

南海環流及海水位變化衛星測高觀測

Observing circulations and sea level variation over the South China Sea using satellite altimetry

計畫編號：NSC88-2611-M009-001-AP7

執行期間：87年8月1日至88年7月31日

主持人：黃金維 國立交通大學土木系 教授

一、中文摘要（關鍵詞：地轉流、小波、複立葉、季風）

本計畫以 TOPEX/POSEIDON (T/P) 衛星測高資料配合地轉流公式來來析南海環流之變遷，且以小波及傅立葉轉換來來析南海海水位。本研究已成功地利用 T/P 衛星測高資料求定南海海水位，夏季季風爆發及 *El Niño* 之關係，並監測南海環流之年及年際變際。

英文摘要（keywords：geostrophic current, wavelet, Fourier, monsoon）

In this project, circulations over the South China Sea are analyzed by using TOPEX/POSEIDON (T/P) altimetry and formulae of geostrophic current. Sea level of the South China Sea is studied by using wavelet and Fourier transforms. T/P has successfully determined the relationships among sea level of the South China Sea, the onset of summer monsoon and *El Niño* and the annual and interannual variations of the South China Sea circulations.

二、計畫緣由與目的

SCSMEX 為一國際性研究南海季風的計畫，其中兩大主軸為南海大氣與海洋之研究。Lau(1997)之洋 2 洋洋，SCSMEX 欲求得之南海的五種海

洋參數(parameters)中，包括海流及海水位二種。衛星測高儀觀測此兩種參數的優點是快速、長時間、免費（但少部來例外）、不需野外工作及面的觀測等。因此本計畫擬用過去多年的 T/P 測高資料，配合一平均海面(mean sea surface)，來析南海海流與時間、均間的關係，並配合浮球(drifter)，來析南海海流。並用此測高資料，來析南海海水位變際，找出其主要頻率及其與其他重要自然現象如 ENSO 等之關係。

三、研究方法與成果

3.1 南海環流

本研究以 AVISO (1996) 洋提供之 T/P Version C GDRs，根據徐欣瑩(1997) 洋提之沿軌跡平均海面求定方法，取 cycle 10(26/12/1992) 取 cycle 219(29/8/1998)，經際算後得沿軌跡之 5.6 年的平均海面(h_0)，本研究只探討隨時間變際(time-varying)之環流，因此經由下式得相對動力高(relative dynamic height) $\Delta\zeta$ (Wunsch and Stammer, 1998)：

$$\Delta\zeta = \zeta - \zeta_0 = h - h_0 = \Delta h \quad (1)$$

式中， ζ 為動力高、 ζ_0 為不隨時間變際之動力高、 h 為消除潮位影響之海面高、 h_0 為平均海面高及 Δh 為海水位

異常(sea level anomaly, SLA)。計算地轉流之公式如常(Apel, 1987)：

$$u = -\frac{g}{f} \frac{\partial \zeta}{R \partial \phi} = -\frac{g}{f} \frac{\partial \zeta}{\partial y} = -\frac{g}{f} \xi \quad (2)$$

$$v = -\frac{g}{f} \frac{\partial \zeta}{R \cos \phi \partial \lambda} = -\frac{g}{f} \frac{\partial \zeta}{\partial x} = -\frac{g}{f} \eta \quad (3)$$

由式(1)以 Δh 取常 ζ ，常常式(2)及(3)得相對地轉流，根據上述方法，吾人可求得1993年1月可取1997年12月之南海可平均相對地轉流如圖1。由圖可知，於冬季(12-2月)，南海海流大致呈逆時鐘旋轉，於夏季(6-8月)，南海海流大致呈旋時鐘旋轉。由本法所得之結論與Shaw and Chao (1994)及Wu et al. (1998)等之研究結果近似，但在時間及均間之解析度上大為提昇。取T/P cycle 10-cycle 219，將每一cycle之地轉流 u, v 來量來別組成網格，並選取常洋性之浮球(Hu, 1998、Hansen and Poulain, 1996)，將其軌跡之經、緯度及時間以三維多項式(three-dimensional polynomial)求其位於網格中之內插值，並與浮球觀測之流速比較如圖2。由圖可知，T/P較得之流速與浮球觀測之流速在低頻部來之趨勢非常近似。

3.2 衛星測高監測南海海水位

本研究非用之衛星測高資料與3.1節相同，取南海位於 5°N - 22°N 同海(海同 $>200\text{m}$)中之SLA，求定每一cycle之平均值 SLA_0 。藉由網路從整合全球海洋服務系統(Integrated Global Ocean Services System, IGOSS)網統取得NINO3之monthly SST(Sea Surface Temperature) (Reynolds and Smith, 1994)，為了有效探討monthly SLA_0 (1/1993-8/1998)及monthly SST(1/1980-8/1998)時間序列(time series)之各頻率來量隨時間變際之狀態，吾人採用連續一維Morlet小波轉換(wavelet transform)，其公式如下

(Daubechies, 1992)：

$$C(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int f(t) \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (4)$$

式中， a 為續度(scale)、 b 為平續(translation)、 t 為時間、 $C(a, b)$ 為小波係數(wavelet coefficient)及小波續數(wavelet function) Ψ ，其定續為：

$$\Psi(t) = \pi^{-1/4} e^{-t^2/2} \cos(5t) \quad (5)$$

而週期 p 與續度 a 之關係如常(Torrence and Compo, 1998)：

$$p = \frac{4\pi a}{5 + \sqrt{2+5^2}} = 1.232a \quad (6)$$

為了配合monthly SST之時間，吾人取Zhapo期潮統從1/1980-12/1992之monthly潮位期值(觀測值-平均潮位)及T/P從1/1993-8/1998之monthly SLA_0 ，組成一時間序列常洋南海之monthly SLA_0 ，將monthly SST及monthly SLA_0 常常式(4)、(5)及(6)得小波係數如圖3。由圖3(b)之南海monthly SLA_0 洋得之*El Niño-like*小波係數(週期2-5年)得知，當其曲率(curvature)由負值轉為正值時，對應可3(a)之NINO3 monthly SST洋得之小波係數，得知*El Niño*現象正開始發展。吾人將每一cycle之 SLA_0 經標準際(normalization)，並繪製成曲線可，求其從負值轉為正值之零交點(zero-crossing)的時交如洋1，洋中交三交為Xie et al.(1998)求定之南海夏季季風(monsoon)爆發時交，交二交為利用各cycle SLA_0 洋求得之夏季季風爆發時交，兩者非常吻合。

四、結論及討論

本研究已成功地利用T/P衛星測高資料來監測南海環流及海水位之變

遷，並探討其與 *El Niño* 及夏季季風之關係。

五、計畫成果發表

本研究結果發表於以下兩表 JGR 表表：

1. 表 wang, C., and S.-A. Chen, Fourier and wavelet analyses of TOPEX/POSEIDON-derived sea level anomaly over the South China Sea: a contribution to SCSMEX, *J. Geophys. Res.*, revised, 1999. 表
2. Hwang, C., and S.-A. Chen, Circulation and eddies over the South China Sea derived from TOPEX/POSEIDON altimetry, *J. Geophys. Res.*, revised, 1999.

表

六、參考文獻

徐欣瑩，以多衛星測高資料計算全球海域大地起伏及其應用，碩士論表 國立交通大學，新竹，1997。

Apel, J. R., *Principles of Ocean Physics*, 634 pp, Academic Press, New York, 1987.

AVISO, AVISO User Handbook for Merged TOPEX/POSEIDON Products, AVI-NT-02-101, Ed. 3.0, 1996.

Daubechies, I., *Ten Lectures on wavelets*, SIAM, 1992.

Hansen, D.V. and P.-M. Poulain, Quality control and interpolation of WOCE/TOGA drifter data, *J. Atmos. Oceanic Tech.*, 13,

900-909, 1996.

Hu, J.-H., Study on surface currents in the South China Sea, *Proc. Workshop of Oceanography*, pp. 191-198, Hsinchu, Taiwan, 1998.

Lau, W. K.-M., South China Sea monsoon experiment observed from satellites, *EOS, Trans., AGU*, 78, p. 599, 1997.

Reynolds, R. W., and T. M. Smith, Improved global sea surface temperature analyses, *J. Climate*, 7, 929-948, 1994.

Shaw, P.-T., and S.-Y. Chao, Surface circulation in the South China Sea, *Deep-Sea Res.*, 41, 1663-1683, 1994.

Torrence, C., and G. Compo, A practical guide to wavelet analysis, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 79 (1), 61-78, 1998.

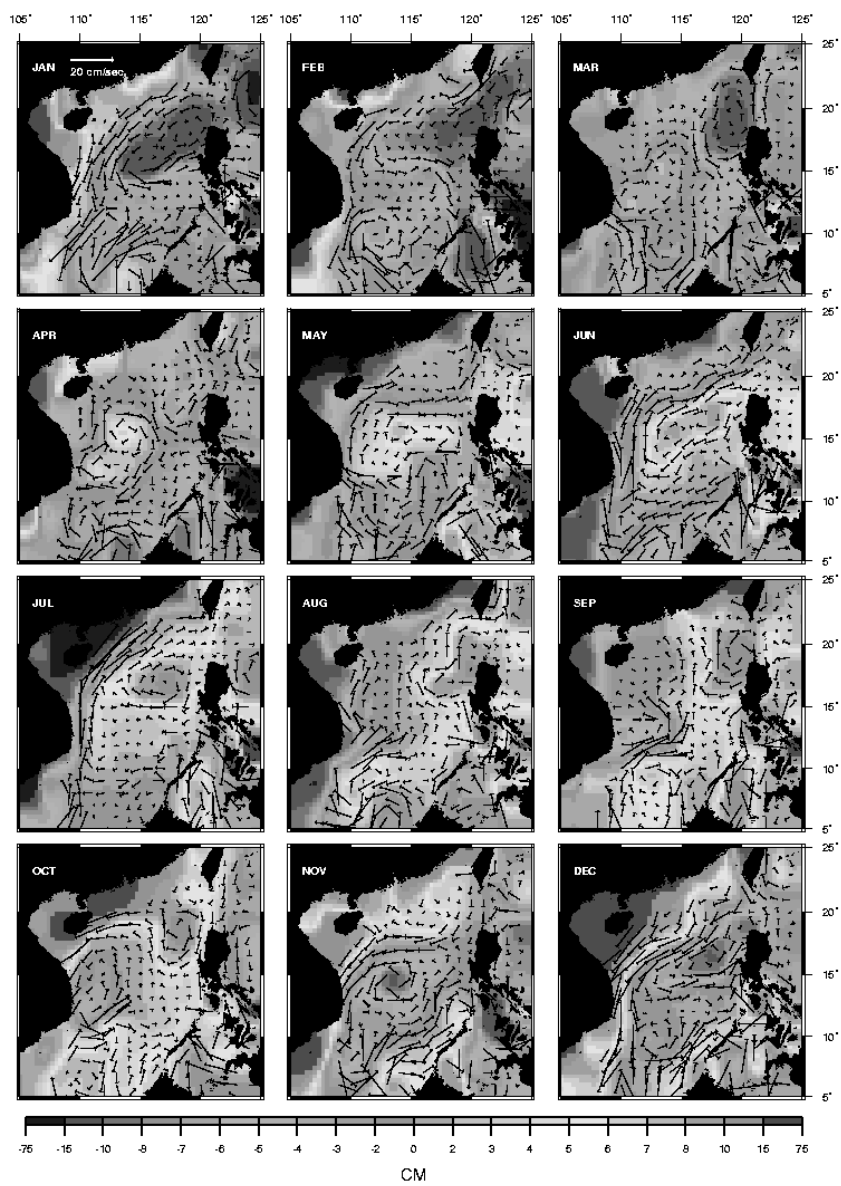
Wu, C.-R., P.-T. Shaw, and S.-Y. Chao, Seasonal and interannual variations in the velocity field of the South China Sea, *J. Oceanogr.*, 54, 361-372, 1998.

Wunsch, C., and D. Stammer, Satellite altimetry, the marine geoid, and the oceanic general circulation, *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 26, 219-253, 1998.

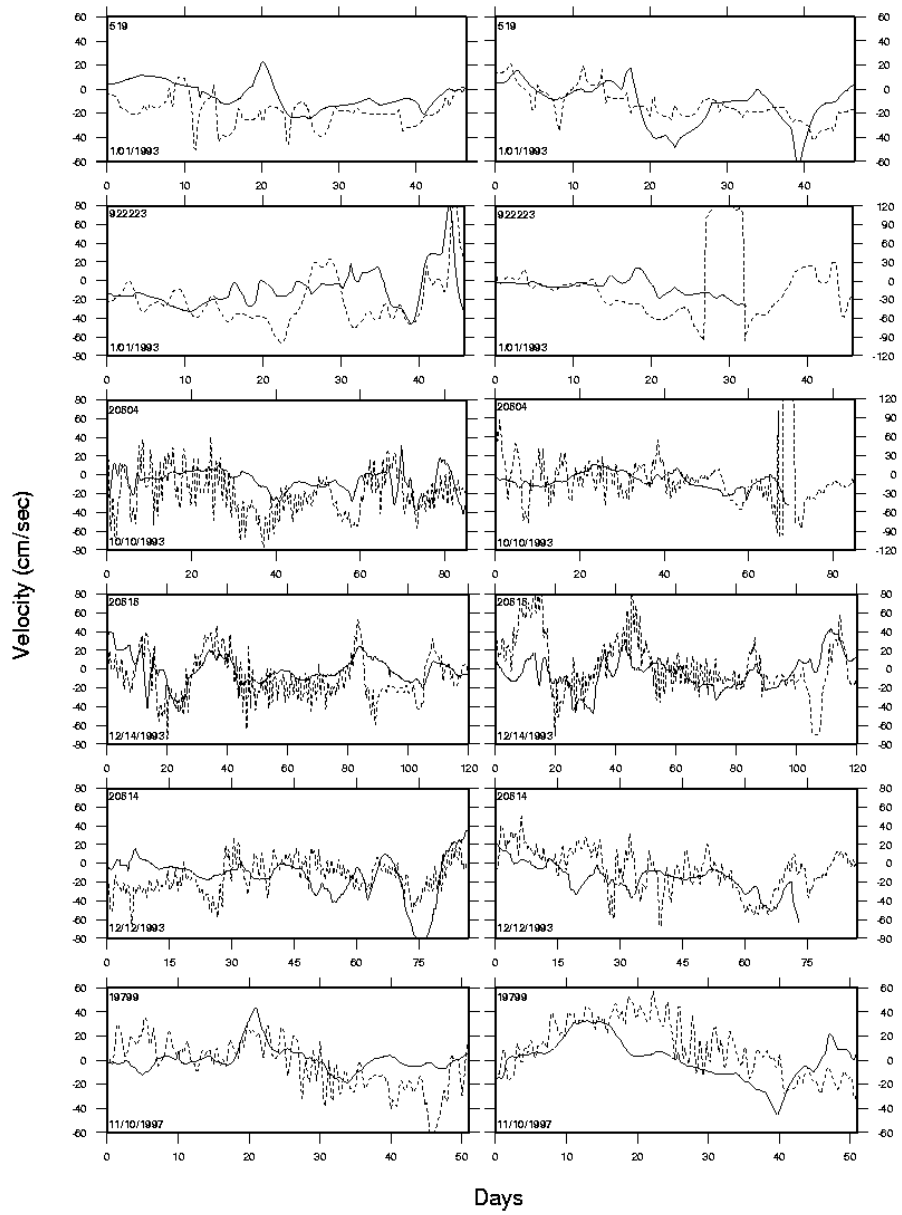
Xie, A., Y.-S. Chung, X. Liu, and Q. Ye, The interannual variations of the summer monsoon onset over the South China Sea, *Theor. Appl. Climatol.*, 59, 201-213, 1998.

洋 1. 南海夏季季風爆發時交，* 洋洋無此資料

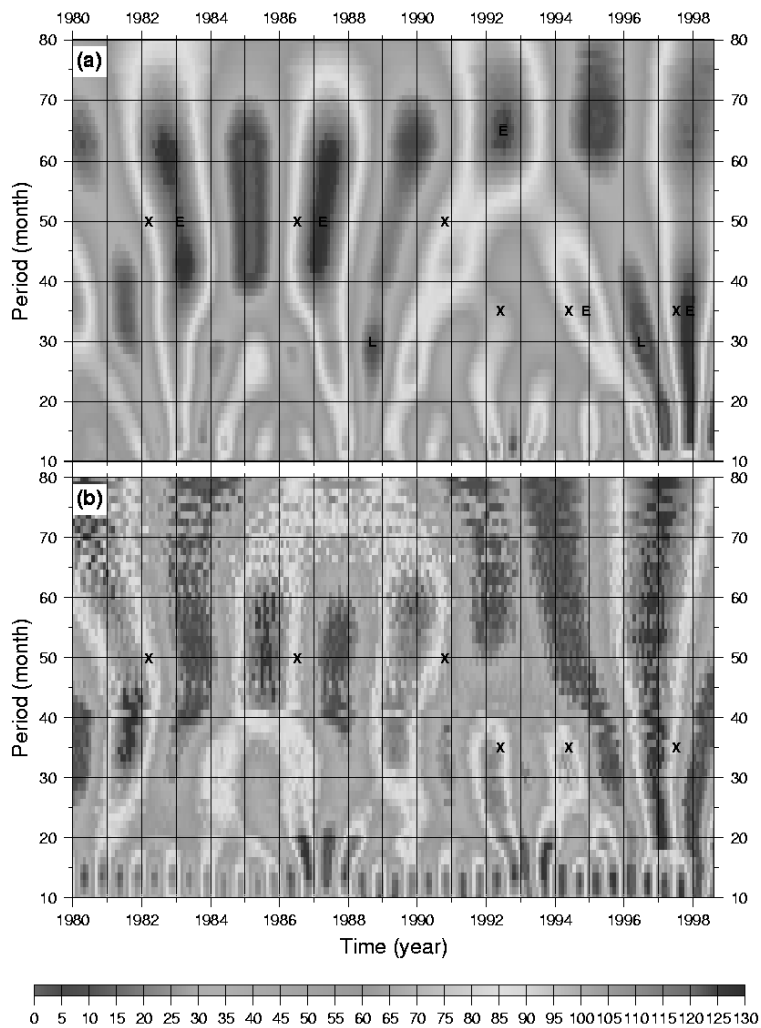
year	1993	1994	1995	1996	1997	1998
zero-crossing	June 4	April 28	May 26	April 28	May 1	May 28
monsoon	June 4	May 4	June 2	*	*	*



可 1. 南海之五年可平均環流



可 2. T/P 較得之相對地轉流(無線)與浮球觀測流速(無線)之比較，左邊為 u 來量，邊邊為 v 來量，x 軸為從初始時間起算之消逝時間



可 3. (a)NINO3 海水洋面逝度及(b)南海海水位異常之小波係數，E 為 *El Niño*、L 為 *La Niña*、X 為 *El Niño-like* 小波係數，其曲率由負變正逝