

# 臺灣二〇〇七年國際科學展覽會

科 別：地球與太空科學

作 品 名 稱：太陽短期活動對地球磁場與大氣溫度異常的影響

得 獎 獎 項：第二名

學校 / 作者：高雄市立高雄女子高級中學 鄭年芳  
                  高雄市立高雄女子高級中學 葉如育

## 作者簡介



My name is 鄭年芳, a senior high school student from KGHS. I have been curious since I was a kid. I'd like to ask why and try to find the answer. And I'd like to read a lot that makes me know something special and be able to talk to people from all walks of life. Therefore the curiosity makes me to do this project to study how the solar activity influences the earth and try to search whatever I can find in any ways and analyze it to get an answer. After that I can share what I obtain from the study to someone else.

My name is Yeh Ju-yu.

I was born on September ninth, which is a special date in the lunar calendar.

I'm a student in Kaohsiung Municipal Girls' Senior High School.

In the beginning of the semester, I join in the astronomy club. Because of this, I have more interests in earth science.

Except studying, I take a liking to read novels, such as chivalric fiction novel, detective literature, science fiction and so on.

Since I was in the childhood, I've been interesting in groping for the answer to the questions. Through this experience, my little dream that I've wanted to do the science studies someday came true.

## Abstract

This study analyzed how short-term solar activities interact with the earth atmosphere, by using two statistic methods: Diffusion Entropy Analysis (DEA), and Standard Deviation Analysis (SDA). Since solar activities influence the Earth atmosphere in its radiating heat and magnetic field, we use DEA and SDA to calculate the exponents,  $H$  and  $\delta$ , of the scaling law in three time series: “the intensity of solar flare” (representing by SOLAR H-alpha flare index), “magnetic anomaly of magnetosphere” and “sea surface temperature anomaly”. The values of  $H$  and  $\delta$  show the time memory and correlative relationship between the event and next event happening in time series. When  $H = \delta = 0.5$ , events occur in random. When  $0.5 < H < 1$ , the occurrence of events has a long-term memory in time, on the contrary,  $0 < H < 0.5$ , the occurrence of events only exists a short-term memory. And if  $\delta$  is greater than 0.5, the event of time series will show a positive correlation with the next event, on the contrary, it will have a negative correlation. Two different results shown before and after 2002 A.D can be identified from the comparison between the time activities of solar flare and variations of  $H$  and  $\delta$ . Before 2002 A.D, the traits between earth atmosphere which includes “intensity of solar flare” and, “magnetic intensity of magnetosphere” are opposite; however, after 2002 A.D, the traits become almost the same. A possible deduction is generated: when the “intensity of solar flare” becomes greater, it possesses a greater strength of the correlation and memory in time to interfere with the correlation and memory of the “anomaly of magnetosphere” and the “anomaly of sea surface temperature”.

## 摘要

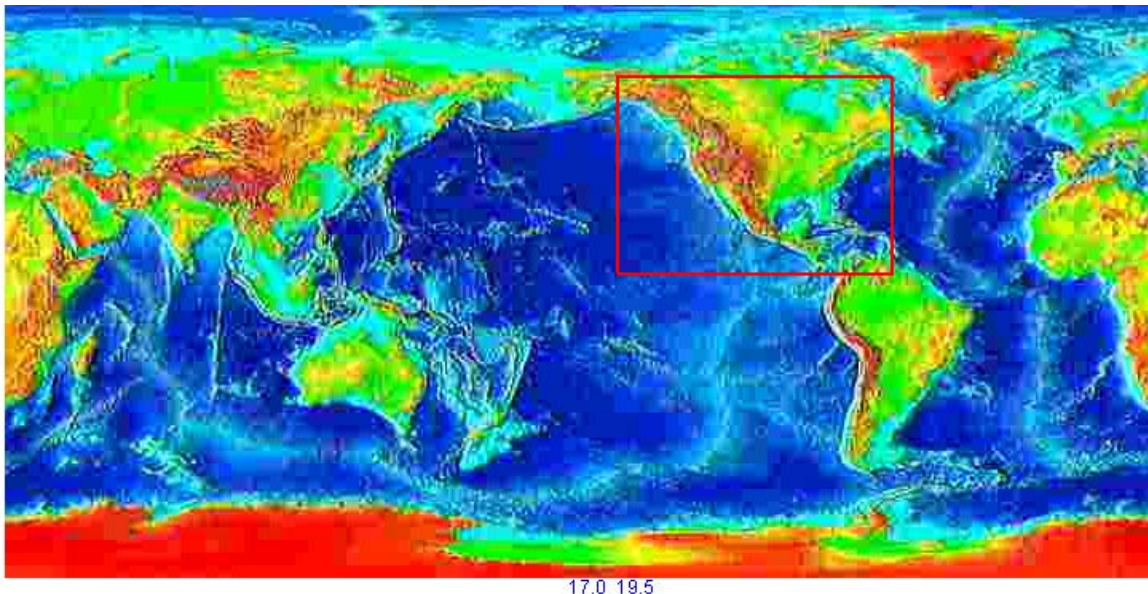
本研究採用「擴散熵分析」(DEA)及「標準偏差分析」(SDA)分析太陽短期活動對地球短期大氣及地下地層狀況的影響，其中以「太陽閃焰強度」(以 Solar H-alpha flare index 表示)的大小表示太陽短期活動強度，以「地表溫度異常」及「電離層磁場」代表地球大氣狀況，以大地電磁法測到地層之「電磁強度」代表地下地層電性及磁性改變，並接著以 DEA 及 SDA 兩種方法分析上述時間序列的尺度率指數  $H$  和  $\delta$ ，檢測序列在時間上是否具相關性及記憶性。結果顯示「太陽閃焰強度」、「地表溫度異常」及「電離層磁場異常」三者均為在時間上具正相關及弱的長程記憶的時間序列。比較三者之  $\delta$  和  $H$ ，發現在 2003 年出現明顯的分界，在 2003 年前後日地間溫度及磁場的變化不同。其中在太陽磁場如何影響地球磁場的比較方面：2003 年之前，「太陽閃焰強度」與「電離層異常」的  $H$  和  $\delta$  變動情形相反；2003 年之後，「太陽閃焰強度」與「電離層異常」的變動情形相同。以線圈的感應實驗做模擬，推測當「太陽閃焰強度」太大，具高記憶性及相關性的訊號反而讓電離層內帶電離子振盪變劇烈，而使相關性持續性變差。但當「太陽閃焰強度」較弱時，太陽的記憶性及相關性增強時，因電離層有蓄積電荷的能力，使其和太陽有同步的改變。

至於對太陽輻射對於地面溫度的分析結果發現：在 2003 年之前，「太陽閃焰強度」較大，此時「太陽閃焰強度」和地面溫度異常的  $H$  的變化相反，但「太陽閃焰強度」地面溫度異常的  $\delta$  變化接近一致。推測太陽活動較強時，較易出現記憶性及相關性均強的升溫現象的群聚出現，此特性會使大氣出現即時短暫的升溫(正相關)，但也因此阻斷了大氣原本自有調整的能力，使長程記憶性被突然打斷。

大地電磁訊號主要來自 1.太陽閃焰 2.地磁 3.電離層活動，分析這三種訊號與大地電磁低中高頻訊號的關係，有助於釐清上述分析結果是否單純為太陽閃焰影響電離層的結果。

## 壹、引言

太陽的活動對地球的大尺度氣候有明顯的影響，早已是科學界公認的事實，其主要反應在冰期、間冰期等接近週期性的變遷。不過，太陽的活動對短期地球氣象環境的影響則較少討論，因此本研究針對此進行研究。由於太陽活動對地球環境的影響，主要包含磁場及溫度兩部分，關於磁場部份，國三學到物理學中電與磁複雜的交互作用後，了解太陽與地球兩磁場間一定有明顯的此種作用，地球的大氣中之電離層為介於二者之間的中繼站，因此太陽與地球兩磁場的交互作用，應會反應在電離層磁場的改變，研究電離層磁場的變動和太陽的活動間的關係，可提供了解太陽的活動對地球影響的參考。關於溫度部份，太陽活動對地球長期溫度的影響很明顯，對於具有70%左右面積海洋的地球而言，研究海平面溫度異常與太陽短期活動間的關係，可進一步了解整體地球在短期之內如何作能量的調整，但也因為海洋是能量的巨大儲存庫，所以太陽活動對地球短期溫度的影響幅度必定很微小，較不易被發現，陸地比熱較海洋小，因此易表現出溫度的變動，另外由於地面的測站多，溫度資料較豐富，因此，本研究先採用北美洲區域(見圖一)之地面溫度，此區域包含較大的陸地面積，來研究每日地面溫度異常和太陽短期活動(如：閃焰)的關係。



圖一

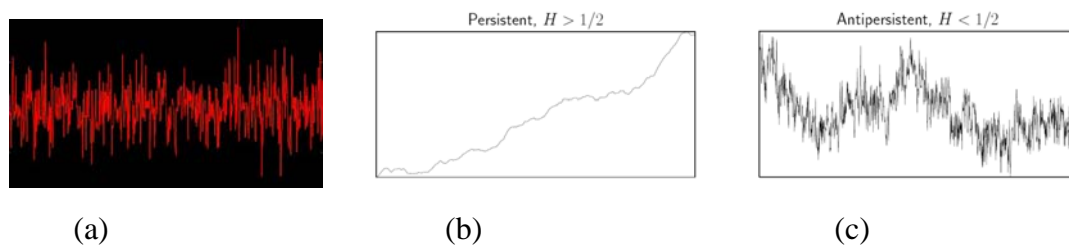
許多看起來不相關且無規則自然界中不同事件，例如：DNA的序列、地震的發生、蓄水庫水量的變動、出生率的改變...等，其實具有相關性及記憶性。傳統上時間序列多使用變異數分析及線性回歸模型做分析，但由於有些變異度太大的資料會有分析上的困難，及其常容

易在判斷相關性及記憶性大小時出現錯誤。在近幾年出現以下另一些分析方法，這些方式找到許多自然現象在時間序列中的發生滿足一定的尺度率(*scaling laws*)，此尺度率的指數可幫助了解自然界變動的統計特性，且在許多文獻指出其更具正確性及可信度。

「尺度率」這個名詞最早出現在以數學來描述物理上擴散過程時，空間變數  $x$  和時間變數  $t$  的特殊關係： $x \propto t^\delta$ 。擴散是物理上描述粒子在巨觀上由高濃度向低濃度移動的現象，此過程中在微觀上個別粒子會遵循布朗運動，此名稱於1827年由蘇格蘭的植物學家Robert Brown以觀察懸浮在水中的花粉粒「快速震盪運動」而命名，之後法國數學家Bachelier在他1900年在博士論文中，建立布朗運動的數學模式，首次用來研究股價的波動(Bachelier, L., 1900)。尺度率中的指數  $\delta$ ，可幫助科學家找到序列的形式在統計上是否具相關性及記憶性。

當時間序列中，變數(如：閃焰強度)與時間具正相聯性，稱為正相關。相關係數  $r$  為正，表示兩變數具正相聯性，相關係數為負表示兩變數具負相聯性， $r$  的範圍在-1與1之間，當  $r$  接近0表示兩變數的線性關係薄弱。例如：當氣溫在時間上呈現負相關，即隨著時間過去，氣溫會越來越低。

記憶性是表現時間序列混亂及群聚的情形，當Hurst的尺度指數  $H=0.5$  時，表示訊號的變異(標準差)在所有時間均相同，如圖二(a)所示，此時訊號的發生在時間上完全不相關，換言之，訊號變動的振盪不會持續的向上或向下，全無記憶性。當  $1>H>0.5$  時，訊號的發生出現正持續性(*persist*)的記憶情形，如圖二(b)所示，訊號的變異(標準差)會隨時間越來越大，即訊號變動的振盪會持續向上或向下。當  $0.5>H>0$  時，訊號的發生出現負持續性(*persist*)的記憶情形，如圖二(c)所示，訊號的變異(標準差)會隨時間越來越小，即訊號變動的振盪較不會持續向上或向下，此時較無長程記憶性，變成短程記憶。



圖二

2001年Scafetta等人(N. Scafetta, P. Hamilton, and P. Grigolini, 2001)為計算青少年的生產率，將生產率隨時間的變化視為由某一種機制控制採用了宣農熵的數學式概念，建立了一個

找尋尺度率指數，此方法稱「擴散熵分析」(Diffusion entropy analysis，簡稱DEA)。1948年，Shannon將測量資訊的亂度或不確定性的值「熵」(Entropy)的概念，用於解決了電信資訊在傳輸時發生的問題，其引用了原本在1965年由R. Clausius在關於熱動能的文章中定量封閉熱動能系統中的能量的字：「熵」，後人為了紀念Shannon，特將此訂為宣農熵(Shannon's entropy)。

「擴散熵分析法」在求出宣農熵 $S(t)$ 對時間 $t$ 的關係， $S(t) \propto t^\delta$ ， $S(t)$ 對時間 $t$ 的關係中尺度率係指數 $\delta$ 。2004年Scafetta等人更提出以多種變異法分析，如「標準偏差分析法」(Standard deviation analysis，簡稱SDA)及「擴散熵分析法」(Diffusion entropy analysis，簡稱DEA)共同分析，可準確的了解時間的序列。「標準偏差分析法」是利用求出序列中不同視窗寬度的標準偏差 $D(t)$ 對時間 $t$ 的關係，其中 $D(t) \propto t^H$ ，以 $D(t)$ 對時間 $t$ 求出尺度率係數 $H$ ，將SDA的尺度率指數稱為 $H$ ，即為紀念Henry Hurst在統計分析的貢獻， $H$ 可表現出系統的時間序列具長程記憶性(long-term memory)的程度。

本研究為更清楚了解太陽的活動對短期地球環境的影響，特別先針對相關性及記憶性兩個標準，利用SDA及DEA兩種統計方式研究太陽閃焰強度和地球的氣象環境(電離層異常及地面溫度異常)及地層環境(大地電磁場強度)的關係。

## 貳、步驟

### 一、網路資料分析步驟

1. 於下列網站下載 2000~2004 年的(1)太陽閃焰總強度<sup>a</sup> (2)電離層磁場強度 (3)地表溫度 (4)地層的大地電磁場強度的值。

(1)<http://www.ngdc.noaa.gov/stp/SOLAR/ftpsolarflares.html>

(2)[http://www.sec.noaa.gov/ftpmenu/indices/old\\_indices.html](http://www.sec.noaa.gov/ftpmenu/indices/old_indices.html)

(3)<http://poet.jpl.nasa.gov>

(4)[http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/geomag/menu\\_03](http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/geomag/menu_03)

2. 將電離層電磁強度、地表溫度及大氣電流強度的數值求平均值。
3. 再將各年的值去減掉平均值，即可得異常值。
4. 以三個月為一個單位，自行設門檻值，大於門檻值的設  $\xi(t)=1$ ，否則， $\xi(t)=0$ 。門檻的設定條件為：使得所有數值大小變為兩種事件種類，1 跟 0，且 0 跟 1 發生次數一樣多，計算  $\xi(t)$  的總數，設其為  $m$ 。

5. 以  $l$  作為移動視窗的寬度，計算所有  $\xi(t)$  的總和為  $x$ ，

$$x^{(s)}(l) = \sum_{i=1}^l \xi_i^{(s)} = \sum_{i=1}^l \xi_{i+s}, \quad s = 0, 1, \dots, m-l。$$

6.  $l$  可看成  $t$ ，於是  $x^{(s)}(t) = \sum_{i=1}^t \xi_i^{(s)} = \sum_{i=1}^t \xi_{i+s}, \quad s = 0, 1, \dots, m-t。$

7. 計算視窗的標準偏差大小  $D_i(t)$ 。

8. 利用 Excel 以  $D(t)$  對  $\ln t$  做圖，因  $D(t) \propto t^H$ ，所以趨勢線斜率為  $H$ ，此方法即為「標準偏差分析」(SDA)。

9. 每次一個單位，由  $s=0$  移動到  $s=m-l$  移動視窗。

10. 算出視窗內總和為 0 至  $x$  的個別機率  $p_i(t) \equiv \frac{N_i(t)}{(N-t+1)}$

11. 計算宣農熵  $S(t) = -\sum_{i=1}^l p_i(x,t) \ln[p_i(x,t)]$ 。

12. 設太陽閃焰、地表平均溫度過程為平穩狀態，此時  $p(x,t) = \frac{1}{t^\delta} F\left(\frac{x}{t^\delta}\right)$ ，將此公式代入宣農熵可得  $S(t) = A + \delta \ln(t)$ ，其中  $A \equiv -\int_{-\infty}^{\infty} dy F(y) \ln[F(y)]$ ，且  $y = \frac{x}{t^\delta}$ 。

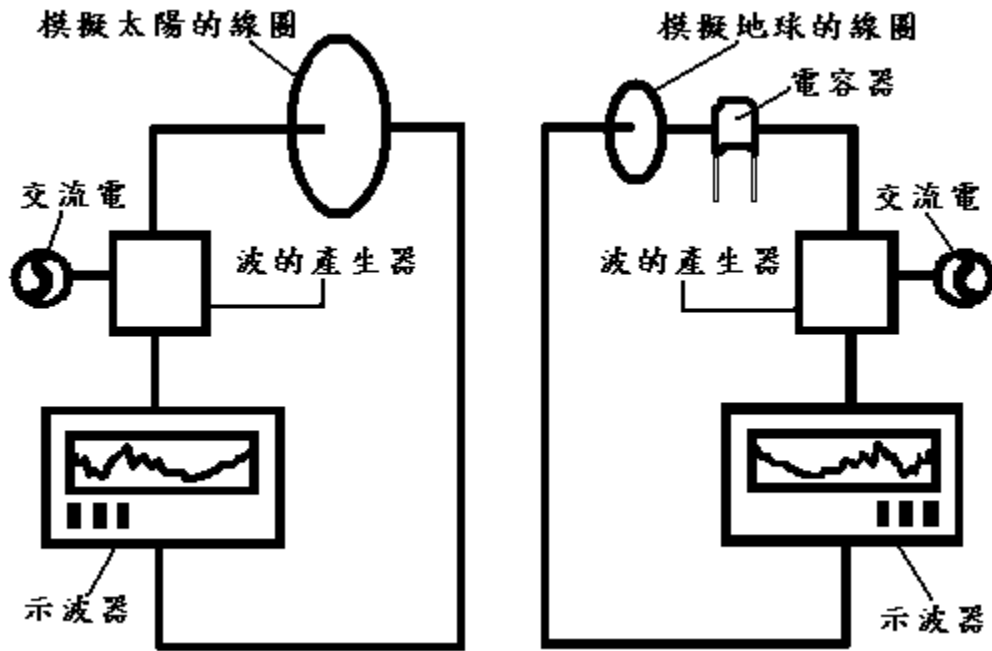
13. 利用 Excel 以  $S(t)$  對  $\ln t$  做圖，找出趨勢線的斜率  $\delta$ ，此方法即為「擴散熵分析」(DEA)。

14. 由上述 SDA 及 DEA 兩種方式求出太陽閃焰、電離層異常、地表溫度異常、地層的大地電磁場每三個月的「斜率」( $H$  及  $\delta$ )，做成比較圖表。

<sup>a</sup>每日閃焰強度採用 NGDC (National Geophysical Data Center) 整理出的結果，其中太陽閃焰強度  $Q$  的定義為： $Q = (i \times t)$ ， $i$  為太陽閃焰係數； $t$  為太陽閃焰持續時間 (單位：分鐘)。



## 二、模擬實驗步驟



磁感應模擬實驗示意圖

1. 如上圖所示，分別在模擬實驗平台兩端，以交流電線通入波形產生器，且以波形產生器產生某特定波形的訊號進入模擬太陽及模擬地球的線圈。
2. 將模擬太陽及地球線圈所在的兩個迴路靠近，使兩線圈產生的磁場互相感應，記錄兩側迴路內的電流及磁場強度隨時間的變化。
3. 將模擬地球線圈所在的迴路上加上電容後，使兩線圈產生的磁場互相感應，記錄兩側迴路內的電流及磁場強度隨時間的變化。
4. 比較模擬實驗的結果與網路資料分析結果。

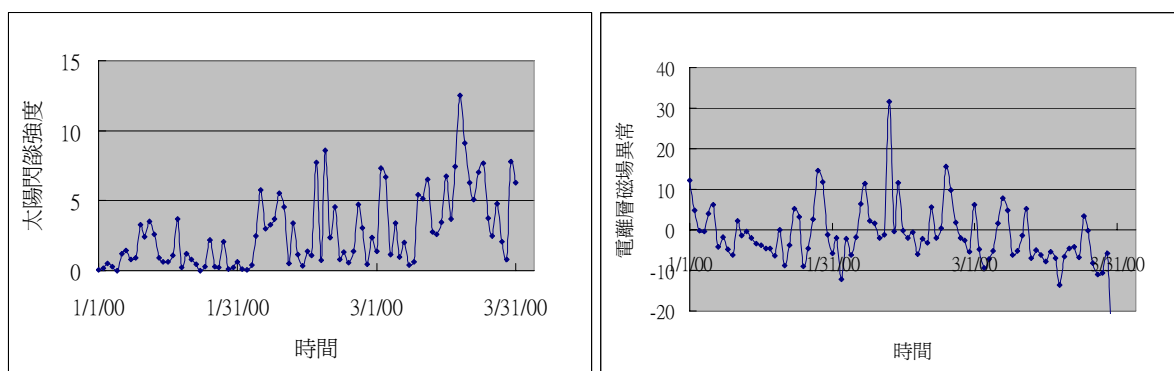
## 參、結果與討論

### 一、「太陽閃焰強度」與「電離層異常」的比較

#### 結果：

本報告欲研究太陽活動對短期地球環境的影響，首先針對磁場部份作分析，比較「太陽閃焰強度」隨時間的變動(如：2000年1~3月之圖三(a))與「電離層異常」隨時間的變動(如：2000年1~3月之圖二(b))，結果發現大致上二者看起來似乎有關係，但關係不明顯，即太陽閃焰強度變強且電離層異常較弱，將二圖的變動情形，對照二者的相關係數  $r$  ( $r = -0.2804$ ) 的結果，發現二時間序列為很微弱的負相關。

此結果在2000~2004年其他時間狀況很不穩定，例如：2001年1~3月「太陽閃焰強度」與「電離層異常」隨時間的變動又變成很微弱的正相關(相關係數=0.1138)。



圖三太陽活動對短期地球磁場的影響

(橫軸表示時間，由2000年1月1日至3月31日)

(a) 太陽閃焰強度隨時間的變動圖 (b) 電離層異常隨時間的變動

#### 討論：

由上述統計上的相關係數似乎會有無法表現二時間序列相關性的盲點，例如：圖三(a)大致上太陽閃焰強度隨時間增加漸漸上升，電離層異常隨時間增加漸漸下降，二者趨勢相反，因此計算出來相關係數為負值。但若忽略趨勢僅看數日的變動，此相關係數無法表現出二時間序列的相關性。

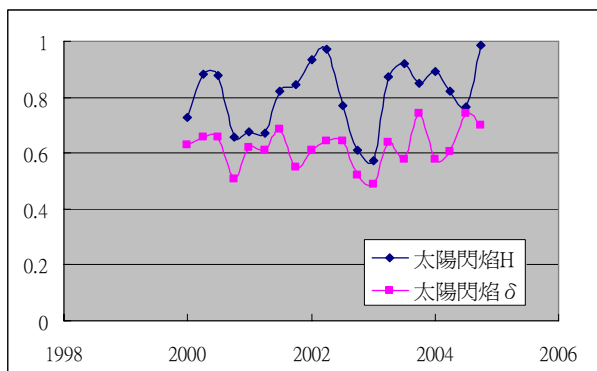
因為當一個系統的時間序列如具記憶性，可能有持續上升或持續下降的行為，如圖三(a)太陽閃焰強度隨時間增加漸漸上升的趨勢，此記憶性不一定和相關性相等，為更深入了解「太陽閃焰強度」與「電離層異常」的關係，以SDA及DEA二方式分別分析二序列的記憶性及相關性。

## 二、以 SDA 及 DEA 的尺度率分析「太陽閃焰強度」與「電離層異常」

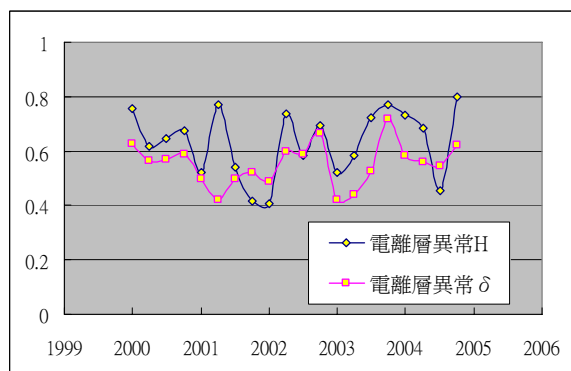
### 結果：

以 SDA 及 DEA 分析「太陽閃焰強度」與「電離層異常」，所得之尺度率  $H$  及  $\delta$  隨時間改變情形如下：

1. 太陽閃焰總強度(圖四)的  $\delta$  及  $H$  約在 0.5 至 1 之間變動，且兩者大小、變化趨勢非常一致。
2. 電離層異常(圖五)的  $\delta$  及  $H$  值較接近 0.5，約在 0.4 至 0.8 之間變動，變動趨勢非常一致。



圖四



圖五

### 討論：

經由 SDA 及 DEA 二個方式，可分別幫助判斷二時間序列的記憶性及相關性，且根據文獻中提出(Scafetta, N, and West, B. J., 2004) (Feders, 1988, C. E. Shannon and W. Weaver, 1963)，由 SDA 及 DEA 尺度率的指數( $\delta$  及  $H$ )二者的關係，可做為判斷時間序列統計性質的輔助。

1.  $H = 0.5 = \delta$  時，時間序列中事件發生不相關，即事件在下次時間的出現為何時，和前一次無關。
2.  $0.5 < H \leq 1$  時，時間序列為正相關，但
  - (1) 當  $H = \delta$  時事件在下次出現的時間和前一次極度相關且具長程記憶性。
  - (2) 當  $H > \delta \doteq \frac{1}{(3-2H)}$  時，事件在下一次的出現和前次較不相關，但在特定時間出現的機率具特定形式，即具弱的長程記憶性。
3.  $0 \leq H < 0.5$  時，時間序列為負相關，此時較無長程記憶性。

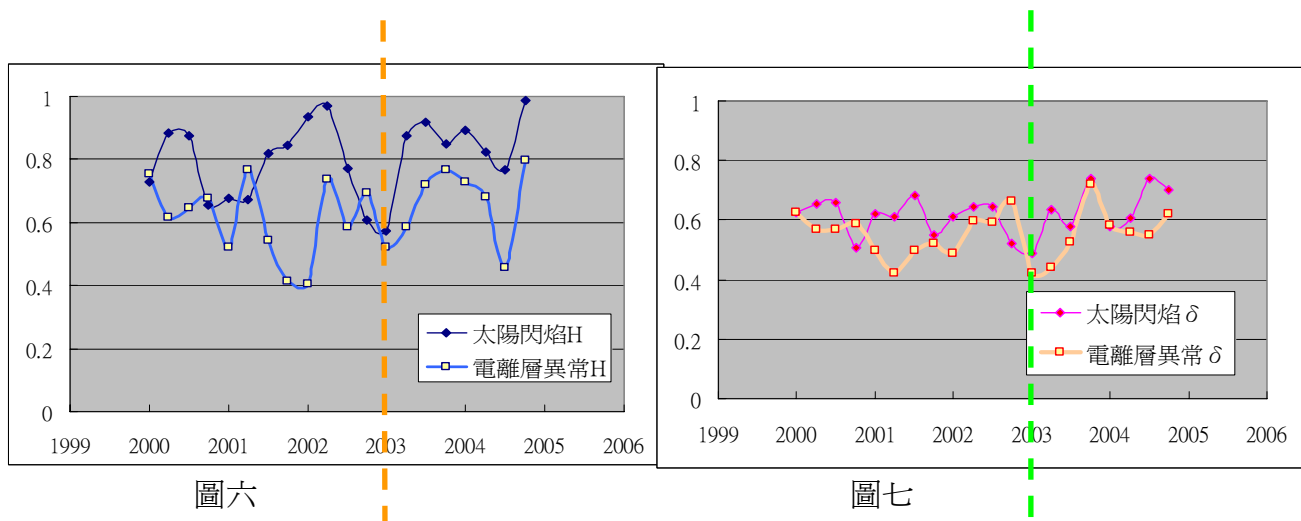
由上述的判斷標準，圖一~圖三的結果發現太陽閃焰總強度和電離層異常均為具弱的長程記憶性及正相關性的時間序列，但在 2001~2002 年、2003 前半年時電離層異常的變動為較接近亂數形式的不相關或甚至負相關。

### 三、比較「太陽閃焰強度」與「電離層異常」的相關性及記憶性

#### 結果：

比較「太陽閃焰強度」與「電離層異常」與記憶性有關的尺度率指數  $H$ ，如圖六所示，與相關性有關的尺度率指數  $\delta$ ，如圖七所示。結果如下：

1. 尺度率指數  $H$  及  $\delta$  的比較中，約以 2003 年為分界( $H$ ：橘色虛線， $\delta$ ：綠色虛線)。
2. 2003 年之前「太陽閃焰強度」與「電離層異常」的變動情形相反，2003 之後，「太陽閃焰強度」與「電離層異常」的隨時間有接近的趨勢。



圖六

圖七

#### 討論：

2003 的分界( $H$ ：橘色虛線， $\delta$ ：綠色虛線) 前後，尺度率指數  $H$  及  $\delta$  的比較呈現兩個截然不同的結果。分界之前，「太陽閃焰強度」與「電離層異常」的變動情形相反，顯示當「太陽閃焰強度」的相關性及記憶性增加時，「電離層異常」的相關性及記憶性變小。分界之後，「太陽閃焰強度」及「電離層異常」相關性及記憶性的改變一致。推測「太陽閃焰」及「電離層異常」的強度應扮演一定的地位，為更深入了解，以下進行「 $X(t)$ 的門檻比較」的分析。

### 四、「太陽閃焰強度」及「電離層異常」的門檻比較

#### 目的：

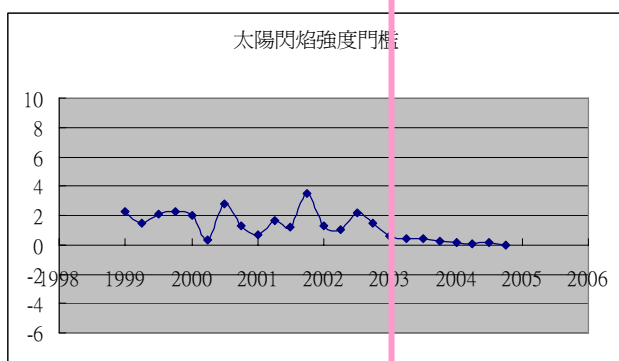
因為 DEA 法在使用時，需要  $\xi(t)$  為 0 及 1 的值數量相等，因此我們設定門檻，例如「太陽閃焰強度」的門檻為  $\bar{\xi}$ ，當  $t$  時間時，閃焰強度大於  $\bar{\xi}$  設  $\xi(t)=1$ ，閃焰強度小於等於  $\bar{\xi}$  時設  $\xi(t)=0$ 。「太陽閃焰強度」及「電離層異常」二者有各自的門檻，將門檻的結果對時間的關

係記錄下來，可代表「太陽閃焰強度」及「電離層異常」二者在不同時間的強弱，意即 t 時間「太陽閃焰強度」門檻越高，「太陽閃焰強度」越大。

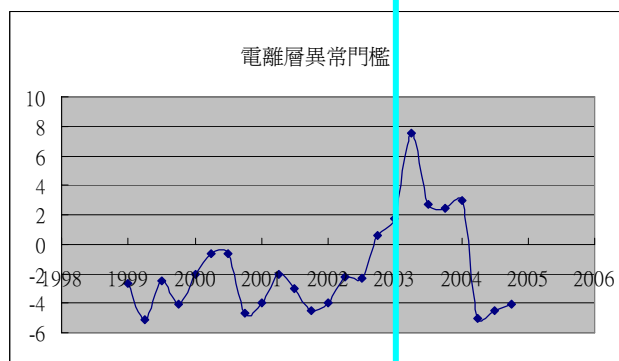
### 結果：

比較「太陽閃焰強度」(圖八)及「電離層異常」門檻二者間關係(圖九)發現：

1. 太陽閃焰總強度的門檻在 2003 年前有較大的強度，而 2003 年後的強度幾乎沒有太大變動，而且強度偏小。
2. 電離層異常的門檻在 2003 年前非常低，之後非常高。



圖八



圖九

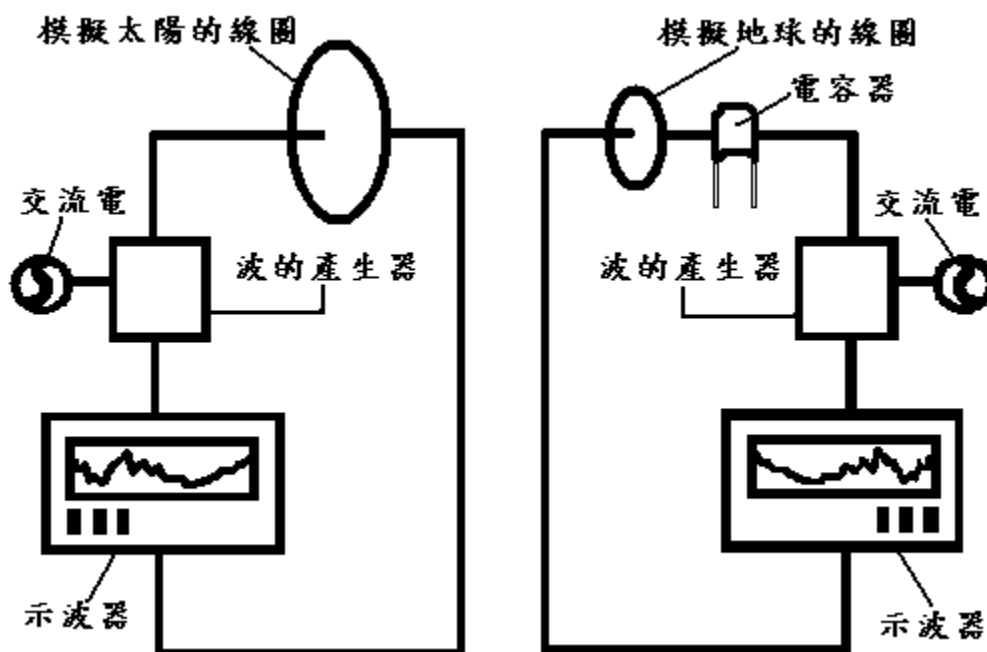
### 討論：

比較圖七及圖八發現，「太陽閃焰強度」與「電離層異常」門檻非常接近，約出現在 2002 年末 (粉紅色)及年中(粉藍色)較高時，此界線和圖五、六的界線(H：橘色虛線， $\delta$ ：綠色虛線)發生時間非常接近，因此推測圖五、六，2003 年初之前「太陽閃焰強度」與「電離層異常」的變動情形相反的原因，推測：當「太陽閃焰強度」較強時，其相關性及記憶性較高(可能在時間上有群聚情形)，會干擾已達平衡的電離層情形，使其相關性或記憶性變低。由於太陽風及地磁場是影響「電離層異常」的主因，2003 年初之後「太陽閃焰強度」與「電離層異常」的變動情形相同的原因，則可能由於「太陽閃焰強度」不太強到足以干擾電離層，而電離層此時顯現的是太陽風及地磁場在此平衡的結果，這些物理電磁反應推測，尚待其他旁證輔助，但是無論如何，尺度率 H 及  $\delta$  隨時間改變情形的規則(圖三、四)，代表太陽對電離層有極重要明顯的影響。

## 五、磁感應模擬實驗

### 目的：

藉由模擬實驗，深入了解太陽磁場對地球電離層磁感應的影響，進而對 2003 年前後，太陽磁場強度會造成不同的感應效果做出解釋。



磁感應模擬實驗示意圖

### 結果：

#### 1. 「模擬地球線圈迴路中未加入電容器」

實驗結果顯示，「模擬太陽的線圈」會產生磁場感應並干擾「模擬地球線圈」的磁場，使得「模擬地球線圈」的磁場的波形變亂。

#### 2. 「模擬地球線圈迴路中加入電容器」

實驗結果顯示，當「模擬太陽的線圈」產生的磁場感應「模擬地球的線圈」後，其磁場及電流隨時間有積蓄作用。

### 討論：

若分別以交流電為電源通入兩個線圈由電生磁，當兩線圈互相磁感應（第一個實驗）會發生干擾，此實驗無法完全模擬太陽和地球電離層間，磁場的相關性與記憶性的變動情形，於是設計了第二個實驗，和第一個實驗不同處在於此時在模擬地球的一側迴路中加入電容，

結果發現模擬太陽及地球的兩個線圈所產生磁場或電流隨時間的變化變得較為一致。

對照網路資料的分析結果，2003 年之前太陽活動（磁場、溫度）強度較強時，太陽之相關性（ $\delta$ ）記憶性（H）的變化和地球的反相，顯示太陽的磁場變亂時，地球變得有持續性，此結果和第一個未加電容的實驗相同。2003 年之後，太陽活動較弱時，太陽之相關性（ $\delta$ ）及記憶性（H）隨時間的變化和地球接近相同的結果，大約呈現和諧的上升或下降的形式，此結果和加電容實驗相同。

網路資料和實驗間互相比較之後，發現太陽活動的強與弱對地球的影響，與實驗中的迴路中是否有加入電容的效應相似。於是，接下來的問題是：實驗中電容到底對照到電離層的何種特性？在了解電離層和電容的物理特性後，我們推測此和電容蓄積電荷的能力應有關，並產生以下的假說：當太陽活動較弱，使得太陽磁場及溫度的強度不超過電離層蓄積溫度及磁場的臨界值時，太陽及電離層的變化是同步的，即太陽隨時間的變化具持續性或正相關性（閃焰發生頻率較高）的波動，能反應在電離層，使電離層隨時間的變化也較具持續性及相關性。但當太陽磁場及溫度具持續性時且強度超過電離層的臨界值時，超過負荷的溫度及磁場應會造成電離層內帶電離子振盪變劇烈，使得電離層的溫度和磁場變亂較不具相關性，且持續性變差。

## 六、地層之大地電磁資料與太陽、電離層電磁資料比較

### 目的：

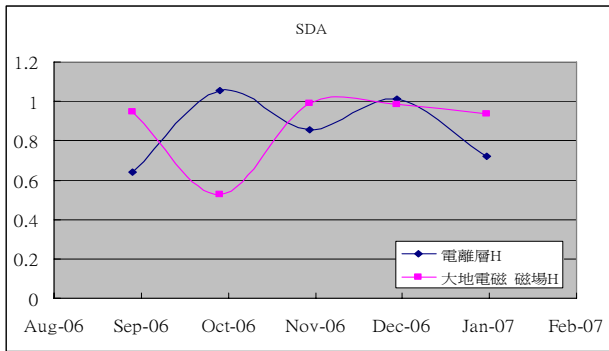
利用地層之大地電磁資料中，高、中、低頻資料對比太陽、電離層資料，深入了解三者間的交互作用。

### 結果：

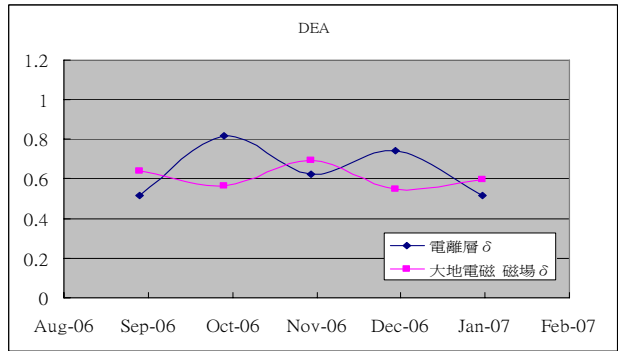
比較 2006 年 9 月~2007 年 1 月電離層磁場、大地電磁磁場及大地電磁電場的相關性（如圖十四）及記憶性（如圖十五），發現

1. 「電離層的磁場」與「大地電磁的磁場」強度之相關性及記憶性隨時間的改變有相反的趨勢。
2. 地層之「大地電磁場」的「磁場」與「電場」之相關性及記憶性隨時間的改變有相反的趨勢。
3. 「太陽閃焰強度」與「大地電磁」的「磁場」之相關性隨時間改變有相近的趨勢，而記

憶性卻有相反的趨勢。



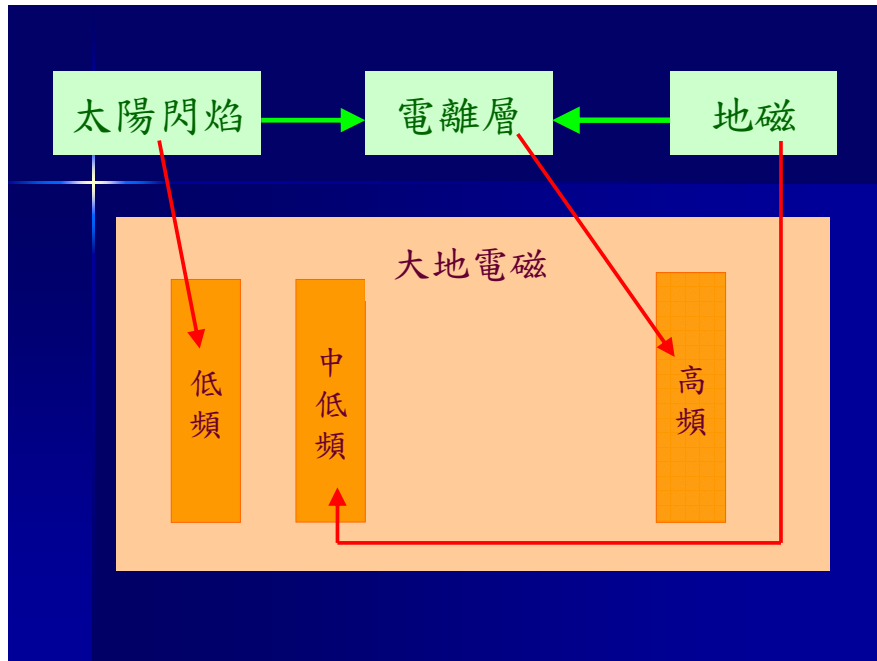
圖十四



圖十五

討論：

地層之大地電磁場資料是利用太陽電磁活動、電離層磁場及地磁三者混合出一種和諧的信號源，概念圖如下：



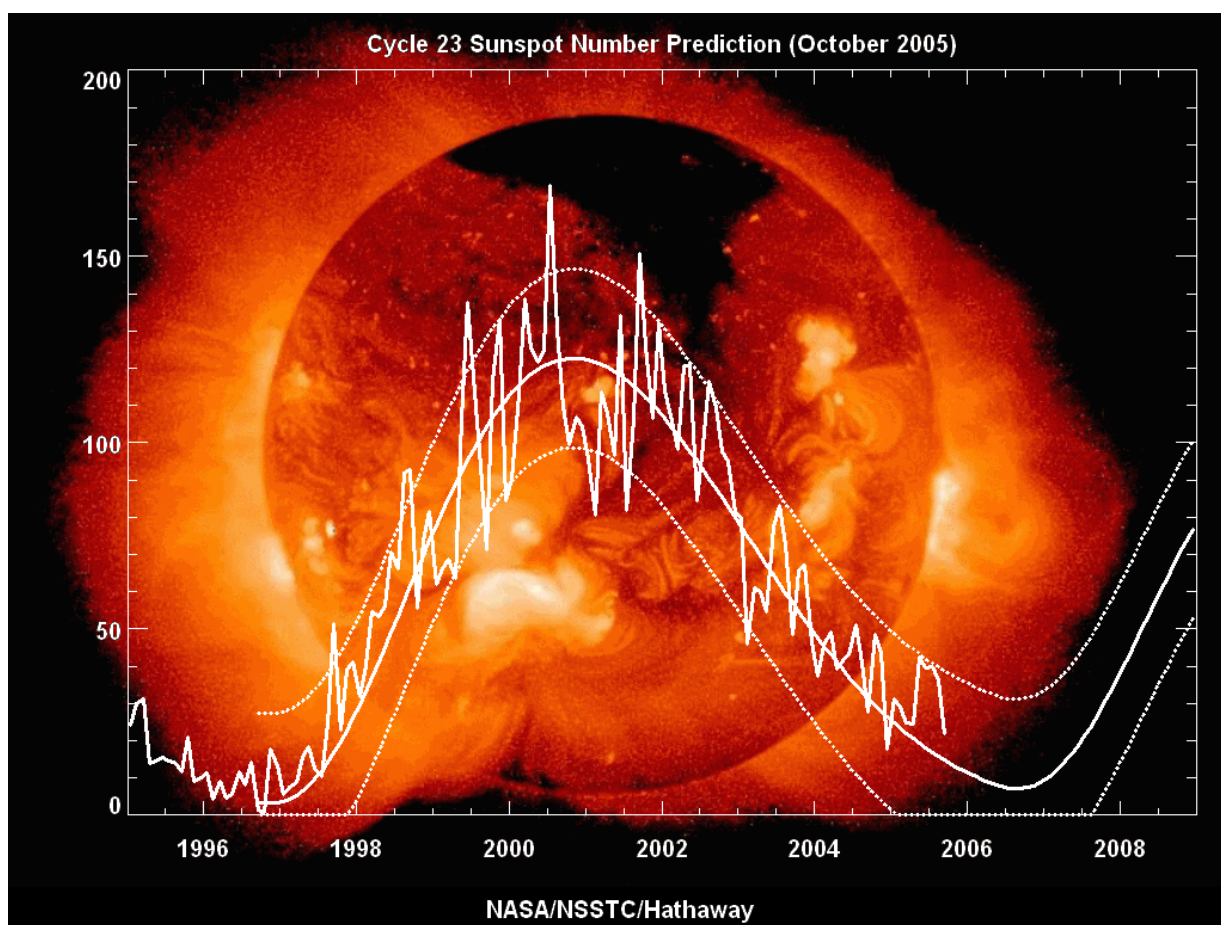
圖十六 太陽活動電離層磁場及地磁活動相互影響之概念圖

此電磁信號進入地表約地殼至淺部地函深度的地下地層之後，利用磁及電偵測的結果。此電磁資料分 1.高 2.中低 3.低頻三種型式，其分別對 1.電離層 2.地磁 3.太陽活動之電磁活動有感應。本研究利用日本江刺（Esashi）觀測場所擺設的長期偵測儀器資料作分析，期望藉由大地電磁訊號串聯太陽活動。

分析太陽閃焰、電離層及大地電磁三者電磁關係，不過因時間有限僅就後兩者並先針對大地電磁低頻信號作比對，比對結果如圖十三、十四所示。因大地電磁低頻信號主要來自太



陽閃焰等地磁活動比較結果顯示，其變動和電離層之改變相反，對照太陽活動資料圖十七，



圖十七 太陽黑子的個數變化

發現進行大地電磁分析的 2006 年底至 2007 年之間正好位於太陽活動的最低期附近，因此根據圖六、七分析結果太陽活動和電離層的變化應為同步。因此我們推測太陽對地層磁場的影響，在此時和太陽對電離層之影響相反，其原因可能有二：

1. 太陽對地層磁場的影響在本質上，即與太陽對電離層的相反。
2. 地層電磁積蓄能力較電離層差。

若能有更長時間將高、中、低頻地層大地電磁資料對太陽活動、電離層及地磁資料作比對，必有助於了解日、地間地磁現象等短期交互作用的關係。

## 七、「太陽閃焰強度」與「地表溫度異常」的比較

### 目的：

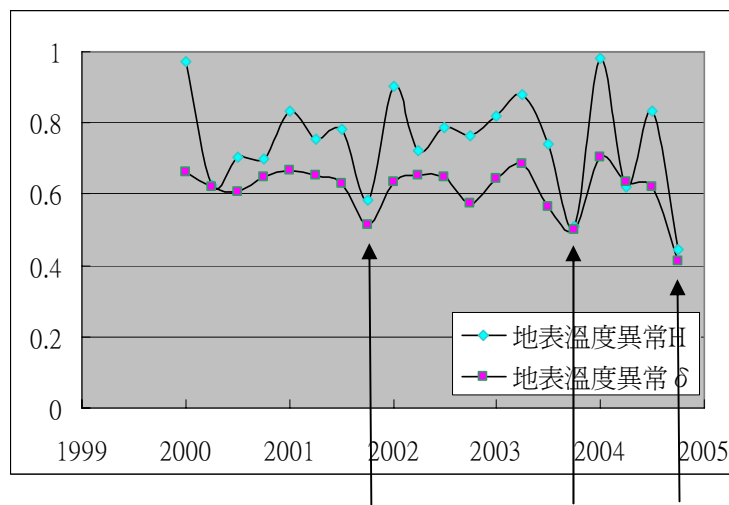
太陽活動對短期地球環境的影響，除了在磁場部份外，溫度是最易感受到的。因此本報

告除研究「太陽閃焰強度」及「電離層異常」，也再針對「地表溫度異常」作分析。

結果：

「地表溫度異常」之尺度率指數  $H$  及  $\delta$  的比較結果如下：

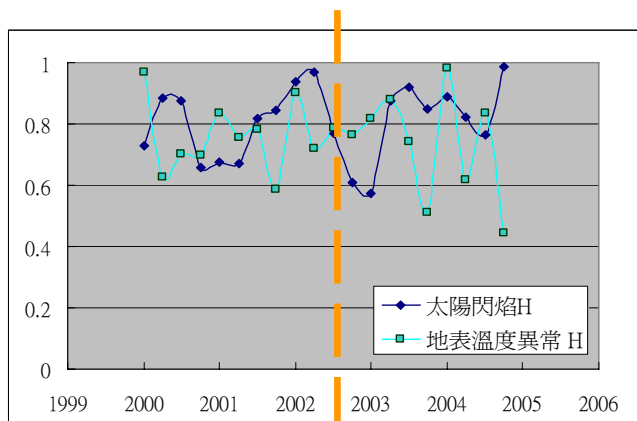
1. 「地表溫度異常」的  $\delta$  及  $H$ (圖九)約在 0.5 至 1 之間變動，而且兩者大小，變化趨勢非常一致。
2. 約到每一年 9 月附近(如下圖 3 個箭頭分別為 2000~2004 年，共三年的 9 月)， $\delta$  及  $H$  的值會下降至接近 0.5。



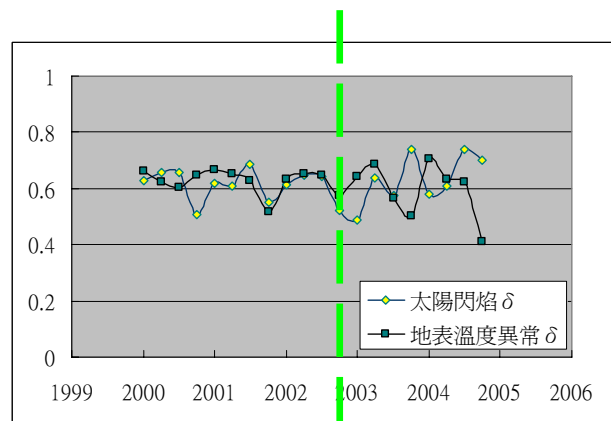
圖九

另外，比較「太陽閃焰強度」及「地表溫度異常」的尺度率指數  $H$  及  $\delta$ ，結果如圖十、十一：

1. 大致上，比較「太陽閃焰強度」及「地表溫度異常」的尺度率指數隨時間改變情形較無規則性，但約可以 2003 年為分界( $H$ ：橘色虛線， $\delta$ ：綠色虛線)。
2. 尺度率指數  $H$ ，在 2003 年之前「太陽閃焰強度」與「地表溫度異常」的變動情形相反，2003 年初之後，「太陽閃焰強度」與「地表溫度異常」的隨時間變化較無規則性。(圖十)
3. 尺度率指數  $\delta$ ，在 2003 年之前「太陽閃焰強度」與「地表溫度異常」的變動情形幾乎相同，但 2003 年初之後，「太陽閃焰強度」與「地表溫度異常」的隨時間變化也無規則性。(圖十一)



圖十



圖十一

### 討論：

在國高中地球科學課本中均提到太陽活動對地球長期的氣候(如：冰期、間冰期的出現)有明顯影響，太陽活動對短期地球氣象環境的影響則無提及。本研究為更深入了解，利用比較每日「太陽閃焰強度」及「地表溫度異常」，並且分析每三個月求取一次尺度率指數  $H$  及  $\delta$ 。

研究結果顯示，大致上海平面的溫度會自有調整，在每一年接近秋冬的 9 月，會出現不具記憶及無相關情形，除此之外的時間具弱的長程記憶性。這個結果非常有趣，可使我們藉由這個結果，對「地表溫度異常」的變動有更深入的了解：當每年地表在增溫時期(春至夏)，「地表溫度異常」在時間上的出現具相關性及記憶性，意即一旦在某時間出現溫度異常增加時，下一時間開始溫度異常很可能變大且持續變大；當開始降溫時(進入秋冬)，「地表溫度異常」相關性及記憶性會消失，「地表溫度異常」在時間上為不規則的亂數的出現。

以 2003 年為界線，在 2003 年之前，「太陽閃焰強度」較大 (橘、綠虛線的左邊)，即表示太陽活動較強時，當「太陽閃焰強度」 $H$  較大，即記憶性增強，地表溫度異常的  $H$  變小，即記憶性減弱。而「太陽閃焰強度」的  $\delta$  較大時，即相關性增強，地表溫度異常的  $\delta$  也變大，即為正相關。推測太陽活動較強時，較易出現記憶性及相關性均強的升溫現象的群聚出現，此特性會使大氣出現即時短暫的升溫(正相關)，但也因此阻斷了大氣原本自有調整的能力，使長程記憶性被突然打斷。

在 2003 年初之後，「太陽閃焰強度」較小 (橘、綠虛線的右邊)，即表示太陽活動較弱時，太陽活動對短期地球氣象環境的影響則非常不明顯。

## 肆、結論

- 一、分析「太陽閃焰強度」、「電離層異常」及「地表溫度異常」的時間序列時，SDA 及 DEA 二方法所得之尺度率  $H$  及  $\delta$ ，可提供比只用相關係數作分析的傳統方式得到更多的訊息。
- 二、比較尺度率指數  $H$  及  $\delta$ ，結果呈現「太陽閃焰強度」與「電離層異常」均為具弱的長程記憶性及正相關性的時間序列，且二者的關係約以 2003 年為分界，2003 年之前「太陽閃焰強度」與「電離層異常」的變動情形相反，2003 年之後，「太陽閃焰強度」與「電離層異常」的隨時間變動情形接近相同。
- 三、經由感應磁場實驗發現，太陽活動的強與弱對地球的影響，與實驗中的迴路中是否有加入電容的結果相似，將其和網路資料互相比較之後，推測當「太陽閃焰強度」太大，具高記憶性及相關性的訊號反而讓電離層內帶電離子振盪變劇烈，而使相關性持續性變差。但當「太陽閃焰強度」較弱時，太陽的記憶性及相關性增強時，因電離層有蓄積電荷的能力，使其和電離層有同步的改變。
- 四、由「地表溫度異常」的尺度率指數  $H$  及  $\delta$  判斷，此序列具弱的長程記憶性及正相關性，但約到每一年 9 月附近呈現與時間無關的狀態，意即當每年地表在春至夏，「地表溫度異常」在時間上的出現具相關性及記憶性；當開始進入秋冬，「地表溫度異常」相關性及記憶性會消失，「地表溫度異常」在時間上為不規則的亂數的出現。
- 五、以 2003 年為界限，在 2003 年之前，「太陽閃焰強度」較大時，當「太陽閃焰強度」 $H$  較大，地面溫度的  $H$  變小，即記憶性減弱。而「太陽閃焰強度」的  $\delta$  較大時，即相關性增強，地面溫度的  $\delta$  也變大，即為正相關。推測太陽活動較強時，較易出現記憶性及相關性均強的升溫現象的群聚出現，此特性會使大氣出現即時短暫的升溫(正相關)，但也因此阻斷了大氣原本自有調整的能力，使長程記憶性被突然打斷。
- 六、比較電離層及大地電磁結果顯示，兩者再相關性及記憶性上的變動相反，對照太陽活動資料，發現進行大地電磁分析的 2006 年底至 2007 年之間正好位於太陽活動的最低期附近，因此根據前述分析結果二者的變化應為同步。推測：1.太陽對地層磁場的影響在本質上，即與太陽對電離層的相反；2.地層電磁積蓄能力較電離層差。
- 七、若能有更長時間將高、中、低頻地層大地電磁資料對太陽活動、電離層及地磁資料作比對，必有助於了解日、地間地磁現象等短期交互作用的關係。

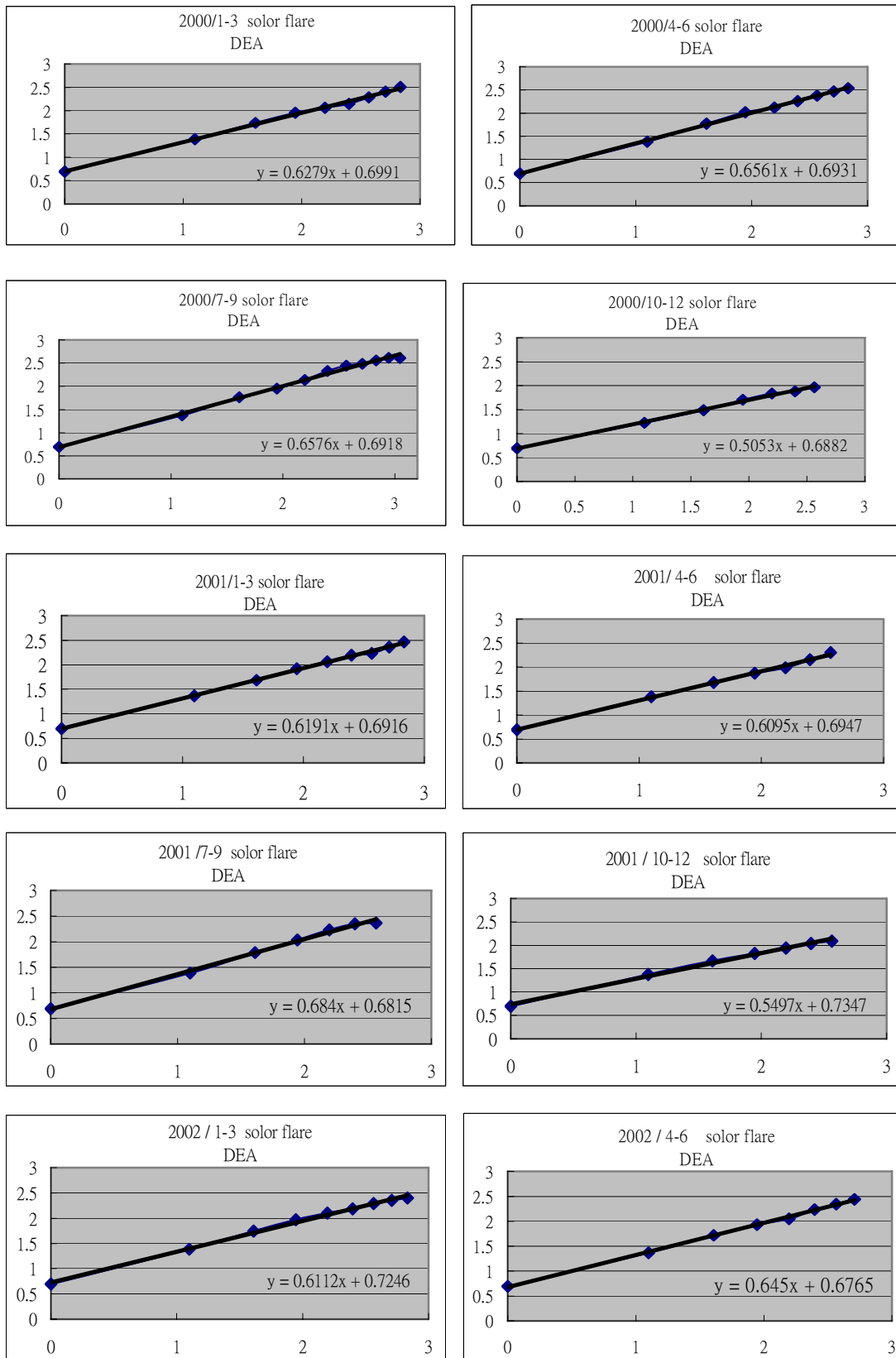
## 伍、未來發展方向

- 一、繼續分析 2000 年之前及 2004 年之後「太陽閃焰強度」、「電離層異常」及「地表溫度異常」的資料，檢測這些資料的時間序列之尺度率指數  $H$  及  $\delta$  間的關係。
- 二、以實驗了解電磁及溫度交互作用下，系統的記憶性及相關性隨時間的變化情形，並和實際地球和太陽的資料對照。
- 三、將分析太陽強度對地球電離層異常影響的方法，用在通訊方面，（如：現在十分熱門且在未來有很大發展空間的 GPS 衛星定位系統）以分離太陽閃焰強度過大所產生的雜訊和我們需要的訊號，改善通訊品質。

## 陸、參考資料

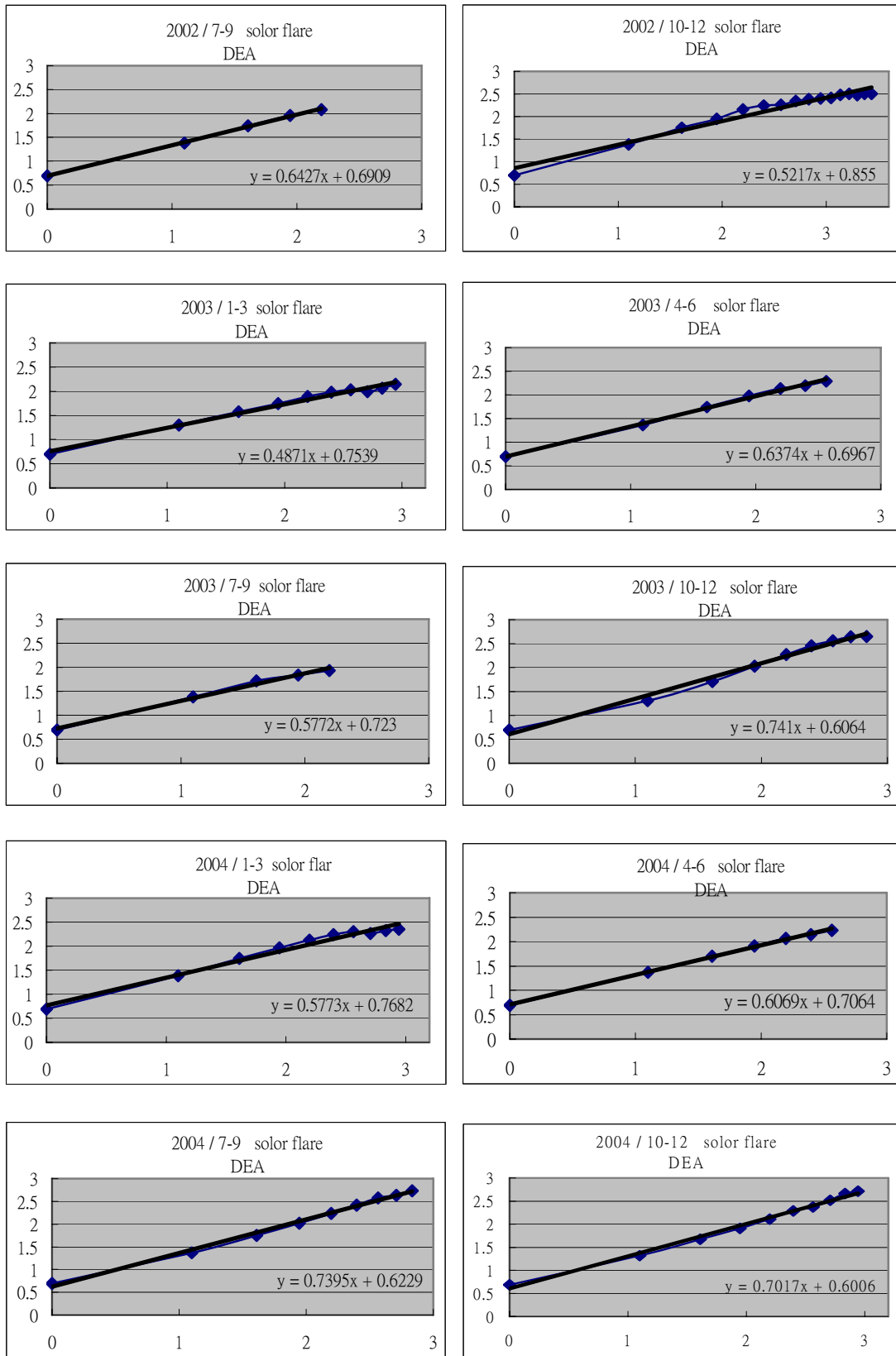
- Scafetta, N. and West, B. J., **Multi-scaling comparative analysis of time series and a discussion on 'earthquake conversations' in California**, Phys. Rev. Lett., **92**, 138501 (2004).
- Scafetta, N., Hamilton, P. and Grigolini, P., **The Thermodynamics of Social Process: the Teen Birth Phenomenon**, Fractals, **9**, 193-208 (2001).
- Shannon, C. E., **A mathematical theory of communication**. Bell System Technical Journal, **27**, 379-423 and 623-656, July and October (1948).

# DEA



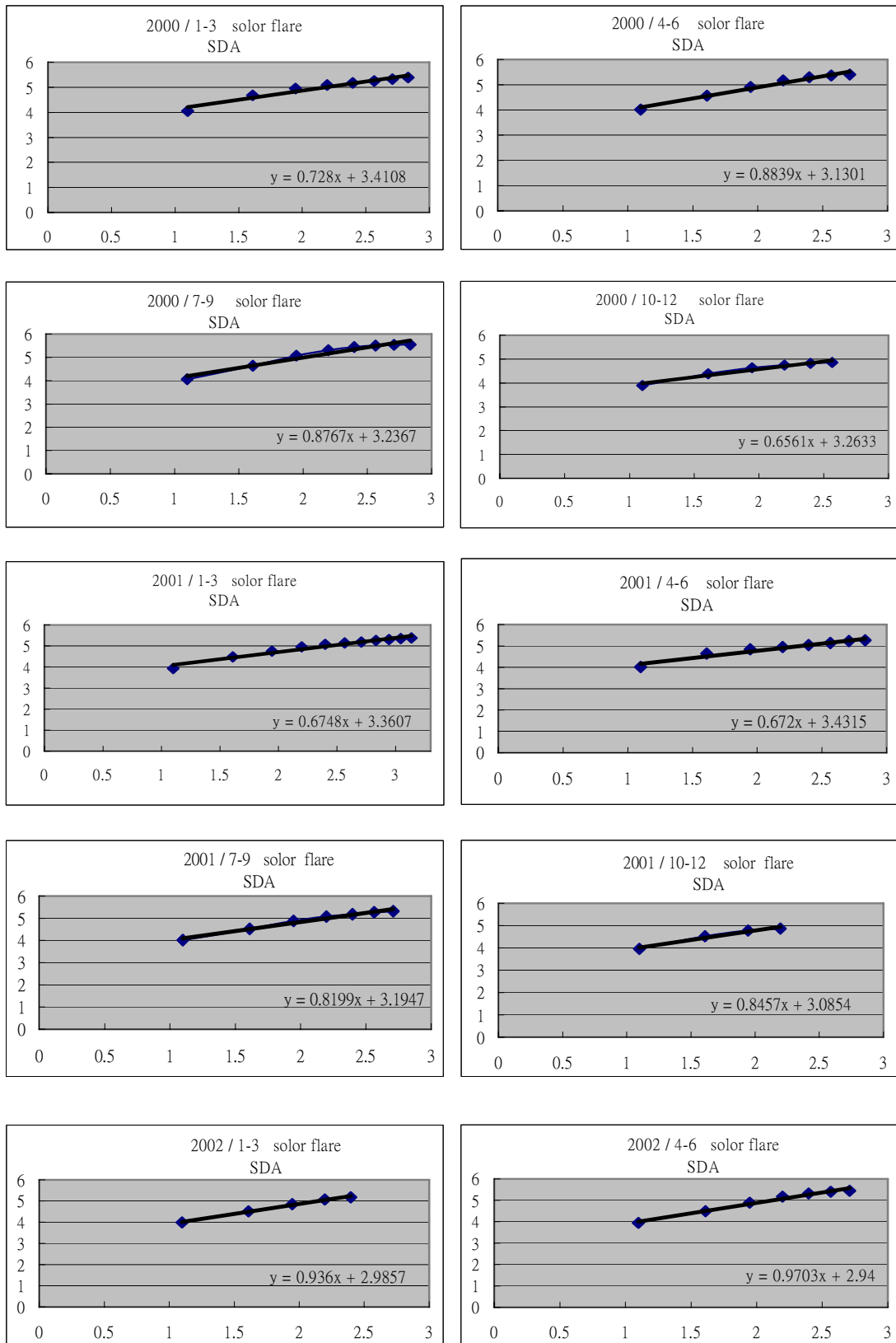
附圖一 太陽閃焰強度的分析結果

# DEA



附圖二 太陽閃焰強度的分析結果

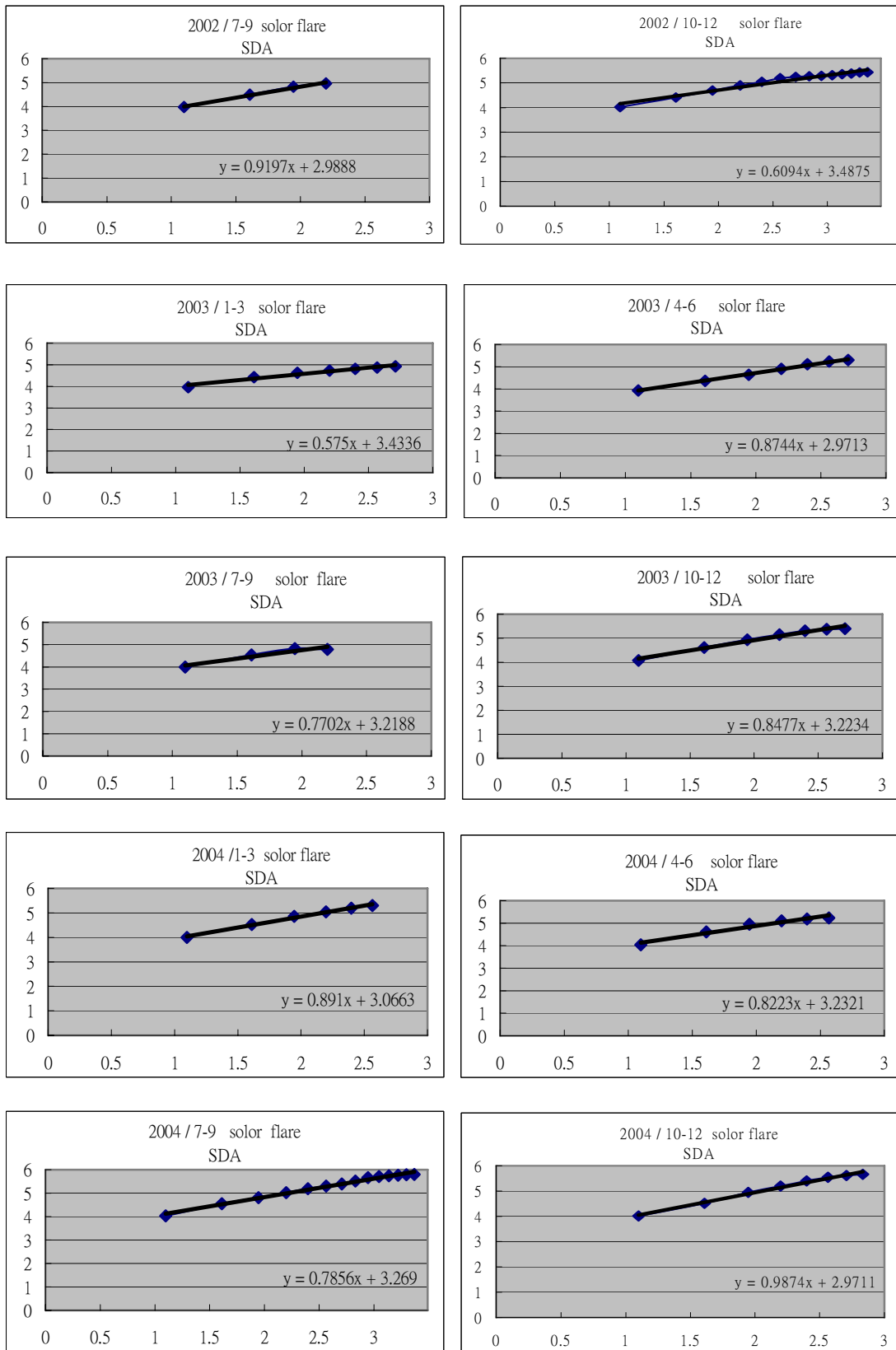
# SDA



附圖三 太陽閃焰強度的分析結果

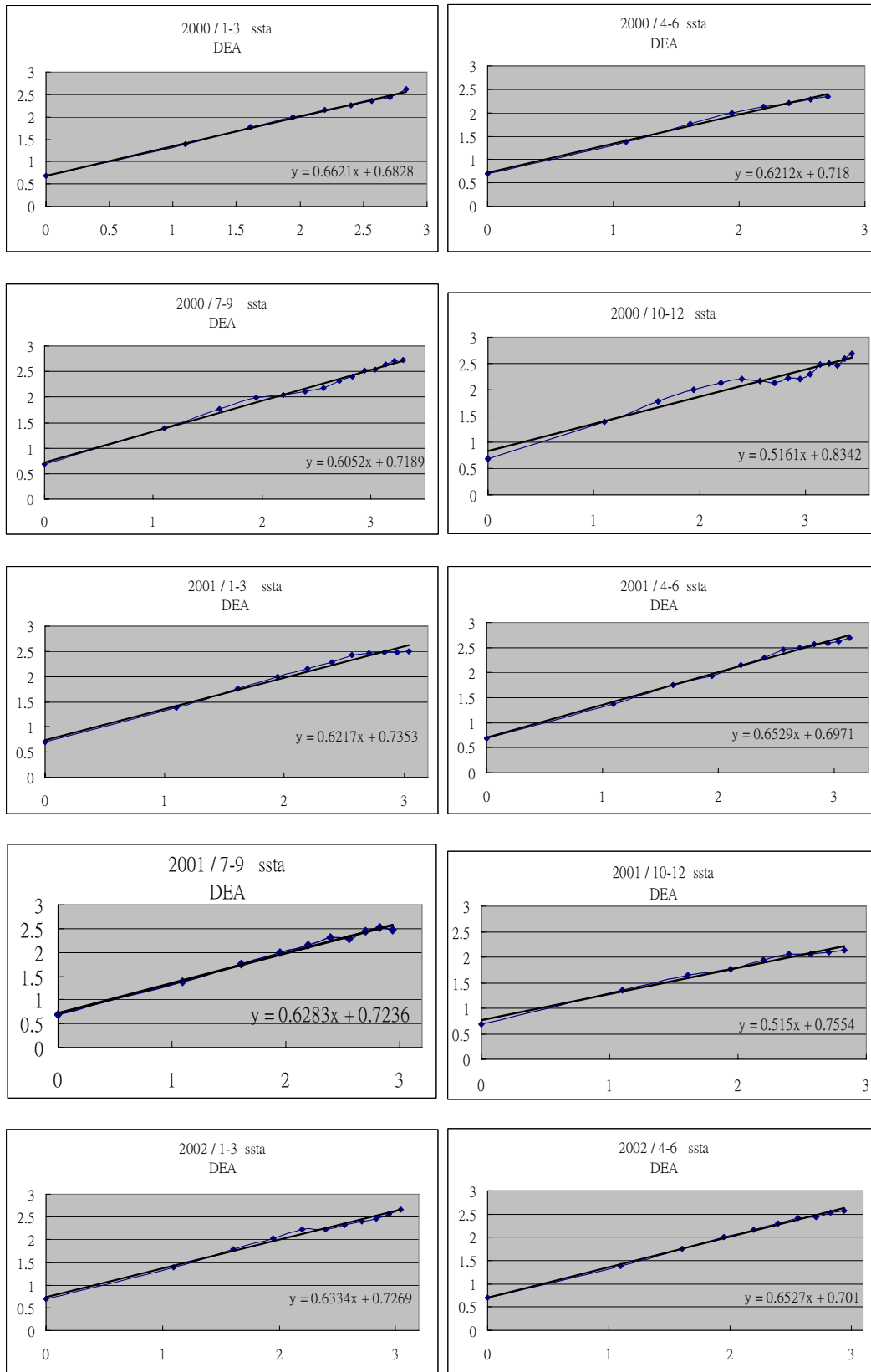


# SDA



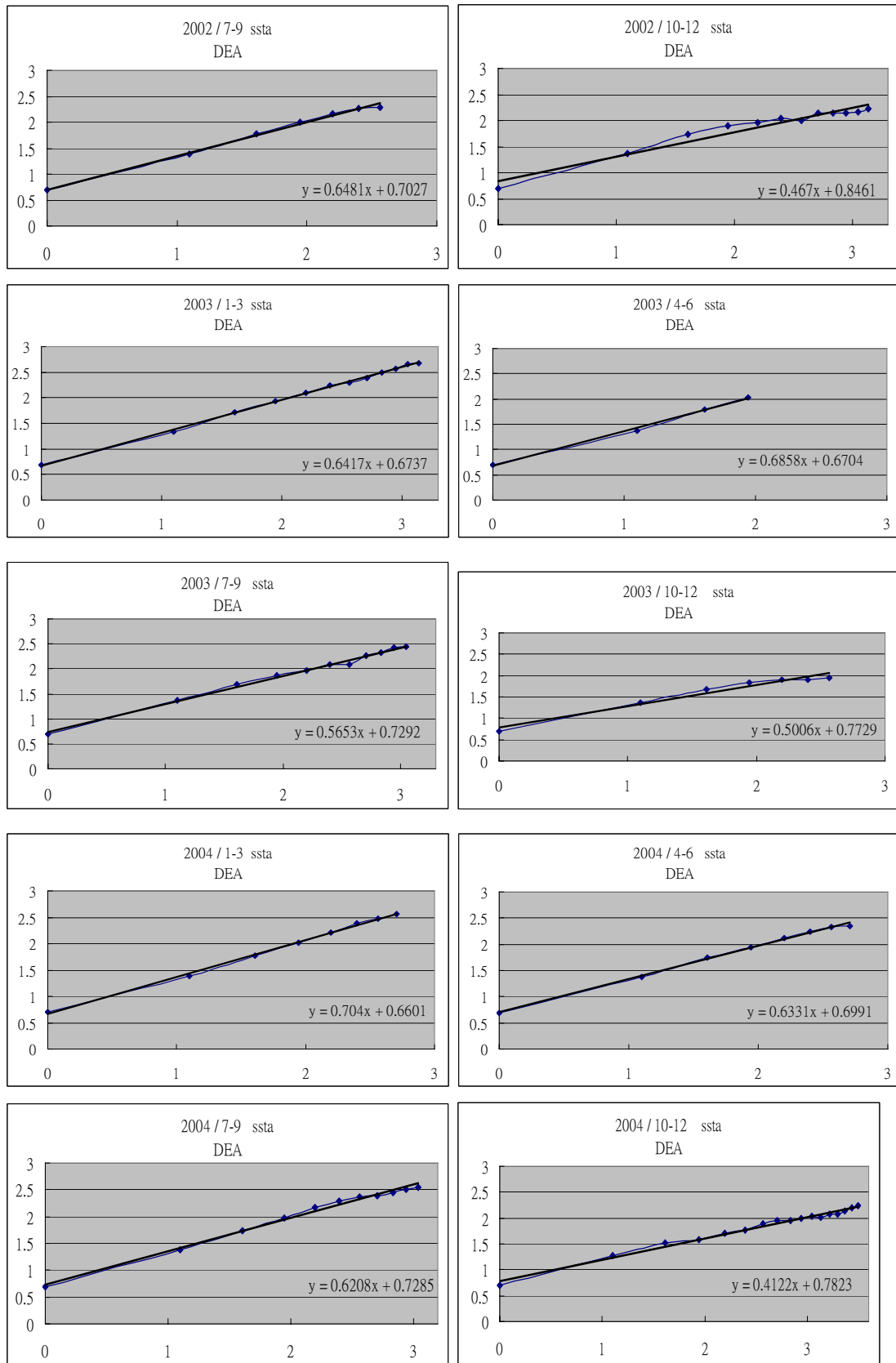
附圖四 太陽閃焰強度的分析結果

# DEA



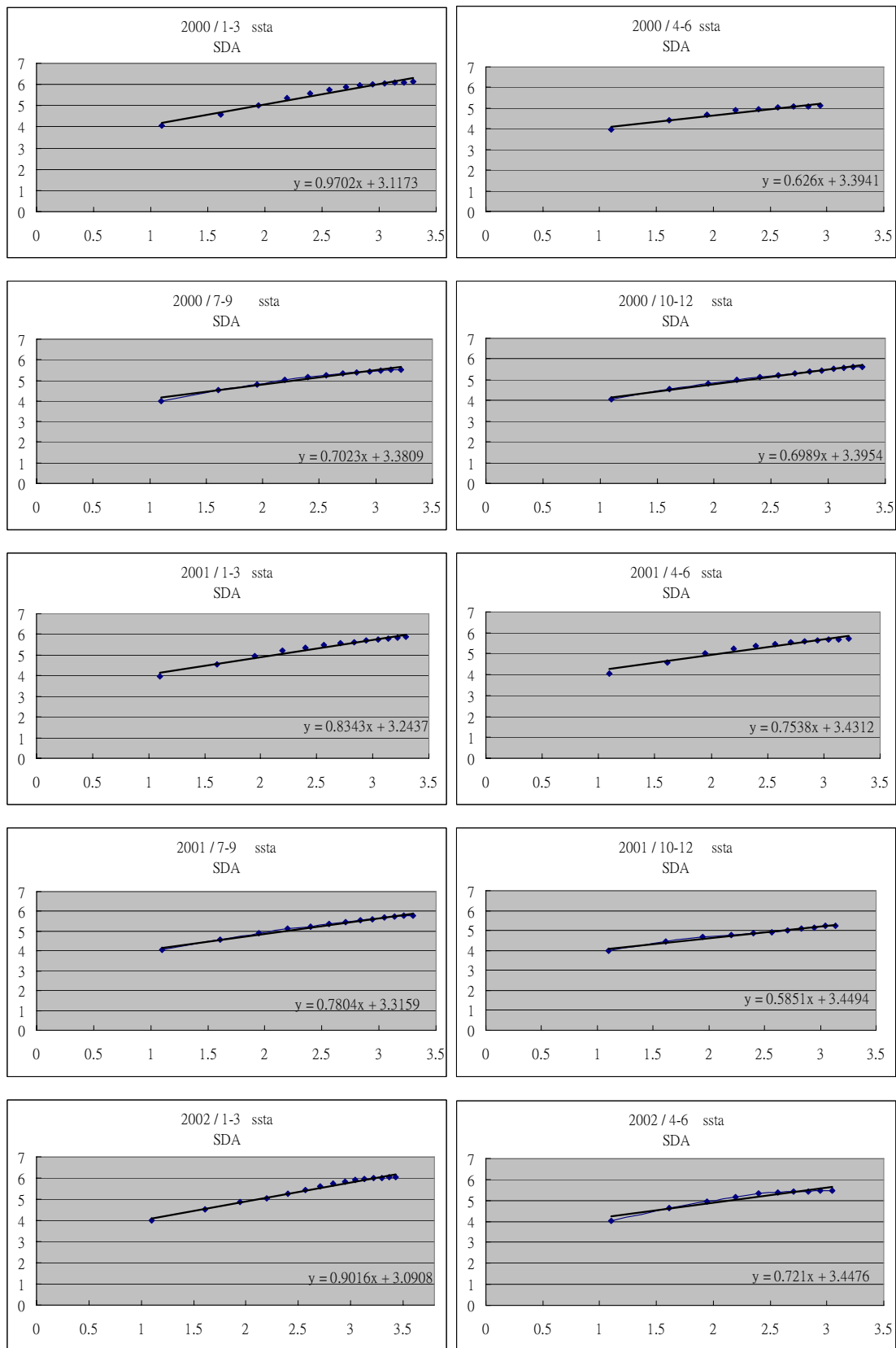
附圖五 地表溫度異常的分析結果

# DEA



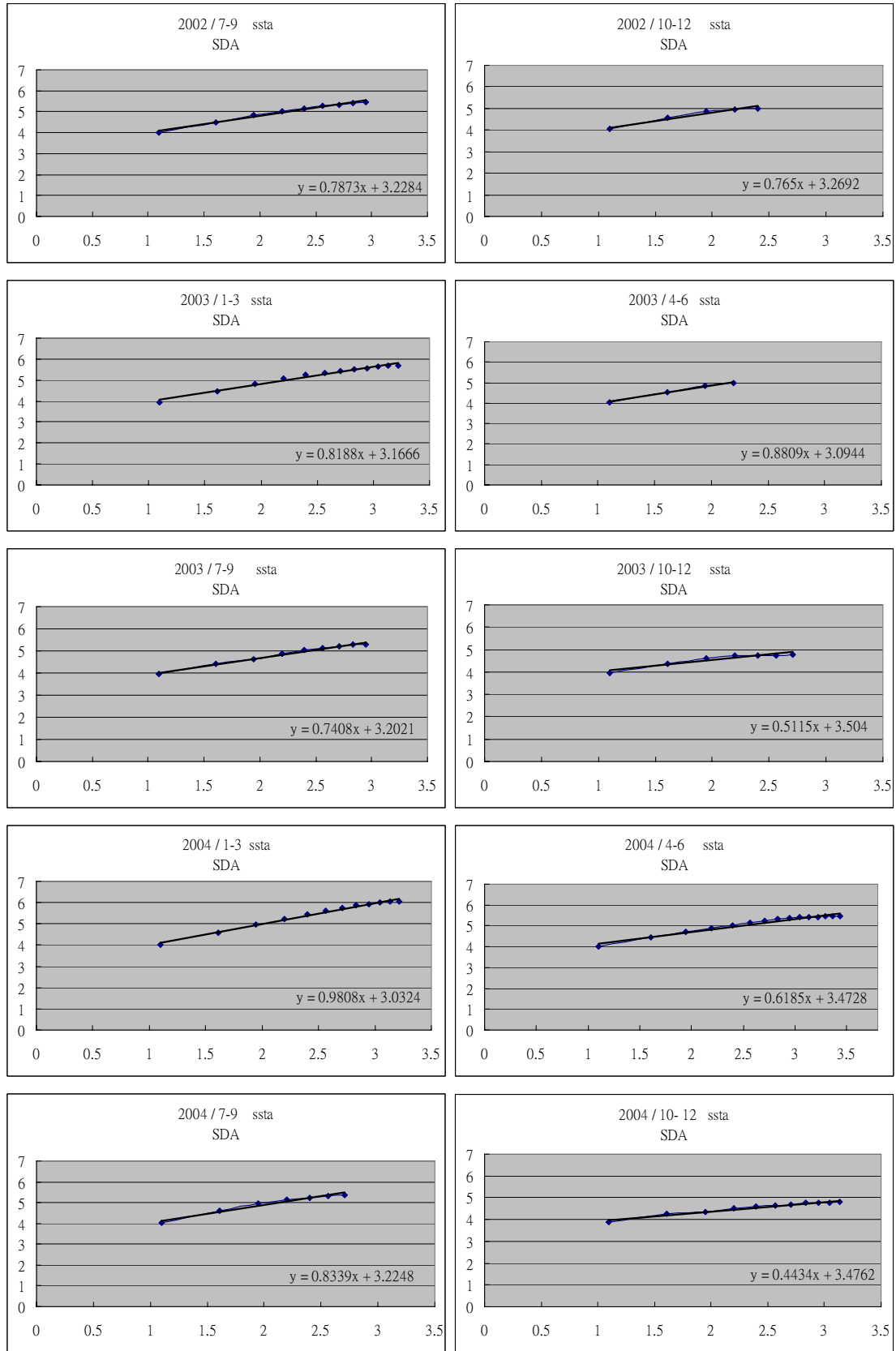
附圖六 地表溫度異常的分析結果

# SDA



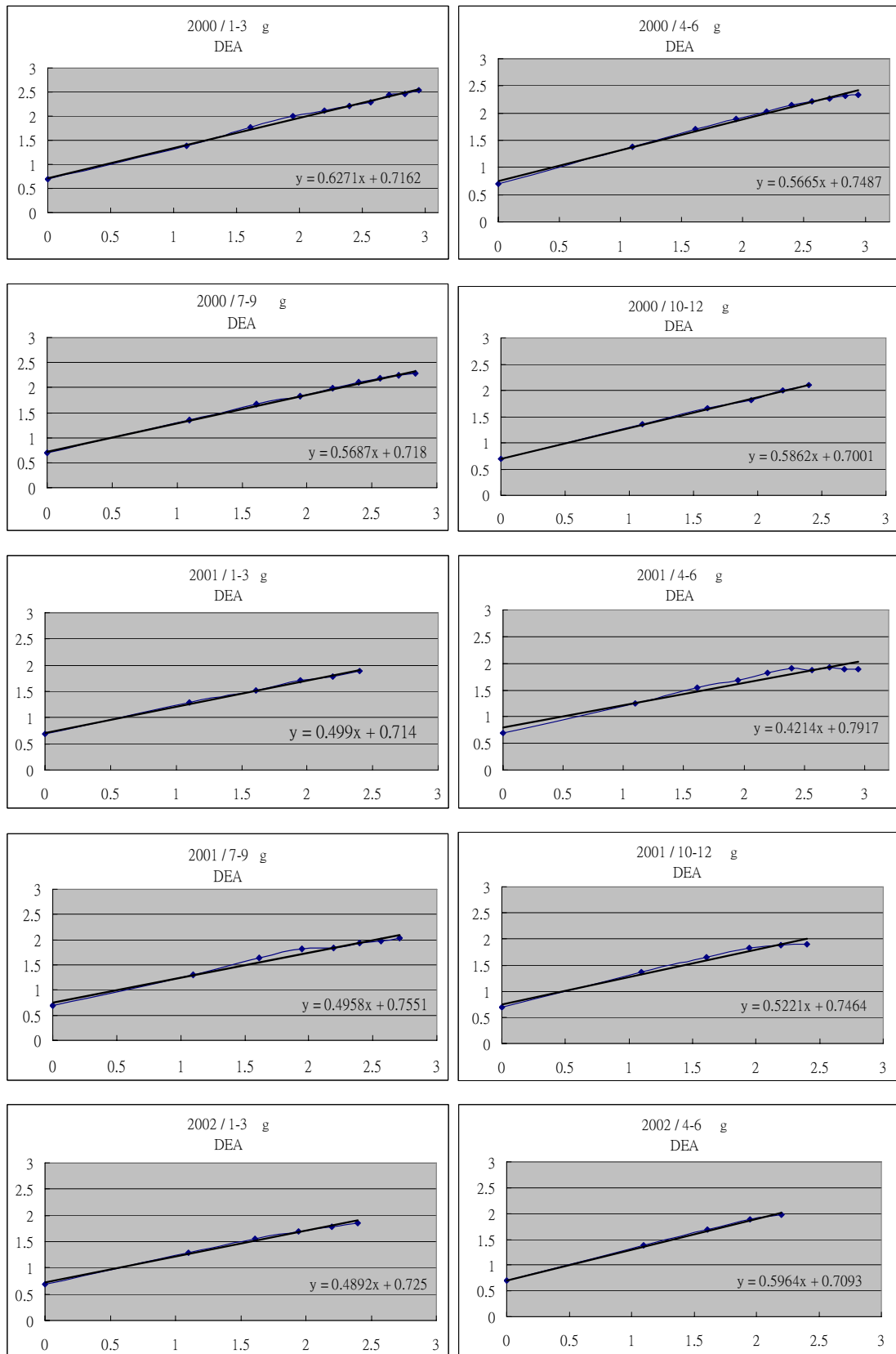
附圖七 地表溫度異常的分析結果

# SDA



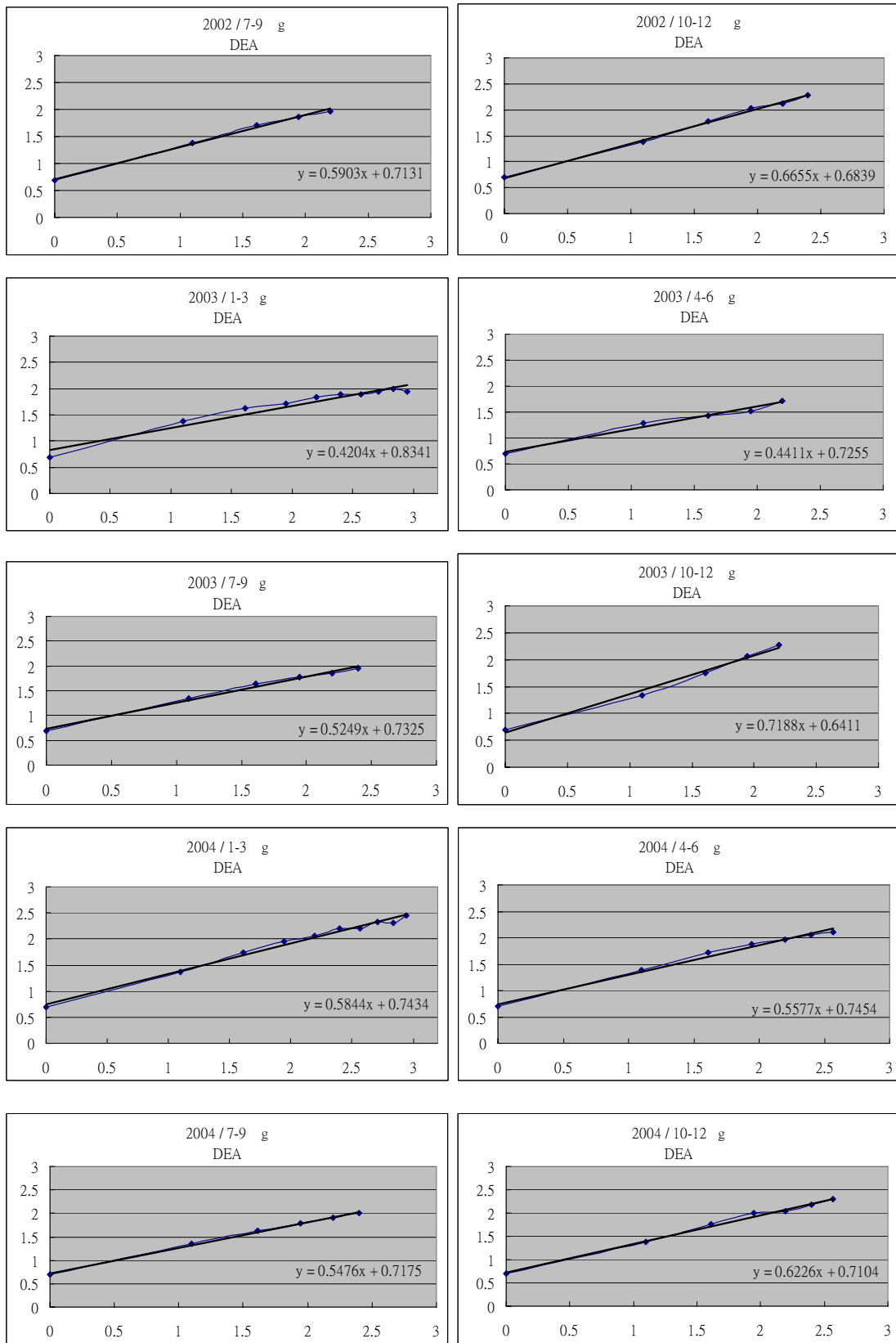
附圖八 地表溫度異常的分析結果

# DEA



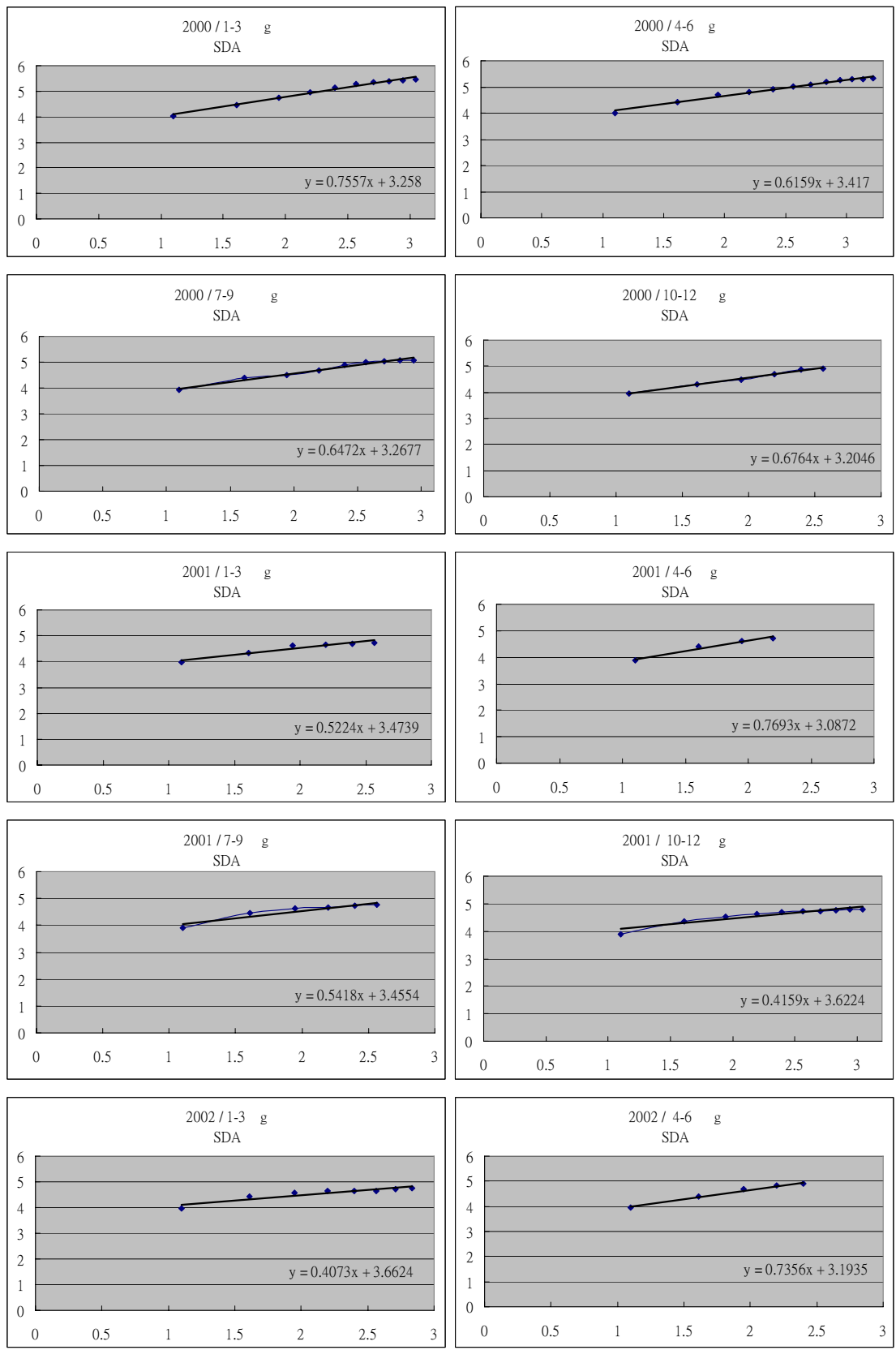
附圖九 電離層磁場異常的分析結果

# DEA



附圖十 電離層磁場異常的分析結果

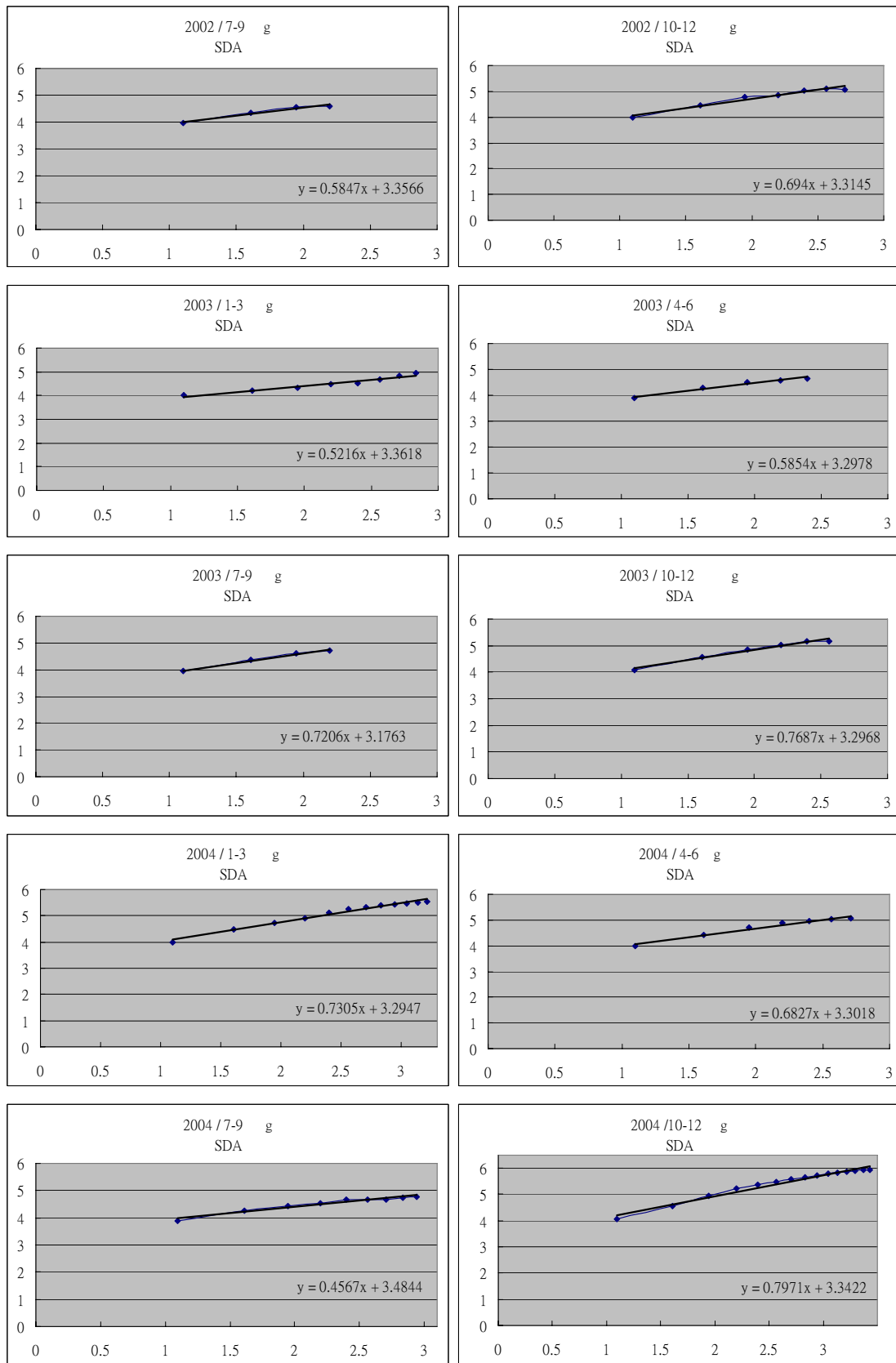
# SDA



附圖十一 電離層磁場異常的分析結果



# SDA



附圖十二 電離層磁場異常的分析結果

## 評語

本作品研究太陽活動短週期的部分對地球各項環境參數的影響，使用統計力學的方法，找尋其中的相關性，主題和內容有科學意義，但文獻搜尋以了解這個領域已有的成果仍有待加強。