

# 國立交通大學

財務金融研究所碩士班

碩士論文

價格限制下選擇權價格發現功能探討

— 台灣認購權證市場之分析

Research for Option Price Discovery Function Under Price Limit in  
Taiwan Derivative Warrants Market

研究生：蕭奕融

指導教授：鍾惠民 副教授

中華民國九十三年六月

# 價格限制下選擇權價格發現功能探討

## — 台灣認購權證市場之分析

Research for Option Price Discovery Function Under Price Limit in Taiwan  
Derivative Warrants Market

研究生：蕭奕融

Student：I-Jung Hsiao

指導教授：鍾惠民

Advisor：Huimin Chung

國立交通大學



A Thesis

Submitted to Graduate Institute of Finance  
College of Management  
National Chiao Tung University  
in partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of  
Master  
of  
Science in Finance

June 2004

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十三年六月

# 價格限制下選擇權價格發現功能探討

## — 台灣認購權證市場之分析

研究生：蕭奕融

指導教授：鍾惠民

國立交通大學財務金融研究所

### 摘要

目前學術上對於價格限制機制的影響看法分歧，大部分的研究採取事件研究方法來探討價格限制前與價格限制後股票的價格行為，但是此種方法有著解釋上的問題，因此，本文透過研究價格限制期間，認購權證與標的股票的價格、隱含波動度、交易量來探討價格限制機制的影響，並且以日內交易資料進行研究，避免結算價格資料(settlement data)可能會有非同步(non-synchronous)的問題，進而得到以下之結論：

1. 使用 CR-IVF 估計波動度，帶入 Black-Scholes 方程式的確可以對單純型認購權證提供一個良好評價方法。
2. 當標的股票受到價格限制機制的影響時，認購權證在特定條件下確可提供價格發現的功能，部分時候價格限制機制可避免過度反應資訊的情況發生，但有時候卻延遲了股票價格對於新資訊的反應，而百分比買賣價差較大的認購權證價格發現能力較差。
3. 當認購權證透露出標的股票受價格限制是延遲反應的訊息時，標的股票有發生波動度移轉的現象，而當認購權證透露出標的股票受價格限制是過度反應的訊息時，標的股票並未發生波動度移轉的現象。
4. 當標的股票受到價格限制機制的影響時，研究結果支持交易量會從股票市場移轉到認購權證市場的交易量移轉假設。

# Research for Option Price Discovery Function Under Price Limit in Taiwan Derivative Warrants Market

Student : I-Jung Hsiao

Advisor : Huimin Chung

Institute of Finance

National Chiao Tung University

## Abstract

Researchers have diverse opinions on price limitation mechanism in the current academic field. Most of the study of price limitation uses event-study-type methodology, which adopts the price behavior before and after the price limitation, which has problem on explanation. Therefore, our research uses the data of two related markets (security market and warrant market) to study the effect of price limitation mechanism. It could avoid the problem of event-study-type methodology. And instead of using end-of-day settlement data, we introduce options transactions data to mitigate the problems like non-synchronicity between stocks and warrant prices. Some conclusions are as below,

1. Applying the volatility estimated of CR-IVF method to Black-Scholes equation is indeed a good pricing method for vanilla warrants.
2. When the underlying stock price is affected by price limitation mechanism, warrants can provide the function of price discovery under certain criteria. Price limitation mechanism can avoid overreaction, but sometimes delays the reaction to new information. The warrants with greater percentage spread are less able to provide the function of price discovery.
3. In the view of implied volatility, there is a shift in volatility when the warrant reveals the delay-reaction signal. Contrarily, when the warrant reveals the over-reaction signal, there is no migration of volatility.
4. When the underlying stock price is affected by some limited mechanism, Our results support the migration of trading volume hypothesis that the trading volume will transfer to warrant market from stock market.

# 誌 謝

首先感謝我的指導老師鍾惠民副教授，在這兩年期間悉心的指導並不時解答我的疑問，還有李正福所長不時的鞭策與鼓勵，給予我壓力與信心順利完成這兩年的碩士生涯，並且體會到求知的樂趣；此外，感謝生活中週遭的朋友以及約會的對象們，是你們讓我的生活除了研究之外更憑添了許多樂趣、刺激與挑戰，由於要感謝的人太多了，族繁不及備載，那就謝天吧；最後僅將此篇論文獻給我最敬愛的父母。



# 目 錄

中文摘要	.....	i
英文摘要	.....	ii
誌謝	.....	iii
目錄	.....	iv
圖目錄	.....	v
表目錄	.....	vi
<b>第一章</b>	<b>緒論</b> .....	1
<b>第二章</b>	<b>文獻探討</b> .....	4
第一節	價格限制與價格發現功能.....	4
第二節	價格限制對交易量與波動度的影響.....	4
第三節	選擇權定價模型.....	5
<b>第三章</b>	<b>資料選取與研究方法</b> .....	7
第一節	資料選取.....	7
第二節	定價模型與定價誤差的評估.....	7
第三節	延遲反應與過度反應假設的檢驗.....	9
第四節	價格發現能力的穩健性分析.....	11
第五節	波動度移轉假設的檢驗.....	11
第六節	交易量移轉假設的檢驗.....	12
<b>第四章</b>	<b>實證結果與分析</b> .....	15
第一節	基本交易資料統計.....	15
第二節	定價誤差.....	15
第三節	延遲反應與過度反應假設的檢驗.....	16
第四節	波動度移轉假設的檢驗.....	20
第五節	交易量移轉假設的檢驗.....	21
<b>第五章</b>	<b>結論</b> .....	22
參考文獻	.....	24
附錄	.....	26

## 圖目錄

圖一	CR-IVF 估計波動度示意圖·····	8
圖二	價格限制時資料處理示意圖·····	10
圖三	價格限制期間與非價格限制期間累積交易量示意圖·····	12
圖四	延遲反應樣本的價格發現能力迴歸圖·····	17
圖五	延遲反應樣本中百分比買賣價差大於 0.2 的價格發現能力迴歸圖·····	17
圖六	延遲反應樣本中價格限制持續期間在 120 分鐘以上的價格發現能力迴歸圖··	18
圖七	過度反應樣本的價格發現能力迴歸圖·····	19
圖八	過度反應樣本中百分比買賣價差大於 0.2 的價格發現能力迴歸圖·····	19
圖九	過度反應樣本中價格限制持續期間在 10 分鐘以下的價格發現能力迴歸圖··	20



## 表 目 錄

表一	價格限制期間認購權證與標的股票交易資料基本統計表·····	27
表二	比較定價誤差表·····	27
表三	延遲反應樣本的價格發現能力迴歸模型參數檢驗表·····	28
表四	延遲反應樣本的價格發現能力穩健性分析表·····	28
表五	過度反應樣本的價格發現能力迴歸模型參數檢驗表·····	29
表六	過度反應樣本的價格發現能力穩健性分析表·····	29
表七	波動度移轉的假設檢驗表·····	30
表八	價格限制期間與非受價格限制期間交易量變化迴歸模型分析結果·····	31
表九	漲停、跌停與非價格限制期間交易量變化迴歸模型分析結果·····	32



# 第一章、緒論

由於台灣股票市場屬於淺碟型市場，股票價格較易產生劇烈的震盪，因此，台灣證券交易市場對於個股股價訂有每日 7% 的價格限制機制，主管機關設立此一限制的用意是預防價格超漲或超跌造成不理性的投資行為，所以設立了價格限制機制用來預防市場發生過度反應(over-reaction)資訊的情形與價格劇烈波動的產生，以維持股票市場的穩定性(Ma, Rao 與 Sears, 1989)，但是，學術上對於價格限制的影響看法分歧，部分研究結果指出價格限制會干擾交易影響市場價格發現的過程(Kim 與 Rhee, 1997)、並且存在著交易量移轉的現象(Evans 與 Mahoney, 1997; Hall 與 Kofman, 2001)，因此，台灣證券交易市場 7% 的價格限制機制一方面也可能使市場延遲反應(delay-reaction)資訊。



台灣自 1997 年開放認購權證市場以來，交易日趨熱絡，認購權證發行量也屢創新高，而在 7% 的價格限制機制下，台灣認購權證市場相對於證券市場擁有較大的價格變化空間<sup>1</sup>，因此，本研究主要是想要探討當認購權證的標的物價格接觸到當日價格限制時，認購權證市場對於股票市場是否有替代效果，在標的物價格受到價格限制的干擾時，認購權證是否能夠提供價格發現的功能。

首先，我們衡量認購權證評價模型的模型誤差，試圖找到可精確評價認購權證價格的評價模型，透過此評價模型，將標的物遇上價格限制時的認購權證價格代入評價模型，反求此時認購權證的隱含標的物價格，將此價格視為價格限制時認購權證市場對於標的股票所透露的訊息，並以此訊息檢驗認購權證對於標的物打開價格限制後的價格是否提供有效的價格發現功能(price discovery function)。

---

<sup>1</sup>假設A股票前一日收盤價為 100 元，則當天A股票的價格限制為上下  $100 \times 7\% = 7$  元，A股票漲停價格為  $100 + 7 = 107$ ，跌停價格為  $100 - 7 = 93$ ，B權證漲停價格為  $20 + 7 = 27$ ，跌停價格為  $20 - 7 = 13$ ，對於認購權證來說，價格限制為  $7/20 = 35\%$ ，因此，台灣認購權證市場相對於證券市場擁有較大的價格變化空間。

接著，本研究針對價格限制的有效性進行研究，先前關於價格限制有效性的研究，面臨了無法觀察到在沒有價格限制下，股票均衡價格的問題，理論上，若認購權證市場具有足夠的效率性，則當標的物股價遇到價格限制時，認購權證市場應可確切反應若標的物未受到價格限制時應有的均衡價格，即認購權證市場具有良好的價格發現功能，則可適切解決傳統對於價格限制研究所面臨無法觀察在沒有價格限制下，股票均衡價格的問題，進而探討價格限制對於股票價格的影響。

若價格限制延遲反應(delay-reaction)股票真實的均衡價格，則市場上股票的供給與需求便會失衡，只有等到價格限制打開後才能達到均衡，如此，價格限制打開後，價格的波動度預期會顯著變大；反之，若價格限制阻止過度反應(over-reaction)的發生，則價格限制打開後，市場上價格的波動度預期不會有顯著改變。此外，當股票市場的交易受到價格限制的干擾時，認購權證市場相對擁有較大的價格變化空間可以反應均衡價格，因此，本文也試圖研究在價格限制期間，股票市場與認購權證市場間交易量變化的情形，希望藉此探討價格限制期間是否存在交易量移轉(migration of trading volume)的現象。

在本研究當中，採用 2001/8/6~2003/2/19 期間可在認購權證市場上交易且未發放現金股利的單純型認購權證共 100 支，利用其日內(intra-day)交易資料，探討認購權證在價格限制期間的價格發現功能與認購權證市場對於股票市場的替代效果。

本研究有別於一般採用事件研究法去檢驗股票在遇上價格限制之前與之後的價格行為(Harris, 1998)，而是採用證券市場與權證市場這兩個市場具有高度相關的特性，來解決股票價格序列相關的問題(Chen, 1998; Lehman, 1989)，並且以日內交易資料進行研究，解決了結算價格的資料(settlement data)可能會有非同步(non-synchronous)的問題。

第一章為緒論，說明研究動機、目的、範圍及研究架構。第二章為文獻探討，分別說明目前關於價格限制研究的困難點、價格限制對交易量與波動度的影響以及採用不同選擇權評價模型所造成的誤差。第三章為研究方法，說明此研究的資料選取過程、模型誤差的評估、延遲反映的假設檢驗、過度反映的假設檢驗、價格發現能力的穩健性分析、波動度移轉與交易量移轉的檢驗。第四章將資料經由第三章所提到的研究方法進行實證研究，並依據實證出來的結果進行分析工作。第五章依據第四章的分析結果做出本篇研究的結論。



## 第二章、 文獻探討

### 第一節 價格限制與價格發現功能

Hall 與 Kofman (2001) 調查世界上主要的衍生性商品交易所(derivatives exchanges)，發現其中三分之二使用價格限制的管制，這些管制主要是使用在農業衍生性商品(agricultural derivatives)。Ma, Rao 與 Sears (1989)認為價格限制可避免市場對於基礎價格訊號(fundamental price signals)的過度反應(over-reaction)，因此，價格限制也許會加強價格發現的功能。Kim 與 Rhee (1997)的對於 1989 年至 1992 年間東京股票交易所(Tokyo Stock Exchange)的股價日資料進行研究，發現價格限制會影響價格變動的連續性(delayed price discovery hypothesis)，而且在價格限制後的隔日交易活動會增加(交易干擾假說，trading interference hypothesis)，經歷過價格限制的期間，股票的波動度也會增加(波動度移轉假說，volatility spillover hypothesis)。

除了期貨市場之外，價格限制也普遍的存在於證券市場<sup>2</sup>，但是目前對於價格限制對市場所帶來的影響所知卻是不多，Harris (1998)指出，由於無法觀察如果市場不存在價格限制時會是什麼樣的情形，因此衡量價格限制影響的完美方法並不存在。大部分關於這方面的研究都是使用事件研究法去檢驗股票在遇上價格限制之前與之後的價格行為，這樣的研究方法有著解釋上的問題，因為股票價格行為普遍被認為是序列相關的(Chen, 1998; Lehman, 1989)。

### 第二節 價格限制對交易量與波動度的影響

Berkman 與 Steenbeek (1998)的研究指出，日經股票指數期貨契約(Nikkei stock index futures contract)可同時於大阪證券交易所(Osaka Securities Exchange, OSE)與新加

---

<sup>2</sup>除了台灣之外，證券市場存在價格限制有：澳洲、比利時、法國、義大利、日本、韓國、馬來西亞、墨西哥、荷蘭、西班牙、瑞士與泰國(Roll, 1989, 與Kim與Limpaphayom, 2000)。

坡國際金融交易所(Singapore International Monetary Exchange, SIMEX)進行交易，當在 OSE 的日經股票指數期貨受到價格限制時，將導致交易量移轉到未受限制的 SIMEX。Ma, Rao 與 Sears (1989)發現價格限制對於美國國庫券期貨的波動度有緩和的影響，Lee, Ready 與 Seguin (1994)研究 1988 年在紐約證券交易所發生交易暫停(trading halts)的股價資料，發現交易暫停後該支股票的波動度與交易量都有增加的現象。Evans 與 Mahoney (1997)對美國棉花市場(U.S. cotton market)的檢驗證實交易量確實由一個受價格限制的市場(棉花期貨市場)移轉到另一個相關卻未受價格限制的市場(棉花期貨選擇權市場)。

Hall 與 Kofman (2001)的研究指出當衍生性市場(derivatives market)受到價格限制時，其價格發現的功能會移轉到另一個相關且未受限制的衍生性市場，他們將研究樣本分成暫時性限制的間隔(temporary-limit interval)與鎖死的限制間隔(locked-limit interval)，對於前者，價格只是受到暫時性的限制，當價格落在可容許的範圍之內，交易會在同一個交易日內繼續進行；對於後者，在同一日內交易會就此中斷，直到下一個交易日價格限制移動後才開始交易。只有鎖死限制的間隔(locked-limit interval)的樣本中才有價格發現移轉與隱含波動度增加的現象。

### 第三節 選擇權定價模型

Amin 與 Morton (1994)比較不同模型對於歐洲美元期貨選擇權(Eurodollar futures option)契約的評價，他們計算契約的隱含波動度，然後用這些隱含波動度為隔天的契約訂價。平均而言，他們每天訂價了 18.5 個契約，平均來說只會有 1.5~2 個基點(basis point)的絕對誤差。

Dumas、Fleming與Whaley (1998)對於IVF模型(implied volatility function model)的時間間隔提供了一個最完整的測試，發現IVF模型確可提供良好的波動度估計，但當IVF模型被使用在某一特定時間點，並用來評價一個禮拜後的選擇權，會出現顯著的

誤差。Hull與Suo (2002)的研究指出，無論選用何種選擇權定價模型，例如：Black-Scholes 方程式、CEV(constant elasticity volatility)模型、或隨機波動(stochastic volatility)模型，如果同時使用CR-IVF (continual recalibration implied volatility function)模型<sup>3</sup>估計波動度，則選用不同的選擇權定價模型所造成的定價誤差就與標的資產價格路徑相關性<sup>4</sup>(degree of path dependence)有關，例如：複合選擇權(compound option)在Black-Scholes假設下，使用CR-IVF 模型(continual recalibration implied volatility function) 估計波動度進行定價、避險，其效果與隨機波動(stochastic volatility)模型無顯著差異，但由於障礙選擇權(barrier option) 比複合選擇權有更高的路徑相關性(degree of path dependence)，因此，在Black-Scholes假設下，使用CR-IVF model估計波動度進行定價、避險，其效果與隨機波動(stochastic volatility)模型存在顯著差異，所以模型誤差所造成的模型風險較為顯著，因此，對於單純選擇權(plain vanilla option)來說，無論是Black-Scholes 方程式、CEV(constant elasticity volatility) 模型或其他任何模型，只要使用CR-IVF 模型估計波動度，則定價與避險的效果皆沒有明顯的差異。



在Chang、Chung與Wang (2003)對於受到價格限制與流動性不佳時的選擇權評價研究中，採用Black-Scholes模型與考慮價格限制後的修正模型，評估價格限制對於選擇權理論價格的影響，發現當標的股價的報酬波動率增加時，Black-Scholes模型與修正模型的定價誤差便會增大，也就是價格限制對於選擇權價值的影響增強。而當到期期間增長，價格限制對於選擇權價值的影響並不會隨之增加，尤其當到期期間大於半年時，價格限制對於選擇權價值的影響便會趨於穩定。一般而言，由於市場上發行的認購權證到期期間比選擇權到期期間為長，所以，這個結果對於認購權證在受到價格限制下的評價問題顯得更為重要。另外，此研究也同時指出，由於台灣價格限制定為7%，當標的物股價報酬波動度超過50%時，價格限制對選擇權價值才有較大的影響。

<sup>3</sup>若一個模型每日或以更為頻繁的次數進行調整(recalibration)則稱之為“continual recalibration” (CR)模型。

<sup>4</sup>在此路徑相關性(degree of path dependence)定義為：計算選擇權最終報酬(payload)時，標的物價格路徑必須被觀察的次數。

## 第三章、 資料選取與研究方法

### 第一節 資料選取

由台灣經濟新報收集 2001/8/6~2003/02/19 期間於台灣證券交易所可進行交易的單純型認購權證共 166 支，但由於台灣認購權證為美式買權，持有人可以要求提前履約，但由於無法預測各家公司實際發放股利的時間點與金額大小，因此在實際評價時會遇到困難；所幸台灣認購權證對於股利有保護機制，根據推導一得知，認購權證在發放股票股利後，價格不變，契約沒有提前履約的必要；在發放現金股利後，認購權證價值變小，因此有提前履約的可能，據此，本研究將樣本期間 166 支認購權證剔除其中有發放現金股利的 66 支認購權證，剩下 100 支於樣本期間標的股票只發放股票股利的認購權證做為本研究的樣本。收集其日內(intra-day)交易資料，以及這些認購權證標的股票的日內交易資料，將標的股票遇到價格限制時的時間、價格、成交量資料篩選出來，並觀察同一時間認購權證的價格，另外，關於一般認購權證評價所必須考量股權稀釋(the impact of dilution)的問題，由於台灣認購權證是由券商自行發行，因此，並不會有股權稀釋的問題。

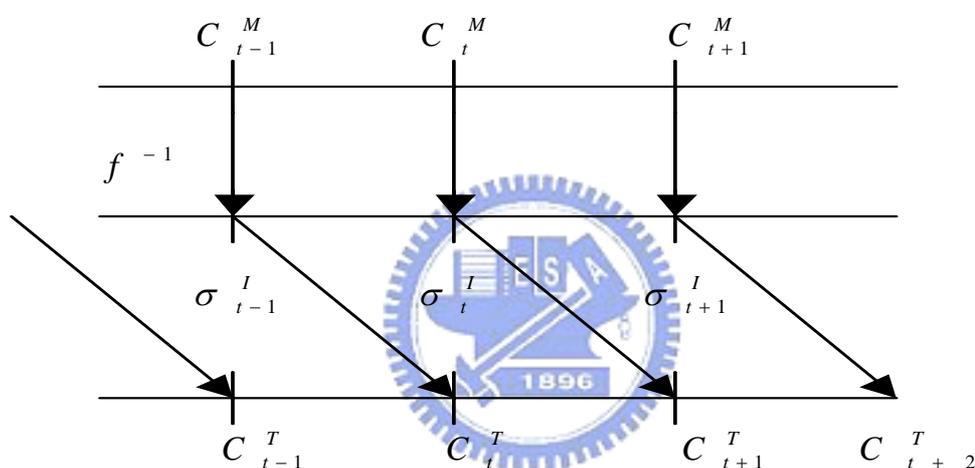
Hall 與 Kofman (2001)認為若其中一個市場的交易量不大時，使用結算價格的資料(settlement data)可能會有非同步(non-synchronous)的問題，因此本研究使用日內交易資料進行研究，並由於本研究必須同時觀察股票市場與認購權證市場價格變化的情形，因此，本研究將所取得的日內交易資料篩選成五分鐘報價資料。

### 第二節 定價模型與定價誤差的評估

#### a.定價模型

如前所述，台灣單純型認購權證為美式選擇權，在股利保護機制下，認購權證其

標的股票若有發放股票股利，則契約價值在發放股利前與發放股利後契約價值不變，也就是沒有提前履約的必要，因此，本研究使用Black-Scholes 選擇權評價模型(1973)對 100 支沒有發放現金股利的認購權證進行定價。關於波動度的估計方面，如圖一所示，採用CR-IVF模型，由前一期(t-1 期)的隱含波動度  $\sigma_{t-1}^{implied} = f^{-1}(S_{t-1}, K, r, T, C_{t-1}^M, d)$  來估計波動度  $\sigma_{t+1}^I$ <sup>5</sup>， $C_t^M$  代表認購權證在t時間點的市場價格， $S_t$  代表標的物在t時間點的價格、 $K$  代表履約價、 $T$  代表到期期間、 $r$  代表年利率、 $d$  代表股票股利，據此計算出 100 支認購權證在時間點t的理論價格序列  $C_t^T = f(S_t, K, r, T, \sigma_{t-1}^{implied}, d)$ 。



圖一、CR-IVF 估計波動度示意圖

## b.定價誤差評估

在計算出認購權證的理論價值之後，接下來本研究拿市場上的成交價格進行驗證，並計算評價模型的百分比定價誤差(Pricing Error)，即  $error_t = \frac{C_t^T - C_t^M}{C_t^M}$ ，來評估此評價模型的適用度。

為了瞭解不同的標的物特性、認購權證的流通性與定價誤差之間的關係，本研究

<sup>5</sup>此一做法即假設波動度在非常短的時間內的改變不大，所以將t-1 期的隱函波動度作為t期的波動度的估計值。

按照 1. 產業別分類為電子工業與非電子工業<sup>6</sup>；2. 標的股價的年波動度(以日結算價計算報酬率波動度)大小；3. 認購權證市場上報價的百分比買賣價差

$$percentage\_spread_t = \frac{ask_t - bid_t}{(ask_t + bid_t)/2}$$

對認購權證進行分類，比較其定價誤差。

### 第三節 延遲反應與過度反應假設的檢驗

延遲反應的假設(delay-reaction hypothesis)認為若價格限制會延遲反應真實價格，則價格限制打開後的標的物價格，將會朝原先的方向繼續反應。相反的，過度反應的假設(overreaction hypothesis)認為若價格限制能有效的避免價格過度反應的情形，則在價格限制打開後的標的物價格將會出現反轉的情形。如圖二所示，為了對這個兩個假設進行檢驗，假設標的股價在時間點t受到價格限制，價格限制持續期間為l單位<sup>7</sup>，本研究將在樣本資料中標的物遇上價格限制時的價格 $S_{t+l-1}^H$ 與認購權證價格 $C_{t+l-1}^M$ ，帶入Black-Scholes方程式的反函式計算出隱含價格<sup>8</sup>

$$S_{t+l-1}^{implied} = f^{-1}(C_{t+l-1}^M, K, r, T, \sigma_{t-1}^{implied}, d)$$

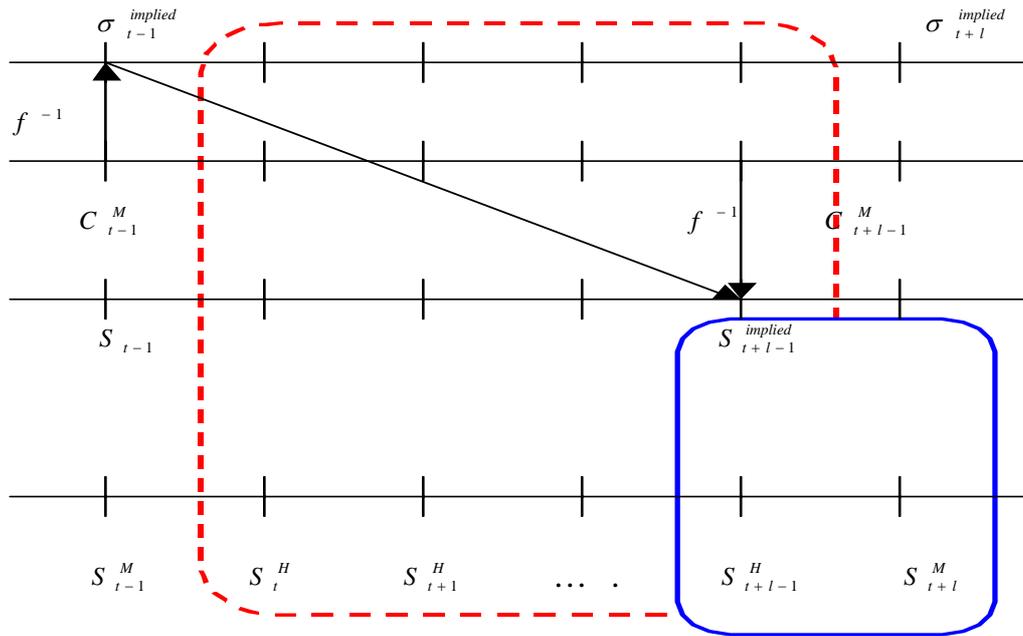
並根據以下準則將樣本分類成兩組資料：

1. 延遲反應樣本：漲停時 $S_{t+l-1}^{implied} > S_{t+l-1}^H$ ，隱含價格大於受上限的價格，或跌停時 $S_{t+l-1}^{implied} < S_{t+l-1}^H$ ，隱含價格小於受下限的價格，篩選出符合條件的價格資料。
2. 過度反應樣本：漲停時 $S_{t+l-1}^{implied} < S_{t+l-1}^H$ ，隱含價格大於受上限的價格，或跌停時 $S_{t+l-1}^{implied} > S_{t+l-1}^H$ ，隱含價格小於受下限的價格，篩選出符合條件的價格資料。

<sup>6</sup> 標的股票證券代碼前兩碼為 23、24、30、32、33、49、54、61、62、80 者，產業別為電子工業，其餘為非電子工業。

<sup>7</sup> 每一個時間間隔單位為五分鐘。

<sup>8</sup> 採用二分法(bisection method)計算Black-Scholes方程式的反函式。



圖二、價格限制時資料處理示意圖

如果認購權證市場提供了有效的價格發現功能，則隱含價差  $S_{t+l-1}^{implied} - S_{t+l-1}^H$  與價格限制打開後的實際價差  $S_{t+l}^M - S_{t+l-1}^H$  會存在關聯性， $S_{t+l}^M$  代表價格限制打開後的市場價格， $\beta$  代表隱含價差  $S_{t+l-1}^{implied} - S_{t+l-1}^H$  預測實際價差  $S_{t+l}^M - S_{t+l-1}^H$  的能力。

本研究使用下列的迴歸式(1)來檢驗以上的假設：

$$S_{t+l}^M - S_{t+l-1}^H = \alpha + \beta \times (S_{t+l-1}^{implied} - S_{t+l-1}^H) + \varepsilon_t \dots \dots \dots (1)$$

$H_0: \alpha = 0, \beta = 0$  (認購權證市場對於價格限制打開後的標的物價格，並沒有價格發現功能)。

$H_1: \alpha \neq 0, \beta \neq 0$  (認購權證市場對於價格限制打開後的標的物價格，存在價格發現功能)。

如果  $S_{t+l-1}^{implied}$  完美的預期價格限制打開後的市場價格，則可以預期得到  $\alpha = 0$  與  $\beta = 1$ ，代表認購權證市場對於價格限制打開後的標的物價格，提供了有效的價格發現功能。

#### 第四節 價格發現能力的穩健性分析

本研究設立五個篩選標準進行認購權證市場價格發現功能結果的穩健性分析：

1. 產業別分類為電子工業與非電子工業。
2. 標的股價的年波動度(以日結算價計算報酬率波動度)大小。
3. 市場上報價的百分比買賣價差：

$$percentage\_spread_t = \frac{ask_t - bid_t}{ask_t + bid_t / 2}$$

4. 採用市場的顯性交易成本---隱含價差  $S_{t+l-1}^{implied} - S_{t+l-1}^H$  作為門檻值，根據不同的隱含價差對樣本進行篩選，隱含價差越大有可能代表此一認購權證透露訊息越強，則價格發現功能越好。
5. 根據價格限制持續期間  $l$  設立門檻值，依不同的價格限制持續時間對樣本進行篩選。



然後將所篩選出的樣本進行過度反應的假設檢驗與延遲反應的假設檢驗，以探討認購權證市場價格發現功能的穩健性。

#### 第五節 波動度移轉假設的檢驗

先前之研究如 Hall 與 Kofman (2001)、Lee, Ready 與 Seguin(1994)發現價格限制後股票的波動度有增加的現象，而 Ma, Rao 與 Sears(1989)發現價格限制對於美國國庫券期貨的波動度有緩和的影響，對此，本研究透過價格限制前後認購權證的隱含波動度來討論價格限制前後波動度移轉(spillover of volatility)的問題，將標的股票受價格限制前，其認購權證的隱含波動度  $\sigma_{t-1}^{implied}$  與價格限制打開後其認購權證的隱含波動度

$\sigma_{t+l}^{implied}$  篩選出來，計算波動度變化百分比  $\frac{\sigma_{t+l-1}^{implied} - \sigma_{t-1}^{implied}}{\sigma_{t-1}^{implied}}$ ，並依照延遲反應假設與過度

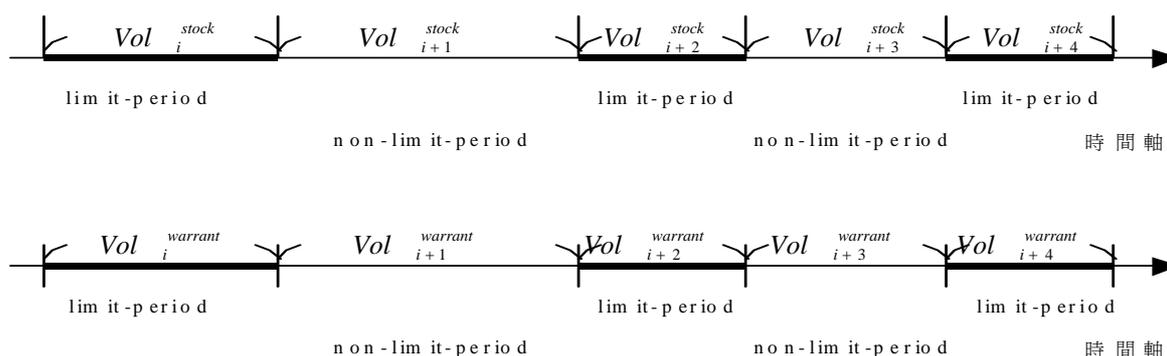
反應假設進行分類，根據下列之虛無假設與其對應假設進行波動度移轉假設的檢驗。

$H_0$ : 波動度變化百分比為零(價格限制後隱含波動度並無改變)。

$H_1$ : 波動度變化百分比不為零(價格限制後隱含波動度有改變)。

## 第六節 交易量移轉假設的檢驗

根據 Evans 與 Mahoney(1997)、Hall 與 Kofman(2001)的研究指出價格受到限制時，交易量會從一個受限制的市場轉移到另一個相關但是未受限制的市場，本研究試圖了解此交易量移轉的現象是否也存在於台灣股票市場與權證市場之間，如圖三，本研究將交易時間軸區分為受價格限制期間 (limit-period) 與非受價格限制期間 (non-limit-period) 兩種狀態，分別計算兩種狀態下標的股票的累積交易量  $Vol_i^{stock}$  與認購權證的累積交易量  $Vol_i^{warrant}$ ，由於本研究的研究樣本為 100 支認購權證，其標的股票不盡相同，成交量的特性也有所不同，因此必須將各自的累積成交量做一個標準化的動作：標準化的累積成交量(standardized cumulative volume, SCV)=累積成交量  $Vol_i$  / 日平均成交量(daily average volume)。



圖三 價格限制期間與非價格限制期間累積交易量示意圖

使用下列的迴歸式(2)來檢驗價格限制期間與非受價格限制期間，股票市場與權證市場間交易量變化的情形，並將價格限制期間的樣本區分為過度反應樣本、延遲反應

樣本，檢驗標的股價未受到價格限制時的交易量累積速度是否與過度反應樣本、延遲反應樣本的交易量累積速度相同：

$$SCV_i = \beta_1 D_{1,i} X_{1,i} + \beta_2 D_{2,i} X_{2,i} + \beta_3 D_{3,i} X_{3,i} + \varepsilon_i \cdots \cdots \cdots (2)$$

$$D_1 = \begin{cases} 1, & \text{未受價格限制} \\ 0, & \text{其它} \end{cases}, D_2 = \begin{cases} 1, & \text{受價格限制時的延遲反應樣本} \\ 0, & \text{其它} \end{cases}, D_3 = \begin{cases} 1, & \text{受價格限制時的過度反應樣本} \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$$

$H_0: \beta_1 = \beta_2$  (非受價格限制期間與受價格限制期間延遲反應樣本的 SCV 隨時間增加的速度相同)。

$H_1: \beta_1 \neq \beta_2$  (非受價格限制期間與受價格限制期間延遲反應樣本的 SCV 隨時間增加的速度不同)。

$H_0: \beta_1 = \beta_3$  (非受價格限制期間與受價格限制期間過度反應樣本的 SCV 隨時間增加的速度相同)。

$H_1: \beta_1 \neq \beta_3$  (非受價格限制期間與受價格限制期間過度反應樣本的 SCV 隨時間增加的速度不同)。



若價格未受到限制時虛擬變數  $D_1$  為 1，否則為 0；相反地，價格受到限制且為延遲反應樣本時虛擬變數  $D_2$  為 1，否則為 0，價格受到限制且為過度反應樣本時虛擬變數  $D_3$  為 1，否則為 0。 $X_{1,i}$  代表未受價格限制期間的長度， $X_{2,i}$  代表受價格限制時延遲反應樣本受價格限制期間的長度， $X_{3,i}$  代表受價格限制時過度反應樣本受價格限制期間的長度，長度單位為五分鐘。 $\beta_1$  代表未受價格限制時 SCV 累積的速度， $\beta_2$  代表受價格限制時延遲反應樣本 SCV 累積的速度， $\beta_3$  代表受價格限制時過度反應樣本 SCV 累積的速度。

另外我們使用類似的迴歸式(3)檢驗漲停、跌停與非價格限制期間，股票市場與權證市場間交易量變化的情形，檢驗未受到價格限制時的交易量累積速度是否與漲停、跌停時交易量累積速度相同：

$$SCV_i = \beta_1 D_{1,i} X_{1,i} + \beta_2 D_{2,i} X_{2,i} + \beta_3 D_{3,i} X_{3,i} + \varepsilon_i \dots\dots\dots(3)$$

$$D_1 = \begin{cases} 1, \text{未受價格限制} \\ 0, \text{其它} \end{cases}, D_2 = \begin{cases} 1, \text{受漲停的價格限制} \\ 0, \text{其它} \end{cases}, D_3 = \begin{cases} 1, \text{受跌停的價格限制} \\ 0, \text{其它} \end{cases}$$

$H_0: \beta_1 = \beta_2$  (非受價格限制期間與漲停期間的 SCV 隨時間增加的速度相同)。

$H_1: \beta_1 \neq \beta_2$  (非受價格限制期間與漲停期間的 SCV 隨時間增加的速度不同)。

$H_0: \beta_1 = \beta_3$  (非受價格限制期間與跌停期間的 SCV 隨時間增加的速度相同)。

$H_1: \beta_1 \neq \beta_3$  (非受價格限制期間與跌停期間的 SCV 隨時間增加的速度不同)。

若價格未受到限制時虛擬變數  $D_1$  為 1，否則為 0；相反地，價格受到限制且為漲停時虛擬變數  $D_2$  為 1，否則為 0，價格受到限制且為跌停時虛擬變數  $D_3$  為 1，否則為 0。 $X_{1,i}$  代表未受價格限制期間的長度， $X_{2,i}$  代表受價格限制且為漲停時受價格限制期間的長度， $X_{3,i}$  代表受價格限制且為跌停時受價格限制期間的長度，長度單位為五分鐘。 $\beta_1$  代表未受價格限制時 SCV 累積的速度， $\beta_2$  代表受價格限制且為漲停時 SCV 累積的速度， $\beta_3$  代表受價格限制且為跌停時 SCV 累積的速度。

## 第四章、實證結果與分析

### 第一節 基本交易資料統計

表一為價格限制期間認購權證與標的股票交易資料的基本統計表，在樣本資料期間共收集到 3968 個受價格限制樣本，其中受價格限制時，認購權證有交易量的樣本為 2292 個(57.76%)，平均日交易量為 254.46 張；標的股票有交易量的樣本為 2532 個(63.81%)，平均日交易量為 7322 張。漲停時認購權證與標的股票的成交量個數與平均日交易量皆明顯高於跌停時的成交量個數與平均日交易量。

### 第二節 定價誤差

由於本文以 Black-Scholes 方程式反求在標的物價格受到限制時，認購權證所隱含的標的物價格，將此價格視為價格限制時認購權證市場對於標的股票所透露的訊息，因此，若定價誤差太大，則所反求之認購權證隱含的標的物價格將受到質疑，因此，本研究先計算各別權證之定價誤差，如表二所示，在全部 100 支認購權證樣本中有 3 支認購權證在樣本期間平均百分比定價誤差的絕對值大於 0.05，有 7 支大於 0.01。依標的股票產業別來分類，非電子類股的分類個數百分比皆明顯大於電子類股(9.09%>0%、12.12%>4.48%)，代表非電子類股的認購權證出現定價誤差不好的情形比電子類股嚴重。依標的股價年波動度來分類，標的股價年波動度在 0.5 以下的分類個數百分比為 0%，標的股價年波動度介於 0.5 至 0.6 之間的分類個數百分比與標的股價年波動度大於 0.6 的分類個數百分比差不多。依認購權證的百分比買賣價差來分類，樣本期間平均百分比定價誤差絕對值較大的認購權證主要都集中在認購權證百分比買賣價差較大的分類上，尤其是認購權證百分比買賣價差大於 0.2 這項分類上，分類個數百分比為 40%，代表認購權證百分比買賣價差越大，定價誤差較大的比例較高，此時，定價誤差的產生原因就比較有可能是因為市場誤差(market error)而非模型誤差(model error)。

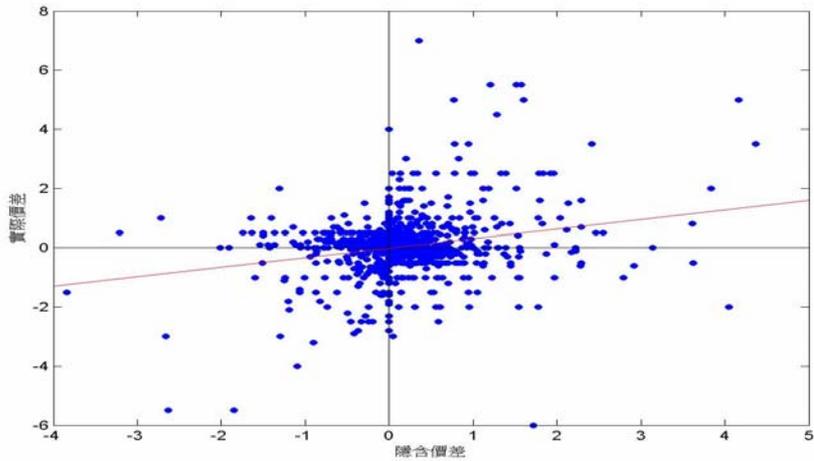
整體而言，使用 CR-IVF(continual recalibration implied volatility function)估計波動

度，帶入 Black-Scholes 方程式對單純型認購權證進行評價，在 100 支認購權證裡有 93 支樣本期間平均百分比定價誤差的絕對值小於 0.01，這代表使用 t-1 期的認購權證價格  $C_{t-1}^M$  所估算出來的隱含波動度  $\sigma_{t-1}^{implied}$ ，確可提供第 t 期認購權證理論價格  $C_t^T$  良好的波動度估計值  $\hat{\sigma}_t$ ，並能精確的對此一認購權證價格進行定價，此結果與 Hull 與 Suo (2002) 的研究結論一致。這個結果，對於本研究想要探討價格受到價格限制的影響是非常重要的，因為當標的股價碰到價格限制時，此一價格已受到干擾而無法反應出真實的均衡價格，但由於使用 CR-IVF 估計波動度的 B-S 評價模型提供了一個非常精確的評價方法，所以可將第 t 期的認購權證價格  $C_t^M$  帶入 B-S 定價模型的反函數，求取標的股價的隱含價格  $S_{t+l-1}^{implied} = f^{-1}(C_{t+l-1}^M, K, r, T, \sigma_{t-1}^{implied}, d)$ ，在認購權證市場具有效率性的假設下，我們可將此一隱含價格視為未受到干擾的均衡價格，以克服關於股票價格限制有效性的研究，面臨了無法觀察到在沒有價格限制下，股票均衡價格的問題。

### 第三節 延遲反應與過度反應假設的檢驗

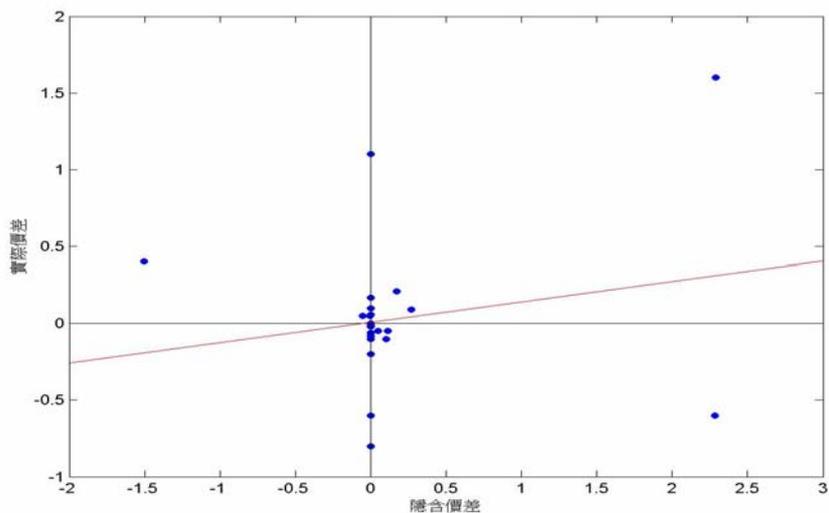
#### a. 延遲反應樣本價格發現能力的檢驗

如表三所示，100 支認購認購權證在樣本期間中，當標的股票受到價格限制時，有 1578 次認購權證透露出標的股票受價格限制是延遲反應的訊息，將平均百分比定價誤差絕對值大於 0.01 的樣本剔除掉，仍然有 1467 次認購權證透露出標的股票受價格限制是延遲反應的訊息，對此訊息做價格發現的檢驗， $\hat{\alpha} = -0.0131$  (p-value=0.5284)， $\hat{\beta} = 0.3219$  (p-value<0.0001)，調整過後的  $\bar{R}^2 = 0.0538$ ，在 1% 的顯著水準下，我們無法拒絕  $\alpha$  為 0，但可拒絕  $\beta$  為 0 的虛無假設，但是調整過後的  $\bar{R}^2$  不大，代表隱含價差可以部分預測價格限制打開後的實際價差，但是模型解釋能力並不高，見圖四。



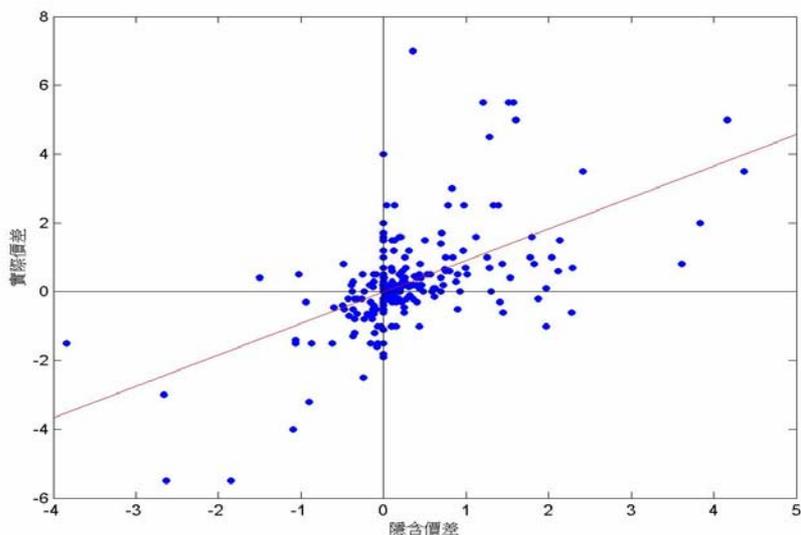
圖四 延遲反應樣本的價格發現能力迴歸圖

關於結果穩健性分析的部分，參考表四，比較值得注意的是”百分比買賣價差”與”價格限制持續期間”這兩個分類的結果。認購權證百分比買賣價差大於 0.2 的樣本，其價格發現的檢驗， $\hat{\alpha}=0.0073$  (p-value=0.8933)， $\hat{\beta}=0.1324$  (p-value=0.6475)，調整過後的  $\bar{R}^2=0.0104$ ，在 1% 的顯著水準下，我們無法拒絕  $\alpha$  為 0，也無法拒絕  $\beta$  為 0 的虛無假設，代表認購權證本身的”百分比買賣價差”過大時，其隱含價差無法預測價格限制打開後的實際價差，而模型解釋能力也不好，見圖五，由於百分比買賣價差代表著認購權證之流通性，這項結果也說明了流通性差之認購權證，價格發現功能也不好。



圖五 延遲反應樣本中百分比買賣價差大於 0.2 的價格發現能力迴歸圖

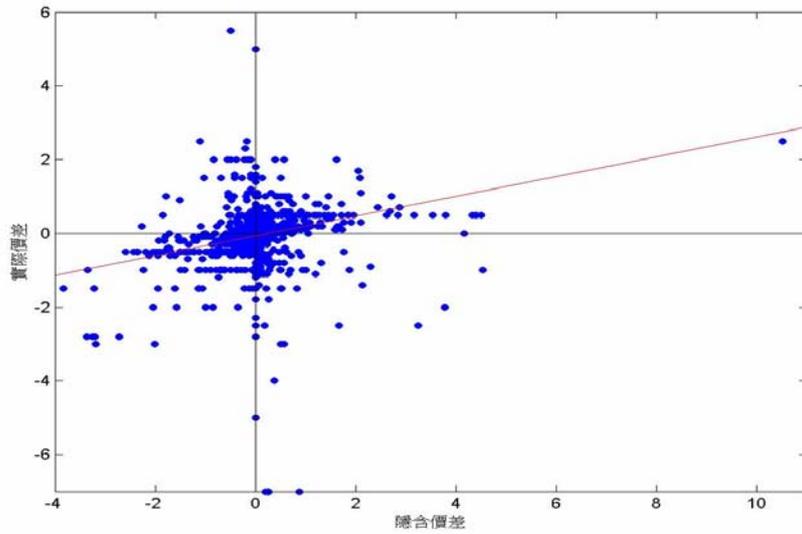
當價格限制持續期間越長則  $\hat{\beta}$  越大，調整過後的  $\bar{R}^2$  也越高，甚至當價格限制持續期間在 120 分鐘以上時， $\hat{\alpha} = -0.0025$  (p-value=0.9769)， $\hat{\beta} = 0.9139$  (p-value<0.0001) 非常接近 1，調整過後的  $\bar{R}^2$  高達 0.3105，代表當價格限制持續期間越長，隱含價差預測價格限制打開後的實際價差能力越好，而模型的解釋能力也隨之提高，見圖六。



圖六 延遲反應樣本中價格限制持續期間在 120 分鐘以上的價格發現能力迴歸圖

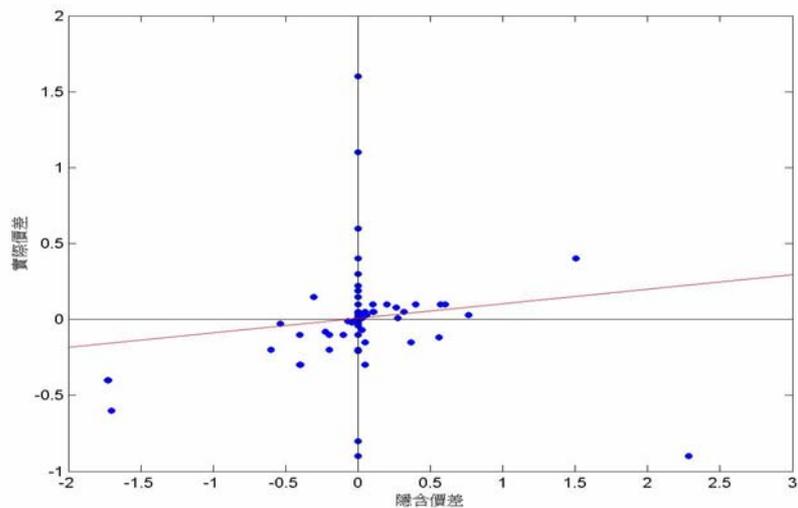
#### b. 過度反應樣本價格發現能力的檢驗

如表五所示，100 支認購權證在樣本期間中，當標的股票受到價格限制時，有 2390 次認購權證透露出標的股票受價格限制是過度反應的訊息，將平均百分比定價誤差絕對值大於 0.01 的樣本剔除掉，仍然有 2185 次認購權證透露出標的股票受價格限制是過度反應的訊息，對此訊息做價格發現的檢驗， $\hat{\alpha} = -0.0608$  (p-value=0.0000)， $\hat{\beta} = 0.2680$  (p-value<0.0001)，調整過後的  $\bar{R}^2 = 0.0765$ ，在 1% 的顯著水準下，我們拒絕  $\alpha$ 、 $\beta$  為 0 的虛無假設，但是調整過後的  $\bar{R}^2$  不大，代表隱含價差可以部分預測價格限制打開後的實際價差，但是模型解釋能力並不高，見圖七。



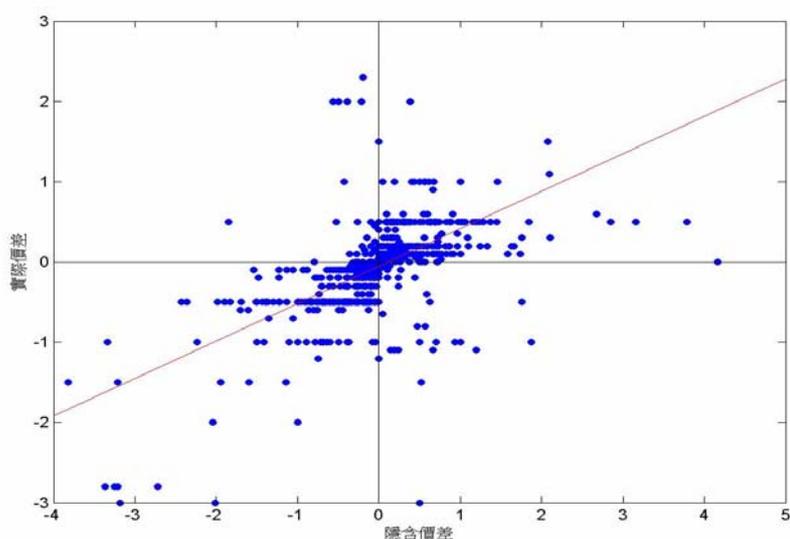
圖七 過度反應樣本的價格發現能力迴歸圖

關於結果穩健性分析的部分，見表六，比較值得注意的同樣也是”百分比買賣價差”與”價格限制持續時間”這兩個分類的結果。認購權證百分比買賣價差大於 0.2 的樣本，其價格發現的檢驗， $\hat{\alpha}=0.0083$  (p-value=0.7785)， $\hat{\beta}=0.0958$  (p-value=0.4566)，調整過後的  $\bar{R}^2=0.0123$ ，在 1% 的顯著水準下，我們無法拒絕  $\alpha$  為 0，也無法拒絕  $\beta$  為 0 的虛無假設，代表認購權證本身的”百分比買賣價差”過大時，其隱含價差無法預測價格限制打開後的實際價差，模型解釋能力也不好，見圖八。



圖八 過度反應樣本中百分比買賣價差大於 0.2 的價格發現能力迴歸圖

同樣地，在價格限制持續期間這個分類的結果也出現有趣的結果，只不過情況有些許不同，當價格限制持續期間在 10 分鐘以下時， $\hat{\alpha} = -0.0522$  (p-value < 0.0001)， $\hat{\beta} = 0.4669$  (p-value < 0.0001)，調整過後的  $\bar{R}^2$  高達 0.3757，但是當價格限制持續期間超過 10 分鐘時，模型解釋能力皆不好，代表當價格限制持續期間在 10 分鐘以下時，隱含價差有部分預測價格限制打開後的實際價差的能力，而模型的解釋能力也很好，見圖九。



圖九 過度反應樣本中價格限制持續期間在 10 分鐘以下的價格發現能力迴歸圖

#### 第四節 波動度移轉假設的檢驗

如表七所示，1467 個延遲反應樣本中，在 1% 的顯著水準下，檢定結果拒絕波動度變化百分比為零的虛無假設；而 2185 個過度反應樣本中，檢定結果無法拒絕波動度變化百分比為零的虛無假設。此檢驗結果意味著當認購權證透露出標的股票受價格限制是延遲反應的訊息時，從隱含波動度的觀點而言，標的股票有發生波動度移轉的現象，意即價格限制後標的股票的波動度高於價格限制前標的股票的波動度；而當認購權證透露出標的股票受價格限制是過度反應的訊息時，從隱含波動度的觀點而言，標的股票並未發生波動度移轉的現象，意即價格限制後標的股票的波動度與價格限制前

標的股票的波動度相同。

### 第五節 交易量移轉假設的檢驗

如表八所示，檢驗價格限制期間與非受價格限制期間，股票市場與權證市場間交易量變化的情形時，在 1% 的顯著水準下，檢定結果拒絕  $\beta_1^{warrant} = \beta_2^{warrant}$ 、 $\beta_1^{stock} = \beta_3^{stock}$ 、 $\beta_1^{warrant} = \beta_3^{warrant}$  的虛無假設，在 5% 的顯著水準下，檢定結果拒絕  $\beta_1^{stock} = \beta_2^{stock}$  的虛無假設，而認購權證的  $\hat{\beta}_1 < \hat{\beta}_2$ 、 $\hat{\beta}_1 < \hat{\beta}_3$ ，標的股票的  $\hat{\beta}_1 > \hat{\beta}_2$ 、 $\hat{\beta}_1 > \hat{\beta}_3$ ，意味著無論是延遲反應樣本抑或是過度反應樣本，受價格限制時認購權證 SCV 的累積速度大於未受價格限制時認購權證 SCV 的累積速度；相反的，受價格限制時標的股票 SCV 的累積速度小於未受價格限制時標的股票 SCV 的累積速度，代表當標的股票受價格限制時，標的股票的成交量比平時小，而認購權證的成交量卻比平時大，此一結果，可支持交易量移轉的假設。

如表九所示，檢驗漲停期間、跌停期間與非價格限制期間，股票市場與權證市場間交易量變化的情形時，在 1% 的顯著水準下，檢定結果拒絕  $\beta_1^{warrant} = \beta_2^{warrant}$ 、 $\beta_1^{stock} = \beta_3^{stock}$ 、 $\beta_1^{warrant} = \beta_3^{warrant}$  的虛無假設，在 5% 的顯著水準下，檢定結果拒絕  $\beta_1^{stock} = \beta_2^{stock}$  的虛無假設，而認購權證的  $\hat{\beta}_1 < \hat{\beta}_2$ 、 $\hat{\beta}_1 < \hat{\beta}_3$ ，意味著無論是價格限制為漲停抑或是跌停，受價格限制時認購權證 SCV 的累積速度大於未受價格限制時認購權證 SCV 的累積速度，然而，標的股票的  $\hat{\beta}_1 < \hat{\beta}_2$ 、 $\hat{\beta}_1 > \hat{\beta}_3$ ，代表價格限制狀態為漲停時，標的股票 SCV 的累積速度大於未受價格限制時標的股票 SCV 的累積速度，但是價格限制狀態為跌停時，標的股票 SCV 的累積速度小於未受價格限制時標的股票 SCV 的累積速度。代表當標的股票漲停時，標的股票的成交量比平時大，當標的股票跌停時，標的股票的成交量比平時小，意即股票市場在漲停與跌停時的交易量行為有很大的不同。

## 第五章、結論

使用 CR-IVF(continual recalibration implied volatility function)估計波動度，帶入 Black-Scholes 方程式的確可以對單純型認購權證提供一個良好評價方法，此結果與 Hull 與 Suo (2002)的研究結論一致，而認購權證百分比買賣價差越大，較可能發生定價誤差較大的情形，此時，定價誤差的產生原因就比較有可能是因為市場誤差(market error)而非模型誤差(model error)。

當認購權證透露出標的股票受價格限制是延遲反應的訊息時，隱含價差確實可以部分預測價格限制打開後的實際價差，隨著價格限制持續時間的增加，價格發現的能力便越好，表示此時的價格限制機制延遲了標的股票價格發現的功能；相反地，當認購權證透露出標的股票受價格限制是過度反應的訊息時，隱含價差也可以部分預測價格限制打開後的實際價差，尤其是價格限制持續時間在 10 分鐘以下時，隱含價差有預測價格限制打開後的實際價差的能力最好，表示此時的價格限制機制避免了標的股票發生過度反應(over-reaction)的情形，而百分比買賣價差對於認購權證的價格發現能力確實有影響，百分比買賣價差較大的權證價格發現能力較差。

關於價格限制前後波動度移轉的部分，當認購權證透露出標的股票受價格限制是延遲反應的訊息時，標的股票有發生波動度移轉的現象，意即價格限制後標的股票的波動度高於價格限制前標的股票的波動度；而當認購權證透露出標的股票受價格限制是過度反應的訊息時，標的股票並未發生波動度移轉的現象，意即價格限制後標的股票的波動度與價格限制前標的股票的波動度相同。此一結果跟 Hall 與 Kofman (2001)鎖死限制的間隔(locked-limit interval)才有隱含波動度增加的現象的結論一致。

關於價格限制時股票市場與權證市場間交易量移轉的部份，受價格限制時認購權證 SCV 的累積速度大於未受價格限制時認購權證 SCV 的累積速度；相反的，受價格限制時標的股票 SCV 的累積速度小於於未受價格限制時標的股票 SCV 的累積速度，代表當標的股票受價格限制時，標的股票的成交量比平時小，而認購權證的成交量卻比平時大，此一結果支持交易量移轉假設(migration of trading volume hypothesis)，並且

跟 Evans 與 Mahoney (1997)、Berkman 與 Steenbeek (1998)、Hall 與 Kofman (2001)的研究結果一致，而股票市場在同樣面臨價格限制時，漲停與跌停的交易量行為有很大的不同。



## 參考文獻

Amin, K.I., and A.J. Morton, "Implied volatility functions in arbitrage-free term structure models," *Journal of Financial Economics*, 35 (1994), 141-180.

Black, F., and M.S. Scholes, "The pricing of options and corporate liabilities," *Journal of Political Economy*, 81 (1973), 637-659.

Chang, C., H. Chung, and I. Wang, "Pricing options with price limit and market illiquidity," Working paper (2003), National Central University and National Chiao-Tung University.

Dumas, B., J. Fleming, and R.E. Whaley, "Implied volatility functions: empirical tests," *Journal of Finance*, 53 (1998), 2059-2106.

Evans, Joan, and J.M. Mahoney, "The effects of price limits on trading volume: a study of the cotton futures market," *Current Issues in Economics and Finance*, 3 (1997), 1-6.

Galai, D., and M. Schneller, "Pricing warrants and the value of the firm," *Journal of Finance*, 33 (1978), 1339-42.

Hall, A.D., and P. Kofman, "Regulatory tools and price changes in futures markets," *Australian Economic Papers* (2001), forthcoming.

Hall, A.D., P. KOFMAN, and S. Manaster, "Migration of price discovery with constrained futures markets," Working paper (2001), University of Technology, Sydney.

Harris, L., "Circuit breakers and program trading limits: what have we learned?," *Brookings-Wharton Papers on Financial Services* (1998), 17-63.

Hull, J., and W. Suo, "A methodology for assessing model risk and its application to the implied volatility function model," *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 37 (2002), 297-318.

Kim, K.A., and S.G. Rhee, "Price limit performance: evidence from the Tokyo Stock Exchange," *Journal of Finance*, 52 (1997), 885-901.

Lauterbach, B., and P. Schultz, "Pricing warrants: an empirical study of the Black-Scholes model and its alternatives", *Journal of Finance*, 45 (1990), 1181-1209.

Lee, C. M. C., M. J. Ready, and P. J. Seguin, “Volume, volatility, and New York Stock Exchange trading halts”, *Journal of Finance*, 49 (1994), 183-241.

Lehmann, B. N., “Commentary: volatility, price resolution, and the effectiveness of price limits”, *Journal of Financial Service Research*, 3 (1989), 205-209.

Ma, C. K., R. P. Rao and R. S. Sears, “Limit moves and price resolution: the case of treasury bond futures”, *Journal of Futures Markets*, 9 (1989), 321-335.



## 附錄

**推導一：**

有股利保護下選擇權定價模型推導：

S:標的物價格，K:履約價格，r:無風險報酬率， $\tau$ :到期期間， $\sigma$ ：報酬率波動度， $\lambda$ ：

執行比例，div：股利，C:選擇權理論價格，W：認購權證理論價格。

$$C_t = f(S_t, K, r, \tau, \hat{\sigma}_t) = S_t \Phi(d_1) - Ke^{-r\tau} \Phi(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln(S_t/K) + (r + \sigma^2/2)\tau}{\sigma\sqrt{\tau}} \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{\tau}$$

$$W = C * \lambda \quad (\text{未除權除息前 } \lambda = 1)$$

**發放股票股利：**

$$\lambda' = (1 + \text{div}), \quad S' = \frac{S}{(1 + \text{div})}, \quad K' = \frac{K}{(1 + \text{div})}, \quad C' = S' \Phi(d_1') - K' e^{-r\tau} \Phi(d_2')$$

$$d_1' = \frac{\ln(S'/K') + (r + \sigma^2/2)\tau}{\sigma\sqrt{\tau}} = d_1$$

$$d_2' = d_1' - \sigma\sqrt{\tau} = d_2$$

$$C' = S' \Phi(d_1') - K' e^{-r\tau} \Phi(d_2') = [S \Phi(d_1) - Ke^{-r\tau} \Phi(d_2)] / (1 + \text{div}) = C / (1 + \text{div})$$

$W' = C' * \lambda' = C * \lambda = W$  (發放股票股利後，認購權證價值不變，因此不會提前履約)

**發放現金股利：**

$$\lambda' = 1, \quad S' = \frac{S}{(1 + \text{div})}, \quad K' = \frac{K}{(1 + \text{div})}, \quad C' = S' \Phi(d_1') - K' e^{-r\tau} \Phi(d_2')$$

$$d_1' = \frac{\ln(S'/K') + (r + \sigma^2/2)\tau}{\sigma\sqrt{\tau}} = d_1$$

$$d_2' = d_1' - \sigma\sqrt{\tau} = d_2$$

$$C' = S' \Phi(d_1') - K' e^{-r\tau} \Phi(d_2') = [S \Phi(d_1) - Ke^{-r\tau} \Phi(d_2)] / (1 + \text{div}) = C / (1 + \text{div})$$

$W' = C' * \lambda' = \frac{C}{(1 + \text{div})} = \frac{W}{(1 + \text{div})}$  (發放現金股利後，認購權證價值變小，因此有提前

履約的可能)

【表一】 價格限制期間認購權證與標的股票交易資料基本統計表

	受價格限制樣本個數	價格限制期間有交易量個數	價格限制期間平均日交易量
認購權證		2292(57.76%)	254.46
標的股票	3968	2532(63.81%)	7322
	漲停個數	漲停期間有交易量個數	漲停期間平均日交易量
認購權證		1401(62.49%)	323.97
標的股票	2242	1507(67.22%)	9628.2
	跌停個數	跌停期間有交易量個數	跌停期間平均日交易量
認購權證		891(51.62%)	164.19
標的股票	1726	1025(59.39%)	4326.3

【表二】 比較定價誤差表

	分類	平均百分比定價	分類個數	平均百分比定價誤	分類個數	百分比定價誤	百分比定價誤	
	個數	誤差>0.05	的個數	百分比	差>0.01	的個數	百分比	
						差的平均數	差的中位數	
全樣本	100	3	3.00%	7	7.00%	-0.0081	0.0003	
電子類股	67	0	0.00%	3	4.48%	-0.0007	0.0003	
非電子類股	33	3	9.09%	4	12.12%	-0.0231	0.0003	
標的股價 年波動度	<=0.5	33	0	0.00%	0	0.00%	0.0005	0.0004
	0.5~0.6	43	2	4.65%	5	11.63%	-0.0148	0.0002
	>0.6	24	1	4.17%	2	8.33%	-0.0058	0.0003
認購權證 的平均百 分比買賣 價差	<=0.1	73	0	0.00%	2	2.74%	-0.0003	0.0003
	0.1~0.2	21	1	4.76%	3	14.29%	-0.0051	0.0008
	>0.2	5	2	40.00%	2	40.00%	-0.0393	0.0004

說明：本表使用 CR-IVF 模型估計隱含波動度的 B-S 模型百分比定價誤差檢定，百分比定價誤差為  $e_t = \frac{C_t^T - C_t^M}{C_t^M}$ ，平均百分比定價誤差為  $\bar{e} = \sum_{t=1}^T e_t$ ，百分比買賣價差為  $p_t = \frac{ask_t - bid_t}{(ask_t + bid_t)/2}$ ，平均百分比買賣價差為  $\bar{p} = \sum_{t=1}^T p_t$ ，分類個數百分比代表滿足條件的權證個數佔分類個數的百分比(例如：電子類股的分類個數為 67，而滿足|平均百分比定價誤差|>0.01 此一條件的個數為 3，分類個數百分比為 3/67=4.48%)。

【表三】 延遲反應樣本的價格發現能力迴歸模型參數檢驗表

	樣本數	$\hat{\alpha}$	P-Value	$\hat{\beta}$	P-Value	$\bar{R}^2$
全樣本	1578	-0.0164	0.4207	0.3410	<0.0001**	0.0659
平均百分比定價誤差 <0.05	1548	-0.0156	-0.7530	0.3468	<0.0001**	0.0669
平均百分比定價誤差 <0.01	1467	-0.0131	0.5284	0.3219	<0.0001**	0.0538
台積電(6支認購權證)	79	-0.0020	0.9819	0.3073	0.1843	0.0233
聯電(11支認購權證)	97	0.0114	0.9155	0.6282	0.0219*	0.1113

說明：本表主要是透過下列的迴歸式  $S_{t+1}^M - S_{t+1}^H = \alpha + \beta \times (S_{t+1}^{implied} - S_{t+1}^H) + \varepsilon_t$  來檢驗延遲反應樣本的價格發現能力， $H_0: \alpha = 0, \beta = 0$ ， $H_1: \alpha \neq 0, \beta \neq 0$ ，其中，百分比定價誤差為  $e_t = \frac{C_t^T - C_t^M}{C_t^M}$ ，平均百分比定價誤差為  $\bar{e} = \sum_{t=1}^T e_t$ 。

\*\*表示在 1% 顯著水準下顯著，\*在 5% 顯著水準下顯著。

【表四】 延遲反應樣本的價格發現能力穩健性分析表

	樣本數	$\hat{\alpha}$	P-Value	$\hat{\beta}$	P-Value	$\bar{R}^2$	
電子類股	1049	-0.0131	0.6451	0.3260	<0.0001**	0.0535	
非電子類股	418	-0.0107	0.4719	0.2570	0.0022**	0.0539	
標的股價 年波動度	<=0.5	328	0.0091	0.8269	0.3573	0.0515	0.0404
	0.5~0.6	667	-0.0344	0.2732	0.3199	0.0009**	0.0643
	>0.6	472	0.0003	0.9935	0.3054	0.0310*	0.0503
認購權證百分比買賣價差	<=0.1	1124	-0.0050	0.8385	0.3012	0.0003**	0.0462
	0.1~0.2	307	-0.0467	0.2732	0.4465	0.0197**	0.0977
	>0.2	36	0.0073	0.8933	0.1324	0.6475	0.0104
隱含價差	>0.25	580	-0.0049	0.9153	0.3232	<0.0001**	0.0685
	>0.5	303	0.0149	0.8489	0.3235	0.0001**	0.0773
	>1	120	0.0188	0.9142	0.3628	0.0005**	0.1008
	>3	9	0.2542	0.6266	0.2793	0.1132	0.0386
價格限制 持續期間	>2	502	-0.0247	0.1432	-0.2514	0.0130*	0.0755
	>3	965	-0.0148	0.6212	0.5469	<0.0001**	0.1273
	>6	578	-0.0015	0.9706	0.7790	<0.0001**	0.2407
	>12	374	-0.0660	0.2570	0.8503	<0.0001**	0.2877
	>24	227	-0.0025	0.9769	0.9139	<0.0001**	0.3105

說明：本表主要是透過下列五個篩選標準來探討延遲反應樣本價格發現能力的穩健性，1.產業別分類 2.標的股價年波動度(以樣本期間，標的股票日結算價計算報酬率波動度)3. 平均百分比買賣價差為  $\bar{p} = \sum_{t=1}^T p_t$ ，百

分比買賣價差  $p_t = \frac{ask_t - bid_t}{(ask_t + bid_t)/2}$  4.隱含價差為  $S_{t+1}^{implied} - S_{t+1}^H$  5.價格持續期間以五分鐘為一單位，2 次代表 10 分鐘，3 次代表 15 分鐘。

\*\*表示在 1% 顯著水準下顯著，\*在 5% 顯著水準下顯著。

【表五】 過度反應樣本的價格發現能力迴歸模型參數檢驗表

	樣本數	$\hat{\alpha}$	P-Value	$\hat{\beta}$	P-Value	$\bar{R}^2$
全樣本	2390	-0.0620	<0.0001**	0.2630	<0.0001**	0.0757
平均百分比定價誤差 <0.05	2344	-0.0628	<0.0001**	0.2639	<0.0001**	0.0759
平均百分比定價誤差 <0.01	2185	-0.0608	<0.0001**	0.2680	<0.0001**	0.0765
台積電(6支認購權證)	141	-0.1631	0.0001**	0.4461	<0.0001**	0.3641
聯電(11支認購權證)	213	-0.0270	0.5337	0.2355	<0.0001**	0.1064

說明：本表主要是透過下列的迴歸式  $S_{t+1}^M - S_{t+1}^H = \alpha + \beta \times (S_{t+1}^{implied} - S_{t+1}^H) + \varepsilon_t$  來檢驗過度反應樣本的價格發現能力， $H_0: \alpha = 0, \beta = 0$ ， $H_1: \alpha \neq 0, \beta \neq 0$ ，其中，百分比定價誤差為  $e_t = \frac{C_t^T - C_t^M}{C_t^M}$ ，平均百分比定價誤差為  $\bar{e} = \sum_{t=1}^T e_t$ 。

\*\*表示在 1% 顯著水準下顯著，\*在 5% 顯著水準下顯著。

【表六】 過度反應樣本的價格發現能力穩健性分析表

	樣本數	$\hat{\alpha}$	P-Value	$\hat{\beta}$	P-Value	$\bar{R}^2$	
電子類股	1611	-0.0825	<0.0001**	0.2680	<0.0001**	0.0765	
非電子類股	574	-0.0003	0.9746	0.2435	<0.0001**	0.0676	
標的股價 年波動度	<=0.5	539	-0.0382	0.1589	0.2263	<0.0001**	0.0874
	0.5~0.6	946	-0.0944	<0.0001**	0.4098	<0.0001**	0.1086
	>0.6	700	-0.0230	0.2153	0.1467	0.0275*	0.0269
認購權證百分比買賣價差	<=0.1	1510	-0.0765	<0.0001**	0.2598	<0.0001**	0.0660
	0.1~0.2	577	-0.0322	0.0921	0.3107	<0.0001**	0.1374
	>0.2	98	0.0083	0.7785	0.0958	0.4566	0.0123
隱含價差	>0.25	856	-0.1040	<0.0001**	0.2648	<0.0001**	0.1280
	>0.5	443	-0.1329	0.0006**	0.2494	<0.0001**	0.1561
	>1	151	-0.2457	0.0006**	0.2303	<0.0001**	0.2532
	>3	19	-1.2759	<0.0001**	0.3022	<0.0001**	0.6103
價格限制 持續期間	>2	1358	-0.0522	<0.0001**	0.4669	<0.0001**	0.3757
	>3	827	-0.0586	0.0483*	0.0784	0.1566	0.0036
	>6	470	0.0019	0.9595	0.1030	0.0560	0.0127
	>12	296	0.0407	0.4507	0.1355	0.0038**	0.0224
>24	202	0.1098	0.0942	0.1363	0.0034**	0.0309	

說明：本表主要是透過下列五個篩選標準來探討過度反應樣本價格發現能力的穩健性，1.產業別分類 2.標的股價年波動度(以樣本期間，標的股票日結算價計算報酬率波動度)3. 平均百分比買賣價差為  $\bar{p} = \sum_{t=1}^T p_t$ ，百

分比買賣價差  $p_t = \frac{ask_t - bid_t}{(ask_t + bid_t)/2}$  4.隱含價差為  $S_{t+1}^{implied} - S_{t+1}^H$  5.價格持續期間以五分鐘為一單位，2 次

代表 10 分鐘，3 次代表 15 分鐘。

\*\*表示在 1% 顯著水準下顯著，\*在 5% 顯著水準下顯著。

【表七】 波動度移轉的假設檢驗表

	樣本數	波動度變化百分比的平均值	波動度變化百分比的標準差	P-value
延遲反應樣本	1467	0.0103	0.0493	<0.0001**
過度反應樣本	2185	-0.0019	0.0459	0.0558

說明：本表主要是檢驗  $H_0$ : 波動度變化百分比為零(價格限制後隱含波動度並無改變),  $H_1$ : 波動度變化百分比不為零(價格限制後隱含波動度有改變), 其中,  $\sigma_{t-1}^{implied}$  價格限制前認購權證的隱含波動度,  $\sigma_{t+1}^{implied}$  代表價格限制打開後認購權證的隱含波動度, 波動度變化百分比為  $\frac{\sigma_{t+1}^{implied} - \sigma_{t-1}^{implied}}{\sigma_{t-1}^{implied}}$ 。

\*\*表示在 1% 顯著水準下顯著, \*在 5% 顯著水準下顯著。



【表八】價格限制期間與非受價格限制期間交易量變化迴歸模型分析結果

A. 參數估計結果

	樣本數	$\hat{\beta}_1$	t 統計量	P-Value	$\hat{\beta}_2$	t 統計量	P-Value	$\hat{\beta}_3$	t 統計量	P-Value	$\bar{R}^2$
認購 權證	7945	0.0152	23.6348	<0.0001	0.0257	15.5937	<0.0001	0.0252	9.0302	<0.0001	0.6457
標的 股票	7945	0.0152	42.3784	<0.0001	0.0133	17.2730	<0.0001	0.0101	9.4771	<0.0001	0.8391

B.  $\beta_1$  與  $\beta_2$  是否相同的假設檢驗表

	t 統計量	P-value
認購權證	-5.7027	<0.0001**
標的股票	1.8914	0.0293*

C.  $\beta_1$  與  $\beta_3$  是否相同的假設檢驗表

	t 統計量	P-value
認購權證	-3.5246	0.0002**
標的股票	4.0261	0.0001**

說明：表八 A.主要是透過下列的迴歸式  $SCV_i = \beta_1 D_{1,i} X_{1,i} + \beta_2 D_{2,i} X_{2,i} + \beta_3 D_{3,i} X_{3,i} + \varepsilon_i$  來檢驗價格限制期間與非受價格限制期間，股票市場與權證市場間交易量變化的情形，並將價格限制期間的樣本區分為過度反應樣本、延遲反應樣本，SCV 代表標準化的累積成交量=累積成交量  $Vol_i$  / 日平均成交量(daily average volume)， $\beta_1$  代表未受價格限制時 SCV 累積的速度， $\beta_2$  代表受價格限制時延遲反應樣本 SCV 累積的速度， $\beta_3$  代表受價格限制時過度反應樣本 SCV 累積的速度， $X_{1,i}$  代表未受價格限制期間的長度， $X_{2,i}$  代表受價格限制時延遲反應樣本受價格限制期間的長度， $X_{3,i}$  代表受價格限制時過度反應樣本受價格限制期間的長度，長度單位為五分鐘， $D_1 = \begin{cases} 1, \text{未受價格限制} \\ 0, \text{其它} \end{cases}$ ， $D_2 = \begin{cases} 1, \text{受價格限制時的延遲反應樣本} \\ 0, \text{其它} \end{cases}$ ， $D_3 = \begin{cases} 1, \text{受價格限制時的過度反應樣本} \\ 0, \text{其它} \end{cases}$ 。

表八 B.主要是檢驗 1. 未受價格限制時認購權證 SCV 累積的速度  $\beta_1^{warrant}$  與受價格限制時延遲反應樣本認購權證 SCV 累積的速度  $\beta_2^{warrant}$  是否相同， $H_0: \beta_1^{warrant} = \beta_2^{warrant}$ ， $H_1: \beta_1^{warrant} \neq \beta_2^{warrant}$ ；2. 未受價格限制時股票 SCV 累積的速度  $\beta_1^{stock}$  與受價格限制時延遲反應樣本股票 SCV 累積的速度  $\beta_2^{stock}$  是否相同， $H_0: \beta_1^{stock} = \beta_2^{stock}$ ， $H_1: \beta_1^{stock} \neq \beta_2^{stock}$ 。

表八 C.主要是檢驗 1. 未受價格限制時認購權證 SCV 累積的速度  $\beta_1^{warrant}$  與受價格限制時過度反應樣本認購權證 SCV 累積的速度  $\beta_2^{warrant}$  是否相同， $H_0: \beta_1^{warrant} = \beta_2^{warrant}$ ， $H_1: \beta_1^{warrant} \neq \beta_2^{warrant}$ ；2. 未受價格限制時股票 SCV 累積的速度  $\beta_1^{stock}$  與受價格限制時過度反應樣本股票 SCV 累積的速度  $\beta_2^{stock}$  是否相同， $H_0: \beta_1^{stock} = \beta_2^{stock}$ ， $H_1: \beta_1^{stock} \neq \beta_2^{stock}$ 。

\*\*表示在 1% 顯著水準下顯著，\*在 5% 顯著水準下顯著。

【表九】 漲停、跌停與非價格限制期間交易量變化迴歸模型分析結果

A. 參數估計結果

	樣本數	$\hat{\beta}_1$	t 統計量	P-Value	$\hat{\beta}_2$	t 統計量	P-Value	$\hat{\beta}_3$	t 統計量	P-Value	$\bar{R}^2$
認購 權證	7945	0.0152	23.6348	<0.0001	0.0304	19.2585	<0.0001	0.0218	6.9058	<0.0001	0.6458
標的 股票	7945	0.0152	42.3784	<0.0001	0.0170	22.733	<0.0001	0.0072	9.4881	<0.0001	0.8393

B.  $\beta_1$  與  $\beta_2$  是否相同的假設檢驗表

	t 統計量	P-value
認購權證	-8.7579	<0.0001**
標的股票	-1.9785	0.0240*

C.  $\beta_1$  與  $\beta_3$  是否相同的假設檢驗表

	t 統計量	P-value
認購權證	-2.0611	0.0197**
標的股票	8.4373	<0.0001**

說明：表九 A.主要是透過下列的迴歸式  $SCV_i = \beta_1 D_{1,i} X_{1,i} + \beta_2 D_{2,i} X_{2,i} + \beta_3 D_{3,i} X_{3,i} + \varepsilon_i$  來檢驗漲停、跌停與非價格限制期間，股票市場與權證市場間交易量變化的情形，SCV 代表標準化的累積成交量=累積成交量  $Vol_i$  / 日平均成交量(daily average volume)， $\beta_1$  代表未受價格限制時 SCV 累積的速度， $\beta_2$  代表受漲停的價格限制時 SCV 累積的速度， $\beta_3$  代表受跌停的價格限制時 SCV 累積的速度， $X_{1,i}$  代表未受價格限制期間的長度， $X_{2,i}$  代表受漲停的價格限制期間的長度， $X_{3,i}$  代表受跌停的價格限制期間的長度，長度單位為五分鐘， $D_1 = \begin{cases} 1, & \text{未受價格限制} \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$ ， $D_2 = \begin{cases} 1, & \text{受漲停的價格限制} \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$ ， $D_3 = \begin{cases} 1, & \text{受跌停的價格限制} \\ 0, & \text{其它} \end{cases}$ 。

表九 B.主要是檢驗 1. 未受價格限制時認購權證 SCV 累積的速度  $\beta_1^{warrant}$  與受漲停的價格限制時認購權證 SCV 累積的速度  $\beta_2^{warrant}$  是否相同， $H_0: \beta_1^{warrant} = \beta_2^{warrant}$ ， $H_1: \beta_1^{warrant} \neq \beta_2^{warrant}$ ；2. 未受價格限制時股票 SCV 累積的速度  $\beta_1^{stock}$  與受漲停的價格限制時股票 SCV 累積的速度  $\beta_2^{stock}$  是否相同， $H_0: \beta_1^{stock} = \beta_2^{stock}$ ， $H_1: \beta_1^{stock} \neq \beta_2^{stock}$ 。

表九 C.主要是檢驗 1. 未受價格限制時認購權證 SCV 累積的速度  $\beta_1^{warrant}$  與受跌停的價格限制時認購權證 SCV 累積的速度  $\beta_3^{warrant}$  是否相同， $H_0: \beta_1^{warrant} = \beta_3^{warrant}$ ， $H_1: \beta_1^{warrant} \neq \beta_3^{warrant}$ ；2. 未受價格限制時股票 SCV 累積的速度  $\beta_1^{stock}$  與受跌停的價格限制時股票 SCV 累積的速度  $\beta_3^{stock}$  是否相同， $H_0: \beta_1^{stock} = \beta_3^{stock}$ ， $H_1: \beta_1^{stock} \neq \beta_3^{stock}$ 。

\*\*表示在 1% 顯著水準下顯著，\*在 5% 顯著水準下顯著。