

東海大學經濟學系

經濟學碩士學位論文

實驗市場中的喊價行為之異質性調整模式研究

Research on Heterogeneous Adjustment Patterns of  
Bidding Behavior in Experimental Markets



指導教授：戴中擎 博士

研究生：溫智翔

中華民國 108 年 7 月

## 謝辭

很高興在東海碩士班的課程中可以了解到實驗以及行為的經濟學研究領域，在上戴老師的課程中確實地感受到對這項經濟學研究領域的好奇心，因緣際會下成為戴老師的學生接受指導，於此感謝戴老師一年多來的悉心指導與教誨。

也特別感謝兩位口試委員於本篇論文的指教，感謝林博士與池博士於百忙之中不吝於抽空指導，使我可以從中獲益良多。

父母、同學眾多的協助我皆感懷於內，因人數眾多也就不一一細數，感謝我的父母對我的支持，感謝於在學期間的同學們給了我為數不少的幫助，最後我想要感謝的是瑋馨於此期間對我不斷的支持與鼓勵，謝謝你。



## 摘要

本研究目的在於藉由使用的歸納方法探討交易行為中異質性的交易行為調整模式。我們使用實驗市場的資料，並且基於對實驗型式、市場價格結構以及對受測者的個人特質測驗來進行研究。我們在歸納方法上藉由配適獲利景觀圖以及工作記憶能力差異對交易行為結果的影響來建立我們測量交易行為調整模式的工具，我們在方法上採用對交易決策的要素進行標準化的距離計算，以此繪製出受測者每一期的交易行為調整模式而後藉此觀測受測者在市場交易行為中的調整模式，並且區別調整模式之間的差異後藉由 K-W 檢定以及曼-惠尼單尾檢定檢視各別類型的調整模式之間的差異是否足夠顯著。結果顯示：受測者在擔任買賣方時其所需求的能力會有所差異，並且我們所歸納出的調整模式在受測者文句廣度(SS)、運算廣度(OS)以及記憶更新(MU)的能力上確實有足夠顯著的差異，以此我們認為依照受測者的交易決策來衡量其交易行為調整模式是確實可行的方法。

**關鍵字：**實驗、雙方喊價、工作記憶能力、喊價行為

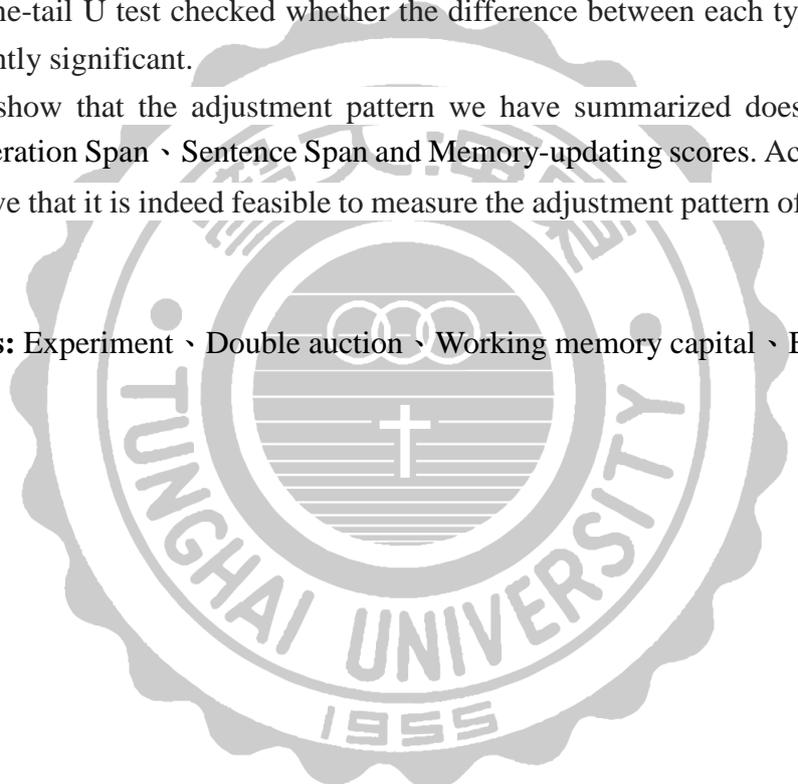


## Abstract

The purpose of this study is to explore the heterogeneous bidding behavior adjustment model of different subject's bidding behavior by using the inductive method. We use the experimental market data based on the recommendations in the paper, and based on the experimental type, market price structure, and the need for the individual trait test of the subject for research. We build our adjustment pattern of bidding behavior induction method by extending the fitness landscape and the difference in working memory ability influence on the outcome of trading behavior. We use distance calculations that standardize the elements of trading decisions. In this way, the adjustment pattern of transaction behavior of each subject is drawn, and then we can observed the adjustment pattern of the subject. And after distinguish the adjustment pattern, we use the K-W test and the Mann-Whitney one-tail U test checked whether the difference between each types of adjustment pattern is sufficiently significant.

The results show that the adjustment pattern we have summarized does have significant differences in Operation Span 、 Sentence Span and Memory-updating scores. According to the test decision we believe that it is indeed feasible to measure the adjustment pattern of trading behavior.

**Keywords:** Experiment 、 Double auction 、 Working memory capital 、 Bidding behavior



# 目錄

謝辭.....	i
摘要.....	ii
Abstract.....	iii
目錄.....	iv
壹、緒論.....	1
一、研究動機與目的.....	1
貳、文獻探討.....	4
一、假說演繹理論.....	4
二、整理歸納理論.....	5
三、行為模式.....	7
參、研究方法.....	9
一、雙方喊價市場.....	10
二、成交機制.....	11
三、市場參與者.....	12
四、心理測驗.....	13
五、交易決策與策略.....	15
六、交易行為路徑圖與距離計算.....	15
七、喊價分布圖.....	18
八、工作記憶能力與交易行為分析.....	19
肆、結果與分析.....	20
一、初始喊價行為檢定.....	22
二、交易行為路徑圖類別.....	26
三、交易行為模式檢定.....	28
四、交易行為要素檢定.....	34

伍、結論與建議.....	44
一、結論.....	44
二、後續研究建議.....	45
陸、附錄 1.....	47
附錄 2.....	61
附錄 3.....	63
柒、參考文獻.....	67



# 壹、緒論

## 一、研究動機與目的

現今經濟學理論最常使用最典型的假設就是：市場上的參與者在交易行為與決策的各個方面都是具有同質性與完全理性，而古典的理論模型就是基於這樣對市場參與者同質性與完全理性的假設所建構出來的，譬如說市場效率假說 (Efficient Markets Hypothesis, EMH)、資本資產定價模型 (Capital Asset Pricing Model, CAPM)。然而這般對於經紀人的假設在近期眾多的文獻與研究中都開始受到質疑，而近代的經濟學家們也由此開始普遍的轉為認同市場中的參與者們實質上並非完全理性並且具有或是行為或是策略上的異質性。基於市場經濟的過程是起於市場內所有的參與者們在市場內的行為所導致的最終結果，由此我們開始好奇市場中大量具有異質性的參與者們的交易行為，為何在市場具有不同的成交機制或是訂定成交價格方法不同的環境下依然會產生出相同的結果 - 均衡。而在現今的經濟學模型中經常讓人有所疑惑的就是如果市場上的參與者並非一開始就在均衡上，那究竟是何種因素使得他們的行為會向著均衡收斂或是偏離，而大部分的經濟學書籍都是一貫的表示這是因為需求上升所以價格上升、數量增加亦或是供給增加導致價格下降、數量增加...諸如此類的以供需法則 (Law of Demand-Supply) 為基礎的說法，但是這個供需模型並沒有辦法回答我們市場均衡在產生變動時的順序或變動的數值，這類處於長期或是變動下的市場中所產生的更為詳細的問題，更不用說這樣的說法明顯與我們日常現實的生活有著眾多的出入。綜合前言所述，市場經濟的過程是起於市場內所有的參與者們在市場內的行為所導致的最終結果，那麼我們如果想要了解均衡就必須要去思考抑或收集市場中的參與者們的決策與行為並且將之綜合起來，並且能夠在與實際結果對比的狀況下依然符合。

在此之後我們找尋相關的研究文獻以做借鑒，我們先是考慮了是否可以依靠著先前研究文獻所推導出來的理論將其加以延伸、擴展，以此期望一個新的理論可以達成我們所期望的目標；更加詳盡的說明市場參與者的交易行為並且可以符合實驗及現實市場中的資料。然而我們發現早前有關於市場均衡數量、均衡價格方面的研究文獻少有對均衡的形成與調整的動力有所探究，亦或是在探討均衡時對於市場參與者們抱持著各種先驗性的假設，不論已經被我們所事先排除的市場參與者具有同質性交易行為的模型其他異質性交易者模型 (Heterogeneous Agent Models) 及其眾多文獻中所使用的模型，雖然將市場參與者的交易行為設定為市場參與者可以具有異質性的行為，但是在這些研究文獻理論模型中的市場參與者們在交易行為上所產生的差異，其本質上是在於環境背景或是一些資訊流動機制的設計下所產生的交易行為差異，亦即是市場參與者抱持著異質信念 (Heterogeneous Beliefs) 所導致的因地制宜的交易策略與交易行為變更，而並非是其人格特質或是其他個人因素所產生的結果。換言之，這些研究文獻從對於市場交易的參與者們進行了先驗的同質性假設轉變成進行先驗的異質性假設，而這些假設都沒辦法讓我們擴展對於市場經濟過程與結果的認知與預測，究其原因我們認為這是因為早前的研究文獻主要聚焦在從市場整體的角度來推演經濟的過程與結果上面，而非從綜合個別市場參與者的過程與結果的角度去對經濟

行為進行歸納與整理。因此，我們也在這個時候決定從嘗試著延伸先前的理論模型的方法轉換到以歸納與整理市場參與者們的行為為主的方法上面。

而 Easley and Ledyard (1993) 在這方面提供了我們相當的幫助，基於兩個原因其在不對市場中的參與者進行任何假設的情況下，選擇利用實驗的方式來獲得雙方喊價市場的資料，首先，在一個非實驗控制下的真實市場其中的過往成交價格與成交數量之類的資訊未必會是市場內所有的參與者都擁有的，而在實驗中我們可以控制所有的受測者都擁有相同的資訊，第二點，使用實驗的方法我們可以獲得我們希望可以在市場的交易中進行分析的資料，甚至包含了市場參與者的個人資訊如：性別、學歷、認智能力、交易經驗…等，接著以受測者在市場中的交易行為所呈現出來的資料為標準反過來進行歸納與整理。同時 Easley and Ledyard (1993) 中也提到了在收集實驗資料並且觀察整理過後發現，我們並不只是需要一個市場均衡理論，我們還需要一個可以用來解釋偏離均衡行為的理論以及一個在交易中受測者學習著調整與改變交易行為的理論，而在這篇論文中作者只嘗試了整理歸納實驗資料來建立市場參與者們的喊價行為這一個部分，關於歸納所依據的標準、偏離均衡的行為與交易行為的學習調整則並未作詳細的說明，這使得我們決定研究在 Easley and Ledyard (1993) 中所提及過但卻未作更多說明的其中一項，交易行為的調整。我們希望這樣的研究可以幫助我們更加詳細的了解市場參與者的交易行為。鑑於上述的原因我們希望可以在同樣依靠著實驗來獲得資料的情況下對交易行為的調整與改變進行更多的探討，同時我們考慮到就算是在實驗控制了上述的多個外在因素下，交易行為的調整與改變依然會受到各種個人內在因素的影響是我們在研究中可能會面對到的問題，因此我們所希望的資料可以同時符合我們要求的實驗市場設計與具有至少一個可以測量量化的個人內在因素而且這個測量量化的行為必須要有適恰合理的標準後我們選擇使用 Tai, Chen and Yang (2018) 中的資料來進行我們的研究，而其文中所使用的實驗市場與個人內在因素的測量方法以及為何符合我們所希望的架構則會在第三章的研究方法中會有所介紹。

在此之後我們也參閱了些許市場參與者或實驗受測者在交易行為有所差異的相關文獻諸如；Bosch-Rosa, Meissner and Domenech (2015) 則是在研究金融泡沫與崩潰模式的市場實驗中觀察到認知能力較低的受測者中會產生泡沫與並且進一步崩潰而較高認知能力的受測者則沒有泡沫的產生；Christelis, Jappeli and Padula (2010) 以及 Grinblatt, Keloharju and Linnainmaa (2011) 發現認知能力較高的人在股票市場中會有比較多的投資行為；Grinblatt, Keloharju and Linnainmaa (2012) 則發現較高智商的投資人會有較好的交易技巧且較不易受到脾氣的影響，其他眾多的研究文獻也表明了較高的認知能力與較低認知能力比較起來在眾多的方面有著更佳優秀的表現，但是這些文獻所表明的是認知能力對交易結果的影響而非我們所希望了解的在一個更加基礎的層面上，在交易的起始與結束以及交易的過程中決策與行為的差異，如此我們決定將文獻縮小為使用實驗資料下對交易行為的研究，在 Tai, Chen and Yang (2018) 中我們可以看到如圖 1 所示的使用了工作記憶 (Working Memory Capacity, WMC) 分組下的受測者在市場結束後的獲利平均值在每一期的變化，再搭配 Chen, Gostoli, Tai and Shih (2012) 利用受測者最後一期獲利在配適獲利景觀圖 (fitness landscape) 上的位置來對他們進行分類，這兩者的結合讓我們找到一個觀察市場參與者調整交易行為

的方法，即利用市場參與者的行為繪製配適獲利景觀圖來檢視他每一期在圖表上的路徑變化，並且以此行為變化的模式 (Pattern) 作為分類的標準，然而在繪製交易行為路徑的途中我們又發現市場上的交易決策與行為又分為三個主要的部分：交易價格、交易數量與交易回合，我們是如何區別與考慮交易價格、數量與回合數的問題我們會在第三章的距離計算中提到並且會有更多的說明。因此為了更加詳盡的描繪出受測者的交易行為，我們藉由市場參與者們對價格、數量或是回合數这三者的調整所繪製的路徑圖歸納整理出不同交易行為調整的類別，以此來了解受測者在交易行為上的改變。

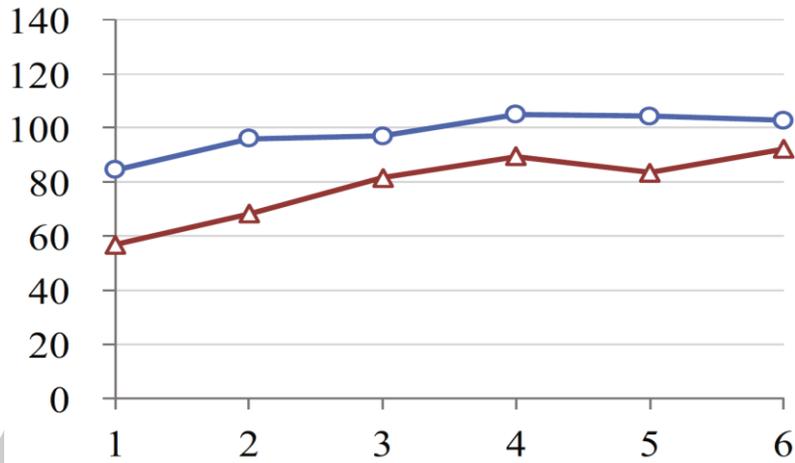


圖 1 獲利動態調整圖

說明：引用自 Tai, Chen and Yang (2018) 圖 5。Y 軸為獲利(NTW)、X 軸為期數，上方為高工作記憶能力之受測者之每期獲利，下方為低工作記憶能力受測者之每期獲利

## 貳、文獻探討

從古典經濟學以來直到近代經濟學，市場的均衡一直都是經濟學家們所好奇與注重的，不論是理論模型所建構的均衡或是實證與實驗所觀察到的均衡，都讓大量的經濟學家好奇為何會有均衡的形成，為何在不同的市場有所不同的成交機制下依然會產生均衡，並且是否會因為某些原因使得價格偏離均衡，在此之後是否又會回到均衡，諸如此類關於均衡的種種問題其實都是在問一個問題「均衡的動力」，以及這個動力的來源與其是如何調整均衡的運作。

### 一、假說演繹理論

在前言中已經提到近代經濟學家對於市場的理解不同於過往，因為在此之前的古典均衡的理論論述多是倚靠著構想出一個隱形的人物來說明市場均衡的形成，像是古典理論中的瓦拉斯拍賣官，對於均衡的設計就是奠基於假設眾多市場參與者資訊結合後有一個「看不見的人」會去指定或是給與市場成交的價格，並且價格也可以因應著參與者的調整而去波動，但是這一理論在眾多喊價市場的實驗發現市場價格是逐漸形成而非如原本所構想的一樣可以一蹴而就這一事實之後，已經被普遍的認為並不是一個可以合理並且完整的解釋均衡的一個理論，而在此後的理論最先會被想到提起的自然就是出自《經濟學原理》（Principles of Economics）的馬歇爾理論或稱均衡價格論（Theory of Equilibrium Price），此一理論彌補了瓦拉斯拍賣官中對於價格形成機制的空缺，此一理論雖然可以有效的預測出均衡數量但是依然缺乏了對於均衡價格的預測能力，意即缺乏了對於價格的形成與動力的基礎論述，於是我們轉而觀看另外一個在行為模式上已經有相當多探討的理論，賽局理論。Wilson（1987）使用賽局理論來探討喊價市場的均衡時運用了所謂的子賽局（Subgame）的形式來簡化市場參與者在交易行為上的交互作用以此推導然後再往後的延展到整個市場，但是這個理論模型在推倒之前所設定的眾多假設可能與現實並不一定相符合而且結果與實際資料有所出入，當然除此之外還有其他數量相當龐大的同樣類型的文獻，但是在此我們已經可以發現目前主流的經濟學著重在於模型的建立，並且在過程中多是致力於使用各種的假設來簡化現實市場中的各種交互影響力的實證方法上面，前面這些理論論述的建立方法多是在於先行提出一個或多個假設性的前提，然後期許此一先驗性的假設可以盡可能地消除個人、群體抑或是整體社會的行為所導致的經濟過程與結果之中的不確定因素，之後再依照這一個或是多個的假設來建立數學模型並且推導出結論，接著再回過頭來嘗試著貼近、符合現實市場的資料，並且在此過程中逐步地或是增加、減少或是變更原先的假設，直接的來說就是以「假說演繹」的方式尋找經濟的過程或最終結果其背後的可能的因素及其影響。

## 二、整理歸納理論

而在 Easley and Ledyard (1993) 的文獻中則採取了與傳統主流經濟學先建立出理論模型再回過頭去驗證資料相反的方式，優先倚靠著資料的歸納，整理出在雙方喊價的成交機制下市場的參與者在面對此種情況下可能產生的行為，在這篇論文中我們可以看見一個新的方向，我們不再去尋找一個先驗假設下的模型、一個市場經濟行為與結果的「聖杯」，我們反過來以市場或是實驗的資料嘗試著去歸納出市場成交取決與何種行為或是何種行為的調整，因此在前言中提到過如果我們希望可以重新檢視市場的均衡價格是如何的形成並且了解價格動態調整的力量的成因，我們就需要先了解市場參與者的行為模式，Easley and Ledyard (1993) 所使用的實驗市場為四個買方四個賣方進行 300 秒的喊價交易，成交規則採紐約證卷交易所之成交規則，如此為一期並且重複。而後借此資料整理出一個市場參與者的喊價模型，另外如果我們要描述此一模型就必須做出以下定義，以買方為例：

1. 最高價格係指前一期中所有買方喊價以及成交價格中最高者。
2. 最低價格係指前一期中所有賣方喊價以及成交價格中最低者。
3. 買方收斂價格係指在低於某一價格下可能成交之賣方數量減去兩個單位後仍然不小於某一價格下可能成交之買方數量，此價格數值中最低者係為買方收斂價格(圖 2 中之 147 元)。
4. 賣方收斂價格係指在高於某一價格下可能成交之買方數量減去兩個單位後仍然不小於某一價格下可能成交之賣方數量，此價格數值中最高者係為賣方收斂價格(圖 2 中之 115 元)。
5. 保留價格係指不高於真實價格之價格。
6. 受測者之喊價上限為不高於自身之保留價格，下限為不低於：低於自身保留價格的其他受測者中最高保留價格者之保留價格。

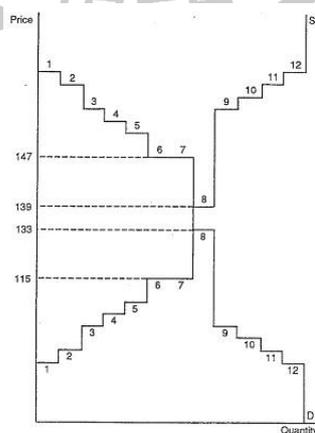


圖 2 供需範例圖

說明：引用自 Easley and Ledyard(1993)圖 1

在此模型的描述之下以買方為例，在市場參與者認為交易時間充裕時市場參與者在真實價格以及前一期實驗中最低賣價或是最低成交價之間建立一個保留價格，而後在不高於此一保留價格下進行喊價，若是市場參與者認為時間不夠充裕時出價分為三種狀況：

1. 前一秒喊價為最高價格或低於最高價格一單位之價格並且未達成交易時，保留價格為真實價格與前一秒喊價增加一單位之價格中取低者。
2. 前一秒喊價高於最高價格且未達成交易時，保留價格維持不變抑或是在真實價格與前一秒喊價增加一單位之價格中取低者。
3. 前一秒為其他喊價時，保留價格維持不變。

賣方則反之，並且由此模型歸納出幾項重點，首先當賣方收斂價格下的買方數量相當於買方收斂價格下的賣方數量相等時，最高價格與最低價格最終會收斂至買賣雙方收斂價格之間，意即在供給與需求數量相當的市場中受測者的成交或喊價最終會收斂至一個價格區間，而在買賣方數量不對稱的市場中價格依然會收斂只是這個區間會變得比買賣雙方收斂價格更大，並且此一價格雖然會收斂但是有可能會在某些情況下暫時的超過此一區間而後再度收斂至買賣雙方收斂價格之中；比如：在一個理論可成交買方數量多與賣方的市場中，保留價格較低的買方搶先成交完畢後，較高保留價格者可能會刻意的拉高價格來排擠其他買方，而這也會使得賣方有機會在超過收斂區間的價格接收喊價，但是在此之後市場價格依然是會收斂至買賣雙方收斂價格之間，並且這樣的過程在每期實驗中最多發生一次。同時 Easley and Ledyard (1993) 也表示其所歸納出來的理論模型中受測者的喊價行為非常單一，其主要原因在於上述理論模型的設定中我們明顯的可以看出受測者在理論中的喊價範圍非常的廣泛，並且在調整喊價的行為上也沒有任何明確的定義，模型中的數學式只指出了會有這樣的交易行為調整產生，第二點則是其理論中適用的市場具有多種限制因此也建議後續研究可以使用多種不同的市場結構來檢測並修改其理論模型，在此我們將目標擺放在了解市場參與者在喊價的行為上。而根據 Easley and Ledyard (1993) 我們就必須要先立基於可以觀察到並且可以在重複過程後獲得相同結果的基礎上而非一個在腦海中先行檢驗過的假設，在這樣子的一個情況下嘗試著「歸納」出一個模型基礎的因素與變量，而在確立了這樣的一個方向後我們就發現了如果要試著歸納出市場中眾多具有異質性的參與者的行為，就必須要有一個一致性的「行為標準」，如此才可以整理出在相同的行為準則下會產生何種異質的行為進而到只不同的結果，因此我們繼續查看了多篇同樣使用歸納法研究市場行為的論文。

Chen, Gostoli and Tai (2012) 此篇論文中藉由實驗的方法收集受測者在市場交易獲利同時也對受測者進行了兩種心理測驗，兩種心理測驗分別是五項工作記憶測驗 (Working Memory Test, WMT) 以及使用華人人格量表的人格特質測驗然後分析這兩者的能力與獲利的相關性，其利用受測者在最後一期實驗的獲利結果來替受測者進行分類，而分析結果表明受測者工作記憶分數的高低對於其在市場進行交易獲利的影響具有顯著性，但同時也會受到其他個人特質或是市場價格結構不同這些因素而有所影響，而這也讓我們找到了一個

有可行性的行為標準，並且我們會在研究方法中詳細說明。

### 三、行為模式

而在 Tai, Chen and Yang (2018) 的文獻中我們可以看到利用成交單位的喊價與其成交單為真實價格的差距即其價格差距 (Price Deviation) 與該名受測者的工作記憶能力分析相關性後，發現工作記憶能力越高的受測者其價格差距越大，同時也根據了受測者在每一期實驗後的獲利繪製出獲利的動態調整圖，表明了受測者工作記憶分數的高低對其交易行為可能會有所影響，Noussair, Tucker and Xu (2016) 設置了期貨與現貨市場讓受測者進行交易，發現在沒有期貨市場的情形下錯誤的出價與平均認知反映測驗 (Cognitive Reflection Test) 分數呈現負向的相關性，以及前言中提到過的 Grinblatt, Keloharju and Linnainmaa (2012) 則發現較高智商的投資人會有較好的交易技巧且較不易受到性格的影響，從上述的文獻中我們知道了受測者在出價的行為上與其認知能力是有所關聯的，這讓我們了解到我們或許可以從受測者選擇喊價的價格位置來將他們的行為進行分類，同時我們一樣希望可以在這些的分類中看到不同的行為類別是否與其認知能力有所關連。

並且我們也在之前的文獻探討中發現喊價的行為又可以被區分成是否有所意願達成交易 Wilson (1987)，意即受測者自我評估成交可能性不同之下所產生不同的行為，此篇論文提出了在一個典型的賽局下的子賽局任何一個交易參與者所提出的一個價格都會使得其他的交易者據此行為與自己所持有的資訊 (或許是自身的真實價格或許是此前的他人的喊價) 反過來推理出他人的真實價格並且以此建立或是更新其對於市場價格結構的想法 (Belief)。雖然此文所建構出的均衡形式也是具有前言中所謂的假設演繹的過程特性，但是他所提到的一個想法確實讓我們感到好奇，一個過高的賣價或是過底的買價使其不可能被另一方所接受就是其所謂不認真 (Non-Serious) 的出價，反過來有成交可能的就是認真 (Serious) 的出價，並且此一資訊為雙方之共識也因此衍生出了個人行為具有不同的階段的概念，同時藉此區分出了認真跟不認真的出價或著是說表達出成交意願而透露出個人的資訊的喊價抑或不願意透露出個人資訊的喊價，結合上一段落所提到的喊價行為與個人的認知能力有所關聯這一事情上面我們是否可以藉由受測者在第一期的第一個喊價，即受測者在還沒有任何其他市場參與者的真實價格的資訊下，選擇喊出的價格高低歸納整理出不同的交易行為調整模式。

另外 Chen, Gostoli and Tai (2012) 藉由最後一期的成交單位與該單位交易回合數描繪出配適獲利景觀圖如下圖 3 展現了一些讓人感到好奇而且有趣的事情，其中 Y 軸係指受測者第一個交易單位的成交回和數、X 軸係指受測者第二個交易單位成交回和數而兩者的交點係指該交易決策下的最高獲利，在這一個獲利範圍圖中我們可以看見而受測者們在經過了五次相同市場的交易後其交易行為可能得到的獲利，而受測者們在此地貌範圍圖的描繪中所表現出來的結果顯示，受測者的最終獲利大部分都圍繞在區域最佳選擇 (Local Optimal) 抑或是全域最佳選擇 (Global Optimal) 上並且此篇論文在其後試著藉由歸納受測者在實驗中的獲利位置來與受測者的工作記憶能力進行分析，以及 Tai, Chen and Yang (2018) 中則是將工作記憶測驗分數分組過後繪製出各組每一期平均獲利的動態調整過程，這使得我們

不由得好奇幾個問題:首先是，工作記憶能力與最後一期獲利的相關性是否在最初的時期就已經表現出同樣顯著的相關性，接著我們連續作第一期到最後一期的圖以此觀測受測者在此市場中行為的調整與改變，第二，工作記憶能力的高低是否會有不同的交易行為調整模式，意即學習調整的路徑是否會有顯著的差異。

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	59	59	59	54	54	54	61	49.5	49.5	49.5	49.5
2		59	59	54	54	54	61	49.5	49.5	49.5	49.5
3			59	54	54	54	61	49.5	49.5	49.5	49.5
4				64	64	64	71	59.5	59.5	59.5	59.5
5					49	49	56	44.5	44.5	44.5	44.5
6						49	56	44.5	44.5	44.5	44.5
7							63	51.5	51.5	51.5	51.5
8								51.5	51.5	51.5	51.5
9									40	40	40
10										40	40
11											40

圖 3 配適獲利景觀圖

說明：此配適獲利景觀圖所描繪的配適獲利以 Tai, Chen and Yang (2018) 的 Experiment 1 中的第一個市場價格結構下的買方為例。



## 參、研究方法

首先，在聊到資料的整理分析之前我們必須先詳細的說明市場設計與實驗方法的背景緣由同時我們也會說明我們為何選擇使用 Tai, Chen and Yang (2018) 的資料，在本篇論文中我們希望市場實驗可以符合以下幾個標準，我們希望受測者在市場中所面對的其他市場參與者時可以很簡單的判讀出其他市場參與者的資訊：真實價格，並且其所面對的其他市場參與者所使用的交易策略與交易行為可以保持不變，如此一來我們的受測者可以很快的判斷出其他市場參與者的行為與資訊並且專注在改進自己的交易決策與行為，而非想方設法改變自己的交易策略與行為來對抗其他市場參與者的策略與行為，同時我們在文獻探討中有所提及，我們考慮到實驗市場中受測者的行為依然有可能會受到其個人因素與特質所影響，所以我們希望可以適恰的標準來衡量至少一個受測者的個人因素或特質，同時我們在藉由交易行為路徑圖來分類受測者行為之後可能也會需要另外一個標準來協助我們進一步的分別受測者。

Tai, Chen and Yang (2018) 文中的實驗於 2009 年到 2010 年期間在政治大學的實驗經濟學研究室中以使用電腦的方式來進行，並且設計將實驗分為單人的市場實驗與心理測驗兩個部分，以此分別測試出受測者在其所給定的雙方喊價市場的獲利能力以及工作記憶能力，同時該篇文獻中的市場實驗又再劃分為使用誠實以告策略的電腦作為市場參與者以及使用 Chen and Tai (2010) 中表現最好的七種策略的電腦作為市場參與者，而我們只使用誠實以告策略的實驗資料來進行研究，而在整場實驗中受測者會收到參與實驗的費用兩百元並且會被告知在市場實驗的部分結束後如果其獲利是該市場中第一名則會有額外的兩百五十元、第二名則會有額外的一百五十元、第三名則會有額外的七十五元作為獎金，至所以使用排名的方式來給予獎勵而非是直接依照一定的比例從獲利來轉換成獎金，是因為在其市場的結構下受測者有機會可以在完全不進行思考的情況下，純粹按照其所被給定的真實價格進行喊價依然能夠獲得利潤，所以設計以受測者無法得知排名的情境去激勵他們思考出最佳的交易行為。最終我們所使用的誠實以告策略的實驗受測者共 173 人，排除掉因樣本資料出現錯誤的三筆後，我們所使用的資料為 Tai, Chen and Yang (2018) 中實驗一的資料共 170 人。

Round	Step	買家 1	買家 2	買家 3	買家 4	賣家 1	賣家 2	賣家 3	賣家 4	買方勝	賣方勝	成交價
1	1	21	830	838	196	782	1056	1048	833	2930	1782	895
1	2	477	900	523	276	1090	822	894	469	2900	4/469	684
1	3	15	600	896	563	1069	788	1029	797	3896	2/788	842
1	4	540	670	230	148	1073	1187	912	1128	-670	-912	-1
1	5	630	680	368	180	815	547	960	529	2600	4/529	604
1	6	164	690	43	188	626	1026	1180	661	2/690	1/626	653
1	7	501	-1	729	364	744	546	1048	1143	3/729	2/546	633
1	8	98	-1	780	349	1131	920	1163	792	-780	-792	-1
1	9	718	-1	648	666	609	921	658	492	1/718	4/492	605
1	10	577	-1	177	62	896	1177	865	1115	-577	-865	-1
1	11	140	-1	13	897	773	1058	1064	1156	-897	-773	-1
1	12	348	-1	357	137	1102	821	728	933	-357	-728	-1
1	13	367	-1	39	271	636	923	1060	860	-367	-860	-1
1	14	19	-1	761	94	720	1004	1106	639	3/761	1/720	745
1	15	724	-1	336	506	1032	766	832	696	1/724	4/696	713
1	16	241	-1	627	576	696	1104	955	-1	-627	-696	-1
1	17	537	-1	96	885	1096	1107	836	-1	-537	-836	-1
1	18	336	-1	408	150	1062	993	1048	-1	-408	-993	-1
1	19	422	-1	771	332	709	969	630	-1	3/771	3/630	703
1	20	684	-1	-1	347	742	1026	819	-1	-684	-742	-1
1	21	265	-1	-1	587	792	914	998	-1	-587	-792	-1
1	22	489	-1	-1	172	771	973	945	-1	-489	-771	-1
1	23	432	-1	-1	406	906	815	1072	-1	-432	-815	-1
1	24	200	-1	-1	613	867	871	678	-1	-613	-678	-1
1	25	388	-1	-1	45	639	1054	791	-1	-388	-639	-1
2	1	190	800	962	366	382	907	845	1121	3/962	1/382	872
2	2	360	870	506	768	1054	466	921	966	2/870	2/466	663
2	3	84	800	841	758	628	1191	654	763	3/841	1/628	734
2	4	583	850	501	160	1010	896	795	347	2/850	4/347	593
2	5	650	600	265	41	614	699	889	1120	-600	-614	-1
2	6	367	600	533	647	1021	1039	1037	825	-647	-825	-1
2	7	151	660	139	82	755	711	944	767	-660	-711	-1
2	8	17	670	502	280	993	750	783	815	-670	-750	-1
2	9	151	690	79	745	720	1155	807	793	4/745	1/720	732
2	10	29	700	715	123	732	915	923	619	3/715	4/619	667
2	11	284	700	178	486	845	778	1064	924	-700	-778	-1
2	12	651	700	576	642	1147	834	875	529	2/700	4/529	615
2	13	242	700	568	128	793	728	1050	1024	-700	-728	-1
2	14	282	700	482	575	768	1005	908	839	-700	-768	-1
2	15	197	700	20	297	1187	907	889	910	-700	-889	-1
2	16	183	700	28	610	786	921	842	864	2/700	3/842	671
2	17	746	-1	432	860	783	994	1076	865	-746	-783	-1
2	18	148	-1	313	328	1051	1039	720	1150	-328	-720	-1
2	19	315	-1	711	372	629	1062	1057	1179	-711	-829	-1

圖 4 受測者實驗畫面截圖

說明：引用自 Tai, Chen and Yang (2018) 圖 12。左方為喊價輸入、右方為每回合喊價資訊、下方為每期獲利。

## 一、雙方喊價市場

在實驗中市場的交易機制採用雙方喊價市場，市場中固定四個買方與四個賣方共八個市場參與者，每一位市場參與者各有四個可交易單位，意即整個市場共有十六個買方單位與十六個賣方單位可供交易，而這些交易單位會依照受測者在市場中不同的身分來給定不同的真實價值，其個別的真实價值可見於圖 5 以及表 1，同時我們並不允許受測者進行重複的買賣，因此每一個市場參與者都只可以進行零一直到最多四次不等的交易，而在此一實驗中受測者只會有一個被給定的身分並且在市場交易實驗開始前從八個市場參與者的位置中藉由拉丁方陣分配方式隨機的決定受測者在市場中所扮演的角色，同時會告知受測者所面對的交易市場都只有受測者一人為真人其餘對象皆為電腦。

表 1 市場參與者真實價格表

	Buyer1	Buyer2	Buyer3	Buyer4	Seller1	Seller2	Seller3	Seller4
Token1	390	390	390	390	310	310	310	310
Token2	370	370	370	370	340	340	340	340
Token3	356	356	356	356	360	360	360	360
Token4	338	338	338	338	372	372	372	372

說明：此表為 Tai, Chen and Yang (2018) 的 Experiment 1 中第一個市場的受測者所被給定的真實價格。

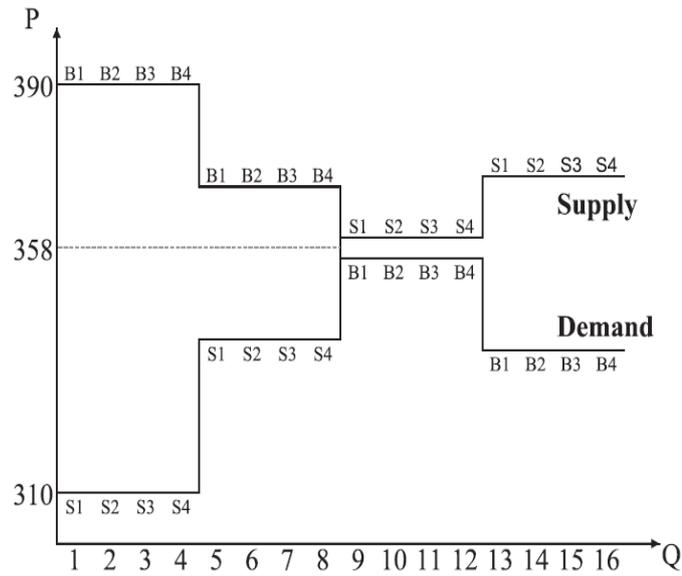


圖 5 市場價格結構圖

說明：引用自 Tai, Chen and Yang (2018) 圖 1。X 軸為成交單位、Y 軸為單位價格。

## 二、成交機制

接著在喊價市場開始之後，受測者會有一分鐘的時間可以選擇提交一個價格或是直接放棄 (Pass)，然後在此一市場中所有的參與者都提交或放棄出價後取出賣方出價最低者與買方出價最高者進行比對，若是比對後買方最高出價高於或是等同於賣方最低出價則達成交易，如果發生買方最高價或賣方最低價有超過一人提出相同的數值則採用隨機抽取的方式決定出誰是成功達成交易的市場參與者，然後依照達成交易的買方出價與賣方出價取此二者之平均值為成交價格，在這之後受測者就可以看見每一位市場參與者所提交的價格與達成交易的成交價格，若是沒有達成交易則受測者依然可以看見每一個市場參與者的出價與數值為負一的成交價格，如此的開始與結束算是完成一個回合 (Round)，在重複進行上述的行為總共二十五次之後關閉市場結束交易並且將此設定為一個期間 (Period)，若是受測者在此期間結束前成功交易完所給定的所有四個單位則其只能繼續觀看其他交易者的交易行為而無法進行任何的出價行為直到當前的期間結束為止，而在這一期間結束之後，會向受測者宣布重新開始一個新的期間，在新的期間開始時我們會依照受測者在一開始所抽到的身分重新給定其交易單位的數量與真實價值，而在我們的實驗市場中的所有設定包含受測者擔任的買方或是賣方身分、可以進行的交易單位與真實價格…等等的交易資訊以及市場成交機制都與前文中所提到的完全相同沒有改變，而且其他市場參與者所面對到的情況亦同，如此一來我們才可以看到受測者在身處相同的市場環境下其交易行為會有甚麼樣的調整與改變，然後受測者在此情形之下開始重複進行第二次的實驗，最終受測者總共會在此一市場進行六個期間合共一百五十個回合的交易行為，而到目前為止已經可以看出因為成交價格的設定方式，所以受測者的出價並不一定會等於、高於或是低於成交價格，因

此在此一設計下市場參與者可以有足夠的時間思考市場中其他參與者的價格資訊後研擬自己的出價決策，簡而言之精準的價格比快速的出價更為重要，並且我們在之後發現受測者在為了達成成交的狀況所需要考慮與決策的因素，除了前一章節在敘述配適獲利景觀圖所提及的交易回合與本段中的交易價格之外還發現了受測者會考量到的另外一個因素，這部分會在下面的交易決策與策略以及交易行為路徑圖與距離計算地章節中有更多的說明。

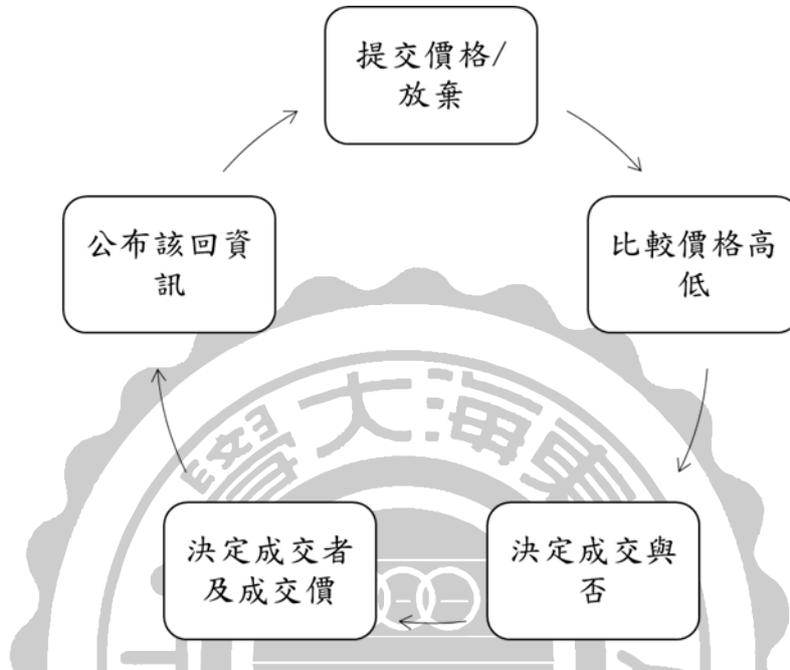


圖 6  
說明：如此為一回合，重複 25 回合為一期。

### 三、市場參與者

在前言中提到過為了要盡可能的減少受測者在市場中所受到外在因素的影響，以期望可以進而更加精準的描繪出受測者在雙方喊價市場中的交易行為，在參考了前面的研究文獻之後，決定在此實驗中使用每一個交易市場中以一位真人受測者搭配另外七個給定交易策略的電腦的方式來進行實驗，然而這些文獻給定電腦的交易策略各有不同，因此在考量了重複性的實驗以便觀察受測者在市場上的交易行為的調整與改變這一情形，進而決定讓電腦使用可以固定喊價的行為策略，而在固定喊價的行為策略中又以誠實以告的行為最為單純，使用誠實以告策略的電腦以賣方為例，只會在每個回合開始時檢視其所持有的剩餘單位，接著比對剩餘單位中真實價格最低的單位為何然後直接提交該單位之真實價格，對於是市場中其他的參與者意謂著我們的電腦其行為單一、固定，因此對於受測者來說可以較為容易的判斷出對手所給予的喊價，並且以此判斷與計算喊價、成交價進而得出獲利而無需經過 Wilson (1987) 中探索其他市場參與者的真實價格以及競價的過程，同時受測者可以無需考慮對手可能採取的策略與行為進而因應的改變自己交易時所要使用的策略來作抗衡，而只需要思考何種決策可以獲得更多的利益而此決策即為下面章節中之交易決策與

策略。

#### 四、心理測驗

過往的眾多文獻中紀錄了各種的方式來評估、測量受測者的認知能力，而在 Tai, Chen and Yang (2018) 文中作者參閱過多篇文獻後決定使用工作記憶能力測驗而非其他常見的方式如：學術水準測驗考試 (SAT)、智商 (IQ) 來評量我們的受測者，原因在於工作記憶是心理學家創造出來，用以測量受測者的記憶資訊的能力以及處理這些資訊的能力 Baddeley and Hitch (1974)，而且工作記憶能力並不僅僅只是測量受測者的短期記憶能力，而是一個用來評估「混雜著眾多要素的概念，這些要素從記憶資訊的多少、推理或歸納資訊後進行決策一直到最後的確實的執行計畫的能力都包含在內」Oberauer, Süß and Wilhelm et al. (2003)，根據 Oberauer, Süß and Schulze et al. (2000) 中測量工作記憶能力的要素如下：

1. 受測者記憶與解讀資訊的能力 (Storage and Transformation)
2. 受測者檢視與控制自身心智活動的能力，同時也包含了對各項心智活動的選取以及專注 (Supervision)
3. 受測者協調各種要素的能力 (Coordination)

而這幾項能力是我們的心智進行決策所需要的基礎要素，工作記憶能力與我們的認知行為表現是具有正相關性的，包含了閱讀理解 Baddeley and Hitch (1974)；Daneman and Carpenter (1983)；King and Just (1991)、進行決策 Hinson (2003) 以及其他心智活動與能力，我們之所以選擇使用工作記憶能力來做為衡量個人內在因素的原因在於，首先工作記憶相較於智商可以更加精準的測量受測者的認知能力。第二，心理學對於陳述智商的要素與構成有著大量的差異，這些陳述中有的認為只需要一個主要的要素就足以表述出受測者的智商，有一些則認為需要額外的要素來協助我們計算出受測者的智商，但是在於所需的額外要素上依然沒有一個統一的數量或是種類，然而在工作記憶能力上心理學界則有著與智商不一樣的共識，工作記憶能力係指人們在進行各種事物中普遍所需要使用到的認知能力資源。第三，如前文中所述的就算是在控制了大量外在因素的實驗市場中，受測者的行為依然有可能受到其個人特質等內在因素所影響，而我們認為工作記憶能力相較於使用其他的個人特質的測量更具有有一個可行與統一的量化標準。

工作記憶能力從短期記憶能力 (Short-Term Memory, STM) 所延伸出來的概念，在古典中測量短期記憶能力的方式被定義為：在處理資訊的心智活動中途依然可以正確的記憶住的單位數量，但是因工作記憶能力較短期記憶能力更多了組織運作、操作判斷資訊的概念而逐漸地取代短期記憶能力，雖然在過往研究文獻中所使用來測量工作記憶能力的方式並不一定相同，但是在評估工作記憶能力對於受測者的認知能力表現上則是一摸一樣的 Turner and Engle (1989)，並且根據一般心理假說我們可以預期並行不同的工作記憶能力測驗來衡量相同的心理結構是確切可行的，Lewandowsky, Oberauer and Yang et al. (2010) 文

中所公布的工作記憶能力中有著四種不同的要素分別是運算廣度測試(OS)、文具廣度測試(SS)、記憶更新測試(MU)、短期空間記憶測試(SSTM)，而且這四項要素都可以通過結構方程模型(Structural Equation Modeling, SEM)來確定它們確實與工作記憶能力中所潛在的變數有所連結，而本文中所使用的工作記憶能力則是使用精簡之前的五項要素，這五項工作記憶能力要素的測試皆是使用電腦進行其詳細資訊如下文所述。

1. 運算廣度測試 (Operation Span Task, OS)：受測者會在開始時看見十字符號以此提醒與表明測試開始，開始後螢幕上會顯現一串簡單的數學運算(如： $4+9=13$ 、 $1+1=3$ )此一算式會呈現三秒，受測者需於三秒結束前按下「Z」表示算式不正確或是按下「/」表示算式正確，而在每一次算式結束後螢幕皆會出現一個英文字母，如此重複三到七次後螢幕會顯現「？」此時受測者需將之前所看到的英文字母依照順序一一輸入，且英文字母作答不限時。
2. 文句廣度測試 (Sentence Span Task, SS)：開始後螢幕上會顯現一串文句(如：如果市場上出現黑心商品就會迫使消費者花費精力判別商品品質，導致社會成本增加、如果市場上出現黑心商品就必定會迫使消費者必須去花費精力判別商品品質，導致社會成本增加)此文句會呈現五秒，受測者需於五秒結束前按下「Z」表示算式不正確或是按下「/」表示算式正確，而在每一次算式結束後螢幕皆會出現一個英文字母，如此重複三到七次後螢幕會顯現「？」此時受測者需將之前所看到的英文字母依照順序一一輸入，且英文字母作答不限時。
3. 記憶更新測試 (Memory-Updating Task, MU)：開始後螢幕上會顯現三到五個方框接著依序在每一個方框內顯現一個被加數(如：「2」「」，「」「5」)，當每一個方框都依序出現過一次被加數後則會依序在每一個方框顯現加數(如：「+1」「」，「」「-2」)，當每一個方框都依序出現過一次加數後則會依序在每一個方框顯現「？」，受測者需依序在每一個方框「？」內輸入該方框先前顯現數字之合，且數字之合作答不限時。
4. 短期空間記憶測試 (Spatial Short-Term Memory Task, SSTM)：開始後螢幕上會顯現十乘十的棋盤式矩陣接著隨機在任一方格內會出現一個黑點，黑點持續一秒後消失如此重複二到六次，之後螢幕上會顯現(End. Please draw the dots)以此提醒與告知受測者使用滑鼠在螢幕上重新點出先前出現黑點之方格，作答無須按照順序且不限時間。
5. 顛倒記憶廣度測試 (Backward Digit Span Task, BDS)：開始後螢幕上會顯現一個單位的隨機數字，如此重複四到八次之後螢幕上會顯現(如：\_?\_ \_\_\_ )，受測者需依照螢幕顯現之顛倒順序數入數字，且作答不限時。

以上五項測試皆會區分為三個步驟，受測者會收到一份具有文字圖樣的指導文本並且在閱讀過後可以向主試者提出問題，沒有問題之後進入模擬練習階段讓受測者可以確實了解實驗操作與流程，在此一階段之成績皆不列入紀錄而此一階段結束後方才進入正式實驗，

正式實驗之操作流程與模擬練習階段完全相同。

## 五、交易決策與策略

在前文中已經稍稍的提及如果我們希望去整理歸納出受測者在雙方喊價市場的交易行為，那我們就必須要有一個所有受測者都可以選擇去進行的相同的行為標準，因此才設計一個市場使用實驗的方式來做控制，而在資料的分析上我們依然會遇到與此相同的情況；我們在整理與歸納資料的標準上必須是一致的，並且這個標準是所有的受測者都可以進行的交易「行為」，因此我們必須在進行數學模型的推導或是使用統計計量的分析之前，利用一個行為上的標準來觀測受測者在這項試驗的雙方喊價市場中的交易行為，然後再依照觀測出的結果對受測者的行為進行分類並且此一標準最好要具有其經濟意涵或至少有其原由，而在 Chen, Gostoli and Tai (2012) 這篇研究文獻裡所使用的配適獲利景觀圖雖然只標注了最後一期的獲利結果，但是卻讓我們發現了可以利用來描繪出同一位受測者在於不同的實驗期間所得到的獲利是如何的改變，並且文中所提及的交易行為的標的；全域最佳決策與區域最佳決策其隱含了均衡的概念，也同時解決了整理與歸納受測者交易行為標準的問題，但是在繪製受測者的配適獲利景觀圖的途中我們就發現了配適獲利景觀圖的侷限之處，其侷限之處在於此圖所描繪的獲利有幾項要求，第一，交易數量的限制、第二，圖中所描繪的獲利繫以受測者於該交易回合下可以提出的最佳價格為標準，所以如果受測者在該回合進行喊價後期價格並非坐落於最價的價格則無法在配適獲利景觀圖則該名受測者的交易行位就無法適當地展現出來，由此我們雖然無法利用配適獲利景觀圖但是確認了我們所需要的一個可以用來衡量所有受測者行為的標準，即是此一市場中的全域最佳決策。我們對於全域最佳決策的定義相當的簡單：該市場內獲利最高的交易方式，我們使用 R 語言來進行編程接著藉由模擬的方式計算出每一種交易方式的獲利後，取出獲利最高的交易方式作為我們的全域最佳決策，同時我們也必須說明對受測者在此實驗市場中的交易行為中的策略以及決策進行些許的區別與定義，因為如果想要研究受測者所採取的策略就必然會面對到預設受測者的思考與交易行為模式，而這很明顯的與我們所希望進行的方式：以資料為出發點歸納出受測者的交易行為調整模式是相左的，因此我們在本篇論文中所使用的策略一詞皆表示該名市場參與者在面對交易時所採用的行為準則（如：絕對不喊超過自身真實價格，以此避免任何可能的虧損、誠實以告策略），而決策則表示該名市場參與者在面對交易時所面對到的選項；是否出價以及何種價格，換而言之，劃分策略可以說是劃分市場參與者在行動之前的樣貌而劃分決策則是劃分市場參與者在行動之中的樣貌。

## 六、交易行為路徑圖與距離計算

上一段落中我們藉由配適獲利景觀圖中提出了一個可行的行為衡量標準，我們希望可以依照這一個標準來繪製受測者的交易行為路徑圖，而在繪製路徑圖中非常重要的一點就是統一標準的距離定義，如此一來才可以有效的區別出交易行為路徑之間的差異，並且我

們從配適獲利景觀圖中發現了幾個設計距離計算標準時需要著重考量的部分，從前文中可以發現我們無法憑藉著配適獲利景觀圖來繪製交易行為路徑的原因在於配適獲利景觀圖默認受測者的該交易單位在該交易回合下可以達到最適獲利換言之配適獲利景觀圖假設受測者在接受配給的交易決策後其有能力獲得該決策下最適獲利，而在實驗市場中如果受測者希望達成成交且價格最適以買方為例：受測者必須用盡可能壓低喊價但是該價格依然可以高於或等於其他市場參與者的喊價，意即如果身處於我們的實驗設計下且希望受測者可以以最適的價格成交，則受測者需要有足夠的記憶能力記住其他市場參與者各自交易單位下的真實價格，但是我們的實驗資料表明並非所有的受測者都有這樣的能力來達成，因此我們捨棄配適獲利景觀圖轉而自行設計一個方法來表現受測者交易行為的調整與改變。

我們雖然捨棄了配適獲利景觀圖但是我們認為其中所展現的概念；受測者成交的交易回合依然是非常可行的，因此在最初時我們將交易行為路徑定義為：X 軸，受測者的喊價與全域最佳決策下的喊價之歐幾里德距離、Y 軸，受測者的交易回合與全域最佳決策下的交易回合之歐幾里德距離，但是我們很快地就發現使用全域最佳決策作為標準有其重大的缺陷，從圖 3 我們可以看見配適獲利景觀圖的 Y 軸與 X 軸分別表示受測者的第一單位商品在第幾個回合成交以及第二單位商品在第幾個回合成交，第一單位商品在第四回合成交且第二單位商品在第八回合成交時具有最高獲利 71 元，但是在我們所使用的實驗資料中受測者可以選擇交易零到四個單位，而我們在繪製路徑圖的過程中發現如果我們使用在可獲得最佳的獲利的交易方式作為全域最佳決策，並且以此來表示受測者的交易行為路徑會遇到受測者交易超過或是低於最佳決策所應有之數量的情形，在此情形時不論受測者如何調整價格或交易回合都不可能到達全域最佳決策，同時該受測者在該交易數量下所繪製出的交易行為路徑圖可能向著原點（全域最佳決策）靠近但是其獲利反而降低了，意即按照此一標準所觀測到的行為路徑不再具有意義，至此我們只能選擇另外一個標準來計算受測者交易行為路徑的距離。

我們了解到受測者如果希望可以獲得最適獲利，他就必須要比較不同的成交數量下的最大獲利，而計算獲利則必須考慮該成交數量下所有的交易回合組合並且有足夠的記憶能力記憶該交易回合下其他市場參與者的真實價格，當然其所思考的順序不一定如我們所描述的這般，但是至此我們知道受測者的市場交易行為在排除了因應其他市場參與者的策略而改變這一狀況後他所需要面對到的交易要素：交易數量、交易回合與交易價格，我們也嘗試著每一個要素對應一個維度繪製出立體的交易行為路徑圖但是我們很快就發現，立體空間中的路徑（折線）在進行歸納上很容易因為視角產生偏誤或是阻礙，因此我們也捨棄了使用立體空間的想法但是在此過程中歐幾里德距離的基本概念也啟發我們因應數量來做出計算上的改變。

我們在此之後依然決定參照交易決策來做為交易行為的觀測標準，但是這個交易決策不再是最適獲利而是該交易單位數量下的最佳獲利，因為不論受測者的思考模式或是考量交易要素的順序為何，獲利都是受測者在實驗開始時被告知到的唯一考量標準，換句話說，無論受測者所考量到的交易要素有幾項其決定嘗試並且成功達成成交的目標都是提高獲利。

因此我們認為依照交易行為路徑圖本身的概念；X 軸表示受測者精準喊價的能力、Y 軸表示受測者精準尋找獲利空間與計算交易回合的能力，使用此一概念下受測者每期位置與原點之間的距離就表明了，受測者在不同期的實驗市場中他調整交易行為的能力以及些許想法，所以我們所採用的距離的定義為：X 軸，受測者在該期交易數量下的喊價與該交易數量下的最佳喊價之歐幾里德距離、Y 軸，受測者在該期交易數量下的交易回合與該交易數量下的最佳交易回合之歐幾里德距離，詳細方法如下：

有一受測者之交易資料如下表所示：

表 2 受測者資料表

Period	Trade	Price	Trade	Timing
1	355	360	357.5	4
2	350.5	350.5	362.5	360
3	350.5	350.5	350.5	350.5
4	350.5	350.5	350.5	360.5
5	350.5	350.5	350.5	350.5
6	350.5	350.5	350.5	350.5

我們根據受測者的交易位置（此受測者為買方）以及交易者的成交價格與成交回合數反向推導出受測者每一次成功達成交易的喊價，如受測者第一期的第一次成交資料顯示成交價格為 355、成交回合數為第 4 回合，再根據表 1 及圖 4 我們可以知道賣方電腦根據誠實以告策略所提交的價格因此我們可以算出受測者喊價：第四回合時賣方電腦的四個喊價中取最低者為 310 而成交之價格為賣方最低價與買方最高價之平均值，因此受測者第一個成交單位實際喊價為 400，同樣推導出第二單位實際喊價為 380、第三單位實際喊價為 375，再計算受測者決策下之價格歐幾里得距離，受測者交易決策下最佳喊價為：高於當回合之其他買方並且不低於當回合之其他賣方之價格，並且在第三個成交單位開始喊出不會有成交機會的價格以此確保不會達成交易，因此第一單位交易最佳喊價 371、第二單位交易最佳喊價為 357，並且如果該受測者第三以及第四單位商品有達成交易時交易最佳喊價為 359，表示若受測者若希望進行喊價交易時最佳的喊價；反之，若受測者並無達成交易則最佳喊價為 0，因此其價格之歐幾里得距離為：

$$\sqrt{(400 - 371)^2 + (380 - 357)^2 + (375 - 359)^2 + (0 - 0)^2} = 41.545$$

接著我們計算交易回合距離，受測者的交易決策下的最佳交易回合為：第一單位在第四回合成交、第二單位在第八回合成交而第三、四單位商品則在第二十六回成交這意味著在二十五回的實驗中受測者應該將第三、四單位的商品成交回合數無限的向後拖延直至該期實驗結束，因此其回合之歐幾里得距離為：

$$\sqrt{(4 - 4)^2 + (5 - 8)^2 + (7 - 26)^2 + (26 - 26)^2} = 19.235$$

該受測者當其位置為 (6.35, 4.38)，如此重複計算六期後依照期數順序繪製交易行為路徑圖如下所示：

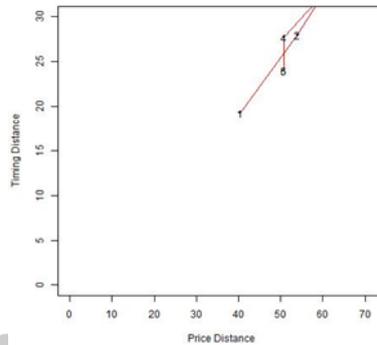


圖 6 交易行為路徑範例圖

在此我們可以看見該受測者共六期交易行為決策的調整模式，第一期的受測者在沒有經驗下的嘗試不論，我們看到第二三期時受測者確實的偏離原點並且在附近搜尋而後在第五六期時固定在一個地方，因為交易行為路徑圖的設計因此我們可以看見受測者向原點移動以及偏離原點的情形，而我們也將以此交易行為「路徑」模式而非單一期的交易行為來進行分類。

## 七、喊價分布圖

我們除了上一段落中所使用的交易行為路徑圖之外，藉由 Tai, Chen and Yang (2018) 文中使用受測者第一次成交喊價與第一單位商品的差距進行工作記憶能力分析，另外根據 Wilson (1987) 中所提出的假想，受測者會隱瞞自身真實價格的同時想辦法探測其他市場參與者的真實價格，這也讓我們好奇我們是否可以根據受測者的初始喊價來分類他們，換句話說受測者在只知道自己的真實價格而沒有其他市場參與者的資訊時他們決定使用何種交易決策，我們希望藉此嘗試分類受測者的行為並且同樣的觀察受測者的工作記憶能力是否與這樣的決策有所關聯。我們在對受測者的初始喊價進行分類時發現受測者的初始喊價確實具有些許群組的區別，但是在區別各個群組中間的數值上我們無法明確的劃分如：為何  $X$  與  $X+1$  是在一個群組但是  $X-1$  卻在另一個，因此我們無法確立一個標準並且依照此一標準來區分個別的群組，因此我們在後面只會稍稍提及我們在嘗試歸納整理的過程中所發現的現象，而不會比照前文中的方法來對受測者進行分類與分析。

另外我們在替交易行為路徑圖進行分類時也嘗試對第一期的結果進行簡單迴歸，以期許可以觀察到受測者行為的差異並且以此進行分類，雖然迴歸的結果顯示受測者在第一期的交易行為並沒有顯著的區別，但是買賣方依然表顯出了些許的差異。

## 八、工作記憶能力與交易行為分析

最後，在將受測者的交易行為依據上述的標準進行分類之後，我們希望可以了解到受測者的交易行為調整模式是否會因為其工作記憶能力的差異而有所區別，同時因為我們的工作記憶能力資料在夏皮羅-威爾克常態性檢定（Shapiro -Wilk Test）中表明為非常態性的分布，因此我們在使用計量方法分析工作記憶能力與交易行為調整模式時採用的方法皆為無母數統計分析。因為我們所期望的分析係指受測者在個人因素的差異上會導致其在市場上的交易行為會有不同的結果，並且起因於受測者在調整交易行為上就會有所差異，而前一點我們已經在 Chen, Gostoli and Tai（2012）中得知受測者的個人因素確實對於最後一期的交易行為有所影響，因此我們決定在計量分析方法上沿用其中的概念：比對各個類別是否在其個人因素上有所差異，以此檢視倚靠交易行為路徑圖所分類的調整模式是否具有區別出受測者之異質性的能力，同時我們也使用了邏輯斯迴歸來檢測各項變數對於交易行為調整模式的影響程度。另外，也對資料中各項變數進行簡單回歸以此更詳盡的了解交易行為的調整與學習與哪些因素有顯著的相關性。



## 肆、結果與分析

根據 Chen, Gostoli and Tai (2012) 中的結果我們了解到受測者在最後一期市場實驗中的結果與其工作記憶能力有所關聯，而這也讓我們好奇工作記憶能力與最後一期獲利的相關性是否在最初的時期就已經表現出同樣顯著的相關性。

1. 假說一：工作記憶能力對初始喊價的價格有著顯著的負相關。
2. 假說二：工作記憶能力對初始交易決策與全域最佳交易決策的距離有顯著的負相關。

另外 Tai, Chen and Yang (2018) 在其圖 5 中進一步的展現了兩組受測者的工作記憶能力與每一期市場實驗獲利的關係，我們希望進一步了解受測者之間學習調整的差異。

3. 假說三：工作記憶能力的差異是否會有不同的交易行為調整模式；學習調整的路徑，是否會有顯著的差異。

因此對交易行為調整模式進行繪製並且在分類後進行統計分析。而後我們認為對交易行為路徑圖的模式進行分類易受主觀影響，而交易行為調整模式為交易行為在每一個交易期間的調整所以我們決定從交易行為路徑圖中更基礎的要素；路徑，來檢視受測者的交易行為異質性。

4. 假說四：工作記憶能力的高低使受測者每一期間交易決策的移動路徑不同。
5. 假說五：工作記憶能力對受測者偏離原點的路徑次數有顯著的負相關。

因此我們將受測者交易行為路徑圖中的路徑分為交易決策的價格與回合精準能力較上一期更加偏離原點亦即路徑方向為第一象限視為第一類別；交易決策的價格與回合精準能力無明顯改善或偏離亦即路徑方向為第二、四象限以及直線向上與直線向右的移動視為第二類別；交易決策的價格與回合精準能力明顯改善向原點移動亦即路徑方向為第三象限、直線向下以及直線向左的移動視為第三類別，並且以此檢視分析工作記憶能力對調整交易決策的影響。而後我們發現第二類別的移動路徑包含數種不同的交易決策調整模式而不管我們如何區分沿 x 軸與 y 軸的移動都無法完整的解釋，因此我們更進一步的拆分交易決策調整的要素來檢視工作記憶能力對其有何影響。

6. 假說六：工作記憶能力對交易決策要素改善的次數有顯著的正相關。

我們將交易決策調整的要素依照交易行為路徑圖的基本概念區分為改善價格決策以及改善回合決策，然後以此來與工作記憶能力分數進行迴歸分析。我們發現成交數量的決策對受測者的表現或許有著深遠的影響，因此我們以受測者的最後一期及交易數量偏差與其工作記憶能力進行迴歸以檢測工作記憶能力對交易數量決策的影響。

7. 假說七：工作記憶能力對受測者最後一期的成交數量有顯著的負相關。

8. 假說八：工作記憶能力對受測者交易數量偏差的平均有顯著的負相關。

而考量到在錯誤的交易數量下所做出的交易決策有可能偏離全域最佳決策卻獲得了該交易數量下更好的獲利，因此我們決定檢視受測者在不同交易數量下其喊價偏差是否有所改善。

9. 假說九：工作記憶能力對交易數量變動時之喊價偏差有著顯著的負相關。

我們所使用的資料受測者共 173 人，排除掉資料錯誤 3 人以及不符合進行六期交易的受測者買方 3 人、賣方 3 人後，進行分析的資料共 164 人。詳細的統計資料如下表 3：

表 3 資料統計表

	買方	賣方	總共
男性	45	33	78
女性	39	47	86
有網路拍賣交易經驗	51	48	99
無網路拍賣交易經驗	33	32	65
有其他市場交易經驗	14	3	17
無其他市場交易經驗	70	77	147
有金融市場交易經驗	13	9	22
無金融市場交易經驗	71	71	142
需要工具	21	23	44
不需要工具	63	57	120

表 4 變數表

符號	名稱	公式
SS	文具廣度分數	工作記憶能力要素
OS	運算廣度分數	工作記憶能力要素
MU	記憶更新分數	工作記憶能力要素
SSTM	短期空間記憶分數	工作記憶能力要素
BDS	顛倒記憶分數	工作記憶能力要素
SEX	性別	0 為女性、1 為男性

<b>FINANCIAL</b>	金融市場交易經驗	0 為無經驗、反之為 1
<b>ONLINE</b>	網路拍賣交易經驗	0 為無經驗、反之為 1
<b>TOOLS</b>	是否有需要計算工具	0 為不需要、反之為 1
<b>OTHER</b>	其他交易經驗	0 為無經驗、反之為 1
<b>FTD</b>	初始距離	第一期位置與原點之歐幾里得距離
<b>First</b>	第一象限	路徑方向為第一象限之次數
<b>Second</b>	第二四象限	路徑方向為第二、第四象限以及垂直向上、水平向右之次數
<b>Third</b>	第三象限	路徑方向為第三象限以及垂直向下、水平向左之次數
<b>AFO</b>	移動偏離原點次數	第一象限與第二四象限之和減去第三象限
<b>PB</b>	價格改善次數	X+1 期之價格歐幾里得距離大於 X 期則為 1 次
<b>TB</b>	回合改善次數	X+1 期之回合歐幾里得距離大於 X 期則為 1 次
<b>LPQ</b>	最後一期成交量	最後一期成交單位數量
<b>QD</b>	平均成交量偏差	每一期之實際成交量與理論成交量
<b>QCPD</b>	成交量變動時喊價改善量	X 期成交數量與 X+1 期之成交數量相異時，以 X+1 期之價格歐幾里得距離減去 X 期之價格歐幾里得距離相加後除以成交量變動之次數

## 一、初始喊價行為檢定

前文的文獻中所提到的受測者在喊價上會因為其工作記憶能力而有所差異，同時根據 Smith and William (1982,1990) 以及 Chamberlin (1948) 所提出的買賣雙方在議價能力上的區別，我們將買賣雙方的初始喊價與其真實價格相減後做出劃分以此比較雙方的交易行為並且區分不同的交易行為組別以此跟交易行為路徑圖的組別做出比較甚至是可以以此類推到受測者的最後一個喊價，讓我們可以更精準更完整的描繪出受測者的交易行為模式。同時為了避免我們所給予受測者的價格數值不同對其產生不同的影響我們對初始喊價進行了標準化，以買方為例的標準化公式如下：

$$\frac{(\text{第一單位真實價格} - \text{初始喊價})}{\text{第一單位真實價格}} = \text{買方標準化差距}$$

如此標準化期望獲利後我們首先繪製了直方圖以受測者的工作記憶能力為 Y 軸以受測者的標準化期望獲利為 X 軸，並且在繪製直方圖時因為買方在喊價上所受到的限制我們排

除了賣方超過二點五倍的標準化期望獲利，我們可以從圖 7 以及圖 8 中看到不論是擔任買方或是賣方的受測者其初始喊價具有一項有趣的特性：受測者確實喜歡根據其真實價格進行喊價，並且又以四分之一、二分之一、四分之三以及一的倍數最為常見。

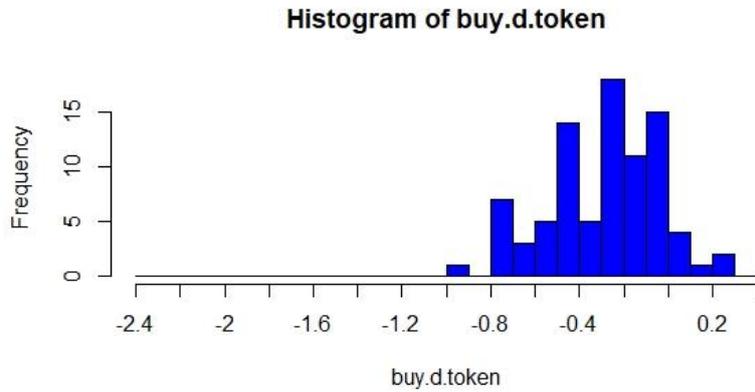


圖 7 買方初始喊價直方圖

說明：每單位之數值為 0.1 的標準化差距

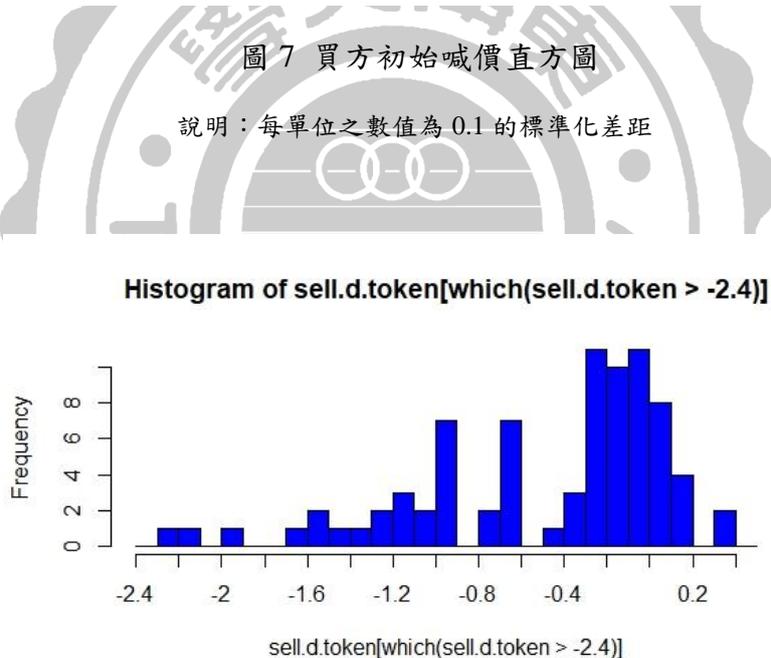


圖 8 賣方初始喊價直方圖

說明：每一單位之數值為 0.1 的標準化差距

另外我們試著藉由簡單回歸觀察受測者的初始喊價行為與其工作記憶能力之間的關係，我們可以從圖 9 明顯的看出擔任買方的受測者其工作記憶能力與初始喊價行為之間並沒有顯著的關係其簡單迴歸後的 P 值為 0.746 在 95% 的信心水準下我們不拒絕受測者的工作記憶能力與其初始喊價行為沒有相關性的假設，而從圖 10 擔任賣方角色的受測者其簡單迴歸

的 P 值為 0.0468 在 95% 的信心水準下我們排除了受測者的工作記憶能力與其初始喊價行為沒有相關性的假設。至此我們確認了受測者確實依 William (1982,1990) 以及 Chamberlin (1948) 所言的買賣雙方在喊價行為上有著顯著的差異，因此我們在後面對交易行為進行區別時應該避免在沒有進行標準化前將買賣雙方一同進行。

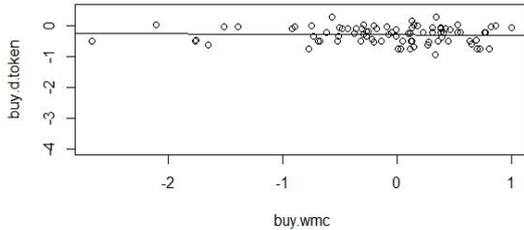


圖 9 買方初始喊價分佈回歸線

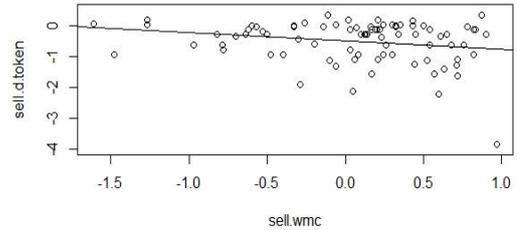


圖 10 賣方初始喊價分佈回歸線

表 5 假說一檢定表

	買方	賣方
<i>Intercept</i>	<b>-0.28729***</b> (2.82e-16)	<b>-0.50169***</b> (3.09e-9)
<i>WMC</i>	-0.01317 (0.746)	<b>-0.26488**</b> (0.0468)

說明：\*\*\*表示在 1% 的信心水準下顯著的 p 值，\*\*表示在 5% 的信心水準下顯著的 p 值，\*則表示在 10% 的信心水準下顯著的 p 值。

我們由此決定先對買方受測者的初始喊價進行區分，但是在過程中我們發現我們無法合理的描述或是定義受測者在喊價數值上的細微差異，我們認知到了受測者的初始喊價行為具有顯著的模式但是在各別群組之間對等分的數值我們並沒有任何方法可以明確的表述其歸屬的群組，但是這兩張圖讓我們發現了一個有趣的問題，在標準化數據之後所繪製的直方圖中受測者的初始喊價行為都有著相似的模式，但是在與工作記憶能力進行比較之後卻有著明顯的區別，根據 William (1982) 所提出的假說；有些人認為其原因在於人們大部分的交易經驗皆源自於生活中所進行的交易行為，同時因為現代生活的侷限性人們大部分獲得的經驗都是擔任買方，因此人們在市場交易中擔任買方時其交易行為的經驗較多使得其他個人因素所導致的差異性較小，反過來在擔任賣方時人們交易行為的差異性則較為顯著，我們也在此觀察到此一情形。

表 6 假說二檢定表

	ALL	買方	賣方
<i>Intercept</i>	<b>41.295***</b> (2.67e-5)	<b>48.954***</b> (0.0005)	<b>14.6669***</b> (0.3938)
<i>SS</i>	-7.983 (0.2013)	-3.616 (0.7680)	-10.2886 (0.2114)
<i>OS</i>	-2.758 (0.6698)	-4.841 (0.5176)	-7.6578 (0.5327)
<i>MU</i>	<b>-12.03*</b> (0.0623)	-9.441 (0.2629)	<b>-19.492*</b> (0.0895)
<i>SSTM</i>	6.779 (0.2686)	<b>15.785*</b> (0.0902)	2.5669 (0.9161)
<i>BDS</i>	5.733 (0.2140)	2.277 (0.6335)	<b>44.1486*</b> (0.0761)
<i>SEX</i>	2.001 (0.8470)	-4.288 (0.6077)	12.1118 (0.4308)
<i>Financial</i>	-9.930 (0.5108)	-7.129 (0.7273)	7.1003 (0.7375)
<i>Online</i>	11.865 (0.2569)	-4.233 (0.7084)	<b>31.664*</b> (0.0434)
<i>Other</i>	<b>-29.608*</b> (0.0806)	-19.694 (0.3572)	-27.1847 (0.4905)
<i>Tools</i>	-10.002 (0.3617)	-16.730 (0.2707)	-0.2756 (0.9872)
<i>Adj R-squared</i>	0.02088	-0.02625	0.03652

說明：\*\*\*表示在 1% 的信心水準下顯著的 p 值，\*\*表示在 5% 的信心水準下顯著的 p 值，\*則表示在 10% 的信心水準下顯著的 p 值。

買方與賣方之初始距離迴歸的結果在各项工作記憶能力要素與其他變數上皆不算十分顯著，但是我們可以在表中發現買賣方在工作記憶能力要素的需求上可能有所差異，並且賣方在網拍交易經驗上之 P 值為 0.0598 相關係數為 1.63682，且其餘相關交易經驗之相關係數皆大於買方，於此，我們認為在同樣的市場下賣方的受測者相比於買方的受測者所需求的能力要素具有相當大的差別。

我們認為假說一：工作記憶能力對擔任賣方受測者的初始喊價價格確實有著顯著的負相關，並且其原因可能與缺少實務經驗致使其更考驗受測者判斷計算等工作記憶能裡有關。而假說二的部分我們可以看到雖然運算廣度(OS)、文句廣度(SS)以及記憶更新(MU)確實呈現負相關，但是後面兩項工作記憶能力要素則呈現正相關，因此我們認為假說二：工作記憶能力對初始交易決策與全域最佳交易決策的距離受市場價格結構的影響，因此不同的工作記憶能力要素會有不同的正負相關性，但是當受測者為賣方時某些工作記憶能力要素則具有顯著重大的影響。

## 二、交易行為路徑圖類別

我們遵循在上一章節中所設計出來距離計算標準對 164 位受測者進行交易行為路徑圖的繪製，而後我們根據受測者在交易行為路徑圖上的移動路徑來分類他們，換言之我們根據每一期受測者精準喊價以及回合的能力來嘗試著辨別他們的交易行為調整模式，而後我們依據此一標準來歸納受測者的交易行為調整模式，最後我們歸納出了三個可能有所不同的交易行為調整模式，我們所區分的交易行為調整模式其詳細資料如下文所述。

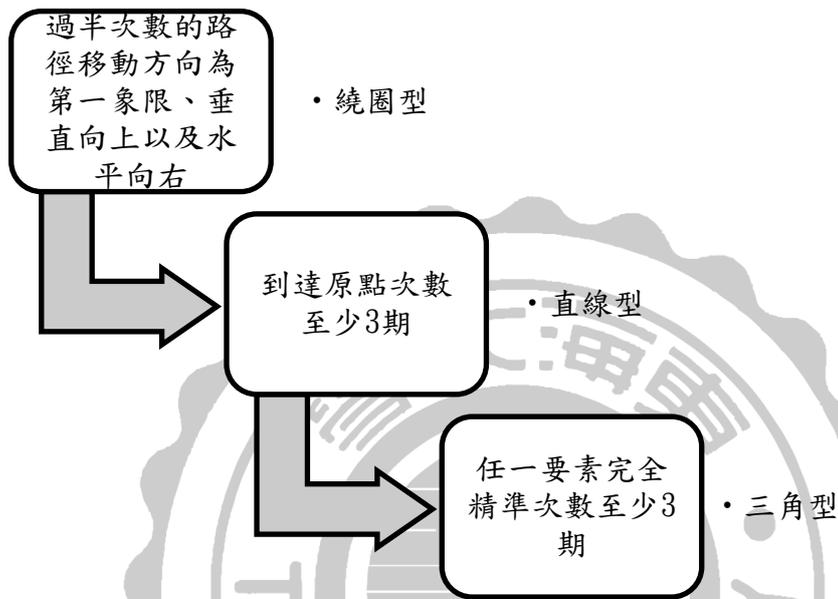


圖 11

說明：交易行為調整模式分類

繞圈型受測者之行為特徵：受測者無意專注於或是無法專注於特定的交易決策以至其到達且維持在 Y 軸的回合數較晚，從交易行為路徑圖中可見受測者精準喊價的調整速度較慢甚至是沒有，換而言之此類別的受測者可能無意或是無法專注於計算達成交易時的確切價格、數量、交易回合，其交易行為路徑圖之圖形特徵為繞圈或是散亂之移動路徑，如下圖所示：

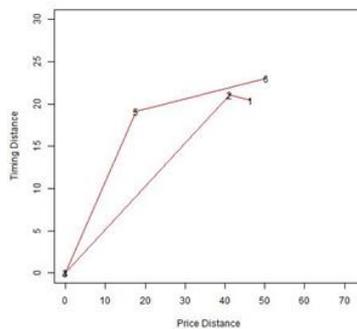


圖 12 繞圈型受測者

說明：此一類型可見附錄 1 圖 1 至圖 118。

三角型受測者之行為特徵：受測者有意專注於特定交易決策下之要素但是在思考與變換交易決策之時無意或是無法同時考量該決策下之多項要素，從交易行為路徑圖中可見受測者在達成精準喊價之後伴隨著改變與 X 軸之距離的同時無法維持精準的喊價，在經過不等的期數後受測者表現出精準喊價的能力，換而言之此類別的受測者可能無意或是無法「同時」專注於計算達成交易時的確切價格、數量、交易回合，其交易行為路徑圖之圖形特徵為與倚靠著軸線呈現三角形或是山形之移動路徑，如下圖所示：

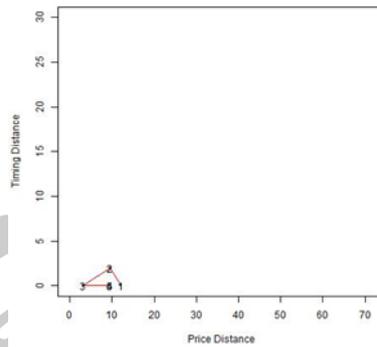


圖 13 三角型受測者

說明：此一類型可見附錄 2 圖 1 至圖 14。

直線型受測者之行為特徵為：受測者有意專注於特定交易決策下之要素並且有足夠的能力精準特定數量下之交易回合與交易價格，從交易行為路徑途中可見受測者在不等的期數後到達原點並且在整場實驗中至少到達原點三期，換而言之此類別的受測者有足夠的能力計算特定交易數量下的交易決策，如下圖所示：

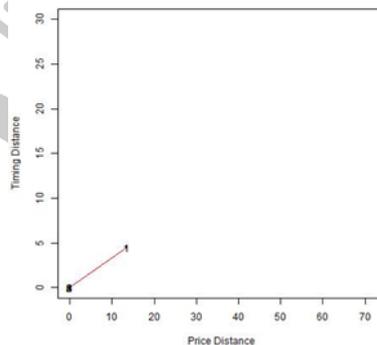


圖 14 直線型受測者

說明：此一類型可見附錄 3 圖 1 至圖 32。

### 三、交易行為模式檢定

我們在決定使用何種計量方法分析受測者的交易行為調整模式與受測者的工作記憶能力之間的關係時，我們希望可以檢定我們對受測者的交易行為調整模式進行分類過後其受測者的類別之間是否是具有異質性的，亦即我們是否可以在某些因素上區別我們所分類出來的交易行為調整模式，而在本次的研究中我們所使用的因素為受測者的工作記憶能力，並且我們使用夏皮羅-威爾克常態性檢定確認受測者在工作記憶能力上的分布狀況以此協助我們後續決定使用何種計量方法進行分析。夏皮羅-威爾克常態性檢定結果顯示 P 值為 0.0007925 在 95% 信心水準下我們排除了受測者的工作記憶能力為常態分佈的假設。同時其各個交易行為調整模式類別之工作記憶能力的敘述性統計如下表 7：

表 7 敘述性統計表

		All	繞圈	三角	直線
Std	Avg	-0.00116	-0.05942	0.23139	0.1119
	Med	0.11210	0.07147	0.24177	0.2353
	S.D.	0.60780	0.64129	0.41277	0.51794
SS	Avg	0.07933	-0.04926	0.4652	0.02142
	Med	0.23606	0.21946	0.5658	0.10144
	S.D.	0.90280	0.92524	0.53369	0.92794
OS	Avg	-0.08590	-0.14979	0.09793	0.06927
	Med	-0.00506	-0.00007	-0.15217	0.05122
	S.D.	0.88966	0.89692	0.76887	0.90659
MU	Avg	-0.00815	-0.04322	0.06551	0.08896
	Med	0.03764	-0.06933	0.16348	0.40888
	S.D.	0.95191	0.96961	0.86738	0.94015
SSTM	Avg	0.00211	-0.07752	0.1842	0.2161
	Med	0.09885	0.05621	0.4401	0.2695
	S.D.	0.93981	0.96129	0.96389	0.82494
BDS	Avg	0.00764	-0.07585	0.3442	0.16827
	Med	0.21320	0.18842	0.4115	0.16362
	S.D.	1.12391	1.29489	0.32354	0.40644

在決定變數與依變數的概念上我們決定參照 Chen, Gostoli and Tai (2012)，其文中分析的主要概念在於尋求某一項個人特質對受測者在實驗市場中的獲利能力是具有影響力或是說在計量分析上具有相關性，因此其在於分析中所使用的變數為工作記憶能力的各項要素，

而我們除了使用一個標準的工作記憶能力之外也參照其中的概念對工作記憶能力中的各項要素也分別進行分析。我們首先希望採用比較多個群組之間的平均數來檢定資料是否來自同一母體或是平均數相等的多個母體，單因子獨立變異數分析（One-Way ANOVA）可以用來檢定3組以上的平均值是否相等，但必須符合常態分配的基本假設與變異數同質的檢定，因為我們的資料在之前的檢定中顯示為非常態分佈所以我們改為使用同一概念下的無母數統計方法 K-W 檢定（Kruskal-Wallis Tset）此方法整體概念相當於單因子獨立變異數分析只是改為檢測各群組資料之中位數是否為同一母體或是中位數相等之母體，其檢定結果如下表 8：

表 8 K-W 檢定結果

	標準化	SS	OS	MU	SSTM	BDS
<i>P-value</i>	0.1164	<b>0.09163*</b>	0.3543	0.1986	0.1407	0.2543

說明：\*\*\*表示在 1% 的信心水準下顯著的 p 值，\*\*表示在 5% 的信心水準下顯著的 p 值，\*則表示在 10% 的信心水準下顯著的 p 值。

另外我們同樣參考 Chen, Gostoli and Tai (2012) 在檢定中所提出的概念，我們使用曼-惠尼檢定（Mann-Whitney U Test）並且基於我們的虛無假設：前一型的受測者工作記憶能力會低於後一型的受測者，因此設定為單尾檢定來觀察我們所區分的受測者行為類別其工作記憶能力之間是否有所差異，我們除了使用一個標準的工作記憶能力分數之外對工作記憶能力中的各項要素也分別進行分析，其檢定結果如下表 9：

表 9 曼-惠尼檢定結果

組別\WMC	標準化	SS	OS	MU	SSTM	BDS
繞圈 VS 直線	0.1073	0.5475	0.109	0.2435	<b>0.0516*</b>	0.258
	0.3349	0.7115	<b>0.09658*</b>	0.6389	0.2682	0.2385
	<b>0.06263*</b>	0.3374	0.4678	<b>0.05874*</b>	<b>0.02784**</b>	0.2437
繞圈 VS 三角	<b>0.05238*</b>	<b>0.03481**</b>	0.2662	0.3809	<b>0.08622*</b>	<b>0.01485**</b>
	0.2275	0.121	0.5393	0.5947	0.2674	<b>0.01971**</b>
	0.1115	<b>0.08368*</b>	0.214	0.3226	0.1129	0.2448
三角 VS 直線	0.7023	0.9352	0.3781	0.401	0.5991	0.9275
	0.6261	0.9115	0.3282	0.5418	0.7112	0.9525
	0.3782	0.7761	0.6218	0.1088	0.3488	0.5838

說明：從上至下分別為全受測者、買方受測者、賣方受測者，\*\*\*表示在 1% 的信心水準下顯著的 p 值，\*\*表示在 5% 的信心水準下顯著的 p 值，\*則表示在 10% 的信心水準下顯著的 p 值。

從表 8 的檢定結果中我們可以看出見在所有檢測受測者交易行為調整模式類別與其工作記憶能力是否來自同一母體的檢定中，只有文句廣度分數 (SS) 試在 90% 的信心水準下具有顯著性而這也符合我們此前的預期，受測者買賣方所需的能力要素有所差異所以整體不會有單一要素能顯著的鑑別受測者的調整模式，表 9 的檢定結果我們可以發現在交易行為調整模式類別的兩兩相互檢定中顯示了三角型與直線型的受測者之間的差異並不顯著，但是繞圈型與直線型的比較以及繞圈型與三角型的比較中都有著大量的差異，另外較值得注意的部分為繞圈型與直線型的比較，其中買方在運算廣度(OS)的部分顯著而賣方則是在記憶更新(MU)的部分具有顯著的區別這一個差異我們會在後面其他的檢定中多次確認，同時我們在 Chen, Gostoli and Tai (2012) 的結論中可以發現受測者在市場中的表現確實會受到不同的市場價格機制所影響且並非所有的工作記憶能力要素都會對其表現具有顯著的影響，因此我們在此認為我們所分類的交易行為路徑圖依然具有足夠的區別性，來區分受測者的交易行為調整模式。

而我們也使用了邏輯斯迴歸模型來檢視我們是否可以依靠工作記憶能力要素來辨別受測者可能在何種類別的勝率(Odds)，而我們所區分的類別為多元的因此我們在方法上採用其所延伸的廣義邏輯斯迴歸模型(Generalized Logistic Regression)或稱為多元邏輯斯迴歸模型，此一模型之概念在於定義其中一個類別做為參考類別，接著利用迴歸的方式來檢測如果某一變數增長一單位而其餘因素不變，則相較於參考類別其勝率改變多少，換言之以表 10 為例：若全部受測者之文句廣度測試 (SS) 分數增長一單位則相較於參考組別(繞圈型)其屬於三角組別(三角型)的勝率多了 74.528%，而相較於參考組別其屬於直線組別的勝率少了 21.723%。我們以此來檢測上述計量分析中的工作記憶能力要素是否有足夠的能力來表現其受測者之交易行為調整模式類別，同時我們從表 8 可以發現各組別之間具有顯著性的變數各不相同，因此我們將各個類別作為參考組別進行了一次分析，其檢定結果如後表 10 至表 12：

表 10 廣義邏輯斯迴歸結果：繞圈

	三角	直線
SS	0.74528	-0.21723
	(0.16733)	(0.36106)
	1.3084	-0.48205
	(0.29396)	(0.19342)
	0.54400	0.12011
	(0.34803)	(0.78100)
OS	-0.10932	0.29368
	(0.79510)	(0.26814)
	-0.43071	0.56568
	(0.55454)	(0.09511*)
	0.15079	-0.57602
	(0.79001)	(0.31845)
MU	-0.25478	-0.10342
	(0.47319)	(0.68490)
	-0.49964	-0.34986
	(0.41959)	(0.26834)
	-0.17010	0.67609
	(0.73066)	(0.19301)
SSTM	0.16212	0.34640
	(0.64460)	(0.16428)
	-0.11517	0.16603
	(0.84745)	(0.61852)
	0.40079	0.49576
	(0.40620)	(0.29273)
BDS	1.5911	0.24239
	(0.10430)	(0.44839)
	3.99459	0.45404
	(0.12039)	(0.34563)
	0.00963	0.91576
	(0.99364)	(0.47728)
CONSTANT	<b>-2.70758***</b>	<b>-1.32504***</b>
	(9.933e-9)	(2.602e-10)
	<b>-4.26345***</b>	<b>-1.02512***</b>
	(0.00132)	(0.00016)
	<b>-1.91495***</b>	<b>-2.33934***</b>
	(0.00020)	(0.00031)

說明：從上至下分別為全受測者、買方受測者、賣方受測者，\*\*\*表示在 1%的信心水準下其 P 值顯著，\*\*表示在 5%的信心水準下其 P 值顯著，\*則表示在 10%的信心水準下其 P 值顯著。

表 10 中的運算廣度測試 (OS) 顯示，在其餘因素不變的情況下買方受測者運算廣度測試 (OS) 分數增加一單位則該受測者被分到直線型組別的勝率增加了 56.568%，且其 p 值在 90%的信心水準下顯著，再加上表 10 以及表 9 中繞圈 vs 直線的組別其數據表示繞圈型與直線型在運算廣度測試 (OS) 的因素上具有顯著的差異，於此我們認為在此實驗市場價格結構下運算廣度測試 (OS) 會是一個影響買方交易行為調整模式類別的要素。

表 11 廣義邏輯斯迴歸結果：三角

	繞圈	直線
SS	<b>-0.74526***</b> (1.673e-1)	<b>-0.9625***</b> (5.1915e-5)
	<b>-1.30843***</b> (2.939e-1)	<b>-1.79048***</b> (1.362e-6)
	-0.54340 (0.34856)	-0.42334 (0.32716)
OS	0.10932 (0.79510)	0.40300 (0.13284)
	0.43070 (0.55455)	<b>0.99638***</b> (0.00328)
	-0.15090 (0.78986)	-0.72701 (0.20798)
MU	0.25482 (0.47313)	0.15143 (0.55239)
	0.49969 (0.41955)	0.14984 (0.63545)
	0.16989 (0.73098)	0.84663 (0.10308)
SSTM	-0.16214 (0.64455)	0.18428 (0.45936)
	0.11514 (0.84750)	0.28118 (0.39908)
	-0.40051 (0.40652)	0.09486 (0.84043)
BDS	-1.59119 (0.10430)	<b>-1.34883***</b> (0.00002)
	<b>-3.99449***</b> (1.204e-1)	<b>-3.54049***</b> (1.925e-13)
	-0.00977 (0.99355)	0.90611 (0.48194)
CONSTANT	<b>2.70760***</b> (9.93e-9)	<b>1.38256***</b> (4.249e-11)
	<b>4.26337***</b> (0.00132)	<b>3.23825***</b> (0.00000)
	<b>1.91467***</b> (0.00020)	-0.42502 (0.51302)

說明：從上至下分別為全受測者、買方受測者、賣方受測者，\*\*\*表示在 1%的信心水準下其 P 值顯著，\*\*表示在 5%的信心水準下其 P 值顯著，\*則表示在 10%的信心水準下其 P 值顯著。

表 11 中的文句廣度測試(SS)與表 10 的檢定結果具有相同的意義因此我們不再贅述，在其餘因素不變的情況下文句廣度測試 (SS) 分數增加一單位則全部的受測者相較於是三角型類別其屬於直線型類別的勝率減少了 179.048%，其 p 值在 99%的信心水準下顯著。

表 12 廣義邏輯斯迴歸結果：直線

	繞圈	三角
SS	<b>0.21723***</b>	<b>0.96249***</b>
	(6.873e-1)	(5.1944e-5)
	<b>0.48204***</b>	<b>1.79043***</b>
	(6.99e-1)	(1.363e-6)
OS	-0.12003	0.42336
	(0.83595)	(0.32715)
	-0.29367	-0.40298
	(0.48541)	(0.13286)
MU	-0.56567	<b>-0.99635***</b>
	(0.437668)	(0.00328***)
	0.57610	0.72701
	(0.30898)	(0.20797)
SSTM	0.10340	-0.15136
	(0.77095)	(0.55259)
	0.34986	-0.14978
	(0.57196)	(0.63557)
BDS	-0.67676	-0.84666
	(0.17082)	(0.10307)
	-0.34639	-0.18428
	(0.32435)	(0.45935)
CONSTANT	-0.16604	-0.28122
	(0.78153)	(0.39901)
	-0.49537	-0.09484
	(0.30460)	(0.84047)
BDS	<b>-0.24240***</b>	<b>1.34877***</b>
	(8.045e-1)	(2.462e-5)
	<b>-0.45403***</b>	<b>3.54061***</b>
	(8.59e-1)	(1.92e-13)
CONSTANT	-0.91596	-0.90625
	(0.44926)	(0.48187)
	<b>1.13250***</b>	<b>-1.38253***</b>
	(5.03e-3)	(4.253e-11)
CONSTANT	1.02512	<b>-3.23827***</b>
	(0.440025)	(0.00000)
	<b>2.33974***</b>	<b>0.42509***</b>
	(5.668e-6)	(5.129e-1)

說明：從上至下分別為全受測者、買方受測者、賣方受測者，\*\*\*表示在 1%的信心水準下其 P 值顯著，\*\*表示在 5%的信心水準下其 P 值顯著，\*則表示在 10%的信心水準下其 P 值顯著。

表 12 中的文句廣度測試 (SS) 顯示，在其餘因素不變的情況下文句廣度測試 (SS) 分數增加一單位則全部的受測者相較於是直線型類別其屬於三角型類別的勝率增加了 96.249%，其 p 值在 99%的信心水準下顯著，同時運算廣度測試(OS)分數增加一單位則買方受測者相較於是直線型類別其屬於三角型類別的勝率減少了 99.635%。

結合表 9 至表 12 的結果我們認為在全受測者中文句廣度測試(SS)分數的高低確實表現了受測者在交易行為上的某種特徵，使其顯著的居於三角形類別之中，另外在擔任買方位

置的受測者中運算廣度測試(OS)分數的高低則表現了其到達原點的能力，於此我們認為假說三：工作記憶能力的差異確實會有不同的交易行為調整模式。

#### 四、交易行為要素檢定

在本章節中為了避免我們對交易行為路徑圖的分類缺乏足夠的客觀性，因此將交易行為中的各個要素分別檢視以此判別那些要素對於交易行為的調整與學習具有顯著的影響，而我們所拆分的要素內容可見於表 4 變數表。

在假說四中我們希望可以看見受測者的工作記憶能力或是其餘變數對受測者於下一期交易決策的判斷、計算有顯著的影響。因此我們將其拆分為三種不同意義的向量，第一象限：受測者的決策相較於上一期顯著的偏離原點、第二四象限：受測者的決策並無顯著的改善其與原點距離的變化可能減少或是增加、第三象限：受測者的決策相較於上一期顯著的改善與原點的距離縮短。我們預期較高的工作記憶能力其路徑移動的方向朝第三象限的次數也會比較多。檢定結果如後表 13 至表 15：

表 13 假說四(第一象限)檢定表

	ALL	買方	賣方
<i>Intercept</i>	<b>1.221161***</b> (2.07e-13)	<b>1.320992***</b> (1.69e-7)	<b>1.01090***</b> (9.61e-5)
<i>SS</i>	-0.056287 (0.549)	0.03331 (0.8348)	-0.16478 (0.1664)
<i>OS</i>	-0.028015 (0.773)	-0.12474 (0.3630)	0.02693 (0.8686)
<i>MU</i>	-0.075089 (0.441)	0.00593 (0.9641)	-0.08330 (0.6132)
<i>SSTM</i>	-0.014003 (0.879)	0.07764 (0.5975)	-0.11214 (0.4056)
<i>BDS</i>	0.097880 (0.160)	0.09447 (0.2145)	0.32709 (0.2644)
<i>SEX</i>	-0.192635 (0.211)	-0.35029 (0.1512)	-0.00330 (0.9879)
<i>Financial</i>	-0.292635 (0.198)	-0.15943 (0.6254)	-0.33440 (0.3345)
<i>Online</i>	0.172777 (0.273)	0.23236 (0.3400)	0.14679 (0.5162)
<i>Other</i>	-0.23823 (0.352)	-0.00951 (0.9761)	<b>-0.96592*</b> (0.0754)
<i>Tools</i>	-0.22323 (0.181)	<b>-0.48855*</b> (0.0513)	0.17403 (0.4756)
<i>FTD</i>	-0.00158 (0.193)	-0.00194 (0.2909)	-0.00209 (0.2242)
<i>Adj R-squared</i>	0.003477	-0.007772	-0.0103

說明：此表之表格上方為相關係數，下方為 P 值。\*\*\*表示在 1%的信心水準下其 p 值顯著，\*\*表示在 5%的信心水準下其 p 值顯著，\*則表示在 10%的信心水準下其 p 值顯著。

表 14 假說四(第二四象限)檢定表

	ALL	買方	賣方
<i>Intercept</i>	<b>1.53425***</b> (2.07e-11)	<b>1.45121***</b> (3.35e-5)	<b>1.93799***</b> (5.08e-8)
<i>SS</i>	<b>0.23003*</b> (0.08147)	0.24978 (0.2786)	0.193852 (0.20883)
<i>OS</i>	<b>-0.22590*</b> (0.09741)	<b>-0.40875**</b> (0.0405)	0.28507 (0.18002)
<i>MU</i>	-0.01410 (0.91750)	0.21982 (0.2480)	<b>-0.498001**</b> (0.02217)
<i>SSTM</i>	-0.04562 (0.72315)	-0.17988 (0.3956)	<b>0.32147*</b> (0.06870)
<i>BDS</i>	-0.14865 (0.12694)	-0.14860 (0.1749)	<b>-1.05307**</b> (0.02660)
<i>SEX</i>	-0.03793 (0.86156)	0.15978 (0.6467)	-0.31804 (0.26464)
<i>Financial</i>	0.10892 (0.73114)	-0.13971 (0.7659)	0.57456 (0.20219)
<i>Online</i>	0.01449 (0.94746)	-0.00766 (0.9825)	-0.01528 (0.95838)
<i>Other</i>	<b>0.94429***</b> (0.00895)	<b>0.86584*</b> (0.0605)	<b>2.42769***</b> (0.00132)
<i>Tools</i>	-0.26449 (0.25253)	-0.03015 (0.9324)	<b>0.00111*</b> (0.05926)
<i>FTD</i>	0.00013 (0.93900)	-0.00055 (0.8329)	0.05352 (0.61574)
<i>Adj R-squared</i>	0.04529	0.002031	0.1651

說明：此表之表格上方為相關係數，下方為 P 值。\*\*\*表示在 1%的信心水準下其 p 值顯著，\*\*表示在 5%的信心水準下其 p 值顯著，\*則表示在 10%的信心水準下其 p 值顯著。

首先，表 14 顯示買方受測者的運算廣度(OS)分數增加顯著的減少其往第二四象限的路徑移動，而賣方受測者在記憶更新(MU)上也具有相同的情況同時短期空間記憶(SSTM)、顛倒記憶能力(BDS)也對其路徑的移動具有顯著的影響。並且文具運算廣度(SS)在全受測者中會增加受測者在改善價格或回合要素時增加另一要素的偏差，可能表現了邏輯斯迴歸模型中所提到的特徵；使受測者在調整交易決策時專注單一要素而忽略了另一要素的調整。

表 15 假說四(第三象限)檢定表

	ALL	買方	賣方
<i>Intercept</i>	<b>2.24343***</b> ( $<2e-16$ )	<b>2.22779***</b> ( $2.78e-8$ )	<b>2.05110***</b> ( $1.46e-8$ )
<i>SS</i>	-0.17374 (0.2089)	-0.28310 (0.2601)	-0.02906 (0.8508)
<i>OS</i>	<b>0.25391*</b> (0.0761)	<b>0.53349**</b> (0.0148)	-0.31201 (0.1459)
<i>MU</i>	0.08919 (0.5329)	-0.22575 (0.2762)	<b>0.58130***</b> (0.0084)
<i>SSTM</i>	0.059632 (0.6592)	0.10224 (0.6572)	-0.20933 (0.2362)
<i>BDS</i>	0.05077 (0.6183)	0.05413 (0.6484)	0.872579 (0.1257)
<i>SEX</i>	0.23316 (0.3081)	0.19050 (0.6162)	0.32135 (0.2634)
<i>Financial</i>	0.18370 (0.5811)	0.29915 (0.5590)	-0.24016 (0.6561)
<i>Online</i>	-0.18727 (0.4179)	-0.22470 (0.5552)	-0.13151 (0.5950)
<i>Other</i>	<b>-0.70606*</b> (0.0612)	<b>-0.85634*</b> (0.0879)	<b>-1.41897*</b> (0.0561)
<i>Tools</i>	<b>0.48267**</b> (0.0476)	0.51871 (0.1836)	0.42959 (0.1800)
<i>FTD</i>	0.00171 (0.3368)	0.00250 (0.3855)	0.00097 (0.6626)
<i>Adj R-squared</i>	0.04704	0.0503	0.07911

說明：此表之表格上方為相關係數，下方為 P 值。\*\*\*表示在 1% 的信心水準下其 p 值顯著，\*\*表示在 5% 的信心水準下其 p 值顯著，\*則表示在 10% 的信心水準下其 p 值顯著。

表 15 則顯示著類似的狀況買方受測者的運算廣度(OS)能力以及賣方受測者的記憶更新(MU)能力顯著的影響受測者的交易行為調整模式。因此我們認為假說四：工作記憶能力的高低確實會影響受測者每一期交易決策移動的路徑。

接著我們認為如此分別的檢定可能會遺漏受測者整體的狀況，其中主要的顧慮在於，若受測者僅於兩、三項交易決策之間來回使用很可能會有多次的第三象限移動路徑卻沒有真正的改善交易決策。因此我們將第一象限與第二四象限相加視為無實際改善決策後與一定有縮短與原點距離的第三象限相減。檢定結果如後表 16：

表 16 假說五檢定表

	<i>ALL</i>	買方	賣方
<i>Intercept</i>	0.51082 (0.2527)	0.54441 (0.4488)	0.89778 (0.1636)
<i>SS</i>	0.34749 (0.2089)	0.56620 (0.2601)	0.05813 (0.8508)
<i>OS</i>	<b>-0.50784*</b> (0.0761)	-1.06699** (0.0148)	0.62403 (0.1459)
<i>MU</i>	-0.17839 (0.5329)	0.4515 (0.2762)	<b>-1.16260**</b> (0.0084)
<i>SSTM</i>	-0.11926 (0.6592)	-0.20449 (0.6572)	0.41866 (0.2362)
<i>BDS</i>	-0.10154 (0.6183)	-0.10826 (0.6484)	<b>-1.41519*</b> (0.1257)
<i>SEX</i>	-0.46632 (0.3081)	-0.38101 (0.6162)	-0.64270 (0.2634)
<i>Financial</i>	-0.36742 (0.5811)	-0.59831 (0.5590)	0.48032 (0.5950)
<i>Online</i>	0.37455 (0.4179)	0.44940 (0.5552)	0.26303 (0.6561)
<i>Other</i>	<b>1.41212*</b> (0.0612)	<b>1.71268*</b> (0.0879)	<b>2.83794*</b> (0.0561)
<i>Tools</i>	<b>-0.96536**</b> (0.0476)	-1.03743 (0.1836)	-0.85919 (0.1800)
<i>FTD</i>	-0.00343 (0.3368)	-0.00500 (0.3855)	0.00195 (0.6626)
<i>Adj R-squared</i>	0.04704	0.0503	0.07911

說明：此表之表格上方為相關係數，下方為 P 值。\*\*\*表示在 1% 的信心水準下其 p 值顯著，\*\*表示在 5% 的信心水準下其 p 值顯著，\*則表示在 10% 的信心水準下其 p 值顯著。

表 16 的檢定結果顯示了與表 14 以及表 15 相當的結果，表明了受測者交易行為的路徑移動確實受其工作記憶能力要素有著顯著的影響。並且此一影響會因受測者為買方抑或是賣方而有所差異。

假說五的檢定結果與假說四相同的表明工作記憶能力與調整學習的路徑方向有著顯著的相關性，接著我們考量到交易行為路徑圖分類中的三角型類別的受測者有對單一決策要素精準的能力，因此我們將路徑拆分為兩項交易決策要素；價格與回合，以此檢視受測者的工作記憶能力對決策要素的影響。檢定結果如後表 17 至表 18：

表 17 假說六(價格要素)檢定表

	<i>ALL</i>	<i>買方</i>	<i>賣方</i>
<i>Intercept</i>	<b>2.46576***</b> ( $<2e-16$ )	<b>2.38903***</b> ( $7.73e-9$ )	<b>2.37628***</b> ( $8.44e-10$ )
<i>SS</i>	-0.23307 (0.103)	-0.40441 (0.1170)	-0.10206 (0.5286)
<i>OS</i>	0.10440 (0.478)	<b>0.41926*</b> (0.0587)	-0.28710 (0.2001)
<i>MU</i>	0.18091 (0.222)	-0.12604 (0.5508)	<b>0.56736**</b> (0.0138)
<i>SSTM</i>	-0.06926 (0.620)	0.00679 (0.9770)	-0.29088 (0.1171)
<i>BDS</i>	0.10816 (0.305)	0.10554 (0.3853)	0.39360 (0.4246)
<i>SEX</i>	0.28714 (0.225)	-0.38059 (0.3284)	0.30332 (0.3126)
<i>Financial</i>	0.24197 (0.482)	-0.18789 (0.7194)	0.17961 (0.7038)
<i>Online</i>	-0.31505 (0.188)	-0.34880 (0.3710)	-0.18481 (0.5500)
<i>Other</i>	-0.06250 (0.872)	-0.51832 (0.3090)	0.68863 (0.3705)
<i>Tools</i>	0.35912 (0.152)	0.38026 (0.3387)	0.34095 (0.3078)
<i>FTD</i>	0.00231 (0.210)	<b>0.00490*</b> (0.0980)	-0.00026 (0.9094)
<i>Adj R-squared</i>	0.01784	0.03992	0.036226

說明：此表之表格上方為相關係數，下方為 P 值。\*\*\*表示在 1%的信心水準下其 p 值顯著，\*\*表示在 5%的信心水準下其 p 值顯著，\*則表示在 10%的信心水準下其 p 值顯著。

在表 17 中我們可以發現買賣方在進行決策時所需求的工作記憶能力要素具有一貫的差異。

表 18 假說六(回合要素)檢定表

	ALL	買方	賣方
<i>Intercept</i>	<b>2.81355***</b> ( $<2e-16$ )	<b>2.77667***</b> ( $1.6e-11$ )	<b>2.65456***</b> ( $6.46e-13$ )
<i>SS</i>	-0.16335 (0.2170)	-0.33656 (0.1698)	0.00797 (0.956)
<i>OS</i>	0.13797 (0.3122)	<b>0.44948**</b> (0.0338)	-0.33216 (0.101)
<i>MU</i>	-0.01633 (0.9049)	-0.23634 (0.2416)	0.31530 (0.123)
<i>SSTM</i>	0.02625 (0.8392)	-0.13548 (0.5458)	0.032101 (0.846)
<i>BDS</i>	0.04458 (0.6475)	0.05183 (0.6536)	0.29896 (0.500)
<i>SEX</i>	0.14464 (0.5084)	0.24994 (0.4994)	0.19432 (0.472)
<i>Financial</i>	0.15311 (0.6307)	-0.16673 (0.7377)	-0.11462 (0.787)
<i>Online</i>	-0.16102 (0.5666)	-0.23144 (0.5324)	0.00085 (0.998)
<i>Other</i>	-0.53740 (0.1357)	-0.68359 (0.1601)	-0.79252 (0.253)
<i>Tools</i>	<b>0.40325*</b> (0.0833)	0.32128 (0.3955)	0.44234 (0.143)
<i>FTD</i>	-0.00039 (0.8177)	0.00063 (0.8203)	-0.00091 (0.664)
<i>Adj R-squared</i>	-0.008335	0.004764	-0.01987

說明：此表之表格上方為相關係數，下方為 P 值。\*\*\*表示在 1% 的信心水準下其 p 值顯著，\*\*表示在 5% 的信心水準下其 p 值顯著，\*則表示在 10% 的信心水準下其 p 值顯著。

在表 18 中我們可以發現在回合改善的要素檢定中，但是運算廣度(OS)分數對買方受測者確實有所影響，而賣方受測者則無顯著的影響要素。

後面假說七、八、九中，因為我們考量到交易數量本身就限制了受測者能否到達原點這件事情，因此我們認為受測者的交易數量決策對其有著重大的影響而進行了下列的檢定，檢定結果如下表 19 至表 21：

表 19 假說七檢定表

	<i>ALL</i>	買方	賣方
<i>Intercept</i>	<b>2.53733***</b> ( $< 2e-16$ )	<b>2.48564***</b> ( $< 2e-16$ )	<b>2.65772***</b> ( $< 2e-16$ )
<i>SS</i>	-0.00623 (0.9305)	0.01333 (0.9069)	-0.05734 (0.5408)
<i>OS</i>	-0.08975 (0.2247)	<b>-0.18165*</b> (0.0659)	0.12666 (0.3278)
<i>MU</i>	0.00156 (0.9831)	0.05914 (0.5300)	-0.01340 (0.9181)
<i>SSTM</i>	-0.07133 (0.3089)	-0.08658 (0.4101)	-0.06958 (0.5143)
<i>BDS</i>	0.06942 (0.1893)	<b>0.08990*</b> (0.0993)	-0.02489 (0.9303)
<i>SEX</i>	-0.14723 (0.2142)	-0.15693 (0.3655)	-0.21191 (0.2240)
<i>Financial</i>	-0.03329 (0.8467)	0.04854 (0.8349)	-0.16447 (0.5480)
<i>Online</i>	0.07571 (0.5268)	<b>0.37375**</b> (0.0337)	-0.22409 (0.2127)
<i>Other</i>	<b>0.380411*</b> (0.0515)	0.14119 (0.5331)	<b>0.95663**</b> (0.0341)
<i>Tools</i>	<b>-0.297622**</b> (0.0186)	<b>-0.31022*</b> (0.0821)	-0.31529 (0.1054)
<i>FTD</i>	0.00115 (0.2113)	0.00075 (0.5640)	<b>0.00228*</b> (0.0966)
<i>Adj R-squared</i>	0.05421	0.0993	0.0467

說明：此表之表格上方為相關係數，下方為 P 值。\*\*\*表示在 1% 的信心水準下其 p 值顯著，\*\*表示在 5% 的信心水準下其 p 值顯著，\*則表示在 10% 的信心水準下其 p 值顯著。

表 19 顯示經驗可能主導受測者對於交易數量上的決策，而工作記憶能力可能只有些許影響。同時賣方沒有經驗狀態下的初始交易決策距離又對其有著影響，可能意味著賣方缺乏經驗，因此偏好或其他人格特質對其交易數量決策有所影響。

表 20 假說八檢定表

	<i>ALL</i>	<i>買方</i>	<i>賣方</i>
<i>Intercept</i>	<b>0.57305***</b> (4.43e-9)	<b>0.56543***</b> (0.00012)	<b>0.741153***</b> <b>(4.6e-6)</b>
<i>SS</i>	-0.00413 (0.9423)	-0.03618 (0.71024)	0.00381 (0.95788)
<i>OS</i>	<b>-0.10161*</b> (0.0861)	<b>-0.14112*</b> (0.09362)	0.05065 (0.61063)
<i>MU</i>	-0.02005 (0.7346)	0.01345 (0.86692)	-0.02165 (0.82936)
<i>SSTM</i>	-0.08945 (0.1112)	-0.09000 (0.31656)	-0.05948 (0.46951)
<i>BDS</i>	0.03266 (0.4387)	0.05108 (0.27033)	-0.297442 (0.17814)
<i>SEX</i>	<b>-0.15963*</b> (0.0926)	-0.16972 (0.25263)	<b>-0.23122*</b> (0.08677)
<i>Financial</i>	-0.01789 (0.8965)	0.08204 (0.34485)	-0.17989 (0.39452)
<i>Online</i>	0.00747 (0.9377)	0.14020 (0.68017)	-0.19040 (0.16997)
<i>Other</i>	<b>0.36727**</b> (0.0190)	0.20947 (0.13585)	<b>0.84061**</b> (0.01618)
<i>Tools</i>	<b>-0.25415**</b> (0.0120)	-0.22663 (0.28018)	<b>-0.32214**</b> (0.03304)
<i>FTD</i>	<b>0.00161**</b> (0.0298)	0.00094 (0.40033)	<b>0.00301***</b> (0.00534)
<i>Adj R-squared</i>	0.1271	0.0733	0.1733

說明：此表之表格上方為相關係數，下方為 P 值。\*\*\*表示在 1% 的信心水準下其 p 值顯著，\*\*表示在 5% 的信心水準下其 p 值顯著，\*則表示在 10% 的信心水準下其 p 值顯著。

表 20 大致上同表 19，值得注意的是當我們檢視全部六期的交易數量決策時，尤其的凸顯了賣方受測者在交易數量決策上對於經驗要素的顯著性。

表 21 假說九檢定表

	<i>ALL</i>	買方	賣方
<i>Intercept</i>	<b>62.3786*</b> (0.0912)	81.383 (0.158)	<b>51.1908*</b> (0.05711)
<i>SS</i>	0.4464 (0.9774)	27.632 (0.503)	-0.1037 (0.99585)
<i>OS</i>	17.5435 (0.3811)	17.196 (0.601)	-5.6748 (0.70340)
<i>MU</i>	-10.3539 (0.6013)	-26.930 (0.433)	2.9045 (0.77270)
<i>SSTM</i>	-3.2628 (0.8628)	-8.201 (0.813)	-0.4597 (0.97533)
<i>BDS</i>	-3.4252 (0.8220)	-5.278 (0.806)	4.6877 (0.51511)
<i>SEX</i>	-20.2779 (0.4996)	-44.341 (0.444)	-8.0605 (0.76759)
<i>Financial</i>	-6.7323 (0.4323)	-8.699 (0.902)	28.3070 (0.47764)
<i>Online</i>	-22.9853 (0.4996)	-43.758 (0.380)	<b>-52.4003*</b> (0.06347)
<i>Other</i>	-25.7897 (0.6397)	-40.194 (0.607)	31.9866 (0.56255)
<i>Tools</i>	-32.8766 (0.3051)	-26.953 (0.675)	6.1506 (0.79204)
<i>FTD</i>	-0.1159 (0.8600)	0.372 (0.759)	<b>-0.7945***</b> (0.00035)
<i>Adj R-squared</i>	-0.1402	-0.2566	0.7845

說明：此表之表格上方為相關係數，下方為 P 值。\*\*\*表示在 1% 的信心水準下其 p 值顯著，\*\*表示在 5% 的信心水準下其 p 值顯著，\*則表示在 10% 的信心水準下其 p 值顯著。

而表 21 顯示了經驗與初始喊價距離對賣方受測者的影響，但是我們檢定的假說係指有交易數量變動下之受測者，因此其檢定的數量可能會有所不足。

在本章中我們分別檢視了受測者在毫無經驗時所進行的交易決策與其工作記憶能力之間的關係、受測者在數期重複實驗中的學習調整是否會受其工作記憶能力的差異而有所區別以及最後對受測者在實驗中所進行的交易行為要素個別進行檢定，以期完整的了解受測者在各期的交易決策中所產生的變化。而以下為假說檢定的結果。

1. 假說一：工作記憶能力對初始喊價的價格有著顯著的負相關。

僅對賣方受測者成立，受測者為買方時不成立。

2. 假說二：工作記憶能力對初始交易決策與全域最佳交易決策的距離有顯著的負相關。

可能受不同市場價格結構而有所差異，在我們的實驗中並不成立。

3. 假說三：工作記憶能力的差異是否會有不同的交易行為調整模式；學習調整的路徑，是否會有顯著的差異。

在本文的市場價格結構下受測者在文句廣度(SS)、運算廣度(OS)、記憶更新(MU)的能力確實會導致受測者有不同的交易行為調整模式。

4. 假說四：工作記憶能力的高低使受測者每一期間交易決策的移動路徑不同。

結果顯示受測者的工作記憶能力確實影響其每一次決策的移動路徑。

5. 假說五：工作記憶能力對受測者偏離原點的路徑次數有顯著的負相關。

結果同樣顯示較高工作記憶能力的受測者確實會有較少偏離原點的路徑移動。

6. 假說六：工作記憶能力對交易決策要素改善的次數有顯著的正相關。

工作記憶能力對交易決策要素中的價格改善次數部分有顯著的正相關，而在回合改善上面受測者擔任的角色不同則有不同的影響。

7. 假說七：工作記憶能力對受測者最後一期的成交數量有顯著的負相關。

運算廣度(OS)確實對受測者在最後一期的表現有著顯著的負相關，並且在經驗相關的變數上也有著顯著的結果。

8. 假說八：工作記憶能力對受測者交易數量偏差的平均有顯著的負相關。

結果與假說七的檢定相似，表明了交易數量的決策上經驗與計算能力具有顯著的影響。

9. 假說九：工作記憶能力對交易數量變動時之喊價偏差有著顯著的負相關。

整體結果並不顯著，因此我們認為此假說不成立，但是因為此一數據數量偏少因此我們建議後續可以以更多資料來重複驗證此一假說。

## 伍、結論與建議

### 一、結論

我們希望可以藉由本文研究市場參與者的交易行為調整模式並且希望尋找到一個新的方法，可以讓我們繼續的以此角度深入瞭解市場經濟的過程與結果其背後的因素。本文以 Easley and Ledyard (1993) 對雙方喊價市場實驗資料整理歸納的方法作為一個方向的基礎概念，然後結合 Chen, Gostoli and Tai (2012) 的配適獲利景觀圖以及 Tai, Chen and Yang (2018) 的喊價行為差異延伸出市場參與者的交易決策及其決策下的交易行為路徑圖，並且在繪製出受測者的交易行為路徑圖之後依照對交易行為調整模式的歸納，區別出市場參與者在交易行為調整模式上的特徵，並且依照受測者交易行為調整模式的特徵結合受測者的工作記憶能力進行分析，以此確認交易行為路徑圖是否具有足夠的能力來觀測市場參與者的交易行為調整模式，同時也希望我們的特徵描述也有能力套用在其他資料中受測者的交易行為調整模式上，而我們從結果與分析中可以得到以下結論。

我們從 Chen, Gostoli and Tai (2012) 的分析結果中可以了解到不同的市場價格結構會著重於受測者不同的工作記憶能力或個人特質要素，結合 Tai, Chen and Yang (2018) 第三章中以同樣實驗市場的資料進行分析可以看出，此實驗市場的結構下受測者的文句廣度測試 (SS) 與運算廣度測試 (OS) 對其實驗的結果有著較為顯著的影響，而在我們對受測者的交易行為調整模式進行分類之後所進行的分析可以看到其中更多的特性，在共同比較的 K-W 檢定中我們可以看出三個群組中文句廣度測試 (SS) 是在 90% 的信心水準下唯一越過門檻的要素，而我們認為更有趣的部分在於單尾的曼-惠尼檢定以及廣義邏輯斯迴歸模型的結果之中，在帶入表 9 至表 12 之後我們結合初始喊價行為的檢定，可以看到以下有趣的問題：繞圈型表現了不具有任何傾向或是傾向我們所沒觀察到的要素進行調整；三角型則是在所有的受測者中因應著文句廣度 (SS) 的分數可能表現了具有某一要素傾向的調整；直線則是在買方受測者中因應著運算廣度 (OS) 的分數有著較大的勝算。

繞圈 vs 直線：在買方所有的檢定中運算廣度 (OS) 都表現出了顯著的差異，而在曼-惠尼的賣方檢定中記憶更新 (MU) 也表現出了相關性，這兩個類別間表現出了明顯的差異

繞圈 vs 三角：我們可以看見三角型的受測者有著更加優異文句廣度測試 (SS) 分數，而三角型較繞圈型的受測者在交易行為調整模式的要素上更具有傾向與規律。同時表 16 表示較高的文句廣度測試 (SS) 分數也確實會更有可能在交易行為調整模式中對價格要素的調整有所著我們目前所不了解的偏好。

三角 vs 直線：在敘述性統計中我們可以看見直線型的受測者有著更加優異的運算廣度測試 (OS) 分數，表 11、12 的邏輯斯迴歸顯示有著較高文句廣度測試 (SS) 分數被分入三角型的類別會有更多的勝率，我們並不清楚原因為何，但是我們依然可以看到這兩個類別間具有顯著的差異。

於此我們可以確認我們所設計的交易行為路徑圖在觀測受測者的交易行為上是具有足夠的解釋能力，我們可以確認交易行為路徑圖並不僅僅只是描繪出受測者的交易行為路徑而已這些路徑是確實的表示著受測者之間不同的交易行為調整模式。

同時結合假說一至假說九，我們可以歸納出些許受測者在交易行為及其調整學習的特徵，第一，受測者在擔任買賣方時其所需求的工作記憶能力要素有著顯著的區別、第二，文句廣度(SS)分數的高低可能表現出受測者對於某些交易行為獨特的特徵、第三，不同的工作記憶能力確實對於交易行為的調整與學習會產生不同的影響、第四，運算廣度(OS)分數、經驗以及初始減價的決策對交易數量的決策有著顯著影響。

## 二、後續研究建議

我們認為在此之後最基礎的後續發展有兩項工作，首先在於使用更多的資料進行兩項分析；獲利與工作記憶能力分析以及交易行為調整模式與工作記憶能力分析，以此進一步確認交易行為路徑圖有足夠的能力觀測市場參與者的交易行為、第二，我們依照受測者在交易行為路徑圖中的特徵所區別出的三項類別中確實可以觀察到其他相似的行為類別，但是我們為了避免在分類時對受測者的交易行為進行過度的假設與解讀，因此使用的是最基本的特徵表述各個類別之間的差異而沒有對其特徵進行任何的定義，而這同樣需要更多的資料重複進行以此更明確的區別出交易行為調整的模式。並且基於我們所繪製的交易行為路徑圖其中 X 軸表示受測者精準減價的能力、Y 軸表示受測者精準尋找獲利高點與計算交易決策的能力如果在不同實驗市場價格結構下是否能夠有效的區別受測者的交易行為調整模式，反向的測試交易行為路徑圖的描述能力以此確認交易行為路徑圖在不同的市場價格結構下依然可以區別出不同的受測者交易行為調整模式。

在此基礎之後我們可以嘗試著從幾個面向去做出延伸，首先我們認為之後的實驗可以多加入一項個人特質測驗如：五大型人格、九型人格測驗以及華人人格量表，並且依照此一資料我們所建立的交易行為路徑圖以此更精準的觀測市場參與者的交易行為調整模式會受何種個人因素影響，另外從眾多的檢定中我們可以看出賣方受測者的工作記憶能力確實與買方具有足夠顯著的差異性，而這樣的差異性是否會繼續影響到受測者的交易行為調整模式上，換言之我們已經從交易行為「中」的決策進行了一次分類而如果我們找到方法可以在交易行為的初始減價以及交易行為的結尾都進行分類，那我們就有能力觀察、比較受測者在交易的起始到結束之中的轉變或者是延續並且結合個人特質在不同階段的影響，如此一來我們就可以更確實的描述市場參與者的交易路徑進而更接近這些路徑所結合的終點，均衡。

如果希望與我們一般從這樣子的一個方向去延伸切入市場行為與均衡相關的研究，那我們建議的後續事項如下：

1. 不同市場結構下以受測者的工作記憶能力來與獲利以及交易行為路徑圖進行分析

以此檢測此一方法具有足夠的能力描述受測者的交易行為調整模式。

2. 在實驗中加入更多的個人特質測驗。
3. 將此一方法擴張至成交前後，以期更完整的觀測、比較受測者的交易行為。



# 陸、附錄1

此附錄為補充正文中對交易行為路徑圖進行分類後符合繞圈型類別之受測者圖例。

圖 1

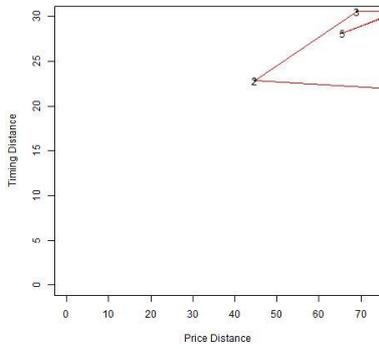


圖 2

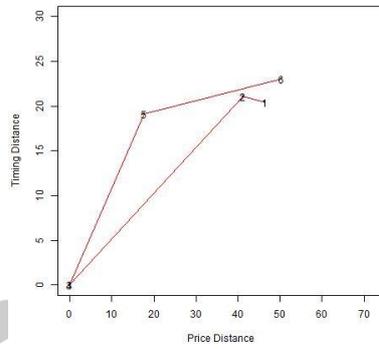


圖 3

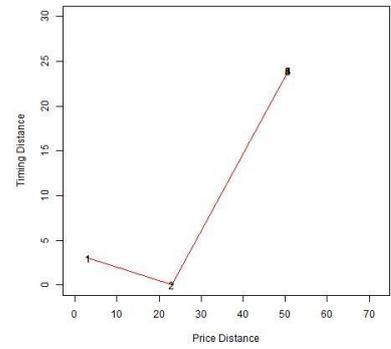


圖 4

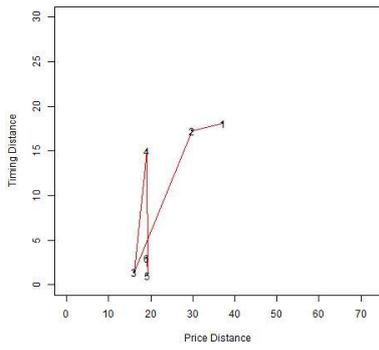


圖 5

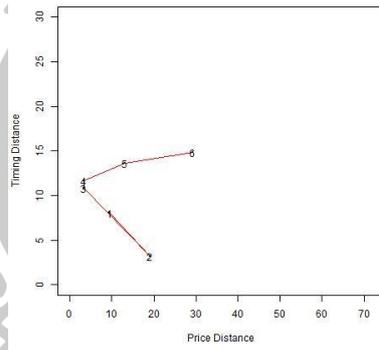


圖 6

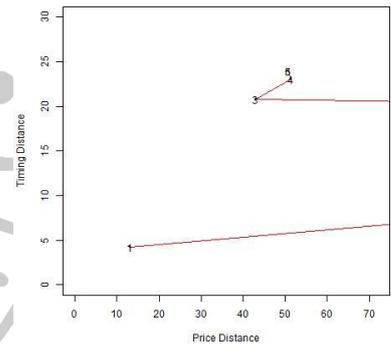


圖 7

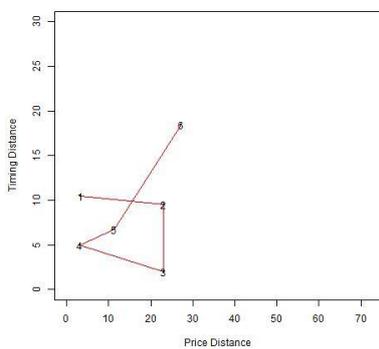


圖 8

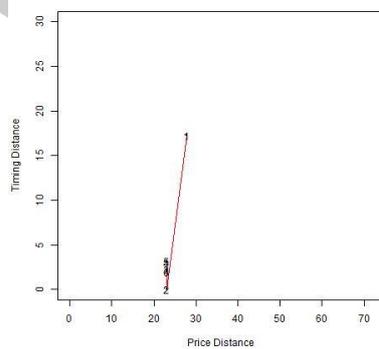


圖 9

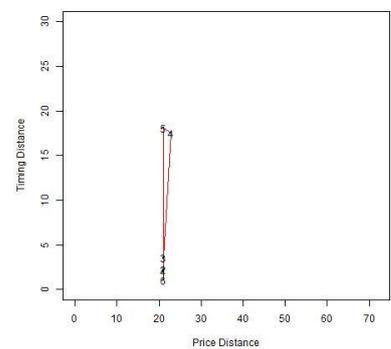


圖 10

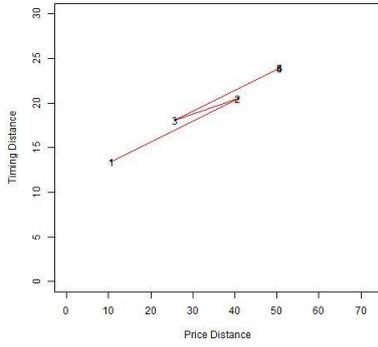


圖 11

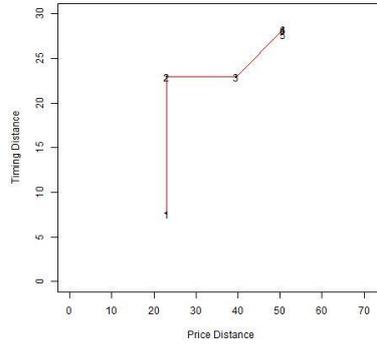


圖 12

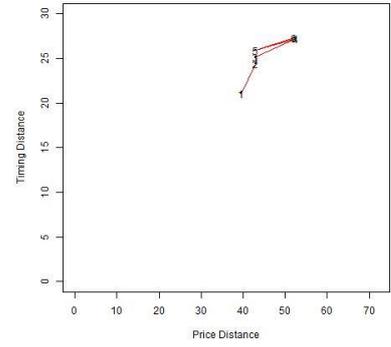


圖 13

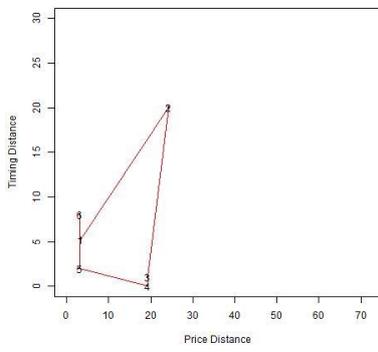


圖 14

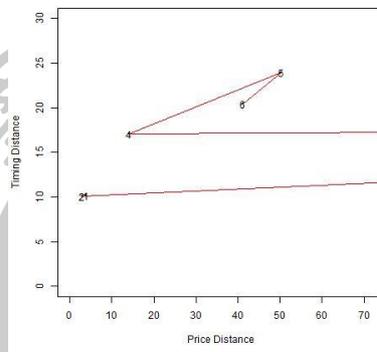


圖 15

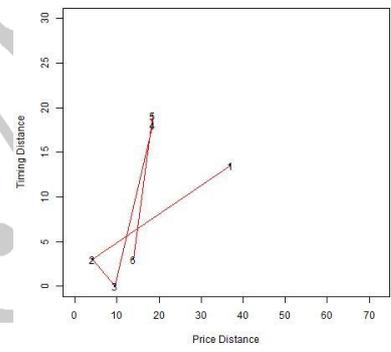


圖 16

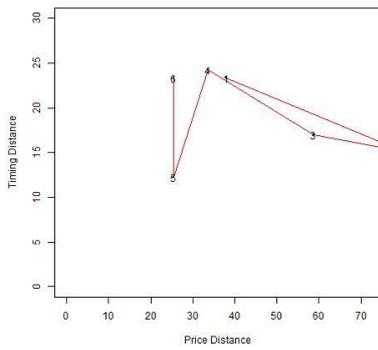


圖 17

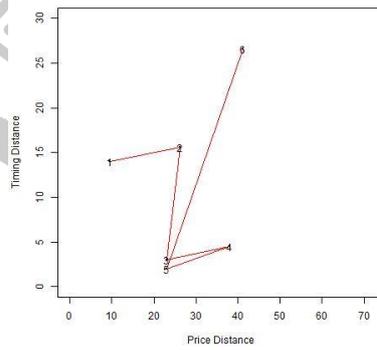


圖 18

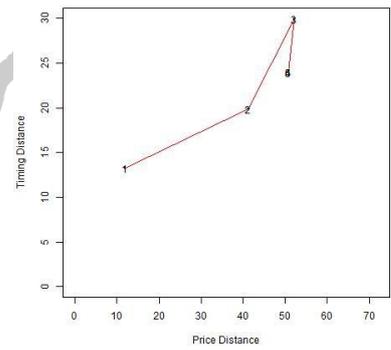


圖 19

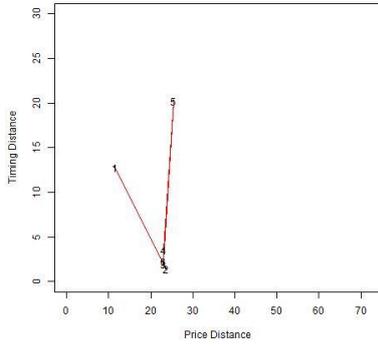


圖 20

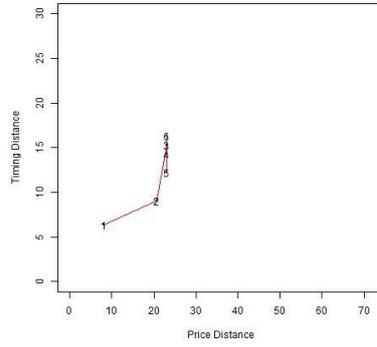


圖 21

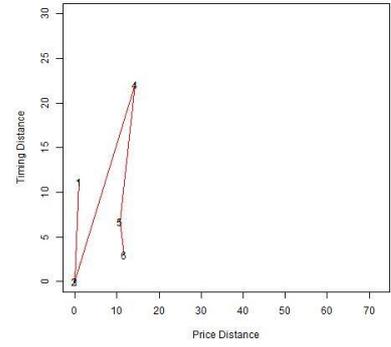


圖 22

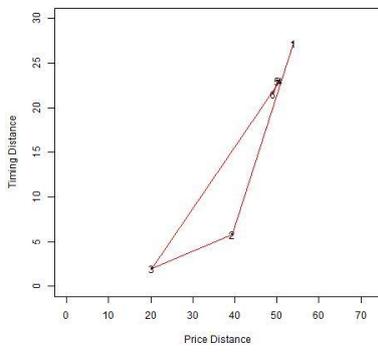


圖 23

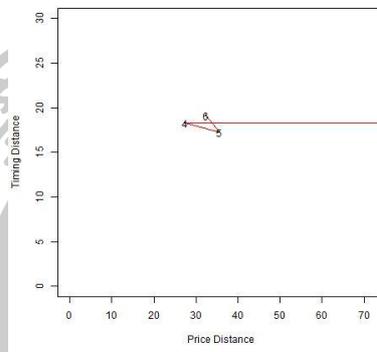


圖 24

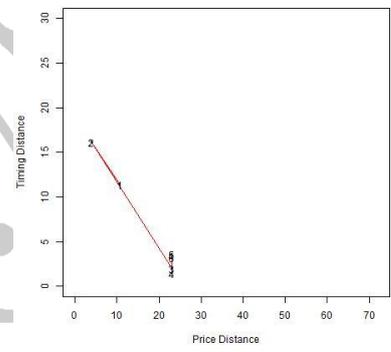


圖 25

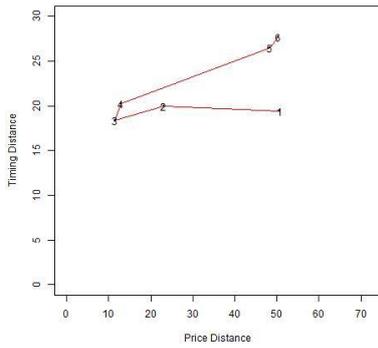


圖 26

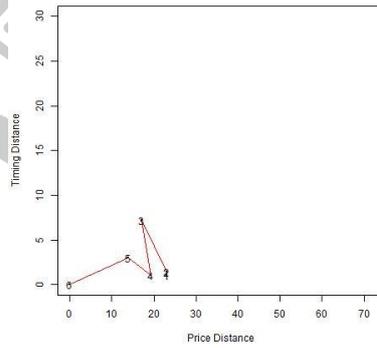


圖 27

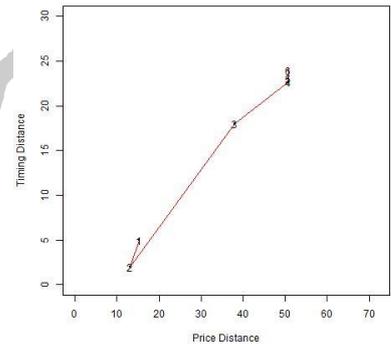


圖 28

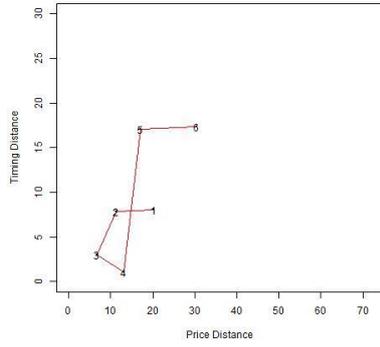


圖 29

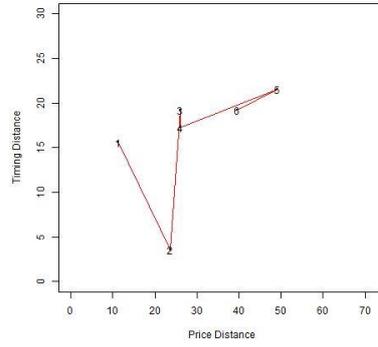


圖 30

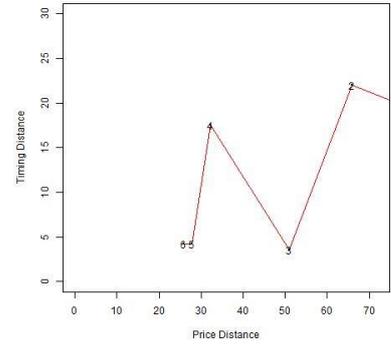


圖 31

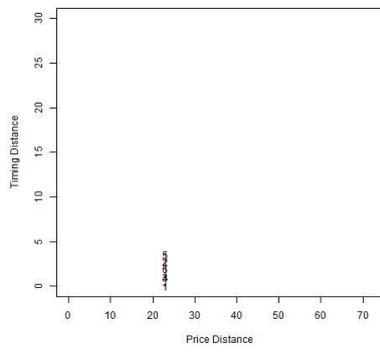


圖 32

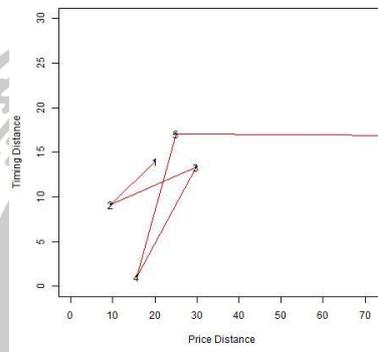


圖 33

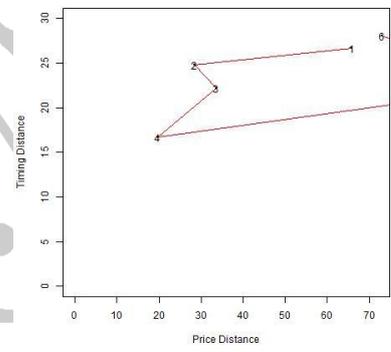


圖 34

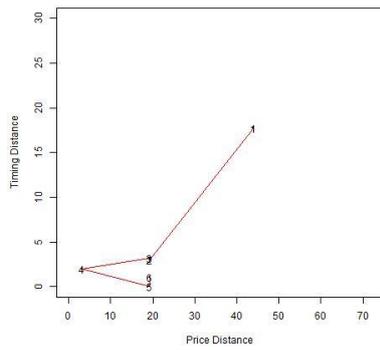


圖 35

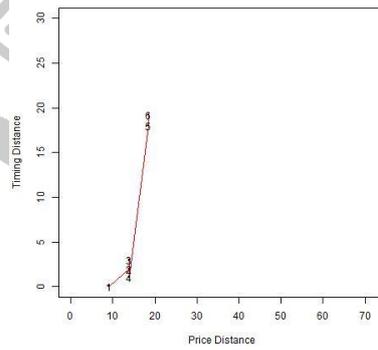


圖 36

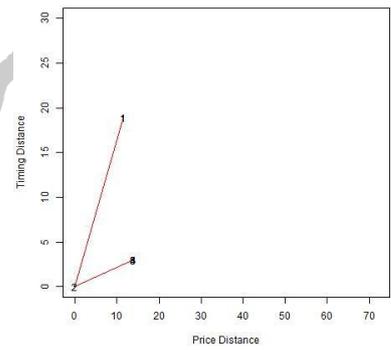


圖 37

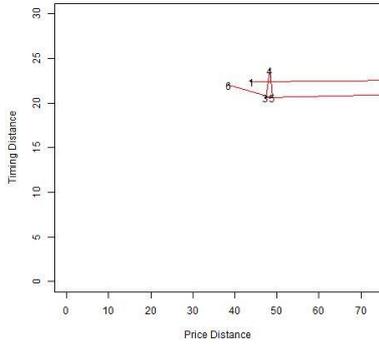


圖 38

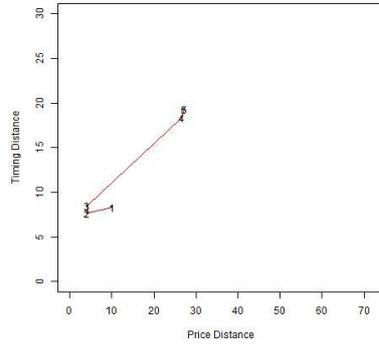


圖 39

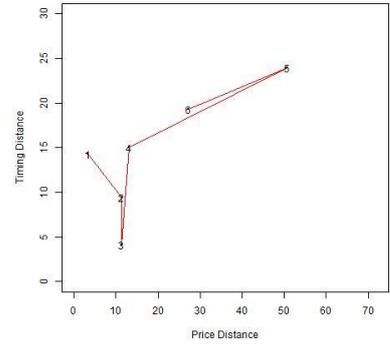


圖 40

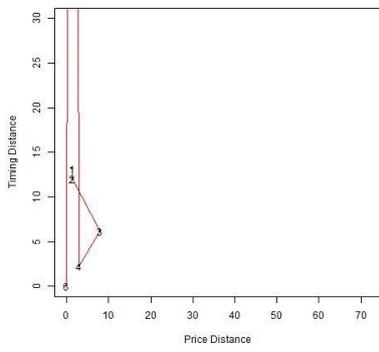


圖 41

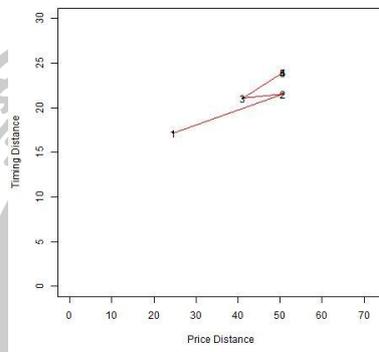


圖 42

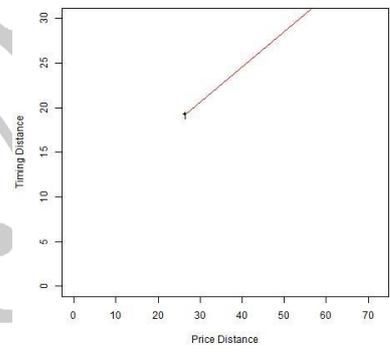


圖 43

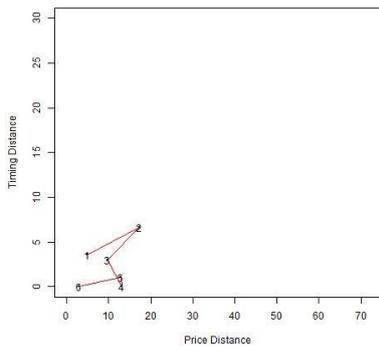


圖 44

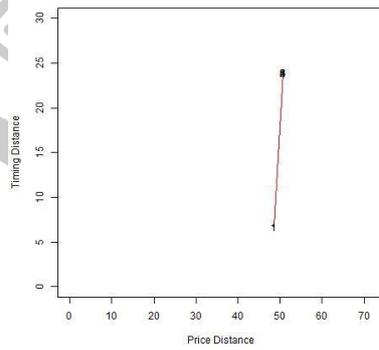


圖 45

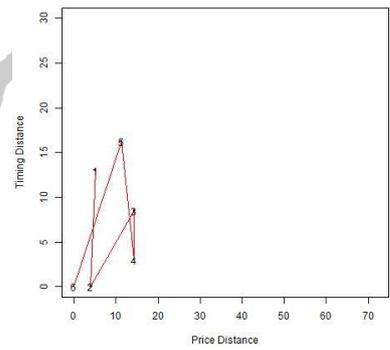


圖 46

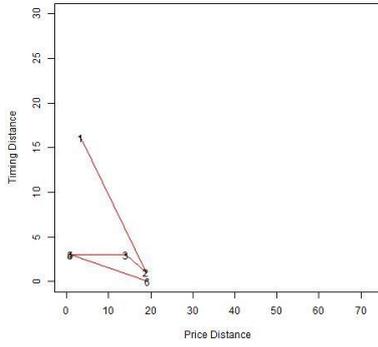


圖 47

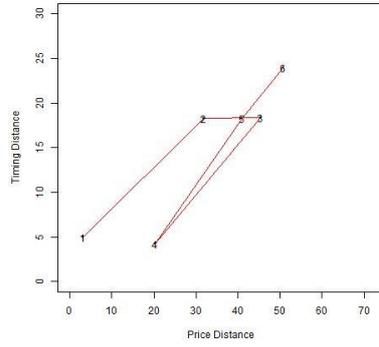


圖 48

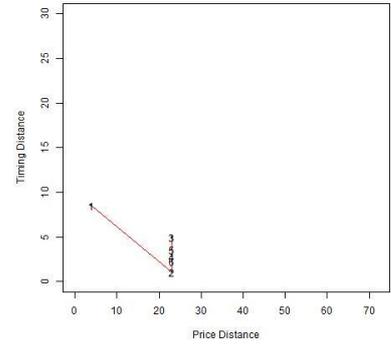


圖 49

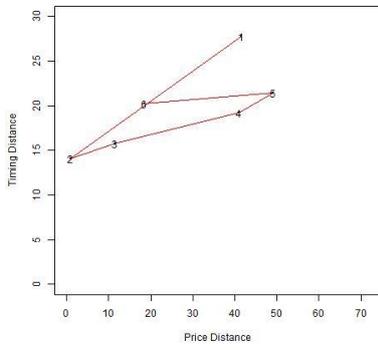


圖 50

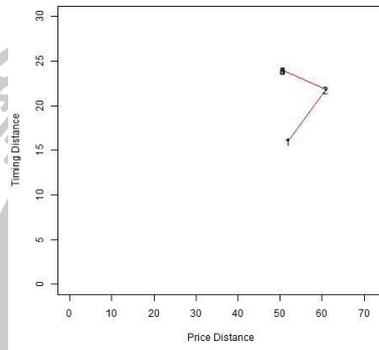


圖 51

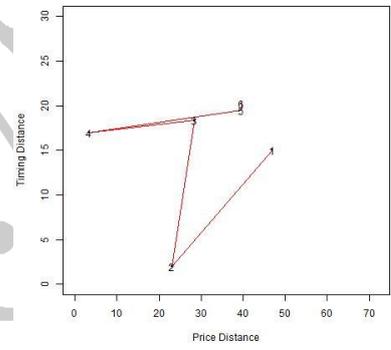


圖 52

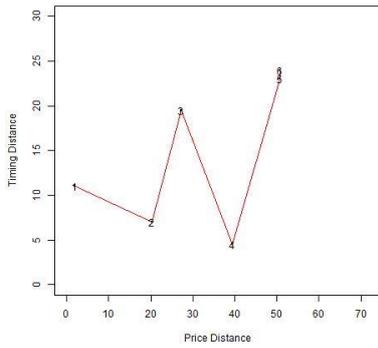


圖 53

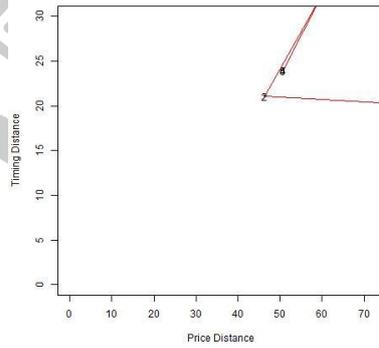


圖 54

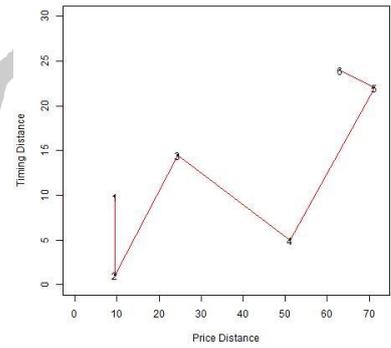


圖 55

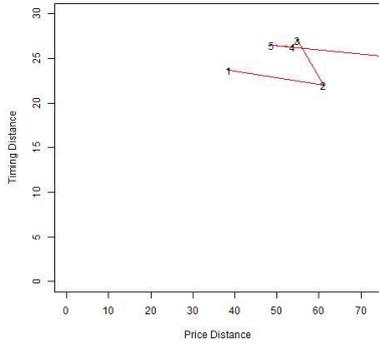


圖 56

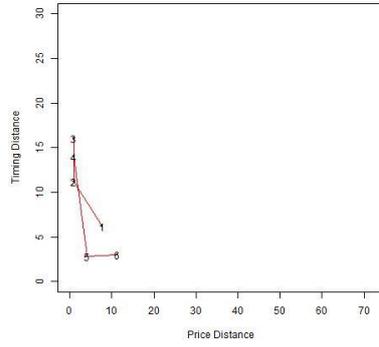


圖 57

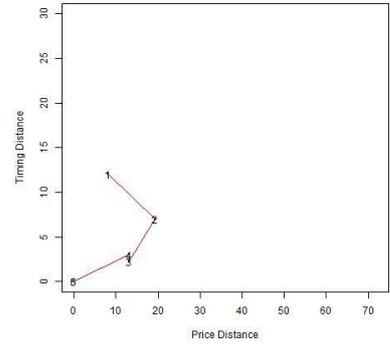


圖 58

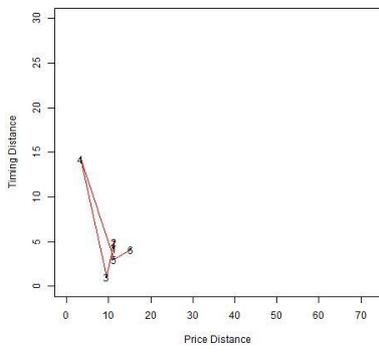


圖 59

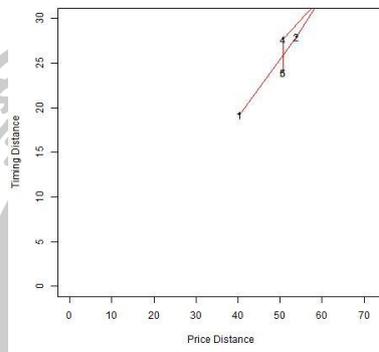


圖 60

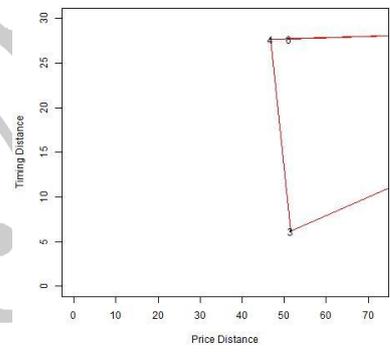


圖 61

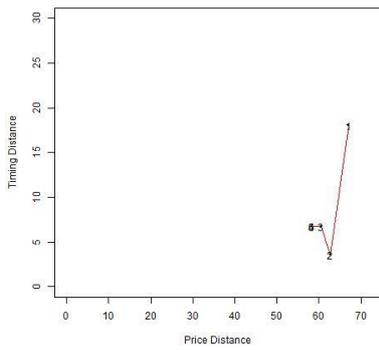


圖 62

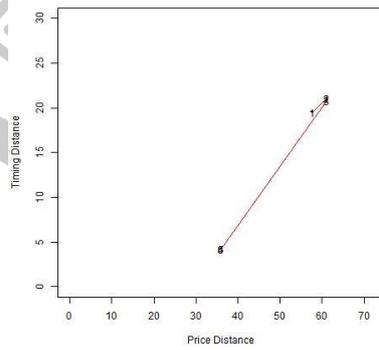


圖 63

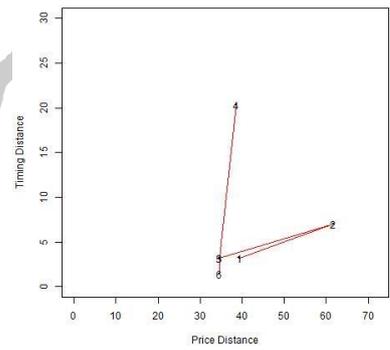


圖 64

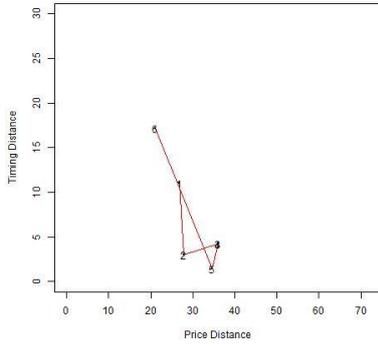


圖 65

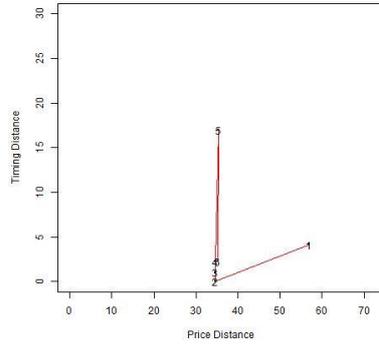


圖 66

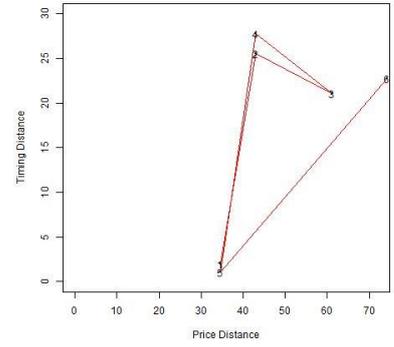


圖 67

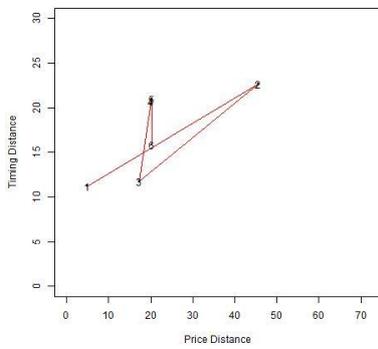


圖 68

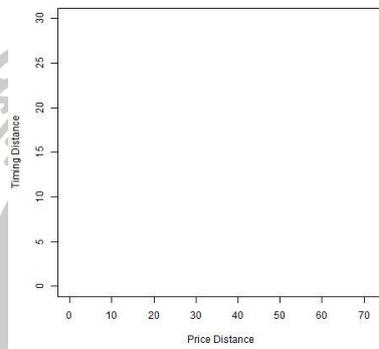


圖 69

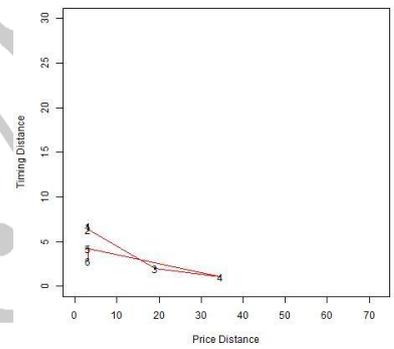


圖 70

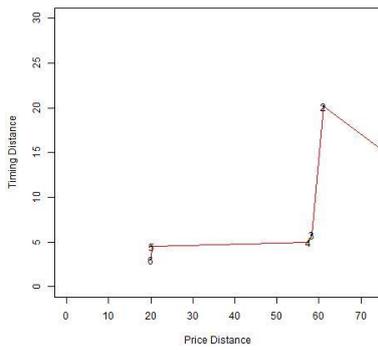


圖 71

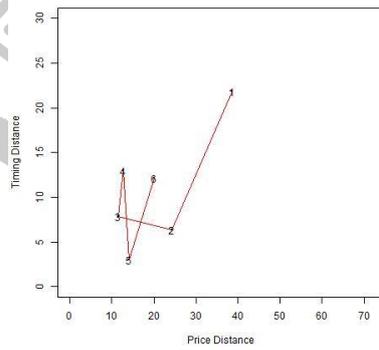


圖 72

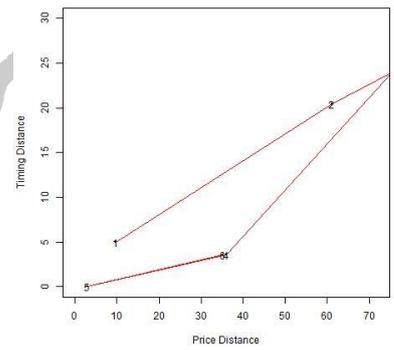


圖 73

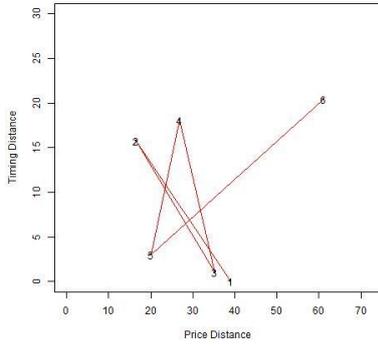


圖 74

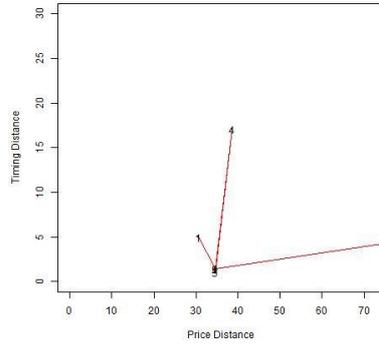


圖 75

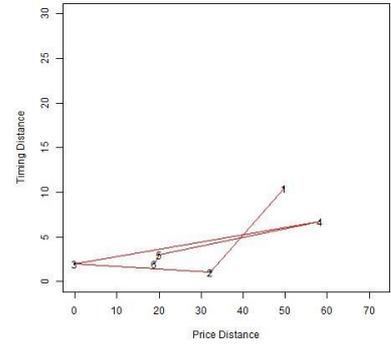


圖 76

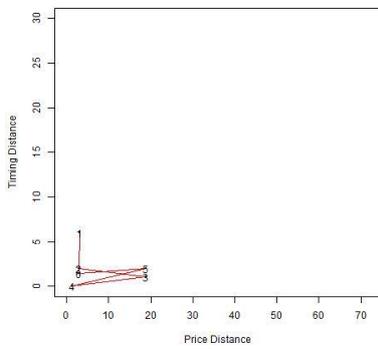


圖 77

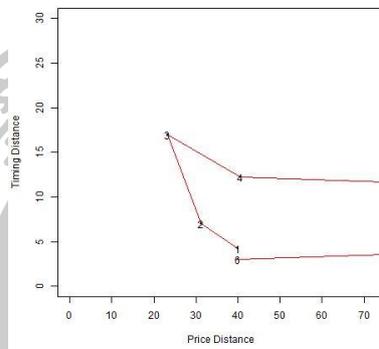


圖 78

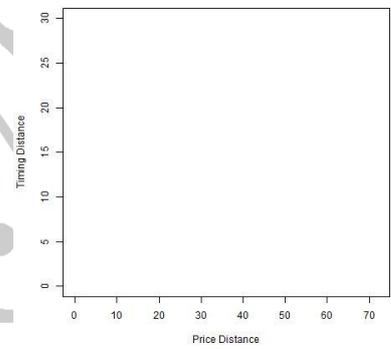


圖 79

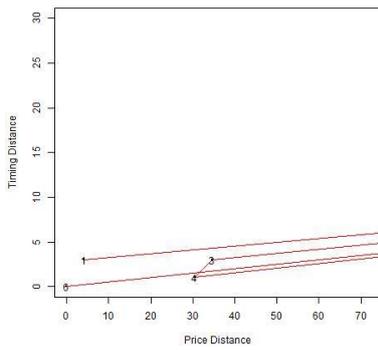


圖 80

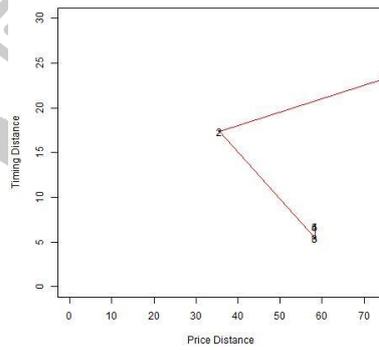


圖 81

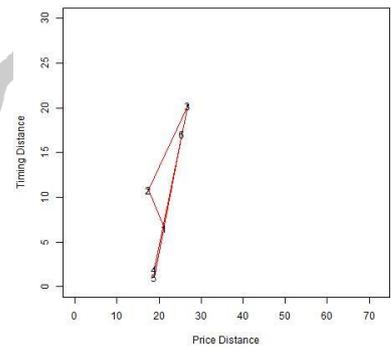


圖 82

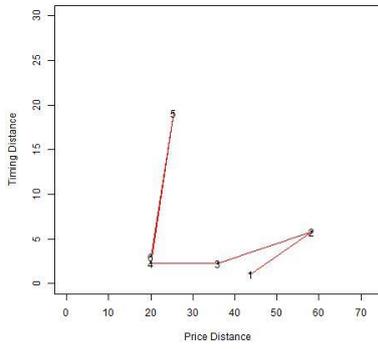


圖 83

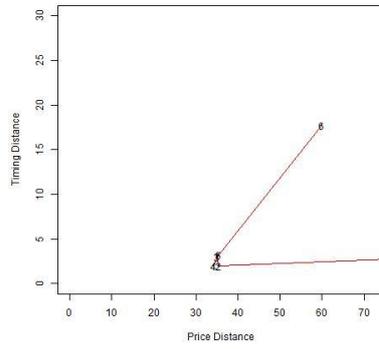


圖 84

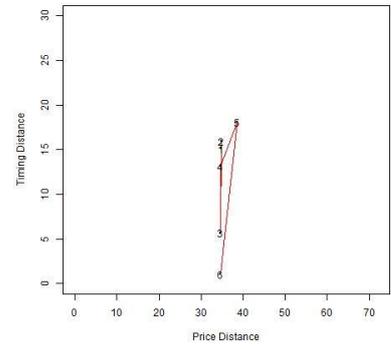


圖 85

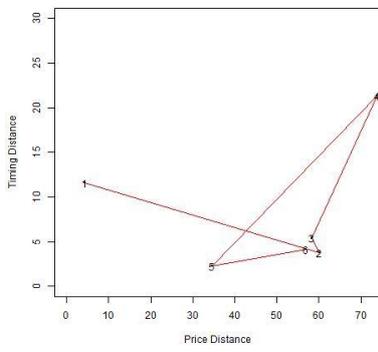


圖 86

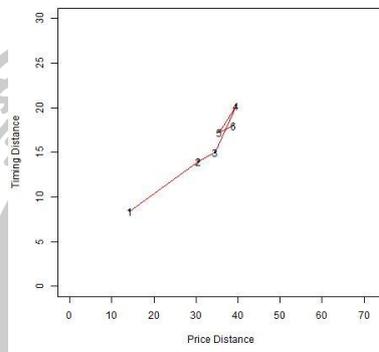


圖 87

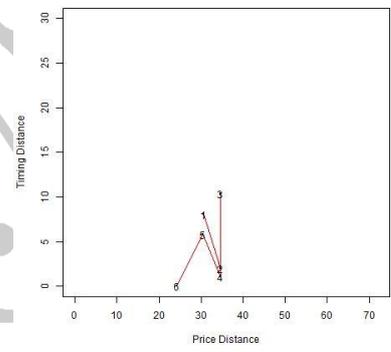


圖 88

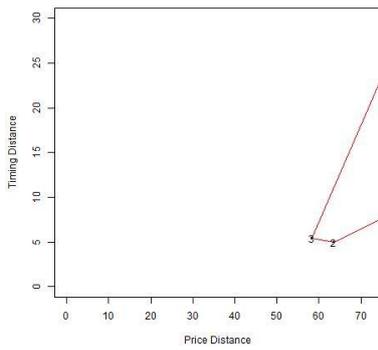


圖 89

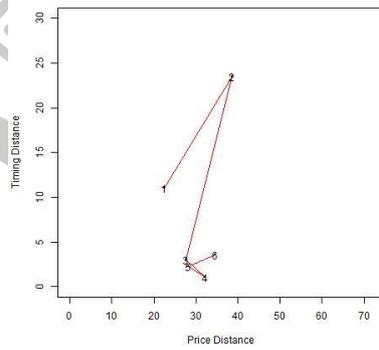


圖 90

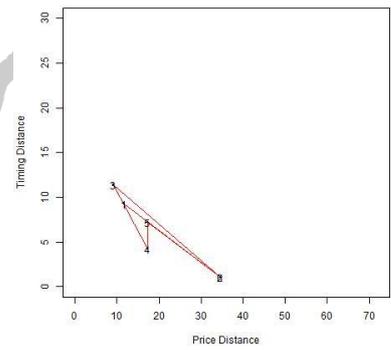


圖 91

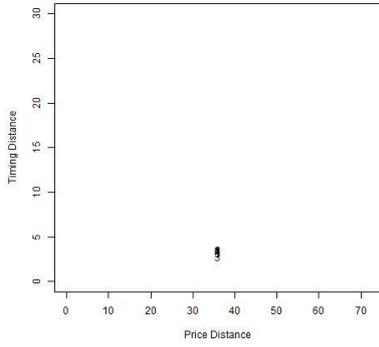


圖 92

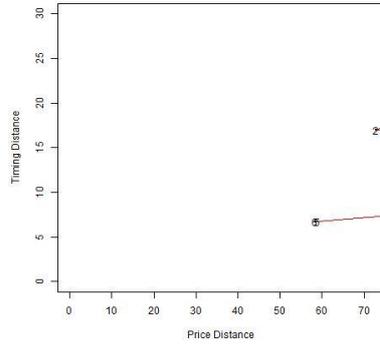


圖 93

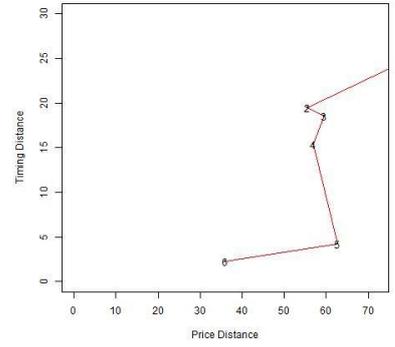


圖 94

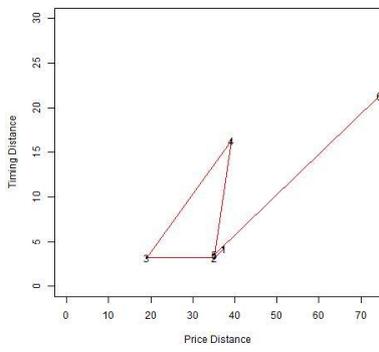


圖 95

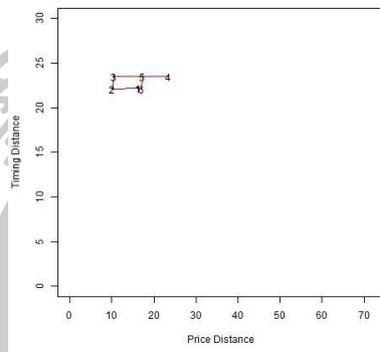


圖 96

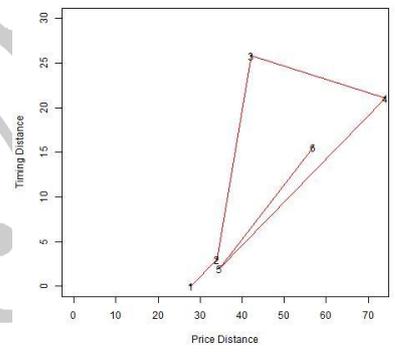


圖 97

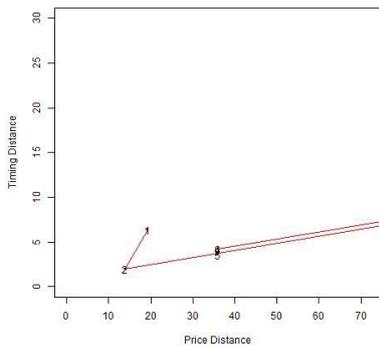


圖 98

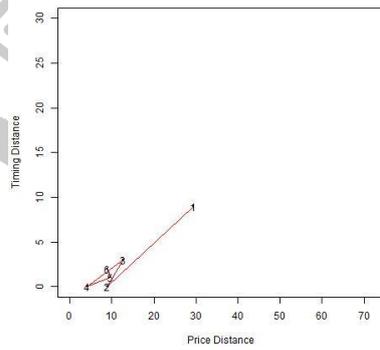


圖 99

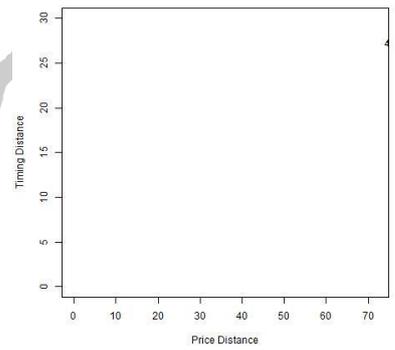


圖 100

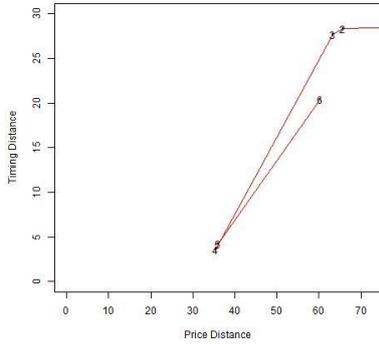


圖 101

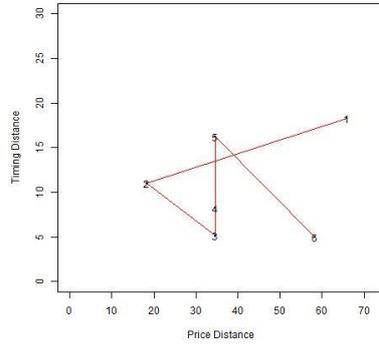


圖 102

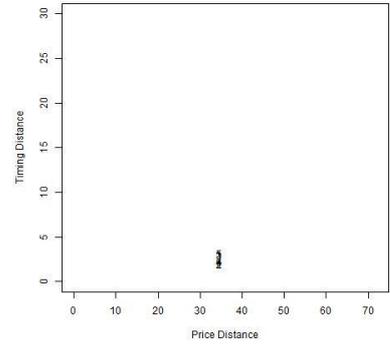


圖 103

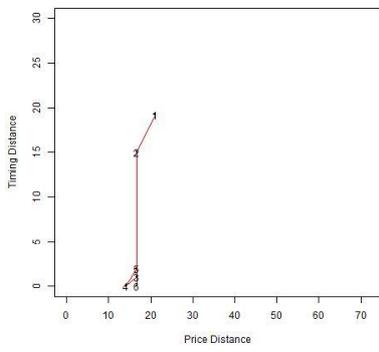


圖 104

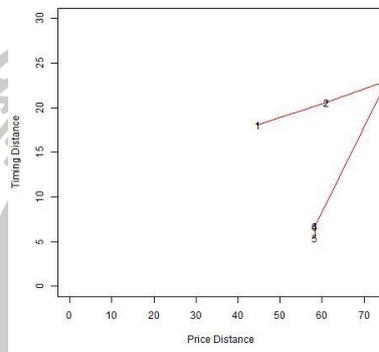


圖 105

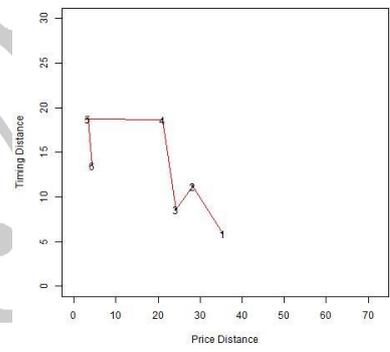


圖 106

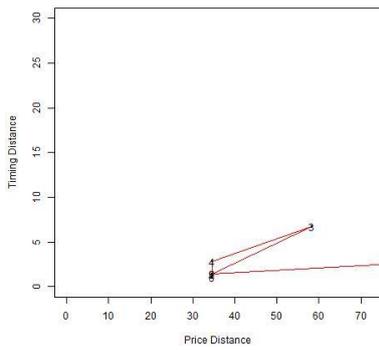


圖 107

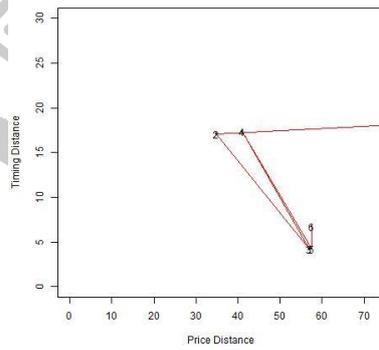


圖 108

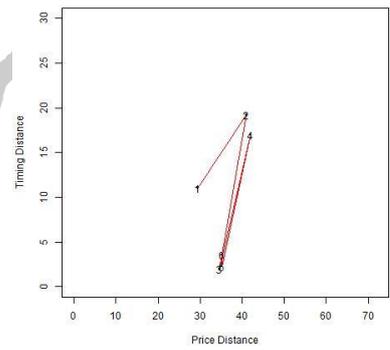


圖 109

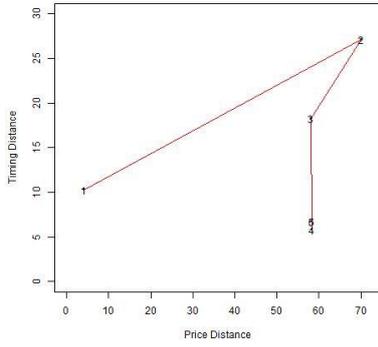


圖 110

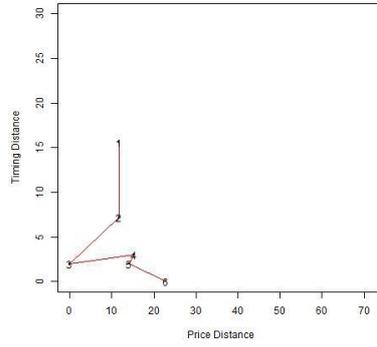


圖 111

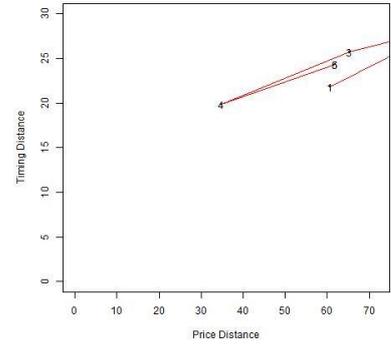


圖 112

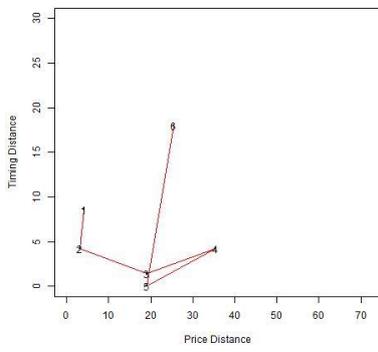


圖 113

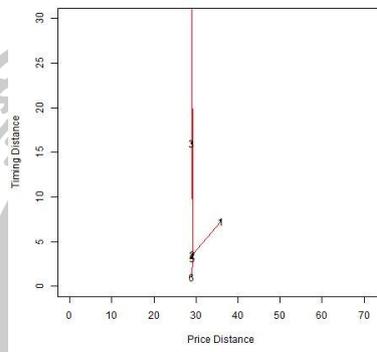


圖 114

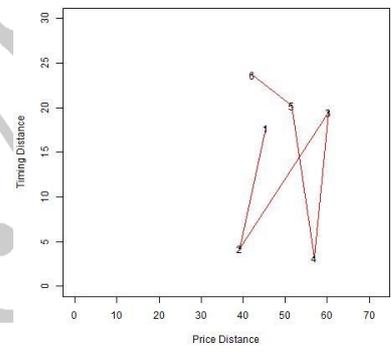


圖 115

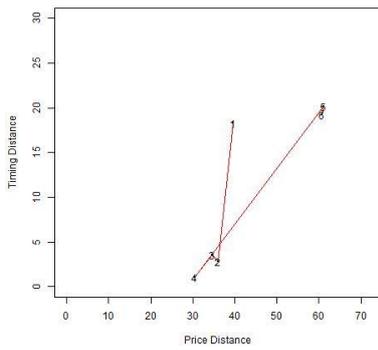


圖 116

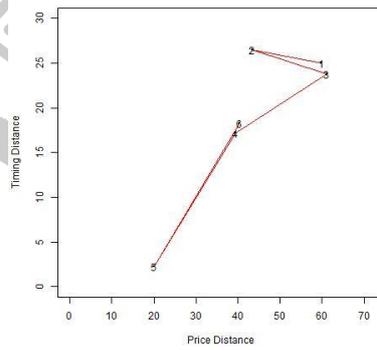


圖 117

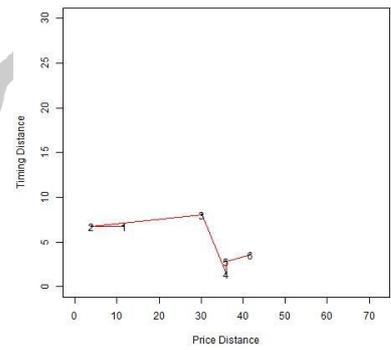
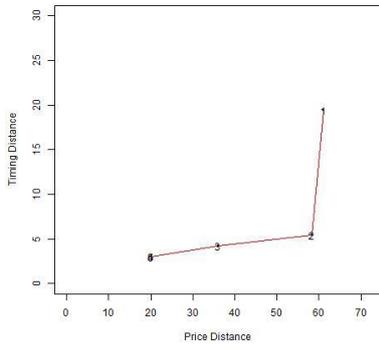


圖 118



## 附錄2

此附錄為補充正文中對交易行為路徑圖進行分類後符合三角型類別之受測者圖例。

圖 1

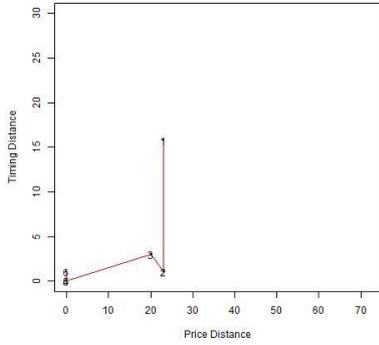


圖 2

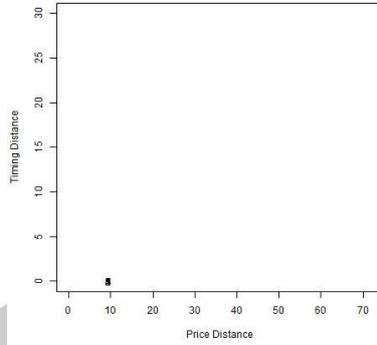


圖 3

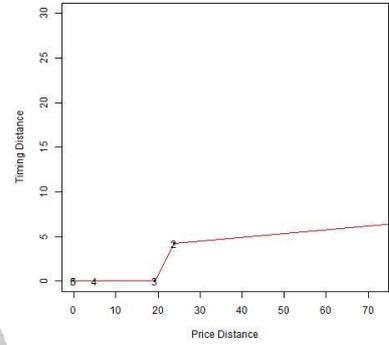


圖 4

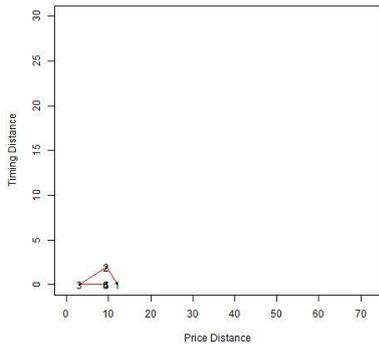


圖 5

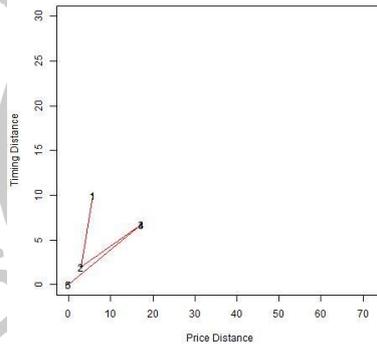


圖 6

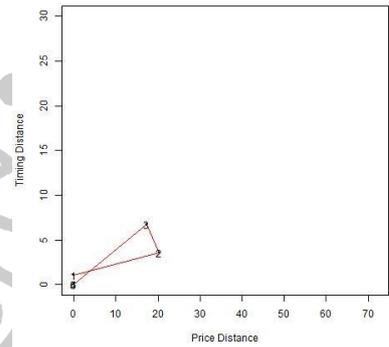


圖 7

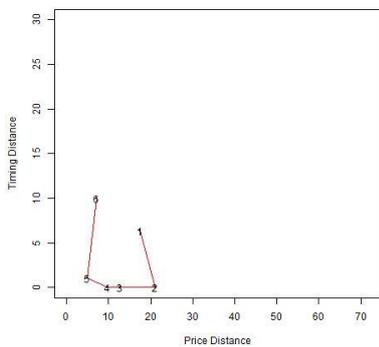


圖 8

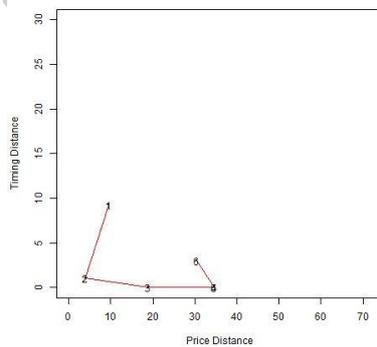


圖 9

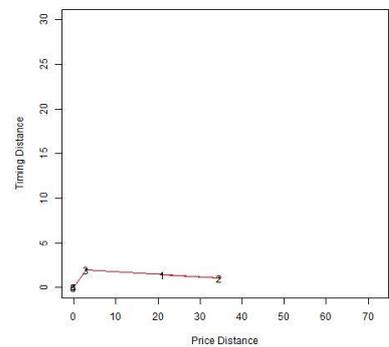


圖 10

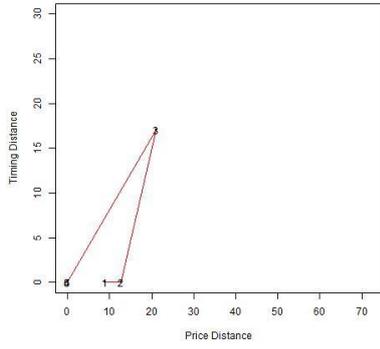


圖 11

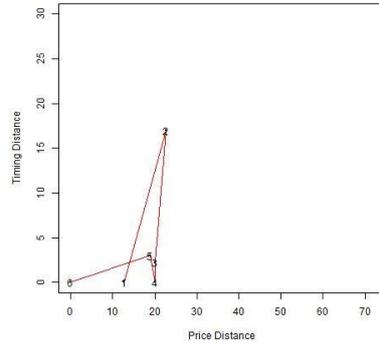


圖 12

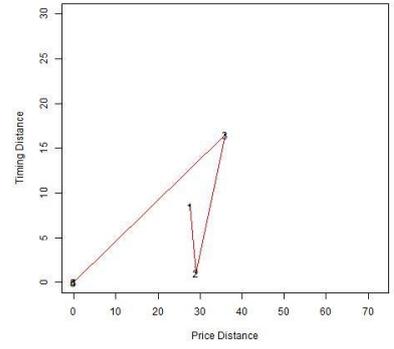


圖 13

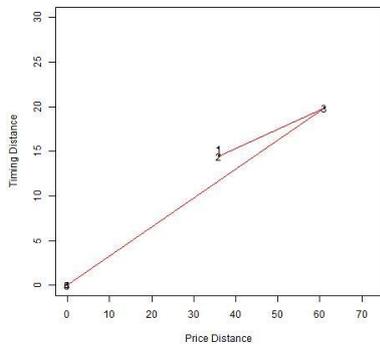
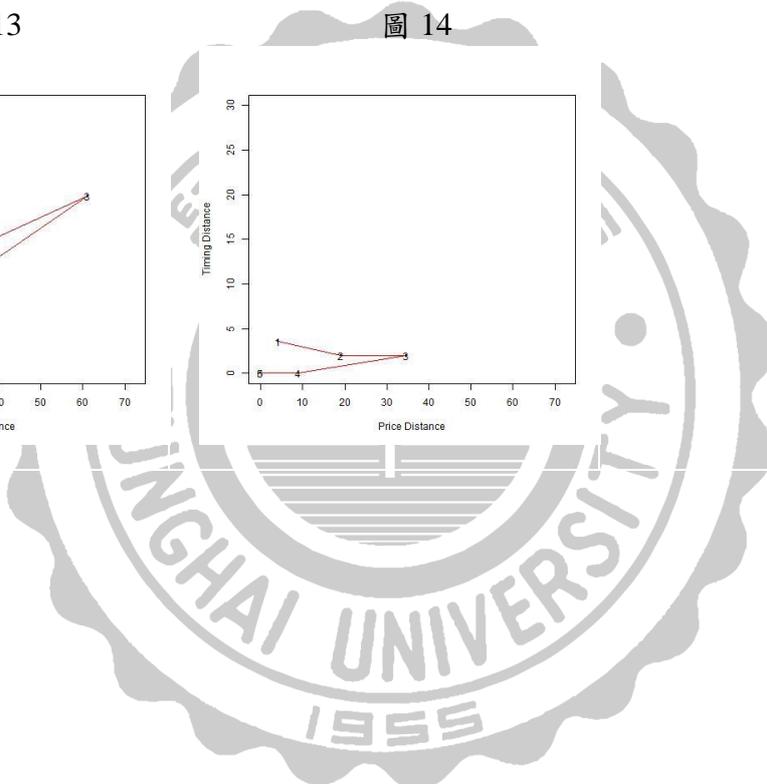
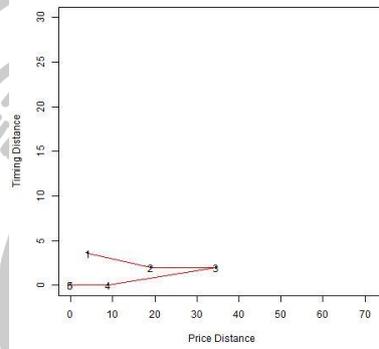


圖 14



### 附錄3

此附錄為補充正文中對交易行為路徑圖進行分類後符合直線型類別之受測者圖例。

圖 1

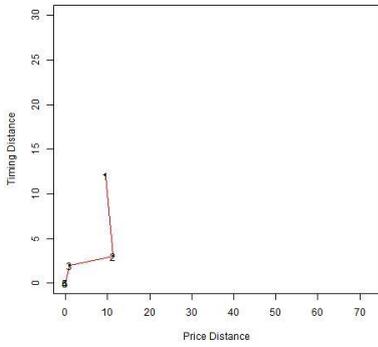


圖 2

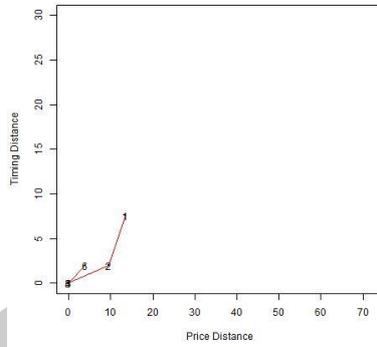


圖 3

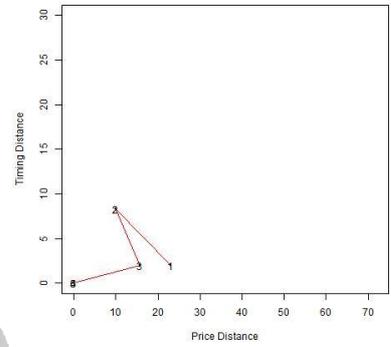


圖 4

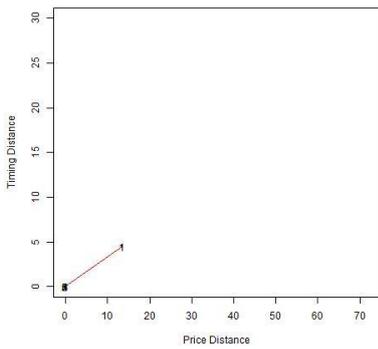


圖 5

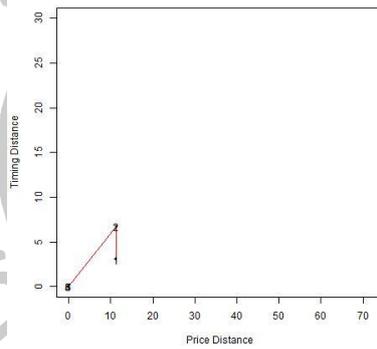


圖 6

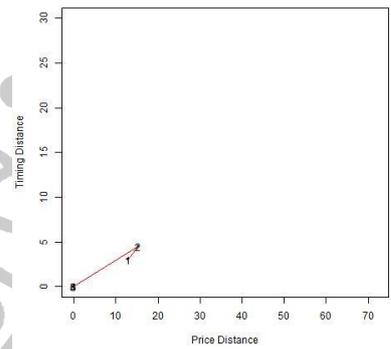


圖 7

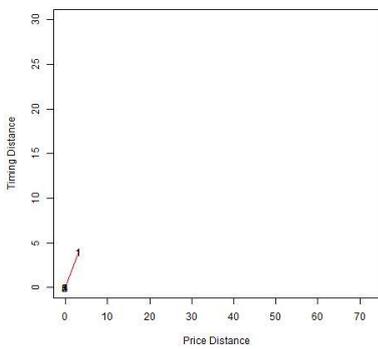


圖 8

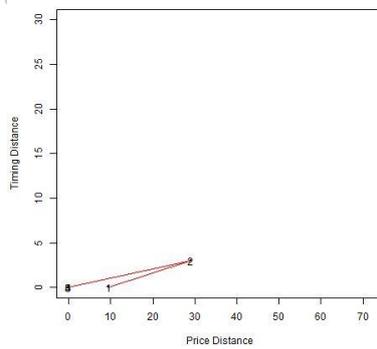


圖 9

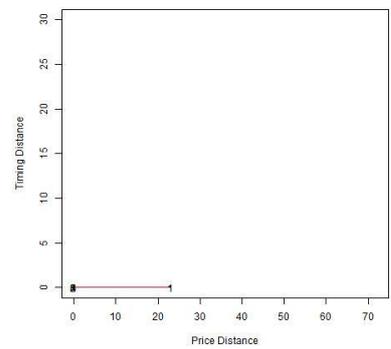


圖 10

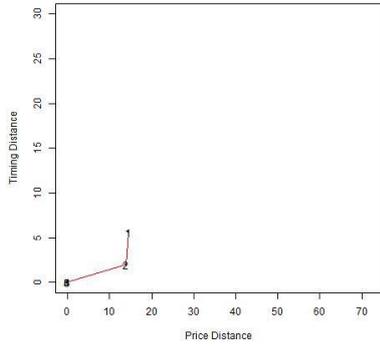


圖 11

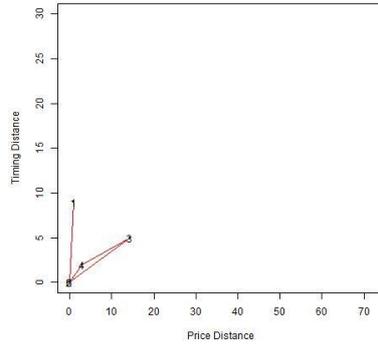


圖 12

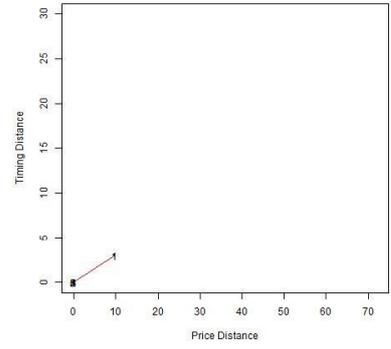


圖 13

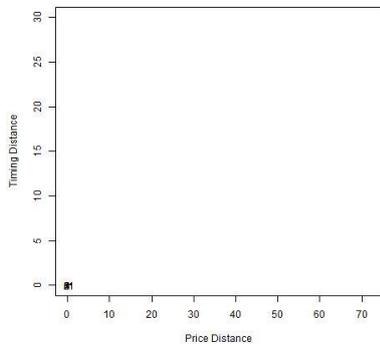


圖 14

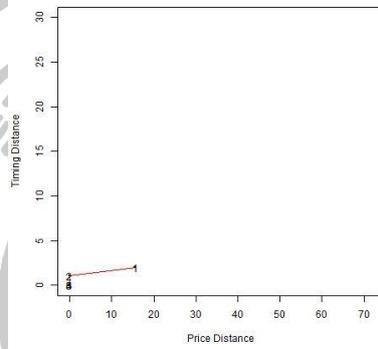


圖 15

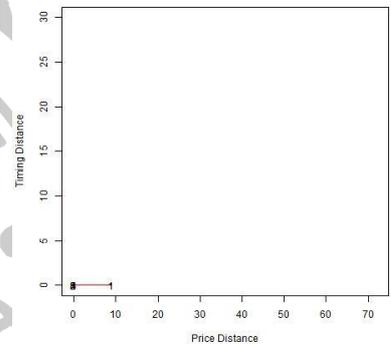


圖 16

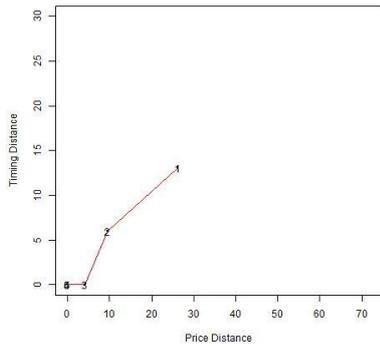


圖 17

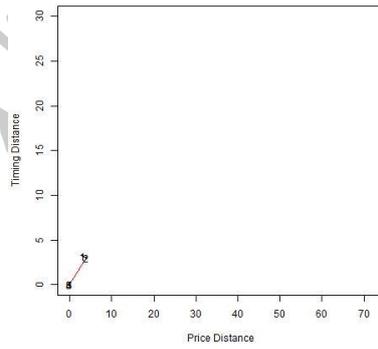


圖 18

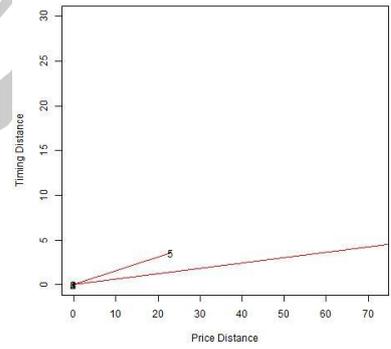


圖 19

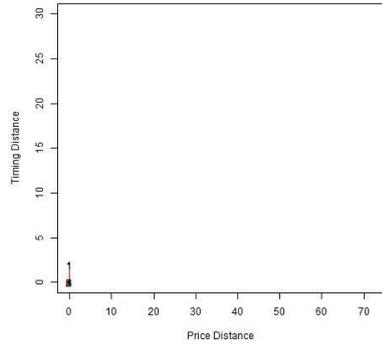


圖 20

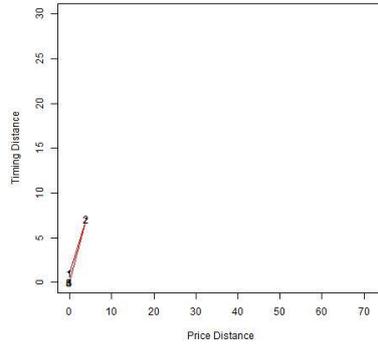


圖 21

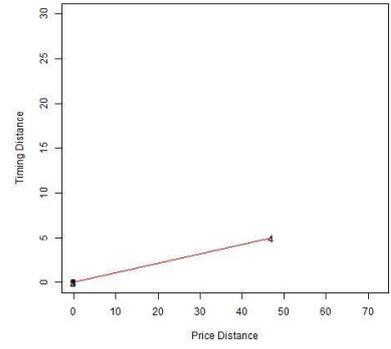


圖 22

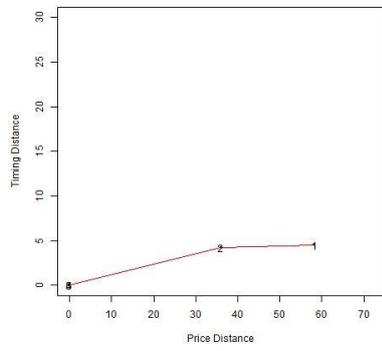


圖 23

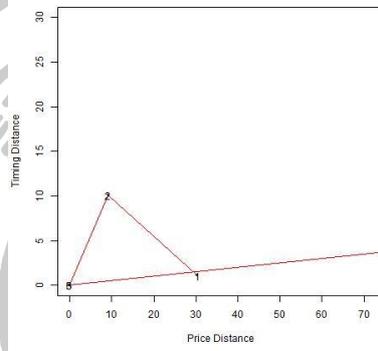


圖 24

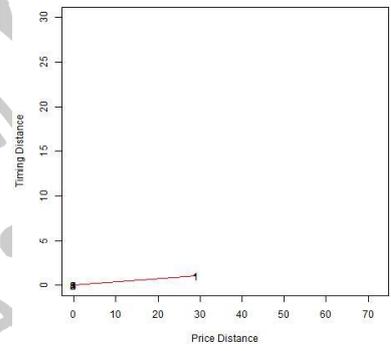


圖 25

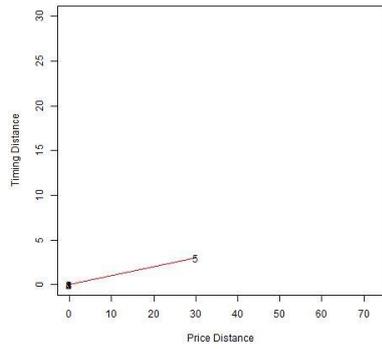


圖 26

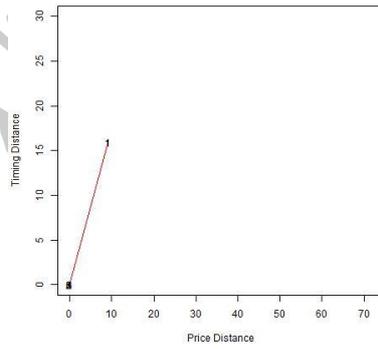


圖 27

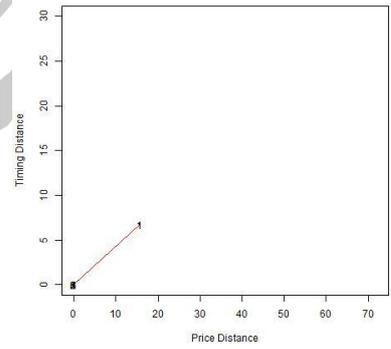


圖 28

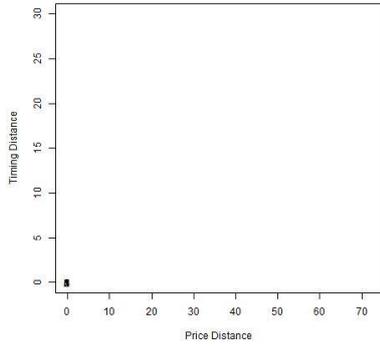


圖 29

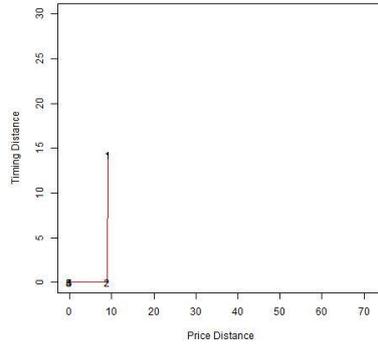


圖 30

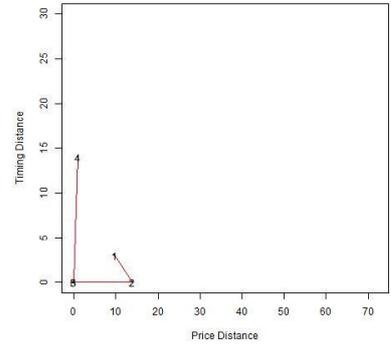


圖 31

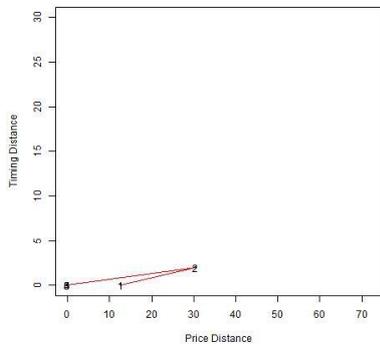
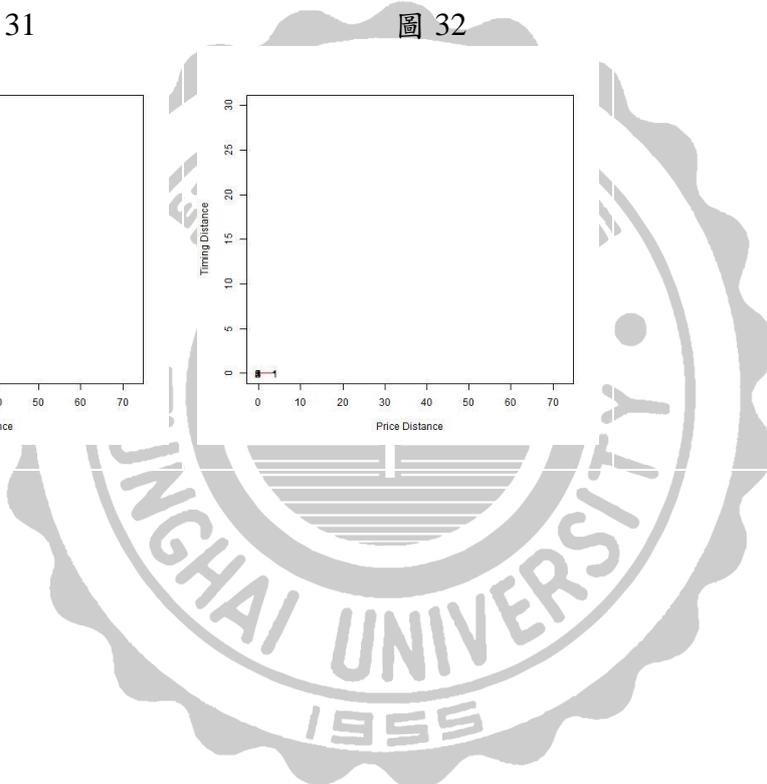
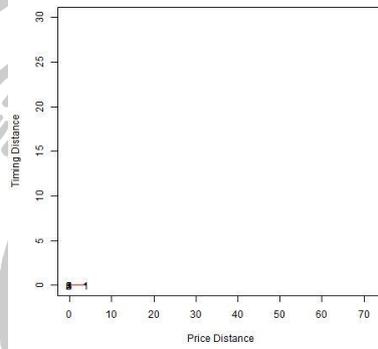


圖 32



## 柒、參考文獻

- Baddeley, A.D., Hitch, G., (1974) Working memory. *Psychol. Learn. Motivation*. 8, 47-89.
- Bosch-Rosa, C., Meissner, T., Bosch-Domènech, A., (2015) Cognitive bubbles, 1464. *Department of Economics and Business, Universitat Pompeu Fabra. Economics Working Papers*. Available at <https://ideas.repec.org/p/upf/upfgen/1464.html>.
- Chamberlin, E.H., (1948) An experimental imperfect market. *J. Pol. Econ.* 56 (2), 95–108.
- Chen, S.-H. , Tai, C.-C. , (2010) The Agent-based Double Auction Markets: 15 Years on. In: Takadama, K., Cioffi-Revilla, C., Deffuant, G. (Eds.), *Simulating Interacting Agents and Social Phenomena*. Springer, Tokyo, pp. 119–136.
- Chen, S.-H., Gostoli, U., Tai, C.-C., and Shih, K.-C. (2012) To Whom and Where the Hill Becomes Difficult to Climb: Effects of Personality and Cognitive Capacity in Experimental DA Markets. *Journal of Behavioral Finance & Economics*. 2, 41-75.
- Christelis, D., Jappelli, T., Padula, M., (2010) Cognitive abilities and portfolio choice. *Eur. Econ. Rev.* 54 (1), 18–38.
- Daneman, M., Carpenter, P.A., (1983) Individual differences in integrating information between and within sentence. *J. Exp. Psychol.* 9, 561–583.
- Easley, D., Ledyard, J., (1993) Theories of Price Formation and Exchange in Double Oral Auction. In: Friedman, D., Rust, J. (Eds.), *The Double Auction Market—Institutions, Theories, and Evidence*. Reading, MA, Addison-Wesley.
- Grinblatt, M., Keloharju, M., Linnainmaa, J.T., (2011) IQ and stock market participation. *J. Finance*. 66 (6), 2121–2164.
- Grinblatt, M., Keloharju, M., Linnainmaa, J.T., (2012) IQ, trading behavior, and performance. *J. Financial Econ.* 104, 339–362.
- Hinson, J.M., Jameson, T.L., Whitney, P., (2003) Impulsive decision making and working memory. *J. Exp. Psychol.* 29, 298–306.
- King, J., Just, M.A., (1991) Individual differences in syntactic processing: the role of working memory. *J. Mem. Lang.* 30, 580–602.
- Lewandowsky, S., Oberauer, K., Yang, L.-X. , Ecker, U.K.H., (2010) A working memory test battery for MATLAB. *Behav. Res. Methods*. 42 (2), 571–585.
- Noussair, C.N., Tucker, S., Xu, Y., (2016) Futures markets, cognitive ability, and mispricing in experimental asset markets. *J. Econ.Behav.Org.* 130, 166–179.

Oberauer, K., Süß, H.-M. , Schulze, R., Wilhelm, O., Wittmann, W.W., (2000) Working memory capacity–facets of a cognitive ability construct. *Personality Individual Diff.* 29, 1017–1045.

Oberauer, K., Süß, H.-M. , Wilhelm, O., Wittmann, W., (2003) The multiple faces of working memory–storage, processing, supervision, and coordination. *Intelligence.* 31, 167–193.

Tai, C.-C., Chen, S.-H., Yang, L.-X., (2018) Cognitive Ability and Earnings Performance: Evidence from Double Auction Market Experiments. *Journal of Economic Dynamics and Control.* 91, C, 409-440. (SSCI).

Turner, M.L., Engle, R.W., (1989) Is working memory task dependent? *J. Mem. Lang.* 28, 127–154.

Wilson, R.B., (1987) On Equilibria of Bid-Ask Markets. In: Feiwel, G.R., (Eds.), *Arrow and the Ascent of Modern Economic Theory.* pp 375-414.

