

聖嬰現象對台灣西南沿海水位波動的影響

范光龍、張毓堯、鄭金玉
台灣大學海洋研究所

摘要

傳統上，我們都用傅立葉頻譜(Fourier spectral)的方法分析自然界的資料，但它的限制是資料必須線性的(linear)，而且是平穩的(stationary)。Huang et al. (1998)發明了 HHT (Hilbert–Huang Transform) 的方法，可以分析非線性及非平穩性的資料，這在分析方法上是一大突破。但 HHT 方法仍有一個困擾，就是 mode mixing，也就是會有不同週期的訊號混雜，後來，Wu and Huang (2004)發明了利用 white noise 的理論，用所謂的 EEMD 方法解決這方面難題，這在研究訊號較弱、較長週期的海面波動上非常重要。

我們利用 HHT 方法分析台灣東南海岸的富岡港水位資料，再加上 EEMD 方法的修正，我們發現聖嬰現象 (El Niño) 期間，水位的年際間的波動會增大，其變動的形式與一日長度 (length of day) 受 El Niño 的影響情形頗為類似。

內容

分析自然界的資料可能有下列一個或多個問題：

1. 整個資料的取樣時間太短
2. 資料非平穩的(nonstationary)
3. 資料非線性的(nonlinear)

由於這些問題，使得分析的方法都受到了某些限制。傳統上，傅立葉頻譜 (Fourier spectral analysis) 提供了一個簡單的方法求得“能量–頻率”分佈。因其非凡功能及其簡單性，自從它被引入這領域之後，它立即成為最常被使用的方法而且被應用於分析各種不同的資料，結果“頻譜”幾乎變成傅立葉轉換的同義字。雖然傅立葉分析在一般的情況下很好用(Titchmarch, 1948)，但它還是有些嚴格的條件：系統必須是線性的，而且資料必須是週期性的(periodic)或是平穩的(stationary)；否則求得的頻譜就沒有什麼物理意義。

傅立葉頻譜分析法幾經改良，近十數年來，大家使用最多的是小波分析法 (wavelet analysis method)，已較傳統的進一步而可求得“能量–頻率–時間”之分佈，可看出更多資料所含的自然現象，然而基本上，小波分析法仍由傅立葉頻譜分析法的一些假設基礎上推論而來，仍然具有原方法的限制與缺點。

為了突破傅立葉分析法的限制，Huang et al. (1998)發表了一個新的經驗模態分解法(Empirical Mode Decomposition method, 簡稱 EMD)，它會產生一組本質

模態函數(Intrinsic Mode Functions, 簡稱 IMF), 這分解法是直接摘出各不同時間尺度的能量, 將資料以一組 IMF 表達, 每一項 IMF 都適用希伯特轉換(Hilbert Transform), 由此可計算即時頻率(instantaneous frequency), 因此就可同時在頻率軸及時間軸上討論一事件的現象。這個方法可以看作是將原來的訊號用 IMF 展開, 而這些 IMF 都是從原來的訊號推導來的, 原始訊號的資料是非線性或非平穩性的, 利用 EMD 法都能處理, 它具有完整性(complete)、近乎正交性(orthogonal), 最重要的是它還具有可適性(adaptive)。IMF 經希伯特轉換而得區域能量及即時頻率後, 就能求得整個訊號的“能量-頻率-時間”分佈, 名之為希伯特頻譜(Hilbert Spectrum), 用它來分析非線性及非平穩的資料, 很理想。這新發明的方法稱為希伯特-黃轉換方法 (Hilbert-Huang Transform method, 簡稱 HHT)。

爲了說明 HHT 的方法, 今舉一例, 圖 1 爲風的原始資料, 經 HHT shifting process 處理而得到 9 個 IMF 分量(圖 2), 其中 C1~C8 代表不同時間尺度的自然現象, 而 C9 就是趨勢函數。

EMD 方法雖好, 但還是有些難題要解決, 其中一個主要的問題就是 mode mixing, 所謂的 mode mixing 就是在同一個 IMF 裡會有不同尺度的訊號混雜, 或者是同一尺度的訊號出現在不同的 IMF 裡。Wu 和 Huang (2004)利用 white noise 的特性, 對 EMD 做了改進, 發展了 Ensemble EMD(簡稱 EEMD)的方法, 避免掉 mode mixing 所造成的困擾。我們使用 EEMD 的方法對富岡測站的潮位資料做分析, 可以分解出 15 個 component, 其中 C11 的週期大致是一個很規律的年變化, 它應該是氣壓的年變化造成的, 其振幅大小變動範圍從 4cm~9cm, 而 C11 的振幅變化應和 El Niño 現象有關, 在振幅最大的 82-83 年及 97-98 年, 恰巧是上個世紀 El Niño 現象最明顯的時候(圖 3), 可明顯看出 El Niño 期間, 富岡港水位的波動振幅會增加 2~4cm。我們進一步比較年變化的 envelope 和 El Niño 3.4 index(圖 4), 其變化非常相似, 但是年變化的 envelope 在時間上領先 El Niño 3.4 index 大約 6-7 個月。對這兩個曲線變化做交相關的分析, 其相關係數在 lag time 爲-7 時有最大值 0.57。

參考書目

Huang, N.E., Z. Shen, S.R. Long, W.L. Wu, H.H. Shih, et al. (1998) The Empirical Mode Decomposition and Hilbert Spectrum for Nonlinear and Nonstationary Time Series Analysis. *Proc. Royal Soc. London Ser. A* 454:903-95.

Wu, Z. and Huang, N.E. (2004) A study of the characteristics of white noise using the empirical mode decomposition method. *Proc. Roy. Soc. London*, 460A, 1597-1611.

Titchmarsh, E.C. (1948) *Introduction to the Theory of Fourier Integrals*. Oxford: Oxford Univ. Press.

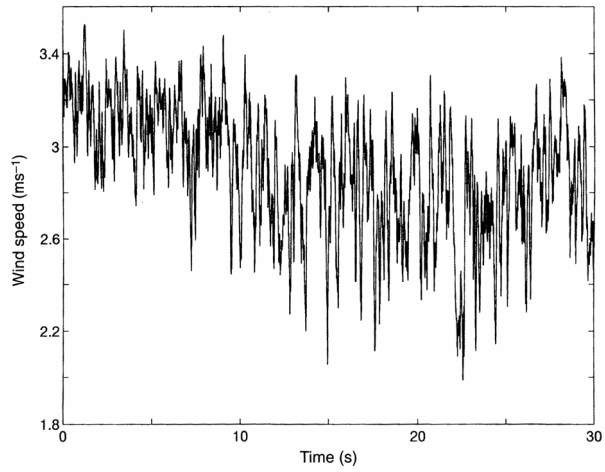


圖 1 原始風的資料(Huang et al., 1998)

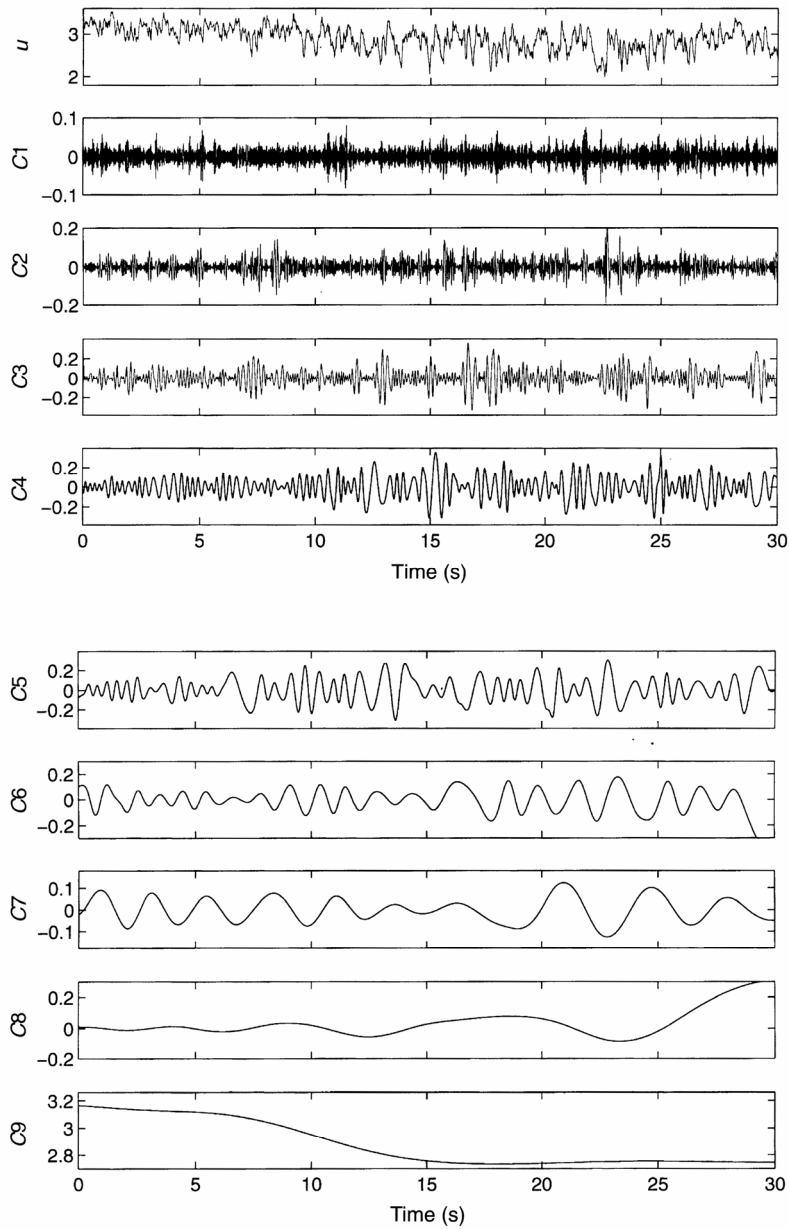


圖 2 原始風處理後得到的 IMF 9 個分量(Huang et al., 1998)

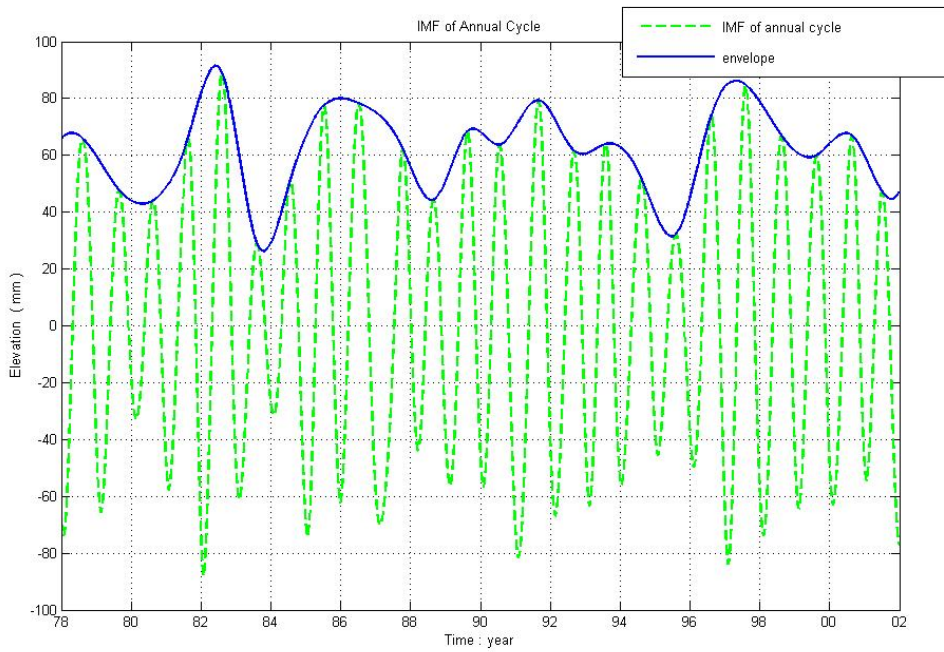


圖 3 富岡港水位年週期變化

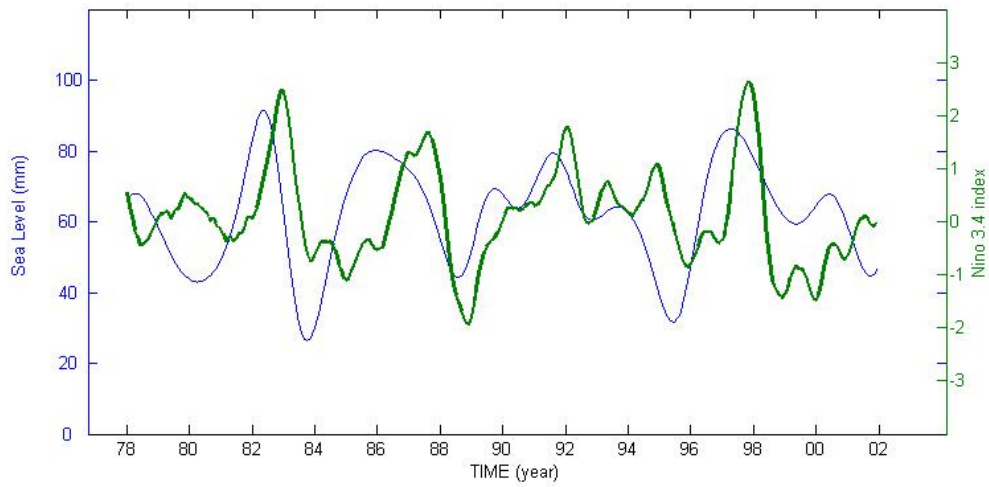


圖 4 富岡港水位年週期變化的 envelope (細線) vs. Niño 3.4 Index (粗線)