

# 海軍大氣海洋局作業化海流模式

林勝豐<sup>1</sup> 孫永大<sup>2</sup> 戴世杰<sup>2</sup> 陳昭銘<sup>3</sup> 陳家銘<sup>4</sup> 張家治<sup>4</sup>  
國立高雄科技大學海洋工程學院海岸水與環境中心<sup>1</sup>  
海軍大氣海洋局<sup>2</sup>  
國立高雄科技大學海事資訊科技系暨研究所<sup>3</sup>  
三商電腦股份有限公司<sup>4</sup>

## 摘要

中華民國海軍大氣海洋局為國防需求，分別以POM和NCOM建置兩套作業化海流模式(OP\_POM和OP\_NCOM)，進行一天2報的海流預報作業，其大氣條件都取自該局WRF氣象模式之預報結果。OP\_POM作業化海流模式範圍涵蓋18-27°N、117-125°E，水平空間解析度為1/24度(約4.5km)，以美國海軍EASNFS氣候平均值為初始場與海洋開口邊界值；OP\_NCOM作業化海流模式範圍涵蓋16-27°N、117-128°E，水平空間解析度為0.027度(約3km)，主要以美國NOAA全球作業化海流模式RTOFS預報場為初始場與海洋開口邊界值。本文透過「高速數值預報模式運算系統建置」計畫，比對了OP\_POM、OP\_NCOM作業化模擬結果與臺灣海洋科技研究中心之環臺岸基雷達測流系統(TOROS)觀測資料。初步比對結果顯示OP\_NCOM較OP\_POM為佳，未來除持續進行比對作業外，亦將研擬提升模式預報準確度之改善措施。

關鍵字：海流；作業化預測；海洋模式

## 一、前言

海軍大氣海洋局負責海軍所有有關大氣與海洋戰場環境資料蒐集、分析、運用、預報、兵要統計及研究發展等工作。為增強對大氣與海洋戰場環境的掌握，以「高速數值預報模式運算系統建置」計畫重新建構其大氣與海洋數值模式之作業環境，藉以提升數值模擬預報能量，包含縮短運算時間、提高解析度與增進預報時間等，期能更快速提供戰場指揮官細微且長期的預報產品，更有效率支援建軍備戰任務。

「高速數值預報模式運算系統建置」計畫建置之作業化大氣與海洋數值模式中，包含有WRF (Weather Research and Forecast)、POM (Princeton Ocean Model)、NCOM (Navy Coastal Ocean Model) 等等。本文主要針對大氣海洋局之海流預報作業化模式(OP\_POM、OP\_NCOM)進行說明，包含模式介紹、作業化執行程序、模式模擬結果、與觀測資料比對初步成果，以及未來的展望等。

## 二、模式介紹

POM原始程式碼源自美國Princeton University所發展(Blumberg and Mellor, 1987)，在Hydrostatic approximation與Boussinesq approximation假設條件

下，控制方程式共包含為連續方程式、三維動量方程式、狀態方程式、溫度、鹽度、動能、動能運動尺度等守恆方程式，可解出3個流速分量( $u, v, w$ )、溫度、鹽度、海面高度、密度、紊流(turbulence)之動能與其運度尺度(turbulence length scale)等變數。POM垂直方向的座標採用sigma座標系統，整個模式海域設定為固定的垂直層數，可以簡化三維模式處理海洋底部邊界條件的複雜性。POM並內嵌Turbulent closure submodel (Mellor and Yamada, 1982)來處理垂直方向的混合作用，可提供較合理的Ekman垂直邊界層。POM對於求解動量方程式是使用模組切割方法(mode-splitting method)，分為外模組(external mode)和內模組(internal mode)。以顯式(explicit)法求解二維的海面水位變化及深度平均流速之外模組；另外以隱式(implicit)法求解三維速度場之內模組。

NCOM是由美國Naval Research Laboratory所開發出的海洋模式(Martin et al, 2009)，主要是以sigma-z垂直座標系統取代sigma座標，解決水深變化較大時較易產生壓力梯度變化之錯誤現象(Zhang et al., 2015)。NCOM開發成功後由美國Naval Oceanographic Office維護了一套NCOM作業化預報模式，包含一個水平解析度為1/8°的全球海洋模式，以及數個水平解析度為1/30°-1/36°的區域海流模式(Barron et al., 2004)。NCOM可以透過Navy Coupled Ocean Data Assimilation System (NCODA)提供海面高度、海面溫度以及現場量測資料，進行資料同化以增強其預報的準確度。

### 三、作業化程序與模式設定

從大氣海洋局氣、海象模式作業化流程(圖1)可以得知,不管是OP\_POM和OP\_NCOM的標準作業都須先從WRF模式輸出中擷取大氣資料(大氣熱通量、驅動力),因此需確認WRF氣象模式輸出結果是否正常,方能繼續經由一個script檔來進行擷取資料,提供給後續之海流模式使用。WRF的模式範圍為14-29°N、115-130°E,水平空間解析度為3km,每天預報兩次(GMT 0時和12時模式時間),每次預報192小時(8天)。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步長也不同。提供給海洋模式使用之大氣預報資料的網格及時間,需先進行前處理,將時間及空間插至各海洋環境模式的網格點與時間。

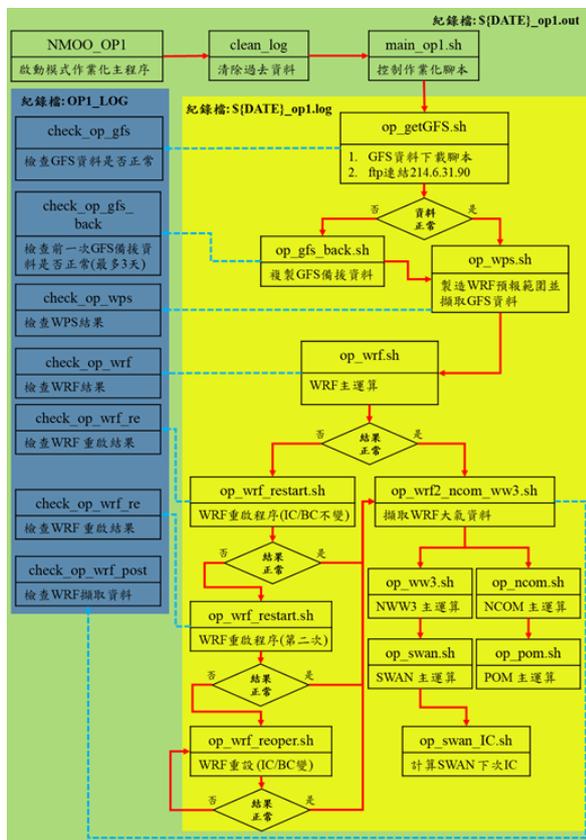


圖1 作業化流程圖

海流預報作業化模式的輸入除了氣象條件(風速、氣壓、氣溫、熱通量...等外部作用力)外,仍須水動力條件(潮汐、洋流等作用力,水位、溫度及鹽度等起始場和海洋開口邊界值)。OP\_POM與OP\_NCOM雖然都是使用大氣海洋局作業化WRF模式的預報輸出,但其初始場和海洋開口邊界值的來源卻不一樣。

OP\_POM作業化海流模式建置於2009年,範圍涵蓋18-27°N、117-125°E,水平空間解析度為1/24度(約4.5km),模式網格水深值,取自科技部海洋資料庫500公尺網格水深資料,該資料為國內研究船收集之EK500資料,搭配國外NGDC、ETOPO2等水深資料而產出。OP\_POM垂直網格設定為33層sigma垂直座標,外模組計算時間步長為3秒,內模組計算時間步長為90秒。OP\_POM模式的初始場和海洋開口邊界值,來自美國海軍EASNFS (East Asian Seas ocean Nowcast / Forecast System) (Ko et al., 2009) 2003-2008年氣候平均值。最初初始場是用2003-2008年的EASNFS六年平均值,海洋開口邊界值則取用2003-2008年時間間隔為5天的氣候平均值。也就是說,OP\_POM每年同日期作業化預報的海洋開口邊界值都是固定不變的,僅海面上的大氣條件隨WRF所提供的資料而有所改變。OP\_POM為單機計算模式,每次僅使用1個CPU,自預報時間4天前開始計算,預報模擬未來7天的海流,總共模擬計算11天。

OP\_NCOM作業化海流模式建置於2017年,範圍涵蓋16-27°N、117-128°E,水平空間解析度為0.027度(約3km),垂直分層採sigma-z座標,於水深550m以上為sigma座標分為35層,水深550m至模式最底層5500m為z座標分為15層,故總共為50層。模式計算結束後,再後處理為z座標40層作為輸出結果。OP\_NCOM的計算時間步長設定為30秒,作業化模式之初始場與海洋開口邊界主要為美國NOAA全球作業化海流模式RTOFS (Real-Time Ocean Forecast System) 預報場 (Mehra and Rivin, 2010),並以HYCOM (Hybrid Coordinate Ocean Model) (Bleck, 2002)作為備用資料,以避免單一資料輸入來源缺乏時,作業化預報法法進行之情況發生。OP\_NCOM為避免直接引用外部資料作為初始場,起始計算之不穩定,並讓氣象輸入逐步穩定海流計算結果,模式之分析場藉由4天前之下載初始場開始計算,除可避免過去因前一日下載資料欠缺時,預報無法正常運作之缺點,同時亦為未來資料同化之建置步驟預做準備,將分析場與預報場之計算分開,資料同化步驟僅需更動分析場計算設定即可。OP\_NCOM為平行化計算模式,每次使用256個CPU預報未來7天,故每次模擬共計算11天。

### 四、模式結果與討論

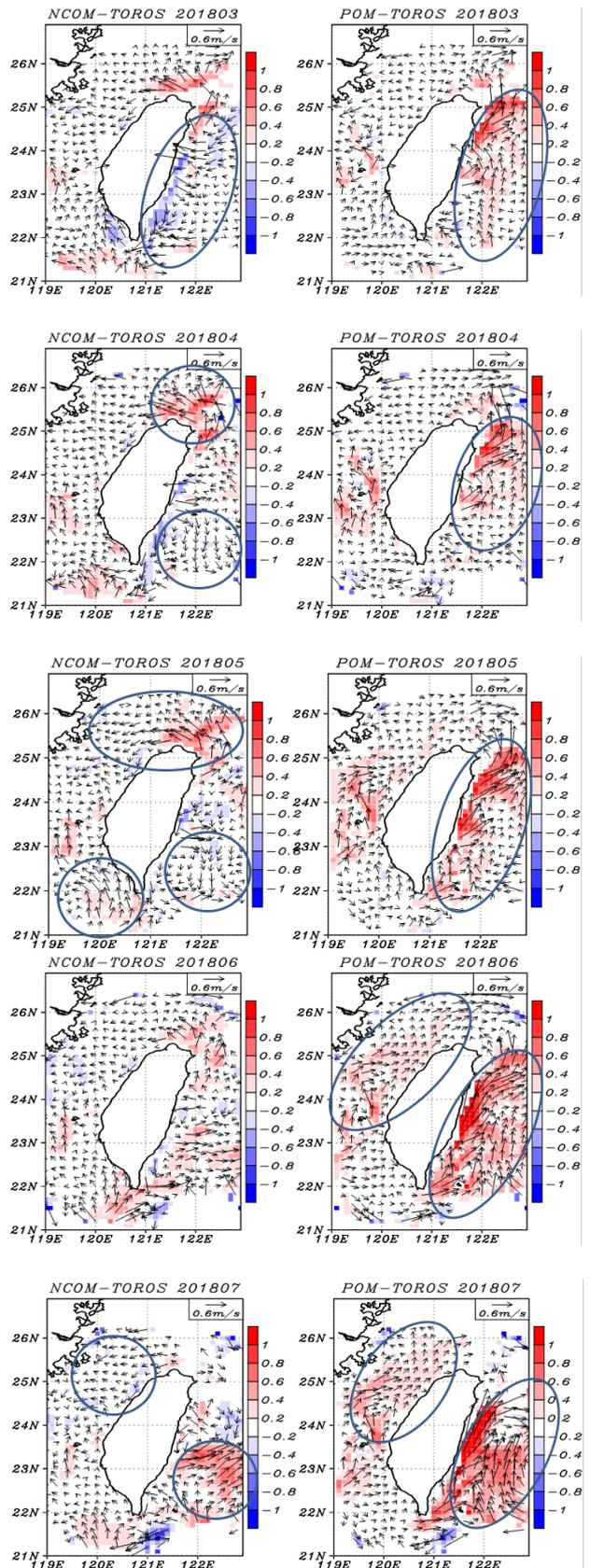
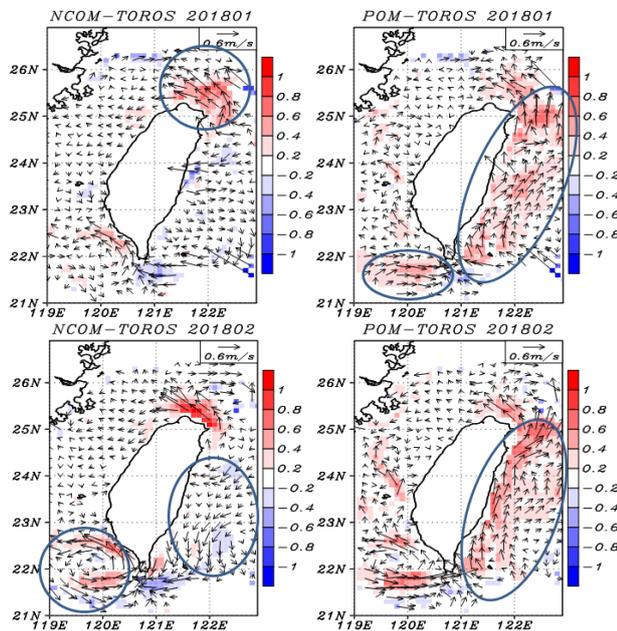
無論是OP\_POM或是OP\_NCOM,在作業化預報作業後,會先固定輸出水位、表層流速、表層水溫、表層鹽度等產品,供大氣海洋局使用。其餘預報資料則存放到以日期為目錄之磁碟陣列中。

為瞭解OP\_POM和OP\_NCOM的模擬結果的準確性,本研究向臺灣海洋科技研究中心申購環臺岸

基雷達測流系統(TOROS) 2018年1月至10月觀測資料進行比對。比對方式是將OP\_POM和OP\_NCOM每次預報作業的流速分析場資料(一天兩次GMT 0時和12時)處理成月平均,再與TOROS表面海流月平均場進行比對。

由TOROS月平均流場顯示：在臺灣東部夏季黑潮外移、冬季西南海域套流較為明顯、臺灣海峽北部海域流場冬季向南、夏季向北。將OP\_POM與OP\_NCOM各月份平均流場減去TOROS月平均流場的結果顯示於圖2。1至10月在臺灣東部黑潮流域OP\_POM的流速均較大於TOROS，在6至8月夏季期間在臺灣海峽內的流速也較TOROS大。而OP\_NCOM 2-5月在黑潮流域平均流速較TOROS略小，而冬季在臺灣北部海域月平均流向與TOROS有較明顯的不同。整體而言，OP\_POM月平均流速場較TOROS流速大，OP\_NCOM的模擬結果較為接近TOROS，因此推論：OP\_NCOM模擬結果較OP\_POM佳。

由於OP\_POM建置之初(2009年)，大氣海洋局尚無法自外界作業化取得全球海洋模式的預報結果，作為每一次預報作業的初始值和海洋開口邊界值。因此其邊界值乃採用EASNFS大型區域海洋模式的氣候平均值。現今透過OP\_NCOM的作業化流程已可即時取得全球海洋模式的模擬結果，未來OP\_POM也可再更新版本，使用即時的海洋開口邊界值。



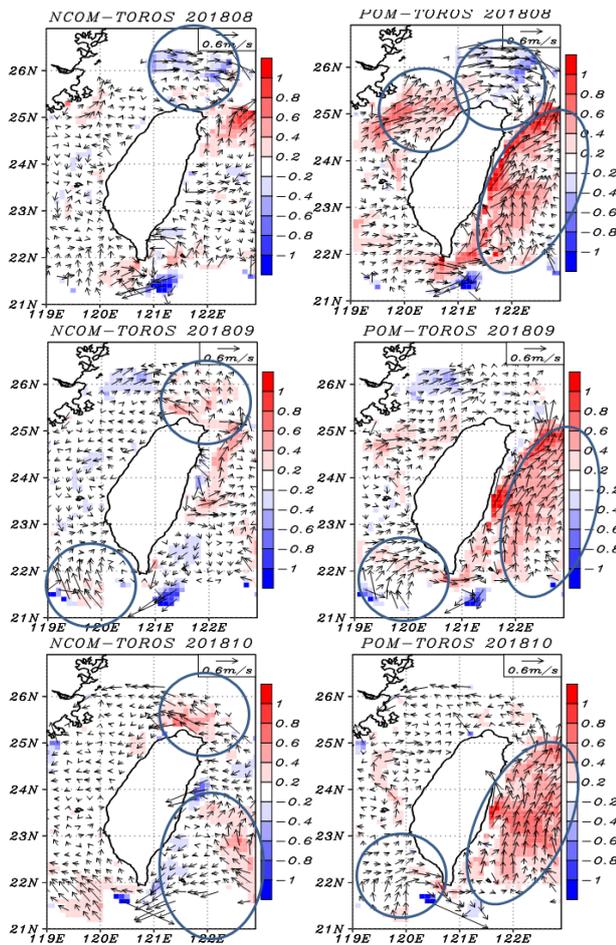


圖2 OP\_NCOM與OP\_POM與TOROS月平均流場之差值

## 五、結論與未來展望

大氣海洋局為了國防需求，建置了兩套作業化海流模式(OP\_POM和OP\_NCOM)，並透過「高速數值預報模式運算系統建置」計畫，重新建置模式運算系統，可大幅縮短各類氣、海象數值預報模式運算時間，即時提供完整之氣、海象預報資料，以確保海軍機艦航行安全及有效支援各類戰演訓任務遂行。

本文利用「高速數值預報模式運算系統建置」計畫，比對OP\_POM、OP\_NCOM月平均分析場流場資料與臺灣海洋科技研究中心TOROS月平均流場，比對結果顯示OP\_NCOM月平均流場較OP\_POM為佳。探討其原因，可能來自OP\_POM的開口邊界值為固定之氣候平均值，未能隨時更新所致。

未來OP\_POM亦可參考使用OP\_NCOM所使用全球海洋模式的預報場作為即時的海洋開口邊界

值。並可參考「臺灣近岸海域現報及預報系統(Taiwan Coastal Ocean Now/Forecast System, TCONFS)」(林勝豐等，2010)，將OP\_POM加入與OP\_NCOM啟動資料同化模組，使這兩套海流預報作業模式的準確度能夠再提升。

## 六、參考文獻

- 林勝豐、胡哲魁、顏志偉，2010：「臺灣四週上層海或海流能量計算」，第三十二屆海洋工程研討會論文集，第803-807頁。
- Barron, Charlie N, A. Birol Kara, Harley E. Hurlburt, C. Rowley, Lucy Smedstad, 2004: Sea Surface Height Predictions from the Global Navy Coastal Ocean Model during 1998-2001, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 21, 1876-1893
- Bleck R, 2002: An oceanic general circulation model framed in hybrid isopycnic-Cartesian coordinates. *Ocean Model* 4:55-88
- Blumberg, A. F., and G. L. Mellor, 1987: A description of a three-dimensional coastal ocean circulation model, in *Three-Dimensional Coastal Ocean Models*, Vol. 4, edited by N. Heaps, pp. 208, American Geophysical Union, Washington, D.C.
- Ko, D. S., S.-Y. Chao, P. Huang, and S. F. Lin, 2009: Anomalous Upwelling in Nan Wan: July 2008. *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, 20(6) 839-852.
- Martin, Paul J, Charlie N. Barron, Lucy F. Smedstad, Tim Campbell, Alan J. Wallcraft, Robert Rhodes, Clark Rowley, Tamara L. Townsend, Suzanne N. Carroll, 2009: User's Manual for the Navy Coastal Ocean Model (NCOM) Version 4.0. 73.
- Mehra, A. and I. Rivin, 2010: "A Real Time Ocean Forecast System for the North Atlantic Ocean", *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, 21,1,211-228.
- Mellor, G. L. and T. Yamada, 1982: "Development of a Turbulence Closure Model for Geophysical Fluid Problems," *Reviews of Geophysical and Space Physics*, Vol. 20, pp. 851-875
- Zhang, Y. J., E. Ateljevich, H.-C. Yu, C. H. Wu, J. C. S. Yu, 2015: A new vertical coordinate system for a 3D unstructure-grid model, *Ocean Modelling*, Vol. 85, 16-31.