

# 東海大學物理學系

## 碩士論文

論文題目：

(中文)以統計物理方法探討外匯市場的效率

(英文)The Efficiency of Foreign Exchange Markets Studied by  
Statistical Physics Methods

指導教授：施奇廷 教授

研究生：陳治成

中華民國一〇二年七月八日

## 致謝

由衷地感謝施奇廷老師不厭其煩的耐心指導，讓我順利完成碩士論文。在這兩年的研究所生活當中施奇廷老師提供我許多校外參加研討的機會，並且經過這段學習讓我對於研究分析的邏輯有了更全面的了解，並非像是在進到研究所之前對於許多觀念是知其然而不知所以然，另外也感謝中央大學吳明佳老師在這段期間，對於我的研究提供了許多不同方向的思維。

研究室同學陳建宏、學弟許德邦、曹懷之和魏白君在我偷懶怠惰時，提供許多幫忙以及協助，如果沒有你們我可能會把研究所當大學念在此致上深深的感謝。感謝東海大學優美的校園，在校學漫步的同時經常靈光一閃解決許多困擾許久的問題。

最後感謝我的父母在背後默默的支持，做為我最強的後援，讓我無須為生活煩惱，可以專心做自己的事。

## 摘要

外匯市場由於全球金融中心的地理位置時區不同，成為 24 小時連續運作的巨大市場，據國際清算銀行(Bank For International Settlements; BIS)統計每日成交量高達 1.5 兆美元遠大於股票，期貨等其他金融商品市場，也因此不易受到單一投資者或單一企業甚至國家的影響。各種訊息被無數的投資者迅速消化，理論上應接近『效率市場假說』的理想市場，藉此特性，本研究將以統計方法驗證外匯市場的效率。

本文以多尺度熵(Multiscale Entropy; MSE )和語言學分析(Linguistic Analysis; LA )方法，探討美元兌 21 個國家貨幣匯率之指數收益率、其市場效率和匯率間的相關性。

結果顯示此 21 國之 MSE 行為可明顯分為兩群，其中一群為『成熟市場』的國家，央行普遍採取自由浮動匯率，具有較高的市場效率，而另一群則為『新興市場』的國家則市場效率較低。LA 的結果顯示而各群內的匯率彼此之間有高度的關聯性。

# Abstract

The foreign exchange market (forex) is the largest financial market in the world with the daily volume around 1.5 trillion US dollars, according to the data from the Bank for International Settlements. The market opens 24 hours a day from 5Am ET on Monday until 4pm ET Saturday in different time zones. Instead of a single center for the trading in forex, the participants over the world trade currencies through electronic communication networks (ECNs). According to these properties, the forex should be less susceptible to be impacted by individual investors, corporates, or governments. Thus the forex could be a market with the behavior closer to the prediction by the efficient market hypothesis (EMH).

In this thesis, the efficiency of foreign exchange markets was studied by a statistical physics approach. The multiscale entropy (MSE), linguistic, and clustering methods were applied on the daily data of the exchange rates of 21 currencies.

The results showed that the currencies could be divided into two groups. One group contains the mature-market countries using the floating exchange-rate regime, and the other group are the emerging-market countries using the managed exchange-rate regime. The former has higher efficiency than the later group. Distinct patterns are favored by the two groups according to the word frequency analysis.

# 目錄

|  |      |
|--|------|
| 致謝   | i    |
| 中文摘要   | ii   |
| 英文摘要   | iii  |
| 目錄   | iv   |
| 圖表目錄   | vi   |
| 表目錄  | viii |
| 第一章 研究動機與目的  | 1    |
| 第二章 文獻回顧   | 3    |
| 第三章 資料來源與研究方法                                      | 5    |
| 3.1 資料來源   | 5    |
| 3.2 皮爾森相關係數(Pearson Correlation Coefficient)       | 5    |
| 3.3 去趨勢波動分析法(Detrended Fluctuation Analysis , DFA) | 6    |
| 3.4 多尺度熵分析法(Multiscale Entropy , MSE)              | 7    |
| 3.5 語言學分析法(Linguistic Analysis , LA)               | 11   |
| 第四章 結果與討論  | 18   |
| 4.1 資料處理   | 18   |
| 4.2 分析與結果  | 19   |
| 4.2.1 基本統計量分析結果                                    | 20   |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 4.2.2 | 皮爾森相關係數分析結果                              | 21 |
| 4.2.3 | Detrended Fluctuation Analysis (DFA)分析結果 | 22 |
| 4.2.4 | 多尺度熵分析法(Multiscale Entropy , MSE)分析結果    | 27 |
| 4.2.5 | 語言學分析法(Linguistic Analysis , LA)分析結果     | 34 |
| 4.2.6 | 分段檢驗 MSE 分析結果                            | 41 |
| 第五章   | 結論                                       | 43 |
|       | 參考文獻                                     | 44 |

## 圖表目錄

|  |    |
|--|----|
| Fig 1. 粗粒化示意圖。   | 9  |
| Fig 2. White Noise、 $1/f$ Noise 和 Periodic Noise 各尺度下的熵值(S)        | 10 |
| Fig 3. 指數收益率序列(R)轉換為符號序列(B)示意圖。                                    | 12 |
| Fig 4a. 收益率序列 $R_a$ 之名次 $V_a(w_a)$ 與收益率序列 $R_b$ 之名次 $V_b(w_b)$ 作圖。 | 14 |
| Fig 4b. 時間序列 $R_c$ 之名次 $V_c(w_c)$ 與時間序列 $R_d$ 之名次 $V_d(w_d)$ 作圖。   | 14 |
| Fig 5. 17 個國家匯率間的皮爾森相關係數。  | 21 |
| Fig6. 台灣和中國 DFA 分析結果之 $\log_{10}(n)-\log_{10}(F(n))$ 作圖。           | 22 |
| Fig7. 香港和日本 DFA 分析結果之 $\log_{10}(n)-\log_{10}(F(n))$ 作圖。           | 22 |
| Fig8. 韓國和馬來西亞 DFA 分析結果之 $\log_{10}(n)-\log_{10}(F(n))$ 作圖。         | 23 |
| Fig9. 新加坡和泰國 DFA 分析結果之 $\log_{10}(n)-\log_{10}(F(n))$ 作圖。          | 23 |
| Fig10. 印度和澳洲 DFA 分析結果之 $\log_{10}(n)-\log_{10}(F(n))$ 作圖。          | 23 |
| Fig11. 紐西蘭和歐元 DFA 分析結果之 $\log_{10}(n)-\log_{10}(F(n))$ 作圖。         | 24 |
| Fig12. 英國和瑞士 DFA 分析結果之 $\log_{10}(n)-\log_{10}(F(n))$ 作圖。          | 24 |
| Fig13. 丹麥和挪威 DFA 分析結果之 $\log_{10}(n)-\log_{10}(F(n))$ 作圖。          | 24 |
| Fig14. 瑞典和南非 DFA 分析結果之 $\log_{10}(n)-\log_{10}(F(n))$ 作圖。          | 25 |
| Fig15. 加拿大和墨西哥 DFA 分析結果之 $\log_{10}(n)-\log_{10}(F(n))$ 作圖。        | 25 |
| Fig16. 巴西 DFA 分析結果之 $\log_{10}(n)-\log_{10}(F(n))$ 作圖。             | 25 |
| Fig17. 台灣和中國 MSE 分析結果。   | 27 |

|   |    |
|---|----|
| Fig18. 香港和日本 MSE 分析結果。                                | 27 |
| Fig19. 韓國和馬來西亞 MSE 分析結果。                              | 28 |
| Fig20. 新加坡和泰國 MSE 分析結果。                               | 28 |
| Fig21. 印度和澳洲 MSE 分析結果。                                | 29 |
| Fig22. 紐西蘭和歐元 MSE 分析結果。                               | 29 |
| Fig23. 英國和瑞士 MSE 分析結果。                                | 30 |
| Fig24. 丹麥和挪威 MSE 分析結果。                                | 30 |
| Fig25. 瑞典和南非 MSE 分析結果。                                | 31 |
| Fig26. 加拿大和墨西哥 MSE 分析結果。                              | 31 |
| Fig27. 巴西 MSE 分析結果。                                   | 32 |
| Fig 28. 人民年均 GDP 以及 K 值做圖。                            | 33 |
| Fig 29. 21 個國家匯率間 LA 分析結果, $m=5$ 、 $r=0.1$ 。          | 34 |
| Fig 30. 21 個國家匯率間 LA 分析結果, $m=6$ 、 $r=0.15$ 。         | 35 |
| Fig 31. 顯著性的檢驗分析結果, $m=5$ 、 $r=0.15$ 。                | 36 |
| Fig 32. 顯著性的檢驗分析結果, $m=6$ 、 $r=0.15$ 。                | 37 |
| Fig 33. 成熟市場、新興市場和隨機序列間 $D_m$ 直方圖, $m=5$ 、 $r=0.15$ 。 | 38 |
| Fig 34. 成熟市場、新興市場和隨機序列間 $D_m$ 直方圖, $m=6$ 、 $r=0.15$ 。 | 39 |



## 表目錄

|   |    |
|---|----|
| 表 1. $m=2$ ，特徵模式之範例表                    | 12 |
| 表 2. 各國無資料天數                            | 17 |
| 表 3. 各個國家的人均 GDP                        | 19 |
| 表 4. 各個國家收益率序列平均值和標準差                   | 20 |
| 表 5. 21 個國家匯率的 $\alpha$ 值               | 26 |
| 表 6. 各個國家的市場效率(K)                       | 32 |
| 表 7. 新興市場與成熟市場的特徵單字                     | 40 |
| 表 8. 1997 亞洲金融風暴前各國家的 K 值               | 41 |
| 表 9. 1997 亞洲金融風暴後到 2008 美國次貸危機前各國家的 K 值 | 41 |
| 表 10. 2008 美國次貸危機後各國家的 K 值              | 42 |
| 表 11. 分別平均各段新興市場與成熟市場的 K 值(不含中國)        | 42 |

# 第一章·研究動機與目的

金融市場是否有效率，無論在投資領域或是學術研究領域都有許多人前仆後繼的希望可以解開這謎底。『效率市場假說』於 1965 年由 Eugene Fama 所提出 (Fama 1965, 1970)，將市場效率分成三個層級：弱式的市場效率 (Weak Form Efficient)、半強式的市場效率 (Semi-Strong Form Efficient) 和強式的市場效率 (Strong Form Efficient)，弱式的效率市場指出當下市場的價格，已經充分反映過往的價格、交易量資訊，而新資訊則是隨機產生，因此市場變化呈現隨機漫步的走勢，投資人無法利用移動平均線 (Moving Average)、相對強弱指數 (Relative Strength Index, RSI)……等，技術分析工具於金融市場中獲利；有機會藉由基本分析、內線消息……等，非技術分析方式在金融市場中獲利。半強式的效率市場價格除了充分反應過去的價值資訊，同時也反應所有的公開資訊、公司基本面 (如：公司營收、股利發放……等。) 投資人無法藉由技術分析、基本分析……等相關透過公開資訊的方式於市場中獲利。強式的市場效率價格反應包含價格、公開資訊以及非公開資訊，因此投資人無法藉由技術分析、基本分析、非公開資訊在市場中獲利，即便是擁有內線消息。

古典理論指稱『市場擁有一隻無形的手』，驅使著價格朝向合理的價位。本研究利用統計物理方法分析金融市場效率，再次驗證這個假說，並希望能釐清以下問題：效率市場在實際的市場中存在嗎？如果存在意味著一切的對於市場的預測都是沒有意義的；相反效率市場如果只是在學術上的假想，那麼真實的市場又有什麼樣的特性，遵循何種法則？

多尺度熵 (Multi-Scale Entropy, MSE, Costa 2005) 和語言學分析 (Linguistic Analysis, LA, Yang 2003) 過去在生物醫學領域用於心率的分析，在區分健康人與患有心率不整等相關疾病上有顯著的成效。在本研究中，我們把這些方法運用於分析金融市場。

本文分為五章，第一章提出研究動機與目的，第二章回顧相關文獻，第三章說明資料的來源與研究方法，第四章研究結果呈現，第五章結論。

## 第二章·文獻回顧

探討外匯市場的效率，先瞭解當前各國外匯體制。二次大戰後，在英、美兩國推動下建立布列敦森林協定(The Bretton Woods Agreement,1944)，制定以美元為主要國際準備貨幣的匯率基準。戰後各國的經濟持續復甦、對外貿易改善，以及美國不斷在世界各地發動戰爭與社會福利等支出不斷上升的影響下，幣值遭到高估的美元面臨下跌的壓力。同時各國為了防止美國通貨膨脹問題的蔓延，紛紛於1971年放棄釘住美元的機制，各國依據其實際經濟需要，多數改採取自由浮動機制、管理自由浮動機制或爬行釘住匯率機制。

『自由浮動匯率』：匯率完全由市場決定，但貨幣管理當局如中央銀行可透過利率調整間接影響匯率。如：美國、日本、英國……等，成熟市場國家。

『管理浮動匯率』：貨幣管理當局如以採取無預先宣佈直接在市場進行外匯交易的方式進行主動干預，如經常可以聽聞台灣中央銀行為避免新台幣對美元大幅升值，而進場拋售新台幣以打壓新台幣兌美元價格，當局根據國際收支狀況、與其他出口貿易競爭對手競爭狀況等考量決定匯率價位。如：台灣、印度、馬來西亞……等，新興市場國家。

『爬行釘住匯率』：當局依據該國經濟數據，定期以固定、預先宣佈之幅度進行匯率調整，如：中國。

關於外匯市場效率的研究，Tamir Agmon(Agmon 1981)利用一段時期的浮動利率作為預測未來歐洲貨幣的匯率，呈現效率市場的特性。Panayotis Alexakis，透過自

回歸條件異變異數模型(Autoregressive conditional heteroskedasticity model, ARCH Model ) 分析法國法郎、德國馬克、日圓兌美元皆支持效率市場的存在(Alexakis 1996)。Adrian Wai-Kong Cheung 探討歐元外匯市場對 82 個國家在 1999-2010 年間日資料之自相關測試(autocorrelation )，發現歐元對於絕大多數國家呈現弱式效率市場(Cheung 2012)。然而也有學者提出不同的看法，如：Graham Elliott 在對日圓兌美元遠期匯率市場的研究中認為是效率市場假說錯誤(Elliot 1999)。Aroskar(Aroskar 2004) 等人的研究調查 1992 歐洲金融危機前，中，後三個階段，強烈指出市場的效率低。其他包括 Fama (Fama 1984)、Froot and Thaler (Froot 1990)以迴歸模型分析即期匯率與遠期匯率間的關係有證據顯示是效率市場假說錯誤；Shen (Shen 1997)在即期匯率與遠期匯率的研究中，包含英鎊(GBP)、加幣(CAD)、德國馬克、日幣(JPY)、瑞士法郎(CHF)結果顯示效率市場假說錯誤，Wu (Wu 1998)研究 9 個經濟合作組織於 1979 年 1 月至 1995 年 12 月，檢定外匯市場的共整合關係，結果支持效率市場假說。Napolitano (Napolitano 2000) 的研究中則認為效率市場假說錯誤。Bong-Han Kim (Kim 2012) 則探討 1999-2006 東南亞貨幣和瑞士法郎與日幣間的關連性。對於效率市場，文獻中並無統一的結論。

## 第三章·資料來源與研究方法

### 3.1 資料來源

本文資料來源為美國聯邦儲備銀行(Federal Reserve System；FED)網站(<http://www.federalreserve.gov/econresdata/default.htm>)所下載之公開數據。本文研究所使用的是各國匯率對美元之每日收盤價，研究期間為 1990 年 1 月 4 日至 2012 年 10 月 31 日止，美元兌包含台灣的台幣、中國的人民幣、香港的港幣、日本的日幣、韓國的韓圓、馬來西亞的林吉特(Ringgit Malaysia)、新加坡的新加坡元、泰國的泰銖、印度的盧比、英國的英鎊、瑞士的法郎、丹麥的克朗(Crown)、挪威的克朗、瑞典的克朗、南非的蘭特(South African Rand)、加拿大的加幣、澳洲的澳幣、紐西蘭的紐幣，另外美元兌歐元研究期間為 1999 年 1 月 4 日至 2012 年 10 月 31 日止、美元兌墨西哥的比索(Pesos) 研究期間為 1993 年 11 月 8 日至 2012 年 10 月 31 日止、美元兌巴西的雷亞爾(Rial) 研究期間為 1995 年 1 月 3 日至 2012 年 10 月 31 日止，共計 21 組。

本文研究對象為價格的變化量，將原始價格時間序列( $P_t$ )轉換為指數收益率時間序列( $R_t$ )

$$R_t = \log\left(\frac{P_{t+1}}{P_t}\right) \quad (1)$$

### 3.2 皮爾森相關係數(Pearson Correlation Coefficient)

利用皮爾森相關係數可測量兩時間序列之間的線性關係強弱與方向。對於一個長度為  $N$  的時間序列  $X=\{x_1,x_2,x_3,\dots,x_N\}$ ，以及長度為  $N$  的時間序列

$Y=\{y_1,y_2,y_3,\dots,y_N\}$ ，之間的相關係數( $r$ )，表示式如下

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{[\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2][\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2]}} \quad (2)$$

$x_i$ 為 X 序列第 i 個的值， $y_i$ 為 Y 序列第 i 個的值， $\bar{x}$ 為 X 序列的平均數， $\bar{y}$ 為 Y 序列的平均數。 $r$  的值會介於-1 到 1 之間，當  $r$  為正表示兩序列為正相關，且  $r$  越接近 1 表示正相關越強； $r$  為負表示兩序列為負相關，且  $r$  越接近-1 表示負相關越強；兩個序列之間如果無關聯性則  $r$  值會趨近於 0。

### 3.3 去趨勢波動分析法(Detrended Fluctuation Analysis , DFA)

源自於碎形分析的方法，用來研究時間序列內的自我相似性(Peng C.K 1995)，若原始數列為  $B(i)$ ，計算此數列之波動 (fluctuation) 對尺度的函數關係  $F(n)$  之方法如下：先計算  $B(i)$ 之累計數列  $y(k)$

$$y(k) = \sum_{i=1}^k (B(i) - \bar{B}) \quad (3)$$

$\bar{B}$ 為 $B(i)$ 的平均值，再將序列 $y(k)$ 分成等尺度  $n$  的窗口，利用最小方差擬合法 (method of least squared)，計算每一個窗口的線性回歸值  $y_n(k)$ ， $y_n(k)$ 為  $y(k)$ 之區域趨勢 (local trend)，數列  $B$  在不同尺度  $n$  下之去趨勢波動函數為：

$$F(n) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [y(k) - y_n(k)]^2} \quad (4)$$

$N$  表示序列  $B$  的總長度。遞增尺度  $n$  的值，重複式(3)、式(4)。將結果繪製成  $\log_{10} F(n)$ 相對於 $\log_{10}(n)$ 的圖，計算符合這些點的斜率  $\alpha$ 。White Noise 之  $\alpha=0.5$ 。

### 3.4 多尺度熵分析法(Multiscale Entropy,MSE )

#### 3.4.1 熵(Entropy)

熵經常被用來代表序列的「不可預測程度」的指標，熵值越大則表示序列越混亂且難以預測，因此隨機序列熵值最高，有序序列熵值最低，複雜序列(如1/f 序列)熵值則介於兩者之間。

#### 3.4.2 樣本熵(Sample Entropy,SE)

樣本熵由 J. S. Richman (Richman 2000, Richman 2002)提出一種新的時間序列複雜性的測量方法，對於一個長度為  $N$  的時間序列  $\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_N\}$ ，將連續  $m$  點組合成一種模式(Pattern)，則  $X_i = \{x_i, x_{i+1}, \dots, x_{i+m-1}\}$  代表第  $i$  種模式。而這個時間序列可以組成  $N-m+1$  個不同的模式， $X$  稱為模式空間(Pattern Space)。表示式如下：

$$X = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & \cdots & x_m \\ x_2 & x_3 & \cdots & x_{m+1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{N-m+1} & x_{N-m+2} & \cdots & x_N \end{bmatrix} \quad (5)$$

時間序列之樣本熵計算如下：

Step1. 以  $d_{ij} = \|X_i - X_j\|_\infty$  計算不同模式之間的距離。

Step2. 再以  $D_{ij}(r) = G(d_{ij})$  將此距離轉換模式間的相似度(Similarity)。

$G$  為 Heaviside 函數，定義為：

$$G(d_{ij}) = \begin{cases} 1, & d_{ij} \leq r \\ 0, & d_{ij} > r \end{cases} \quad (6)$$



$r$  為相似係數

$$r = r'\sigma \quad (7)$$

$r'$  經驗取值為 0.1~0.2， $\sigma$  是原始時間序列  $\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_N\}$  的標準差。

Step3. 求平均值  $B_i(r)$

$$B_i(r) = \frac{1}{N-m-1} \sum_{j=1}^{N-m+1} D_{ij}(r) \quad (8)$$

Step4. 計算長度為  $m$  的模式之平均相似度  $\phi_m(r)$ 。

$$\phi_m(r) = \frac{1}{N-m} \sum_{i=1}^{N-m} B_i(r) \quad (9)$$

Step5. 重複 Step1~Step 4 計算長度為  $m+1$  之  $\phi_{m+1}(r)$ 。

Step6. 樣本熵(Sample Entropy, SE)為:

$$SE(m, r) = -\log\left(\frac{\phi_{m+1}(r)}{\phi_m(r)}\right) \quad (10)$$

SE 值與模式的長度( $m$ )相似係數  $r$  有關。常用  $m$  值為 2~6， $r=0.1\sigma\sim 0.2\sigma$ ，

當取  $m=2, r=0.15\sigma$  時，結果對序列長度  $N$  的依賴程度最小。 $\sigma$  是原始時間序列

$\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_N\}$  的標準差。

### 3.4.3 多尺度熵演算法

隨機亂數序列、複雜序列(如  $1/f$  序列)和週期時間序列經過樣本熵的分析，

知道隨機亂數序列的熵值會最高，其次是複雜序列而週期時間序列則熵值最低。

隨機序列的高熵值主要來自於其隨機變動之「不可預測性」而非「複雜度」，這

部分的特性由隨機與機率理論即可充分了解。然而我們真正有興趣瞭解的複雜

序列的結果介於最為混亂的隨機序列與規律的週期序列之間，但因此種序列之

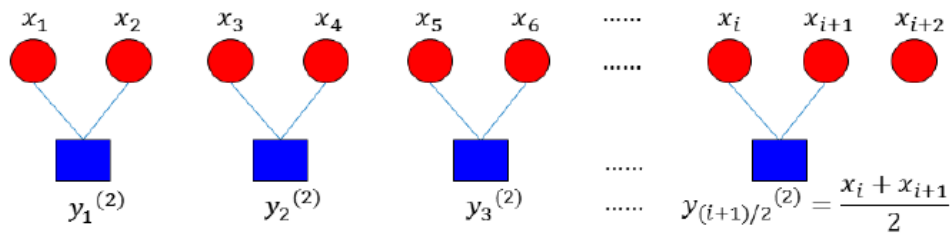
樣本熵並非極大也非極小，故傳統之熵值並非探討複雜度的適當指標，因此導入對於不同尺度的計算方法如下：

將時間序列  $\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_N\}$ ，分割成長度為  $\tau$  的數列組， $\tau$  稱為尺度因子 (Scale Factor)，將每一個數列組的數列值取平均，產生新的時間序列  $\{y_j^\tau\}$

$$y_j^\tau = \frac{1}{\tau} \sum_{i=(j-1)\tau+1}^{j\tau} x_i, \quad 1 \leq j \leq \frac{N}{\tau} \quad (11)$$

此步驟又稱之為粗粒化 (Coarse-Grained)，每一個新的時間序列的長度等於原始時間序列長度除以尺度因子 ( $\tau$ )。

Scale 2



Scale 3

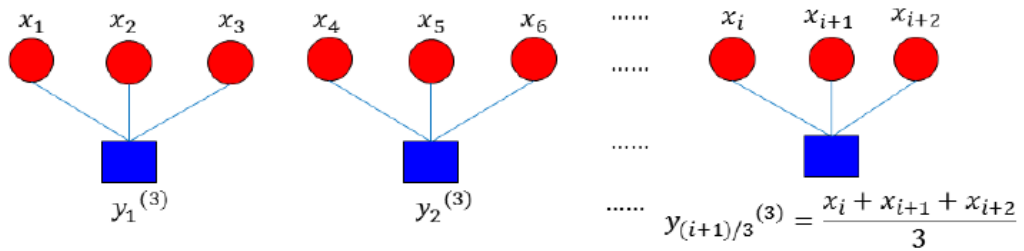


Fig 1. 粗粒化示意圖

多尺度熵的演算法，是將時間序列  $\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_N\}$  經過粗粒化後，對每一個尺度的時間序列  $\{y_j^\tau\}$  進行 SE 的計算。樣本熵最高的隨機序列之高尺度因子粗粒化序列會逐漸趨近常數序列，因此其樣本熵將會變小，複雜序列的多尺度特性則會使其樣本熵幾乎不隨尺度因子而改變。故在高尺度因子下，複雜序列之熵值會高於

隨機序列以及週期序列。因此我們可以利用多尺度熵來度量序列的複雜度。

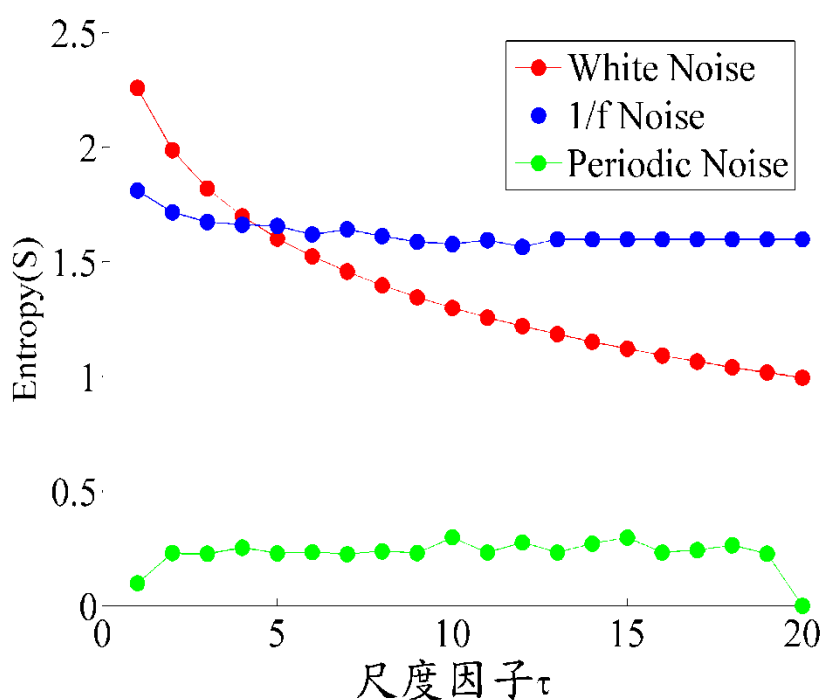


Fig 2. White Noise 、1/f Noise 和 Periodic Noise 各尺度下的熵值(S)

從上圖可見，隨機序列在低尺度因子( $\tau$ )的時候會有最高的熵值，而隨著時間尺度因子( $\tau$ )的增加訊息熵(S)值會逐漸遞減；複雜序列(1/f Noise)之熵值則幾乎不隨時間尺度因子( $\tau$ )變動，因此複雜序列在高尺度時熵值則較隨機序列高。

### 3.4.4 匯率市場之效率指標

根據效率市場假說市場的變化呈現隨機漫步的走勢，本文定義市場效率指標  $K$  來量化和驗證匯率市場的效率性， $K$  值的定義如下：

$$K = \frac{\sum_{\tau=1}^{\tau_{\max}} S(\tau)}{\sum_{\tau=1}^{\tau_{\max}} S^{re}(\tau)} \quad (12)$$

$\sum_{\tau=1}^{20} S(\tau)$ :分析對象時間序列各尺度下訊息熵值總和， $\sum_{\tau=1}^{20} S^{re}(\tau)$ :分析對象時間序列打亂重新排序經過 MSE 分析的熵值總和，當 K 值越接近於 1，則表示市場行為越接近隨機，效率越高。由於原始數據平均長度約為 5000 個交易日，為維持其統計意義，時間尺度之上限  $\tau_{max}$  取為 20 個交易日。

### 3.5 語言學分析法(Linguistic Analysis)

透過將複雜訊號不同的模式進行編號，根據編號出現的多寡進行排名，可產生一組特徵模式。將此方法應用於心跳的波動，鑑別出健康和患有心臟相關疾病的模式，甚至觀察到患有疾病和老年人的心臟波動序列的隨機性增加，本研究將此方法類比應用於匯率序列的分析。

#### 3.5.1 將指數收益率序列(R)轉換為符號序列(B)

根據漲跌幅度的差異分做三類，小漲小跌(1)、大漲(2)以及大跌(0)，定義

$r$  為一可調參數， $\sigma$  為序列 R 的標準差，因此：

$$B_i = \begin{cases} 2, & \text{if } R_i > \sigma r \\ 1, & \text{if } -\sigma r \leq R_i \leq \sigma r \\ 0, & \text{if } R_i < -\sigma r \end{cases} \quad (13)$$

#### 3.5.2 統計序列模式(單字)出現的次數

{B} 為一三元符號序列，其字母集為 {0, 1, 2}，長度為 m 的字串稱為一個「單字」，每個單字對應於一種長度為 m 的序列模式，共有  $3^m$  種單字。利用「滑動窗口」(sliding window) 方法計算每個單字在整個符號序列中出現的次數，以下圖為例：

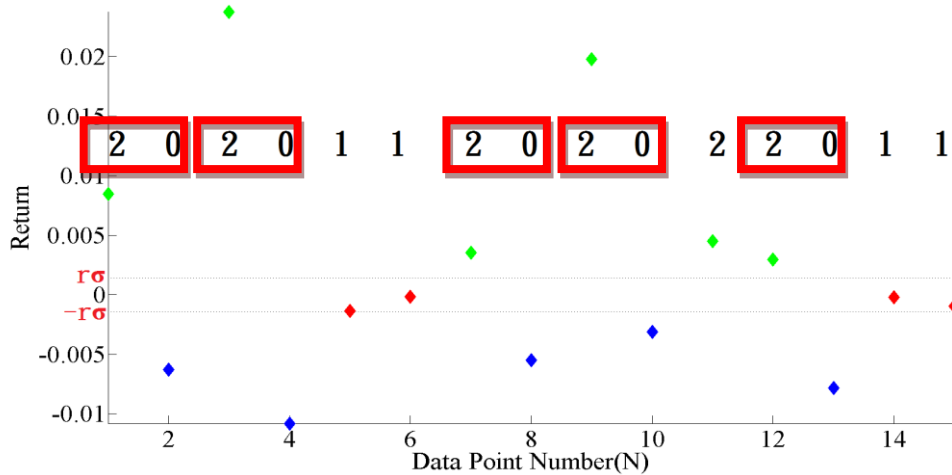


Fig 3. 指數收益率序列(R)轉換為符號序列(B)示意圖

當  $m$  定為 2 時，則紅框框所圈出 [ 2 0 ] 形成第一個單字，為了方便後續的統計，透過三進位方式編號，如下：

$$2 \times 3^0 + 0 \times 3^1 = 2$$

因此將單字 [ 2 0 ] 轉換為編號 2，編號 2 共計出現 5 次，依序下一個單字為 [ 0 2 ] 則統計編號 6 共計出現 3 次，依此類推完成對 B 的轉換則可統計出收益率序列(R)的特徵模式，如下表：

| 編號(k) | 單字(w <sub>k</sub> ) | 實際走勢    | 出現次數(n <sub>k</sub> ) | 出現機率(p(w <sub>k</sub> )) | 名次 V(w <sub>k</sub> ) |
|-------|---------------------|---------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|
| 0     | [ 0 0 ]             | [ 跌 跌 ] | 1                     | 0.07                     | 4                     |
| 1     | [ 1 0 ]             | [ 平 跌 ] | 0                     | 0                        | 8                     |
| 2     | [ 2 0 ]             | [ 漲 跌 ] | 5                     | 0.36                     | 1                     |
| 3     | [ 0 1 ]             | [ 跌 平 ] | 1                     | 0.07                     | 4                     |
| 4     | [ 1 1 ]             | [ 平 平 ] | 2                     | 0.14                     | 3                     |
| 5     | [ 2 1 ]             | [ 漲 平 ] | 0                     | 0                        | 8                     |
| 6     | [ 0 2 ]             | [ 跌 漲 ] | 3                     | 0.21                     | 2                     |
| 7     | [ 1 2 ]             | [ 平 漲 ] | 1                     | 0.07                     | 4                     |
| 8     | [ 2 2 ]             | [ 漲 漲 ] | 1                     | 0.07                     | 4                     |

表 1.  $m=2$ ，特徵模式之範例表

出現機率:

$$p(w_k) = \frac{n_k}{\sum_{k=1}^{3^m} n_k} \quad (14)$$

根據出現機率的多少決定該單字的排名  $V(w_k)$ ，當不同單字相同機率則並列相同名次。

### 3.5.3 歸一化

不同序列之間 0, 1, 2 出現次數占總序列長度的比例不盡相同，避免此差異影響結果的判讀，因此會將出現機率( $p(w_k)$ )進行歸一化( $p'(w_k)$ )，方法如下:

$$p'(w_k) = \frac{\frac{p(w_k)}{Z(w_k)}}{\sum_{k=1}^{3^m} \frac{p(w_k)}{Z(w_k)}} \quad (15)$$

對長序列而言， $Z(w_k)$ 為  $w_k$  在隨機序列(R)出現的理論機率，

$$Z(w_k) = z_0^{d_0(w_k)} \times z_1^{d_1(w_k)} \times z_2^{d_2(w_k)} \quad (16)$$

$z_0$  為字母 0 在 R 序列所占的比例， $d_0(w_k)$  為字母 0 在單字( $w_k$ )中所出現的次數，  
 $z_1$  為字母 1 在 R 序列所占的比例， $d_1(w_k)$  為字母 1 在單字( $w_k$ )中所出現的次數，  
 $z_2$  為字母 2 在 R 序列所占的比例， $d_2(w_k)$  為字母 2 在單字( $w_k$ )中所出現的次數。

### 3.5.4 兩序列的差異距離

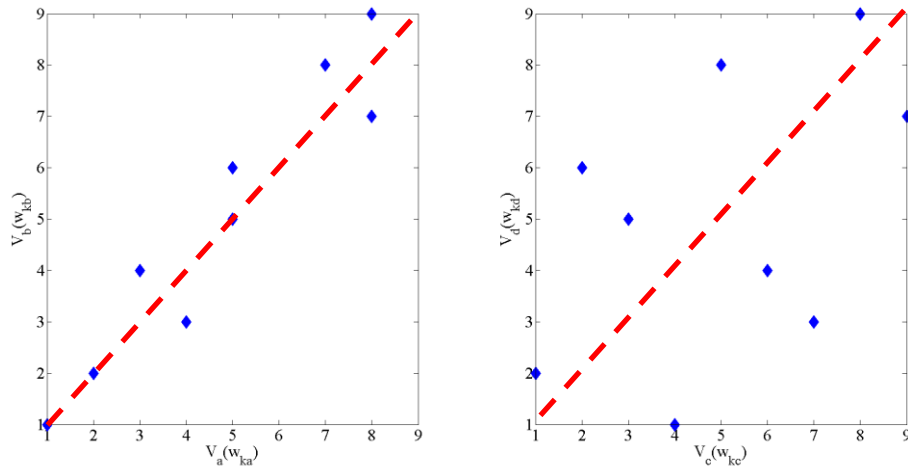


Fig 4a. 收益率序列  $R_a$  之名次  $V_a(w_a)$  與收益率序列  $R_b$  之名次  $V_b(w_b)$  作圖， $R_a$  與  $R_b$  差異度低，藍點分布則接近紅線。Fig 4b. 時間序列  $R_c$  之名次  $V_c(w_c)$  與時間序列  $R_d$  之名次  $V_d(w_d)$  作圖， $R_c$  與  $R_d$  差異度高，藍點分布則距離紅線較遠。

透過藍點到紅線之間的距離計算兩序列的差異度 ( $D_m$ )，方法如下：

$$D_m(R_1, R_2) = \frac{\sum_{k=1}^{3^m} |V_1(w_{k1}) - V_2(w_{k2})| p_1(w_{k1}) p_2(w_{k2})}{(3^m - 1) \sum_{k=1}^{3^m} p_1(w_{k1}) p_2(w_{k2})} \quad (17)$$

兩序列之  $D_m$  越小，表示兩序列越相似；反之兩序列之  $D_m$  越大，表示兩序列越不相似。

### 3.5.5 集群分析 Cluster Analysis

將相似高的樣本聚集在一起，形成集群(cluster)。將  $D_m$  類比為距離作為分類依據，『相對距離』越低，『相似度』則越高，歸類為同一群組。

本文研究採用凝聚分層法(Agglomerative)中的平均法(Average Linkage)做為分群的方式。

### 3.5.5 LA 結果顯著性的檢驗

確保研究結果與序列之排列順序有絕對的關連；而非由各組序列彼此間

0, 1, 2 之間的差異所造成，檢測方法如下：

Step 1. 將各國匯率之收益率序列打亂重新排序。

Step 2. 計算 LA 取得特徵模式之出現機率( $p(w_k)$ )。

Step 3. 重複 Step1 和 Step2 一千次，並計算平均出現機率。

Step 4. 進行 3.5.3 歸一化後，依據歸一化平均出現機率的高低排名。

Step 5. 重複 Step1 至 Step4，完成各國匯率的平均機率和排名的計算。

Step 6. 進行 3.5.4 兩序列的相關性比對

Step 7. 將各國匯率間差異度( $D_m$ )與將原始序列打亂重新排列後所得之  $D_m$  結果

做 Histogram 分析，驗證匯率差異是否顯著。



### 3.5.6 特徵單字

檢視 Cluster Analysis 群集中最常出現的單字。範例:

當單字長度(m)為 2, 最常共同出現於前三名的單字的第一名定為特徵單字,

如下表紅框:

|     | A 市場 | B 市場 | C 市場 | D 市場 | E 市場 |
|-----|------|------|------|------|------|
| 第一名 | 單字 1 | 單字 0 | 單字 0 | 單字 0 | 單字 0 |
| 第二名 | 單字 3 | 單字 2 | 單字 3 | 單字 4 | 單字 5 |
| 第三名 | 單字 4 | 單字 4 | 單字 6 | 單字 8 | 單字 1 |
| 第四名 | 單字 5 | 單字 6 | 單字 1 | 單字 1 | 單字 6 |
| 第五名 | 單字 7 | 單字 8 | 單字 4 | 單字 5 | 單字 2 |
| 第六名 | 單字 0 | 單字 1 | 單字 7 | 單字 2 | 單字 7 |
| 第七名 | 單字 2 | 單字 3 | 單字 2 | 單字 6 | 單字 3 |
| 第八名 | 單字 6 | 單字 5 | 單字 5 | 單字 3 | 單字 8 |
| 第九名 | 單字 8 | 單字 7 | 單字 8 | 單字 7 | 單字 4 |

紅框內[單字 0]出現最多次(4), 其次為[單字 4]出現 3 次, 因此[單字 0]則定為 A、B、C、D、E 市場的特徵單字。

### 3.5.6.1 特徵單字的歸一化

Step 1. 將各國匯率之收益率序列打亂重新排序。

Step 2. 計算 LA 取得特徵模式之出現機率( $p(w_k)$ )。

Step 3. 重複 Step1 和 Step2，一百次並計算平均出現機率。

Step 4. 進行 3.5.3 歸一化後，依據歸一化平均出現機率的高低排名。

Step 5. 重複 Step1 至 Step4，統計 1,000 次各單字排名

Step 6. 完成各國匯率的平均機率和排名的計算，分析資料包含 21 組國家匯率，因此共計 21,000 組。

Step 7. 統計這 21,000 組，各市場最常出現的前十名單字之出現機率。

Step 8. 將兩群體統計，最常出現的前十名單字機率除以 Step 7. 所得之隨機序列期望值，所得機率最高之前五名為該群體的特徵單字。

## 第四章·結果與討論

### 4.1 資料前處理

由於資料來源為 FED 因此交易日及休假日以美國為主，部分國家因各地風情、習俗、...等差異而有其他休假日(例如:台灣的農曆過年)導致部分日期無資料，因此各別國家休假日之匯率則等同該國前一交易日公告之匯率，

|    |     |    |     |     |    |      |     |    |
|----|-----|----|-----|-----|----|------|-----|----|
| 國家 | 台灣  | 中國 | 香港  | 日本  | 韓國 | 馬來西亞 | 新加坡 | 泰國 |
| 天  | 139 | 62 | 0   | 0   | 34 | 0    | 0   | 55 |
| 國家 | 印度  | 澳洲 | 紐西蘭 | 歐元區 | 英國 | 瑞士   | 丹麥  | 挪威 |
| 天  | 7   | 0  | 0   | 0   | 0  | 0    | 0   | 0  |
| 國家 | 瑞典  | 南非 | 加拿大 | 墨西哥 | 巴西 |      |     |    |
| 天  | 0   | 4  | 0   | 6   | 6  |      |     |    |

表 2. 各國無資料天數

處理後各匯率(歐元、墨西哥的比索、巴西的雷亞爾除外)資料長度為 5742 筆、歐元資料長度為 3481 筆、比索資料長度為 4776 筆、雷亞爾資料長度為 4487 筆。

## 4.2 分析與結果

透過 2011 年人民平均 GDP(國家總 GDP/國家人口數) 三萬美元為界，三萬美元以下稱之為『新興市場』，包含 台灣、中國、韓國、馬來西亞、泰國、印度、南非、墨西哥和巴西；三萬美元以上稱之為『成熟市場』，包含香港、日本、新加坡、澳洲、紐西蘭、歐元區、英國、瑞士、丹麥、挪威、瑞典和加拿大。

|            |        |        |        |        |        |             |        |        |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|--------|--------|
| 國家         | 台灣     | 中國     | 香港     | 日本     | 韓國     | 馬來西亞        | 新加坡    | 泰國     |
| <b>GDP</b> | 20,386 | 5,447  | 35,173 | 46,135 | 22,388 | 10,012      | 47,268 | 5,192  |
| 國家         | 印度     | 澳洲     | 紐西蘭    | 歐元區    | 英國     | 瑞士          | 丹麥     | 挪威     |
| <b>GDP</b> | 1,534  | 62,003 | 32,350 | 39,323 | 38,961 | 83,326      | 59,889 | 99,143 |
| 國家         | 瑞典     | 南非     | 加拿大    | 墨西哥    | 巴西     | 全體平均        |        |        |
| <b>GDP</b> | 57,071 | 7,943  | 51,554 | 9,703  | 12,576 | 35589±27039 |        |        |

表 3. 各個國家的人均 GDP 單位: 美元

台灣外資料來源世界銀行(The World Bank)，台灣則來自於台灣行政院主計總處。

#### 4.2.1 基本統計量分析結果

檢驗各國家匯率的變化量也就是數收益率是否具有效率市場的特性，首先

統計各國家匯率的變化量的平均指數收益率( $\bar{R}$ )與標準差 $\sigma$ ，結果如下：

$$\text{平均指數收益率 } \bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^N R_i}{N} \quad (18)$$

$$\text{標準差 } \sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (R_i - \bar{R})^2} \quad (19)$$

|                           |        |        |        |        |        |        |        |        |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 國家                        | 台灣     | 中國     | 香港     | 日本     | 韓國     | 馬來西亞   | 新加坡    | 泰國     |
| $\bar{P}(\times 10^{-4})$ | 0.195  | 0.480  | -0.015 | -1.018 | 0.811  | 0.206  | -0.772 | 0.302  |
| $\sigma$                  | 0.0032 | 0.0056 | 0.0004 | 0.0069 | 0.0085 | 0.0049 | 0.0036 | 0.0062 |
| 國家                        | 印度     | 澳洲     | 紐西蘭    | 歐元區    | 英國     | 瑞士     | 丹麥     | 挪威     |
| $\bar{P}(\times 10^{-4})$ | 2.013  | 0.481  | 0.556  | 0.266  | -0.020 | -0.879 | -0.226 | -0.245 |
| $\sigma$                  | 0.0048 | 0.0076 | 0.0076 | 0.0065 | 0.0061 | 0.0073 | 0.0066 | 0.0074 |
| 國家                        | 瑞典     | 南非     | 加拿大    | 墨西哥    | 巴西     | 全體平均   |        |        |
| $\bar{P}(\times 10^{-4})$ | 0.125  | 2.148  | -0.262 | 2.981  | 1.953  | 0.4325 |        |        |
| $\sigma$                  | 0.0076 | 0.0095 | 0.0050 | 0.0098 | 0.0101 | 0.0064 |        |        |

表 4. 各個國家收益率序列平均值和標準差

基本量統計量的結果各國家匯率價格的平均變化量趨近於 0，表示新訊息導致價格上漲或下跌幅度的影響，長期而言不具有特定方向的趨勢。

#### 4.2.2 皮爾森相關係數分析結果

皮爾森相關係數分析，兩國家匯率價格的變化量在同一交易日是否具有相關聯性，分析方法限制兩分析序列長度必須相同，因此在皮爾森相關係數分析的結果不包括歐元、墨西哥的比索和巴西的雷亞爾，結果如下：

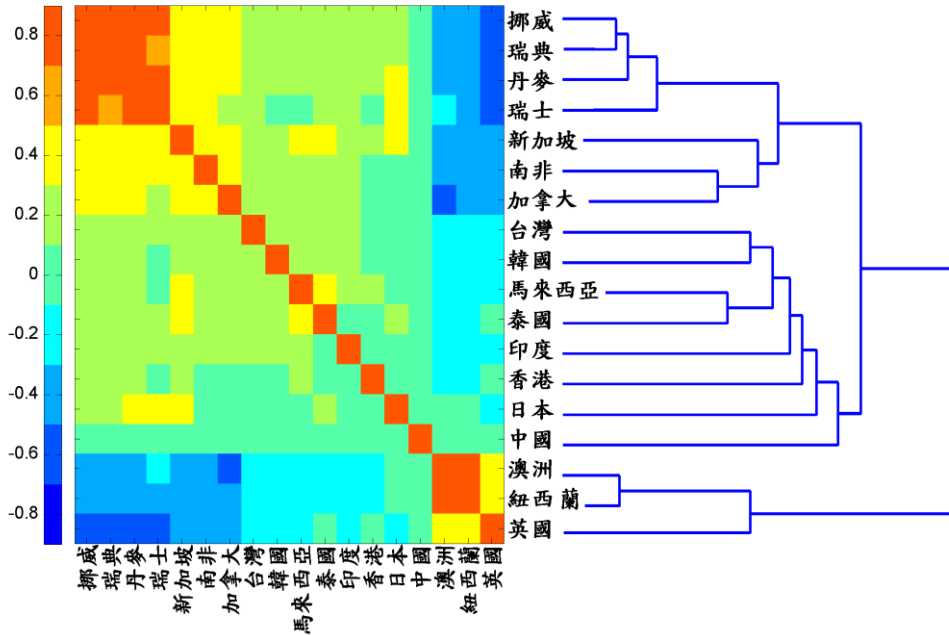


Fig5. 17 個國家匯率間的皮爾森相關係數

結果發現，挪威、瑞典、丹麥、瑞士之間國家匯率價格的變化量具有高相關性( $r > 0.8$ )以及澳洲、紐西蘭、英國之間國家匯率價格的變化量具有高相關性( $r > 0.8$ )，而其他國家間關聯性低普遍介於 0.2 到負 0.2 之間。

### 4.2.3 Detrended Fluctuation Analysis (DFA)分析結果

在 DFA 分析結果顯示，各國家匯率價格變化量具有  $\alpha \sim 0.5$ ，類似隨機漫

步走勢的特性，各匯率市場呈現效率市場的特性，結果如下：

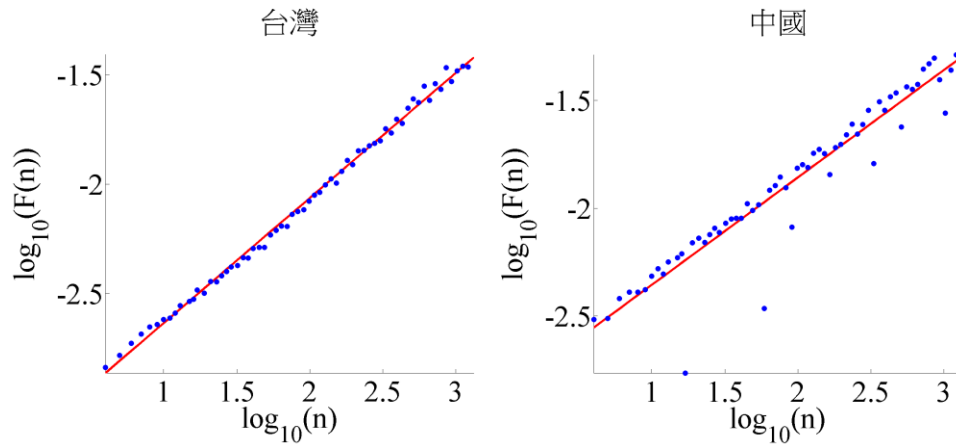


Fig6. 台灣和中國 DFA 分析結果之  $\log_{10}(n)$ - $\log_{10}(F(n))$ 作圖，紅線斜率即為  $\alpha$  值。

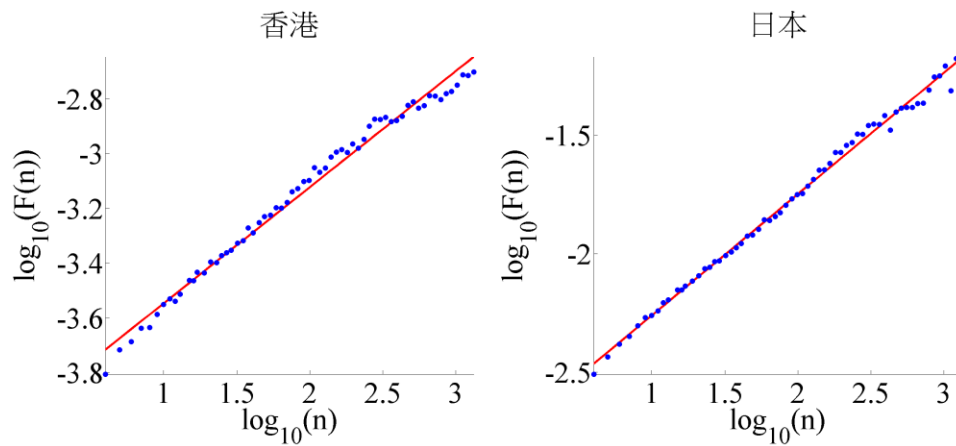


Fig7. 香港和日本 DFA 分析結果之  $\log_{10}(n)$ - $\log_{10}(F(n))$ 作圖，紅線斜率即為  $\alpha$  值。

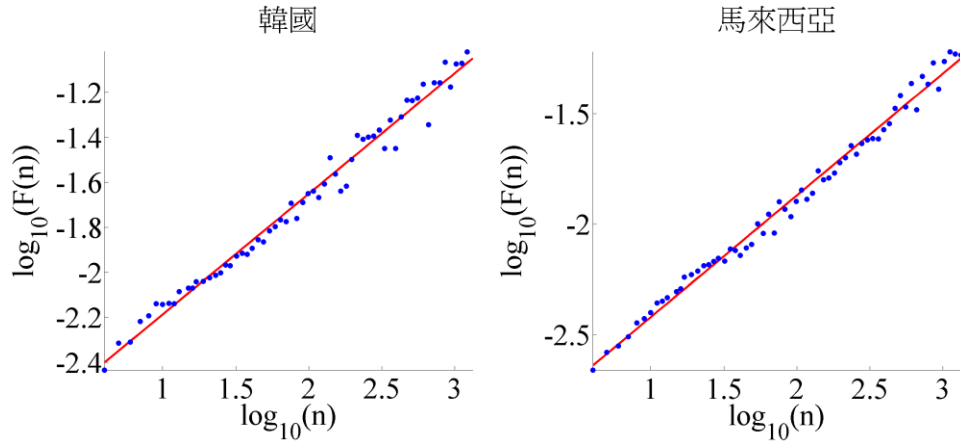


Fig8. 韓國和馬來西亞 DFA 分析結果之  $\log_{10}(n)$ - $\log_{10}(F(n))$  作圖，紅線斜率即為  $\alpha$  值。

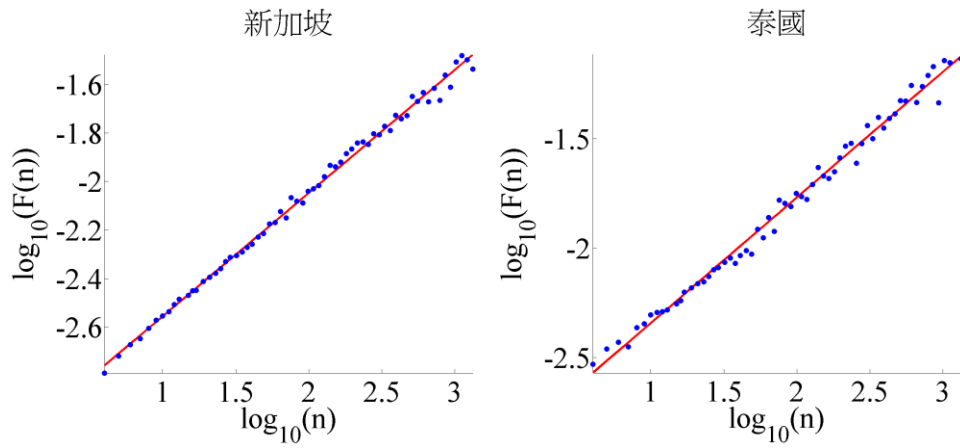


Fig9. 新加坡和泰國 DFA 分析結果之  $\log_{10}(n)$ - $\log_{10}(F(n))$  作圖，紅線斜率即為  $\alpha$  值。

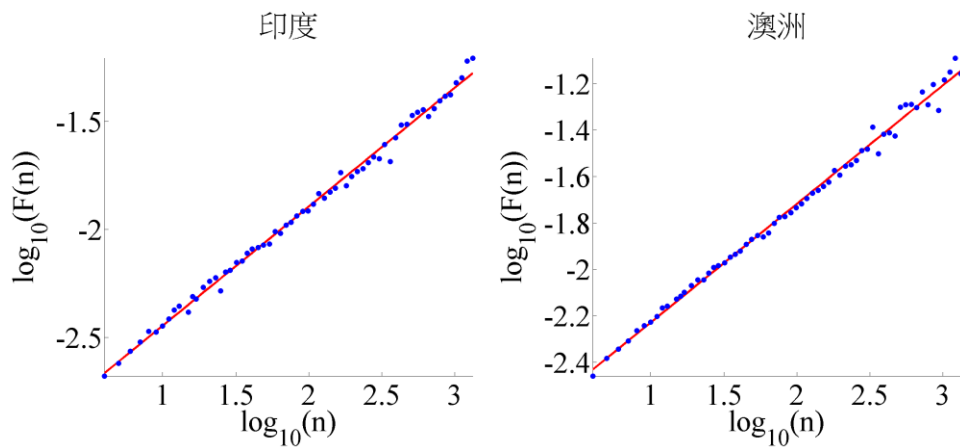


Fig10. 印度和澳洲 DFA 分析結果之  $\log_{10}(n)$ - $\log_{10}(F(n))$  作圖，紅線斜率即為  $\alpha$  值。



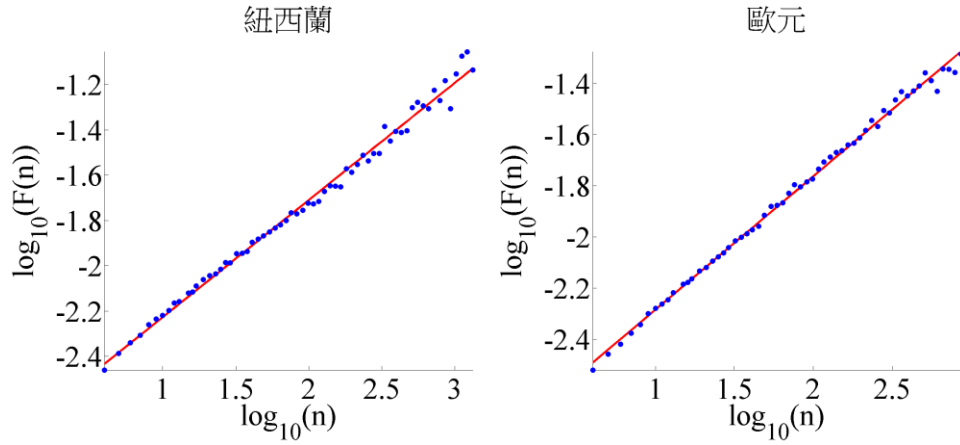


Fig11. 紐西蘭和歐元 DFA 分析結果之  $\log_{10}(n)$ - $\log_{10}(F(n))$  作圖，紅線斜率即為  $\alpha$  值。

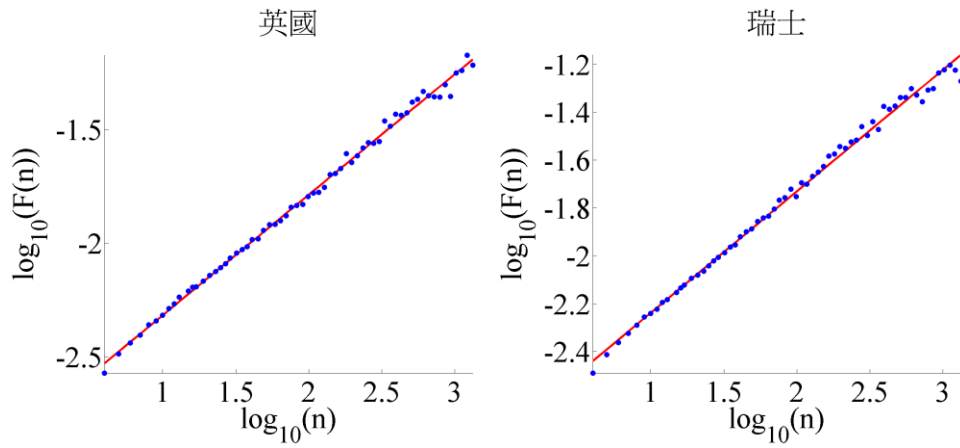


Fig12. 英國和瑞士 DFA 分析結果之  $\log_{10}(n)$ - $\log_{10}(F(n))$  作圖，紅線斜率即為  $\alpha$  值。

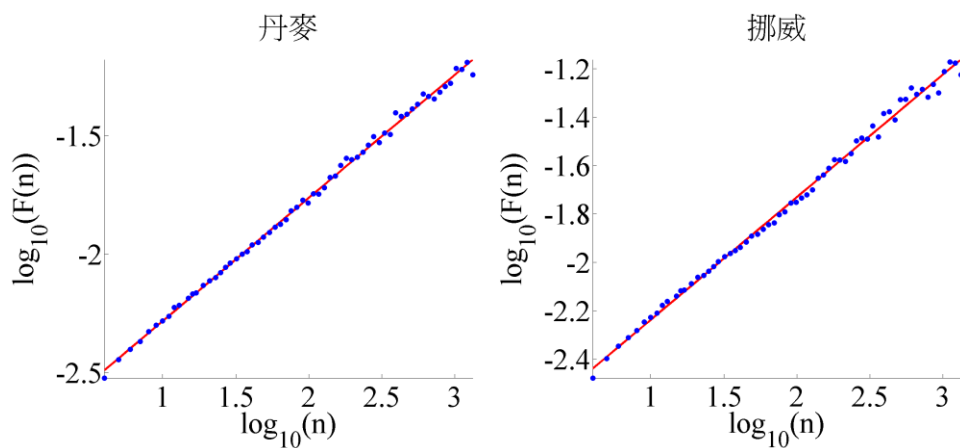


Fig13. 丹麥和挪威 DFA 分析結果之  $\log_{10}(n)$ - $\log_{10}(F(n))$  作圖，紅線斜率即為  $\alpha$  值。

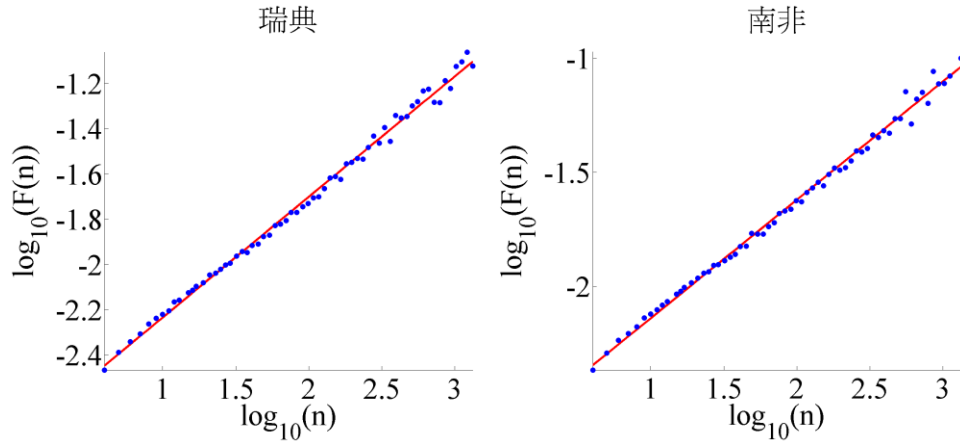


Fig14. 瑞典和南非 DFA 分析結果之  $\log_{10}(n)$ - $\log_{10}(F(n))$  作圖，紅線斜率即為  $\alpha$  值。

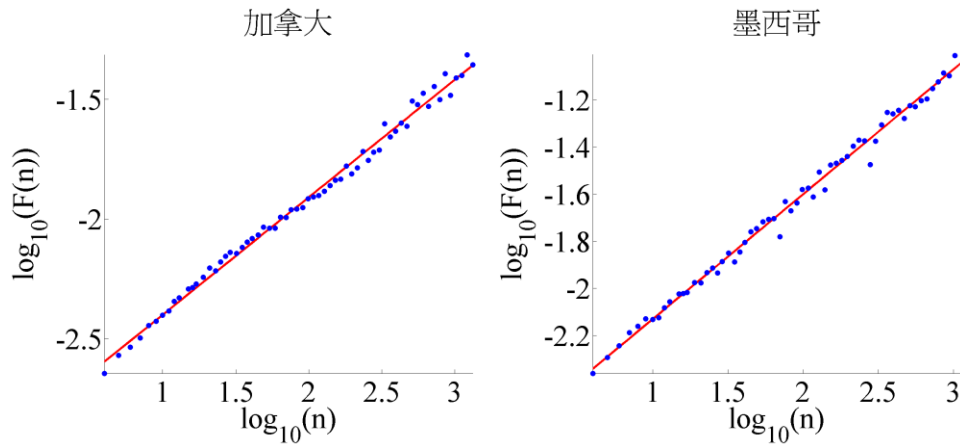


Fig15. 加拿大和墨西哥 DFA 分析結果之  $\log_{10}(n)$ - $\log_{10}(F(n))$  作圖，紅線斜率即為  $\alpha$  值。

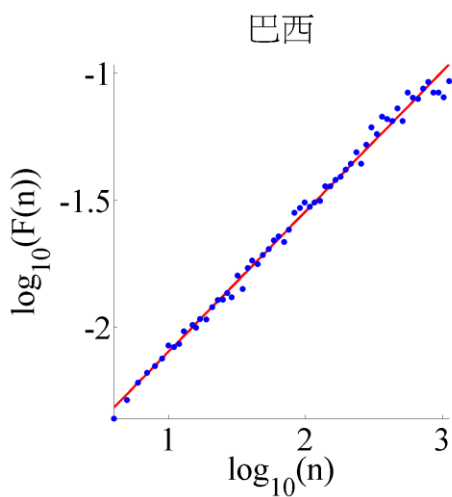


Fig16. 巴西 DFA 分析結果之  $\log_{10}(n)$ - $\log_{10}(F(n))$  作圖，紅線斜率即為  $\alpha$  值。

|          |       |       |       |       |       |              |       |       |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|
| 國家       | 台灣    | 中國    | 香港    | 日本    | 韓國    | 馬來西亞         | 新加坡   | 泰國    |
| $\alpha$ | 0.571 | 0.498 | 0.424 | 0.511 | 0.536 | 0.550        | 0.508 | 0.573 |
| 國家       | 印度    | 澳洲    | 紐西蘭   | 歐元區   | 英國    | 瑞士           | 丹麥    | 挪威    |
| $\alpha$ | 0.551 | 0.510 | 0.517 | 0.522 | 0.530 | 0.507        | 0.520 | 0.507 |
| 國家       | 瑞典    | 南非    | 加拿大   | 墨西哥   | 巴西    | 全體平均         |       |       |
| $\alpha$ | 0.532 | 0.519 | 0.490 | 0.531 | 0.552 | 0.522±0.0317 |       |       |

表 5.21 個國家匯率的  $\alpha$  值

$\alpha$  值最高為泰國的 0.573， $\alpha$  值最低為香港的 0.424，全體  $\alpha$  平均值為 0.522 呈現白噪音(White Noise)的特性。

#### 4.2.4 多尺度熵分析法(Multiscale Entropy , MSE)分析結果

各國匯率價格變化量的 MSE 對尺度因子之關係圖 (藍線)，收益率序列

隨機打亂一千次的平均 MSE (紅線)，結果如下圖：

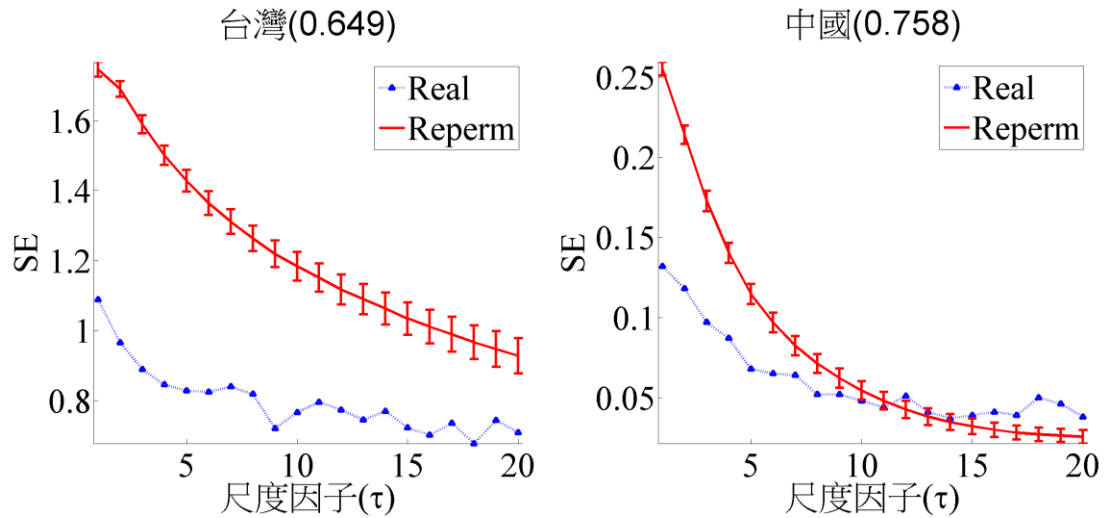


Fig17. 台灣和中國 MSE 分析結果，藍色線為指數收益率序列(R)之 MSE 分析結果，紅色線

則指數收益率序列(R)順序經過重新隨機排列之 MSE 分析結果。

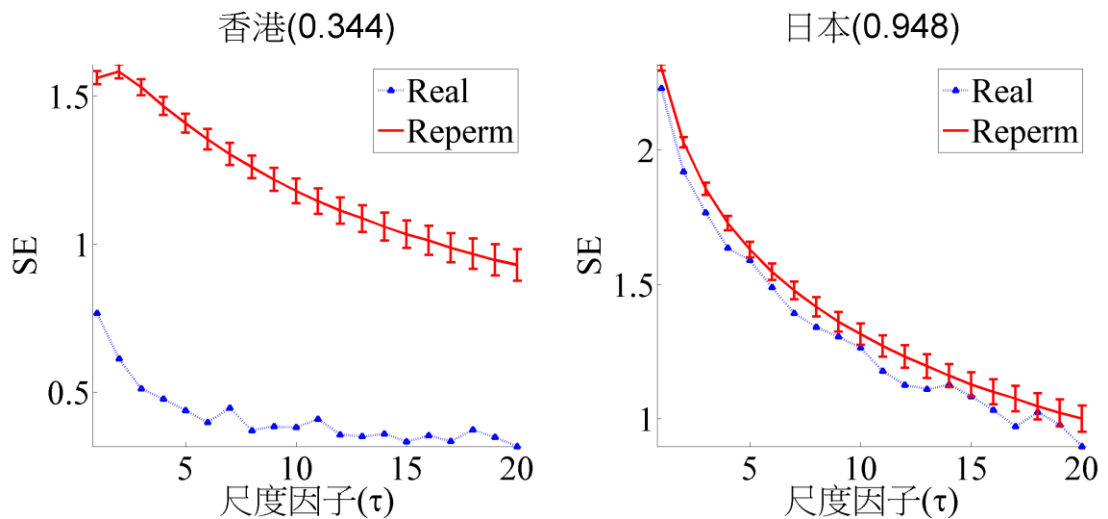


Fig18. 香港和日本 MSE 分析結果，藍色線為指數收益率序列(R)之 MSE 分析結果，紅色線

則指數收益率序列(R)順序經過重新隨機排列之 MSE 分析結果。

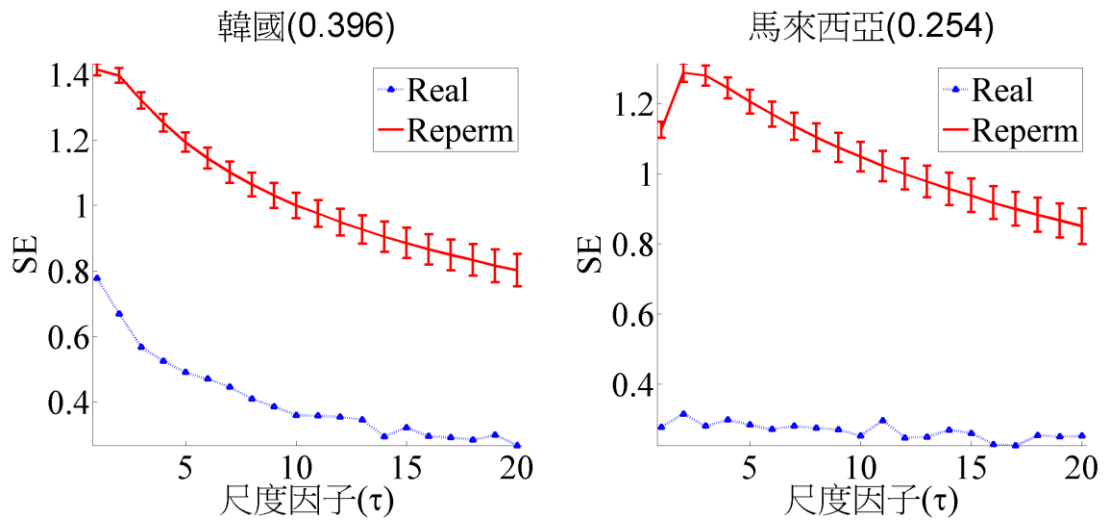


Fig19. 韓國和馬來西亞 MSE 分析結果，藍色線為指數收益率序列(R)之 MSE 分析結果，紅色線則指數收益率序列(R)順序經過重新隨機排列之 MSE 分析結果。

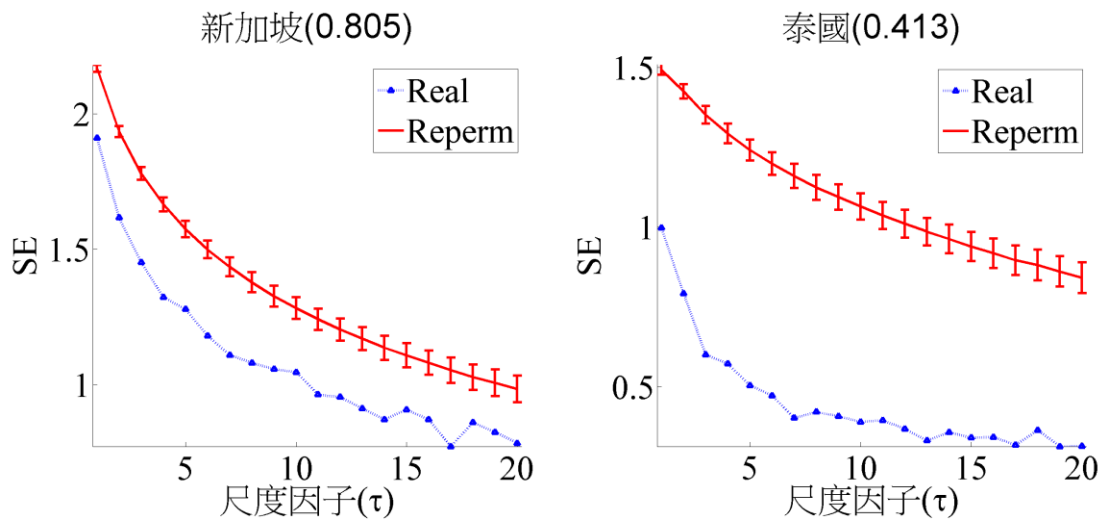


Fig20. 新加坡和泰國 MSE 分析結果，藍色線為指數收益率序列(R)之 MSE 分析結果，紅色線則指數收益率序列(R)順序經過重新隨機排列之 MSE 分析結果。

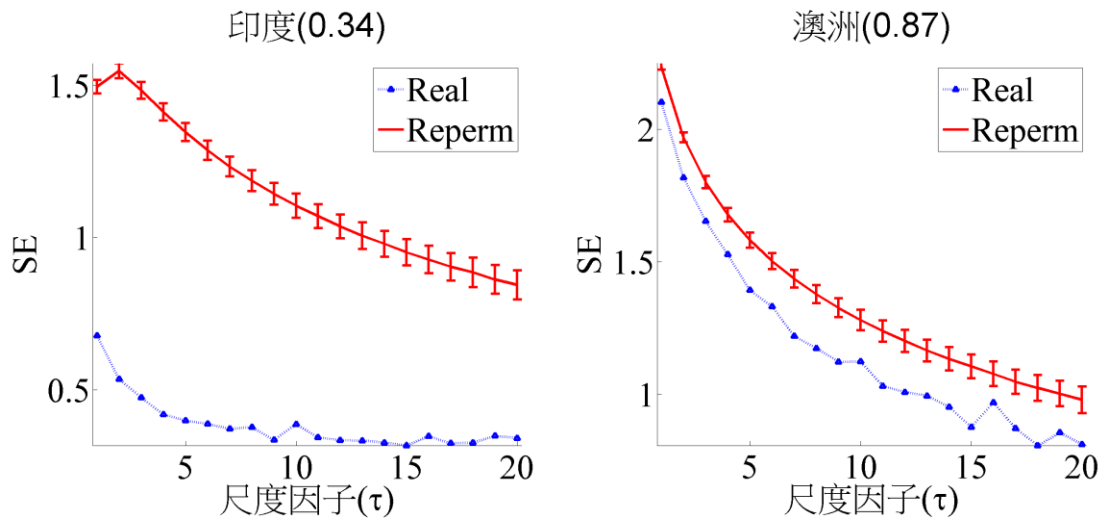


Fig21. 印度和澳洲 MSE 分析結果，藍色線為指數收益率序列(R)之 MSE 分析結果，紅色線

則指數收益率序列(R)順序經過重新隨機排列之 MSE 分析結果。

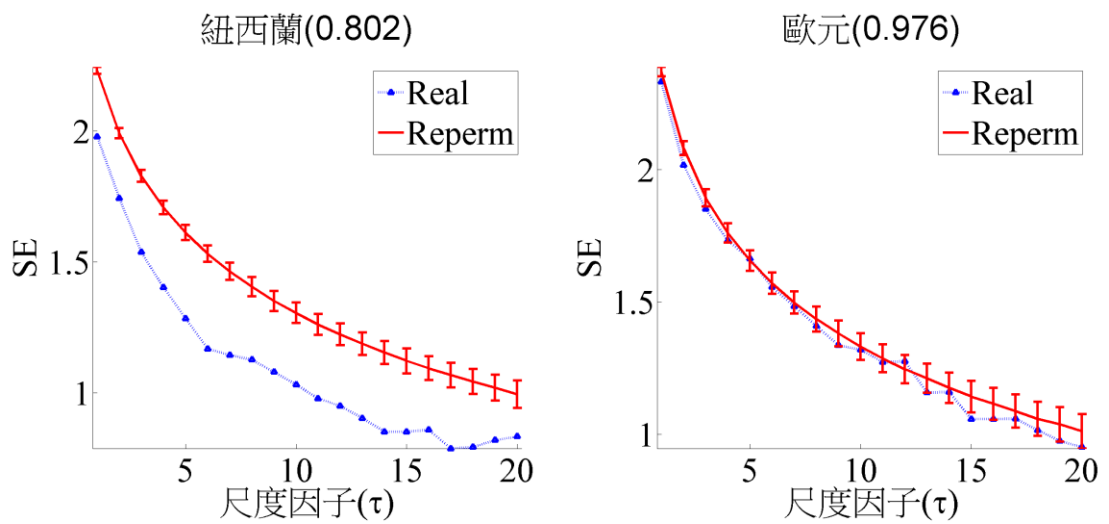


Fig22. 紐西蘭和歐元 MSE 分析結果，藍色線為指數收益率序列(R)之 MSE 分析結果，紅色

線則指數收益率序列(R)順序經過重新隨機排列之 MSE 分析結果。

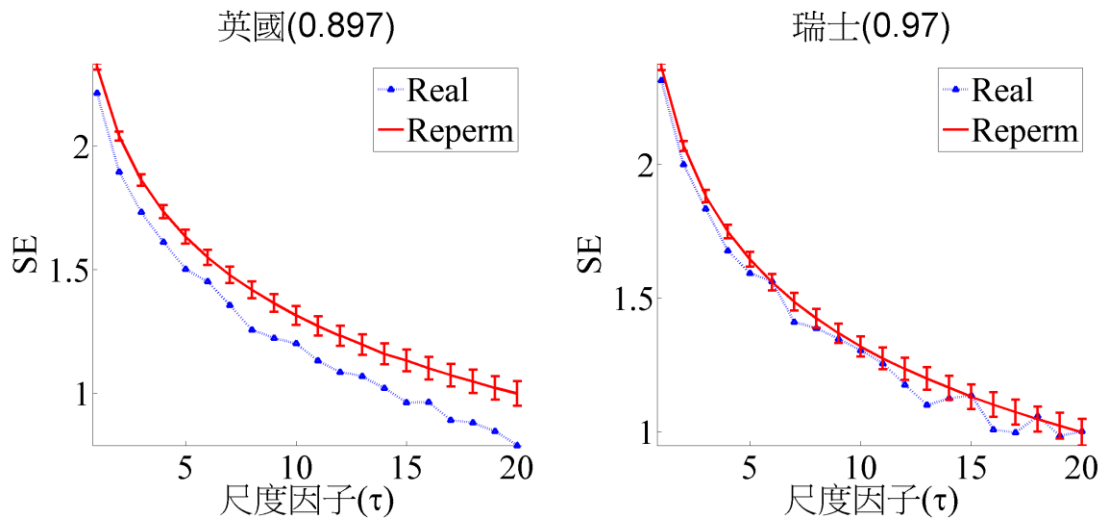


Fig23. 英國和瑞士 MSE 分析結果，藍色線為指數收益率序列(R)之 MSE 分析結果，紅色線

則指數收益率序列(R)順序經過重新隨機排列之 MSE 分析結果。

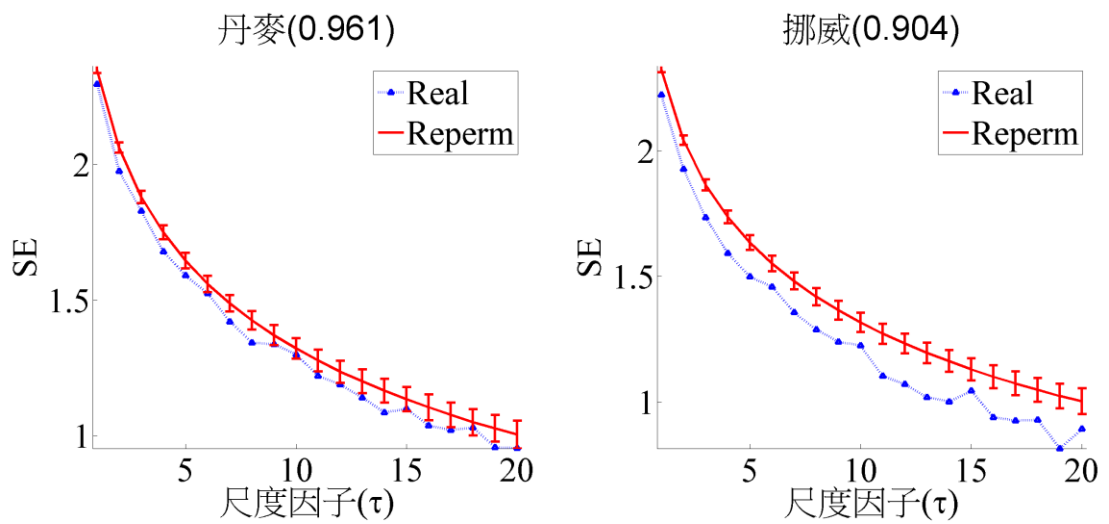


Fig24. 丹麥和挪威 MSE 分析結果，藍色線為指數收益率序列(R)之 MSE 分析結果，紅色線

則指數收益率序列(R)順序經過重新隨機排列之 MSE 分析結果。

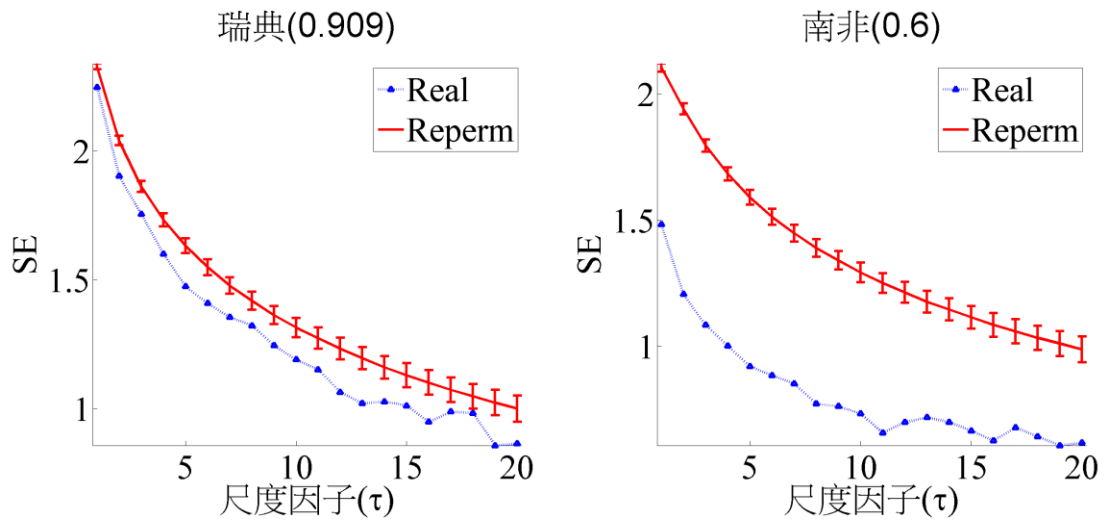


Fig25. 瑞典和南非 MSE 分析結果，藍色線為指數收益率序列(R)之 MSE 分析結果，紅色線

則指數收益率序列(R)順序經過重新隨機排列之 MSE 分析結果。

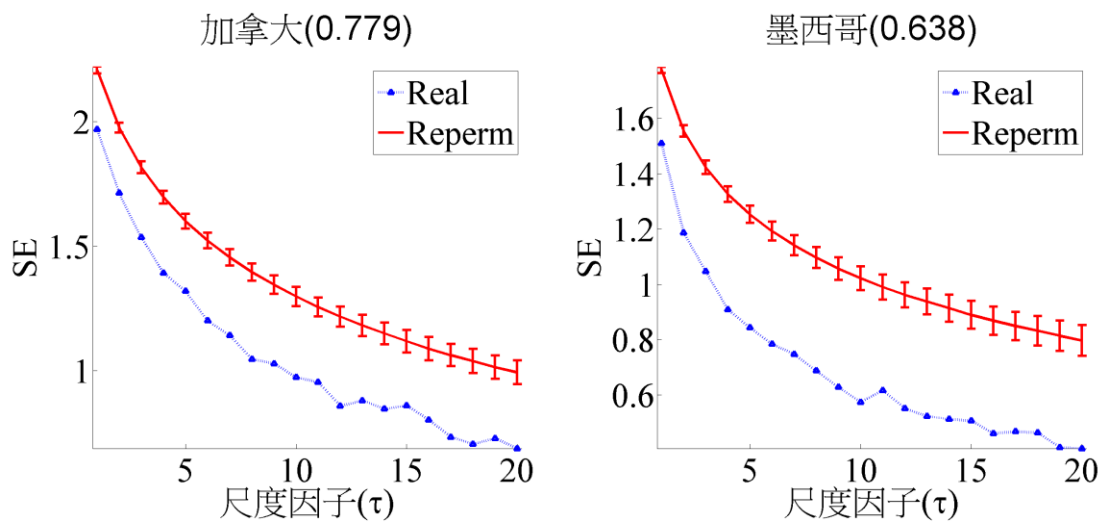


Fig26. 加拿大和墨西哥 MSE 分析結果，藍色線為指數收益率序列(R)之 MSE 分析結果，紅

色線則指數收益率序列(R)順序經過重新隨機排列之 MSE 分析結果。



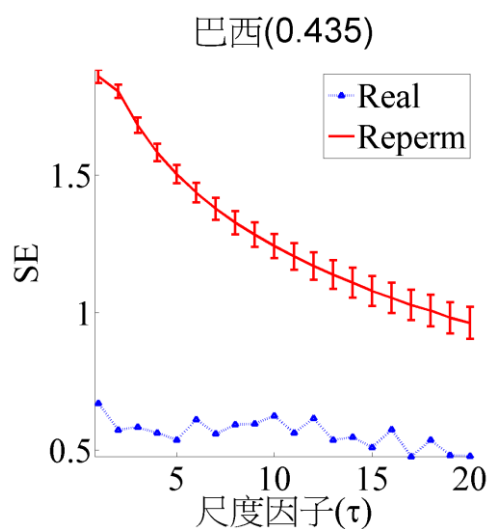


Fig27. 巴西 MSE 分析結果，藍色線為指數收益率序列(R)之 MSE 分析結果，紅色線則指數收益率序列(R)順序經過重新隨機排列之 MSE 分析結果。

|          |       |       |       |       |       |             |       |       |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| 國家       | 台灣    | 中國    | 香港    | 日本    | 韓國    | 馬來西亞        | 新加坡   | 泰國    |
| <b>K</b> | 0.649 | 0.758 | 0.344 | 0.948 | 0.396 | 0.254       | 0.805 | 0.413 |
| 國家       | 印度    | 澳洲    | 紐西蘭   | 歐元區   | 英國    | 瑞士          | 丹麥    | 挪威    |
| <b>K</b> | 0.340 | 0.870 | 0.802 | 0.976 | 0.897 | 0.970       | 0.961 | 0.904 |
| 國家       | 瑞典    | 南非    | 加拿大   | 墨西哥   | 巴西    | 全體平均        |       |       |
| <b>K</b> | 0.909 | 0.600 | 0.779 | 0.638 | 0.435 | 0.700±0.243 |       |       |

表 6. 各個國家的市場效率(K)

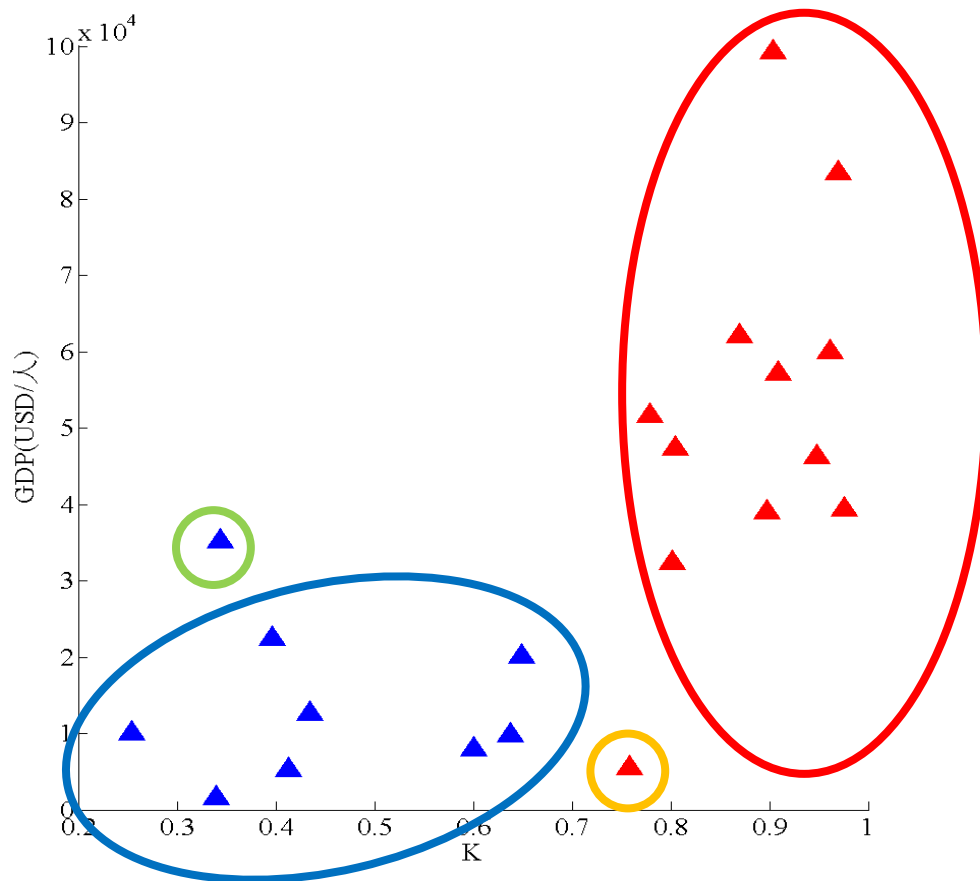


Fig 28. 人民年均 GDP 以及 K 值做圖

紅點為市場效率(K 值)大於 0.7；藍點為市場效率(K 值)小於 0.7，成熟市場為紅色圈的群體，新興市場為藍色圈的群體，綠色圈為香港，黃色圈為中國。新興市場的市場效率低(普遍在 0.7 以下)，成熟市場的市場效率高(普遍在 0.7 以上)，香港 1997 年前屬於成熟市場國家英國領地，因此有著較高的經濟發展，採取固定匯率使其市場效率較低。中國在數據統計期間內主要採取採『爬行釘住匯率』，因此美元兌人民幣的變化量長期皆為 0，具有較低的 SE 值，長期變化量為 0 的特性，即使經過重新打亂排序後的 SE 值依然較小，導致在計算 K 值產生較大的誤差。

#### 4.2.5 語言學分析法(Linguistic Analysis , LA)分析結果

LA分析各個國家價格的變化量轉換為以字母0、1、2所組成的符號序列，

當單字長度為5和單字長度為6時的特性，結果如下：

##### 4.2.5.1

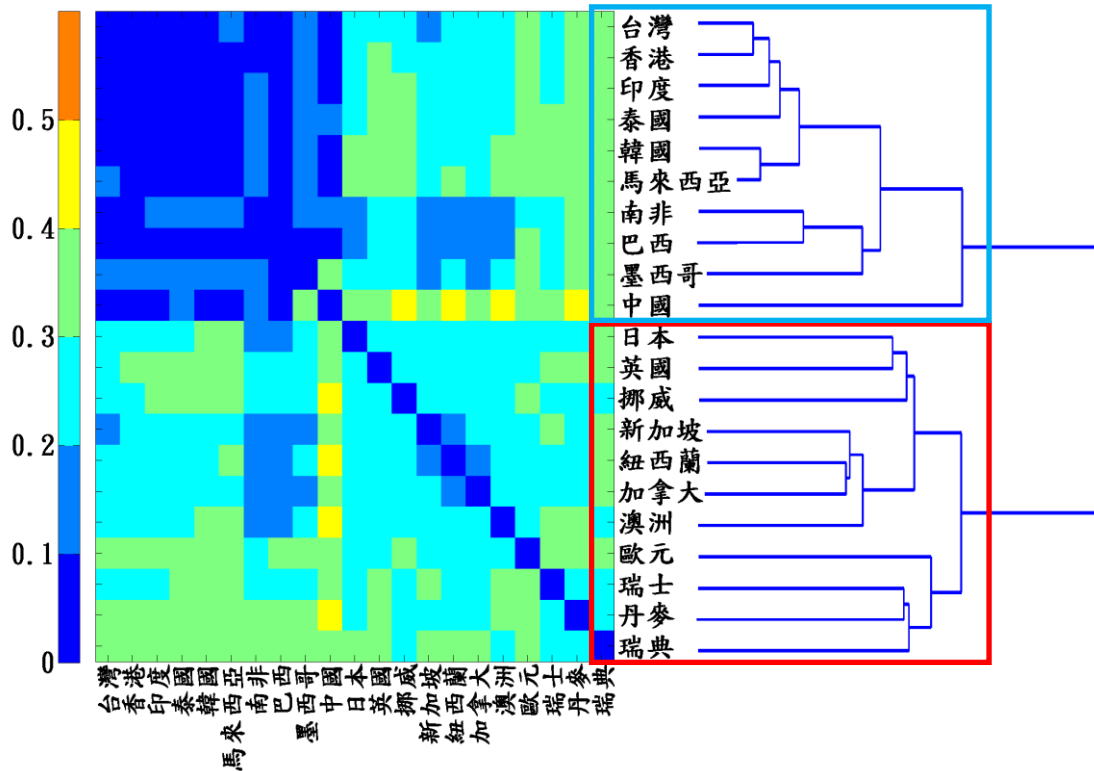


Fig 29. 21 個國家匯率間 LA 分析結果,  $m=5$ 、 $r=0.15$

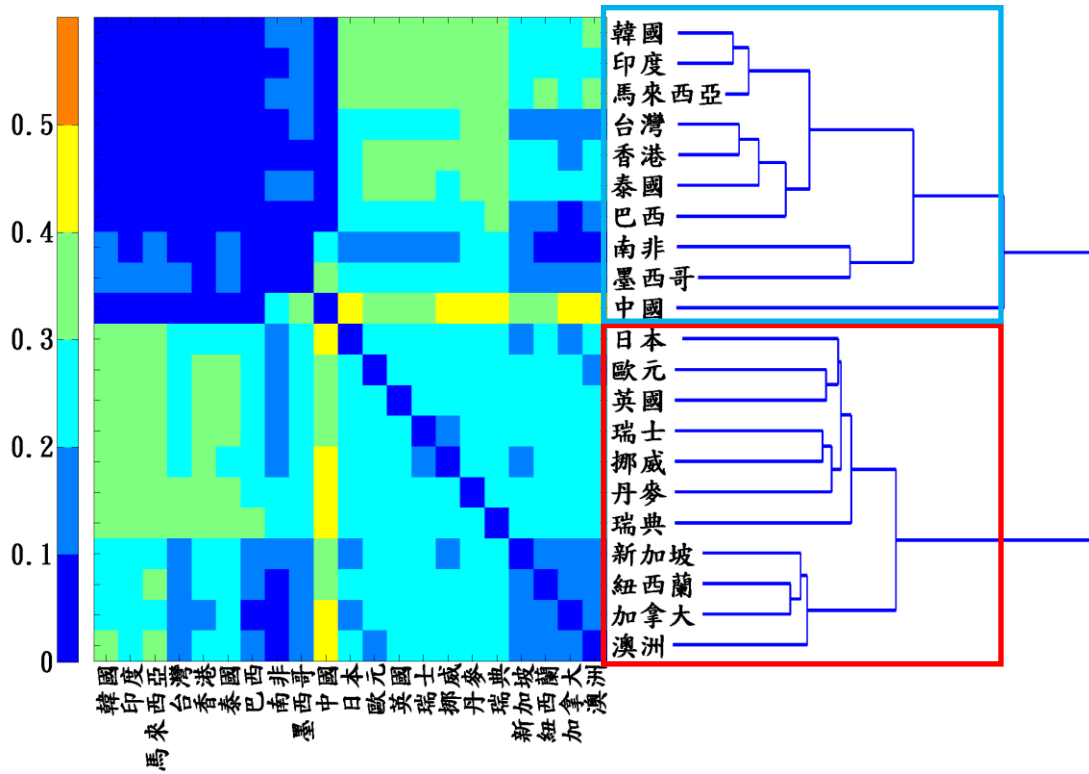


Fig 30. 21 個國家匯率間 LA 分析結果,  $m=6$ 、 $r=0.15$

在 Fig 29.、Fig 30. 結果，在不同的單字長度下，同樣可以透過集群的方式分出兩個相同的群體，新興市場(藍色方框)國家匯率價格變化量具有相似的特性，成熟市場(紅色方框) 國家匯率價格變化量具有相似的特性。

#### 4.2.5.2 顯著性的檢驗結果

各國家匯率價格的變化量在經過 LA 分析所分出的兩個群體是否具有顯著的意義，因此統計各國家匯率價格的變化量經過 LA 分析的  $D_m$  分布和統計各國家匯率價格的變化量打亂重新排列經過 LA 分析的  $D_m$  分布，結果如下：

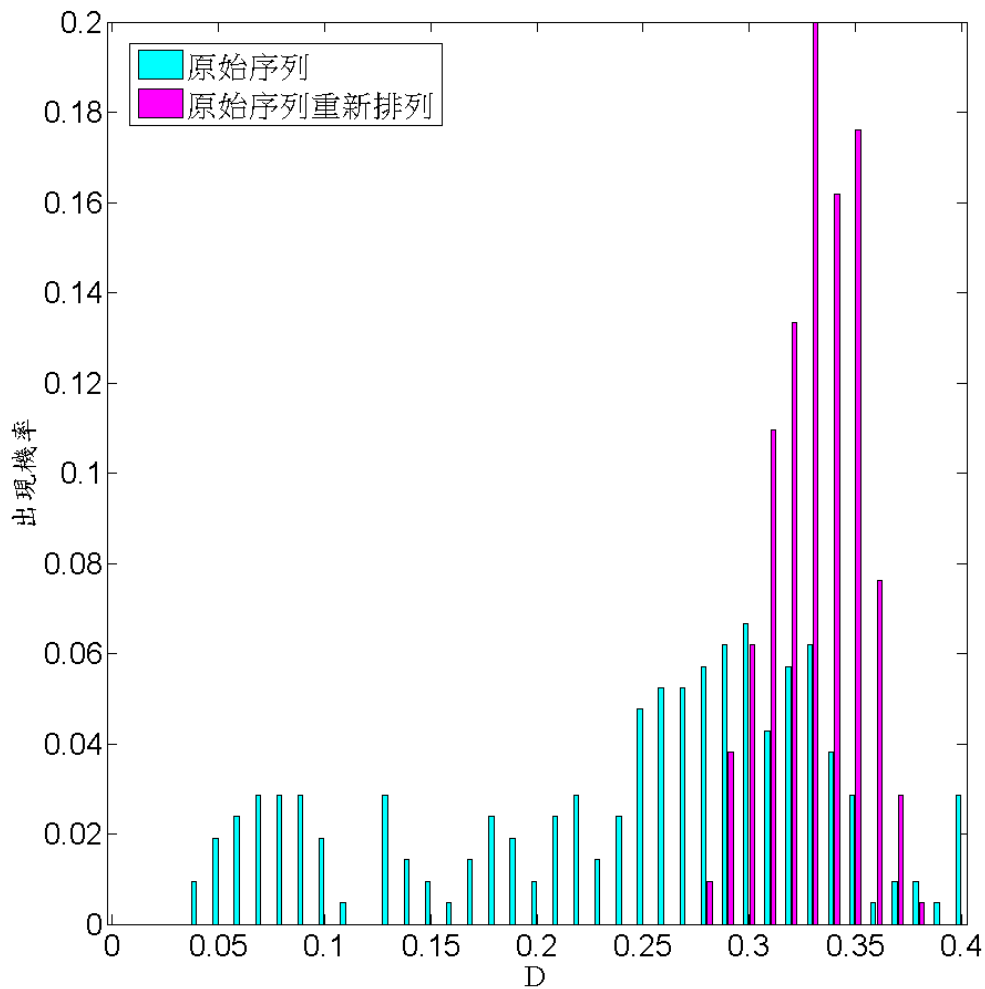


Fig 31. 分析結果,  $m=5$ 、 $r=0.15$

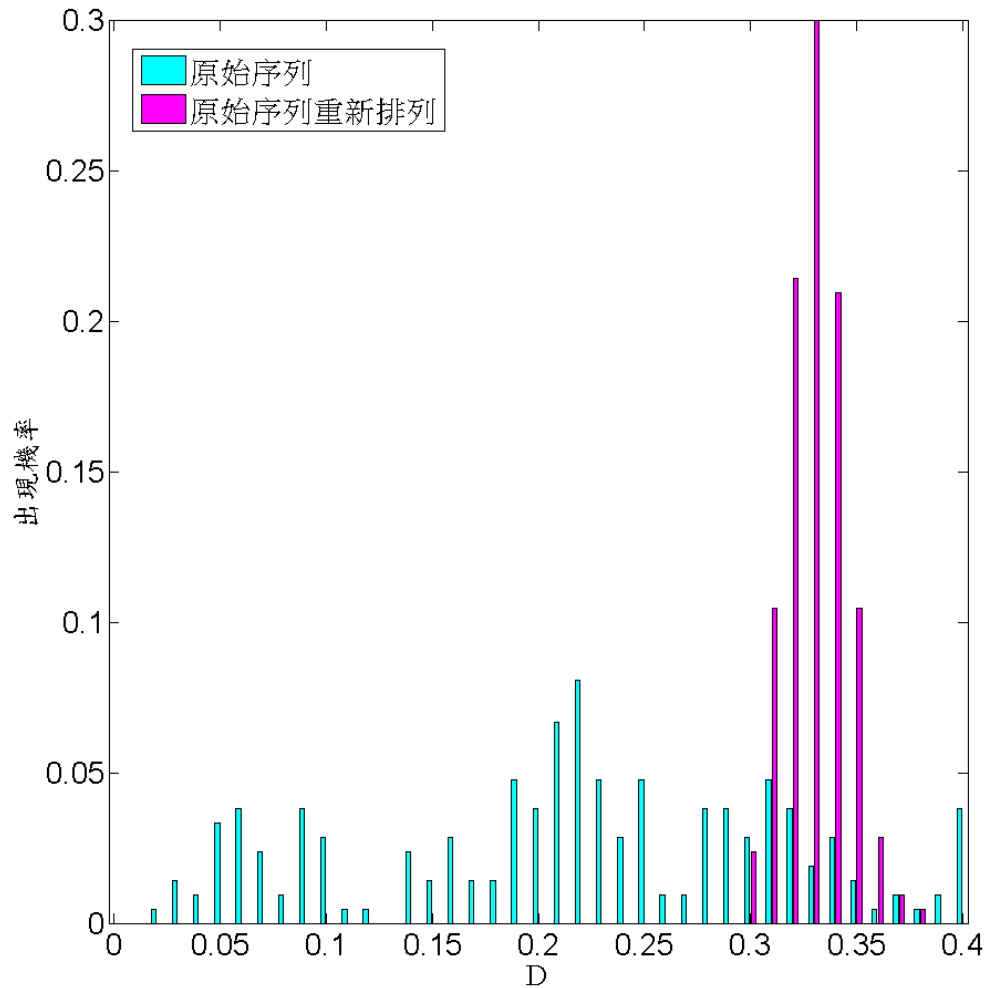


Fig 32. 分析結果,  $m=6$ 、 $r=0.15$

原始序列為各國家匯率價格的變化量經過 LA 分析並統計國家間的  $D_m$  分布，原始序列重新排列為各國家匯率價格的變化量打亂重新排列經過 LA 分析並統計  $D_m$  分布。除了不同國家間的  $D_m$  值計算，國家與其本身的  $D_m$  值也會計算， $D_m$  值必然為 0，因此在這部分的檢驗中，則不列入統計。

Fig 31 單字長度為 5 結果顯示兩經過重新排列序列  $D_m$  值分布於  $0.33 \pm 0.5$  間，原始序列之  $D_m$  值分布於 0.04 至 0.4 之間，遠比重新排列後的分佈寬且

集中於 0.3 以下，因此可以驗證序列間的排列順序是有意義的。Fig 32 當

單字長度為 6 時呈現一致性的結果。

#### 4.2.5.3

進一步分別統計成熟市場國家的  $D_m$  分布與新興市場國家的  $D_m$  分布，

結果如下：

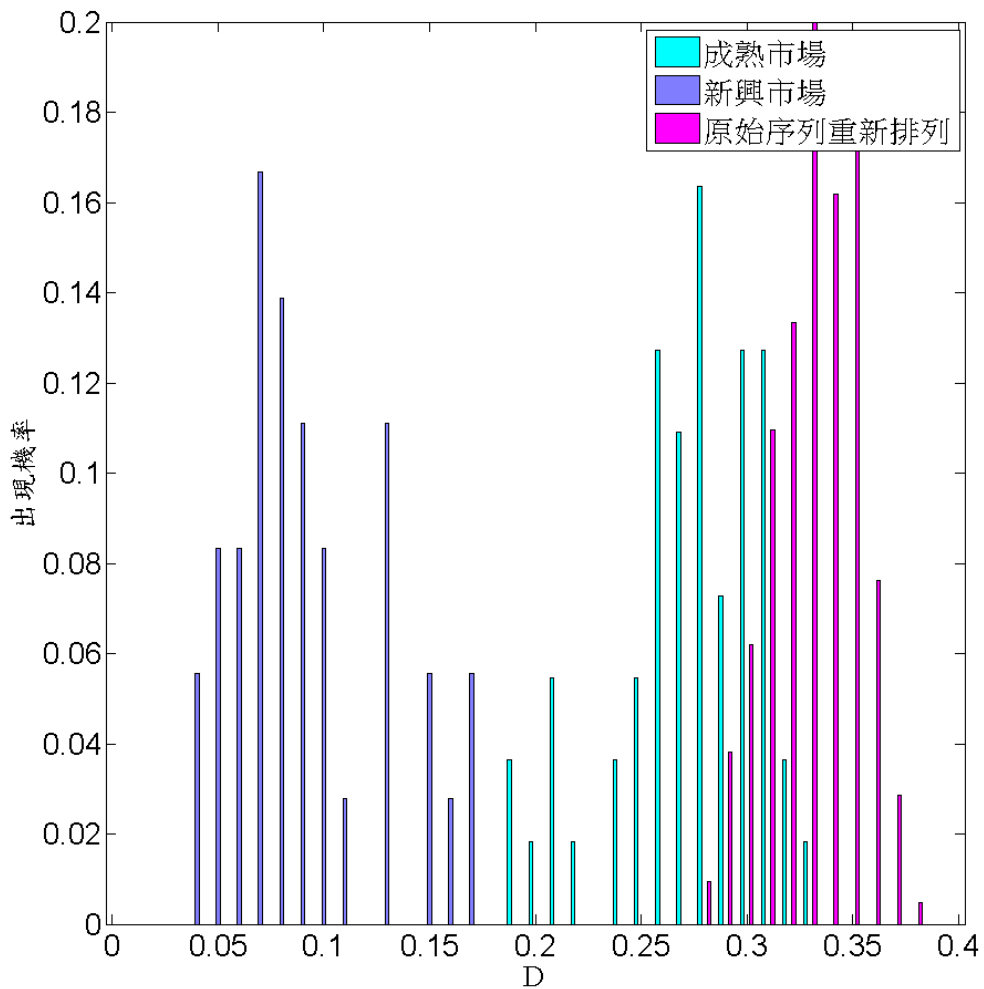


Fig 33. 成熟市場、新興市場和原始序列重新排列個群體間  $D_m$  直方圖， $m=5$ 、 $r=0.15$

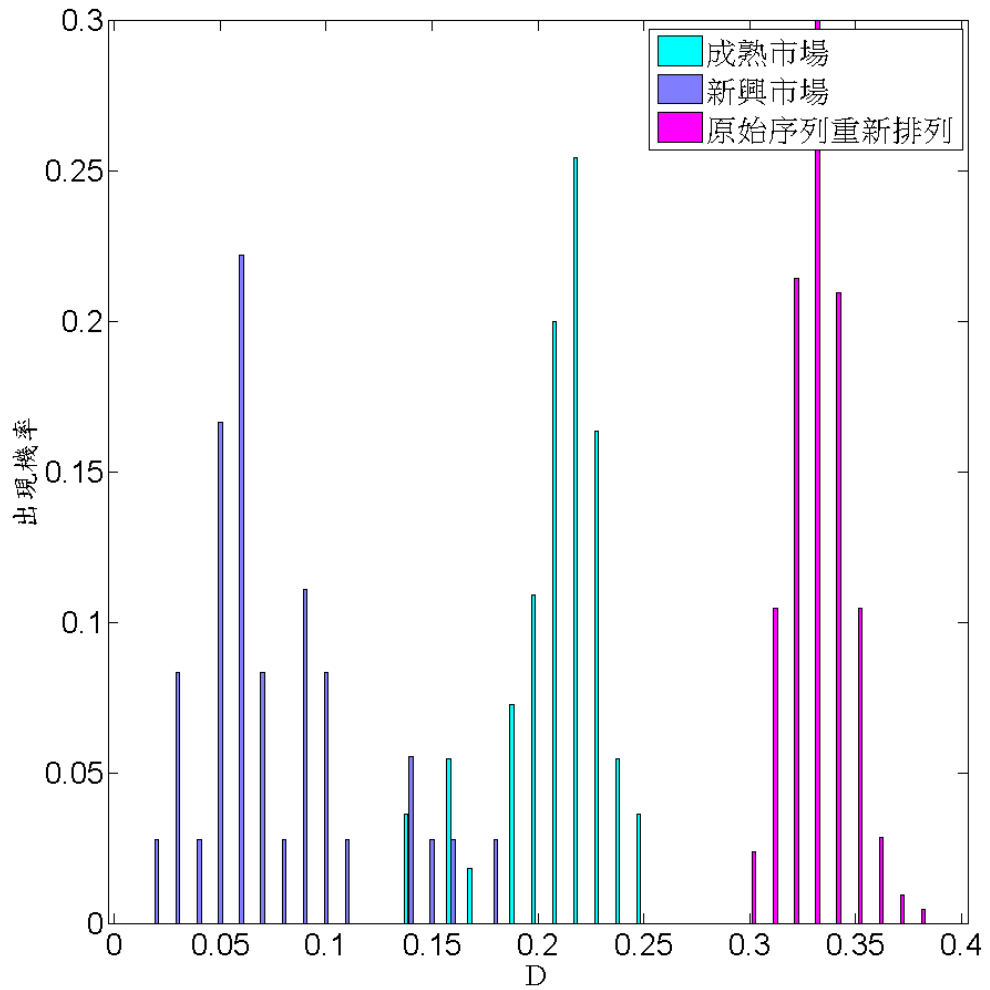


Fig 34. 成熟市場、新興市場和原始序列重新排列個群體間  $D_m$  直方圖,  $m=6$ 、 $r=0.15$

當單字長度為 5 和 6 同樣可以觀察到新興市場國家間匯率價格變化量較為相似，而成熟市場國家間匯率價格的變化量相似程度低於新興市場，但仍高於隨機重排之序列。



#### 4.2.5.3 特徵單字

MSE 和 LA 不同的分析方法同樣歸類出兩個群體，LA 可得到成熟市

場和新興市場分別的常見模式，結果如下：

| 名次 | 新興市場      | 實際走勢      | 成熟市場      | 實際走勢      |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1  | 0 0 0 1 2 | 跌 跌 跌 平 漲 | 2 0 1 0 1 | 漲 跌 平 跌 平 |
| 2  | 0 1 2 0 0 | 跌 平 漲 跌 跌 | 2 2 1 2 0 | 漲 漲 平 漲 平 |
| 3  | 0 1 2 2 2 | 跌 平 漲 漲 漲 | 2 1 1 2 1 | 漲 平 平 漲 平 |
| 4  | 0 0 1 2 2 | 跌 跌 平 漲 漲 | 2 1 1 1 1 | 漲 平 平 平 平 |
| 5  | 1 0 2 0 2 | 平 跌 漲 跌 漲 | 2 1 0 1 1 | 漲 平 跌 平 平 |

表 7. 新興市場與成熟市場的特徵單字

美元兌新興市場國家的價格變化序列以[ 跌 跌 跌 平 漲 ]的單字(模式)是最常出現的；美元兌成熟市場國家則是以[ 漲 跌 平 跌 平 ]是最常出現，從先前的結果可以得知新興市場國家匯率普遍具有市場效率低的特性且具有高度的相似性，使得特徵單字提供了人們戰勝市場的可能性，例如在當連三天美元兌新興市場大跌後回穩一天，則第五天有較高的機會上漲。

#### 4.2.6 分段檢驗 MSE 分析結果

金融系統的特性長期並非是一個穩定的狀態，因此為了瞭解金融系統隨時間的變化，透過幾個全球性的重大金融事件將數列分成三段：第一段 1990/01/04-1997/07/02 亞洲金融風暴前、第二段 1997/07/03-2008/09/15 美國次貸風暴前和第三段 2008/09/16-2012/10/31。

|    |       |       |       |       |       |              |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|
| 國家 | 台灣    | 中國    | 香港    | 日本    | 韓國    | 馬來西亞         | 新加坡   | 泰國    |
| K  | 0.711 | 1.177 | 0.445 | 0.988 | 0.733 | 0.759        | 0.81  | 0.327 |
| 國家 | 印度    | 澳洲    | 紐西蘭   | 歐元區   | 英國    | 瑞士           | 丹麥    | 挪威    |
| K  | 0.293 | 0.954 | 0.906 | 0     | 0.836 | 0.989        | 0.938 | 0.898 |
| 國家 | 瑞典    | 南非    | 加拿大   | 墨西哥   | 巴西    | 全體平均         |       |       |
| K  | 0.876 | 0.709 | 0.897 | 0.269 | 0.214 | 0.701±0.3149 |       |       |

表 8. 1997 亞洲金融風暴前各國家的 K 值

|    |       |       |       |       |       |              |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|
| 國家 | 台灣    | 中國    | 香港    | 日本    | 韓國    | 馬來西亞         | 新加坡   | 泰國    |
| K  | 0.673 | 0.096 | 0.274 | 0.953 | 0.597 | 0.114        | 0.861 | 0.586 |
| 國家 | 印度    | 澳洲    | 紐西蘭   | 歐元區   | 英國    | 瑞士           | 丹麥    | 挪威    |
| K  | 0.453 | 0.997 | 0.995 | 1.023 | 0.995 | 1.008        | 0.997 | 0.962 |
| 國家 | 瑞典    | 南非    | 加拿大   | 墨西哥   | 巴西    | 全體平均         |       |       |
| K  | 1.016 | 0.767 | 0.928 | 0.877 | 0.536 | 0.748±0.3041 |       |       |

表 9. 1997 亞洲金融風暴後到 2008 美國次貸危機前各國家的 K 值

|    |       |       |       |       |       |              |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|
| 國家 | 台灣    | 中國    | 香港    | 日本    | 韓國    | 馬來西亞         | 新加坡   | 泰國    |
| K  | 0.869 | 0.406 | 0.419 | 0.819 | 0.582 | 0.946        | 0.82  | 0.949 |
| 國家 | 印度    | 澳洲    | 紐西蘭   | 歐元區   | 英國    | 瑞士           | 丹麥    | 挪威    |
| K  | 0.896 | 0.789 | 0.856 | 0.923 | 0.813 | 0.907        | 0.936 | 0.831 |
| 國家 | 瑞典    | 南非    | 加拿大   | 墨西哥   | 巴西    | 全體平均         |       |       |
| K  | 0.843 | 0.843 | 0.723 | 0.763 | 0.769 | 0.795±0.1528 |       |       |

表 10. 2008 美國次貸危機後各國家的 K 值

|      | 1997 亞洲金融風暴前 | 1997 亞洲金融風暴後到<br>2008 美國次貸危機前 | 2008 美國次貸危機後 |
|------|--------------|-------------------------------|--------------|
| 新興市場 | 0.496±0.230  | 0.542±0.237                   | 0.782±0.177  |
| 國家市場 | 0.827±0.280  | 0.976±0.048                   | 0.842±0.062  |

表 11. 分別平均各段新興市場與成熟市場的 K 值(不含中國)

分段後 MSE 的結果可以觀察到新興市場的效率逐步提升，而成熟市場在美國次貸風暴後效率大幅度下降。

## 第五章·結論

本文主要以 21 國兌美元匯率之指數收益率為研究對象，利用多尺度熵(MSE)和語言分析(LA)探討外匯市場的效率。由上一章的結果可以歸納出下列幾點結論：

1.DFA 的分析結果，無論新興市場或成熟市場皆具有效率市場價格變化量呈現隨機漫步走勢的特性。

2.MSE 的分析結果，成熟市場具有效率市場的特性；新興市場則不具有效率市場的特性。

3.皮爾森相關係數的分析結果，特定群體間具有高相關性，進一步在 LA 的分析結果，成熟市場和新興市場各群集內國家匯率彼此間的相似度高；新興市場國家匯率彼此間的相似度則高於成熟市場。

4.成熟市場的效率高於新興市場推測成熟市場央行主要採取自由浮動匯率所致；新興市場央行主要採取管理浮動匯率，然而其中韓國、巴西、墨西哥央行雖然採取自由浮動匯率，但效率卻較成熟市場低；在其他研究中也表明韓國雖然採取自由浮動匯率但浮動程度低(許少強 2007)。

5. 新興市場效率的逐步提升，推測和多數央行(如：台灣、韓國、泰國)在 1997 年後逐漸放鬆對匯率市場管制有關，而成熟市場在次貸風暴後該國央行一系列的策略有關。

## 參考文獻

- Adrian Wai-Kong Cheung, Jen-Je Su, Astrophel Kim Choo, *Are exchange rates serially correlated? New evidence from the Euro FX markets*, *Review of Financial Economics* , **21(1)**, 14–20(2012).
- Aroskar, R., Sarkar, S.K., Swanson, P.E., *European foreign exchange market efficiency:evidence based on crisis and non-crisis periods*, *International Review of Financial Analysis*, **13(3)**, 333-347(2004).
- Albert C.-C. Yang, Shu-Shya Hseu, Huey-Wen Yien, Ary L. Goldberger, C.-K. Peng, *Linguistic Analysis of the Human Heartbeat Using Frequency and Rank Order Statistics*, *Phys Rev Lett* .**90**.108103 (2003).
- Costa M., Goldberger A.L., Peng C.-K. *Multiscale entropy analysis of physiologic time series*. *Phys Rev Lett*;**89**:068102(2002).
- Costa M., Goldberger A.L., Peng C.-K. *Multiscale entropy analysis of biological signals*. *Phys Rev E*;**71**:021906(2005)
- Eugene F. Fama, *The Behavior of Stock-Market Prices*, *Journal of Business*, **38(1)**, 34-105 (1965).
- Eugene F. Fama, *Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work*, *Journal of Finance* , **25(2)**, 383-417(1970).
- Eugene F. Fama, *Forward and Spot Exchange Rates*, *Journal of Monetary Economics*, **14(3)**, 319-38 (1984).
- Baillie, R. T., R. E. Lippens , P. C. McMahon, *Testing Rational Expectations and Efficiency in the foreign Exchange Market*, *Econometrica*, **51(3)**, 553-563(1983).
- Bong-Han, Kim, Hong-Ghi Min, Judy McDonald, Young-Soon Hwang, *Yen-synchronization of floating East Asian currencies: A regime-switching regression model and micro-structural analysis*, *Journal of the Japanese and International Economies* , **26(2)** , 221–232( 2012).

- Froot, K. A. and R. H. Thaler, *Anomalies: Foreign Exchange*, The Journal of Economic Perspectives, **4(3)** , 179-192(1990).
- Graham Elliott, Takatoshi Ito, *Heterogeneous expectations and tests of efficiency in the yen/dollar forward exchange rate market* ,Journal of Monetary Economics **43( 2)**, 435–456(1999)
- J. Wolberg. *Data Analysis Using the Method of Least Squares: Extracting the Most Information from Experiments*. Springer. ISBN 3-540-25674-1(2005).
- Lai, K. S. and M. Lai, *A Cointegration Test for Market Efficiency*, The Journal of Futures Markets, **11(5)**, 567-575(1991).
- Napolitano, O., "*The Efficiency Hypothesis and the Role of 'News' in the Euro/British Pound Exchange Rate Market: An Empirical Analysis Using Daily Data*", ESCR Research Centre on Micro-social Change, University of Essex, ECASS – European Centre for Analysis in the Social Science(2000).
- Peng C.K. , Havlin S , Stanley H.E ,Goldberger A.L, *Quantification of scaling exponents and crossover phenomena in non stationary heartbeat times series*,Chaos,**5**:82-87(1995).
- Shen, C. H., *Testing for Foreign Exchange Market Efficiency - A Trivariate Vector Autoregressive Approach*, Applied Financial Economics, **7(6)**, 711-719(1997).
- Richman JS, Moorman JR. *Physiological time-series analysis using approximate entropy and sample entropy*, Am J Physiol Heart Circ Physiol, **278(6)**,2039-49(2000).
- Richman JS, Griffin MP, Moorman JR. Lake DE, *Sample entropy analysis of neonatal heart rate variability*, Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol, **283(3)**,789-97(2002).

Tamir Agmon, Yakov Amihud, *The forward exchange rate and the prediction of the future spot rate : Empirical evidence*, *Journal of Banking & Finance* **5( 3)**, 425–437(1981).

Wu, J. L. and S. L. Chen, *Foreign Exchange Market Efficiency Revisited*, *Journal of International Money and Finance*, **17(5)**, 831-838(1998).

許少強, *東亞五國的管理浮動匯率制研究-從匯率的制度性浮動出發* *國際金融研究* **6,4-8**(2007).