

美國海軍數值海洋預報模式之現況及展望

張偉正

美國海軍研究院

美國海軍需要來自大氣頂至海洋底的各種環境條件的精確預報資料 (Clancy and Plante, 1993)。為達成這個目標，需要客觀的海洋作業預報模式來施行海洋資料分析、同化、和預報。因為海洋主要強迫的作用來自於大氣環流，所以大氣作業模式也需要被用於海洋預報。在 1990 年代後期，有幾個海洋環流模式以及大氣－海洋耦合資料同化系統將發展出來作為耦合環境資料的分析和預報。

美國海軍全球大氣預報作業系統 (the Navy Operational Global Atmospheric Prediction System, NOGAPS, Hogan and Rosmond 1991) 和海軍區域大氣預報作業系統 (the Naval Operational Regional Atmospheric Prediction System, NORAPS) 是輸入不同的強迫作用至海洋數值預報系統的兩個主要大氣預報模式。NOGAPS 是一個以全球環流波譜模式為基礎的全球天氣資料分析、同化、和預報系統，含有 79 個球諧函數 (T79) 以及完整的物理機制，諸如積雲與層雲降水、短波與長波輻射、行星邊界層過程、以及地面溫度與水文參數化。NORAPS 則提供數個地理區的有限區域資料分析與預報，其水平解析度為 40 – 80 公里。NOGAPS 所分析與預報的地面風場被用為海盆的海洋預報作業系統的輸入場。至於 NORAPS 分析與預報的資料則用於海岸地區及大陸棚的海洋預報。

美國海軍共有三個主要的海洋數值預報作業系統，分別為 WAM、PIPS 及 OTIS。WAM 是第三代的海洋風浪模式 (WAMDI Group 1988)，該模式使用 NOGAPS 或 NORAPS 分析與預報的風場來預報海上任一地區經緯格點上的海浪波譜。WAM 模式基本上是積分一個描述二度空間海浪波譜演化的輸送方程式。除了風的強迫作用以外，還包括另外兩個來源，就是非線性轉移和白沫耗散 (white-capping dissipation) 作用。有限深度版本的 WAM 還包括了海底耗散源函數和折射項。極冰預報系統 (PIPS, the Polar Ice Prediction System)，是一個預報北半球浮冰的熱動力模式 (Preller, 1992)。

最適溫度內插系統 (OTIS, the Optimum Thermal Interpolation System) 是根據於一個海洋混合層模式 (TOPS) 的海洋資料分析、同化、及預報系統 (Clancy, 1990)。OTIS 的最適內插法乃是以氣候值作為初始猜測值用來分析船舶、浮標、深溫儀，以及衛星觀測資料。模式預報值則在更新週期 (update cycle) 中被視為一種特別的資料。TOPS (the Thermodynamic Oceanic Prediction System, Clancy and Pollack 1983) 是以海面風應力與海面熱通量為強迫作用之海洋表面混合層模式，沒有任何水平的動力過程。

除了作業模式以外，海軍也正在發展海盆及近海模式，深海層與環流模式正在幾個主

要海盆及其環繞的海域作測試。有一個解析度為 $1/8$ 緯度的 6 層模式，起初被設計用於像墨西哥灣這類的半封閉海盆。環流模式是一個層次模式，乃是使用標準化深度（normalized depth）為垂直坐標，被統稱為普林斯敦模式或 Mellor 和 Blumberg 模式（Heaps, 1987）。目前正集中全力在研究給定深海模式的初始值、施行資料同化實驗、以及驗證模式產生的分析和預報結果。

自 1970 年代起大氣－海洋耦合模式作業化就一直是美國海軍環境預報的目標（Ward, 1977）。有一些海洋預報系統，例如 TOPS 已經以落後一天的時距與 NOGAPS 緊密連結（Rosmond, 1992），只是在海洋與大氣之間並設有回饋作用。目前正在進行中的一項計劃是將 NOGAPS5、WAM、TOPS 及 PIPS 形成一有回饋作用的耦合模式。近年來有幾個大氣－海洋交互系統正在研發中，其中一個正在進行中的五年基礎與應用研究計劃，將開發一個適用於海岸地區全面耦合的中尺度模式（COAMPS, Hodur et al., 1993）。在 COAMPS 中，大氣部分係採用一個包含水汽循環顯性預報的非流體靜力平衡嵌套模式；海洋部分則採用一個跟隨海底地形變化坐標的環流模式（Chang and Fung, 1993）。此外，一個全球大氣－海洋全面耦合的資料分析與預報系統也正被提出。

參考文獻

- Chang, S.W., and E.T. Fung, 1993: Development of a s-coordinate ocean circulation model. Coastal Ocean Modeling Workshop, Monterey, CA.
- Clancy, R.M., and R.J. Plante, 1993: Evolution of coupled air-sea models at Fleet Numerical Oceanography Center. Preceedings, MTS '93 Conference, Long Beach, CA, 22-24. Available from the Marine Technology Society, 1828 L St., NW, Suite 906, Washington, DC 20036.
- Clancy, R.M., and K.D. Pollack, 1983: A real-time synoptic ocean thermal analysis/forecast system. *Progress in Oceanography*, 12, 383-424.
- Clancy, R.M., P.A. Phoebus, and K.D. Pollack, 1990: An operational global scale ocean thermal analysis system. *Jour. Atmos. Oceano. Technol.*, 7, 233-254.
- Heap, N., 1987: Three Dimensional Coastal Ocean Models. Vol. 4, Published by American Geophysical Union, 2000 Florida St., NW, Washington DC 2009.
- Hodur, R., J.Doyle and T. Haack, 1993: Development and testing of COAMPS: coupled ocean atmosphere mesoscale prediction system. Manuscript in preparation.
- Hogan, T.F., and T.E. Rosmond, 1991: The description of the Navy Operational Global Atmospheric Prediction System's spectral forecast model. *Mon. Wea. Rev.*, 119, 1786-1815.
- Preller, R.H., 1992: Sea ice prediction: the development of a suite of sea-ice forecasting systems for the Northern Hemisphere, *Oceanography*, 5, 64-68.
- Rosmond, T.E., 1992: A prototype fully coupled ocean-atmosphere prediction system. *Oceanography*, 5, 25-30.
- WAMDI Group, 1988: The WAM model-A third generation ocean wave prediction model. *J. Phy. Oceanogr.*, 18, 1775-1810.
- Ward, C.R., 1977: Oceangraphic prediction requirements for Naval purposes. *Modelling and Prediction of the Upper Layer of the Ocean*, Editor E.B. Kraus, Pergamon Press, Headington Hill Hall, Oxford OX3 OBW, UK.

