

厄爾尼諾與香港的降水

區展衡 張文瀾
香港天文台

提要

本文應用典型相關分析的方法研究了厄爾尼諾與香港降水間的季節性關係。包括南方濤動指數及太平洋海水溫度在內的五個厄爾尼諾指標 (SOI、Nino1+2、Nino3、Nino4、Nino3.4) 的兩個月平均值分別與香港的兩個月平均雨量進行典型相關分析。

分析結果顯示厄爾尼諾與香港在一至二月及三至四月間的降水呈現較強的相關性。而在以上五個厄爾尼諾指標中, SOI、Nino1+2 及 Nino3.4 與香港降水的關係似乎是最強的。

Rainfall in Hong Kong in El Nino years

C.H. Au and W.L. Chang
Hong Kong Observatory

Abstract

Canonical correlation analysis (CCA) is used to investigate the seasonal relationship between ENSO and the rainfall in Hong Kong. Bimonthly averages of the five ENSO indices, viz, the Southern Oscillation Index (SOI), the Pacific sea surface temperature indices Nino 1+2, Nino 3, Nino 4 and Nino 3.4 are correlated with bimonthly averages of Hong Kong's rainfall.

CCA shows strong association between ENSO and Hong Kong's rainfall in January-February and March-April. Also of the five indices, the association with SOI, Nino1+2 and Nino3.4 seems to be the strongest.

厄爾尼諾與香港的降水

區展衡 張文瀾
香港天文台

1. 引言

厄爾尼諾 (El Nino) 是指熱帶太平洋冷水域中海表溫度異常升高的一種海洋現象。透過海氣相互作用，厄爾尼諾與另一種被稱為南方濤動 (Southern Oscillation) 的大氣現象密切相關。南方濤動是大氣環流的一種大尺度低頻振蕩；它實際上是熱帶太平洋氣壓與熱帶印度洋氣壓的升降呈反相相聯系的振蕩現象。簡單地說，就是當印度洋地區的氣壓為正距平時，太平洋及南美一帶地區的氣壓為負距平，反之亦然。

厄爾尼諾的強度一般以熱帶太平洋的海溫來表示。至於南方濤動，通常採用澳大利亞的達爾文和中太平洋塔希堤島的氣壓差作為指標，稱為南方濤動指數 (Southern Oscillation Index 簡稱 SOI)。由於厄爾尼諾事件發生的同期通常會伴隨著南方濤動低指數的出現，因此這兩種現象亦被合稱為“厄爾尼諾——南方濤動”現象，或簡單地稱作 ENSO。

已有不少學者研究過 ENSO 對我國降水的影響。其中陳菊英 (1991) 曾列出十個厄爾尼諾盛行年並分析其前後年中國的降水傾向。結果發現中國旱澇與厄爾尼諾有明顯關係。劉永強和丁一匯 (1995) 亦對 ENSO 和中國的降水進行合成分析，並指出 ENSO 當年中國以小雨為主，次年則相反。此外，梁暖培和梁必騏 (1995) 亦發現在中、強厄爾尼諾年，廣州雨水偏多。

在香港，資料顯示從 1947 至 1997 年間，年雨量最高的十年中有七年是厄爾尼諾年。Lam (1993) 曾採用一類似 SOI 的指標 DT-cap 來研究 ENSO 與香港降水的關係。結果發現

冬季 12 月至 2 月的平均 DT-cap 與其後春季的香港平均降水顯著相關，作用的滯後 (lag) 程度約為一至兩個月。爲了更進一步尋找 ENSO 對香港降水其他可能存在的遙相關，本文參考了 Nicholls (1987) 和 Prasad and Singh (1996) 的典型相關分析方法 (Canonical correlation analysis) 來進行考察。

2. 方法和資料

2.1 數據來源

本文中香港的降水資料取自天文台總部由 1950 年至 1997 年的月雨量數據，並以 HKRF 代表。而 ENSO 指標方面，則採用美國 National Centers for Environmental Prediction 從 1950 年至 1997 年的每月 SOL, NINO 1+2, NINO 3, NINO 3.4 及 NINO 4 數據。

2.2 典型相關分析的方法與原理

爲了完整性，此處簡述了典型相關分析的原理及方法。詳細的論述可參閱施能 (1995) 或 Wilk (1995)。

設有兩組已標準化的變量 x_i 和 y_j 其中 $i=1, \dots, p; j=1, \dots, q$ ，而且有 $q \leq p$ 。現欲研究這兩組變量的關係。若直接考慮 x_i 和 y_j 間共 $\binom{p+q}{2}$ 個相關系數，在 $p+q$ 相當大的情況下將是非常不便的。故此把 x_i 和 y_j 組合成新的變量

$v_i = \sum_{n=1}^p a_{in} x_n$ ， $w_j = \sum_{n=1}^q b_{jn} y_n$ 其中要找出合適的組合系數 a_{in} 和 b_{jn} 從而使 v_i ， w_j 具有如下性質：

$$(i) \quad |Corr(v_1, w_1)| \geq |Corr(v_2, w_2)| \geq \dots \geq |Corr(v_q, w_q)|$$

$$(ii) \quad |Corr(v_i, w_j)| = 0, \quad i \neq j$$

$$(iii) \quad \text{var}(v_i) = \text{var}(w_j) = 1, \quad i = 1, \dots, q$$

其中 $Corr(v_i, w_j)$ 爲 v_i 與 w_j 的相關系數。

經這樣處理後，原來的兩組變量 x_i 和 y_j 變換為新的變量 v_i 和 w_j (稱為典型變量)，其中各 v_i 間 (或各 w_j 間) 完全互不相關，而 v_i 與 w_j 間的相關程度只需由 $Corr(v_1, w_1), \dots, Corr(v_q, w_q)$ 這 q 個數來表示，並按數值大小分別稱它們為第一典型相關係數、第二典型相關係數、...、第 q 個典型相關係數。於是 v_1 和 w_1 通常亦被稱為第一對典型變量， v_2 和 w_2 為第二對典型變量，如類推。

可見變換後的典型變量其關係具有最簡單的形式。同時由於第一對典型變量的相關是最強的，因此在考慮兩組變量 x_i 和 y_j 間的關係時，第一對典型變量 v_1 和 w_1 的貢獻顯然會是最大的。

典型相關分析需要有足夠大的數據樣本才可得到統計上穩定的計算結果。Nicholls (1987) 明確地指出數據樣本的個數至少必為變量數目的兩倍以上。由於只有約五十年的資料可供使用，因此在下面的討論中，我們把一年十二個月數據作兩個月平均來減少變量的數目。又基於 Lam (1993) 所指出關於 ENSO 對香港春季降水的滯後作用，NINO 1+2 和 HKRF 數據的兩個月平均將采用下列的方式來劃分：11-12 月、1-2 月、3-4 月、5-6 月、7-8 月、9-10 月。

3. 結果

表 1 列出 HKRF 分別與 SOI, NINO 1+2, NINO 3, NINO 3.4 及 NINO 4 的第一典型相關係數及其對應的組合係數。計算結果顯示大部份的典型相關係數都是在 0.6 附近。進行 Bartlett 顯著性檢驗 (方法見 Thorndike, 1978)，發現在這五對變量組中只有 HKRF 和 NINO 1+2 的第一典型相關係數達到 5% 顯著性水平。至於第二對典型變量，所有的結果均不顯著。

| | 組合系數 | | | | | | 典型相關系數的絕對值 |
|----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|
| | 11-12月 | 1-2月 | 3-4月 | 5-6月 | 7-8月 | 9-10月 | |
| HKRF | 0.02 | 0.54 | 0.69 | -0.23 | 0.13 | 0.42 | 0.63 |
| SOI | 0.51 | 0.79 | -0.10 | -0.27 | 0.13 | 0.10 | |
| HKRF | 0.07 | -0.43 | -0.74 | 0.28 | 0.36 | -0.23 | 0.65* |
| NINO1+2 | 0.45 | -0.38 | 0.38 | 0.45 | 0.08 | -0.54 | |
| HKRF | -0.24 | -0.40 | -0.80 | -0.05 | 0.37 | -0.09 | 0.60 |
| NINO 3 | 0.40 | -0.32 | -0.66 | -0.04 | -0.19 | 0.51 | |
| HKRF | -0.27 | -0.63 | -0.55 | -0.01 | 0.46 | -0.06 | 0.63 |
| NINO 3.4 | -0.71 | 0.65 | 0.23 | 0.04 | -0.08 | -0.11 | |
| HKRF | -0.03 | -0.82 | -0.16 | 0.07 | -0.37 | -0.40 | 0.59 |
| NINO 4 | 0.53 | -0.71 | 0.04 | -0.22 | -0.23 | 0.34 | |

表 1 各典型相關系數及其對應的組合系數。其中 HKRF 與 NINO 1+2 的典型相關系數(以 * 作標記) 達 5% 顯著性水平。

從以上可見 HKRF 與 NINO 1+2 有著較好的關連，因而下面的討論將集中研究這一對變量。從表 1 裡的組合系數，可以計算出有關的第一典型變量值。把 HKRF 與 NINO 1+2 的第一典型變量分別與對應的雙月份原變量求相關，然後取其平方(見表 2)，用以比較這兩個第一典型變量在解釋其對應原變量的方差的的能力。可以看到對 HKRF 而言，其第一典型變量能最有效解釋 3-4 月原變量的方差，百分率高達 62%。NINO 1+2 的第一典型變量對 3-4 月原變量的解釋能力亦是最高，可解釋 49% 的方差。平均來說，HKRF 及 NINO 1+2 的第一典型變量可解釋其對應雙月份原變量值約五份之一。

| | 11-12月 | 1-2月 | 3-4月 | 5-6月 | 7-8月 | 9-10月 | 平均 |
|----------|--------|------|------|------|------|-------|------|
| HKRF | 4 | 41 | 62 | 0 | 28 | 7 | 23.7 |
| NINO 1+2 | 34 | 23 | 49 | 23 | 3 | 1 | 22.2 |

表 2 HKRF 與 NINO 1+2 的第一典型變量所能解釋其對應的雙月份原變量的方差百分值。

典型相關分析亦可幫助有系統地檢出 NINO 1+2 和 HKRF 間可能存在的遙相關作用。下面參考了 Nicholls (1987) 和 Prasad and Singh (1996) 的方法，分別把 HKRF 及 NINO 1+2 的第一典型變量與其對應的十二個原始月變量(11月，12

月，1月，...，10月)求相關系數，並稱這十二個月為"0年"；然後再把上述的第一典型變量跟"0年"前後十二個月(分別稱"-1年"和"+1年")的原始月數據求相關。最後把得出的結果作相關系數圖(見圖1)。

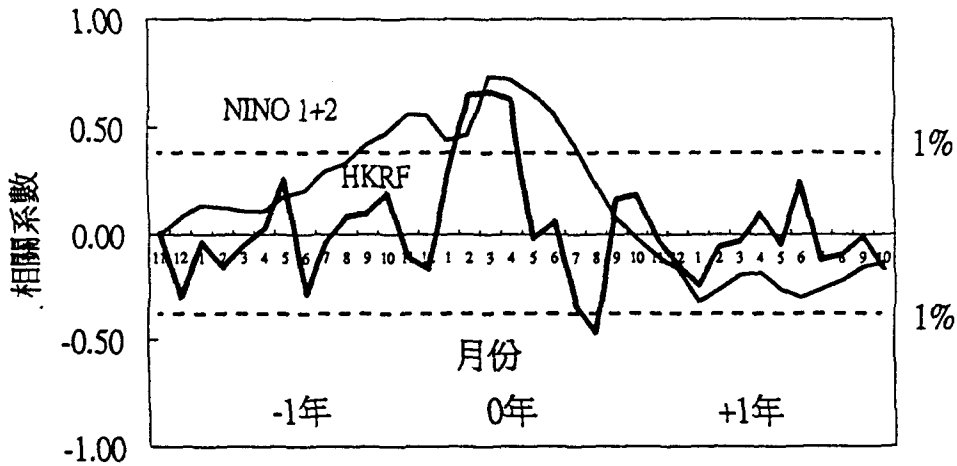


圖1 把 NINO 1+2 和 HKRF 的第一典型變量與其對應原始月變量求相關系數後所得的曲線圖。此圖可幫助檢出 NINO 1+2 和 HKRF 間可能存在的遙相關作用。

圖中兩條虛線代表 1% 信度的相關系數臨界值。可以看到 NINO 1+2 的相關系數存在兩個高於 1% 顯著水平的峰值，一個在 "-1 年" 的 11 月左右而另一個在 "0 年" 的 3 月。HKRF 方面，它的相關系數在 "0 年" 的 3 月亦出現一高於 1% 顯著水平的高峰，然後在同年 8 月下跌至一稍為低於 1% 顯著水平的低谷。

從以上峰谷值的時間分布看來，有理由推測 NINO 1+2 的在 "-1 年" 11 月的高峰與 HKRF 在 "0 年" 3 月出現的峰值有關。為証實上述猜想，我們把 NINO 1+2 從 1950 年至 1996 年的 11 月數據分別跟 HKRF 從同一月份(即 11 月)至第二年 5 月的數據求相關，計算結果為 0.20, -0.14, 0.27, 0.20, 0.45, 0.09 和 -0.01。可見最強相關出現在 11 月後的第四個月亦即 3 月份，顯著水平達 1%。這跟 Lam(1993) 的結果接近。

從圖中不難猜想 HKRF 在 "0 年" 3 月的高峰和 "0 年" 8 月的低谷可能與 NINO 1+2 在 "0 年" 3 月出現的另一高峰有關，為此我們把 NINO 1+2 在 3 月的數值與 HKRF 從同年 3 月

至 8 月的數值進行類似上面的相關計算。計算出來的相關係數分別是 0.58, 0.25, 0.25, 0.13, 0.01 和 -0.18。可見最強相關出現在 3 月，顯著水平為 1%。顯然 NINO 1+2 在 3 月份的變化並未對香港 8 月的雨量帶來明顯的影響，但卻影響了同月的雨量。

4. 結論

從以上對 NINO 1+2 和香港降水的典型相關分析中發現，11 月的 NINO 1+2 值對約四個月後(即 3 月份)的香港降水有顯著正相關。這進一步支持了冬季 ENSO 對香港春天降水存在影響的看法。另一有趣的發現則是 3 月份的 NINO 1+2 值對同月的香港降水亦呈顯著的正相關，而且數值上比 11 月 NINO 1+2 與 3 月香港降水的相關更強。導至這種情況的背後原因有待進一步研究和探討。

鳴謝

作者想藉此機會感謝楊賀基先生，楊佩儀小姐和沈潔瑩小姐在研究過程中所給予的支持及寶貴意見。

參考文獻

- 施能 (1995): 氣象科研與預報中的多元分析方法。氣象出版社。185-203 頁。
- 劉永強 及 丁一匯 (1995): ENSO 事件對我國季節降水和溫度的影響。大氣科學，第 19 卷，第 2 期，200-208 頁。
- 陳菊英 (1991): 中國旱澇的分析和長期預報研究，農業出版社，154-160 頁。
- 梁暖培 及 梁必騏 (1995): 厄爾尼諾事件與廣州降水，熱帶海洋，第 14 卷，第 2 期，18-23 頁。
- Lam, C.Y. (1993): El Nino/Southern Oscillation and spring weather in Hong Kong. *HKMetS Bulletin*, 3, No.1, 3-13.
- Nicholls, N. (1987): The use of canonical correlation to study teleconnections. *Mon. Wea. Rev.*, 115, 393-399.
- Prasad, K.D. and S.V. Singh (1996): Seasonal variations of the relationship between some ENSO parameters and Indian rainfall. *Int. J. Climatol.*, 16, 923-933.
- Thorndike, R.M. (1978): *Correlational procedures for research*. Gardner Press. 175-200.
- Wilks, D.S. (1995): *Statistical methods in the atmospheric sciences*. Academic Press. 398-403.

厄爾尼諾與香港的降水

區展衡 張文瀾
香港天文台

提要

本文應用典型相關分析的方法研究了厄爾尼諾與香港降水間的季節性關係。包括南方濤動指數及太平洋海水溫度在內的五個厄爾尼諾指標 (SOI、Nino1+2、Nino3、Nino4、Nino3.4) 的兩個月平均值分別與香港的兩個月平均雨量進行典型相關分析。

分析結果顯示厄爾尼諾與香港在一至二月及三至四月間的降水呈現較強的相關性。而在以上五個厄爾尼諾指標中, SOI、Nino1+2 及 Nino3.4 與香港降水的關係似乎是最強的。

Rainfall in Hong Kong in El Nino years

C.H. Au and W.L. Chang
Hong Kong Observatory

Abstract

Canonical correlation analysis (CCA) is used to investigate the seasonal relationship between ENSO and the rainfall in Hong Kong. Bimonthly averages of the five ENSO indices, viz, the Southern Oscillation Index (SOI), the Pacific sea surface temperature indices Nino 1+2, Nino 3, Nino 4 and Nino 3.4 are correlated with bimonthly averages of Hong Kong's rainfall.

CCA shows strong association between ENSO and Hong Kong's rainfall in January-February and March-April. Also of the five indices, the association with SOI, Nino1+2 and Nino3.4 seems to be the strongest.