

# 臺指選擇權非同步交易時段之資訊內涵

## Information Content of Nonsynchronous Trading for Taiwan Stock Index Options

莊益源 / 國立中正大學財務金融研究所教授

I-Yuan Chuang, Professor, Department of Finance, National Chung Cheng University

賴靖宜 / 國立中正大學財務金融研究所副教授

Jing-Yi Lai, Associate Professor, Department of Finance, National Chung Cheng University

王雅晴 / 國立中正大學財務金融研究所博士候選人

Ya-Ching Wang, Ph.D. Candidate, Department of Finance, National Chung Cheng University

薛愛潔 / 國立中正大學財務金融研究所碩士

Ai-Jie Xue, Master, Department of Finance, National Chung Cheng University

Received 2011/12, Final revision received 2012/8

### 摘要

透過臺指選擇權市場較現貨市場提早開盤與延後收盤的非同步交易時段資訊內涵的分析，可揭露來自策略交易者的額外交易訊息。本文假設非同步交易時段的資訊內涵隱藏於選擇權隱含波動率之中，實證結果發現，選擇權市場提早開盤時段的資訊內涵與現貨隔夜報酬有顯著的負向變動關係，表示資訊交易者面對選擇權市場的私有資訊可能採取

負面看法，於現貨市場開盤時操作而造成隨後開盤的現貨價格（隔夜報酬）下跌；該時段的資訊內涵會持續影響現貨市場開盤後的表現至少 15 分鐘，但隨交易時間遞延其影響幅度及顯著性皆會逐漸下降。而前一交易日現貨市場收盤後的選擇權資訊內涵與現貨市場報酬則無顯著關聯。

【關鍵字】非同步交易、指數選擇權、隱含波動

### Abstract

The study investigates whether the extension of trading hours for Taiwan Stock Index Options contains information about the dynamics of future spot returns. Assuming that useful information is retrievable from the option-implied volatility, we found that the information content from the pre-open options trading is significantly negative related to the overnight returns in the spot market. This implies that a lower overnight spot return is expected because informed traders might react negatively to such private information from pre-open options trading. The pre-open option trades also contain useful information in explaining subsequent spot returns up to 15 minutes during the trading day, while the size and significance of the impacts decrease as the trade continues. No significant relationship is evident between information content in post-close options trading and spot returns on the following trading day.

【Keywords】nonsynchronous trading, index options, implied volatility

## 壹、前言

在資本市場自由化與國際化腳步加速下，具備低交易成本及高財務槓桿操作特性的衍生性金融商品影響力與日俱增。在 1973 年 4 月 26 日，世界第一個專為選擇權交易設立的交易所－芝加哥選擇權交易所 (Chicago Board Option Exchange; CBOE) 正式成立，首開選擇權集中市場交易之先河。臺灣則在民國 86 年開放認購權證業務，爾後期貨、選擇權、外匯、利率等各式衍生性商品相繼推出；民國 90 年 12 月 24 日，臺灣期貨交易所 (Taiwan Futures Exchange; TAIFEX) 正式發行臺灣股價指數選擇權契約，其交易口數與成交金額與日俱增，也是我國金融市場上的一大創舉。

臺指選擇權為到期日才可履約的歐式選擇權，交易標的是臺灣加權股價指數，分買權和賣權兩種契約。選擇權契約交易的時間為營業日上午 8:45 到下午 1:45，故開盤較現貨早 15 分鐘 (Pre-open Session)，收盤也較現貨晚 15 分鐘 (Post-close Session)。選擇權契約到期日為最後交易日之次一營業日，最後交易日為各契約交割月份第三個星期三；交割月份為交易當月起連續三個近月，加上三月、六月、九月、十二月中兩個接續的季月，總共有五個月份的契約在市場上交易。

選擇權市場為近年來高度受到重視的衍生性金融商品。有別於期貨交易，選擇權可以提供投資人設計不同的交易策略；與現貨相比，選擇權交易成本較低，加上高度槓桿的特性，提供投資人更大參與交易的誘因。隨著選擇權市場快速成長，在參與者日增情況下，選擇權交易包含豐富的資訊與心理內涵，其與股價現貨間的交互動態關聯也成為近年來高度受到重視的議題。

期貨 / 選擇權市場的開盤時間通常比現貨市場早，收盤時間則較現貨市場晚，此制度並非臺灣市場所獨有，例如，芝加哥期貨交易所 (CBOT) 發行的道瓊工業指數 (DJIA) 期貨，以及香港期貨交易所 (HKFE) 的香港恆生指數期貨 (HSIF) 與指數期權 (HSIO)，其開盤時間皆比相對應的現貨市場早 15 分鐘，同時較現貨市場晚 15 分鐘收盤。如此延長交易時間的制度，導致期貨 / 選擇權具有額外的非同步交易資訊，而此資訊內涵及其對現貨市場的影響很值得我們進一步分析研究。

以資訊來看，證券市場報酬受到公開資訊、私有資訊以及市場噪音 (Noise) 三方面的影響 (French and Roll, 1986)。其中，噪音泛指過度反應卻與證券評價無關緊要的訊息；而私有資訊是指內線交易者、公司法人或專業分析師等擁有之非公開資訊。市場上的資訊交易者 (Informed Traders) 可以利用自身擁有的私有資訊交易，進而在交易期間，將私有資訊透過市場傳遞使之成為公開資訊 (Foster and Viswanathan, 1990)；一旦私有資訊成為公開訊息時，其價值也將消失。因此，在股市無交易的收盤期間，擁有私有資訊的交易者可以在訊息成為隔夜公開資訊前，於其他仍交易中的市場，例如海外市場或延長交易時間的相關市場，進行操作以獲取利潤。依此推論，期、權市場非同步交易時段即提供了資訊交易者反應現貨市場收盤後的連續資訊，及至次交易日

現貨市場開盤前的隔夜資訊 (Cheng, Jiang, and Ng, 2004)。換句話說，透過非同步交易時段的期、權市場資訊內涵的分析，可揭露來自策略交易者的額外交易訊息，及其對開盤後現貨市場表現可能具有的系統性影響。Hiraki, Maberly, and Takezawa (1995) 即發現期貨比現貨市場早開盤和晚收盤的兩個交易時段中的確存在有用的資訊內涵，而此額外的市場資訊可以有效解釋現貨市場開盤後指數報酬的表現。Cheng et al. (2004) 延伸 Hiraki et al. (1995) 的模型，利用香港恆生指數期貨為樣本，亦提供非同步交易時段的資訊內涵對現貨報酬具有影響的實證報告。

文獻中有關非同步交易時段資訊內涵的研究，皆以期貨市場為研究標的 (Chang, Jain, and Locke, 1995; Hiraki et al., 1995; Ho and Lee, 1998; Chan, Cheng, and Lung, 2003; Cheng et al., 2004)，所揭露的資訊均假設隱藏於期貨市場的報酬之中，亦即目前尚無以同樣具延長交易特性的選擇權市場為研究對象。這可能是由於選擇權契約的設計及交易機制與期貨契約不同，除了買、賣權之外，還有不同的價位；那麼我們如何由選擇權市場擷取資訊進行相關的研究？本研究是採用隱含波動率 (Implied Volatility) 來代表選擇權市場的資訊內涵。選擇權隱含波動率實為標的物市場報酬的風險，而資產報酬率風險的高低，可能影響風險資產的必要報酬率，進而左右投資人投資組合的選擇，與隨後或隔日開盤的現貨市場可能存在一定的關聯性。選擇權隱含波動率與標的物資產報酬關聯性的實證研究在文獻中並不罕見，但均以同步交易時段的觀察值為樣本。例如，Simon (1997) 及 Davidson, Kim, Ors, and Szakmary (2001) 分別研究美國長期公債的期貨選擇權市場，以及 S&P 500 指數期貨選擇權市場，兩者皆發現選擇權隱含波動率與標的物資產報酬的關係確實存在。Fleming, Ostdiek, and Whaley (1995) 也證實芝加哥選擇權交易所的波動率指數 (Volatility Index) 與現貨股價指數報酬間具顯著但不對稱的關係。在臺灣的市場方面，莊益源、蔡宗閔與賴振耀 (2009) 以臺指選擇權市場為研究對象，比較歷史波動率模型與數種隱含波動率模型的預測能力，實證結果發現各種隱含波動率的表現大致上比歷史波動率佳；郭維裕、陳威光、陳鴻隆與林信助 (2009) 也發現隱含波動率具備較佳的樣本內配適與樣本外的預測能力。此外，我國期貨交易所為充分揭露市場資訊，近年亦根據芝加哥期貨交易所之新、舊方法進行臺指選擇權波動率指數的編制，並於市場開市交易時間內每 15 秒鐘更新一次報價，顯示隱含波動率已漸成為投資人廣為參考的公開資訊。

鑑於相關研究的缺如，本文將首次以「選擇權」市場為研究課題，參考 Cheng et al. (2004) 的期貨市場實證模型，採用臺灣加權股價指數選擇權為樣本，由選擇權市場擷取隱含波動率資訊，以探討非同步交易時段的資訊內涵對現貨市場開盤後股價指數報酬的影響，惟本研究係著眼於隱含波動風險與現貨報酬的關係，與 Cheng et al. (2004) 之期貨報酬對應現貨報酬有顯著差別。再者，將此課題由期貨市場轉換至選擇權市場乃緣於臺指選擇權契約為我國衍生性商品市場中交易最熱絡的金融商品，其交

易量始終超過臺指期貨契約<sup>1</sup>，顯見臺指選擇權更受到投資人的青睞；若交易量能反應市場資訊的豐富程度，則選擇權市場可能因此隱藏更多的資訊內涵。另外，若從資訊意義上審視之，由於契約的設計與交易制度的差異，選擇權可提供投資人不同於期貨交易的報酬函數，其擁有的資訊內容與結構也可能因交易人不同或操作策略不同而與期貨市場間存有潛在的差異。因此，本文以選擇權市場為對象，來探討不同於期貨市場相關研究的面向及角度，就我們的認知，是國內外首見的嘗試，預期將予文獻提供新的實證發現。

本研究採用民國 97 年至 99 年臺灣加權股價指數選擇權為樣本，透過 Black (1976) 選擇權定價模型、迴歸和 EGARCH (Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) 計量模型，先由選擇權市場擷取隱含波動率資訊，進一步估計臺指選擇權市場較現貨市場提早開盤與延後收盤兩個非同步交易時段的資訊內涵，並探討其對現貨市場隔夜報酬與現貨市場開盤後各區間股價指數報酬的影響。本研究所採用的選擇權樣本在篩選過後，包括買權 7,634,250 筆，賣權 6,897,220 筆，共 14,531,470 筆日內資料。後文將依序說明所採用的研究方法與模型設計，最後為實證結果與討論。

## 貳、研究方法

### 一、Black (1976) 期貨選擇權模型

前文所稱「選擇權隱含波動率」一般可透過 Black-Sholes 選擇權定價公式，利用標的物市場價格、選擇權市場價格、以及其他參數，包括契約存續期間、無風險利率、股利率等，反推估計。惟在選擇權與現貨市場非同步交易時段，即現貨市場尚未開盤或已收盤期間內，因無標的物價格可供參考，使得 Black-Sholes 定價公式在此無法應用。本文改以 Black (1976) 之期貨選擇權模型取代之：

$$C = e^{-rT} F \cdot N(d_1) - e^{-rT} X \cdot N(d_2) \quad (1.1)$$

$$P = e^{-rT} X \cdot N(-d_2) - e^{-rT} F \cdot N(-d_1) \quad (1.2)$$

上式中，

$$d_1 = [\ln(F/X) + \frac{1}{2}T\sigma^2] / \sigma\sqrt{T} \quad (1.3)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} \quad (1.4)$$

---

1 以民國 100 年為例，臺指期貨契約總交易量為 30,611,932 口，臺指選擇權契約總交易量則為 125,767,624 口；過去五年 (95 至 99 年) 臺指選擇權契約年交易量超過臺指期貨契約，年平均達 71,703,296 口。

其中， $C$  為買權價格， $P$  為賣權價格， $F$  為指數期貨價格， $X$  為履約價格， $r$  為無風險利率， $T$  為契約存續期間， $\sigma$  為標的資產報酬波動率， $N(\cdot)$  為標準常態分配之累積分配函數。由於臺指期貨與臺指選擇權市場的交易時間一致，以臺指期貨價格取代臺指現貨價格，解決了現貨市場非同步交易時段無觀察值的問題。除此之外，Black (1976) 模型變數毋須臺股指數之連續股利率，亦可減少參數估計的誤差。惟由期貨價格反推選擇權市場資訊可能混淆期貨與選擇權市場的訊息內涵，因此在後續模型中，本研究進一步利用非同步交易時段的期貨報酬作為控制變量以粹取選擇權市場的資訊內涵。此外，必須說明的是，本文採用的是簡單、普遍而常用的模型，實際上波動率的計算是與模型相關的，不同的模型會得到不同的數據；而更複雜的模型也可能得到更多的選擇權資訊，惟計算也更加複雜，此相關課題可以留待後續進一步的研究。

## 二、代表性隱含波動率估計模型

由於不同履約價格的選擇權契約同時在市場上交易，這些契約透過定價公式所估計的隱含波動率並不相同<sup>2</sup>，導致在同一時間點上，雖然對應單一的現貨價格卻有數個隱含波動率的估計值。為解決此多重隱含波動率的問題，文獻上經常使用「加權平均隱含波動率」(Weighted Average Implied Volatility) 作為單一隱含波動率的代表，但實證上仍存在如何決定權重的爭議。其中 Latané and Rendleman (1976) 使用選擇權的 vegas 值作為各別契約的權重，即擁有較高 vegas 值的選擇權給予較高的權重；Chiras and Manaster (1978) 則建議以波動率的彈性來替代 vegas 值。Beckers (1981) 和 Whaley (1982) 則放棄權重的估計，改採非線性最小平方法，直接估計各期的「最適」隱含波動率 ( $\hat{\sigma}$ ) 如下：

$$\min_{\hat{\sigma}} \sum_{i=1}^n [V_i - BLK_i(\hat{\sigma})]^2 \quad (2)$$

其中， $BLK_i$  指同一交易時間內，第  $i$  個選擇權契約透過選擇權定價公式求算的理論價格，本文採用 Black (1976) 如公式 (1) 的定價模式； $V_i$  為第  $i$  個選擇權契約實際的價格，可以是買權或賣權； $n$  代表同一交易時間內，選擇權交易的契約數目。根據 Beckers (1981)，此非線性最小平方法估計而得的隱含波動率較有效率，後文將依 (2) 式，逐期推估單一代表性隱含波動率的時間序列。

## 三、模型設計

實證模型的設計將分二階段操作。第一部分旨在粹取現貨市場開盤前與收盤後選

2 隱含波動率與履約價格間存在波動微笑 (Volatility Smile) 的特徵。

擇權市場提前與延長交易時段，選擇權隱含波動率所揭露的資訊內涵；依兩個非同步交易時段（現貨市場收盤後、開盤前）分別透過模型一與模型二取得。第二部份旨在討論由第一階段模型所捕捉的非同步交易時段之資訊內涵，對隔日現貨市場開盤時的隔夜報酬，以及開盤後各時間區段股價指數報酬的影響；因時間區隔的差異，將分別透過模型三與模型四討論之。模型一～四的設定及說明詳述於後。

**(一) 模型一：現貨收盤後 (Post-close Session) 選擇權隱含波動率的資訊內涵**

臺灣加權股價指數的收盤時間為下午 1:30，臺指選擇權則較現貨市場晚 15 分鐘收盤，其延長交易時段即為下午 1:30 ~ 1:45。一般而言，投資者可利用此延長時段的交易資訊，預測隔天現貨的表現。本文假設選擇權市場的額外交易資訊隱藏於隱含波動率之中，而影響選擇權隱含波動率的因素，包括相關市場的交易量與報酬，以及當日同步交易時段的隱含波動率等，可經由迴歸模型將這些影響因素予以控制，模型的殘差可代表未預期的隱含波動率成份，此即為本文欲擷取的延長交易期間資訊內涵。模型一採用 Nelson (1991) 的 EGARCH (1, 1) 模型，EGARCH 可捕捉正向衝擊與負向衝擊對二階動差所產生的不同影響，其設定如下：

$$OEXISD_t = C_0 + C_1 CEXISD_{t-1} + C_2 FCEXTR_{t-1} + C_3 FTRADVOL_{t-1} + C_4 OCEXVOL_{t-1} + C_5 NASADR_{t-1} + C_6 NASVOL_{t-1} + v_t \quad (3.1)$$

$$\ln h_t = \omega + \alpha \ln h_{t-1} + \beta \frac{|\mu_{t-1}|}{\sqrt{h_{t-1}}} + \gamma \frac{\mu_{t-1}}{\sqrt{h_{t-1}}} \quad (3.2)$$

$$\mu_t | \Omega_{t-1} \sim ND(0, h_t) \quad (3.3)$$

(3.1) 式中，應變數  $CEXISD_t$  代表第  $t$  期延長交易時段 (1:30 ~ 1:45 PM) 的選擇權隱含波動率；其餘變數為控制變量，皆為第  $t$  期同步交易時段 (9:00 AM ~ 1:30 PM) 的觀察值，包括選擇權隱含波動率  $TRADISD_t$ ，期貨報酬  $FTRADR_t$ ，期貨交易量佔當天總交易量的比例  $FTRADVOL_t$ ，選擇權交易量的對數值  $OTRADVOL_t$ ，指數現貨報酬率  $STRADR_t$ ，以及指數現貨交易量的對數值  $\ln VOL_t$ 。控制變數同時考慮現、期貨市場因素乃因前者將直接影響隔日開盤的現貨市場表現，後者除因本文引用 Black (1976) 期貨選擇權定價公式之故，主要係斟酌延長交易期間期貨市場亦是額外訊息的來源，透過迴歸式可一併排除期貨市場的資訊而聚焦於選擇權市場。另外，控制變數包含選擇權同步交易時段之隱含波動率係因考慮市場資訊的延續性，而納入標的物市場的交易量乃基於交易量一般被視為資訊流量的代理變數，資訊流量大 (小) 時資產價格的變動較大 (小)，波動率因此較高 (低)。經迴歸式逐一排除相關市場的影響之後，(3.1) 式的殘差項  $\mu_t$  可代表未預期的隱含波動率，即為本文定義的第  $t$  期選擇權延長交易時段透過交易所揭露的資訊內涵。

條件變異 (3.2) 式中的參數  $\gamma$  可以捕捉市場正、負向衝擊對條件變異  $h_t$  所產生的不同影響；單位 (標準化殘差) 正向衝擊的影響是  $(\beta+\gamma)$ ，負向衝擊則為  $(\beta-\gamma)$ 。(3.3) 式假設模型殘差  $\mu_t$  在第  $t-1$  期所有可獲得資訊集合  $\Omega_{t-1}$  之下，服從平均數為 0，變異數為  $h_t$  的常態分配。 $C_0 \sim C_6$ 、 $\omega$ 、 $\alpha$ 、 $\beta$  與  $\gamma$  皆為待估計參數。

## (二) 模型二：現貨開盤前 (Pre-open Session) 選擇權隱含波動率的資訊內涵

臺灣加權股價指數的開盤時間為上午 9:00，臺指選擇權則較現貨市場早 15 分鐘開盤，其提前交易時段為上午 8:45 ~ 9:00。在此現貨開盤前的 15 分鐘裡，選擇權市場提供投資人提早反應的隔夜市場資訊，可用來預測現貨當日開盤後的表現。此時段的隱含波動率除了可能受前一交易日期貨、選擇權與現貨市場之交易量和報酬率的影響外，還可能受前一交易日現貨收盤後選擇權延長交易時段的隱含波動率之影響。另外，本國市場盤後期間之海外市場的相關訊息，亦可能反應在此提早開盤的選擇權交易之中，顯然需控制的影響變數與模型一不盡相同。模型二仍為 EGARCH (1,1) 的設定：

$$OEXISD_t = C_0 + C_1 CEXISD_{t-1} + C_2 FCETR_{t-1} + C_3 FTRADVOL_{t-1} + C_4 OCEXVOL_{t-1} + C_5 NASADR_{t-1} + C_6 NASVOL_{t-1} + v_t \quad (4.1)$$

$$\ln h_t = \omega + \alpha \ln h_{t-1} + \beta \frac{|v_{t-1}|}{\sqrt{h_{t-1}}} + \gamma \frac{v_{t-1}}{\sqrt{h_{t-1}}} \quad (4.2)$$

$$v_t | \Omega_{t-1} \sim ND(0, h_t) \quad (4.3)$$

(4.1) 式中的應變數  $OEXISD_t$  為第  $t$  期選擇權市場提早交易時段 (8:45 ~ 9:00 AM) 的隱含波動率；其餘解釋變數皆為第  $t-1$  期的觀察值，其中，前一交易日現貨市場收盤後非同步交易時段 (1:30 ~ 1:45 PM) 的觀察值包括選擇權隱含波動率  $CEXISD_{t-1}$ ，期貨報酬  $FCETR_{t-1}$ ，期貨交易量佔當天總交易量的比例  $FCXVOL_{t-1}$ ，以及選擇權交易量對數值  $OCEXVOL_{t-1}$ 。由於在 NASDAQ 掛牌上市的多為高科技公司，而台股又以電子類股的權重較高，二者關係密切，因此本研究另外加入第  $t-1$  期美國 NASDAQ 市場資訊以捕捉其影響；(4.1) 式中， $NASADR_{t-1}$  為前一交易日 NASDAQ 指數現貨報酬， $NASVOL_{t-1}$  代表前一交易日 NASDAQ 指數現貨交易量對數值。上述控制變數的選擇原則上與模型一相似，但相較於模型一，模型二還納入前一交易日的美國現貨市場變數，此乃因他國市場與本國市場的開市時間存有落差；當本國市場收盤後，他國市場始開始進行交易並持續傳遞市場訊息，而此市場訊息將直接影響本國市場次日開盤時的股價表現，因此利用模型二先將其訊息內容與影響予以剔除。模型二殘差項  $v_t$  因此表示選擇權市場提前交易時段非預期的隱含波動率，亦為本文定義的第  $t$  期選擇權市場提前交易時段，透過交易所揭露的資訊內涵；其餘變數定義與前述相同。

### (三) 模型三：選擇權市場非同步交易時段的資訊內涵與隔夜現貨報酬的關係

根據前言論述，訊息交易者在擁有相關的私有資訊時，可以透過非同步交易時段的選擇權市場揭露，此資訊內涵對隨後或隔夜開盤的現貨市場表現應有系統性的影響。本文係以模型一與模型二的選擇權隱含波動殘差估計值， $\hat{\mu}_{t-1}$  與  $\hat{v}_t$ ，分別代表前一日現貨收盤後與當日現貨開盤前選擇權市場的資訊內涵，透過以下 EGARCH (1,1) 模型的設定，探討其對現貨市場隔夜報酬的影響：

$$SOVER_t = C_0 + C_1\hat{\mu}_{t-1} + C_2\hat{v}_t + C_3 \ln VOL_{t-1} + C_4 FCEXTR_{t-1} + C_5 FOEXTR_t + \varepsilon_t \quad (5.1)$$

$$\ln h_t = \omega + \alpha \ln h_{t-1} + \beta \frac{|\varepsilon_{t-1}|}{\sqrt{h_{t-1}}} + \gamma \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sqrt{h_{t-1}}} + \delta_1 \hat{\mu}_{t-1}^2 + \delta_2 \hat{v}_t^2 \quad (5.2)$$

$$\varepsilon_t | \Omega_{t-1} \sim ND(0, h_t) \quad (5.3)$$

(5.1) 式中，應變數  $SOVER_t$  為第  $t$  期的隔夜臺指現貨報酬；關鍵的解釋變數， $\hat{\mu}_{t-1}$  與  $\hat{v}_t$ ，分別代表第  $t-1$  期現貨市場收盤後與第  $t$  期現貨市場開盤前，透過選擇權市場揭露的資訊內涵，並分別取自方程式 (3.1) 與 (4.1) 式非預期隱含波動率的估計值。(5.1) 式中亦考慮可能影響隔夜現貨報酬的控制變數  $\ln VOL_{t-1}$ ，此為第  $t-1$  現貨市場的交易量對數值。另外，為了排除資訊內涵中可能來自期貨市場的貢獻，迴歸式特別加入非同步交易時段的期貨報酬： $FCEXTR_{t-1}$  與  $FOEXTR_t$ ，其中  $FOEXTR_{t-1}$  為第  $t-1$  期延後收盤時段 (1:30 ~ 1:45 PM) 的期貨報酬， $FOEXTR_t$  則為第  $t$  期提前開盤時段 (8:45 ~ 9:00 AM) 的期貨報酬。 $\varepsilon_t$  是模型三的殘差項，仍假設其服從常態分配。條件變異方程式 (5.2) 式中加入  $\hat{\mu}_{t-1}^2$  與  $\hat{v}_t^2$ ，乃參酌 Cheng et al. (2004)，考慮額外資訊的波動對隔夜報酬變異的影響；其餘變數定義與前述模型相同。

### (四) 模型四：選擇權市場非同步交易時段的資訊內涵對開盤後現貨報酬的影響

非同步交易時段選擇權市場的資訊內涵除了可能影響現貨隔夜報酬之外，也可能持續影響現貨市場開盤後的表現，至於影響期間的長短則視現貨市場效率的高低而定：如果現貨市場相對較有效率，則影響的期間將較短，並預期影響效果隨時間遞減，甚至於可能沒有影響；反之，若現貨市場較無效率，將存在較持久的影響。模型四修正模型三的應變數，改為現貨市場開盤後不同時間長度的報酬率，以檢視選擇權市場非同步交易時段的資訊內涵對現貨市場持續影響的效果，模型設定如下：

$$STRADR_{t,\tau} = C_0 + C_1\hat{\mu}_{t-1} + C_2\hat{v}_t + C_3 \ln VOL_{t-1} + C_4 FCEXTR_{t-1} + C_5 FOEXTR_t + \varepsilon_t \quad (6.1)$$

$$\ln h_t = \omega + \alpha \ln h_{t-1} + \beta \frac{|\varepsilon_{t-1}|}{\sqrt{h_{t-1}}} + \gamma \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sqrt{h_{t-1}}} + \delta_1 \hat{\mu}_{t-1}^2 + \delta_2 \hat{v}_t^2 \quad (6.2)$$



$$\varepsilon_t | \Omega_{t-1} \sim ND(0, h_t) \quad (6.3)$$

式中，應變數  $STRADR_{t,\tau}$  表示第  $t$  期自現貨市場開盤 (9:03 AM) 起，至第  $\tau$  分鐘的現貨報酬，其中  $\tau = 3、6、9、15、30、60、90、120$ ，例如： $STRADR_{t,120}$  即表示第  $t$  期現貨市場開盤後 120 分鐘，也就是 9:03 ~ 11:03 AM 間的指數報酬率。以上採用開盤後 3 分鐘的交易價格取代開盤價作為計算開盤後各區間的現貨指數報酬，乃參考 Cheng et al. (2004) 之以香港現貨開盤後 10:03 的日內資料取代 10:00 的開盤價格，原因係基於此時近八成的股票已開盤完畢，所採用之指數價格較具代表性之故。根據效率市場的概念， $\hat{\mu}_{t-1}$  與  $\hat{\nu}_t$  對現貨報酬的影響會隨  $\tau$  延長而下降，對應的估計參數之顯著性也會逐漸減小。模型中的其他變數與前述各模型相同。

## 參、實證結果

### 一、資料來源

#### (一) 臺灣加權股價指數、指數選擇權與指數期貨

臺灣加權股價指數日資料與日內資料來源為「臺灣經濟新報資料庫 (Taiwan Economic Journal; TEJ)」之大盤指數日內交易資料與每日收盤價。臺指選擇權與臺指期貨資料皆取自臺灣期貨交易所網站中市場資訊之選擇權日內每筆成交資料。

臺指選擇權契約於民國 90 年 12 月 24 日正式上市，上市初期交易量並不熱絡，但自民國 91 年 10 月起，隨著市場成熟度增加，日平均交易量才逐漸達到萬口以上。本研究樣本期間為民國 97 年 1 月 2 日至 99 年 12 月 31 日，共計 751 個交易日，並只選取 1 個月內 (即近月) 到期的契約。此外，由於接近到期之際，市場上的投資人面臨其擁有部位即將到期的壓力，可能導致較不合理的買賣交易，造成波動率的扭曲 (Ap Gwilym and Buckle, 1997)，因此契約存續期間少於一星期者，將予以剔除；我們同時也刪除當日交易量小於 3 口的契約。

此外，當選擇權契約價格違反無風險套利價格的邊界條件，顯示收盤價格不合理時，本研究亦將這些契約刪除。邊界條件如下：

$$C \geq \max \left[ Fe^{-rT} - X, 0 \right] \quad (7.1)$$

$$P \geq \max \left[ X - Fe^{-rT}, 0 \right] \quad (7.2)$$

其中，所有變數的定義與公式 (1) 完全相同。經篩選後，共有 14,531,470 筆資料，包括買權 7,634,250 筆，賣權 6,897,220 筆，再依公式 (2) 的極小化誤差平方法逐日求算單一的隱含波動率。至於期貨的樣本，原則上也是配合選擇權取近月的期貨契約配對。

## (二) 無風險利率

無風險利率的採用，文獻上經常選擇與到期日配合之短期政府公債或短期國庫券來應用，然鑒於臺灣貨幣市場之國庫券並非定期出售且不於次級市場交易，同時本研究採用的是近月的選擇權，故以臺灣銀行公告之一個月定期存款利率取代國庫券利率，資料來源為「臺灣經濟新報資料庫」與臺灣銀行網站。文獻指出，無風險利率的些許衡量誤差對於隱含波動率計算僅存在微小的影響 (Rubinstein, 1985)，而 Lauterbach and Schultz (1990) 也證實在評價權證時，模型評價錯誤和無風險利率之相關性並不顯著。惟該注意的是，由於原始資料係以簡單利率 (Simple Rate) 公告，需先轉換為連續複利 (Continuous Compound Rate) 方可使用於 Black (1976) 模型。

## 二、基本統計分析與單根檢定

### (一) 基本統計量分析

表 1 陳列各變數樣本之基本統計量，我們可看出收盤後、開盤前與同步交易時段之單一隱含波動率變數 (*CEXISD*、*OEXISD*、*TRADISD*) 的基本統計值十分相似；譬如說，*CEXISD* 與 *OEXISD* 的峰態係數 (Kurtosis) 明顯大於常態分配的 3，表示其分配呈正峰態 (Leptokurtic)、高峰與瘦腰 (Thin Waist) 的現象。其餘的變數也多呈現高峰、瘦腰的特性，例如，模型三、四的應變數 *SOVER* 與 *STRADR* 的峰態係數也都大於 3。以上表示這些變數的分配多為非常態分配，因此初步可以持本文採用 EGARCH 非線性模型進行分析；迴歸分析前比較重要的恆定檢定則討論於後。

### (二) 單根檢定

為避免假性迴歸 (Spurious Regression) 造成估計結果判讀的偏誤，在進行迴歸分析之前，必須利用單根檢定確認各變數為恆定序列。常見的單根檢定方法有 Augmented Dickey-Fuller 檢定 (ADF 檢定) 與 Phillips-Perron 檢定 (PP 檢定)。PP 檢定利用臨界值的調整，容許誤差項可能存在的相關性與異質性，相對於以落後項去除殘差相關的 ADF 檢定，PP 檢定的檢定結果較為穩健 (Robust)；本研究遂採用後者以檢定各序列有無單根的存在，檢定結果列於表 2。表 2 指出所有變數的檢定結果皆顯著，表示拒絕變數為單根序列的虛無假設，可直接採用這些資料進行迴歸分析。

## 三、實證分析

### (一) 擷取選擇權非同步交易時段的資訊內涵

模型一與模型二的估計結果分別列於表 3 與表 4。由於模型一與模型二的目的僅在粹取選擇權隱含波動率中的資訊內涵，因此我們僅就控制變數的估計結果略作說明。表 3 是以現貨市場收盤後選擇權延長交易時段 (1:30 ~ 1:45 PM) 的隱含波動率 (*CEXISD*) 為應變數，控制變數中與選擇權市場有關的因素包括與現貨同步交易期間

表 1 基本統計量

項目	平均數	標準差	偏態	峰度
<i>CEXISD</i>	0.2028	0.0987	1.3977	6.1146
<i>OEXISD</i>	0.2054	0.0965	1.5389	6.6797
<i>TRADISD</i>	0.1976	0.1020	0.9830	4.9257
<i>OCEXVOL</i>	10.8118	0.4194	0.0267	2.8385
<i>OTRADVOL</i>	13.1987	0.4057	0.0021	2.7935
<i>FCEXVOL</i>	0.0645	0.0190	0.2730	4.5210
<i>FOEXTR</i>	0.0002	0.0023	0.6414	21.7775
<i>FCEXTR</i>	0.0001	0.0020	-0.1548	5.6910
<i>FTRADR</i>	-0.0003	0.0143	0.1689	7.2590
<i>FTRADVOL</i>	0.8723	0.0391	-3.8131	35.7957
<i>lnVOL</i>	15.2686	0.2742	0.1165	3.4272
<i>NASVOL</i>	16.8761	0.2252	-1.5821	11.4616
<i>NASADR</i>	0.0001	0.0363	-1.2559	7.5344
<i>SOVER</i>	-0.0013	0.0125	0.0783	5.3318
<i>STRADR</i>	0.0014	0.0130	-0.7439	8.1173

註：變數定義如下：

- CEXISD*：延後收盤非同步交易時段 (1:30 ~ 1:45 PM) 的選擇權隱含波動率。
- OEXISD*：提前開盤非同步交易時段 (8:45 ~ 9:00 AM) 的選擇權隱含波動率。
- TRADISD*：同步交易時段 (9:00 AM ~ 1:30 PM) 的選擇權隱含波動率。
- OCEXVOL*：延後收盤非同步交易時段 (1:30 ~ 1:45 PM) 的選擇權交易量對數值。
- OTRADVOL*：同步交易時段 (9:00 AM ~ 1:30 PM) 的選擇權交易量對數值。
- FCEXVOL*：延後收盤非同步交易時段 (1:30 ~ 1:45 PM) 期貨交易量佔當天總交易量的比例。
- FOEXTR*：提前開盤非同步交易時段 (8:45 ~ 9:00 AM) 的期貨報酬。
- FCEXTR*：延後收盤非同步交易時段 (1:30 ~ 1:45 PM) 的期貨報酬。
- FTRADR*：同步交易時段 (9:00 AM ~ 1:30 PM) 的期貨報酬。
- FTRADVOL*：同步交易時段 (9:00 AM ~ 1:30 PM) 期貨交易量佔當天總交易量的比例。
- lnVOL*：同步交易時段 (9:00 AM ~ 1:30 PM) 的指數現貨交易量對數值。
- NASVOL*：美國 NASDAQ 指數前一日現貨交易量對數值。
- NASADR*：美國 NASDAQ 指數前一日現貨報酬率。
- SOVER*：隔夜現貨報酬。
- STRADR*：同步交易時段 (9:03 AM ~ 1:30 PM) 的指數現貨報酬率。

的選擇權交易量 (*OTRADVOL*) 及隱含波動率 (*TRADISD*)，二者的係數皆是正值且顯著，表示延長交易期間的隱含波動率與當天同步交易時間內自身市場資訊具連續性。標的市場相關因素中，期貨的交易量佔當日交易量的比例 (*FTRADVOL*) 與現貨交易量 (*lnVOL*) 之係數皆顯著為負，若以交易量代表市場資訊流量的多寡，隱含當日現貨與期貨市場的公開資訊相對較多 (少) 時，盤後選擇權市場的波動則較小 (大)。另外兩個標的市場因素：期貨報酬率 (*FTRADR*) 及現貨報酬率 (*STRADR*) 之係數亦均具顯著

的解釋力，但二者與盤後選擇權隱含波動率的變動方向相反。此外，模型一條條件變異方程式中的參數皆顯著，表示模型設定合適；其中  $\gamma$  的估計係數顯著，代表未預期的隱含波動率訊息對  $CEXISD_t$  的變異影響具不對稱性。

表 2 單根檢定 (PP 檢定)

變數	PP 統計值	p-value
<i>CEXISD</i>	-5.0487***	0.0000
<i>OEXISD</i>	-3.6673***	0.0048
<i>TRADISD</i>	-5.6999***	0.0000
<i>OCEXVOL</i>	-8.9902***	0.0000
<i>OTRADVOL</i>	-9.8609***	0.0000
<i>FCEXVOL</i>	-6.1710***	0.0000
<i>FOEXTR</i>	-16.0880***	0.0000
<i>FCEXTR</i>	-29.3540***	0.0000
<i>FTRADR</i>	-29.5590***	0.0000
<i>FTRADVOL</i>	-22.1600***	0.0000
<i>lnVOL</i>	-4.4310***	0.0003
<i>NASVOL</i>	-9.5676***	0.0000
<i>NASADR</i>	-28.1010***	0.0000
<i>SOVER</i>	-28.5770***	0.0000
<i>STRADR<sub>t,τ</sub></i>	-27.8320***	0.0000
	⋮	
	-27.7350***	0.0000

註：\*\*\*、\*\*、\* 分別代表參數在 1%、5%、10% 顯著水準下拒絕存在單根的虛無假設。變數定義如下：

*CEXISD*：延後收盤非同步交易時段 (1:30 ~ 1:45 PM) 的選擇權隱含波動率。

*OEXISD*：提前開盤非同步交易時段 (8:45 ~ 9:00 AM) 的選擇權隱含波動率。

*TRADISD*：同步交易時段 (9:00 AM ~ 1:30 PM) 的選擇權隱含波動率。

*OCEXVOL*：延後收盤非同步交易時段 (1:30 ~ 1:45 PM) 的選擇權交易量對數值。

*OTRADVOL*：同步交易時段 (9:00 AM ~ 1:30 PM) 的選擇權交易量對數值。

*FCEXVOL*：延後收盤非同步交易時段 (1:30 ~ 1:45 PM) 期貨交易量佔當天總交易量的比例。

*FOEXTR*：提前開盤非同步交易時段 (8:45 ~ 9:00 AM) 的期貨報酬。

*FCEXTR*：延後收盤非同步交易時段 (1:30 ~ 1:45 PM) 的期貨報酬。

*FTRADR*：同步交易時段 (9:00 AM ~ 1:30 PM) 的期貨報酬。

*FTRADVOL*：同步交易時段 (9:00 AM ~ 1:30 PM) 期貨交易量佔當天總交易量的比例。

*lnVOL*：同步交易時段 (9:00 AM ~ 1:30 PM) 的指數現貨交易量對數值。

*NASVOL*：美國 NASDAQ 指數前一日現貨交易量對數值。

*NASADR*：美國 NASDAQ 指數前一日現貨報酬率。

*SOVER*：隔夜現貨報酬。

*STRADR<sub>t,τ</sub>*：現貨市場開盤 (9:03 AM) 起，至第  $\tau$  分鐘的現貨報酬，其中  $\tau = 3、6、9、15、30、60、90、120$  分鐘；*STRADR<sub>t,τ</sub>* 變數僅陳列前後兩者之統計值。

表3 模型一的估計結果

變數	係數	估計值	標準誤	z-statistic
Constant	$C_0$	-0.0222***	0.0069	-3.2130
$TRADISD_t$	$C_1$	0.9294***	0.0023	36.5318
$FTRADR_t$	$C_2$	-0.0746***	0.0095	-7.8151
$FTRADVOL_t$	$C_3$	-0.0290***	0.0027	-10.6591
$OTRADVOL_t$	$C_4$	0.0119***	0.0006	21.3231
$STRADR_t$	$C_5$	0.1233***	0.0002	12.0296
$\ln VOL_t$	$C_6$	-0.0063***	0.0004	-17.2603
Constant	$\omega$	-0.8709***	0.0132	-31.4268
GARCH (1)	$\alpha$	0.6252***	0.0168	20.6578
ARCH (1)	$\beta$	-0.2358***	0.0173	-17.4074
LEV (1)	$\gamma$	-0.4969***	0.0177	-37.2903
Log-likelihood	1683.75			
Likelihood ratio	503.28***			

註：1. 模型設定如下：

$$CEXISD_t = C_0 + C_1 TRADISD_t + C_2 FTRADR_t + C_3 FTRADVOL_t + C_4 OTRADVOL_t + C_5 STRADR_t + C_6 \ln VOL_t + \mu_t$$

$$\ln h_t = \omega + \alpha \ln h_{t-1} + \beta \frac{|\mu_{t-1}|}{\sqrt{h_{t-1}}} + \gamma \frac{\mu_{t-1}}{\sqrt{h_{t-1}}}$$

\*\*\*、\*\*、\* 分別代表參數在 1%、5%、10% 顯著水準下異於 0。

2. 變數定義如下：

$CEXISD_t$ ：第  $t$  期延後收盤非同步交易時段 (1:30 ~ 1:45 PM) 的選擇權隱含波動率。

$TRADISD_t$ ：第  $t$  期同步交易時段 (9:00 AM ~ 1:30 PM) 的選擇權隱含波動率。

$FTRADR_t$ ：第  $t$  期同步交易時段 (9:00 AM ~ 1:30 PM) 的期貨報酬。

$FTRADVOL_t$ ：第  $t$  期同步交易時段 (9:00 AM ~ 1:30 PM) 期貨交易量佔當天總交易量的比例。

$OTRADVOL_t$ ：第  $t$  期同步交易時段 (9:00 AM ~ 1:30 PM) 的選擇權交易量對數值。

$STRADR_t$ ：第  $t$  期同步交易時段 (9:03 AM ~ 1:30 PM) 的指數現貨報酬率。

$\ln VOL_t$ ：第  $t$  期同步交易時段 (9:00 AM ~ 1:30 PM) 的指數現貨交易量對數值。

表 4 陳列以現貨市場開盤前選擇權提前交易時段 (8:45 ~ 9:00 AM) 的隱含波動率 ( $OEXISD_t$ ) 為應變數的估計結果。控制變數中前一交易日選擇權市場延長交易時段的隱含波動率 ( $CEXISD_{t-1}$ ) 與當日選擇權市場提前交易時段的隱含波動率有顯著的正向關係，表示兩額外交易期間市場波動的情況一致。而前一交易日的期貨報酬 ( $FCEXTR_{t-1}$ ) 與美股 NASDAQ 指數現貨報酬 ( $NASADR_{t-1}$ ) 之係數皆顯著為正，隱含前一交易日延長交易時段期貨報酬和前一日美國現貨報酬較高時，均會促使資訊交易者在隔日選擇權提前交易時段有較積極的操作，因而出現較大的波動。另外三個有關交易量的解釋變

數：前一交易日的期貨交易量 ( $FCEXVOL_{t-1}$ )、選擇權交易量 ( $OCEXVOL_{t-1}$ )，以及美股指數現貨交易量 ( $NASVOL_{t-1}$ ) 之係數皆為顯著，表示選擇權提前交易時段的隱含波動率與前一交易日現貨收盤後的資訊流量多寡有關。最後，與模型一相同，模型二條件變異方程式中的參數皆顯著，表示非線型模型的設定適當，其中  $\gamma$  的估計係數亦顯著，代表未預期的隱含波動率訊息對  $OEXISD_t$  的變異影響具不對稱性。

## (二) 選擇權現貨非同步交易時段的資訊內涵對現貨市場的影響

模型三旨在探討非同步交易時段的選擇權資訊內涵與隔夜現貨報酬的關係，模型四則延伸至資訊內涵對現貨開盤後不同期間報酬率的影響，估計結果分別列於表 5 與表 6。

根據表 5，實證結果發現選擇權市場前一交易日延長交易期間的資訊內涵 ( $\hat{\mu}_{t-1}$ ) 對隔夜現貨報酬 ( $SOVER_t$ ) 的影響不顯著，但選擇權市場當日提前交易期間的隱涵資訊 ( $\hat{\nu}_t$ ) 與隔夜現貨報酬則呈顯著的負相關，表示現貨市場開盤前選擇權市場所隱藏私有資訊愈大 (小)，現貨隔夜報酬愈小 (大)。選擇權市場的私有資訊可以視為市場的波動或不確定性，因此前述結果表示在現貨開盤前擁有此私有資訊者因市場的不確定性會傾向於負面的觀點，進而採取保守或看空賣出的策略，導致開盤後現貨股價 (隔夜報酬) 下降。另一方面，前一交易日現貨市場收盤後的選擇權資訊內涵對隔夜報酬影響不顯著的原因，可能是該影響係已透過當日提前交易時段反應出來，也就是  $\hat{\nu}_t$  已包含  $\hat{\mu}_{t-1}$  提供的有用資訊。此外，控制變數前一交易日的現貨交易量 ( $\ln VOL_{t-1}$ ) 之係數顯著為正，隱含前一交易日的資訊流量較大時，隔夜現貨報酬會顯著提高，亦表示此變數為合適的控制變量。再者，前一日延後收盤期間的期貨報酬 ( $FCEXTR_{t-1}$ ) 與當日提前開盤交易的期貨報酬 ( $FOEXTR_t$ ) 之係數皆顯著為正，隱含前一交易日延長交易和當日提早交易之期貨市場報酬較高時，將顯著提高隔夜現貨報酬。以上  $FCEXTR_{t-1}$  與  $FOEXTR_t$  於模型三 (模型四亦同) 的功能乃在於分別剔除  $\hat{\mu}_{t-1}$  與  $\hat{\nu}_t$  中與期貨報酬相關的訊息，藉以單純保留選擇權市場的資訊內涵，而能與過去文獻針對期貨市場的研究有所區別。

最後，觀察條件變異方程式的估計結果，發現前一交易日選擇權市場的資訊內涵變異 ( $\hat{\mu}_{t-1}^2$ ) 與選擇權市場當日提前交易期間的資訊內涵變異 ( $\hat{\nu}_t^2$ ) 對隔夜現貨報酬變異均具解釋力，且影響方向相同。事實上，條件變異方程式中的所有變數皆為顯著，表示非線性模型的設定是合適的。

表4 模型二的估計結果

變數	係數	估計值	標準誤	z-statistic
Constant	$C_0$	-0.1607***	0.0233	-6.9104
$CEXISD_{t-1}$	$C_1$	0.8490***	0.0155	54.7725
$FCEXTR_{t-1}$	$C_2$	1.3211***	0.0074	8.4092
$FCEXVOL_{t-1}$	$C_3$	-0.2565***	0.0105	-4.2369
$OCEXVOL_{t-1}$	$C_4$	0.0089***	0.0024	3.6541
$NASADR_{t-1}$	$C_5$	0.0019***	0.0047	6.0621
$NASVOL_{t-1}$	$C_6$	0.0063***	0.0015	4.2017
Constant	$\omega$	-0.0590***	0.0152	-3.8906
GARCH (1)	$\alpha$	1.0035***	0.0032	11.7971
ARCH (1)	$\beta$	0.1545***	0.0131	14.3204
LEV (1)	$\gamma$	-0.1669***	0.0117	-17.8127
Log-Likelihood		1177.77		
Likelihood ratio		378.03***		

註：1. 模型設定如下：

$$CEXISD_t = C_0 + C_1 CEXISD_{t-1} + C_2 FCXVOL_{t-1} + C_3 FCXTR_{t-1} + C_4 OCEXVOL_{t-1} + C_5 NASADR_{t-1} + C_6 NASVOL_{t-1} + v_t$$

$$\ln h_t = \omega + \alpha \ln h_{t-1} + \beta \frac{|v_{t-1}|}{\sqrt{h_{t-1}}} + \gamma \frac{v_{t-1}}{\sqrt{h_{t-1}}}$$

\*\*\*、\*\*、\* 分別代表參數在 1%、5%、10% 顯著水準下異於 0。

2. 變數定義如下：

$OEXISD_t$ ：第  $t$  期提前開盤非同步交易時段 (8:45 ~ 9:00 AM) 的選擇權隱含波動率。

$CEXISD_{t-1}$ ：第  $t-1$  期延後收盤非同步交易時段 (1:30 ~ 1:45 PM) 的選擇權隱含波動率。

$FCXVOL_{t-1}$ ：第  $t-1$  期延後收盤非同步交易時段 (1:30 ~ 1:45 PM) 期貨交易量佔當天總交易量的比例。

$FCXTR_{t-1}$ ：第  $t-1$  期延後收盤非同步交易時段 (1:30 ~ 1:45 PM) 的期貨報酬。

$OCEXVOL_{t-1}$ ：第  $t-1$  期延後收盤非同步交易時段 (1:30 ~ 1:45 PM) 的選擇權交易量對數值。

$NASADR_{t-1}$ ：第  $t-1$  期美國 NASDAQ 指數現貨報酬率。

$NASVOL_{t-1}$ ：第  $t-1$  期美國 NASDAQ 指數現貨交易量對數值。

表 5 模型三的估計結果

變數	係數	估計值	標準誤	z-statistic
Constant	$C_0$	-0.0301***	0.0201	-7.9991
$\hat{\mu}_{t-1}$	$C_1$	-0.0064	0.0147	-0.4320
$\hat{v}_t$	$C_2$	-0.0323***	0.0063	-5.0891
$\ln VOL_{t-1}$	$C_3$	0.0019***	0.0013	3.0789
$FCEXTR_{t-1}$	$C_4$	0.4713***	0.0037	9.8229
$FOEXTR_t$	$C_5$	0.2702***	0.0057	4.1968
Constant	$\omega$	-0.6766***	0.0201	-5.4590
GARCH (1)	$\alpha$	0.9587***	0.0097	5.3660
ARCH (1)	$\beta$	0.1862***	0.0310	2.8519
LEV (1)	$\gamma$	-0.0231***	0.0256	-9.3374
$\mu_{t-1}^2$	$\delta_1$	4.9175***	2.0836	2.9601
$\mu_t^2$	$\delta_2$	10.8675***	2.3833	4.5597
Log-likelihood	2328.24			
Likelihood ratio	288.68***			

註：1. 模型設定如下：

$$SOVER_t = C_0 + C_1\hat{\mu}_{t-1} + C_2\hat{v}_t + C_3 \ln VOL_{t-1} + C_4 FCEXTR_{t-1} + C_5 FOEXTR_t + \varepsilon_t$$

$$\ln h_t = \omega + \alpha \ln h_{t-1} + \beta \frac{|\varepsilon_{t-1}|}{\sqrt{h_{t-1}}} + \gamma \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sqrt{h_{t-1}}} + \delta_1 \hat{\mu}_{t-1}^2 + \delta_2 \hat{v}_t^2$$

\*\*\*、\*\*、\* 分別代表參數在 1%、5%、10% 顯著水準下異於 0。

2. 變數定義如下：

$SOVER_t$ ：第  $t$  期隔夜現貨報酬。

$\hat{\mu}_{t-1}$ ：第  $t-1$  期現貨市場收盤後，透過選擇權市場揭露的資訊內涵，取自於模型一未預期隱含波動率的估計值。

$\hat{v}_t$ ：第  $t$  期現貨市場開盤前，透過選擇權市場揭露的資訊內涵，取自於模型二未預期隱含波動率的估計值。

$\ln VOL_{t-1}$ ：第  $t-1$  期同步交易時段 (9:00 AM ~ 1:30 PM) 的指數現貨交易量對數值。

$FCEXTR_{t-1}$ ：第  $t-1$  期延後收盤非同步交易時段 (1:30 ~ 1:45 PM) 的期貨報酬。

$FOEXTR_t$ ：第  $t$  期提前開盤非同步交易時段 (8:45 ~ 9:00 AM) 的期貨報酬。



表6 模型四的估計結果

變數	係數	應變數：現貨市場開盤至 $\tau$ 分鐘的區間報酬率			
		$\tau = 3$	$\tau = 6$	$\tau = 9$	$\tau = 15$
Constant	$C_0$	-0.0250*** (0.0037)	-0.0236*** (0.0050)	-0.0225*** (0.0058)	-0.0177*** (0.0068)
$\hat{\mu}_{t-1}$	$C_1$	-0.0023 (0.0017)	-0.0020 (0.0025)	-0.0018 (0.0035)	-0.0016 (0.0045)
$\hat{v}_{t-1}$	$C_2$	-0.0194*** (0.0011)	-0.0163*** (0.0017)	-0.0144*** (0.0021)	-0.0094*** (0.0025)
$\ln VOL_{t-1}$	$C_3$	0.0017*** (0.0002)	0.0016*** (0.0003)	0.0015*** (0.0004)	0.0012*** (0.0004)
$FCEXTR_{t-1}$	$C_4$	0.4515*** (0.0291)	0.3796*** (0.0442)	0.2752*** (0.0518)	0.2423*** (0.0656)
$FOEXTR_t$	$C_5$	0.2623*** (0.0309)	0.2533*** (0.0481)	0.2486*** (0.0510)	0.2299*** (0.0700)
Constant	$\omega$	-0.6595*** (0.1435)	-0.6553*** (0.1320)	-0.5582*** (0.0972)	-0.4824*** (0.1056)
$GARCH(1)$	$\alpha$	0.9519*** (0.0125)	0.9526*** (0.0115)	0.9691*** (0.0079)	0.9696*** (0.0081)
$ARCH(1)$	$\beta$	0.1802*** (0.0428)	0.1691*** (0.0369)	0.1441*** (0.0276)	0.1374*** (0.0315)
$LEV(1)$	$\gamma$	-0.0188*** (0.0232)	-0.0171*** (0.0237)	-0.0100*** (0.0196)	-0.0091*** (0.0234)
$\hat{\mu}_{t-1}^2$	$\delta_1$	3.9033 (2.8554)	3.3173 (2.7220)	2.5428 (2.2406)	2.1267 (2.0096)
$\hat{v}_t^2$	$\delta_2$	10.8188*** (2.4048)	10.3725*** (2.4795)	9.5258*** (1.9511)	8.7486*** (1.9705)
Log-likelihood		2644.65	2731.18	2814.99	2987.16
Likelihood ratio		282.59***	258.52***	241.87***	236.96***

註：模型設定如下：

$$STRADR_{t,\tau} = C_0 + C_1\hat{\mu}_{t-1} + C_2\hat{v}_t + C_3 \ln VOL_{t-1} + C_4 FCEXTR_{t-1} + C_5 FOEXTR_t + \varepsilon_t$$

$$\ln h_t = \omega + \alpha \ln h_{t-1} + \beta \frac{|\varepsilon_{t-1}|}{\sqrt{h_{t-1}}} + \gamma \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sqrt{h_{t-1}}} + \delta_1 \hat{\mu}_{t-1}^2 + \delta_2 \hat{v}_t^2$$

\*\*\*、\*\*、\* 分別代表參數 1%、5%、10% 顯著水準下異於 0。() 括弧內為標準誤。變數定義： $STRADR_{t,\tau}$  為現貨市場開盤 (9:03 AM) 起，至第  $\tau$  分鐘的現貨報酬，其中  $\tau = 3、6、9、15、30、60、90、120$  分鐘；其他變數定義與表 5 註相同。

表 6 模型四的估計結果 (續)

變數	係數	應變數：現貨市場開盤至 $\tau$ 分鐘的區間報酬率			
		$\tau = 30$	$\tau = 60$	$\tau = 90$	$\tau = 120$
Constant	$C_0$	-0.0099 (0.0084)	-0.0091 (0.0100)	-0.0086 (0.0123)	-0.0074 (0.0139)
$\hat{\mu}_{t-1}$	$C_1$	-0.0014 (0.0055)	-0.0011 (0.0075)	-0.0010 (0.0085)	-0.0010 (0.0091)
$\hat{v}_{t-1}$	$C_2$	-0.0046 (0.0027)	-0.0026 (0.0035)	0.0006 (0.0041)	-0.0005 (0.0045)
$\ln VOL_{t-1}$	$C_3$	0.0007 (0.0008)	0.0004 (0.0007)	0.0006 (0.0008)	0.0003 (0.0009)
$FCEXTR_{t-1}$	$C_4$	0.1301 (0.0886)	0.1110 (0.1056)	0.0665 (0.1197)	0.0660 (0.1318)
$FOEXTR_t$	$C_5$	0.2181 (0.0887)	-0.2087 (0.1106)	0.1861 (0.1226)	0.1683 (0.1336)
Constant	$\omega$	-0.4291*** (0.1672)	-0.3559*** (0.1761)	-0.3523*** (0.2379)	-0.3022*** (0.1950)
GARCH (1)	$\alpha$	0.9269*** (0.0135)	0.9325*** (0.0140)	0.9410*** (0.0180)	0.9607*** (0.0132)
ARCH (1)	$\beta$	0.1369*** (0.0369)	0.1226*** (0.0354)	0.1106*** (0.0453)	0.1094*** (0.0416)
LEV (1)	$\gamma$	-0.0108*** (0.0256)	-0.0075*** (0.0232)	-0.0095*** (0.0341)	0.0086*** (0.0281)
$\hat{\mu}_{t-1}^2$	$\delta_1$	1.5983 (2.1832)	1.3566 (2.1806)	1.0416 (3.4127)	1.0226 (3.1617)
$\hat{v}_t^2$	$\delta_2$	8.1036*** (1.9241)	7.7779*** (1.7495)	7.0423*** (2.8146)	7.0106*** (2.2237)
Log-likelihood		3178.14	3306.35	3387.72	3661.57
Likelihood ratio		226.95***	216.69***	207.60***	205.91***

註：模型設定如下：

$$STRADR_{t,\tau} = C_0 + C_1\hat{\mu}_{t-1} + C_2\hat{v}_t + C_3 \ln VOL_{t-1} + C_4 FCEXTR_{t-1} + C_5 FOEXTR_t + \varepsilon_t$$

$$\ln h_t = \omega + \alpha \ln h_{t-1} + \beta \frac{|\varepsilon_{t-1}|}{\sqrt{h_{t-1}}} + \gamma \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sqrt{h_{t-1}}} + \delta_1 \hat{\mu}_{t-1}^2 + \delta_2 \hat{v}_t^2$$

\*\*\*、\*\*、\* 分別代表參數 1%、5%、10% 顯著水準下異於 0。( ) 括弧內為標準誤。變數定義： $STRADR_{t,\tau}$  為現貨市場開盤 (9:03 AM) 起，至第  $\tau$  分鐘的現貨報酬，其中  $\tau = 3、6、9、15、30、60、90、120$  分鐘；其他變數定義與表 5 註相同。

表 6 為非同步交易時段的資訊內涵對隔日現貨開盤後不同期間報酬影響的估計結果，模型的應變數為現貨市場上午 9:03 開盤後 3、6、9、15、30、60、90、120 分鐘等的現貨報酬 ( $STRADR_{t,\tau}$ )。實證結果發現，前一交易日較現貨市場晚 15 分鐘收盤的選擇權資訊內涵 ( $\hat{\mu}_{t-1}$ ) 對所有區間報酬率的影響皆不顯著，此結果與模型三中對隔夜報酬的影響相同；反觀當日較現貨市場早開盤 15 分鐘的選擇權資訊內涵 ( $\hat{\nu}_t$ )，在  $\tau \leq 15$  時的係數均為顯著負值，此亦與模型三中對隔夜報酬的影響相同。但有趣的是， $\hat{\nu}_t$  的影響幅度與顯著性隨  $\tau$  之增加而下降，且在  $\tau \geq 30$  時所有資訊內涵的係數皆不顯著，此意味著當日選擇權提早開盤時段的資訊內涵會持續影響現貨市場開盤後的表現，但影響程度隨交易時間的延長，資訊內涵價值也逐漸減少而消失；整體看來，影響期間少於 30 分鐘。其他影響現貨開盤後各區間報酬的解釋變數，包括前一交易日的現貨交易量 ( $\ln VOL_{t-1}$ )、前一交易日延後收盤的期貨報酬 ( $FCEXTR_{t-1}$ )，以及當日提前開盤的期貨報酬 ( $FOEXTR$ ) 等，其係數之顯著性亦與不同期間有關，當  $\tau \leq 15$  時係數皆顯著為正，但同樣地其影響幅度與顯著性皆亦隨著  $\tau$  增加而下降，當  $\tau \geq 30$  時現貨交易量與非同步交易時段期貨報酬的係數皆不顯著。進一步與 Cheng et al. (2004) 非同步交易時段期貨報酬對現貨開盤後各區間報酬的影響程度相比較，發現本文的結果顯示有較大之影響幅度。

另外值得注意的是，對於 (6.2) 式 EGARCH (1,1) 的估計結果發現，相較於對報酬率的影響，非同步交易時段的資訊內涵對隔日開盤後現貨市場報酬波動性的影響不盡相同。根據表 6，當日提前交易時段的選擇權資訊內涵變異 ( $\hat{\nu}_t^2$ ) 對報酬波動性的影響仍顯著，影響幅度雖隨時間增加而略微下降，但其顯著性不會隨時間遞延而消失；而前一交易日選擇權資訊內涵變異 ( $\hat{\mu}_{t-1}^2$ ) 對現貨報酬波動性的影響則同樣不具顯著性。

## 肆、結論

臺指選擇權市場的開盤時間較臺指現貨市場早，而收盤時間則較臺指現貨市場晚，此延長交易時間的機制提供資訊交易者在標的物市場無交易的時間裡仍可透過衍生性商品市場反應私有資訊。本文透過非同步交易時段選擇權市場的分析，揭露來自選擇權市場對預測指數現貨市場的隔夜報酬與開盤後現貨報酬的有效資訊。假設選擇權非同步交易時段的資訊內涵藏於選擇權隱含波動率之中，本文利用二階段實證模型的设计，首先分別擷取現貨市場收盤後選擇權市場延長交易時段，以及現貨市場開盤前選擇權市場提早交易時段的資訊內涵，並以之為解釋變數，探討這些延長交易時段的資訊內涵對現貨隔夜報酬與現貨市場開盤後各時段報酬的影響。

實證結果發現，隔夜現貨報酬的確會受到當日選擇權市場提前開盤時段資訊內涵 ( $\hat{\nu}_t$ ) 的影響。此影響效果為負向，表示投資人對於現貨開盤前的選擇權市場私有資訊，傾向於對此不確定性採取負面的反應，導致開盤後現貨的股價 (隔夜報酬) 較低；

但另一方面，隔夜現貨報酬與前一交易日選擇權市場延長交易時段的資訊內涵 ( $\hat{\mu}_{t-1}$ ) 則無顯著關連，可能的原因是越接近現貨開盤時間的資訊內涵包含前一交易日的有用資訊越多，因而取代後者的預測價值。本文同時發現，當日選擇權市場提前開盤時段的資訊內涵 ( $\hat{\nu}_t$ ) 會持續影響當日現貨開盤後的表現至少 15 分鐘，但其影響效果與顯著性皆會隨時間的延長，因資訊內涵逐漸成為公開資訊而減少。關於後續的研究，可以考慮臺灣以外的市場進行分析；也可以進一步設計選擇權交易策略，實證是否能利用選擇權市場私有資訊來賺取顯著的利潤。

# Information Content of Nonsynchronous Trading for Taiwan Stock Index Options

---

I-Yuan Chuang, Professor, Department of Finance, National Chung Cheng University

Jing-Yi Lai, Associate Professor, Department of Finance, National Chung Cheng University

Ya-Ching Wang, Ph.D. Candidate, Department of Finance, National Chung Cheng University

Ai-Jie Xue, Master, Department of Finance, National Chung Cheng University

## Purpose / Objective

Many stock exchanges around the world open and close their futures/options and spot markets at different times, which is known as nonsynchronous or extended trading. For example, the Taiwan Futures Exchange (TAIFEX) opens 15 minutes earlier in the morning session and closes 15 minutes later in the afternoon session compared to the underlying spot market. Such extended trading hours may provide informed traders and/or institutional investors with valuable information for their use in speculative/arbitrage activities. The information content of extended futures trading has long been an interesting subject in literature. Hiraki et al. (1995) examined the Osaka Nikkei 225 futures and showed that extended trades contained useful private information to predict spot returns on the following days. Extending the model of Hiraki et al. (1995), Cheng et al. (2004) investigated the Hong Kong futures market and found that information extracted from extended trading helped to explain the cash returns of subsequent trading sessions.

To the best of our knowledge, current research related to information content of nonsynchronous trading focuses exclusively on the futures markets (Chang et al., 1995; Hiraki et al., 1995; Ho and Lee, 1998; Chan et al., 2003; Cheng et al., 2004). Limited efforts have been made to test similar issues on option markets. A possible reason is that option contracts are more complicated than futures by nature. In particular, there exist different contracts trading at the same time, that is, calls/puts, moneyness and time to maturities for the same underlying. This complexity makes option trading strategies far more sophisticated in practice. Under the circumstances, to propose a single variable which encompasses all useful information about option markets appears to be a hard task. In this article, an implied volatility, which is the volatility implied from option prices based on the Black (1976) model, is considered to serve the above stated purpose. The implied volatility stands for the price risk of securities that the contract is written on. The existence of the influence on its cash returns has been fully discussed in financial literature. It therefore seems sensible to employ the implied volatility as a statistical measure in our paper to depict how market

participants react to the market information after the cash market closes and before it opens, which presumably will further influence the spot returns on the following days.

Studies on the relation between option-implied volatilities and the underlying returns have been well documented in financial literature. Most research, however, is conducted using synchronous, as opposed to nonsynchronous, data. For example, Simon (1997) and Davidson et al. (2001) investigated futures/options on the long-term bond market and S&P 500 index futures options, respectively; both of their empirical results find significant relations between implied volatilities and spot returns. Fleming et al. (1995) also showed that significant and asymmetric relations exist between Volatility Index (VI) and index returns in CBOE. In the Taiwan market, Chuang et al. (2009) compared the forecasting ability of various volatility models, including historical and implied volatility models. It is evident from their study that implied volatility models outperform historical volatility models. Kuo et al. (2009) also argued that implied volatilities have better forecasting ability under both in-sample and out-of-sample analysis. All of these empirical findings lead us to believe that the implied volatility is a good proxy for capturing information about options.

### **Design / Methodology / Approach**

The intraday data used for our empirical modeling, ranging from 2008/1/2 to 2010/12/31, are collected from the TEJ (Taiwan Economic Journal) database and TAIFEX. We restrict our sample to near-to-maturity contracts which are most actively traded in the markets. For better liquidity, we also excluded options that (1) mature in less than a week, (2) are traded less than three times a day, and (3) violate arbitrage bounds. As a result, we gathered 7,634,250 call options and 6,897,220 put options. Furthermore, since some of the constituent stocks may have no trades during the first few minutes after the market opens, known as the stale quote problem, we use the index value at 9:03 a.m. as the opening price in our analysis.

The study is done by three major steps as follows. First, we extract option-implied volatilities based on the Black model, coupled with the nonlinear least squared approach developed by Beckers (1981) and Whaley (1982). The reason why we adopt the Black model instead of the Black-Scholes model is because the former does not require the dividend input in calculating implied volatilities, which saves us from the cumbersome estimation of continuous dividend yields and thus reduces extra biases. More importantly, during the spot pre-open (8:45 ~ 9:00 a.m.) and post-close (1:30 ~ 1:45 p.m.) sessions there are no spot

prices available to quote, making the Black-Scholes model inapplicable in finding the implied volatilities. Nonetheless, since using the Black model will incorporate futures information when estimating the implied volatilities, we need to carefully control the impacts from the futures markets in our later analysis in order to distinguish the contribution of options from futures.

Next, we use a two-stage procedure as in Hiraki et al. (1995) and Cheng et al. (2004) to retrieve information content from extended trades. At stage one, we extract private information for nonsynchronous options trading periods, including pre-open and post-close sessions separately, using regressions with EGARCH models. The specification of EGARCH is preferred to GARCH in that it is capable of capturing asymmetries in the second-moment. The unexpected components from the regressions are defined as the nonsynchronous information content. At the second stage, we investigate whether the information content of extended trades helps to explain the spot returns during normal trading hours. We first run a regression analysis on the overnight spot returns (SOVER) on the innovations previous estimated at stage one. Then we examine the persistent effects of the above information content on the spot returns (STRADR) under different time intervals in normal trading hours of the subsequent trading days. Control variables selected to filter out external impacts include trading volumes, futures returns and NASDAQ returns, etc.

## Findings

Our empirical results indicate that the nonsynchronous information content from pre-open and post-close sessions have different impacts on index returns. Specifically, overnight index returns will be negatively associated with the information of pre-open sessions in the options market. This finding suggests that when the amount of private information increases, investors might react negatively in pre-open trading sessions, which consequently reduces the overnight returns. On the other hand, no relation between overnight returns and the information of post-close sessions in options market is detected. The reason that post-close trades are less informative is possibly because information-driven trades have been prevalent during the pre-open sessions.

We also find that the information content from the pre-open sessions has a persistent effect over 15 minutes on index returns during the following trading days. To be more specific, the impacts decrease as time intervals extend. After the first 15 minutes in regular hour sessions, the effect of the given information quickly diminishes, suggesting that when

private information gradually becomes public, its value is reduced accordingly as time passes.

### **Research Limitations / Implications**

Since it is difficult to extract first-moment information content from various option contracts that are traded simultaneously for the same underlying, this paper utilizes the implied volatility as a proxy to capture the information content from option markets. The estimate of option-implied volatility, however, is model-dependent. That is, different models will entail different measures. We suggest employing alternative models for further studies.

### **Originality / Contribution**

Many other exchanges around the world also open and close their futures/options and spot markets at different times. In particular, by opening earlier and/or closing later than the spot markets, futures/options exchanges may be able to provide additional information for informed traders. However, the significant body of research for information content of nonsynchronous trading has focused on futures market. To our understanding, this paper contributes to the literature as the first study to investigate this underscored issue on option markets.

Given that option trading volumes are far larger than those of futures contracts, it justifies making a research effort to investigate option markets. Moreover, since option payoffs are nonlinear functions, investors possess a number of options strategies that are not available from futures contracts. Traders with private information may want to exploit their advantage through option markets. In this article, it is assumed that implied volatilities contain useful information about the options market. We study the impacts of nonsynchronous trading information on the overnight spot returns and interval returns during subsequent trading days. Unlike previous research, this study focuses on the relation between returns and implied volatilities. Our results indicate that pre-open trading contains useful information in explaining subsequent index returns up to 15 minutes during the trading day. Since our tests are confined to the samples from Taiwan's option/futures market, it would be interesting to examine samples from different regions/countries as well.



## 參考文獻

- 郭維裕、陳威光、陳鴻隆與林信助，2009，動態隱含波動度模型：以臺指選擇權為例，*期貨與選擇權學刊*，2卷2期：47-90。(Kuo, Wei-Yu, Chen, Wei-Kuang, Chen, Hung-Lung, and Lin, Shinn-Juh. 2009. Dynamic implied volatility functions in Taiwan options market. *Journal of Futures and Options*, 2 (2): 47-90.)
- 莊益源、蔡宗閔與賴振耀，2009，波動率模型之預測、評價與避險—以臺指選擇權為例，*證券市場發展季刊*，21卷2期：69-118。(Chuang, I-Yuan, Tsai, Tsung-Min, and Lai, Cheng-Yao. 2009. Forecasting, pricing and hedging of volatility models: The case of Taiwan index option. *Review of Securities and Futures Markets*, 21 (2): 69-118.)
- Ap Gwilym, O., and Buckle, M. 1997. Forward-forward volatilities and the term structure of implied volatility. *Applied Economics Letters*, 4 (5): 325-328.
- Beckers, S. 1981. Standard deviations implied in option prices as predictors of future stock price variability. *Journal of Banking and Finance*, 5 (3): 363-381.
- Black, F. 1976. The pricing of commodity contracts. *Journal of Financial Economics*, 3 (1-2): 167-179.
- Chan, K. C., Cheng, L. T. W., and Lung, P. P. 2003. Moneyiness and the response of the implied volatilities to price changes: The empirical evidence from HSI option. *Pacific-Basin Finance Journal*, 11 (4): 527-553.
- Chang, E. C., Jain, P. C., and Locke, P. R. 1995. Standard and Poor's 500 index futures volatility and price changes around the New York Stock Exchange close. *Journal of Business*, 68 (1): 61-84.
- Cheng, T. W., Jiang, L., and Ng, W. Y. 2004. Information content of extended trading for index futures. *Journal of Futures Markets*, 24 (9): 861-886.
- Chiras, D. P., and Manaster, S. 1978. The information content of option prices and a test of market efficiency. *Journal of Financial Economics*, 6 (2-3): 213-234.
- Davidson, W. N., Kim, J. K., Ors, E., and Szakmary, A. 2001. Using implied volatility on options to measure the relation between asset returns and variability. *Journal of Banking and Finance*, 25 (7): 1245-1269.
- Fleming, J., Ost diek, B., and Whaley, R. E. 1995. Predicting stock market volatility: A new measure. *Journal of Futures Markets*, 15 (3): 265-302.
- Foster, F., and Viswanathan, S. 1990. A theory of the interday variation in volume, variance, and trading costs in securities markets. *Review of Financial Studies*, 3 (4): 593-624.

- French, K., and Roll, R. 1986. Stock return variances: The arrival of information and the reaction of traders. *Journal of Financial Economics*, 17 (1): 5-26.
- Hiraki, T., Maberly, E. D., and Takezawa, N. 1995. The information content of end-of-the-day index futures returns: International evidence from the Osaka Nikkei 225 futures contract. *Journal of Banking and Finance*, 19 (5): 921-936.
- Ho, R. Y. K., and Lee, R. S. K. 1998. Market closure effects on return, volatility, and turnover patterns in the Hong Kong index futures market. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 8 (3): 433-451.
- Latané, H. A., and Rendleman, R. J. 1976. Standard deviations of stock price ratios implied in option prices. *Journal of Finance*, 31 (2): 369-381.
- Lauterbach, B., and Schultz, P. 1990. Pricing warrants: An empirical study of the Black-Scholes model and its alternatives. *Journal of Finance*, 45 (4): 1181-1209.
- Nelson, D. B. 1991. Conditional heteroskedasticity in asset returns: A new approach. *Econometrica*, 59 (2): 347-370.
- 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 August 23, 1976 through August 31, 1978. *Journal of Finance*, 40 (2): 455-480.
- Simon, D. P. 1997. Implied volatility asymmetries in treasury bond futures options. *Journal of Futures Markets*, 17 (8): 873-885.
- Whaley, R. E. 1982. Valuation of American call options on dividend-paying stocks: Empirical tests. *Journal of Financial Economics*, 10 (1): 29-58.

## 作者簡介

### \* 莊益源

Case Western Reserve University 博士，現任中正大學財金系教授，專長為衍生性商品，財務風險管理。

### 賴靖宜

Michigan State University 博士，現任中正大學財金系副教授，專長為財務計量。

### 王雅晴

國立中正大學財金系博士生，專長為衍生性商品相關實證。

### 薛愛潔

國立中正大學財金系碩士生，專長為選擇權實證。

---

作者感謝兩位匿名審查委員非常建設性的建議。

\* E-mail: finiy@ccu.edu.tw

