第 6 章

智商與學習效果

在本章中, 我們將探討不同智商的 GP 交易者, 在行爲各個方面的差異。由於心理學研究中對於智商在學習上的效果有著明確的論點, 因此本章也將試圖把模擬的結果與心理學上的論點相比較, 以期能夠成功地將智商對學習能力的影響效果帶到代理人基經濟建模之中。

6.1 智商與學習成果

由第 5 章的結果, 我們可以看出具備學習能力的交易者不但進步幅度大, 且在給予適當時間學習後, 可以在大部分的情況中成爲排名屬一屬二的交易者, 因此驗證了學習的強勢表現。不過我們也由第 5 章的結果觀察到, 學習是需要時間的, 而且所需要花費的時間也似乎會隨著 GP 代理人群體的大小而有一定的差距。本節的目的, 就在於驗證這種虛擬智商變數的作法所導致的結果。

關於學習效果的差異, 我們由第 5 章得到的粗淺認識有: (1) 不同智商的 GP 交易者進步的速度不同。(2) 不同智商交易者在長期間學習後的表現似乎不同。因此, 接下來我們想知道的是, 在具備學習能力的交易者中, 智能的不用是否會造成學習速度的不同, 並進而反應在成績上呢?

首先我們可以由不同智商交易者最終表現來判斷智能的影響。圖 6.1 是不同智能的 GP 交易者之獲利表現分配圖。[1]

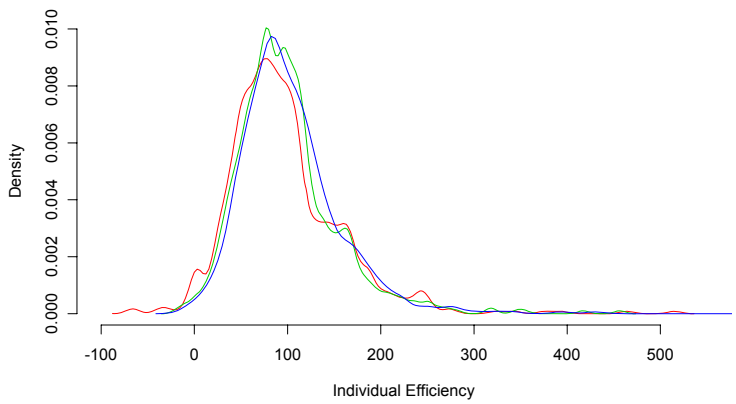

圖 6.1: 不同智能的 GP 交易者之獲利表現分配 – 實驗 p5L, p20L, p50L 之結果。其中紅色爲低智商(pop = 5), 綠色爲中智商 (pop = 20), 藍色爲高智商 (pop = 50) 之分配圖。利潤以個體效率爲衡量。

由圖 6.1 可以察覺, 在經過一千個交易日的學習後, 三者最終的獲利表現分配十分接近, 但似乎也可以分辨三者分配的重心位置不盡相同。那麼, 不同智商水平是否會對獲利分配的重心位置造成差異呢?

在檢定獲利分配的重心是否相同之前, 我們先檢驗獲利分配是否爲常態。圖 6.2 爲不同智商的 GP 交易者獲利分配的分位數散佈圖 (Quantile-Quantile Plot)。

由圖形可以看出, 三者在分位數散佈圖上並非直線, 尤其當智商愈高時, 就愈偏離直線軌跡。因此學習型交易者的獲利分配可能皆不是常態分配。我們也進行了 Shapiro-Wilk Test, 結果皆拒絕常態分配的假設 (p 值皆小於 2.2e-16)。因此, 在面對不確定且多樣的環境時, 學習型的代理人其表現結果並非常態分配。

那麼, 由不同智商的代理人產生的獲利分配是相同的嗎? 爲了進行假設檢定, 首先注意到的是由於三者爲非常態分配, 所以無法使用 t 檢定, 而須使用無母數

[1]此圖乃利用統計軟體 R 中的預計密度估計方式所繪成, 該方法使用快速傅利葉轉換及線性逼近的方法來達成。

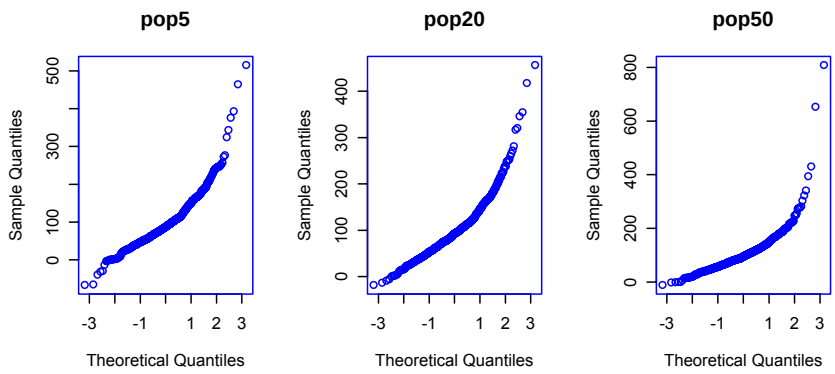

圖 6.2: 不同智能的 GP 交易者之獲利表現分配分位數散佈圖 – 實驗 p5L, p20L, p50L 之結果。利潤以個體效率爲衡量。

檢定中的 Wilcoxon Rank Sum Test。但在進行 Wilcoxon Rank Sum Test 之前, 先檢定三者之中兩兩而言是否具備相同的變異數, 因此我們先對其中任兩組進行 F 檢定。

在百分之五的顯著水準下, 且樣本自由度皆在五百以上時, F 檢定的 critical value 是 1.1586。而三者的兩兩配對檢定結果則列於表 6.1 中。

如表 6.1 所示, 三者的變異數在智商差異最大時存在顯著差異, 其餘智商較相近的組合則無顯著差異。同樣地, Wilcoxon Rank Sum Test 的結果也告訴我們, 只有在 P5 及 P50 之間存在顯著差異, 智商相近的兩個代理人表現則無統計上顯著的差別。因此, 雖然就平均數而言似乎智商愈高表現愈好, 但統計上而言智商接近的兩個交易者的表現差異都是不顯著的, 僅 P5 及 P50 這組交易著有顯著的差異。

但在第 5 章中的圖 5.7 和圖 5.8 中, 我們看到智商不同的 GP 交易者學習速度快慢有別, 且在經過長時間的學習後, 最終結果似乎也不盡相同。那智商差異所造成的影響到底有多大呢?

首先我們必須注意的是, 表 6.1 的結果所呈現的, 是不同智商的 GP 交易者經過不同長短的演化後所得到的成果。從 GP 的角度出發, 學習的效果必需透過

表 6.1: 不同智商之學習型交易者期末表現比較表 – p5L, p20L, 及 p50L 之比較。其中 F 檢定在百分之五的的顯著水準, 且自由度在五百以上時, 臨界值爲 1.1586, 而 Wilcoxon Rank Sum Test 所顯示的是 p 值。

	平均獲利	獲利變異
pop 5	96.2753	3680.5504
pop 20	98.9999	2983.0880
pop 50	104.8535	4034.2867
	F 統計量	Wilcoxon Rank Sum Test
5 vs. 20	1.2338	0.1251
5 vs. 50	1.0961*	0.0014*
20 vs. 50	1.3524	0.0693

策略的更新來實踐。每演化一代策略, 就代表經過了一次學習的歷程。因此, 我們必須要讓智商高低不同的交易者具有相等的學習機會。才能眞正比較出他們在學習能力上的差異。

其次, 表 6.1 的結果也提示了我們應該留意智商差異程度的可能影響: 智商爲五和二十的交易者間之差異, 是不是會小於智商爲二十與五十的交易者之差異呢? 要回答這個問題, 我們就必須在智商的等級上作更有意義的抽樣。因此接下來我們將以一批完整的實驗結果來回答以上的問題。

6.1.1 更為完整的智商抽樣

爲了完整地檢視本研究中虛擬的智商變數與學習成效之間的關聯, 我們一方面對智商此一變數進行更全面的抽樣, 以期能對智商差異程度的影響進行更具體的驗證, 另一方面也將在同一學習標準下來比較各智商程度的交易者學習成果。

除了原本的 p5L、p20L、p50L 之外, 我們另外進行了 p30L、p40L、p60L、p70L、p80L、p90L、及 p100L 等七組實驗 (參數詳見表 3.3)。圖 6.3 爲各智商水準下, 在歷經三十四代的學習後, GP 交易者的平均獲利表現演化圖。

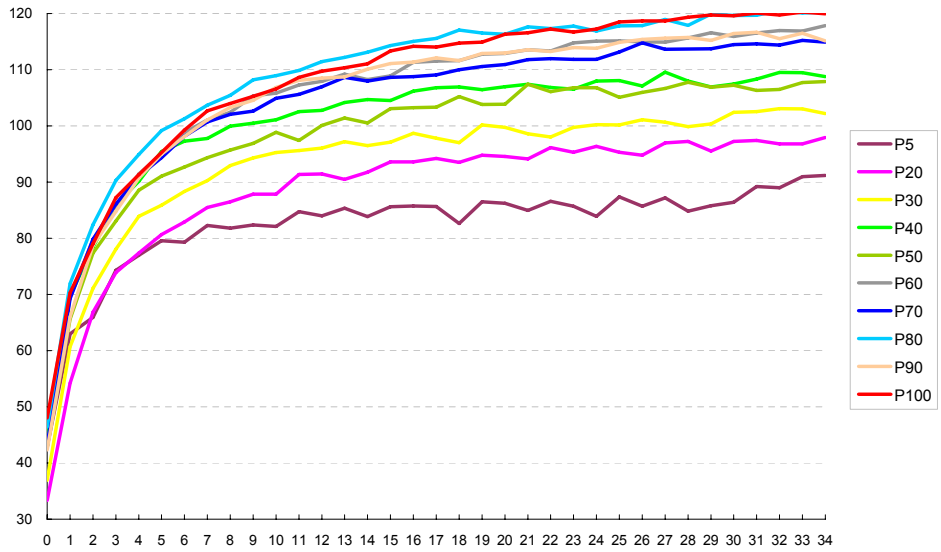

圖 6.3: 各智商水準下 GP 交易者之獲利演化圖 – 34 代之結果。橫座標爲時間, 單位爲「代」; 縱座標爲獲利, 單位爲百分比。利潤以個體效率爲衡量。

由圖 6.3 可以觀察到幾個有趣的情況:

1. 各種智商程度的學習型交易者學習的曲線都很類似, 都是在一開始很快的進步之後, 緊接著較爲平緩的進步趨勢。

2. 智商愈高者, 其獲利曲線就在愈高的地方, 表示其學習速度較快, 最終表現也愈好。

3. 智商差異程度對獲利表現造成的影響, 似乎會隨著智商的提升而降低: 在智商較低的幾個交易者之間, 在智商差異爲十的情況下, 其獲利的差異較爲顯著; 在高智商的人群中, 智商差異所造成的獲利差異愈來愈小, 甚至出現相反關係的現象 (例如 p60L > p70L、p80L > p90L)。

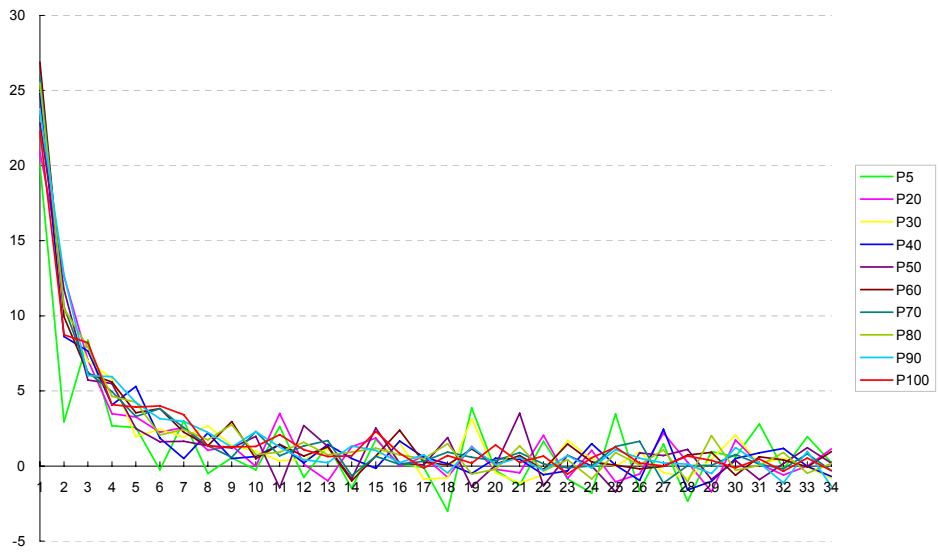

圖 6.4: 各智商水準下 GP 交易者之獲利進步幅度 – 34 代之結果。橫座標爲時間, 單位爲「代」; 縱座標爲獲利的差分, 單位爲百分比。利潤以個體效率爲衡量。

針對以上第一點現象, 我們可以進一步參考圖 6.4 來觀察。圖 6.4 爲各智商水平交易者各代獲利進步的情形, 也就是將原始資料取一階差分後的結果。由此圖可以看到, 在期初時 GP 交易者皆展現了極高的學習效率, 而隨著本身獲利的不斷改進, 其學習的效果也逐漸趨緩。就整個學習的過程而言, 可以看到不同智商交易者的學習模式是十分相似的。

其次, 如果不同智商交易者的學習模式十分相近的話, 圖 6.3 中明顯觀察到的高智商–高獲利對應關係又是從何而來的呢? 若我們仔細觀察圖 6.3 及 6.4 可以發現, 在學習的後半段, 各智商水準交易者的行爲是所差無幾的, 圖 6.3 可以看到在約第十代之後, 各智商交易者的獲利表現就呈現平行發展的情況。而圖 6.4 的後半段也顯示出大家的表現其實是相當混雜的, 高智商者此時並有沒比其他人更突出的進步表現。因此智商差異所帶來的學習差異, 在學習初期所造成的影響至爲關鍵, 大約在十代前, 交易者表現的排名就大致底定了。

針對第二點觀察, 我們以圖 6.5 加以說明。

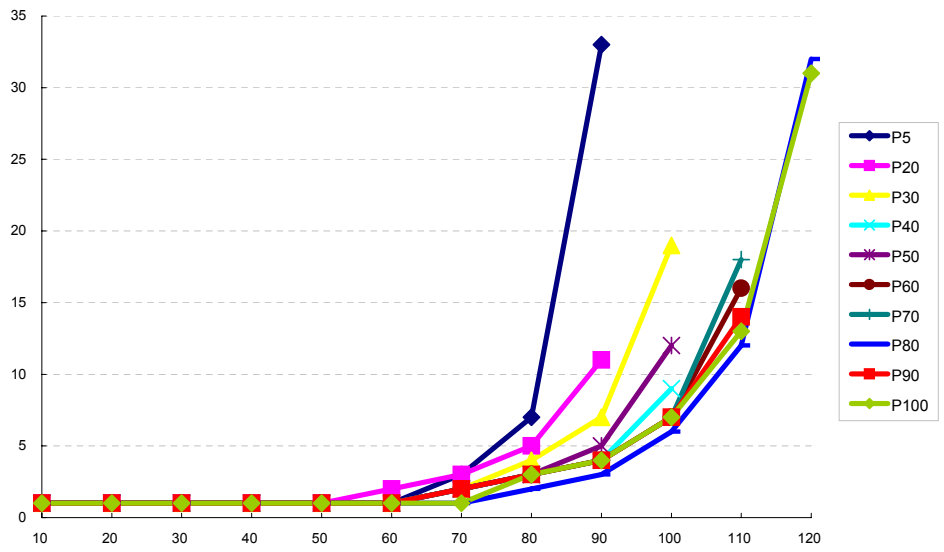

圖 6.5: 各智商水準下 GP 交易者達成獲利目標所需之時間 – 34 代之結果。橫座標爲獲利水準, 單位爲百分比; 縱座標爲 GP 交易者首次達到某個獲利水準所花費的時間。利潤以個體效率爲衡量。

圖 6.5 繪製的是 GP 交易者達到各個獲利水準所花費的時間成本。如果 GP 學得愈快, 代表所花的時間便會愈少, 在圖形中的曲線就會在較下方的位置。我們可以看到在圖形中, 智商四十以下的交易者都符合我們的預期: 智商愈低, 花費的時間就愈長, 時間成本就愈大。相對地, 在智商五十以上時, 學習所花費的時間便不一定會與智商呈現反向的關係了。

針對第三點觀察, 我們以表 6.2 來加以說明。

表 6.2 針對任一不同智商的交易者在第三十四代時的獲利進行檢定。由於所有交易者在第三十四代時的獲利經過 Shapiro-Wilk 常態檢定後顯示皆不屬於常態分配, 故我們在表 6.2 中使用無母數的 Wilcoxon Rank Sum Test 來檢定兩個樣本是否來自於同一母體。表中藍色數字代表拒絕虛無假設, 也就是代表兩者顯著不同。在表格中, 愈靠近對角線的地方表示兩者的智商差異愈小, 離對角線愈遠就代表智商差異愈大。由表中藍色數字之分佈, 我們發現當智商差異很小時, 其獲利的差異便不顯著, 所以我們可以見到對角線旁的情況通常都是不顯著的。但當智

表 6.2: 各智商水準下交易者之獲利檢定 – 第三十四代結果, 利潤以個體效率爲衡量。本表使用 Wilcoxon Rank Sum Test 檢定各種智商差異下獲利的表現是否有顯著差異。*號表示在 10% 的顯著水準下拒絕虛無假設,**則代表在 5% 的顯著水準下拒絕虛無假設。

	p5	p20	p30	p40	p50	p60	p70	p80	p90	p100
p5	X									
p20	0.099*	X								
p30	0.010**	0.328	X							
p40	0.002**	0.103	0.488	X						
p50	0.000**	0.009**	0.129	0.506	X					
p60	0.000**	0.000**	0.003**	0.034**	0.130	X				
p70	0.000**	0.000**	0.015**	0.121	0.355	0.536	X			
p80	0.000**	0.000**	0.003**	0.036**	0.131	1.000	0.558	X		
p90	0.000**	0.000**	0.011**	0.079*	0.250	0.723	0.778	0.663	X	
p100	0.000**	0.000**	0.000**	0.002**	0.009**	0.284	0.093*	0.326	0.150	X

商差異較大時, 卻呈現出兩種景像。以智商四十作一個大略的分界點, 在智商四十以下, 中等的智商差異 (例如三十與六十) 便足以造成獲利上的顯著差別, 但是在智商較高的一群人之中, 智商差異所造成的獲利差別似乎就不太常見了。而這個結果, 也與我們由圖 6.3 上觀測到的印象相吻和。

小結

由以上發現, 我們可以簡單歸納成以下幾點:

1. 智商的高低, 會對學習型交易者的獲利造成影響: 一般來講, 智商愈高, 獲利表現就愈良好。
2. 智商的高低, 與學習速度有正向的關係。
3. 不論智商高低, 其學習的模式似乎都相同。但智商高者在學習的初期有較大的優勢。
4. 以上各項效果, 在智商較低的代理人之間造成的差異較大, 在智商較高的代理人之間造成的差異則較小。

這部分的討論, 我們看到智商差異造成的影響在低智商的交間者間十分顯著, 但在高智商交易者之間卻沒有明顯存在的證據。我們的想法是: Gottfredson (1997) 曾提到高智商的優勢, 在較複雜的問題或環境中可以發揮較大的作用。所以, 會不會是目前雙方喊價活動的問題對於高智商交易者而言太過簡單, 所以無法讓具有頂層智商的交易者發揮其優勢呢?

此外, 儘管在高智商交易者間, 智商差異對學習結果的影響並不顯著, 但高智商的這群交易者, 卻也還是明顯地優於智商較低的幾個交易者, 如果套用 Herrnstein and Murray (1994) 的用語, 智商差異對於聰明的人不會造成明顯的差異, 但對愚鈍的人會造成顯著的影響。但總的來看, 聰明的人表現還是比愚鈍的人表現好得多。我們接下來想問的是, 智商差異所造成的學習行爲結果是否具有無法克服

的鴻溝? 意即: 智商高低的兩群交易者是否存在本質上的差異, 讓低智商的學習者永遠也無法達成高智商者的成就呢?

6.1.2 智商優勢與學習努力

古今中外都有一些相近的故事或成語, 告誡人們天資故然重要, 努力才是達到成功的不二法門。所謂「勤能補拙」, 跑得慢的烏龜只要跑得久, 還是可以勝過佼捷的兎子。然而, Gottfredson (1997) 也曾提到, 某些個人的特質在許多工作成功與否上都具有關鍵性的作用, 但這些因素的影響範圍卻仍不及智商來得廣泛。因此, 我們想問的是, 對這些具備不同虛擬智商的學習者而言,「努力」到底是不是一個重要的因素呢?「努力」的特質有可能可以彌補智力上的不足嗎?

而經由上一節的討論, 我們也看到聰明跟愚鈍兩群人之間, 似乎有著明顯的差距, 這種高低智商群組間的差異可以透過努力來消弭嗎?

有鑑於此, 我們便該智商較低的 GP 交易者擁有較多的演化學習機會, 試圖藉此讓他們進行較多學習的嘗試, 再來與高智商者一較高下。表 6.3 呈現了我們的安排: 智商愈低者, 給予較長的學習機會。由表可知, 智商最低的學習機會, 是智商最高者的二十倍有餘, 我們希望藉此來看努力與先天智商差異的重要性。[2]

圖 6.6 爲最後的結果。由圖中我們可以看到, 不論智商的高低, 隨著時間的經過都呈現持續進步的情況。但以智商最低的 GP 交易者爲例, 由於前面我們曾探討過的現象 – 學習速度會隨時間增加而減緩, 雖然進步了幾個百分比, 但看起來似乎相對有限。如果考量各個智商等級的學習情況, 到底學習時間增加對智商較低者有多大的幫助呢? 我們便對這些學習結果進行統計檢定於表 6.4。

表 6.4 的結果仍然可以看出, 智商較接近的交易者, 其獲利結果不會有顯著差異, 特別是在此結果中, 智商較低者是擁有較多學習機會的。與表 6.2 相比較, 我們發現具有顯著差異的獲利表現組合減少了, 這代表只要給予較多的學習時間, 智商較低者還是有接會可以將其與聰明者的成就縮小, 甚至追平。然而我們必須注意

[2]我們設定 GP 演化代數爲此表中特定數字的主要原因, 在於實驗計算量上的時間及硬體限制。

表 6.3: 各智商水準代理人學習時間長度表

智商	演化代數
5	699
20	174
30	115
40	86
50	69
60	57
70	49
80	42
90	37
100	34

的是, 我們允許較不聰明者擁有等同於智商劣勢的較多學習機會, 比如說, 智商爲五及五十兩者智商相差了十倍, 我們在此便給與智商爲五的交易者十倍於智商五十交易者的學習時間。在這樣的條件下, 低智商者雖然可以拉近與中間智商者的差距, 甚至追平, 但是與高智商者間的差異卻是無法有效消弭的。以智商爲五和一百兩者爲例, 兩者智商差了二十倍, 所以我們也讓智商五的交易者擁有二十倍的學習時間, 但在這個情況下, 智商五的交易者仍和一百的交易者有著明顯的距離。

如果由整體情況來看, 在給予先天不足者相稱的後天機會下, 我們看到雖然表 6.4 較表 6.2 明顯少了許多藍色的值(藍色的值代表利潤具有顯著差異), 但不變的是表格的左下角 (也就是智商差異最大的幾個組合) 還是呈現出難以克服差距。

由以上的結果, 我們可以得知, 努力可以改良先天資質的不足, 縮小與天資聰敏者的差距, 但在智商的差距愈大時, 就愈難以後天的努力來補足。

表 6.4: 各智商水準下交易者之學習競賽。本表使用 Wilcoxon Rank Sum Test 檢定各種智商差異下獲利的表現是否有顯著差異。*號表示在 10% 的顯著水準下拒絕虛無假設,**則代表在 5% 的顯著水準下拒絕虛無假設。

	p5	p20	p30	p40	p50	p60	p70	p80	p90	p100
p5	X									
p20	0.571	X								
p30	0.589	0.288	X							
p40	0.170	0.060*	0.442	X						
p50	0.090*	0.020**	0.236	0.834	X					
p60	0.004**	0.001**	0.019**	0.159	0.207	X				
p70	0.066*	0.015**	0.191	0.671	0.848	0.280	X			
p80	0.016**	0.003**	0.062*	0.333	0.422	0.656	0.577	X		
p90	0.043**	0.010**	0.144	0.552	0.714	0.384	0.845	0.658	X	
p100	0.001**	0.000**	0.008**	0.062*	0.091*	0.736	0.150	0.444	0.201	X

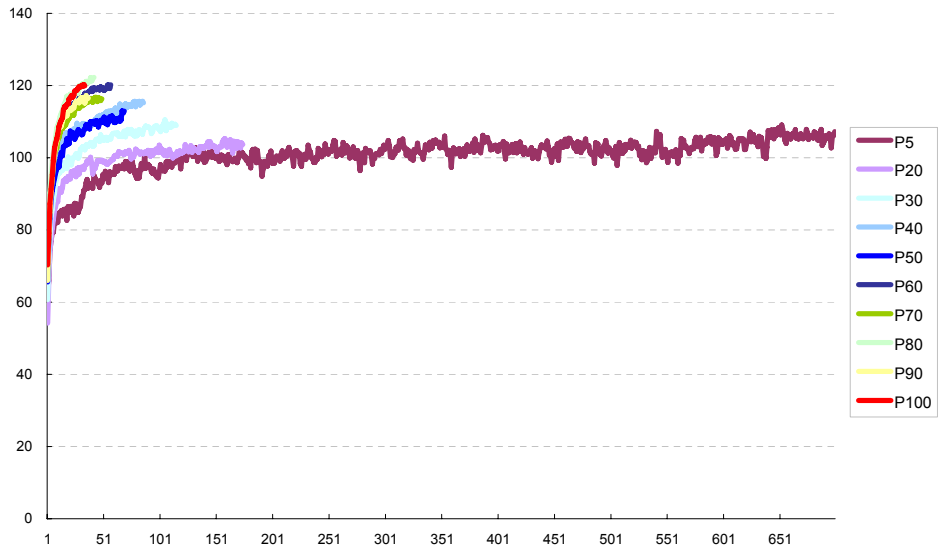

圖 6.6: 各智商水準下 GP 交易者學習競賽圖。橫座標爲時間, 單位爲「代」; 縱座標爲獲利水準, 單位爲百分比。利潤以個體效率爲衡量。

6.2 動態環境中的學習能力

承 6.1.1 中的討論, 我們發現在高智商的交易者群中, 智商對學習的影響並不顯著, 甚至有反向的影響。看似對這群高智商交易者而言, 彼此間智商的高低並未發生應有的影響。

基於 Gottfredson (1997) 的論點, 高智商的優勢在複雜的問題或環境中會比較明顯,[3] 我們因而懷疑是因爲目前的雙方喊價市場問題, 其實對於這些天資聰穎來講是過於容易的。

這樣的懷疑並非缺乏根據, 因爲在我們的實驗中, 每次模擬中從頭到尾, 每一個交易試合中交易者所面對的市場供需及對手策略都是固定的。因此對於一些智商較高的創新型學習交易者而言, 要在數千次試回中對這樣一個固定環境找出近於最適解的喊價方法, 也許不是那麼困難。若情況眞是如此的話, 這個問題對智商高達七八十以上的 GP 交易者而言也許都是同樣簡單的, 因此才會看不出其中的差別。若果眞如此, 要驗證高智商的優勢就必須要有一個較複雜困難的問題才行。

再者, 在第 5.4 節中我們也看到在隨機的動態市場中, GP 學習的成果與智商是有明顯關聯的。因此, 我們擴大了動態市場的實驗範圍, 將更多不同智商的 GP 交易者納入實驗中, 進行了 DMp30L、DMp40L、DMp60L、DMp70L、DMp80L、DMp90L、及 DMp100L 等實驗。[4]

首先, 由於曾在第 5.4 節探討過 GP 的學習效果, 我們便先看看不同智商的 GP 交易者在面對其他軟體代理人的交易表現如何。圖 6.7 爲各智商程度下 GP 交易者獲利與固定型及調適型交易策略的相對表現圖。[5]

[3]指新的、模糊的、變動的、無法預測的、或多面向的問題, 見第 2.3.2 節。

[4]參數設計請見第 3.3 節。

[5]注意其中 DMp5、DMp20、及 DMp50 這三個實驗的模擬時間較短, 請見第 3.3 節的實驗設計參數表, 但並不會對以下的分析造成影響, 因爲我們並未拿演化最後的結果, 而是取第三十四代的結果來比較。

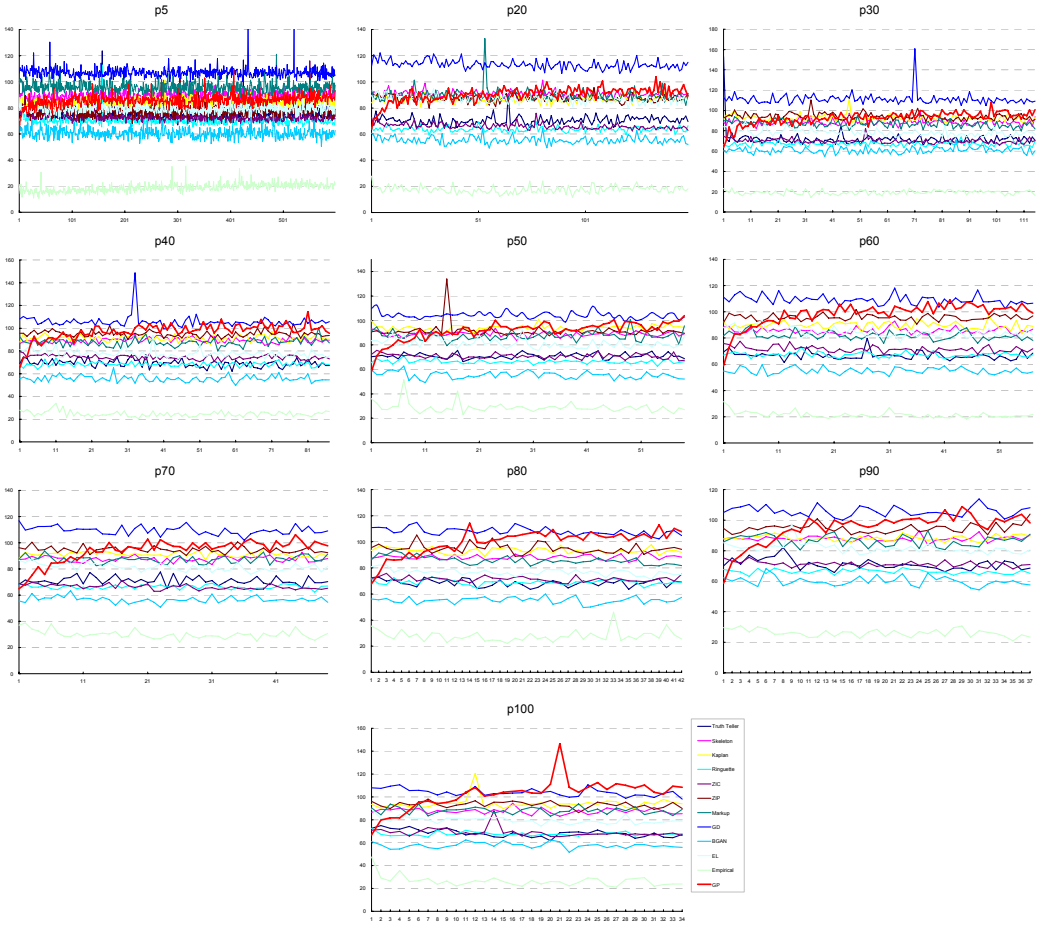

圖 6.7: 各智商水準之 GP 交易者在動態市場中之表現。橫座標爲時間, 單位爲「代」; 縱座標爲獲利, 單位爲百分比。利潤以個體效率爲衡量。

由圖 6.7 我們可以看到, 在不同智商的情況下, GP 交易者最後的命運皆不太相同。對智商低於四十的交易者而言, 絕大多數的時間都和 GD 之後的次集團糾纏不清, 勝利只是尚不可及的夢想; 對智商介於四十到七十的交易者而言, 已經能夠在大部分的時間中領先第二集團了, 在學習的後半段還有幾次超越 GD 策略的情況; 對於智商在八十以上的交易者而言, 則在學習的中段便開始與強勢的 GD 策略有較長的互有領先, 甚至超越的經驗 (但智商九十的交易者較不明顯)。

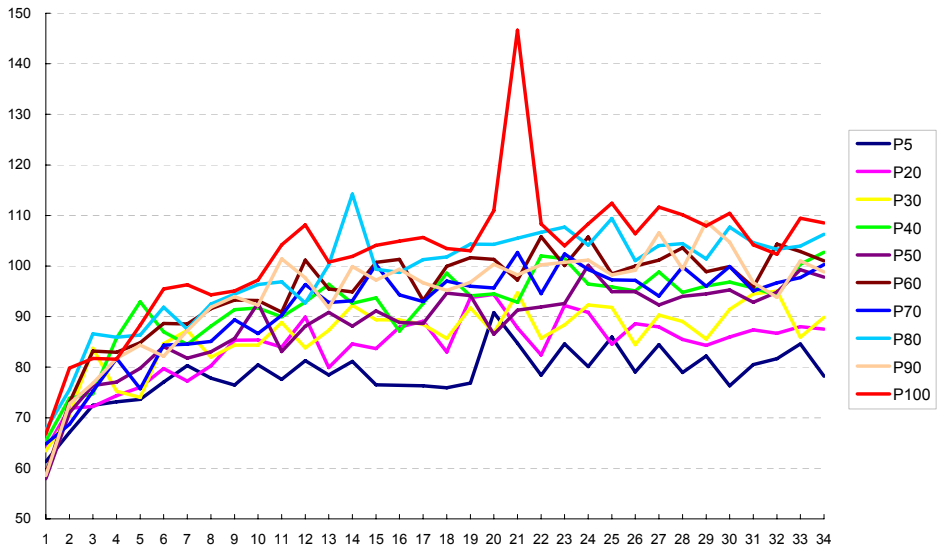

圖 6.8: 各智商水準之 GP 交易者獲利演化圖 – 動態市場第 34 代。橫座標爲時間, 單位爲「代」; 縱座標爲獲利, 單位爲百分比。利潤以個體效率爲衡量。

圖 6.7 中另一個特點是, GP 並沒有展現如同固定市場中陡峭的進步情況, 但智商愈高, 獲利曲線上提的斜率也似乎愈大。不過由於其他的固定型和調適型策略本身獲利水準的變異也相當地大, 所以我們除了看 GP 交易者相對於其他交易者的表現外, 也需要單獨將不同智商的 GP 交易者提出來作一個比較。

圖 6.8 爲我們將 GP 交易者的獲利挑出來比較的結果。由圖中我們可以首先觀察到, GP 交易者獲利表現的平均及波動值都和之前的實驗不太相同 – 雖然波動十分劇烈, 互有起伏的情況時常出現。

爲了比較智商差異在簡單的固定市場與棘手的隨機動態市場下對學習影響的差別, 我們將兩種市場中, 智商所引領的學習成果趨勢拿出來作比較。如圖 6.9 所示。

由圖 6.9 中我們首先可以注意到, 隨機動態中的 GP 交易者表現普遍來講都比固定市場來得低, 因此在圖形上右方的趨勢線幾乎是左方趨勢線的下移版本。其次, 兩個圖所呈現出來的趨勢十分接近, 所以我們便進行統計檢定於表 6.5 中。

表 6.5: 各智商水準下交易者之獲利檢定 – 第三十四代結果, 利潤以個體效率爲衡量。本表使用 Wilcoxon Rank Sum Test 檢定各種智商差異下獲利的表現是否有顯著差異。*號表示在 10% 的顯著水準下拒絕虛無假設,**則代表在 5% 的顯著水準下拒絕虛無假設。

	p5	p20	p30	p40	p50	p60	p70	p80	p90	p100
p5	X									
p20	0.085*	X								
p30	0.011**	0.410	X							
p40	0.000**	0.028**	0.131	X						
p50	0.001**	0.093*	0.379	0.620	X					
p60	0.000**	0.013**	0.096*	0.799	0.460	X				
p70	0.000**	0.060*	0.265	0.704	0.882	0.503	X			
p80	0.000**	0.004**	0.029**	0.475	0.223	0.645	0.250	X		
p90	0.000**	0.007**	0.050**	0.663	0.357	0.851	0.376	0.745	X	
p100	0.000**	0.000**	0.000**	0.022**	0.005**	0.038**	0.004**	0.101	0.053*	X

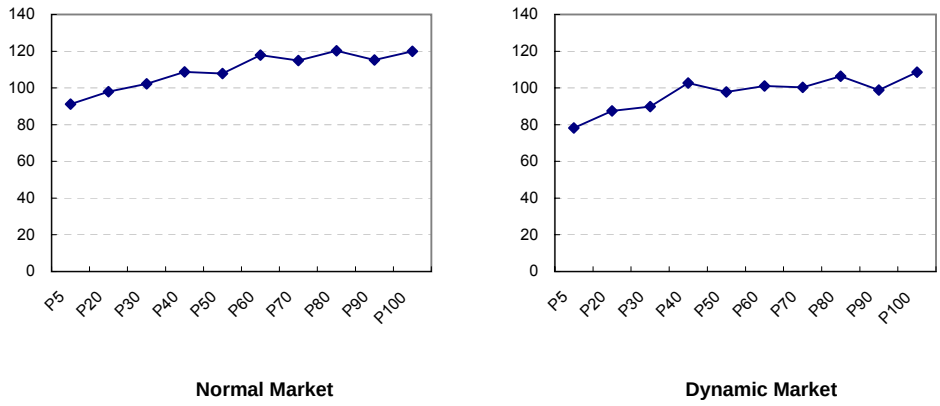

圖 6.9: 固定市場與隨機動態市場下的智商–學習趨勢圖。縱座標爲獲利情況, 單位爲百分比, 利潤以個體效率爲衡量。左方爲固定市場下的趨勢, 右方爲隨機動態市場下的趨勢。

若我們將表 6.5 與表 6.2 作一個比較, 可以發現在低智商的交易者群而言, 智商差異的效果都是十分顯著的, 因此兩個表中的左半部皆呈現出拒絕虛無假設的藍色區塊。而我們引入動態市場實驗的目的, 在於觀察當 GP 交易者在面對一個較爲困難的問題時, 高智商在他們的學習上是否可發揮應有的優勢?

由表 6.5 的右半邊, 我們可以看到與固定市場下的結果稍有不同: 在固定市場環境中, 智商六十到一百的交易者群中, 僅智商七十與一百的交易者有顯著差異, 然而由表 6.5 中我們可以看到, 隨機動態市場中智商六十與一百、七十與一百、以及九十與一百之間都呈現出顯著的差異。因此, 在隨機動態市場裡, 由於環境的困難, 使得智商最高的交易者得以與其他高智商的交易者區別了出來。

小結

對於本節的實驗結果, 我們可以認爲雖然隨機的市場環境使得所有的 GP 交易者都陷入了較大的困難, 但是在此困境之中, 具有高智商的優勢反而能夠被釋放出來。

雖然這裡的結果是在第三十四代時的結果, 也就是在第三十四代的市場情況下所造就的現象, 並沒有全面性地將智商差異的效果反映出來, 而僅是在智商最高的交易者身上顯現出效果。但這個效果卻足以提醒我們, 也許在不同環境的挑戰下, 智商差異對學習的影響效果還會有更多不同的面貌。

6.3 總結

在本章中, 我們利用 GP 的群體大小作爲對智商的代理變數, 探討了智商對學習的諸多可能影響。作爲一個首先將智商帶入代理人基經濟建模的研究, 我們希望所得到的結果能與心理學對智商的研究結果相符合。而我們由各項實驗得到的結論如下。

- **智商對學習成果的影響**
  智商的高低, 會對學習型交易者的獲利造成影響。一般來講, 智商愈高, 獲利表現就愈良好。但是在智商較高的群體中, 智商差異所能成就的影響卻十分有限, 甚至有相反的情況發生 (指智商較高但結果平均獲利較低, 雖然這些相反的結果在統計上並不顯著。)。

- **智商對學習速度的影響**
  智商的高低, 與學習速度有正向的關係。智商愈高, 學習的速度就愈快。但此關係在期初時較爲明顯, 期初以後, 智商高低所造成的學習模式十分接近。

- **智商的先天優勢**
  高智商對交易者所帶來的優勢, 非以時間努力學習所能彌補。如果我們讓低智商者擁有成稱的較長時間來學習, 可以追上智商相差不遠者。但若智商相差過大, 即使給予成稱的長時間學習, 也彌補不了智商差異所造成的距離。換言之, 智商差異愈大, 便愈難以後天的努力消弭差異, 暗示著智商差異可能會產生先天屏障的效果。

- **高智商之優勢**

  高智商的優勢在簡單的市場交易問題中較不明顯, 但我們以隨機動態的市場交易問題實驗的結果, 發現在問題較爲棘手時, 造成了所有學習型交易者的普遍退步, 但在這種環境中的某個情況下, 高智商者的優勢反而會發揮作用, 而在交易者的獲利表現上顯現出來。然而這個結果, 是在獲利表現波動性極大情況下得到的片面的證據, 並不代表我們必然已經找到一個能夠突顯出智商差異的環境, 但可以作爲後續研究往其他方向探索的起點。