

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 波動度選擇權的隱含波動度 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型  
計畫編號：NSC 100-2410-H-004-031-  
執行期間：100年08月01日至101年07月31日  
執行單位：國立政治大學金融系

計畫主持人：陳威光

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：藍婉如  
碩士班研究生-兼任助理人員：曹君龍

公開資訊：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，2年後可公開查詢

中華民國 101 年 12 月 17 日

中文摘要： 本文採用 2006 年 2 月 24 日至 2010 年 6 月 30 日 CBOE 的 VIX 選擇權資料，套入 Whaley (1993) 的波動度選擇權模型，計算出 VIX 選擇權的隱含波動度。本文發現 VIX 選擇權的隱含波動度具有以下特性：(1) 隱含波動度隨著履約價格的提高而上升，故其笑狀波幅大致呈現由左下往右上的型態，與一般股價選擇權的笑狀波幅剛好相反；(2) 愈長期的合約的隱含波動度愈低；(3) 到期日越短，笑狀波幅越陡峭，即價內和價外選擇權的隱含波動度的差距加大；(4) VIX 指數和 VIX 的隱含波動度具有正向的不對稱關係，即 VIX 的上漲將使 VIX 波動度上升，且其上升的幅度大於 VIX 下跌使 VIX 波動度下降的幅度。此外，本文也發現在 VIX 選擇權價格中，到期時間扮演著相當重要的角色。不論是從樣本內的配適度或是從評價結果來看，加入到到期時間因子後，評價誤差都有大幅的降低。

中文關鍵詞： 波動度選擇權，隱含波動度，笑狀波幅。

英文摘要： This paper uses Whaley (1993) volatility option model and Black(1976) futures option model to compute and analyze the implied volatilities from VIX options traded in CBOE. We find four characters in these implied volatilities of VIX options: 1) the higher the strike price, the higher the implied volatility; 2) the shorter the maturity, the higher the implied volatility; 3) the shorter the maturity, the steeper the shape of the implied volatility curve; 4) the change in implied volatility is larger when VIX increases comparing to those when VIX decreases. Besides, this paper finds that maturity is a key factor that has an important impact on the option prices.

英文關鍵詞： VIX options, Implied volatilities, Volatility smile.

# 波動度選擇權的隱含波動度

## 1. 前言

芝加哥選擇權交易所（CBOE）於2003年9月推出與S&P500股價指數選擇權有關的波動度指數（VIX），用來估計未來30天S&P500股價指數的波動度。一年後的3月26日，CBOE推出了波動度指數期貨(VIX futures)，接著又於2006年2月24日推出了波動度指數選擇權(VIX options)。VIX期貨和VIX選擇權可以作為規避波動度風險的商品。此外，由於波動度和資產報酬呈現負相關的特性，波動度商品也可以加入投資組合，分散風險並提昇效率前緣。因此VIX選擇權和VIX期貨在金融市場上日益重要，不論在學術界及實務界都很重視這個議題。2010年VIX選擇權在CBOE平均每日交易量已達到25萬口，VIX期貨在CFE每天也有超過1萬7千口的交易。也因此，波動度選擇權的正確評價更顯重要。

雖然利用VIX選擇權可以規避波動度以及投資組合的風險，然而交易VIX選擇權和交易一般現貨選擇權面臨相同的風險：即波動度風險，在此即是波動度的波動度風險。Black-Sholes公式假設同一標的的選擇權波動度皆相同，且不隨時間改變。但實際上許多文獻也指出由市價反推而得的隱含波動度可以發現，不同履約價格的隱含波動度也不同，亦即有笑狀波幅（volatility smile）的現象。甚至隨著時間經過，每天的隱含波動度也都在變化。因此，選擇權交易者除了像現貨交易者一樣承受標的資產價格漲跌之風險，須額外承受的最主要風險便是波動度風險。而交易VIX選擇權也是如此，因此選擇權的笑狀波幅的研究也特別重要。

對股票及股價指數等選擇權而言，一般情況，履約價格愈低，隱含波動度愈大，這種由左上往右下斜的曲線就是一般所稱的笑狀波幅。而原油及農產品選擇權的笑狀波幅則相反，是由右上到左下形成的笑狀波幅曲線，也就是履約價愈高，其隱含波動度愈大。而對外匯選擇權而言，價平的隱含波動度最小，價外和價內較大，而形成兩邊向上，類似V字型的情形，成為名符其實的笑狀波幅。

形成這三種不同笑狀波幅的主要原因可能是：對股票而言，大跌的機率比模型預期的大，大跌時價外賣權可獲利，所以價外賣權（履約價格較低）相對比較貴，而對應的價內買權也比較貴。反之，原油及農產品，因為戰爭或歉收而使價格突然上漲的機率較常態分配來得大，因此價外買權（履約價格較高）的價格就會比較貴。而外匯選擇權因為匯率劇升或劇貶的機率都大於常態分配的預測，所以價外的買權和價外賣權都比較貴，因此出現兩邊高的現象。另外，笑狀波幅的一個特點是，愈近到期時，或波動愈大時笑狀波幅的斜度愈陡，也就是價內價平的波動度差距會加大。至於VIX選擇權，由於股價的下跌往往伴隨著VIX的上升，譬如2008金融海嘯期間股價大跌，CBOE VIX指數曾經從一般的20多上漲到80左右，因此我們推測VIX大漲的機率較一般常態模型的預期大，波幅的形狀應該類似商品市場，呈現左低右高的情形。

## 2.研究目的

本研究將採用 CBOE VIX 選擇權的市價資料，根據 Whaley (1993)對波動度選擇權的評價，利用 Black (1976)的期貨選擇權模型來評價波動度選擇權，探討 VIX 選擇權的笑狀波幅。此外也將比較不同的隱含波動度函數的預測能力。以 VIX 選擇權市價透過 Black (1976)期貨選擇權公式反推求得 VIX 選擇權隱含波動度，建構並觀察其期間結構（term structure）的形狀。同時，觀察若將隱含波動度表達成價內外程度（moneyness）的函數，其曲線是否具有笑狀波幅，笑狀波幅是否呈現左低右高的情形。以及其笑狀波幅與到期時間之間的關係。本文將分別使用參數法及半參數法，比較數種不同的 DVF(deterministic volatility function) model 在 VIX 選擇權隱含波動度上的配適度和預測能力。

## 3.文獻探討

Campa、Chang 和 Reider(1998) 針對OTC市場的外匯選擇權的市場價格資料，分別使用cubic spline、隱含二元樹（implied binomial tree）、和混合對數常態分配（mixture of lognormal distribution）三種不同的方法畫出匯率的風險中立機率密度函

數。作者發現在不同的方法下，得出的機率密度函數皆很相似，且都與Black-Sholes model假設的對數常態分配有明顯的差別。同時，作者由機率密度函數的偏態係數來判斷市場上對未來匯率走向的預期。此外，他們也比較相同價外程度的買權與賣權的價格，作為另一種衡量偏態係數的方式。作者發現機率密度函數的偏態係數和即期匯率具有正相關關係，因此愈強勢的貨幣有愈大的可能性繼續升值。

一般來說，建構隱含波動度平面的方法主要有兩種：一為參數法（parametric method），一為無母數法（non-parametric method）。這兩種方法在建構波動度平面時各有其缺點：參數法建構出來的平面，對於所有的到期時間，其微笑波幅的形狀皆相同，與現實中觀察到不同形狀的波幅情況不符；而無母數法則會建構出理論上不合理的平面。Borovkova和Permana（2009）介紹了一種「半參數」（semi-parametric）的方法來建構「隱含波動度平面」（implied volatility surface）。半參數法同時具有參數法的簡易性和無母數法的彈性，不會像無母數法建構出不合理的平面，因此配適度和預測能力則勝過參數法，所以當某個市場的選擇權交易量稀少時，我們要評估這個選擇權的波動度，進而計算其價格，使用半參數法會有較好的表現。

Lin（2007）在標準普爾 500（S&P 500）指數價格的動態中，分別加入隨機波動度和狀態相依（state-dependent）的跳躍（jump）過程，並依此推導波動度指數期貨（VIX futures）價格的封閉解，並且從樣本外評價和避險的角度來衡量各個動態過程推導出的封閉解的優劣。結果發現價格和波動度的跳躍過程對 VIX 期貨的評價很重要。包含價格跳躍以及隨機波動度的模型，在短天期 VIX 期貨的表現較佳，若再放入狀態相依的波動度跳躍過程，則可進一步地減少在中、長期 VIX 期貨的預測誤差。而在避險的表現上，若每星期調整一次避險部位，則包含狀態相依波動度跳躍的模型在短天期的避險表現最好；然而若是每天調整部位，波動度跳躍便無法提升避險表現。

Lin（2009）使用 Heston model 描 VIX 期貨價格的動態，然後分別將價格的跳躍、隨機波動度、和波動度的跳躍納入價格動態，接著透過求解偏微分方程（partial differential equation）來得到 VIX 選擇權的封閉解。作者比較不同價格動態下所導

出的 VIX 選擇權封閉解，發現加入價格的跳躍和波動度的跳躍有助於增加封閉解的準確度。在樣本外預測上，加入價格的跳躍和波動度的跳躍可以分別提升 Heston model 在預測短、長期波動度指數選擇權價格的表現。但大致上並沒有一個模型明顯勝過其他所有模型，而是在不同的衡量準則上各有勝負，並且四種模型價格均與市場價格差異甚大。

Wang and Daigler (2010) 針對 Whaley (1993)、Carr and Lee (2007) 以及 Lin and Chang (2009) 三篇文章當中的 VIX 選擇權模型比較了評價的表現，結果發現並沒有何者的模型在各種類型的選擇權評價表現都勝過他者。但是作者認為 Whaley (1993) 的模型就整體來說是比較好的評價工具。很重要的一點是，Whaley (1993) 的模型勝過 Lin and Chang (2009) 導入複雜的隨機波動度以及跳躍過程的模型，作者也認為交易者通常是利用 Whaley 等其他類似 Black 的簡單選擇權定價模型來評價 VIX 選擇權，而非太過複雜的模型。此外，由 Whaley 模型產生的評價誤差的型態，與使用 Black-Sholes 模型評價標準普爾 500 指數選擇權 (SPX) 產生的評價誤差型態不同，這說明了 VIX 選擇權的波動度平面 (implied volatility surface) 和標準普爾 500 指數選擇權的波動度平面是不同的。

Dumas、Fleming、和 Whaley (1998)，比較了四種不同的 DVF model 的預測能力和避險表現。結果發現「節約參數模型」(Parsimonious Model) 不論是在樣本的配適度和預測誤差上表現都較好。其中加入到期時間因子的模型，在預測上表現得特別差，代表到期時間因子是導致模型誤差的主因。此外，由 Black-Sholes model 得到的避險比率也比 DVF model 得出的較為可靠，因此，愈簡單的模型反而會有較好的表現。Rosenberg (2000) 針對 Dumas et al. (1998) 的研究，提出了新的動態隱含波動度函數 (Dynamic Implied Volatility Function, DIVF)，針對隱含波動度函數的係數往往隨時間變化劇烈的問題提出了改善的方法。作者將隱含波動度函數分為兩部分：一為會隨時間經過而變動的價平隱含波動度，另一部份則為不隨時間變動的相對波動度，而由兩者結合推得預測結果。結果顯示動態隱含波動度函數能夠有效地提升對於 S&P500 選擇權的預測表現，降低預測誤差。

#### 4.研究方法與資料

本研究的資料期間為 2006 年 2 月 24 日至 2010 年 6 月 30 日，分別自 CBOE 和 CFE (Chicago Futures Exchange) 取得 VIX 指數、VIX 選擇權和 VIX 期貨的資料；從美國財政部 (U.S Department of the Treasury) 取得 30 天、90 天、180 天、以及 360 天的美國國庫券 (T-bill) 的利率作為無風險利率，再以內插而得相對應到期天數的無風險利率。例如若 30 天期和 90 天期的利率分別為 1% 和 1.2%，則尚有 60 天到期的選擇權合約利率即設為 1.1%。為確保資料的可用性 本文並以下列的條件進行資料篩選：

- (1) 捨去選擇權價格不符合價格上下界者，即對於 VIX 買權要符合：

$$\max\{0, \exp(-r\tau_c)[F_t^{VIX}(T) - K]\} \leq C(t, \tau_c) \leq \exp(-r\tau_c)F_t^{VIX}(T) \quad (\text{公式 1})$$

對於 VIX 賣權：

$$\max\{0, \exp(-r\tau_c)[K - F_t^{VIX}(T)]\} \leq P(t, \tau_c) \leq \exp(-r\tau_c)K \quad (\text{公式 2})$$

- (2) 由於 VIX 選擇權最小的交易單位為 \$ 0.05，為了避免交易價格不連續造成的影響，故捨去選擇權價格 < \$ 0.1 的合約；
- (3) 捨去隱含波動度 > 200% 的合約；
- (4) 選擇權到期前的波動度往往變化劇烈，故捨去到期天數小於 7 天的資料；
- (5) 捨去過度價外的的合約，買權門檻為  $K/F < 0.7$ ，而賣權門檻為  $F/K < 0.7$ 。

在計算隱含波動度時，各參數的計算方式分別如下：

**標的價格：**與各選擇權到期月份相同的 VIX 期貨價格。

**利率：**以美國國庫券(T-bill)的利率內插而得，例如若 30 天期和 60 天期的利率分別為 1% 和 1.2%，則尚有 45 天到期的選擇權合約利率即設為 1.1%。

**到期天數：**以到期日至交易日之間的實際天數 (calendar day) 計算。

**選擇權價格：**採最後一筆 bid 和 ask 價格的平均。

共有 239,355 筆合約，經過以上條件的篩選，剩下 160,033 筆合約，大約為原本的將近 67%。

## 1. 隱含波動度之計算

VIX 選擇權的標的資產是 VIX，但是由於 VIX 指數本身並沒有交易，因此如同台指選擇權，影響 VIX 選擇權價格的真正標的是 VIX 期貨。也因為 VIX 期貨的價格變化和到期前的波動度勢必會影響 VIX 選擇權的價格，所以我們使用 Black (1976) 的期貨選擇權公式來求解隱含波動度。

Black 之期貨選擇權公式：

$$C = e^{-rT} [FN(d_1) - KN(d_2)]$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{F}{K}\right) + \frac{1}{2}\sigma^2 T}{\sigma\sqrt{T}} \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} \quad (\text{公式 3})$$

至於隱含波動度則以數值方法如牛頓法求得。

## 2. 隱含波動度函數

我們將分別測試以下的方法和模型在預測波動度上的效果：

### (1) 參數法：

本文採用 Dumas (1998) 的模型。以到期時間和價內外程度 (moneyness) 的二次函數來建構波動度平面。價內外程度的定義如下：

$$MN = \frac{\log(F(t,T)/E)}{\sqrt{T}} \quad (\text{公式 6})$$

$E$  為屢約價格， $F(t,T)$  表示到期日  $T$  的期貨在目前時間點  $t$  的價格。

然後以下列各波動度函數來建構波動度平面：

$$(1.1) \quad \sigma = a_0 + \varepsilon \quad (\text{公式 7})$$

$$(1.2) \quad \sigma = a_0 + a_1 MN + a_2 MN^2 + \varepsilon \quad (\text{公式 8})$$

$$(1.3) \quad \sigma = a_0 + a_1 MN + a_2 MN^2 + a_3 T + a_5 MN \times T + \varepsilon \quad (\text{公式 9})$$

$$(1.4) \quad \sigma = a_0 + a_1 MN + a_2 MN^2 + a_3 T + a_4 T^2 + a_5 MN \times T + \varepsilon \quad (\text{公式 10})$$



$\sigma$  是隱含波動度， $T$  為到期時間，透過最小平方法（OLS）求得各係數。

(2). 半參數法：

與參數法相比，半參數法並非將所有的資料同時拿來跑迴歸，而是針對不同的到期期間資料分別跑迴歸，即：

$$\sigma_T = a_{0,T} + a_{1,T}MN + a_{2,T}MN^2 + \varepsilon_T \quad (\text{公式 11})$$

當中的係數  $a_{0,T}$ 、 $a_{1,T}$ 、 $a_{2,T}$  可以使用最小平方法或加權最小平方法求得。當我們配適完所有到期日的波動度函數，利用 **bi-cubic spline interpolation** 來建構出波動度平面。詳細的過程如下：

(a) 配適波動度函數

不論是使用最小平方法或是加權最小平方法來配適波動度函數的係數，我們都是要最小化殘差項的平方，即：

$$\min S = \sum_{i=1}^n w_i \left( \hat{\sigma}_i - \sigma_i \right)^2$$

當所有的  $w_i$  皆相同即為一般的最小平方法。權數的配置有兩種方式，流動性權重是根據未平倉量的比例給予權重；常態權重是先計算各合約履約價格  $E_i$  與價平履約價  $E^*$  的差距  $d_i = E_i - E^*$ ，之後計算  $d_i$ 's 的標準差  $s$ ，則權重  $w_i = \phi_s(d_i) \cdot \phi_s(\bullet)$  為平均數 0，標準差  $s$  的常態分配機率密度函數。

(b) 建構波動度平面

利用二維的內插法，波動度平面將以以下的內插函數形成：

$$p(x, y) = \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^3 c_{i,j} t^i u^j$$

$$p_x(x, y) = \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^3 i c_{i,j} t^{i-1} u^j$$

$$p_y(x, y) = \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^3 j c_{i,j} t^i u^{j-1}$$

$$p_{xy}(x, y) = \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^3 ij c_{i,j} t^{i-1} u^{j-1}$$

$c_{i,j}$  為常數， $t$  和  $u$  則為介於 0 到 1 之間的參數。

## 5.實證結果

本文發現不論是從價內外程度或是到期時間來看，VIX 選擇權的隱含波動度確實都呈現有微笑波幅的情況(如表 3)。就均值來看，隱含波動度在價內外程度大於-0.4 的範圍都呈現隨價內外程度的增加而上升，也就是 skew 的情形，唯有部分天期的隱含波動度在價內外程度小於-0.4 時彈起而呈現 smile 的情形。另外，我們也觀察到隱含波動度隨著到期時間愈長而下降，期間結構為一條負斜率的曲線。隱含波動度隨著價內外程度上升而提高這點與前面的推測相符，但是這裡我們看到其期間結構的曲線和權益市場呈現一個相反的情形。或許是因為波動度具有均數回歸的特性，投資人即使預期短期間 VIX 指數可能產生大波動，但長期來說，VIX 仍將回到一個平均的水準，因此長期合約的隱含波動度反而較低。

圖 3 是以到期時間 30 天以內的所有合約配適出的隱含波動度平面。從圖形可以更清楚看出波幅的型態。在到期時間最短的這個分類中，笑狀波幅接近 smile 的形狀，隱含波動度的最低點落在買權價內之處。也可以看出在分類內，隱含波動度依然是隨著到期時間的減少而一路上升。另外，到期時間 30~60 天的隱含波動度平面，明顯地波幅的型態有了不同。在 30~60 天當中，波幅變成較接近 skew 的情形，隱含波動度基本上是隨著價內外程度一路上升。但是分類內隱含波動度隨著到期時間減少而上升的情況並沒有改變。我們也發現波幅的曲度愈來愈低，愈來愈接近直線的型態，而期間結構則總是維持負斜率。

表 5 是各個模型以最小平方法得到的估計結果。Model 1 的調整後相關係數僅有 10.95%，Model 2 則有 61.90%，Model 3 在價平波動度的部分調整後相關係數達到了 89.70%，但是在相對波動度的部分則只有 20.48%。從前面的圖形已經可以看到隱含波動度明顯受到到期時間的影響，因此 Model 1 在整個樣本的配適度不佳是可以預期的，也因此加入到期時間因子後，配適度有了大幅的上升。至於 Model 3 在價平隱波動度的配適上看起來似乎不錯，但是在相對隱含波動度的配適上，經過價平波動度和到期時間調整的標準化價內外程度對於相對波動度的解釋能力卻不甚理想，不同於此函數在 S&P500 指數選擇權市場上的表現。

## 6. 結論

本文採用 2006 年 2 月 24 日至 2010 年 6 月 30 日 CBOE 的 VIX 選擇權資料，套入 Whaley (1993) 的波動度選擇權模型，計算出 VIX 選擇權的隱含波動度。本文發現 VIX 選擇權的隱含波動度具有以下特性：(1) 隱含波動度隨著履約價格的提高而上升，故其笑狀波幅大致呈現由左下往右上的型態，與一般股價選擇權的笑狀波幅剛好相反；(2) 愈長期的合約的隱含波動度愈低；(3) 到期日越短，笑狀波幅越陡峭，即價內和價外選擇權的隱含波動度的差距加大；(4) VIX 指數和 VIX 的隱含波動度具有正向的不對稱關係，即 VIX 的上漲將使 VIX 波動度上升，且其上升的幅度大於 VIX 下跌使 VIX 波動度下降的幅度。此外，本文也發現在 VIX 選擇權價格中，到期時間扮演著相當重要的角色。不論是從樣本內的配適度或是從評價結果來看，加入到期時間因子後，評價誤差都有大幅的降低。這點和 Whaley (1993) 在 S&P500 市場上得到的結論並不相同，Whaley 發現評價 S&P500 選擇權時，加入到期時間因子雖然能使配適度提高，但是卻無助於提高評價的正確度。最後，與 Wang (2011) 使用過去各個模型得到的評價誤差相比，我們得到的評價誤差即便和 Wang (2011) 當中最佳的 Whaley 模型相比，誤差仍然明顯地勝過 Whaley 模型。本文認為儘管 Black (1976) 模型有部分的假設和市場上明顯不符，但是市場上的交易者或許仍然是採用這種較簡單的模型來評價 VIX 選擇權。

## 參考文獻

- Banerjee, Prithviraj S., James S. Doran, and David R. Peterson (2007), “Implied volatility and future portfolio returns” *Journal of Banking & Finance* 31, 3183–3199.
- Becker, Ralf., Adam E. Clements, and Scott I. White (2006), “On the informational efficiency of S&P500 implied volatility” *North American Journal of Economics and Finance* 17, 139–153.
- Becker, Ralf, Adam E. Clements, and Andrew McClelland (2009), “The jump component of S&P 500 volatility and the VIX index” *Journal of Banking & Finance* 33, 1033–1038.
- Borovkova, S and Permana, F.J. (2009). Implied Volatility in Oil Markets. *Computational Statistics and Data Analysis*, 53, pp. 2022-2039, pp. 83-110
- Campa, J. M., P. H. K. Chang and R. L. Reider (1998), “Implied Exchange Rate Distributions: Evidence from OTC Option Markets”, *Journal of International Money and Finance* 17, 117-160.
- Carr, Peter, and Liuren Wu (2006), “Understanding the VIX” *The Journal of Derivatives* 13, 13-29.
- Corrado, Charles J., and Thomas W. Miller Jr. (2005), “The Forecast Quality of CBOE Implied Volatility Indexes” *The Journal of Futures Markets* 25, 339–373.
- Dash, Srikant, and Matthew T. Moran (2005), “VIX as a Companion for Hedge Fund Portfolios” *The Journal of Alternative Investments* 8, 75-80.
- Dumas, B., J. Fleming, R. E. Whaley (1998). "Implied volatility functions: Empirical tests". *The Journal of Finance* 53, 2059-2106
- Ederington, Louis H., and Wei Guan (2002), “Measuring implied volatility: Is an average better? Which average?” *The Journal of Futures Markets* 22, 811–837.
- Engle, Robert F., and Giampiero M. Gallo (2006), “A multiple indicators model for volatility using intra-daily data” *Journal of Econometrics* 131, 3–27.

- Fleming, Jeff (1998), "The quality of market volatility forecasts implied by S&P 100 index option prices" *Journal of Empirical Finance* 5, 317-345.
- Giot, Pierre (2002a), "Implied Volatility Indices as Leading Indicators of Stock Index Returns?" *Working Paper, CORE, University of Leuven*.
- Giot, Pierre (2005), "Implied Volatility Indexes and Daily Value at Risk Models" *The Journal of Derivatives* 12, 54-64.
- Konstantinidi, Eirini., George Skiadopoulos, and Emilia Tzagkaraki (2008), "Can the evolution of implied volatility be forecasted? Evidence from European and US implied volatility indices" *Journal of Banking & Finance* 32, 2401-2411.
- Lin, Yueh-Neng, and Chien-Hung Chang (2009), "VIX option pricing" *The Journal of Futures Markets* 29, 523-543.
- Lin, Yueh-Neng (2007), "Pricing VIX futures: Evidence from integrated physical and risk-neutral probability measures" *Journal of Futures Markets* 27, 1175-1217.
- Lu, Zhongjin, and Yingzi Zhu (2009), "Volatility components: The term structure dynamics of VIX futures" *The Journal of Futures Markets* 00, 1-27.
- Martens, Martin., and Jason Zein (2004), "Predicting financial volatility: High-frequency time-series forecasts vis-à-vis implied volatility" *The Journal of Futures Markets* 24, 1005-1028.
- Mayhew, Stewart., and Chris Stivers (2003), "Stock return dynamics, option volume, and the information content of implied volatility" *The Journal of Futures Markets* 23, 615-646.
- Nordén, Lars (2003), "Asymmetric option price distribution and bid-ask quotes consequences for implied volatility smiles" [\*Journal of Multinational Financial Management\*](#) 13, 423-441.
- Psychoyios, Dimitris, and George Skiadopoulos (2006), "Volatility Options: Hedging Effectiveness, Pricing, and Model Error" *The Journal of Futures Markets* 26, 1-31.

Ralf Becker, Adam E. Clements, and Scott I. White (2007), “Does implied volatility provide any information beyond that captured in model-based volatility forecasts?” *Journal of Banking and Finance* 31, 2535–2549.

Rosenberg, Joshua V. (2000), “Implied Volatility Functions A Reprise” *The Journal of Derivatives* 7, 51-64.

Wang, Zhiguang, and Robert T. Daigler (2010), “The Performance of VIX Option Pricing Models Empirical Evidence Beyond Simulation” 2010, *forthcoming, The Journal of Futures Markets*.

Whaley, Robert E. (2000), “The Investor Fear Gauge” *Journal of Portfolio Management* 26, 12-17.

Whaley, Robert E. (2009), “Understanding the VIX” *Journal of Portfolio Management* 35, 98-105.

Zhang, Jin E., and Yingzi Zhu (2006), “VIX futures” *The Journal of Futures Markets* 26, 521–531.

表3買權隱含波動度分類敘述統計

VIX 買權		到期天數			
		1~30	31~60	61~90	>90
價 內 外 程 度	深	樣本數=385	樣本數=896	樣本數=1068	樣本數=3061
	價	平均=75.03%	平均=107.87%	平均=61.52%	平均=47.77%
	內	標準差=30.94%	標準差=35.43%	標準差=14.44%	標準差=12.73%
	價	樣本數=2550	樣本數=3166	樣本數=3366	樣本數=10006
	內	平均=81.30%	平均=65.29%	平均=58.32%	平均=49.26%
		標準差=24.88%	標準差=15.40%	標準差=11.85%	標準差=9.92%
	價	樣本數=2191	樣本數=2458	樣本數=2473	樣本數=7739
	平	平均=88.80%	平均=75.76%	平均=67.48%	平均=55.84%

		標準差=21.68%	標準差=13.34%	標準差=9.50%	標準差=8.85%
價 外	樣本數=3228	樣本數=3834	樣本數=3904	樣本數=11876	
	平均=110.24%	平均=87.77%	平均=75.37%	平均=60.70%	
	標準差=21.50%	標準差=13.37%	標準差=9.91%	標準差=9.10%	
深 價 外	樣本數=1345	樣本數=2904	樣本數=3340	樣本數=11034	
	平均=130.51%	平均=99.61%	平均=82.64%	平均=65.34%	
	標準差=21.66%	標準差=13.94%	標準差=10.71%	標準差=10.31%	

圖 3 VIX 選擇權隱含波動度平面(到期天數 30 天以內)

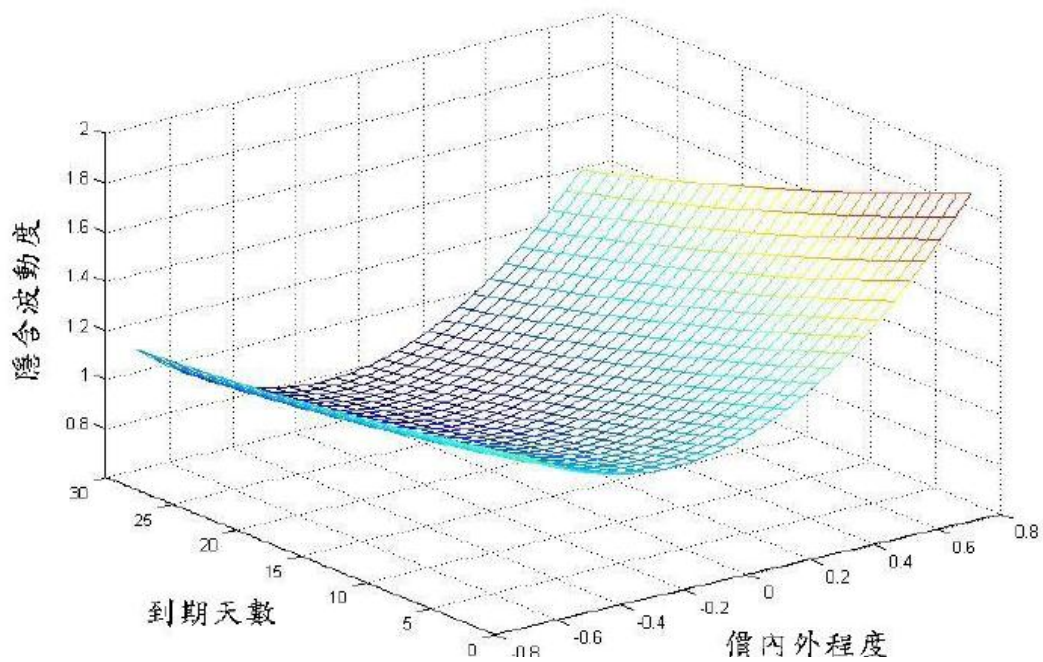


表5 各模型係數估計結果

	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	Adj R <sup>2</sup>
Model 0	0.6939						
Model 1	0.6591	0.2115	0.0755				0.1095
Model 2	0.9739	0.3056	0.1464	-1.4967	0.9826	-0.3523	0.6190
Model 3	0.0602	0.9206	0.7810	-0.5375			0.8970
	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$				
	-0.3248	0.3429	0.0619				0.2048



# 國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2012/12/16

國科會補助計畫	計畫名稱: 波動度選擇權的隱含波動度
	計畫主持人: 陳威光
	計畫編號: 100-2410-H-004-031- 學門領域: 財務
無研發成果推廣資料	

100 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：陳威光		計畫編號：100-2410-H-004-031-					
計畫名稱：波動度選擇權的隱含波動度							
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	1	100%		
		研討會論文	0	1	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	無
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	無
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	2	2	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	無
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		章/本
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	無
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	無
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	無
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p>無</p>
--	----------

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

# 國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表  未發表之文稿  撰寫中  無

專利： 已獲得  申請中  無

技轉： 已技轉  洽談中  無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

學術上發現波動度選擇權的笑狀波幅形狀和股價選擇權的笑狀波幅形狀相反。實務上，可提供實際參與波動度交易者投資與避險之工具與評價之參考資訊。