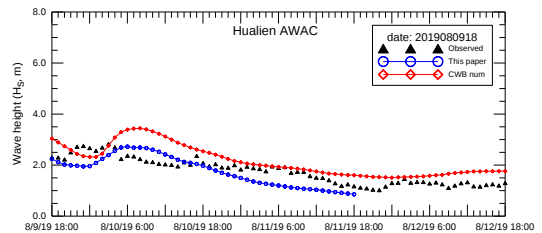


圖 25 花蓮海域 AWAC 測站波高模擬值與氣象局預報值、觀測值之比較

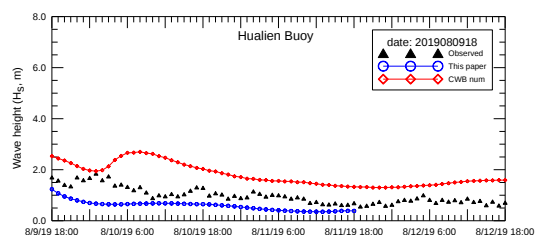


圖 26 花蓮海域浮標測站波高模擬值與氣象局預報值、觀測值之比較

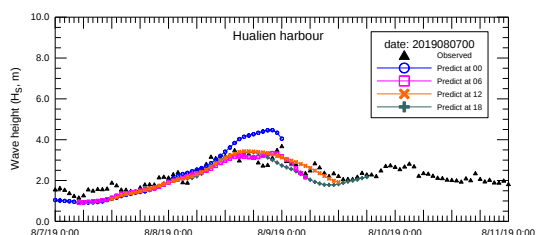


圖 27 8 月 7 日每日四報花蓮海域 AWAC 測站波高模擬值與觀測值之比較

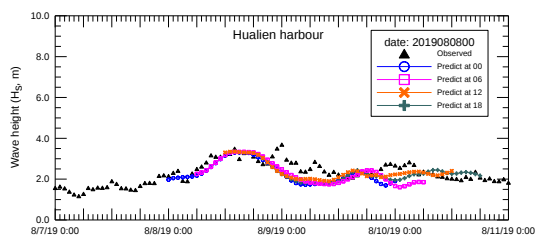


圖 28 8 月 8 日每日四報花蓮海域 AWAC 測站波高模擬值與觀測值之比較

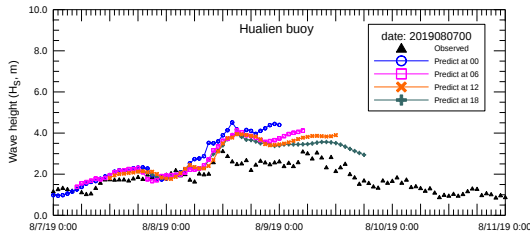


圖 29 8 月 7 日每日四報花蓮海域浮標測站波高模擬值與觀測值之比較

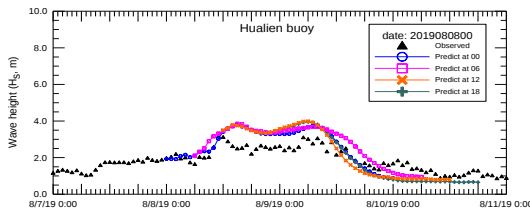


圖 30 8 月 8 日每日四報花蓮海域浮標測站波高模擬值與觀測值之比較

3.2 蘇澳海域小尺度風浪模擬成果

本文同樣選取 8 月 7 日 0 時蘇澳海域小尺度風浪示性波高模擬結果與氣象局波浪預報結果(6 日 12 時 UTC)、觀測資料比對，如圖 31 及圖 32 所示。比對結果呈現 AWAC 與浮標兩測站之預報值及觀測值大小及變化均相當類似，颱風期間本文與氣象局預報值均明顯高於觀測值。圖 33 及圖 34 為本文 8 月 9 日 18 日預報結果與氣象局預報值(9 日 06 時 UTC)、觀測值之比較，結果呈現 AWAC 測站本文模擬值低於氣象局預報值及觀測值；浮標測站本文模擬值與氣象局預報值極為近似，與觀測值大小相當。

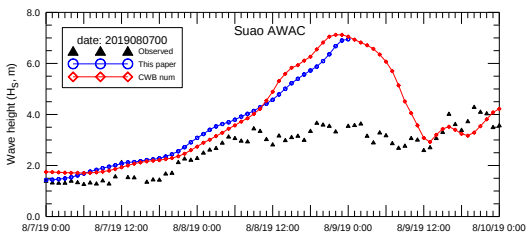


圖 31 蘇澳海域 AWAC 測站波高模擬值與氣象局預報值、觀測值之比較

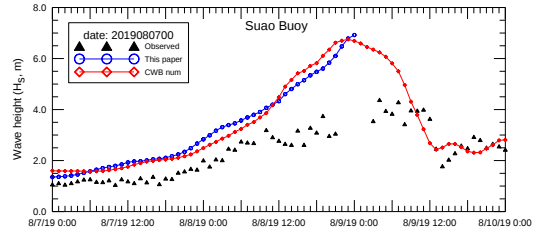


圖 32 蘇澳海域浮標測站波高模擬值與氣象局預報值、觀測值之比較

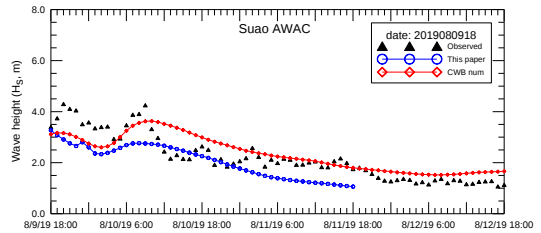


圖 33 蘇澳海域 AWAC 測站波高模擬值與氣象局預報值、觀測值之比較

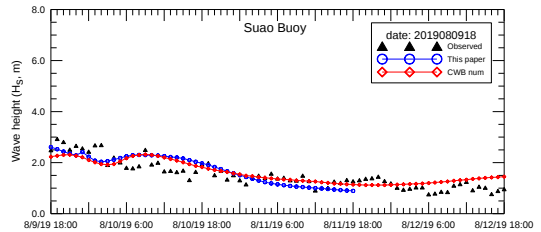


圖 34 蘇澳海域浮標測站波高模擬值與氣象局預報值、觀測值之比較

針對 7 及 8 日每日四報風浪預報階段，本文同樣選取蘇澳港 AWAC 及浮標測站之示性波高模擬結果與觀測值比較，如圖 35~圖 38 所示，同樣呈現本文在 AWAC 及浮標兩測站預報值大小及變化趨勢均相當近似。其中 7 日四次預報結果顯示，颱風侵臺期間(8 日 6 時~)示性波高預報值的修正相當顯著；直至 8 日以後，四次預報結果颱風期間示性波高預報值才趨近於相似。

四、結論

本文針對臺灣東部海域風浪模擬提出每日四報作業化模擬方式，每報風浪模擬預報時間長度為 54 時，其中其 6 小時屬於追算模擬階段，後 48 小時於預報模擬階段。本文參照 TaiCOMS 作業化組合風壓場組成構架建構作業化風壓場，可確保每日四報第一報採用的組合風壓場(0~54 時)等同 TaiCOMS 每日作業化組合風壓場(17~72 時)，將有助於縮短兩作業系統更替之過渡期。

針對 2019 年強烈颱風利奇馬侵臺期間風浪作業化模擬成果，本文採用 AWAC 及浮標觀測資料、氣象局風浪預報資料進行校驗。對東部海域而言，氣象局預報值普遍高於本文模擬值之現象，應與兩系統採用的預報風場不同有關。此外，本文每日四報作業方式不僅提昇預報資訊更新速度，同時達到改善預報資訊之準確性及參考性等目的。

參考文獻

1. 交通部中央氣象局，決定性波浪預報系統操作手冊，2011 年。
2. 交通部運輸研究，近岸數值模擬系統之建立(III)，2007 年。
3. 劉正琪、李兆芳、李俊穎、陳明宗，「澎湖海域海象模擬」，港灣季刊，第 107 期，2017 年，1-18 頁。
4. 劉正琪、李兆芳、傅怡釗、李俊穎、謝佳紘，「臺灣東南海域海象模擬系統建置」，港灣季刊，第 114 期，2019 年，1-18 頁。
5. Booij, N., Haagsma, J.G., Holthuijsen, L.H., Kieftenburg, A. T. M. M., Ris, R. C., van der Westhuysen, A. J. and Zijlema, M., "SWAN Cycle III version 40.41 USER MANUAL", Delft University of Technology, 2004.

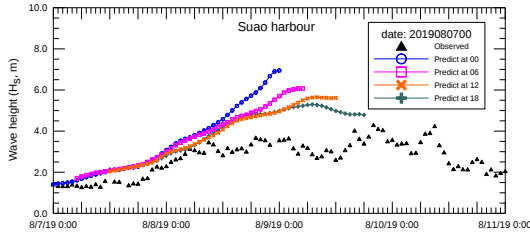


圖 35 8 月 7 日每日四報蘇澳海域 AWAC 測站波高模擬值與觀測值之比較

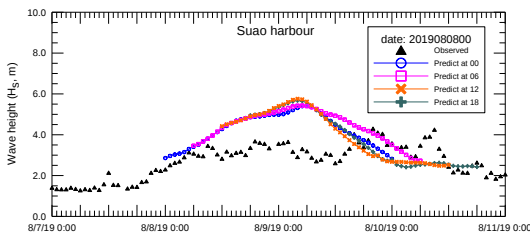


圖 36 8 月 8 日每日四報蘇澳海域 AWAC 測站波高模擬值與觀測值之比較

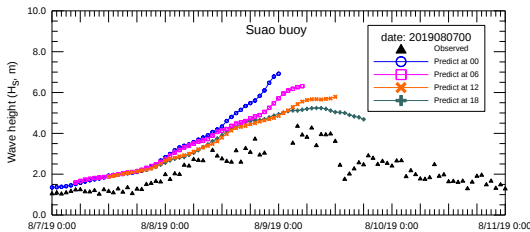


圖 37 8 月 7 日每日四報蘇澳海域浮標測站波高模擬值與觀測值之比較

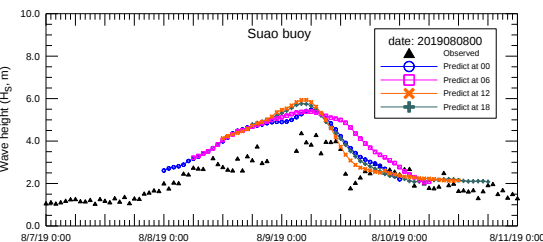


圖 38 8 月 8 日每日四報蘇澳海域浮標測站波高模擬值與觀測值之比較