

中央氣象局天文潮及氣象暴潮 數值預報作業系統之發展與改進

劉肖孔

徐月娟

中央氣象局顧問

中央氣象局海象測報中心副主任

摘要

1983年九月，艾倫颱風在東沙群島附近，造成漁船海難事件，行政院為防止此類事件之發生，乃指示中央氣象局與行政院科技顧問組合作，進行“台灣海域颱風暴潮及氣象潮數值預報模式研究計劃”。該計劃中所採用之基本模式，係採用行政院科技顧問組所建立之“中國海域三度空間數值模式，中國東南海域模式，及台海模式等（劉肖孔，1983,1988,〔1,2〕）。在該計劃進行期間，除改進模式之計算方法外，並利用各地驗潮站之實測資料，修正模式中之物理參數。

中央氣象局自七十九年三月潮汐資料解除機密之後，隨即著手進行潮汐預報的工作。除根據各港實測水位依調和分析法推算當地之天文潮外，並使用海域數值模式，推算中國海域內及各沿岸地區之‘氣象天文混合潮’水位。

本文就以下諸項問題提出討論：

1. 數值預報模式之要點
2. 目前作業情形及驗證方法
3. 今後改進方向

一、前言

海域中的潮，主要可分為天文潮與氣象潮。前者是天體引力與地球自轉離心力的綜合結果，後者是氣壓與風力變化所引起的效應。颱風過境時，氣壓降低，風速加大，經常使海岸地區的水位全面升高，增加岸區波浪高度，移近碎波線，打擊堤防，經常引起海水倒灌。在防洪方面，暴潮對下瀉洪水產生頂托作用，抬高洪位，加重災害。

在颱風過境時，天文潮的引潮力仍然存在，同樣的颱風發生於不同潮位時〔因岸區流場的組合是非線性的〕，其暴潮高度亦不相同。

在無颱風期間，天文潮亦受氣象因素影響

改變潮位、潮時與潮流在各地的分佈，其預報與岸區之經濟發展有密切關係，因此政府對於天文及氣象潮預報的精確度是非常重視的。

二、數值預報模式要點

由於功能的不同，中央氣象局所使用的海域數值模式共涵蓋以下三個地區〔見圖一〕。

1. 中國海域模式：其涵蓋範圍由海南島至渤海，東達日本九州。其解析度為四分之一度，橢圓球面座標。並為其他次模式提供所需要的邊界條件。
2. 中國東南海域模式：其涵蓋範圍西自東經

110 度，東達東經 129 度，南自北緯 19 度，北至 29 度。其解析度為八分之一度乘八分之一度，橢圓球面變格點。此模式之主要功能為颱風進入海上警報區時，視其是否會在台海及大陸沿岸產生暴潮。

3. 台灣海域模式：其包含地區西自東經 116.5 度，東至東經 123 度；南自南緯 21 度，北達北緯 27 度，為橢圓球面變格點。其主要功能為天文潮及颱風暴潮預報。

海域數值模式，是根據流體動力學上的動量方程式、求其九個偏微分聯立方程式之數值解，配合三個溫度參數化方程式，採用橢圓球面變距點，依有限差分法進行數值積分。

在模式規劃設計時，所考量的主要因素為：

1. 中央氣象局海象測報所需要包含的海域範圍，
2. 模式計算所需的硬體容量及速度限制，
3. 最新資料獲得的可能性，
4. 模式所計算的參數，對中央氣象局海象測報效率的重點所在，
5. 配合技術轉移，人員接替，練習操作及各階段計畫執程序。

在颱風風場模式方面，活動風場的計算及其推算的精確性，是其中重要的一環。依理論來說，利用數值天氣預報模式（NWP Model）亦可作颱風風場的計算，然以目前超級電腦的大小所能使用的格點數與解析度，尚不能精確地推算出大型颱風的低氣壓與高風速。因此我們必須使用部份參數化的颱風風場模式，然後再在可能範圍內加以修正，增進其推算精確度。

使用梯度風方程式計算颱風風場與實測風速非常接近（劉，1985，CWB TR181，1311）。但尚需輸入以下參數（在模式中之資料庫內）：

1. 氣壓分佈

2. 溫度變化
3. 相對濕度
4. 海氣垂直溫差
5. 颱風之周邊氣壓
6. 垂直方向各層面的水平風速修正
7. 垂直溫差與海面風向的修正角

三、目前作業情形及驗證方法

中國海域的面積雖大，然其平均水深僅為七十公尺左右，其容量與太平洋相比，僅及其三千分之一，因此本身的天文潮很小。中國海域內的天文潮是太平洋的潮波進入中國海域之後，淺水化的效果。潮位站因設在大洋或海域內不易，故多置於港灣之內。所以用潮位站的資料，畫全面海域性的潮波分佈圖較為困難。近年來一般均用校正後的海域模式來計算海域潮位推算係數分佈圖，例如北海（Liu, et al., 1974, [4]），北極海（Liu, 1987, [5]），加拿大海域（Godin, 1980, [6]），中國海（Liu, 1983, 1988, [1],[2]）等。圖二為 M2 分潮由太平洋進入中國海域之後，其潮高及相角因摩擦、地形及柯氏力因素的變化情形。潮進入海灣及河口之後，與河川流交互作用之後則更為複雜。

使用調和分析法推算潮汐，是一種統計方法，需要長期性無間斷的實測水位觀測資料。無資料地點即無法求推算係數。一般測站多設於港內，因為淺水化和港口的關係，經常較岸區振幅大，潮時後延且無法計算氣壓、風及流的效應。利用海域數值模式推算潮可免除以上缺點，並可配合天氣預報推算氣象天文混合潮的變化。然所推算的水位和流速是海岸地區的，對港內的水位預報，不及使用該點實測資料的調和法準確。一般說來，推算的沿岸潮時均較港內為早，但以推算沿岸颱風暴潮的觀點，這反而是一項優點。

1994 年 9 月為例，圖三及四為資料完整

的幾個測站，其預報與實測之比較。高低潮之平均預報誤差如下：

新竹站：低潮平均預報誤差	3.176 分鐘
高潮平均預報誤差	-9.493 分鐘
布袋站：低潮平均預報誤差	9.618 分鐘
高潮平均預報誤差	-5.373 分鐘
澎湖站：低潮平均預報誤差	-3.545 分鐘
高潮平均預報誤差	11.739 分鐘
成功站：低潮平均預報誤差	-8.889 分鐘
高潮平均預報誤差	-5.673 分鐘

在中國海域模式的率定方面，其底床摩擦力係數是經由海底泥砂之平均粒徑或大約組成間接來求（劉，1995，CWB84-30-01, [8]）。在此模式的率定過程中，選定重要港口所出版的潮汐表比對。區內潮差以仁川最大。東沙最小。潮時以那霸最早，天津及秦皇島最晚，比較值請參見上述報告。

四、今後改進方向

由圖三及圖四中可看出，數值模式預報與實測間的誤差是周期性的，分析其原因，亦同時指出在數值預報方面，需要改進的方向了。當深海中大洋潮進入中國海的淺水區後，地形、摩擦作用以及地球自轉效果，對各種分潮所產生的影響不同。以流體力學的眼光，動力方程式中的非線性平流項，在交互作用之後產生主要深水天文潮的高階分潮。摩擦作用產生奇倍數的高階潮，海底地形引起偶倍數的高階潮（Liu and Leendertse, 1978, [8]）。以太陰半日潮為例，M2的高階分潮為M4、M6、M8、M10等。M6和M10為其奇倍數。M4和M8為其偶倍數。台灣海域模式及中國海域模式中含有平流項，所以當模式邊界點輸入深水大洋潮，在進行積分的過程中，因摩擦及地形作用，會產生每個深水潮的淺水高

階分潮如M4、M6、M8、M10等。但問題出在一般數值模式在邊界點深水地區，振幅小於0.2公分以下的大洋潮，多半加以忽略。原因是深水地區要用壓力式水位儀，0.2公分已超出其精確度。只有用淺水地區的港內實測資料向模式的邊界推。次要深水分潮的振幅雖然微不足道，然而由於其週期不同，在加減組合後即形成了長週期、小振幅的潮時誤差了。因此解決的辦法是根據經驗，用主觀法外插。由內點實測資料向邊界推。

在颱風暴潮數值預報作業方面，目前在海上颱風警報發布之後，如其預報行徑及強度對台海及大陸沿岸構成威脅，即由其侵台方向及預估強度，根據指引圖，由颱風暴潮資料庫中查出該颱風在海域內24個海岸地區，所引起的正負暴潮水位。其預估值為不含天文潮的異常水位。目前在資料庫中共存有約兩千種不同行徑及強度的颱風暴潮（劉，1987，CWB-TR279, [9]）。如果颱風為不規則行徑，但離台省尚遠，則其所引起的異常水位，即由中國東南海域模式推算，其涵蓋區域包括由海南島至浙江。如用中國海域全域模式，可求其他地區的影響。

在風場計算方法的改進方面，目前採用梯度風方程式計算理論風場，然後再依參數化及垂直穩定性情況，修正風速風向。其他重要參數之分析，亦曾參考過去的颱風記錄及回歸分析，然而可改進的地方仍然很多，例如：

- 1，如果颱風途徑通過中央山脈，中心氣壓將受影響，在預報模式的輸入資料中，其修正值，需要作進一步的分析
- 2，颱風的風場架構，仍需作進一步的分析研究。
- 3，在模式系統發展期間，海象測報中心，曾多次從事預報與實測暴潮間的比較，但此項工作，仍需持續進行。

五、致謝

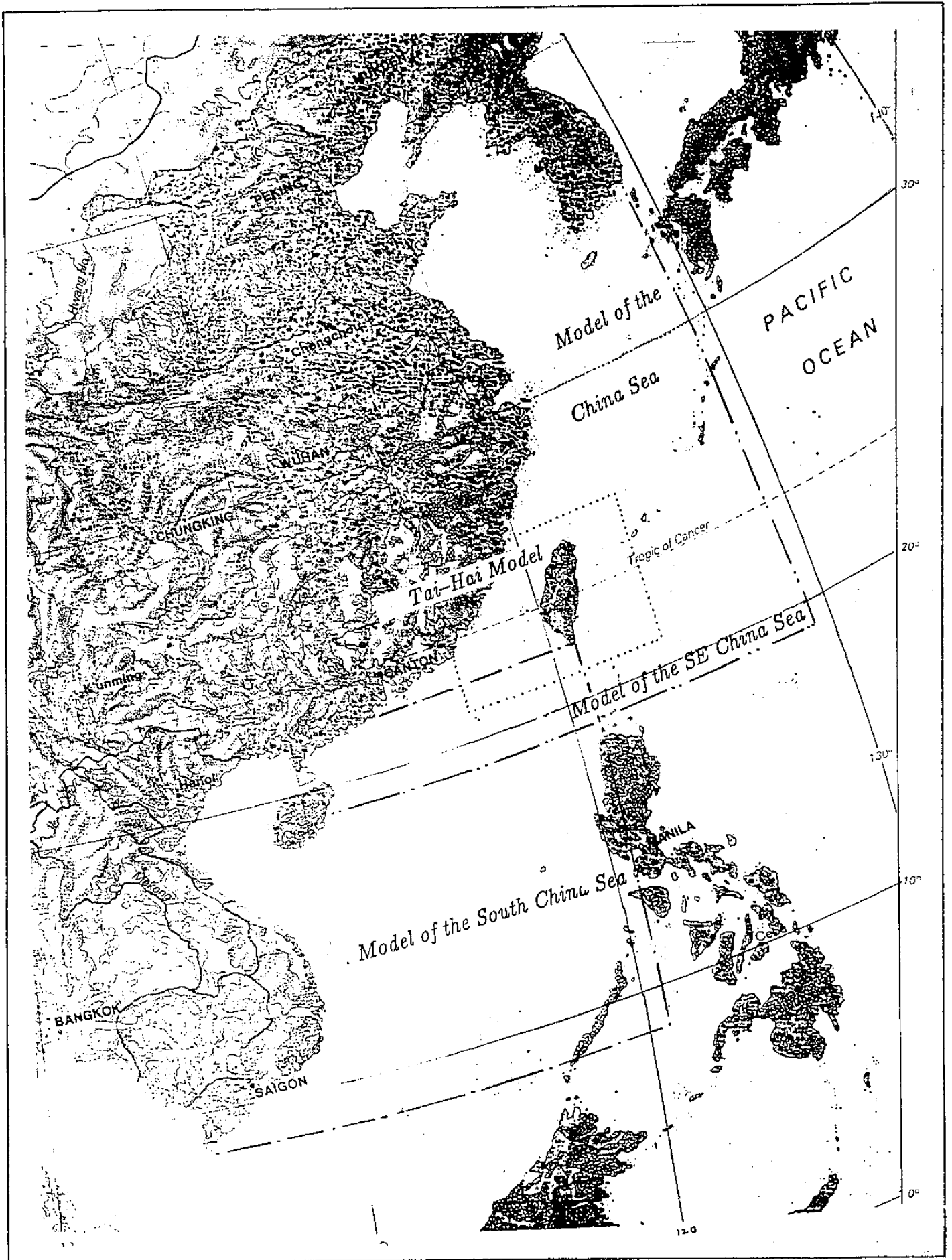
本計畫實施期間，承蒙中央氣象局吳前局長宗堯，蔡前局長清彥，謝局長信良，陳副局長文恭，海象測報中心李主任汴軍，劉技正文俊，林燕璋課長，張迦勒、白文星、譚廉、陳進益、呂理弘、黃華興、吳文耀、過柄樞、蔡恆雄、詹志正先生及曾淑芬、何佩勵、陳燕君女士的鼎力支持與協助，特此致謝。本計畫於民國 74 至 78 年間，亦承蒙氣象局張前副局長領孝，王時鼎、林民生、方力脩三位主任，陳副主任熙揚，劉文明和劉復誠科長等諸位先生的鼎力支持與協助，至為感謝。行政院科技顧問組吳故執行秘書伯楨，王前執行秘書松賓，王執行秘書松茂，馬副執行秘書難先及林文先生的鼎力協調，亦一併表示謝忱。

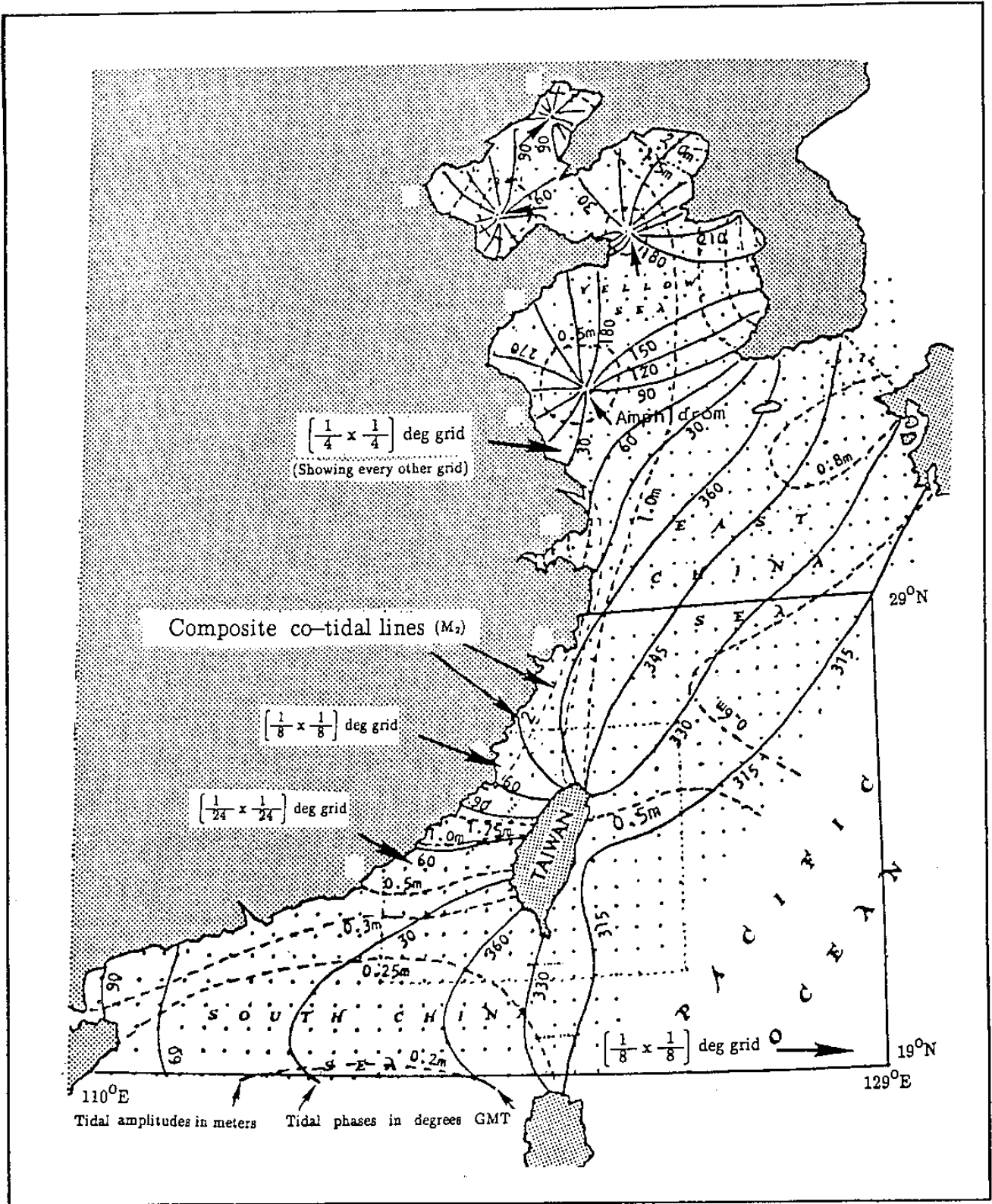
六、參考文獻


1. 劉肖孔 (1983) , “中國海域三度空間數值模式” 行政院科技顧問組。
2. 劉肖孔 (1988) , “中國海域三度空間數值模式” , 增訂再版, 行政院科技顧問組。
3. 劉肖孔 (1985, 86, 87, 88) , “台灣海域颱風暴潮及氣象潮數值預報模式研究計畫” , 中央氣象局研究報告, 第 181, 185, 279, 310 號。
4. Liu, S.K. (1974), “Estimation of Boundary Conditions for Coastal Numerical Models”, *COASTAL ENGINEERING*, Copenhagen, Denmark.
5. Liu, S.K. , and J. J. Leendertse (1987), “Modeling the Alaskan Continental Shelf Waters”, RAND/NOAA, R-3567.
6. Godin, G.(1980), “Tidal Charts for Canada”, Dept. of Fishery and Oceans.
7. Liu, S. K. and J. J. Leendertse, (1978), “Multidimensional Modeling of Estuaries and

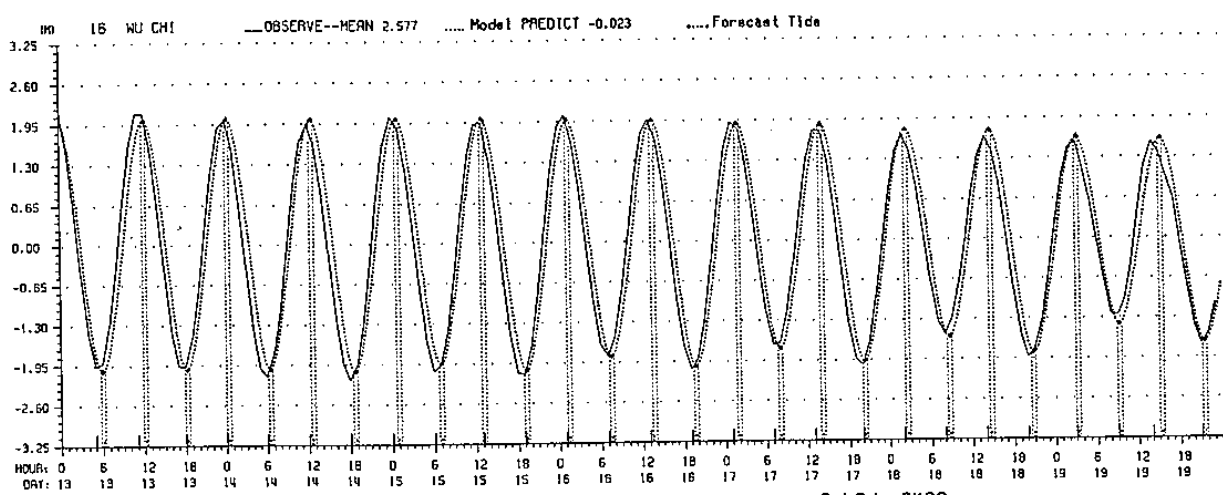
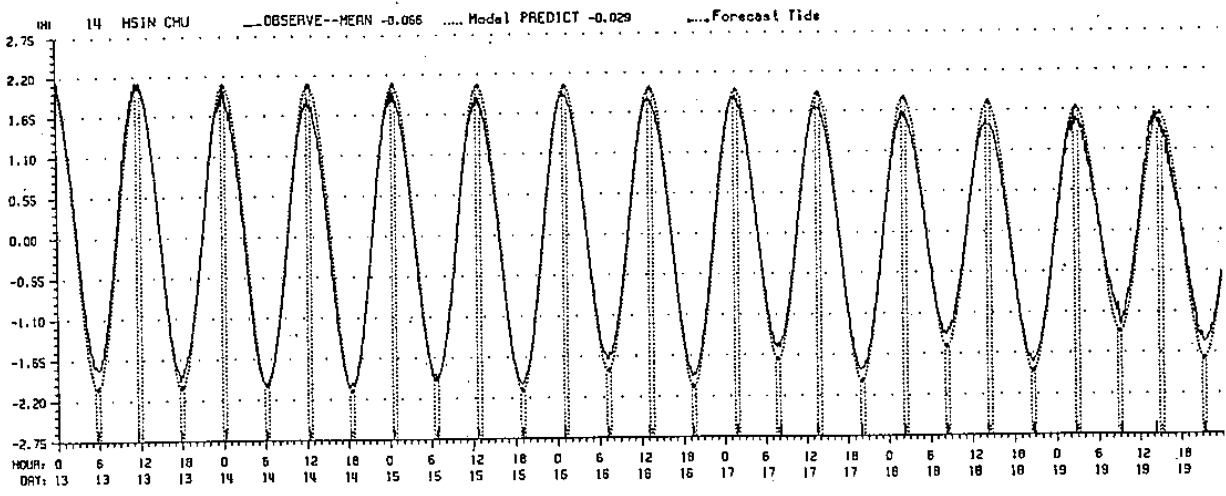
Coastal Seas”, in *ADVANCES IN HYDROSCIENCES*, Academic Press, New York.

8. 劉肖孔 (1995) , “臺灣海域三度空間天文潮與氣象暴潮數值預報模式研究計畫”,CWB84-30-01 。

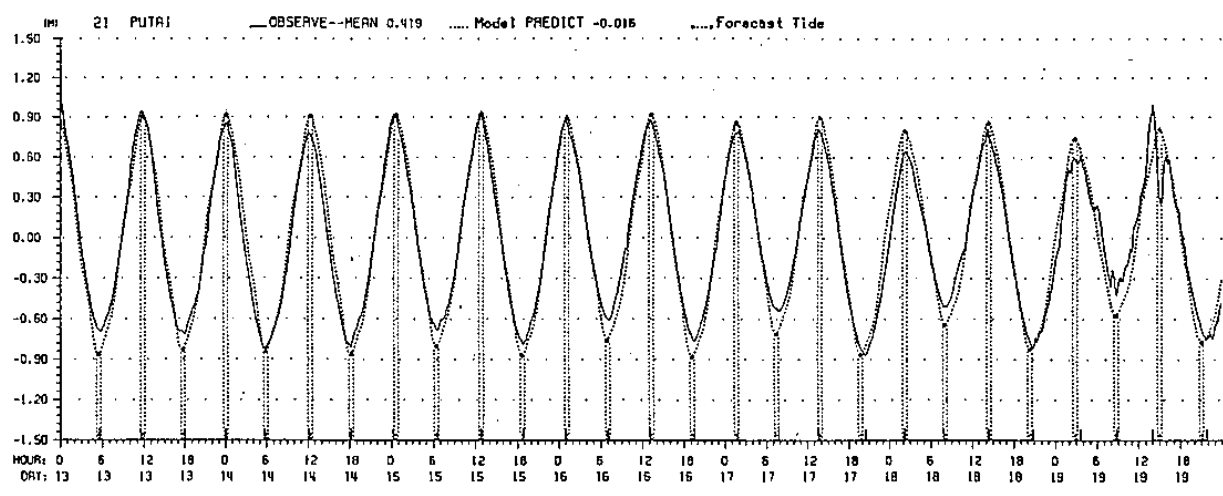




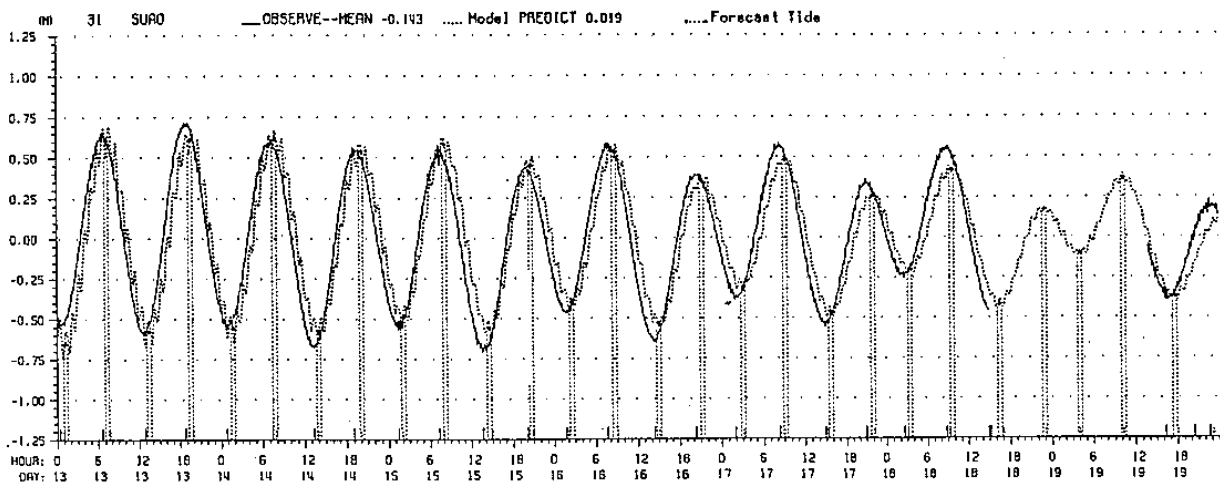
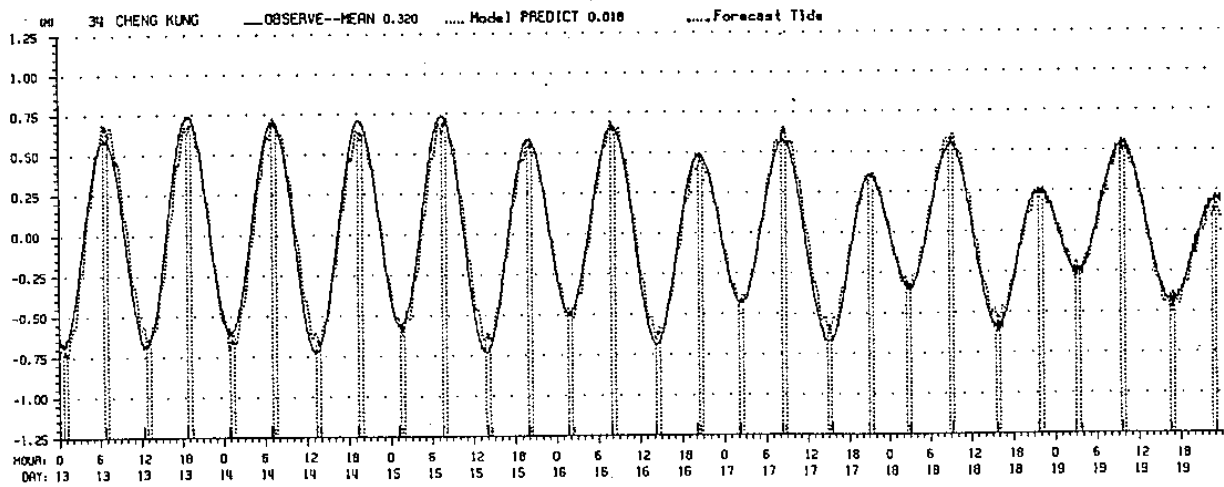
 1 Oceanic areas covered by models of various resolutions



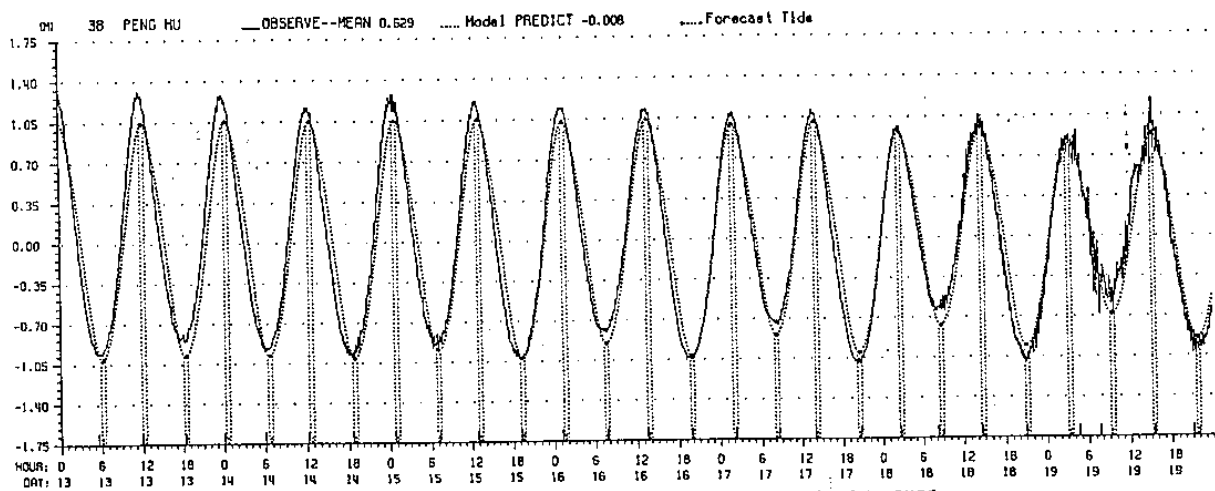
1994 MAR. Real Data Cwb2d 09403



11



1994 MAR. Real Data Cwb2d v9403



1994 MAR. Real Data Cwb2d v9403

圖四