第 5 章

策略表現分析

5.1 衡量標準

爲了衡量策略在各方面的表現, 本研究用以衡量交易策略的指標計有「個體效率」、「平均財富」、「所得波動」、「財富變異」、「調適 (學習) 速度」數種, 茲分述於後。

個體效率

要衡量個別策略在不同市場環境中的獲利表現, 除了考量其本身的保留價格外, 尚須考量到以下幾點先天條件的差異, 才能公允地評估策略之良窳。

- 每個模擬中市場供給與需求之水準高低差異頗大, 在某些市場供需可能在幾萬的區間內分佈, 在其他市場則可能只在幾百的價值間分佈。若直接以獲利數字衡量, 則策略的表現很容易受抽樣的影響而失去代表性。

- 個別交易者在供需曲線上的位置差別頗大, 有的交易者先天被賦與的保留價值本身便不具競爭力, 因此以原始獲利數字作爲衡量, 則同樣容易受到抽樣的影響而無法看出策略的實力。

基於上述考量, 一個適合的衡量方式必須考量到先天條件的影響, 而對獲利數字給予適當調整, 因此本研究使用「**個體效率**」(Individual Efficiency) 來衡量獲利表現。其原理在於將獲利的表現轉化爲百分比, 以去除市場供需水準的影響, 再以交易者保留價值在供需曲線上的位置作爲計算基準, 從而得到相對於理論均衡的獲利能力百分比。

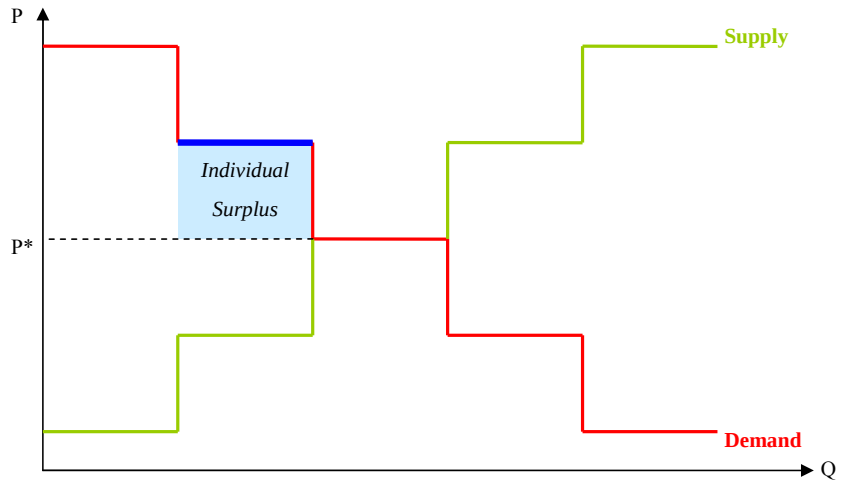

圖 5.1: 個體效率計算標準。

具體的計算方式如下。圖 5.1 爲某個交易者之個體效率計算標準。圖中藍色線段部分爲其保留價格在供需曲線上的位置, 按照供需法則, 市場價格決定於供需曲線之交點, 因此市場均衡價格爲 P^*。在此均衡價格下, 該交易者理論上可獲得之潛在利潤爲保留價格與市場價格之差距, 即圖中標示爲 individual surplus 的陰影部分。而本研究所使用的個體效率定義爲:

$$\text{個體效率 (individual efficiency)} = \frac{\text{實際獲利 (actual profit)}}{\text{個體剩餘 (individual surplus)}} \tag{5.1}$$

由式 5.1 所得到的數字, 便是一個考量了市場供需水準與先天保留價格相對優勢的百分比, 如此一來就可以在不同的模擬中進行比較了。**本研究在接下來討論獲利或財富時, 指的都是個體效率的概念。**

平均財富

本研究中每次模擬都會從所有策略中選取八個作爲買賣方交易者, 因此理論上買賣方的策略配對都是隨機的, 再加上每次模擬都會隨機產生供給與需求曲線 (即隨機產生每個交易者的保留價格), 因此每次模擬的環境條件都不盡相同。

如果說個體效率是衡量某個策略在某個特定環境下的獲利表現, 那我們可以將某個策略在各個模擬中的獲利表現加總, 代表該策略在不同環境下所能斬獲的財富。[1] 然而各策略被抽樣的次數不盡相同, 因此改用平均的方式來計算可以更公允地表現策略累積財富的能力。[2]

當然, 我們也可以想像自己在選取某個策略作爲投資的對象, 我們在事前並不清楚將來面臨的會是什麼樣的環境, 因此需要一個期望值的概念, 來幫助我們評估可能會得到的結果, 而平均財富便是這樣的概念。因此, 我們將某個策略在每次模擬中的平均個體獲利再加以平均, 作爲使用該策略所能獲取的期望財富。

所得波動

如前所述, 個體效率是衡量一個策略在某個特定情況下的獲利表現。既然是在固定的環境中, 我們除了希望平均獲利愈高愈好外, 也希望獲利的波動性能控制在一定的水準內。因此我們計算某個策略在模擬中 (固定的競爭對手與市場供需) 的個體效率之標準差, 作爲該策略在該特定且固定的環境中的所得波動代表。

[1]假設每個策略在每個模擬中會進行 1,000 天的交易, 我們將這 1,000 以來的個體效率加以平均, 得到該策略在此模擬中的財富。若該策略總共被抽樣了 600 次, 也就是說進行了 600 次 1,000 天的模擬, 我們便因此有了 600 個財富觀察值, 將之加總便成爲總財富。

[2]在理想的情況下, 每個策略被抽樣的次數相同, 此時使用平均或累積的概念是沒有差異的, 因爲計算平均時每個策略所使用的分母都相同。

財富變異

財富變異的概念與平均財富的概念習習相關, 衡量的是一個策略在不同環境中的財富差異性。如前所述, 平均財富衡量的是一個策略在不同環境中的財富期望值, 彷彿告訴我們用了這個策略, 在各種可能的環境中能帶來的好處平均來講是多少。

但由於環境的不確定性, 一個策略所帶來的財富也不穩定, 而大多數的人都是不喜歡財富變動的風險趨避者 (risk avoider), 因此我們需要衡量一個策略財富差異幅度。在本研究中我們計算一個策略在各模擬中的財富標準差, 作爲衡量財富變異的方式。

調適 (學習) 速度

本研究所比較的策略, 包括了固定型策略、調適型策略、及創新型學習過程。這三種策略各自使用不同的方式來面對複雜且多變的環境, 特別是後兩者, 試圖以某種機制來改進本身的獲利。要評估這種自我進步的能力, 我們可以使用進步的幅度與所需的時間作爲衡量的方法。因此在本研究中, 我們定義調適或學習的速度爲「達到表現頂峰所需要的時間」, 以作爲調適能力的衡量方法。[3]

5.2 文獻策略之基本表現與特性

在將所有的策略置於同一市場中進行大規模比較之前, 本研究僅先利用從文獻上搜集到的策略來互相競爭比較, 以期能掌握這些策略的基本能力與特性。

圖 5.2 爲文獻策略的個體效率演化圖。在此特別說明的是由文獻發展出來的策略本身並沒有演化的概念, 在此將文獻策略以「代」爲時間單位呈現的原因, 是希望與後來 GP 交易者加入後的結果能更容易地比較。

[3]這裡的標準也可以是成爲獲利最高的交易者, 或者是擊敗某些特定的策略, 定義可隨討論議題而變化。

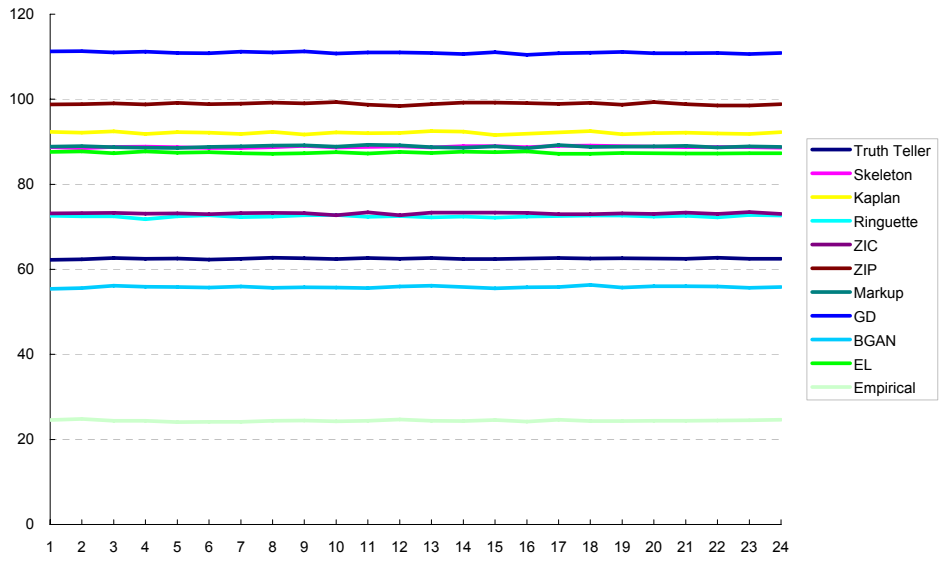

圖 5.2: 文獻策略之平均獲利表現時間序列圖。本圖之橫座標爲時間, 每單位爲「代」(40 個交易日); 縱座標爲個體效率 (individual efficiency), 單位爲百分比。

而圖 5.2 所呈現的乃是每個策略在爲數數百次的抽樣中, 將每代的獲利表現加以平均所得到的結果。[4] 因此圖形所呈現的並非單一模擬的獲利演化, 而是數百次的實驗所呈現出來的平均獲利走勢圖。而由圖 5.2 所得到的觀察也將分述於以下各小節。

5.2.1 文獻策略的獲利排名

在交易策略的表現排名上, GD 自始至終皆爲表現最佳的策略, 而表現最差的則爲 Empirical 策略。獲利排名由高到低分別爲 GD > ZIP > Kaplan > Markup ≈ Skeleton > EL > ZIC ≈ Ringuette > Truth Teller > BGAN > Empirical。

首先, 與 Santa Fe 競賽的結果相比較, 雖然 Kaplan 的表現仍舊十分良好, 但卻只能達到第三名的位置。Ringuette 在 Santa Fe 競賽中高居第二的表現, 在

[4]由於每次模擬的八個交易者都是隨機產生的, 所以在一千次模擬中每個策略被抽樣的數目不盡相同。在 BASE 實驗中, 每個策略被抽樣的次數皆爲七百多次。

此也僅獲得中等程度的排名。對此, 我們認爲是因爲新的策略加入, 導致市場環境的不同, 使得該兩策略的煇煌不再。但兩者同樣都是背景交易者, 爲何在我們的結果中卻有相當程度的差距呢? 藉由實際觀察交易過程, 我們發現兩者雖然都會等到市場上買賣雙方的喊價接近到某一程度時才會跳出來, 並以市場最低賣方喊價 (CAsk) 作爲喊價基準點 (以買方爲例), 但兩者喊價條件及數字上的差異, 造成往往 Kaplan 喊價次數較少, 但成功率較高 (出手時通常是其他買方喊價較低時), 而 Ringuette 策略似乎較常選在競爭激烈時出場喊價, 因此成功率較低。

GD 策略獲得最佳的表現並不另人感到意外, 因爲該策略除了會依照市場最新情況計算各可能價格之成交機率外, 還會進行最適化的計算以選出致使預期利潤最大的喊價價格。這個結果令人感到意外之處, 在於一些同樣具有高度計算能力的策略 (如 Empirical 及 BGAN 策略) 之表現, 竟然不及誠實喊價策略、簡單的固定型策略、甚至是隨機的 ZIC 策略來得好。

對於這個結果, 我們認爲有以下幾個因素可以解釋:

- 首先, BGAN 及 Empirical 等策略的設計原理, 並未以個體利潤極大化作爲唯一設計考量。以 BGAN 爲例, Friedman (1991) 採用了強烈的簡化假設, 因此該策略並未考慮策略互動的任何影響。[5] Empirical 交易策略的設計方式和 BGAN 相同, 兩者都不考慮市場中的競爭關係, 意即忽略對手的策略以及本身的喊價和他人的喊價處於競爭地位的事實, 因此兩者的獲利表現皆不盡理想。

- 由於本研究之市場環境並非連續雙方喊價市場, 固除了 Kaplan、Skeleton、Ringuette 等 Santa Fe 實驗中所採用的策略外, 幾乎所有擷取自文獻之交易策略都經過一定程度的修改以適用於非連續型的結淸市場機制。但即便按照原設計概念修改, 還是可能使得原先在連續雙方喊價市場中有一定獲利能力的策略處於不利的地位。以 BGAN 爲例, 該策略會推測市場另一方的

[5] Friedman (1991): "We propose a model of price formation in Double Auction markets which employs the strong simplifying assumption that agents neglect strategic feedback effects and regard themselves as playing a Game against Nature."

價格分佈並推出一個最爲合理的喊價, 在連續型的市場中的任一時間點, 只要出價時機對, 該策略都是有可能獲利的。但在本研究所採用的結清市場中, 其出價顯然難以與同一方之其他交易者的喊價相匹敵。

此外, 在第 4.2.12 節的文獻策略複雜度比較中我們也探討過, 策略的複雜性可能有兩個來源, 一是策略用以判斷情境的複雜度, 二是用以制訂喊價數值的資訊使用情形。這兩個面向的差異在策略獲利的排名上是否看得出來呢? 我們發現不論是由判斷情況的資訊使用量, 或是計算喊價價格的資訊使用量, 與獲利表現都不一定有正向關係: 若我們計算策略獲利表現的排名與策略使用資訊量的排名兩者間的相關係數, 得到的數字分別爲 0.01 (判斷用資訊使用量) 及 -0.32 (喊價用資訊使用量)。因此可以看到較複雜的策略不一定可以獲得較高的利潤, 較簡單的策略也不一定可以獲得較高利潤。

較爲有趣的結果, 是 ZIC 的表現會比 Truth Teller 來得好, 難道代表隨機行爲會比許多喊價賽局中的均衡解 Truth Telling 來得好嗎?

我們認爲 ZIC 與 Truth Teller 其實都是廣義 Markup 策略的一種, 其差別在於 Truth Teller 的利潤率設爲零, 而 ZIC 的隨機利潤率多半大於零, 由這個角度來看, ZIC 的行爲雖然毫無理性可言, 但其喊價行爲其實在一開始就隱含了較高的獲利空間。

在此我們要特別強調的一點就是, 大部分的策略或多或少都有可以調整的參數, 而這些參數可能也和策略的表現有相當的關係, 例如 Markup 策略的加碼值、ZIP 策略中利潤率的調整參數、GD 策略所使用的歷史資料長度、Empirical 策略的更新頻率等等。面對這麼多的參數可能, 我們並不能保證本文中所使用的每一個參數可以幫助該策略達到利潤最大化的目標, 事實上, 對於任何一個策略而言, 由於其對手的策略參數值也有許多的可能, 要找出一個最佳的參數來讓自己表現最佳化是相當困難的工作。

因此, 本文在此所報告的策略表現排名, 也許並不能眞正反映出策略的最高獲利能力。同樣地, 在稍後的實驗中將加入的 GP 交易者也一樣沒有經過參數的最

佳化過程。在每一個策略都沒有特別經過參數最適化的過程情況下, 我們希望能夠呈現的是各類型策略的一般表現情況。

同樣地, 許多策略在被本研究使用時, 環境與假設條件可能都與當初設計時不同, 因此, 有別於 Santa Fe 的雙方喊價競賽可以明確地指出某人所設計的策略表現是好是壞, 本文在此呈現的表現並不能反推論這些文獻上的策略原始版本的獲利能力, 我們眞正希望展現的, 是在雙方喊價市場文獻中曾出現的各類型交易概念的一般性比較, 而非探討這些策略設計的成功或失敗與否。

5.2.2 固定型策略與調適型策略之比較

在第 4.4 節中我們將策略分爲三大類, 這三類策略透過不同的方式來調整行爲, 其中固定型乃是以固定不變的策略來因應不確定的環境, 而調適型策略則以逐步調整的方式來處理變化多端的環境。針對這兩類策略可以應付的環境, 吾人預期調適型策略可以「妥善」因應的環境範圍較廣, 表現也應該較佳(假設一及三), 那麼兩類策略在表現上, 是否有明顯的區別呢?

圖 5.2 所揭露出來的個體獲利排名 (以個體效率作爲估算) 爲: GD > ZIP > Kaplan > Markup ≈ Skeleton > EL > ZIC ≈ Ringuette > Truth Teller > BGAN > Empirical。由這個獲利排序看來, 雖然前兩名都是調適型策略, 但其他調適型策略如 EL、BGAN、Empirical 的表現卻和固定型策略 (如 Truth Teller 及 ZIC) 混雜。因此, 根據圖 5.2 的結果, 我們並不能明確地辨別出各類型策略的特點。

類似的情況也在 Rust et al. (1994) 的研究結果中出現。Rust et al. (1994) 的結果顯示贏得冠軍的策略爲簡單、不具調適性、非隨機性、非預測性、非最適化的策略, 但同時間, 具備類似性質的交易策略如誠實喊價 (Truth Telling) 及 ZI 等策略卻也是表現最差的策略之一。因此, 在尋找最佳策略的特性時, Rust et al. (1994) 的研究並沒有找出致勝策略的一致特性。如同 Rust et al. (1994) 的結果, 圖 5.2 似乎顯示了簡單的固定型與調適型的策略群並沒有明顯的獲利區別, 甚至

隨機的 ZIC 策略與誠實喊價的策略表現還比一些調適型策略來得好。因此, 若僅從獲利的角度來看, 並無法有效辨別出不同種類的策略特性。

5.2.3 獲利波動程度

所有策略的獲利在固定的環境中都呈現非常穩定的狀態。在此所謂「固定的環境」指的是同樣的競爭對手與同樣的市場供需(即個人保留價格不變的情況)。[6] 不論是被歸類爲固定型或者是調適型的策略似乎在圖 5.2 中都具備相當平穩的個體效率演化曲線, 令人意外的是調適型的策略並沒有明顯的進步趨勢存在。

然而在評估波動性時需要注意的是, 此圖所展示的是每一代個體效率的平均值, 雖然圖形上看似每個策略的平穩度十分接近, 但有可能是波動經過平均而互相抵消的關係。因此爲了要衡量策略在固定環境中個體效率的波動性, 我們需要更爲明確的資訊。

策略獲利穩定性與調適速度

對於以上的幾點觀察, 我們可以透過以下幾項資訊來作進一步驗證。首先, 圖 5.2 中無法顯示固定型策略與調適型策略在獲利趨勢上差異的原因, 有可能是因爲調適策略的調適速度過快, 以致於在第一代的前四十個交易中便收斂至平穩的獲利狀態, 而無法在以「代」爲單位的時間基礎上顯示上調適的成果。爲了釐清眞相, 圖 5.3 根據一千個模擬中前四十個交易日的每日平均表現繪製其個體效率演化圖。由圖中可以明確地看到, 幾乎所有的策略都在前三個交易日左右便達到了相當穩定的獲利水準與總體排名順序。因此, 圖 5.2 與 5.3 非常明確地說明了固定型策略與調適型策略在個體效率的演進皆十分穩定, 並且兩類策略在獲利調整的速度上並無二致。

[6]在這組實驗中總共進行了 1,000 次模擬, 每次模擬都會隨機挑選八個不重覆的策略, 在隨機產生的市場中進行交易 1,000 個交易日。因而在每個模擬中, 由初始到最後一天的交易期間內, 市場供需與交易者所使用的策略都是固定不變的。

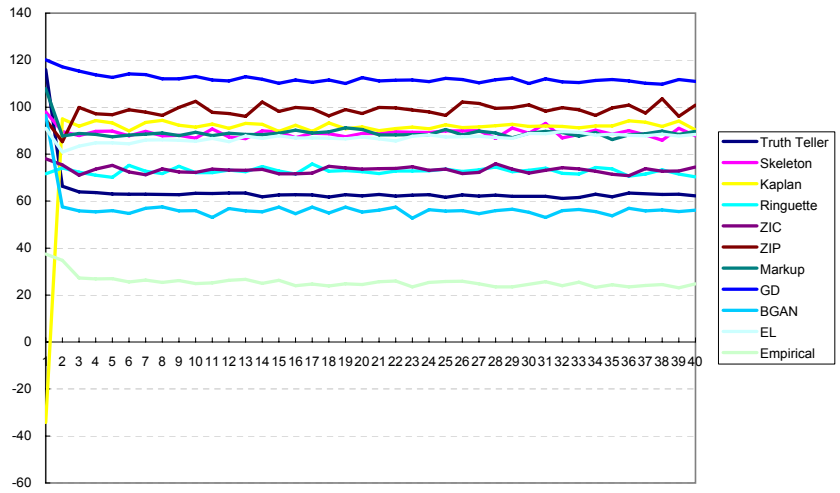

圖 5.3: 文獻策略之最初 40 交易日之平均獲利表現時間序列圖。本圖之橫座標爲時間, 單位爲交易日; 縱座標爲個體效率 (individual efficiency), 單位爲百分比。

再者, 在前述之第三點觀察中曾提及, 衡量策略的波動性不能僅由圖形判斷, 表 5.1 爲交易策略之所得波動性之排名。由表中之數值可以得知, 除了 ZIP 外, 固定型策略包辦了所得波動最大的名次, 而調適型策略及非策略性交易法則的所得波動則較小。

這樣的結果不禁令我們感到困惑: 表 5.1 中的數字, 是將 BASE 這組實驗的一千次模擬中, 每個策略在每次模擬中由第一個交易日到最後一個交易日所得 (個體效率) 的標準差, 加以平均的結果。換言之, 表 5.1 是衡量各個策略在市場及競爭對手固定不變的情況下所得波動程度的一種方式。由數字看來, 除了 ZIP 之外, 固定型策略在固定的環境中所得的波動, 反而比調適型策略的波動來得大。而 Markup 及 Truth Teller 雖然被歸類爲固定型策略, 但其喊價行爲完全由自身的保留價格決定, 並未參照任何市場資訊, 因此其所得波動較小似乎與直覺相去不遠。然而引用固定市場資訊作爲決策依據的固定型策略 (Kaplan、Ringuette、Skeleton) 的所得波動性, 卻與隨機的 ZIC 相去不遠, 並且高於依據市場資訊及參數調整法則作決策的調適型策略, 這點是與事前預期相左的。直覺告訴我們, 固定型策略是被動地反應, 調適型策略則會依循某個方向進行調整, 因此調適型策略的

表 5.1: 策略所得之波動性 – 文獻策略

Strategy Name	Average Standard Deviation
ZIP	37.27
Ringuette	30.06
ZIC	27.62
Skeleton	24.10
Kaplan	23.89
BGAN	23.58
GD	20.52
EL	19.51
Markup	18.47
Empirical	13.26
Truth Teller	13.23

決策變化範圍理應較大, 而所得波動性也應較大。因此, 調適型策略在固定環境中的所得波動性可能較固定型策略來得小, 是本研究發現的一個十分特別的現象。

5.2.4 平均財富與財富變異

針對以上兩小節的發現, 在第 3.2 節中的假設一曾經提及, 爲了衡量各策略之決策結果, 我們需要由「獲利表現」與「穩定性」兩個方面來評估。在前述的第一點觀察中曾提及, 僅由獲利來評估策略的表現所得到的結果與 Rust et al. (1994) 的研究同樣都是不確定的。若僅透過單一面向來解讀各種策略之特性, 將各種特性 – 包括決策精準程度、決策反應靈敏程度、決策調適所需時間、決策模型適當與否等等 – 的影響, 統統濃縮於單一指標來進行衡量, 可能無法有效地分離出各種策略特性在不同條件下的不同反應。

圖 5.4 爲各個策略在面對不同市場供需及不同競爭對手時, 其財富的分配情況。由圖中可以明顯地觀察到各策略財富分佈形態之差異, 不但分佈重心所在不

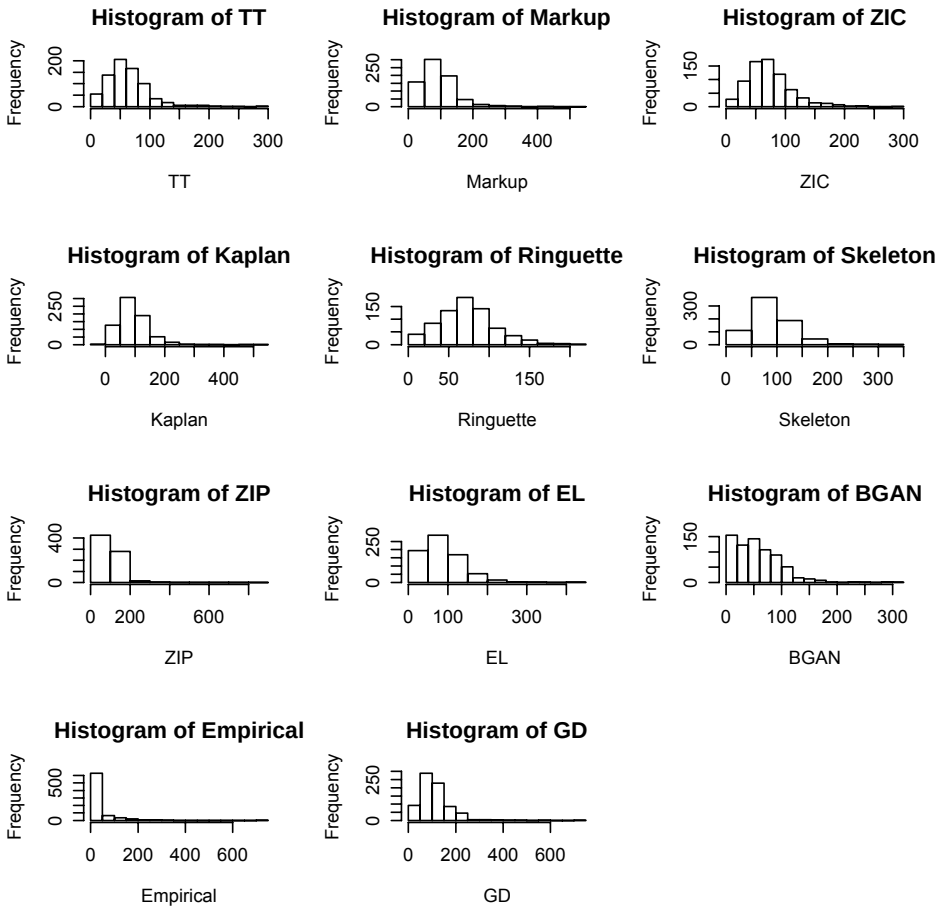

圖 5.4: 文獻策略之財富分配。本圖之橫座標個體效率, 單位爲百分比; 縱座標爲次數。

同, 分佈的整體形態也各異其趣。

圖 5.5 則呈現了各策略財富分佈之盒鬚圖。由些圖則可以進一步看出各策略財富分配情況的幾點差異:

- 分佈範圍之不同: 由四分位差 (Inter-Quantile Range, IRQ) 來看, Empirical 分佈的範圍最小, GD 分佈的範圍最大; 以一點五倍四分位差範圍內的極值來看, 亦是 Empirical 最小, GD 最大。
- 分配重心之不同: ZIP、ZIC、Skeleton 等策略之分佈較爲對稱, 其餘策略介

於中間, Empirical 策略則極端不對稱。另一方面, 中位數之位置也可以看出各策略財富分配重心的差異, 其中以 GD 最高, Empirical 最低。

- 離群值多寡不同: Empirical 策略擁有相當多的離群值, 而 Ringuette 的離群值則最少。但不管是哪一個策略, 都僅有過大的離群值, 而沒有過小的離群值。

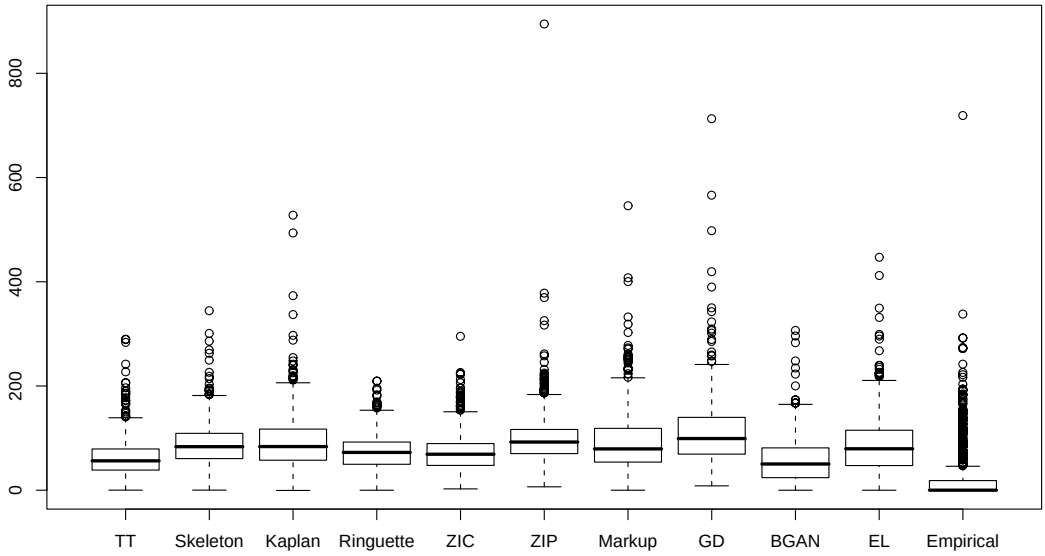

圖 5.5: 文獻策略之財富分配盒鬚圖。本圖之縱座標爲個體效率, 單位爲百分比。

由此可知, 大多數的策略在各種不同的環境組合 (供給、需求、競爭對手、自身的位置等) 中的表現差異頗爲可觀。換句話說, 策略的表現是不穩定的, 而不穩定的來源則是出自環境的不確定性。因此在評估策略的良窳時, 即使使用平均財富作爲衡量的標準, 我們也必須認知到該數值是充滿不確定性的。一個策略的表現是好是壞, 就好比要先由袋子中抽出代表環境的參數球, 然後所抽出的環境參數便決定了策略表現的大致水準。以機率的角度來詮釋, 策略所能賺得的財富就像一個隨機變數, 有其獨特的分配與參數。而要描述一個隨機變數的分配, 單靠平均數是不夠的。是故本研究多同時採用一個以上的指標, 以俾策略特性之辨別。

本研究認爲策略表現之衡量應同時考量「獲利表現」與「變異性」的另一個原因在於不論是個人評估其金融商品投資, 或是在進行任何的經濟決策時, 皆須面對

獲利與風險兩個因素之取捨。因此將財富的變異性質納入評估考量, 是十分合理的作法。更明白點說, 由於平均值容易受極端值的影響, 因此若某個策略乍看之下平均財富頗高, 其實該策略很有可能只在相當有限的條件中才能獲取高額利潤, 在大部分的情況卻表現不佳, 這樣的策略算好算壞, 恐怕必須引入風險的概念才能加以評論。

因此, 圖 5.6 便繪出了各策略之「平均財富」與「財富變異」(以平均財富之標準差作爲依據) 分佈圖。藉此我們便可以援引金融市場的概念, 說明在同時考慮「平均財富」與「財富變異」的情況下, 如何評斷策略表現之優劣。

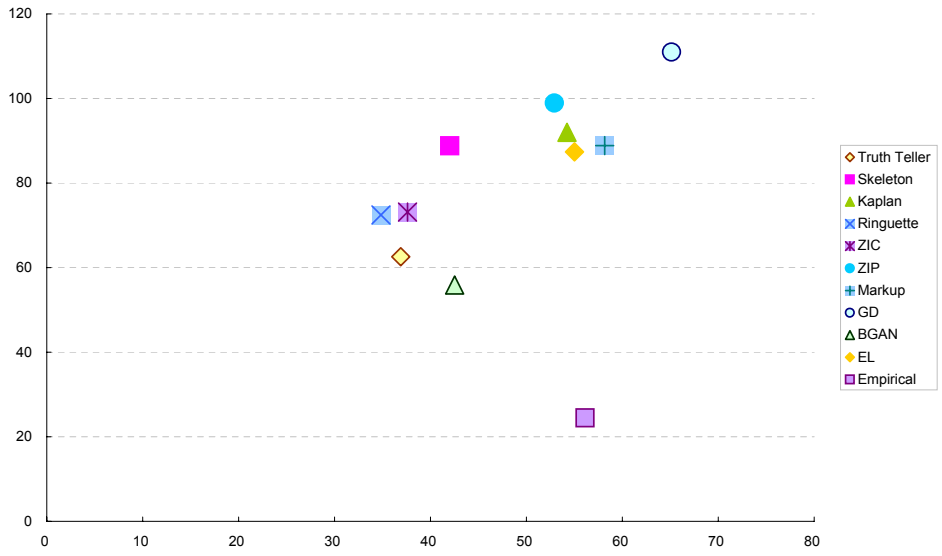

圖 5.6: 文獻策略之平均財富與財富變異。橫座標爲各策略財富之標準差; 縱座標爲平均財富, 單位爲百分比。財富概念皆以個體效率來衡量。

5.2.5 效率前緣

對於金融商品之選擇, 不外乎在報酬與風險兩者之間的平衡。一般的選擇方式乃建立在人類都是風險逃避者的假設上, 因此若要接受一個較高風險的商品, 必須要有額外的報酬彌補風險所帶來的效用損失。財富是喜好品(goods), 而風險是厭惡品

(bads), 因此在圖 5.6 中愈靠近左上角的點所代表的結果愈好。換句話說, 如果有一個策略的平均財富 (財富期望值) 和其他人一樣, 但財富變異卻大得多, 那麼這個策略便有較多人們所不喜好的特性, 所以這個策略便較其他策略來得差; 另一方面, 如果有一個策略的財富變異和其他策略一樣, 但卻有較高的平均財富, 那這個策略就相對較好。在圖形上來說, 如果某個策略的落點在另一個策略的右下方, 就代表前者若非平均財富較後者低, 便是財富變異較後者大, 所以前者的價值便不如後者。

Rust et al. (1994) 的研究雖然比較了各個策略的獲利表現, 但卻未就其風險進行分析。而本研究將財富變異納入考量, 可以對各策略的特性進行更深一層的比較。例如單純就財富而言, Markup 與 Skeleton 的平均財富幾乎完全一樣, 但就變異性而言, Skeleton 的財富變異卻較 Markup 策略小多了。搭配圖 5.5 的盒鬚圖來看, Markup 策略的分佈較 Skeleton 分散, 雖然 Markup 有許多正向(較高的財富) 的極端值, 但在平均數不變的情況下, 愈多高財富的極端值就代表了許多低財富可能的存在, 因此從逃避風險的角度而言仍是不利的。

按照這個原則, 我們可以在圖 5.6 上找出一群無法被其他策略替代的效率策略, 這些策略的表現要不在平均財富上勝出, 要不就在財富變異上表現優異, 因此他們會分佈在所有策略落點的左上方。就圖 5.6 的情況而言, 由 GD、ZIP、Skeleton、ZIC 與 Ringuette 這幾個策略便可形成文獻策略中的「效率前緣」(efficient frontier)。

在 BASE 實驗的結果中, 到底什麼樣的策略是位在效率前緣上的呢? 由平均財富最高者開始, 分別是 GD、ZIP、Skeleton、ZIC 以及 Ringuette。但由圖形上也可發現有許多接近此一效率前緣的點:

- Kaplan、EL 接近於 ZIP
- ZIC、Truth Teller 接近於 Ringuette

爲了釐清這些相近點之間的關係, 我們分別對這幾個點的變異作統計檢定, 結果如表 5.2 所示。

表 5.2: 策略表現相似度之檢定

策略配對	F test	Wilcoxon Rank Sum Test
Kaplan – ZIP	0.51	0.000*
EL – ZIP	0.29	0.000*
ZIC – Ringuette	0.04*	0.351
Truth Teller – Ringuette	0.12	0.000*

由表 5.2 的結果可以得知, 雖然這些策略的表現十分接近, 但統計檢定的結果不是拒絕其財富變異相同, 就是拒絕其平均財富相同。因此我們可以說凡是在這條效率前緣上的交易策略, 其表現都是獨一無二的: 這條效率前緣沒有任何的模糊地帶。

由這幾個策略看來, 不同類型的策略的確有不同的優勢。GD 與 ZIP 都屬於調適型的策略, 這兩個策略的平均財富是最高的, 但兩者都在效率前緣的右上端, 代表兩者的財富變異都不小。中間的幾個策略 Skeleton、ZIC、和 Ringuette 都屬於固定型策略, 他們運用市場資訊制訂喊價, 賺取中等的財富, 同時也擁有中等的財富變異程度。而最特別的則是 ZIC, 這個策略其實是非策略性的出價行爲: ZIC 是在一個固定的範圍內隨機出價, 從利潤極大化的觀點來看似乎沒有任何優點可言, 但仍然能讓他們在效率前緣上佔一席之地, 原因就是雖然他們的獲利不高, 但他們的財富變異卻幾乎是最低的 (實際上財富變異最低的策略是 Ringuette)。

總的來說, 在效率前緣上的策略, 調適型的策略具備最高的財富, 但其變異也最大; 固定型的策略所能斬獲的財富及其財富變異程度都屬中等; 而非策略性的固定型策略的財富最低, 但也最穩定。

而這幾個策略所形成的效率前緣, 也展現出有趣的「高利潤高風險」現象, 表示調適型的策略在某些市場下擁有驚人的獲利性, 但在其他市場中的表現則表現平平, 可以說明這些策略企圖積極地因地制宜, 在不同的市場中以其既有之知識與技能鑽營嘗試, 即使未獲得巨大的成功, 表現也與其他策略相去不遠, 因此導致了

財富的大幅度變異性。而固定型策略, 則以一套固定的招式行遍天下, 企圖抓住市場中的普遍法則, 在變化多端的環境中其行爲雖不見得能掌握個別市場的脈動, 但卻大致適用。而非策略性的固定型策略, 則是以不變應萬變, 以幾乎脫離市場的方式行事, 其作法可說是「無爲而無不爲」, 但其看似不合理的作法, 卻能在千變萬化的市場中保有相當穩定的水準。

最後, 以上所作的分析都是在本研究的特定參數設計下所得到的模擬結果, 如同 Rust et al. (1994) 的研究僅針對有限的情況進行模擬。[7] **本研究在此的分析最有價值之處, 並不在驗證某個策略是否優於其他策略, 而是提出一個更全面檢驗策略特性的方法**, 以克服 Rust et al. (1994) 及許多人機互動研究的不足之處。因爲不論是單純地比較電腦化交易策略的優劣, 或是進行人類與電腦交易程式間的比較, 僅從單一面向企圖理解不同類型決策過程的差異都是相當困難的, 因此最後針對個體行爲的分析往往僅能停留在獲利的排名上, 而難以更進一層地發掘潛在的差異。而本研究提出以「平均財富」配合「財富變異」作爲分析策略表現的方法, 便可以觀察到策略在行爲特性差異上的直接數據。

5.3 學習性個體

在了解文獻策略的各項表現後, 我們加入了具備學習能力的創新型學習交易者, 並且賦予其不同的智能, 以觀察其相對於文獻策略的表現。圖 5.7 即爲加入不同智商學習型交易者後的個體獲利演進圖。

進步幅度

首先, 由圖 5.7 可以非常明顯地看出, 有別於其它交易者, 創新型學習交易者 (即

[7]舉例而言, 本研究和 Rust et al. (1994) 都是在 6453 的保留價值種子上進行, 且以八人作爲市場的規模, 採用離散型雙方喊價機制。若改變保留價值的計算種子, 有可能會產生截然不同的市場類型; 改變市場的人數規模, 也可能造成市場競爭本質的改變。然而所有可能的環境參數組合可以說是幾近無限的, 要探討所有可能的情況以現有的技術而言是不可能的任務。

GP 交易者) 的獲利表現隨著時間經過有非常明顯的進步。而其他交易者的排名順序雖然和沒有 GP 交易者存在時幾乎一致, 但卻有稍微退步的情況。但退步的幅度比學習型交易者進步的幅步小, 這說明學習型交易者進步的來源, 主要是由改善期初自我策略的不合理處而來。

演化路徑

在初期時, 由於缺乏經驗, 也不具備任何背景知識, 所以 GP 交易者隨機嘗試的結果普遍表現差勁。但初期差勁的表現卻被後來學習的效果所克服。然而 GP 交易者進步的路徑並非呈現線性的上升趨勢。在初期快速的進步後, 接著的是較平緩的改善, 最後逐漸超過表現排名第二的 ZIP 交易者, 甚至接近排名穩居第一的 GD 交易者。而由一開始的倒數第三名進步到約略中間集團的位置, 大概只需要個位數的代數即可達成, 而且交易者的智商愈高(population size 愈大) 就愈快達到 (以演化代數來計算)。

這樣的路徑顯示出要找到一個「適中」的策略來取代期初毫無章法的喊價策略是較容易辦到的, 但要找出一個「不錯」的策略以登上冠軍寶座, 就顯得困難多了。

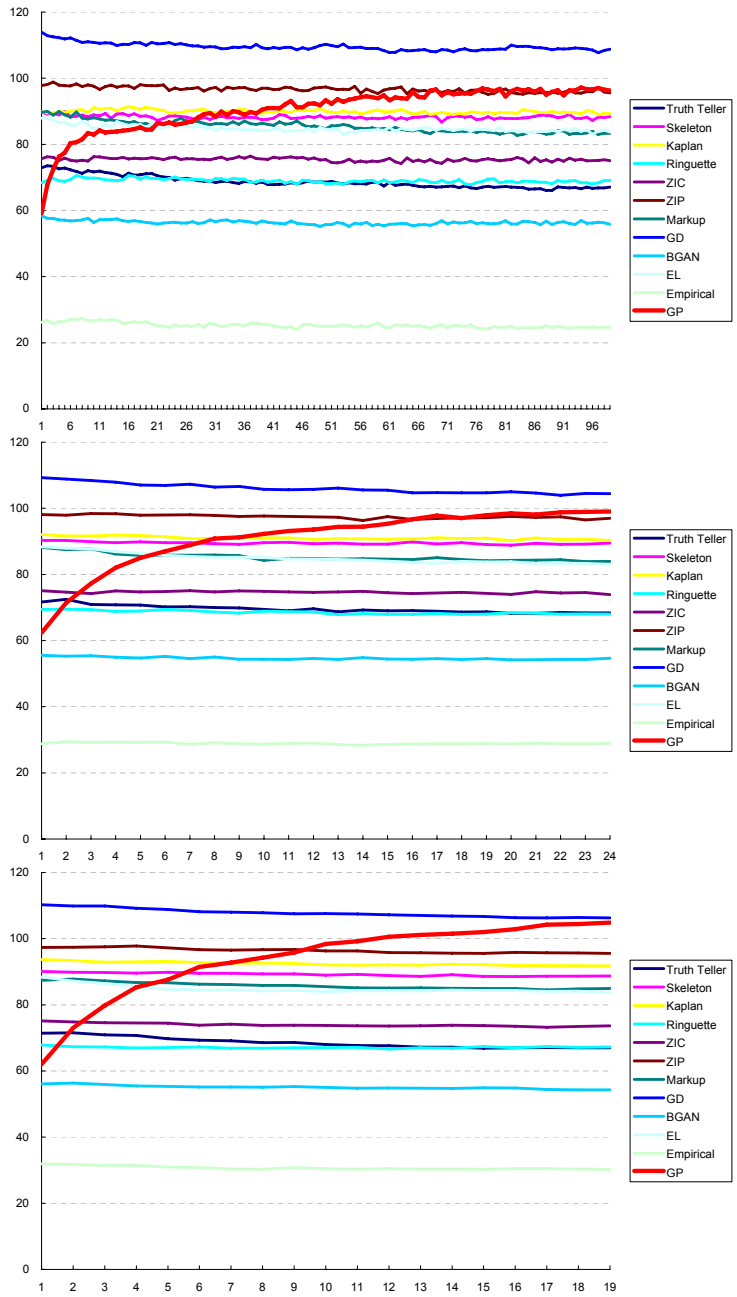

圖 5.7: 平均獲利時間序列圖 – 實驗 p5, p20, 及 p50 之結果。橫座標爲時間, 單位爲「代」; 縱座標爲個體效率, 單位爲百分比。由上而下分別爲智商 5、20、50 的結果。

學習能力的最終表現

GP 交易者在此三組實驗中最後皆以第二名作收, 這留下了一個十分重要的問題: 到底具備學習能力的交易者能不能擊敗設計完善且表現堅強的 GD 交易策略, 最終成爲表現最好的策略呢? 在 Rust et al. (1994) 的研究中可以看到, 具備學習能力的類神經網路交易者的表現並沒有特別優異, 據其作者表示, 主要是類神經網路交易者學習的時間不足, 所以無法看出學習的價值所在。但很可惜的, Rust et al. (1994) 並沒有進行足夠長的模擬, 來檢驗是否學習型的交易者眞的可以擊敗各個精心設計的策略。要回答這個問題, 就必須讓交易者有足夠的時間學習, 因此我們另外進行了 p5L, p20L, p50L 這三組模擬, 而其結果將分析於下一小節中。

5.3.1 GP 之學習能力

不論是人機互動的實驗, 如 Das et al. (2001); Taniguchi et al. (2004) 的研究, 或是在軟體交易程式的競賽, 如 Rust et al. (1994) 中, 都是由不具學習能力的軟體交易程式擊敗具有學習能的眞人或個體。但在這些實驗之中, 也往往可以見到這些交易者的確具有學習的能力, 但很可惜的是, 由這些研究當中都沒辦法看到學習型交易者眞正的能耐。

因此, 我們大幅地拉長了交易的試回數, 希望透過足夠的學習時間, 來觀察學習型交易者所能展現的最佳成果。

圖 5.8 是我們將模擬時間延長至七千個交易日後的結果。由圖 5.8 我們可以觀察到, 在智商爲五及五十的情況下, GP 交易者平均而言最終可以擊敗實力強勁的 GD 交易者, 而且智商爲五十的交易者更是輕鬆地就超越了過去。由此可知, 只要給與足夠的時間, 學習型的交易者是能夠打敗精心設計的各種交易策略的。

那麼 GP 花了多少時間才攀上第一名的位置呢? 平均而言智商爲五的 GP 交易者花了約 587 代(5,870 個交易日) 才眞正超越 GD 策略, 智商爲二十的 GP 交易者花了約 143 代 (5,720 個交易日) 來接近 GD 策略, 而智商爲五十的 GP 交易

者則花了約 27 代 (2,700 個交易日) 來超越 GD 策略。由絕對時間來看, GP 交易者的學習時相較於 GD 策略而言, 無疑是慢了許多, 但若從相對的角度, 智商爲五十的交易者僅僅經過不到三十次的策略更新就可以擊敗 GD, 其能力不可謂不強。可以確定的是, **以 GP 作為代表的學習型交易者的確可以由經驗中學到優良的策略, 但也並非一蹴可及。**

純粹由獲利的角度來看, GP 交易者經過學習之後的確有亮眼的獲利表現, 但其成本就是學習所必須花費的時間。這個成本會如何反映在交易結果上呢?

圖 5.9 爲交易者平均財富與財富變異之分佈圖。由圖我們可以看到, 雖然 GP 交易者最終的表現十分優異, 但由整體財富來看, 由於學習初期表現的拖累, GP 交易者的整體表現並未能列在效率前緣之上 – 其平均財富不但被拉了下來, 其財富變異也成爲所有交易策略的最高幾名之一。因此, 如果我們不考慮時間因素, 單純地以累積財富來評量學習型的交易者, 那學習型的策略的確表現不若其他交易策略那麼好, 而這也是學習過程的必然之惡。

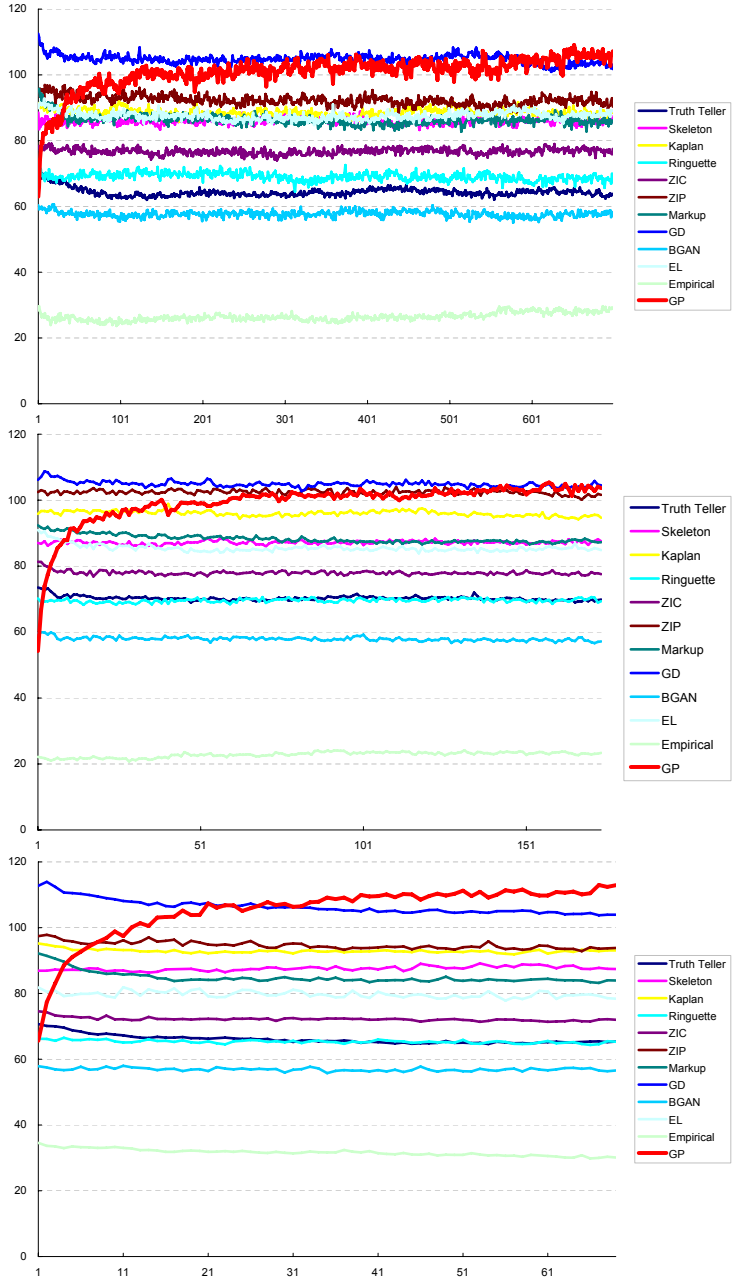

圖 5.8: 平均獲利時間序列圖 – 實驗 p5L, p20L, 及 p50L 之結果。橫座標爲時間, 單位爲「代」; 縱座標爲個體效率, 單位爲百分比。由上而下分別爲智商 5、20、50 的結果。

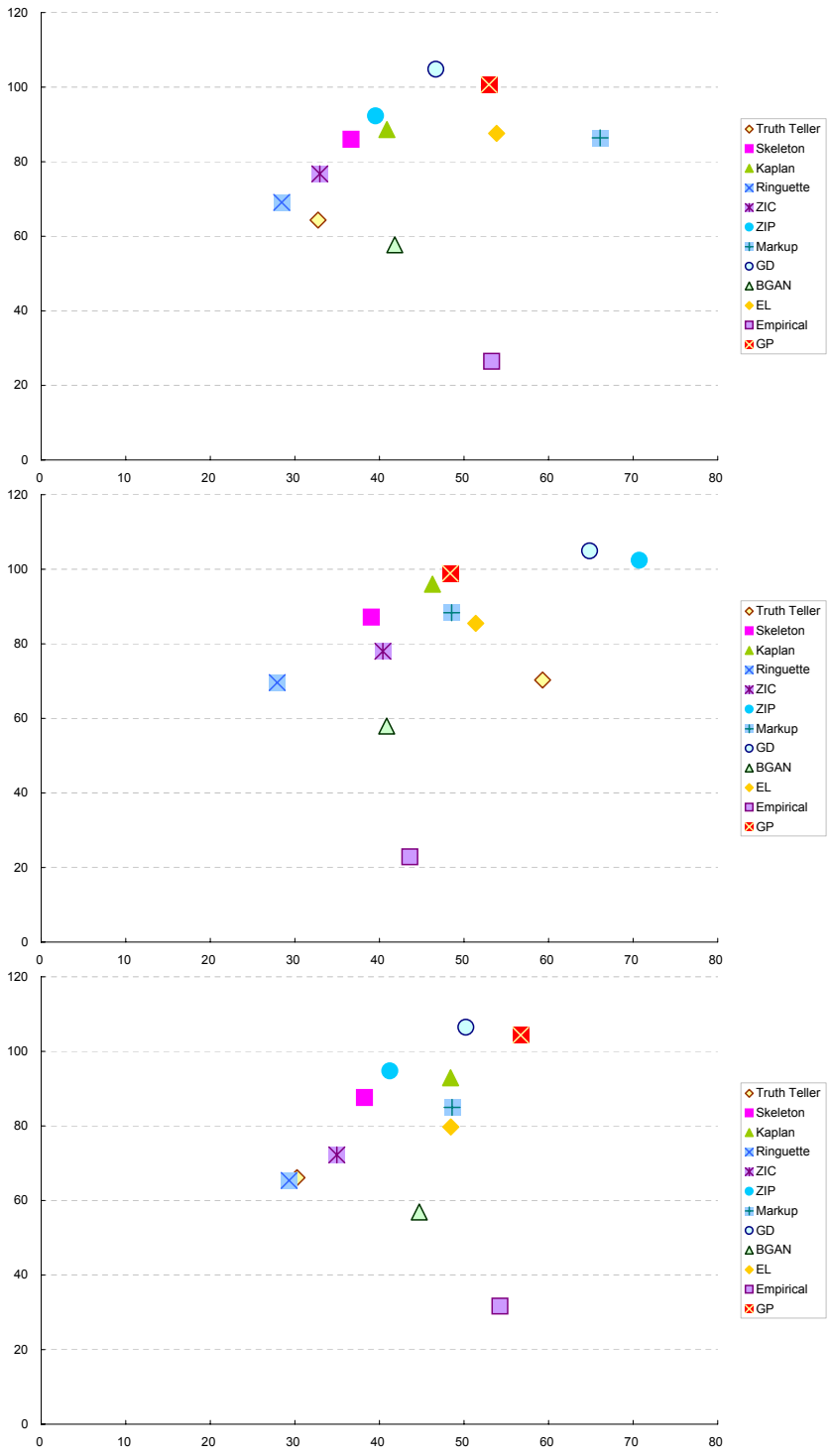

圖 5.9: 平均財富與財富變異 – 實驗 p5L, p20L, 及 p50L 之結果。橫座標爲平均財富, 單位爲百分比; 縱座標爲各策略財富之標準差。由上而下分別爲智商 5、20、50 的結果。財富概念皆以個體效率來衡量。

5.3.2 No Free Lunch 檢驗

在計算理論中, 有一個相當著名的理論叫「無免費午餐理論」(No Free Lunch Theorem, 以下稱作 NFL)。這個理論是由 Wolpert and Macready (1995b) 及 Wolpert and Macready (1995a) 首先提出。對於搜尋或最適化的問題, NFL 理論指出在考量所有可能的問題後, 每一個用來求解的演算法的表現平均而言是相同的。也就是說, 沒有一個策略是可以全面性地適用於所有的問題:

> "We show that all algorithms that search for an extremum of a cost function perform exactly the same, when average over all possible cost functions. In particular, if algorithm A outperforms algorithm B on some cost functions, then loosely speaking there must exist exactly as many other functions where B outperforms A." (Wolpert and Macready, 1995b)

這是很強的一個結論, 它說明了即始是隨機的策略, 也可以在解決某些問題上勝過其他的演算法。沒有一個演算法可以在每一個可能的問題上都能做得比別的演算法來得好, 再白話點說, 就是有一好沒兩好, 因此這個理論便被命名爲「無免費午餐理論」。

根據這個理論, 既然所有的演算法表現平均而言皆相同, 意即不存在一個具有普遍優勢的演算法的話, 我們花費在尋找字宙間最佳演算法的精力便會是徒勞無功的。那我們還需要做什麼呢? 是不是隨便選一個演算法就好? 還是既然不存在最佳的演算法, 人們就可以根據個人喜好恣意選擇想要使用的演算法?

恰恰相反的是, NFL 理論告訴我們不存在普遍最佳演算法的原因, 是每個演算法都會在某些問題上表現較佳, 而在解決其他問題上則不盡理想。因此, 我們有需要針對不同的問題來尋找適合該問題的演算法, 而這樣的作法, 會比仰賴一個一般性的演算法來得好。如圖 5.10 所示, 針對當前問題設計一個合適的求解法, 毋需考慮該求解法在其他問題上的表現。

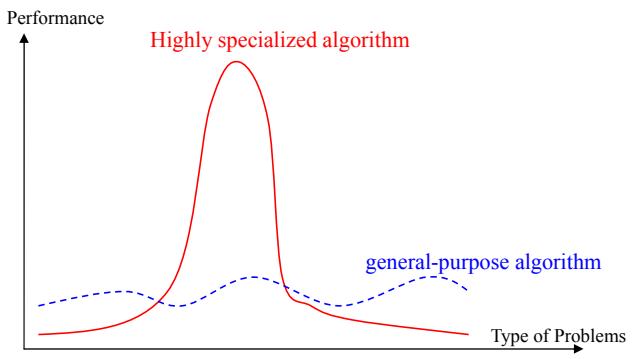

圖 5.10: NFL 示意圖

雖然我們的實驗目的並不在於驗證 NFL 的正確性, 不過 NFL 理論卻爲我們帶來了一個十分有趣的問題: 我們知道許多文獻上搜集而得的策略, 其設計目的便是在一定範圍的市場環境中, 在已知的問題框架中設法極大化交易者的獲利, 因此可以說是一種針對雙方喊價市場的客製化求解策略。但是在我們的實驗結果中 GP 交易者的平均表現的確有可能勝過其他交易策略, 這是否代表 GP 在每一個市場中都可以擊敗其他交易策略, 代表存在著免費的無餐呢? 換句話說, 我們想知道 GP 是否是一個普遍較優的交易演算法, 是否不管市場形態爲何, GP 都能後來居上, 拔得頭籌?

從平均財富及財富變異的觀點來看, 如果眞的有白吃的午餐, 代表不論是何種市場, GP 最後都能拔得頭籌, 而與市場環境無關。在這種情況下, 如果將 GP 最終的表現放到如同圖 5.9 的空間中, 我們應該可以看到 GP 跳脫「高利潤高變異」的規範, 進而達成「高利潤低變異」的創舉, 獨自落在效率前緣的左上方。

爲了檢驗這個效果是否存在, 我們將所有交易者的首期及末期之平均財富與財富變異繪於圖 5.11 中。[8]

[8]圖 5.11 與圖 5.9 的差別在於圖 5.9 繪製的是從頭到尾平均的結果, 而圖 5.11 僅將期初及期末兩個時間點的表現繪製出來。

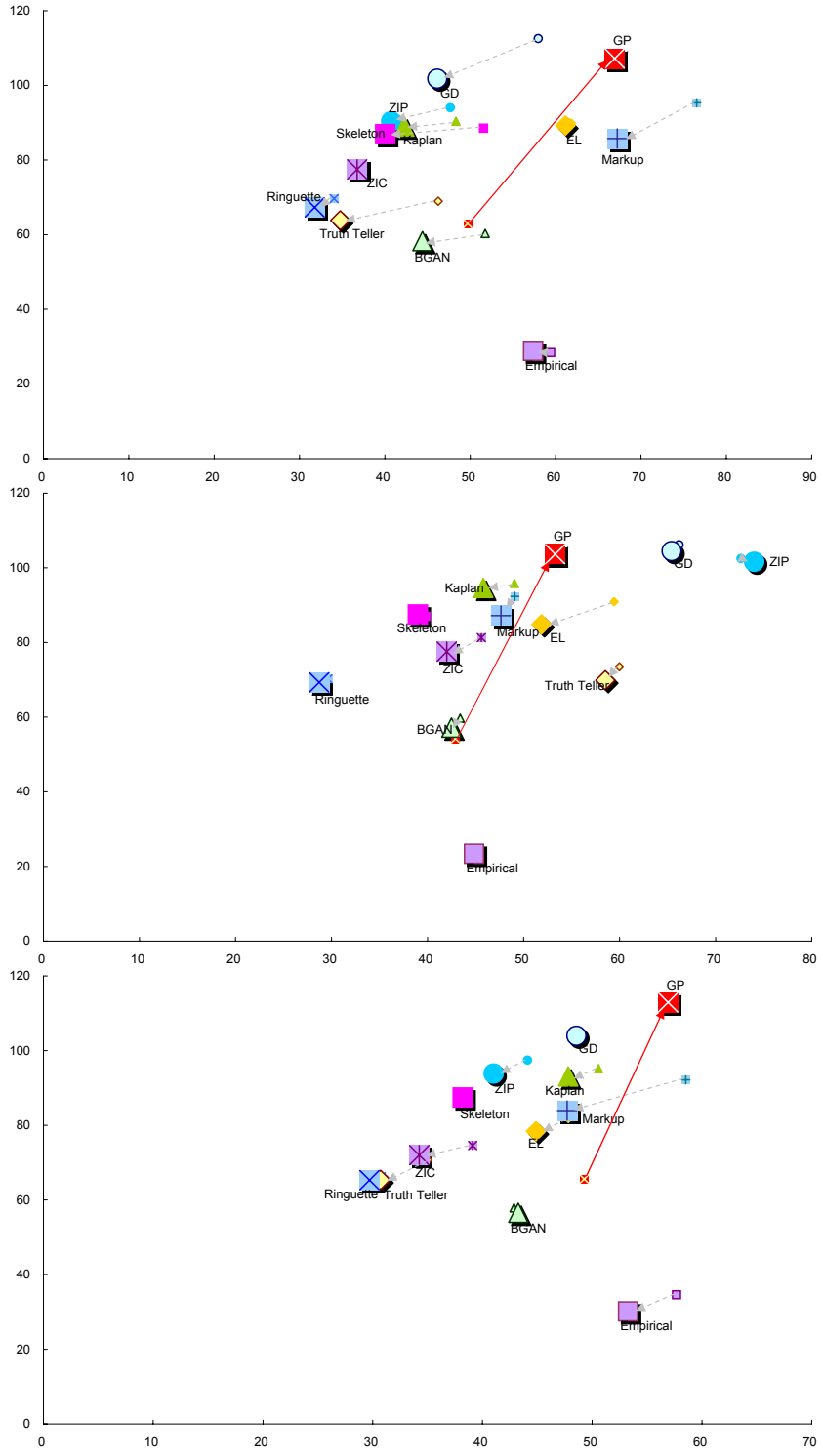

圖 5.11: 平均財富與財富變異演化圖 – 實驗 p5L、p20L、p50L 之結果。橫座標爲平均財富, 單位爲百分比; 縱座標爲各策略財富之標準差。由上而下分別爲智商 5、20、50 的結果。財富概念皆以個體效率來衡量。

圖中同樣形式但較小的標示爲期初的表現, 較大且有陰影的標示爲期末表現, 我們用箭頭將其相連以顯示出變化的方向。由圖 5.11 可以看出以下有趣的現象: 首先, GP 並沒有突破「高利潤高變異」的法則, 相反地, 隨著 GP 交易者的學習與平均財富的增長, 財富變異反而是愈來愈大的。而且不僅 GP 交易者如此, 幾乎所有的交易策略連退步時都遵循著這個法則, 而沿著右上–左下的方向變動。

圖 5.11 告訴我們 GP 交易者的表現還是與市場環境習習相關。但表現與市場習習相關, 也不能充份說明 GP 交易者的表現到底是普遍地優於其他交易策略, 還是如同圖 5.10 所示的在某些市場中表現特優, 但在大多數市場中則表現普通。如果是前者, GP 交易者的財富變異雖大, 但大多數都比其他人好, 是一種較爲理想的情況; 如果是後者的話, GP 交易者財富的高變異性就是一種十分不好的特質。

GP 交易者表現較好的可能性有: (1) GP 交易者獲勝的次數本來就多; (2) GP 交易者獲勝次數有限, 但可以靠著有限次數內的大量領先來拉抬整體平均。爲了檢驗這點, 我們改採計算排名的方式, 以去除掉獲利水準值的影響。表 5.3 列出了各個智商水準下, GP 交易者在 p5L、p20L、p50L 這三個實驗的期末平均排名。數字愈低, 就代表拔得頭籌的次數愈多。由表可知 GP 交易者的平均排名皆爲第一, 代表了 GP 交易者在絕大部分的情況下最後都是表現最佳的策略。

GP 交易者財富變異之來源

承續前一小節的討論, 若 GP 交易者在大部分的市場中都可以獲勝, 接下來的問題, 便是 GP 交易者財富的變異來源到底爲何。圖 5.12 展示了各智商水準的 GP 交易者在期初及期末時的財富分配盒鬚圖。

由圖 5.12 可以看出, 最後幾代的平均財富分佈主體均比期初來得高, 但由第一四分位數 (Q1) 及第三四分位數 (Q3) 所構成的主要部份分散程度卻不見得比較大。在智商爲五及五十的實驗中, 更是明顯可以看到主要的變異來源都是離散值所造成的, 而這些散離值又都以正向的離散值爲主。在智商爲二十的實驗中, 雖然期末由第一四分位數及第三四分位數構成的分散的程度較期初稍大, 但也大都分

表 5.3: 期末財富之平均排名

	智商 5		智商 20		智商 50	
名次	策略	平均排名	策略	平均排名	策略	平均排名
1	GP	3.16	GP	3.16	GP	2.69
2	GD	3.27	GD	3.25	GD	2.95
3	ZIP	3.87	ZIP	3.55	ZIP	3.66
4	Skeleton	4.00	Kaplan	3.91	Kaplan	3.96
5	Kaplan	4.11	Skeleton	4.07	Skeleton	4.07
6	Markup	4.19	Markup	4.08	Markup	4.29
7	EL	4.24	EL	4.22	EL	4.52
8	ZIC	4.76	Ringuette	4.81	Truth Teller	4.93
9	Ringuette	4.83	ZIC	4.84	Ringuette	5.01
10	Truth Teller	5.12	Truth Teller	5.06	ZIC	5.09
11	BGAN	5.62	BGAN	5.74	BGAN	5.80
12	Empirical	6.60	Empirical	7.00	Empirical	6.77

佈在期初的水準值以上,

總體來說, 具有學習能力的 GP 交易者所展現出來的能力, 除了在大部分的模擬中都能在所有交易策略中取得領先外, 在不同市場中也顯現出十分全面的進步結果。由 GP 交易者的表現看來, 的確具有擊敗專門設計來進行雙方喊價策略的能力。

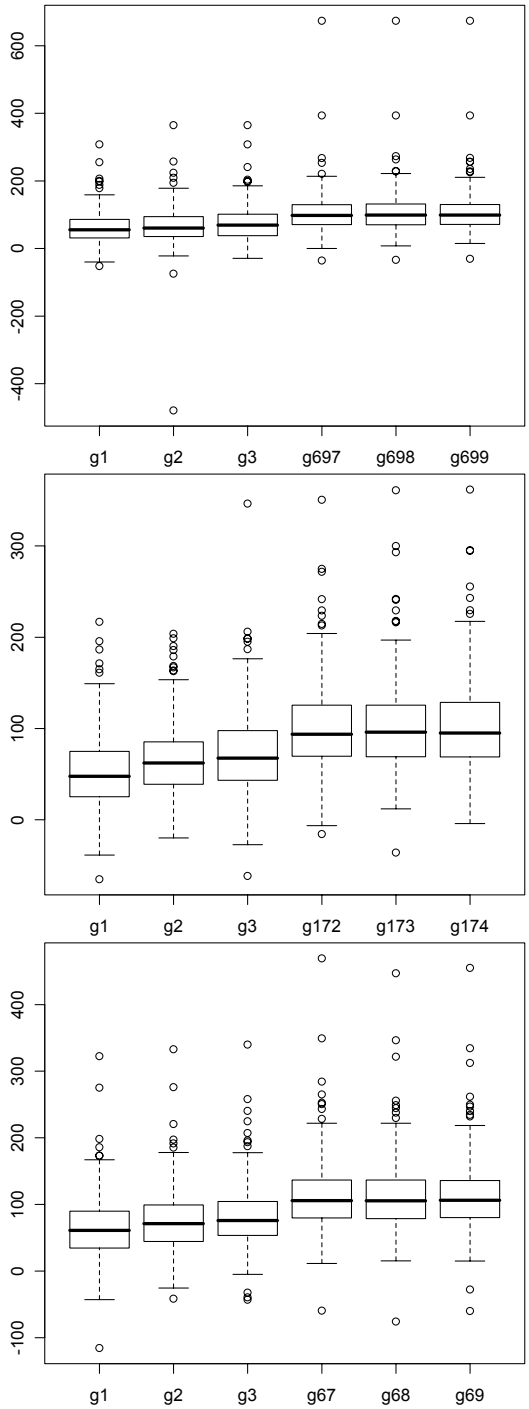

圖 5.12: 期初及期末之財富盒鬚圖 – 實驗 p5L, p20L, 及 p50L 之結果。由上到下分別爲智商 5, 20, 50 的結果

5.3.3 策略複雜度

要分析 GP 交易者的行爲, 除了直接分析 GP 交易者爲數浩瀚的策略外, 另一個方法就是藉由對其策略複雜度的觀察, 來推論交易者的行爲。要如何衡量策略複雜度呢? 本研究乃以 GP 所產生策略的節點數作爲策略複雜度的代表。所有的固定策略, 都可以用決策樹或流程圖的方式呈現, 而決策樹上的每一個節點, 都代表了至少一次的運算或判斷。而運算或判斷的次數, 便是策略複雜度的一種體現。Payne et al. (1993) 便曾進行詳盡的心理學實驗, 並建立相關模型來探討人類心智能力 (cognitive capacity) 與策略所需要的計算量的關係。

因此, 運算愈多的策略便代表策略愈複雜, 而在 Payne et al. (1993) 所使用的策略中, 較複雜的計算過程也會產生較精確的結果。與 Payne et al. (1993) 不同的是, 我們無法事先得知假設愈複雜的策略效果是否愈好, 但我們可以依據策略複雜度之不同, 來推測學習型代理人的策略選擇行爲。

以決策樹中的節點數目來呈現策略複雜度也是一種相當直覺的作法, 而且類似的作法早已進入經濟學的討論之中, 例如 Rubinstein (1986) 在以「有限狀態自動機」(finite automata) 代表個人策略來參與賽局時, 便以自動機的狀態數目作爲計算的成本, 並將其納入賽局參與者目標函數的一部份。

圖 5.13 爲不同智商的 GP 交易者之策略平均複雜度演化圖。由圖我們可以觀察到迥然不同的複雜度走勢:

- p5 和 p20 的平均策略複雜度是逐步下降的, 而 p50 的平均策略複雜度則是先上升再稍微下降的情況。
- p20 的平均策略複雜度下降速度不如 p5 的交易者來得快。
- p5 複雜度最後幾乎收斂到一左右的水準, 而智商爲 50 的交易者最高曾到五, 即使是最後稍微下滑, 也在大約四的水準。

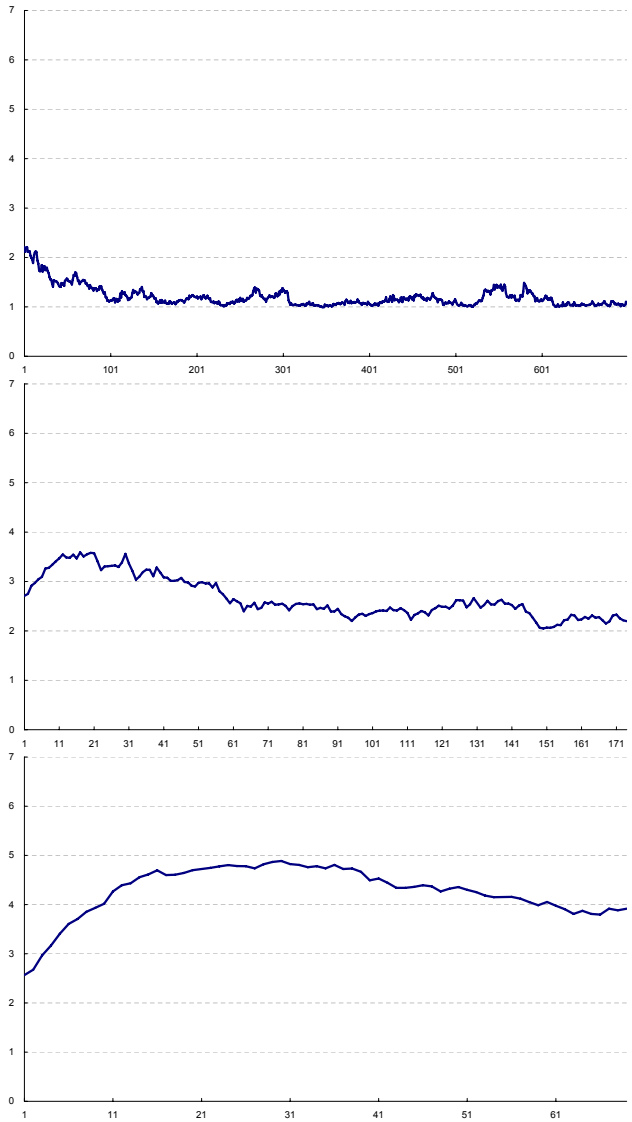

圖 5.13: GP 交易者之平均策略複雜度 – 實驗 p5L、p20L、p50L 之結果。橫座標爲時間, 單位爲「代」; 縱座標爲複雜度。由上而下分別爲智商 5、20、及 50 的實驗。財富概念皆以個體效率來衡量。

很明顯地, p50 的行爲與 p5 似乎有著本質上的差異。在進一步討論之前, 我們必須先確定 p5 及 p50 複雜度的差異不是由少數極端值所造成的。圖 5.14 爲 p50 之各代複雜度分佈演進圖。[9] 由圖中可以很明確地看出 p50 的複雜度差異乃是由於整個分配的位置所造成, 而不是受到少數離群值的影響。

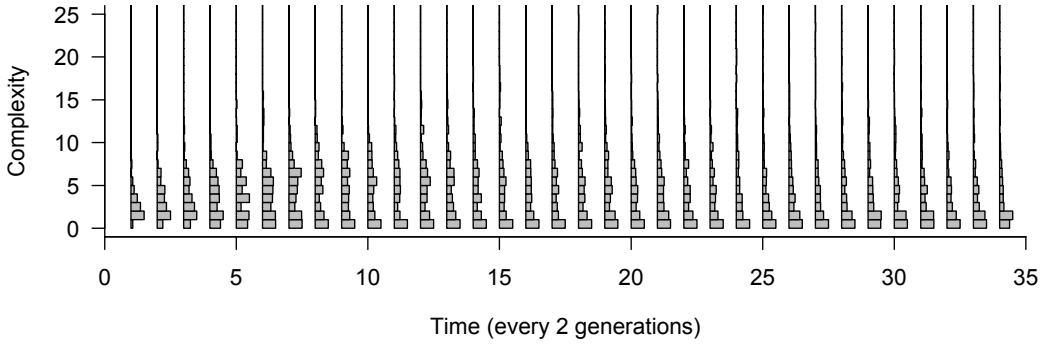

圖 5.14: p50 之平均策略複雜度分佈圖, 共進行 70 代,300 次模擬。

由 p5、p20、及 p50 的複雜度差異, 我們可以看出三者的策略選取行爲不太一樣。P5 在固定市場中所採取的策略傾向於簡單, 其平均複雜度收斂到幾乎爲一的事實反映了其策略使用的某種「精簡性」, 也意味著 p5 所用的策略幾乎都是我們當初所給與他們的市場資訊 (也就是賦與 GP 運作的 terminals, 詳見第 4.3 節的說明)。而這些市場資訊卻也都是一些公開、隨手可得的資料。

p50 的複雜度大過一, 而在接近四的水準, 則是代表這類交易者一定在某種程度上重組了市場資訊, 而重組過後的策略, 就不是 p5 和 p20 所使用的簡單市場資訊可比擬的。而由結果看來, p50 的策略也是此 p5 及 p20 好的。

但令我們感到意外的是, 這些使用極其簡單資訊的 GP 交易者, 竟然可以擊敗其他複雜許多的交易策略, 足以說明學習的結果, 並不一定是要發展出理性、或者具備複雜形式的策略, 而是一個適者留存, 捨棄不適者的過程。p5 透過學習, 發現簡單的策略在固定的市場中似乎已經足堪大任, 因此他們的行爲是「learn to be simple」, 而非「born to be simple」。

[9]此分析乃利用統計軟體 R 所完成 (R Development Core Team, 2008), 此圖的產生程式乃修改 Grosjean et al. (2003) 之程式而來。

在現實社會或經濟體中, 我們也可以看到類似的情況。我們所觀察到的簡單行爲, 也許是深思熟慮過的結果, 也有可能是經驗累積的結果, 當然也可能是本身處理資訊的能力有限所以不得不簡單化的結果。以股市而言, 許多投資大師所抱持的都是極爲簡單的法則, 例如股神華倫巴菲特 (Warren Edward Buffett), 由 100 美元的資本透過投資而成爲身價數百億美元的全球富豪, 常自言其投資法則的第一信條便是「追求簡單, 避免複雜」,[10] 然而簡單的法則, 卻也是經過成功與失敗的經驗才換來的, 即使是股神也不例外。

因此, 在市場中觀察到簡單的行爲, 不一定代表在市場中生存不需要太多智慧。以我們的實驗結果而言, p5 在各種不同市場環境中所找到的簡單策略, 都是經過一段長時間的摸索而得到的。因此, 如果說在我們的市場中極其簡單的法則可以擊敗衆多複雜的交易策略, 則不免失之偏頗, 並且不能眞正反映出智慧行爲在市場交易中的價值。所以諸如 Rust et al. (1994) 的研究企圖找出成功交易策略之特性, 卻發現簡單的 Heuristics 可以成爲交易策略中的佼佼者, 其實並不算眞正地顚覆人們的想法, 只不過需要我們對於人類的「智慧」行爲在市場交易行爲中的重要性作一番新的思索。

本研究的實驗結果告訴我們, 簡單不等於平庸; 簡單的策略仍可有其效果, 簡單也不等於隨意: 簡單的策略有可能是學習過程的產物。而這一切的關鍵, 就在於學習的效果是否充份地發揮出來。**「智慧」行為不僅指的是表面上策略的複雜和精巧, 也可以在學習的過程之中顯現出來。**

[10]巴菲特曾說過, 現今他的投資中沒有一毛錢是基於總體經濟預測而決定的, 相較於浮沈股海中的衆多投資者所使用各式精巧投資模型, 巴菲特的投資法則顯然簡單多了 – 儘管他對美國乃至於全球經濟與市場都有很深的見解, 但其交易法則卻簡單無比: 看對了便買入, 然後不再賣出, 即所謂的「價值投資法」。然而有趣的是, 許多研究巴菲特的學者在檢視過巴菲特的投資過程後, 整理出的敎條到達數項之多, 我們不確定巴菲特本人是否遵循這麼多的敎條, 但至少根據他本人的說法, 似乎不會太過複雜。

5.4 動態市場

在第 3.2.3 的研究假設三中, 我們認爲要衡量策略的能力, 其中一項很重要的考量便是去檢視策略適應動態環境的表現到底如何。

準此, 我們設計了另一組實驗 DMp5L、DMp20L、以及 DMp50L。在這組實驗的每次模擬中, 雖然對手交易策略依然自始至終維持不變, 但市場供需情況卻會隨機改變。市場在每一代的開始, 供需便隨機變化一次, 意即每一次都隨機指派保留價格給每個交易者。我們讓市場變化的頻率與 GP 交易者更新策略的頻率一致, 藉此測試 GP 交易者面對多變環境的能力, 讓 GP 交易者每次甫更新完策略, 環境也會同步變動。

在面對如此多變的環境時, 創新型學習 GP 交易者的表現會是如何呢? 我們預期可能會有幾種截然不同的結果出現:

1. 由於環境過於隨機, 導致 GP 交易者根本無法學習。
2. 由於環境過於隨機, 導致 GP 交易者雖然可以學習, 但是卻只能設法掌握一些一般性的交易方法, 導致智商的差異無法顯現。
3. GP 交易者仍然可以在如此隨機的環境中學習, 而且智商愈高者愈得愈好。

圖 5.15 爲動態市場實驗之結果。由圖中我們首先注意到的是劇烈的波動性, 因爲市場本身不斷隨機變動的關係, 所以不論是固定型、調適型、或創新學習型的 GP 交易者都呈現出比 p5L、p20L、及 p50L 這三組實驗中更大的獲利波動性。

這點其實並不會超出我們的預期之外。由於市場強烈的隨機性質使然, 我們可以看到不論是固定型、調適型、或創新型學習交易者的獲利波動性, 都遠較固定市場下的情況爲大。

其次, 不論是從絕對的個體效率, 或相對的排名來說, GP 交易者在變動的市場表現並不如在固定市場中來得好。但在此同時, 我們還是可以觀察到 GP 學習

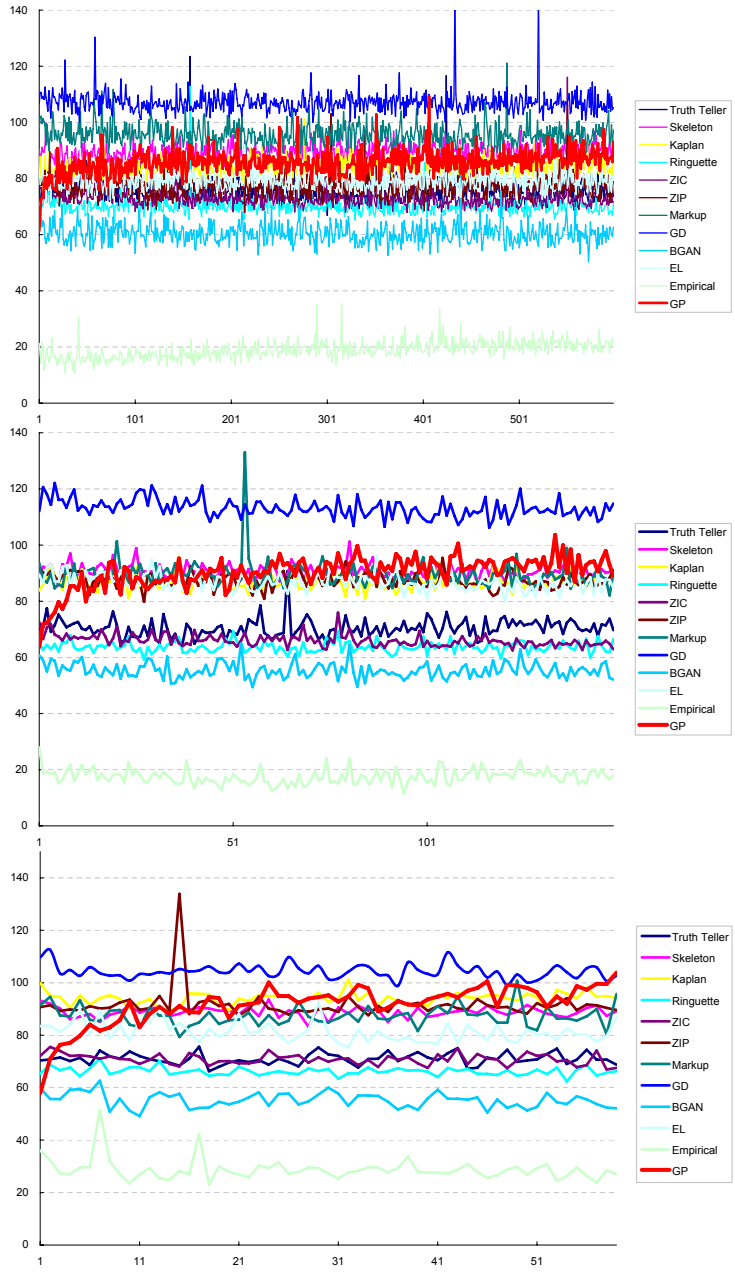

圖 5.15: GP 在動態市場下之獲利演化 – 實驗 DMp5L, DMp20L, DMp50L 之結果。橫座標爲時間, 單位爲「代」; 縱座標爲複雜度。由上而下分別爲智商 5、20、及 50 的實驗。財富概念皆以個體效率來衡量。

的情況, 儘管在智商爲五的例子裡學習行爲並沒有顯著的成效, 但在智商爲五十的交易者身上, 我們卻可以看到最終可以達到排名第一的水準。

經由這一點發現, 我們不得不認可 GP 交易者強韌的學習能力, 在即使每次更新策略後市場就全面翻新的情況下, 這個學習型交易者還是能夠試圖從其中找到進步的方法。而並沒有如我們事前擔心的, 因爲環境過於隨機而無法學習的情形發生。

在此另一個值得注意的問題, 就是其他策略的表現排名。雖然此實驗是在動態的市場中進行, 但固定型策略與調適型策略的整體排名分配卻也沒有太大的變化。大致上是以 GD、ZIP、Kaplan、Markup、Skeleton、EL 等策略爲領先集團, 內部發生名次的對調; ZIC、Ringuette、Truth Teller 三個策略爲中間集團, 內部有名次小幅對調; 以及 BGAN 和 Empirical 交易者組成的後面集團。這當中尤以 GD 策略爲最, 似乎不管市場如何變動, 只有較高智商的 GP 交易者才能威脅其地位。

策略複雜度

我們在進行實驗之前, 曾對 GP 身處動態環境中的行爲作了三點假設。雖然後來我們看到 GP 仍或多或少地展現了學習的能耐, 但我們仍舊想知道的是, GP 交易者在這個動態的環境中到底學到了什麼呢?

圖 5.16 爲動態市場下 GP 學習者平均策略複雜度的演化圖。我們可以和圖 5.13 作一個比較, 我們可以發覺兩者並沒有太大的區別: GP 交易者雖然身處動態市場, 但還是以同樣的方式來自市場中汲取經驗、發展策略。

但這裡有點特別的地方是, 在固定的市場中, 我們可以想像存在著一個在該市場供需條件及交易者策略組合下, 類似於最佳解概念的喊價方法。而 GP 便可以在不斷學習的過程當中, 透過組合策略來展示近似的行爲, 或是透過不斷地嘗試來找到這個解。然而, 在隨機動態的市場中, 供給與需求隨時在變動, 雖然市場中的交易者是固定的, 但變動的供需應該會造成市場最佳喊價方法的變化, 那麼爲何 GP

仍然可以憑藉著學習而進步呢? 我們認爲可能的原因如下。

一是雙方喊價市場中本來就存在著一組可以逼近大部分市場條件下的最佳喊價方法集合。而 GP 就是透過其策略群體包含一種以上策略的特點, 來保存、更新、或改良其策略群體中的元素。但如果眞的存在這種可以適用於大部分環境的解, 那麼一些調適型的策略如 ZIP 等, 應該也可以藉由利潤率的連續調整來接觸到這些解, 並進而維持在上面以賺取高額利潤。但我們並未看到任何一個調適型的策略展示出近似於 GP 交易者逐步摸索進步的特性, 是故我們對這個解的存在與否留有疑問。

另一個可能的原因則是 GP 事實上學習的標的, 不僅僅是市場供需這個環境變數而已, 要能夠在市場中獲利, 也必須要摸索出對手的模式才行。因此, 雖然身處於隨機變動的市場之中, 但由於對手組合不變, 所以學習型的 GP 交易者仍可就此一部分來著墨, 以找出應付對手的較佳方法。

雖然市場的隨機性或多或少降低了 GP 交易學習的效率, 但由本節的結果看來, 在給予 GP 交易者足夠的智能之下, GP 還是可以展現出強勁的學習成果, 因此也可以看出 GP 在動態環境中的學習能力似乎與其智商有較大的關係。

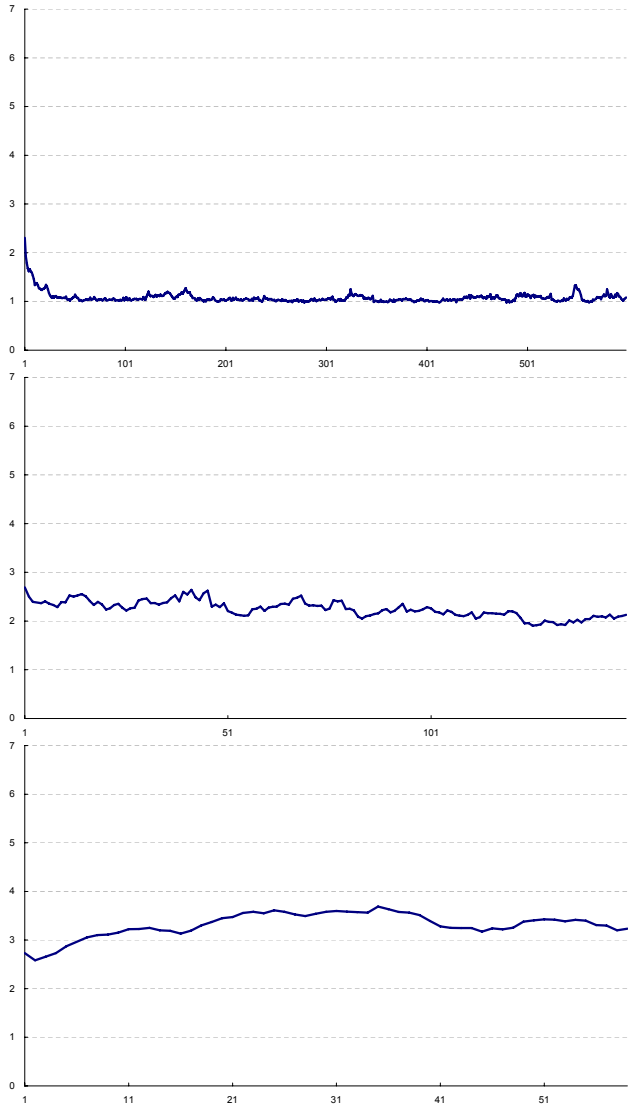

圖 5.16: GP 交易者之平均策略複雜度 – 實驗 DMp5L、DMp20L、DMp50L 之結果。橫座標爲時間, 單位爲「代」; 縱座標爲複雜度。由上而下分別爲智商 5、20、及 50 的實驗。

5.5 總結

我們在本章中進行了針對三種類型交易者 – 固定型、調適型、以及創新學習型 – 所設計的實驗。那麼在面對本研究於第 3.2.3 節所建立的假設, 是否可以得到回答呢?

這些假設有:

1. **決策品質表現 Adaptive > Fixed > Innnovative。**
2. **調適速度上的差異 Fixed > Adaptive > Innovative。**
3. **調適範圍的差異 Innovative > Adaptive > Fixed。**
4. **智商會影響學習的效果, 智商愈高, 學習愈快, 學習的結果也愈好。**

我們在此討論的是前三項假設, 關於智商對學習的影響, 將留待下一章中再作描述。

決策品質

決策品質在此的定義是指策略的獲利能力。因此, 在決策品質表現方面, 一如 Santa Fe 競賽所看到的, 在「固定型」與「調適型」交易策略的比較上我們並沒有得到明確的結果。

關於這點, 我們認爲有一個可能性, 即是「固定型」的交易策略雖然結構固定, 但是往往會採用一些市場資訊作爲喊價的參考, 例如 Skeleton 和 Kaplan 策略, 雖然不具精心設計的更新法則來調整行爲, 但卻可以透過簡單的情境判斷, 並使用市場資訊作爲喊價參考, 來達到隨環境起舞的目的。這種應對環境可能變化的方法, 雖然不同於調適性策略調整自己的參數來得直接, 但也能夠具有一定的調適能力。

因此, 類似於我們將學習型交易行爲與專家設計的策略視爲兩種不同的問題解決模式, 我們也可以將一些「固定型」策略及「調適型」策略視爲兩種利用不同方式來面對環境變化的設計哲學。如此看來, 倒不一定固定型的策略一定會表現得比調適型的策略來得好。

另一方面, 創新型學習過程在時間有限的情況下, 也許無法和這兩類型的策略相抗衡, 但只要給予足夠的學習時間, 在固定市場中我們都能看到學習型的 GP 交易者脫穎而出。然而在隨機變動環境中, 雖然創新型的學習交易者仍然展現了進步的能力, 但此時要能夠勝過「固定型」及「調適型」的軟體代理人, 就不是那麼輕鬆的事了。

因此, 針對本假設而言, 我們實驗的結果發現「固定型」和「創新型」軟體代理人策略在獲利表現上是難以區分的。而有別於過去人機互動與交易競賽的結果, 我們的實驗證實了在摒除了交易速度與運算速度的影響下, 創新型的學習過程是有能力擊敗軟體交易程式的, 但其前提是需要一定時間的學習, 且智商的高低則是另一個對學習的結果有決定性影響的因子。

此外, 策略衆多不同的設計, 往往會使每個策略具備不同的特點, 若我們能將眼光從狹隘的利潤觀點, 擴展到更廣泛的「穩定性」等衡量指標上, 我們將發現不同性質策略所表現出來的行爲會有更多的值得深究的地方, 而這也是我們提出用效率前緣來理解策略特性的理由。

調適速度

由本章的實驗結果看來, 不管是在固定的, 還是隨機變動的市場環境中,「固定型」與「調適型」策略都展現了無比快速的適應能力, 兩者幾乎都可以在幾個交易試合之後就找到獲利的據點。

「創新型學習」交易者的情況則不同, 除了在速度上不敵前兩者外, 也會和其智能有關: 智能愈高者, 學習的速度就愈快。智商較高的學習代理人可以僅少量的學習次數獲得大量進步, 但智商低者則需要冗長的時間來學習。

調適範圍

「固定型」、「調適型」、以及「創新型學習」三種決策方式在適應範圍上的差異, 本研究建議與策略的決策品質一起考慮, 並以本章中所引入的「效率前緣」分析方法來作比較。

由本章實驗所得的結果, 我們往往發現位於效率前緣上的策略會呈現出「高利潤–高風險」及「低利潤–低風險」的分佈, 而此三類策略各自的長處也都不盡相同: 「調適型」策略往往顯露出較大的風險, 但其獲利表現也較好; 相較之下,「固定型」策略的變異性較小, 但其獲利也會因此稍少; 最特別的是「創新型學習」交易者, 由於具備不斷改進的能力, 因此其表現也與其學習情況有關, 如果給予長度適當的學習時間與智能, 雖然無法達到高利潤–低風險的目標, 但 GP 交易者將可在高利潤的一隅佔有一席之地。