

新台幣兌美元匯率波動性預測及其 與遠期匯率之關聯性-預測模型 比較及納入成交量之探討

劉祥熹*、楊慈珍**

摘 要

本文旨在探討新台幣兌美元匯率波動性之預測與即、遠期匯率間之關聯性，因此本文利用隨機波動模型、GARCH 模型、GARCH-M 模型、EGARCH 模型、TGARCH 模型及 GJR-GARCH 模型，針對新台幣兌美元匯率波動性進行預測，並比較各模型之預測績效，進而找出最適之 VEC-TGARCH 模型以探討即期與遠期匯率間之關聯性，其實證結果如下：(1) 新台幣兌美元之即、遠期匯率皆為非恆定數列且具有相同的 I(1) 整合級次。(2) 利用 Johansen 共整合檢定法對新台幣兌美元即、遠期匯率進行檢定，結果發現即、遠期外匯市場存在共整合現象。(3) 即、遠期外匯市場存在波動叢聚現象與不對稱效果。(4) 當納入遠期匯率報酬率與外匯成交量時，會使得波動叢聚效果下降，模型進而配適更佳。(5) 就即、遠期外匯市場為彼此互饋的因果關係且遠期外匯市場對新訊息的反應較快速。(6) 在單變量模型中，隨機波動模型之預測績效為最佳、TGARCH 模型之預測績效次之，接著的排列順序依情境不同而有所改變。然而，再加入遠期匯率與外匯成交量後之多變量模型，各模型之預測能力有提升，就整體績效來看，雙變量模型之預測能力比單變量模型之預測能力為佳。

關鍵詞：波動性預測模式、即期與遠期匯率、共整合、GARCH 效果、預測績效

JEL 分類代號：F31, F37

* 國立台北大學國際企業研究所教授兼所長，本文聯繫作者。電話：(02)26732670，Email：
hsiang@mail.ntpu.edu.tw

** 國立海洋大學應用經濟研究所碩士

新台幣兌美元匯率波動性預測及其 與遠期匯率之關聯性-預測模型 比較及納入成交量之探討

劉祥熹、楊慈珍

壹、前言

開放的經濟體系中，匯率可影響眾多經濟決策與參與者的行為，例如：1997 年亞洲金融風暴期間，隨著泰銖、菲律賓披索、印尼盾等貨幣相繼貶值的情況下，新台幣也出現預期貶值的心理因素，無論是為避險或是套匯，民眾持有大量美元的意願增加，造成市場出現資金缺口，此時，除造成新台幣兌美元匯率上升外，股市也可能發生下跌的情形，由此可知，如何正確的掌握匯率變動非常重要。又投資者持有多種外幣以賺取高額報酬為一普遍的現象，但隨著國際資金的迅速移動及各國經濟結構多變等影響，使得匯率波動變化不一，此時，持有多種外幣的投資者將面臨匯率波動的不確定性與風險，如此，匯率風險所引申匯率波動預測有其必要性，又隨著匯率波動所產生之風險，投資者往往會藉由購買遠期外匯進行避險與套利，而此有必要瞭解即、遠期匯率之關聯性，故探討匯率波動性預測與即、遠期匯率關聯性便成為本文之重要研究課題。

台灣屬於海島型經濟體系，對外經貿依存度高，國際貿易為經濟發展的主要動力，而匯率為連結本國與世界各國的經濟指標，匯率變動往往可反應一國的政經情勢與貿易現況。以進出口業為例，當匯率上升，新台幣貶值，出口商成本降低，對出口有利；但相對於進口商則需負擔較高之進口成本，不利進口，因此可知匯率變動對經貿活動具有重大的影響。若能確切瞭解匯率波動及其動態調整過程，就政府而言，可作為政策之參

考依據；就個人或廠商而言，對其進行套利或避險行為亦有所幫助。

1973 年布列頓森林協議 (Bretton Woods Agreement) 瓦解後，各國原先採行的固定匯率制度因而失效，之後，在 1978 年 4 月國際貨幣基金會 (International Monetary Fund, IMF) 通過「基金協定條例第二次修正案」(Second Agreement to the IMF Articles of Agreement)，允許各會員國採行任何匯率制度，因此各會員國紛紛採行浮動匯率制度。台灣亦於 1989 年 4 月開始採行浮動匯率制度，使外匯交易自由化，由外匯市場的供需來決定匯率。然而採行浮動匯率制度會使匯率的不確定性增加，風險相對提高，故若能事先對匯率波動進行預測，投資者便能事先擬定因應對策，降低投資風險，此亦是本文擬探討新台幣兌美元匯率波動性預測之關鍵所在。

採行浮動匯率制度後，各國匯率的波動有逐漸擴大的趨勢，為因應匯率波動所衍生的風險，各國相繼成立遠期外匯市場，冀望藉由買賣遠期外匯來消除匯率波動的風險，但是，演進至今，各國的遠期外匯市場除避險功用外，也可使交易者進行投機、套利行為。研究匯率風險時，除考慮本身匯率波動外，投資者往往會購買遠期外匯進行避險，因此瞭解即期匯率與遠期匯率間之關係也很重要。以往相關文獻大多以討論外匯市場效率性問題作為判定即、遠期匯率之因果與關聯性，例如：Hansen and Hodrick (1980)、Bilson (1981)、Fama (1984) 等人拒絕遠期匯率不偏性假說；Cornell (1977)、Hooper (1978) 等人接受遠期匯率不偏性假說。隨著共整合模型的發展，有些學者將此觀念應用於外匯市場效率性檢定，藉以探討即、遠期匯率間是否存在長期均衡關係，例如：Barnhart and Szakmary (1991)、Victor (1995) 等人，該些學者大致指出在預測匯率時，若能以長期均衡有關之誤差修正項作預測，將更能反應即、遠期匯率間之關聯性。此外，金融市場中，成交量亦為一影響金融資產波動的重要因素，因此納入遠期匯率與成交量對匯率波動性預測之影響亦為本文欲探討之重點。

文獻中，對於即期匯率與遠期匯率間動態關係為彼此領先、落後或同步之關係雖多，但探討外匯市場報酬率波動不對稱性效果之實證研究仍不多。又近年來台灣加入 WTO，使得台灣企業經營全球化加深，國與國之間資金來往更為密切，因此，重新探討新台幣

兌美元匯率波動性及其與遠期匯率間之關聯性有其重要性，再者，金融市場中，成交量往往表現交易者在購買金融資產時的資訊流動 (information flow)，若在匯率波動性預測模型中加入該項資訊流動效果之代理變數，亦可瞭解加入該項變數後對外匯價格所產生之衝擊，此亦為本文在預測匯率波動時加入成交量之原因。過去探討匯率波動大多使用對稱的 GARCH 模型，然而考慮不對稱模型的並不多，根據本研究使用數種對稱與不對稱 GARCH 模型進行匯率波動性測試，並進行績效比較之後，發現 TGARCH 模型有較佳之預測表現，因此，本文在探討即、遠期匯率關聯性時將以 TGARCH 模型進行研究。

綜上所述，本研究將以新台幣兌美元匯率波動性及其與遠期匯率之關聯性作為研究對象，並依數種時間序列模型進行預測與關聯性探討，再而納入外匯成交量討論其對匯率波動性預測之影響，冀望本文實證研究所獲之結果可協助投資者在投資策略、避險、套利及分散風險方面做決策，同時，亦對政府相關機構在金融政策上之擬定有所助益。

貳、文獻回顧

本文為探討新台幣兌美元匯率波動性之預測模型績效與即、遠期匯率間之關連性，因此有必要對相關文獻進行回顧，作為本文建立實證模型及分析之參考依據，以利往後模式建構與實證結果對照，由於以往研究匯率相關文獻頗多，因此本節僅就與匯率波動性預測及即、遠期匯率之關聯性相關文獻進行回顧。

一、匯率波動性預測績效之相關文獻

匯率波動性預測績效方面，Heynen and Kat (1994) 以 1980 年 1 月 1 日至 1987 年 12 月 31 日為樣本期間，將七國股價指數及五國外匯收盤價的日資料轉換為報酬率，以隨機漫步模型、GARCH 模型、EGARCH 模型及隨機波動模型預測短期與長期的波動性。結

果顯示，在預測股價指數波動性上，隨機波動模型預測能力最好；而在預測匯率波動性方面，GARCH 模型與 EGARCH 模型預測能力較佳。最後，不論是股價指數或是匯率，長期的預測排名跟短期均相同，同時，長期的預測準確度也較短期為佳。Martens (2001) 利用多變量波動模型分析匯率日內報酬 (intraday return) 對預測每日之匯率波動是否為一重要訊息。結果顯示加入日內資料的資訊 (例如：每日交易量、每日最高價與最低價等) 對預測每日匯率報酬之波動有不錯效果。Vilasuso (2002) 利用 FIGARCH 模型預測匯率波動性。結果顯示 FIGARCH 模型對匯率波動性預測的準確度較 GARCH 模型或是 IGARCH 模型為佳。Kuo et al. (2001) 以雙變量 GARCH-M 模型建構條件變異數，風險溢酬以條件變異數表示，檢視新台幣兌美元存在時間變動的風險溢酬，結果顯示風險溢酬明顯存在，且其變動程度較預測誤差為大，此時間序列的特質與 Fama (1984) 解釋遠期匯率存在風險溢酬是一樣的。Meade (2002) 利用三十分鐘、一小時、兩小時、四小時及日的高頻資料建構線性 AR-GARCH 模型及四個非線性模型，並以平均誤差平方根(RMSE) 作為短期預測模型績效比較的指標。結果顯示預測兩小時的資料有較高的準確度、四小時的資料預測方向較正確，同時發現沒有足夠證據顯示非線性模型較線性模型更能預測匯率的行為。

二、即期與遠期匯率關聯性之相關文獻

Barnhart and Szakmary (1991) 利用資料期間 1974 年 1 月 2 日至 1988 年 11 月 30 日美元兌英鎊、馬克、日圓、加幣的即期匯率與一個月期之遠期匯率月資料進行研究，以單根檢定及共整合檢定來檢視即期匯率與遠期匯率間是否存在共整合關係，並以 Chow 檢定及 Wald 卡方檢定來檢視誤差修正模型 (Error Correction Model) 之參數是否穩定，結果顯示即期與遠期匯率間存在共整合與長期均衡關係，再進一步利用誤差修正模型，得到拒絕市場效率性的結論。Naka and Whitney (1995) 利用 1974 年 1 月至 1991 年 4 月之美元兌英鎊、加拿大幣、德國馬克、法國法郎、義大利里拉、日圓及瑞士法郎之即期

匯率與一個月期遠期匯率以誤差修正模型檢定遠期匯率與未來即期匯率之相關性結果顯示：七個國家之即期匯率與遠期匯率具有共整合關係，且無法拒絕遠期匯率為未來即期匯率之不偏估計值，然該分析並未納入匯率波動性之效應。Panayotis and Nicholas (1996) 利用 1978 年至 1992 年之美元兌法國法郎、德國馬克與日圓之遠期匯率與未來即期匯率季資料探討即、遠期匯率間之共整合關係，結果顯示：(1) 未考慮 ARCH 效果時，法國法郎、德國馬克接受無共整合之虛無假設，而日幣兌美元之遠期匯率與未來即期匯率存在共整合現象，顯示日本的外匯市場具有效率性。(2) 考慮 ARCH 效果後，三個國家皆拒絕無共整合之虛無假設，顯示三個國家之遠期匯率與未來即期匯率皆存在長期均衡關係，即外匯市場具有效率性。

Biswas and Shawky (1997) 利用 1987 年 1 月 1 日至 1994 年 12 月 31 日之美元兌英鎊及日圓之即期匯率與 30 天、90 天及 180 天期之遠期匯率日資料進行外匯市場效率性檢定，同時，希望藉由加入這段期間內發生的 Gulf War (波斯灣戰爭) 為虛擬變數，探討此種政治事件會對市場效率性造成何種影響。其檢定方法為對預測誤差 (forecast error) 做單根檢定，該二作者認為當遠期外匯市場具效率性時，預測誤差應為恆定。故作者利用單根檢定去檢視預測誤差是否為恆定。結果顯示，兩種貨幣在波斯灣戰爭前後皆拒絕單根存在，即市場具效率性，但在波斯灣戰爭這段期間無法拒絕單根存在，因此結論指出這種偏離市場效率性的現象是短暫的。Wang and Wang (1999) 以美元兌日圓、馬來西亞幣、新加坡幣及港幣之即期匯率與遠期匯率日資料，探討亞洲外匯市場之波動性與波動傳遞效果。其資料期間如下：日圓、港幣：1983 年 10 月 11 日至 1997 年 12 月 31 日；馬來西亞幣、新加坡幣：1984 年 12 月 14 日至 1997 年 12 月 31 日。結果顯示：(1) 亞洲即、遠期外匯市場存在共整合現象，兩者間具有長期均衡關係。(2) 經由二階動差發現即、遠期外匯市場之波動性皆具有隨時間變動特性，且兩市場間存在風險傳遞效果。(3) 除日本外，其他國家遠期外匯市場之波動性受外來衝擊之立即反應總是大於即期外匯市場。此現象是因為遠期外匯市場的不健全，使其無法完全吸收長期及持續性的變動對即期外匯市場之影響。

參、基本模式之建構

本文欲探討新台幣兌美元匯率波動性在不同模型下之預測績效及其與 30 天期遠期匯率之短期動態與長期均衡關係。其中欲分析之重要變數為實際匯率波動性 (σ_t^2 、 h_t^2)、新台幣兌美元即期匯率 (S_t)、30 天期新台幣兌美元遠期匯率 (F_t) 及外匯成交量 (V_t)。依據相關理論基礎與計量方法所建構之模式如下：

模式一：匯率波動性預測 (未納入遠期匯率及成交量)：該些模式屬未納入遠期匯率報酬率與成交量時之基本模式。

Stochastic Volatility Model

$$\sigma_t^2 = c_1 + b_1 \sigma_{t-1}^2 + \varepsilon_t \quad (1)$$

GARCH Model

$$S_t = c_1 + \sum_{i=1}^4 b_{1i} S_{t-i} + \varepsilon_{S,t} \quad (2)$$

$$h_t^2 = v_c + v_a \varepsilon_{t-1}^2 + v_b h_{t-1}^2$$

GARCH-M Model

$$S_t = c_1 + \sum_{i=1}^4 b_{1i} S_{t-i} + g_1 h_t^2 + \varepsilon_t \quad (3)$$

$$h_t^2 = v_c + v_a \varepsilon_{t-1}^2 + v_b h_{t-1}^2$$

EGARCH Model

$$S_t = c_1 + \sum_{i=1}^4 b_{1i} S_{t-i} + \varepsilon_{S,t} \quad (4)$$

$$\log h_t^2 = v_c + v_a \log h_{t-1}^2 + v_b \frac{\varepsilon_{t-1}}{h_{t-1}} + v_d \left(\left| \frac{\varepsilon_{t-1}}{h_{t-1}} \right| + \sqrt{\frac{2}{\pi}} \right)$$

其中， v_b 為反應波動不對稱性參數， v_d 為反應未預期變動的規模參數，其限制條件為 $v_0 > 0$ ，而 E-GARCH(1, 1) 模型的訊息影響曲線方程式如下：

$$\begin{cases} \varepsilon_{t-1} > 0 & h_t^2 = A \times \exp \left[\frac{v_b + v_d}{h} \varepsilon_{t-1} \right] \\ \varepsilon_{t-1} < 0 & h_t^2 = A \times \exp \left[\frac{v_b - v_d}{h} \varepsilon_{t-1} \right] \end{cases}$$

$$A = h^{2\beta} \times \exp \left[v_0 - v_d \sqrt{\frac{2}{\pi}} \right]$$

其中， h^2 為未預期變動 ε_t 的非條件變異數，若 $v_b < 0$ ，表示負向未預期變動所引發波動大於正向未預期所引發的波動。

TGARCH Model

$$S_t = c_1 + \sum_{i=1}^4 b_{1i} S_{t-i} + \varepsilon_{S,t} \quad h_t \quad (5)$$

$$h_t^2 = v_c + v_d \varepsilon_{t-1}^+ - v_b \varepsilon_{t-1}^- + v_a h_{t-1}^2$$

其中， $\varepsilon_t^+ = \max(\varepsilon_t, 0)$ ， $\varepsilon_t^- = \min(\varepsilon_t, 0)$ ，爲了確保條件標準差爲正，則參數必須滿足 $\alpha_i > 0$ ， $\beta_j > 0$ ， $i=1, \dots, p$ ， $j=1, \dots, q$ ，T-GARCH(1,1) 模型如下：

$$\begin{cases} \varepsilon_{t-1} > 0 & h_t^2 = w + \alpha_1^+ \varepsilon_{t-1}^+ + \beta h_{t-1}^2 \\ \varepsilon_{t-1} < 0 & h_t^2 = w - \alpha_1^- \varepsilon_{t-1}^- + \beta h_{t-1}^2 \end{cases}$$

若 $\alpha_1^+ < \alpha_1^-$ 時，表示負向未預期變動所引發波動大於正向未預期變動所引發的波動；

$\alpha_1^+ > \alpha_1^-$ 時，表示負向未預期變動所引發波動小於正向未預期變動所引發的波動。

GJR-GARCH Model

$$S_t = c_1 + \sum_{i=1}^4 b_{1i} S_{t-i} + \varepsilon_{S,t} z \quad (6)$$

$$h_t^2 = v_c + v_a \varepsilon_{t-1}^2 + v_b h_{t-1}^2 + v_d \delta_{t-1} \varepsilon_{t-1}^2$$

$$\delta_{t-1}^- = \begin{cases} 1 & \varepsilon_{t-1} < 0 \\ 0 & \text{others} \end{cases}$$

模式二：匯率波動性預測+遠期匯率 (F_{t-i})：將模式 1 之基本模式納入遠期匯率報酬率，其目的爲檢視遠期匯率報酬率之納入對匯率波動性預測模型之影響。

Stochastic Volatility Model

$$\sigma_t^2 = c_1 + b_1 \sigma_{t-1}^2 + d_1 \Delta F_t^2 + \varepsilon_t \quad (7)$$

GARCH Model

$$\Delta S_t = c_1 + a_1 Z_{t-1} + \sum_{i=1}^4 b_{1i} \Delta S_{t-i} + \sum_{i=1}^4 d_{1i} \Delta F_{t-i} + \varepsilon_{S,t} \quad (8)$$

$$h_t^2 = v_c + v_a \varepsilon_{t-1}^2 + v_b h_{t-1}^2$$

GARCH-M Model

$$\Delta S_t = c_1 + a_1 Z_{t-1} + g_1 h_t^2 + \sum_{i=1}^4 b_{1i} \Delta S_{t-i} + \sum_{i=1}^4 d_{1i} \Delta F_{t-i} + \varepsilon_t \quad (9)$$

$$h_t^2 = v_c + v_a \varepsilon_{t-1}^2 + v_b h_{t-1}^2$$

EGARCH Model

$$\Delta S_t = c_1 + a_1 Z_{t-1} + \sum_{i=1}^4 b_{1i} \Delta S_{t-i} + \sum_{i=1}^4 d_{1i} \Delta F_{t-i} + \varepsilon_{S,t} \quad (10)$$

$$\log h_t^2 = v_c + v_a \log h_{t-1}^2 + v_b \frac{\varepsilon_{t-1}}{h_{t-1}} + v_d \left(\left| \frac{\varepsilon_{t-1}}{h_{t-1}} \right| + \sqrt{\frac{2}{\pi}} \right)$$

其中， v_b 為反應波動不對稱性參數， v_d 為反應未預期變動的規模參數，其限制條件為 $v_0 > 0$ ，而 E-GARCH(1,1) 模型的訊息影響曲線方程式如下：

$$\begin{cases} \varepsilon_{t-1} > 0 & h_t^2 = A \times \exp \left[\frac{v_b + v_d}{h} \varepsilon_{t-1} \right] \\ \varepsilon_{t-1} < 0 & h_t^2 = A \times \exp \left[\frac{v_b - v_d}{h} \varepsilon_{t-1} \right] \end{cases}$$

$$A = h^2 \beta \times \exp \left[v_0 - v_d \sqrt{\frac{2}{\pi}} \right]$$

其中， h^2 為未預期變動 ε_t 的非條件變異數，若 $v_b < 0$ ，表示負向未預期變動所引發波動大於正向未預期所引發的波動。

TGARCH Model

$$\Delta S_t = c_1 + a_1 Z_{t-1} + \sum_{i=1}^4 b_{1i} \Delta S_{t-i} + \sum_{i=1}^4 d_{1i} \Delta F_{t-i} + \varepsilon_{S,t} \quad (11)$$

$$h_t^2 = v_c + v_d \varepsilon_{t-1}^+ - v_b \varepsilon_{t-1}^- + v_a h_{t-1}^2$$

其中， $\varepsilon_t^+ = \max(\varepsilon_t, 0)$ ， $\varepsilon_t^- = \min(\varepsilon_t, 0)$ ，爲了確保條件標準差爲正，則參數必須滿足 $\alpha_i > 0$ ， $\beta_j > 0$ ， $i=1, \dots, p$ ， $j=1, \dots, q$ ，T-GARCH(1,1) 模型如下：

$$\begin{cases} \varepsilon_{t-1} > 0 & h_t^2 = w + \alpha_1^+ \varepsilon_{t-1}^+ + \beta h_{t-1}^2 \\ \varepsilon_{t-1} < 0 & h_t^2 = w - \alpha_1^- \varepsilon_{t-1}^- + \beta h_{t-1}^2 \end{cases}$$

若 $\alpha_1^+ < \alpha_1^-$ 時，表示負向未預期變動所引發波動大於正向未預期變動所引發的波動；
 $\alpha_1^+ > \alpha_1^-$ 時，表示負向未預期變動所引發波動小於正向未預期變動所引發的波動。

GJR-GARCH Model

$$\Delta S_t = c_1 + a_1 Z_{t-1} + \sum_{i=1}^4 b_{1i} \Delta S_{t-i} + \sum_{i=1}^4 d_{1i} \Delta F_{t-i} + \varepsilon_{S,t} \quad (12)$$

$$h_t^2 = v_c + v_a \varepsilon_{t-1}^2 + v_b h_{t-1}^2 + v_d \delta_{t-1,t-1}^2$$

$$\delta_{t-1}^- = \begin{cases} 1 & \varepsilon_{t-1} < 0 \\ 0 & \text{others} \end{cases}$$

模式三：匯率波動性預測+外匯成交量 (V_t)：將模式 1 之基本模式納入外匯成交量，其目的為檢視外匯成交量之納入對匯率波動性預測模型之影響。

Stochastic Volatility Model

$$\sigma_t^2 = c_1 + b_1 \sigma_{t-1}^2 + d_1 V_t^2 + \varepsilon_t \quad (13)$$

GARCH Model

$$S_t = c_1 + \sum_{i=1}^4 b_{1i} S_{t-i} + \varepsilon_{S,t} \quad (14)$$

$$h_t^2 = v_c + v_a \varepsilon_{t-1}^2 + v_b h_{t-1}^2 + v_0 V_t$$

GARCH-M Model

$$S_t = c_1 + \sum_{i=1}^4 b_{1i} S_{t-i} + g_1 h_t^2 + \varepsilon_t \quad (15)$$

$$h_t^2 = v_c + v_a \varepsilon_{t-1}^2 + v_b h_{t-1}^2 + v_0 V_t$$

EGARCH Model

$$S_t = c_1 + \sum_{i=1}^4 b_{1i} S_{t-i} + \varepsilon_{S,t} \quad (16)$$

$$\log h_t^2 = v_c + v_a \log h_{t-1}^2 + v_b \frac{\varepsilon_{t-1}}{h_{t-1}} + v_d \left(\left| \frac{\varepsilon_{t-1}}{h_{t-1}} \right| + \sqrt{\frac{2}{\pi}} \right) + v_0 V_t$$

其中， v_b 為反應波動不對稱性參數， v_d 為反應未預期變動的規模參數，其限制條件為 $v_0 > 0$ ，而 E-GARCH(1,1) 模型的訊息影響曲線方程式如下：

$$\begin{cases} \varepsilon_{t-1} > 0 & h_t^2 = A \times \exp\left[\frac{v_b + v_d}{h} \varepsilon_{t-1}\right] \\ \varepsilon_{t-1} < 0 & h_t^2 = A \times \exp\left[\frac{v_b - v_d}{h} \varepsilon_{t-1}\right] \end{cases}$$

$$A = h^2 \times \exp\left[v_0 - v_d \sqrt{\frac{2}{\pi}}\right]$$

其中， h^2 為未預期變動 ε_t 的非條件變異數，若 $v_b < 0$ ，表示負向未預期變動所引發波動大於正向未預期所引發的波動。

TGARCH Model

$$S_t = c_1 + \sum_{i=1}^4 b_{1i} S_{t-i} + \varepsilon_{S,t} \quad (17)$$

$$h_t^2 = v_c + v_d \varepsilon_{t-1}^+ - v_b \varepsilon_{t-1}^- + v_a h_{t-1}^2 + v_0 V_t$$

其中， $\varepsilon_t^+ = \max(\varepsilon_t, 0)$ ， $\varepsilon_t^- = \min(\varepsilon_t, 0)$ ，為了確保條件標準差為正，則參數必須滿足 $\alpha_i > 0$ ， $\beta_j > 0$ ， $i=1, \dots, p$ ， $j=1, \dots, q$ ，T-GARCH(1,1) 模型如下：

$$\begin{cases} \varepsilon_{t-1} > 0 & h_t^2 = w + \alpha_1^+ \varepsilon_{t-1}^+ + \beta h_{t-1}^2 \\ \varepsilon_{t-1} < 0 & h_t^2 = w - \alpha_1^- \varepsilon_{t-1}^- + \beta h_{t-1}^2 \end{cases}$$

若 $\alpha_1^+ < \alpha_1^-$ 時，表示負向未預期變動所引發波動大於正向未預期變動所引發的波動；
 $\alpha_1^+ > \alpha_1^-$ 時，表示負向未預期變動所引發波動小於正向未預期變動所引發的波動。

GJR-GARCH Model

$$S_t = c_1 + \sum_{i=1}^4 b_{1i} S_{t-i} + \varepsilon_{S,t} \quad (18)$$

$$h_t^2 = v_c + v_a \varepsilon_{t-1}^2 + v_b h_{t-1}^2 + v_d \delta_{t-1} \varepsilon_{t-1}^2 + v_0 V_t$$

$$\delta_{t-1}^- = \begin{cases} 1 & \varepsilon_{t-1} < 0 \\ 0 & \text{others} \end{cases}$$

模式四：因果關係模式（即期匯率與遠期匯率）：利用預測績效所選出之最適雙變量 GARCH 模型建立因果關係模式，其目的為檢視即、遠期匯率間之關聯性，並進一步探討匯率波動之預測績效。

VEC-TGARCH

$$\Delta S_t = c_1 + a_1 Z_{t-1} + \sum_{i=1}^4 b_{1i} \Delta S_{t-i} + \sum_{i=1}^4 d_{1i} \Delta F_{t-i} + \varepsilon_{S,t} \quad (19)$$

$$\Delta F_t = c_2 + a_2 Z_{t-1} + \sum_{i=1}^4 b_{2i} \Delta S_{t-i} + \sum_{i=1}^4 d_{2i} \Delta F_{t-i} + \varepsilon_{F,t}$$

$$h_{st,t}^2 = v_1 + v_a^+ \varepsilon_{t-1}^+ + v_a^- \varepsilon_{t-1}^- + v_{st,a} h_{t-1}^2 + v_{ft,a} h_{t-1}^2$$

$$h_{ft,t}^2 = v_2 + v_b^+ \varepsilon_{t-1}^+ + v_b^- \varepsilon_{t-1}^- + v_{st,b} h_{t-1}^2 + v_{ft,b} h_{t-1}^2$$

$$h_{sf,t}^2 = v_3 + v_e \varepsilon_{s,t-1} \varepsilon_{f,t-1} + v_h h_{sf,t-1}^2$$

其中， $\varepsilon_t^+ = \max(\varepsilon_t, 0)$ ， $\varepsilon_t^- = \min(\varepsilon_t, 0)$ ，為了確保條件標準差為正，則參數必須滿足

$\alpha_i > 0$ ， $\beta_j > 0$ ， $i=1, \dots, p$ ， $j=1, \dots, q$ ，T-GARCH(1,1) 模型如下：

$$\begin{cases} \varepsilon_{t-1} > 0 & h_t^2 = w + \alpha_1^+ \varepsilon_{t-1}^+ + \beta h_{t-1}^2 \\ \varepsilon_{t-1} < 0 & h_t^2 = w - \alpha_1^- \varepsilon_{t-1}^- + \beta h_{t-1}^2 \end{cases}$$

若 $\alpha_1^+ < \alpha_1^-$ 時，表示負向未預期變動所引發波動大於正向未預期變動所引發的波動；

$\alpha_1^+ > \alpha_1^-$ 時，表示負向未預期變動所引發波動小於正向未預期變動所引發的波動。

肆、實證結果分析與預測績效比較

根據所建構之隨機波動模型、GARCH 模型、GARCH-M 模型、EGARCH 模型、TGARCH 模型與 GJR-GARCH 模型預測新台幣兌美元匯率波動性，並比較各模型之預測績效，樣本期間為 2001 年 1 月 2 日至 2005 年 11 月 30 日。其中，模式一為未考慮納入遠期匯率報酬率與外匯成交量之模式，模式二為將遠期匯率報酬率納入之模式，模式三為將外匯成交量納入之模式。模式四則為利用預測績效所選出之最適雙變量 GARCH 模型建立因果關係模式。實證過程先針對各模式之參數估計彙整於相關各表，並解釋各模型所估計之參數與其意涵且依序探討各模型對匯率波動性之預測績效。

一、實證結果分析

(一)隨機波動模型之參數估計結果

表 1 為隨機波動模型之估計結果，該結果顯示如下：

模式一：

即期匯率報酬率之波動會受自身前一期波動影響之估計參數 ($b_1 = 0.1585$)，在 1% 顯著水準下，檢測為顯著，即顯示外匯市場存在大波動伴隨大波動，小波動伴隨小波動的波動叢聚特性 (volatility clustering)。

模式二：

即期匯率報酬率之波動會受自身前一期波動 (估計參數 $b_1 = 0.1549$) 與遠期匯率報酬率之前一期波動 (估計參數 $d_1 = 0.0578$) 所影響，即顯示外匯市場存在波動叢聚特性。

模式三：

即期匯率報酬率之波動會受自身前一期波動 (估計參數 $b_1 = 0.1535$) 與當期外匯成交量 (估計參數 $d_1 = 0.0018$) 所影響，即顯示外匯市場存在波動叢聚特性。

表 1 隨機波動模型之參數估計結果

自變數	參數	模式一		模式二		模式三	
		推估係數	t 值	推估係數	t 值	推估係數	t 值
常數	c	0.0649	5.1948***	0.0617	4.8819***	0.0653	5.2842***
自我遞延項	b_1	0.1585	5.6144***	0.1549	5.4777***	0.1535	5.5031***
遠匯遞延項	d_1	—	—	0.0578	2.8210***	—	—
當期外匯成交量	d_1	—	—	—	—	0.0018	5.5740***

資料來源：本研究整理。

註：**，***分別表示在 5%，1%顯著水準下為顯著。

(二)GARCH 模型之參數估計結果

表 2 為 GARCH 模型之估計結果，該結果顯示如下：

模式一：

條件平均方程式部分，在 1% 顯著水準下，即期匯率報酬會受自身前期報酬（估計參數 b_{11} ）所影響，顯示在短期內，投資人可利用自身前期的價格資訊，作為價格發現的功能，進而實行有利的套利行為，亦即表示即期外匯市場非效率性市場；而條件變異數方程式部分，在 1% 顯著水準下，即期匯率報酬之波動會受自身前期的報酬波動（估計參數 $v_a = 0.8150$ ）及自身前期未預期報酬（估計參數 $v_b = 0.1522$ ）所影響，顯示外匯市場存在大波動伴隨大波動、小波動伴隨小波動之現象，即外匯市場存在波動叢聚的特性。

模式二：

條件平均方程式部分，在 1% 顯著水準下，就長期均衡效果而言，外匯市場誤差修正項（估計參數 a_1 ）雖不顯著但亦為負值，符合誤差修正項於調整過程中會逐漸減少而達到均衡狀態，顯示外匯市場存在長期均衡關係，亦即即期匯率與遠期匯率間有共移 (co-movement) 現象。同時，即期匯率報酬會受自身前二期報酬（估計參數 b_{12} ）及遠期匯率前一期報酬（估計參數 d_{11} ）所影響，顯示在短期內，投資人可利用自身前幾期的價格資訊，作為價格發現的功能，進而實行有利的套利行為，亦即表示即期外匯市場非效率性市場；而條件變異數方程式部分，在 1% 顯著水準下，即期匯率報酬之波動會受自身前期的報酬波動（估計參數 $v_a = 0.7849$ ）及自身前期未預期報酬（估計參數 $v_b = 0.1742$ ）所影響，顯示外匯市場存在大波動伴隨大波動、小波動伴隨小波動之現象，亦即外匯市場存在波動叢聚的特性。

模式三：

條件平均方程式部分，即期匯率報酬會受自身前期報酬（估計參數 b_{11} ）所影響，顯示在短期內，投資人可利用自身前期的價格資訊，來作為價格發現的功能，進而實行有利的套利行為，亦即表示即期外匯市場非效率性市場；而條件變異數方程式部分，即期匯率報酬之波動會受自身前期的報酬波動（估計參數 $v_a = 0.7774$ ）及自身前期末預期報酬（估計參數 $v_b = 0.1370$ ）所影響，顯示外匯市場存在大波動伴隨大波動、小波動伴隨小波動之現象，亦即外匯市場存在波動叢聚的特性，同時，即期匯率報酬之波動亦會受當期外匯交易量（估計參數 v_0 ）之影響。

表 2 GARCH 模型之參數估計結果

自變數	參數	模式一		模式二		模式三	
		推估係數	t 值	推估係數	t 值	推估係數	t 值
常數	c_1	-6.49E-05	-1.2620	-9.53E-05	-1.8239	-1.10E-04	-5.9711***
誤差修正項	a_1	—	—	-0.205	-1.8398	0.1394	4.1655***
自我遞延項	b_{11}	0.1680	4.6722***	-0.1821	-1.6151	-5.95E-03	-0.1637
	b_{12}	-5.12E-04	-0.0124	-0.3218	-2.7889***	-0.0114	-0.3915
	b_{13}	-0.0128	-0.3938	-0.2748	-1.8599	0.0774	2.3829***
	b_{14}	0.0818	2.2809**	-0.0239	-0.1802	0.1394	4.1655***
遠匯報酬遞延項	d_{11}	—	—	0.3328	3.0464***	—	—
	d_{12}	—	—	0.3025	2.0430**	—	—
	d_{13}	—	—	0.2473	1.7877	—	—
	d_{14}	—	—	0.1031	0.8617	—	—
常數	v_c	2.32E-07	13.2207***	2.16E-07	3.0632***	2.89E-07	7.1276***
自我波動	v_a	0.8150	62.5779***	0.7849	56.8835***	0.7774	33.2694***
未預期報酬	v_b	0.1522	11.2190***	0.1742	10.7782***	0.1370	7.7301***
當期外匯成交量	v_0	—	—	—	—	1.5E-06	14.3885***

資料來源：本研究整理。

註：**，***分別表示在 5%，1% 顯著水準下顯著。

(三)GARCH-M 模型之參數估計結果

表 3 為 GARCH-M 模型之估計結果，該結果顯示如下：

模式一：

條件平均方程式部分，在 1% 顯著水準下，即期匯率報酬會受自身前期報酬（估計參數 b_{11} ）所影響，顯示在短期內，投資人可利用自身前期的價格資訊，作為價格發現的功能，進而實行有利的套利行為，亦即表示即期外匯市場非效率性市場，同時，即期匯率報酬不會受自身前期波動（估計參數 $g_1 = 0.1693$ ）所影響，顯示外匯市場不存在高風險高報酬的現象；而條件變異數方程式部分，在 1% 顯著水準下，即期匯率報酬之波動會受自身前期的報酬波動（估計參數 $v_a = 0.8144$ ）及自身前期末預期報酬（估計參數 $v_b = 0.1541$ ）所影響，顯示外匯市場存在大波動伴隨大波動、小波動伴隨小波動之現象，亦即外匯市場存在波動叢聚的特性。

模式二：

條件平均方程式部分，在 1% 顯著水準下，就長期均衡效果而言，外匯市場誤差修正項（估計參數 a_1 ）雖不顯著但亦為負值，符合誤差修正項於調整過程中會逐漸減少而達到均衡狀態，顯示外匯市場存在長期均衡關係，亦即即期匯率與遠期匯率間有共移 (co-movement) 現象。同時，即期匯率報酬會受自身前二期報酬（估計參數 b_{12} ）及遠期匯率報酬前期（估計參數 d_{11} ）所影響，顯示在短期內，投資人可利用自身前幾期的價格資訊，作為價格發現的功能，進而實行有利的套利行為，亦即表示即期外匯市場非效率性市場；又即期匯率報酬不會受自身前期波動（估計參數 $g_1 = 0.1469$ ）所影響，顯示外匯市場不存在高風險高報酬的現象；而條件變異數方程式部分，即期匯率報酬之波動會受自身前期的報酬波動（估計參數 $v_a = 0.7806$ ）及自身前期末預期報酬（估計參數 $v_b = 0.1676$ ）所影響，顯示外匯市場存在大波動伴隨大波動、小波動伴隨小波動之現象，亦即外匯市場存在波動叢聚的特性。

模式三：

條件平均方程式部分，即期匯率報酬會受自身前一期報酬（估計參數 b_{11} ）所影響，顯示在短期內，投資人可利用自身前幾期的價格資訊，來作為價格發現的功能，進而實行有利的套利行為，亦即表示即期外匯市場非效率性市場；同時，即期匯率報酬並不會受自身前期波動（估計參數 g_1 ）所影響，顯示外匯市場不存在高風險高報酬的現象；而條件變異數方程式部分，即期匯率報酬之波動會受自身前期的報酬波動（估計參數 $v_a = 0.7534$ ）及自身前期末預期報酬（估計參數 $v_b = 0.0806$ ）所影響，顯示外匯市場存在大波動伴隨大波動、小波動伴隨小波動之現象，亦即外匯市場存在波動叢聚的特性，同時，即期匯率報酬之波動亦會受當期外匯交易量（估計參數 v_0 ）之影響。

表 3 GARCH-M 模型之參數估計結果

自變數	參數	模式一		模式二		模式三	
		推估係數	t 值	推估係數	t 值	推估係數	t 值
常數	c_1	-3.43E-04	-2.3438	-3.25E-04	-2.7889***	-1.00E-04	-5.8377***
誤差修正項	a_1	—	—	-0.1552	-1.7048	—	—
風險溢酬	g_1	0.1693	1.9757	0.1469	1.9346	0.0381	0.2428
自我遞延項	b_{11}	0.1627	4.5093***	-0.1514	-1.6448	-0.1047	-3.0980***
	b_{12}	-3.18E-03	-0.0768	-0.2877	-2.4711	0.0310	0.2373
	b_{13}	-0.0173	-0.5347	-0.2603	-2.2670	-0.0272	-0.1766
	b_{14}	0.0793	2.2273**	-0.0172	-0.1575	0.0559	0.4640
遠匯報酬遞延項	d_{11}	—	—	0.3002	3.3084***	—	—
	d_{12}	—	—	0.2776	2.4172	—	—
	d_{13}	—	—	0.2313	2.1304	—	—
	d_{14}	—	—	0.0937	0.9581	—	—
常數	v_c	2.28E-07	2.7866***	2.09E-07	3.0160***	1.36E-07	6.9653***
自我波動	v_a	0.8144	62.1164***	0.7806	51.7662***	0.7534	30.1513***
未預期報酬	v_b	0.1541	12.4924***	0.1676	10.9522***	0.0806	6.5927***
當期外匯成交量	v_0	—	—	—	—	1.85E-06	19.9850***

資料來源：本研究整理。

註：**，***分別表示在 5%，1% 顯著水準下為顯著。

(四)EGARCH 模型之參數估計結果

表 4 為 EGARCH 模型之估計結果，該結果顯示如下：

模式一：

條件平均方程式部分，在 1% 顯著水準下，即期匯率報酬會受自身前一、四期報酬（估計參數 b_{11} 、 b_{14} ）所影響，顯示在短期內，投資人可利用自身前一、四期的價格資訊，作為價格發現的功能，進而實行有利的套利行為，亦即表示即期外匯市場非效率性市場；而條件變異數方程式部分，在 1% 顯著水準下，即期匯率報酬之波動會受自身前期的報酬波動（估計參數 $v_a = 0.9103$ ）及自身前期末預期報酬（估計參數 $v_b = 0.3531$ ）所影響，顯示外匯市場存在大波動伴隨大波動、小波動伴隨小波動之現象，亦即外匯市場存在波動叢聚的特性，同時，由於波動不對稱參數（估計參數 v_d ）小於 0 且顯著，顯示由負向未預期變動所引起的波動大於正向未預期變動所引發之波動，亦即外匯市場存在波動反轉現象。

模式二：

條件平均方程式部分，就長期均衡效果而言，外匯市場誤差修正項（估計參數 a_1 ）具有 1% 之顯著水準，顯示外匯市場若受到干擾而偏離長期均衡關係時，會自動回復至長期均衡狀態。所以可知外匯市場存在長期均衡關係，亦即即期匯率與遠期匯率間有共移現象。同時，即期匯率報酬會受自身前三期報酬（估計參數 b_{13} ）及遠期匯率報酬前期（估計參數 d_{11} ）所影響，顯示在短期內，投資人可利用自身前幾期的價格資訊，來作為價格發現的功能，進而實行有利的套利行為，亦即表示即期外匯市場非效率性市場；而條件變異數方程式部分，在 1% 顯著水準下，即期匯率報酬之波動會受自身前期的報酬波動（估計參數 $v_a = 0.9310$ ）及自身前期末預期報酬（估計參數 $v_b = 0.3352$ ）所影響，顯示外匯市場存在大波動伴隨大波動、小波動伴隨小波動之現象，亦即外匯市場存在波動叢聚的特性，同時，波動不對稱（估計參數 v_d ）小於 0，顯示由負向未預期變動所引起的波動大於正向未預期變動所引發之波動，亦即外匯市場存在波動反轉的現象。

表 4 EGARCH 模型之參數估計結果

自變數	參數	模式一		模式二		模式三	
		推估係數	t 值	推估係數	t 值	推估係數	t 值
常數	c_1	-1.47E-05	-0.2863	-2.10E-05	-0.4706	-1.77E-05	-0.4710
誤差修正項	a_1	—	—	-0.3229	-4.8657***	—	—
自我遞延項	b_{11}	0.1664	4.6441***	-0.1876	-1.8346	0.1930	5.2483***
	b_{12}	0.0305	0.7817	-0.2057	-1.9250	0.0693	1.4953
	b_{13}	0.0337	1.0952	-0.2647	-2.7820***	0.0284	0.3942
	b_{14}	0.0964	2.7928***	0.0321	0.3640	0.0247	0.3678
遠匯報酬遞延項	d_{11}	—	—	0.3508	3.5522***	—	—
	d_{12}	—	—	0.2264	2.2777**	—	—
	d_{13}	—	—	0.2059	2.3762**	—	—
	d_{14}	—	—	0.0867	1.0854	—	—
常數	v_c	-1.08E-07	-1.5728	-8.10E-07	-9.7964***	-1.46E-07	-5.7634***
自我波動	v_a	0.9103	74.2308***	0.9310	60.8713***	0.8730	59.4538***
反應未預期波動參數	v_b	0.3531	17.8631***	0.3352	14.8238***	0.2477	15.9367***
波動不對稱參數	v_d	-0.3242	-7.3754***	-0.2318	-4.6135***	-0.1860	-8.3769***
當期外匯成交量	v_0	—	—	—	—	1.01E-06	48.3538***

資料來源：本研究整理。

註：**，***分別表示在 5%，1% 顯著水準下為顯著。

模式三：

條件平均方程式部分，即期匯率報酬會受自身前一期報酬（估計參數 b_{11} ）所影響，顯示在短期內，投資人可利用自身前幾期的價格資訊，來作為價格發現的功能，進而實行有利的套利行為，亦即表示即期外匯市場非效率性市場；而條件變異數方程式部分，即期匯率報酬之波動會受自身前期的報酬波動（估計參數 $v_a = 0.8730$ ）及自身前期末預期報酬（估計參數 $v_b = 0.2477$ ）所影響，顯示外匯市場存在大波動伴隨大波動、小波動伴隨小波動之現象，亦即外匯市場存在波動叢聚的特性，同時，波動不對稱參數（估計參數

數 v_d) 小於 0 且顯著，顯示由負向未預期變動所引起的波動大於正向未預期變動所引發之波動，亦即外匯市場存在波動反轉現象，又即期匯率報酬之波動亦會受當期外匯交易量 (估計參數 v_0) 之影響

(五)TGARCH 模型之參數估計結果

表 5 為 TGARCH 模型之估計結果，該結果顯示如下：

模式一：

條件平均方程式部分，在 1% 顯著水準下，即期匯率報酬會受自身前期報酬 (估計參數 b_{11}) 所影響，顯示在短期內，投資人可利用自身前期的價格資訊，作為價格發現的功能，進而實行有利的套利行為，亦即表示即期外匯市場非效率性市場；而條件變異數方程式部分，在 1% 的顯著水準下，即期匯率報酬之波動會受自身前期的報酬波動 (估計參數 $v_a = 0.7924$) 及自身前期末預期報酬 (估計參數 $v_b = 0.2115$ 、 $v_d = 0.1200$) 所影響，顯示外匯市場存在大波動伴隨大波動、小波動伴隨小波動之現象，亦即外匯市場存在波動叢聚的特性，同時，因為負向未預期報酬 (估計參數 $v_b = 0.2115$) 大於正向未預期報酬 (估計參數 $v_d = 0.1200$)，顯示由負向未預期變動所引起的波動大於正向未預期變動所引發之波動，亦即外匯市場存在波動反轉現象的情形。

模式二：

條件平均方程式部分，就長期均衡效果而言，外匯市場誤差修正項 (估計參數 a_1) 具有 1% 之顯著水準，顯示外匯市場若受到干擾而偏離長期均衡關係時，會自動回復至長期均衡狀態。所以可知外匯市場存在長期均衡關係，亦即即期匯率與遠期匯率間有共移 (co-movement) 現象。同時，即期匯率報酬會受自身前二、三期報酬 (估計參數 b_{12} 、 b_{13}) 及遠期匯率報酬前一、二、三期 (估計參數 d_{11} 、 d_{12} 、 d_{13}) 所影響，顯示在短期內，投資人可利用自身前幾期的價格資訊，來作為價格發現的功能，進而實行有利的套利行為，

亦即表示即期外匯市外匯市場非效率性市場；而條件變異數方程式部分，在 1% 顯著水準下，即期匯率報酬之波動會受自身前期的報酬波動(估計參數 $v_a = 0.7849$)及自身前期末預期報酬 (估計參數 $v_b = 0.1742$) 所影響，顯示外匯市場存在大波動伴隨大波動、小波動伴隨小波動之現象，亦即外匯市場存在波動叢聚 (volatility clustering) 的特性。

表 5 TGARCH 模型之參數估計結果 b_{11}

自變數	參數	模式一		模式二		模式三	
		推估係數	t 值	推估係數	t 值	推估係數	t 值
常數	c_1	-4.03E-05	-0.7382	-6.87E-05	-1.9110	-1.54E-05	-0.3997
誤差修正項	a_1	-	-	-0.2448	-3.4636***	-	-
自我遞延項	b_{11}	0.1772	4.8667***	-0.1773	-2.4852**	0.1442	4.5486***
	b_{12}	-5.52E-03	-0.1377	-0.3235	-3.9531***	-0.0272	-0.8333
	b_{13}	-3.65E-03	-0.1157	-0.2792	-2.9324***	-0.0116	-0.4333
	b_{14}	0.0829	2.3340**	-0.0262	-0.3156	0.0666	2.2580**
	d_{11}	-	-	0.3353	4.6897***	-	-
遠匯報酬遞延項	d_{12}	-	-	0.3147	3.9575***	-	-
	d_{13}	-	-	0.2594	2.9055***	-	-
	d_{14}	-	-	0.1101	1.4611	-	-
常數	v_c	2.71E-07	3.0320***	2.36E-07	4.6259***	1.75E-07	11.8741***
自我波動	v_a	0.7924	49.5779***	0.7839	46.8335***	0.7772	54.5530***
未預期報酬(<0)	v_b	0.2115	11.9176***	0.2510	14.1869***	0.1924	11.5357***
未預期報酬(>0)	v_d	0.1200	6.4426***	0.1381	9.8649***	0.1270	7.0701***
當期外匯成交量	v_0	-	-	-	-	1.42E-06	49.0119***

資料來源：本研究整理。

註：**，***分別表示在 5%，1% 顯著水準下為顯著。

模式三：

條件平均方程式部分，即期匯率報酬會受自身前期報酬（估計參數 b_{11} ）所影響，顯示在短期內，投資人可利用自身前期的價格資訊，來作為價格發現的功能，進而實行有利的套利行為，亦即表示即期外匯市場非效率性市場；而條件變異數方程式部分，即期匯率報酬之波動會受自身前期的報酬波動（估計參數 $v_a = 0.7772$ ）及自身前期末預期報酬（估計參數 $v_b = 0.1924$ 、 $v_d = 0.1270$ ）所影響，顯示外匯市場存在大波動伴隨大波動、小波動伴隨小波動之現象，亦即外匯市場存在波動叢聚的特性，同時，負向未預期報酬參數（估計參數 $v_b = 0.1924$ ）大於正向未預期報酬參數（估計參數 $v_d = 0.1270$ ），顯示由負向未預期變動所引起的波動大於正向未預期變動所引發之波動，亦即外匯市場存在波動反轉現象，又即期匯率報酬之波動亦會受當期外匯交易量（估計參數 v_0 ）之影響。

(六)GJR-GARCH 模型之參數估計結果

表 6 為 GJR-GARCH 模型之估計結果，該結果顯示如下：

模式一：

條件平均方程式部分，在 1% 顯著水準下，即期匯率報酬會受自身前期報酬（估計參數 b_{11} ）所影響，顯示在短期內，投資人可利用自身前期的價格資訊，來作為價格發現的功能，進而實行有利的套利行為，亦即表示即期外匯市場非效率性市場；而條件變異數方程式部分，即期匯率報酬之波動會受自身前期的報酬波動（估計參數 $v_a = 0.7923$ ）及自身前期末預期報酬（估計參數 $v_b = 0.2116$ ）所影響，顯示外匯市場存在大波動伴隨大波動、小波動伴隨小波動之現象，亦即外匯市場存在波動叢聚的特性，同時，波動不對稱（估計參數 v_d ）小於 0 且顯著，顯示由負向未預期變動所引起的波動大於正向未預期變動所引發之波動，亦即外匯市場存在波動反轉現象。

表 6 GJR-GARCH 模型之參數估計結果

自變數	參數	模式一		模式二		模式三	
		推估係數	t 值	推估係數	t 值	推估係數	t 值
常數	c_1	-4.03E-05	-0.7384	-7.11E-05	-1.9836	2.98E-05	0.4793
誤差修正項	a_1	—	—	-0.2665	-3.7700***	—	—
自我遞延項	b_{11}	0.1772	4.8665***	-0.2036	-2.8946***	0.1602	4.9652***
	b_{12}	-5.54E-03	-0.1381	-0.3512	-4.3109***	-0.0410	-1.2051
	b_{13}	-3.63E-03	-0.1150	-0.3003	-3.1873***	-7.21E-04	-0.0226
	b_{14}	0.0828	2.3314**	-0.0347	-0.4177	0.0571	1.7703
遠匯報酬遞延項	d_{11}	—	—	0.3599	5.0786***	—	—
	d_{12}	—	—	0.3400	4.2968***	—	—
	d_{13}	—	—	0.2787	3.1576***	—	—
	d_{14}	—	—	0.1193	1.5825	—	—
常數	v_c	2.71E-07	3.0332***	2.32E-07	4.5889***	3.72E-07	6.2149***
自我波動	v_a	0.7923	49.5550***	0.7836	46.6598***	0.7776	55.0068***
未預期報酬	v_b	0.2116	11.9156***	0.2542	14.0002***	0.1333	6.5894***
波動不對稱參數	v_d	-0.0915	-4.9456***	-0.1145	-6.1960***	-0.1096	-5.8405***
當期外匯成交量	v_0	—	—	—	—	2.53E-06	49.3021***

資料來源：本研究整理。

註：**，***分別表示在 5%，1% 顯著水準下為顯著。

模式二：

條件平均方程式部分，就長期均衡效果而言，外匯市場誤差修正項（估計參數 a_1 ）具有 1% 之顯著水準，顯示外匯市場若受到干擾而偏離長期均衡關係時，會自動回復至長期均衡狀態。所以可知外匯市場存在長期均衡關係，亦即即期匯率與遠期匯率間有共移現象。同時，即期匯率報酬會受自身前一、二、三期報酬（估計參數 b_{11} 、 b_{12} 、 b_{13} ）及遠期匯率報酬前一、二、三期（估計參數 d_{11} 、 d_{12} 、 d_{13} ）所影響，顯示在短期內，投資人可利用自身前幾期的價格資訊，來作為價格發現的功能，進而實行有利的套利行為，亦

即表示即期外匯市場非效率性市場；而條件變異數方程式部分，即期匯率報酬之波動會受自身前期的報酬波動（估計參數 $v_a = 0.7836$ ）及自身前期未預期報酬（估計參數 $v_b = 0.2542$ ）所影響，顯示外匯市場存在大波動伴隨大波動、小波動伴隨小波動之現象，亦即外匯市場存在波動叢聚的特性，同時，由於波動不對稱（估計參數 v_d ）小於 0，顯示由負向未預期變動所引起的波動大於正向未預期變動所引發之波動，亦即外匯市場存在波動反轉的現象。

模式三：

條件平均方程式部分，即期匯率報酬會受自身前期報酬（估計參數 b_{11} ）所影響，顯示在短期內，投資人可利用自身前期的價格資訊，來作為價格發現的功能，進而實行有利的套利行為，亦即表示即期外匯市場非效率性市場；而條件變異數方程式部分，即期匯率報酬之波動會受自身前期的報酬波動（估計參數 $v_a = 0.7776$ ）及自身前期未預期報酬（估計參數 $v_b = 0.1333$ ）所影響，顯示外匯市場存在大波動伴隨大波動、小波動伴隨小波動之現象，亦即外匯市場存在波動叢聚的特性，同時，波動不對稱參數（估計參數 v_d ）小於 0 且顯著，顯示由負向未預期變動所引起的波動大於正向未預期變動所引發之波動，亦即外匯市場存在波動反轉現象，又即期匯率報酬之波動亦會受當期外匯交易量（估計參數 v_0 ）之影響。

(七) VEC-TGARCH 模型之參數估計結果

即期匯率條件平均方程式部分，就長期均衡效果而言，外匯市場誤差修正項之參數具有 1% 之顯著水準，顯示外匯市場若受到干擾而偏離長期均衡關係時，會自動回復至長期均衡狀態。所以可知外匯市場存在長期均衡關係，亦即即期匯率與遠期匯率間有共移 (co-movement) 現象。同時，即期匯率報酬會受自身前一、二期報酬及遠期匯率報酬前一、二、三期所影響，顯示在短期內，投資人可利用自身前幾期的價格資訊，來作為價格發現的功能，進而實行有利的套利行為；然而，在遠期匯率條件平均方程式部分，

就長期均衡效果而言，外匯市場誤差修正項之參數具有 1% 之顯著水準，顯示外匯市場若受到干擾而偏離長期均衡關係時，會自動回復至長期均衡狀態。所以可知外匯市場

表 7 VEC-TGARCH 模型之估計結果

條件平均方程式					
即期外匯市場			遠期外匯市場		
參數	推估係數	t 值	參數	推估係數	t 值
c_1	0.07562	3.2613***	c_2	-0.02793	-0.89239
a_1	-0.1586	-4.23395***	a_2	-0.2396	-5.32163***
b_{11}	0.06494	4.13385***	b_{21}	-0.1639	-4.69370***
b_{12}	-0.0183	-2.70038***	b_{22}	-0.1235	-4.34286***
b_{13}	-0.0058	-0.6783	b_{23}	-0.0745	-2.02703**
b_{14}	0.0016	1.2018	b_{24}	0.0206	1.19223
d_{11}	0.0206	3.52363***	d_{21}	0.2150	5.11239***
d_{12}	0.0433	3.72169***	d_{22}	0.166	4.75744***
d_{13}	-0.0592	-3.59252***	d_{23}	0.0366	1.50716
d_{14}	0.0047	1.40798	d_{24}	0.1792	4.84088***
條件變異方程式					
v_1	0.04628	3.42990***	v_2	0.0497	8.30796***
$v_{st,a}$	0.54262	9.02366***	$v_{st,b}$	0.41745	7.00129***
$v_{ft,a}$	0.38139	4.19425***	$v_{ft,b}$	0.39766	4.62288***
v_a^+	0.00053	6.06228***	v_c^+	0.0438	8.09007***
v_a^-	0.00091	6.80193***	v_c^-	0.05114	8.22741***
條件共變異方程式					
v_3	0.004681	5.37373***			
v_e	0.003601	5.00535***			
v_h	0.0041186	9.26586***			

資料來源：本研究整理。

註：**，***分別表示在 5%，1% 顯著水準下為顯著。

存在長期均衡關係，亦即即期匯率與遠期匯率間有共移現象。同時，遠期匯率報酬會受自身前一、二期報酬及即期匯率報酬前一、二、四期所影響，顯示在短期內，投資人可利用自身前幾期的價格資訊，來作為價格發現的功能，進而實行有利的套利行為，因此由即、遠期匯率之條件平均數方程式可知，遠期匯率與即期匯率互為互饋的因果關係。

即期匯率條件變異數方程式部分，即期匯率報酬之波動會受自身前期的報酬波動、遠期匯率波動及自身前期末預期報酬所影響，顯示外匯市場存在大波動伴隨大波動、小波動伴隨小波動之現象，亦即外匯市場存在波動叢聚的特性。

同時，負向未預期報酬參數大於正向未預期報酬參數，顯示由負向未預期變動所引起的波動大於正向未預期變動所引發之波動，亦即外匯市場存在波動不對稱的現象；在遠期匯率條件變異數方程式部分，遠期匯率報酬之波動會受自身前期的報酬波動、即期匯率波動及自身前期末預期報酬所影響，顯示外匯市場存在大波動伴隨大波動、小波動伴隨小波動之現象，亦即外匯市場存在波動叢聚的特性，同時，負向未預期報酬參數大於正向未預期報酬參數，顯示由負向未預期變動所引起的波動大於正向未預期變動所引發之波動，亦即外匯市場存在波動不對稱的現象；最後在條件共變異數方程式方面可知，即、遠期外匯市場會受前期殘差項、前期波動交互衝擊所影響。

二、各估計模型預測績效之比較

(一)預測績效指標之衡量模式

誤差衡量統計量主要是為了衡量模型預測值與樣本實際值間之預測誤差。在準確度的衡量上，令預測樣本數為 n 、實際值為 σ_t^2 、預測值為 $\hat{\sigma}_t^2$ ，則依預測目的有下列之誤差衡量統計量 (MSE 、 $RMSE$ 、Theil's U 、 UB 、 UR 及 UD)，其計算方式分別介紹如下：

1. 平均誤差平方 Mean Square Error (MSE)

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{\sigma}_t^2 - \sigma_t^2)^2}{n} \quad (20)$$

此為預測誤差平方之平均值，此方法較 MAE 給予預測誤差較大的權數 (平方)，因而合乎直覺解釋，為最普遍使用之誤差衡量統計量。

2. 平均誤差平方根 Root Mean Square Error ($RMSE$)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{\sigma}_t^2 - \sigma_t^2)^2}{n}} \quad (21)$$

此為 MSE 之二次方根，因此和 MSE 具有相同性質，但受樣本觀測值單位大小之影響程度較 MSE 小，亦為普遍使用之誤差衡量統計量。

3. 泰勒不等係數 Theil's inequality coefficient (U)

$$U = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{\sigma}_t^2 - \sigma_t^2)^2 / n}{\sum_{i=1}^n \sigma_t^2 / n}} \quad (22)$$

$0 \leq U \leq \infty$ ，若 U 為零時，表示預測值等於實際值，預測效果最佳，反之，若 U 越大，預測效果越差。

4. 平均誤差平方的分解

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{\sigma}_i^2 - \sigma_i^2)^2}{n} = ((\hat{\sigma}_i^2 - \sigma_i^2) + (S_{\hat{\sigma}_i^2} - \gamma S_{\sigma_i^2}))^2 + (1 - \gamma^2)) S_{\sigma_i^2}^2 \quad (23)$$

$$1 = \frac{1}{MSE} ((\hat{\sigma}_i^2 - \sigma_i^2)^2 + (S_{\hat{\sigma}_i^2} - \gamma S_{\sigma_i^2})^2 + (1 - \gamma^2)) S_{\sigma_i^2}^2 = UB + UR + UD$$

上式將 MSE 分解成偏誤項 (UB)、迴歸項 (UR) 與干擾項 (UD)，有助於瞭解預測值與實際值之誤差與預測能力間之關係。 $UB = 0$ 表示預測值為實際值之不偏估計值， $UR = 0$ 表示預測值隨機分佈於實際值上下；若 UB 與 UR 均為零，此時 $UD = 1$ 說明預測無不偏及無系統誤差而預測誤差值 (MSE) 僅為隨機干擾。

(二)預測績效評估結果與分析

依上述各模型所建構之匯率波動性預測模型做綜合預測績效比較，利用六種誤差衡量統計量 (MSE 、 $RMSE$ 、 U 、 UB 、 UD 及 UR) 來衡量各匯率波動性模型之預測績效，其結果顯示如表 8 至表 10。

依表 8 可知，藉由此六種衡量指標之判斷後，模式一之績效優劣順序為：隨機波動模型、TGARCH 模型、GJR-GARCH 模型、GARCH 模型、GARCH-M 模型及 EGARCH 模型；依表 9 可知，模式二之績效優劣順序為：隨機波動模型、TGARCH 模型、GJR-GARCH 模型、EGARCH 模型、GARCH-M 模型及 GARCH 模型；依表 10 可知，模式三之績效優劣順序為：隨機波動模型、TGARCH 模型、EGARCH 模型、GJR-GARCH 模型、GARCH-M 模型及 GARCH 模型。同時，依各情境可知，當加入遠期匯率或是外匯成交量時的模型，其配適度會比未加入任何與匯率相關之變數為佳。

表 8 不同模型波動性預測之比較 (未考慮納入遠期匯率報酬與外匯成交量)

績效	隨機波動	GARCH	GARCH-M	EGARCH	TGARCH	GJRGARCH
MSE	0.04013539	0.04426211	0.04426214	0.04426204	0.04426164	0.04426173
RMSE	0.20033819	0.21038562	0.21038568	0.21038545	0.2103845	0.21038473
U	0.80633741	0.84540967	0.84540994	0.845409	0.84540518	0.84540609
UB	0.00644274	0.00816443	0.00816444	0.0081644	0.00816423	0.00816425
UR	0.00004682	0.00872067	0.00876055	0.00912349	0.00738553	0.00774745
UD	0.99351044	0.9831149	0.98307501	0.98271211	0.98445025	0.9840883

資料來源：本研究整理。

表 9 不同模型波動性預測之比較(納入遠期匯率報酬)

績效	隨機波動	GARCH	GARCH-M	EGARCH	TGARCH	GJRGARCH	VEC-TGARCH
MSE	0.03973054	0.04426195	0.04426194	0.04426197	0.04426194	0.04426197	0.04426254
RMSE	0.19932521	0.21038523	0.21038522	0.21038529	0.21038521	0.21038529	0.21038664
U	0.79960426	0.84540812	0.84540811	0.84540835	0.84540805	0.84540836	0.84541536
UB	0.00507527	0.00816432	0.0081643	0.00816428	0.00816421	0.00816428	0.00816436
UR	0.00038605	0.00787292	0.0073659	0.00677576	0.00580541	0.00677201	0.0005307
UD	0.99453868	0.98396276	0.9844698	0.98505995	0.98603038	0.98506371	0.99130494

資料來源：本研究整理。

表 10 不同模型波動性預測之比較(納入外匯成交量)

績效	隨機波動	GARCH	GARCH-M	EGARCH	TGARCH	GJRGARCH
MSE	0.03800846	0.04426287	0.04426285	0.04426281	0.04426271	0.04426284
RMSE	0.19495759	0.21038743	0.21038738	0.21038728	0.21038706	0.21038736
U	0.78507154	0.84541681	0.8454167	0.84541635	0.84541547	0.84541667
UB	0.00502271	0.00816442	0.0081644	0.00816436	0.00816433	0.00816438
UR	0.00000746	0.0013581	0.0013575	0.00057024	0.0006006	0.00135367
UD	0.99496983	0.99047748	0.9904781	0.9912654	0.99123508	0.99048195

資料來源：本研究整理。

伍、結論與建議

本文旨在探討新台幣兌美元匯率波動性的預測與即、遠期匯率間之關聯性，因此本研究以隨機波動模型、GARCH 模型、GARCH-M 模型、EGARCH 模型、TGARCH 模型及 GJR-GARCH 模型，針對新台幣兌美元匯率波動性進行預測，並比較各模型之預測績效，進而找出最適的 GARCH 模型來建構向量誤差修正模型 (VECM) 以探討即期與遠期匯率間的關聯性。冀望本研究所獲之結果可協助投資者在投資策略、避險、套利及分散風險方面做決策，同時，亦對政府相關機構在金融政策上之擬定有所助益。

一、結論

1. 就長期均衡關係方面，利用 Johansen 共整合檢定法對新台幣兌美元即、遠期匯率進行檢定，結果發現即、遠期外匯市場存在共整合現象，存在長期均衡關係。所以再觀察即、遠期外匯市場之關係與變動時，需考慮誤差修正項，以免遺漏長期資訊。
2. 在新台幣兌美元即、遠期匯率波動性方面，依模型可知，即、遠期外匯市場存在 ARCH 效果與不對稱效果，即即、遠期匯率市場存在大波動伴隨大波動、小波動伴隨小波動的波動叢聚現象，同時，亦存在市場壞消息波動大於市場好消息波動的不對稱效果。
3. 針對新台幣兌美元即、遠期匯率之條件方程式而言，新台幣兌美元即期匯率報酬率會受本身前期及遠期匯率報酬率前期所影響，因此可知，外匯市場拒絕效率市場假說，即投資者可利用先前的外匯資訊來進行投資、套利等行為。同時，在風險溢酬部分，由模型所獲結果可知，即、遠期外匯市場不存在高風險高報酬的現象。
4. 針對新台幣兌美元即、遠期匯率之條件變異數方程式而言，新台幣兌美元之即期匯率報酬率之波動性，具有波動叢聚效果與不對稱性效果。當納入遠期匯率報酬率與外匯

成交量時，會使得波動叢聚效果下降，模型進而配適更佳。然而，新台幣兌美元即、遠期匯率均會受彼此報酬波動所影響，所以投資者在外匯市場進行投資時，需考慮到彼此即、遠期外匯報酬率的動態影響。

5. 就預測績效方面，在單變量模型中，隨機波動模型之預測績效為最佳、TGARCH 模型之預測績效次之，接著的排列順序依情境不同而有所改變，顯示匯率之波動性不能僅由前期之波動性來預測，需考慮其他相關因素。然而，再加入遠期匯率與外匯成交量後，各模型之預測能力有提升，亦可表示在預測匯率波動性時納入相關影響變數是重要的。就整體績效來看，雙變量模型之預測能力比單變量模型之預測能力為佳。

二、建議

依據上述結論所提出之政策意涵與未來研究方向分述如下：

(一)政策意涵

1. 依本研究可知，即期外匯市場除了受本身價格資訊所影響外，亦會受遠期外匯市場所影響。故投資者在考慮投資組合時，已不能單就分析即期外匯市場決定其投資策略，因此，除分析即期匯率市場外，也應將遠期外匯市場之資訊納入考慮，使得投資風險降低、報酬達到提升，效果能有效發揮。
2. 金融市場中，成交量往往表現交易者在購買金融資產時的流動，若在考慮投資策略時，亦將該項成交量所代表之資訊流動納為考量，此時，除對外匯市場運作有更進一步瞭解之資訊，同時，納入成交量該項資訊，更可讓匯率波動性之預測更具有效性，對外匯市場有更進一步的瞭解。

(二)未來研究方向

1. 爲使匯率波動性預測能有多方考量，納入其他與匯率波動影響相關之因素，亦是未來值得參考之方向。
2. 不對稱性 GARCH 模型眾多，本研究僅就 EGARCH、TGARCH 與 GJR-GARCH 進行探討，未來可進一步探討其餘不對稱 GARCH 模型對匯率波動性之預測績效。

最後，本文實證結果之結論與建議乃根據所建構之模型與估計期間之資料實證而得。投資人或相關人士若欲引用本文之結果時，則必須考慮當時之社會經濟環境之變動情形，方能更靈活與正確的運用。

(收件日期爲 97 年 7 月 30 日，接受日期爲 98 年 3 月 25 日)

參考文獻

1. Barnhart, S. W., and A. C. Szakmary, 1991, "Testing the Unbiased Forward Rates Hypothesis: Evidence on Unit Root, Cointegration, and Stochastic Coefficients," *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 26(2):245-267.
2. Bilson, J. F. O., 1981, "The Speculative Efficiency Hypothesis," *Journal of Business*, 54(3): 435-451.
3. Biswas, R., and H. A. Shawky, 1997, "Foreign Exchange Market Efficiency: Evidence From The Gulf War Period," *Global Finance Journal*, 8(2):199-210.
4. Cornell, B., 1977, "Spot Rates, Forward Rates and Exchange Market Efficiency," *Journal of Financial Economics*, 5(1):55-65.
5. Fama, E. F., 1984, "Forward and Spot Exchange Rates," *Journal of Monetary Economics*, 14:319-338.
6. Hansen, S., and J. Hodrick, 1980, "Forward Exchange Rates as Optimal Predictors of

- Future Spot Rates: An Econometric Analysis,” *Journal of Political Economy*, 88:828-853.
7. Hooper, P., and S.W. Kohlhagen, 1978, “The Effect of Exchange Rate Uncertainty on the Prices and Volume of International Trade,” *Journal of International Economics*, 8(4):483-511.
 8. Heynen R.C., and H.M. Kat, 1994, “Volatility Prediction: A Comparison of the Stochastic Volatility, GARCH (1,1) and EGARCH (1,1) Models,” *The Journal of Derivatives*, 2(2):55-65.
 9. Kuo, B. S., T. P. Ho, and C. F. Lee, 2001, “How Large Is the Foreign Exchange Risk Premium for USD/NTD?” *Academia Economic Papers*, 29:383-413.
 10. Martens, M., 2001, “Forecasting Daily Exchange Rate Volatility Using Intraday Returns,” *Journal of International Money and Finance*, 20:1-23.
 11. Meade, N., 2002, “A Comparison of the Accuracy of Short Term Foreign Exchange Forecasting Methods,” *International Journal of Forecasting*, 18:67-83.
 12. Naka, A., and G. Whitney, 1995, “The Unbiased Forward Rate Hypothesis Re-Examined,” *Journal of International Money and Finance*, 14:857-867.
 13. Panayotis, A., and A. Nicholas, 1996, “ARCH Effects and Cointegration: Is The Foreign Exchange Market Efficient?” *Journal of International Money and Finance*, 20:687-697.
 14. Victor, 1995, “Exchange Rate Market Efficiency: Evidence from Cointegration Test,” *Applied Economics Letters*, 2:196-198.
 15. Wang, P., and P. Wang, 1999, “Foreign Exchange Market Volatility in Southeast Asia,” *Asia-Pacific Financial markets*, 6:235-252.
 16. Vilasuso, J., 2002, “Forecasting Exchange Rate Volatility,” *Economics Letters*, 76:59-64.

Volatility Forecasting of USD/NTD Exchange Rate and Its Relationship with Forward Exchange Rate: Effects of Forecasting Performance and Trading Volume

Hsiang-Hsi Liu^{*} and Chr-Jen Yang^{**}

Abstract

The purpose of this study is to probe the volatility forecasting of NTD/USD exchange rate and the relationships between the spot and forward exchange markets. In order to forecast the volatility of rate of change for exchange rate, this study applies stochastic volatility model, GARCH model, GARCH-M model, EGARCH model, TGARCH model and GJR-GARCH model to proceed this purpose. Comparing the forecasting performance of each model, we find that the VEC-TGARCH model is better to describe the relationship between the spot and forward exchange markets. The sample period is from January 2, 2001 to November 30, 2005.

Major conclusions of this study are shown as follows. Firstly, the result of the unit root test shows that the NTD/USD spot exchange rate and the NTD/USD forward exchange rate are non-stationary series and have the same integration order $I(1)$. Secondly, by using Johansen co-integration test, the result find that there is a co-integration relationship between the spot and forward exchange markets. Thirdly, there are a volatility clustering phenomenon and an asymmetric effect in spot and forward exchange markets. Fourthly, while taking the return of the forward exchange rate and the trading volume into account, it decreases the volatility clustering effect and fits the model well. It means that the investors should consider the influences of the forward exchange rate and trading volume to make better investment decisions. Fifthly, there are reciprocal cause and effect relationships between spot and forward exchange markets and the reaction of the forward exchange market to the new news is much faster. Sixthly, referring to the single variable model, the performance of the stochastic volatility model is the best, the second comes to TGARCH model. However, when adding the forward exchange rate and trading volume, the forecasting performance become better. As to the overall forecasting performance, the forecasting ability of the bi-variable model is better than that of the single variable model.

Keywords: Spot and Forward Exchange Rates; Volatility Forecasting Model; Cointegration; GARCH Effect; Forecasting Performance

JEL classification: F31, F37

^{*} Professor and Director, Graduate Institute of International Business, National Taipei University. Corresponding Author, Tel: (886-2)26732670, Email: hsiang@mail.ntpu.edu.tw

^{**} Master, Institute of Applied Economics, National Taiwan Ocean University.