

# 廠商創新與仿冒行為的演化- 代理人基模型模擬與分析

陳樹衡·張嘉玲\*

本文採取演化性計算 (evolutionary computation) 中的遺傳演算法 (genetic algorithm·GA) 作為架構代理人基計算經濟 (agent-based computational economics, ACE) 模型的工具。藉由參數值調整進行不同實驗，模擬廠商的創新與仿冒行為。在總體面的分析中，本文針對創新與仿冒文化形成的原因、產業別間研發屬性的差異、創新，獨占與福利間的關係、市場中研發廠商與仿冒廠商家數的穩定性等議題加以探討，以了解不同市場條件設定下所演化出的豐富社會現象及其對經濟動態過程之影響。此外本文也由個體面的角度研究領導廠商的成功因素，並對轉型廠商稟賦及策略加以追蹤，討論蛙跳 (leapfrogging) 的可能性與發生條件。

**關鍵詞：**複雜適應系統、遺傳演算法、代理人基計算經濟學、創新、仿冒

## 1 前言

在知識經濟的時代裏，廠商必須在創新及冒險中尋求發展。廠商為了應付永無此境的科技變革，必須持續的創新，就彷彿攀登沿山丘而下的泥流，必須保持在其之上，只要廠商停頓下來，稍作休息，就會慘遭沒頂，這就是所謂的「科技泥流假說」 (technology mudslide hypothesis)。市場中有廠商進行創新，就會使得某些廠商產生仿冒誘因，兩者之間存在密不可分的交互影響。因此，究竟什麼樣的社會條件或商品特性會助長仿冒文化的風行？當廠商創新成功時是否容易成為獨占者？消費者會因而獲利？如果說新技術的開發與應用是經濟成長

---

投稿日：2005年1月4日，修訂：2005年3月1日，接受日：2005年3月7日。

\*作者分別為政治大學經濟學系教授、政治大學經濟系博士班學生。

的原動力，那麼長期之下仿冒者必然存在不利生存的隱憂，假使仿冒者選擇轉型成研發者是不是就能夠超越原先的領導廠商成為市場中的新巨頭？隨著時間經過市場上領導廠商的地位是會越來越穩固或者會被其他競爭者取代發生蛙跳 (leapfrogging)<sup>1</sup> 的現象？為了回答上述問題，本文以遺傳演算法 (GA) 建構了一個同時存在研發廠商及仿冒廠商相互競爭的代理人基計算經濟 (ACE) 模型，不但能從模擬的角度出發探討上述議題，也提供往後的研究者一個模擬平台。此模型下的人工異質廠商透過遺傳運算元的運作，演化廠商的資源配置策略，並且允許這些虛擬的人工廠商為適應市場生存壓力而選擇轉型，希望透過模擬，觀察體系中異質人工廠商的互動、學習與適應行為以及其所演化出的社會現象，並由經濟體系演化的動態過程中找尋規律性。

## 2 文獻回顧

Pepall (1997) 以研發兩階段賽局模型，研究廠商的創新及仿冒行為。廠商必須在第一階段決定研發的投入水準，第二階段決定最終財的產出水準。假設市場上有兩個廠商，進行兩階段非合作賽局，先進入市場的廠商 1 為創新者，而後進入市場的廠商 2 因可節省成本，故有誘因從事模仿，最後兩廠的所得分配會呈現齊一 (homogeneous) 現象。就福利效果來說，當專利權政策存在時，廠商的利潤較高，因此創新較易發生，但若沒有採取相關政策來抑制模仿，則廠商的創新意願低落，將使整體社會福利最小。

Brezis *et al.* (1993) 的蛙跳模型說明了技術落後國要取代技術領先國，成為市場中的新霸主必需滿足研發者和仿冒者間的工資差異大、新舊技術可被拿來比較、舊技術的經驗對於新技術的開發沒有助益、新技術“最後”要能提供技術進步比舊技術多的可能等條件。

Barro and Sala-i-Martin (1995) 將 Lucas 的技術外溢模型予以擴充，探討研發國與仿冒國的經濟成長。當模型假定仿冒者模仿研發者研發產品種類越多，則其需要花費越高的仿冒成本，且若仿冒者最終的仿冒成本，高於自行研發的成本 (即仿冒國的最終財貨生產技術與可供使用的勞動力都高於研發國很多時)，則兩國會產生角色的互換，仿冒者成為技術領先的研發國，而原先的創新者成為技術落後的仿冒國。

---

<sup>1</sup>蛙跳 (leapfrogging) 指兩者的角色互換的跳躍不連續重覆過程即從技術落後國 (廠商) 一躍而為技術領先國 (廠商) 的轉換現象。

然而傳統模型假定所有廠商皆為同質，故以代表性廠商分析市場內所有廠商的行為，只是在現實生活中廠商的決策往往互有差異，每一家廠商也不可能對未來具有完全預知的能力，因此僅能就其所擁有的資訊做出最佳的判斷。為放寬傳統經濟學以代表性個人、完全理性加諸於經濟分析的限制，Nelson and Winter (1982) 即開啟了以電腦模擬來解釋技術變遷的大門，爾後亦有多位學者依循繼續發展，如 Yildizoglu 便有一系列相關研究，而本文與之最大的差異乃在於將模擬環境推高至複雜適應性系統 (complex adaptive system, CAS) 的層次，即將異質性、適應性、互動性及反饋的概念帶入經濟體系的每家廠商中，使每一家廠商擁有自己的決策法則，並且能夠透過與其他廠商的互動結果來重新調整自己的決策，以增強自我對環境的適應能力，因此在框架下的模擬更為貼近真實經濟環境。另外，本文乃以遺傳演算法作為架構代理人基計算經濟模型的工具，遺傳演算法與經濟學的結合已有超過十年以上的歷史，運用亦十分廣泛。Chen and Kuo (2002) 提供了一篇涵蓋將近 150 篇經濟及財務應用上的文獻回顧。

### 3 研究方法及模型建構

#### 3.1 資源分配與策略編碼

在本文的架構下，每一個染色體都代表一個廠商的資源配置策略。我們定義研發廠商與仿冒廠商的基因編碼如下：

(研發廠商)

廠商編號	標籤	總稟賦	生產	研發	反仿冒
------	----	-----	----	----	-----

(仿冒廠商)

廠商編號	標籤	總稟賦	生產	仿冒	搜尋
------	----	-----	----	----	----

染色體中的廠商編號可視作每一家廠商的公司名稱，而標籤這個變數則是為了定義廠商究竟是扮演哪一種角色，當這個變數為 1 時代表廠商是研發廠商，若這個變數為 0 則表示廠商是仿冒廠商。藉由觀察廠商編號與標籤兩變數，

便可追蹤廠商角色變化的情況。此外，模型中的每家廠商皆需滿足預算限制式，就研發廠商而言，支配於生產、創新與反仿冒的資源應等於總稟賦，亦即生產、創新、反仿冒三項比例的加總應等於 100%。本期期初可支配總稟賦來自於廠商上一期的所得，因此每一個染色體不但反應了廠商資源分配的狀況及角色的扮演亦反應了廠商的規模大小。例如我們觀察到一個染色體的表現為[7, 1, 7000, 35, 54, 11]，7 表示公司名稱為 7 的廠商，1 代表 7 號廠商當期選擇扮演一個研發者的角色，並且 7 號公司可支配的總稟賦為 7000 元，這 7000 元中的 35% 分配在生產、54% 分配在從事研發、11% 用來做反仿冒。

### 3.2 研發廠商資源分配與產量的決定

本文採 D'Aspremont and Jacquemin (1988) 的看法，若欲得到較高的研發成果，則勢必要投入加倍的研發成本，因此研發的邊際成本為遞增，故將研發成本函數設為：

$$RC^i = \frac{1}{2} r^i (x^i)^2 \quad (1)$$

其中  $r^i$  為效率參數，其值越小效率越高， $x^i$  為第  $i$  家廠商的研發成果。(1) 式中的  $RC^i$  可透過染色體中的總稟賦乘上研發支出比例這個變數而得，效率參數 ( $r^i$ )，則是由 Beta 分配中抽出的一個亂數值<sup>2</sup>，用來表示廠商從事研發的“不確定性”。當我們得到研發支出 ( $RC^i$ ) 與效率參數 ( $r^i$ ) 後就可解出廠商的研發成果 ( $x^i$ )。由於  $r^i$  為 Beta 分配所抽出來的一個亂數 ( $r = \text{Beta}(a, b)$ )，其中， $a$  為實驗者對研發困難度的控制，實驗者可自行輸入介於 1-10 之間的數值， $a$  值設得越大，表示研發的困難度較高，抽到越大的  $r$  機會越大，亦即得到較小研發成果機會越大。當然廠商可以透過他的努力來得到比較好的研發成果，所以  $b$  為研發廠商的研發支出投入 ( $RC^i$ ) 的一種呈現，實際在處理時將  $RC^i$  標準化到 1-10 之間，若廠商越致力研發，獲得較小效率參數 (即較大研發成果) 的機率也會較高。故  $r^i$  會介於 0-1 之間，但我們排除等於 0 的狀況。

反仿冒則是研發廠商用來防止仿冒廠商剽竊其研發成果所做的防護措施，例如搜集仿冒廠商罪證的支出、律師費用等皆可視為反仿冒成本，而被告的賠

<sup>2</sup> $r = \text{Beta}[a, b]$ ，若  $a > b$  ( $a < b$ ) 則呈左 (右) 偏分配。藉由參數  $a$  的控制可決定研發之困難度，參數則定義為標準化後的研發支出，因此廠商越致力於研發，Beta 分配越易呈現右偏，獲得小效率參數 (即較大研發成果) 的機率也會較高。

償就是反仿冒這項支出帶來的好處。我們將第  $i$  家反仿冒支出寫成 (2) 式。每家研發廠商應分配多少資源於反仿冒則由模型的演化機制來決定。

$$DMC^i = h \quad (2)$$

本文的研發成果為降低單位生產成本 (cost reduction) 的技術研發。故若研發廠商不從事研發，則必需要以一個相當高的原始生產成本 ( $c$ ) 進行生產，所以我們定義廠商進行研發後的單位生產成本 ( $c^i$ ) 如式 (3) 所示。

$$c^i = c - x \quad (3)$$

研發廠商將資源分配於研發與反仿冒後剩下的部份則用於生產活動，式(4) 定義了研發廠商分派多少資源於生產。且因式 (3) 決定了研發廠商的單位生產成本 ( $c^i$ )，故由式 (5) 可得第  $i$  家研發廠商的當期產量 ( $q^i$ )。

$$A^i = Total\ Wealth - RC^i - DMC^i \quad (4)$$

$$q^i = \frac{A^i}{c^i} \quad (5)$$

### 3.3 仿冒廠商資源分配與產量的決定

作為一個仿冒廠商自然是不需要研發與反仿冒這項支出，那麼仿冒廠商又將他的資源作何分配呢？天下沒有白吃的午餐，仿冒廠商要盜取研發廠商的研發成果，也得投注一定程度的努力，因此我們可以想像仿冒廠商其實也存在一個“研發部門”，不過這個研發部門並不是做研發，而是一個專門將研發廠商的研發成果加以解碼以利自己生產的部門，我們把這個部門的支出稱為仿冒支出 ( $MC^j$ )。

$$MC^j = z \quad (6)$$

既然仿冒廠商是專門剽竊他人的研發成果的廠商，因此他也必須尋找所欲模仿的對象，這部份的成本稱為搜尋成本，可視為仿冒廠商支付給商業間諜的費用，本模型假設商業間諜市場有一穩定的行情，但是商業間諜所搜集回來的情報卻未必派得上用場，例如仿冒廠商僱用 5 名商業間諜埋伏在研發廠商群中，但仿冒廠商儘模仿 5 份商業情報中研發成果最佳的研發廠商，另外 4 份商業間諜的資料則未被採納，如同仿冒支出一般，搜尋支出亦是透過演化機制決定。

$$SC^j = s \quad (7)$$

仿冒廠商單位生產成本 ( $c^j$ ) 的決定相當的類似研發廠商，不過研發廠商因投入研發得到研發成果 ( $x^i$ ) 以降低生產成本，而仿冒廠商則是透過解碼部門的努力將所模仿的研發廠商之研發成果 ( $x^i$ ) 加以破解，變成自己的生產技術，然而仿冒廠商究竟可以模仿到什麼樣的程度則取決於他投注於解碼部門的資金，亦即仿冒支出 ( $MC^j$ ) 的多寡決定了仿冒廠商對研發廠商研發成果的複製能力 ( $d$ )，當仿冒支出 ( $MC^j$ ) 越高則複製能力 ( $d$ ) 越高的“機率”也會越大。如同研發支出之於研發成果，我們亦用 Beta 分配的機率密度函數來描繪仿冒廠商複製能力 ( $d$ ) 與仿冒支出 ( $MC^j$ ) 間的關係。因此可由式 (8) 得到仿冒廠商的單位生產成本 ( $c^j$ )。由於式 (8) 決定了仿冒廠商的單位生產成本 ( $c^j$ )，故我們透過成本函數的推導可得第  $j$  家研發廠商的當期產量 ( $q^j$ )。

$$c^j = c - dx^i \quad (8)$$

$$A^j = \text{Total Wealth} - MC^j - SC^j \quad (9)$$

$$q^j = \frac{A^j}{c^j} \quad (10)$$

### 3.4 研發廠商與仿冒廠商間的攻防戰

當市場內的  $N$  家研發廠商與  $M$  家仿冒廠商產量決定後，商品的當期價格便可由式 (11) 決定，並且由式 (12)、(13) 得到個別研發廠商及仿冒廠商的當期利潤。

$$P_t = a - \sum_{i=1}^N q^i - \sum_{j=1}^M q^j \quad (11)$$

$$\pi^i = (P_t - c^i) \times q^i \quad (12)$$

$$\pi^j = (P_t - c^j) \times q^j \quad (13)$$

研發廠商在仿冒廠商對其研發成果進行解碼的當下並沒有辦法查覺他辛苦努力的心血已經遭人盜用，一直要到仿冒廠商生產的仿冒品銷售到市面後，研發廠商才能發覺是否有其他廠商侵犯了他的智慧財產權。研發廠商是否能逮到仿冒者要看仿冒廠商的仿冒支出與研發廠商間的反仿冒支出間的拉鋸，為什麼呢？如果仿冒廠商投注越多的仿冒支出在解碼部門，如高薪聘請仿冒功力純熟的工程師，則該仿冒廠商生產出來的產品“看起來”越不像是仿冒品，因此除非研發廠商也在反仿冒上費了很大的苦心，否則很難舉證仿冒廠商的犯罪事實，只能任由不肖廠商逍遙法外。為了表達上述概念，因此我們透過 (14) 式

hyper tangent 函數的轉換，將研發廠商的反仿冒支出與仿冒廠商的仿冒支出之相對大小轉換成 0~1 間的數值，並定義這個數值為研發廠商勝訴的機率 ( $f_n$ )。如果說反仿冒支出遠高於仿冒支出，我們只能說研發廠商逮到仿冒者的機會很大，但這並不是件必然的事情，所以我們將此一研發廠商控告成功的機率代入伯努利分配 (bernoulli distribution) 來決定此一侵權官司誰勝誰負，若  $S_n = 1$  則表示研發廠商勝訴，假使 ( $S_n = 0$ ) 則代表研發廠商無法向仿冒廠商索賠。

$$f_n = \tanh\left(\frac{DMC^i}{MC^j}\right) \quad (14)$$

$$S_n = \text{Bernoulli}(1, f_n) \quad (15)$$

當研發廠商勝訴 (即  $S_n = 1$ )，那麼他可以要求仿冒廠商作一賠償，研發廠商與仿冒廠商的下期可支配總稟賦分別如式 (16) 與式 (17) 所示。其中  $(1-r\%)$  代表仿冒廠商侵犯他人智慧財產權而付出的代價。

$$w^i = \pi^i + (1-r\%) \times \pi^j \quad (16)$$

$$w^j = (r\%) \times \pi^j \quad (17)$$

如果研發廠商敗訴 (即  $S_n = 0$ )，則他必需默默的吞下仿冒者仿冒其創新的苦果，此時研發廠商與仿冒廠商的適合度 (fitness) 分別由式 (18) 與式 (19) 所決定。

$$w^i = \pi^i \quad (18)$$

$$w^j = \pi^j \quad (19)$$

### 3.5 遺傳演算法與廠商的適應性行為

本文利用遺傳演算法作為架構代理人基計算經濟模型的工具，每一個染色體都被視為一家廠商當期的資源配置策略，而廠商下期可支配的總稟賦也就是我們用以評定廠商資源分配策略表現好壞的準則，在遺傳演算法中稱為適合度。透過遺傳演算法適者生存不適者淘汰的篩選機制，廠商為了適應環境求取生存必須不斷調整他的資源配置策略，如透過交配 (crossover) 運作元來參考經濟體系中其他廠商的策略，或者藉由突變 (mutation) 的運作刺激廠商採行開創性的新策略。此外，本文加入利基 (niche) 的概念來限制住廠商學習的對象。現實生活中，同為晶圓代工的台積電與聯電可能會相互模仿對方的行為，甚至在生產上產生互相比較的競賽，但是對於一家未上櫃上市的晶圓代工廠而言，可能受

限於資本額的限制，所以台積電和聯電的資源分配策略未必適合他，因此他會選擇參考跟他資本差距不大廠商的資源分配策略。以下介紹體系中廠商策略演化的機制。

步驟 1：計廠商 ( $i$ ) 與市場中其他廠商 ( $j$ ) 下期可支配稟賦之差距 ( $S_{ij}$ )

$$S_{ij} = |\text{Fitness}(i) - \text{Fitness}(j)| \quad (20)$$

步驟 2：將廠商間下期可支配稟賦差距標準化

$$\text{New}S_{ij} = \frac{S_{ij}}{\max - \min} \in [0,1] \quad (21)$$

步驟 3：引入利基的概念，依標準化後廠商的下期可支配稟賦差距將廠商歸入不同的族群。所以若  $\text{New}S_{ij} < \delta$  (我們給定的參數)，那麼就把  $i$  廠從市場所觀察到  $j$  廠商的資源分配策略納入  $i$  廠的配對池 (mating pool) 裏 ( $MP(i)$ )，所以  $MP(i)$  中的所有廠商的財富狀況都是  $i$  廠較接近的，因此他們的資源分配策略對  $i$  廠來說具有參考價值。

步驟 4：重覆步驟 1，直到每一個廠商都形成他自己的配對池為止。

步驟 5：廠商轉型機制設計

(1) 挑出廠商  $i$  自己的策略

(2) 從廠商  $i$  的配對池中以抽出不放回的方式隨機抽取兩個其他廠商的策略，但是每個策略被抽到的可能性則依輪盤法決定 (roulette wheel selection)。其中適合度較高者代表父親 (father)，適合度較低者稱為母親 (mother)。並分別定義父親的適合度為 ( $F(f)$ )，母親的適合度為 ( $F(m)$ )。

(3) 比較廠商  $i$  與  $F(f)$  及  $F(m)$ ，來決定廠商是否要改變他所扮演的角色及資源配置的策略。

◎ 當  $F(i) > F(f) > F(m)$  時表示廠商  $i$  與他財富差距不大的廠商相較下是表現最好的，因此他不會改變他所扮演的角色，可能只對其資源分配依步驟 7 有所調整。

◎ 如果  $F(i) < F(m) < F(f)$ ，則表示與廠商  $i$  財力相當的廠商中，廠商  $i$  相對其他廠商的表現比較差一些。若父親所扮演的角色與廠商  $i$  相同，則表示並非廠商  $i$  所扮演的角色使他獲利較差，而是廠商  $i$  資源分配策略相對的不如他人，因此他會參考較成功者父親的策略對自己下一期的資源配置依步驟 6 調整。如果廠商  $i$  所扮演的角色與父親不同但與母親相同時也依步驟 6 來參考母親的策略。但是如果廠商  $i$  所扮演的角色與父親及母親都不同，那麼就



表示廠商  $i$  在這個族群中相對上財富較低的原因可能來自於他扮演的角色不對，因此廠商會選擇改變他所扮演的角色，由於廠商  $i$  對新的角色沒有經驗，所以對資源的分配則是參考父親與母親的策略再依步驟 6 處理。

- ◎ 若  $F(f) > F(i) > F(m)$ ，且當父親與廠商  $i$  所扮演的角色相同時，表示廠商  $i$  在這個角色上尚有進步空間，因此他會參考父親的策略，依步驟 6 調整出自己下期分派的資源方式。若廠商  $i$  所扮演的角色與父親不同，但與母親相同，則表示在財富類似的這個族群中，廠商  $i$  的表現雖然不及父親來得好但是他相較於這族群中其他與之相同角色的廠商而言，表現也還差強人意，於是我們給廠商  $i$  一個機會讓他可以改變他的角色，一旦廠商改變了他的角色，那麼我們就認定廠商會去「複製」父親的策略來做為他下一期資源分配的策略。如果廠商  $i$  選擇了原來的角色，那麼他可能就會依步驟 6 參考母親的策略，調整自己的資源分配。假使廠商  $i$  扮演的角色與父親及母親皆不相同，那麼我們亦給廠商  $i$  一個改變角色的機會，如果他選擇改變，則他可以利用父親及母親的策略依步驟 6 來組合出新的決策，如果他選擇保有本來的角色，那麼我們允許廠商  $i$  依步驟 7 有一個重新調整資源配置的機會。
- 步驟 6：交配，可以視為廠商  $i$  參考其他廠商的策略後對資源分配所做的一個調整。廠商 1 對於下一期策略會有一部分的想來來自對其原先策略的堅持，一部份來自於廠商 2 表現得比較好的衝擊，因此廠商 1 幾經考量後會依 (22) 式產生一個新的策略組合。

$$x' = \left( \frac{f_1}{f_1 + f_2} \right) \times x_1 + \left( \frac{f_2}{f_1 + f_2} \right) \times x_2 \quad (22)$$

步驟 7：突變可視為廠商對資源分配策略靈機一動的新鮮想法，本模型的做法是將策略結構中的後三個變數各加上一個亂數值，最後採用重新調整 (rescale) 的方式，使之滿足預算限制式。

步驟 8：在這個機制下的廠商是穩健的，因此他們並不會冒冒然的於下期使用新策略，於是我們假設其他廠商情況不變下，將新的策略代入市場的基本運作中重新執行一次，便可得到我們新策略的潛在適合度 (potential fitness)，如果新策略的潛在適合度大於舊策略的適合度，廠商才會使用新策略，否則廠商依然會採行舊策略，這個動作稱為精挑細選 (election)。

步驟 9：回到步驟 5，重覆執行，直到所有廠商下期策略都決定為止。

## 4 議題分析

代理人基計算經濟模型最大的特色在於可以同時觀察總體面的經濟現象，也可觀察市場中每個廠商的行為變化，故本章將利用不同參數設計（見表 1）所得的模擬結果分別就總體面與個體面的特定議題加以分析。

表 1：參數設定表

市場條件參數設定				
Market NO.	1	2	3	4
Initial wealth	7000	7000	7000	7000
Initial cost ( $c$ )	300	300	150	150
Alpha value of the demand curve ( $a$ )	1000	1000	1000	1000
Beta control parameter of RD ( $a$ )	7	7	7	7
Beta effective parameter of RD ( $k$ )	6	6	6	6
Beta control parameter of Imitative ( $b$ )	2	2	2	2
Unit cost of searching	20	20	20	20
Profit rate after penalty ( $r$ )	0.9	0.5	0.9	0.5
GA 參數設定				
Number of generation	50	Probability of mutation		0.01
Population size	30	Probability of switching		0.8
Probability of crossover	0.9	Parameter of Niching ( $\delta$ )		0.5

### 4.1 總體面問題探討

#### 議題 1：“加強智慧財產權的保障”是不是保障研發廠商的唯一途徑？

我們可以藉由參數的設定來建構出 2 個不同文化風格的社會，為模擬智慧財產權的保障程度對研發廠商及仿冒廠商的影響，故將較不重視智慧財產權市場的 profit rate after penalty 設為 0.9，而較重視智慧財產權市場的 profit rate after penalty 設為 0.5（見表 1，市場 1 與市場 2）。由圖 1 及 2 顯示無論法律對智慧財產權的保障程度如何，仿冒廠商要成為市場上的贏家都不是件容易的事情。不過，當法律對仿冒者只是略施小懲時，仿冒廠商短期內還是有生存的空間，然而一旦法律對仿冒廠商施以嚴刑峻罰，仿冒廠商的生存空間馬上會遭受威脅，如圖 2，演化至第 4 期後仿冒廠商就對市場毫無影響力。除此之外我們也由這兩個實驗中發現，其實研發廠商本身就具有一種自我保護的力量，而這股力量從何而來就留待議題 2 再探討。

圖 1：較不重視智慧財產權社會下的研發廠商及仿冒廠商平均適合度  
(RD：研發廠商，MRD：仿冒廠商)

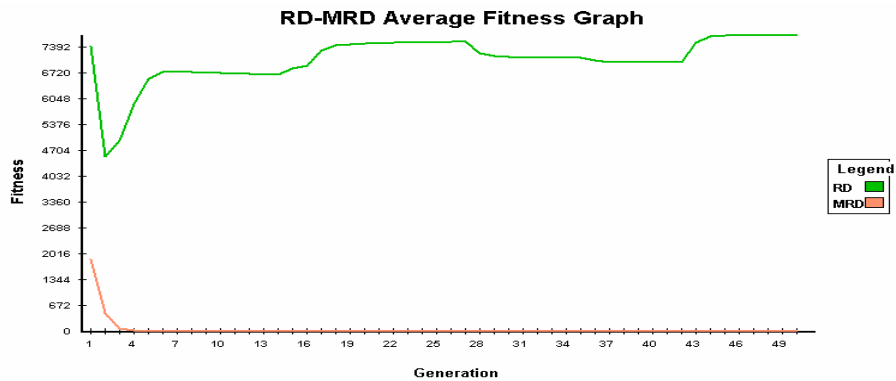
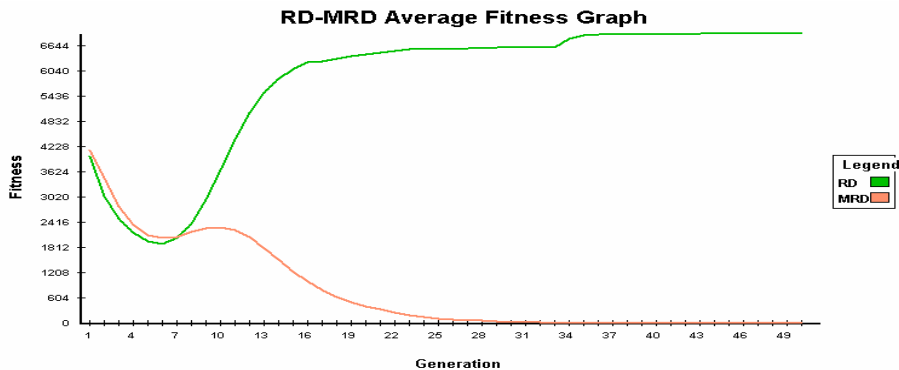


圖 2：重視智慧財產權社會下的研發廠商及仿冒廠商平均適合度  
(RD：研發廠商，MRD：仿冒廠商)



**議題 2：當仿冒廠商可以不費任何成本就能完全複製研發廠商的研發成果時，研發廠商該如何自保？**

由議題 1 中得知即使法律對智慧財產權的保障並不是那麼的周全，然而研發廠商仍有實力能成為市場中的優勝者。但如果存在一種令仿冒廠商能夠不費吹灰之力就能完全複製的商品（如 CD 唱片）那麼研發廠商是否仍能保有議題 1 中的自我保護能力呢？這次的實驗中，所給予的參數設定與議題 1 完全相同，但是我們讓仿冒廠商對於研發廠商的研發成果具有完全的複製能力（即不論仿冒廠商的仿冒支出為何，對研發成果的複製程度  $d$  皆為 1）。在此種情況下，如

果法律不嚴格處罰仿冒廠商，則仿冒廠商便很容易的鯨吞掉整個市場，研發廠商的生存空間將遭受到威脅（圖 3），這與唱片業者所面臨的情況不謀而合。但若政府能夠嚴懲仿冒廠商，則研發廠商將會受到保護，仿冒者也沒有辦法在恢恢法網下求取一絲的生存空間（圖 4）。

圖 3：較不重視智慧財產權且仿冒廠商對研發成果具 100% 的複製能力市場下的研發廠商及仿冒廠商平均適合度 (RD：研發廠商，MRD：仿冒廠商)

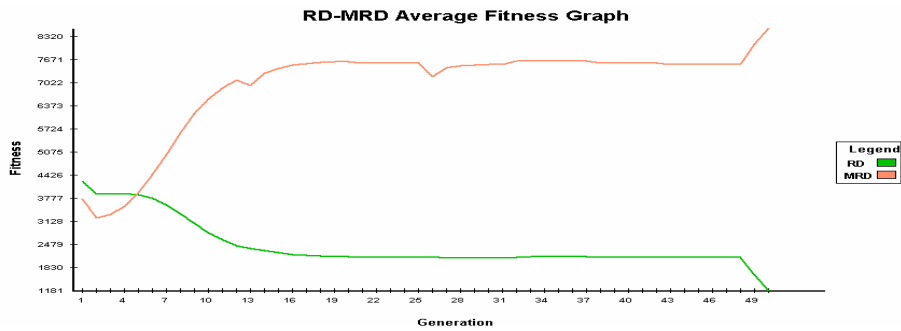
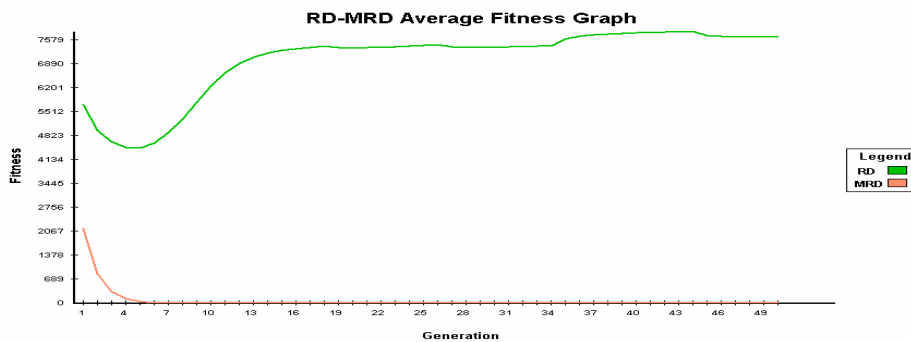


圖 4：重視智慧財產權且仿冒廠商對研發成果具有 100% 複製能力市場下的研發廠商及仿冒廠商平均適合度 (RD：研發廠商，MRD：仿冒廠商)



由議題 1、2 的討論可知仿冒文化之所以猖獗，除了受到法律及其執行成本的限制外，尚取決於商品本身被複製的難易程度。在技術被複製的程度 100%、仿冒者可以輕輕鬆鬆搭便車 (free rider) 的商品市場裏 (如唱片業)，政府尤其要對仿冒業者施以重罰，方能解決嚴重的盜版問題。然而現實生活中並非所有的仿冒者都能不支付任何代價即取得研發廠商的研發成果，儘管有些研發成

果會很快的變成一般性知識，具有公共財的性質，但研發廠商還是有能力保有部份的研發成果使其成為專屬的私有財，這是因為廠商的研發成果很可能僅適用於某種特定的操作程序或者是廠商擁有部份不為外人知的秘方，故只要技術被複製的程度不是 100%，仿冒廠商就難以完全取得研發廠商的研發成果，即使法律不嚴格管制仿冒者的行為，研發廠商研發成果的自我保護機制也會自動抑制仿冒廠商在市場上的獲利能力。根據 Mansfield (1981) 的研究，製藥業的模仿代價最高，所以廠商欲靠模仿來生存應該不是一件容易的事。

### 議題 3：當產業別間存在不同的研發屬性時，廠商的資源配置有沒有不同？

高科技產業與傳統產業的研發屬性往往有所差異，高科技產業（如半導體業、網路業、資訊軟體業）等產品都是位於產品生命週期的成長階段，生產技術常處於開發與改良的狀態，因此增加研發支出所帶來的研發成果往往可以節省較多的生產成本。而傳統產業（如水泥業）的產品常處於產品生命週期中的成熟或衰退階段，因此廠商投入研發對製程的改善效益不大，故能節省的成本不多。我們透過不同參數的設定（見表 1，市場 1 及市場 3），模擬此兩種不同研發屬性的產業，並觀個別廠商的資源配置狀況。其中，由於研發投入對技術密集的高科技產業來說能節約的成本幅度較大、對傳統產業的成本節約幅度較小，因此我們將高科技產業的 Initial cost 設為 150、傳統產業的 Initial cost 設成 300，當然，我們也可以借由 Beta effective parameter of RD 的控制達到相同的目的。

由圖 5 可知當產業的研發屬性是屬於成本節約幅度較大的技術密集產業時，研發廠商對研發及反仿冒的支出會相對高於圖 6 非技術密集產業下的研發支出。當成本的節約幅度大時，能夠成為市場上優勝者的廠商並非是一味盲目生產，追求產量的廠商，除了生產之外，廠商必須分配一定的資源於研發部門上及採行適度的反仿冒，方能在市場上占有一席之地。根據圖 5 顯示，前 16 期應是由仿冒廠商領先研發廠商，此時，研發廠商研發支出的多寡牽動著仿冒廠商仿冒與搜尋的支出。由於仿冒廠商的過度生產破壞了市場行情，故研發廠商得以重新調整策略將仿冒者驅離市場。由於並沒有任何廠商的市場占有率大幅領先其他競爭者，創新失敗的廠商可能會擔心其原有的市場慢慢被消蝕掉，所以為了避免這種不幸的命運，他們會增加對研發部門的投資或者調高生產部門的經費預算，以尋求更適當的自我防衛，此一調整過程使得市場的價格呈現上下波動之態式。而圖 6 說明了當研發的屬性是屬於成本節約幅度較小的非技術密集產業時，研發投資所能為廠商帶來的邊際效益相對於以傳統方式生產所能獲取的好處並不高，因此市場上的領導廠商為支配大量資源於生產的廠商。嘗試

著投入較多資源於研發部門的廠商之所以難以生存的原因在於其他廠商的大量生產使得市場價格下跌，再加上研發的貢獻性小，所以著重研發的廠商所能生產的產量更少，利潤更加被壓縮，因此在此類型的市場中，投入太多的資源於研發對廠商來說是一種變向的資源浪費，如水泥業等。也由於投入研發並不會成為廠商的優勢策略，因此當廠商成為市場中的獨占廠商後，產品的單位生產成本還是很穩定，故能為廠商擴充的稟賦也只是緩慢成長，所以市場上的價格會呈現比較穩定的局面。

圖 5：技術密集產業下研發廠商與仿冒廠商資源配置圖 (MC：總仿冒支出，SMC：總搜尋支出，RC：總研發支出，DMC：總反仿冒支出，Price：10 倍的商品價格，TA\_RD：RD 廠商總生產支出，TA\_MRD：仿冒廠商總生產支出)

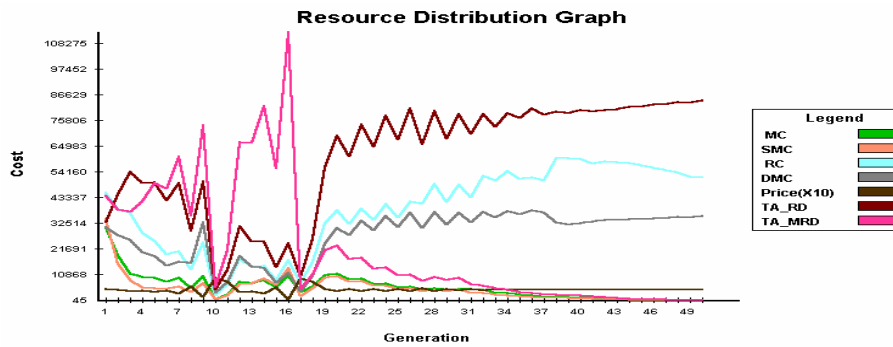
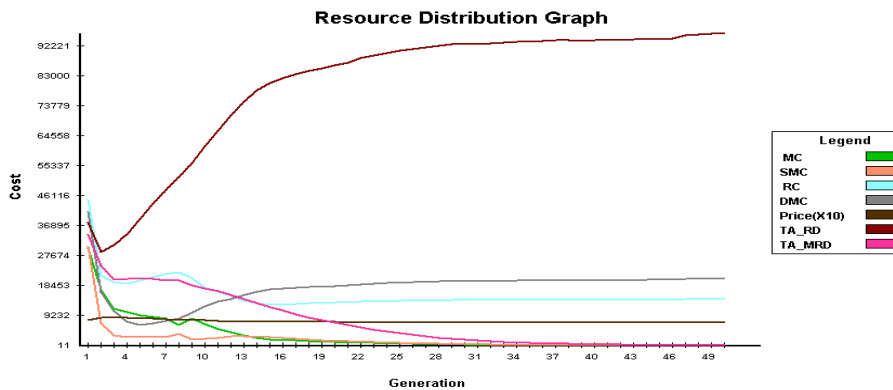


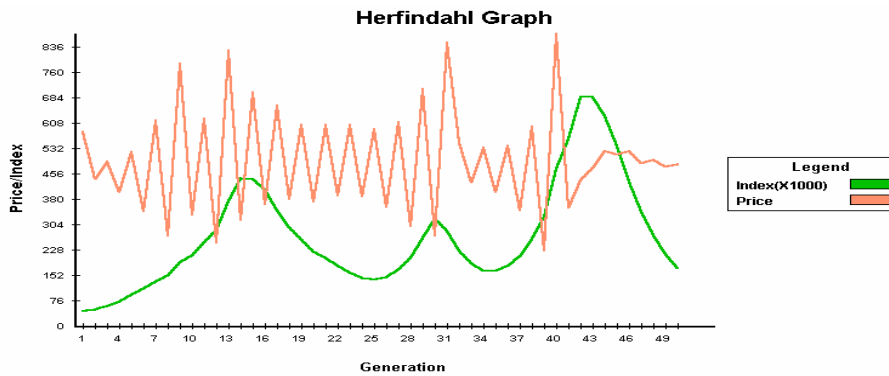
圖 6：非技術密集產業下研發廠商與仿冒廠商資源配置圖 (說明見圖 5)



**議題 4：廠商的創新是否為他帶來獨占的力量？廠商間的技術差距是否隨著某家廠商規模的增長而擴大？對消費者福利又有何影響？**

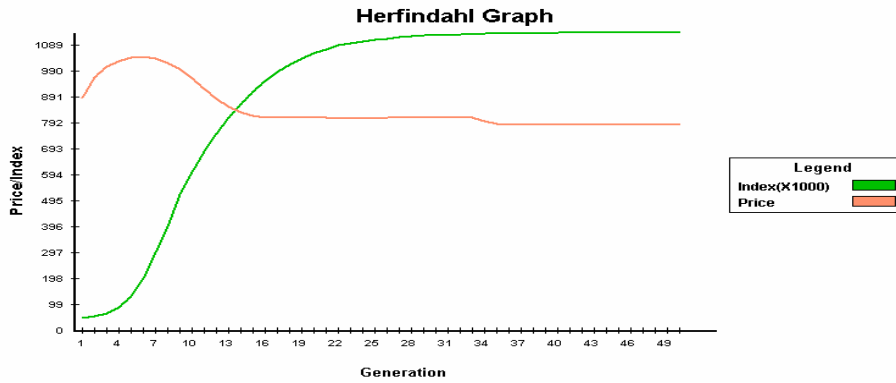
延續議題 3 的參數設定，繼續探討創新、獨占與福利之間的關係。由圖 7 的赫芬達指數走勢可發現在技術密集產業裏，似乎沒有任何一家廠商可以完全獨占整個市場，主要是因為成本節約的幅度大，因此廠商研發成功所能為廠商帶來的好處也較大，所以廠商下期的稟賦得以迅速累積，然而並非對某一家特定的廠商如此，對市場上其他家研發廠商亦是如此，因此針對特定廠商來說，下期可支配稟賦就未必會增加，反而有可能會減少，因此市場的赫芬達指數會呈現高高低低、上下起伏的態式，故廠商要成為市場上的獨占廠商並不容易，但是在此研發屬性下很容易演化成少數幾家大廠相互競爭的情況。現實生活中的網路業及資訊軟體業，都可能產生圖 7 的現象。

圖 7：技術密集產業赫芬達指數與價格走勢圖



非技術密集產業的赫芬達指數走勢則單純許多，領導廠商會設法儘可能的增加產量，將對手驅離市場，享受沒有競爭壓力下的利潤。然而這樣的結果對消費者而言卻未必不利。此一實驗結果與 Cabral and Riordan (1994) 的看法不謀而合，他們由整體社會福利的角度來看，廠商若透過掠奪性競爭行為奪取獨占地位，對消費者不必然會造成傷害。圖 8 顯示當赫芬達指數越高（即廠商獨占力越彰顯時），消費者消費物品的價格反而較低，這是因為大廠之所以能形成獨占是因為先前正確的資源配置策略所致，此一成功的效果會因廠商規模的擴大而回饋市場，因此消費者的福利會增加。

圖 8：非技術密集產業赫芬達指數與價格走勢圖

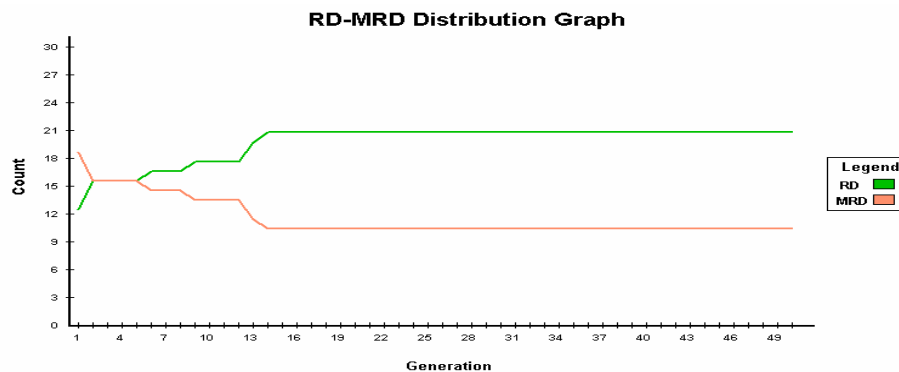


此外，根據模擬結果顯示，無論是技術密集或非技術密集的產業，廠商間的技術差距大抵皆有擴大的趨勢，主要的原因在於無論市場是被一家、兩家或三家所把持，都有部份廠商領先、部份的廠商從競爭下湮沒，因此資源分配策略錯誤的廠商便無法再與大廠相抗衡，所以廠商間的技術差距會擴大。

#### 議題 5：市場中的研發廠商與仿冒廠商數目是否會呈一穩定比例？

由圖 9 可知，廠商要扮演研發者或仿冒者是在演化早期就已決定，可能的原因在於策略演化的機制中採用了利基，由於廠商只會選擇與之實力相當的廠商策略參考，因此某種程度侷限了廠商角色變化的可能性。

圖 9：研發廠商與仿冒廠商分佈圖（市場 1）





## 4.2 個體面問題探討

### 議題 1：領導廠商之所以成功的策略何在？

表 2：領導廠商策略表 (個案資料)

市場型態	市場 占有率	領導廠商型態	領導廠商策略		
非技術密集 法律較不重視智慧財產權	60%	研發廠商	產量策略		
			生產	研發	反仿冒
			76%	18%	6%
非技術密集 法律重視智慧財產權	100%	研發廠商	產量策略與反仿冒策略並行		
			生產	研發	反仿冒
			45%	11%	44%
技術密集 法律較不重視智慧財產權	19%	研發廠商	生產的分配高於總稟賦的 50%，研發與反仿冒再均分生產外的資源		
			生產	研發	反仿冒
			52%	25%	23%
技術密集 法律重視智慧財產權	29%	研發廠商	著重研發與反仿冒		
			生產	研發	反仿冒
			25%	47%	28%

※本表為模擬至 50 期，適合度最高之廠商資料

表 2 是根據模擬而得的個案整理，列出的領導廠商終期策略。由此表可發現，只要是商品的研發屬性是屬於非技術密集則市場容易形成一廠獨大的局面，而此一龍頭廠商所採取的成功策略便是採取產量政策，儘可能的擴大其市場占有率，利用累積規模來將對手驅離市場。而商品研發屬性屬於技術密集的產業則容易形成少數大廠競爭，市場內的競爭廠商都面臨可能一夕致富也可能隨時成為泡沫的環境，因此其適合度也相對的比較不穩定，廠商除了在生產部門的支出不能太低必須維持一定的市場占有率外，同時也需要投入相當的成本於研發部門，否則領導地位很可能被第二名或第三名的廠商所取代。

### 議題 2：廠商選擇轉型是否能夠力挽狂瀾，扭轉乾坤？

根據模擬結果的觀察，蛙跳並不容易發生。如果廠商選擇改變角色後要能夠成為領導廠商或至少成為市場中的前三強則其生存的市場要具備以下條件：  
 (1) 越早轉型對廠商越有利，由於演化的前幾期勝負尚未抵定，擁有大額資本的廠商尚未形成，故廠商於此時改變角色，只要策略正確仍然有實力與原先的領導廠商一決雌雄。

- (2) 當市場面臨一項極大的衝擊，使得所有廠商皆慘遭虧損命運時，則無疑是給轉型廠商擁有一個全新的機會與原先的領導廠商站在相同起跑點上競爭。
- (3) 除非廠商轉型前的稟賦已名列前茅，否則想要在市場上占有一席之地的機會不大。

## 5 結論及未來展望

由於代理人基計算經濟模型是將模擬環境放置在複雜適應性系統的框架下，因此，在這個動態的體系下，許多情況的產生並非實驗者所能掌控，而是得視整體經濟體系共演化的結果而定，我們亦無法去預期模擬結果會得到一致性的答案，正如，在現實經濟體系下，我們無法確保投入大筆資金便能使研發成功一樣。是故代理人基計算經濟模擬的主要目標並非在於告訴吾人「唯一」的解答，而是透過模擬讓我們認知該什麼樣的市場條件導致某種結果的「可能」。即使每次演化的結果都不盡相同，然而每個模擬間還是存在一些共通的法則，本文每組市場條件參數至少進行5次的模擬實驗，故本節就所有模擬整理出一般性的結論。(1) 只要仿冒具有難度，則仿冒廠商並不像我們想像中容易成為市場中的優勝者。(2) 研發效果小則價格會比較穩定，反之價格的波動度大。(3) 在此研發廠商與仿冒廠商相互競爭的代理人基模型下形成獨占局面對消費者而言未必不利。(4) 領導廠商的市場占有率越高，則廠商間的技術差距越大。(5) 轉型後廠商要成為領導廠商並非易事。(6) 演化過程具有強烈的路徑依賴 (path dependence) 特性，使得強者恆強，弱者恆弱成為常態性的演化結果。

展望未來，除了在實證結果方面，應做大規模的模擬，並以統計方法，歸納出更嚴謹的結果外，於本模型簡單的設定下其實還有以下幾點可以繼續改進以豐富模型，使之更為生活化：(1) 本模型尚未考慮廠商對價格的預期，因此廠商很可能會因為過度生產而破壞掉市場行情，因此未來可加入廠商的價格預期行為，以避免市場中出現供過於求的現象。(2) 現實生活中研發廠商也可能會有誘因去“參考”其他研發廠商的研發成果，故未來亦可考量廠商同時進行研發與仿冒的情況。(3) 研發廠商面對規模大的仿冒廠商及規模小的仿冒廠商態度可能截然不同，因此可考慮研發廠商對不同規模的仿冒廠商有不同程度的處罰。(4) 模型中假設廠商若有虧損則會自行想辦法籌錢來維持他的營運，故並未探討廠商進出的問題，然而要若考慮廠商進出的問題則會勢必會牽扯上演化過程中市場結構的變化，當市場由完全競爭市場變成寡占市場則廠商的行為

可能會有極大的差異，因此隨著市場結構的變遷，可以更豐富廠商作決策的行為模式。

## 參考文獻

- Barro, R. J. and X. Sala-i-Martin, (1995), *Economic Growth*, McGraw-Hill, Inc.
- Brezis, E. S., P. R. Krugman and D. Tsiddon, (1993), "Leapfrogging in International Competition: A Theory of Cycles in National Technological Leadership," *The American Economic Review*, 83, 1211-1219.
- Cabral, L. M. B. and M. H. Riordan, (1994), "The Learning Curve, Market Dominance and Predatory Pricing," *Econometrica*, 62, 1115-1140.
- Chen, S.-H. and T.-W. Kuo, (2002), "Evolutionary Computation in Economics and Finance: A Bibliography," *Evolutionary Computation in Economics and Finance*, 419-444.
- D'Aspremont, C. and A. Jacquemin, (1988), "Cooperative and Noncooperative R&D in Duopoly with Spillovers," *The American Economic Review*, 78, 1133-1137.
- Mansfield, E., (1981), "How Economists See R&D," *Harvard Business Review*, Nov.-Dec., 98-106.
- Nelson, R. R. and S. G. Winter, (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge (MA): Harvard University Press.
- Pepall, L., (1997), "Imitative Competition and Product Innovation in a Duopoly Model," *Economica*, 64, 265-279.
- Yildizoglu, M., (2001), "Connecting Adaptive Behaviour and Expectations in Models of Innovation: The Potential Role of Artificial Neural Networks," *European Journal of Economics and Social Sciences*, 15, 203-220.
- Yildizoglu, M., (2002), "Competing R&D Strategies in an Evolutionary Industry Model," *Computational Economics*, 19, 51-65.

# **Innovate or Imitate? Who Survives? Who Benefits?**

## **Agent-Based Modeling of a Technology-Driven Competitive Industry**

**Shu-Heng Chen**

*AI-ECON Research Center, National Chengchi University, Taiwan*

**Chia-Ling Chang**

*AI-ECON Research Center, National Chengchi University, Taiwan*

In this paper, we study the behavior of innovation and imitation among a group of firms in a competitive industry. To survive, firms have two fundamental choices. They can choose to be innovative firms that develop cost-reducing technology by their own efforts. Alternatively, they can also choose to be an imitating firm, which simply “steals” the technology from the innovative firms. The choice is adaptive in the sense that firms are able to learn from their experiences. In a standard model of supply and demand, we address the existence and characterization of the competitive equilibrium, including the survival dynamics of firms and implications for social welfare and intellectual property law. Our analytical approach is based upon what known as agent-based computational economics, which is now a standard paradigm for modeling an economy as a complex adaptive system. Within this paradigm, we employ a genetic algorithm to represent firms’ strategic behavior and learning dynamics.

**Keywords:** complex adaptive system, genetic algorithm, agent-based computational economics, innovation, imitation