

# 88 年度國科會計畫結案報告

## 黑潮上游渦流之形成機制及其對下游之影響—數值模擬研究

主持人：詹森

國家海洋科學研究中心

E-mail: [jansen@odb03.gcc.ntu.edu.tw](mailto:jansen@odb03.gcc.ntu.edu.tw), Fax: (02) 23640917

共同主持人：陳慶生

國立台灣大學海洋研究所

E-mail: [chern@ipx.oc.ntu.edu.tw](mailto:chern@ipx.oc.ntu.edu.tw), Fax: (02) 23626092

參與研究人員：詹森，陳慶生，陳冠青

國科會計畫編號：NSC 89-2611-M-002-025-OP2

核定金額：977,300 元

### 摘要

為探討台灣南端、呂宋海峽以東黑潮上游產生渦流之動力機制及傳遞過程，本計畫將利用 TOPEX 衛星遙測海面高度資料，這類高度資料經過濾潮處理後，除了對了解黑潮兩側中尺度渦流現象有很大的幫助，同時也有助我們利用數值模式探討渦流的生成和移動過程。問題是目前經由全球潮汐模式計算用來濾潮的潮位資料，在邊緣海、淺水區誤差的大小幾乎和渦流引起的水面高度變化一樣；另一方面，區域潮汐模式雖然準確度改善很多，但現有亞洲邊緣海區域模式涵蓋範圍又都不足以應用於整個黑潮流徑。因此，為使後續模式研究順利進行，我們首先建立了一個較大範圍、高解析度(1/8度)、二維的亞洲邊緣海潮汐模式，一方面用來計算濾潮所需潮位，另一方面探討亞洲邊緣海及台灣海峽之潮波行為。模式模擬潮汐吻合觀測資料，也和其它發表於文獻中之小區域模式結果一致。模式結果驗證東海、黃、渤海的潮汐以半日潮為主；南海以全日潮變化為主。由於全日潮週期與南海海盆自然振動週期相近，而發生近似共振現象，在數值模式中共振現象的週期和振幅對模式區域大小、邊界條件和水平摩擦係數的改變非常敏感，所以經由本計畫所建立之較大區域潮汐模式，配合適當的水位邊界條件和水平摩擦係數，已有效改善南海潮汐計算準確度。另從台灣海峽潮汐觀測資料推論，台灣海峽的潮波在西半側是沿大陸海岸往南傳遞的 Kelvin 波，東半側則近似駐波，數值實驗驗證這種行進波、駐波共存現象主要由向南行進波抵海峽南部水深驟深處發生反射所引起。由本模式計算的潮位從衛星遙測海面高度資料減去後，將應用於三維渦流解析模式探討黑潮渦流的生成機制和移動過程。

## 前言

黑潮在流動過程中會發生蜿蜒、扭轉等現象，例如流到呂宋海峽以東時，因西側邊界頓失造成自身動量不平衡所引發的調整過程，可能產生暖心渦環同時傳入南海北部；伴隨這個動力機制發生的反氣旋式渦流，也可能自黑潮右翼脫離並且跟著黑潮往北移動；而由渦流移動引起的環流，也會造成某些區段黑潮流量驟變。本計畫即擬利用 TOPEX 衛星遙測海面高度資料經濾潮後，再配合三維渦流解析模式(Eddy-resolving, general circulation model)，探討渦流的生成機制和移動過程。為濾除衛星遙測海面高度資料中的潮汐，需應潮汐模式計算結果，但目前全球潮汐模式在大洋邊緣、淺海區之計算結果均有待改善(Lefevre et al., 2000)，區域潮汐模式雖然準確度較佳，但涵蓋範圍又不夠大。為使本計畫順利進行，需先建立了一個較大範圍、高解析度的潮汐模式，除了要用來計算濾潮所需潮位，一方面也可進一步探討亞洲邊緣海及台灣海峽之潮波行為。

## 潮汐模式

潮汐模式大致和 Blumberg and Mellor (1987)所建立的模式一樣，但在水位變化中加入平衡潮的作用。這個模式是一個垂直積分過的二維模式，運動方程式詳見 Blumberg and Mellor (1987)。模式區域介於東經 99° 和 130° 間及北緯 2° 到 40° 間(如圖 1)，包括西北太平洋、黃、渤海、東海和南海，水平格點間距為 1/8 度。模式地形以 ETOPO5 資料(National Geographic Data Center, 1987)和海科中心台灣附近海域水深資料(National Center for Ocean Research, 1999)建立。模式潮汐以沿著東經 130° 開口邊界之水位變化推動，在這個開口邊界之水位則由 Kantha (1995)的全球潮汐模式結果計算出的 6 個主要調和常數(Q1, O1, K1, N2, M2, S2)合成。其它開口邊界(見圖 1)之水位取輻散邊界條件計算，流速在開口邊界上取正向梯度為 0 之邊界條件。經過一系列的模擬結果—模式參數敏感試驗，水平摩擦係數取 500 m<sup>2</sup>/s，無因次海底摩擦係數取 0.0015。

## 模擬結果與討論

為節省篇幅，本報告僅舉主要的全日潮 K1 和半日潮 M2 結果說明，其它細節可參見 Jan et al. (2000)。圖 2 是模式模擬 K1 潮的等相位與等振幅分佈，模式複製了亞洲邊緣海之潮汐特徵，例如在渤海、黃海、東京灣(Gulf of Tonkin, 位置見圖 1)和暹羅灣(Gulf of Thailand)出現的無潮點，和兩個退化至中南半島東岸及馬來半島東岸的無潮點。K1 潮振幅在西太平洋和台灣海峽以上海域極小(小於 20 cm)，但進了南海後振幅即被放大，尤其在南海西南部振幅超過 40 cm。全日潮在南海振幅放大的主因，是全日潮週期與南海海盆自然振動週期相近而發生近似共振現象。數值模式在碰到發生共振現象時即變得非常敏感，模式參數些微變化即可能造成模擬振幅很大的誤差，另外模式範圍大小也影響模式之共振週期，一般而言若開口邊界設定在節點附近，那麼模式共振週期即低於實際共振週期。所以模擬南海潮汐最好用較大範圍模式，同時必須小心設定邊界條件及模式參數，如此才可能模擬出較合乎實際情況的潮波行為，以及較佳的準確度。

K1 潮模擬結果和東沙島潮位觀測結果比較，平均方根誤差在 5 cm 左右。

圖 2 是模式模擬 M2 潮的等相位與等振幅分佈，在黃海部份有兩個無潮點，渤海有兩個向岸退化的無潮點，在南海西南部則有無潮帶，這些都和其它模式模擬之潮汐一致(見 Lefevre et al., 2000; Fang et al., 1999)。M2 潮振幅在韓國西岸、長江口和大陸西南沿岸至金門一帶較大，像在馬祖和烏坵附近均超過 200 cm，在南海裡就相對地小很多。模式計算結果亦和觀測資料相當一致。

模式結果也顯示，台灣海峽的潮波在西半側是沿大陸海岸往南傳遞的 Kelvin 波，東半側則近似駐波，模式模擬之行進波、駐波共存現象和台灣海峽潮汐觀測資料推論結果一致。由數值實驗驗證控制台灣海峽潮波行為的主要機制，仍由向南行進波抵海峽南部水深驟深處發生反射所引起。

### 結論

為探討黑潮上游渦流現象，我們首先建立了一個較大範圍、高解析度(1/8 度)、二維的亞洲邊緣海潮汐模式，用來計算 TOPEX 高度計資料濾潮所需潮位，濾潮後之衛星遙測海面高度資料將用來探討這些渦流現象；另一方面順便探討亞洲邊緣海及台灣海峽之潮波行為。模式模擬潮汐吻合觀測資料，也和其它發表於文獻中之小區域模式結果一致。模式結果驗證東海、黃、渤海的潮汐以半日潮為主；南海以全日潮變化為主。由於全日潮週期與南海海盆自然振動週期相近，而發生近似共振現象，在數值模式中共振現象的週期和振幅對模式區域大小、邊界條件和水平摩擦係數的改變非常敏感，所以經由本計畫所建立之較大區域潮汐模式，配合適當的水位邊界條件和水平摩擦係數，已有效改善南海潮汐計算準確度，使得以濾潮後之衛星遙測海面高度資料來探討黑潮渦流現象更加可行。另從台灣海峽潮汐觀測資料推論，台灣海峽的潮波在西半側是沿大陸海岸往南傳遞的 Kelvin 波，東半側則近似駐波，數值實驗驗證這種行進波、駐波共存現象主要由向南行進波抵海峽南部水深驟深處發生反射所引起。由本模式計算的潮位從衛星遙測海面高度資料減去後，將應用於三維渦流解析模式探討黑潮渦流的生成機制和移動過程。

### 參考文獻

- Blumberg, A. F., and G. L. Mellor 1987. A description of a three-dimensional coastal ocean circulation model. p.1-16. In N. S. Heaps (ed.), Three-Dimensional Coastal Ocean Models, American Geophysical Union.
- Fang, G., Y.-K. Kwok, K. Yu, and Y. Zhu 1999, Numerical simulation of principal tidal constituents in the South China Sea, Gulf of Tonkin and Gulf of Thailand. *Continental Shelf Research*, 19, 845-869
- Jan, S., C.-S. Chern, J. Wang, S.-Y. Chao and T.-Y. Tang, 2000. A numerical study on the behavior of tidal waves in the Asian marginal seas. manuscript prepared for submission
- Kantha, L. H. 1995. Barotropic tides in the global oceans from a nonlinear tidal model assimilating altimetric tides. Part I: Model description and results. In: Collection of Global Ocean Tide Models CD-ROM. JPL Physical Oceanography DAAC

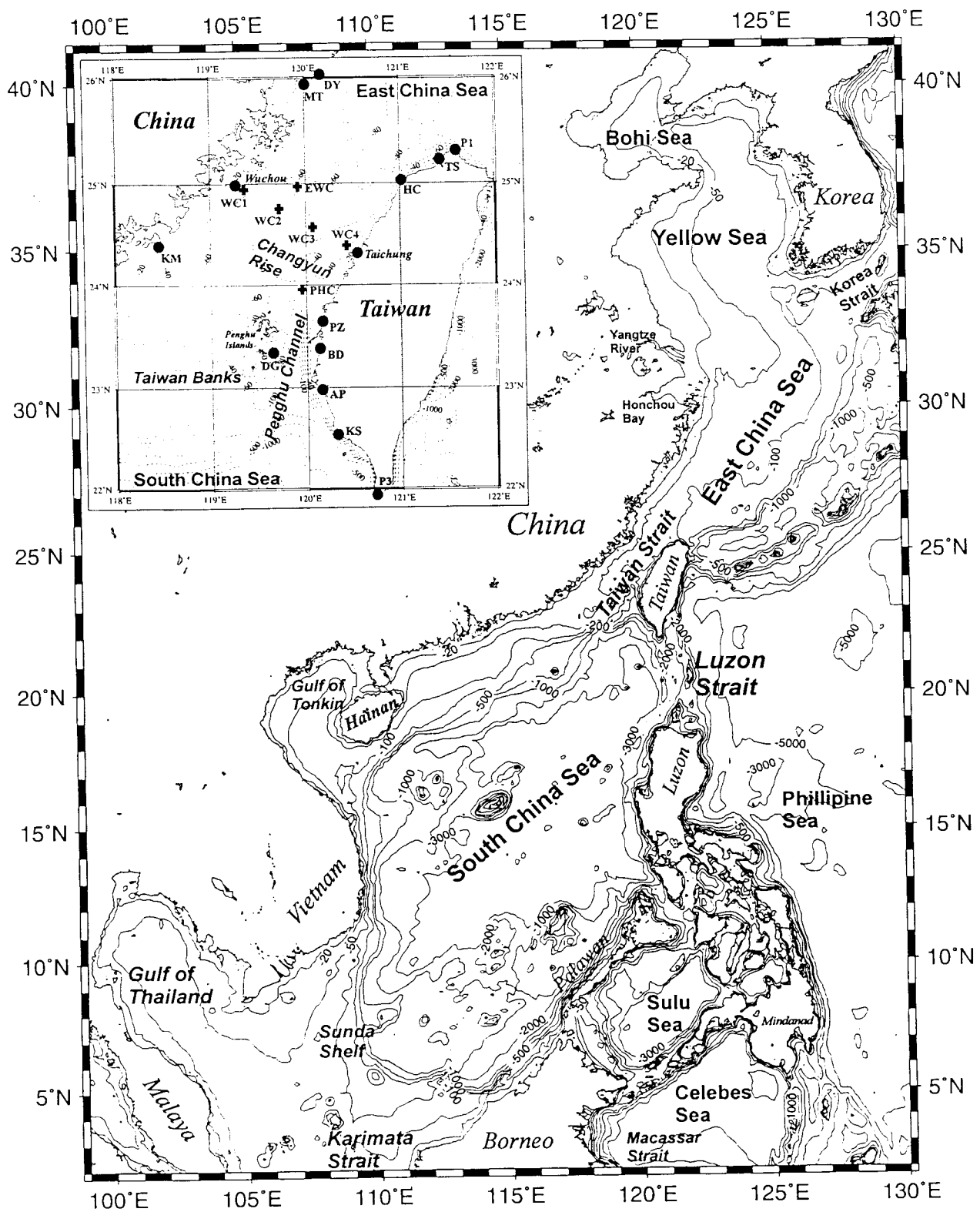


圖 1 亞洲邊緣海域水深圖



圖 2 K1潮模擬結果: 等振幅與等相位分佈



圖 3 M2潮模擬結果: 等振幅與等相位分佈

# 88 年度國科會計畫結案報告

## 黑潮上游渦流之形成機制及其對下游之影響—數值模擬研究

主持人：詹森

國家海洋科學研究中心

E-mail: [jansen@odb03.gcc.ntu.edu.tw](mailto:jansen@odb03.gcc.ntu.edu.tw), Fax: (02) 23640917

共同主持人：陳慶生

國立台灣大學海洋研究所

E-mail: [chern@ipx.oc.ntu.edu.tw](mailto:chern@ipx.oc.ntu.edu.tw), Fax: (02) 23626092

參與研究人員：詹森，陳慶生，陳冠青

國科會計畫編號：NSC 89-2611-M-002-025-OP2

核定金額：977,300 元

### 摘要

為探討台灣南端、呂宋海峽以東黑潮上游產生渦流之動力機制及傳遞過程，本計畫將利用 TOPEX 衛星遙測海面高度資料，這類高度資料經過濾潮處理後，除了對了解黑潮兩側中尺度渦流現象有很大的幫助，同時也有助我們利用數值模式探討渦流的生成和移動過程。問題是目前經由全球潮汐模式計算用來濾潮的潮位資料，在邊緣海、淺水區誤差的大小幾乎和渦流引起的水面高度變化一樣；另一方面，區域潮汐模式雖然準確度改善很多，但現有亞洲邊緣海區域模式涵蓋範圍又都不足以應用於整個黑潮流徑。因此，為使後續模式研究順利進行，我們首先建立了一個較大範圍、高解析度(1/8度)、二維的亞洲邊緣海潮汐模式，一方面用來計算濾潮所需潮位，另一方面探討亞洲邊緣海及台灣海峽之潮波行為。模式模擬潮汐吻合觀測資料，也和其它發表於文獻中之小區域模式結果一致。模式結果驗證東海、黃、渤海的潮汐以半日潮為主；南海以全日潮變化為主。由於全日潮週期與南海海盆自然振動週期相近，而發生近似共振現象，在數值模式中共振現象的週期和振幅對模式區域大小、邊界條件和水平摩擦係數的改變非常敏感，所以經由本計畫所建立之較大區域潮汐模式，配合適當的水位邊界條件和水平摩擦係數，已有效改善南海潮汐計算準確度。另從台灣海峽潮汐觀測資料推論，台灣海峽的潮波在西半側是沿大陸海岸往南傳遞的 Kelvin 波，東半側則近似駐波，數值實驗驗證這種行進波、駐波共存現象主要由向南行進波抵海峽南部水深驟深處發生反射所引起。由本模式計算的潮位從衛星遙測海面高度資料減去後，將應用於三維渦流解析模式探討黑潮渦流的生成機制和移動過程。