

臺灣近岸海象預報系統

邱永芳¹ 蘇青和¹

交通部 運輸研究所 港灣技術研究中心¹

摘要

臺灣海岸每年受颱風侵襲，暴潮溢淹、海水倒灌、海岸侵蝕、波浪破壞海堤等海象災害甚為嚴重，為提供精確海象資料，即時採取適當之應變措施，達到搶災救災之目的，國內亟需一套可作業化之海象災害預警系統。本文介紹港研中心目前在臺灣主要商港區之海氣象即時監測站設置、觀測儀器安置情形，即時監測站之目的為迅速掌握即時海象資訊，監控海象變化。另為準確推估(預報)海象動態，掌控未來海況，並建立一套適用於臺灣海域之近岸海象預報系統。預報模式項目包含了風場、波浪、水位、流場及擴散等模擬，其中風場的模擬包含了季風及颱風，同樣波浪的模擬也包含了季風波浪及颱風波浪，水位的模擬則包含天文潮位及暴潮位，海流的模擬項目較多包含天文潮流、風驅流(暴潮流)等。

一、前言

臺灣領海面積廣闊，提供許多能源、資源及遊憩活動空間，如臺灣海域豐盛的漁場、海岸開發、各縣市政府積極推行的藍色公路等等，皆將人民的生活空間由沿岸陸地移向海洋。海岸每年受颱風侵襲，颱風暴潮溢淹、海水倒灌、海岸侵蝕、颱風波浪破壞海堤等海象災害，為地區嚴重災害之一，其次在海難發生或漏油發生，因常缺乏當地較精確海象資料資料，以致無法很快地提供救災。為了保護人民的生命財產，對於近海的海象狀況比需要有一定程度的了解；以讓政府決策與管理單位及民間開發廠商在設計及災害防護及預警措施等有及時的數據，完整的海象資料甚為重要。

海象觀測項目泛指海流、潮位、風力及波浪等。國內觀測資料應用現況，交通部運輸研究所及中央氣象局以潮波流等海氣象觀測方面為主，經濟部水利署則重視河口與海岸之保護與防災，經濟部工業局主要進行許多與濱海或離島工業區興建有關之海域資料調查與監測，國科會主要補助學術機關從事較基礎之海洋研究，國防部海軍海洋測量局專精在海域水文調查與航測海圖方面，環保署水保處與監資處著重在海洋污染監測方面。雖然近年來這些與海洋相關之部會，已依其特定政策目標進行

一些海域調查監測，但調查資料相當零散，國科會目前委責海科中心進行海洋資源資料庫整合，初階段以建立全國虛擬海洋資料庫為目標，未來再整合完整資料庫。

為保護和利用近岸海域，邁向 21 世紀的海洋國家，除近岸海域的使用外，應著重百姓生命財產的保護，以補往昔之不足。由於全球環境變遷，藉由過去觀測的資料加以統計分析所得的結果已不足為憑，各項回歸週期之設計基準也將不足以應付新的自然條件所加諸之嚴酷挑戰。因此，近岸海象預報系統的建立配合臺灣要邁向海洋國家最重要的施政項目。

二、主要商港海氣象即時監測系統

國內的海象觀測站以交通部運輸研究所港灣技術研究中心(如圖 1)、交通部中央氣象局及經濟部水利署所設置之長期固定測站為主(如圖 2)、經濟部工業局離島工業區設置之調查監測站，及其他學術及研究單位(如及一些海事顧問公司等，亦有以計畫為目的(如數值計算、水深測量、浚深工程…等)所設置之短期觀測站，這些觀測站除了使用不同型式的儀器，並沒有一共同之水準基點，因此在使用上必須非常小心注意。觀測站分佈均以近岸或港內之測站為主，因此在模式應用上測站的資

中，再經由電話線之數據傳送機傳送回中心。感應器在水中量測會因水溫、鹽度、水中氣泡、海生物等均會影響，每半年至一年（視不同海況而定）必須將儀器收回維護保養。

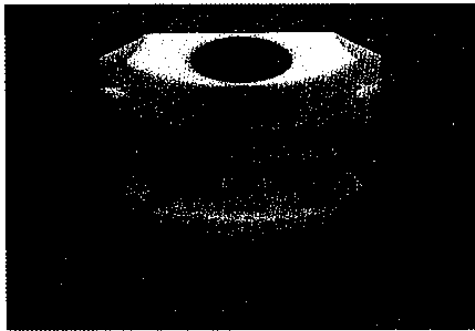


圖4 AWCP超音波式波向波高與剖面海流儀器

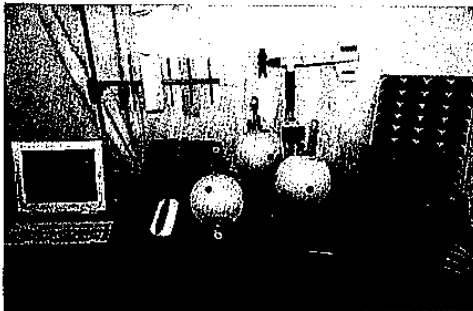


圖5 S4海氣象儀器觀測儀器

三、臺灣近岸海象預報系統

參考各國近海海象預報系統的發展狀況，規劃完整的臺灣近海海象預報系統-TaiCOMS (Taiwan Coastal Operational Modeling System)，包括數值預報模式的建立及驗證、觀測網的架設及資料庫的整合。整體規劃的架構如圖 6 所示。包括數值預報系統自動化的建立及與現場觀測資料驗證。觀測網站部分預計可以得到的觀測資料為地形、水深、氣壓、颱風、風場(風速、風向)、波場(波高、週期及波向)、水位(天文潮位、暴潮位)及流場(流速、流向)等現場資料，經同步連線回傳整理後統一輸入資料庫中以便未來提供查詢及模式應用。模式部分則包含了風場、波浪、水位、流場及擴散等模擬，其中風場的模擬包含了季風及颱風，同樣波浪的模擬也包含了季風波浪及颱風波浪，水位的模擬則包含天文潮位

及暴潮位潮位，海流的模擬項目較多包含天文潮流、風驅流(暴潮流)、長週期恒流及波浪引起之沿岸流等。擴散模式主要重點為油污，其次為一般污染濃度。

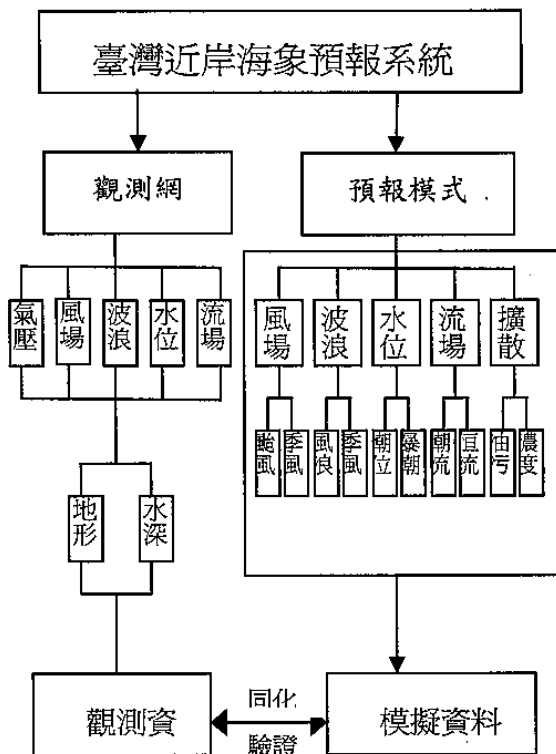


圖 6 臺灣近海海象預報系統架構圖

預報模式風場的部分直接引用中央氣象局 NFS 海上風場模式與 NOAA 海上風場模式所產生的全域及時預報風場，另颱風之局部風場仍須以颱風風場解析模式根據氣象局的預報資料輸入進行海象預測，模式產生的資料同樣也進入資料庫中，如此便可以將模式預測的資料與觀測網路得到的現場資料做同化，以增加模式模擬的精確度。波浪模式方面成建立 WAN 模式、SWAN 模式、類神經網路颱風波浪模式、半經驗颱風波浪模式等風浪模式，波浪模式之大小網格最佳化及水深資料建立，並增設區域性近岸波浪模式與相關模式的工作，以期有更準確、更有效率的預報臺灣沿岸海域的風浪。另建置本土化之潮汐及風暴潮水位預報模式，以臺灣環島海岸觀測水位資料，校驗數值模擬結果。流場模式方面建立二維及三維全域水動力模式。作業化臺灣近岸海象預報系統-TaiCOMS (Taiwan Coastal Operational Modeling System)，包括數值預報系統自動化

的建立及與現場觀測資料驗證。

3.1 風長及氣壓模式

波浪及水位的預報皆會受到氣象條件的影響，特別是風速及氣壓的影響最大。歐洲（ECMWF）與美國（NOAA）皆有大型氣象預報模式預報全球氣象資料，中央氣象局也在 2002 年完成臺灣海域動態氣象預報模式預報即時全域海上風場。預報風場及氣壓場模式引用 NOAA 預報風場及中央氣象局預報風場。NOAA 全球預報風場範圍為南緯 78 度至北緯 78 度，西經 180 度至東經 180 度，經度部份網格解析度為 1.25 度一格，緯度部分為一度一格，圖 7 為 NOAA 全球預報風場向量圖，

中央氣象局 NFS 預報風場模式提供三種不同尺度範圍風場，西太平洋風場範圍為南緯 5 度至北緯 43 度，東經 78 度至東經 180 度，網格為 45KM；中國海域風場範圍為北緯 9 度至北緯 35 度，東經 110 度至東經 138 度，網格為 15KM；臺灣海域風場範圍為北緯 20 度至北緯 26 度，東經 119 度至東經 123 度，網格解析度為 5KM，以便得到更符合臺灣海域的風場狀況。圖 8 為中央氣象局 NFS 預報風場模式 15km 尺度範圍之預報風場向量圖。

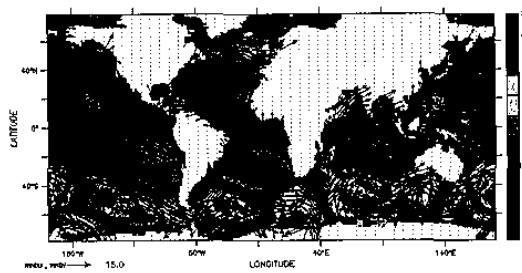


圖7 NOAA全球預報風場圖

3.2 臺灣海域風浪模式系統

3.2.1 西太平洋海域風浪模式

本系統所使用的全域風浪模式是經過 WAMDI Group 在模式的物理過程和數值方法上加以改良後，適用於遠域風浪預報的 WAM 模式(Wave Model)。WAM 模式所使用的基本控制方程式為波浪能量平衡方程式，此

方程式能描述方向波譜在時間及空間上的變

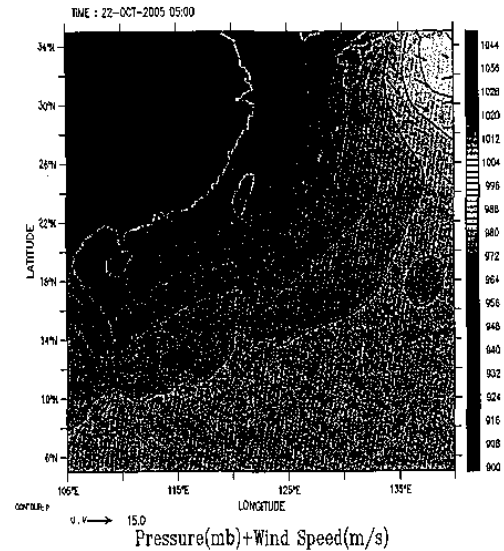


圖 8 NFS 風壓模式向量圖(15KM)

化過程。這些變化過程包括風傳遞到波浪的波能輸入條件、白沫效應、底床摩擦和波、波之非線性交互作用。

3.2.2 臺灣海域區域波浪模式系統

臺灣近岸海域的波浪模式係引用由荷蘭 Delft 技術大學所發展的波浪模式 SWAN 模式 (Simulating WAve Nearshore, Booij et al., 1996)。SWAN 模式是一個利用風、海底底床及海流狀況以獲得在海岸地區、湖泊或河口附近水域的合理預估的波浪數值的波浪數值模式，這個數值模式基本上是依據波浪作用力平衡方程式 (wave action balance equation) 或是沒有流作用下的能量平衡方程式，以及源流與沉流(source and sink)，它是屬於第三代的波浪預報模式。此一模式係累積過去學者的研究成果為基礎加以整合及改良而成，它可以計算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。因此，SWAN 模式具有推算近岸波浪的功能。圖 9 為泰立颱風期間基隆港波浪預報結果。

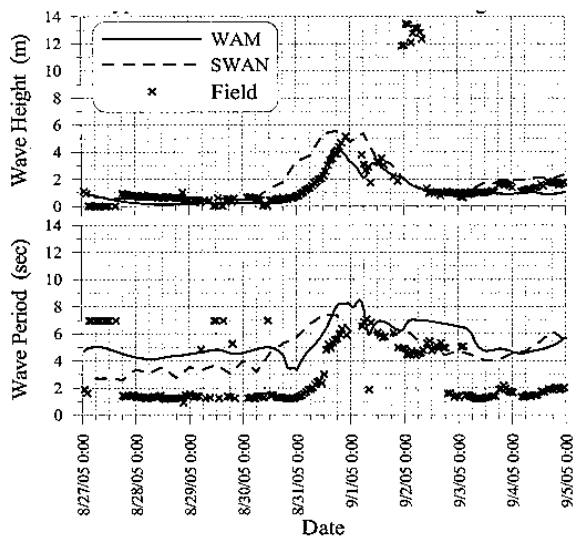


圖 9 泰利颱風期間台中港測站模式預測波浪與觀測波浪比較圖

3.2.3 臺灣近岸海域波浪模式系統

近岸波浪模式模擬系包含 (1) 近海波浪模式：在全域風浪模式(SWAN)之下，構建一容許較大模擬範圍之近岸區域波浪模式，模擬外海風浪向近岸傳遞之折、繞射現象，藉以推算臺灣近岸海域之波浪狀況。經評估後採用 Kirby and Dalrymple 所發展的 REF/DIF 模式為本計畫之區域波浪模式，具有運算快速、穩定的數值計算及可以處理大角度入射間等優點；主要缺點為無法考慮反射波影響。圖 10 是花蓮港近海模擬結果。

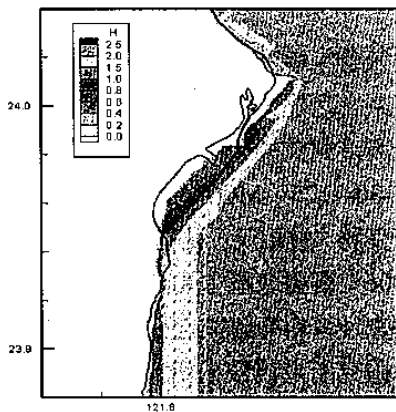


圖 10 REF/DIF 模式花蓮港近域浪場結果

(2) 港區波浪模式：針對合港口及海岸結構物附近海域採用能夠模擬波浪之折、繞射及反射等現象之港域波浪場模式(MSE)，模擬波浪狀況。圖 11 是花蓮港港區模擬結果。

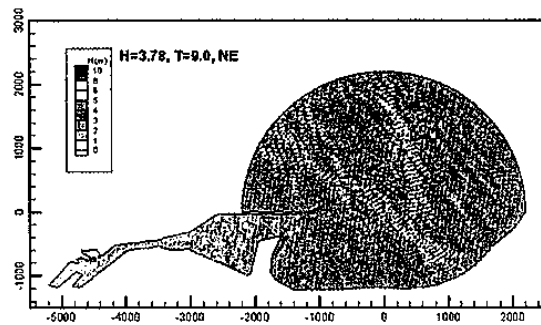


圖 11 花蓮港港區波浪場計算結果

3.3 臺灣海域水動力模式系統

水動力模式計算的項目包含即時水位計算及流速計算，水位變化的主要動力包含天文潮及氣象潮（風暴潮）。天文潮模式在國內外已有多年發展經驗，例如國內許多單位使用美國學者劉肖孔博士所建置的模式；風暴潮主要是由氣象參數中大氣壓力變化與風場驅動等因素所引發海水水位異常變化的現象，與天文潮最大的差異點是其不具週期性，完全受到當時的氣象狀況影響，所以國內以往大多運用颱風數值模式模擬推估可能的暴潮偏差，且多以海事工程設計所需參數所做之計算，並沒有風暴潮即時預報的相關研究。由於現今電腦科技進步神速，電腦所能提供的運算量比起以前有大幅進步，計算方法也隨之改進，因此許多國家所發展的水位預報數值模式皆已朝向將氣象條件（風速、風向及大氣壓力）的影響直接與天文潮波整合以全域水動力模式直接計算，在模式中達成動態平衡，使風暴潮與天文潮的相互影響可以被完整的考慮。

本研究使用歐盟發展的模式 - COHERENS 作為水位及海流的模擬工具。水動力模組以二維及三維動量方程式、連續方程式描述海水的運動，動量方程式並採用水靜力平衡 (hydrostatic equilibrium) 的假設而簡化。以有限差分的數值方法，將基本方程式以有限差分的方式表示，進而以各種不同的數值方法進行演算。除改進模式精確度並合理改善計算速度，並以自動作業化方式進行每日線上自動操作。模式使用中央氣象局每日預報風場資料，並以現場觀測水位資料評估計算結果，圖 12 展示 2005 年泰立颱風期間台中港預報結

果。另外本研究亦應用神經網路快速學習及可模擬複雜問題的優點進行潮汐預測及颱風期間暴潮水位之預警（如圖 13）。

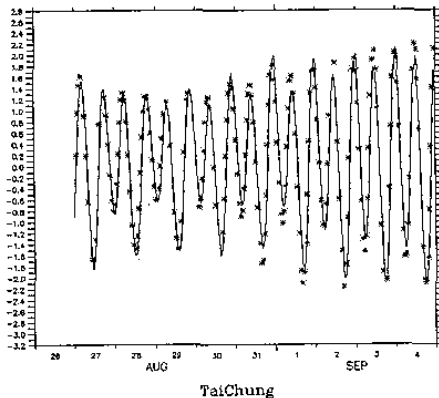


圖 12 泰利颱風期間台中港測站模式預報水位與實測潮位比對圖

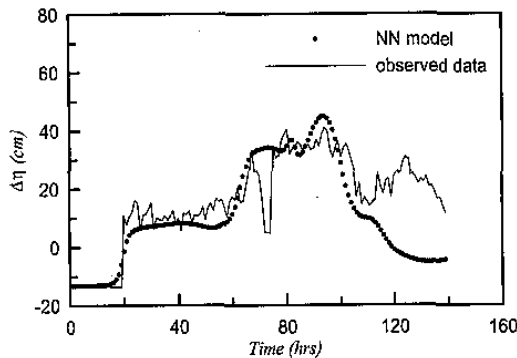


圖 13 蘭寧颱風期間花蓮港測站神經網路預測暴潮偏差與觀測值比較圖

四、線上預報作業

目前已完成上線預報作業的項目為水位、流場、波浪模式包括 WAM、SWAN、REF/DIF 及 MSE 模式等，配合氣象風壓預報資料長度，目前每次現報作業時間為三天，包含 24 小時現報（現報結果與七大港即時觀測系統資料比對）及 48 小時預報（僅呈現模式計算結果），每日預報一次。圖 21 為線上預報流程圖。另外，自中央氣象局取得之預報風場及氣壓場經解碼及格點轉換及內差處理後，亦經可視化處理將動畫展示於海情中心網頁。預報呈現的圖形計有七大港區三日水位變化時序圖、三日西太平洋海域水位及流場動畫、三日七大港區西太平洋大尺度網格波浪模式（WAM）、臺灣海域中尺度網格波浪模式

（SWAN）、小網格波浪模式 REF/DIF 及細網格波浪模式 MSE 模式等模式計算結果之波高、波向及週期時序圖以及三日 WAM（西太平洋海域）及 SWAN 模式（臺灣附近海域）波高、週期及波向動畫。

五、結論與建議

1. 介紹港灣技術研究中心目前在臺灣主要商港區之海氣象觀測站設置、觀測儀器安置情形，即時監測站之目的為迅速掌握即時海象資訊，監控海象變化。
2. 海氣象觀測作業邁向現代化，全方位提昇海象測報能力，整合國內其他單位海氣象觀測站，建立全國海氣象觀測網，同時進行即時資料之交換。與相關單位共同發展整合性資料庫管理系統，完成全國海氣象資料庫目標。
3. 為準確推估(預報)海象動態，掌控未來海況，並建立一套適用於臺灣海域之近岸海象預報系統。預報模式項目則包含了風場、波浪、水位、流場及擴散等模擬。
4. 未來配合本所海情中心業務，建立近岸防救災預報系統，並採用地理資訊系統之人性化操作界面以利各界之使用。

參考文獻

1. 邱永芳、蘇青和，2006，“近岸防救災預報系統之建立研究(3/5)”，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，基本研究報告，95-30-7175，MOTC-IOT-94-H3DA001。
2. 何良勝、曾相茂、吳基、林柏青、蘇青和，2006，“臺灣地區主要港口附近海域海氣象調查及資料庫建立之研究(1/4)”，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，研究報告，95-84-7218，MOTC-IOT-94-H2DA001。
3. 蘇青和、謝明志，2006，“運用地理資訊系統技術擴建港灣工程基本資料之研究—臺灣地區海氣象資料建置(1/4)”，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，研究報告，95-54-7196，MOTC-IOT-94-H1DA003-3。