

# 桑美颱風與台灣東邊海域之黑潮的交互關係

許璋真<sup>1</sup> 吳朝榮<sup>1</sup> 徐月娟<sup>2</sup> 陳琬婷<sup>2</sup>

國立臺灣師範大學地球科學系<sup>1</sup> 中央氣象局海象測報中心<sup>2</sup>

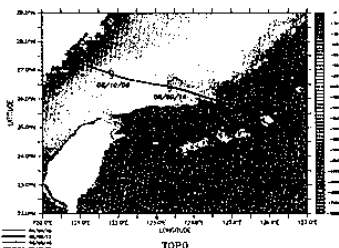
## 摘要

位於熱帶與副熱帶之間的台灣附近海域，年年幾乎可見颱風經過的蹤跡，此源自於熱帶太平洋海域的低氣壓渦旋，其所蘊含的能量將決定其生命的盛衰，在行經百里至千里後，遇到台灣東邊海域的黑潮時，是否會因受到黑潮的影響，使其所積蓄的能量產生變化？海洋與大氣之間實為一個遞迴的循環關係，本文將利用衛星資料與數值模式結果，探討桑美颱風 (Saamai, 2006) 經過黑潮上方時，對周圍海域的流速場、海平面高度場與溫度場之變異，及颱風本身的發展過程。

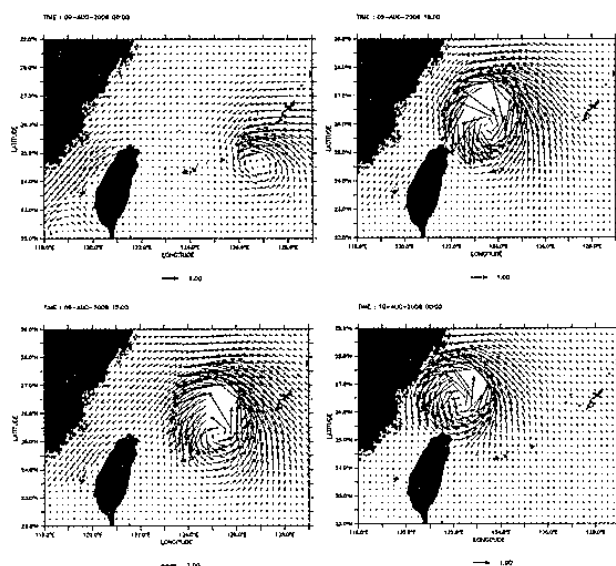
## 一、前言

台灣附近的海域，包含了地處於中國大陸西南沿岸，與台灣西部海岸所包圍的台灣海峽，此特殊的地理位置使這狹長的通道，成為連結世界重要的邊緣海域，東海與南海。東海的西側為平均水深小於200公尺的廣大陸棚，東側有深度達4000公尺以上的沖繩海槽。而平均每年會有4至5個熱帶低氣壓渦旋於西太平洋海域形成後，行經至台灣周圍之海域。

於2006/08/04在西太平洋海域生成的熱帶低氣壓渦旋，命名為桑美(Saamai)。此颱風到達台灣的東北海域以後，發展快速，並且迅速地向西西北移動(圖一)，曾一度發展至超級強烈颱風，在格林威治時間2006/08/10日上午9點，颱風中心到達大陸浙江溫州，重創閩北浙南，為中國氣象局首次進入一級氣象緊急應變狀態，並緊急撤離百萬人口，但仍逾200人喪生。桑美颱風從西太平洋旅行至台灣的東北邊海域後，颱風中心周圍之平均風應力為何由原本的 $0.53 \text{ N/m}^2$ (圖二-a)增強至 $1.26 \text{ N/m}^2$ (圖二-c)，成為超強颱風，海氣之間的交互作用影響為何，為本文即將展開的序幕。



圖一、桑美颱風路徑示意圖



圖二、桑美颱風之風應力(單位:  $\text{N/m}^2$ )

- (a). 2006/08/09 06:00 (b). 2006/08/09 12:00  
(c). 2006/08/09 18:00 (d). 2006/10/10 00:00

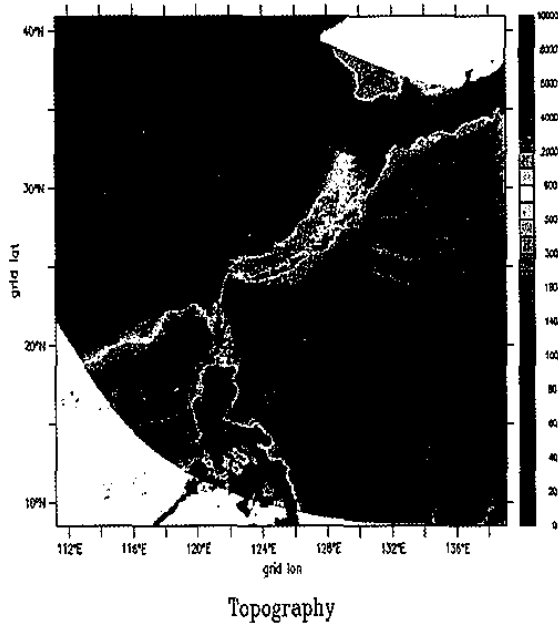
## 二、研究工具與方法

在颱風發生的當下，我們無法利用研究船取得海水的水文與流況資料，衛星觀測亦受限氣候的因素及停滯時間短暫，既使可以取得大範圍的觀測範圍，但也僅限於表面海洋現象之了解，Lin(2003)從衛星資料發現颱風過後會在颱風路徑上觀察到有湧昇流，欲更一層瞭解颱風期間海洋動力與大氣之交互作用，則需仰賴數值模式，以補足觀測資料之不足。

本文所使用的模式，為使用三維原始方程式之數值模式—POM (Princeton Ocean Model) (Blumberg and Mellor, 1987)，所建構的台灣周邊海域模式(Seas Around Taiwan, SAT)。本模式的特色為，在格點的配置上使用可彎曲的正交曲線座標，此方式可以使模式的格點更鑲嵌在海岸線的地形變化，減少模擬區域中在陸地所占的比重，以提高模式的運算效率，並在需要強化模擬之處增加解析度，使格點解析度之疏密分佈得宜。模式範圍包含整個東海海域及北南海，模式範圍從東經 $112^\circ\text{E}$ 度到 $139^\circ\text{E}$ ，北緯 $8^\circ\text{N}$ 到 $38^\circ\text{N}$ (圖三)，水平方向的解析度為 $358 \times 490'$ ，在靠近台灣附近及地形較為複雜處使用較密的解析度，呈現出

從3公里到25公里不等距的水平分佈；垂直方向共有26個 $\sigma$ 層，即表示垂直方向的層數，無論在深淺處都是固定的，在表層及底部使用較密集的格點配置，時間解析度則為每一小時一筆。

模式的邊界與初始條件(open boundary conditions)由北太平洋模式(North Pacific Ocean Model, NPO)所提供，此模式已經過驗證(Wu and Hsin, 2005)。本模式的風場為使用中央氣象局所提供的風場，並搭配NCEP (National Centers for Environmental Prediction)之風場以補其不足之處。



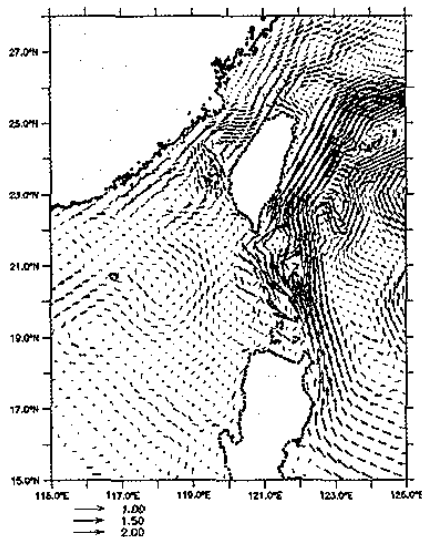
圖三、SAT 模式範圍及地形圖(單位:m)

### 三、模式的驗證

#### (一) 海水表面流場

台灣海峽的流況受到東亞季風的影響，夏季時盛行西南季風，海峽的流場以北向流為主，從南方來的海水在進入澎湖水道時，會順應地形的凹陷前進，繞過章雲隆起後到達烏坵凹陷；在台灣的東邊，則有終年流經的黑潮。圖四為格林

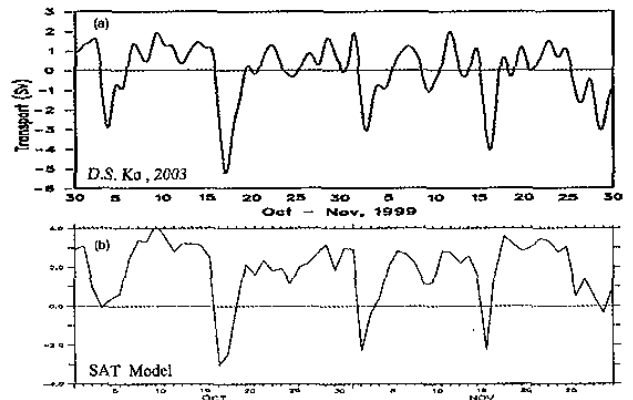
威治時間2006/08/08凌晨之海水表面流況圖。



圖四、2006/08/08 桑美颱風未來之前海水表面流場(單位:m/s)

#### (二) 台灣海峽傳輸量之計算

Ko et al. (2003)從觀測結果中指出1999年10月至11月間，台灣海峽共有五次較大的南向傳輸事件發生(圖五-a)，每南向事件發生之相隔週期約為2星期，最強的一次發生在10/15~10/22間，此事件發生前北向傳輸量為1.5 Sv，當事件發生時，立即轉變為南向傳輸，極值可到向南5Sv，待事件發生後，回復到0 Sv。根據此一現象，Ko et al. (2003)所提出的解釋為，台灣海峽體積傳輸量的變化與黃海、東海之風場所產生的沿岸設浪波(coastally trapped wave)有關。我們利用SAT之模擬結果計算出同一時間內，台灣海峽的傳輸量變化與觀測結果相當近似。(圖五-b)

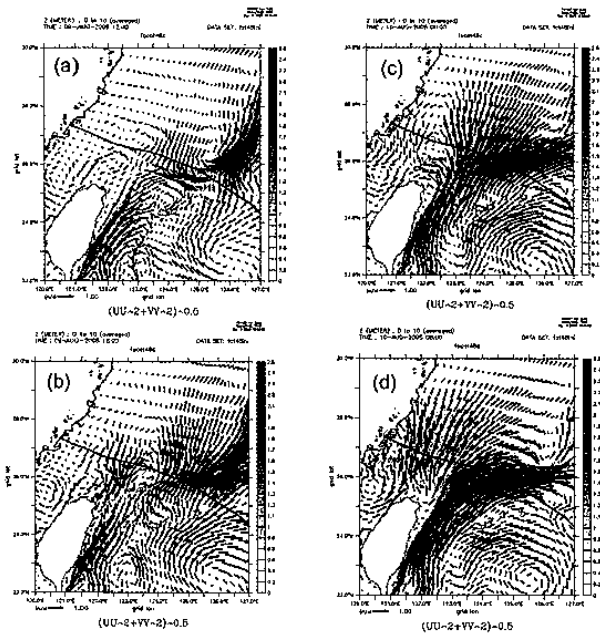


圖五、1999/10~1999/11 台灣海峽傳輸量 (a)觀測結果 (b) 模式結果

### 四、問題與討論

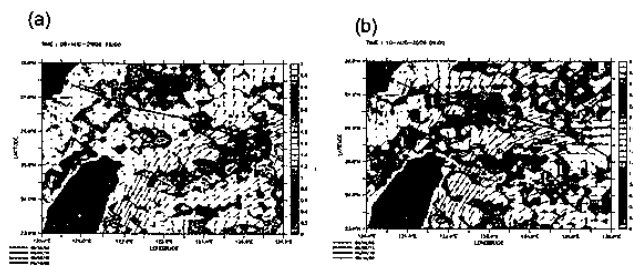
#### (一) 海表面流場之變化

桑美颱風在8月9日中午12時，颱風中心位在東經125°E、北緯25.8°N左右，此時正位在黑潮流經的上方，從模式的結果中顯示出黑潮的流速有減弱的趨勢(圖六)，當8月9日下午6時桑美颱風漸離黑潮後，可見颱風中心周圍的流場漸出現逆時針渦旋，直到翌日凌晨，桑美颱風完全脫離黑潮區域後，在颱風中心處，有明顯的逆時針渦旋流場，而此時黑潮的流速也漸漸回復中；當桑美颱風繼續往西北西的方位移動，至8月10日凌晨6時，因為經過水深較淺的陸棚區域，因為颱風為低氣壓逆時針的熱帶渦旋，故在其行經過之處，有成大量的海水向北傳送，造成海平面高度下降。



圖六、桑美颱風經過前後之海表面流場  
 (a). 2006/08/09 12:00 (b). 2006/08/09 18:00  
 (c). 2006/08/10 00:00 (d). 2006/10/10 06:00

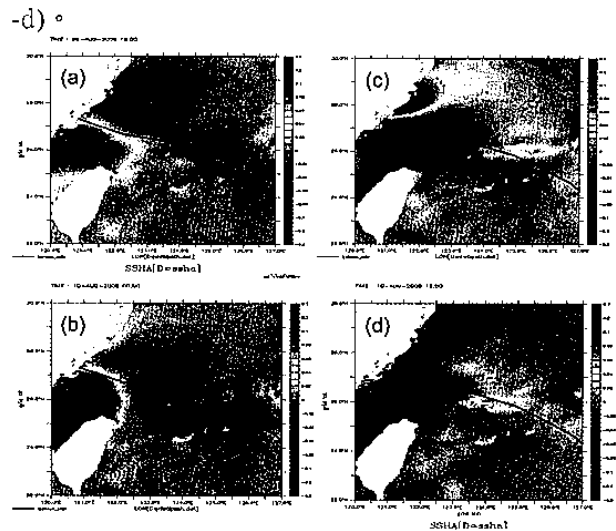
圖七為模式所輸出的垂直速度場，從圖二中顯示出在2006/08/09中午12點，平均風應力從6小時以前的 $0.53 \text{ N/m}^2$ 增強至 $1.03 \text{ N/m}^2$ ，從垂直速度場中顯示出在颱風過後6小時，即使在黑潮流經處，亦有湧昇現象。從颱風經過後的路徑上，以同樣可觀察到海水有向上垂直的運動。由於桑美颱風在經過黑潮時，黑潮不斷的提供其熱能，使其風速不斷增強，形成超級強烈颱風，同時颱風為低氣壓逆時針渦旋，會將底層海水往上帶，因其強烈的渦旋在經過黑潮之後，也讓黑潮產生了湧升現象，此現象在先前的研究中是未被觀測到的。



圖七、桑美颱風過後之垂直速度場  
 (a). 2006/08/09 18:00 (b). 2006/08/09 06:00

### (二) 海平面高度場變化

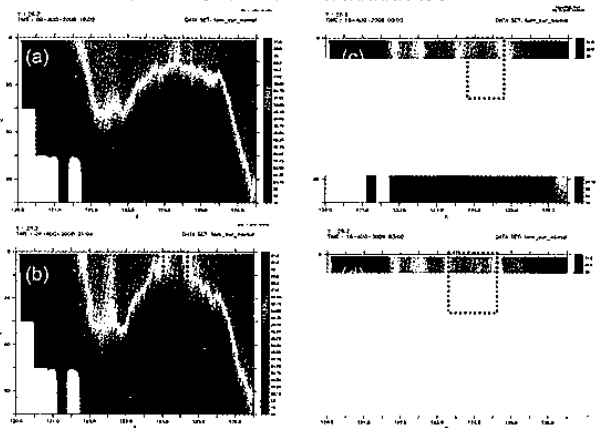
桑美颱風在8月9日下午6點時進入台灣東北邊海域，由於颱風為熱帶低氣壓渦旋，呈現逆時針的旋轉，當海水表面的壓力受到擠壓時，會產生不平衡的現象。在桑美颱風未底達大陸沿岸時，已先造成在淺水區有高低水位的分佈(圖八-a)，大陸沿岸的水由北向南輸送，造成在大陸沿岸有北低南高的水位分佈；至翌日凌晨六時(圖八-c)，颱風中心已漸漸靠岸，此時較高的海平面高度場，堆積在颱風中心的北方，待颱風中心完全登陸後，可在其行經過後的路徑上及其西南方看到海平面高度場是下降的(圖八



圖八、桑美颱風經過前後之海平面正負距平值(單位:m)  
 (a). 2006/08/09 18:00 (b). 2006/08/10 00:00  
 (c). 2006/08/10 06:00 (d). 2006/10/10 12:00

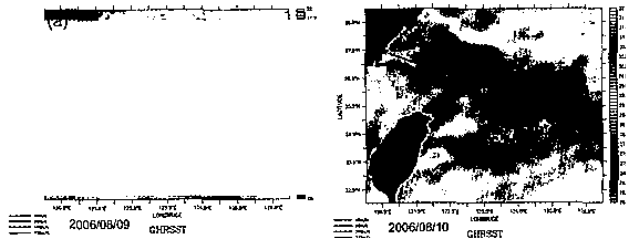
### (三) 海水溫度場之變化

8月9日中午12點時，桑美颱風進入黑潮的區域，黑潮就像一個蒸氣爐，提供桑美颱風足夠的熱能，使其強度逐漸增強，漸發展至強度颱風；8月9日下午6點時，雖漸漸的脫離黑潮，但因海水持續提供桑美颱風熱量，故使其強度仍然不減弱，此時，海水的溫度持續下降中，在其離開過後的台灣北方海域，因桑美颱風吸收底層海水所提供的熱能，故從溫度的斷面圖(圖九)，可以見到在50公尺以上的海水溫度下降至 $4^\circ\text{C}$ 之多，同時底層較冷的海水向上補充。至翌日凌晨時，桑美颱風漸漸靠岸，所經之處仍有海洋不飽和供熱能，但因靠岸處海底地形逐漸變淺，海水所能提供的熱能遞減，故使其強度在登陸以前漸漸減弱。



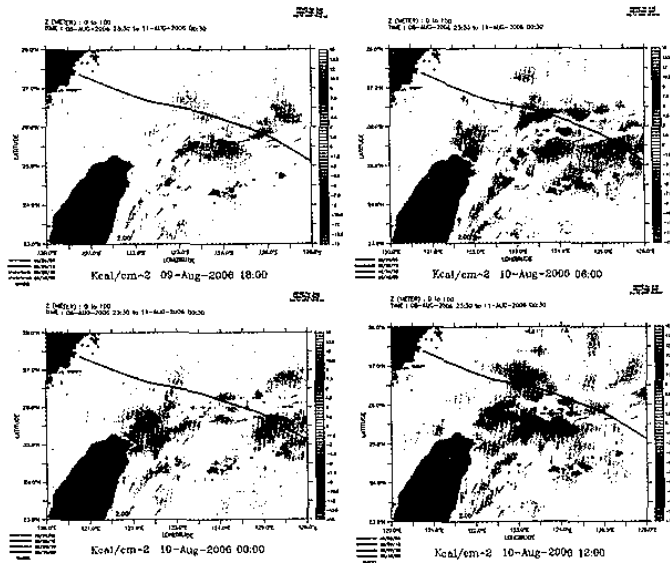
圖九、桑美颱風經過後之海水垂直溫度斷面圖  
 (a). 2006/08/09 18:00 (b). 2006/08/09 21:00  
 (c). 2006/08/10 00:00 (d). 2006/10/10 03:00

圖十為使用多種衛星資料所集合而成的海水平面溫度場。圖十-a為08/09之海平面溫度圖，圖十-b為08/10之海平面溫度圖，在颱風過境後，可見到平均海水溫度下降3至 $4^\circ\text{C}$ 之多。



圖十、衛星資料之海水表面溫度場 (a)2006/08/09 (b)2006/08/10

從海水垂直溫度場可計算出海水熱含量距平值(圖十一)，在颱風過後海水的熱能會降低，從桑美颱風靠近黑潮以後，海水每小時每平方公尺平均提供其50Kcal熱能，此熱能使其風速得以在每小時每平方公尺讓風應力增強0.1N，海水提供颱風熱能，此熱能更助長颱風發展成更強烈的颱風。



圖十一、桑美颱風經過前後之海水熱含量  
(a). 2006/08/09 18:00 (b). 2006/08/10 00:00  
(c). 2006/08/10 06:00 (d). 2006/10/10 12:00

## 五、結語

桑美颱風在行經黑潮之時，由於海水提供其巨大的能量，使其風應力增強2倍之多，在其吸收能量過後，會造成黑潮流速在颱風期間減弱，並在其行經過後之周圍流場產生湧升流。由於桑美颱風為結構相當完整之颱風，加以其與海洋交互作用後形成超級颱風，此強大的威力，使桑美颱風在離開黑潮後，亦可見到在黑潮上有湧升現象，在桑美颱風剛脫離黑潮時，其風應力可達到最大，但隨著地形變淺加上沒有強大蒸氣爐持續提供它巨大的能量，會使其發展漸漸衰落。

## 六、參考文獻

Blumberg, A. F. and G. L. Mellor (1987), A description of a three-dimensional coastal ocean circulation model, in *Three-Dimensional Coastal Ocean Models*, 4, edited by N. S. Heaps, pp. 208, American Geophysical Union, Washington, DC.

Ko, D. S., R. H. Preller, G. A. Jacobs, T. Y. Tang, and S. F. Lin. (2003), Transport reversals at Taiwan Strait during October and November 1999. *J. Geophys. Res.*, 108, 3370, doi:10.1029/2003JC001836.

Lin I. -I., W. T. Liu, C. -C. Wu, G. T. F. Wong, C. Hu, Z. Chen, W. -D. Liang, Y. Yang, and K. -K. Liu (2003), New evidence for enhanced ocean primary production triggered by tropical cyclone, *Geophys. Res. Lett.*, 30(13), 1718, doi:10.1029/2003GL017141.

Wu, C.-R. and Y.-C. Hsin, (2005), Volume transport through the Taiwan Strait: A Numerical Study. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 16(2), pp.377-391.

NCEP 之來源網頁:

<http://www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis.html>

中央氣象局颱風資料庫網頁:

<http://rdc28.cwb.gov.tw/data.php>