

海流預報作業系統建置

于嘉順¹ 江朕榮¹ 尤皓正¹ 陳琬婷¹ 朱啓豪² 滕春慈²
國立中山大學海洋環境及工程系¹ 中央氣象局海象測報中心²

摘要

本研究重點為研發台灣海域多尺度海洋預報作業模式，研究分四個階段進行：(一) 台灣海域多尺度三維即時海流預報作業模式建置可行性評估，訂定工作目標與預期成果，收集分析相關文獻與資料；(二) 建置大範圍(太平洋(OCM1)及西北太平洋尺度(OCM2)，西北太平洋尺度，需涵蓋黑潮及大部分颱風路徑)模式；(三) 建置台灣沿海及台灣海峽細格網模式(OCM3)(1/60度解析度)，(四) 建立模式接合介面，將各種不同尺度與解析度的模式進行單向巢式接合及模式平行化作業，並以中央氣象局歷年潮位、水溫、氣溫、颱風等紀錄進行分析，長期模擬分析，作業化模式上線參與每日預報作業。本文介紹研究已經完成之前二階段，建置太平洋環流模式及西北太平洋環流模式，利用相關資料進行模式比對驗證，以提供未來台灣海域海流模式之邊界條件資料。太平洋環流模式計算範圍涵蓋整個太平洋海域，解析度為1/3度；為了將黑潮路徑完整納入西北太平洋環流模式，計算範圍由東經90度至180度，南緯20度至北緯50度，解析度為1/8度。兩層模式均使用ROMS建置，深度以s-座標依洋流及地形特性分為40層。模式初始條件及邊界條件使用HYCOM全球模式模擬結果驅動，表層作用力則使用NCEP重分析資料(包括風場、熱通量及淡水通量)。本文將模式於台灣東部海域及南方呂宋海峽的流場計算結果與HYCOM全球模式預報資料比對。

關鍵字：海流預報系統、ROMS、黑潮

一、前言

台灣四周環海，位處於西太平洋島鏈，於太平洋與歐亞大陸交界，氣候受到周圍附近海洋與鄰近大陸而變化，東接太平洋、南接呂宋海峽並與南海連結，西部以台灣海峽與中國大陸相接，北部則與東海連結，鄰近之海域地形複雜崎嶇，東部的地形坡陡，水深可達數千公尺，與中國大陸交界之台灣海峽及東海之平均水深約100公尺，但地形複雜，如章雲隆起、澎湖水道、台灣灘等區域變化較大，南邊接連之南海海盆與呂宋海峽可達4000公尺以上水深，這些崎嶇的地形造成了不同之環流系統(Zheng et al., 2006)，其中最常被討論的幾個議題為台灣東邊之黑潮主流及其擺動、黑潮入侵南海與東海陸棚、黑潮支流經由台灣海峽與風驅流之互動機制、冬季大陸沿岸流與黑潮支流間之消長變化、颱風經過時湧升流之形成等等。其中最重要之環流為黑潮(Kuroshio)，為北太平洋西方邊界流，源起於北赤道洋流(NEC)，受到菲律賓島之阻擋分為南下之民答那峨環流(Mindanao Current, MC)與北上之黑潮(Kuroshio, KS) (Wyrki, 1961)，黑潮流經台灣東邊時之寬度約為100公里、水下30公尺深之流速可達 1 ms^{-1} (Liang et al., 2003)。黑潮於秋冬經由呂宋海峽入侵南海，常以流套(loop-current)方式通過呂宋海峽(Li & Wu, 1989)，而於西南季風時，南海水由呂宋海峽往東流出(Wyrki, 1961; Nitani, 1972)。黑潮進入呂宋海峽後，除進入南海外，亦往北進入台灣海峽，形成台灣暖流(TWC)後流入

東海，學者普遍認為台灣海峽內有持續往北之環流(Beardsley et al., 1985; Chuang, 1985; Zhao & Fang, 1991; Zhu et al., 2004)。綜合以上研究顯示，台灣周邊海域之環流系統受地形與季節變化之影響，極為複雜。

海流預報作業是近年世界各國積極發展的海象預報作業項目，一方面提供即時預報海流作為航運、遊憩、漁業等公私部門做為規畫管理及作業之參考，另一方面並可隨時提供救難與緊急應變之需。由於應用現代高速計算與儲存技術之提昇，運用在預報作業的時效與精度，提供有效的即時預警。研發多尺度台灣海域的海洋預報作業模式是急需完成的重點工作，因此氣象局結合國內外三維海流預報模式專家之經驗，建立多尺度的臺灣海域海流即時預報作業化模式，模式範圍涵蓋大部分侵台的颱風影響，即可在形成初期納入預報，一方面增加提前預報的時效，另一方面亦可將滯留颱風對台灣海域海流的影響納入預報，為求較為精確的區域模式計算邊界，建立更大範圍的模式將無可避免。模式發展建置完成後，可利用氣象局之相關衛星資料、台灣沿岸及浮標等實際量測資料進行比對驗證，同時，預報模式系統亦必須配合氣象局之高速計算電腦系統(IBM P5)達成使用至少256組CPU的平行計算能力，以便達成每日預報時效。

本文介紹研究已經完成之前二階段，建置太平洋環流模式及西北太平洋環流模式，利用相關資料進行模式比對驗證，以提供未來台灣海域海流模式之邊界條件資料。太平洋環流模式計算範圍涵蓋整個太平洋海域，解析度為1/3度；為了將黑潮路徑完整納入西北太平洋環流模式，計算範圍由

東經90度至180度，南緯20度至北緯50度，解析度為1/8度。兩層模式均使用ROMS建置，深度以s-座標依洋流及地形特性分為40層。模式初始條件及邊界條件使用HYCOM全球模式模擬結果驅動，表層作用力則使用NCEP重分析資料（包括風場、熱通量及淡水通量）。

二、台灣海流預報作業化模式架構

本研究參考國際上海流預報系統，規劃台灣海流預報作業化模式系統，預報作業化模式系統架構如圖1所示，主要分為模式系統與觀測資料系統兩個部份；模式系統包括太平洋環流模式、西北太平洋環流模式及台灣海流模式；觀測資料系統包括衛星資料、測站資料、浮標資料及船測資料，提供模式進行資料比對，並且可與模式進行資料同化，得到更精確的模式結果。

影響海流的因素相當多，而且各因素的尺度也不同，有全球尺度的大氣因子、洋流及潮流，中尺度的渦流系統，也有受到海岸線及區域地形影響的小尺度因子。為了要將大尺度的影響因素包含進來，模式的模擬範圍需要擴大，為解析區域因素，模式網格的精度需要增加，如此條件下，單一模式的計算網格數會以數十倍甚至數百倍增加，以目前現有的電腦計算架構，最好的方式是利用巢式網格系統。因此，本研究建置模式系統設定三個階層的網格系統。

第一層太平洋環流模式(OCM1)，利用全球大氣模式作為驅動條件，進行太平洋洋流(北太平洋環流及南太平洋環流系統) 系統的模擬，結果可提供下一層模式的邊界條件；西北太平洋模式(Ocean Circulation Model 2，OCM2)則將模擬範圍縮小，精度提高，並使用太平洋模式的模擬結果作為邊界條件輸入，模擬此區的流場狀況；第三層則是高解析度但範圍較小的台灣海域模式(Ocean Circulation Model 3，OCM3)，增加台灣海域受潮汐作用下之海流預報，並利用西北太平洋模式(OCM2)的結果，將洋流及渦流的影響帶進此系統，亦可透過非結構式網格加密機制增加海岸線及海底地形的解析度，得到台灣海域更精確的海流狀況，各層模式範圍及地形示圖2。

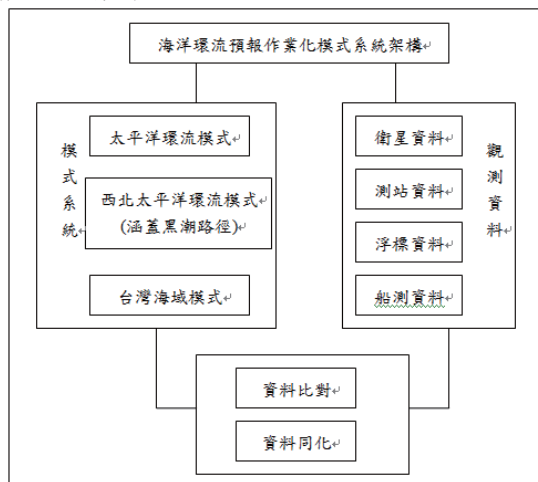


圖1：台灣海域海洋環流預報作業化模式系統架構示意圖

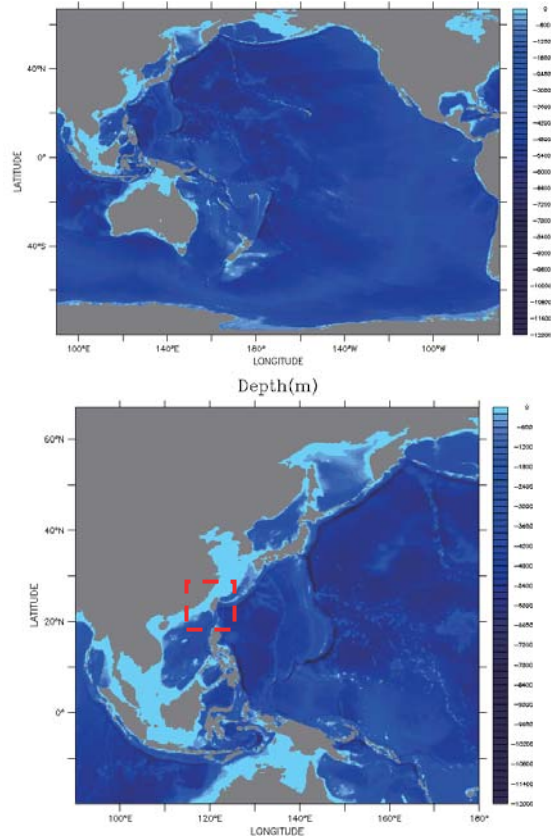


圖2：台灣海域海洋環流預報作業化模式範圍及地形示圖（上：太平洋環流模式，下：西北太平洋模式，含台灣海域模式（紅框））

三、模式執行情序

海洋環流模式主要執行情序規劃運作如圖3，模式輸入主要分為兩部份，包含氣象條件(風速、氣壓、氣溫、熱通量...等外部作用力)及水動力條件(河川流量、潮汐、洋流...等作用力，水位、溫度及鹽度等起始條件)；氣象條件由大氣模式提供，由於大氣模式考量的變化因子與海洋模式不同，因此在模式的解析度及計算時間間隔也不同，提供之預報資料網格及時間步長(timestep)均大於海洋模式，需建置前處理程式將時間及空間資料內插至海洋環流模式網格點上進行運算，並配合水動力條件輸入，進行流場的計算。

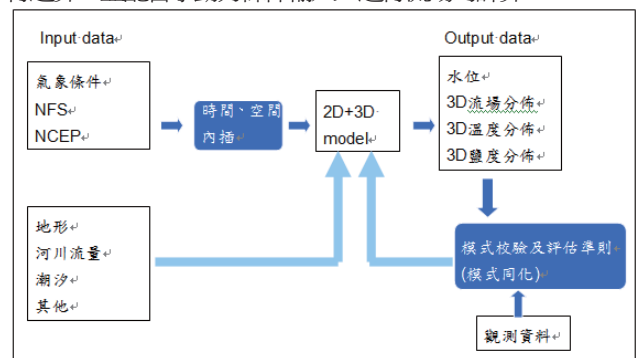


圖3：台灣海域環流預報作業化模式系統執行流程

四、模式結果與討論

本文謹討論OCM1與OCM2之片段預報72小時結果，利用2009年9月1日的預報計算結果與HYCOM的現報資料進行比對，海表面高、表面溫度、表面流速（圖4）及黑潮路徑剖面流速（圖5：OCM1；圖6：OCM2）。

北緯23度0至600公尺日平均垂直剖面流速比對，左邊陸地為台灣東北海岸。預報1日的分佈狀況，靠近台灣海岸較深區域產生較寬南向流場，HYCOM結果未出現，中間南向的流場變小，與HYCOM呈現的分佈接近，OCM1北向的流速大小則較HYCOM為小。

東經121度0至600公尺日平均垂直剖面流速分佈比對，左邊為菲律賓海岸，右邊為台灣海岸。OCM1的流速分佈有較大的流入產生，流出的流速寬度有較小，流入的流速最大值以較HYCOM結果大，但寬度上不足HYCOM的結果。在黑潮平面路徑的比對中，OCM1由於解析度較大，因此路徑不若HYCOM明顯（流速不夠大），而在垂直分佈上，速度大小有接近HYCOM，但是在寬度分佈仍是有差異存在。由於OCM2的網格解析度比OCM1細，因此可以發現預報的垂直剖面結果比OCM1接近HYCOM結果。

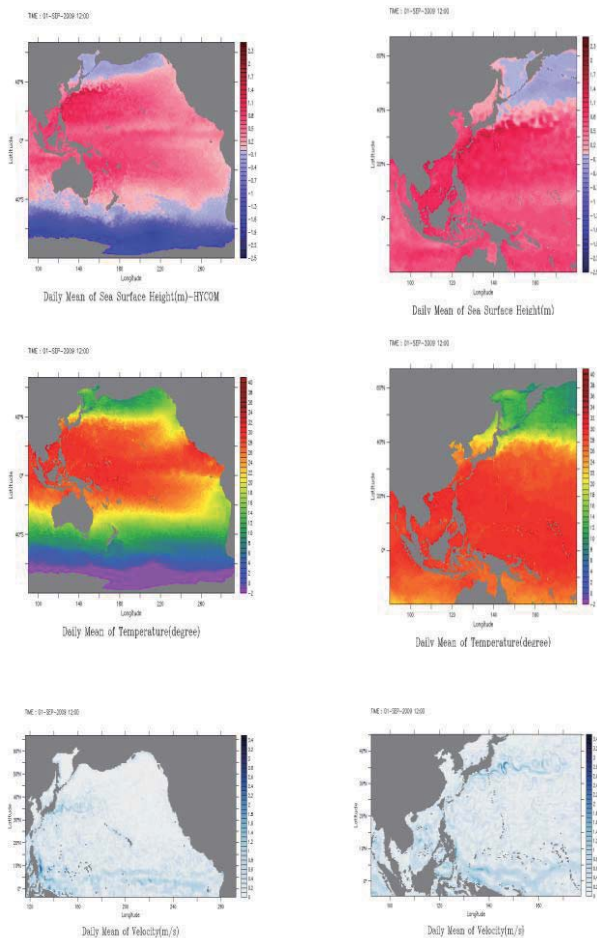


圖4：模式預報模擬結果（左：OCM1；右：OCM2）

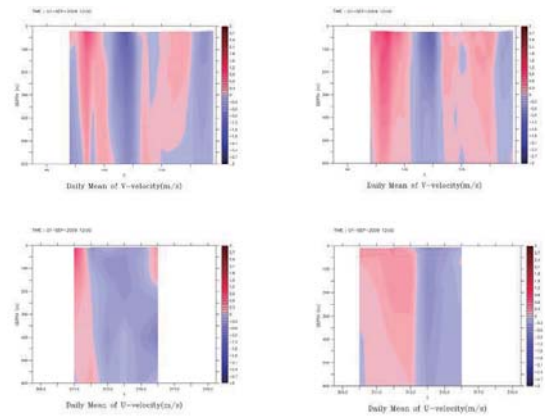


圖5：OCM1模式預報模擬結果與HYCOM現報資料比對（左：OCM1；右：HYCOM；上：23N，紅：北向，藍：南向；下：121E，紅：東向，藍：西向）

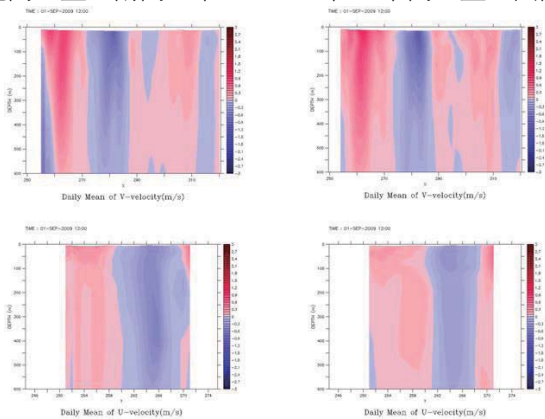


圖6：OCM2模式預報模擬結果與HYCOM現報資料比對（左：OCM2；右：HYCOM；上：23N，紅：北向，藍：南向；下：121E，紅：東向，藍：西向）

五、參考文獻

- Beardsley, R. C., R. Limeburner, and H. Yu, 1985: "Discharging of the Changjiang (Yangtze River) into the East China Sea." *Continental Shelf Research*, 4, 57-76.
- Chuang, W.-S., 1985: "Dynamics of subtidal flow in the Taiwan Strait", *Journal of the Oceanographic Society Japan*, 41, 65-72.
- Li, L. and B. Wu, 1989: "A Kuroshio loop in South China Sea? - On circulations of the northeastern South China Sea." *J. Oceanogr. Taiwan Strait*, 8(1), 89-95 (in Chinese with English abstract).
- Liang, W.-D, Tang, T.Y., Yang, Y.J., Ko, M.T. and W.-S. Chuang, 2003: "Upper-ocean currents around Taiwan", *Deep-Sea Research II*, 50, 1085-1105.

- Nitani, H., 1972: "Beginning of the Kuroshio". In: *Kuroshio, its physical aspects*, H. Stommel and K. Yoshida, editors, University of Tokyo Press, Tokyo, 129-163.
- Wyrski, K., 1961: "Physical Oceanography of Southeast Asian Waters", NAGA Report Vol. 2, *Scientific Results of Marine Investigations of the South China Sea and Gulf of Thailand*, Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California, 195 pp.
- Zhao, B., and G. Fang, 1991: "Estimation of water volume transports through the main straits of the East China Sea.", *Acta Oceanographica Taiwanica*, 10 (1), 1-13.
- Zhu, J., C. Chen, P. Ding, C. Li, and H. Lin, 2004: "Does the Taiwan warm current exist in winter?", *Geophysical Research Letter*, 31, L12302, doi:10.1029/2004GL019997.