

利用 HHT/EMD 分析 SSM/I 資料估算之客觀指數與 颱風強度年際變化關係

劉振榮^{1,2} 藍嘉偉¹

1 中央大學大氣物理研究所

2 中央大學太空及遙測研究中心

摘要

本研究針對南海與西北太平洋地區颱風年際強度變化來加以研究並找出其與海洋間的相互關係，並利用 Huang and Coauthors (1998) 所提出的希伯特-黃轉換中的經驗模態分解法來分析 Liu et al. (2002) 提出的海氣參數及估算出來的客觀指數，首先針對合併了颱風強度與生命期的颶風破壞潛勢進行經驗模態分解法分析，接著針對各海氣參數與客觀指數進行經驗模態分解法分析，最後建立客觀指數經過經驗模態分解法分析後的各內建模態函數與颶風破壞潛勢的線性相關性。

結果顯示在西北太平洋的 HDP 的年際變化均值趨勢則與 Emaunel (2005) 相同。而在西北太平洋地區，可發現從前年的十月至當年的三至四月中，客觀指數的第四個內建模態函數與當年的颶風破壞潛勢有相對於其他月分與其他內建模態函數來的高，而最高的 R^2 值甚至可以高達 0.7 左右。且 OPI 的第四個 Mode 與 Southern Oscillation Index (SOI) 有些許反相位的關係，所以當 SOI 為負值時 OPI 則有較大的值，表示海氣提供較多能量給予颱風發展，且颶風在當年也具有較大的強度。

因此在未來累積一定資料量後，此研究的結果可以做為未來估算當年颱風強度的一個依據或指標。

一、前言

台灣每年所遭受的天然災害不計其數，其中最嚴重的就為颱風的侵襲，雖然政府每年投資大筆經費進行颱風的各項研究與天然災害的預防，但極少數的研究是針對颱風年際強度問題來探討，因此本研究將針對西北太平洋地區颱風年際強度變化來加以研究並找出其與海洋能量相互關係。

傅利葉分析一直以來都是許多學者所青睞的時頻分析工具，但是其對於非線性資料所產生的缺點卻不容忽視，因此由黃鐸等人所發展完成的 HHT (Hilbert-Huang Transform) 為 1998 年後不管是在土木工程、醫學工程甚至地震分析上有極大使用率的時頻分析工具，但極少有大氣科學學者將其

使用於大氣物理的分析方面。

在 2001 年 Liu et al. 利用 SSM/I 資料反演出近海面空氣溫度與相對濕度等大氣參數，到了 2002 年更進一步提出客觀指數的概念並且應用於中尺度對流系統 (Liu et al., 2002)。

Chu et al. 在 1999 年針對中太平洋地區歷年颱風生成個數探討，發現在歷年的個數中具有一個十幾年週期的組態。

在 1998 年 Bove et al. 提出在聖嬰年時兩個以上的颶風侵襲美國的機率有 28%，在常態時的機率為 48%，在反聖嬰年時則為 66%，因此在聖嬰年時侵襲美國的颶風機率有減少的趨勢，但在反聖嬰年時則有增加的趨勢。

在 2005 年 Emanuel 將北大西洋加上西北太平洋的能量消散指數(Power Dissipation Index, PDI)平滑後與南北緯 30 度內的海水溫度年平均作相關分析,其 R^2 高達 0.69,且在 1975 年後其曲線也有往上揚的現象,作者認為可能是因為全球暖化所造成的,但在 1994 年時 Lighthill et al.則把因 ENSO 所造成的 TC 形成的年際變化拿掉後,剩下的部分與局部地區的海面溫度並沒有任何相關。在 2004 年 Chan et al.也提出與 Lighthill et al.同樣的結論。

1998 年 Huang et al.提出經驗模態分解法與希伯特轉換應用至非線性以及非穩態的資料中,並且在文中詳細介紹其理論與應用。

本研究使用 Liu et al. (2001 與 2002) 利用 SSM/I 資料反演得到海氣參數與估算客觀指數之結果,來進行西北太平洋地區颱風強度之年際變化,且加上 JTWC (Joint Typhoon Warning Center) 最佳路徑資料估算每年之颶風破壞潛勢 (Hurricane Destruction Potential, HDP),而分析工具是使用 1998 年 Huang et al.所提出的 HHT 方法中的 EMD 部分,以探討海洋所提供的能量 (OPI 及海氣參數) 與每年颱風強度 (HDP) 是否具有相關。

二、資料

本研究所使用的資料包含有兩種:(1) SSM/I 資料。(2) JTWC 資料。(3) Southern Oscillation Index (SOI) 資料。(1) SSM/I 資料:資料從 NOAA 的網站 (<http://www.class.noaa.gov/>) 取得。網站上資料時間僅從 1997 年二月至今,故所使用的資料從 1997 年二月至 2005 年七月。空間範圍從赤道 0 度至北緯 40 度、東經 100 度至東經 180 度。(2) JTWC 資料:從 JTWC 網站取得,時間長度從 1945 年至 2004 年。本研究中使用的 JTWC 資料資料最早僅至

1966 年,而 1945 年至 1965 年資料則不予以使用,因 1945~1966 年缺乏衛星資料,故資料準確性受質疑 (Chu et al.), 空間範圍為西北太平洋地區。(3) SOI 資料:取自澳洲氣象局 SOI 資料,每個月一筆資料,利用大溪地與達爾文兩地氣壓差計算而成。

三、研究方法

本研究所使用的海氣參數反演式是劉和劉 (2000) 與 Liu et al., (2001) 所提出的方法。海氣參數包含有:海表面溫度、近海面空氣溫度、海氣間溫度差、近海面空氣濕度、海氣間濕度差、近海面風速、海氣間潛熱通量、海氣間可感熱通量,而 Object Potential Index (OPI) 計算則是採用 Liu et al. (2002) 所提出的方法。OPI 是將海氣參數加入不同的權重後所得到一個 0~1 的指數,過去的結果知道隨著 OPI 的增加則降雨頻率也就隨著增加,可以將 OPI 視為海氣間能量大小指標。

在西北太平洋地區的 OPI 空間平均選取範圍,利用西北太平洋地區 OPI 的標準差分佈圖,選取最大的 OPI 變化地區為北緯 0~8 度、東經 138~155 度來作空間的平均區域。這一個區域非但是 OPI 最大變化的區域,也相當靠近西北太平洋最多颱風生成的區域。

在西北太平洋地區的 HDP 數值則是利用 JTWC 最佳路徑資料,將其每個時間的最大風速平方相加所得到。

在本研究中使用最主要的工具則為 HHT/EMD, EMD 是利用 Sifting Process 將資料中具有週期的訊號一一分離,因此得到最後一個 Mode 為整體資料均值趨勢 (Res.), 且分離出數個內建模態函數 (IMF)。至於 Sifting Process 是利用取其極大值與極小值包絡線並求其平均,再將原始訊號扣去平均包絡線值,直到訊號符合 IMF 的條件則便可以取得第一個 IMF,再將原始

訊號扣去第一個 IMF 進行 Sifting Process，以求得其餘 IMF，直到最後剩下的 Res. 訊號。圖（一）為 1997.02~2005.07 西北太平洋地區演算出的 OPI 經 EMD 分解後結果。

四、結果分析與討論

首先將 1997~2004 年西北太平洋地區 HDP 進行 EMD 分析，如圖（二）所示，圖中顯示 EMD 分析結果中的 Res. 呈現先降後生的情形，主要因為受到 2004 年的影響使得整體資料均值趨勢在後面幾年呈現上升的情形，且這樣的情形與 Emanuel 在 2005 年提出在西北太平洋地區的 PDI 呈現逐年往上升的趨勢相同，如圖（三）所示，從兩張圖顯示出逐年間西北太平洋地區的颱風強度有逐漸增加的趨勢。但其上升的幅度卻因使用的方法中的次方不同而有所差異。

在圖（一）中西北太平洋地區 OPI 經 EMD 分析後可以得到數個 IMF，其中 IMF3 具有明顯的年週期變化，而 Res. 呈略微先升後降趨勢，可能原因是 Ts、dT、dQ 以及 LHF 是呈現此趨勢，至於在其餘 IMF 中卻無法得知所具有的大氣物理特性，因此我們試著將在每一個 IMF 中的各個月 OPI 之年變化與在西北太平洋的 HDP 作相關性的分析，以找到海洋提供的能量是否可以反應至颱風的強度上，且考慮前一年的海氣能量是否會提供給隔一年後颱風生成，結果如圖（四）所表示。在圖（四）OPI 的 IMF4 之 R^2 數值普遍而言都相當高，最高時可以高達 0.7 左右，且從前年的十月的 0.55 升高至當年一月時的 0.71，而後隨著逐漸接近颱風季則其 R^2 數值緩慢下降至當年四月的 0.4 左右。從圖（四）可以發現每年的同一個月 OPI 平均的 IMF4 與當年的 HDP 有很好的線性相關，且較高相關性的發生月份都是在非颱風季時，因此未來如果有更多的資料量累積也許便可以使用 OPI 的 IMF4 來約略估計當年的

颱風強度趨勢。

儘管在先前可以得到 OPI 的 IMF4 與 HDP 有很好的關聯，但是我們仍然不知道 OPI 的 IMF4 代表何種大氣特性，而在過去研究中發現大部分颱風強度的年際變化都有與聖嬰現象有所關聯，於是將澳洲氣象局所計算得到的 SOI 與 OPI-IMF4 隨時間變化畫出，如圖（五）所示，於圖中發現 SOI 與西北太平洋 OPI-IMF4 隨時間變化具些許反相位的關係，約略差四分之一或二分之一相位，在 1997~2002 年時較明顯，但在 2003~2005 年則差異較不明顯，因此 OPI 的 IMF4 與聖嬰事件的指標 SOI 具有一定的反相位關係，便可得知聖嬰事件(SOI 負)時 OPI-IMF4 較大，在先前得知 OPI-IMF4 大時則 HDP(颱風強度)較大，而在反聖嬰事件則有較弱的颱風強度；因此 OPI-IMF4 大(SOI 負)時海洋提供較多的能量至大氣以致於颱風發展較強，因而造成較大的 HDP 值(颱風強度)，此結果與 Chu et al. 在 1999 年時所提出在中太平洋聖嬰年時有較多 TC 生成的論點不謀而合。

五、結論與未來展望

在西北太平洋地區其 HDP 均值趨勢是呈現略微上升，與 Emanuel (2005) 所提出的論點是相同，但其上升的幅度卻因使用的次方不同而不同。在西北太平洋地區，IMF4 的各月 OPI 年變化與當年的 HDP 有很好的線性相關，且較高相關性的發生月份都是在非颱風季。SOI 與西北太平洋 OPI-IMF4 時序變化有些許反相位關係，且約略差四分之一或二分之一相位，因此表示 OPI-IMF4 大(SOI 負)也就是聖嬰事件時海洋提供較多能量至大氣中以致於颱風發展較強，造成較大的 HDP 值，此結果與 Chu et al. 在 1999 年時所提出的在中太平洋的論點相同。

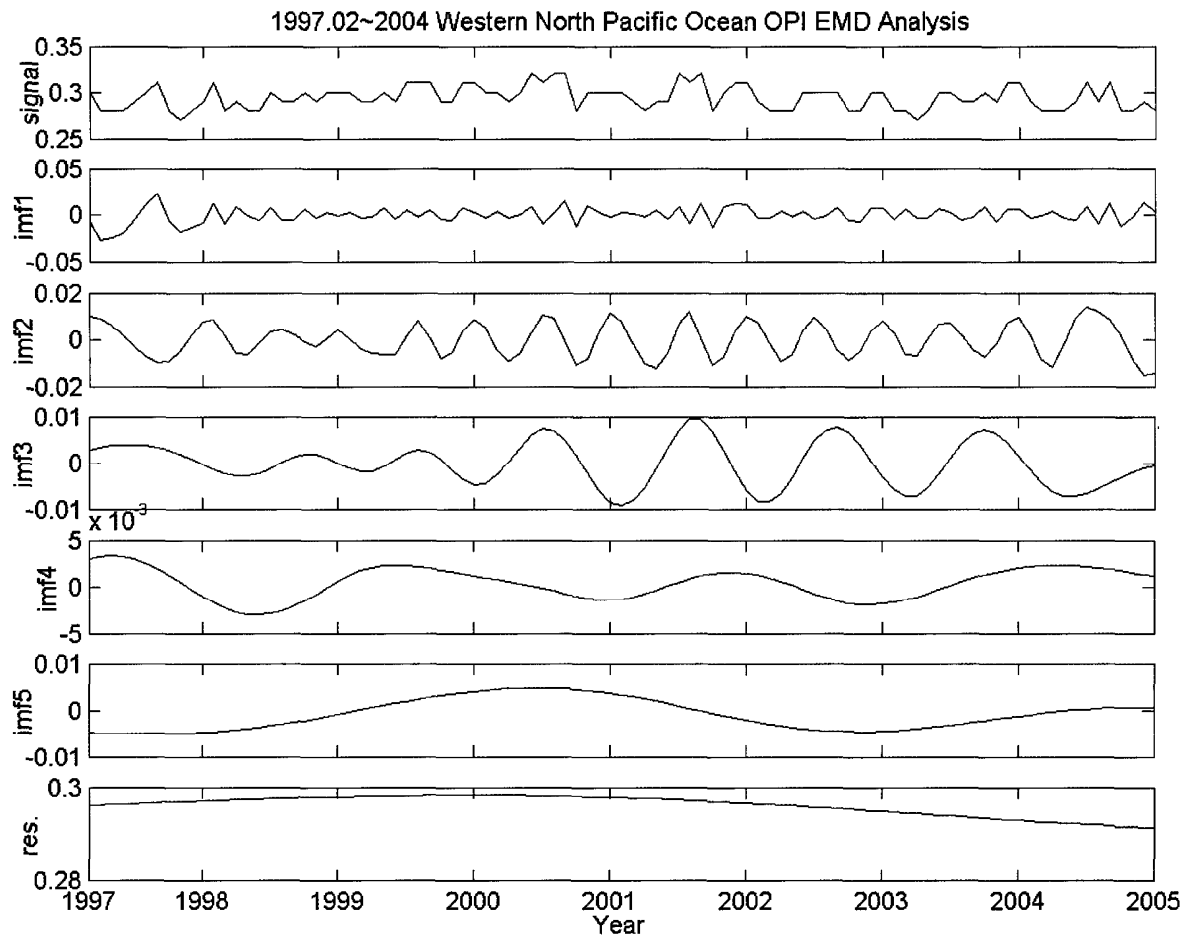
未來如果累積資料量更多以後，便可以

利用目前所得到的結果中利用 OPI 的 IMF4 來約略估計當年的颱風強度趨勢。

Period. *J. Meteor. Soc. Japan.*, **80**, 503–517.

六、參考文獻

- Bove, J. Elsner, C. W. Landsea, X. Niu, and J. J. O'Brien, 1998: Effect of El Niño on U.S. Landfalling Hurricanes, Revisited. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **79**, 2477–2482.
- Chan, Johnny C. L., and K. S. Liu, 2004: Global Warming and Western North Pacific Typhoon Activity from an Observational Perspective. *J. Climate*, **17**, 4590–4602.
- Chu, P. S., and J. D. Clark, 1999: Decadal Variations of Tropical Cyclone Activity over the Central North Pacific. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **80**, 1875–1881.
- Emanuel, K., 2005: Increasing Destructiveness of Tropical Cyclones Over the Past 30 Years. *Nature*, **436**, 686–688.
- Huang, N. E., and Coauthors, 1998: The Empirical Mode Decomposition and the Hilbert Spectrum for Nonlinear and Non-stationary Time Series Analysis. *Proc. Roy. Soc. London*, **454A**, 903–995.
- Lighthill J., G. Holland, W. Gray, C. Landsea, G. Craig, J. Evans, Y. Kurihara, and C. Guard, 1994: Global Warming Change and Tropical Cyclones. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **75**, 2147–2157.
- Liu, G. R., C. C. Liu, and T. H. Kuo, 2001: A Contrast and Comparison of Near-Sea Surface Air Temperature/Humidity Form GMS and SSM/I Data With an Improved Algorithm. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, **39**, 2148–2157.
- Liu, G. R., C. C. Liu, and T. H. Kuo, 2002: A Satellite-derived Objective Potential Index for MCS Development during the Mei-Yu



圖（一）1997.02~2004 西北太平洋 OPI 之 EMD 分析

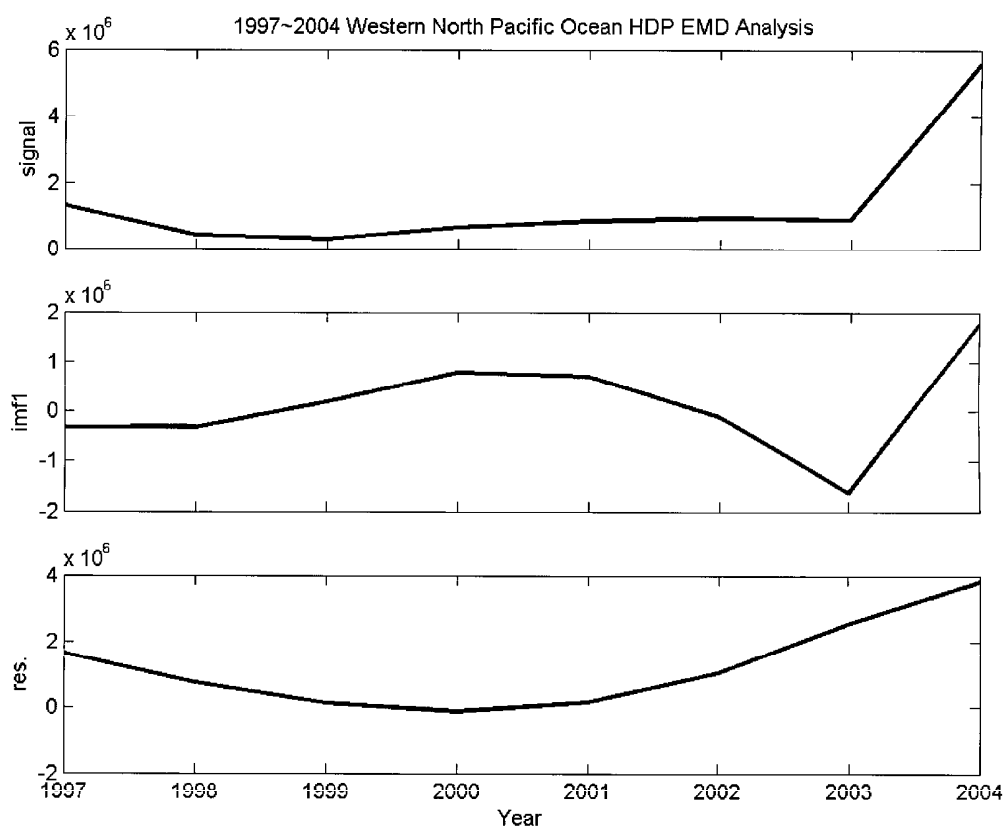


圖 (二) 1997~2004 年西北太平洋 HDP 之 EMD 分析

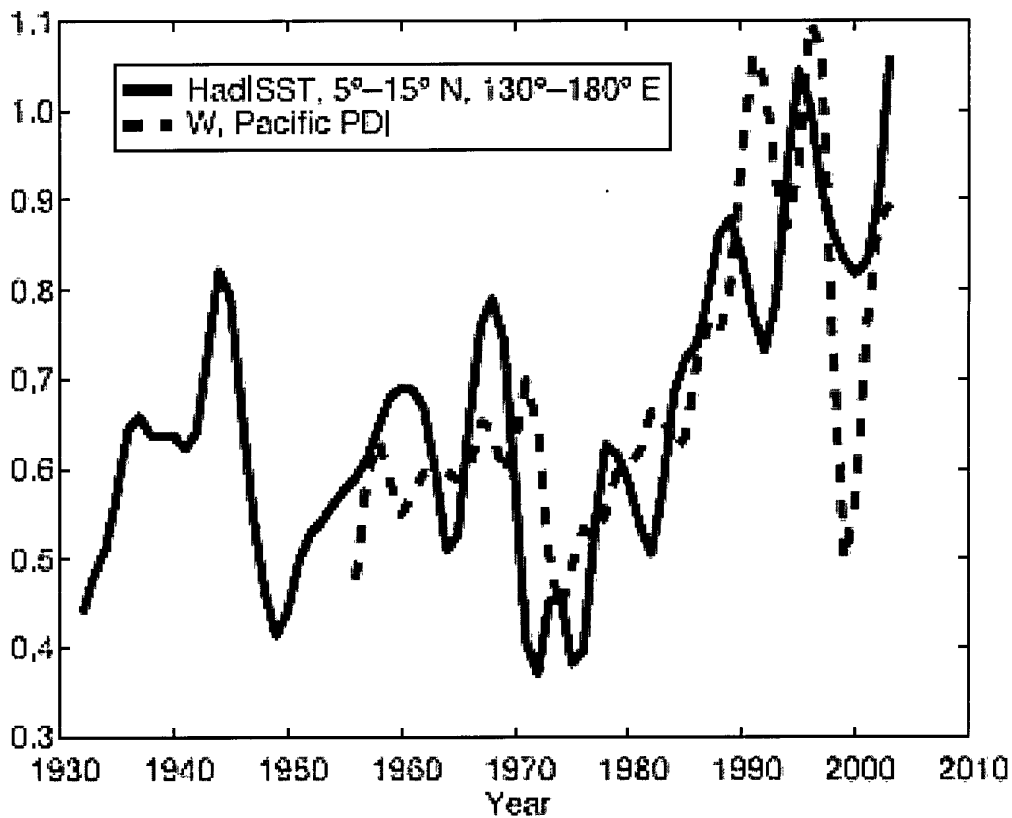
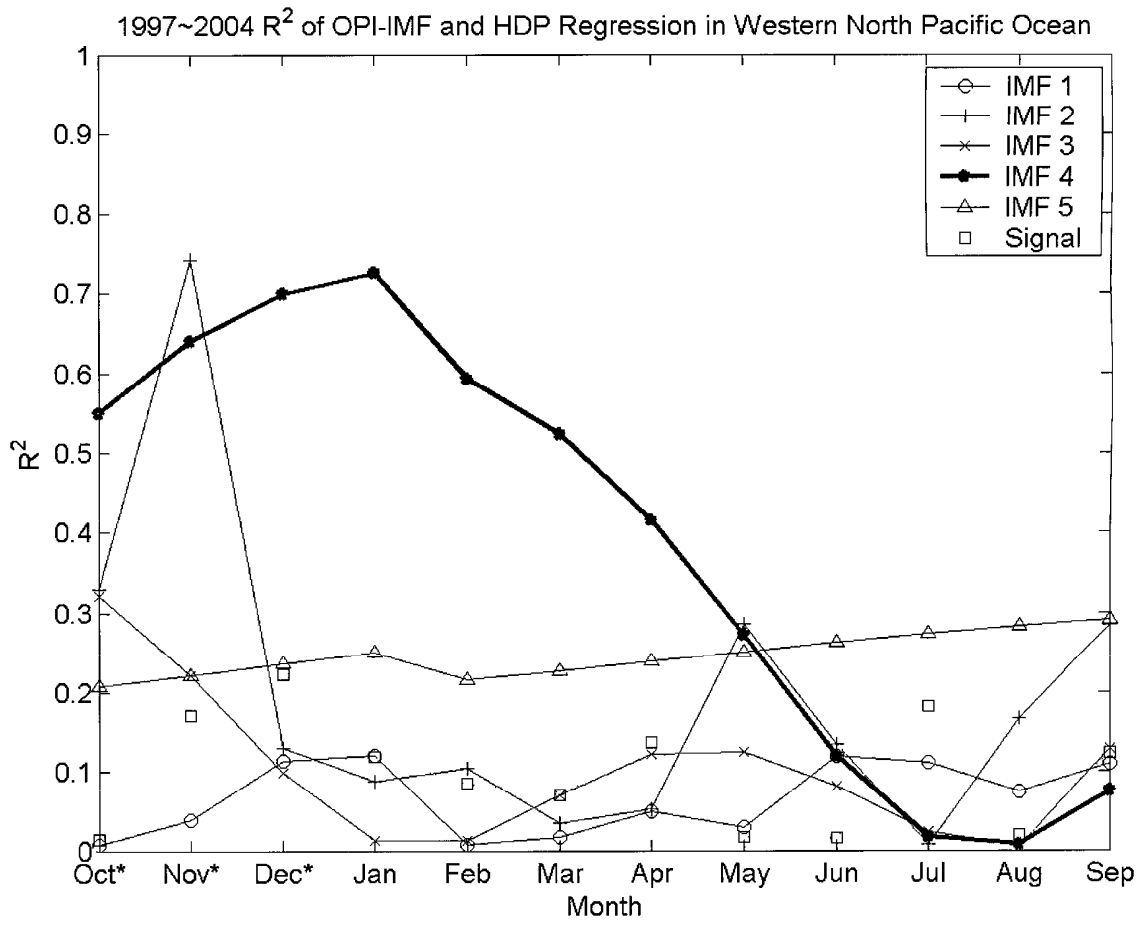
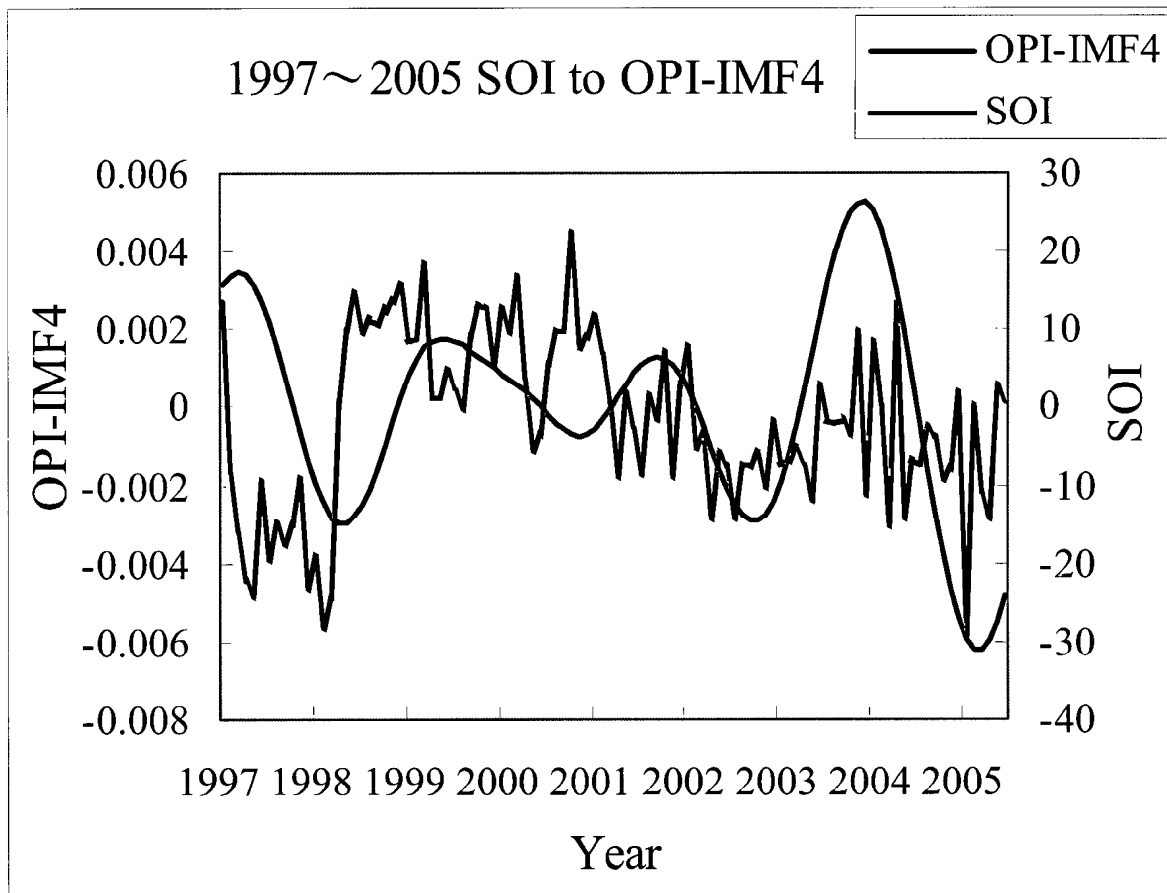


圖 (三) 西北太平洋 PDI 年際變化與七至十一月平均海溫比較 (Emanuel, 2005)



圖（四）西北太平洋地區各 IMF 中的各月客觀指數年變化與 HDP（原始）相關性分析 R^2 統計圖（*表示前一年 IMF 的 OPI 月平均）



圖（五）1997~2005年SOI與西北太平洋OPI-IMF4變化