

台灣海峽淺水分潮特性研究

邱銘達¹ 黃宗群² 高家俊³ 吳誌翰⁴

摘要

本文利用 POM 模式，針對台灣海峽淺水區域的高頻淺水分潮項進行推算，並分析淺水分潮在台灣海峽的特性。由模式的推算結果，發現對 1/3、1/4、1/6 日週潮的淺水分潮來說，台灣海峽西南方的淺水地形--台灣灘，會使這些週期的淺水分潮振幅有明顯的變化；1/4、1/6 日週潮在台灣海峽內會有類似於駐波的共振現象發生，從理論與實測資料的分析，均可證實這樣的現象；模式計算的 1/5 日週潮的振幅值是本文分析各週期淺水分潮中最小的，其振幅的空間分佈，在淡水至新竹一帶最大，將軍、高雄以南振幅最小，此空間分佈與台灣西海岸實測潮位資料比對，發現具有一致的趨勢。此外，由模式的推算結果亦發現當潮波從深水區傳遞至台灣東岸，在經過大陸棚斜坡地形之後進入淺水區，各週期淺水分潮在水深約 120 米處開始有明顯的振幅變化。

On the Characteristics of Shallow Water Tidal constituents in Taiwan Strait

Ming-Da Chiou Tsung-Chung Huang Chia-Chuen Kao Chih-Han Wu

ABSTRACT

In present study, Princeton Ocean Model(POM) is adopted to simulate higher harmonics and long period tides in shallow waters in the Taiwan Strait. Computed tidal elevation amplitudes are compared with the observed data of shore-based tidal gauges on the western coast of Taiwan Strait. The results of simulations show that the taiwan Bank, which locates in the southwest shallow water region of Taiwan Strait, includes significantly the spatial variations of amplitudes of third-diurnal, quarter-diurnal and sixth-dirunal tides is similar to the resonance of standing waves. This phenomenon can be confirmed by both theoretical derivation and the analyses of observed data. The fifth-diurnal constituent features the smallest amplitude in present study. The maximum amplitude of fifth-diurnal constituent occurs from TamShui to Hsinchu, whereas the minimum amplitude occurs in south of Kaoshiung. The spatial distribution of amplitudes of fifth-diurnal constituent is Kaoshiung. The spatial distribution of amplitudes of fifth-dirunal constituent is consistent with field data observed from the tidal gauges on the western coastline of Taiwan. In addition, the result of simulations also demonstrate the facts that the amplitude variations of higher harmonics and long period tides become significant in cases if the water depth is less than 120m. It is the water depth when tidal waves propagate from deep Pacific Ocean towards the continental shelves of the eastern Taiwan.

一、緒論

大洋深海的潮波運動屬強迫振動，是由天體之間的萬有引力引起，當中太陽與月亮是造成地球潮汐變化的主要星體。從引潮力的調和展開式，可以給定各種不同頻率的振動，每一個頻率即對應著一

1 國立成功大學水利及海洋工程學系博士班研究生

2 國立成功大學近海水文中心助理研究員

3 國立成功大學水利及海洋工程學系教授

4 國立成功大學水利及海洋工程學系碩士班研究生

個天文分潮。對實際海洋潮汐的分析表明，水位變化確實主要由這些頻率的振動所構成。但是還存在著一些引潮力中並不存在的振動，這些振動所對應的分潮稱為淺水分潮，包含倍分潮(overtide)與複合潮(compound tide)。David (1987)指出當潮波傳遞入淺水區時，由於非線性作用使得潮波的波形產生變形，此時便需要額外的淺水分潮項來描述這種變形的潮波波形，這些淺水分潮的角頻率為源分潮角頻率的和、差及倍數乘積。方等(1986)指出在淺水區高頻振動的作用對高、低潮的影響變得重要，必須予以充分的考慮，若以調和分析方法來說，就是增加高頻的淺水分潮，以改進預報的準確度。

淺水分潮振幅變化顯著的地區，以西北歐的陸棚區為例，Kwong et al. (1997)分析此區的實測潮位站，指出此區的 M_4 、 MS_4 分潮振幅最大分別可達到 0.25 及 0.21 公尺，較其他大部分的全日潮振幅來得大，在潮位的預測上，便不能忽略這些淺水分潮項。

台灣四周的海底地形非常複雜，尤其是台灣東海岸及台灣海峽南北陸棚邊緣地區，水深變化劇烈。當行進中的潮波從東部深達 4000 公尺的太平洋經由台灣南北海面進入大陸棚時驟減為 200 公尺，在傳遞至大部分深度淺於 100 公尺的台灣海峽時，突然遇淺造成其速度和方向都有了重大的改變，使得海峽內的潮汐變化情形益顯複雜，在淺海灣或是河口地區，由於非線性效應的加大，潮波往往發生顯著的變形。

對於有長期實測潮位資料的地點，這些高頻淺水分潮的變化特性可以充分地掌握並考慮之。此外，本文亦應用 POM 模式，針對台灣海峽淺水區域的高頻淺水分潮項進行推算，分析淺水分潮在台灣海峽的特性。

二、淺水分潮動力機制

潮波在淺海或是河口等地區發生變形的現象，主要來自於幾項原因，包括：潮波與底床間的交互作用、潮波與邊界地形發生共振現象、河流的水流、潮流入流量大於河(渠)道的容量、風剪應力以及其他的氣象因素等條件所引起。

由理論和觀測都證明，任何情況下，無論變形的波形與簡諧波相差多遠，這種變形的潮波仍可視

為簡諧波與周期較小的另一些簡諧波的合成。這些變形的潮波可用傅立葉級數來表示。級數中每一項相當於一個分潮，角頻率可寫為原分潮的 2 倍、3 倍...等。這樣每一原天文分潮便伴隨著一系列的倍分潮，如對 M_2 便有倍潮 M_4 、 M_6 、 M_8 ...等，而倍潮的相位角則為原分潮相位角與倍數的乘積。

這種倍分潮與複合分潮統稱淺水分潮，與動力學方程的非線性項有關。以動力學原因來看，方等(1986)指出淺水分潮由兩種非線性產生，一種是運動方程中的平流項，如 $u\partial u/\partial x$ ，和連續方程中的非線性項，如 $\partial\eta u/\partial x$ ，另一種則是運動方程中的摩擦項，如 $C_D u|u|$ 。(這裡 u 是流速， η 是水位， C_D 是摩擦係數)。

2.1 平流項與連續方程中的非線性項對潮波的作用

從控制方程式來說明非線性項對於波形的變化，由於非線性偏微分的解析解一般很難求得，為了定性說明問題，考慮一簡單的情況，假設潮波在等深一維渠道中傳播，不考慮科氏力、摩擦項及擴散項，同時利用邊界條件：水底處垂向流速為零以及自由面上的流體會繼續留在自由面上，連續方程式可改寫為：

$$\frac{\partial\eta}{\partial t} + (h + \eta) \frac{\partial u}{\partial x} + u \frac{\partial\eta}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

利用靜水壓近似的假設條件沿垂向積分，同時忽略水面大氣壓力，則運動方程式可改寫為：

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} = -g \frac{\partial\eta}{\partial x} \quad (2)$$

若先忽略非線性項，可以得到一階的近似解(Bowden, 1983)：

$$\begin{aligned} \eta &\approx H_0 \cos(kx - \omega t) \\ u &\approx H_0 \left(\frac{g}{h}\right)^{1/2} \cos(kx - \omega t) \end{aligned} \quad (3)$$

進一步將一階解帶回式(1)、式(2)，並求解至 H_0^2 ，可以得到水位的表示式：

$$\eta = H \cos(\omega t - kx - \varepsilon) - \frac{3gH^2\omega}{4C^3} x \sin[2(\omega t - kx - \varepsilon)] \quad (4)$$

第二項為源潮波的諧波(harmonic of the original wave)，其振幅與水深的倒數成反比、隨著正 x 方向成線性變化，同時也與源潮波振幅的平方成正比，由此可以發現潮波在淺水中傳播時產生的變形；即使不考慮摩擦作用，非線性效應仍使潮波運動出現倍潮波。

接著考慮 η 為兩個源分潮的情形，當 $x = 0$ ，假設：

$$\eta = H_1 \cos(\omega_1 t - \varepsilon_1) + H_2 \cos(\omega_2 t - \varepsilon_2) \quad (5)$$

求解可得：

$$\begin{aligned} \eta &= H_1 \cos(\omega_1 t - \varepsilon_1) + H_2 \cos(\omega_2 t - \varepsilon_2) \\ &- \frac{3}{4} \frac{g}{C^3} x \{ \omega_1 H_1^2 \sin 2(\omega_1 t - k_1 x - \varepsilon_1) \\ &+ \omega_2 H_2^2 \sin 2(\omega_2 t - k_2 x - \varepsilon_2) \\ &+ (\omega_2 + \omega_1) H_1 H_2 \sin[(\omega_2 + \omega_1)t - (k_2 + k_1)x - (\varepsilon_2 + \varepsilon_1)] \\ &+ (\omega_2 - \omega_1) H_1 H_2 \sin[(\omega_2 - \omega_1)t - (k_2 - k_1)x - (\varepsilon_2 - \varepsilon_1)] \} \end{aligned} \quad (6)$$

除了會產生倍潮波之外，亦會有複合潮的現象發生。顯示非線性效應(平流項與連續方程中的非線性項)的確使潮波在傳遞過程中，產生倍頻項及頻率的和、差項。

2.2 底床摩擦力效應

底床摩擦力對於潮波主要的影響在於阻礙潮波的前進運動，同時由低頻傳散潮波運動的能量至高頻。David (1987)指出，由實驗與無因次理論分析結果，可提供摩擦力與潮流前進速度的關係式：

$$\tau_b = -C_D \rho q |q| \quad (7)$$

其中 τ_b 為底床摩擦力， C_D 為無因次阻力係數， ρ 為海水密度， q 為潮流速度。此式和風速與作用於海表面的風剪應力的關係相似。

考慮一個一維渠道的情況，上式可簡化為：

$$\tau_b = -C_D \rho u |u| \quad (8)$$

同時假設潮流的速度規則地變化，令為 $u = U_0 \cos \omega t$ ，則 $u|u|$ 項利用 cosin Fourier series 展開後留下奇數項得到：

$$u|u| = U_0^2 (a_1 \cos \omega t + a_3 \cos 3\omega t + a_5 \cos 5\omega t + \dots) \quad (9)$$

其中 $a_1 = 8\pi/3$ ， $a_3 = 8\pi/15$ 依此類推。今假設 M_2 潮波以 $U_{M_2} \cos 2\omega_1 t$ 的速度傳入渠道中，則會有包含 $\cos 6\omega_1 t$ 與 $\cos 10\omega_1 t$ 發生。進一步延伸到二維的流動情況時，則奇、偶次倍頻項皆可以摩擦項的形式來表示。

Amin(1993)曾以底床摩擦力的效應來解釋分潮之間的交互作用，文中提供充分的資訊說明分潮之間因為摩擦項而發生的交互作用，顯示潮波能量會因為摩擦力效應而有傳遞至其他頻率的現象發生。

2.3 實測潮位站資料分析

潮汐是因地而異的，淺水分潮在不同的淺水區，特性也是有所不同。本文選取 2000 年台灣西海岸沿岸共 13 個測站，藉由實測資料分析的結果，以統計的觀點來整理淺水分潮在台灣海峽的分佈情形。本文依照週期分類，分別討論 1/3 日週潮(MK₃、SK₃)、1/4 日週潮(M₄、MS₄)、1/5 日週潮(2MK₅、2SK₅)及 1/6 日週潮(M₆、2MS₆)。

由實測資料的分析結果，如表 1 所示，整理出本文討論的週期的淺水分潮在台灣西岸的特性，條列如下：

- A. 1/3 日週潮 MK₃ 與 SK₃ 大振幅的發生位置，集中在雲林、嘉義一帶，包括箔子寮港、東石港及澎湖的馬公港，最大振幅發生在馬公港，為 1.55 公分。
- B. 1/4 日週潮 M₄ 與 MS₄ 在馬公港有最大振幅發生，分別為 6.97 及 4.46 公分，次大振幅則發生在箔子寮港，分別為 4.73 及 3.21 公分。相較於其他位置的測站，僅有此兩個站振幅大於 3 公分。
- C. 從實測的資料分析中發現，1/5 日週潮 2MK₅ 與 2SK₅ 是本文討論的淺水分潮中振幅最小的分潮，最大的振幅為 0.68 公分，發生在北部的淡

水河油車口站；高雄港以南的地區，振幅值則多在 0.1 公分以下。

D.1/6 日週潮 M_6 與 $2MS_6$ 發生大振幅的測站點與 1/3、1/4 日週潮發生大振幅的測站點一致。最大振幅發生在雲林、嘉義一帶的箔子寮港，分別有 1.95 及 1.75 公分。

整體而言，台灣西岸振幅變化較大的淺水分潮主要為 M_4 、 MS_4 與 M_6 ，發生大振幅的位置集中在特定幾個測站，如馬公港或東石漁港。高雄港以南的淺水分潮振幅較以北的地區為小，變化亦小。另外，比對各淺水分潮較大振幅的測站，發現油車口及東石漁港在五個週期的淺水分潮中重複出現過；扣除小振幅的 1/5 日週潮後，馬公港亦在其餘四個週期的淺水分潮中重複出現。

三、潮波數值模式

潮波運動根據其動力學特性不同，大致上可以區分為以下三類（林，2000），一為大洋深海的潮波運動，是一種強迫振動，引潮力起重要作用，外力與水質點的運動以線性效應為主，並需考慮科氏力隨緯度的變化。第二種為大陸棚附近的過渡海和大陸架邊緣海的潮波運動，主要是由引潮力直接作用於這一海區所引起的強迫震動和相鄰深海潮波傳播到這裡所引起的自由振動組合，也是以線性效應為主。第三種為海灣或河口等沿岸淺海的潮波運動，完全是由相鄰的大陸棚邊緣海或深海的潮波傳播結果，是一種自由振動，非線性效應顯著，邊界摩擦對潮波能量的耗損起重要作用。

本文研究所採用之數值模式為美國普林斯頓大學由 George L. Mellor 與 Alan Blumberg（1977）發展的三維非線性海洋模式 Princeton Ocean Model(簡稱 POM)。推動潮汐模式的主要動力為開邊界水位變化。取得水位資料最直接的方式為現場觀測，但是當開邊界地區位於大洋深海區時，便沒有實測的水位資料可供應用。為解決邊界水位取得的困難，以及模式邊界水位給定的問題，本文利用全球潮汐模式 Lakshmi H. Kantha 於 1995 年所發展的非線性正壓潮汐模式的水位模擬結果作為邊界水位的輸入。

3.1 模式計算區域

模式計算之區域範圍涵蓋東南亞區域，介於東經 99 度到東經 130 度及北緯 2 度到北緯 41 度，包含韓國、中國大陸、台灣、菲律賓等國家以及台灣海峽、西北太平洋、東中國海及南中國海等海域。此模擬區域在台灣東部地帶為太平洋海域，水深較深，平均深度約為 5000 公尺，西部介於中國大陸與台灣之間的台灣海峽為近岸地區，水深較淺，平均水深約在 80 公尺左右。

模式計算所需的邊界條件，主要設定東經 130 度為趨動模式的邊界，利用 Kantha 全球潮汐模式，模擬東經 130 度、北緯 2 度至 40 度的水位值，並將模擬所得的水位值利用調和分析求出四個主要分潮（ O_1 、 K_1 、 M_2 、 S_2 ）的調和常數，利用此四個分潮的調和常數合成模擬區域中所需要時刻的邊界水位值，以天文潮位變化作為驅動此計算區域的動力。

Kantha(1995)指出全球性潮汐模式於深海地區的模擬結果十分良好。葉（2001）利用關島潮位站 2000 年的實測水位資料來驗證 kantha 推算結果，結果亦顯示全球潮汐模式在深海地區的模擬結果十分良好。因此本研究直接利用全球潮汐模式推算出的水位值，分析得到所需四個分潮的調和常數，並合成計算邊界水位值，作為模式驅動的邊界條件。

四、數值模擬驗證與結果討論

潮波從深海區傳遞至淺水區時，由於非線性作用，會產生額外的高階淺水分潮項。本研究之邊界水位乃考慮天體間引潮力四個振幅較大的主要分潮 O_1 、 K_1 、 M_2 與 S_2 ，模式計算同時考慮科氏力作用。於選定計算範圍、設定初始邊界條件後，模擬 2000 年的潮位變化，並討論此四個分潮在傳遞過程中產生的高階淺水分潮在台灣海峽淺水區的變化。本章先利用環島近岸六個潮位站對 POM 的運算結果進行驗證，繼而針對淺水分潮項進行討論。

4.1 模式運算結果之驗證

針對潮波模式計算結果的驗證，本文選取了環島近岸六個潮位站在 2000 年的潮位資料與模式計算結果進行比較。此六站在 2000 的觀測成功率皆在 95% 以上，分別為台灣西部的竹圍、新竹、高雄

與東部的梗枋、蘇澳、富岡。模式計算出的調和常數與實測潮位資料計算所得的調和常數列於表 2。模擬值與實測值的比較上皆是取網格上與測站最接近點的資料，模式計算的解析度為八分之一度（赤道附近約為 13 公里），因此在實測與模擬值的比較上已因位置點不同存在些微的誤差。在模式的驗證上，本文計算模擬值與觀測值間的振幅百分比誤差，定義為

$$\text{振幅百分比誤差} = \frac{|S - O|}{O} \times 100\% \quad (10)$$

式中 S 為模式計算值，O 為觀測值。

由表中可看出在模式模擬值與這六個測站實測值的比較結果，其中半日潮在西部測站的振幅百分比誤差，除了新竹測站 M₂ 分潮為 14.8% (水位差值約 24 公分) 與 S₂ 分潮為 24% (水位差值約 11 公分) 外，其餘皆在 5%~11% 之間；半日潮在東部測站的振幅百分比誤差，除了梗枋測站 S₂ 分潮為 15% (水位差值約 2 公分)、M₂ 分潮為 16.5% (水位差值約 4.8 公分) 外，其餘皆在 1.2%~5.9% 之間，模擬的結果有相當程度的準確性。

全日潮在西部測站的模擬結果，新竹與竹圍兩站的振幅百分比誤差在 3%~14% 之間，高雄站的模擬結果較不理想，K₁ 分潮有高達 63.7% 的誤差百分比（水位差值約 11 公分），O₁ 分潮有高達 32.8% 的誤差百分比（水位差值約 5 公分）；全日潮在東部測站的振幅百分比誤差，除了蘇澳站 O₁ 分潮為 27.1% (水位差值約 4.5 公分) 外，其餘皆在 2.4%~11.7% 之間。

4.2 非線性作用產生的淺水分潮項

本文利用數值模式推算淺水區的倍分潮與複合潮等淺水分潮，推算結果經調和分析後將分潮振幅之等振幅線圖繪製於圖 1~圖 8 中。

淺水分潮在淺水區會有明顯的振幅變化，受地形影響大，因此本文在說明模式推算淺水分潮的結果之前，先針對台灣海峽地形進行介紹。由圖 9 所示(擷取自海科中心資料庫)，清楚地呈現了台灣海峽裡複雜的地形構造。在台灣海峽中北部，有兩個南北走向的凹陷，靠北部的為觀音凹陷，另一個烏坵凹陷則位於海峽西側，較接近大陸沿岸，二者

水深皆超過 80 米；在海峽中部有一隆起的地形，稱為雲彰隆起，從台灣西岸一直延伸至海峽中線附近，水深約在 40 米左右；在澎湖群島東南側則為澎湖水道，是海峽中水深較深的區域，變化約從 60 米至 200 米之間；在台灣海峽西南邊另有一淺灘地形，稱為台灣灘，水深最淺處僅約 20 米左右。

以下，針對模式推算淺水分潮的結果進行說明，並與 2-3 節分析實測資料所得的結果比較：

A. 三分之一日週潮 (MO₃、MK₃)

1/3 日週潮 MO₃ 與 MK₃ 的模擬結果如圖 1 及圖 2 所示(各等振幅圖中三條等水深線由左至右分別為 40、80 與 120 米；振幅單位為公尺)。由表可知模式的振幅推算值多較實測值偏小，從等振幅分佈圖中發現，1/3 日週潮在澎湖以北的地區，振幅變化緩慢，大小介於 1~1.5 公分之間，與實測資料分析所得的結果分佈一致；最大振幅的發生位置在台灣海峽西南邊，其位置與台灣灘的位置十分符合，顯示此一淺灘地形對 1/3 日週潮振幅變化具有影響。

B. 四分之一日週潮 (M₄、MS₄)

1/4 日週潮 M₄ 與 MS₄ 的模擬結果如圖 3 及圖 4 所示。由模擬結果可得到 1/4 日週潮在台灣海峽區域振幅變化較其他淺水分潮項來得大，此定性上的現象跟實測值顯示的結果相符；從定量上的結果來看，模式推算的振幅值則有高估的現象。由等振幅線的分佈圖來看，發現台灣灘對於 1/4 日週潮的振幅變化亦有影響，此外，圖中還有兩個明顯的腹點位置，一個位在台灣西北方向（東經 120 度、北緯 26 度附近），靠近大陸沿岸地區，另一個則位於澎湖群島附近。

C. 五分之一日週潮 (2MK₅、2SK₅)

從實測的分析結果發現，1/5 日週潮在台灣西岸沿海最大的振幅為淡水油車口的 0.68 公分，整個海峽地區振幅變化小，由模式的推算結果亦可看出這樣的分佈。由圖 5 及圖 6 所示，模式推算的振幅值高估於實測值，此外，比對等振幅線的分佈圖與水深線等值圖，發現二者之間沒有明顯的關係存在，在更淺水的台灣灘一帶亦是如此。

D. 六分之一日週潮 (M₆、2MS₆)

1/6 日週潮 M₆ 與 2MS₆ 的模擬結果如圖 7 及圖 8 所示。由比較結果可知 1/6 日週潮在箔子寮漁港

及東石漁港振幅較大，在 1.5~2 公分左右，在這兩個較大振幅的地區模式的模擬值低估於實測值。此外，觀察 1/6 日週潮等振幅線的分佈圖，發現除了在台灣灘有一波腹現象外，在海峽中段及北端亦可觀察到大振幅的波腹現象，而這種近似駐波行為的現象，在 1/4 日週潮的分佈圖中也可發現。

五、結論

本文採用 POM 模式，並配合台灣西岸實測潮位站的資料分析與統計，從實測站--點的資訊，配合潮波數值模式--面的推算結果，來說明淺水分潮於台灣海峽的分佈特性。

綜合前述的結果，比對各週期淺水分潮振幅變化與等水深線的位置，發現當潮波從深水區傳遞至近岸處，經過大陸棚斜坡地形之後進入淺水區，各週期淺水分潮在水深 120 米處開始有明顯的振幅變化。台灣海峽西南方的淺水地形--台灣灘，對 1/3、1/4、1/6 日週潮的淺水分潮的振幅變化有較大的影響，從台灣灘外圍的水深 80 米處至台灣灘最淺的 20 米水深處，振幅約可變大三倍。

從模式推算的結果發現，1/4 與 1/6 日週潮在台灣海峽區域會有類似共振的駐波現象發生，根據共振理論，當陸架上的波動是朝兩相向方向傳遞的潮波所組成，如圖 10 所示，陸架總長度滿足陸架上波動波長一半的整數倍時，則陸架上的波動將會有理論性的共振現象發生，即

$$2a = nL/2 \quad L = \frac{2\pi}{\sigma} \sqrt{gh_2} \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (11)$$

當中 2a 為陸架總長度，L 表示潮波波長，h2 為陸架上之平均水深。

台灣海峽平均水深約為 80 米，總長度為 650 公里左右，1/4 與 1/6 日週潮的波長一半分別約為 312 公里及 208 公里，與海峽長度之間近似於 2 倍與 3 倍，因此會有近似駐波的共振現象發生。在 650 公里的海峽長度中，對 1/4 日週潮來說約為一個波長的長度，發生共振時會有兩個腹點，腹點之間距離約為波長一半，即三百公里；對於 1/6 日週潮而言，海峽長度約為 1.5 個波長的長度，發生共振時會有三個腹點，腹點之間距離約為 200 公里，將這樣的現象與模式結果比較，發現在空間上的分

佈與理論分析結果一致。若與實測資料的分析結果比對，本文以 1/4 日週潮為例，模式推算在澎湖群島附近有一腹點，由 2-3 節馬公港與箔子寮港的分析資料中可發現，此二站 1/4 日週潮的振幅值為本文分析的測站中最大的，顯示模式推算的現象亦符合實測資料的分析結果。

謝誌

本文係國科會專題研究計畫「資料同化應用於颱風暴潮數值預報之研究(1/3)」(計畫編號：NSC92-2611-E-006-031)之研究成果，承蒙國科會經費之贊助使本研究得以順利進行，謹致感謝之意。

參考文獻

1. Amin, M. (1993), "The Mutual Influence of Tidal Constituents in the Presence of Bottom Stress", *Estuarine Coastal and Shelf Science*, Vol. 10, pp. 625-633.
2. Blumberg, A. F., and G. L. Mellor (1987), "A description of a three-dimensional coastal ocean circulation model", *Three-Dimensional Coastal Ocean Models*, Vol. 4, pp. 1-16.
3. David, T. Pugh (1987) *Tides, Surges and Mean Sea-Level*, John Wiley & Sons.
4. Enrique Alvarez Fanjul, Begona Perez Gomez, and Ignacio Rodriguez Sanchez-Arevalo (1997) "A Description of the Tides in the Eastern North Atlantic", *Prog. Oceanog.*, Vol. 40, pp. 217-244.
5. Kantha, L. H. (1995), "Barotropic tides in the global ocean from a nonlinear tidal model assimilating altimetric tide, part I model description and results", [Http://www.cast.msstate.edu/Tide2D](http://www.cast.msstate.edu/Tide2D)
6. Simon C. M. Kwong, Alan D. Davies and Roger A. Flather (1997), "A Three-Dimensional Model of the Principal Tides on the European Shelf", *Prog. Oceanog.*, Vol. 39, pp. 205-262.
7. 方國洪、鄭文振、陳宗鏞、王驥 (1986), "潮汐和潮流的預報分析", 海洋出版社。
8. 莊文傑 (2000), "台灣海峽潮波協振盪之研究", 國立台灣大學造船及海洋工程學研究所博士論文。
9. 詹森、王玉懷、邱朝聰 (2001), "台灣海峽短期預報系統之發展", 2001 年海洋數值模式研討會論文集。
10. 葉姍霏 (2002), "台灣海域高解析度潮汐模式之建立—敏感度試驗", 國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文。

表 1 淺水分潮於台灣西海岸各測站之調和常數

Station	MO ₃	MK ₃	M ₄	MS ₄	2MK ₅	2SK ₅	M ₆	2MS ₆
基隆港	0.12	0.1	0.67	0.45	0.04	0.04	0.06	0.05
淡水第二漁港	0.34	0.56	1.47	0.65	0.27	0.41	0.23	0.08
淡水河油車口	1	1.01	1.89	0.81	0.68	0.13	0.82	0.65
竹圍漁港	0.72	0.33	1.87	1.49	0.27	0.2	0.39	0.28
新竹漁港	0.5	0.15	2.82	2.08	0.5	0.28	0.19	0.21
箔子寮港	1.2	1.35	4.73	3.21	0.21	0.08	1.95	1.75
馬公港	1.55	1.55	6.97	4.46	0.21	0.06	0.54	0.75
東石漁港	1.47	1.16	1.46	1.61	0.49	0.04	1.59	1.4
將軍漁港	0.71	0.51	1.96	1.33	0.37	0.03	0.88	0.77
高雄港	0.25	0.03	0.23	0.12	0.11	0.04	0.25	0.22
東港漁港	0.29	0.27	0.39	0.1	0.19	0.09	0.31	0.35
琉球漁港	0.02	0.13	0.04	0.04	0.08	0.01	0.03	0.04
蟬廣嘴港	0.27	0.41	0.3	0.2	0.07	0.04	0.23	0.18

表 2 潮汐模式計算之振幅與實測值之比較

	分潮	模擬 (cm)	實測 (cm)	振幅誤差 (%)	分潮	模擬 (cm)	實測 (cm)	振幅誤差 (%)
竹圍	O ₁	14.52	16.85	13.82	梗枋	11.76	11.48	2.4
	K ₁	19.76	20.7	4.54		15.96	14.17	12.6
	M ₂	113.35	119.3	4.99		33.83	29.03	16.5
	S ₂	32.43	33.8	4.05		16.1	13.99	15.08
新竹	O ₁	17.55	17.62	0.40	蘇澳	11.88	16.3	27.11
	K ₁	24.46	21.82	12.09		15.9	17.93	11.32
	M ₂	189.55	165.05	14.84		39.51	41.41	4.59
	S ₂	56.90	45.89	23.99		17.98	17.77	1.18
高雄	O ₁	20.33	15.43	31.75	富岡	13.09	14.83	11.73
	K ₁	27.79	16.97	63.70		17.16	15.8	8.60
	M ₂	15.98	18.02	11.32		42.62	43.66	2.38
	S ₂	7.52	6.83	10.10		18.95	17.9	5.87

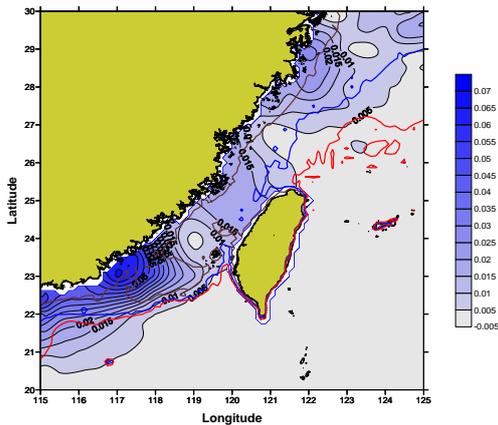


圖 1 MK₃分潮在台灣附近海域之等振幅圖

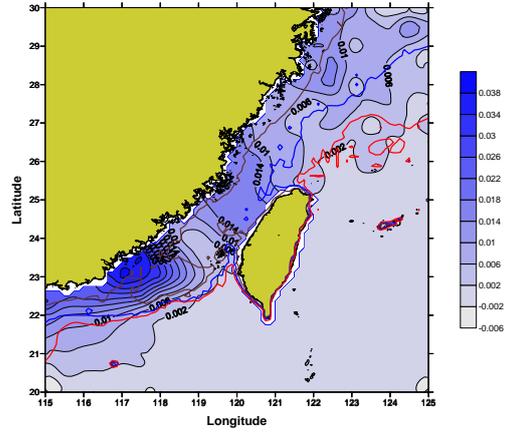


圖 2 MO₃分潮在台灣附近海域之等振幅圖

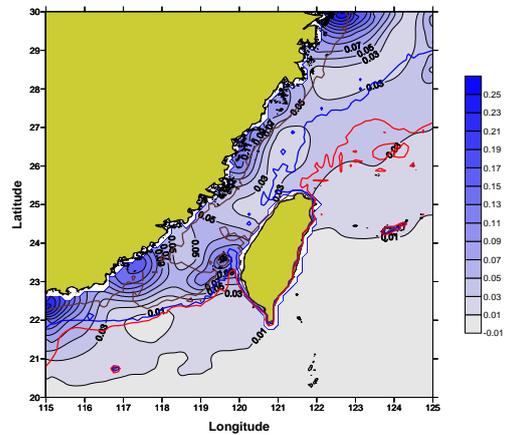


圖 3 M₄分潮在台灣附近海域之等振幅圖

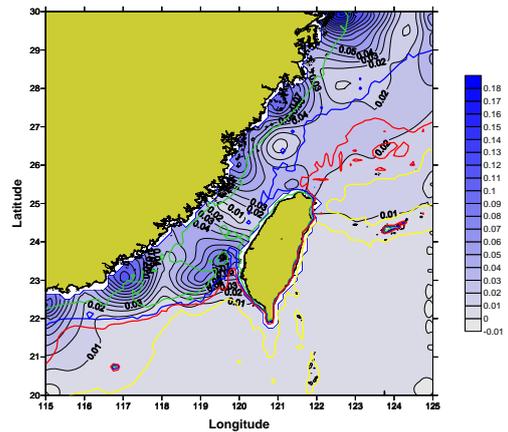


圖 4 MS₄分潮在台灣附近海域之等振幅圖

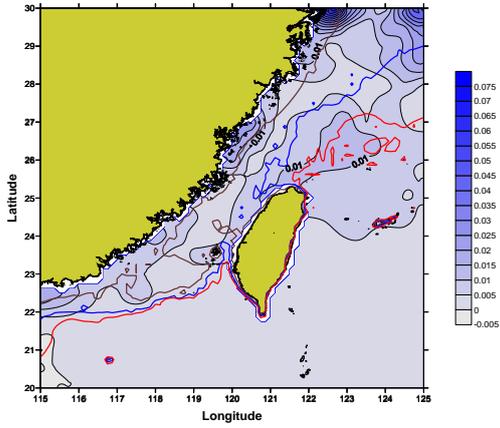


圖 5 2MK₅分潮在台灣附近海域之等振幅圖

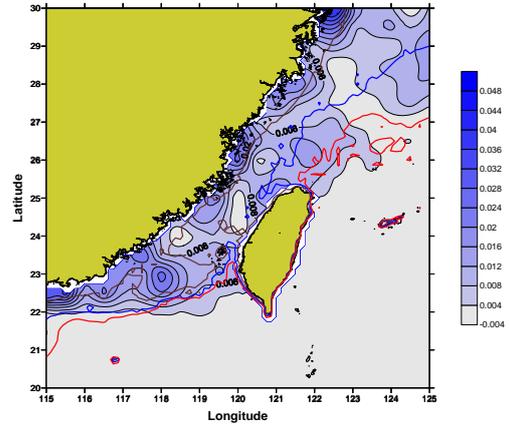


圖 8 2MS₆分潮在台灣附近海域之等振幅圖

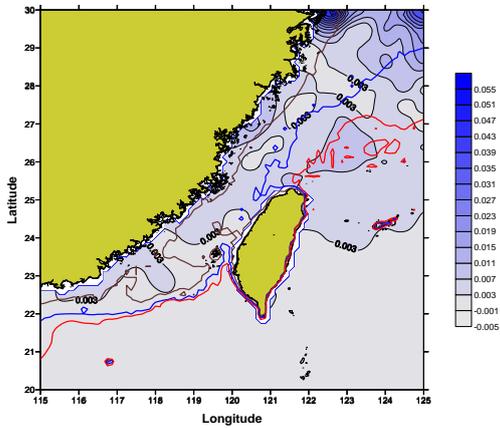


圖 6 2SK₅分潮在台灣附近海域之等振幅圖

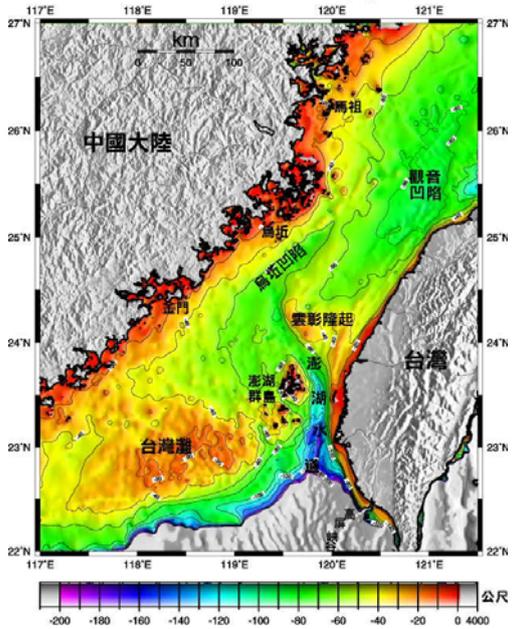


圖 9 台灣海峽等深線及海底地形圖(摘自海科中心)

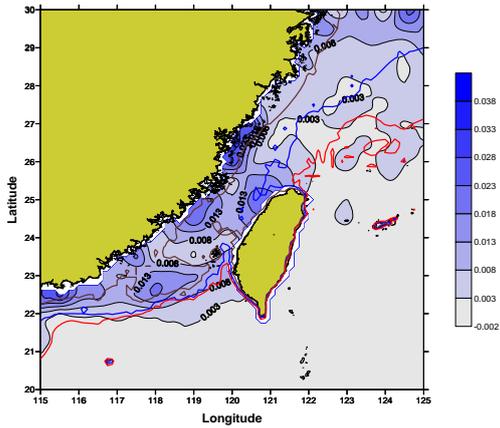


圖 7 M₆分潮在台灣附近海域之等振幅圖

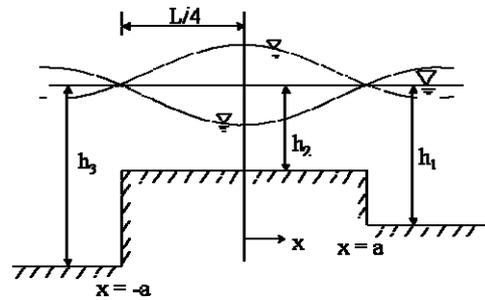


圖 10 矩形化陸架地形與潮波共振現象