

兩地掛牌期貨之套利與交易成本 —以日本公債期貨為例

◆ 政治大學金融所 所長

● 沈中華

一、前言

兩地掛牌在這幾年，吸引許多學者的研究，兩地掛牌指的是同一個金融資產在兩個或兩個以上的不同交易所交易。由於不同的交易所往往有著不同的交易制度與系統，價格發現的過程在這二個不同制度是如何傳遞的，且套利的機會是否存在於兩個不同交易系統，均成為學術界和投資人都很有興趣知道的議題。例如，Amihud 和 Mendelson (1990) 利用時間序列比較開盤和開盤間，收盤和收盤間的股票報酬，評估不同交易機制的績效。Shyy 和 Lee (1995) 則對歐洲 LIFFE 和 DTB 掛牌的債券期貨（德國政府公債）前一期的關係做了研究。Breedon 和 Holland (1997) 發現 LIFFE 的債券期貨會比 DTB 的債券期貨交易更為活絡。Shyy 和 Shen (1997) 的實證結果也指出，在 TSE 的日本公債 (Japanese Government Bond, JGB) 會領先新加坡 SIMEX 同樣掛牌的 JGB。Board 和 Sutcliffe (1996) 同樣地對兩地掛牌的資產套利做了完整的調查。過去的文獻中，最為人所知的交易系統有兩個：一、傳統的人工喊價系統，像是 SIMEX 和 DTB；二、電腦撮合的交易系統，像是 TSE 和 LIFFE。雖然交易系統不同，但同樣資產的價格應該會密切相關，而存在套利的可能。

本文延伸 Shyy 和 Shen (1997) 透過交易成本，對在 SIMEX、LIFFE 和 TSE 掛牌的 10 年期 JGB 所做的價差套利機會研究。因為日本和倫敦的期貨交易是利用電腦撮合的交易系統，而 SIMEX 所用的是傳統的人工喊價系統，則本文的特色是比較同一基礎資產，但它對應的期貨在不同交易所上市的交易。過去的文獻中，Shyy 和 Shen (1996) 研究日本和新加坡市場價格的共整合關係（見 Engle 和 Granger (1987) 及後續的探討）和落後前一期的關係，結果發現兩地的價格呈現共整合，且本地市場（日本市場）會比海外市場（新加坡市場）更早揭露訊息。然而，他們的模型隱含了完全市場的假設，即交易成本並不存在，或小到可以被忽略。目前，根據 Locke 和 Venkatesh (1997) 所說，通常會將可利用的交易價格序列當成交易成本的替代變數，用來估算報價買賣價差或隱含的效率買賣價差。他們認為許多研究認為交易成本不應忽略，或就算交易成本極小，仍然有可能使得套利的無法發生。由於套利成本存在，而使套利不能發生，此時價格乖離的時間會比我們先前認為的更長。而所謂的套利，只有在價差大到足以超過交易成本時，才有可能出現調整。本文強調傳統的共整合理論忽略這一部份將會產生偏誤。

本文使用 Balke 和 Fomby (1997) 的門檻共整合 (Threshold Cointegration, 簡稱 TC)，研究當交易成本存在時的套利機會。TC 的研究在近年來引起大家的注意。TC 模型是假設固定成本存在，避免了經濟代理變數的不斷調整，所以不需要每一期都移動到長期均衡。只有當價格的偏離超過門檻時，才会有將經濟代理變數移回均衡的系統活動。Anderson (1997) 延伸 Balke 和 Fomby 的模型，利用平滑調整項將誤差調整至均衡。他藉由門檻誤差修正模型 (Threshold ECM, TECM) 發現，美國利率的期間結構可以平滑且不對稱的修正。TC 也被用在 Kunst (1992) 對利率的研究、Dwyer, Locke 和 Yu (1995) 對 S&P500 期貨和現金的估計、Balke 和 Wohar (1997) 的利率平價研究、Martin et al. (1981) 對期貨和指數報酬的評估，Shen 和 Chiang (1999) 對美國消失的流動性效果，沈中華及陳建福 (2004) 對大陸 A 股及 B 股的研究，及 Shen (1998) 對 GDR 與台灣本地價格的分析。

本文採用的 TECM 可分為二類，第一類是固定調整係數的 TECM（以下也簡稱為固定調整的 TECM）及第二類一般化的 TECM。Anderson (1997) 最早使用固定調整的 TECM 模型計算門檻，把固定調整當作允許平滑調整。然而，在平滑 TECM 中，門檻是被忽略的。因為上層和下層的門檻隱含交易成本在 TC 中是很重要的，本文提出的一般化 TECM 放寬平滑 TECM 模型，讓它可以做門檻的估計。放寬 TECM 意味著一階平滑調整，包含傳統的 ECM 和固定調整 TECM。

我們資料的收集包括了我們收集在 TSE、SIMEX 和 LIFFE 的 JGB 日資料。這產生三個配對市場，即 (TSE, SIMEX)，(SIMEX, LIFFE) 及 (TSE, LIFFE)。由於 TSE 和 SIMEX 有四個半小時（算五個小時）的交易時間重疊，而 TSE 和 LIFFE 及 LIFFE 和 SIMEX 幾乎沒有任何的交易時間重疊（日本時間），所以 TSE 和 SIMEX 之間的套利行為可能更有趣。也因為交易時間重疊，所以只有收集及時的 TSE 和 SIMEX 交易資料，而資料來源為 Futures。

本文的研究結果如下。首先，門檻的共整合存在於每一個配對市場的價格。TSE 和 SIMEX 的價格也呈現傳統共整合。其次，TSE 和 SIMEX 的門檻值是三個配對市場中最小的，表示兩者間的交易成本也最小。最後，落後前一期的關係並不確定，本地市場只有在最上及最下門檻兩個極端的階層下，才會比奇配對的海外市場更早揭露訊息。

二、交易機制和契約內容

JGB的期貨契約從1985年的TSE開始。1987年7月13日，LIFFE也開辦了JGB的期貨契約，1993年10月1日SIMEX也跟進。雖然三個交易所都交易JGB，但由於TSE和SIMEX有重疊的交易時間，套利行為更為劇烈。即TSE和SIMEX有五個小時的交易時間重疊，而LIFFE的每日交易時間則沒有和任何一個交易所重疊。盤後，SIMEX會將人工喊價系統轉為螢幕自動交易系統(ATS)，這時其交易與LIFFE很像。但是，因為SIMEX晚上的交易資料無法取得，所以我們不研究這部份的套利情形。所以，我們比較著重在TSE和SIMEX的套利行為，而不是LIFFE。

正如Scott-Quinn和Walmsley (1993) 所說，Saitori (或稱floor經紀人) 是本日本交易系統一個重要的特色。floor經紀人的作用是維持市場的秩序和委託下單。也就是說，在人工喊價系統的SIMEX，交易者在喊價之前可以互相討論，在價格上達成共識。LIFFE則是自動pit交易(APT)。

這三個交易所所有不同的契約和交易機制，而這這些差異會影響套利的行為，說明如下：

交易時間：TSE和SIMEX的JGB期貨雖然不是同時交易，但在某段時間會彼此交易。SIMEX的開始交易時間比TSE早了15分鐘，但比TSE晚了30/15分鐘收盤(早盤/下午盤)。但是，因為這兩個交易所的契約交易時間有重複，內部套利會比LIFFE更為容易。

以下我們說明它們其交易制度設計的差別。

交易機制：SIMEX採取人工喊價系統和螢幕ATS，而TSE和LIFFE則使用自然清算系統。SIMEX的JGB契約最後交易日是過去TSE的JGB期貨最後交易日前一個營業日。相對地，LIFFE的最後交易日是TSE的JGB期貨最後交易日的後一個營業日。這樣的差異表示我們必須注意Granger causality的lag，甚至可能也會對套利活動有影響。

交易單位：SIMEX的JGB契約 (¥50,000,000) 的交易單位比TSE和LIFFE契約 (¥100,000,000) 來的小。為了預算限制和符合套利的需要，小規模的契約通常會比較吸引個別的投資人，而不是機構投資人。

價格限制：SIMEX沒有任何的價格限制，TSE設了2百萬日圓的上下的價格限制，LIFFE則設TSE當天收盤報價的上下1百萬日圓為限。

保證金要求：TSE採取傳統的固定百分比保證金，基本上包含去年價格波動的95%。現金保證金要求是非常高的，因為TSE的JGB期貨不需要付任何的利息。進

一步言，在TSE的JGB期貨交易結束前，收益無法回收。SIMEX和LIFFE都適用CME SPAN保證金系統。因為TSE JGB期貨的利息費用比SIMEX和LIFFE都高，總保證金要求也比TSE來的嚴格。

交易手續費和相關稅額：在交易手續費方面，SIMEX只收佣金，所以比TSE的手續費來的低。TSE使用逐次交易手續費系統，還包含了一些其他種類的交易手續費和稅。在稅的部份，SIMEX沒有任何的資本利得稅或利息稅，TSE則在JGB期貨交易獲利時，必須付手續費。

表1、JGB期貨契約比較

| 交易所 | TSE | SIMEX | LIFFE |
|----------------|--|--|-----------------------|
| 發行日 | 1985年10月19日 | 1993年10月1日 | 1987年7月13日 |
| 交易時間 (日本時間) | 9:00~11:00 12:30~15:00 | 人工喊價的交易時間： 8:45~11:30 12:30~15:15 螢幕自動交易時間： 15:45~2:00 | 16:00~1:00 |
| 契約 | 標準化6% 5年、10年、20年的JGB | 標準化6% 10年的JGB | 標準化6% 10年的JGB |
| 交易系統 | 螢幕自動交易系統 | 人工喊價&螢幕自動交易系統 | 螢幕自動交易系統 |
| 清算方式 | 自然清算系統 | 現金清算 | 現金清算 |
| 最後交易日 | 交割日前的第七個營業日 | TSE的JGB期貨最後交易日的前一個營業日 | TSE的JGB期貨最後交易日的後一個營業日 |
| 交易單位 | ¥100,000,000 | ¥50,000,000 | ¥100,000,000 |
| 每日價格限制 | ±2點 | 無 | 同一天TSE的JGB期貨收盤報價±1點 |
| 保證金要求 | 3%(期初) 2%(維持) 在清算部位獲利前未贖回現金的至少1% | CME SPAN 保證金系統 (1993年11月24日，期系統 初保證金¥810,000，維持保證金¥600,000) | CME SPAN 保證金系統 |

三、一般化門檻誤差修正模型

門檻共整合指的是除非價格大幅度的乖離交易成本，否則套利不會產生。這裡將價差區分為三個階層來說明門檻共整合的概念。在上階和下階時，價差大於門檻，引發套利。在門檻的範圍內，無法從事套利，意味著均衡誤差會自由修正。在財務的觀念中，中階的交易成本低到足以被忽略。因此，共整合的關係在中階時會失效，但只要系統超過某個門檻，就會產生效用。我們把三階層，即 $I(0)-I(1)-I(0)$ 的形式的門檻共整合定義為「強TC」，即價差的上階和下階是 $I(0)$ 表示，中階則以 $I(1)$ 表示。也就是說，上階和下階的價差是固定的，但範圍內的價差則會變動。

p_t^d 和 p_t^f 分別是指在TSE和SIMEX (LIFFE) 掛牌的價格。首先，利用TC跑 p_t^d 對 p_t^f 的一階回歸

$$p_t^f = c_0 + c_1 p_t^d + z_t$$

這裡的 z_t 是共整合 (均衡) 誤差，或當作誤差修正誤差 (error correction error, ecm)。而係數 (c_0, c_1) 是指共整合向量，如果 (c_0, c_1) = (0,1)，則市場是有效率的，也就是沒有任何的套利機會。當 c_0 等於1， c_1 不等於0時，殘差 z_t 等於價差減去平均數。Enders and Granger (1998) 把這裡的 c_0 當作聚集係數 (長期均衡誤差)。接著，我們利用非零的截距項和不對稱門檻，估計均衡誤差的動態變化。Balke and Formby (1997) 應用 Chan et al. (1996) 必要充分條件，評估 z_t 是否固定 (也可見 Shen (1999))。Chan et al. (1996) 的條件只有當 z_t 服從一階門檻時才適用。這個條件對一般自我回歸的效果則是未知的。進一步言，在評估價差是否服從門檻行為時，我們會面臨統計推論上的問題。因為在TC，共整合向量漸進線特性不標準，傳統的檢定也許會失效。Enders and Granger (1998) 利用Monte-Carlo，將原始資料的門檻過程製作出拒絕區域的表格，但無法做出共整合誤差區域的表格。

本文利用TECM衡量價差的門檻行為，並估計不同階修正的速度。

3.1 固定修正TECM

標準TECM假設固定修正 γz_{t-1} 係數，過程如下：

$$\Delta X = B(L)\Delta X_{t-1} - \gamma z_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

$$\gamma = \gamma_U \text{ 且 } B(L) = B_U(L) \quad \text{if } z_{t-1} > \theta_U \quad (3)$$

$$\gamma = \gamma_L \text{ 且 } B(L) = B_L(L) \quad \text{if } z_{t-1} < \theta_L \quad (4)$$

$$\gamma = \gamma_M \text{ 且 } B(L) = B_M(L) \quad \text{if } 0_L \leq z_{t-1} \leq 0_U \quad (5)$$

式中 X 是 (p_t^f, p_t^d) ， $B(L)$ 是落後多項係數， L 是落後operator， z_{t-1} 是之前(1)的均衡誤差，被當成我們的門檻變數， θ_L 和 θ_U 分別代表下階和上階門檻。 $B_i(L)$ ($i = U, M, L$) 是三個階層落後應變數的係數， γ_i ($i = U, M, L$) 則是修正係數。上述的模型也

$$\begin{aligned} \Delta X = & [B_L(L)\Delta X_{t-1} - \gamma_L z_{t-1}]I(z_{t-1} < \theta_L) \\ & + [B_M(L)\Delta X_{t-1} - \gamma_M z_{t-1}]I(\theta_L \leq z_{t-1} \leq \theta_U) \\ & + [B_U(L)\Delta X_{t-1} - \gamma_U z_{t-1}]I(z_{t-1} > \theta_U) + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (6)$$

I 是指標函數，如果括號內的條件成立時， I 等於1；否則為0。

本文的重點在修正係數 γ 。傳統的ECM假設三個階層的修正係數皆為負且固定。TECM假設 γ 是階梯函數，每個階層不同。根據門檻共整合假說，只有當市場大幅度的乖離均衡時，才會自動調整。所以，在中階層，因為只有小幅的偏離均衡，無法進行套利。換句話說，共整合只存在於上階和下階，在中階層，調整會減緩。因此， γ 在兩個極端的階層時，應該為負，而在中階時，則應該為零。我們預期：

$$\gamma_L < 0, \gamma_U < 0 \text{ and } \gamma_M = 0$$

3.2 一般化TECM

我們將固定TECM一般化入變動修正係數TECM，這裡把一般化TECM寫作 (Anderson, 1997)：

$$\Delta X_t = B(L)\Delta X_{t-1} + [B^*(L)\Delta X_{t-1} - \gamma z_{t-1}] \times H(z_{t-1}) + \varepsilon_t \quad (7)$$

Anderson (1997) 忽略門檻，把這裡的反應函數 H 定義為 z_{t-1} 的平滑拋物線函數。我們把Anderson的 H 做修正，考慮門檻，讓模型變成「一階平滑門檻模型」。同時，允許反應函數有三個不同階層的差異。

$$H(z_{t-1}) = \begin{cases} H_L(z_{t-1}) + H_U(z_{t-1}) & \text{if } z_{t-1} < \theta_L \text{ or } z_{t-1} > \theta_U \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

這裡

$$H_L(z_{t-1}) = 1 - \exp\{-\lambda_L(z_{t-1} - \theta_L)^2\} \quad \text{if } z_{t-1} < \theta_L \quad (9)$$

$$H_U(z_{t-1}) = 1 - \exp\{-\lambda_U(z_{t-1} - \theta_U)^2\} \quad \text{if } z_{t-1} > \theta_U \quad (10)$$

λ_i ($i = U, L$) 是修正係數，控制了 H 修正到均衡的速度，而 θ_i ($i = U, L$) 是門檻。在方程式(8)中， H 是一階平滑反應函數，當 z_{t-1} 落入兩個門檻間時為0；當 z_{t-1} 落入兩個門檻外時，會被經由 H_L 和 H_U 的先前均衡誤差所影響。 H_i ($i = U, L$) 的大小取決於 λ_i ，在0~1之間。舉例來說， λ_i 不受限， H_i ($i = U, L$) 就會等於1；否則為0。在界線內，為了符合估計，反應函數被設為0。

方程式(8)~(9) H 的設計，把TECM(7)變成傳統ECM (固定修正的TECM和Anderson的TECM) 的一般形式。因此，當 λ_L 和 λ_U 都不受限，且 $\theta_L = \theta_U = 0$ 時， H 會等於1。一般化TECM因此縮小了傳統的ECM。然而，當 λ_L 和 λ_U 都不受限，但 $\theta_L \neq \theta_U \neq 0$ 時， H 會不同門檻的一階函數。如果 $\gamma_L = \gamma_U$ ，一般化TECM就會變成固定TECM。最後， $\theta_L = \theta_U = 0$ 和 $\lambda_L = \lambda_U \leq \infty$ ，模型變成Anderson的系統平滑反應模型。

圖1畫出了 H 的反應函數。當 z_{t-1} 越偏離0，套利的強度越強， H 收斂至均衡的修正會越快。這時的連續套利行為是不同於固定TECM的，此時，在同一階層的套利行為會相同，但三個不同階層會有不同的套利行為。也就是說，當 z_{t-1} 接近0，套利將會停止，且不會發現任何的修正。相反地，當 H 相當於0，誤差修正項會降到0，使得兩個價格不會共整合。在這種狀況下，價格也許會遵循門檻行為，而不是遵循TC。

z_{t-1} 的朝向均衡的修正速度可以藉由一階平滑修正函數 $\gamma \times H$ 加以估算。

$$\gamma_t^* = \gamma \times H$$

γ 或 H 越大，誤差修正至均衡的速度（被套利驅動）就越快。套利和共整合是連續的概念。

未知門檻係數的估計是用grid search method。以固定修正TECM為例，我們先跑 P_t^f 對 P_t^d 的回歸，得到均衡誤差 z_t ，找出 z_{t-1} 的最小值（稱做Min Z）和最大值（稱做Max Z）。 θ_L 和 θ_U 的原始值就分別等於Min Z和Max Z。一旦產生這兩個門檻，我們就可以比較在這兩個門檻中的 z_{t-1} ，並決定指標函數。在決定指標函數之後，就可以估計方程式(6)，產生總平方誤差(SSE)。之後，開始我們研究的核心。在下階，隨著每分鐘遞減的增量，研究從Max Z下降到0的 θ_U 。對每一個已知的 θ_U ，隨著每分鐘遞增的增量，研究從Min Z上升到0的 θ_L 。門檻每分鐘遞減和遞增的間距，是將(Max Z-0)和(Min Z-0)劃分為N個小的間距而獲得。因此，有 N^2 個線性回歸。然而，每天樣本的研究工作只能花Pentium II大約十分鐘。門檻對應著最小SSE。

將grid search method用在不對稱的修正TECM會比較耗時？除了這兩個門檻，估計係數在另外兩個修正係數 $\lambda_i (i=U, L)$ 是有條件的。因此，用grid search計算呈幾何級數增加的時間。當 $\lambda_i = 100$ 時， H_i 接近1，所以我們將 λ_i 的範圍定為從0到100，以5為增加單位。利用較小的增量，結果並不會改變。對每個每天的配對大概需要花3個小時。

四、資料來源

從Bloomberg和Futures Source收集兩組資料。第一組是收集1997年1月4日到1999年4月4日的TSE、SIMEX和LIFFE市場，JGB最近契約的每日收盤價，共有790個觀察值。扣除遺漏的，共獲得788個觀察值。分別用TSE-SIMEX，SIMEX-LIFFE和TSE-LIFFE做配對比較。同時，在實證之前，修正時間差。

為了進一步研究內部價格傳遞的過程，我們再從Futures Source收集1999年1月4日到1999年4月4日TSE和

SIMEX的即時交易資料。我們先收集新加坡和日本市場同時連動的每分鐘交易的最終價格。然而，因為很多資料在一分的間隔期間就失去時效了，所以我們把一分鐘的間隔延長到五分鐘。然後，扣除這段時間市場遺漏的資料，例如，在早上8:45以前和下午3:00以後，這時SIMEX已經開市但TSE尚未開市。最後，所有的價格取對數。

五、實證結果

5.1 傳統的ECM

在共整合檢定之前，我們先進行每日和每分的單根檢定，且發現對任何變數均不能拒絕單根的虛無假說。接著我們測試是否每組配對的價格都是共整合。我們利用Engle and Granger (1987)的二階共整合檢定(TSE, SIMEX)，(SIMEX, LIFFE)及(TSE, LIFFE)的JGB的每日價格，和(TSE, SIMEX)的每分鐘配對價格。

表1呈現了方程式(1)的共整合估計結果。所有配對的前一期共整合殘差的係數都顯著的不為0，表示任意兩個市場的兩個價格都是共整合。每一組的兩個市場的各自共整合向量(c_0 和 c_1)都很接近0和1。尤其，利用TSE和SIMEX價格的估計係數 c_1 為1。因此，傳統共整合方法隱含市場是有效率的，且沒有任何的套利機會。然而，當考量TC時，可能就不是如此。

5.1.1 Granger Causality

一旦資料被共整合，ECM就可以成立，也就可以利用ECM來研究兩個價格間lead-lag的關係(Granger causality, GC，或非Granger causality, Non-GC)。有關TSE和SIMEX市場每天和每分鐘的價格，詳細說明如下：

$$\Delta P_t^f = \alpha_0 + \alpha_1 \Delta P_{t-1}^f + \alpha_2 \Delta P_{t-1}^d + \gamma_1 z_{t-1} + \varepsilon_{1t} \quad (11)$$

$$\Delta P_t^d = \beta_0 + \beta_1 \Delta P_{t-1}^f + \beta_2 \Delta P_{t-1}^d + \gamma_2 z_{t-1} + \varepsilon_{2t} \quad (12)$$

這裡的 P_t^d 和 P_t^f 分別指TSE和SIMEX市場的價格。從TSE到SIMEX市場中，Non-Gc的傳統虛無假設是 $\alpha_2 = 0$ 。相對地，從SIMEX到TSE市場中，Non-Gc的傳統虛無假設是 $\beta_1 = 0$ 。這兩個估計動態lead-lag關係的假說也可以當做「短期GC檢定」(Lin and Swanson, 1993)。落後的期間是根據Shyy and Shen (1995)所提出的，也因為金融市場的傳遞是非常快速的。

當海外價格來自LIFFE市場，當地價格來自TSE市場，GC檢定的落後結構將被修正。因為時間的差異，TSE的投資人在 t 時間可以獲得LIFFE t 時間LIFFE的價格，因為TSE的開盤價會立即跟隨倫敦的收盤價。因此，因為GC檢定要求落後獨立變數 P_t^f ，而不是 P_{t-1}^f ，我們的GC檢定也是如此。

$$\Delta P_t^f = \alpha_0 + \alpha_1 \Delta P_{t-1}^f + \alpha_2 \Delta P_{t-1}^d + \gamma_1 z_{t-1} + \varepsilon_{1t} \quad (13)$$

$$\Delta P_t^d = \beta_0 + \beta_1 \Delta P_t^f + \beta_2 \Delta P_{t-1}^d + \gamma_2 z_{t-1} + \varepsilon_{2t} \quad (14)$$

方程式(11)~(14)的實證結果呈現在表2。前三行顯示了每天價格的研究結果，最後一行則是每分鐘的價格。關於TSE和SIMEX lead-lag的相關性， $\alpha_2 = 0$ 的虛無假設並沒有被拒絕，而 $\beta_1 = 0$ 的虛無假設則在10%的顯著水準下被拒絕，意味著海外價格(SIMEX)領先當地價格(TSE)，反之亦然。長期Granger causality和短期的causality有相同的結果， $\gamma_1 = 0$ 因為沒有被拒絕，但 $\gamma_2 = 0$ 被拒絕。從TSE和SIMEX每天JGB的價格顯示，公開喊價的價格發現速度領先ATS的速度。

表2的第二行有類似的結果。(TSE, LIFFE)的配對價格也支持海外價格領先當地價格的看法。結果呈現在第三行。無論SIMEX和LIFFE哪個方向的短期lead-lag相關性都被拒絕，但長期的雙向causality存在。

從表2的最下面一行可以看出，在TSE和SIMEX雙向causality的四個係數($\alpha_2, \beta_2, \gamma_1, \gamma_2$)在5%的水準下呈現顯著，即日資料的結果支持海外價格GC當地價格的觀點，若改為使用每分資料則結果有些許的改變。因此，在不同交易系統價格發現的速度，明顯地會受資料頻率影響。

5.2 固定修正TECM

5.2.1 門檻值

接下來，我們要探討當交易成本存在時的Granger causality和套利行為。修正項假設為固定。

表3顯示估計的上階和下階門檻，及修正係數的結果。三組日資料的上階門檻範圍從0.114%~0.235%，下階門檻的範圍則從-0.153%~-0.417%。這些門檻和價差，用圖表呈現在圖2。配對市場(TSE, SIMEX)日資料顯示，在非套利範圍的最窄的，也就是說，在三組配對市場中，(TSE, SIMEX)的套利成本最小。因為這兩個市場的交易時間重疊了6小時，而其餘的兩組配對市場則沒有任何交易時間

是重疊的，導致這兩個市場的套利最活躍。活躍的套利增加流動性，進而降低了交易成本。於是，任何價格的小幅變動就造成套利。狹窄的區域讓套利在這兩個市場更接近完美市場。

因為配對市場(TSE, LIFFE)和(LIFFE, SIMEX)的非套利區域很廣，價格的差異大，套利不容易存在。同樣地，區域很廣意味著兩個市場間沒有重疊的交易時間。如此一來，不只是常見的交易成本，像是稅、佣金和利率，還有價格和流動風險都會抑制套利。只有在價差大到足以彌補存在的實質成本和不確定的風險。

表3的最後一列說明了每五分資料的門檻，上階和下階門檻分別為0.132%和-1.117%。非套利區間和每天配對的產品十分密切，且比其他的配對市場來的小。但若以分資料來看，這個區域和每天配對的產品的密切程度就小了點。這似乎和我們的直覺不符，日資料的套利行為應該比較積極。一個可能是日資料的波動大，降低了門檻估計。

一旦門檻決定之後，接著就可以藉著TECM中的係數 z_{t-1} ，研究是否服從特定的門檻行為。使用TECM對每組配對市場的估計結果呈現在表3的右邊。我們先討論每五分領先資料，因為這部份的結果最有趣。實證發現，三個估計係數都為負，但只有兩個極端階層的係數顯著，在中階層不顯著。因此，共整合發生在上階和下階層，而不是中階層，符合本文所說的門檻共整合的要求。估計係數 γ_U 和 γ_L 分別為-1.385和-1.1372，都比 γ_M 的-0.1075大，顯示mean-reverting的行為，上階和下階比中階來的強。於是驗證了當價差小，套利發生的可能性很低，且不會持續。

TSE和SIMEX的日資料也驗證了兩個序列服從門檻共整合。 γ_M 為正，且不顯著。 γ_U 和 γ_L 則都為負顯著。因此，只有上階和下階的先前誤差會收斂至均衡，中階則不會。我們之前假設套利只有當價差超過交易成本時，才會被拒絕。而TSE和SIMEX的日資料和分資料都驗證了這個TC的假設。

相對地，其餘的配對市場都不太被支持。在TSE和LIFFE，三個階層的修正係數都是負的，分別為-1.0096、-0.9951和-0.265，只有前兩個係數顯著。因為在中階的係數顯著，價格共整合存在，拒絕了TC假設。只 γ_U 有顯著為負， γ_M 和 γ_L 則是不顯著為正。這部份就不太支持門檻共整合。

總而言之，使用(TSE, SIMEX)的資料，我們發現非套利區域是三個配對市場中最小的，即JGB的價格最有效率，此時一個小小的價格改變，都有可能造成套利。這結果和資料的頻率無關。這樣的結果，某種

程度上來說，和Board and Sutcliffe (1996) 推斷很類似。他們認為如果雙掛牌期貨同時交易，因為交易期貨的交易成本低，兩者間的非套利關係將非常小。

5.2.2 Granger Causality

接著我們用固定TECM進行Granger Causality檢定。估計結果呈現在表4。在每五分鐘的資料部份，只有在最下一階層時，海外市場 (SIMEX) 領先本地市場 (TSE)。而在上階和下階層，本地市場都領先SIMEX。因此，和傳統ECM不同，利用TECM當日資料的本地市場也領先海外市場。

再回到日資料來看。就 (TSE, SIMEX) 的價格來說，在兩個極端的階層會產生雙向因果關係。就 (TSE, LIFFE) 的價格來說，只有在下階層時，海外價格領先本地價格；其餘的其他個案中，兩個價格並不會互相影響。而在最後一組配對市場，在兩個極端的階層時，SIMEX領先LIFFE，但LIFFE並不會影響SIMEX。

由上述的結果看來，領先往往發生在上階層和下階層，而不是在中階層，所以為了傳遞訊息，訊息流動必然很大。同時，雙向Causality在上述的研究裡，也常常發現。在兩個交易系統中，價格發現的速度也許是一樣的。

5.3 一般化TECM (Generalized ECM)

5.3.1 修正函數

固定門檻TECM假設修正係數是簡單階梯函數，這一節我們將進一步延伸。更詳細地說，在極端階層將被不斷的修正，但在中階層是固定的。

估計的上階和下階門檻的結果呈現在表3。四個參數 ($\theta_U, \theta_L, \lambda_U, \lambda_L$) 在前三個配對市場的日資料分別為 (0.1228%, -0.1642%, 47, 69)、(0.2900%, -0.3611%, 25, 39) 和 (0.3113%, -0.4813%, 37, 47)。而改為每五分鐘資料時則為 (0.1913%, -0.4013%, 34, 44)。修正的速度既不是1，也不是無窮大，意味著傳統的ECM和TECM都被拒絕。

圖3畫出了四個配對市場的一階平滑修正函數 γ_t^* 。我們並沒有畫出反應函數 H_t^* ，原因在於，它其實就是 γ_t^* 的倒影。此外，所有的 γ_t^* 都和 ecm_{t-1} 呈現拋物狀的關係。在門檻範圍內，模型將修正函數設為0。然而，四個圖的多數資料都與0差距不大，只有一部份偏離0。在圖2，利用固定TECM，(TSE, SIMEX) 的非套利區間最小。由TSE和SIMEX的日資料顯示，我們推斷此二市場套利的可能性小。而 (TSE, LIFFE) 和 (SIMEX, LIFFE) 的觀察值大多偏離0。在未預期夜間價格的移動風險下，則我們推論套利也許存在。

令人驚訝的，當用在日資料，修正函數的結果與先前大不相同。大多數的資料都與0差距不大，表示套利機會小。然而，這結果也可能意味著套利在TSE和SIMEX已經很頻繁，所以剩餘的套利可能變的很小。圖中也有幾個離群值，但對門檻估計的影響並不清楚。

5.3.2 Granger Causality

Granger Causality檢定結果在表5。最外的兩個階層是用的 H 大小來定義。當內階層的誤差降到門檻範圍， H 為0。

$$\Delta P_t^d = \beta_0 + \beta_1 \Delta P_{t-1}^f + \beta_2 \Delta P_{t-1}^d + e_t$$

此時，沒有任何Granger Causality的虛無假設為 $\beta_1 = 0$ 。在最外的階層，即在兩個極端階層時， H 大幅度地偏離0。

$$\Delta P_t^f = [\alpha_0 + \alpha_1 \Delta P_{t-1}^f + \alpha_2 \Delta P_{t-1}^d] H(z_{t-1}) + e_t$$

此時，沒有任何Granger Causality的虛無假設為 $\alpha_2 = 0$ 。

在表5，當本地市場價格作為因變數 (表5的第二列) 時，所有的誤差修正項的係數都是正號，且都顯著。另外，讓我們意外的是，當本地市場價格作為因變數 (前二列) 時，不管是在哪個階層，幾乎所有的係數都顯著。這表示海外市場影響本地市場。最後二列依序是本地市場和海外市場的Causality檢定。除了內階層的分資料發現雙向Causality之外，不論是當地市場，還是海外市場的日資料都拒絕了Causality。只有在利用一般化TECM日資料時，才能在美各階層發現單向的Causality。表4則呈現了在最上及最下的兩個階層，TSE和SIMEX的日資料之間存在雙向Causality的實證結果。然而，這樣的發現和門檻模型無關。

六、結論

本文認為在這三個配對市場掛牌的日本公債期貨，交易成本也許會影響套利行為。因此，利用一般化TECM來驗證這個假設。收集每天和當天內的兩組資料。因為TSE和SIMEX的交易時間 (就白天而言) 重疊了五個小時，但在其餘的兩個配對市場 (TSE, LIFFE) 和 (LIFFE, SIMEX) 交易時間並沒有重疊，套利行為在 (TSE, SIMEX) 會最活躍。

我們的實證結果如下：

1. 在TSE和SIMEX間的價差所估計出的門檻是最小的，顯示他們的交易成本也是最小的。這結果近似Board and Sutcliffe (1996) 的說法：「如果雙掛牌期貨市場同時交易，因為交易期貨的交易成本很低，不存在任何套利的機會很小」。
2. TSE和SIMEX存在著門檻共整合。只有在最上及最下的兩個極端的階層，TSE和SIMEX的兩個價格才會出現共整合。門檻共整合並不會出現在其他的配對市場。
3. 公開喊價的價格發現速度和螢幕自動化交易系統不容易有領先一落後的關係。利用固定TECM，發現當地市場會比海外市場更早揭露訊息，由在兩個極端階層。這個發現和使用一般化TECM的結果完全不同。同時直接對兩個效率市場評估訊息的方向是一個很困難的技術，未來的研究可以進一步的探究這個議題。

參考文獻

1. 沈中華及陳建福 (2004) B股開放政策對中國大陸股票市場效率性有影響嗎?不對稱門檻共整合模型的應用, 財務金融學刊, 11, 89-119
2. Amihud, Y. and H. Mendelson (1990) Volatility, Efficiency and Trading: Evidence From the Japanese Stock Market. *The Journal of Finance*, 46, 1765-1789, April.
3. Anderson, H. M. (1997) Transaction Costs and Nonlinear Adjustment Towards Equilibrium in the US Treasury Bill Market. *Oxford Bulletin Economics and Statistics*, 59(4), 465-484.
4. Bahmain-Oskooee, M. and S. P. Das (1985) Transaction Costs and the Interest Parity Theorem. *Journal of Political Economy*, 93, 793-799, August.
5. Balke, N. S. and M. E. Wohar (1997) Nonlinear dynamics and Covered Interest Rate Parity.
6. Balke, N. S. and T. B. Formby (1997) Threshold Cointegration. *International Economic Review*, 8, 627-645
7. Board, J. and C. Sutcliffe (1996) The Dual Listing of Stock Index Future: Arbitrage, Spread Arbitrage, and Currency Risk. *The Journal of Future Market*, 12(1), 29-54.
8. Breedon, F. and A. Holland (1997) Electronic versus Open Outcry Market: The Case of the Bund Futures Contract. Working Paper, Bank of England.
9. Chan, K. C., W. M. Fong, B. C. Kho and R. M. Stulz (1996) Information Trading and Stock Returns: Lessons from Dually Listed Securities. *Journal of Banking and Finance*, 20, 1161-1187.
10. Clinton, K. (1988) Transaction Costs and Covered Interest Rate Parity. *Journal of Political Economy*, 96, 358-370, April.
11. Dwyer, G. P., Jr. P. Locke and W. Yu (1995) Index Arbitrage and Nonlinear dynamics between the S&P500 Futures and Cash. Working Paper Series, Federal Reserve Bank of Atlanta.
12. Enders, W. and C. W. Granger (1998) Unit Root Tests and Asymmetric Adjustment With an Example Using the Term Structure of Interest Rates. *Journal of Business, Economics and Statistics*, 16, 304-311.
13. Engle R. F. and C. W. Granger (1987) Cointegration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing. *Econometrica*, 55, 250-276, March.
14. Fung, H. G. and S. C. Isberg (1992) The International Transmission of Eurodollar and US Interest Rates: A Cointegration Approach. *Journal of Banking and Finance*, 16, 757-769
15. Hsu, S. N. and C. G. Wang (1997) Option Price and Transaction Cost. Manuscript, Department of Finance, National ChengKung University.
16. Kato, K., S. Linn and J. Schallheim (1991) Are There Arbitrage Opportunities in the Market for American Depository Receipts. *Journal of International Financial Markets*, 1, 73-89.
17. Kunst, R. M. (1992) Threshold Cointegration in Interest Rates. Technical Report, Discussion Paper, 92-126.
18. Locke P. R. and P. C. Venkatesh (1997) Futures Market Transaction Costs. *The Journal of Futures Markets*, 17(2), 229-245.
19. Marshall, D. A. (1993) Asset Return Volatility with Extremely Small Costs of Consumption Adjustment. Manuscript, Kellogg Graduate School of Management, North-Western University.
20. Martin, L. and P. Garcia (1981) The Price-Forecasting Performance of Futures Modelling Exchange Rtes. *American Journal of Agricultural Economics*, 63, 209-232.
21. Pippenger, M. K. AND G. E. Goering (1993) A Note on the Empirical Power of Unit Root Tests Under Threshold Process. *Oxford Bulletin Economics and Statistics*, 55, 473-481.
22. Shen C. H. (1998) The Lead-Lag Relationship Between GDR and Taiwan Equity Market—A Cointegration Approach (in Chinese). *Security Development Journal*, 10(2), 37-62.
23. Shen, C. H. (2000) Are There Arbitrage Opportunities Global Depository Receipt and Local Equity Market When There Are Transaction Cost? The Model of Threshold Cointegration (in Chinese). *Chinese Financial Studies*.

24. Shen, and Chiang (1999) Retrieving the Vanishing Liquidity Effect : A Threshold Vector Autoregressive Model, *Journal of Economic and Business*, 51, 259-277
25. Shyy, G. and C. H. Shen (1997) Intra-Day Investigation on Intermarket Futures Price Transmission Between Japan and Singapore. *Review of Quantitative Finance and Accounting*, 9, 147-163.
26. Shyy, G. and J. H. Lee (1995) Price Transmission and Information Asymmetry in Bund Future Markets: LIFFE vs. DTB. *The Journal of Futures Markets*, 15(1), 87-99.
27. Si, N. T. and D. L. Tseng (1996) An Analysis of Arbitrage Opportunities for Taiwan GDR. Mimeo.
28. Wang, L. R. and Shen, C. H. (1999) Do Foreign Investment Affect Foreign Exchange and Stock Markets?—The Case of Taiwan. *Applied Economics*, 39, 1303-1314
29. Williams, J. (1987) Futures Markets: A Consequences of Risk Aversion or Transaction Costs? *Journal of Political Economy*, 95,1000-1023

表 2、Engle and Granger Cointegration Test

$$p_t^f = c_0 + c_1 p_t^d + z_t$$

$$z_t = a_0 z_{t-1} + \sum_{i=1}^4 a_i \Delta z_{t-i}$$

| p_t^d | p_t^f | c_0 | c_1 | a_0 |
|---------|---------|--------------------|------------------|---------------------|
| 日 資 料 | | | | |
| TSE | SIMEX | -0.0004 (0.064) | 1.0001 (822) | -1.2162* (14.23) |
| SIMEX | LIFFE | 0.0047 (0.981) | 0.9973 (328) | -0.9051* (11.36) |
| TSE | LIFFE | 0.0029 (0.46) | 0.9970 (352) | -0.9470* (12.98) |
| 分 資 料 | | | | |
| TSE | SIMEX | 0.0002 (0.03) | 1.0000 (1020) | -0.5105* (13.41) |

註：*表示顯著水準為 5%

表 3、傳統 TECM 的 Granger Causality

$$\Delta P_t^d = \beta_0 + \beta_1 \Delta P_t^f + \beta_2 \Delta P_{t-1}^d + \gamma_1 z_{t-1} + \varepsilon_{1t}$$

$$\Delta P_t^f = \alpha_0 + \alpha_1 \Delta P_{t-1}^f + \alpha_2 \Delta P_{t-1}^d + \gamma_1 z_{t-1} + \varepsilon_{2t}$$

| | | 應變數 | | | | |
|---------|---------|--------------------|----------------|---------|----------------|---------|
| p_t^d | p_t^f | | ΔP_t^d | | ΔP_t^f | |
| | | | 係數 | t-value | 係數 | t-value |
| 日資料 | | | | | | |
| TSE | SIMEX | 常數 | 0.0002 | (1.40) | 0.0002 | (1.22) |
| | | ΔP_{t-1}^d | 0.0890 | (1.23) | 0.0770 | (0.92) |
| | | ΔP_{t-1}^f | -0.1362** | (1.71) | -0.1049 | (1.15) |
| | | ecm_{t-1} | -1.0654* | (9.58) | 0.0079 | (0.06) |
| TSE | LIFFE | 常數 | 0.0002* | (3.05) | 0.0001 | (1.17) |
| | | ΔP_{t-1}^d | 0.0232 | (1.50) | 0.0110 | (0.30) |
| | | ΔP_{t-1}^f | -0.0896* | (2.54) | 0.0213 | (0.26) |
| | | ecm_{t-1} | -0.8763* | (7.61) | 0.0466 | (0.63) |
| SIMEX | LIFFE | 常數 | 0.0002* | (3.47) | 0.0001 | (1.02) |
| | | ΔP_{t-1}^d | 0.0312* | (2.50) | 0.0097 | (0.28) |
| | | ΔP_{t-1}^f | -0.0195 | (0.53) | 0.1394 | (1.34) |
| | | ecm_{t-1} | -0.9619* | (26.85) | 0.1701** | (1.69) |
| 分資料 | | | | | | |
| TSE | SIMEX | 常數 | 0.0000 | (1.48) | 0.0000 | (1.57) |
| | | ΔP_{t-1}^d | 0.3071* | (5.27) | 0.3320* | (5.98) |
| | | ΔP_{t-1}^f | -0.2789* | (4.77) | -0.3016* | (5.42) |
| | | ecm_{t-1} | -0.4295* | (6.75) | 0.1780* | (2.94) |

註：“和**分別代表 5%和 10%的顯著水準

表 4、固定修正 TECM 的門檻

$$\Delta P_t^d = \beta_0 + \beta_1 \Delta P_t^f + \beta_2 \Delta P_{t-1}^d + \gamma_1 z_{t-1} + \varepsilon_{1t}$$

$$\gamma = \gamma_L \quad \text{if } z_{t-1} < \theta_L$$

$$\gamma = \gamma_M \quad \text{if } \theta_L \leq z_{t-1} \leq \theta_U$$

$$\gamma = \gamma_U \quad \text{if } z_{t-1} > \theta_U$$

| | | θ_U | θ_L | γ_U | γ_M | γ_L |
|-------|-------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 日資料 | | | | | | |
| TSE | SIMEX | 0.00114 | -0.00153 | -2.2689* | 0.3132 | -0.5804* |
| | | | | (8.08) | (0.53) | (2.29) |
| SIMEX | LIFFE | 0.00238 | -0.00301 | -1.0096* | -0.9951* | -0.2656 |
| | | | | (4.32) | (6.77) | (0.30) |
| TSE | LIFFE | 0.00231 | -0.00417 | -5.8182* | 0.1318 | 0.2633 |
| | | | | (3.07) | (0.68) | (0.60) |
| 分資料 | | | | | | |
| TSE | SIMEX | 0.00132 | -0.00117 | -1.3853 | -0.1076 | -1.1372* |
| | | | | (7.20) | (0.99) | (4.15) |

註：(1) γ_i 為修正係數

(2) 括弧內的為 t 值

(3) *和**分別表示 5%和 10%的顯著水準

表 5、固定修正 TECM 的 Granger Causality

$$\Delta P_t^d = \beta_0 + \beta_1 \Delta P_t^f + \beta_2 \Delta P_{t-1}^d + \gamma_1 z_{t-1} + \varepsilon_{1t}$$

$$\Delta P_t^f = \alpha_0 + \alpha_1 \Delta P_{t-1}^f + \alpha_2 \Delta P_{t-1}^d + \gamma_1 z_{t-1} + \varepsilon_{2t}$$

| | | | 應變數 | | | | |
|---------|---------|--------|--------------------|----------------|---------|----------------|---------|
| P_t^d | P_t^f | | | ΔP_t^d | | ΔP_t^f | |
| | | | | 係數 | t-value | 係數 | t-value |
| 日資料 | | | | | | | |
| TSE | SIMEX | Upper | 常數 | 0.0002 | (0.258) | 0.003 | (0.476) |
| | | | ΔP_{t-1}^d | 1.2576* | (5.284) | 1.2217* | (4.457) |
| | | | ΔP_{t-1}^f | -1.3242* | (5.216) | -1.2752* | (4.361) |
| | | | z_{t-1} | -2.2689* | (8.082) | -1.2143* | (3.576) |
| | | Middle | 常數 | 0.0001 | (0.962) | 0.0001 | (0.799) |
| | | | ΔP_{t-1}^d | -0.0003 | (0.004) | -0.0072 | (0.083) |
| | | | ΔP_{t-1}^f | -0.0410 | (0.489) | -0.0054 | (0.056) |
| | | | z_{t-1} | 0.3132 | (0.534) | 0.6360* | (2.184) |
| | | Lower | 常數 | 0.0015 | (1.561) | 0.0025* | (2.210) |
| | | | ΔP_{t-1}^d | -1.1745* | (2.617) | -1.3534* | (2.618) |
| | | | ΔP_{t-1}^f | 1.1542* | (2.437) | 1.2702* | (2.328) |
| | | | z_{t-1} | -0.5804 | (2.292) | 1.7181* | (2.543) |
| TSE | LIFFE | Upper | 常數 | -0.0009 | (0.831) | 0.0003 | (0.219) |
| | | | ΔP_{t-1}^d | -0.2380 | (1.339) | -0.2281 | (1.149) |
| | | | ΔP_{t-1}^f | -0.3019 | (1.452) | -0.3087 | (1.330) |
| | | | z_{t-1} | -1.0096* | (4.320) | -0.2734 | (1.060) |

表 5、固定修正 TECM 的 Granger Causality(續)

| | | | 應變數 | | | | |
|---------|---------|--------|--------------------|----------------|---------|----------------|---------|
| P_t^d | P_t^f | | | ΔP_t^d | | ΔP_t^f | |
| | | | | 係數 | t-value | 係數 | t-value |
| 日 資 料 | | | | | | | |
| TSE | LIFFE | Middle | 常數 | 0.0001 | (1.135) | 0.0001 | (0.907) |
| | | | ΔP_{t-1}^d | 0.0141 | (0.196) | -0.0450 | (0.563) |
| | | | ΔP_{t-1}^f | -0.0013 | (0.017) | 0.0240 | (0.271) |
| | | | z_{t-1} | -0.9951* | (6.767) | -0.0287 | (0.185) |
| | | Lower | 常數 | -0.0031 | (0.936) | 0.0181 | (1.625) |
| | | | ΔP_{t-1}^d | -1.5952* | (3.255) | 0.0878 | (0.088) |
| | | | ΔP_{t-1}^f | 1.9555* | (3.421) | 1.4394 | (1.431) |
| | | | z_{t-1} | -0.2656 | (0.305) | 4.0501* | (2.043) |
| LIFFE | | Upper | 常數 | 0.1317* | (4.176) | -0.0020 | (1.015) |
| | | | ΔP_{t-1}^d | 2.3561** | (1.716) | 1.0653* | (5.231) |
| | | | ΔP_{t-1}^f | -9.8432* | (3.449) | -0.7370* | (4.190) |
| | | | z_{t-1} | -5.8182* | (3.069) | -0.2646 | (0.607) |
| | | Middle | 常數 | 0.0001 | (1.124) | 0.0001 | (1.117) |
| | | | ΔP_{t-1}^d | -0.0948 | (0.780) | -0.0889 | (0.731) |
| | | | ΔP_{t-1}^f | 0.0550 | (0.468) | 0.0496 | (0.422) |
| | | | z_{t-1} | 0.1318 | (0.682) | -0.1470 | (0.759) |
| | | Lower | 常數 | -0.0020 | (1.019) | 0.1304* | (4.173) |
| | | | ΔP_{t-1}^d | 1.0650* | (5.229) | 2.3534** | (1.714) |
| | | | ΔP_{t-1}^f | -0.7367* | (4.188) | -9.7914* | (3.436) |
| | | | z_{t-1} | 0.2633 | (0.603) | 5.7081* | (3.069) |

表 5、固定修正 TECM 的 Granger Causality(續)

| | | | 應變數 | | | | |
|---------|---------|--------|--------------------|----------------|---------|----------------|---------|
| p_t^d | p_t^f | | | ΔP_t^d | | ΔP_t^f | |
| | | | | 係數 | t-value | 係數 | t-value |
| 日資料 | | | | | | | |
| TSE | | Upper | 常數 | 0.0009 | (0.590) | 0.0003 | (0.476) |
| | | | ΔP_{t-1}^d | 1.2442* | (3.503) | 1.2217* | (4.457) |
| | | | ΔP_{t-1}^f | -1.3593 | (1.279) | -1.2752* | (4.361) |
| | | | z_{t-1} | -1.3853* | (7.202) | -1.2143* | (3.576) |
| | | Middle | 常數 | 0.0000 | (1.654) | 0.0001 | (0.799) |
| | | | ΔP_{t-1}^d | 0.1302** | (1.902) | -0.0072 | (0.083) |
| | | | ΔP_{t-1}^f | -0.1079 | (1.630) | -0.0054 | (0.056) |
| | | | z_{t-1} | -0.1076 | (0.994) | 0.6360* | (2.184) |
| | | Lower | 常數 | -0.0018* | (2.584) | 0.0025* | (2.210) |
| | | | ΔP_{t-1}^d | -0.1893 | (0.493) | -1.3534* | (2.618) |
| | | | ΔP_{t-1}^f | -1.1300* | (3.622) | 1.2702* | (2.328) |
| | | | z_{t-1} | -1.1372* | (4.416) | 1.7181* | (2.543) |

註：(1) 括弧內的為 t 值

(2) *和**分別表示 5%和 10%的顯著水準

表 6、一般化 TECM 的 Granger Causality 檢定

| p^d | p^f | | $p^f \rightarrow p^d$ | | $p^d \rightarrow p^f$ | |
|-------|-------|--------------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|
| | | | Inside Regime | Outside Regime | Inside Regime | Outside Regime |
| 日資料 | | | | | | |
| TSE | SIMEX | 常數 | 0.0002 | 1.4313* | 0.0001 | 0.3228 |
| | | | (1.59) | (2.71) | (1.14) | (0.55) |
| | | ΔP_{t-1}^d | -0.1739* | 812.0* | 0.0791 | 146.1 |
| | | | (2.67) | (2.15) | (1.09) | (0.35) |
| | | ΔP_{t-1}^f | 0.1955* | -784.9* | -0.1065 | -147.2 |
| | | | (2.88) | (1.99) | (1.41) | (0.34) |
| | | ecm_{t-1} | | -1024* | | -172.7 |
| | | | | (2.36) | | (0.36) |
| TSE | LIFFE | 常數 | -0.0001 | 0.8207* | 0.0001 | 0.5242** |
| | | | (0.16) | (5.04) | (0.84) | (1.72) |
| | | ΔP_{t-1}^d | 0.0215 | 51.61** | 0.0233 | -56.30 |
| | | | (1.05) | (1.92) | (0.61) | (1.12) |
| | | ΔP_{t-1}^f | 0.8244* | -404.5* | -0.0661 | 69.7 |
| | | | (35.9) | (14.05) | (1.54) | (1.29) |
| | | ecm_{t-1} | | -360.1* | | 8.1514 |
| | | | | (14.64) | | (0.18) |
| SIMEX | LIFFE | 常數 | 0.0001** | -0.4126* | 0.0002 | -0.1796 |
| | | | (1.89) | (2.46) | (1.39) | (0.47) |
| | | ΔP_{t-1}^d | -0.0458* | 133.2* | 0.0123 | 66.73 |
| | | | (2.92) | (5.51) | (0.35) | (1.21) |
| | | ΔP_{t-1}^f | 0.8393* | -298.6* | -0.0429 | -130.1** |
| | | | (45.99) | (9.25) | (1.03) | (1.77) |

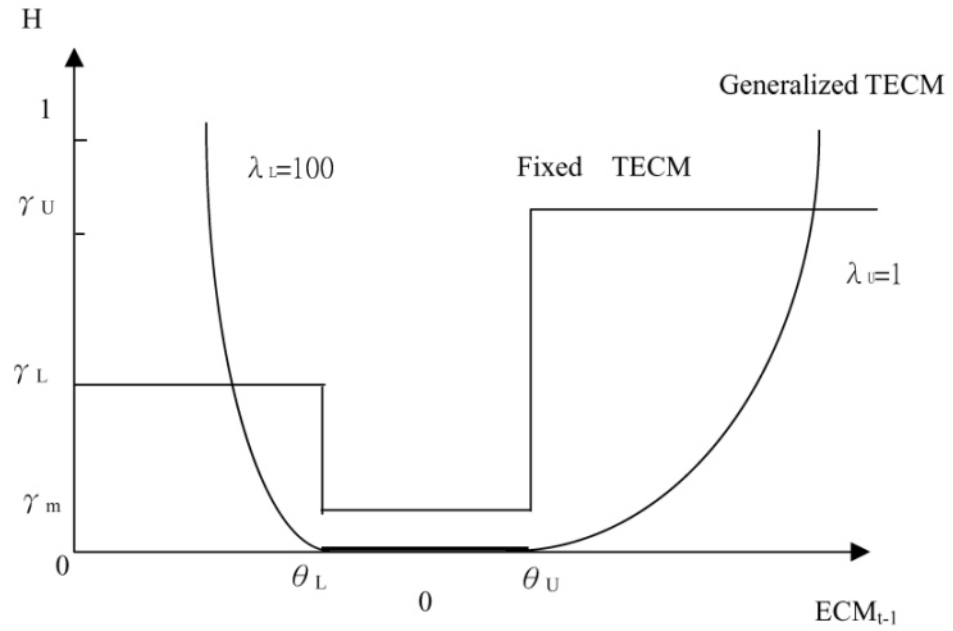
表 6、一般化 TECM 的 Granger Causality 檢定(續)

| | | | | | | |
|-----|-------|--------------------|----------|---------|----------|----------|
| | | ecm_{t-1} | | -326.2* | | -127.7** |
| | | | | (11.33) | | (1.95) |
| 分資料 | | | | | | |
| TSE | SIMEX | 常數 | 0.0000* | -0.5356 | 0.0001* | 0.0144 |
| | | | (1.69) | (0.56) | (1.66) | (0.02) |
| | | ΔP_{t-1}^d | 0.1149* | 584.9* | 0.5210* | -409.5 |
| | | | (2.21) | (2.10) | (10.42) | (1.53) |
| | | ΔP_{t-1}^f | -0.1036* | -548.8 | -0.4673* | 687.3 |
| | | | (1.99) | (0.59) | (9.32) | (0.76) |
| | | ecm_{t-1} | | -643.4* | | -80.4301 |
| | | | | (3.85) | | (0.50) |

註：(1) 括弧內的為 t 值

(2) *和**分別表示 5%和 10%的顯著水準

Figure 1: Response Function of Generalized TECM



(1) If $\lambda_L = \lambda_U = \infty$, Generalized TECM \rightarrow Fixed TECM

$$\gamma^* H = \begin{cases} \gamma_U & \text{if } Z_{t-1} > \theta_U \\ \gamma_M & \text{if } \theta_L < Z_{t-1} < \theta_L \\ \gamma_M & \text{if } \theta_L < Z_{t-1} < \theta_L \\ \gamma_L & \text{if } Z_{t-1} < \theta_L \end{cases}$$

(2) If $\lambda_L = \lambda_U = \infty$, $\theta_L = \theta_U = 0$, Generalized TECM \rightarrow ECM

(3) If $\theta_U < \theta_L$, $\lambda_L = \lambda_U$, Generalized TECM \rightarrow Anderson TECM

Figure 2: Price Differences (Log) and Thresholds

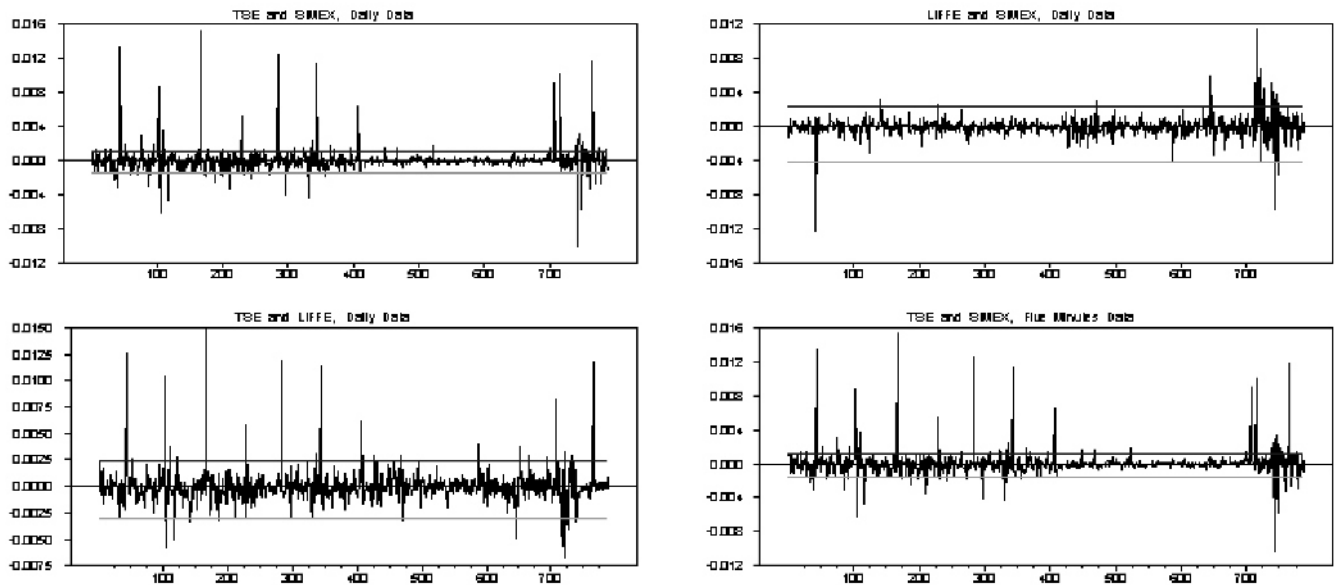


Figure 3: Step Smoothed Adjustment Coefficient:
 $\gamma^*(t) = \gamma \times H$

