

## 台灣海域「海象觀測網及海象預報模式系統」規劃

邱永芳<sup>1</sup> 于嘉順<sup>2</sup> 余孟娟<sup>2</sup> 蘇青和<sup>1</sup>

交通部運研所港灣技術研究中心<sup>1</sup> 國立中山大學海洋科技研究中心<sup>2</sup>

### 摘要

台灣四面環海，海域開發及沿岸開發愈趨頻繁，為保護人民的生命財產，在海岸興建人工建築物來抵擋海岸侵蝕、暴潮溢淹等的災害，必須掌握近海的海象狀況；另外，由於海域面積遼闊，提供許多能源、資源及遊憩活動空間，如台灣海域廣大的漁場、填海造陸、各縣市政府推行的藍色公路等開發行為，將人民的生活空間由陸地漸漸的推向海洋，為了提供政府決策單位及民間開發活動完整的近海海象資訊，發展一套近岸海域海象預警模式系統是迫切需要的。

交通部運研所港灣研究中心已經在台灣五大商港區建立觀測站即時監測並紀錄波浪的資料，許多學者藉著解析的方法來分析波浪情況，這些方式往往只適用於單點產生的波浪推算，缺乏對於整個台灣海域波浪情況全面的掌握。目前世界許多國家皆採用數值模式做為海象預報波浪的方式，交通部運研所港灣研究中心長期為國內港灣建設、海岸開發及航運安全提供所需的資訊與服務，在「近岸防救災預報系統建立計畫」架構下規劃本研究計畫，期能結合國內學者藉由國外的發展經驗，研發一套適用於台灣海域的本土性「海象觀測網及海象預報模式系統」。

台灣目前在近海海象預報仍然使用不同的模式來提供預報資料，但是就事實來看，近海海域的作用是由波浪、潮汐及暴潮相互影響所造成的，所以要實際呈現海水面變化，就要將這三種模式耦合起來同時考慮，這也是目前各個國家在努力的目標，本計劃中規劃整合各個模式的目標，希望能與世界先進各國並駕齊驅。

### 一、前言

台灣四面環海，海岸開發與建設及海域發展是主要趨勢，為了保護人民的生命財產安全，必須在海岸興建人工建築物來抵擋海岸侵蝕、海水倒灌等等的災害，所以必須掌握近海的海象狀況；另一方面領海的面積約為 17 萬平方公里，比起陸域面積大上許多，提供了許多能源、資源及遊憩活動空間，如台灣海峽廣大的漁場、填海造陸、各縣市政府推行的藍色公路等等，皆將人民的生活空間由陸地漸漸的推向海洋，所以為了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，發展一套近岸海域海象預報系統是迫切需要的。

近海海水水位產生變化的原動力為由太陽及月球引力產生潮汐，由風及大氣壓力變化產生的風暴潮（可影響水位變化由數小時到數天），另外就是風產生的風浪（週期可達到 25 秒，波長範圍由 10 公尺到 1000 公尺）。波浪比起潮汐及風暴潮更有威脅力的地方就是波浪在碎波的同時會釋放出大量的能量，這個能量可以摧毀船隻及破壞岸邊的人工結構物，並且會造成海岸侵蝕；在各種浪中，以颱風產生的颱風浪最為值得注意，因為颱風的風力強大，在海面產生的風剪力也相對較大，所

以可以產生週期較長且波高較高能量也較大的颱風浪，若再經由地形的淺化效應，使其波高加大，所造成的影響就更大了；另外一方面，波浪的產生不像潮汐一樣為週期性的，由於這種不確定因素，所以在本計劃中列為優先考量的因素。

目前台灣並沒有一套很完善的系統來預測波浪的發生，在交通部運研所港灣研究中心的努力下已經在台灣五大商港去建立觀測站來觀測及紀錄波浪的資料，並有許多學者藉著解析的方法來重現波浪的產生情況，這種方式往往只適用於單點產生的波浪推算，對於整個台灣海域全面的波浪情況便無法掌握了。

目前世界許多國家皆採用數值模式做為預報波浪的方式 (Prandl, 2000)，國內也有一些學者開始進行這方面的研究，中央氣象局也引進美國海洋及大氣總署 (NOAA) 所發展的波浪預報模式 NWW3 做為海象波浪測報的工具。交通部運研所港灣研究中心長期為國內港灣建設、海岸開發及航運安全提供所需的資訊與服務，在「近岸防救災預報系統建立計畫」架構下規劃本研究計畫，期能結合國內學者藉由國外的發展經驗，研發一套適用於台灣海域的本土性「海象觀測網及海象預報模式系統」(Chen and Chiu, 2002)。

## 二、台灣近海海象預報系統架構

參考各國近海海象預報系統的發展狀況 (Yu et al, 1994; Flather, 2000)，規劃完整的台灣近海海象預報系統應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。整體規劃的理想架構如圖 1 所示，觀測網路部分預計可以得到的觀測資料為氣壓、風速、風向、波高、波像、頻率、潮位及流速等現場資料，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的應用；模式部分則包含了波浪及海水水位的模擬，其中水位的模擬包含了潮位、潮流及風暴潮等模式來模擬，風場的部分由於氣象局可以提供資訊，所以本計劃不擬執行一般風場的預報模擬，但是由於氣象局在颱風風場的預報僅提供颱風路徑、中心最大風速與暴風半徑等資料，颱風場仍須以

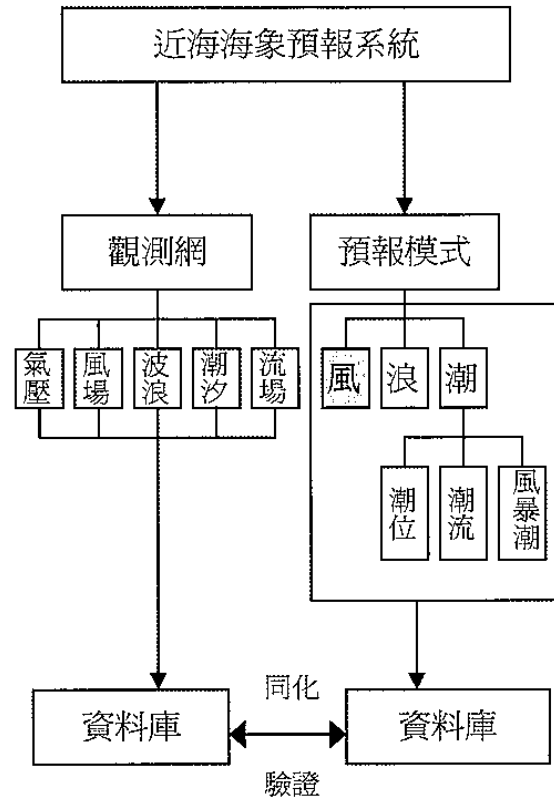


圖 1、近海預報系統架構圖

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，如此便可以將模式產生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。

系統規劃的時程則表示於圖 2，各年所欲達成的目標如下所述，於 2003 年，完成風浪模式的建置，並規劃觀測網；2004 年，完成潮汐及風暴潮模式的建置，並進行觀測網設

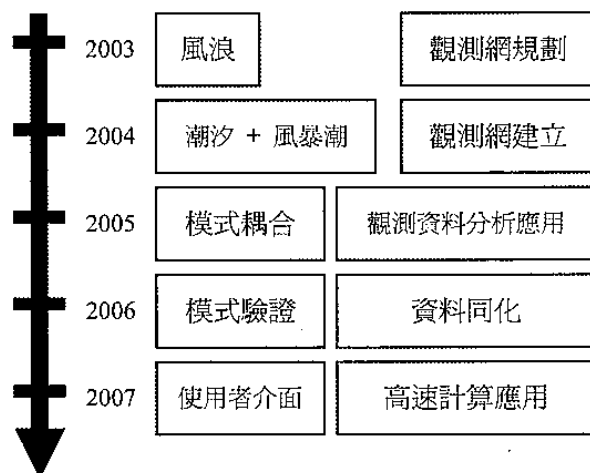


圖 2、海象預報及觀測系統規劃

置；2005 年，將風浪、潮汐及風暴潮模式整合，並將觀測網所觀測的資料作分析後存入資料庫；2006 驗證模式的準確性及資料同化；2007 年，將模式及觀測網的資料作圖形化展示，並完成使用者介面，同時為求整個預報系統的最佳預報時效，進行高速計算的可行性研究，力求近海海象預報模擬系統的預報時間能夠在氣象局發佈氣象預報後三至六小時之內完成。

### 三、近海海象預報模式系統架構

在波浪的預報方面，本計畫擬規劃三種尺度的網格點，以期將台灣海域所有可能預報的的波浪狀況包含在其中。在大尺度模式範圍（台灣海域預報系統），為了將近 20 年的侵台颱風路徑包含在預報模式的計算範圍內，擬採用的解析度為二十分的地球座標弧形網格，範圍由北緯 0 度至北緯 35 度，東經 105 度至 150 度（如圖 3 所示），使用現在世界各國在海洋波浪預測模式評價相當好的 WAM (Janssen, 1995) 來模擬，地形水深的資料在深海部分使用 NGDC 發表的全球水深資料庫配合國科會海洋科學研究中心發表的台灣海域水深資料，風場及氣壓場的輸入則採用中央氣象局的預報資料，另外颱風波浪的風場及氣壓場部分，由於中央氣象局目前的颱風預報資料精度不足以滿足模式的需求，所以仍然需要使用颱風解析模式來做模擬颱風內部的風場及氣壓場 (Holland, 1980)。

中尺度模式（台灣海峽預報系統）採用的解析度為五分網格，範圍由北緯 21 度至 26 度，東經由 118 度至 123 度（如圖 4 所示），同樣使用 WAM 來做模擬，邊界的部分則可使用大尺度範圍的模擬結果做內差。小尺度的近岸區域模式系統則是依據個各地區不同特性來規劃，由於 WAM 較不適合模擬近岸的淺海地形，所以擬採用以荷蘭 Delft 大學發展的近海風浪模式 SWAN (Booij et al, 1996; Holthuijsen et al, 1997) 做為基礎所改善發展的系統來模擬，同時也使用類神經網路模式及風域推算之半經驗模式等傳統模式來做模擬比對，以補足 SWAN 無法模擬的區域範圍，

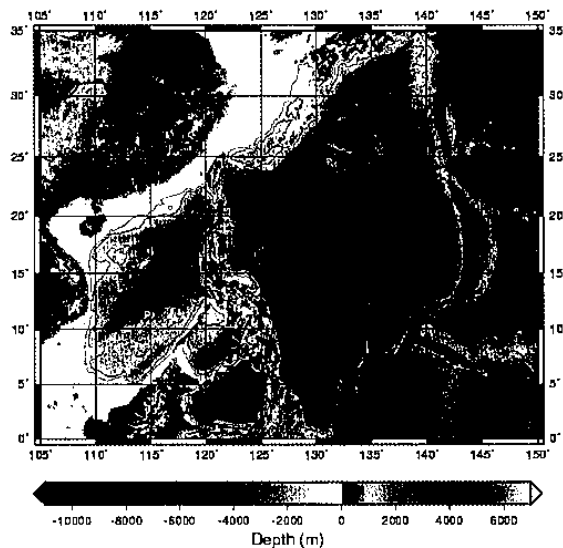


圖 3、台灣海域（大尺度）預報模式範圍

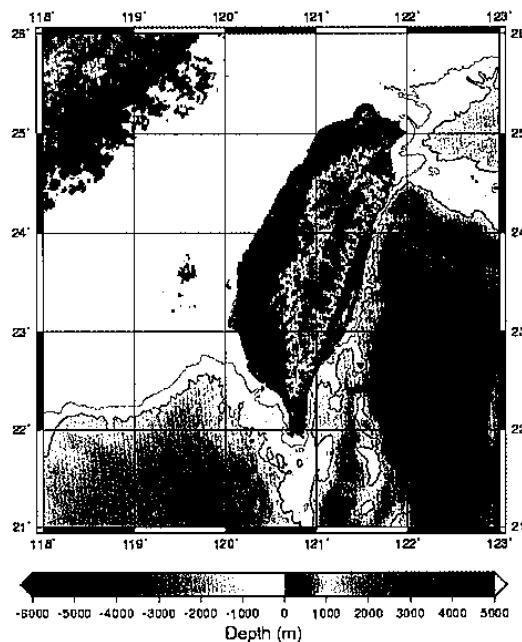


圖 4、台灣海峽預報模式範圍

並可比較各模式的模擬結果。

### 四、近海海象預報模式系統介面

台灣四周海岸由不同單位依其個別需求而佈置許多海象觀測站。由於缺乏整體性的整合，往往形成觀測站分布不均、觀測項目、精度與資料格式不同，造成觀測結果無法相互支援提供防災使用，而顯現資源重複投資卻沒有發揮應有的功能現象。本計畫的另一目標是建置本土化颱風波浪預報系統，透過模式的預測

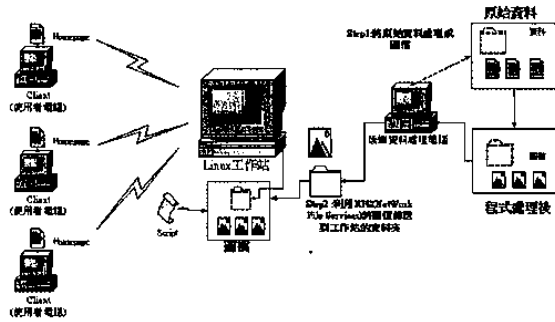


圖 5、TaiCOMS 操作系統架構概念圖

模擬可提供台灣沿海波浪在時間及空間上完整的資料，模式預報資料與現場觀測資料的比對與展示可以提供使用者參考，亦可作為模式修正的資訊。因此，本計劃嘗試規劃出一個以網路為溝通媒介的環境讓專家學者及各單位使用者能透過此系統輕鬆地掌握、瞭解所需的資料。本模式介面的目標希望能藉由港灣研究中心的資料架構，來建構一套符合需求的網站介面。資料呈現的架構是利用分門別類的方式將每個主題突顯出來，然後在針對每個主體內容做細部資料的呈現或查詢（圖五）。

## 五、網站架構概念

設計 TaiCOMS 網站架構時，預先考量到往後如果開放給一般民眾參觀，如何在使用者進入到此網站後，便可以一目了然的理解網站所要呈現的內容，同時可以符合港研中心的資料架構。本計劃中很多資料都必須利用階層式的概念，一層一層的將東西呈現。網站建構時為了呈現階層的特色，在此利用樹狀結構的技巧來設計階層式概念選單，選單的使用方式跟我們日常在使用的檔案總管是一樣，使用者在使用上會有熟悉的感覺，較容易找到所需要的資訊。網站在資料的呈現部分完全以使用者的直覺化反應來作設計，當使用者在選單上點選所要觀看的主題後，往往希望能馬上在網頁看到選單選項的內容資料。計劃的初步架構，希望能提供最新的海象資料供使用者查看，所以希望在架構的背後資料的呈現可以不用透過手動的尚在更新資料，完全利用預設的機制來達成自動化。

## 六、觀測網的配置規劃

台灣擁有相當多的海象觀測站，所紀錄的觀測資料也相當的完整，但是最大的缺點就是很多測站的觀測系統不一樣，導致資料無法互相交流整合，往往造成資源的重複浪費，所以將台灣現有的海象觀測站整合起來也是本計劃的一個相當重要的議題，整合起來的海象觀測資料不但可以作為學術機構的研究參考，同時也可以提供近海預報系統模式的校正，使模式精確度更高。

另一個台灣觀測站的問題就是以前在設置觀測站的時候並沒有一個整體的考量，所以會造成某些地方觀測站密集，某些地方缺乏觀測站，因此本計劃也除了整合台灣現有測站的資料外，另外也希望規劃出一個完整的觀測網。

## 七、未來工作方向

由於建構近海海象預報系統所要完成的項目相當的多，但是因為近海波浪的模擬目前在台灣是相當缺乏的，所以本計劃列為第一年優先執行的目標，第一年預定完成風浪預報模式系統的建置及初步驗證。目前已經初步完成四種波浪預報模式系統的架構，並選擇了六個颱風做為模式系統測試比較的範例，期望在下半年完成整合各系統初步的驗證工作並集中於計算伺服器，統一操作、計算、出圖，與網頁伺服器連結，成為一套完整的線上作業系統雛形。

在完成風浪預報系統建置後，潮汐及風暴潮的模式預報系統則是下一個目標，由於潮汐及風暴潮的預報在台灣已有些許發展成果，所以規劃於第二年完成。在前兩年完成風浪及風暴潮個別的模式建立後，由於在近海地區波浪、潮汐及風暴潮等會相互影響作用，加上其作用機制較為複雜，所以規劃於第三年完成各個模式的耦合。在模式發展完成後，便是需要驗證模式的精確度，所以規劃於第四年完成模式的驗證及資料同化系統。前四年的規劃已經

大致建構出近海預報系統的完整架構，此架構的建立就是要提供台灣周圍海域的海象情況，能讓使用者便於使用是最重要的，所以規劃於第五年完成使用者介面，以提供一般使用者查詢預報結果，並評估以高速計算方法提升系統預報時效的可行性。

## 謝誌

本研究目前執行的是交通部運輸研究所「近岸防救災預報系統建立計畫」(92-96)的第一年計畫，與國立中山大學海洋科技研究中心所組成的研究團隊合作發展。

中央氣象局海象測報中心主任徐月娟博士熱心指導與討論本計畫的研究，並提供2001年颱風資料與龍洞浮標的波浪資料，在此特申謝忱。

## 參考文獻

1. Booij, N., L.H. Holthuijsen and R.C. Ris (1996), "The SWAN Wave Model for Shallow Water," *Proceedings of 24th International Conference on Coastal Engineering*, ASCE, Orlando, Vol. 1, pp. 668-676.
2. Chen, Guan-Yu, Chiu, Yung-Fang (2002), "Building a Forecast System for Near-shore Disaster Prevention, Recovery, and Rescue in Taiwan—Plan of the Center of Harbor and Marine Technology". 第24屆海洋工程研討會專題講座論文集，105-110頁。
3. Flather, Roger A., "Existing operational oceanography", *Coastal Engineering* 41 (2000), pp 13-40
4. Holthuijsen, L.H., N. Booij, R.C. Ris, J.H. Andorka Gal and J.C.M. de Jong (1997), "A Verification of the Third-Generation Wave Model SWAN along the Southern North Sea Coast," *Proceedings 3rd International Symposium on Ocean Wave Measurement and Analysis*, WAVES'97, ASCE, pp. 49-63.
5. Janssen, Peter (1995), "The wave model", European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
6. Prandle, David, "Introduction Operational oceanography in coastal waters", *Coastal Engineering* 41 (2000), pp 3-12
7. Prandle, David, "Operational oceanography---a view ahead", *Coastal Engineering* 41 (2000), pp 353-359
8. WAMDI Group (1988), "The WAM Model – A Third Generation Ocean Wave Prediction Model," *Journal of Physical Oceanography*, Vol. 18, pp. 1775-1810
9. Yu. C.S., M. Marcus and J. Monbaliu (1994) Numerical modelling of storm surges along the Belgium coast. In: *Computational Methods in Water Resources X*, Peters et al. (eds), Water Science Technology Library, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1331-1338.