

以資訊技術還原台指期權市場即時買賣報價資訊並分析套利機會，市場深度及市場效率之關聯

摘要

台灣衍生性金融商品的交易歷史雖短，但近年來交易量逐漸攀升，台灣期交所交易的衍生性金融商品，主要為期貨和選擇權，而其定價是否具有效率性這個問題是相當重要的。為了更加了解台灣期貨與選擇權市場，本研究將期交所提供的委託單資料輸入虛擬交易所程式，還原交易當日任意時間點的成交價量及未成交委託單的價量，進而可用判斷市場是否具有套利機會，從而分析市場的效率性，此外，本計劃也試著透過未成交單價量的分佈針對市場深度分析建構新的判斷維度。同時，希望根據上述研究，分析套利機會和市場深度是否具有相關性，如此一來，對於套利機會的找尋又可多一項判斷依據。

研究動機與問題

由於市場法規的鬆綁以及各式投資人及避險者參與，促使全球衍生性金融市場的快速成長。衍生性金融商品不僅提升了資產交易的活絡性，也提供了企業與投資人避險、套利等理財策略的工具。台灣衍生性金融商品的交易歷史雖短，但近年來交易量逐漸攀升，台灣期交所交易的衍生性金融商品，主要為期貨和選擇權，而其定價是否具有效率性這個問題是相當重要的。具有效率性的金融市場對於繁榮的經濟體系是不可或缺的，因為這些市場有著促進價格發現、避險和資產配置的功能。

過去國內外關於市場效率性的研究，主要著墨於市場定價誤差和市場深度的分析。前者的研究包含Draper & Fung(2002)是利用買賣權期貨平價模式，確認倫敦國際金融期貨及選擇權市場是具有效率性之市場，Fung and Chan(1994)是利用每日收盤價檢驗指數期貨和指數選擇權間是否有套利機會，徐秀丰(2003)用日內成交資料探討台股期貨與台指選擇權間是否存在套利機會及兩市場間是否為效率市場。此類型研究多半以檢驗無套利原則為主，但目前對於台灣市場效率性仍無一定論。而後者的研究則有Kyle(1985)首先利用成交價量的變動關係建立模型去估計市場深度，Brockman and Chung(1999)與Ahn, Base, and Chan(2001)針對委託單驅動市場特性，提出市場深度主要由限價委託單(limit order)所提供，所以限價委託單越多其市場深度愈深，闕河士、楊筑安(2005)以台灣期貨交易所的股價指數期貨契約為研究對象，驗證市場深度與成交量呈現正向影響，與買賣價差和價格波動性則成負向影響。

為了更加了解台灣期權市場，本研究除了欲利用套利機會來分析市場效率，另外再加上市場深度來綜合檢驗市場效率。因為市場的流動性對於金融資產的價格有直接且重要的影響，過低的市場流動性會損壞市場的效率，不利於市場的發展。

再者，過去研究大都以買賣價和成交價之日內資料作為研究樣本，然而本研究將期交所提供的委託單資料輸入虛擬交易所程式，可以還原交易當日任意時間點的成交價量及未成交委託單的價量，可藉此判斷市場套利機會與市場深度，用數值化的結果去分析市場效率性，試著用更完整的面相檢定將市場效率。同時，希望也可藉由這些數據，進一步研究出套利機會與市場

深度是否有相關性，並觀察台灣期權市場是否會隨著重大事件的發生或特定資訊的公佈，而對市場效率產生影響。

文獻回顧與探討

以下將分三部分介紹本研究所參考的文獻資料，分別是：定價誤差、效率時間與效率步數及市場深度

● 定價誤差

Fung and Chan(1994)以 1993 年 6 月和 9 月的 S&P 500 指數期貨與選擇權市場為研究對象，使用 Tucker(1991)所導出的買權賣權期貨平價公式(Put-Call-Future Parity)來檢驗指數期貨和指數選擇權間的每日收盤價是否有套利機會。其實證結果指出收盤價和無套利定價關係並沒有顯著的偏離。Draper & Fung(2002)利用買權賣權期貨平價公式，驗證英國倫敦金融時報指數期貨與選擇權市場之效率性。其以 1991 年 10 月至 1998 年 2 月之買賣報價和成交價格之日內資料進行實證，運用買權賣權期貨平價理論和相關交易成本計算無套利區間，進而使用事前及事後的分析判斷各交易是否有套利機會和市場是否具有效率性。研究顯示交易者事後套利利潤集中於價平(At-the-money)選擇權，套利機會在 3 分鐘內消失，考慮交易成本後其套利機會只有數個，確認倫敦國際金融期貨及選擇權市場是具有效率性之市場。

徐秀丰(2003)利用台股期貨及台指選擇權自 2002 年 5 月至 2003 年 4 月的日內成交資料進行配對研究，探討台股期貨與台指選擇權間是否符合買權賣權期貨平價公式、是否存在套利機會及兩市場間是否為效率市場。研究結果顯示，當選擇權履約價格離價平程度越遠時，由於交易較不活絡，故套利利潤越大，出現套利機會之次數最少。此外，買進期貨套利策略發生的頻率較賣出期貨套利策略發生的頻率為高，但平均套利利潤卻相對較低。就迴歸分析的結果，在買權賣權期貨平價的關係式中，雖然解釋變數對於被解釋變數的解釋能力相當高，但檢定結果顯示台灣的指數期貨及指數選擇權市場並不是效率市場。

蔡佩珊(2003)以 2002 年 4 月 1 日至 2002 年 12 月 31 日的台股指數期貨與台股指數選擇權為研究對象，探討這二個市場所形成的市場是否具有套利機會與效率性。該研究結果顯示，不論有無考慮交易成本，利用買權賣權期貨平價理論，對台股指數期貨與指數選擇權進行套利，在事後或事前檢定上，都可以賺得顯著的套利利潤，代表台股指數期貨與指數選擇權兩市場並不具有效率性。

謝忠良(2004)利用台指選擇權自 2002 年 1 月 2 日至 2003 年 6 月 18 日的買賣價和成交價格之日內資料，以單一市場的買賣權價差及箱型價差方法檢驗市場效率性與套利機會。在市場效率性檢定的結果顯示，選擇權市場是不具效率性的，而且無法明顯說明選擇權市場效率會隨時間經過而改善。

何宣儀(1999)以台股、電子、金融期貨為研究對象，利用 88 年 7 月 21 日至 89 年 4 月 19 日之台股、電子、金融期貨，針對流動性較佳的近月份契約，分析期貨每日收盤價與期貨理論價格間之差距，檢測其中是否有套利機會存在以及計算套利空間之大小再比較市場的效率性。其實證結論為在比較三種不同的期貨合約之套利機會出現次數及價差幅度後，台股期貨之套利機會出現頻率遠比電子期貨及金融期貨來的少，平均幅度也比較小，因此其較符合市場有效性之條件。電子期貨及金融期貨則由於其套利機會出現頻率高，幅度亦較大，其期貨市場之交易

不具有有效性。

由以上國內外文獻可發現，買權賣權期貨平價理論可用來有效檢驗市場套利機會，且大部分文獻都集中探討指數期貨與指數選擇權兩市場間的效率性，故我們利用買權賣權期貨平價理論再加上 **Strike Price Convexity** 這兩項套利策略來算出套利機會出現次數，藉此檢驗台灣現在的期貨與選擇權市場是否還是如先前的研究不具有效率性。

再者，以上資料顯示出，那些研究大多數是使用每日收盤價、買賣報價及成交價格和日內成交資料...等，沒有人使用委託買賣單詳細的真實資料來模擬出當時的實際交易情境(如未成交單的價量)，而我們用期交所提供的委託買賣單資料，依委託時間送入虛擬交易所的程式，還原從下單到交易完成的各種詳細資料，經由那些資料，除了能更加印證到上述論文中提到的各種觀察結果，我們還能運用其他人沒有的資料做更多有關市場效率的探討，讓市場效率的檢定更明確也更完善。所以我們將著重在用模擬出來的當時實際交易情形，去探討市場效率性的問題。

- 效率時間與效率步數

余千慧(2010)中利用每次撮合的供需曲線相交點來定義股票的真實價格，並定義連續兩次成交價格能反映真實價格中間所經過的撮合次數稱為「效率步數」，所經過的時間稱為「效率時間」，和 Draper & Fung(2002)中所分析的「套利機會存在時間」略有相似之處。我們將此構想利用在套利機會與市場效率性的關係之探討。詳細內容將在研究方法與步驟中呈現。

- 市場深度

在期權市場中，許多交易者持有部位極短時間的投機者，因此，足夠的市場深度對他們是非常重要的，若無法迅速平倉，將會使他們陷入很大的部位風險；而如果市場深度太小，導致成交價格產生很大變化，則投機者的獲利空間將受到很大的限制。而對於套利者而言，市場深度也關係著套利操作能否順利執行。由此可知，探討期權市場的市場深度以及其影響因素，不僅是市場微結構理論在不同金融市場的另一個應用，對於期權市場的交易者而言更是一個十分重要的課題。

依照Harris(2003)的定義，深度是指交易者在既定的成本與時間內，所能完成的交易量。當委買或委賣的張數越多時，市價委託單能以現有的買價與賣價迅速完成大量的交易，而不會使價格改變，所以，市場深度也可以定義為，在不改變價格下，所能成交的數量。能成交數量越大，代表市場深度越大，流動性越大；能成交數量越小，代表市場深度越小，流動性越小。由此可知，買賣價差與市場深度是流動性的兩個相反構面，買賣價差越小時，市場的流動性越大，市場深度越大時，市場的流動性越大。

Kyle(1985)定義市場深度可以用下列模式衡量： $\Delta P_t = \lambda q_t + \varepsilon_t$

其中， ΔP_t 代表 t 時點的價格變化； q_t 代表委託單流量，又稱為方向成交量(directional trading volume)，是有正負符號的成交量，如果交易是由買方觸動，則 $q_t > 0$ ，如果交易是由賣方觸動，則 $q_t < 0$ ； ε_t 為公開資訊； λ 預期符號為正，這表示委託單流量越大，價格改變幅度越大。 λ 的倒數就是市場深度，換言之， λ 越大，代表市場深度越小， λ 越小，代表市場深度越大。

關河士、楊筑安(2005)以台灣期貨交易所的股價指數期貨契約為研究對象，利用日內高頻率交易資料為基礎，驗證市場深度是否會隨著買賣價差、價格波動性和成交量等市場狀況不同而改變。他們利用Kyle的定義並透過不同計量分析檢驗，實證結果顯示，買賣價差和價格波動

性對於市場深度有負向影響，而成交量對市場深度則呈現正向影響。換言之，當處於買賣價差或價格波動性較大的市場中，相同委託單流量會造成價格更大的變化，而當處於成交量較小的市場中，相同委託單流量會造成價格更大的變化。但由於我們可取得未成交委託單資料，可進一步完整分析市場深度，詳細內容將在研究方法說明。

研究方法與步驟

透過閱讀以上論文及相關資料，我們將以套利機會及市場深度兩種方法探討市場效率性的問題。利用將 2007~2008 年台灣期交所日內買賣委託單的資料，依其委託時間送入林威辰(2011)虛擬交易所的程式進行撮合、以重現出當時各個交易時點的交易情境：如未成交委託單數量及其報價的分佈，並尋找未成交委託單套利機會紀錄之。這些資訊不僅可用來檢視市場有無定價誤差或套利空間，也可用來判斷當時的市場深度。我們將使用定價誤差出現的筆數及套利機會存在的時間長度來衡量市場定價的效率性，並用未成交委託單的分佈判斷市場成交價量的關係，分析市場深度。此外，我們也會分析市場套利機會和市場深度之間的關聯性。

➤ 套利理論

本研究將採用 Strike Price Convexity 和 Put-Call Future parity 兩種無套利關係式作為研究方法。

Strike Price Convexity

這個理論主要是利用歐式及美式選擇權的「價格」與它們的「履約價」之間有一個凸函數(convex)的性質，這是由 Robert C. Merton 在 1973 年所提出。根據 Robert C. Merton 理論建構的模型，以 C 和 P 分別代表買權和賣權的合理價格，X 代表其履約價。假設在到期日相同的情況之下，履約價為 X_1 、 X_2 、 X_3 的買權($X_1 < X_2 < X_3$)，價格分別用 C_{X1} 、 C_{X2} 、 C_{X3} 表示，賣權價格用 P_{X1} 、 P_{X2} 、 P_{X3} 表示，又令 $\omega = (X_3 - X_2)/(X_3 - X_1)$

一般書不討論交易成本的情形下，可得：

$$C_{X2} \leq \omega C_{X1} + (1-\omega)C_{X3} \text{-----}(1)$$

$$P_{X2} \leq \omega P_{X1} + (1-\omega)P_{X3} \text{-----}(2)$$

如果市場價格不符合上列兩式的凸函數性質，就會出現套利機會。

將(1)和(2)的 ω 拆開重新整理，得到以下兩式：

$$(X_3 - X_1)C_{X2} \leq (X_3 - X_2)C_{X1} + (X_2 - X_1)C_{X3} \text{-----}(3)$$

$$(X_3 - X_1)P_{X2} \leq (X_3 - X_2)P_{X1} + (X_2 - X_1)P_{X3} \text{-----}(4)$$

考量交易時會產生交易成本Cs，所以欲使用Strike Price Convexity套利時，不考量期初交易稅及成本的選擇權淨現金流R應滿足下列不等式：

$$R = [(X_3 - X_1)/M] * c * C_{X2} - [(X_3 - X_2)/M] * c * C_{X1} - [(X_2 - X_1)/M] * c * C_{X3} \geq Cs \text{-----}(5)$$

$$R = [(X_3 - X_1)/M] * c * P_{X2} - [(X_3 - X_2)/M] * c * P_{X1} - [(X_2 - X_1)/M] * c * P_{X3} \geq Cs \text{-----}(6)$$

意即選擇權交易所賺得的淨現金流R需超過交易成本Cs，其中Cs的估算將在下文中描述。由(3)、(4)式可以得知， $(X_3 - X_2)$ 、 $(X_3 - X_1)$ 、 $(X_2 - X_1)$ 分別為 C_{X1} 、 C_{X2} 、 C_{X3} 的交易量(也可代表 P_{X1} 、 P_{X2} 、 P_{X3} 的交易量，在此只以買權為例)，因為實務上不可能在市場上同時成交如此鉅額的數量，所以可等比例縮小，又由於市場交易量是用整數為單位，所以不能無限切割，必須找出最小交易量，故要除以 $(X_3 - X_2)$ 、 $(X_3 - X_1)$ 、 $(X_2 - X_1)$ 三者的最大公因數M，所得的結果即為 C_{X1} 、 C_{X2} 、 C_{X3}

三者的最小交易量；上列式子中指數期貨及選擇權一點代表c元，此外，必須要考慮市場上有適當的未成交委託單可供撮合，假定目前履約價為 X_1 和 X_3 的買權的最佳委賣價分別為 C_{X1} 、 C_{X3} ，履約價為 X_2 的最佳委買價為 C_{X2} ，套利動作可為：

step 1.賣出履約價為 X_2 的買權共 $[(X_3 - X_1)/M]$ 口，可得 $C_{X2} * c * [(X_3 - X_1)/M]$ 元

step 2.買進履約價為 X_1 和 X_3 點的買權， X_1 為 $[(X_3 - X_2)/M]$ 口， X_3 為 $[(X_2 - X_1)/M]$ 口，其成本為 $-c * (C_{X1} * [(X_3 - X_2)/M] + C_{X3} * [(X_2 - X_1)/M])$ 元，

在上述交易中，共交易 $(X_3 - X_1)/M + (X_3 - X_2)/M + (X_2 - X_1)/M = 2 * [(X_3 - X_1)/M]$ 口選擇權，期初成本包括手續費和交易稅。交易量的手續費 α 為 $2 * [(X_3 - X_1)/M] * \delta$ 元，其中 δ 表示買或賣一口選擇權的手續費。選擇權的交易稅率為1/1000，故期初的交易稅 β 為：

$1/1000 * (C_{X2} * c * [(X_3 - X_1)/M] + c * (C_{X1} * [(X_3 - X_2)/M] + C_{X3} * [(X_2 - X_1)/M]))$ 。

到期末時，假設選擇權結算價為 S ，期末現金流量可分為四種狀況，分別為： $S \leq X_1$ 、 $X_1 < S \leq X_2$ 、 $X_2 < S \leq X_3$ 和 $S > X_3$ 。因為在套利的當下無法確認 S 的價格，故無法判斷期末的交易總量及交易稅，所以我們改估交易總量的極大值為（期初賣出 C_{X2} 的價值）+（期初買進 C_{X1} 的價值）+（期初買進 C_{X3} 的價值）+（期末最大獲利），以此例子而言， $X_1 < S \leq X_3$ 情況下，在到期日時不考慮交易成本的選擇權現金流量大於0，在 $S = X_2$ 時會有最大獲利，此時只有 C_{X1} 選擇權在價內，因此可得期末的最大交易稅為 $\gamma = \beta + (c * [(X_3 - X_1)/M] * (X_2 - S)) * 0.001$ ；另外交易手續費則會因為該選擇權是否履約來決定，如果履約必須支付手續費，不履約則不用，整理後得下表：

Convexity of Option Price 現金流量表範例

交易策略	期初現金流量	期末現金流量			
		$S \leq X_1$	$X_1 < S \leq X_2$	$X_2 < S \leq X_3$	$S > X_3$
買進 C_{X1}	$-C_{X1} * c * [(X_3 - X_2)/M]$	0	$(S - X_1) * c * [(X_3 - X_2)/M]$	$(S - X_1) * c * [(X_3 - X_2)/M]$	$(S - X_1) * c * [(X_3 - X_2)/M]$
賣出 C_{X2}	$C_{X2} * c * [(X_3 - X_1)/M]$	0	0	$(X_2 - S) * c * [(X_3 - X_1)/M]$	$(X_2 - S) * c * [(X_3 - X_1)/M]$
買進 C_{X3}	$-C_{X3} * c * [(X_2 - X_1)/M]$	0	0	0	$(S - X_3) * c * [(X_2 - X_1)/M]$
扣除(最大)交易稅及手續費	$-\alpha - \beta$	$-\gamma$	$-(\gamma + \delta * [(X_3 - X_2)/M])$	$-(\gamma + \delta * [(2X_3 - X - X_2)/M])$	$-(\gamma + \delta * 2 * [(X_3 - X_1)/M])$

以下依序講述四種情況：

1. $S \leq X_1$ ：因為 C_{X1} 、 C_{X2} 和 C_{X3} 皆不履約，因此期末成本只有交易稅 γ 元，可得此情況下的考量交易成本的總獲利(或虧損)為 $R - \alpha - \beta - \gamma$ 。
2. $X_1 < S \leq X_2$ ：只有 C_{X1} 履約，因此期末交易成本包含交易稅加上 $[(X_3 - X_2)/M]$ 口 C_{X1} 的履約手續費，考量交易成本的總獲利(或虧損)為 $R - \alpha - \beta + (S - X_1) * c * [(X_3 - X_2)/M] - (\gamma + \delta * [(X_3 - X_2)/M])$ 。
3. $X_2 < S \leq X_3$ ：只有 C_{X3} 不履約，期末交易成本 C_s 為買進 C_{X1} 和賣出 C_{X2} 選擇權的手續費，再加上交易稅；考量交易成本的總獲利(或虧損)為：
 $R - \alpha - \beta + (S - X_1) * c * [(X_3 - X_2)/M] + (X_2 - S) * c * [(X_3 - X_1)/M] - (\gamma + \delta * [(2X_3 - X - X_2)/M])$ 。

4. $S > X_3$ ：三個選擇權合約皆會被履約，但履約後獲利與損失剛好抵消，所以期末淨支出為交易稅和三個選擇權手續費，考量交易成本的總獲利(或虧損)為 $R - \alpha - \beta - (\gamma + \delta * 2 * [(X_3 - X_1)/M])$ 。一個成功的套利策略必須在上述四種狀況之下都不能發生虧本的風險，所以可由上述總獲利式子推得公式(5)中的交易成本 Cs 和套利時應滿足的條件，賣權也可以遵循方式來推導的套利策略。而檢驗每組套利策略時，必須考慮相對應的選擇權未成交委託單的價量。有關未成交委託單價量對於套利策略分析的影響可用下述例子來表述：假設目前市場上有：

履約價 7900 的選擇權，委買價為 50 元一張

履約價 8000 的選擇權，委賣價為 71 元一張、委買價為 68 元一張

履約價 8100 的選擇權，委買價為 90 元一張

若一位投資者利用 Strike Price Convexity 套利策略進行套利，他將會賣一張 7900、賣一張 8100、買兩張 8000 的選擇權。如不考慮交易成本和委託單的數量，期初總成本為 $50 + 90 - 71 * 2 = -2$ ，可以套利。但真實成本則為 $50 + 90 - 71 - 68 = 1$ ，不能套利。

Put-Call Future Parity

此理論是由 Tucker(1991)修改 Stoll 所提出的 Put-Call Parity 理論。在完美市場假設之下，認為期貨的價格應該能反應現貨的價格加上持有現貨之成本，因此使用期貨取代原來 Put-Call Parity 理論中的現貨部位，總共列了五樣基本假設，分別為：

1. 期貨與選擇權的到期日皆相同
2. 期貨與選擇權皆需持有至到期日
3. 選擇權為不提前履約之歐式選擇權
4. 不考慮交易成本和股利發放
5. 市場可自由套利

滿足以上五點後，以 C 和 P 分別代表美式買權和美式賣權的市場交易價格，X 代表其履約價，F 代表期貨價格，其價格公式如下：

$$C - P = (F - X)e^{-rT} \text{ -----(8)}$$

在考慮交易成本 TC 的前提下，套利獲利必須大於交易成本 TC 才值得執行，所以可得下列兩個不等式：

$$C - P - (F - X)e^{-rT} \geq TC \text{ -----(9)}$$

$$(F - X)e^{-rT} - C + P \geq TC \text{ -----(10)}$$

如果滿足上述任一不等式，便可以套利。TC 的估算請見後文。

本文例子中皆以買賣小台指期貨和選擇權為例，讓期貨和選擇權一點代表的金額都一致為 50 元，如考慮大台指期貨的點值為 200 元的狀況，則需將選擇權交易的部位擴大四倍。考慮市場交易價滿足第(9)式¹，套利動作可為：

step 1. 賣出一口履約價為 X 點的買權

step 2. 買進一口履約價為 X 點的賣權

step 3. 再買進一口價格為 F 的小台指

step 4. 將 Step 1 和 2 買賣選擇權所產生的獲利中存 $(F - X) * c * e^{-rT}$ 元至無風險性資產，其餘充

¹ 如市場交易價格滿足第(10)式，則其套利策略為將下述的 Step 1 到 4 反過來操作。

作為期初獲利。(此處以 $F > X$ 為例，若為 $F < X$ ，則為在期初借 $(X-F)*c*e^{-rT}$ 元，和買賣選擇權的收益一起充作期初收益)

交易成本包括手續費和交易稅。期初手續費為 $\delta*2+\zeta$ 元， δ 為買或賣一口選擇權的手續費， ζ 為買或賣一口期貨的手續費；交易稅部份是以台指選擇權和期貨當基準，台指選擇權交易稅率為 $1/1000$ ，台指期貨交易稅為成交價值的 $4/100000$ ，因此期初交易稅的總額如下：

1. 「期初期貨現金流量」乘以 0.00004 ，也就是 $F*c*0.00004$ 元，
2. 「總選擇權現金流量」乘以 0.001 ，也就是 $[(C*c+P*c)]*0.001$

兩者加總即為估計的期初的交易稅，設其總和為 t ，即 $t = F*c*0.00004 + [(C*c+P*c)]*0.001$ 。期末的交易稅約略和期初的稅相近。

若用表格表示其投資組合現金流量，可得：

Put-Call-Future-Parity 現金流量表範例

交易策略	期初現金流量	期末現金流量	
		$S \leq X$	$S > X$
賣出買權	$C*c$	0	$-(S-X)*c$
買進賣權	$-P*c$	$(X-S)*c$	0
買進小台指期貨	0	$(S-F)*c$	$(S-F)*c$
貸 $(F-X)*e^{-rT}$ 元	$-(F-X)*c*e^{-rT}$	$(F-X)*c$	$(F-X)*c$
扣除(最大)交易稅及手續費	$-(2*\delta+\zeta+t)$	$-(\delta+\zeta+t)$	$-(\delta+\zeta+t)$

由上表可知，期末現金流量有兩種情況：

1. $S \leq X$ ：買進賣權、買進小台指期貨以及借 $(F-X)*e^{-rT}$ 元在到期日的現金流剛好互相抵消，所以期末現金流量為期末交易成本 $-(\delta+\zeta+t)$ 。
2. $S > X$ ：賣出買權、買進期貨以及借 $(F-X)*e^{-rT}$ 元在到期日的現金流剛好互相抵消，所以期末現金流量亦為期末交易成本 $-(\delta+\zeta+t)$ 。

其中在期末時無論哪種狀況發生，都會履約「一口選擇權」和「一口期貨」，所以手續費皆為 $(\delta+\zeta)$ 元，再加上之前交易稅估計的 t 元，合計期末交易成本為 $(\delta+\zeta+t)$ 元。由於套利策略必須保證在上述兩種狀況之下，都不能有虧錢的風險，所以必須滿足下列式子：

$$C*c - P*c - (F-X)*c*e^{-rT} - (2*\delta+\zeta+t) - (\delta+\zeta+t) = C*c - P*c - (F-X)*c*e^{-rT} - (3*\delta+2*\zeta+2*t) \geq 0$$

和公式(9)比對可推得交易成本 TC 以及套利應滿足的條件。

➤ 定價誤差

所謂套利(arbitrage)是指藉由對應商品間價格的無效率性而產生的無風險獲利交易。基本上，套利就是買進價格相對較低的商品，同時賣出價格相對較高的商品，套利是一種規避風險而獲得超額報酬的投資方式。而套利機會的多寡，與市場的有效程度密切相關，市場的效率越低，套利機會越多。

因此本研究將算出套利機會次數，也就是定價誤差筆數，藉此來檢驗期權市場效率，若定價誤差筆數越多，則市場越無效率，反之則越有效率。

➤ 市場深度

Kyle(1985)所定義的市場深度，是利用市場的成交量與成交價格變動的關係進行迴歸分析來推估交易數量對價格的影響。本研究則進一步利用期交所委託單資料和虛擬交易所程式還原市場當時交易的狀況，也就是說，我們可以推得任何一個交易時間點的成交價量資訊再加上未成交買賣單的價量分布，這些資料可用來分析於當時的市場狀況下不同數量買賣委託單對價格變化的影響，能更明確地定義出當時的市場深度。例如：

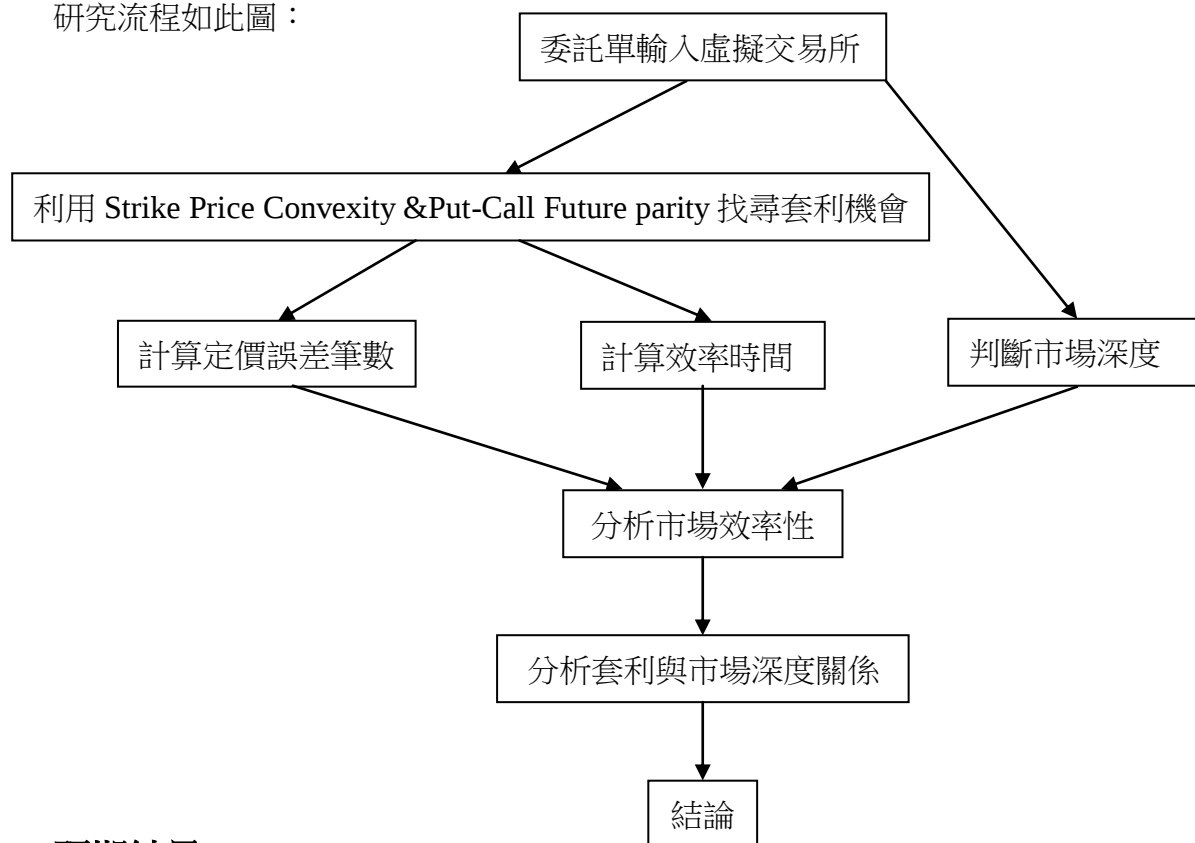
以圖一為例，這是從日盛期貨交易平台所擷取的即時交易資訊，現在時間 09:24，最近的成交價是 09:23:41 的 135 元，目前公布的買價委託單是 133 元 2 張、132 元 86 張、130 元 6 張、128 元 28 張、126 元 2 張；賣價委託單是 135 元 59 張、136 元 28 張、137 元 9 張、138 元 12 張、139 元 13 張。我們可分析下委託單，例如 100 張市價買單，對成交價的影響。由圖一可知，此交易會買到 59 張 135 元、28 張 136 元、9 張 137 元、4 張 138 元，也就是說買 100 張會讓成交價從 135 上升到 138；而賣 100 張則會賣到 2 張 133 元、86 張 132 元、6 張 130 元、6 張 128 元，也就是說 100 張市價賣單會讓成交價跌到 128，這些資訊可讓我們更精確地分析不同數量的買賣但對成交價的影響。在我們的虛擬交易所程式不僅可以找出當時最佳五檔買賣價的報價和數量，也可窺得所有未成交委託單分布，並透過此新資訊，加強市場深度的定義。

圖一 資料來源：日盛期貨

商品	台指權 C1108 7700	台指權 C1108 7700	A	B
成交價	135.0	委買	價格	委賣
漲跌	▼ 28.0		139.0	13
漲跌幅	-17.17%		138.0	12
成交量	3,837		137.0	9
昨日成交量	18,686		136.0	28
未平倉量	15,193		135.0	59
前日未平倉	15,193		2	133.0
昨日收	163.0		86	132.0
理論價	122.1		6	130.0
履約價值	0		28	128.0
時間價值	13.44		2	126.0
偏離率	10.56%		124	09:23:41
				121

如先前所提到，由於前人研究多使用成交的價量進行迴歸分析，無法明確推得不同數量的買賣單對價格的影響，並只以成交價量迴歸線的斜率來概括地描述市場深度。而本研究將加強市場深度的定義，進而分析重大事件對於市場深度的影響及套利機會和市場深度之間的相關性。

研究流程如此圖：



預期結果

藉由本次計畫，我們預期可以達成以下目標：

1. 建構出一套可以更快找出套利機會的機制。
2. 透過虛擬交易所模擬出的實境，分析市場的套利機會（價差機會存在筆數、時間長度）及市場深度，由上述兩者推得市場效率性，並以上述的研究方法步驟探討套利機會與市場深度對市場效率性影響的相關性。
3. 由於加入市場深度的面向，可以改進原有的方法，進而更完整的捕捉到市場趨勢，進而分析極端事件的發生對於市場深度的影響。例如：臺灣期權市場於 2007 下半年開始受到美國次級房貸的影響；8 月 10 日，美國「次級房貸」風暴開始蔓延，引發全球股災，臺股大跌 251 點；8 月 16 日，受美股再次重挫影響，臺股暴跌 391 點等。
4. 本次計畫運用到了大量金融市場的交易資料，因此藉由實做本計畫，可以學習到如何處理大量資料的方法，對於往後的研究與學習也多所裨益。
5. 將此計畫之研究成果投稿至學術期刊或研討會上。

參考文獻

1. Ahn, H. J., K. H. Base, and K. Chan (2001) "Limit orders, depth, and volatility:Evidence from the Stock Exchange of Hong Kong", *Journal of Finance* 56, 767-778
2. Brockman, P., and D. Chung (1999) "Bid-ask spread components in an order driven environment", *Journal of Financial Research* 22, 2, 227-246
3. Draper P. and Fung, J. K.W. (2002) "A study of arbitrage efficiency between the FTSE-100 index futures and options contracts.", *The Journal of Futures Markets*, Vol. 22, No. 1, 31-58
4. Fung, J. K.W., and Chan, K. C. (1994) "On the Arbitrage-Free Pricing Relationship between Index Options and Index Futures: A Note", *The Journal of Futures Markets*, Vol.14, No.8, 957-962
5. Hans R. Stoll, (1969)"The Relationship Between Put and Call Options Prices," *Journal of Finance*, Vol.21, 801-804.
6. Harris, L. (2003) "Trading and exchanges", Oxford University Press, Inc., NY.
7. Kyle, A. S. (1985) "Continuous auctionsand insider trading", *Econometrica*, 53, 1315-1335
8. Tucker, Alan L. (1991)*Financial Futures, Options, and Swaps*, MN: West Publishing.
9. 余千慧 (2010) "臺灣證券市場高頻交易資料的效率性與彈性係數的研究", 國立中山大學應用數學系, 碩士論文
10. 何宣儀 (1999) "股價指數期貨套利機會分析並驗證國內期貨市場之有效性-以台股、電子、金融期貨為例", 國立政治大學財務管理學系, 碩士論文
11. 林威辰 (2011) "平行運算用於即時套利策略交易系統", 國立交通大學應用數學系, 碩士論文
12. 徐秀丰 (2003) "台股期貨對台指選擇權之套利研究", 輔仁大學金融研究所, 碩士論文。
13. 蔡佩珊 (2003) "由選擇權與期貨平價理論檢測台灣期貨與選擇權市場之效率性", 逢甲大學財務金融研究所, 碩士論文
14. 謝忠良 (2004) "台指選擇權市場效率性和套利之研究", 國立高雄第一科技大學財務管理研究所, 碩士論文
15. 闕河士、楊筑安 (2005) "不同市場狀況會影響指數期貨的市場深度嗎", 高雄第一科技大學金融營運系, *Commerce & Management Quarterly*, Vol. 6, No.3, pp. 427 ~ 442

需要指導教授指導內容

1. 如何應用套利理論分析市場效率
2. 如何應用虛擬交易所查詢資料
3. 理解利用委託單分布分析市場深度
4. 瞭解期權市場的運作模式及投資人可得資訊