

台指選擇權隱含波動率之探討

AN EMPIRICAL STUDY OF IMPLIED VOLATILITY IN TAIWAN STOCK INDEX OPTIONS

王銘杰*

國立暨南國際大學國際企業系副教授

吳伶儀

國立暨南國際大學創業育成中心專任助理

Ming-Chieh Wang

*Associate Professor, Department of International Business Studies,
National Chi Nan University*

Ling-Yi Wu

*Project Assistant, Department of International Business Studies,
National Chi Nan University*

摘要

本文使用台灣指數選擇權的價格資料，來觀察選擇權隱含波動率的型態，並探討在美國次級房貸和歐洲債券等金融危機期間，波動率的型態是否會有所改變。其次，討論是否有適當的波動性模型，能描述隱含波動率的型態，並具有良好的模型配適度。最後，探討隱含波動率對實際波動率的預測能力，以及選擇權交易在金融危機期間所提供的早期預警功能。

實證結果指出隱含波動率在樣本期間並未具有微笑曲線型態，然而以歐債危機的型態最為接近，同時在金融危機和市場穩定期間，波動率型態未有明顯差異。若使用數種波動性函數來描述其型態，以標準化價性指標並納入價平隱含波動率的模型表現最佳，但未有模型能夠完整解釋隱含波動率之變化。此外，次級房貸期間的台指選擇權具有預警訊號，可預測未來的極端波動，顯示此期間的市場交易相當有效率，對投資人提供有用的訊息。

*通訊作者，地址：南投縣埔里鎮大學路一號，電話：0928-775101

E-mail: mcwang@ncnu.edu.tw

關鍵字：隱含波動率、波動率微笑曲線、隱含波動率模型

ABSTRACT

This study estimates the implied volatilities of Taiwan stock index options and tests for the presence of a smile pattern, or U-shape, pattern across the moneyness levels of those options. The analysis also considers whether the smile patterns differ between stable financial markets and those that are in crisis. Using multiple implied volatility functions, this study examines which model captures the smile pattern and offers the best goodness of fit with the model specifications. With this evidence, the authors determine whether implied volatility can predict future volatility.

The empirical results do not reveal a smile pattern in implied volatilities; however, the shape becomes more evident during the European sovereign debt crisis, relative to the U.S. subprime mortgage financial crisis. Nor do the patterns vary according to financial market conditions. The implied volatility functions can improve option valuation, and the best performance results from a quadratic function of the options' standardized moneyness with the level of implied at-the-money volatility. However, no single model performs well for options across all moneyness levels. Finally, the implied volatility includes other volatility indicators that can predict future market volatility, and provide an early warning signal of extreme volatility, as was experienced during the U.S. subprime mortgage financial crisis.

Keywords: Implied Volatility, Volatility Smile, Implied Volatility Model

壹、導論

台灣期貨交易所在2001年12月發行以台灣證券交易所發行量加權股價指數為標的指數選擇權（簡稱台指選擇權），使金融商品的交易種類更加多元化，台指選擇權的交易量由2002年的1.5百萬口提高至2011年的125百萬口，表示選擇權交易已經逐漸受到國內投資者重視。由於選擇權價值係決定於標的資產的價格變動，且兩者之間並非為線性關係，理論模型推導有相當高的難度，過去文獻多數以Black and Scholes

(1973)所發展的歐式選擇權定價模型(以下簡稱BS模型)做為主要的參考依據。BS模型指出有五項因素影響選擇權價格,包含選擇權的履約價格、標的資產價格、距到期期間、無風險利率以及報酬的波動程度,這些因素只有波動程度無法直接觀察得到,相關實證研究通常是以標的資產的歷史波動率來表示,或是經由選擇權的隱含波動率(Implied volatility)來間接得到,亦即將選擇權的市場價格代入定價模型中,來反推滿足選擇權價格的波動水準。由於使用歷史波動來估計的實證結果並不理想,而後者因為無法直接觀察得到,故文獻對於選擇權隱含波動率有相當多的探討。

有關隱含波動率的實證探討,由於BS模型假設選擇權的價格波動程度,為服從標準布朗運動的固定值,然而許多文獻指出隱含波動率會隨著到期日或是履約價格除以標的資產價格的價性指標(Moneyness)而改變,如MacBeth and Merville(1979)指出價內及價外選擇權的隱含波動率會高於價平選擇權,且使用BS模型會低估價內選擇權的價值並高估價外選擇權。Rubinstein(1985)發現到期日較長的選擇權,其隱含波動率會低於條件相同但到期日較短的選擇權。Bollerslev, Chou, and Kroner(1992)指出到期日相同且履約價格不同時,價內及價外選擇權的隱含波動率高於價平選擇權,根據這現象所描繪的隱含波動率曲線,稱為隱含波動率微笑曲線(Volatility smile)。若隱含波動率具有微笑曲線型態時,表示價內和價外選擇權被高估或是價平選擇權被低估,因此投資人可透過賣出前者並買進後者的交易策略來獲利。此外,Dumas, Fleming, and Whaley(1998)和Pena, Rubio, and Serna(1999)探討隱含波動率是否可由確定型的波動函數(Deterministic Volatility Function, DVF)來描述,結果指出經由到期日和價性指標可用來描述S&P 500指數選擇權的波動率結構。然而Heston and Nandi(2000)指出確定型的波動函數模型能得到樣本內的微笑型態,但無法描述微笑型態的幅度和動態特性。此外,Engstrom(2002)表示瑞典市場的選擇權隱含波動率結構為呈現U型的微笑曲線,並使用數種波動性函數來試圖改善價平選擇權的預測誤差,雖然價平選擇權的預測效果在研究期間仍為最佳,但使用波動函數可以改善對深入價內選擇權的定價誤差。Vagnani(2009)指出隱含波動率呈微笑的型態,係因為投資人根據自己的主觀預測來衡量股價波動的不確定性,但仍使用BS模型來評價選擇權,故投資人的異質性和形成預期的模式,對均衡價格和隱含波動皆造成影響。郭維裕、陳威光、陳鴻隆與林信助(2009)指出導入非對稱的時間序列以及相對價內外程度等變數的動態隱含波動度函數,對真實隱含波動度結構具有最適當的描述。

由於隱含波動率是依據選擇權的實際價格,來推導該價格所反對應的波動程度,也可解釋為投資人對未來市場波動的看法。是故,許多文獻探討當市場發生大幅波動時,隱含波動率的變化和預測能力,例如自1987年美國股市崩盤後,許多文獻指出原先微笑曲線已不存在,隱含波動率與履約價之間呈現向右下偏斜的曲線,稱為波動率

偏斜 (Volatility skew) 或是波動性嘲笑曲線 (Volatility smirk)，表示價內程度愈高的選擇權，其隱含波動率愈高，Rubinstein (1994) 將此現象稱為崩盤恐懼症 (Crashophobia)，因為當股價大幅下跌造成投資人恐慌，認為股價可能再度下跌，使得低履約價的選擇權價格會高於BS模型的理論價格。所以波動性曲線的形狀變化，隱含著投資人對標的股價指數未來的預期，當波動性微笑曲線向右下偏斜的程度越來越陡峭時，代表投資人對前景越不樂觀，因此選擇權交易具有價格發現的功能。Schwert (1990) 和Bates (1991) 發現S&P 500選擇權的隱含波動率在1987年期間具有訊號，崩盤前價外賣權的隱含波動率顯著地高於價外買權，雖然此現象在崩盤後的兩個月內就消失，但此現象與Fleming (1998) 及Christensen and Prabhala (1998) 表示隱含波動率可以預測未來實際市場波動率的結果一致。此外，Jorion (1995) 在外幣選擇權、Poteshman (2000) 在S&P 500指數選擇權以及Corrado and Miller (2003) 對於CBOE市場的VIX與VXN波動率指數之研究，也顯示出隱含波動率能對未來市場波動提供較有效率的預測，然而Canina and Figlewski (1993) 指出S&P 100指數選擇權的隱含波動率所能提供的預測能力非常微弱。莊益源、張鐘霖與王祝三 (2003) 比較歷史波動率模型、GARCH模型和隱含波動率模型對真實波動率的預測能力，結果顯示由台指選擇權所推求的隱含波動率預測能力較佳，其中又以近月到期選擇權契約的預測效果最好，且加入交易量並無法有效提升模型對真實波動率的預測能力。許美滿、鍾惠民 (2009) 使用無模型設定隱含波動性模型，來檢定台指選擇權的訊息內涵，指出其模型能完全包含歷史波動性模型和GARCH (1,1) 模型，同時可以預測未來5天買權到期時現貨市場真實波動性所具有之資訊。

根據上述隱含波動率的實證結果，本文探討的重點首先在於台指選擇權的隱含波動率是否具有微笑曲線現象，由於在2007年2010年分別發生美國次級房貸和歐洲債券危機，使得全球金融市場波的動大幅提高，因此研究目的在探討兩次金融危機期間，台指選擇權隱含波動性曲線的形態，並討論在市場較為穩定的期間，波動性曲線是否有所改變。其次，探討價性指標和到期期間是否可以用來解釋波動的型態，文中使用不同的設定波動性函數，探討何者具有較高的解釋能力，並經由樣本外的預測誤差，來檢驗模型的配適度。

選擇權具有低交易成本和賣出容易等優勢，所以選擇權的價格走勢，隱含有未來的現貨價格之訊息成份，而選擇權價格除了受到標的資產之影響外，同時亦受到波動程度的影響，因此選擇權的實際價格往往與理論價格不同，其中的差異性就來自於對未來波動有不同的看法。因此根據選擇權在市場上的交易價格，反推出市場對標的資產報酬波動率的預期，表示市場投資人的預期主觀判斷。所以經由成交價格來反推選擇權的隱含波動率，可用來預測的市場波動程度，並能有效描繪投資人的情緒反應，

對於判斷當時市場的情況和交易決策具有重要的功能。此外，在2007年至2012年間，全球金融市場經歷二次重大的金融危機，選擇權市場的隱含波動率型態是否在此二次危機之間發生變化；換言之，在經過金融海嘯的衝擊後，歐債危機期間的投資人恐慌情緒是否擴大或降低，這結果對於選擇權價格的預測，以及相關的交易和避險策略，均扮演著重要的功能。本文所使用的隱含波動預測模型和檢定金融危機期間的預警功能，能幫助投資人對隱含波動率的動態過程以及相關定價行為有進一步的認識，對於投資人在金融危機的情緒反應亦能有深入的探討。

由於選擇權具有高度的槓桿功能，使投資者相較於現貨交易，更容易進行投機或避險操作，因此當金融危機發生時，投資者是否會根據對未來市場的看法，在選擇權市場進行操作，使選擇權交易能對金融危機提供預警的功能，為本文接續想要探討的主題。在1997年亞洲金融危機發生後，Fung（2007）使用香港恆生指數來探討選擇權交易的預警的功能，指出選擇權隱含波動率能有效預測未來的市場波動水準，對於異常波動率能提供預警訊號。因此本文探討台指選擇權在異常的波動率出現之前，是否能產生有用的警示訊息，分別以選擇權的實際波動率、交易量與未平倉量作為變數，並藉由隱含波動率與估計值的差距來設立門檻，以檢驗選擇權交易對於金融危機，能否提供有效的早期預警訊息。

本文實證結果指出，台指選擇權的隱含波動率並未呈現微笑的型態，且以接近到期日的隱含波動率最高，同時在市場穩定期間的波動程度反而大於金融危機期間，但曲線較為平坦。其次，使用價性指標和到期期間來描述隱含波動率的型態，得到標準化的價平隱含波動率具有較佳的解釋能力，但未有模型能完整說明其型態。最後，台指選擇權在次級房貸金融危機期間，對未來的極端波動能夠產生預警訊號，但在歐債危機期間的訊號則較為微弱。

貳、資料與研究方法

本文以台灣期貨交易所的台灣指數選擇權為研究對象，樣本期間自2007年8月至2011年12月，並將期間分為美國次級房貸所造成的全球金融危機（2007年8月至2008年12月）、市場穩定期間（2009年1月至2009年12月）與歐債危機（2010年1月至2011年12月）¹，所使用的資料包括台指選擇權、台灣加權股價指數以及市場無風險利率，前二者分別取自台灣期貨交易所和台灣證券交易所，而無風險利率則以台灣銀行三個月定期存款利率為代表。此外，由於台指選擇權的交易量多數集中於前兩近月份，

故本文採用此期間的契約來進行研究，同時將到期前一週的交易資料刪除，以避免到期效應發生²，減少隱含波動率產生的異常波動。

文中首先經由BS模型來推導選擇權的隱含波動率，以觀察在不同的價性指標下，隱含波動率型態是否為U型的微笑曲線，並探討金融危機期間的型態是否會有所改變。接續，討論是否有適當的模型，能描述隱含波動率的型態，分別利用到期期間及價性指標做為變數，檢定兩者對隱含波動率的解釋能力以及模型配適度。最後，觀察隱含波動率在金融危機期間的變化，以檢定所提供的預警能力。以下分別說明本文所使用的模型：

一、隱含波動率模型

本文探討價性指標與到期時間對隱含波動率的影響，因此首先以價平隱含波動率作為波動率的代表，設定模型一如下：

$$\text{模型一： } \sigma = \sigma_{\text{ATM}} \quad (1)$$

接續，使用Dumas et al. (1998)的方法來建構模型二及三，以檢驗價性指標與距到期日對隱含波動率的影響。在模型二中，使用隱含波動率對價平隱含波動率的比率做為因變數，價性指標的對數值及平方項作為自變數，觀察價性指標對隱含波動率的影響，設定如下：

$$\text{模型二： } \frac{\sigma}{\sigma_{\text{ATM}}} = \alpha_0 + b_1 \ln \frac{X}{S} + b_2 \left(\ln \frac{X}{S} \right)^2 + \varepsilon_2, \quad (2)$$

其中X為履約價，S為現貨價格。

另外，Dumas et al. (1998)實證結果指出，隱含波動度的曲線會隨著價內外程度而有微笑的形態，Engstrom (2002)亦指出曲線會因到期日接近而呈現更為彎曲的現象，考慮波動率的期限結構，模型三加入了「價性指標平方項」、「到期期間平方項」以及「價性指標和期間的交乘項」，來探討波動度曲線的非線性關係，以及變數之間的交互影響，茲設定如下：

$$\text{模型三： } \frac{\sigma}{\sigma_{\text{ATM}}} = \alpha_0 + b_1 \ln \frac{X}{S} + b_2 \left(\ln \frac{X}{S} \right)^2 + b_3 (T-t) + b_4 (T-t)^2 + b_5 \ln \frac{X}{S} (T-t) + \varepsilon_3, \quad (3)$$

其中(T-t)為距離到期日的天數。

Engstrom (2002) 指出投資人比較在意市場下跌的情形，將價性指標分為價內及價外的條件，且隱含波動率在價內為價性指標的線性函數，但在價外則為二次函數，藉此觀察微笑曲線的不對稱性。本文根據其設定，在模型四中分別使用上漲幅度 (U) 和下跌幅度 (D) 的平方項來估計隱含波動率，以檢驗股價下跌對隱含波動率的影響。茲設定如下：

$$\text{模型四：} \frac{\sigma}{\sigma_{\text{ATM}}} = \alpha_0 + b_1 U + b_2 D^2 + \varepsilon_4 \quad (4)$$

在上式中， $U = \ln \frac{x}{s}$ 若 $\ln \frac{x}{s} < 0$ 且 $U = 0$ 若 $\ln \frac{x}{s} \geq 0$ ， $D = \ln \frac{x}{s}$ 若 $\ln \frac{x}{s} \geq 0$ 且 $D = 0$ 若 $\ln \frac{x}{s} < 0$ 。

模型五則是在模型四加入到期期間的效果，設定如下：

$$\text{模型五：} \frac{\sigma}{\sigma_{\text{ATM}}} = \alpha_0 + b_1 U + b_2 D^2 + b_3 (T-t) + b_4 (T-t)^2 + \varepsilon_5 \quad (5)$$

最後，Rosenberg (2000) 提出隱含波動率的動態模型 (Dynamic implied volatility function)，利用價性指標並使用價平隱含波動率和到期天數來標準化，以建構波動率的動態過程，模型描述如下：

$$\text{模型六：} \frac{\sigma}{\sigma_{\text{ATM}}} = \alpha_0 + b_1 \left(\frac{\ln \frac{x}{s}}{\sigma_{\text{ATM}} \sqrt{T-t}} \right) + b_2 \left(\frac{\ln \frac{x}{s}}{\sigma_{\text{ATM}} \sqrt{T-t}} \right)^2 + \varepsilon_6 \quad (6)$$

因此本文利用迴歸模型來探討上述模型的解釋能力，檢視買賣權的隱含波動率是否具有微笑現象，並藉由變數平方項來代表曲度，以討論在不同價性指標下，價內與價外的隱含波動率是否存在顯著差異。

二、隱含波動率的預測能力

接續，本文檢驗隱含波動率對於金融危機的預警能力，依據 Fung (2002) 的模型，設定選擇權的實際波動率，分別會受到前一期的隱含波動率和實際波動率，以及選擇權交易量和未平倉數量的影響，描述如下：

$$AV_t = \alpha_0 + \alpha_1 \sigma_{t-1} + \sum_{i=1}^3 \beta_i X_{i,t-1} + e_t \quad (7)$$

式中 AV_t 為選擇權實際波動率，可由每日的市場指數報酬的標準差來得到：

$$AV_t = \sqrt{\frac{N}{n_t - 1} \sum_{i=1}^{n_t} [u_i(t) - \frac{1}{n_t} \sum_{j=1}^{n_t} u_j(t)]^2}$$

其中 t 為月份， i 為日期， N 為交易天數， n_t 為 t 月份的交易天數， $u_i(t) = \ln S_i(t) - \ln S_{i-1}(t)$ ， $S_i(t)$ 為台灣加權市場指數在 i 日的收盤價， σ_{t-1} 為 t 月份落後一期的隱含波動率。 $x_{i,t-1}$ 則包含三個解釋變數，分別為落後一期的實際波動率 (AV_{t-1})、選擇權交易量和選擇權的未平倉量。在上式中，若隱含波動率能完全解釋下一期的實際波動率，迴歸係數 α_1 應為 1 且 β 係數的估計值應會接近於零。

接續，利用 Fung (2002) 的訊號提取模型來測試在金融危機期間，選擇權的隱含波動率是否具有警示作用，設定如下：

$$\sigma_t = \gamma_0 + \gamma_1 \sigma_{t-1} + \gamma_2 (AV_{t-1} - \sigma_{t-1}) + \nu t \quad (8)$$

上式假設當期的隱含波動率應與前一期的隱含波動率有關，而如果落後期的實際波動率大於隱含波動率時，投資者應向上修正所預測的隱含波動率來回應；但如果落後期的實際波動率小於隱含波動率時，投資者亦會向下修正，因此 γ_2 的係數估計值應為正。因此若模型能適當解釋隱含波動率，則隱含波動率與其估計值 $\hat{\sigma}_t$ 的差異，將反映出未來波動率的訊息，且訊息並不包含在目前的資訊集中（包含過去的隱含波動率及實際波動率）；其次經由選擇權價格來得到隱含波動率 σ_t 後，再與由前一期隱含波動率和市場波動率估計得到的 $\hat{\sigma}_t$ ，二者的差異除以均方誤來比較，若訊號高於所設定的門檻值，則表示市場出現異常的波動，茲設定如下：

$$\text{訊號值} = \sigma_t - \hat{\sigma}_t / \sqrt{\text{MSE}} > \text{門檻值} \quad (9)$$

其中訊號值 $\sigma_t - \hat{\sigma}_t = \sigma_t - [\gamma_0 + \hat{\gamma}_1 \sigma_{t-1} + \hat{\gamma}_2 (AV_{t-1} - \sigma_{t-1})]$ 為「第 t 期隱含波動率」減去「第 t 期估計的隱含波動率」，表示選擇權第 t 期交易價格得到隱含波動率，減去由第 $t-1$ 期的交易資料來估計得到的第 t 期隱含波動率。

參、實證結果與分析

一、隱含波動率的曲線型態

本文經由台指選擇權的價格來計算出隱含波動率，並依據價性指標與距到期日天數來觀察隱含波動率的型態，探討是否具有微笑的型態。文中依不同的價性指標區分為深度價外、價外、價平、價內、深度價內等情形，同時以 $\pm 2\%$ 來代表價平、 $\pm 10\%$ 為價內及價外、 $\pm 20\%$ 為深度價內及價外，如表 1 所示。距到期日天數則是以交易日距離契約到期日 1 個月（7-35 天）、1 至 3 個月（36-90 天）、3 至 5 個月（91-154 天）以及 5 至 6 個月（155-272 天）來區別。藉此觀察在相同的到期日下，不同價性指標所產生的隱含波動率曲線形狀；或是在相同的價性指標下，到期日變動對隱含波動率的影響。表 2.1 為 2008 年金融海嘯期間之選擇權型態，以買權的價性指標而言，在不同的到期日天數中，多數以價外（ $1.02 \leq X/S < 1.10$ ）的隱含波動率為最低，而最高者為深度價內和極度深度價外，如果考慮到期日的影響，則以最接近到期日的隱含波動率最高，其餘到期日的差異並不明顯。

此外，若觀察期間賣權的型態，各價性指標的結果與買權相近。一般而言，深度價內和非常深度價外的隱含波動率為最高，且以價平的隱含波動率為最低。若使用圖形來表示不同價性指標下的平均隱含波動率，圖 1.1 得到期間的買權呈現些微的微笑形態，由於最低者為價外，故並非為對稱的曲線，圖 1.2 的賣權型態則呈現比買權微笑幅度更大，但較為對稱的曲線，同時隱含波動率亦大於買權，特別是在深度價內的時候差異更明顯，這結果與 Engstrom（2002）針對瑞典選擇權的實證相一致，可能是因為在賣權的交易量通常少於買權，特別是在距離到期日較遠時，故要求較高的風險溢酬。

其次，若觀察表 2.2 歐債期間的隱含波動率型態，在不同距到期日的買權中，以最接近到期日的隱含波動率為最高，特別是在深度價內時，並得到價外的隱含波動率為最低，表示微笑曲線的最低點已轉移至價外部份，同時以接近到期日的情形最為明顯。此外，賣權不論在何種價性指標下，最接近到期日的隱含波動率為最高，產生嘲笑曲線的情形，表示投資人對市場前景並不樂觀。若以圖形表示，由圖 2.1 與 2.2 得到歐債期間買權和賣權的波動率型態，與金融海嘯期間相當類似，但波動率均大於前期，且買權的最低點多數位於價平的部分，也較為對稱。若觀察歐債期間和金融海嘯期間的台灣加權指數每日波動程度，前者為 1.22% 而後者為 1.99%，雖然歐債期間的市場實際波動程度較小，但本文得到選擇權隱含波動率反而較高，可能的原因為歐債期間投資人的恐慌心理仍存在，雖然剛經歷過金融海嘯，但對於金融危機

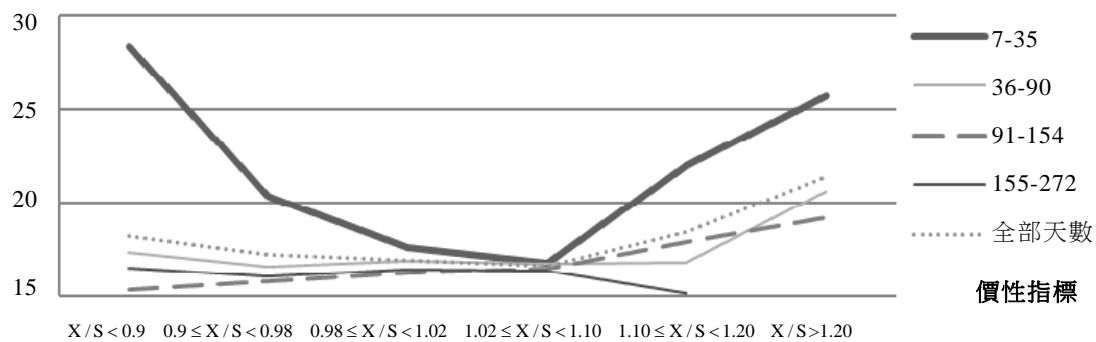


圖 1.1 金融海嘯期間買權平均隱含波動率之曲線

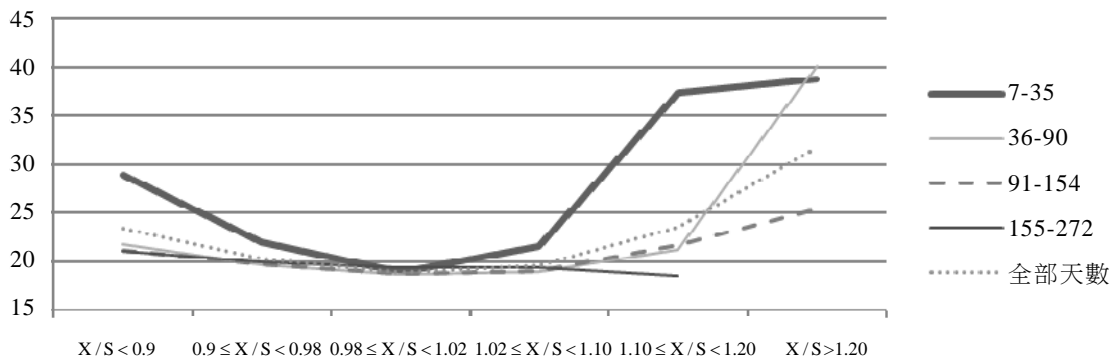


圖 1.2 金融海嘯期間賣權平均隱含波動率之曲線

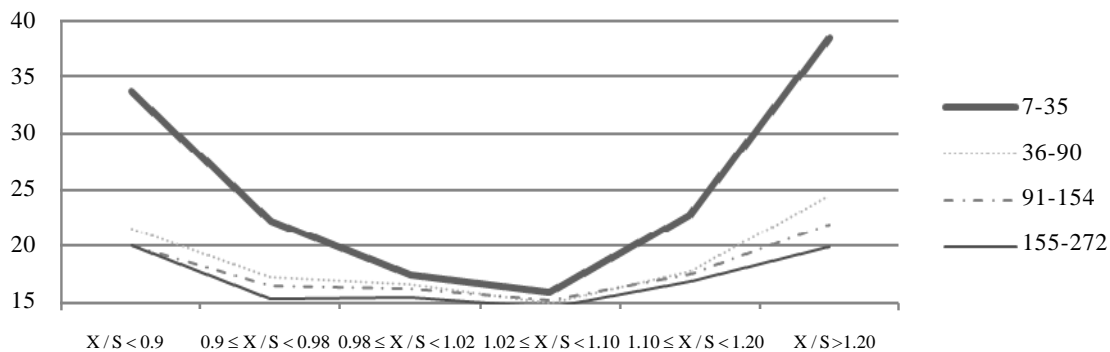


圖 2.1 歐債期間買權平均隱含波動率之曲線

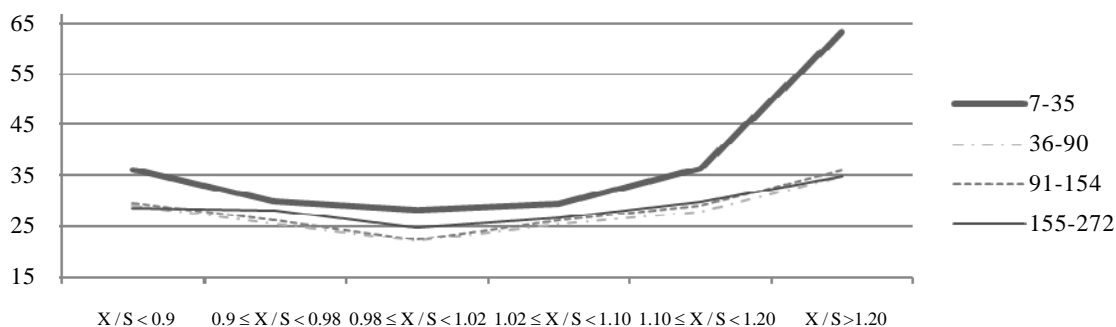


圖 2.2 歐債期間賣權平均隱含波動率之曲線

表 1 選擇權價性指標區間

價性指標區間	買權價性指標狀態	賣權價性指標狀態
價性指標 (X/S)		
$X/S < 0.9$	深度價內	深度價外
$0.9 \leq X/S < 0.98$	價內	價外
$0.98 \leq X/S < 1.02$	價平	價平
$1.02 \leq X/S < 1.10$	價外	價內
$1.10 \leq X/S < 1.20$	深度價外	深度價內
$X/S > 1.20$	極度深度價外	極度深度價內

註：X為履約價格，S為標的股價，X/S表示選擇權的價性指標。

是否已經結束，尚未有定論，投資人擔憂金融危機再次發生，所以恐慌性會高於金融海嘯期間並顯示在選擇權的隱含波動上，且波動程度會大於現貨市場的實際波動。

最後，本文亦探討市場較為穩定的2009年期間，隱含波動率的型態是否有所差異，由表2.3可得到在價性指標下，買權接近到期日的波動率皆為最高，這結果和二次金融危機期間均相同，並且在深度價內或價外時的隱含波動率皆大於價平，而在不同的距到期日天數中，則以價平的隱含波動率為最低。以賣權而言，距離到期日天數最近時的隱含波動率較高，且距離到期日天數越遠時，波動程度會大於買權。經由圖3.1的買權隱含波動率曲線，得到呈現不規則的U型曲線，在價平附近的波動情形並不明顯，並以距到期日天數最近的7-35天的曲線變化最為明顯，故此曲線可能會高估價外和價內程度大的選擇權，並低估在價平的選擇權；同樣地，圖3.2的賣權亦呈現在價平部份時，隱含波動率的變化並不明顯，且賣權在深度價內時的隱含波動率亦大於買權。綜合上述三個樣本期間的結果，得到買賣權的隱含波動率的最

表 2.1 2008 年金融危機期間選擇權之平均隱含波動率

隱含波動率 (%)		買權價性指標					
距到期日天數	X/S < 0.9	0.9 ≤ X/S < 0.98	0.98 ≤ X/S < 1.02	1.02 ≤ X/S < 1.10	1.10 ≤ X/S < 1.20	X/S > 1.20	全部
7-35	28.41	20.34	17.58	16.78	21.99	25.76	19.60
36-90	17.37	16.60	16.90	16.71	16.78	20.64	16.80
91-154	15.30	15.77	16.28	16.49	17.91	19.19	16.27
155-272	16.54	16.04	16.42	16.39	15.13	N/A	16.25
全部天數	18.20	17.22	16.94	16.66	18.44	21.38	18.14
隱含波動率 (%)		賣權價性指標					
距到期日天數	X/S < 0.9	0.9 ≤ X/S < 0.98	0.98 ≤ X/S < 1.02	1.02 ≤ X/S < 1.10	1.10 ≤ X/S < 1.20	X/S > 1.20	全部
7-35	28.93	21.97	18.94	21.53	37.31	38.83	23.87
36-90	21.78	19.74	18.75	19.04	21.30	40.08	20.09
91-154	21.09	19.69	18.72	19.10	21.77	25.35	20.25
155-272	21.13	20.00	19.44	19.39	18.56	N/A	19.98
全部天數	23.42	20.35	18.91	19.65	23.60	31.71	21.00

表 2.2 2010 年歐債危機期間

隱含波動率 (%)		買權價性指標					
距到期日天數	X/S < 0.9	0.9 ≤ X/S < 0.98	0.98 ≤ X/S < 1.02	1.02 ≤ X/S < 1.10	1.10 ≤ X/S < 1.20	X/S > 1.20	全部
7-35	33.73	22.20	17.49	15.86	22.71	38.54	25.09
36-90	21.56	17.21	16.56	14.94	17.81	24.47	18.76
91-154	19.99	16.47	16.27	15.27	17.46	21.97	17.91
155-272	19.97	15.37	15.50	14.58	16.81	19.87	17.02
全部天數	22.01	17.76	16.59	16.93	19.33	26.87	19.92
隱含波動率 (%)		賣權價性指標					
距到期日天數	X/S < 0.9	0.9 ≤ X/S < 0.98	0.98 ≤ X/S < 1.02	1.02 ≤ X/S < 1.10	1.10 ≤ X/S < 1.20	X/S > 1.20	全部
7-35	36.19	29.99	28.25	29.49	36.44	36.22	37.26
36-90	29.09	25.45	22.17	25.61	28.01	34.76	27.52
91-154	29.53	26.35	22.41	26.23	29.16	35.97	28.28
155-272	28.61	28.24	24.94	26.65	29.87	34.74	28.84
全部天數	30.92	26.51	25.63	26.61	29.28	38.28	29.54

表 2.3 2009 年市場穩定期間

隱含波動率 (%)		買權價性指標						
距到期日天數	X/S < 0.9	0.9 ≤ X/S < 0.98	0.98 ≤ X/S < 1.02	1.02 ≤ X/S < 1.10	1.10 ≤ X/S < 1.20	X/S > 1.20	全部	
7-35	41.32	38.10	35.70	36.06	35.53	56.67	40.56	
36-90	32.20	26.03	26.62	26.42	30.15	40.38	30.30	
91-154	38.18	27.90	27.53	26.96	30.82	35.05	31.07	
155-272	35.31	30.22	30.13	30.02	30.81	32.69	31.53	
全部天數	36.75	30.56	30.00	29.87	31.83	41.20	33.37	
隱含波動率 (%)		賣權價性指標						
距到期日天數	X/S < 0.9	0.9 ≤ X/S < 0.98	0.98 ≤ X/S < 1.02	1.02 ≤ X/S < 1.10	1.10 ≤ X/S < 1.20	X/S > 1.20	全部	
7-35	51.96	35.29	33.43	35.35	46.41	88.24	48.44	
36-90	42.04	34.53	33.43	33.28	37.48	68.41	41.53	
91-154	40.55	35.73	34.52	34.23	36.57	40.49	37.02	
155-272	39.82	35.96	34.85	34.56	36.85	41.43	37.25	
全部天數	44.21	35.09	33.78	34.12	39.48	67.09	42.29	

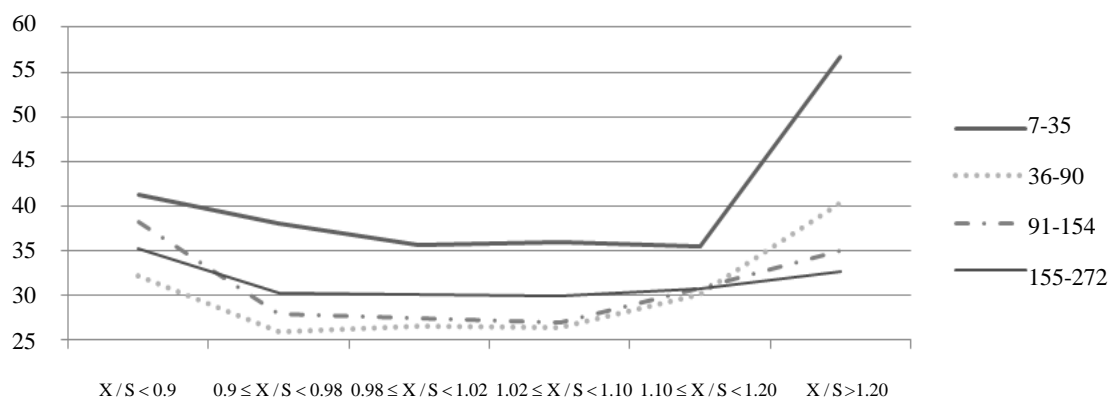


圖3.1 2009年市場穩定期間買權平均隱含波動率之曲線

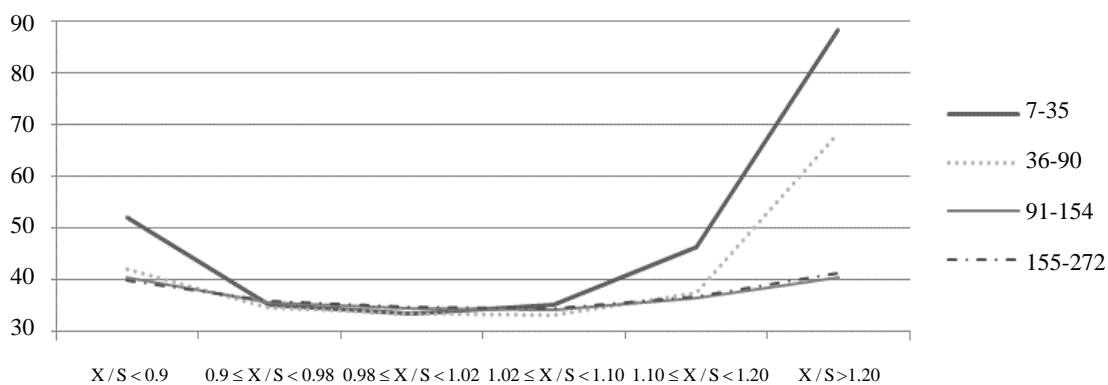


圖 3.2 2009 年市場穩定期間賣權平均隱含波動率之曲線

低點並未在價平附近，未能呈現微笑的型態，同時以最接近到期日的隱含波動率最高；此外，價性指標愈高，選擇權的波動率多數會提高。然而在2009年市場穩定期間，選擇權的波動率大於二次的金融危機期間，且曲線亦較為平坦。所以雖然此期間的指數為穩定向上，但加權指數每日報酬波動程度仍達1.53%，且所得到選擇權隱含波動率亦為最高，其可能的原因如前所述，投資人對於金融危機是否已經結束尚未有定論，所以恐慌性會高於金融危機期間並顯示在選擇權的隱含波動上，且波動程度會大於市場的實際波動。

二、波動率模型的迴歸結果

接續，本文探討是否有適當的模型，可以描述隱含波動率在不同價性指標的變化，文中根據式(2)至(6)設定的波動率模型，檢定何者具有較高的解釋能力。首先在表 3.1 的金融海嘯期間，結果指出在 1% 的顯著水準下，五種模型的係數估計值皆為顯著，表示所使用的變數對於隱含波動率均造成影響。就模型二而言，價性指標對買權的隱含波動率有負向的影響，而衡量曲度的二次式則為正向，可指出買權隱含波動率確實存在開口向上的微笑形態，這結果亦與過去實證結果相同，但模型的解釋能力僅有 25%。在模型三中，若考慮到期天數的影響，與價性指標的結果相同，其斜率為負但曲度為正向，到期天數與價性指標的交互作用則為負向，然而模型的解釋能力僅些微提高（ R^2 由 0.25 到 0.28）。其次，模型四及五為驗證市場上升及下跌時的影響，可得到前者為負但後者為正向的影響，表示當市場上漲時，投資人的疑慮降低，有助於減緩波動程度；同樣地，當市場下跌時，買權的波動因風險提高而增加。最後，在模型六使用標準化的價性指標，得到波動性為正向且二次式為負向的影響，這結果與模型二相同，但解釋能力由 25% 提高至 50%。因此，比較上述模型對隱含波動率的解釋能力，以模型六為最高，但並未能完全捕捉到隱含波動率的型態，這現象與 Rosenberg（2000）相同。

若考慮相同期間賣權的迴歸結果，同樣在 1% 的顯著水準下，係數估計值皆為顯著，且各種模型的解釋能力均高於買權。模型二及三得到價性指標和其平方項，對隱含波動率具有正向的影響，然而這結果並無法支持期間的波動率曲線為微笑型態。此外，在模型四和五中，相較於買權的結果，股價上升對賣權的波動影響較小，下降時則影響較大。同樣地，模型六得到對波動率有正向的影響，且解釋能力亦為最高。

在表 3.2 的歐債危機期間，得到係數的估計值與金融海嘯期間相當接近，但模型的解釋能力相對較高。就模型二和模型三而言，買權並未能充分描述波動率曲線為微笑的型態，因價性指標的係數均為正向，但賣權在這二個模型的描述能力則較佳。此外，若考慮價格上升及下降對隱含波動率的影響，可得到在歐債危機期間，價格上升對買權波動的減幅以及價格下跌對賣權波動的增幅，均小於金融海嘯期間，顯示投資人對市場變動的反應，不若先前的金融危機來得激烈。最後，表 3.3 為 2009 年期間的迴歸結果，相較於二次金融危機期間，得到模型的解釋能力最高，同時價性指標能充分描述隱含波動率為微笑的型態，且價格上升或下降對波動率的影響較為一致。同樣地，模型六在這二個期間的解釋能力均為最佳，且係數估計值亦符合預期。綜合表 3 的三個樣本期間，可得到在六個模型中，以模型六的解釋能力最高，這結果與先前的實證文獻相同。同時在 2009 年市場穩定期間的解釋

表 3 不同隱含波動率模型的迴歸結果

表 3.1 2008 年金融危機期間買權

	$\ln \frac{X}{S}$	$(\ln \frac{X}{S})^2$	$(T-t)$	$(T-t)^2$	$\ln \frac{X}{S}(T-t)$	U	D ²	$(\frac{\ln \frac{X}{S}}{\sigma_{ATM} \sqrt{T-t}})$	$(\frac{\ln \frac{X}{S}}{\sigma_{ATM} \sqrt{T-t}})^2$	R ²
模型二	-3.66*	11.07*								0.25
模型三	-2.68*	10.99*	-0.036*	0.0003*	-0.031*					0.28
模型四						-10.86*	6.20*			0.31
模型五			-0.038*	0.0003*		-11.10*	6.13*			0.33
模型六								-1.65*	11.57*	0.50
2008年金融危機期間賣權										
模型二	1.62*	12.04*								0.38
模型三	3.08*	12.33*	-0.036*	0.0003*	-0.035*					0.42
模型四						-0.606*	15.47*			0.37
模型五			-0.018*	0.0003*		-0.577*	15.63*			0.39
模型六								2.06*	8.88*	0.58

表3.2 2010年歐債危機期間買權

	$\ln \frac{X}{S}$	$(\ln \frac{X}{S})^2$	$(T-t)$	$(T-t)^2$	$\ln \frac{X}{S}(T-t)$	U	D ²	$(\frac{\ln \frac{X}{S}}{\sigma_{ATM} \sqrt{T-t}})$	$(\frac{\ln \frac{X}{S}}{\sigma_{ATM} \sqrt{T-t}})^2$	R ²
模型二	0.291*	3.573*								0.31
模型三	0.953*	3.389*	-0.026*	0.0003*	-0.022*					0.42
模型四						-0.807*	4.05*			0.29
模型五			-0.029*	0.0003*		-0.989*	3.94*			0.39
模型六								-0.154*	7.89*	0.80
2010年歐債危機期間賣權										
模型二	-0.45*	4.15*								0.35
模型三	-1.47*	4.05*	-0.026*	0.0003*	0.033*					0.50
模型四						-2.25*	3.95*			0.38
模型五			-0.031*	0.0003*		-2.15*	4.14*			0.49
模型六								0.047*	7.28*	0.72

表 3.3 2009 年市場穩定期間期間買權

	$\ln \frac{X}{S}$	$(\ln \frac{X}{S})^2$	$(T-t)$	$(T-t)^2$	$\ln \frac{X}{S}(T-t)$	U	D ²	$(\frac{\ln \frac{X}{S}}{\sigma_{ATM} \sqrt{T-t}})$	$(\frac{\ln \frac{X}{S}}{\sigma_{ATM} \sqrt{T-t}})^2$	R ²
模型二	-1.22*	7.438*								0.53
模型三	-0.663*	7.38*	-0.033*	0.0004**	-0.022*					0.59
模型四						-4.21*	5.57*			0.52
模型五			-0.039*	0.0004**		-4.42*	5.45*			0.57
模型六								-0.129*	6.64*	0.64
2009年市場穩定期間賣權										
模型二	-0.22*	4.02*								0.58
模型三	-1.44*	3.95*	-0.023*	0.0003**	0.041*					0.72
模型四						-2.10*	3.95*			0.55
模型五			-0.029*	0.0003**		-2.05*	4.11*			0.64
模型六								0.410*	7.51*	0.80

註：式中 X 為履約價，S 為現貨價格，T-t 表示距到期期間，U 和 D 表示價格上升和下降幅度， $U = \ln \frac{X}{S}$ 若 $\ln \frac{X}{S} < 0$ 且 $U = 0$ 若 $\ln \frac{X}{S} \geq 0$ ， $D = \ln \frac{X}{S}$ 若

$\ln \frac{X}{S} \geq 0$ 且 $D = 0$ 若 $\ln \frac{X}{S} < 0$ ，*和**表示在 10%和 5%信賴水準下為統計顯著。

能力最高，價性指標亦最能夠描述波動性為微笑的特性，支持在市場波動較穩定時，隱含波動率較易呈現微笑的型態。

三、波動率模型的預測能力

為了檢驗上述六個模型對隱含波動率的預測能力，本文使用2006年8月至2008年12月的價格資料，來得到模型的係數估計值，並經由2009年1月至2011年12月選擇權價格資料，檢驗模型的預測誤差。文中分別使用以下二種方法來衡量模型的配適度：

1. 誤差均方根 (Root Mean Squared Error, RMSE)

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{t=T+1}^{T+h} (\hat{y}_t - y_t)^2}{h}}$$

2. 平均絕對誤差 (Mean Absolute Error, MAE)

$$\text{MAE} = \frac{\sum_{t=T+1}^{T+h} |\hat{y}_t - y_t|}{h}$$

其中 \hat{y}_t 為第 t 期的預測值， y_t 為第 t 期的實際值。

表4為不同波動率模型的預測誤差，可得知無論是買權或賣權，模型一的預測能力最佳，可能因為模型採用價平的隱含波動率做為基準，而價平表示履約價格等於標的資產價格，故預測誤差相對較低。此外，模型六的預測誤差為次低，但與模型一的差異並不大，這亦與先前得到模型六解釋能力為最高的結果相同。

接續，文中探討在不同的價性指標與距到期日，模型的預測誤差是否有所改變，由於樣本過於龐大，且因為到期日前兩個近月的交易量最為活躍，因此僅採用這段期間的資料。由表 5.1 與表 5.2 可看出，不論是買權或賣權，在不同的距到期日天數下，在價平時以模型一表現最佳，而在其他的價性指標下，則以模型六的表現較佳，特別是在買權深度價外的預測誤差最低³。因此若採用模型六作為隱含波動率的預測模型，解釋能力相對較佳。

四、隱含波動率的預測能力與訊號提取模型

最後，本文探討台指選擇權隱含波動率對於實際波動率的預測能力，以檢驗在金融危機期間選擇權交易是否能提供預警的功能，文中分別以落後一期的隱含波動率和實際波動

表 4 不同波動率模型下的模型配適度

買權	模型一	模型二	模型三	模型四	模型五	模型六
RMSE	10.46	14.60	14.23	37.72	40.56	10.62
MAE	5.64	9.07	8.86	24.57	25.77	5.98
賣權	模型一	模型二	模型三	模型四	模型五	模型六
RMSE	22.43	26.53	24.62	26.57	26.88	24.18
MAE	11.78	17.64	15.11	16.33	16.95	15.41

註 1：本文使用 2006 年 8 月至 2008 年 12 月選擇權價格資料，來得到模型的係數估計值，經由 2009 年 1 月至 2011 年 12 月資料，使用誤差均方根 (RMSE) 和平均絕對誤差 (MAE) 檢驗模型的配適度。

註 2：式中 $RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=T+1}^{T+h} (\hat{y}_t - y_t)^2}{h}}$ ； $MAE = \frac{\sum_{t=T+1}^{T+h} |\hat{y}_t - y_t|}{h}$ 。

表 5.1 2009 至 2011 年期間買權價格之模型配適度

到期日	價性指標	模型一	模型二	模型三	模型四	模型五	模型六
7-35	X/S < 0.9	25.83	23.61	22.50	27.57	26.08	25.17
	0.9 ≤ X/S < 0.98	14.47	14.05	15.69	37.22	35.74	14.23
	0.98 ≤ X/S < 1.02	5.83	8.64	19.13	52.59	49.76	5.85
	1.02 ≤ X/S < 1.10	7.57	12.41	17.44	28.02	27.33	7.57
	1.10 ≤ X/S < 1.20	4.38	8.52	9.49	4.97	4.25	4.17
	X/S > 1.20	1.15	3.47	3.92	0.91	0.98	0.64
36-90	X/S < 0.9	15.56	20.33	21.41	20.16	23.39	16.18
	0.9 ≤ X/S < 0.98	14.37	16.81	16.44	48.11	55.35	15.21
	0.98 ≤ X/S < 1.02	6.05	11.22	11.15	77.68	87.95	6.15
	1.02 ≤ X/S < 1.10	10.69	18.76	10.69	51.97	58.16	10.47
	1.10 ≤ X/S < 1.20	10.54	20.47	9.99	12.47	14.07	9.78
	X/S > 1.20	4.63	14.53	5.97	4.29	4.17	3.39

率，以及選擇權交易量和未平倉數量，來解釋當期的實際波動率。圖 4 為隱含波動率與實際波動率在樣本期間的變動情形，可看出在 2007 和 2008 年期間，隱含波動均有明顯高於實際波動的情形，且在金融危機發生之前，故值得進一步探討選擇權交易是否能提供預警訊號。若以 Fung (2007) 所使用的模型來測試，由表 6 的實證結果可知，若考慮個別變數的影響，所有係數估計值均為統計顯著，隱含波動率和實際波動率具有正向的影響，而未平倉量和交易量則是有負向影響，但後二者的解釋能力並不高，僅約 20 至 30%。其次，若考慮二種變數，得到模型的解釋能力已有提高，可達到 45% 以上，但並未有二種變數能同時具有顯著，例如考慮隱含波動率和實際波動率，則僅有後者為顯著，而隱含波動率若分

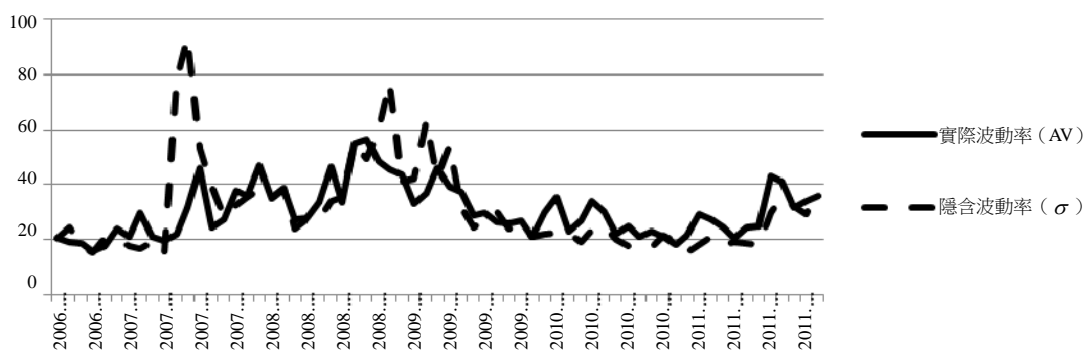


圖 4 樣本期間隱含波動率 (σ) 與實際波動率 (AV) 之變化

表 5.2 2009 至 2011 年期間賣權價格之模型配適度

到期日	價性指標	模型一	模型二	模型三	模型四	模型五	模型六
7-35	$X/S < 0.9$	7.16	8.49	10.23	12.10	12.28	4.90
	$0.9 \leq X/S < 0.98$	10.81	15.74	22.79	15.94	23.29	12.75
	$0.98 \leq X/S < 1.02$	5.30	18.84	30.04	7.58	26.29	18.47
	$1.02 \leq X/S < 1.10$	23.59	23.08	24.83	22.40	25.55	23.48
	$1.10 \leq X/S < 1.20$	42.19	40.34	39.93	40.66	39.72	39.37
	$X/S > 1.20$	35.29	34.02	33.77	34.02	34.25	32.91
36-90	$X/S < 0.9$	15.60	25.10	13.31	32.02	20.41	11.93
	$0.9 \leq X/S < 0.98$	15.63	32.72	15.55	33.85	19.27	25.19
	$0.98 \leq X/S < 1.02$	6.54	29.84	11.03	11.34	22.60	29.12
	$1.02 \leq X/S < 1.10$	25.85	29.02	26.24	24.20	34.42	31.24
	$1.10 \leq X/S < 1.20$	47.63	44.58	45.72	44.76	48.36	44.13
	$X/S > 1.20$	48.78	47.02	52.43	48.40	47.25	46.81

註：本文使用 2006 年 8 月至 2008 年 12 月選擇權價格資料，來得到模型的係數估計值，經由 2009 年 1 月至 2011 年 12 月的資料，利用誤差均方根 (RMSE) 檢驗模型的配適度，並考量不同的到期日和價性指標。

別納入未平倉量和交易量，則後二者的係數估計值未能顯著。此外，若考慮所有的解釋變數，僅有實際波動率的係數估計值為顯著，但模型的解釋能力為最高，且預測誤差亦為最低。

接續，文中以訊號提取模型來測試隱含波動率是否具有警示作用，首先求出當月的平均隱含波動率 σ_t ，再經由模型得到估計值 $\hat{\sigma}_t$ ，兩者分別除以均方誤，並以 1 做為門檻值。門檻值設定為 1 係根據 Fung (2007) 的設定，其理由為若二者的差距大於一個標準差以上，

表 6 隱含波動率的預測能力

解釋變數							
α_0	$\log \sigma_{t-1}$	$\log AV_{t-1}$	$\log OI_{t-1}$	$\log VOL_{t-1}$	F-stat	R^2	RMSE
-0.78*** (0.14)	0.70*** (0.10)				45.98***	0.41	0.36
-0.48** (0.15)		0.71*** (0.08)			63.18***	0.49	0.33
3.24** (0.95)			-0.52*** (0.11)		26.73***	0.29	0.40
3.55* (1.29)				-0.55** (0.13)	16.54**	0.19	0.42
-0.41** (0.15)	0.33 (0.12)	0.49*** (0.11)			37.97***	0.53	0.32
1.35 (0.93)	0.54*** (0.12)		-0.24 (0.17)		27.23***	0.45	0.35
1.32 (1.16)	0.60*** (0.11)			-0.23 (0.12)	25.52***	0.43	0.35
-0.69 (1.23)	0.31 (0.13)	0.49*** (0.14)	-0.10 (0.16)	0.13 (0.19)	18.66***	0.52	0.32

註： α_0 為截距項， σ_{t-1} 為落後一期的選擇權隱含波動率， AV_{t-1} 為落後一期選擇權實際波動率， OI_{t-1} 和 VOL_{t-1} 分別表示選擇權落後一期的未平倉量和交易量，*、**和*** 分別表示在 10%、5%和 1%信賴水準下為統計顯著。

表示本期的本期選擇權價格所隱含的波動程度較高；換言之，選擇權交易具有較佳的訊息內涵，可用來預測未來的波動水準。茲將迴歸結果列於表7，警示訊號與極值波動率的結果列於表8。由表7得到使用隱含波動率以及隱含與實際波動率的差異，對於估計下一期的波動率，其解釋能力高於單純使用隱含波動率或實際波動率，同時 γ_2 的估計值為正向且顯著，表示當落後期的實際波動率大於隱含波動率時，投資者會向上修正或預測隱含波動率來回應，這結果符合本文的預期。表8顯示在65個月的樣本期間， σ_t 與 $\hat{\sigma}_t$ 除以均方誤之差異，其超過門檻值1的警示訊號共有40個，本文並設定高於35%以上的為異常波動率。4由表8可看出在金融海嘯發生的上半年有較多的警示訊號，而歐債危機則是在2009年底、2010年初與2011年底的警示訊號較多，而異常的波動率方面則是分佈在2007年底、2008年7月、2008年9月、2009年3月、2010年2月、2011年8月、2011年9月和2011年12月，可以看出在2008年9月前的金融海嘯發生前，實際波動率已出現異常波動，表示具有預警的訊息，在2010年的歐債危機發生時則是只有出現一個異常波動。整體而言，訊號提取模型顯示台股選擇權在次級房貸金融危機期間具有良好的預警訊號，而歐債危機期間的警示效果則較為微弱。

表 7 決定隱含波動率的迴歸結果

解釋變數						
γ_0	$\log \sigma_{t-1}$	$\log AV_{t-1}$	$\log AV_{t-1} - \log \sigma_{t-1}$	F-stat	R^2	RMSE
-0.31** (0.13)	0.74*** (0.08)			45.98***	0.5497	0.29
-0.35 (0.16)		0.54*** (0.09)		63.18***	0.3378	0.36
-0.21 (0.13)	0.77*** (0.08)		0.13 (0.10)	26.73***	0.55	0.29

註： σ_{t-1} 為落後一期的隱含波動率， AV_{t-1} 為落後一期的實際波動率， γ_0 為截距項，**和*** 分別表示在 5%和 1%信賴水準下為統計顯著。

表 8 警示訊號與極值波動率的結果

日期	σ_t (%)	AV_t (%)	$\ln \sigma_t - \ln \hat{\sigma}_t / \sqrt{MSE}$	日期	σ_t (%)	AV_t (%)	$\ln \sigma_t - \ln \hat{\sigma}_t / \sqrt{MSE}$
200609	24.41	19.16	1.5265	201002	22.39	35.35	1.3102
200611	15.16	15.81	1.2954	201003	22.36	22.81	1.2504
200612	20.22	17.66	1.8664	201004	18.81	26.66	1.0798
200701	19.85	23.62	1.3187	201005	23.42	33.64	1.6172
200702	17.73	20.7	1.2412	201006	24.81	29.88	1.2715
200703	16.73	29.56	1.3894	201008	17.67	24.69	1.2485
200704	18.94	20.93	1.6193	201009	17.48	20.93	1.4392
200705	14.79	19.66	1.1451	201010	17.32	23.03	1.4498
200706	78.04	22.05	3.2615	201011	21.59	20.75	1.6876
200711	32.26	37.89	1.2062	201012	18.78	17.81	1.1426
200712	35.24	35.95	1.0349	201101	15.14	21.54	1.1833
200805	27.23	27.52	1.3409	201102	18.22	28.99	1.7653
200806	27.04	33.31	1.0816	201103	20.99	26.94	1.5655
200807	34.09	46.56	1.3256	201104	18.17	24.19	1.1617
200809	55.21	54.83	1.3115	201105	19.11	20.55	1.4773
200903	63.35	36.73	1.1271	201106	18.51	24.38	1.3516
200908	27.45	29.78	1.2852	201107	18.22	24.52	1.3845
200909	30.19	26.14	1.2069	201108	29.61	43.15	1.9321
200911	25.12	26.82	1.2329	201109	35.27	41.13	1.1932
201001	21.69	29.71	1.3419	201112	38.74	35.86	1.3354

註： σ_t 為平均隱含波動率， AV_t 為實際波動率， $\hat{\sigma}_t$ 表示估計的隱含波動率， \sqrt{MSE} 為使用所有解釋變數迴歸結果之均方誤。

肆、結論與建議

本文以 2007 年 8 月至 2011 年 12 月的台指選擇權為研究對象，利用選擇權之成交價格資料來推導隱含波動率，使用隱含波動率與價性指標的關係，來描繪波動率曲線，以探討價性指標和到期日對隱含波動率的解釋能力。此外，文中檢視隱含波動率對於實際波動率的預測能力，以及在異常波動率的警示作用。本文的主要實證結果如下：

1. 隱含波動率在接近到期日時，其波動程度會上升，微笑曲線也更明顯。
2. 隱含波動率並非為對稱的微笑曲線。
3. 在金融海嘯期間的隱含波動率只有些微呈現微笑的形態，然而歐債危機期間的波動率微笑曲線相當明顯，表示歐債危機的波動程度高於金融海嘯期間。
4. 有關對隱含波動率的預測模型中，以考慮價性指標並經由價平隱含波動率和到期日來標準化的模型，有最佳的模型配適度，但並無法使用價性指標來完整解釋隱含波動率的變化。
5. 在訊號提取模型中，顯示出台指選擇權在金融海嘯期間產生預警訊號，表示選擇權市場的交易資訊，在當時的市場反應較為完整。

本文希望能對選市場的波動結構做最正確的描述，由本文實證結果可知，隱含波動率越接近到期日的波動率會上升，微笑曲線的現象也更加明顯，如同 Engstrom (2002) 指出隱含波動率的曲度，會隨著接近到期日更加明顯。故在探討選擇權定價理論時，必須同時考慮市場存在微笑效應，且在深度價外和深度價內時會更為明顯，對於投資人在期貨與選擇權市場進行投資或套利，此現象所帶來的影響不容忽視。此外，在經歷金融海嘯的危機後，投資人的恐慌心理因而擴大，隱含波動率在危機結束後的 2009 年期間為最高，雖然在此期間全球市場並未再發生大規模金融危機。因此，本文使用不同的動態波動模型來檢驗隱含波動的型態，以及探討對隱含波動率對金融危機的預警功能，這結果能幫助投資人了解選擇權波動率的動態過程和相關模型的解釋能力，以及投資人在二次金融危機期間的情緒反應，亦能提供適當的描述。然而在本文中未考慮到台指現貨與期貨的差別，以及結算價與收盤價的差別，因此未來研究建議考慮這些因素。

註釋

1. 有關 2008 年的全球金融危機，本文以 2007 年 8 月北岩銀行因次級房貸風暴造成的流動性問題的起點，歐債危機則以 2010 年 1 月開始的希臘債務出現違約風險做為起點，由於 2009 年之間並未發生重大信用事件且全球股市均大幅反彈，文中將此期間定義為平常期間。這三個期間的台灣加權指數日報酬分別為-0.17%、0.24%和-0.02%，顯示在 2009 年期間，市場持續向上且投資人的信心逐漸恢復。
2. 到期效應即在距離到期日之前，投資人會面臨結算部位的壓力而產生轉倉的現象，將最靠近到期日的月份合約平倉，並在下一個近月開立與原來的月份相同規格的合約，而造成隱含波動率的異常波動，林世釗（2003）指出臺灣股價指數期貨在到期日當日及之前均產生顯著到期效應。
3. 表 5 以誤差均方根（RMSE）做為基礎，使用平均絕對誤差（MAE）的結果相同，故文中省略。
4. 本文使用 Fung（2007）的模型來探討選擇權的異常波動，Fung（2007）指出異常波動的定義均為任意，本文觀察圖 4 之市場實際波動的走勢，發現若波動大於 35%，其波動幅度在樣本期間已經屬於異常，故設定為 35%。

參考文獻

一、中文部分

1. 林世釗(2003)，台灣股價指數現貨、期貨及摩根台灣股價指數期貨到期效應之研究，台北大學企業管理學研究所未出版碩士論文。
2. 莊益源、張鐘霖、王祝三(2003)，波動率模型預測能力的比較—以台指選擇權為例，台灣金融財務季刊，4(2)，41-63。
3. 許美滿、鍾惠民(2009)，無模型設定隱含波動性模型預測績效—台指選擇權市場實證，期貨與選擇權學刊，2(1)，33-59。

4. 郭維裕、陳威光、陳鴻隆、林信助(2009)，動態隱含波動度模型：以台指選擇權為例，期貨與選擇權學刊，2(2)，47-89。

二、英文部分

1. Bates, D. S. (1991). The crash of '87: Was it expected? The evidence from options markets. Journal of Finance, 46, 1009-1044.
2. Black, F., & Scholes, M. (1973). The pricing of options and corporate liabilities. Journal of Political Economy, 81, 637-659.
3. Bollerslev, T., Chou, R. Y., & Kroner, K. F. (1992). ARCH modelling in finance: A review of theory and empirical evidence. Journal of Econometrics, 52, 5-59.
4. Canina, L., & Figlewski, S. (1993). The informational content of implied volatility. Review of Financial Studies, 6, 659-681.
5. Christensen, B. J., & Prabhala, N. R. (1998). The relation between implied and realized volatility. Journal of Financial Economics, 50, 125-150.
6. Corrado, C. J., & Miller, T. W. (2003). The Forecast Quality of CBOE Implied Volatility Indexes (Working Paper). University of Auckland and Washington, unpublished paper.
7. Dumas, B., Fleming, J., & Whaley, R. (1998). Implied volatility functions: Empirical tests. Journal of Finance, 53, 2059-2106.
8. Engstrom, M. (2002). Do Swedes smile? On implied volatility functions. Journal of Multinational Financial Management, 12, 285-304.
9. Fleming, J. (1998). The quality of market volatility forecast implied by S&P 100 index options prices. Journal of Empirical Finance, 5, 317-345.
10. Fung, J. K. W. (2007). The information content of option implied volatility surrounding the 1997 Hong Kong stock market crash. Journal of Futures Markets, 27, 555-574.
11. Heston, S., & Nandi, S. (2000). A closed-form GARCH option valuation model. Review of Financial Studies, 13, 585-625.

12. Jorion, P. (1995). Predicting volatility in the foreign exchange market. Journal of Finance, 50, 507-528.
13. MacBeth, J., Merville, L. (1979). An empirical examination of the Black-Scholes call option pricing model. Journal of Finance, 34, 1173-1186.
14. Pena, I., Rubio, G., & Serna, G. (1999). Why do we smile? On the determinants of the implied volatility function. Journal of Banking Finance, 23, 1151-1179.
15. Poteshman, A. (2000). Forecasting Future Volatility from Option Prices. Working paper, university of Illinois at Urbana-Champaign.
16. Rosenberg, J. (2000). Implied volatility functions: A reprise. Journal of Derivatives, 7, 51-64.
17. Rubinstein, M. (1985). Nonparametric tests of alternative option pricing models using all reported trades and quotes on the 30 most active CBOE option classes from 23 August, 1976 through 31 August, 1978. Journal of Finance, 40, 455-480.
18. Rubinstein, M. (1994). Implied binomial trees. Journal of Finance, 49, 771-818.
19. Schwert, G. W. (1990). Stock market volatility and the crash of '87. Review of Financial Studies, 3, 77-102.
20. Vagnani, G. (2009). The Black-Scholes model as a determinant of the implied volatility smile: A simulation study. Journal of Economic Behavior and Organization, 72, 103-118.

104年01月27日收稿

104年03月04日初審

104年07月28日複審

104年10月19日接受

作者介紹

Author's Introduction

姓名 王銘杰
Name Ming-Chieh Wang
服務單位 國立暨南國際大學國際企業系副教授
Department Associate Professor, Department of International Business Studies, National Chi Nan University
聯絡地址 南投縣埔里鎮大學路 1 號
Address No.1, Daxue Rd., Puli Township, Nantou County, Taiwan
E-mail mcwang@ncnu.edu.tw
專長 國際財務管理，衍生性金融商品
Speciality International Financial Management, Financial Derivative

姓名 吳伶儀
Name Ling-Yi Wu
服務單位 國立暨南國際大學創新育成中心專任助理
Department Project Assistant, Department of International Business Studies, National Chi Nan University
聯絡地址 南投縣埔里鎮大學路 1 號
Address No.1, Daxue Rd., Puli Township, Nantou County, Taiwan
E-mail s99212522@mail1.ncnu.edu.tw
專長 國際財務管理，衍生性金融商品
Speciality International Financial Management, Financial Derivative