

Chapter 5

實驗結果：參與者策略對市場的影響與演進

前一章所陳述的市場現象，均以參與者的身份作為分類的標準，探討在不同身份的參與者，對市場的影響。在此之前，完全忽略了策略對市場以及各參與者的關係與影響力，本章開始以參與者策略為主軸，分析策略的重要性與影響力。

5.1 參與者策略與利潤

依照實驗設計，參與者的策略依方向可分為買單與賣單，依種類可分為限價單與市價單。若再將每一筆投單所設定之願成交量及限價單中的保留價格個別視為一種策略，策略總數相當多，若一一分析，恐怕不具效率。¹ 在此，我們將策略簡化為二種：限價單與市價單。因為此二策略在使用上及定義上有很大的差異，希望藉由觀察是否參與者使用此二策略的不同，彼此間利潤亦有所不同。

欲得知限價單與市價單對利潤的影響，我們可以直接對二者作相關係數的分析。然而，若是僅僅利用限價單或市價單數目對利潤取相關係數，容易會有所偏頗。因為僅直接採用限價單或市價單數目容易忽略了參與者間交易動機強度的不同，交易動機高的參與者可能會遞出較其他人多的限價單或市價單，此類參與者投單的次數或數量很多，卻不一定有高額的利潤，但

¹本實驗中，參與者需先決定買賣之方向，再決定使用限價單或市價單。限價單需決定其保留價格與願成交量，按實驗設計，其保留價格介於0-100之間，若不考慮其預算限制，願成交量則介於1-30間。與限價單不同，市價單不需決定其保留價格，僅需決定願成交量，同樣介於1-30間。由於市價單不需決定保留價格，其另一層意義是，該參與者可接受任何一價格進行交易。由此可見，參與者的交易策略選擇眾多，為求分析之簡便，我們不得不對其做簡化。

第 5 章 實驗結果: 參與者策略對市場的影響與演進

由於他投出高次數或高數量的限價單與市價單, 會造成我們在分析策略與利潤時造成偏誤。為了解決此一問題, 我們需利用限價單與市價單的相對關係衡量。在此, 將此相對關係定義為限價單使用比例: 單一回合中限價單佔總投單量的比例。

我們衡量了每回合各參與者的限價單比例與本身利潤的 Kendall 及 Spearman 相關係數。這些結果列在表 5.1–5.6 中, 結果顯示, 以大部分的回合為例, 限價單使用情形與利潤有顯著的正向關係, 且此正向關係大多具中度相關以上之水準。若觀察所有回合投單情形之加總與利潤總和之關係, 各市場皆為顯著的正相關。這結果顯示了, 當期限價單的使用率越高, 當期得到高利潤的可能性也越大; 若所有回合限價單使用率越高, 則成為該市場優勝者的機會也越大。

表 5.1: A 市場每回合限價單使用比例與利潤^a

回合次	Kendall 相關	Spearman 相關係數
1	0.452*	0.619*
2	0.538*	0.692*
3	0.505*	0.665*
4	0.612*	0.774*
5	0.693*	0.817*
6	0.320†	0.401†
7	0.491*	0.634*
8	0.690*	0.821*
9	0.756*	0.859*
10	0.573*	0.728*
11	0.681*	0.802*
12	0.468*	0.528*
13	0.568*	0.721*
14	0.534*	0.659*
總和	0.568*	0.721*

^a 四捨五入至小數第三位。

* 當 $\alpha = 0.01$ 時, 相關性顯著。

† 當 $\alpha = 0.05$ 時, 相關性顯著。

‡ 當 $\alpha = 0.1$ 時, 相關性顯著。

第 5 章 實驗結果: 參與者策略對市場的影響與演進

表 5.2: B市場每回合限價單使用比例與利潤^a

回合次	Kendall 相關	Sepearman 相關係數
1	0.320†	0.416†
2	0.381†	0.476†
3	0.339†	0.392†
4	0.534†	0.745†
5	0.476*	0.648*
6	0.608*	0.794*
7	0.592*	0.798*
8	0.620*	0.765*
9	0.539*	0.702*
10	0.623*	0.808*
11	0.661*	0.810*
12	0.601*	0.753*
13	0.682*	0.831*
總和	0.720*	0.865*

^a 四捨五入至小數第三位。

* 當 $\alpha = 0.01$ 時, 相關性顯著。

† 當 $\alpha = 0.05$ 時, 相關性顯著。

‡ 當 $\alpha = 0.1$ 時, 相關性顯著。

第 5 章 實驗結果: 參與者策略對市場的影響與演進

表 5.3: C市場每回合限價單使用比例與利潤^a

回合次	Kendall 相關	Sepearman 相關係數
1	0.513*	0.695*
2	0.664*	0.852*
3	0.699*	0.860*
4	0.513*	0.678*
5	0.649*	0.783*
6	0.435*	0.537*
7	0.499*	0.621*
8	0.592*	0.690*
9	0.568*	0.705*
10	0.481*	0.568*
11	0.558*	0.676*
12	0.570*	0.678*
總和	0.717*	0.872*

^a 四捨五入至小數第三位。

* 當 $\alpha = 0.01$ 時, 相關性顯著。

† 當 $\alpha = 0.05$ 時, 相關性顯著。

‡ 當 $\alpha = 0.1$ 時, 相關性顯著。

表 5.4: D市場每回合限價單使用比例與利潤^a

回合次	Kendall 相關	Sepearman 相關係數
1	0.504*	0.734*
2	0.508*	0.731*
3	0.636*	0.794*
4	0.665*	0.825*
5	0.564*	0.728*
6	0.601*	0.774*
7	0.581*	0.795*
8	0.601*	0.798*
9	0.509*	0.681*
10	0.625*	0.790*
11	0.517*	0.689*
12	0.633*	0.816*
13	0.607*	0.797*
14	0.595*	0.802*
總和	0.727*	0.894*

^a 四捨五入至小數第三位。

* 當 $\alpha = 0.01$ 時, 相關性顯著。

† 當 $\alpha = 0.05$ 時, 相關性顯著。

‡ 當 $\alpha = 0.1$ 時, 相關性顯著。

第 5 章 實驗結果: 參與者策略對市場的影響與演進

表 5.5: E市場每回合限價單使用比例與利潤^a

回合次	Kendall 相關	Sepearman 相關係數
1	0.507*	0.753*
2	0.526*	0.712*
3	0.631*	0.796*
4	0.501*	0.685*
5	0.604*	0.793*
6	0.627*	0.799*
7	0.692*	0.859*
8	0.601*	0.738*
9	0.476*	0.659*
10	0.631*	0.806*
11	0.490*	0.607*
12	0.482*	0.614*
13	0.525*	0.683*
14	0.572*	0.734*
總和	0.765*	0.898*

^a 四捨五入至小數第三位。

* 當 $\alpha = 0.01$ 時, 相關性顯著。

† 當 $\alpha = 0.05$ 時, 相關性顯著。

‡ 當 $\alpha = 0.1$ 時, 相關性顯著。

表 5.6: F市場每回合限價單使用比例與利潤^a

回合次	Kendall 相關	Sepearman 相關係數
1	0.140	0.172
2	0.316†	0.427†
3	0.560*	0.695*
4	0.331*	0.420*
5	-0.147	-0.242
6	0.655*	0.817*
7	0.213	0.304‡
8	0.490*	0.661*
9	-0.177	-0.240
10	0.690*	0.814*
11	0.394†	0.519*
12	0.152	0.193
13	0.351†	0.462†
總和	0.377†	0.566*

^a 四捨五入至小數第三位。

* 當 $\alpha = 0.01$ 時, 相關性顯著。

† 當 $\alpha = 0.05$ 時, 相關性顯著。

‡ 當 $\alpha = 0.1$ 時, 相關性顯著。

上述結果告訴我們限價單與利潤間緊密地的正向關係, 然而, 此以結果僅說明了單一回合或總和的結果, 我們無法從中了解參與者策略之「動態過程」, 亦即, 限價單使用率與利潤這一層的正向關係, 參與者是否得知? 得知此一關係的參與者, 他們的策略路徑與利潤與未得知參與者是否有所不同。

欲觀察此一現象之前, 我們需要做一些假設。若參與者能得知限價單對自身利益是比較有利時, 他應該會逐漸增加限價單使用的比例, 甚至完全地使用限價單, 倘若參與者並未發現這層關係, 其限價單使用的時間序列圖, 應會不斷上下跳動, 甚至不採用限價單。根據前述所發現的結果, 由於限價單比例與利潤有正向關係, 發現限價單是有利的參與者可能因使用較多的限價單而會有較好的利潤。在觀察此一問題時, 我們將利潤較好與較差的參與者行為相互比較。圖5.1-5.6為各市場總利潤前5名與後5名的參與者限價單使用率的變化情形,² 藉此可以觀察出參與者是否有學習能力與學習能力

²這裡要注意的是, 由於實驗平台的失誤, 造成我們損失部分實驗回合的數據, 在本文中我們一律不使用這些回合的數據。由於有些損失的回合是在實驗中段發生的, 在本章中,

的差異和帶來的影響。從此六圖中可發現一些共同的現象, 第一, 從策略變化的趨勢看來, 可分為二種趨勢, 一為往「1.00」趨近, 此代表參與者隨時間經過, 使用限價單比例隨之提高, 直到完全使用限價單為止。另一趨勢為不往「1.00」收斂, 甚至部分參與者有往「0.00」方向的趨勢, 即此類參與者使用限價單的變化, 不是沒有一定的趨勢, 就是逐步增加市價單的使用情形, 直至完全只用市價單為止。若以總利潤將參與者分類, 可發現總利潤較高的參與者為前者的比例比較高; 總利潤較低的參與者則多屬於後者。另一個有趣的現象是, 策略收斂的速度亦會影響利潤的高低, 即使是同樣其策略都收斂至「1.00」的參與者, 較早達到完全使用限價單水準的參與者, 其利潤會較晚達到此一水準的參與者高。收斂速度最極端的是一開始參與者就僅使用限價單, 且實驗過程中不遞市價單進市場, 此類情況的參與者往往是該市場最後的優勝者, 在圖中不乏看到有類似的例子。

顯然, 參與者是否得知限價單對其有利與何時得知之, 均會對其利潤產生重大的影響, 而此一「知識」的形成與所帶來的結果, 其影響力可能比事前「資訊」的影響還要巨大且顯著, 特別是在參與者的個別利潤上。人的「學習」是「知識」的形成與傳遞來源之一, 之後的章節裡, 我們即將要分析人的學習能力, 試圖去瞭解什麼原因造成學習能力的不同, 與學習能力差異帶來的影響為何?

5.2 參與者策略的學習

時至今日, 已經有不少描述學習行為的模型被開發出來, 第二章中講述利用代理人基的文獻中亦有將參與者的行為定義, 其中部分的行為具學習能力, 如貝氏學習等。事實上, 學習模型包羅萬象, 從較簡單的貝氏學習, 到較複雜的遺傳演算法 (Genetic Algorithms, GA), 均有眾多的學者研究並著手新模型的設計, 而這些模型亦是常見的人工代理人行為中具有學習能力的行為。這些學習模型學習的對象與目標皆有所不同, 依照研究者的需要, 市場中的行為者可與自己過去的行為學習, 亦可向市場其他的行為者學習。學

會造成數據上不連續, 如此會使我們觀察參與者行為時產生一些偏誤, 然而, 我們僅關心參與者行為之「方向」與所呈現出的差異, 並非精確估計出個別行為, 故在此與其後都將此一偏誤的影響省略。

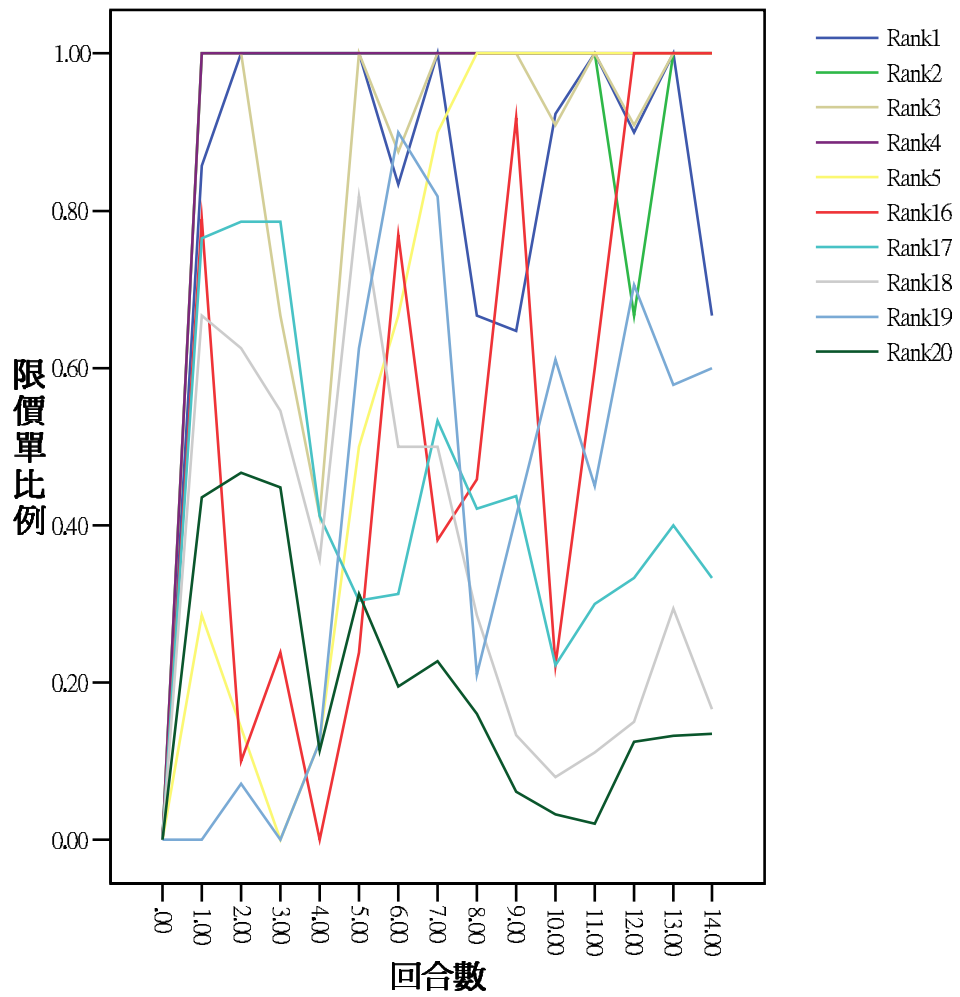


圖 5.1: A市場總利潤前5名與後5名限價單使用率之時間序列

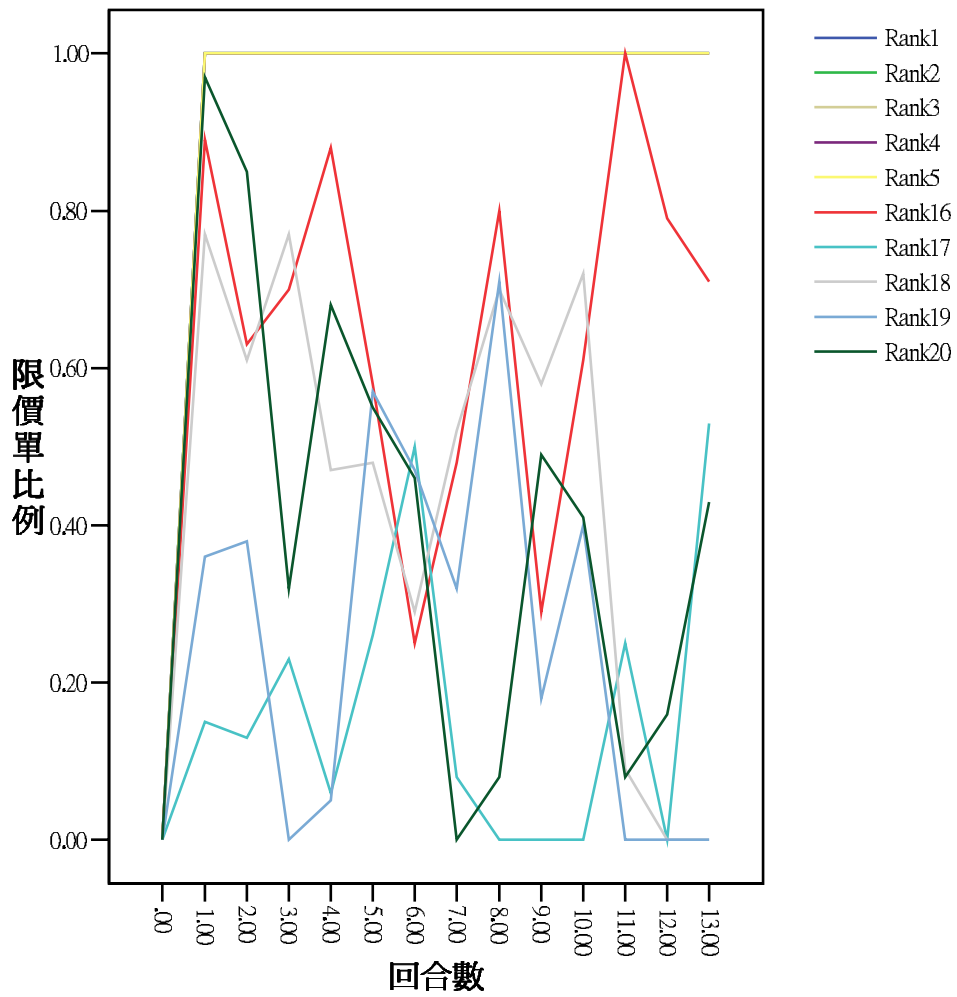


圖 5.2: B市場總利潤前5名與後5名限價單使用率之時間序列

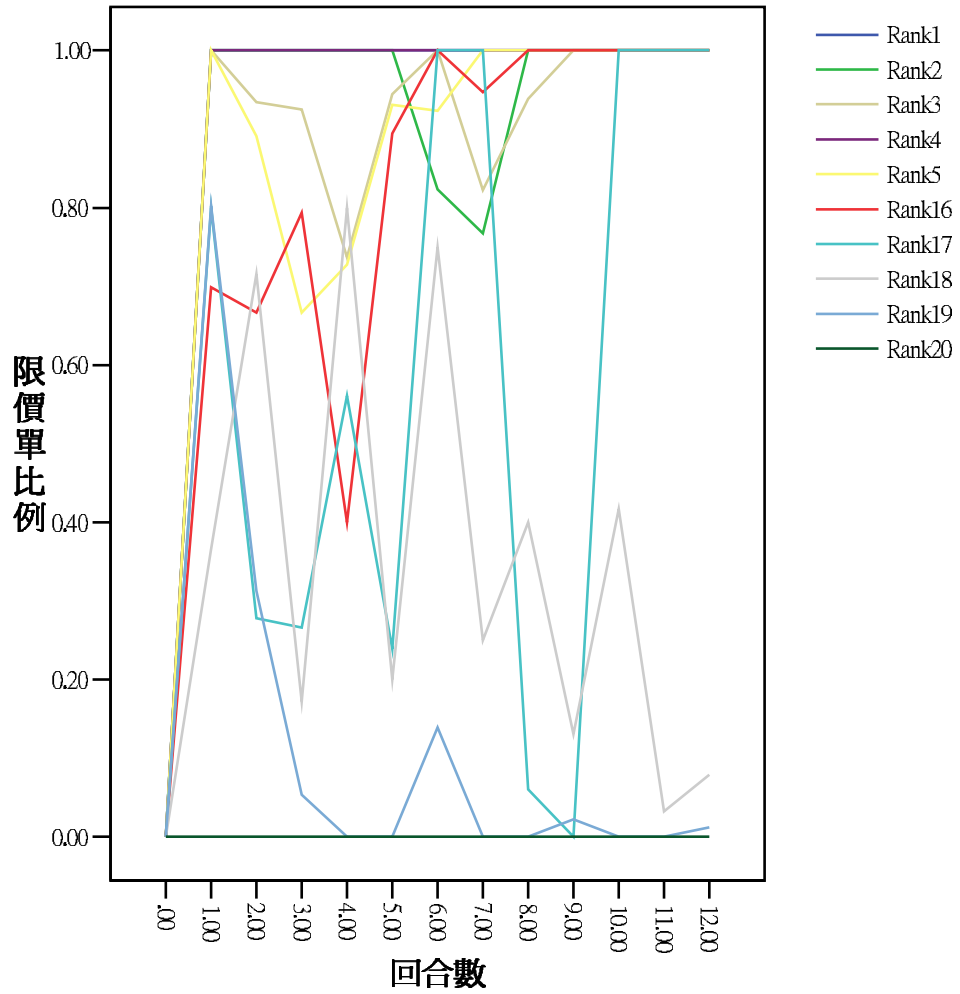


圖 5.3: C市場總利潤前5名與後5名限價單使用率之時間序列

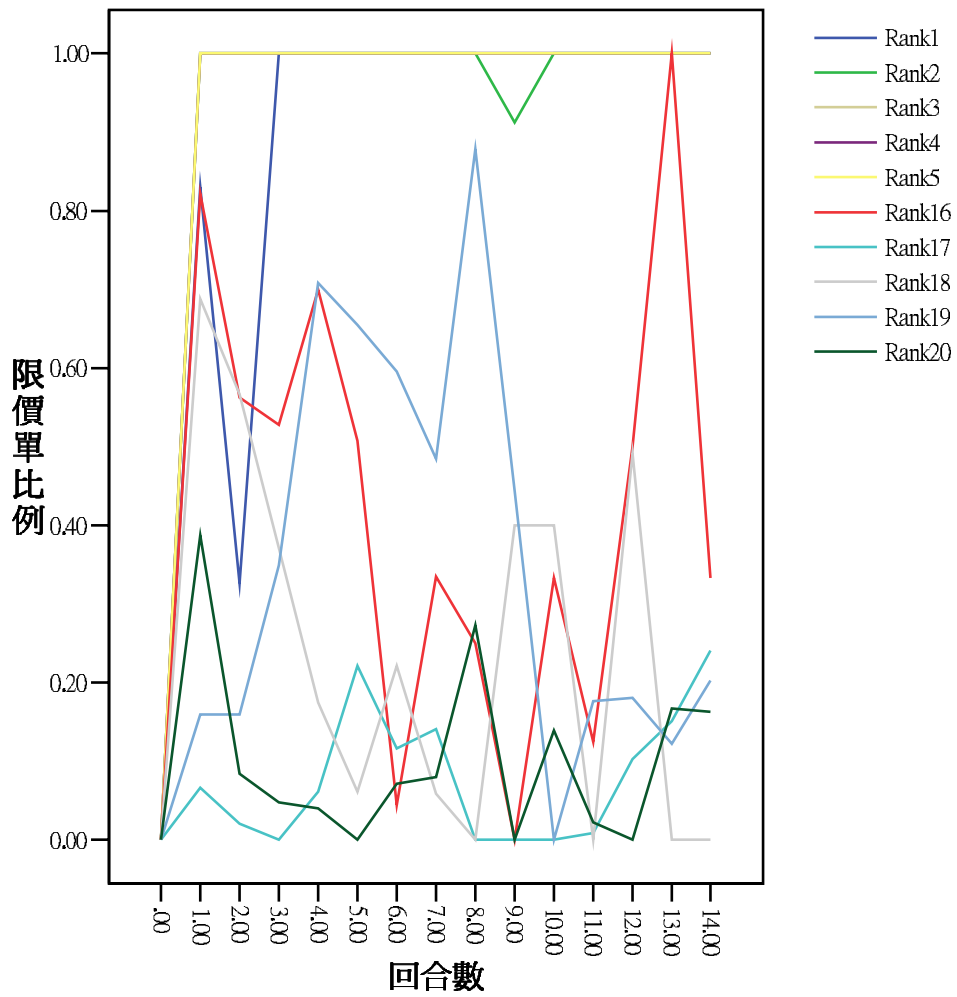


圖 5.4: D市場總利潤前5名與後5名限價單使用率之時間序列

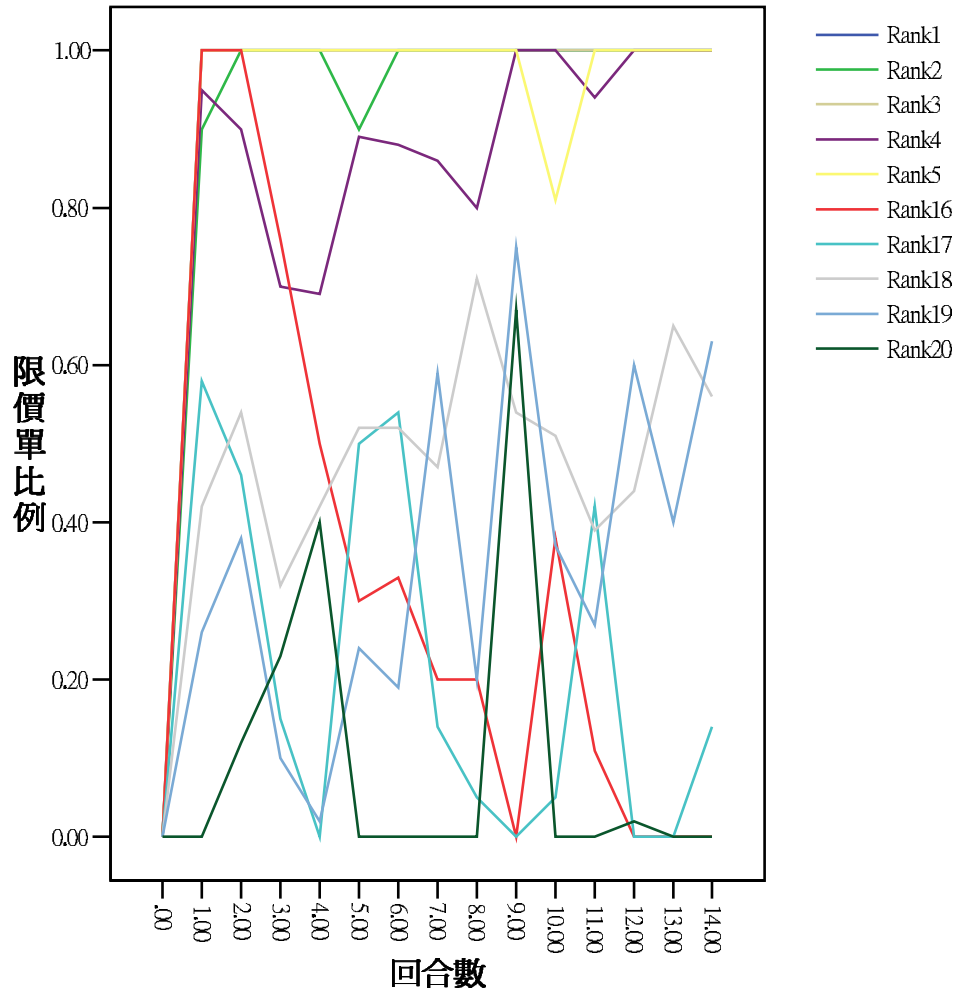


圖 5.5: E市場總利潤前5名與後5名限價單使用率之時間序列

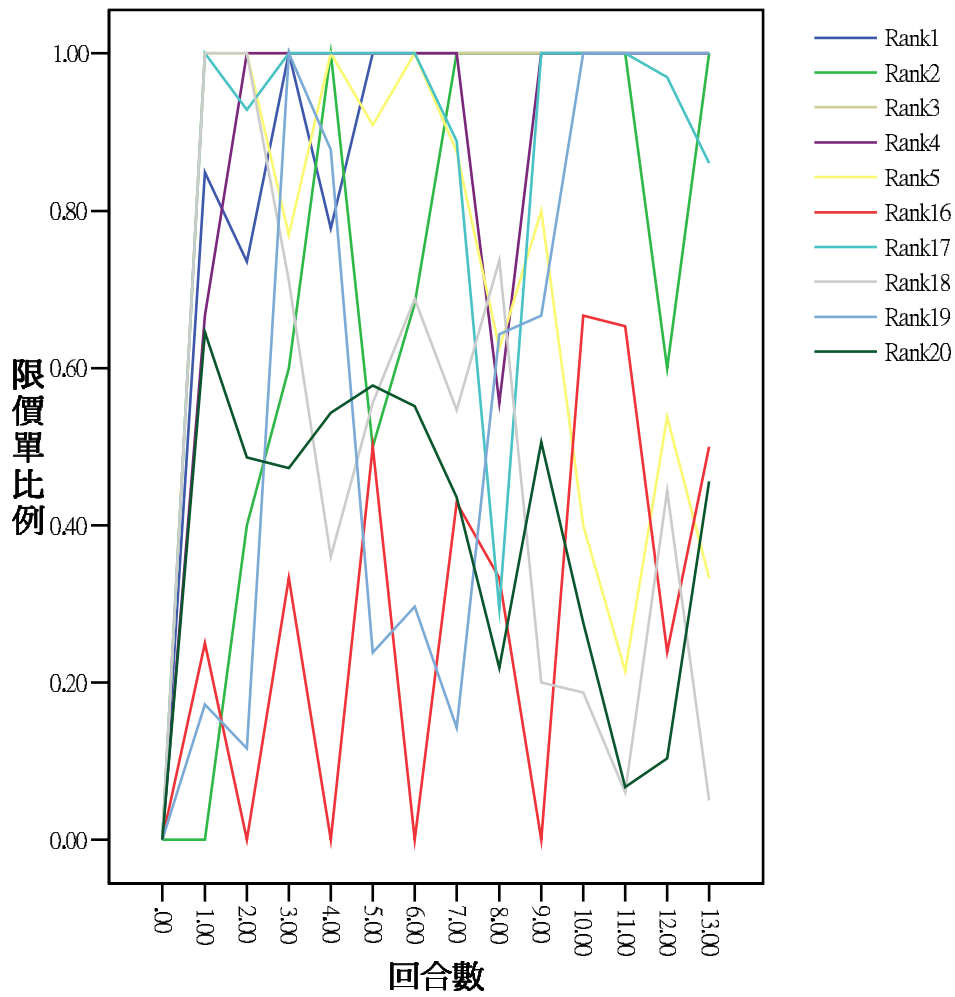


圖 5.6: F市場總利潤前5名與後5名限價單使用率之時間序列

習的目標可以是一組投資組合, 一組投資策略, 或是一個均衡狀態。目的多希望參與者的「目標函數」最大化, 目標函數的設定在於實驗設計的需求。

以本議題為例, 參與者學習的目標可為每回合資產最終的真實價值或限價單的優勢, 前者在諸多文獻中已被廣泛的提到, 參與者依據市場中的歷史價格、買賣單數等, 估計資產的真實價值, 從中做出對自身有利的決策。文獻中使用的貝氏學習就是一個例子, 利用市場歷史價格的變化, 預測資產的真實價值, 並依此循一固定規則制訂交易策略。雖然這一套交易策略是實驗設計者初始給訂的, 但要進行何種策略的依據仍是利用貝氏學習法中所估計的真實價值, 因此, 此時參與者既是學習如何估計真實價值, 亦是學習如何制訂最適策略。³ 後者的例子則在本文出現, 我們希望能夠觀察參與者是否能學習到限價單的優勢, 而學習到的參與者本身具有何種特質。⁴

強化學習(Reinforcement learning) 是描述人的行為模式的方法之一, 此方法最基本的概念是, 人的當期決策會受到自己前一期決策與前一期利潤的影響的影響, 換言之, 當期會採何種策略, 需視前一期採何種策略與其成果而定。⁵ 此後當然衍生出更多的模型, 加入部分的參數或變數, 但依然不脫離此一主軸。本文採強化學習來解釋參與者的行為, 並不代表我們認同人的學習就是強化學習, 事實上, 關於人的行為是何種學習模式的議題, 仍持續爭論中, 本文在此僅是利用實驗的數據中, 去了解強化學習模型之應用能力。

文獻中另一種常見的學習模式為信念學習 (Belief learning), 此一學習方式會參考市場中其他人的行為, 因此, 要使參與者能夠進行此一行為, 市場上必須有足夠的資訊, 即市場中所有參與者的行為是公開的, 方能達成。而本實驗設計中, 參與者並不能知道他人的策略為何, 因此, 信念學習的概念在本實驗中是不適用的。⁶

³這裡指的是, 參與者利用這些學習模型, 去預測資產的真實價值, 再利用此一預測值, 做出適當的交易策略。

⁴從前一小節的結論, 我們可得知學習到或是優先學習到此一優勢的參與者, 多半是該市場的贏家, 因此, 我們同時亦在關注贏家的特質。

⁵像這種僅依據自身過去的歷史經驗而改變未來行為的學習模式, 我們可稱之為自我學習(individual learning)。

⁶儘管在實驗中, 每位參與者可得知目前市場中有多少買賣的限價單, 但他們卻不知這些限價單是從何而來, 而且, 本文模型中參與者的策略是「每回合參與者限價單投單比例

在討論真人實驗與學習行為時,許多文獻皆利用賽局實驗所得的結果與模擬結果相互比較,使用賽局實驗的好處在於,賽局實驗中策略與報酬的關係可寫成一策略矩陣,策略矩陣可以幫助實驗參與者能很簡單明瞭地了解自身策略、他人策略與報酬的關係,實驗設計者亦可利用策略矩陣來找到市場的均衡,不論是純策略均衡或是混合策略均衡。Chmura and Piz (2007)利用了不同參數下的強化學習模型進行與真人實驗結果的比較,參數設定會顯著地影響模型預測的結果,然而,比較的結果發現,配適度最好的參數組合與真人實驗的統計結果相去不遠,即使改變市場規模大小,亦不改變此一結果,這說明了在此一實驗下,真人參與者的策略造成的結果與利用強化學習模擬的策略造成的結果是相近的。Roth and Erev (1995)、Erev and Roth (1998)則比較不同的強化學習模型預測真人實驗的能力,在此他們設計了數種不同的強化學習模型,但基本架構皆相近。當中還與數個不同的真人實驗相互比較結果。然而,結果不盡相同,顯示學習模型要能預測或解釋真人策略的結果,除了模型參數設計之外,真人實驗的設計也是關鍵,不同的賽局實驗明顯地影響模型估計的結果,這包含了模型參數的估計與模型配適度。

Feltovich (2000)與Sarin and Vahid (2001)則利用不同的學習模型與強化學習模型相較,強化學習模型並不一定是最能符合真人策略,充分顯示出上一段我們所歸納的結果,在不同的賽局實驗下,參與者的學習模式會有所轉變,因此,沒有一種學習模型能夠充分地解釋人的行為,必須視所面臨的市場情況而定。

不同於真人實驗,學習模型亦用來與真實市場直接比較,李家瑋(民95)利用強化學習與遺傳演算法二種學習模型,模擬彩券市場,並與真實彩券市場的特徵相較,強化學習模型較能貼近真實市場的特徵,而其中的原因在於二模型的學習週期不同所導致的,而這點的關鍵便在兩種演算法的基本特性不同。

與上述文獻相較,這些文獻多半在探討哪一種學習模型與真人實驗的結果較為類似,這部分不是關注於總體市場的現象,就是關注於群體(參與者

的增減],此一資訊在實驗中並不提供,因此,參與者除自身策略外,根本無法得知他人策略,信念學習在本模型中無法存在。

扮演的角色) 現象, 對於參與者個人行為則較少著墨, 本文中我們直接亦強化學習模型估計每位參與者的行為, 並分析參數間的關係。

我們利用Roth and Erev (1995)、Erev and Roth (1998)所設計之模型, 並根據實驗結果之特色加以修改, 將原始模型加以設計為三種模型,⁷ 模型一表達的學習方式如下:

$$q_{i,t} = \begin{cases} 1 & \text{if } t = 1, \\ (1 - \varphi) * q_{i,t-1} + (1 - \varepsilon) * \Pi_{j,(t-1)} & \text{if } i = j, t \geq 2, \quad i = 1, 2, 3 \\ (1 - \varphi) * q_{i,t-1} + \frac{\varepsilon}{(N-1)} * \Pi_{j,(t-1)} & \text{if } i \neq j, t \geq 2 \end{cases} \quad (5.1)$$

$$\Pi_{j,t} = \begin{cases} \ln(\pi_t) + 1 & \text{if } \pi_t > 0, \\ 0 & \text{if } \pi_t \leq 0 \end{cases} \quad (5.2)$$

$$p_{i,t} = \frac{q_{i,t}}{\sum_i q_{i,t}} \quad (5.3)$$

$$\mathbf{L}(\varphi, \varepsilon) = \prod_t p_{i,t} \quad (5.4)$$

其中, $q_{i,t}$ 表示參與者在第 t 期執行 i 策略的動機, 會受到 $t - 1$ 期執行 i 策略的動機與第 $t - 1$ 期的利潤函數 Π 影響, 亦會受到 $t - 1$ 期是否亦採 i 策略的影響, Π_j 被解釋為執行 j 策略時的利得。在本模型中, 策略被簡化為與前期相較, 當期限價單投單比率會增加、減少或不變。可以下列形式表示之:

$$Intensity\ of\ Limit\ Order = \frac{Volume\ of\ Limit\ Order}{Volume\ of\ (Limit\ Order + Market\ Order)} \quad (5.5)$$

$$strategy = \begin{cases} 1 & \text{if } ilo_t > ilo_{t-1}, \\ 0 & \text{if } ilo_t = ilo_{t-1}, \\ -1 & \text{if } ilo_t < ilo_{t-1} \end{cases} \quad (5.6)$$

其中 ilo_t 表示了第 t 期參與者遞限價單之比例, 而其策略則依據與上一期遞出限價單之比例相較。式5.1當中之 N 表示策略總數, 在本文的三個模型中,

⁷在Roth 與 Erev 的原始模型中 (可參閱Erev and Roth (1998)p.813之模型), 我們並未修改動機函數 $q_{i,t}$ 的設計, 我們修改了利潤函數 $P_i(t)$ 以及機率測度 $p_{i,t}$ (僅模型二、三), 原始的利潤函數 $P_i(t) = \pi - \pi_{min}$, 但由於本實驗中每回合利潤並無固定之上下限, 故與賽局實驗中存在理論最小利得之情形不同, 因此不採用此一設計。

都僅有三種策略。由於 $t = 1$ 時, 並無前期限價單投單比率可供比較, 在操作上我們設定第0期限價單投單比率為0, 使得 $q_{i,1} = 1$ 。⁸ 利潤函數 Π_t 為參與者在第 t 期的經濟利潤 π_t 的函數, 在模型一中, 我們不考慮若當期利潤為負值的影響, 因此, 若參與者第 t 期的經濟利潤 $\pi_t \leq 0$ 時, 其所轉換的利潤函數 Π_t 均設為0, 當經濟利潤 $\pi_t > 0$ 時, 利潤函數 Π_t 為一對數函數, 其具有嚴格遞增且邊際遞減的特性。⁹

$p_{i,t}$ 表示「理論上」參與者在第 t 期選擇 i 的機率大小, 在模型一中, 暫不考慮此一機率會呈現何種特殊的分配, 僅將當期使用所使用策略之動機除以所有策略動機之總和, 若參與者本身為隨機選擇策略, 則每期策略使用機率均為 $\frac{1}{3}$ 。 $\mathbf{L}(\varphi, \varepsilon)$ 則為每期使用的策略之機率連乘積, 即整個實驗的策略聯合機率密度函數。本文將利用最大概似估計法, 所採用的數值方法為差分演化法 (Differential Evolution), 求其最大值與參數組合。差分演化法與遺傳演算法 (Genetic Algorithm)、類神經網路 (Artificial Neural Network) 等求極值方法類似, 可以用來求解非凸性 (non-convex)、不可微 (non-differentiable) 的函數的極值 (Victoire and Suganthan (2007))。

模型一有二個待估參數, φ 與 ε , 根據Erev 與 Roth 之定義, φ 被稱為健忘因子或新進因子 (forgetting parameter or recency parameter), 此一參數用來表達前一期使用 i 策略的動機對本期採用 i 策略動機的影響, 因此稱之為「新進」因子, 又此數值越大, 表前一期使用 i 策略的動機對本期採用 i 策略的動機的影響越小, 故稱之為「健忘」因子, 這也表示了參與者的記憶能力 (memory)。 $q_{i,t}$ 具有這樣的特性, 表其對後期的效果具遞延性, 即 $q_{i,t}$ 的影響並不僅止於 $t + 1$ 期, 還會影響到之後數期。由於 φ 介於0到1之間, 因此, 此遞延效果將隨時間拉長而逐步遞減, 換言之, $q_{i,t}$ 對後期的影響將隨時間經過而減弱。二種極端的參數情況: $\varphi = 1$ 時, $q_{i,t}$ 僅受 $t - 1$ 的利潤影響, 不受 $q_{i,t-1}$ 的影響, $q_{i,t}$ 亦不影響之後的任何一期。相反的, $\varphi = 0$ 時, $q_{i,t}$ 不僅

⁸事實上, 若設定第0期的限價單投單比率為0, 則第1期僅有二個策略可供選擇: 增加限價單比率與不變, 即參與者無法再減少限價單投單比率, $q_{i,1}, i =$ 減少限價單比率, 應不存在, 但在本為為簡化模型複雜度, 將此一情況忽略, 仍設定 $q_{i,1} = 1, i =$ 減少限價單比率。同樣的情形仍會出現在當參與者出現僅使用限價單或市價單的情形。

⁹這樣的設計使得負的利潤對參與者而言, 不論其值大小, 影響皆是相同的。與Roth 與 Erev 類似的是, 利潤函數的值皆是非負的。

永遠存在, 且其對後期之影響將不隨時間遞減。

另一個參數, ε , 則被稱為經驗因子 (experimentation parameter)。表示 $t-1$ 時的利潤函數對 $q_{i,t}$ 的影響, 代表的是一強化學習的力量 (reinforcing force)。與 φ 不同的是, 利潤函數對 $q_{i,t}$ 的影響會隨 $t-1$ 採何種策略而有所不同, 當 $t-1$ 期參與者使用 i 策略而 t 亦使用 i 策略時, 第 $t-1$ 利潤對第 t 期的邊際影響是 $(1-\varepsilon)$ 。然而, 當 $t-1$ 期參與者使用 i 策略但 t 不使用 i 策略時, 第 $t-1$ 利潤對第 t 期的邊際影響轉為 $(\frac{\varepsilon}{N-1})$, N 為策略數目, 在此等於 3。更進一步地說, ε 表示的是參與者上期的利潤影響本期行使各策略動機的比重, 當上期的策略與本期相同時, 上期單位利潤對本期策略動機影響的比重是 $(1-\varepsilon)$, 這表示此一比重並不一定百分之百轉移至本期同一策略的動機, 會部分地轉移至其他策略的動機, 這「其餘的推進力量」, 將平均分配至其他的策略裡, 故為 $(\frac{\varepsilon}{N-1})$ 。與 φ 相同的是, ε 同樣介於 0 到 1 之間。當期值越接近 1 時, 表示若採取與前一期相同策略時, 對前一期利潤造成的影響將較低, 而改變策略採取與上一期不同的策略時, 上一期利潤的影響會較高。這表示, 即使本期獲得高額的利潤, 但 ε 接近 1 的參與者, 仍舊會有很大的誘因去改變其下一期的策略。這即表示此類參與者可能雖具強化學習能力, 但他的行為卻是與其他人「相反」或不理性的, 以致於即使使用某一策略能使利潤更好, 該參與者仍不斷嘗試變更新策略。換言之, 對這參與者而言, 即便本期行使的策略使他獲得利潤, 此一策略下期使用動機的變化來自本期利潤的增額, 仍不及其他策略。相反地, 當 ε 接近 0 時, 本期策略所獲得之利潤, 將以一較大的比例轉移至下期採用此同一策略上, 採取剩餘策略的動機變化幅度因而較小。本文當中, $\varepsilon = \frac{2}{3}$ 的情形是一個重要的指標, 在此情況下, 表示無論參與者本期的策略是否與上一期相同, 上一期財富對本期使用策略的動機影響相同。這表示了此類參與者並不具任何的強化學習能力, 因為此類的參與者對上一期策略造成的利潤結果是高是低, 對於使用與上一期同樣的策略或其他策略的動機的變化, 並沒有任何的差異性, 這表示, 不論參與者本期使用某一策略所帶來的影響為何, 這個結果讓他對所有策略的「評分」變化皆是相同的, 換言之, 參與者無法對策略的優劣做出一些評判。本文中策略的設計並非一連續的策略組合, 故三種策略間的異質性較大, 因此, 我們希望看到, 一個具有良好強化學習能力之參與者, ε 應更能接近 0, 並且遠

離 $\frac{2}{3}$ 。

模型一已試圖解釋市場參與者的行為, 但模型一並未考慮參與者當期利潤為負值的情形, 模型一的利潤函數中, 若參與者當期利潤為負, 一律轉換為0, 如此便無法分辨利潤為負時對參與者策略動機的影響,¹⁰ 模型二則將利潤函數改寫:¹¹

$$\Pi_{j,t} = \begin{cases} \ln(\pi_t) + 1 & \text{if } \pi_t > 0, \\ 0 & \text{if } \pi(t) = 0, \\ -\ln(|\pi_t|) - 1 & \text{if } \pi_t < 0 \end{cases} \quad (5.7)$$

模型二將僅經濟利潤 $\pi \leq 0$ 的情詳改寫, $\pi > 0$ 的情形則同模型一。

由於利潤函數的改寫, 模型一使用策略的機率密度函數 $p_{i,t}$ 也必須改寫,¹² 我們將原本的 $q_{i,t}$ 帶入一自然指數函數 (netural exponential function) 中, 而新的機率密度函數則可表達為:

$$p_{i,t} = \frac{\exp q_{i,t}}{\sum_i \exp q_{i,t}} \quad (5.8)$$

如此設定便可解決使用某一策略動機直為負值時所產生的問題。其餘的部分模型二與模型一相同。

模型三則增加一新參數, λ , 設定為一大於或等於0的參數。此表示參與者對利潤的敏感度 (payoff sensitive), 我們將此新參數加入使用策略的機率密度函數當中:

$$p_{i,t} = \frac{\exp(\lambda * q_{i,t})}{\sum_i \exp(\lambda * q_{i,t})} \quad (5.9)$$

由於參數的增加, 我們將式5.4改寫為:

$$\mathbf{L}(\varphi, \varepsilon, \lambda) = \prod_t p_{i,t} \quad (5.10)$$

¹⁰如前所述, 模型一中, 由於利潤為負值時期對策略動機的影響均為0, 不論其負值的大小為何, 對策略動機產生的影響均是一致的。

¹¹仔細觀察新的利潤函數, 會發現當利潤不等於0, 且其介於-1到1之間時, 會有不連續的現象。然而, 依照本實驗設計, 最小的正利潤為1, 最小的損失為-1, 不會出現利潤在-1到1之間, 又不等0的情形。

¹²由於利潤函數有負值的產生, 這將導致 $q_{i,t}$ 有負值產生的可能, 若採用原始的機率密度模型, 有產生機率為負值的可能, 故必須將機率密度函數再做一次修正。

很明顯的，我們可以發現一些特殊的情形，當 $\lambda = 0$ 時，參與者對利潤的敏感度降至最低，此使參與者不論其當期策略使用的動機大小為何，均不影響選擇使用該策略的機率，可以解釋為參與者選擇策略的行為是隨機的。事實上，模型三是模型二一般化的結果，當 $\lambda = 1$ 時，即為模型二的結果。

下一節當中，我們將依序對此三模型的參數進行估計，並檢定不同情況下的參數是否有差異。

5.3 學習行為與市場現象

根據前一節所設定之模型，本節將對各模型之參數一一估計，並依據市場參數與實驗結果分別檢定，探討不同情況下的學習行為參數是否有差異。本節分為四部分，第一小節為各模型解釋力與參數估計結果與分配，第二小節為比較在不同市場結構下參數是否具差異性，第三小節為檢定不同類型之參與者是否擁有不同的行為參數型態，第四小節為探討利潤表現不同之參與者其行為參數是否相異。

5.3.1 模型估計結果與解釋力

本小節將先後敘述模型的解釋力以及參數估計結果與分配。在模型解釋力方面，首先比較模型解釋力是否較隨機模型強，所謂的隨機模型，在此是假設若參與者每期使用每一策略的動機皆相同，不受前期策略及表現的影響，則每期選定策略的機率均一致，即每期均為 $\frac{1}{3}$ ，若整個交易期間共有 n 回合，在隨機策略模型下，使用策略的聯合機率密度函數即為 $(\frac{1}{3})^n$ 。若參與者的策略服從隨機策略，這就引含了其交易行為服從零智慧(zero-intelligence)交易者，這類的參與者並不具學習能力。我們希望模型的解釋能力遠優於隨機模型，因此模型所估計出的聯合機率密度函數之最大值應顯著高於隨機

策略:¹³

$$\begin{aligned} H_0 &: \mathbf{L}(\varphi, \varepsilon) - \left(\frac{1}{3}\right)^n \leq 0 \\ H_1 &: \mathbf{L}(\varphi, \varepsilon) - \left(\frac{1}{3}\right)^n > 0 \end{aligned} \quad (5.13)$$

或

$$\begin{aligned} H_0 &: \frac{\mathbf{L}(\varphi, \varepsilon) - \left(\frac{1}{3}\right)^n}{\left(\frac{1}{3}\right)^n} \leq 0 \\ H_1 &: \frac{\mathbf{L}(\varphi, \varepsilon) - \left(\frac{1}{3}\right)^n}{\left(\frac{1}{3}\right)^n} > 0 \end{aligned} \quad (5.14)$$

n 表示各市場的總回合數。前者直接檢定與隨機模型的差距, 稱之為絕對差距, 後者則考慮各市場回合數不同的差異, 以相對差距檢定, 在此分別以 T 檢定、符號檢定以及魏克森符號等級檢定, 檢定此三模型是否優於隨機策略模型。

表 5.7: 模型一與隨機模型之差距—
p值

檢定法	絕對差距	相對差距
Student's	0.0023	0.0004
Sign	< 0.0001	< 0.0001
Signed Rank	< 0.0001	< 0.0001

¹³若檢定模型三的解释能力, 則將二檢定方式改寫成:

$$\begin{aligned} H_0 &: \mathbf{L}(\varphi, \varepsilon, \lambda) - \left(\frac{1}{3}\right)^n \leq 0 \\ H_1 &: \mathbf{L}(\varphi, \varepsilon, \lambda) - \left(\frac{1}{3}\right)^n > 0 \end{aligned} \quad (5.11)$$

或

$$\begin{aligned} H_0 &: \frac{\mathbf{L}(\varphi, \varepsilon, \lambda) - \left(\frac{1}{3}\right)^n}{\left(\frac{1}{3}\right)^n} \leq 0 \\ H_1 &: \frac{\mathbf{L}(\varphi, \varepsilon, \lambda) - \left(\frac{1}{3}\right)^n}{\left(\frac{1}{3}\right)^n} > 0 \end{aligned} \quad (5.12)$$

表 5.8: 模型二與隨機模型之差距-p值

檢定法	絕對差距	相對差距
Student's	0.0036	0.0002
Sign	< 0.0001	< 0.0001
Signed Rank	< 0.0001	< 0.0001

表 5.9: 模型三與隨機模型之差距-p值

檢定法	絕對差距	相對差距
Student's	0.0042	0.0002
Sign	< 0.0001	< 0.0001
Signed Rank	< 0.0001	< 0.0001

檢定結果呈現在表5.7-5.9中, 很明顯地, 不論是何種模型或何種比較方式, 解釋能力均較隨機策略模型佳。因此, 儘管不能充分證明強化學習模型為真人的行為模式, 但已可證明此一模式較隨機模型更能解釋人的行為。

前述的檢定為比較三模型與隨機策略模型的優劣, 得知此三種強化學習模型確實較隨機策略模型的解釋力高, 然而, 我們還希望得知此三模型孰優孰劣。根據模型複雜程度, 假設最簡單的模型一解釋能力最差的, 模型二次之, 最複雜的模型三解釋能力則最高:

$$\begin{aligned}
 H_0 : Model_{i,k} - Model_{j,k} &\leq 0 \\
 H_1 : Model_{i,k} - Model_{j,k} &> 0 \quad (5.15) \\
 &i > j
 \end{aligned}$$

i, j 分別表示模型類別, k 表示參與者, 即同一參與者在不同模型下的配適度是否隨模型複雜度增加而增加。同樣分別利用 T 檢定、符號檢定以及魏克森符號等級檢定:

表 5.10: 模型間配適度差距-p值

檢定法	Model2 & Model1	Model3 & Model1	Model3 & Model2
Student's	0.0371	0.0414	0.1430
Sign	0.0274	0.1176	0.0198
Signed Rank	0.0037	0.0023	0.0129

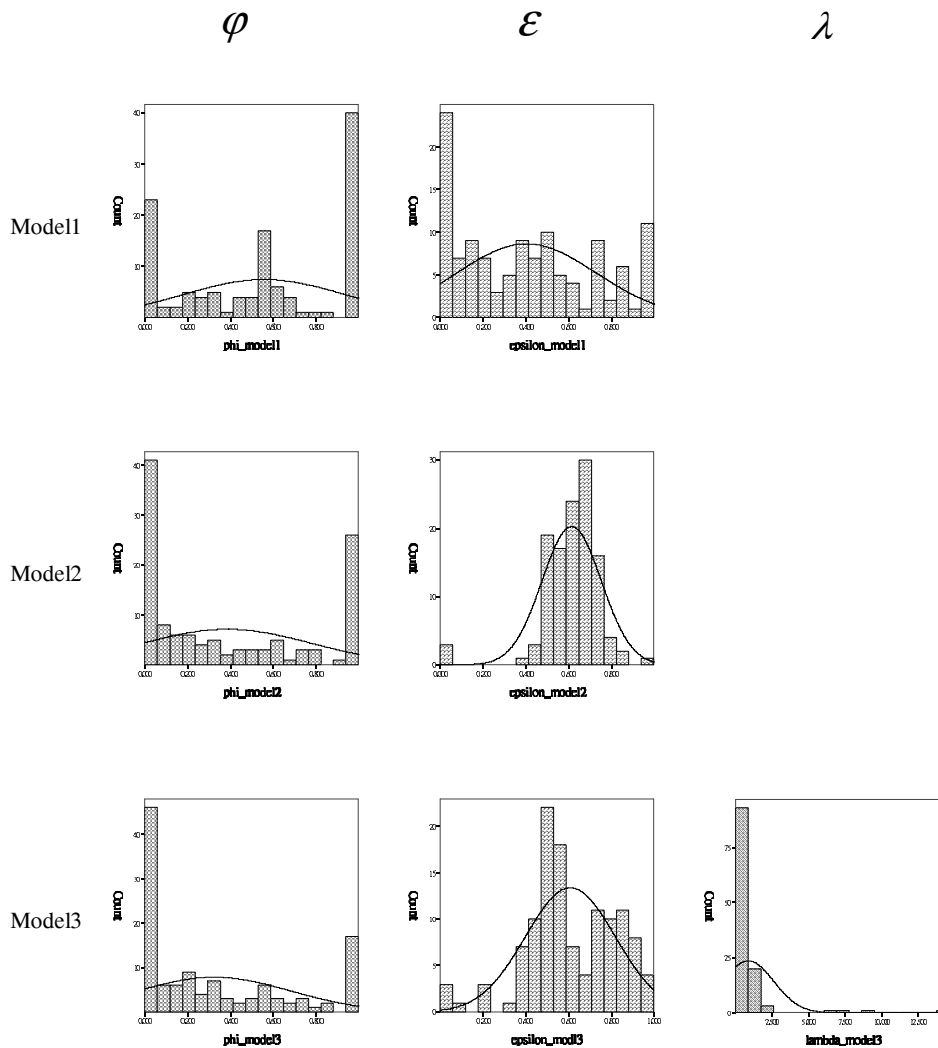


圖 5.7: 三模型參數分配

表5.10呈現了模型間的檢定結果，顯然，我們先前的假設並無太大的錯誤，越複雜的模型，其配適力越強。而這亦說明了，即使模型僅更動一部份，但對配適度所帶來的影響，可能會十分的巨大。

接著所關注的是各模型中參數的估計值，圖5.7所表示的是各參數分佈圖，更詳細的參數估計值請參閱附錄 D 中的表D.1–D.18。從圖中可輕易地得知一些訊息：第一，各模型各市場的參數分配並非為常態分配，圖中曲線代表了以樣本平均數與變異數為基準所繪出的常態分配，直方圖的部分為樣本實際的分配，顯然實際分配與常態分配的差異頗大。第二，部分參數分

配具偏態及高峰的性質, 甚至具雙峰的現象, 此表示多數參與者行為的具趨向某一特性, 或是彼此間行為相當極端。由於參數分配呈現此一現象, 在之後對參數直估計時, 仍利用無母數的檢定方法加以輔助, 以解決在有母數檢定上分配假設的問題。

5.3.2 市場結構差異與參數

本小節將分析不同市場結構下的參數是否具差異性。市場結構的差異在於資訊結構的不同, 包含各市場完全知訊者、不完全知訊者與外部者間比例的差異, 以及資訊分佈情形是否為公開資訊等。瞭解此一議題可幫助我們瞭解參與者的行為是否因市場資訊結構改變而改變。本小節在此先假設不同參與者類型間的行為參數沒有差異性, 在下一小節中在對此一假設進行檢驗, 如果市場間差異性存在, 且假設是正確的, 則市場間行為的差異便是來自參與者對市場資訊結構差異的認知。若假設是錯誤的, 則市場間行為的差異可能僅來自各市場組成份子的不同。相對的, 若市場間並無差異, 而參與者類型間差異性存在, 中間的落差則是因市場結構所造成的; 若二者均不存在差異性, 則表示參與者的行為參數不受此二因素所影響。

首先, 先將前一小節所估計之參數取平均值, 整理如表5.11-5.13

表 5.11: 各市場之二參數平均值-模型一

市場別	φ	ε
A	0.416	0.318
B	0.649	0.276
C	0.619	0.559
D	0.567	0.384
E	0.576	0.476
F	0.516	0.404

表 5.12: 各市場之二參數平均值-模型二

市場別	φ	ε
A	0.336	0.630
B	0.408	0.560
C	0.461	0.618
D	0.335	0.628
E	0.266	0.649
F	0.501	0.600

表 5.13: 各市場之三參數平均值-模型三

市場別	φ	ε	λ
A	0.243	0.632	0.701
B	0.320	0.560	1.211
C	0.371	0.594	1.202
D	0.287	0.650	0.567
E	0.248	0.632	0.561
F	0.473	0.581	1.058

表5.11-5.13表示各市場在不同模型下各參數估計的平均值，從表中大致可瞭解不同模型下參數估計略有不同，使用模型一估計 ε 會略低於其他二種模型的估計值；使用模型三估計 φ 亦會略低於其他二種模型的估計值。這樣的差異歸因於模型設計上的差異，往後的分類上亦會觀察到模型間參數估計的落差。但這並非我們關注的重點，本小節著重在各市場是否有顯著之差異。在檢定模型的方法上，採用二種檢定方式:T 檢定與魏克森等級和檢定。

φ 的差異與市場別

表5.14、5.16、5.18為利用 T 檢定 φ 是否在市場結構不同下而有差異性，表5.15、5.17、5.19為利用魏克森等級和檢定 φ 是否在市場結構不同下而有差異性。

第 5 章 實驗結果: 參與者策略對市場的影響與演進

表 5.14: T檢定: φ 與市場別—模型一

	A	B	C	D	E	F
A	*					
B	0.0698	*				
C	0.0751	0.7928	*			
D	0.1898	0.4857	0.6123	*		
E	0.2149	0.5767	0.7150	0.9400	*	
F	0.4320	0.3125	0.3835	0.6716	0.6532	*

表 5.15: 魏克森等級和檢定: φ 與市場別—模型一

	A	B	C	D	E	F
A	*					
B	0.1195	*				
C	0.0691	0.9673	*			
D	0.1320	0.6053	0.5421	*		
E	0.1535	1.0000	0.8583	1.0000	*	
F	0.5787	0.2978	0.2426	0.5262	0.3495	*

表 5.16: T檢定: φ 與市場別—模型二

	A	B	C	D	E	F
A	*					
B	0.5585	*				
C	0.3167	0.7003	*			
D	0.9895	0.5545	0.3157	*		
E	0.5440	0.2793	0.1436	0.5564	*	
F	0.1811	0.4943	0.7699	0.1814	0.0755	*

表 5.17: 魏克森等級和檢定: φ 與市場別—模型二

	A	B	C	D	E	F
A	*					
B	0.6557	*				
C	0.4100	0.8369	*			
D	1.0000	0.8815	0.4893	*		
E	0.4418	0.3034	0.2708	0.3806	*	
F	0.2547	0.6139	0.7111	0.3003	0.1108	*

第 5 章 實驗結果: 參與者策略對市場的影響與演進

表 5.18: T檢定: φ 與市場別—模型三

	A	B	C	D	E	F
A	*					
B	0.4867	*				
C	0.2214	0.6700	*			
D	0.6393	0.7733	0.4325	*		
E	0.9633	0.5518	0.2872	0.7110	*	
F	0.0525	0.2439	0.4153	0.1208	0.0794	*

表 5.19: 魏克森等級和檢定: φ 與市場別—模型三

	A	B	C	D	E	F
A	*					
B	0.5452	*				
C	0.3268	0.7154	*			
D	0.4766	0.9035	0.4758	*		
E	0.8816	0.4424	0.2307	0.3966	*	
F	0.1141	0.3327	0.4175	0.2608	0.0860	*

從檢定的結果得知, φ 差異性並非為一個普遍的現象, A 市場與 B、C 二市場的差異性僅在模型一出現, 且差異性甚小, 在模型二中, φ 幾乎不因市場結構不同而有差異, 模型三中, φ 的差異狀況與模型一類似, 僅 F 市場與 A、E 二市場有差異, 且差異性極小。¹⁴

ε 的差異與市場別

表5.20、5.22、5.24為利用 T 檢定 ε 是否在市場結構不同下而有差異性, 表5.21、5.23、5.25為利用魏克森等級和檢定 ε 是否在市場結構不同下而有差異性。

表 5.20: T檢定: ε 與市場別—模型一

	A	B	C	D	E	F
A	*					
B	0.6244	*				
C	0.0212	0.0077	*			
D	0.5060	0.2793	0.1244	*		
E	0.1100	0.0458	0.4566	0.3993	*	
F	0.3645	0.1803	0.1551	0.8526	0.4887	*

¹⁴事實上, 若以更嚴格的檢定標準, φ 在各市場間的差異性根本不存在。

第 5 章 實驗結果: 參與者策略對市場的影響與演進

表 5.21: 魏克森等級和檢定: ε 與市場別-模型一

	A	B	C	D	E	F
A	*					
B	0.7344	*				
C	0.0309	0.0321	*			
D	0.7363	0.3100	0.1687	*		
E	0.1923	0.0521	0.4440	0.3691	*	
F	0.3290	0.1642	0.1826	0.6766	0.5639	*

表 5.22: T檢定: ε 與市場別-模型二

	A	B	C	D	E	F
A	*					
B	0.1866	*				
C	0.7545	0.3039	*			
D	0.9496	0.2009	0.7968	*		
E	0.5455	0.0957	0.4159	0.5087	*	
F	0.4765	0.5116	0.6925	0.5082	0.2513	*

表 5.23: 魏克森等級和檢定: ε 與市場別-模型二

	A	B	C	D	E	F
A	*					
B	0.5463	*				
C	0.6773	0.8403	*			
D	0.9893	0.6196	0.5642	*		
E	0.3564	0.1484	0.2159	0.3428	*	
F	0.7574	0.8403	0.8193	0.9251	0.2064	*

表 5.24: T檢定: ε 與市場別-模型三

	A	B	C	D	E	F
A	*					
B	0.2849	*				
C	0.5977	0.6761	*			
D	0.7485	0.1984	0.4489	*		
E	0.9992	0.2986	0.6065	0.7567	*	
F	0.4018	0.7785	0.8592	0.2791	0.4177	*

表 5.25: 魏克森等級和檢定: ε 與市場別-模型三

	A	B	C	D	E	F
A	*					
B	0.6386	*				
C	0.4614	0.8825	*			
D	0.8825	0.5114	0.5114	*		
E	0.7574	0.3994	0.7574	0.9678	*	
F	0.8825	0.7985	0.8403	0.6773	0.4778	*

與 φ 的結果類似, ε 的差異性僅在模型一出現, 但只有 C 市場與 A、B 二市場以及 B 市場與 E 市場間具差異性, 其餘比較組合均無差異。其中 A、B、C 三市場間的差異在於知訊者人數。然而, 由於在其他二模型中的差異情況並不顯著, 使得模型一的情形成為一種特例, 此一差異並非個一般化的現象, 我們仍無法斷定在知訊者人數改變時, 行為參數之一的 ε 是否會有顯著的不同。

λ 的差異與市場別

表5.26為利用 T 檢定 λ 是否在市場結構不同下而有差異性, 表5.27為利用魏克森等級和檢定 λ 是否在市場結構不同下而有差異性。

表 5.26: T檢定: λ 與市場別-模型三

	A	B	C	D	E	F
A	*					
B	0.2728	*				
C	0.4985	0.9920	*			
D	0.3963	0.1601	0.3830	*		
E	0.4151	0.1602	0.3854	0.9617	*	
F	0.4407	0.8055	0.8646	0.2806	0.2795	*

表 5.27: 魏克森等級和檢定: λ 與市場別-模型三

	A	B	C	D	E	F
A	*					
B	0.8613	*				
C	0.4144	0.2800	*			
D	0.6970	0.6009	0.4614	*		
E	0.4144	0.2919	0.7371	0.5463	*	
F	0.8194	0.8194	0.1413	0.5114	0.2258	*

而對利潤的敏感度 λ , 與前述二種參數的結果略有不同, 不論在何種市場比較組合下, 表現均無差異。

從上述的觀點推論, 參與者行爲與市場參數間的關係並不明顯, 即使二市場間的行爲參數有些許差異, 但在較為嚴謹的標準下, 這樣的差異是不顯著的。即使差異顯著的比較組合中, 也僅僅在一個模型下差異性才存在, 若更換模型再次估計, 差異亦不再顯著, 顯然此一差異受模型設定影響極深。

從上述的觀察與檢定中可以得到初步結論, 不論是模型中的新進因子、經驗因子或是報酬敏感度, 在不同的市場情況下皆無差異, 顯然市場中的參與者的行爲, 並不因市場資訊結構的不同而產生差異。這便是, 我們無法從人的行爲模式中, 推斷此行爲是哪一種市場普遍存在的現象。反之亦然。

除了市場間參數值相互比較之外, 有些參數值有其特別的意義。 ϵ 即是一例, 因此除比較不同模型、不同市場間的差異外, 尚須對其值做檢定。 ϵ 表示上一期的利任對本期策略動機的影響, 在本文的模型中, $\epsilon = \frac{2}{3}$ 表示不論前一期採何策略, 對本期任一策略動機的影響均相同, 即表示無論前一期的表現為何, 均不影響本期的策略使用。換言知, 當利潤的大小完全無法影響參與者的行爲, 參與者無法從過去表現中學習到策略的使用, 便不具強化學習能力, 接下來要檢定的是在不同市場與模型下, ϵ 是否異於 $\frac{2}{3}$, 若不顯著, 則表示並無強化學習之現象。

表 5.28: ϵ 數值檢定: 以市場別分-模型一

市場別	Student's	Sign	Signed Rank
模型一	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
市場 A	< 0.0001	0.0004	0.0002
市場 B	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
市場 C	0.1938	0.8238	0.4029
市場 D	0.0017	0.1153	0.0035
市場 E	0.0206	0.5034	0.0353
市場 F	0.0015	0.0118	0.0014

表 5.29: ϵ 數值檢定: 以市場別分-模型二

市場別	Student's	Sign	Signed Rank
模型二	< 0.0001	0.0353	< 0.0001
市場 A	0.1106	1.0000	0.1991
市場 B	0.0340	0.1153	0.0212
市場 C	0.1254	0.1153	0.0809
市場 D	0.1012	0.8238	0.1231
市場 E	0.3985	0.5034	0.7841
市場 F	0.0799	0.0414	0.0484

表 5.30: ϵ 數值檢定: 以市場別分-模型三

市場別	Student's	Sign	Signed Rank
模型三	0.0029	0.0353	0.0079
市場 A	0.3681	0.5034	0.3118
市場 B	0.0640	0.2632	0.0759
市場 C	0.2395	0.5034	0.3073
市場 D	0.7004	0.8238	0.6215
市場 E	0.4050	1.0000	0.5459
市場 F	0.0839	0.1153	0.1231

表5.28–5.30呈現了利用 T 檢定、符號檢定以及魏克森符號等級檢定的檢定結果, 並以 p 值表示。在模型一中, 不論是整體模型或是個別市場的檢定結果, 均顯示 ϵ 值異於 $\frac{2}{3}$, 由模型一估計出的結果顯示, 參與者的確會參考本期的利潤, 做出下一期的決策。然而, 模型二與模型三的結果並非如此, 以整體模型而言, 模型二與模型三的結果與模型一一致, 但若以個別市場觀之, 其結果卻與整體模型大相逕庭。除部分市場結果外, 其餘市場的檢定結果皆不顯著, 此一個體與總體不一致的現象在模型三最為明顯。造成如此的結果或許與各市場參數分配的差異有關。

5.3.3 參與者類別與參數

前一小節比較了市場資訊結構是否造成參數間顯著差異。追根究底, 市場中資訊結構差異的來源之一便是知訊者的分佈, 若不同的資訊持有人彼此間行為參數互異, 那麼可以想像的到的是不同市場間行為參數具差異性的機會也增加。本小節即將探討不同參與者類型間行為參數是否具差異性, 並將結果與前一小節之結果相比較。

第 5 章 實驗結果: 參與者策略對市場的影響與演進

表5.31–5.33表示各參與者類型的參數估計平均值，與前一小節的結果類似，各模型估計的結果略有不同，使用模型一估計 ϵ 會略低於其他二種模型的估計值；使用模型三估計 φ 亦會略低於其他二種模型的估計值。

表 5.31: 各類參與者之二參數平均值-模型一

參與者類型*	φ	ϵ
X	0.555	0.486
Y	0.639	0.335
Z	0.505	0.392

* X: 完全知訊者;
Y: 不完全知訊者;
Z: 外部者

表 5.32: 各類參與者之二參數平均值-模型二

參與者類型	φ	ϵ
X	0.398	0.619
Y	0.479	0.588
Z	0.314	0.628

* X: 完全知訊者;
Y: 不完全知訊者;
Z: 外部者

表 5.33: 各類參與者之三參數平均值-模型三

參與者類型	φ	ϵ	λ
X	0.407	0.605	0.703
Y	0.358	0.573	0.840
Z	0.247	0.633	1.029

* X: 完全知訊者;
Y: 不完全知訊者;
Z: 外部者

φ 的差異與參與者類型

第 5 章 實驗結果: 參與者策略對市場的影響與演進

表5.34、5.36、5.38為利用 T 檢定 φ 是否因參與者類型的不同而有差異性, 表5.35、5.37、5.39為利用魏克森等級和檢定 φ 是否因參與者類型的不同而有差異性。

表 5.34: T檢定: φ 與參與者類型—模型一

	X	Y	Z
X	*		
Y	0.3575	*	
Z	0.5667	0.1014	*

* X: 完全知訊者;
Y: 不完全知訊者;
Z: 外部者

表 5.35: 魏克森等級和檢定: φ 與參與者類型—模型一

	X	Y	Z
X	*		
Y	0.4453	*	
Z	0.3404	0.0484	*

* X: 完全知訊者;
Y: 不完全知訊者;
Z: 外部者

表 5.36: T檢定: φ 與參與者類型—模型二

	X	Y	Z
X	*		
Y	0.4178	*	
Z	0.3341	0.0522	*

* X: 完全知訊者;
Y: 不完全知訊者;
Z: 外部者

表 5.37: 魏克森等級和檢定: φ 與參與者類型-模型二

	X	Y	Z
X	*		
Y	0.4590	*	
Z	0.3052	0.0692	*

* X: 完全知訊者;
Y: 不完全知訊者;
Z: 外部者

表 5.38: T檢定: φ 與參與者類型-模型三

	X	Y	Z
X	*		
Y	0.5850	*	
Z	0.0424	0.1469	*

* X: 完全知訊者;
Y: 不完全知訊者;
Z: 外部者

表 5.39: 魏克森等級和檢定: φ 與參與者類型-模型三

	X	Y	Z
X	*		
Y	0.4775	*	
Z	0.0180	0.1754	*

* X: 完全知訊者;
Y: 不完全知訊者;
Z: 外部者

外部者的 φ 與其他類型的參與者有些差異, 但這樣的差異極為有限, 且不具一致性與連續性。¹⁵ 在模型一、二中, 外部者與不完全知訊者具些微的差異

¹⁵在此的一致性是指同一比較組合上, 檢定結果不受模型的影響, 此一條件是爲了避免因模型設定所造成的估計差異。連續性在此是指, 若外部者與不完全知訊者的表現有差異, 則其與完全知訊者的表現亦應有差異, 才符合因資訊多寡造成的行爲差異現象, 此一設定是爲了避免因參與者本身的不同而所造成的差異。

性, 但與完全知訊者並無差異, 不符合連續性的要求。而在模型三的檢定中, 外部者與完全知訊者的差異雖然顯著, 但與不完全知訊者卻不存在差異性, 與前二模型相較, 不符合一致性之條件。因此我們難以斷定資訊差異是否造成參與者行為的不同。

ϵ 的差異與參與者類型

表5.40、5.42、5.44為利用 T 檢定 ϵ 是否因參與者類型的不同而有差異性, 表5.41、5.43、5.45為利用魏克森等級和檢定 ϵ 否因參與者類型的不同而有差異性。

表 5.40: T檢定: ϵ 與參與者類型—模型一

	X	Y	Z
X	*		
Y	0.0588	*	
Z	0.1972	0.4215	*

* X: 完全知訊者;
Y: 不完全知訊者;
Z: 外部者

表 5.41: 魏克森等級和檢定: ϵ 與參與者類型—模型一

	X	Y	Z
X	*		
Y	0.0849	*	
Z	0.2083	0.4219	*

* X: 完全知訊者;
Y: 不完全知訊者;
Z: 外部者

第 5 章 實驗結果: 參與者策略對市場的影響與演進

表 5.42: T檢定: ε 與參與者類型-模型二

	X	Y	Z
X	*		
Y	0.3773	*	
Z	0.7762	0.2051	*

* A: 完全知訊者;
B: 不完全知訊者;
C: 外部者

表 5.43: 魏克森等級和檢定: ε 與參與者類型-模型二

	X	Y	Z
X	*		
Y	0.2432	*	
Z	0.8810	0.2416	*

* X: 完全知訊者;
Y: 不完全知訊者;
Z: 外部者

表 5.44: T檢定: ε 與參與者類型-模型三

	X	Y	Z
X	*		
Y	0.5630	*	
Z	0.5334	0.1867	*

* X: 完全知訊者;
Y: 不完全知訊者;
Z: 外部者

第 5 章 實驗結果: 參與者策略對市場的影響與演進

表 5.45: 魏克森等級和檢定: ϵ 與參與者類型-模型三

	X	Y	Z
X	*		
Y	0.5662	*	
Z	0.6567	0.1705	*

* X: 完全知訊者;
Y: 不完全知訊者;
Z: 外部者

與 ϕ 相較, ϵ 的差異性更不顯著, 差異僅出模型一中, 完全知訊者與外部者僅有些微的差異, 且其餘模型並無此一現象, 此顯然是因模型設定所造成的差異。因次不能斷定因資訊差異所造成的行為不同。

λ 差異與參與者類型

表5.46為利用 T 檢定 λ 是否因參與者類型的不同而有差異性; 表5.47為利用魏克森等級和檢定 λ 否因參與者類型的不同而有差異性。

表 5.46: T檢定: λ 與參與者類型-模型三

	X	Y	Z
X	*		
Y	0.6266	*	
Z	0.3829	0.6188	*

* X: 完全知訊者;
Y: 不完全知訊者;
Z: 外部者

表 5.47: 魏克森等級和檢定: λ 與參與者類型-模型三

	X	Y	Z
X	*		
Y	0.3240	*	
Z	0.2942	0.7214	*

* X: 完全知訊者;
Y: 不完全知訊者;
Z: 外部者

λ 的情形則較為單純, 對利潤的敏感度不因資訊擁有程度多寡而有差異, 顯然不論是何種類型的參與者, 對利潤的敏感度均是相當的。

從上述的比較檢定中, 我們在一致性與連續性的條件下, 參與者行為中的新進因子、經驗因子與利潤敏感度, 皆不因參與者擁有多少資訊而有所差異。只能推論資訊掌握程度雖可能影響參與者行為, 但此影響力相當薄弱, 可能僅僅是因參與者個人所造成之差異, 並非是一個一般化的現象。而此一現象亦驗證了前一節的結論, 在參與者掌握的資訊程度不影響其行為的情況下, 市場資訊結構間造成參與者行為的差異亦不顯著, 原因之一除了市場資訊結構的差異在於參與者的組成外, 參與者的行為亦不受市場中其他參與者所擁有資訊的不同而有所差異。

同樣的, 為觀察各類參與者是否具強化學習能力, 我們再檢定不同參與者類型的 ϵ 是否異於 $\frac{2}{3}$:

表 5.48: ϵ 數值檢定: 以參與者類別分-模型一

參與者類別	Student's	Sign	Signed Rank
模型一	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
X	0.0037	0.0576	0.0070
Y	< 0.0001	0.0008	< 0.0001
Z	< 0.0001	0.0001	< 0.0001

* X: 完全知訊者;
Y: 不完全知訊者;
Z: 外部者

表 5.49: ϵ 數值檢定: 以參與者類別分—模型二

參與者類別	Student's	Sign	Signed Rank
模型二	< 0.0001	0.0353	< 0.0001
X	0.0520	0.6076	0.0794
Y	0.0045	0.0576	0.0021
Z	0.0401	0.3317	0.0159

* X: 完全知訊者;
Y: 不完全知訊者;
Z: 外部者

表 5.50: ϵ 數值檢定: 以參與者類別分—模型三

參與者類別	Student's	Sign	Signed Rank
模型三	0.0029	0.0353	0.0079
X	0.1216	0.8642	0.2013
Y	0.0225	0.0576	0.0245
Z	0.2057	0.2116	0.2475

* X: 完全知訊者;
Y: 不完全知訊者;
Z: 外部者

表5.48–5.50為檢定結果，模型一中的任一類參與者都會利用前一期的利潤來決定本期的策略。觀察模型二與三，此二模型從整體市場觀察，參與者皆會利用前期利潤決定下一期策略，然而，就各類別參與者而言，模型二時此一現象已逐漸薄弱，以不再有顯著的證據證明各類參與者均會利用前一期的利潤進行決策分析，模型三的估計更讓上述的現象消失，僅有不完全知訊者的決策會利用前期利潤，從中也無法得知是否利用前期利潤資訊與資訊含量大小的關係。

5.3.4 參與者財富表現與參數

前二小節探討的均是參與者所在市場與身份使否影響其行為，而這二項因素均是我們實驗前給定的「外在因素」，參與者本身無法決定。參與者能決定的，除了策略外，就只有因策略產生的利潤。而利潤亦是參與者的目標函數，依實驗的目的，每人應求其本身的利潤最大。本小節希望能瞭解，利潤不同之參與者，其行為模式是否亦有所不同。此一議題可以幫助我們瞭解，

具有何種特質的參與者能獲得較高的利潤, 以及何種行為參數是影響利潤的關鍵因素。

表5.51-5.52表示了在不同的利潤水準下的參與者, 各模型參數估計的平均值。本文為求檢驗上的簡便與效率, 將各市場參與者最終之經濟利潤排名, 並分為四組, 每組 30 人。第一組為各市場財富表現在前 5 名知參與者, 第二組為各市場財富表現在 6-10 名之參與者, 第三組為各市場財富表現在 11-15 名之參與者, 第四組為各市場財富表現在 16-20 名之參與者。從表中我們可以看到一些趨勢, 若再將第一、二組的人視為同一集團, 這部分的人是在市場財富表現排名前 50% 之參與者。三、四組的視為同一集團, 這一部份的人是在市場財富表現排名後 50% 之參與者。我們可發現, 第一集團平均的 ε 值較第二集團為低。而 λ 值呈一 U 型分配, 財富表現在二個極端的二組其值較高。這二個現象是我們皆下來要關注之焦點所在。

表 5.51: 參與者表現與參數分佈-模型一

參與者表現*	φ	ε
I	0.587	0.232
II	0.564	0.290
III	0.497	0.476
IV	0.582	0.613

* I: 各市場財富表現 1-5 名;
 II: 各市場財富表現 6-10 名;
 III: 各市場財富表現 11-15 名;
 IV: 各市場財富表現 16-20 名

第 5 章 實驗結果: 參與者策略對市場的影響與演進

表 5.52: 參與者表現與參數分佈-模型二

參與者表現*	φ	ε
I	0.286	0.522
II	0.437	0.574
III	0.377	0.684
IV	0.438	0.676

* I: 各市場財富表現 1-5 名;
 II: 各市場財富表現 6-10 名;
 III: 各市場財富表現 11-15 名;
 IV: 各市場財富表現 16-20 名

表 5.53: 參與者表現與參數分佈-模型三

參與者表現*	φ	ε	λ
I	0.257	0.523	1.616
II	0.275	0.508	0.593
III	0.421	0.706	0.456
IV	0.341	0.695	0.868

* I: 各市場財富表現 1-5 名;
 II: 各市場財富表現 6-10 名;
 III: 各市場財富表現 11-15 名;
 IV: 各市場財富表現 16-20 名

φ 的差異與參與者利潤

表5.54、5.56、5.58為利用 T 檢定檢定利潤不同之參與者在 φ 上是否有差異性, 表5.55、5.57、5.59為利用魏克森等級和檢定檢定利潤不同之參與者在 φ 上是否有差異性。

第 5 章 實驗結果: 參與者策略對市場的影響與演進

表 5.54: T檢定: φ 與參與者財富表現—模型一

	I	II	III	IV
I	*			
II	0.7847	*		
III	0.3591	0.5011	*	
IV	0.9632	0.8544	0.4471	*

* I: 各市場財富表現 1-5 名;
 II: 各市場財富表現 6-10 名;
 III: 各市場財富表現 11-15 名;
 IV: 各市場財富表現 16-20 名

表 5.55: 魏克森等級和檢定: φ 與參與者財富表現—模型一

	I	II	III	IV
I	*			
II	0.8884	*		
III	0.4856	0.5817	*	
IV	0.8640	0.6868	0.6165	*

* I: 各市場財富表現 1-5 名;
 II: 各市場財富表現 6-10 名;
 III: 各市場財富表現 11-15 名;
 IV: 各市場財富表現 16-20 名

表 5.56: T檢定: φ 與參與者財富表現—模型二

	I	II	III	IV
I	*			
II	0.1133	*		
III	0.3511	0.5905	*	
IV	0.1086	0.9878	0.5796	*

* I: 各市場財富表現 1-5 名;
 II: 各市場財富表現 6-10 名;
 III: 各市場財富表現 11-15 名;
 IV: 各市場財富表現 16-20 名

第 5 章 實驗結果: 參與者策略對市場的影響與演進

表 5.57: 魏克森等級和檢定: φ 與參與者財富表現-模型二

	I	II	III	IV
I	*			
II	0.2547	*		
III	1.0000	0.3790	*	
IV	0.2566	1.0000	0.4352	*

* I: 各市場財富表現 1-5 名;
 II: 各市場財富表現 6-10 名;
 III: 各市場財富表現 11-15 名;
 IV: 各市場財富表現 16-20 名

表 5.58: T檢定: φ 與參與者財富表現-模型三

	I	II	III	IV
I	*			
II	0.8255	*		
III	0.0796	0.1439	*	
IV	0.3383	0.4868	0.4392	*

* I: 各市場財富表現 1-5 名;
 II: 各市場財富表現 6-10 名;
 III: 各市場財富表現 11-15 名;
 IV: 各市場財富表現 16-20 名

表 5.59: 魏克森等級和檢定: φ 與參與者財富表現-模型三

	I	II	III	IV
I	*			
II	0.7171	*		
III	0.3762	0.2401	*	
IV	0.6477	0.3494	0.7111	*

* I: 各市場財富表現 1-5 名;
 II: 各市場財富表現 6-10 名;
 III: 各市場財富表現 11-15 名;
 IV: 各市場財富表現 16-20 名

如同我們在之前表5.51-5.53所觀察的, φ 沒有一定之方向性, 其值大小亦

與參與者最後之利潤無關, 即不論參與者的表現為何, 他們之間 φ 幾無差異, 因此, 在此幾乎可以斷定 φ 並非為一個決定利潤大小的關鍵參數。

ε 的差異與參與者利潤

表5.60、5.62、5.64為利用 T 檢定檢定利潤不同之參與者在 ε 上是否有差異性, 表5.61、5.63、5.65為利用魏克森等級和檢定檢定利潤不同之參與者在 ε 上是否有差異性。

表 5.60: T檢定: ε 與參與者財富表現—模型一

	I	II	III	IV
I	*			
II	0.4604	*		
III	0.0039	0.0174	*	
IV	< 0.0001	< 0.0001	0.0616	*

* I: 各市場財富表現 1-5 名;
 II: 各市場財富表現 6-10 名;
 III: 各市場財富表現 11-15 名;
 IV: 各市場財富表現 16-20 名

表 5.61: 魏克森等級和檢定: ε 與參與者財富表現—模型一

	I	II	III	IV
I	*			
II	0.2001	*		
III	0.0017	0.0143	*	
IV	< 0.0001	0.0001	0.0545	*

* I: 各市場財富表現 1-5 名;
 II: 各市場財富表現 6-10 名;
 III: 各市場財富表現 11-15 名;
 IV: 各市場財富表現 16-20 名

第 5 章 實驗結果: 參與者策略對市場的影響與演進

表 5.62: T檢定: ε 與參與者財富表現—模型二

	I	II	III	IV
I	*			
II	0.1872	*		
III	0.0002	< 0.0001	*	
IV	0.0004	< 0.0001	0.7418	*

* I: 各市場財富表現 1-5 名;
 II: 各市場財富表現 6-10 名;
 III: 各市場財富表現 11-15 名;
 IV: 各市場財富表現 16-20 名

表 5.63: 魏克森等級和檢定: ε 與參與者財富表現—模型二

	I	II	III	IV
I	*			
II	0.3592	*		
III	< 0.0001	< 0.0001	*	
IV	< 0.0001	< 0.0001	0.4407	*

* I: 各市場財富表現 1-5 名;
 II: 各市場財富表現 6-10 名;
 III: 各市場財富表現 11-15 名;
 IV: 各市場財富表現 16-20 名

表 5.64: T檢定: ε 與參與者財富表現—模型三

	I	II	III	IV
I	*			
II	0.7633	*		
III	0.0017	0.0001	*	
IV	0.0011	< 0.0001	0.8304	*

* I: 各市場財富表現 1-5 名;
 II: 各市場財富表現 6-10 名;
 III: 各市場財富表現 11-15 名;
 IV: 各市場財富表現 16-20 名

表 5.65: 魏克森等級和檢定: ε 與參與者財富表現-模型三

	I	II	III	IV
I	*			
II	0.1909	*		
III	0.0028	0.0004	*	
IV	0.0024	0.0003	0.4853	*

* I: 各市場財富表現 1-5 名;
 II: 各市場財富表現 6-10 名;
 III: 各市場財富表現 11-15 名;
 IV: 各市場財富表現 16-20 名

與 φ 不同, ε 的差異性相當顯著, 特別是在財富差距較大的組別, 其差異性更大, 儘管財富差異的大小與參數差異的大小並非必然之關係, 仍可得知財富表現的差異與參數大小有相關性, ε 較小的參與者較有可能獲取較高之利潤, 即便參數值的大小在各模型的估計中皆不相同, 但此一關係卻是可以確定的。

λ 的差異與參與者利潤

表5.66為利用 T 檢定檢定利潤不同之參與者在 λ 上是否有差異性, 表5.67為利用魏克森等級和檢定檢定利潤不同之參與者在 λ 上是否有差異性。

表 5.66: T檢定: λ 與參與者財富表現-模型三

	I	II	III	IV
I	*			
II	0.0142	*		
III	0.0055	0.2298	*	
IV	0.2262	0.5753	0.3975	*

* I: 各市場財富表現 1-5 名;
 II: 各市場財富表現 6-10 名;
 III: 各市場財富表現 11-15 名;
 IV: 各市場財富表現 16-20 名

表 5.67: 魏克森等級和檢定: λ 與參與者財富表現—模型三

	I	II	III	IV
I	*			
II	0.0009	*		
III	< 0.0001	0.4152	*	
IV	< 0.0001	0.4321	0.9824	*

* I: 各市場財富表現 1-5 名;
 II: 各市場財富表現 6-10 名;
 III: 各市場財富表現 11-15 名;
 IV: 各市場財富表現 16-20 名

與其他二種參數不同, λ 的情況較特殊, 只有第一組的參與者與其他參與者不同。事實上, 我們會發現 λ 的分配呈 U 型分配, 第四組的部分參與者的行為可能被解讀為尋求「負利潤」之參與者, 導致 λ 值與其模型解釋力被高估的可能。然而, 在魏克森等級和檢定下, 第一組的參與者的財富敏感度仍異於其他參與者。

本小節得知了新進因子 φ 並非是影響利潤高低的關鍵因素, 這便是, 前期使用 i 策略的動機影響本期使用 i 策略動機的影響力大小, 並不影響參與者的利潤。相反的, 經驗因子 ε 是影響財富的關鍵因素, 其值越小, 獲得較高的利潤的機會也會上升。這表示能夠記取本期經驗 (利潤) 的參與者, 較有機會夠獲取較高的利潤, 此亦表示此類參與者較具「強化學習」的能力。利潤敏感度 λ 值的大小雖也與財富略有相關, 但其差異僅出現在表現在好的參與者上。這也表示對財富表現越好的人, 平均而言, 其對財富的敏感度也會越高, 只是此一因素對利潤的影響不若經驗因子般明顯。

同樣地, 我們再檢定不同組別的參與者是否具強化學習能力, 表 5.68–5.70 表示不同利潤的參與者 ε 估計值的檢定, 前文已得知不同利潤之參與者間的 ε 估計值具差異性, 表他們對於前一期利潤對本期策略的影響有不同, 而以下檢定這些參與者是否利用前一期利潤做出本期決策:

表 5.68: ϵ 數值檢定: 以利潤組別分-模型一

利潤組別	Student's	Sign	Signed Rank
模型一	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
I	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
II	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
III	0.0018	0.0161	0.0029
IV	0.2422	0.8555	0.2428

§ I: 各市場財富表現 1-5 名;
 II: 各市場財富表現 6-10 名;
 III: 各市場財富表現 11-15 名;
 IV: 各市場財富表現 16-20 名

表 5.69: ϵ 數值檢定: 以利潤組別分-模型二

利潤組別	Student's	Sign	Signed Rank
模型二	< 0.0001	0.0353	< 0.0001
I	0.0004	< 0.0001	< 0.0001
II	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
III	0.2607	0.0428	0.1688
IV	0.5763	0.2005	0.4025

§ I: 各市場財富表現 1-5 名;
 II: 各市場財富表現 6-10 名;
 III: 各市場財富表現 11-15 名;
 IV: 各市場財富表現 16-20 名

表 5.70: ϵ 數值檢定: 以利潤組別分-模型三

利潤組別	Student's	Sign	Signed Rank
模型三	0.0029	0.0353	0.0079
I	0.0011	0.0003	0.0006
II	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
III	0.3203	0.2005	0.2269
IV	0.3598	0.0987	0.2785

§ I: 各市場財富表現 1-5 名;
 II: 各市場財富表現 6-10 名;
 III: 各市場財富表現 11-15 名;
 IV: 各市場財富表現 16-20 名

模型一的結果透露一個訊息, 表現最差的參與者並未能從過去的利潤學到決策的方法, 這表示表現差得參與者並未能從失敗的經驗獲取教訓, 即使是

短暫的成功, 他們也未能吸收成功的經驗, 因為成功與是敗對此類參與者而言是沒有差異的。模型二與模型三更將此一訊息更廣泛地套用在表現次差的參與者上, 市場中排名在50%之後的, 過去的成敗皆未能影響其決策。藉由此一分類, 可以較清楚地解釋 ϵ 值的影響力, 也在此凸顯 ϵ 在本模型中扮演的重要性。

5.4 本章結論

從上一章最後的結論透露, 參與者的利潤與其是屬於何種參與的關係相當低, 即擁有資訊的多寡不必然等於期末擁有多少財富, 因此, 影響參與者利得的可能在於策略的使用, 本章的一開端即在尋找一種可以獲利的策略。然而, 依據本文的實驗設計, 策略種類相當繁複, 因此, 為求分析上之效率性, 本文將策略簡化為二種—限價單與市價單。而再次簡化此二策略, 本文在衡量策略的優劣時採限價單使用比例。

根據限價單使用比例與參與者利得發現, 此二數據為顯著正向關係, 顯示當參與者在交易期間投出的限價單比例越高時, 其獲利的「期望值」也越大, 而是否學習到此一「關鍵策略」, 或是何時學到, 亦是影響參與者在該市場整體表現的重要因素, 從前面的圖表中可很明顯的發現, 各市場排名在前面的參與者, 均在早期的回合中學習到此一關鍵因素, 而排名在後面的參與者, 甚晚才瞭解此一關鍵因素, 部分參與這甚至沒有學習到此。

由此可知, 「學習」在本實驗的過程中, 扮演舉足輕重的角色, 因為這關係到參與者能獲取多少利潤。而學習的方法眾多, 本文採「強化學習模型」刻畫參與者學習過程, 然而, 此舉並非表示我們認同參與者的行為是如此的, 更非認同參與者的學習模式自始至終都是不變的, 本文僅利用一種較為簡單的學習模型, 去觀察並描述一些現象而已。

本章設定了三種強化學習模型, 在分析策略與學習行為時, 本章所設定的策略有三種: 提高限價單比例、降低限價單比例與維持不變。前二種模型均有兩個參數, 新進因子與經驗因子, 此二參數皆位於0至1間, 前者代表前一期使用該策略的動機對本期同樣使用該策略的影響, 其值越大, 表受前一期策略動機影響越小。後者表示上期利潤對本期策略動機的影響, 此影響會因前後期使否採相同策略而有不同。其參數值越大, 表上期利潤對本

期同一策略動機的助益就越少。此二模型的差異在於利潤函數與策略機率密度函數的決定, 模型一中的利潤函數並不存在負值, 當參與者面臨本期例如為負時, 均轉換為 0。模型二中則允許負值的存在, 負值的意義是, 當參與者面臨負的利潤時, 在下期使用該策略的動機會因此而下降, 這等於是一種變相的懲罰機制。在機率密度函數的設定上, 第一種模型是簡單機率模型的設定, 第二種模型則變更了這樣的設定, 如此才能允許模型中懲罰機制的存在。第三種模型設計上較接近第二種模型, 唯多一參數估計參與者的行為——利潤敏感度。此一參數的大小關係到估計策略選擇的機率, 其值為大於或等於 0 的正數, 當其值等於 0 時, 表參與者選擇策略的行為為隨機選擇, 任何策略動機的大小與使用策略的歷史結果, 均對該參與者選擇策略時沒有影響。模型二則是模型三的一種特例。此三類模型均較隨機模型的配適度好, 而模型三的配適度則是三種模型中最好的, 模型二次之, 模型一最後。

首先觀察的事參與者的行為是否隨所在市場環境不同而不同, 比較六個市場參與者行為參數的差異性後, 不論是何種模型或檢定方式, 這個答案皆是否定的, 顯示參與者不論外在的資訊結構如何, 其行為上並無明顯差異。若再觀察參與者身份與行為的差異, 亦會得到類似的結果, 不論是完全知訊者、不完全知訊者或外部者, 在各行為參數上幾乎沒有差異, 此表示, 我們無法從參與者的行為中判斷其屬於何類參與者或存在於何種市場中。

但若從最後利潤的角度觀察, 則可以獲得不同的結論。儘管在新進參數間並沒有顯著差異, 但在經驗參數確有著明顯的不同。在此一參數中, 表現較好的參與者群組較表現不好的群組低, 且與₃間有顯著差異, 顯示表現較好的參與者會記住上一期使用該策略時利潤的大小, 並列入本期使用策略時的考量當中, 因此, 這類的參與者可說有達到學習之效果。反之, 表現較差的參與者並未有上述的現象, 這也印證了在本章前面所述的表現較差得參與者學習效果不佳的假設。在利潤敏感度方面, 表現最好的參與者群組顯著地高於其他組, 這表示表現較好的參與者對策略的敏感度較高, 但此僅限於市場中相對少數的一群, 其餘參與者在這方面的表現幾無差異。

根據這三種比較結果, 可以推論, 不同市場環境下與不同身份的參與者, 行為並無差異, 換言之, 參與者的行為並不受此二項外在因素而改變。因此, 參與者的行為應是由外生的因素所決定, 那便是, 在參與者進入實驗室之

第 5 章 實驗結果: 參與者策略對市場的影響與演進

前, 已經「決定」自身採何種策略, 且不受市場的參數影響。然而, 此一行爲策略卻會影響最後的財富表現, 越能夠吸取過去成敗經驗的人, 越有可能從市場中獲利, 而另兼具對財富敏感度高的人, 最有可能成爲市場中佼佼者。