

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

非對稱平滑移轉誤差修正模型分析期貨價格與標的股價間
之長短期動態關係

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC94-2416-H-032-019-

執行期間：94年08月01日至95年07月31日

執行單位：淡江大學財務金融學系

計畫主持人：聶建中

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 11 月 1 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

非對稱平滑移轉誤差修正模型分析黃金期貨價格與現貨價格

間之長短期動態關係

Asymmetric Dynamic Relationship between Futures and Underlying Price Using U-STEEM

計畫編號: NSC 94-2416-H-032-019

執行期間: 94 年 8 月 1 日 至 95 年 7 月 31 日

主持人: 聶建中 執行單位: 淡江大學

TEL: 886-2-2621-5656 ext.2591. E-Mail: niehcc@mail.tku.edu.tw

摘 要

本研究以美國黃金現貨及期貨為研究標的，著重研究方法創新之應用，探討黃金交易市場中期貨價格與標的股價間之長短期動態關係，藉以了解期貨與現貨兩個金融資產間之基差非線性走勢行為，是否呈現非線性非對稱現象，以茲作為分析套利機會可能性之參考。研究發現，黃金期貨及現貨兩金融資產價格皆呈非穩定 I(1) 序列現象；兩金融資產價格含有一個共整向量之長期均衡關係。另外，期貨價格差分模型及現貨價格差分模型皆呈顯著的非線性現象。至於非線性模型中，以基差作為移轉變數之落期，兩差分模型分別得到基差落階為六期及三期；而兩差分模型之最適平滑移轉模型皆為指數型態的 ESTEEM 模型。最後，無論是期貨價格差分模型及現貨價格差分模型，當嘗試以非線性非對稱角度進行期貨價格及現貨價格之長短期互動測試時，期貨價格及現貨價格之互動關係，存在非線性非對稱現象，其模型皆呈明顯之 U-STEEM 模型，此為本研究之最主要發現。

關鍵詞：非對稱平滑移轉誤差修正模型、黃金期貨、黃金現貨

壹、緒論

期貨向有價格發現之功能，其與現貨之走勢關係，自 1982 年芝加哥商業交易所 (Chicago Mercantile Exchange, CME) 首次推出史丹普 (Standard and Poor's, S&P) 500 股價指數期貨契約後，便受到學術與實務界的相當重視，期貨與現貨價格間的短期動態因果及長期均衡共移關係，已儼然成為一門重要的研究課題，文獻及學理中皆已被大量的探討；實證上，自傳統計量迴歸至先進時間序列方法，乃至考慮「與時而變」關係，或期間結構變化之非線性關係，多已有相當程度之著述，如：Kawaller, Koch, and Koch (1987)、Finnerty and Park (1987)、Stoll and Whaley (1990)、Wahab and Lashgari (1993)、O'Neill (1998) 及 Kurov and Lasser (2004) 就先後以美國 S&P 500 為例，實證探討股價現貨受其期貨價格走勢之影響關係；Shyy, Vijayraghavan and Scott-Quinn (1996) 及 Abhyankar (1998) 則分別以法國與英國股市為例，探討股價現貨與其期貨價格之領先-落後 (lead-lag) 關係；Anderson and Vahid (2001) 自非線性觀點探討澳洲股價現貨與期貨價格動態互動；另外，Keyser, and Smit (2003) 以南非為例；Zhong, Darrat and Otero (2004) 針對墨西哥；而研究亞洲股票市場現貨與期貨價格互動者，可見於 Roope and Zurbruegg (2002) 以新加坡、Pok and Poshakwale (2004) 以馬來西亞、Ryoo and Smith (2004) 以韓國及 Nieh and Chiang (2005) 以台灣為例進行探討。除股市外，現貨與期貨間的價格互動關係，亦被應用於其他資產之探討，如：Barnhart and Szakmary (1991)、Kroner and Sultan (1993) 及 Luintel and Paudyal (1998) 針對外匯，而 Baillie and Myers (1991) 進行商品市場期貨與現貨價格互動研究。

近年來，探討金融資產現貨與其期貨價格間之領先-落後 (lead-lag) 及長短期動態互動關係者，多推翻傳統線性互動模式，而改以推導或應用較能貼近市場面及解釋真實金融資產互動現象的非線性理論模型與實證架構，進行金融資產動態關係之研究。如：Balke and Fomby (1997) 推演出門檻誤差修正模型 (threshold error correction model, TECM)，由於其考量變數間非線性關係之特性，廣為學者所運用。Enders and Granger (1998)、Enders and Silkos (2001)、及 Hansen and Seo (2002) 等進行部分模型修訂，亦分別推導門檻自我回歸 (threshold autoregressive, TAR)、動能門檻自我回歸 (Moment-TAR) 及 TECM 模型，使實證金融資產互動之研究，多有所依據。運用 TECM 方法，以 S&P 500 指數期貨為例針對交易成本之門檻值假設基礎進行測試之相關實證文獻可見於 Yadav, Pope and Paudyal (1994), Dwyer, Locke and Yu (1995) 及 Martens, Kofman and Vorst (1998)；Lin, Chen and Huang (2003) 則以台股指數期貨為對象，探討期貨價格與標的股價間之門檻共整。此些實證，雖皆支持著交易成本之門檻效果，卻無法取得門檻值與平均交易成本之直接相關。Martens, Kofman and Vorst (1998) 實證發現門檻值並非單點跳躍，而會因交易成本及其他如不頻繁交易等因素影響而出現多個門檻值現象。如此則 TECM 模型無法完整詮釋期貨與現貨之互動關係，而應做適當之模型修正。

無論 TAR、MTAR、或 TECM 模型，皆為單點跳躍 (abrupt jump) 的嚴格區間分野模

型，認定市場投資人常為同質思考與同步行動；然而，市場投資人的真實投資行徑，絕非同質同步，應是一個異質的思考與行動模式，因此單以門檻測定的非線性模型仍有失偏誤。文獻中，另有以平滑移轉自我相關(smooth transition AR, STAR)的平滑移轉誤差修正模型(STECM)考量以連續變化特性改良單點跳躍的研究設計。平滑移轉非線性模型最早由Bacon and Watts (1971)所引介，而Teräsvirta and Anderson (1992)、Granger and Teräsvirta (1993)提出平滑移轉自我迴歸(smooth transition autoregressive, STAR)模型，並在參數連續性「與時而變」的前提假設下，發展出平滑而非間斷的非線性調整過程之模型檢驗及估計方法。Teräsvirta (1994)所發展之平滑移轉誤差修正非線性模型，由於其考慮連續性而非跳躍式之變化現象，為晚進學者進行變數間長短期互動實證時所普遍接受與運用。Huang, Lin and Cheng (2001)及Milas and Otero (2002)皆完整的詮釋了平滑移轉誤差修正非線性模型之實證運用；Van Dijk, Teräsvirta and Franses (2000)更針對平滑移轉非線性模型之最新發展，做了詳盡的文獻回顧¹。

然而，以Teräsvirta and Anderson (1992)、Granger and Teräsvirta (1993)等所推展，考量到參數連續性「與時而變」現象的平滑移轉非線性基礎模型仍然有其缺失。於其運用泰勒展開式(Taylor approximation)進行平滑移轉誤差修正模型之設立與估計的三個步驟中，²其最適平滑移轉模型的選取，包括「邏輯式」平滑移轉模型(logistic ST, LST)及「指數式」平滑移轉模型(exponential ST, EST)，其中解釋單點分野的V型指數平滑移轉模型，僅以單點作分野及兩區間呈對稱現象，與真實現象可能有所出入。實務模型可能分野處為一區間而非單點，且前後區間亦可能有非對稱的現象產生。

黃金資產於近兩年來變化劇烈，其影響黃金價格走勢的劇烈波動已引起金融投資者的相當關切，在避險前提下，黃金現貨價格走勢的劇烈變化亦造就黃金期貨的避險投資需求，台灣期交所甚至推出台灣第一檔商品期貨的本土黃金期貨，以供市場需求，並進化台灣金融發展進程。³本研究將針對以美國黃金現貨及期貨為研究標的，以捕捉期貨與現貨價格於不完美市場中所產生之區間非對稱動態互動關係為研究目的，著重研究方法創新之應用，以U-STECM模型架構為主，在考慮交易成本等多項因子之不完美市場下，探討黃金交易市場中期貨價格與標的股價間之長短期動態關係，更藉以了解期貨與現貨兩個金融資產間之基差(basis)非線性走勢行為，並分析套利機會之可能性。研究之進行，以Teräsvirta and Anderson (1992)、Granger and Teräsvirta (1993)所提出平滑移轉自我迴歸模型，並在參數連續性「與時而變」的前提假設下，所發展出平滑非線性調整過程之模型檢驗及估計方法為基礎。運用Teräsvirta (1994)所發展之考慮連續性而非跳躍式變化現象的非線性平滑移轉誤差修正模型觀念，加以運用Anderson (1997)及

¹ 最近五年，以平滑移轉模型觀念考慮變數間非線性關係互動之文獻有許多，如：Harvey and Mills (2002)、Lekkos and Milas (2002)、Milas and Otero (2002)、Pattichis (2002)、Eklund (2003)、Woodward and Anderson (2003)、Chelley-Steeley (2004)、Nieh (2004)及Pattichis and Kanaan (2004)等。

² 此三步驟分別為：1.設定線性模型與平滑移轉模型；2.決定平滑移轉誤差修正模型之落期(即Teräsvirta (1994)線性檢定)；3.選擇最適平滑移轉模型。

³ 台灣期交所所推出的本土黃金期貨擁有三項「第一」：1.台灣第一檔商品期貨；2.亞洲第一檔「美元計價」黃金期貨；3.世界第一檔「現金結算」黃金期貨。

Anderson and Vahid (2001)之非對稱平滑移轉誤差修正模型(U-STEEM),進行本研究所將取材之期貨價格與其標的股價間之非線性測試分析。由於U-STEEM模型可充分捕捉期貨與現貨價格於不完美市場中所產生區間非對稱之情況,其實證所得結果對金融變數間的互動模式,將有較強的解釋說服力,故本文以U-STEEM模型實證為主,另輔以線性誤差修正模型及一般非線性平滑移轉誤差修正模型進行測試,以茲進行各模型分析能力之比較。

本文共分為六部份:第壹部份為緒論,說明研究之背景、動機與目的,並對部分相關文獻進行探討;第貳部份為變數的選擇、資料類別及來源之敘述與分析;第參部份先針對期貨與現貨走勢互動行為,進行合理化U-STEEM模型之理論說明;第肆部份介紹各項研究方法,包括線性與非線性之單根、共整模型及平滑移轉誤差修正模型之實證模型、估計方法、檢定程序等;第伍部份為實證結果與分析;第陸部份對本研究之實證探討做出結論。

貳、資料來源與分析

本研究針對以美國黃金現貨及期貨為研究標的,著重研究方法創新之應用,以U-STEEM模型架構為主,在考慮交易成本等多項因子之不完美市場下,充分捕捉期貨與現貨價格於不完美市場中所產生區間非對稱之情況,進而探討黃金交易市場中期貨價格與標的股價間之長短期動態關係,更藉以了解期貨與現貨兩個金融資產間之基差(basis)非線性走勢行為,並分析套利機會之可能性。資料選取為美國黃金現貨與黃金期貨價格,資料選取期間自2000年1月4日至2005年12月30日,共6年期間之日資料,計1497筆觀測值⁴。本研究中美國黃金現貨及期貨資料來源皆取自於紐約商業交易所(New York Merchant Exchange, NYMEX)下的商品期貨交易所(Commodity Merchant Exchange, COMEX)資料庫⁵。

美國黃金現貨市場,主要為紐約黃金現貨市場,其中,紐約黃金現貨市場為店頭市場交易,交易方式及制度與倫敦黃金市場的本地倫敦制度類似,即交易制度是以倫敦合格交割標準制度為基石,市場上交易者主要為各大黃金銀行與各大交易商,藉由之間不斷的撮合交易產生市場報價。其中,特別需注意的是:紐約黃金現貨市場與期貨市場間存在高度相關,現貨市場價格常受到期貨市場價格的影響。

參、理論模型

⁴ 由於週末及國定假日並無黃金現貨及期貨市場之交易,故剔除無交易日之資料後,筆數共1497筆觀測值。

⁵ 美國在黃金期貨市場交易中,主要為紐約商業交易所(NYMEX)及芝加哥期貨交易所(Chicago Board of Trade, CBOT),目前NYMEX下的COMEX,不僅是美國黃金期貨主要交易中心,也是世界最大的黃金期貨交易中心。由於COMEX的黃金交易量非常大,因此對世界黃金現貨及期貨市場的金價影響很大。

期貨與現貨價差(基差, basis)之走勢行為，亦是期貨理論中受學者重視的一個重要課題。由於「持有成本」(cost of carry)之考量，理論上期貨價格應與現貨價格有一個固定的差額，作為現貨部位持有期間所需支付之成本項目之補償，包括：利息成本、倉儲成本、及保險成本...等。其公式如式(1)

$$F_t = S_t e^{(r-y)(T-t)} \quad \dots(1)$$

其中， F_t 及 S_t 分別為t時間點上之期貨與現貨價格； r 為現貨持有成本； y 為便利孳息； $(T-t)$ 則為期貨契約至到期日所餘日期。

式(1)中，假設 r 及 y 為常數且期貨契約距到期日甚遠，則經對數處理後之式(1)所得之基差(b_t)將為一常數，即：

$$b_t = \ln F_t - \ln S_t = f_t - s_t = (r - y)(T - t) = \mu \quad \dots(2)$$

其中， μ 即為持有成本。在資訊不對稱的金融市場中，只要掌握各項訊息，應能在考量各項持有成本下，由期貨與現貨之不平衡價差關係或價格偏誤因素之影響，得到成功套利(arbitrage)的機會。

在實務上，基差行為之走勢受非定性價格偏誤(mis-priceing error)因素(v_t)之影響，應不為常數。如式(3)所示：

$$b_t = \mu + v_t \quad \dots(3)$$

在完美市場假設基礎下，式(3)中只要 v_t 值不為零，套利機會便可得到。然而，在不完美市場(imperfect market)中，基差之走勢，可能受交易成本(transaction cost)、不一致之借貸成本、融券放空限制、及特殊標的物資產特性等因素之影響，而產生無套利區間(no-arbitrage bound)。若簡化研究之實證過程，茲假設交易成本(以 c 為代表)為唯一用以探討之干擾因素。則此時套利機會將存在於 $|b_t - \mu| > c$ (或 $|v_t| > c$)時，

而無套利區間則為 $|b_t - \mu| < c$ 。

文獻中，對期貨與現貨關係進行實證之研究，近年來多以共整方程式之誤差修正模型(ECM)進行探討。Brenner and Kroner (1995) 就曾將多篇文獻進行整理，對持有成本模型及其與共整合之相關性作深入完整之分析。Ghosh (1993)、Wahab and Lashgari (1993)、Koutmos and Tucker (1996)及Tse (1999)亦皆運用共整分析與誤差修正模型進行期貨與現貨關係之實證探討。期貨與現貨關係之ECM可表示為式(4)。

$$\Delta f_t = c_f + \alpha_f(L)\Delta f_{t-1} + \beta_f(L)\Delta s_{t-1} + \gamma_f b_{t-d} + \varepsilon_t^f \quad \dots(4)$$

$$\Delta s_t = c_s + \alpha_s(L)\Delta f_{t-1} + \beta_s(L)\Delta s_{t-1} + \gamma_s b_{t-d} + \varepsilon_t^s$$

其中， $\alpha_f(L)$ 、 $\beta_f(L)$ 、 $\alpha_s(L)$ 、及 $\beta_s(L)$ 為落階運算因子多項式；而 ε_t^f 及 ε_t^s 為均值為零，非自我相關，但可能當期互為相關之殘差項。基差 b_{t-d} (= $f_{t-d} - s_{t-d}$)則為落階d期之誤差修正項。

由於不完美市場中有交易成本的存在，將使得期貨與現貨間，出現區間不對稱之非線性互動關係。因此，式(4)之ECM可被修正為式(5)之門檻誤差修正模型(Threshold-ECM, TECM)。

$$\Delta f_t = c_{fi} + \alpha_{fi}(L)\Delta f_{t-1} + \beta_{fi}(L)\Delta s_{t-1} + \gamma_{fi}b_{t-d} + \varepsilon_t^f \quad \dots(5)$$

$$\Delta s_t = c_{si} + \alpha_{si}(L)\Delta f_{t-1} + \beta_{si}(L)\Delta s_{t-1} + \gamma_{si}b_{t-d} + \varepsilon_t^s$$

式(5)中門檻變數即為交易成本，其將模型分為以 i ($i=1,2,3$) 為表示的三個區間，即：

$$i=1 \quad \text{if } b_{t-d} - \mu < -c \quad (\text{i.e. if } v_{t-d} < -c) \quad \dots(5a)$$

$$i=2 \quad \text{if } -c < b_{t-d} - \mu < c \quad (\text{i.e. if } -c \leq v_{t-d} \leq c)$$

$$i=3 \quad \text{if } b_{t-d} - \mu > c \quad (\text{i.e. if } v_{t-d} > c)$$

上式模型中，吾人預期於無套利區間($-c < b_{t-d} - \mu < c$)中， γ_{fi} 及 γ_{si} 值應為零，使落階基差不產生對當期期貨與現貨價格之影響。⁶

平滑移轉自我相關的平滑移轉誤差修正模型(STECM)考量以連續變化特性改良單點跳躍設計，其模型設定如式(6)。

$$\Delta f_t = c_f^1 + \alpha_f^1(L)\Delta f_{t-1} + \beta_f^1(L)\Delta s_{t-1} + \gamma_f^1 b_{t-d} \quad \dots(6)$$

$$+ \Theta_f(v_{t-d})[c_f^2 + \alpha_f^2(L)\Delta f_{t-1} + \beta_f^2(L)\Delta s_{t-1} + \gamma_f^2 b_{t-d}] + \varepsilon_t^f$$

$$\Delta s_t = c_s^1 + \alpha_s^1(L)\Delta f_{t-1} + \beta_s^1(L)\Delta s_{t-1} + \gamma_s^1 b_{t-d}$$

$$+ \Theta_s(v_{t-d})[c_s^2 + \alpha_s^2(L)\Delta f_{t-1} + \beta_s^2(L)\Delta s_{t-1} + \gamma_s^2 b_{t-d}] + \varepsilon_t^s$$

考量雙邊套利機會下， Θ_f 及 Θ_s 皆假設為指數平滑移轉(Exponential-ST, EST)之移轉方程式⁷。即：

$$\Theta_j = [1 - \exp(-\frac{\lambda_j}{\sigma_v^2}(v_{t-d})^2)] \quad \text{for } j = f, s \quad \dots(6a)$$

Θ_j 值介於 0 與 1，且與價格偏誤齊次(monotonically)增加。另外，當平滑參數(smooth parameter) λ_j 值並非極小時，式(6a)之移轉方程式將呈現陡峭之 V 型，因此

⁶此TECM模型最早由Balke and Fomby (1997)發展而出，由於其考量變數間非線性關係之特性，廣為學者所運用。

⁷學者所推導出普遍被採用之平滑移轉模型，包括：Teräsvirta (1994)所發展之「邏輯平滑移轉」(logistic-ST, LST)及「指數平滑移轉」(EST)模型。然而由於指數平滑移轉模型中，若移轉係數或平滑參數(transition coefficient or smoothness parameter)趨近於零或無窮大時，無論移轉變數(transition variable)為何值，其移轉函數(transition function)都將呈現為一個線性型式，Jansen and Teräsvirta (1996)因此改良此模型而另發展出「二次邏輯平滑移轉」(quadratic logistic-ST, QLST)模型，用以克服「指數平滑移轉」模型之缺點。

式(6)可被稱之為 V-STAR 或 V-STEEM 模型，此時之無套利區間將極微。唯當 λ_j 極小時， Θ_j 將接近於 0，而使無套利區間寬度加大。

由於式(6a)之移轉方程式為一對稱型式，使式(6)之ESTECM並無法捕捉正向及負向不對稱價格偏誤影響之反應。Anderson (1997)及Anderson and Vahid (2001)於是另改良式(6)之ESTAR模型，使能考慮到受正與負不同價格偏誤行徑所產生的非對稱情況。改良模型如式(7)。

$$\begin{aligned} \Delta f_t = & c_f^0 + \alpha_f^0(L)\Delta f_{t-1} + \beta_f^0(L)\Delta s_{t-1} + \gamma_f^0 b_{t-d} \\ & + I(v_{t-d} > 0)\Omega_{Pf}(v_{t-d})\left[c_f^P + \alpha_f^P(L)\Delta f_{t-1} + \beta_f^P(L)\Delta s_{t-1} + \gamma_f^P b_{t-d}\right] \\ & + I(v_{t-d} \leq 0)\Omega_{Nf}(v_{t-d})\left[c_f^N + \alpha_f^N(L)\Delta f_{t-1} + \beta_f^N(L)\Delta s_{t-1} + \gamma_f^N b_{t-d}\right] + \varepsilon_t^f \end{aligned} \quad \dots(7)$$

$$\begin{aligned} \Delta s_t = & c_s^0 + \alpha_s^0(L)\Delta f_{t-1} + \beta_s^0(L)\Delta s_{t-1} + \gamma_s^0 b_{t-d} \\ & + I(v_{t-d} > 0)\Omega_{Ps}(v_{t-d})\left[c_s^P + \alpha_s^P(L)\Delta f_{t-1} + \beta_s^P(L)\Delta s_{t-1} + \gamma_s^P b_{t-d}\right] \\ & + I(v_{t-d} \leq 0)\Omega_{Ns}(v_{t-d})\left[c_s^N + \alpha_s^N(L)\Delta f_{t-1} + \beta_s^N(L)\Delta s_{t-1} + \gamma_s^N b_{t-d}\right] + \varepsilon_t^s \end{aligned}$$

其中，正(P)與負(N)不同價格偏誤行徑下之移轉方程式 Ω_{Pj} 與 Ω_{Nj} ，如式(7a)及式(7b)。

$$\Omega_{Pj} = \left[\frac{1}{1 + \exp\left(-\frac{\lambda_{P,j}}{\sigma_v}(v_{t-d} - cp)\right)} - \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{\lambda_{P,j}}{\sigma_v} cp\right)} \right] \left[\frac{1 + \exp\left(\frac{\lambda_{P,j}}{\sigma_v} cp\right)}{\exp\left(\frac{\lambda_{P,j}}{\sigma_v} cp\right)} \right] \quad \text{for } v_{t-d} > 0 \quad \dots(7a)$$

$$\Omega_{Nj} = \left[\frac{1}{1 + \exp\left(\frac{\lambda_{N,j}}{\sigma_v}(v_{t-d} + cN)\right)} - \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{\lambda_{N,j}}{\sigma_v} cN\right)} \right] \left[\frac{1 + \exp\left(\frac{\lambda_{N,j}}{\sigma_v} cp\right)}{\exp\left(\frac{\lambda_{N,j}}{\sigma_v} cp\right)} \right] \quad \text{for } v_{t-d} \leq 0 \quad \dots(7b)$$

式(7a)及式(7b)除了正與負非對稱性之考量外，另允許了較寬幅度的無套利區間，使得此移轉方程式呈現為 U 型，因此，吾人可稱式(7)為一 U-STAR 或 U-STEEM 模型。

式(7)中，對於價格偏誤的總體反應為 γ_f^0 ， $I(v_{t-d} > 0)\Omega_{Pf}(v_{t-d})\gamma_f^P$ 及 $I(v_{t-d} \leq 0)\Omega_{Nf}(v_{t-d})\gamma_f^N$ 之加總。於 U-STAR 模型架構下之移轉方程式走勢將伴隨交易成本之減少而變窄，另隨平滑參數值之增加而顯陡峭。此表示，較低的交易成本及

較高的平滑參數值皆將使期貨契約操作之無套利區間變小。期貨價格與標的股價間之長短期動態關係則可藉由此較完整之非線性非對稱 U-STEEM 模型之基差誤差修正項及跨期自我落階項之各係數結果分析得知。

肆、研究方法

因本研究之進行，以 Teräsvirta and Anderson (1992)、Granger and Teräsvirta (1993) 所提出平滑移轉自我迴歸模型，並在參數連續性「與時而變」的前提假設下，所發展出平滑非線性調整過程之模型檢驗及估計方法為基礎。運用 Teräsvirta (1994)所發展之考慮連續性而非跳躍式變化現象的非線性平滑移轉誤差修正模型觀念，加入運用 Anderson (1997)及 Anderson and Vahid (2001)之非對稱平滑移轉誤差修正模型(U-STEEM)，進行本研究將取材之期貨價格與其標的股價間之非線性測試分析。由於 U-STEEM 模型可充分捕捉期貨與現貨價格於不完美市場中所產生區間非對稱之情況，其實證所得結果對金融變數間的互動模式，將有較強的解釋說服力，故本文以 U-STEEM 模型實證為主，另輔以線性誤差修正模型及一般非線性平滑移轉誤差修正模型進行測試，以茲進行各模型分析能力之比較。

一. 單根檢定

於時間序列方法之實證研究中，應先對各時序變數進行穩定性之測試。本文採用四種檢定各變數穩定性之方法：(1)ADF檢定法；(2)KPSS檢定法；(3)KSS檢定法⁸。其中前面三種屬於線性模型的單根檢定法，為了避免誤判，同時進行具非穩定性和穩定性的虛無檢定，較能確認資料的穩定性，更凸顯檢定結果的可信度。而KSS檢定法屬於非線性模型的單根檢定，引用此方法可提供非線性模型的另一種參考。

(一) ADF 單根檢定(Dickey and Fuller, 1981)

DF 檢定只能檢定一階自我迴歸過程 $\Delta y_t = a_0 + \gamma y_{t-1} + a_1 t + \varepsilon_t$ ，也就是AR(1)，若時間數列具高階自我相關，則必須採ADF，而ADF 檢定須將假設 ε_t 為白噪音(white noise)，並將誤差項之序列相關納入考慮，在檢定的迴歸式中，加入解釋變數之落遲項(lagged dependent variable)，使殘差符合白噪音特性，根據資料是否有截距項(drift term)及時間趨勢項(time trend)。

⁸ 分別考量ADF及KPSS檢定法乃因ADF檢定法之虛無假設為時序資料非穩定性(具單根)，對立假設為時序資料具穩定性(不具單根)，而KPSS檢定法之虛無假設與對立假設正好與ADF檢定法相反。KSS檢定法之虛無假設亦為時序資料非穩定性(具單根)，但對立假設則為「非線性」之穩定序列。

ADF 檢定形式分別如下：

(1) 無截距項且無時間趨勢項

$$\Delta y_t = \gamma y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \rho_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (8)$$

(2) 有漂浮項但無時間趨勢項

$$\Delta y_t = a_0 + \gamma y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \rho_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (9)$$

(3) 有漂浮項且有時間趨勢項

$$\Delta y_t = a_0 + \gamma y_{t-1} + a_1 t + \sum_{i=1}^p \rho_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (10)$$

其中 Δ 為差分運算因子， a_0 為截距項， t 為時間趨勢項， ε_t 為殘差值且 $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$ 為白噪音， p 為使 ε_t 服從白噪音之最適落遲期數，其中而最適期數的選取可利用 AIC (Akaike Information Criterion) 或 SBC (Schwartz Bayesian Criterion) 為判斷準則，選擇 AIC 或 SBC 最小值所在期數為最適落遲期數。當落遲期數決定後，再檢驗殘差項圖形是否出現結構性改變或序列相關。此檢驗採用 LM (Lagrange Multiplier) 統計量來檢定，若 LM-test 統計量不顯著，則表示殘差不具序列相關。單根檢定虛無假設為：

$$H_0 : \gamma = 0 \quad (\text{代表存在單根，時間數列為非定性})$$

$$H_1 : \gamma < 0 \quad (\text{代表不存在單根，時間數列為定性})$$

(二) KPSS 單根檢定法 (Kwiatkowski, Phillips, Schmide and Shin, 1992)

Kwiatkowski *et al.* (1992) 提出 KPSS 檢定法，主張由於傳統單根檢定法的檢定力表現不佳，即使資料是一個時間趨勢恆定 (trend stationary) 的時間序列，但檢定結果卻很可能無法拒絕序列存在單根，所以他們提出以時間趨勢恆定為虛無假設的 KPSS 檢定法，這是與以往單根檢定法的最大不同之處，此檢定法可做為 ADF 檢定法的一種互補。

KPSS 檢定方程式如下兩模型：

$$\text{模型一} \quad y_t = \gamma_t + \varepsilon_t, \quad \gamma_t = \gamma_{t-1} + u_t \quad (11)$$

$$\text{模型二} \quad y_t = \theta t + \gamma_t + \varepsilon_t, \quad \gamma_t = \gamma_{t-1} + u_t \quad (12)$$

其中 γ_t 為一隨機漫步 (random walk) 過程， ε_t 為一定性誤差， t 為時間趨勢， u_t 為白噪音誤差項。其檢定統計值為：

$$\text{KPSS} = T^{-2} \sum_{t=1}^T \frac{S_t^2}{\sigma_\varepsilon^2}, \quad S_t = \sum_{i=1}^t \varepsilon_i, \quad t=1, \dots, T \quad (13)$$

ε_t 為模型一或模型二的殘差項， σ_ε^2 為殘差變異數， T 為樣本數。KPSS 的臨界值需參閱 Kwiatkowski *et al.* (1992)。

(三) KSS 非線性恆定檢定法(Kapetanios *et al.*, 2003)

近來時間序列可能擁有非線性特性的觀念已經逐漸成長，而像一般的單根檢定，如 ADF 在判斷均數復歸(mean reverting)趨勢的檢定力太低，因此 Kapetanios *et al.*(2003)(henceforth, KSS test)研究出針對非線性結構的非線性恆定檢定法(nonlinear stationary test)，KSS 提供一個以非線性 Exponential Smooth Transition Autogressive(ESTAR)為模型假設下，檢定序列是否為恆定的一種判斷檢定過程，方程式如下：

$$\Delta y_t = \gamma y_{t-1} \left[1 - \exp(-\theta y_{t-1}^2) \right] + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim iid(0, \sigma^2) \quad (14)$$

其中 Δy_t 參數係數變動率， ε_t 為誤差項， $\theta \geq 0$ 為 ESTAR 模型轉換參數的調整速度。KSS 檢定的虛無假設為：

$$H_0: \theta = 0 \quad (\text{代表存在單根，時間序列為非定性})$$

$$H_1: \theta > 0 \quad (\text{代表不存在單根，非線性時間序列為定性})$$

由於 γ 無法在虛無假設下確認，故必須將(14)採泰勒展開法重新估算，KSS 經一階漸進泰勒展開式可得到如下：

$$\Delta y_t = \delta y_{t-1}^3 + \varepsilon_t \quad (15)$$

為了更進一步消弭誤差序列相關，可將(15)改為如下：

$$\Delta y_t = \sum_{j=1}^p \rho_j \Delta y_{t-j} + \delta y_{t-1}^3 + \varepsilon_t \quad (16)$$

此時虛無假設可表示為：

$$H_0: \delta = 0$$

$$H_1: \delta > 0$$

KSS 估計的參數係數(δ)之 t 統計值所呈現的並不是一個漸進常態分配(asymptotic normal distribution)，所以必須要依靠重複模擬估算出一個漸進臨界值，KSS 的臨界值可參考 Kapetanios *et al.* (2003)的表格 1。

二、共整模型

本研究亦分別運用 Johansen (1988, 1992, 1994)與 Johansen and Juselius (1990)的最大概似估計法，及 Bieren (1997)的無母數共整合檢定法，針對黃金現貨與期貨進行長期均衡關係之共整測試。⁹

三、平滑移轉自我迴歸模型(STAR)

Michael, Nobay and Peel (1997)、Martens, Kofman and Vorst (1998)及 Sarantis (1999)

⁹由於研究篇幅，在此省略共整研究方法的詳細流程，有興趣之讀者，可逕向作者索取。

皆分別實證發現門檻值並非單點跳躍，而會因交易成本及其他如不頻繁交易等因素影響，存在分別受到不同時間點衝擊之非同步調整的特性，此時的轉換較為平滑而非跳躍式的變動，因此平滑型函數比間斷型函數配適能力及解釋能力皆較強。Jansen and Teräsvirta (1996)改良 Teräsvirta (1994)所發展之平滑移轉誤差修正非線性模型(LSTECM or QLSTECM)，兩子題分別進行探討，故將所運用之重要研究方法介紹如下：

(一) 平滑移轉迴歸模型 (STR)

非線性平滑移轉模型是由Teräsvirta and Anderson (1992)所發展，應用於景氣循環理論上。而Granger and Teräsvirta (1993)及Teräsvirta (1994)在參數變動對時間而言是連續的假設下，因其調整過程是以一種平滑而非間斷調整的非線性過程，於是提出的平滑移轉迴歸(STR)模型來檢驗模型統計特性及進行估計。

依Granger and Teräsvirta (1993)及Teräsvirta (1994)提出之非線性模型，認為模型中之非定態序列間之共整均衡關係之趨勢調整，應是屬於一個平滑移轉之非線性模型形式。其平滑移轉誤差修正模型形式如下式：

$$y_t + \beta x_t = z_t, \quad z_t = (\rho_1 + \rho_2 F(z_{t-d}; \gamma, c))z_{t-1} + \varepsilon_t \quad (17)$$

其中， y_t 及 x_t 為存在共整向量 $(1, \beta)'$ 之共整關係變數； $F(z_{t-d}; \gamma, c)$ 為介於 0 與 1 區間內之連續性移轉方程式(transition function)； γ 及 c 分別表示平滑參數(smooth parameter)及門檻值； $d \in (1, 2, \dots)$ 為落期參數； z_t 為一服從平滑移轉自我迴歸模型(smooth transition autoregressive, STAR)的移轉變數(transition variable)；另外，殘差項服從 $\varepsilon_t \sim niid(0, \sigma_\varepsilon^2)$ 。

至於移轉函數有三種形式：

$$F(z_{t-d}; \gamma, c) = (1 + \exp[-\gamma(z_{t-d} - c)])^{-1} \quad \gamma > 0 \quad (18)$$

$$F(z_{t-d}; \gamma, c) = 1 - \exp[-\gamma(z_{t-d} - c)^2] \quad \gamma > 0 \quad (19)$$

$$F(z_{t-d}; \gamma, c) = (1 + \exp[-\gamma(z_{t-d} - c_1)(z_{t-d} - c_2)])^{-1} \quad \gamma > 0 \quad (20)$$

(18)、(19)及(20)式，分別為「邏輯平滑移轉」(logistic smooth transition, LST)、「指數平滑移轉」(exponential smooth transition, EST)及「二次邏輯平滑移轉」(quadratic logistic smooth transition, QLST)模型。這其中，由於「指數平滑移轉」模型中，當平滑參數趨近於零或無窮大時，無論移轉變數為何值，其移轉函數都將呈現為一個線性型式，因此，Jansen and Teräsvirta (1996)改良此模型而另發展出「二次邏輯平滑移轉」模型。

於平滑移轉誤差修正模型之設立與估計中，共可分為三個步驟：

[步驟一]：設定線性模型與平滑移轉模型

設定原始誤差修正「線性」模型，並檢定原始誤差修正模型之「線性」特性。此原始誤差修正模型之「線性」特性，用來與式(14)之平滑移轉誤差修正模型進行對照：

$$\Delta y_t = \pi_0 + \pi_1' W_t + (\delta_0 + \delta_1' W_t) F(z_{t-d}; \gamma, c) + u_t \quad (21)$$

其中， $W_t = (z_{t-1}, \Delta y_{t-1}, \dots, \Delta y_{t-p}, \Delta X_t', \dots, \Delta X_{t-p}')'$ ；而 π' 及 δ' 為 $(k+1)(p+1) \times 1$ 之係數向量；

殘差項服從 $\mu_t \sim niid(0, \sigma_\mu^2)$ 。¹⁰

[步驟二]：線性檢定及移轉變數之落期選定(Teräsvirta (1994)線性檢定)

檢驗並對照線性誤差修正模型與式(21)之平滑移轉誤差修正模型。其中， $F(z_{t-d}; \gamma, c)$ 以一三階之泰勒展開式(Taylor approximation)表示之：

$$\Delta y_t = \alpha_0 + \alpha_1' W_t + \beta_1' W_t (z_{t-d}) + \beta_2' W_t (z_{t-d})^2 + \beta_3' W_t (z_{t-d})^3 + \mu_t \quad (22)$$

接著以虛無假設 $H_0: \beta_1' = \beta_2' = \beta_3'$ 進行不同落期 d 值下之線性與非線性檢定。

定義一個輔助之程式：

$$\hat{u}_t = \alpha_0 + \alpha_1' W_t + \beta_1' W_t (z_{t-d}) + \beta_2' W_t (z_{t-d})^2 + \beta_3' W_t (z_{t-d})^3 + v_t \quad (23)$$

吾人可藉以計算 LM 形式(LM-type)，如式(24)之 LM 統計量，並用以檢測模型之線性或非線性關係。：

$$LM_0 = \frac{(SSR_0 - SSR_1)/(3m)}{SSR_1/(T - 4m - 1)} \quad (24)$$

其中， SSR_0 及 SSR_1 分別表式由式(23)估計出之 $\hat{\mu}_t$ 及 \hat{v}_t 之殘差項平方和，並用以分別代表限制下之線性模型及非限制下之非線性模型。

於此 LM 形式對式(22)所進行之不同落期 d 值下之線性與非線性檢定中，吾人選取以最為顯著(強烈拒絕)之 d 值，作為模型中移轉變數之落期選定。

[步驟三]：選擇最適平滑移轉模型

以上移轉函數 $F(z_{t-d}; \gamma, c)$ 共有三個形式。針對式(22)之非線性模型，在三階泰勒展開式下，吾人可設立巢狀式(nested)聯立虛無假設如下：

$$\begin{aligned} H_{03} : \beta_3 &= 0 \\ H_{02} : \beta_2 &= 0 \mid \beta_3 = 0, \text{ and} \\ H_{01} : \beta_1 &= 0 \mid \beta_2 = \beta_3 = 0 \end{aligned} \quad (25)$$

在已選定落期之下，依據 LM 統計量所得結果，此最適平滑移轉模型之決策法則為：若 H_{02} 之機率值(p-value)最小，以「二次邏輯平滑移轉誤差修正」(QLSTECM)為模型設

¹⁰ 若為傳統之誤差修正模型之「線性」模型： $y_t + \beta x_t = z_t$ 且 $\Delta y_t = \pi_0 + \pi_1' W_t + u_t$ ，則 Δy_t 以 z_{t-1} 作為短期調整至長期均衡之線性調整依據。

定；反之，若 p-value 最小值存在於 H_{01} 或 H_{03} ，則以「邏輯平滑移轉誤差修正」(LSTECM) 為模型設定，進行非線性模型測試。

(二) 非線性非對稱平滑移轉誤差修正項模型(U-STECM)

Anderson (1997)及 Anderson and Vahid (2001)改良 ESTAR 模型，使能考慮到受正與負不同價格偏誤行徑所產生的非對稱情況。改良模型請參考前文之式(7)，而其移轉方程式為式(7a)及式(7b)。

式(7a)及式(7b)除了正與負非對稱性之考量外，另允許了較寬幅度的無套利區間，使得此移轉方程式呈現為 U 型，因此，吾人可稱式(7)為一 U-STAR 或 U-STECM 模型。

於 U-STAR 模型架構下之移轉方程式走勢將伴隨交易成本之減少而變窄，另隨平滑參數值之增加而顯陡峭。此表示，較低的交易成本及較高的平滑參數值皆將使期貨契約操作之無套利區間變小。期貨價格與標的股價間之長短期動態關係則可藉由此較完整之非線性非對稱 U-STECM 模型之基差誤差修正項及跨期自我落階項之各係數結果分析得知。

伍、實證結果

單根檢定結果，由表 1 可看出，黃金期貨及現貨兩金融資產價格於傳統線性架構下的 ADF 及 KPSS 單根檢定發現，於水準項 ADF 無法拒絕非定態而 KPSS 拒絕定態的虛無假設；反之，差分項則分別拒絕 ADF 的非定態及無法拒絕 KPSS 的定態虛無假設，因此得到黃金期貨及現貨兩金融資產皆呈非穩定 I(1)序列的結果。本文進一步運用 KSS 進行非線性單根檢定測試，仍發現兩金融資產呈非穩定 I(1)序列現象，即水準項時無法拒絕非定態的單根虛無假設(詳表 2)。

進行共整之前提必須滿足模型中各變數呈現相同整合齊次之非穩定序列現象。由於上述單根檢定得到黃金期貨及現貨兩金融資產價格皆呈非穩定 I(1)序列結果，符合進行共整測試之條件。於黃金期貨及現貨價格間之共整測試中，由表 3 及表 4 可得到此兩金融資產價格具有長期均衡的共移趨勢。無論運用傳統 Johansen (1988, 1992, 1994)與 Johansen and Juselius (1990)的最大概似估計法，或以非線性角度為基礎的 Bieren (1997)無母數共整合檢定法，可看出黃金期貨及現貨價格間共整結果之零矩(zero rank)虛無假設皆被拒絕，而呈現兩金融資產價格含有一個共整向量之長期均衡關係。

ECM 模型之檢定中，本研究先進行傳統 ECM 模型(模型(6))之精簡測試(testing of parsimony)，由表 5 發現黃金期貨價格差分模型之落階期於期貨落階三期、現貨落階一、二及三期為顯著，而現貨價格差分模型則於期貨落階一及二期和現貨落階一期為顯著。於進行平滑移轉誤差修正模型之檢測中，吾人依循估計平滑移轉誤差修正模型之設立與估計之三個步驟。於線性模型與平滑移轉模型設定後，即進行 Teräsvirta (1994)線性檢定，若模型之線性假設被拒絕，即可進而選定移轉變數之落期。本研究理論以基差之落

期作為本研究平滑移轉誤差修正模型之移轉變數，由表 6a 及表 6b 可得到兩模型皆呈顯著的非線性現象，期貨價格差分模型及現貨價格差分模型分別於基差落階為六期及三期時，其拒絕線性假設之結果最為顯著。另外，由基差落階為六期及三期之期貨價格差分模型及現貨價格差分模型之最適平滑移轉模型選擇中，得到兩模型皆為指數型態(exponential type)的 ESTECM 模型(表 7a 及表 7b)。

最後，本研究非線性非對稱 U-STECM 模型之基差誤差修正模型檢定結果，明顯可看出，無論是期貨價格差分模型及現貨價格差分模型，當嘗試以非線性非對稱角度進行期貨價格及現貨價格之長短期互動測試時，期貨價格及現貨價格之互動關係，存在非線性非對稱現象，其模型呈明顯之 U-STECM 模型。

伍、結論

本研究針對以美國黃金現貨及期貨為研究標的，著重研究方法創新之應用，以 U-STECM 模型架構為主，在考慮交易成本等多項因子之不完美市場下，充分捕捉期貨與現貨價格於不完美市場中所產生區間非對稱之情況，進而探討黃金交易市場中期貨價格與標的股價間之長短期動態關係，更藉以了解期貨與現貨兩個金融資產間之基差(basis)非線性走勢行為，是否呈現非線性非對稱現象，以茲作為分析套利機會可能性之參考。

研究首先發現，黃金期貨及現貨兩金融資產價格皆呈非穩定 I(1)序列現象。於黃金期貨及現貨價格間之共整合測試中，得到兩金融資產價格含有一個共整向量之長期均衡關係。而線性檢定，明顯得到模型之線性假設被拒絕之結果，顯示兩模型皆呈顯著的非線性現象。至於非線性模型中，理論架構下以基差作為移轉變數之落期，期貨價格差分模型及現貨價格差分模型分別得到基差落階為六期及三期。進而由基差落階為六期及三期之期貨價格差分模型及現貨價格差分模型之最適平滑移轉模型選擇中，得到兩模型皆為指數型態(exponential type)的 ESTECM 模型。而本研究之最主要發現，無論是期貨價格差分模型及現貨價格差分模型，當嘗試以非線性非對稱角度進行期貨價格及現貨價格之長短期互動測試時，期貨價格及現貨價格之互動關係，存在非線性非對稱現象，其模型皆呈明顯之 U-STECM 模型。

Reference

- Abhyankar, A. (1998), "Linear and Nonlinear Granger Causality: Evidence from the U.K. Stock Index Futures Market," *Journal of Futures Markets*, 18(5), 519-540.
- Anderson, H.M. (1997), 'Transaction Costs and Nonlinear Adjustment towards Equilibrium in the US Treasury Bill Market', *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 59, 465 - 484.
- Anderson, Heather M. and Farshid Vahid (2001), "Market Architecture and Nonlinear Dynamics of Australian Stock and Future Indices," *Australian Economic Papers*, 40(4), 541-566.
- Bacon, D.W. and D.G. Watts (1971), "Estimating the Transition between Two Intersecting Straight Lines," *Biometrika* 58:525-534.
- Baillie, R. T. and R. J. Myers (1991), "Bivariate GARCH Estimation of the Optimal Commodity Futures Hedge," *Journal of Applied Econometrics* 6, 109-124.
- Balke, N. S. and T. Fomby (1997), "Threshold cointegration," *International Economic Review*, 38, 624-643
- Barnhart, S. W. and A. C. Szakmary (1991), "Testing the Unbiased Forward Rate Hypothesis: Evidence on Unit Roots, Cointegration, and Stochastic Coefficients," *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 26, 245-267.
- Brenner, R. J. and K. F. Kroner (1995), "Arbitrage, Cointegration and Testing the Unbiasedness Hypothesis in Financial Markets," *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 30(1), 23-42.
- Chelley-Steeley, Patricia (2004), "Equity market integration in the Asia-Pacific region: A smooth transition analysis," *International Review of Financial Analysis*, 13, 621-632
- Dickey, David and Wayne A. Fuller (1979), "Distribution of the estimates for autoregressive time series with a unit root", *Journal of the American Statistical Association* 74, June , 427-431.
- Dijk, Dick Van, Timo. Terasvirta and Philip Hans Franses (2000), "Smooth Transition Autoregressive Models - A Survey of Recent Developments," *Econometric Institute Research Report EI2000*, 1-55
- Dwyer, G. P., Jr. P. Locke, and W. Yu (1995), "Index Arbitrage and Nonlinear Dynamics, between the S&P 500 Futures and Cash," *Working Paper Series*, Federal Reserve, Bank of Atlanta
- Eklund, Bruno (2003), "Testing the Unit Root Hypothesis against the Logistic Smooth Transition Autoregressive Model," *Working paper 546*, Department of Economic Statistics, Stockholm School of Economics, Sweden
- Granger, C.W.J. and T. Terasvirta (1993), Modelling Nonlinear Economic Relationships, Oxford University Press, Oxford.

- Enders, Walter and Pierre Siklos, (2001) "Cointegration and Threshold Adjustment," *Journal of Business, Economics and Statistics*, 19(2), 166-176
- Enders, Walter and C. W. J. Granger, (1998) "Unit-root tests and asymmetric adjustment with an example using the term structure of interest rates," *Journal of Business & Economic Statistics*, 16(3) 304-311
- Finnerty, J.F. and H.Y. Park (1987), "Stock Index Futures: Does The Tail Wag The dog ? A Technical Notes," *Financial Analysts Journal*, 43, 57-61.
- Ghosh, A. (1993), "Cointegration and Error Correction Models: Intertemporal Causality between Index and Futures Prices," *The Journal of Futures Markets*, 13, 193-198
- Granger, C. W. J. and T. Teräsvirta (1993), Modelling Nonlinear Economic Relations, Oxford University Press.
- Hansen, Bruce E. and B. Seo (2002) "Testing for Two-Region Threshold Cointegration in Vector Error Correction Models," *Journal of Econometrics*, 110(2), 293-318
- Harvey, David I. and Terence C. Mills (2000), "Detecting Climate Change Using Smooth Transitions," Working Paper, (Economic Research Paper No. 00/21), Loughborough University, UK, 1~16
- Harvey, David I. and Terence C. Mills (2002), "Unit roots and double smooth transitions," *Journal of Applied Statistics*, 29(5), 675-683
- Huang, Cliff J., Chien-Fu Jeff Lin and Jen-Chi Cheng (2001), "Evidence on nonlinear error correction in money demand: the case of Taiwan," *Applied Economics*, 33, 1727-1736
- Jansen, E.S. and Teräsvirta, T. (1996), Testing parameter constancy and super exogeneity in econometric equations. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 58, 735-768.
- Kapetanios, G., Y. Shin and A. Snell (2003), "Testing for a unit root in the nonlinear STAR framework" , *Journal of Econometrics*, 112, 359-379.
- Kawaller, I.G., P.D. Koch, and T.W. Koch (1987), "The Temporal Price Relationship Between S&P 500 Futures and the S&P 500 Index," *Journal of Finance*, 42, 1309-1329.
- Keyser, J. K, and E. M. Smit (2003), "Futures Prices and the Expected Future Spot Prices of Selected South African Financial Futures Contracts: A Note," *Journal for Studies in Economics and Econometrics*, 27(3), 121-32
- Koutmos, G., and M. Tucker (1996), "Temporal Relationship and Dynamic Interactions between spot and Futures Stock Markets," *The Journal of Futures Markets*, 16, 55-69
- Kroner, K. F. and J. Sultan (1993), "Time Varying Distributions and Dynamic Hedging with Foreign Currency Futures," *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 28, 535-551.
- Kurov, Alexander and Dennis J. Lasser (2004), "Price Dynamics in the Regular and E-Mini Futures Markets," *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 39(2), 365-84
- Kwiatkowski, D., P.C.B. Phillips, P. Schmidt and Y. Shin (1992), "Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root?", *Journal of Econometrics*, 54, 159-178.
- Lekkos, Ilias and Costas Milas (2002), "Common risk factors in the US and UK interest rate

- swap markets: Evidence from a non-linear vector autoregression approach,” Department of Economics and Finance, Brunel University, UK
- Leybourne, S., P. Newbold, and D. Vougas (1998) “Unit Roots and Smooth Transitions.” *Journal of Time Series Analysis* 19:83–97.
- Lin, Ching-Chung, Shen-Yuan Chen and Dar-Yeh Huang (2003), “An Application of Threshold Cointegration to Taiwan Stock Index Futures and Spot Markets,” *Review of Pacific Basin Financial Markets and Policies*, 6(3), 291-304
- Luintel, K. B. and K. Paudyal (1998), "Common Stochastic Trends between Forward and Spot Exchange Rates," *Journal of International Money and Finance* 17, 279-97
- Martens, M., P. Kofman, and T. C. F. Vorst (1998), “A Threshold Error-Correction Model for Intraday Futures and Index Returns,” *Journal of Applied Econometrics*, 13, 245-263
- Michael, P. and A.R. Nobay and D.A. Peel (1997), “Transactions costs and nonlinear adjustment in real exchange rates : an Empirical investigation,” *Journal of Political Economy*, 105, 862-879
- Milas, Costas and Jesus Otero (2002), “Modelling Official and Parallel Exchange Rates in Colombia under Alternative Regimes: A Non-linear Approach,” *Economic Modelling*, 20, 165-179
- Nieh, Chien-Chung (2004), “The Reality of the CPI and the Efficiency of the Asset Investment - Evidence from Taiwan's Real Estate and Stock Markets,” · The First Conference on Banking and Finance and Financial Trend
- Öcal, Nadir and Denise R. Osborn (2000), “Business Cycle Non-linearities in UK Consumption and Production,” *Journal of Applied Econometrics*, 15, 27-43
- Pattichis, Charalambos (2002), “Mean reversion in target zones: a reexamination of some ERM exchange rates,” *Applied Economics*, 34, 1141-1145
- Pattichis, Charalambos and Mona Kanaan (2004), “The Balassa-Samuelson Hypothesis and Oil Price Shocks in a Small Open Economy: Evidence from Cyprus,” *Open economies review*, 15: 45–56
- Pok, Wee Ching and Sunil Poshakwale (2004), “The Impact of the Introduction of Futures Contracts on the Spot Market Volatility: The Case of Kuala Lumpur Stock Exchange,” *Applied-Financial-Economics*, 14(2), 143-54
- Roope, M. and R. Zurbruegg (2002), “The Intra-Day Price Discovery Process Between the Singapore Exchange and Taiwan Futures Exchange,” *Journal of Futures Markets*, 22, 220-240.
- Ryoo, Hyun Jung and Graham Smith (2004), “The Impact of Stock Index Futures on the Korean Stock Market,” *Applied Financial Economics*, 14(4), 243-51
- Sarantis, N. (1999), “Modeling non-linearities in real effective exchange rates,” *Journal of International Money and Finance*, 18, 27-45
- Shyy, G., Vijayraghavan, V. and Scott-Quinn, B. (1996), “A Further Investigation of the Lead-Lag Relationship between the Cash Market and Stock Index Futures Market with

- the Use of Bid/Ask Quotes: The Case of France,” *The Journal of Futures Markets*, 16, 405-420.
- Stoll, H.R. and R.E. Whaley (1990), “The Dynamics of Stock Index and Stock Index Futures Returns,” *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 25, 441-468.
- Terasvirta, T. (1994), “Specification, Estimation and Evaluation of Smooth Transition Autoregressive Models,” *Journal of American Statistic Association*, 89, 208-218.
- Terasvirta, T. and H. M. Anderson (1992), “Characterizing Nonlinearities in Business Cycles using Smooth Transition Autoregressive Models,” *Journal of Applied Econometrics*, 119-136.
- Tse, Y. (1999), “Price Discovery and Volatility Spillovers in the DJIA Index and Futures Markets,” *The Journal of Futures Markets* 19, 911-930
- Yadav, P. K., P. F. Pope, and K. Paudyal (1994), “Threshold Autoregressive Model in Finance: The Price Differences of Equivalent Assets,” *Mathematical Finance*, 4, 205-221
- Wahab M. and M.Lashgari (1993), “Price Dynamics and Error Correction in Stock Index Futures Markets: A Cointegration Approach,” *Journal of Futures Markets*, 13, 711-742
- Woodward, George and Heather Anderson (2003), “Does Beta React to Market Conditions? Estimates of Bull and Bear Betas using a Nonlinear Market Model with an Endogenous Threshold Parameter,” Working paper, Department of Econometrics and Business Statistics, Monash University, Clayton, Victoria, Australia.
- Zhong, Maosen, Ali F. Darrat and Rafael Otero (2004), “Price discovery and volatility spillovers in index futures markets: Some evidence from Mexico,” *Journal of Banking and Finance*, 28(12), 3037-3054