

# 賀伯颱風暴潮模擬之初步研究

徐月娟 曾淑芬

中央氣象局海象測報中心

## 摘要

強烈颱風賀伯於 85 年 7 月 31 日晚間 8 時 44 分，在宜蘭附近登陸，隨後通過臺灣北部地區，在 1 日凌晨 4 時由新竹附近出海。賀伯颱風七級風暴風半徑高達 350 公里，伴隨 16 級以上的陣風。帶來的雨量更是驚人，在阿里山 7 月 31 日的雨量高達 1094.5 公厘，創下台灣有氣象觀測資料以來的單日降雨量最高紀錄。台灣全島受賀伯颱風侵襲，又適逢農曆 6 月 16 日天文大潮，颱風、大潮、豪雨交加，造成全省嚴重災情。

為分析因颱風引起的暴潮水位，本文收集賀伯颱風期間全省各地潮位站資料，估算因颱風引起的異常水位。這異常水位是因颱風低氣壓、強風、巨浪聯合效應所造成的暴潮偏差。本文又使用海域數值模式來推算暴潮，並與觀測資料比較，討論暴潮的特性及成因。為驗證暴潮模擬的準確度，本文使用三種曾被應用於暴潮模式中的颱風解析模型，並使用兩種模式涵蓋範圍，針對賀伯颱風個案做數值模擬實驗，來測試海域模式模擬颱風暴潮的能力，最後提出改進暴潮模擬的建議。

## 一、前言

賀伯颱風在 85 年 7 月 24 日於西北太平洋形成，中央氣象局於 29 日 11 時 30 分發布海上颱風警報，接著在 23 時 20 分發布陸上颱風警報，於 8 月 1 日 23 時 20 分解除颱風警報。強烈颱風賀伯接近臺灣東北部陸地時，七級風暴風半徑高達 350 公里，伴隨 16 級以上的陣風。帶來的雨量更是驚人；在阿里山 7 月 31 日的日雨量高達 1094.5 公厘，創下台灣有氣象觀測資料以來的單日降雨量最高紀錄。造成全省各地嚴重災情。

當颱風過境時，由於颱風中心氣壓降低造成海水位上升，以及颱風中心附近的強風吹襲造成迎風面海水的堆積，經常使海岸地區的水位全面昇高。當近岸水位被抬高後，水深增加

使大浪得以侵入近岸區發生碎波，在碎波帶內的水位往往急遽湧升。本文收集賀伯颱風期間全省各地潮位站資料，分析因颱風引起的異常水位。這異常水位是因颱風低氣壓、強風、巨浪聯合效應所造成的，其暴潮偏差大小因地區、天文潮位及颱風強度、路徑而異。

本文又使用依據流體動力學方程式構成的海域數值模式來推算暴潮。在海域模式中輸入正確的颱風海平面氣壓場和海面風場，對颱風暴潮的推算影響很大。由於短期內數值預報颱風模式的海平面氣壓場及風場尚難以滿足暴潮模式所需。因此仍需使用颱風解析模型，根據預報的颱風路徑和強度，來推求颱風海平面氣壓場及風場。本文使用三種曾被應用於暴潮模式中的颱風解析模型，並使用兩種模式涵蓋範圍，針對賀伯颱風個案做數值模擬實驗，

來測試海域模式模擬颱風暴潮的能力，最後提出改進暴潮模擬的建議。

## 二、賀伯颱風暴潮分析

強烈颱風賀伯接近臺灣東北部陸地時，颱風中心氣壓維持在 930 百帕左右，近中心最大風速為 53m/s，七級風暴風半徑高達 350 公里，十級風暴風半徑也有 150 公里。到了 7 月 31 日晚間 8 時 44 分，颱風中心在宜蘭附近登陸，由於颱風環流結構受到北部地形的阻擋和破壞，其強度即明顯且持續的衰減。於 8 月 1 日凌晨 2 時變成中度颱風，此時中心氣壓為 960 百帕，近中心最大風速為 45m/s，七級風暴風半徑縮小成 300 公里。在 1 日凌晨 4 時颱風中心由新竹附近出海，進入台灣海峽北部。隨著颱風繼續的朝西北西方向移動，其強度也逐漸遞減。稍後於 1 日 11 時由福建平潭附近登陸大陸。由於颱風環流雲系之範圍相當寬廣，中心通過北部陸地的時間長達 8 小時以上，台灣全島受賀伯颱風侵襲，又適逢農曆 6 月 16 日天文大潮，颱風、大潮、豪雨交加，造成全省嚴重災情。

為分析因颱風引起的暴潮水位，本文收集了賀伯颱風期間全省各地潮位站資料。在臺灣東岸從北到南我們選取基隆、鹽寮、蘇澳和成功四站；在臺灣西岸我們選取淡水、竹圍、新竹、澎湖和東石五站。賀伯颱風侵臺期間自 7 月 30 日至 8 月 2 日，相當於農曆 6 月 15 日至 17 日，為天文大潮期，潮差較大。我們依據過去的觀測水位紀錄，以調和分析方法對賀伯颱風侵臺期間做天文潮預測，再與當時的觀測水位紀錄相減，而得到估算的暴潮偏差。圖 1 中的實線代表當時的觀測水位紀錄，虛線代表天文潮預測水位，點斷線則代表估算的暴潮偏差。澎湖的暴潮偏差呈波浪起伏狀，可能是潮時的預測誤差造成。從其他各測站暴潮偏差的趨勢看起來，天文潮預測誤差並不太大。

最大暴潮偏差是 7 月 31 日 21 時發生在鹽寮為 188 公分，其次是在蘇澳為 99 公分。這兩處都位於颱風登陸地點附近，最大暴潮偏差發生時間也與颱風登陸時間相近。基隆最大暴潮偏差為 85 公分，發生時間相當顯著，與鹽寮類似。成功的最大暴潮偏差發生時間最早，在 7 月 31 日 17 至 18 時，為 71 公分，可能與脫離颱風暴風圈的長週期湧浪提早到達臺灣東部沿海產生碎波有關。較大的暴潮偏差持續至 8 月 1 日 3 時以後才逐漸減少。淡水最大暴潮偏差稍後發生於 7 月 31 日 22 時，為 95 公分。竹圍最大暴潮偏差為 90 公分，較大的暴潮偏差持續至 8 月 1 日 4 時，此時颱風中心由新竹附近出海。新竹最大暴潮偏差的發生時間延後至 8 月 1 日 1 時，為 73 公分。澎湖較大暴潮偏差發生在 7 月 31 日 22 時和 8 月 1 日 10 時，分別為 78 和 72 公分。東石則因地形的關係暴潮偏差持續最久。基隆、淡水、竹圍和新竹等各站在 8 月 2 日均存在另一相對的水位高值時段，可能與集水區排水有關。

## 三、賀伯颱風暴潮數值實驗

本文使用一個依據流體動力學方程式構成的海域數值模式來模擬暴潮，數值模式描述見徐(1996[1])。在海域模式中輸入颱風海平面氣壓場和海面風場的精確性，對颱風暴潮的推算影響很大。依理論來說，利用數值天氣預報模式亦可作颱風氣壓場和風場的計算，但是目前數值預報颱風模式所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解析模型，然後再在可能範圍內加以修正，增進其推算精確度。徐(1996[2])收集四種曾被應用於暴潮模式中的颱風解析模型，包括李賢文(1979)、劉肖孔(1985)、FEMA(1985)和賴宗慶(1995)，比較其颱風結構和有關參數的設定。研究結果顯示，劉(1985)的颱風影響範圍集中

在很小的區域；FEMA (1985)的氣壓剖面的變化太過平緩；賴(1995)與李(1979)的氣壓剖面變化較為接近實際的颱風情況，而李(1979)的計算方式較為複雜。根據同一氣壓場計算而得的梯度風 (gradient wind) 會較旋衡風 (cyclotrophic wind) 有減速的效應。在颱風中心附近的梯度風風速稍比實際為弱，但離開中心處的風速減小則較為合理。徐(1996[2])建議採用賴(1995)的颱風氣壓剖面計算公式，根據颱風中心最大風速和中心與周遭氣壓差，來推求颱風海平面氣壓場；然後根據氣壓場計算出梯度風風場。圖 2 即為賀伯颱風在登陸臺灣前後的海平面氣壓場和梯度風風場，其中風場已加上風向量穿過等壓線偏向中心的修正，以及取決於颱風中心移速的基本風場。在臺灣海域或陸上，颱風氣壓場和風場受臺灣地形效應影響很大。在尚未納入地形考慮的情況下，徐(1996[2])的建議應為目前的最佳選擇。

本文使用兩種模式涵蓋範圍，針對賀伯颱風個案，來測試海域模式模擬颱風暴潮的能力。小範圍的台灣海域模式(圖 3)，其包含地區西自東經 116.375 度，東至東經 122.75 度；南自北緯 21.375 度，北達北緯 26.75 度。其主要功能為天文潮及颱風暴潮預報。大範圍的中國東南海域模式(圖 4)，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。主要功能為颱風進入海上警報區時，推算其是否會在台海及大陸沿岸產生暴潮。兩者的解析度皆為八分之一度乘八分之一度。圖 3 和圖 4 海域中的等值線為等水深線，在淺海區和深海區採用不同的間距。

本文從事八個天文潮和暴潮數值實驗如表 1。模式採用賀伯颱風最佳路徑和強度如圖 5。模式的海水位自 7 月 29 日的靜止狀態先納入過去 48 小時的颱風資料啓動兩天後，開始依據未來的颱風路徑和強度自 7 月 31 日起模擬兩天的天文潮和暴潮水位。實驗 TIDS 是

使用小模式模擬天文潮。實驗 TS1S、TS2S 和 TS3S 是分別採用劉(1985)、賴(1995)和徐(1996)的颱風模型，使用小模式對天文潮和暴潮非線性交互作用同時組合運算。實驗 SG1S 和 SG1L 是採用劉(1985)的颱風模型，分別使用小模式和大模式單獨模擬暴潮。實驗 SG3S 和 SG3L 則是採用徐(1996)的颱風模型。

潮位站因設在大洋或海域內不易，臺灣的潮位站大多設於商港或漁港內，受到港埠結構物影響和港池水深的限制，所觀測到的暴潮經常較岸區振幅大，潮時後延，與港外自然海岸所發生的暴潮會有所差別。然而數值模式的暴潮推算格點位於港外。目前使用潮位觀測資料在驗證模式時，暴潮推算值需乘上一個事先估計的淺水化係數。

圖 6 是檢驗小模式範圍採用不同的颱風模型對天文潮和暴潮模擬的影響。其中虛線代表當時的觀測水位紀錄，實線代表實驗 TS3S 的模擬水位，點斷線則代表實驗 TS1S 和 TS2S 的模擬水位。在臺灣東岸水較深，當颱風逐漸接近陸地時，實驗 TS2S 和 TS3S 的模擬水位即已開始升高與實際情況符合。但實驗 TS1S 中，因颱風範圍很小，在颱風抵達時水位才驟然升高。由此可見氣壓場對水位推算值影響很大。由於模式未考慮長週期湧浪在近岸區產生碎波，且成功站一直位於颱風移動路徑的西側吹離岸風，故模擬水位在此處偏低。在臺灣西岸水較淺，實驗 TS1S 在颱風登陸時的模擬水位高低差較其他兩個實驗為大；颱風出海後，實驗 TS2S 因離岸方向的旋衡風風速大，使得淡水、大園和新竹的模擬水位偏低。由此可見風場對淺水區水位推算值的影響不可忽略。

圖 7 是檢驗天文潮與暴潮個別單獨推算後做線性相加，或在模式中天文潮與暴潮非線性交互作用同時組合運算的比較。其中虛線代表當時的觀測水位紀錄，實線代表實驗 TS3S

的模擬水位，點斷線則代表實驗 TIDS 和 SG3S 的模擬水位和。在臺灣東岸水較深，兩者水位相差不大；在臺灣西岸水較淺，受到水深和海底地形摩擦的作用，天文潮與暴潮非線性交互作用同時組合運算而得的水位普遍較高。

圖 8 是檢驗模式範圍大小對暴潮模擬的影響。其中實線代表估算的暴潮偏差，虛線代表實驗 SG3S 小模式的暴潮模擬水位，點斷線則代表實驗 SG3L 大模式的暴潮模擬水位。使用大模式得到的暴潮模擬水位較小模式為高，且可改善颱風進入小模式涵蓋範圍時，暴潮模擬水位驟然上升的情形。

圖 9 是檢驗大模式範圍採用不同的颱風模型對暴潮模擬的影響。其中實線代表估算的暴潮偏差，虛線代表實驗 SG1L 的暴潮模擬水位，點斷線則代表實驗 SG3L 的暴潮模擬水位。由於實驗 SG1L 的颱風範圍很小，暴潮模擬水位驟然上升的情形，並不因模式涵蓋範圍擴大而有太多的改善。

#### 四、結論和建議

輸入暴潮模式的颱風氣壓場和風場對暴潮推算的結果影響很大。在颱風中心附近，氣壓梯度越大所推算的暴潮越高；颱風域的風速越大所推算的暴潮也越高。在臺灣東岸水較深，氣壓場對水位推算值影響很大。在臺灣西岸水較淺，風場對淺水區水位推算值的影響不可忽略。

在模式中天文潮與暴潮非線性交互作用同時組合運算，較天文潮與暴潮個別單獨計算後做線性相加，在淺水區可得到較高的模擬水位。使用大模式的暴潮模擬水位較小模式為高，且可改善颱風進入小模式涵蓋範圍時，暴潮模擬水位驟然上升的情形。

颱風解析模型僅適用於開闊洋面，但在臺

灣海域或陸上，颱風氣壓場和風場受臺灣地形影響很大。在尚未納入地形考慮的情況下，徐(1996[2])的建議(採用賴(1995)的颱風氣壓剖面計算公式，根據颱風中心最大風速和中心與周遭氣壓差，來推求颱風海平面氣壓場；然後根據氣壓場計算出梯度風風場)應為目前的最佳選擇。如欲根本改進臺灣地區颱風暴潮推算，必須發展出納入地形考慮的颱風模式。

在颱風暴潮數值預報作業方面，建議目前在海上颱風警報發布之後，根據颱風預報行徑及強度，使用大範圍模式模擬該颱風在臺灣海岸地區可能引起的正負暴潮水位。其預估值為不含天文潮的異常水位。等到颱風趨近陸地(或陸上颱風警報發布)時，改用小範圍模式預測臺灣海岸地區可能引起的天文潮和暴潮的合成水位。進一步需發展大小涵蓋範圍和解析度的組合模式，增加近岸區的解析度，改進暴潮模擬的準確性。

#### 五、致謝

本文實施期間，承蒙中央氣象局海象測報中心李主任汧軍、全體同仁以及中央氣象局顧問劉肖孔博士的鼎力支持與協助，特此致謝。

#### 六、參考文獻

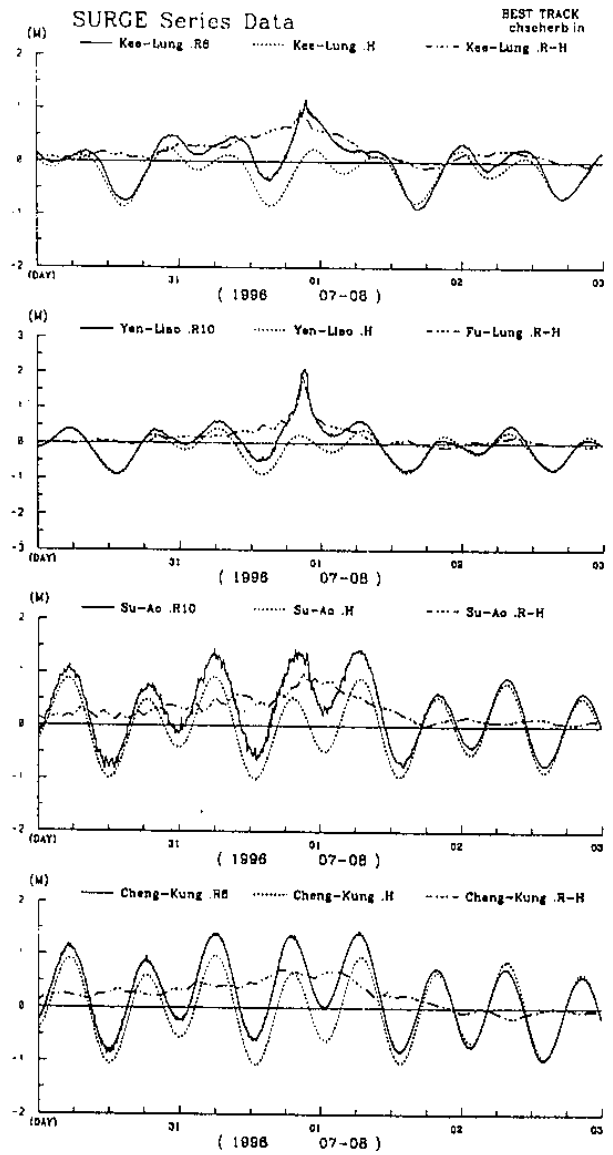
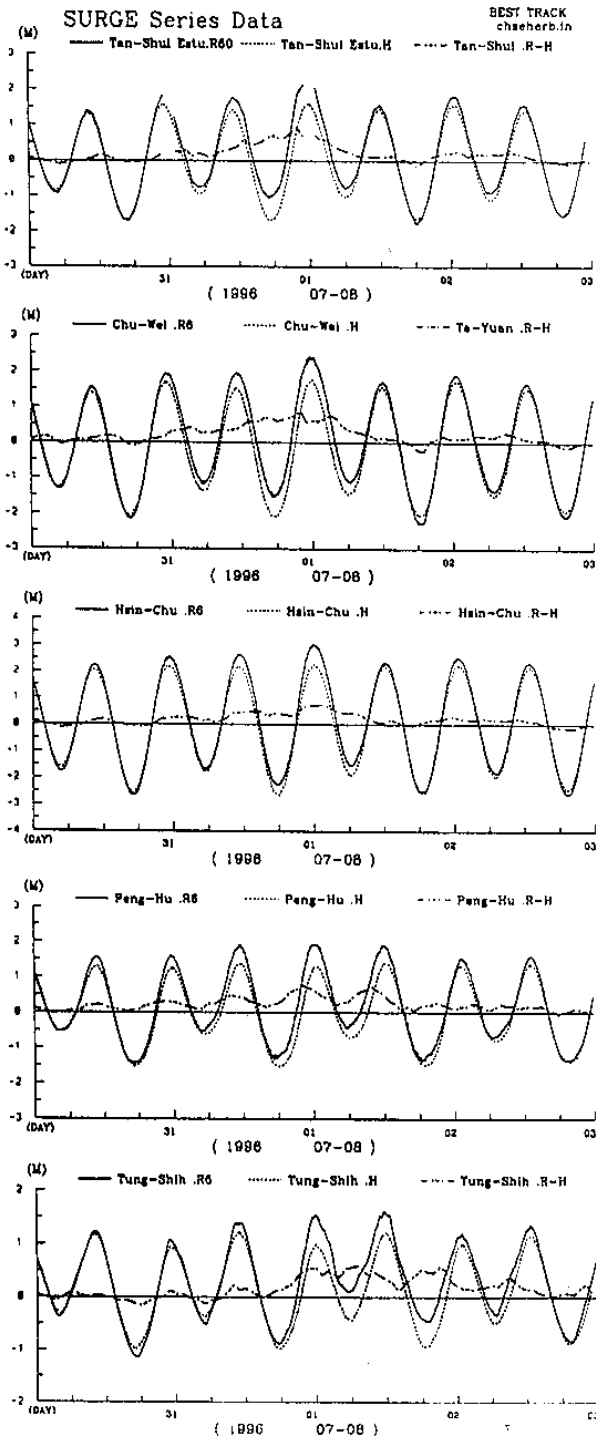
- 1.徐月娟，1996：“一個西進颱風引起臺灣沿海暴潮之數值實驗”。天氣分析與預報研討會論文集編(84)，中華民國85年3月4-6日，臺北。
- 2.徐月娟，1996：“彌陀海域潮汐及暴潮之數值模擬”，行政院國科會專題計畫成果報告。
- 3.劉肖孔，1985：“臺灣海域颱風暴潮及氣象潮數值預報模式研究計畫第一階段成果報告”，中央氣象局研究報告，第181號。
- 4.劉肖孔，1988：“中國海域三度空間數值模

式”，增訂再版，行政院科技顧問組。

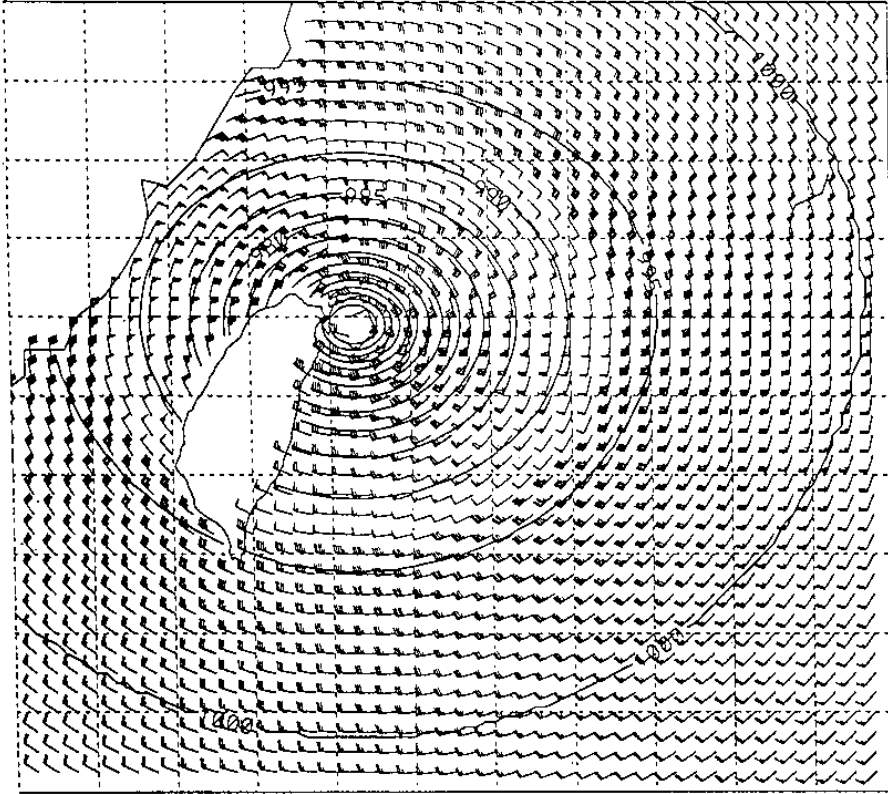
5. Federal Emergency Management Agency. 1985. "Coastal flooding hurricane storm surge model", Methodology, Washington, D. C.
6. Lai, C.-C. A., 1995: Probabilistic forecast of tropical cyclone-generated storm surge with a dynamic-statistical approach. *MTS Journal*, **26**, No. 2, 33-43.
7. Li, H.-W., 1979: Numerical prediction of typhoon surges along the coast area of Taiwan Strait. *Acta Oceanographica Taiwanica*, Science reports of the National Taiwan University, **10**, 50-66.

表一 賀伯颱風暴潮數值模擬實驗

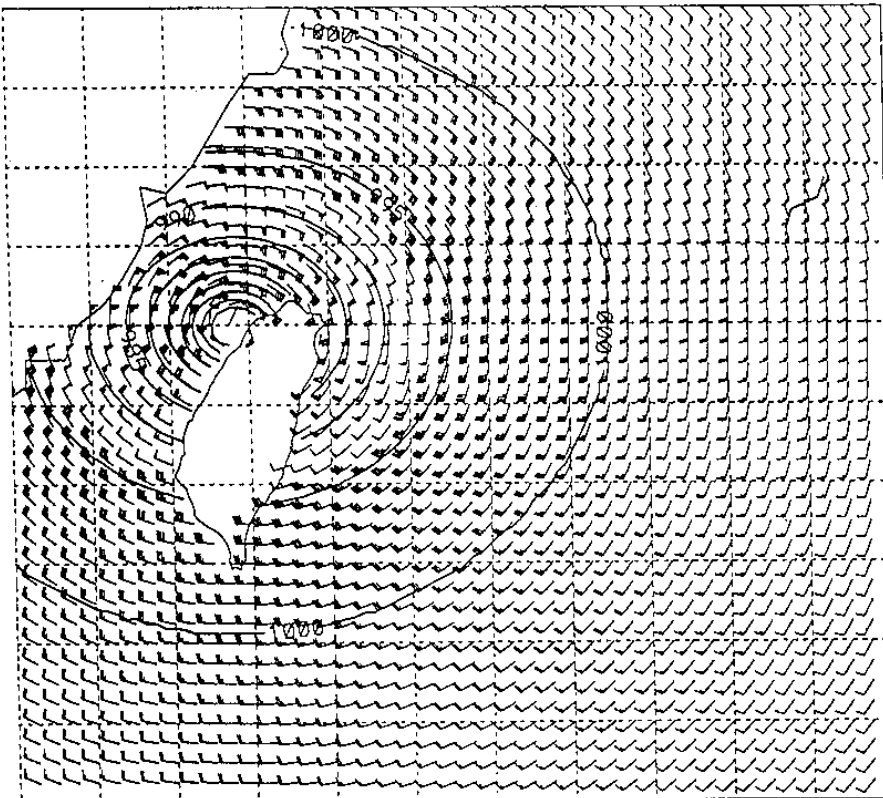
實驗別	天文潮引潮力	颱風模型	涵蓋範圍
TIDS	有	無	小
TS1S	有	劉(1985)	小
SG1S	無	劉(1985)	小
SG1L	無	劉(1985)	大
TS2S	有	賴(1995)	小
TS3S	有	徐(1996)	小
SG3S	無	徐(1996)	小
SG3L	無	徐(1996)	大



85/07/31/20 登陸宜蘭



85/08/01/04 新竹出海

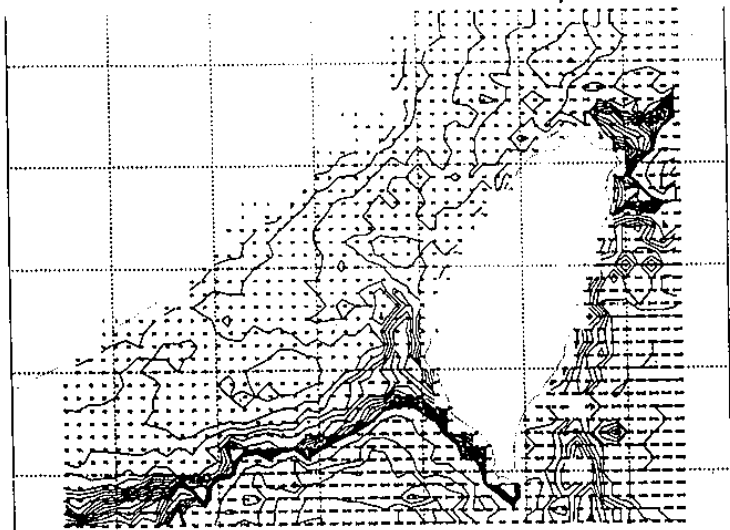


CONTOUR FROM 955 TO 1000 BY 5

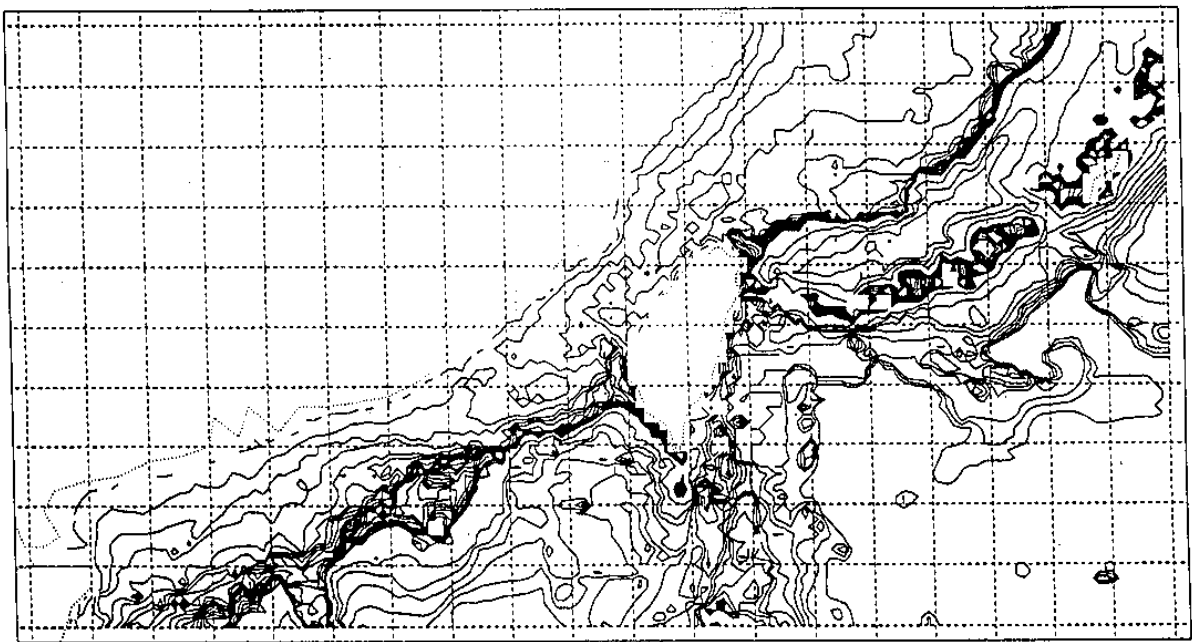
HSU

SEA LEVEL PRESSURE IN MB

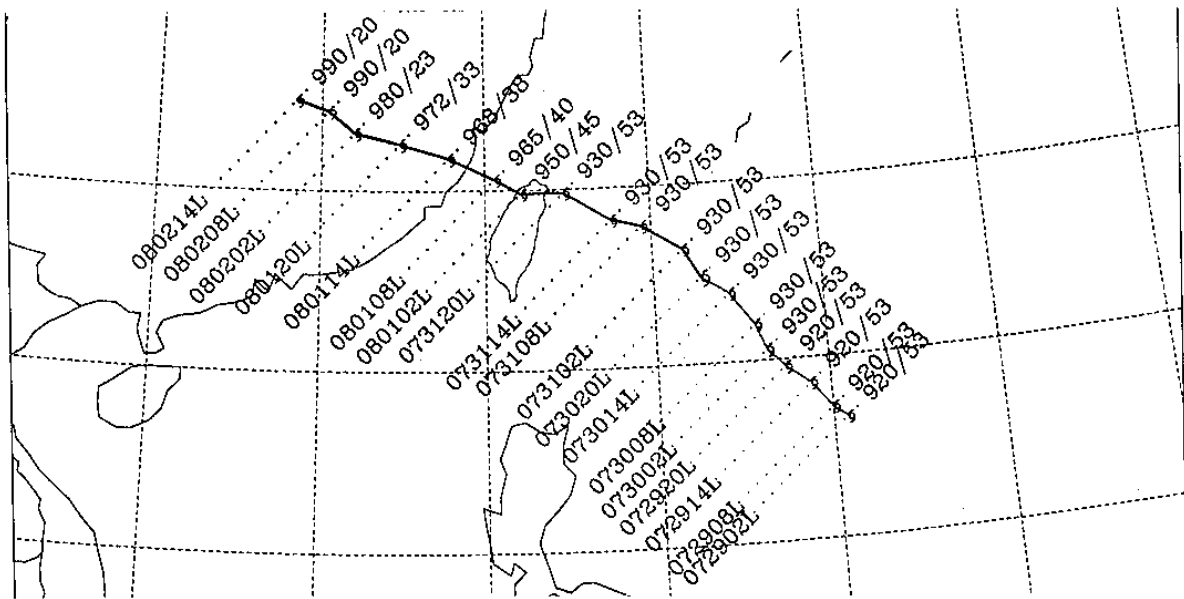
圖二



圖三

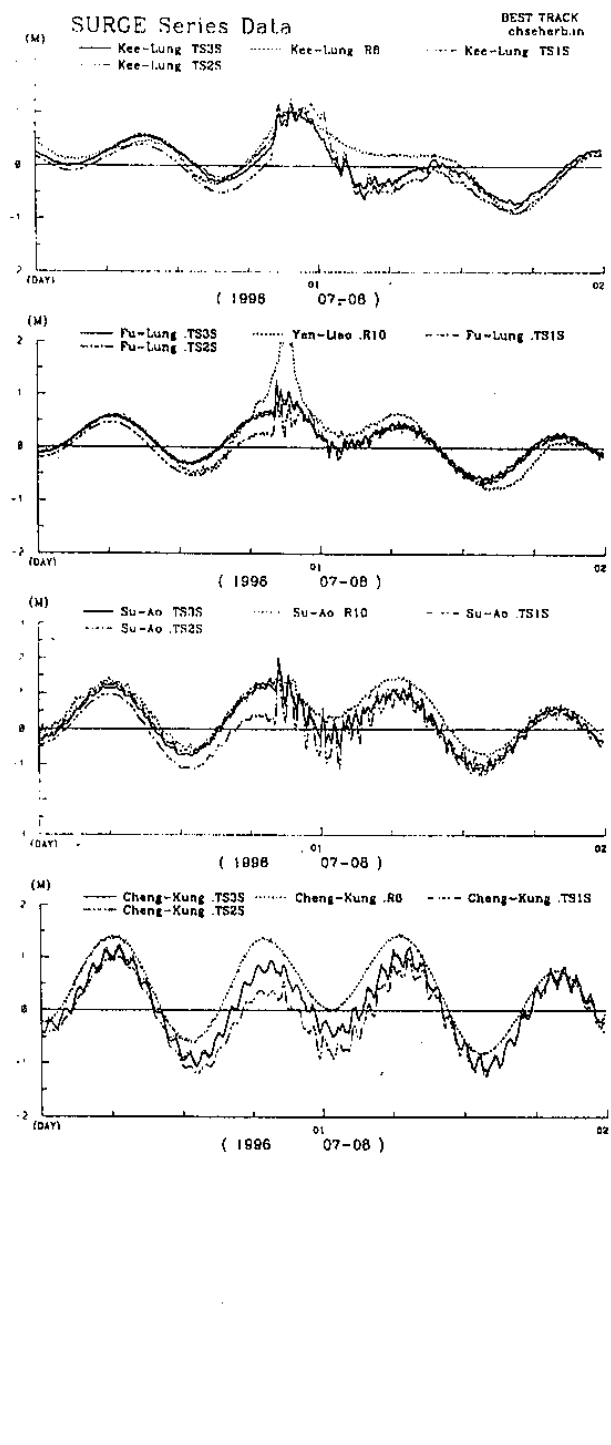
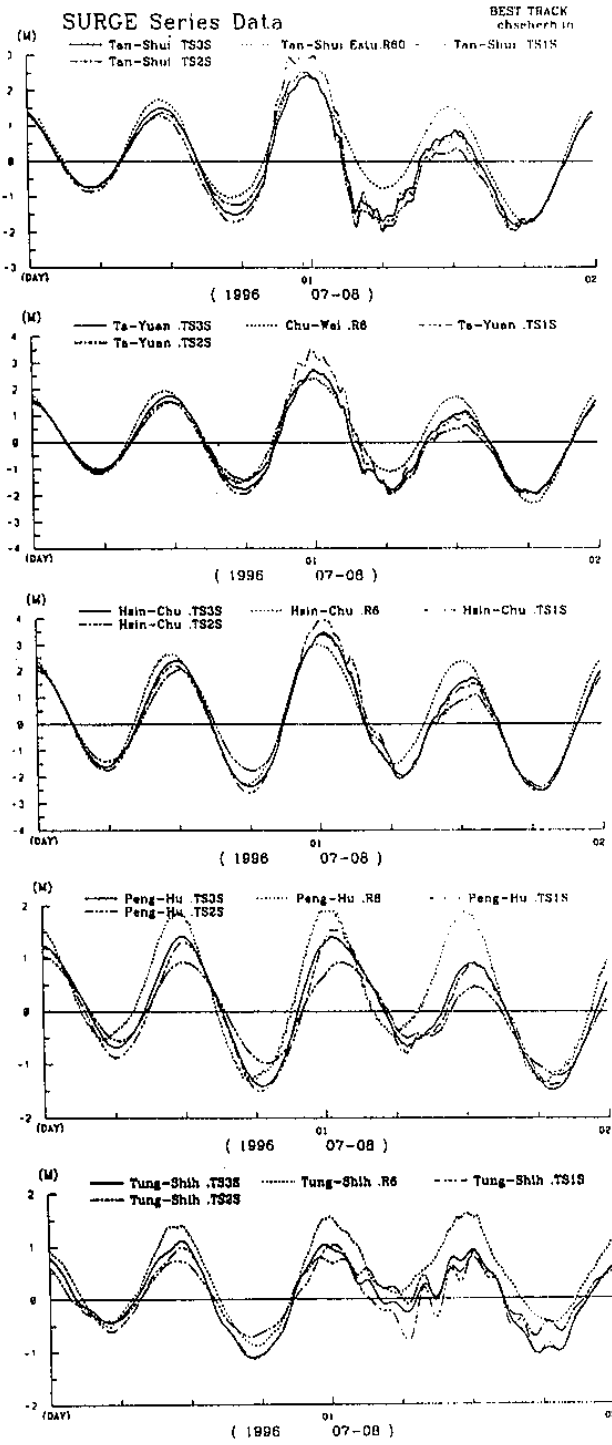


圖四

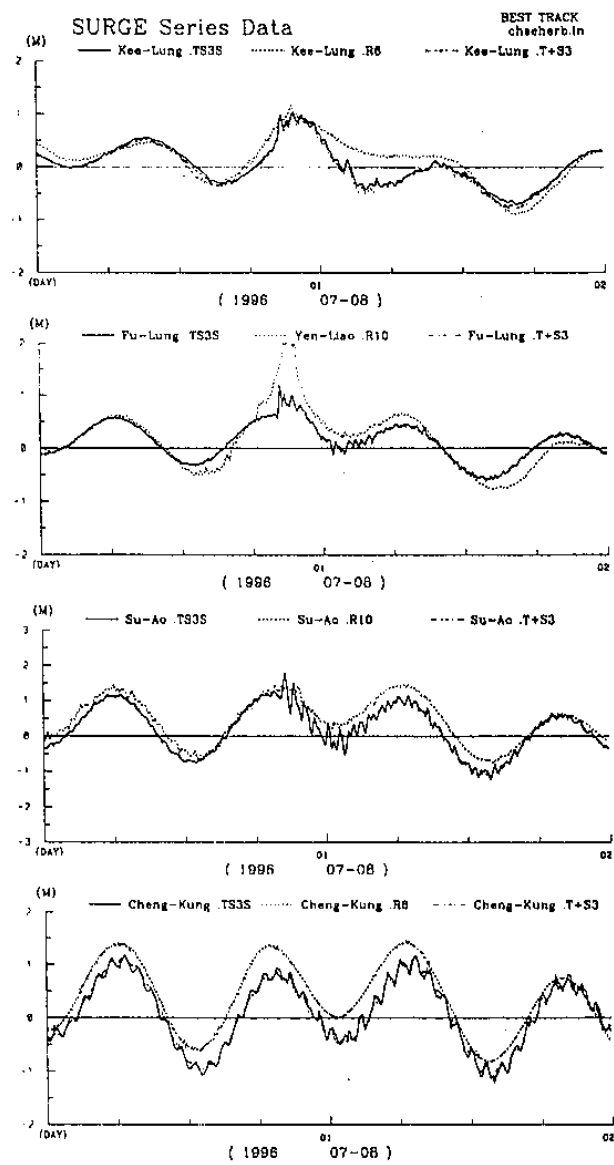
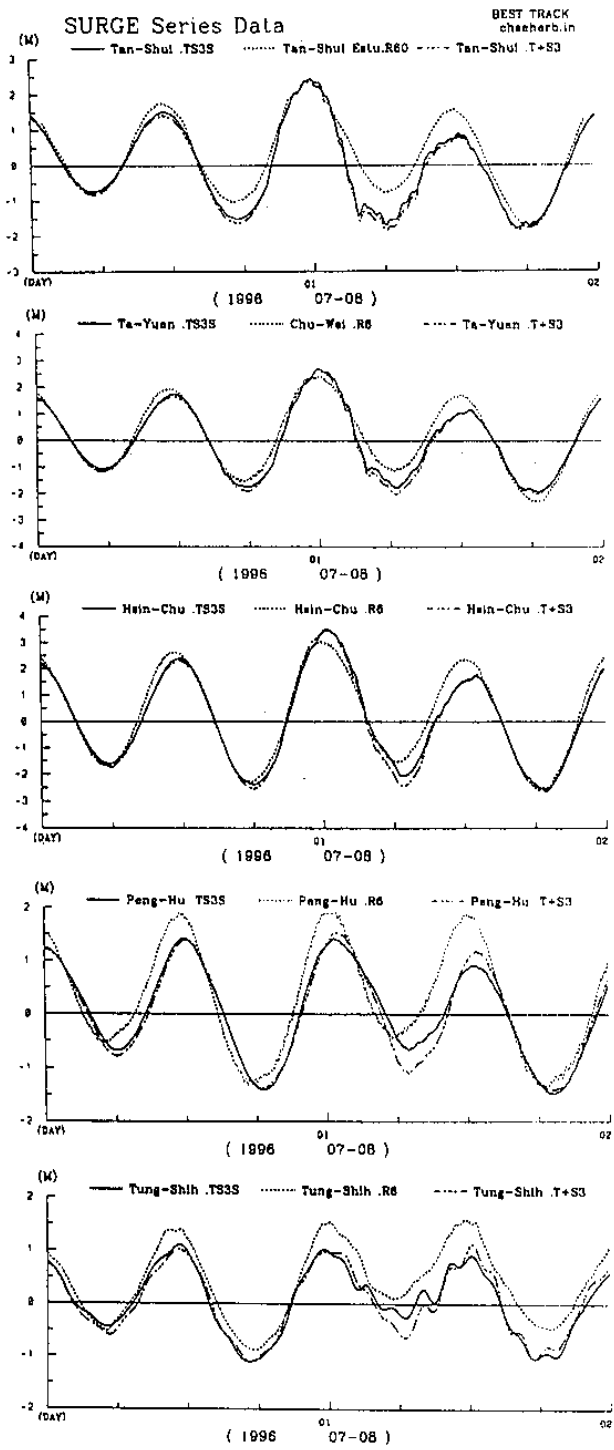


圖五

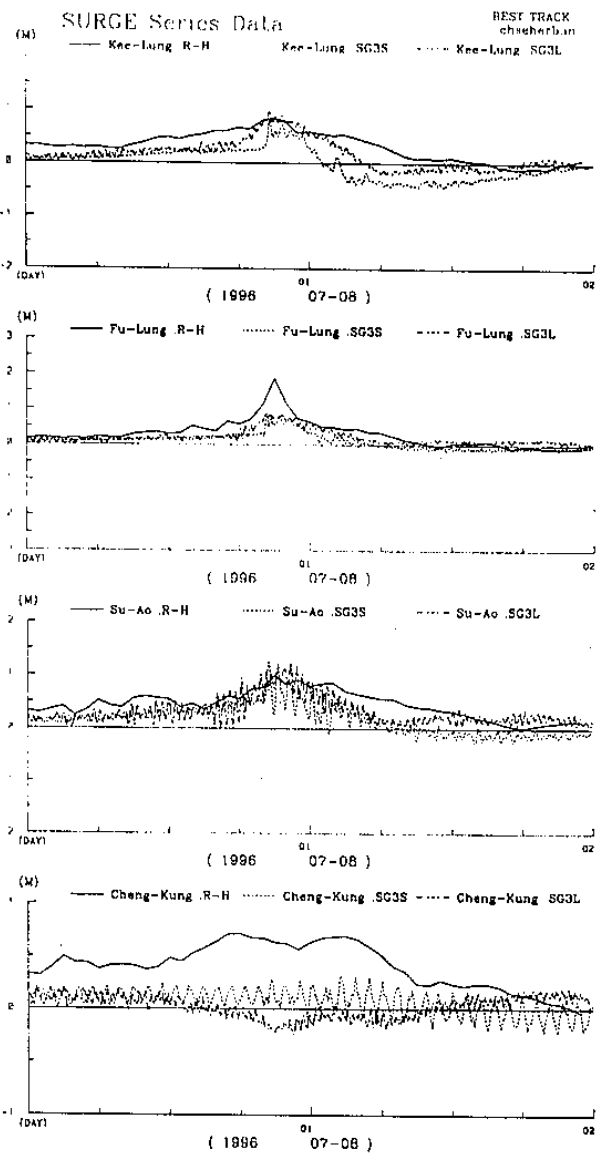
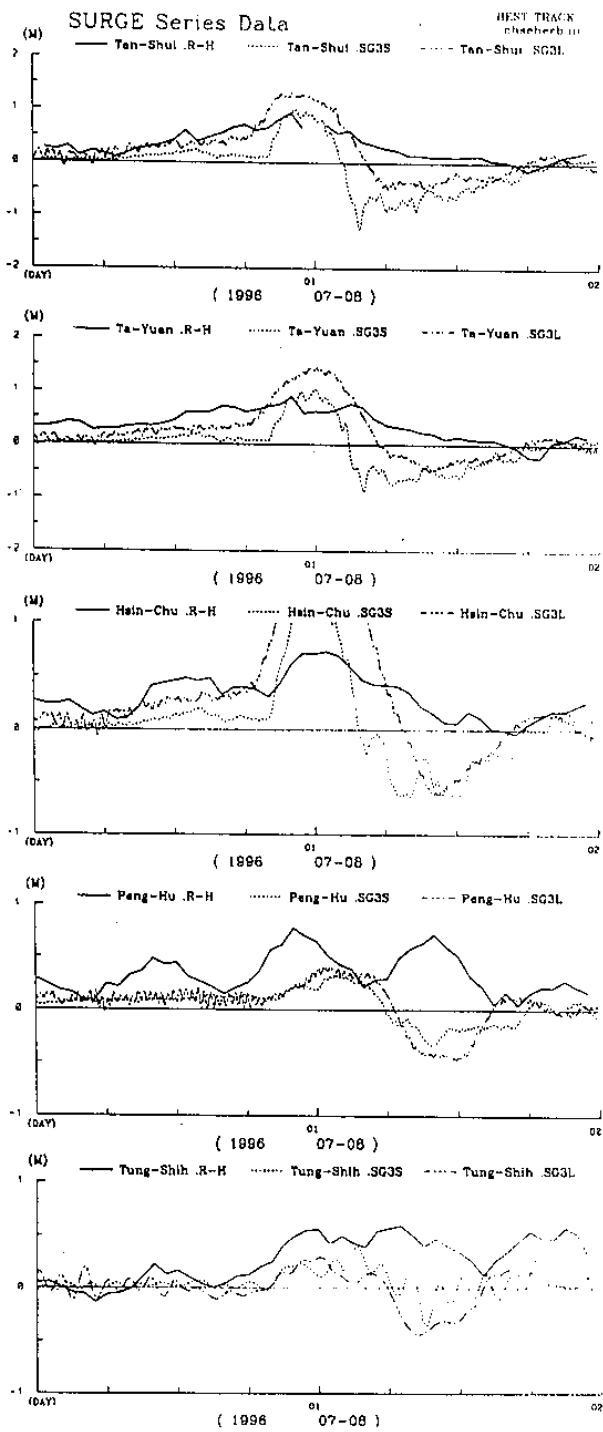




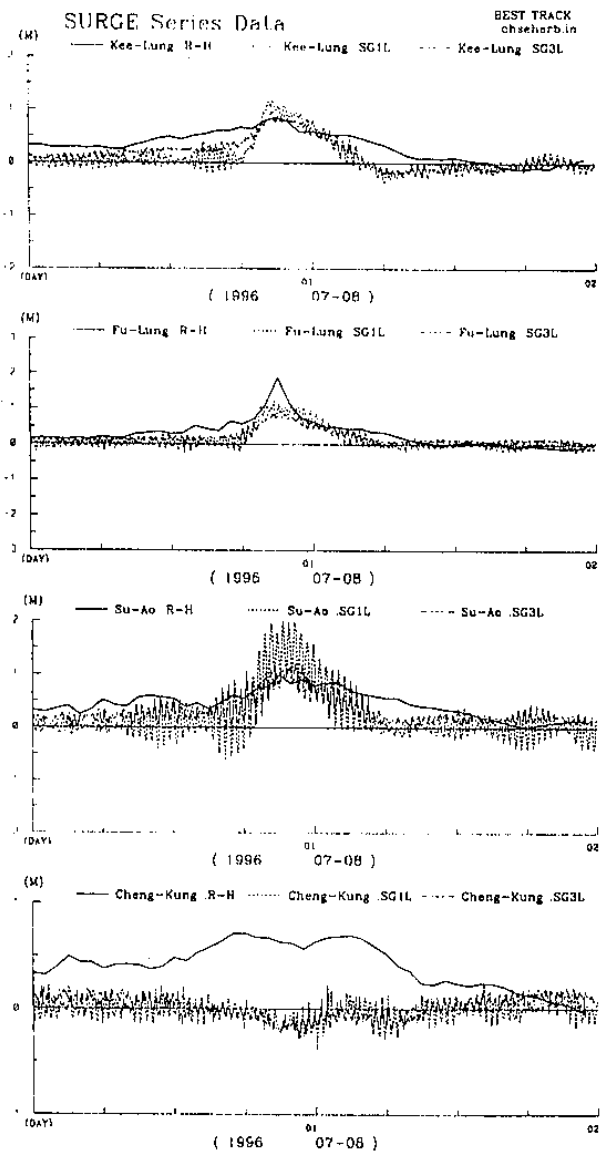
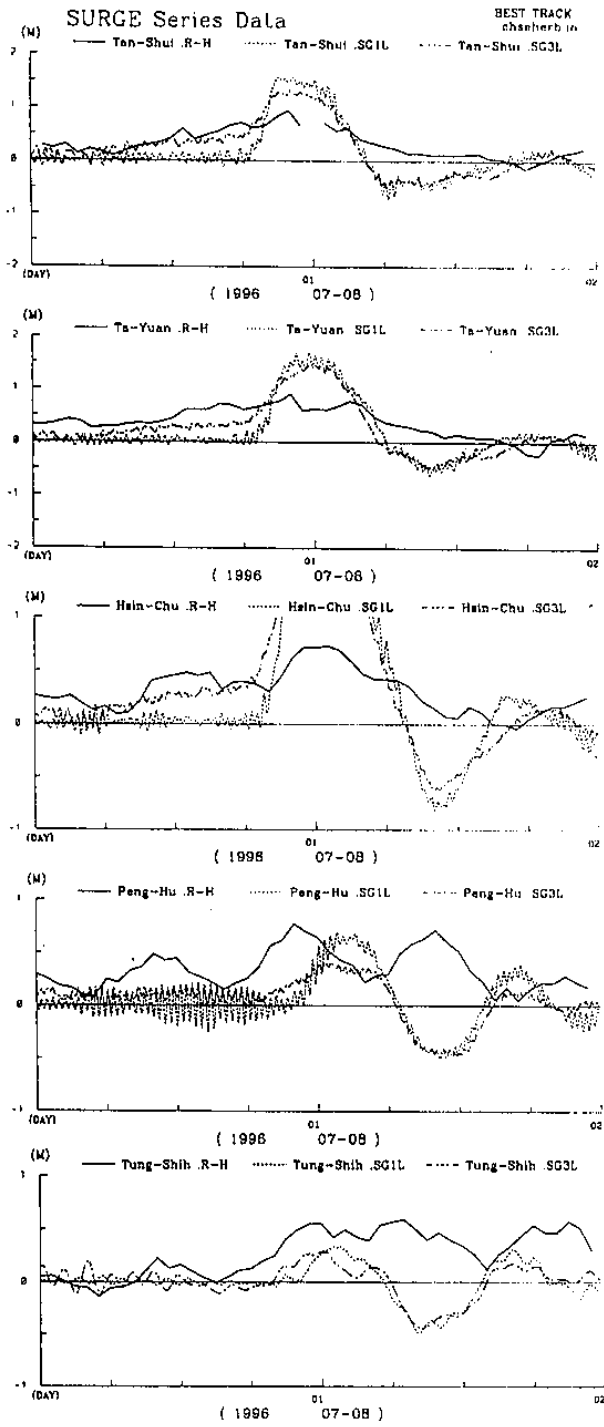
圖六



圖七



圖八



圖九