

新西北太平洋海流模式之作業化發展與概況

尤皓正¹ 于嘉順¹ 陳維翔² 陳琬婷² 朱啟豪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³

摘要

中央氣象局於101年發展了西北太平洋作業化海流預報模式子系統，該系統為改善原有以ROMS發展之西北太平洋子系統效率，同時提供台灣海域子系統之邊界條件而建構。在使用非結構性網格模式SCHISM的特點下，並配合高速電腦的計算效率，發展了新西北太平洋作業化海流模式系統，該系統包含原有西太平洋範圍，並維持台灣鄰近海域模式之網格解析度，除海流外亦納入潮汐之影響，發展期間以不同季節案例進行驗證，其結果與實測比對結果良好。目前局內已利用RTOFS/HYCOM之預報場資料作為模式之初始場與邊界場，配合氣象局新版WRF之預報場作為氣象輸入，進行作業化計算，提供西北太平洋內之預報產品。

關鍵字：西北太平洋、黑潮、非結構性網格、作業化模式

一、前言

海流系統的建立，在執行效率與儲存空間的考量下，以不同子系統分別在不同解析度下模擬不同範圍之海域，以達到作業化預報之目的，中央氣象局於101年發展了西北太平洋作業化海流預報模式子系統OCM2-SCHISM，該系統為改善原有以ROMS發展之西北太平洋子系統效率，同時提供台灣海域子系統OCM3之邊界條件而建構。SCHISM海流模式之網格特點為三角非結構性網格，透過此特點，現有之OCM2-SCHISM與OCM3可加以合併，在OCM3範圍內之近岸區域以解析度1弧分規畫網格，並以適當的解析度接合至OCM2-SCHISM的範圍內，即可合併兩者並保有台灣鄰近海域之高解析需求，以發展新西北太平洋作業化海流模式子系統OCM2-NEW，該系統之建置，可簡化現行作業化時需同時維護兩子系統之例行工作，本文將詳述該系統之作業化發展進行說明。

二、模式介紹

現有OCM2-SCHISM與OCM3作業化海流系統，為利用SCHISM模式(Zheng et al., 2016)進行構建，該模式是原有SELFE模式(Zhang & Baptista, 2008)之主要發展分支，包含了原有模式特性外，亦增加了許多新的功能與特點，該模式是為了更容易解析海洋中內陸沙洲及河口、港灣及瀉湖等不規則陸地形狀，而發展的三維水理模式。由於此模式的計算直接採用三維計算，並不利用Mode splitting的方式分開計算來加速，而是藉由Eulerian-Lagrangian方式計算動量方程式之對流項，可提高其計算步長，得以確保計算的效率。

新子系統範圍，納入了日本海與南海範圍，並於太平洋延伸較遠區域，並增加台灣領土海域與台灣海峽內之近岸區域解析，包含台灣海峽內之大陸沿岸、東沙、南沙群島等(圖1)，以達到未來局內精緻化預報之需求。其水平網格大小除依水深分布控制外，於西太平洋、南海與日本海區域加密，亦即提高解析度至約8公里以下，最終產出網格節點數目約為50萬點。

模式之地形資料以2015年3月釋出之最新GEBCO-2014(Becker et al., 2009)作為背景水深，其解析度為0.5分，較ETOPO1 (Amante and Eakins, 2009)更為精細，再配合科技部海洋資料庫3種不同解析度(1000公尺、500公尺、200公尺)之水深資料進行套疊，該資料為國內研究船收集之EK500資料，搭配國外NGDC、ETOPO等水深資料，而產出解析度較高之水深。由於近岸之水深資料對於模式結果影響較大，因此亦參考原有OCM3之模式水深設定，適度調整新子系統之水深設定。

垂直網格之部分，則利用LSC2垂直網格進行測試，其分布如圖2所示，目前LSC2垂直網格之主網格設定為42層，由於LSC2容許每一計算點之垂直網格層數不同，目前設定之平均垂直層數約為29層左右，可避免S-Z網格於水深變化較大時轉易產生壓力梯度變化之錯誤(Pressure gradient error)(Zhang et al., 2015)。

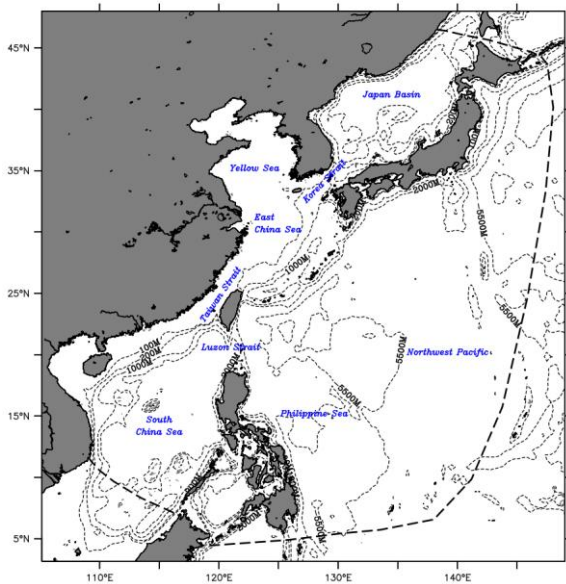


圖1 新子系統OCM2-NEW調整後範圍及其水深分布

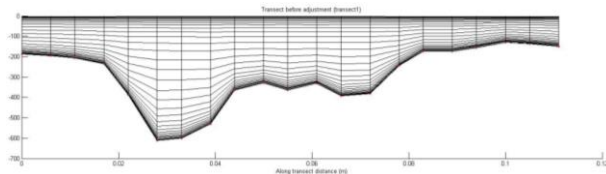


圖2 新子系統垂直LSC2網格分布範例

三、模式設定與過去案例驗證

由於海流模式SCHISM為半隱式去進行解析計算，時間步長僅需符合CFL大於0.4之條件，目前之網格設定下，計算時間步長設定為120秒即可符合其要件，其時間步長較一般常見海洋模式為大，因此其計算效率亦較高。針對新子系統OCM2-NEW，已利用夏季與冬季案例進行驗證于等人，2016)，各進行120日之模擬，了解不同季節下OCM2-NEW的模擬能力。並以不同量測與衛星資料進行比對，其模擬結果良好，圖3至6即為其冬季案例海表溫度結果比對，顯示在無資料同化的模擬下，其短期預報結果仍有一定之可信度。

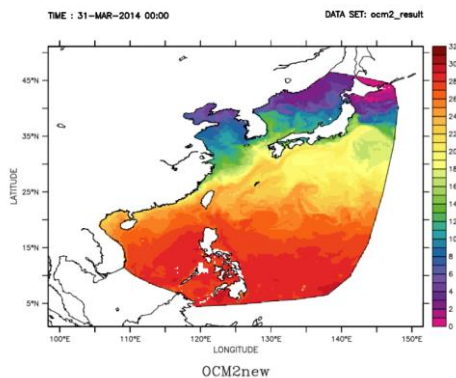


圖3 冬季案例中OCM2-NEW模擬之第120日海表溫分布

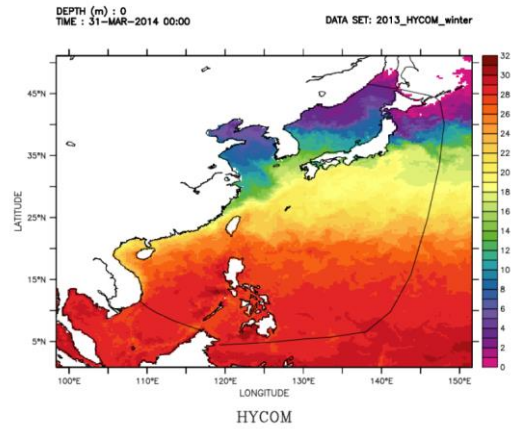


圖4 冬季案例中HYCOM之分析場於模擬第120日海表溫分布

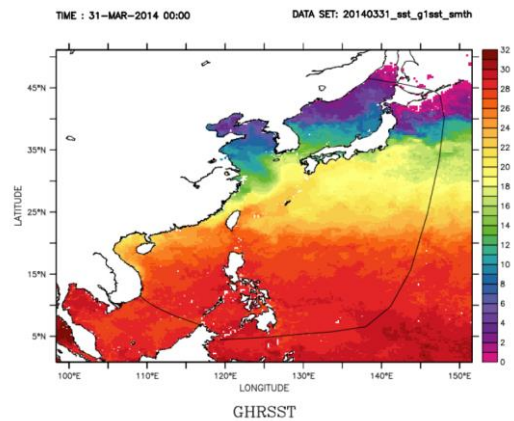


圖5 冬季案例中GHRSSST衛星資料於模擬第120日海表溫分布

四、作業化設定與產品

海流模式的計算除模式本身設定外，亦須仰賴初始場、邊界場、以及氣象場之輸入，為達到作業化之目的需求，OCM2-NEW之初始場與邊界場採用美國NOAA全球作業化海流模式RTOFS預報結果作為主要輸入，並以HYCOM作為備用資料，避免單一資料輸入來源缺乏時，作業化預報無法進行之情況。氣象場之輸入則以局內最新之WRF預報風場進行輸入，SCHISM可同時輸入2組不同範圍與解析之風場進行計算，與目前局內WRF之2層設定恰巧一致，除12z提供120小時之預報外(可提供4.5天之氣象場)，其餘之預報提供84小時之長度，因此預報之時間長度設計為4天(96小時)，未來如有更長之氣象預報場，可更改設定延伸預報長度，此時間長度並可配合藍色公路之4天預報需求。同時，為避免直接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5天前之下載初始場開始計算，除可避免過去以前1日下載資料缺失時，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之計算設定。

由於OCM2-NEW之範圍較大，除輸出全域範圍之對應產品，包含水位、表層流速、表層水溫與表層鹽度外，另行輸出台灣海域與南海海域之範圍(圖6至8)，未來可視局內需求，新增或調整對應產品輸出。

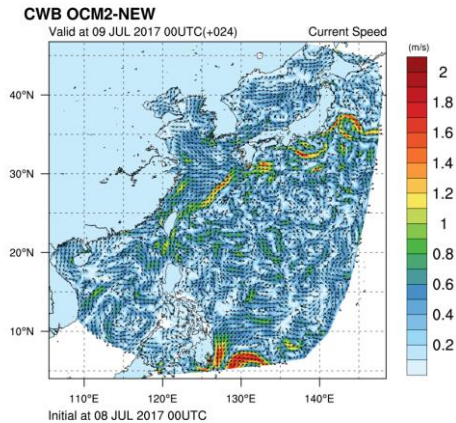


圖6 OCM2-NEW全域表層流速輸出範例

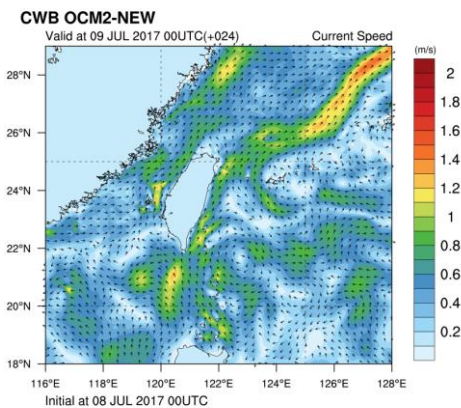


圖7 OCM2-NEW台灣海域表層流速輸出範例

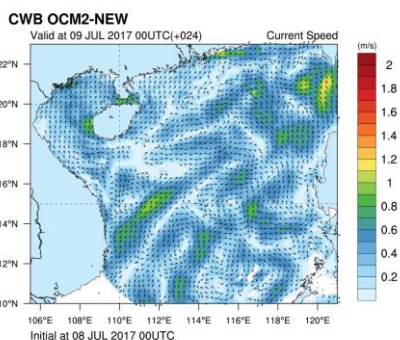


圖8 OCM2-NEW南海海域表層流速輸出範例

五、結論與未來展望

新子系統OCM2-NEW的發展與建置，包含了重新規劃範圍與其解析度，以不同季節之案例配合不同資料進行驗證，在比對上顯示不錯之結果，可達到短期作業化預報之目的。目前之作業化建置，已於局內之HPC系統完成，並搭配最新之WRF預報產品進行計算，為配合未來資料同化之

建置，模式分別以分析場與預報場分開計算，達到作業化之時效。未來將逐步細緻化台灣鄰近海域之網格，以達成精緻化預報之目的。

六、參考文獻

- Amante, C. and B. W. Eakins, March. (2009) ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model: Procedures, Data Sources and Analysis. NOAA Technical Memorandum NESDIS NGDC-24, 19 pp.
- Becker, J. J., D. T. Sandwell, W. H. F. Smith, J. Braud, B. Binder, J. Depner, D. Fabre, J. Factor, S. Ingalls, S-H. Kim, R. Ladner, K. Marks, S. Nelson, A. Pharaoh, R. Trimmer, J. Von Rosenberg, G. Wallace, P. Weatherall. (2009) Global Bathymetry and Elevation Data at 30 Arc Seconds Resolution: SRTM30_PLUS, Marine Geodesy, 32:4, 355-371, DOI: 10.1080/01490410903297766
- Zhang, Y., and Baptista, A.M. (2008) SELFE: A semi-implicit Eulerian-Lagrangian finite-element model for cross-scale ocean circulation, *Ocean Modelling*, 21(3-4), 71-96.
- Zhang Yinglong J., Eli Ateljevich, Hao-Cheng Yu, Chin H. Wu, Jason C.S. Yu (2015) A new vertical coordinate system for a 3D unstructured-grid model, *Ocean Modelling*, Vol. 85, 16-31.
- Zhang, Y., Ye, F., Stanev, E. V., Grashorn, S. (2016). Seamless cross-scale modeling with SCHISM, *Ocean Modelling*, 102, 64-81.
- 于嘉順、尤皓正、王啟竑 (2016)，中央氣象局105年氣象資訊之智慧應用服務-提升海象預報技術(期末報告)，交通部中央氣象局。

