

## 第 7 章

### 結論與未來研究方向

人類行爲的特性，在於可以依照環境的變化想出因應的方法。這樣的行爲方式，讓人類得以在未知、充滿不確定性、與缺乏認識的環境中得以解決問題、延續生存、或作出決策。人類行爲的彈性具備了相當優異的特性，但要道出其中的過程，似乎又極其困難。

但人類本身的行爲與其所設計出來的策略，卻是兩種截然不同的決策邏輯。一個利用簡單的法則來應付環境的多變，所以採取的是見機行事及試誤學習的決策模式；另一個則經由事先的設計，依據對環境的知識來制訂不同狀況下的行動。

在經濟學文獻上，由 Rust et al. (1994) 的雙方喊價市場競賽、Grossklags and Schmidt (2006)、Das et al. (2001)、及 Taniguchi et al. (2004) 所進行的人機互動實驗結果顯示，不論是電腦化交易程式間的較量，或是真人與軟體交易者的競爭，往往都呈現出一致的結果：具備學習能力的交易程式或真人受試者的表現，都不及其他電腦化的交易策略。乍看之下，學習比起理性設計的策略，甚至是簡單的捷思 (Heuristics) 都不如，在人機互動的實驗中，甚至讓人不禁懷疑若真人的交易績效遠不及交易程式的表現，是否終有一天金融市場中的交易者都將被交易程式所取代？

問題是那一天為何至今仍未到來？在面對軟體交易程式時人類的學習能力真的如此不堪嗎？很可惜的是，這個問題在經濟學中迄今都還沒有受到足夠的重視。

本研究採用離散型雙方喊價機制與利用 GP 代表學習者的特點，拉齊了各類型交易策略的計算能力（全部在電腦中進行運算，利用計算機本身的運算資源），摒除了計算能力所造成之決策時間差異所會帶來的影響，也排除了人類情緒、預期、相關知識不足等可能因子，在計算能力對等的情況下，單純地來評估學習與理性設計策略的結果。並且首次嘗試將影響學習至鉅的智商因子帶入模型之中，一方期望能對學習的效果有更為全面的認識，另一方面也希望能成功地複製智商在學習上所應該發揮的影響。

### 學習行為的意涵

相對於人機互動的實驗顯示出人類智能無力與電腦化交易程式匹敵的現象，我們透過更為受控制的實驗來仔細研究單純的學習行為所能達到的效果。

我們的實驗結果顯示學習具有相當的能力，隨著時間的經過其表現最終可凌駕理性設計的策略之上。因此我們可以這麼說：人類所設計出來的策略，與透過學習的方式的決策過程，兩者不但邏輯不同，表現出來的特性也不一樣。

而本研究也顯示，即使是在對環境缺乏認識的情況下，在大部分的情況下，只要給予一定的時間或具有一定程度的智商，具有學習能力的 GP 交易者都能勝出。但 GP 僅是一種人類學習能力的代表性演算法，人類決策者的學習能力又是如何呢？

Smith (1991) 對於人類決策的方式有著如下的見解：

“Many years of experimental research have made it plain that real people do not solve decision problems by thinking about them in the way we do as economic theorists. Only academics learn primarily by reading and thinking. Those who run the world, and support us financially, tend to learn by watching, listening and doing.”

以智商為五的 GP 交易者為例，在一開始被給定數個市場資訊的概念作為建構策略的元素時，並不知道哪些元素是有重要參考意義的。但是經過不斷地經驗、摸索、與嘗試，GP 交易者最終卻可以學到如何利用本身已有的資訊，在適當的時機使用適當的資訊。而這種 learning by doing 的方式，正呼應了 Smith (1991) 所形容的人類學習方式。

然而，GP 交易者所展現出來的畢竟還是屬於機器的學習，若要討論人類的學習行為，就還得考量到時間壓力、計算能力的差異，才能發掘出人類學習的真正能力所在。既然如此，我們發現到學習型的 GP 代理人可以擊敗理性設計的策略，這對我們瞭解人類的學習行為有什麼重要的意涵？

對這個問題，我們將以智商最低的 p5 作為討論的例子。在我們的實驗中，雖然 p5 這個 GP 代理人仍然利用了電腦計算的資源來打敗其他的軟體交易策略，但值得我們注意的，是其打敗其他軟體代理人的方式：p5 以極其少量的資源需求(數目少於七個的策略集合)，以及極為精簡的行為(平均複雜度接近一的交易策略)來打敗其他軟體代理人，所彰顯出學習的重要性為：簡單的行為，不一定不理性，而智慧的結果，也不一定要以複雜的形式呈現。

因此，當一個機器學習者，意外地以極簡單的行為就展現了展現出學習的成果，我們不禁想問人類是否也可以辦得到？人類真的可以在這樣一個簡單的環境以簡單的方式學習進步嗎？如果人類不行，那關鍵的因素在哪呢？同時，我們的實驗也顯示了不同智商的交易者會呈現出不同的學習結果，不同智商的人類受試者，也會展現出不同的學習結果嗎？

## 智商與學習

我們利用 GP 的群體大小作為智商之代理變數的作法，是將智商納入代理人基經濟建模的首次嘗試。此智商變數衡量的能力，接近於人類在理性分析的決策過程中所可能需要的心智能力。而透過這個虛擬的智商變數之影響，我們觀察到：

- 智商與學習行為的結果是有正向關係的，智商愈高，一般來講表現也會愈好。

- 智商與學習的速度也呈現正相關，智商愈高，學習的速度愈快（以學習的次數為單位）。
- 智商的差異在高智商的人群間並不明顯，但在低智商的人群間會造成在表現上的顯著差別。
- 智商的先天優勢，在智商差異不大時可以藉由相當的努力來彌補，但在智商差異過大時，光是相當的努力是不足以克服先天差距的。
- 在較複雜的情境下，高智商的優勢較有可能會展現出來。

以上對於智商的討論，我們必須明白並非完全等同於心理學中對人類智商的定義與討論；我們所呈現的，是在有限的實驗設定中，一個企圖捕捉智商差異的變數所能帶來的影響。我們還沒有完全證明以 GP 的策略群體大小可以完全表現出智商在人類學習行為上的影響。儘管如此，本研究所展現出來的是智商這個概念在異質性的學習個體上所能造成的幾種可能結果，並希望這個研究能夠喚起代理人基計算經濟學者對智能差異的重視，進而投入這個領域的研究中。

同時本研究在此欲強調的是，我們並不假定 GP 是唯一可以合理刻劃人類學習行為的演算法，有許多不同的演算法皆可以在某種層面上滿足人類學習行為的一些特性 (Duffy, 2006)。本研究在此欲表達的是，在一個由學習型個體組成的代理人基經濟模型之中，智商是不可忽略的一項重要變數，如何將此變數帶入模型中，是本研究所要努力的方向。也許不同的演算法可以找到不同的方式來表達智商的概念與影響。

也許在不久的將來，研究者可以發現不只使用遺傳規劃 (GP) 可以將智商內生地納入模型中，也可以在不同類型的學習演算法中找到不同的設計來刻劃智商的影響。我們也期待作為這方面的一個起頭研究，能夠激起更多的社會科學研究者，將諸多影響人類決策過程的重要心理因子適當地納入建模，使我們可以在發展描述型理論，或進行更有政策意涵的研究時，能走出「理性經濟人」的局圍，朝著以「智人」為基礎的建模方向邁進。

## 7.1 未來研究方向

針對本文的研究方法及範圍，我們可以進行更進全面的研究有：

- 擴大市場的規模

由於市場規模的大小對於交易活動有著深遠的影響，交易人數稀少的市場與人數眾多的市場將會有截然不同的市場動態，因此，身處不同規模市場中的交易者表現也可能不盡相同。本研究中所進行的是小規模的市場模擬，將來可以進行更大規模的市場，納入更多的交易策略，以探討市場規模對交易者表現帶來的影響，以及智商與學習行為在大規模市場下的重要性。

- 不同智商水準交易者的全面比較

本文中所呈現的智商比較，是將不同模擬中的 GP 交易者獲利表現資料相比而來。然而若要更直接地比較不同智商交易者的能力，最符合現實的作法便是將不同智商程度的 GP 交易者置於同一個市場中，並觀察是否高智商的交易者可以真的勝過低智商者。

在 Rust et al. (1994) 的研究中雖然曾提到，以人類在雙方喊價市場中的行為與軟體代理人的行為結果相比較，將是非常有意義的研究。可惜的是，Rust 和 Smith 的真人實驗似乎一直沒有後續的結果報告出來。

藉由本研究，我們希望能接延續的研究方向有以下幾點：

- 本研究比較了學習型的 GP 交易者與其他理性設計的軟體代理人的行為結果，便可以作為後續研究人類學習行為的第一步，而這也是必然要走的方向。我們可以進行真人的實驗，將人類於雙方喊價市場中的學習行為與本研究所觀察到的行為相比較，以找出人類學習的獨特之處。
- 在研究人類學習行為之後，更為直接的挑戰便是進行人機互動的實驗。在一個近似於本研究實驗平台的環境中，我們將允許真人與軟體交易者共存於市場。藉著本研究對各個軟體交易者特性的認識，我們可以觀察人類在面對

不同軟體交易者的不同行爲結果, 以及人類是否得知軟體代理人存在下的行爲變化。

- 在進行真人實驗的同時, 我們可以開始考慮到智商對真人受試者行爲的影響, 也就是將智商也帶到我們的真人實驗之中, 並觀察和本研究中所顯示出的結果有何同異之處。
- 藉由更深入探討人類在面對軟體代理人時學習行爲會面臨到的困難與挑戰, 我們可以爲之後研究人類與軟體交易程的結合作出預備。
- 在智商方面, 我們需要嘗試更多的環境組合來測試以群體大小作爲智商代理變數是否有可以改進的地方, 進而幫助我們將人類在智能上呈現的異質性更合適地在模型中反映出來。
- 在將智商納入代理人基經濟建模成功之際, 下一個有趣的議題便是如何將更多與人類的情緒 (emotion) 及個人特徵 (personal trait), 以合適的方式在合適的研究議題上, 納入代理人基的模型之中。