

探討技術網絡之社群結構與位置關係 ——以保險商業方法專利為例

翁順裕
德明財經科技大學

論文編號：2990

收稿 2009 年 8 月 17 日 → 第一次修正 2009 年 11 月 10 日 → 第二次修正 2009 年 12 月 10 日 → 正式接受 2009 年 12 月 15 日

網絡結構的研究是社會網絡分析關注的一個核心議題。依定義，隨機構成之節點集合可視為是一個社群。但隨機集合而成的社群，無法對應到一個有意義的群體。社群研究主要是觀察整體網絡結構的特徵，並從中找出幾個「自然存在」(naturally existing)的社群。本研究將社群概念與操作方法運用到技術領域上，找出技術網絡中自然形成的技術社群，並詮釋其在技術結構中的存在意涵。本研究有以下的重要分析結果：(一)、依網絡位置關係將技術社群分為：孤立者(isolate)、主事者(primary)、追隨者(sycophant)、仲介者(broker)。(二)、推導技術社群之內部與外部關係的緊密變化，提出可能的技術位置的轉換路徑。本研究亦提出一些理論意涵的探討，以及對技術發展與技術策略的一些管理上看法。

關鍵字：技術社群、網絡位置、技術網絡、社會網絡分析。

緒論

網絡結構的研究一直是社會網絡分析關注的一個核心議題，特別是對於社群結構(community structure，或稱子結構)的研究(Radicchi, et al., 2004; Gustafsson, et al., 2006)。所謂網絡是一群節點(vertices)的集合，其中節點由線(edges)連接而成一對(in pairs)。社會網絡分析是將節點視為一個行動者(actor)，連結節點的線代表行動者之間的互動關係(relation)。一般而言，網絡的形成不一定是由同質性的行動者所組成。相對的，諸多網絡中參雜著大量異質性的行動者。因此如何辨識網絡中不同的社群便受到相當的關注(Radicchi, et al., 2004; Newman, 2006)。所謂「社群」(community)(或稱子群體)可以被定義為「是網絡中某些行動者的子集合，而該

子集合的行動者之間的聯繫比起其他行動者較為緊密¹」(Radicchi, et al., 2004)。社群性質呈現在網絡結構上，則是有些節點由較多的線數高度連結(highly connected)在一起，在此之外的節點則僅有少數線連接(Palla, et al., 2005)。如圖1所示，那些高度連結的節點的集合即為社群。對於社群概念則依研究目的

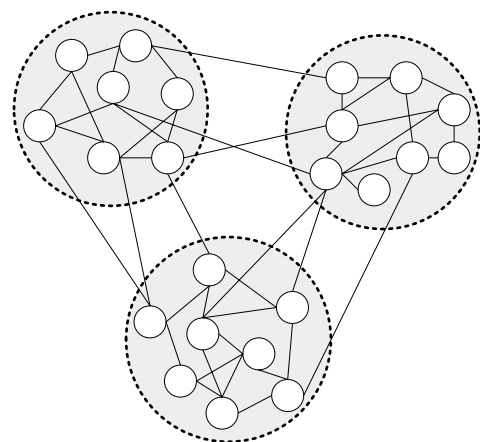


圖1 社群概念圖

翁順裕是德明財經科技大學財務金融系助理教授。地址：114 台北市內湖區環山路一段五 六號。電話：(02)26585801 轉 5168，E-mail：calvinweng@takming.edu.tw。作者感謝匿名評審提供寶貴意見。文中倘有錯誤，當屬作者責任。

¹ A community is defined as a subset of nodes within the graph such that connections between the nodes are denser than connections with the rest of the network (Radicchi, et al., 2004).

的不同，會有不同詮釋名詞。故社群概念運用在不同研究領域上亦可稱為叢集（cluster）、派系（clique）、凝聚子群（cohesive subgroup）或社會團體（social group）等。將一個大型網絡分割成幾個不同的社群，有助於瞭解網絡的構成與結構性質，以及不同群體的行動者之間的關係（Everett, 2002; Scott, 2002）。對於社群的概念，從以下兩方面解析。

從定義說明來看，社群的意涵分直覺（intuitive）且普實（common）。社群可以視為是一群相互關聯的個體，或是密度高的群體（Scott, 2002）。但事實上對社群的真正詮釋則須取決於社群本身所處於整體網絡之中的情境（context）與脈絡。因此對此簡單質樸的概念便可以有多元化的操作。社群可以是相似的模組（module）、同一個階層（class）、同質性的群體（group）或是類似的叢集（cluster）。可以正式方式出現，如政治派系、宗教團體。亦可存在於非正式關係之中，如利益群體、企業結盟（coalition）。運用在社會網絡上，可以代表有共通的利益或相同背景的社會群體。例如，立法院的財政召集委員會或一群專科醫師。運用在引用網絡中，則可以表示相關個體對於一個議題的共同關注。例如，在學術研究上，後續研究對某些議題的持續關注，在文獻參考（reference）上引用諸多先前文章的，對特定議題的持續討論形成一個學術社群。在技術發展上，對某些技術的持續發展與研發投入，在專利申請上紀錄對先前重要技術（prior arts）的引用歷程，對特定技術的共同關注構成一個技術社群。

從網絡結構來看，圖 1 的圓圈圖形所呈現的是社群結構的特徵（property）。社群結構分析的理論基礎源自於圖論（graph theory）中關於子圖（sub-graph）的概念。子圖是指：「網絡中選擇出來的任何節點與連接這些點的線所構成的集合」（Scott, 2002）。在結構上隨機選擇出來的節點所構成的集合當然可以被視為是一個子圖。但一個隨機構成的子圖，若考察其結構背後的意涵時則無法對應到一個有意義的群體，不知子圖構成的意義何在。因此在區分（partition）子圖時必須採用一些標準（criteria），否則無法對區分後之節點的集合及其關係的連結做出有意義的詮釋。換言之，一個具有鮮明特徵（defining characteristic）的子圖，其背後必然是依循圖論中的某種數學原則而來（mathematical principals of graph theory），例如，點的關連性，或是關係的緊密性等（Scott, 2002）。子圖

切割是根據圖論中的某些原則進行，但是對社群的分析則是採用另一種研究方法來探討子圖的問題。對社群的研究主要是觀察整體網絡結構的特徵，並從中找出幾個「自然存在」（naturally existing）的子圖（Scott, 2002）。社群結構的研究方法是假設對於有興趣或所欲分析的網絡，其網絡本身自然地（naturally）區分為不同子團體，而研究者的工作則是找出這些子團體（Newman, 2006）。

區分子圖必須有一些標準存在，而「自然存在」是社群研究在區分子圖時的標準。網絡中因「某種原因」而自然形成的社群，對此我們才有可能從中探尋其「存在」的可能價值。隨機構成的社群則無脈絡可循。研究者的首要工作則是從網絡結構中辨識出這些社群。若將此概念與操作方法延伸到技術領域上。試問「在技術發展歷程中是否存在自然形成的技術社群？」、「在技術網絡的結構中能否區辨出存在一些特殊技術意涵的社群結構？」

針對以上的兩個提問，讓我們把焦點從社會學關注的社會現象（social facts）移向技術發展中所可能產生的技術現象。以技術研發的具體成果「專利」做為分析對象。若將專利技術當作是網絡中的節點，專利引用（citation）則連結技術之間的共通性（technological commonalities）而形成一個技術網絡（Stuart and Podolny, 1996; Podolny, et al., 1996）²，如圖 2 所示。在技術發展的過程中，新技術對於先前技術的引用、參考、改良的本質，與學術研究對於過去經典文章、代表性文章或相關性文章的引用是一樣的。基本上都是對一個特定議題的共同關注。從技術研發的角度思考專利引用的過程，本研究認為專利引用先前技術的過程基本上具有兩性質：**自主性（autonomy）**與**隨機性（randomness）**。舉例說明，A 企業或是同一產業內的一些企業對某項技術的持續研發並產出一系列的專利，因此後續專利申請對先前專利之有計畫

² Stuart and Podolny (1996, pp.34-35) 於其文中提及：「一個產業的技術根基可以當作是一個逐漸成型的網絡。不同的發明構成網絡的節點，網絡中不同發明之間的技术共通性是其關聯，連接節點」。摘錄其原文如下：「This work is the conception of the technological base of an industry as an evolving network. Discrete inventions, which for the most part belong to corporate innovators, form the nodes of this network. Technological commonalities among the inventions in the network are the ties that connect nodes. In an ongoing research program, we suggest that patents and patent citations can be used to represent this expanding "technological network" for a select number of high-technology industries」。

或策略性的引用便是自主性引用 (Thompson and Fox-Kean, 2005; Thompson, 2006)。因為技術的發展是累積性的，新技術往往是搭建在現有架構之上。相對的，A 企業在新技術的研發過程中，突然發現與 B 企業或另一產業的某項專利技術類似，因此在專利申請過

程中之非計畫性，或是應專利審查官之要求必須加入的引用則視為隨機性引用 (Stefano, et al., 2005; Thompson, 2006; Criscuolo and Verspagen, 2008)。針對上述，Alcácer, et al., (2009) 亦有雷同看法。

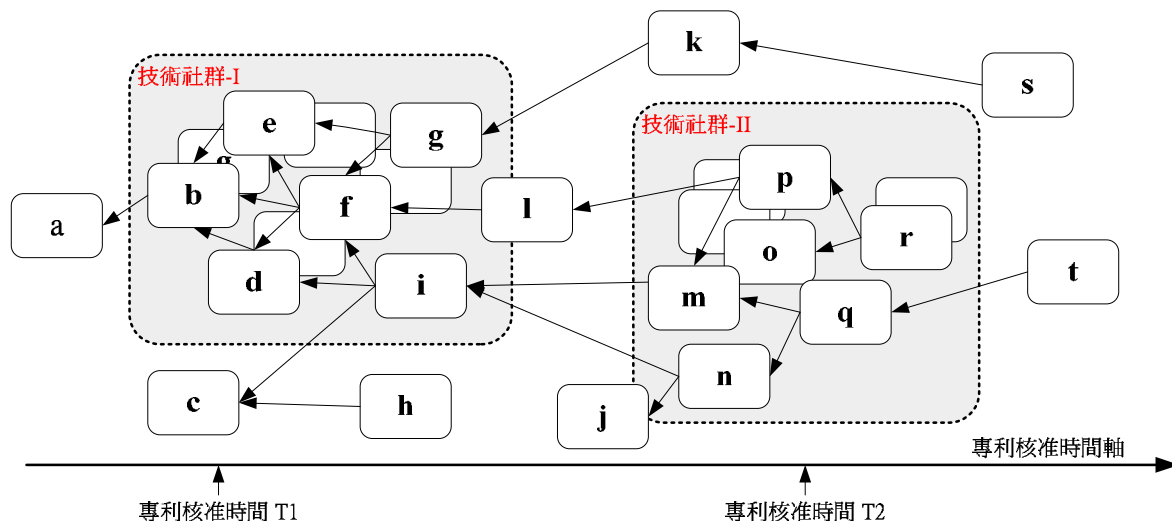


圖 2 專利引用之技術網絡與技術社群

引用先前專利的某專利 (citing patent) 日後也可能被其他專利所引用 (cited patent)。但是當下的專利，並無法預知該項專利將來會被哪些專利所引用，或被引用的頻率有多高。因為引用原因有可能是因為技術的延續性、組織的研發策略 (自主性引用)，或開發過程的不期而遇 (隨機性引用) 等所致。從上述網絡結構的思維來看，自主性引用會有「集會結社」的可能 (收斂的網絡結構)，隨機性引用則有「一盤散沙」的現象 (發散的網絡結構)。因為自主性引用在技術的引用集結過程中是有可能自然的逐漸的形成為解決特定技術問題、或提供更佳解決方案的一個小團體。小團體內有特定目的，聯繫緊密，共享知識，資訊流布迅速。對於自主性引用，從技術現象的角度詮釋：專利引用所形成的技術網絡中，或許對於某項新技術研發的共同投入、持續改善，或者對於某項主流設計的爭奪。反映在網絡結構上則會呈現出相關專利技術之間的引用關係有高度相似性 (翁順裕與賴奎魁，2009)。上述現象逐漸交織成一個技術社群，如圖 2 的灰色框框。灰色框框呈現技術社群結構的特性，即網絡中的某些節點群集 (cluster) 在一個緊皺群體 (tightly-knit group) 之中，群體之內 (within-group) 有較高的密度，而群體之間 (between-group) 則密度較低 (Gustafsson, et al., 2006)。

綜合上述的推論，從理論的視角探討本研究的第一個提問，技術網絡是有可能因技術關注的焦點而相應形成一個技術社群。而該技術社群的存在意義乃為解決技術上未解之問題，或提供更佳的解決方案。因此本研究的重心移向第二個提問的處理，亦即如何依循 Scott (2002) 所述及的研究方法，區辨出技術網絡中因技術引用關係而自然成群結社的技術社群，以及為這些社群建構出可能的存在意義。換言之，技術的發展是有目的，技術的研發亦有重心，連結這些專利之間自然形成的引用關係，在其所處的環境脈絡之中，構成本研究所稱之技術社群。辨識與詮釋灰色框框的技術社群是本研究的重心。

對於社群結構的辨識 (detection) 一直是社會網絡分析的一個關注焦點 (Wasserman and Faust, 1994; Scott, 2002; Radicchi, et al., 2004)。因為將一個大型網絡分割成幾個不同的社群，觀察社群之間相對位置的關係，有助於瞭解整體網絡的結構或運作，以及不同群體或功能性質之間的關係 (Scott, 2002)。對於網絡中社群的概念與意涵，本研究將之運用到技術網絡上，利用在技術發展過程中由各種技術所交織出來的技術網絡，以社會網絡分析區辨出自然形成的技術社群。本研究針對美國專利暨商標局 (United States Patent

and Trademark Office、USPTO³)關於「保險商業方法」(insurance business method)專利進行研究。探討技術社群相對於整體網絡之結構位置,觀察技術社群在角色功能上的相互關係,進而詮釋技術社群在技術發展上的可能意義。因為技術發展是集體運作的結果,以社群概念來描繪技術之間的相對關係,在分析層次上是適當的。對於研究樣本的選擇主要是考量資料適中性⁴與解釋性⁵的問題。此外因為社群研究是屬於社會網絡之凝聚子群的範疇,故研究方法以社會網絡分析為主。研究步驟則綜合 Everett (2002)、Borgatti et al.,(2002)與 Hanneman and Riddle(2005)等人的建議進行。網絡分析工具以 UCINET 6.0 為主。

對於研究議題的處理,鋪陳如下:首先,序言中簡要說明本研究的研究動機與研究提問。其次,是文獻回顧,針對社群定義與社群結構在方法上的辨識。第三,研究方法的說明與資料分析結果。第四,技術社群之位置關係的解析。此為本文創新之處。第五,勾勒本研究的構思邏輯與架構,以為詮釋觀點做總承。最後,結論並提出管理意涵,此為本文貢獻之處。

社群與社群結構的辨識

對於網絡社群結構的研究已有一段很長的歷史。方法上主要是採用群集技術(clustering technique),透過一個遞迴演算程序(iterative algorithm)將網絡中的節點區分到不同的子集合或不同功能單元的子群體之中。區分後的每一個子集合或子群體是整體網絡的子結構,在研究上稱為是一個社群,而網絡中這些子群體之間交互的結構情況(complete structure of these subgroups)即為所謂的社群結構(community structure)(Du, et al., 2007)。對於社群的詮釋,在運用上依研究目的而有所不同。就網際網路而言,網路上的社群是一些議題有相關的網站的集合。就生物科技網絡而言,社群可能是相似功能元件的組成。就社會網絡來說,社群可以是一群興趣或職業相同的人所組成的社團。本研究將社群概念延伸至技術領域,因此就技

術而言,技術社群可以指稱有類似功能或相似技術基礎的集合。以下就社群量化定義與社群結構的辨識方法做說明。

社群的量化定義

社群結構研究對於學術領域與運用學科而言是一個重要的議題。過去文獻顯示社群概念的運用與結構的研究已被運到許多領域上,例如:學術研究的合作網絡(Moody, 2004),網絡結構特性(Danon, et al., 2005),網際網絡的技術系統(Borgs, et al., 2004),生物科技(Girvan and Newman, 2002; Wang, et al., 2008),社會系統(Moody and Douglas, 2003)。由於社群的概念太過於普實,在字義上亦容易理解,反而在研究上產生一些問題。Radicchi et al., (2004)指出在過去許多揭露社群的方法中(演算法)中,因為缺乏一個一般化的量化定義,導致在分析結果的解釋上面臨缺乏非結構性資訊輔助的窘境⁶。對此 Radicchi et al., (2004)為「社群」作出以下定義:

給定一個網絡 G , A_{ij} 表示網絡 G 中節點之間的鄰接矩陣(adjacency matrix), k_i 代表網絡 G 中節點 i 的度數, $k_i = \sum_j A_{ij}$ 。假設 V 是 G 中的一個子圖,那麼 $V \subset G$ 。考慮 V 中關於節點 i 的歸屬(belongs)。我們可以將度數的總和拆解為 $k_i(V) = k_i^{in}(V) + k_i^{out}(V)$, 其中, $k_i^{in}(V) = \sum_{j \in V} A_{ij}$ 表示屬於 V 的其他節點與節點 i 連結的總數。相對的, $k_i^{out}(V) = \sum_{j \notin V} A_{ij}$ 表示 G 中非屬於 V 的其他節點的連結的總數。因此,社群可以有以下的定義:

強定義 (Definition of Community in a Strong Sense)

$$k_i^{in}(V) > k_i^{out}(V), \forall i \in V \quad (1)$$

社群 V 為強社群。社群 V 內每一節點的連結比社群外的節點有著顯著較多的連結。

弱定義 (Definition of Community in a Weak Sense)

$$\sum_{i \in V} k_i^{in}(V) > \sum_{i \in V} k_i^{out}(V) \quad (2)$$

³ <http://www.uspto.org>.

⁴ 為因應網際網路的興起, USPTO 於 1997 年新設美國專利第 705 分類 (UPC 705), 稱為「商業方法」。其第 4 個次分類是特別針對保險之用, 或稱「保險商業方法」。因為它是一項新的技術類別, 資料規模適中, 相當適合分析。

⁵ 對於社群的詮釋必須輔以相當的產業知識, 作者個人的實務經驗有利於對分析資料的判讀。

⁶ Radicchi et al., (2004): 「Several types of algorithms exist for revealing the community structure in networks, but a general and quantitative definition of community is not implemented in the algorithms, leading to an intrinsic difficulty in the interpretation of the results without any additional nontopological information.」

社群 V 為弱社群。社群 V 中節點的度數總和大於網絡中其他節點的度數總和

針對上述定義，本研究採用強定義。

社群結構的辨識

過去文獻對於社群辨識或網絡切割已提供了一些演算法 (Girvan and Newman, 2002; Newman, 2004; Clauset, et al., 2004; Newman and Girvan, 2004)。對網絡結構分解 (decompose) 與辨識 (detection)，在方法上可以分為三方面：一是，利用電腦科技與演算速度所衍生的演算法：此與圖論中關於圖形分割 (graph partitioning) 的概念有很大的關係。二是，是社會學所經常採用的階層式叢集法 (hierarchical clustering)：乃使用社會網絡分析的技巧，根據節點的相似性或節點之間的關聯強度，將節點區分到不同群體中。三是，Newman and Girvan(2004)所提的「modularity」(模組性)：modularity 衡量社群的品質，是最近所經常使用的方法。分別說明如下。

第一、電腦科學的處理方式 (computer science approach) 主要是進行網絡圖形切割 (graph partitioning)，將一群在平面上的點分割成個數相等的子圖。過去文獻對於圖形切割提供了一些演算法。主要有兩個方法：(一)、專門將圖形一分為二的 Spectral 二分法 (spectral bisection) (Ng, et al., 2002)：此方法企圖極小化兩個不相似節點之間的互動，以平衡兩個叢集之間的規模大小，達到產生相同規模大小的兩個社群 (White and Smyth, 2005)。(二)、受到廣泛使用與接受的

Kernighan-Lin 演算法 (Kernighan-Lin algorithm) (Kernighan and Lin, 1970)：此法須事先給定欲分割的社群數目或每一個社群的規模大小。

電腦科學的處理方式在運用上有一些問題產生。

(一)、因為我們幾乎無法事先得知網絡中究竟會有多少個社群存在，而且沒有理由假設社群的規模大小是一致的 (Newman, 2004)。(二)、對於一個給定的網絡，在假設條件下所找出的社群，對於網絡的了解與分析得不到特別的助益 (Newman and Girvan, 2004)。(三)、對於一個完全異質性的網絡，會在不同領域上自然產生規模不等的社群 (White and Smyth, 2005)。

第二、社會科學的處理方式 (sociological approach) 則是採用社會網絡分析中的階層式叢集法 (hierarchical clustering) 進行網絡結構的區分。主要是衡量兩個節點之間的相似度 (similarity)，以區塊模型(blockmodel)得出區域位置的分割，或以階層式的樹狀圖呈現，如圖 3 所示 (Radicchi, et al., 2004)。此方法背後的概念即為社會網絡分析中的「結構對等性」(structural equivalence)。所謂結構對等性乃是界定網絡中行動者的行動有哪些具有一致性 (Lorrain and White, 1971)。由於 Lorrain and White (1971)的定義 分嚴苛，在現實社會網絡或實際技術網絡中幾乎無法找到與之完全相同的條件。因此在操作上改以相似程度來取代完全相同。故實際的衡量以計算歐氏距離 (Euclidean distance) 與皮爾森相關系數 (Pearson correlation) 為主。

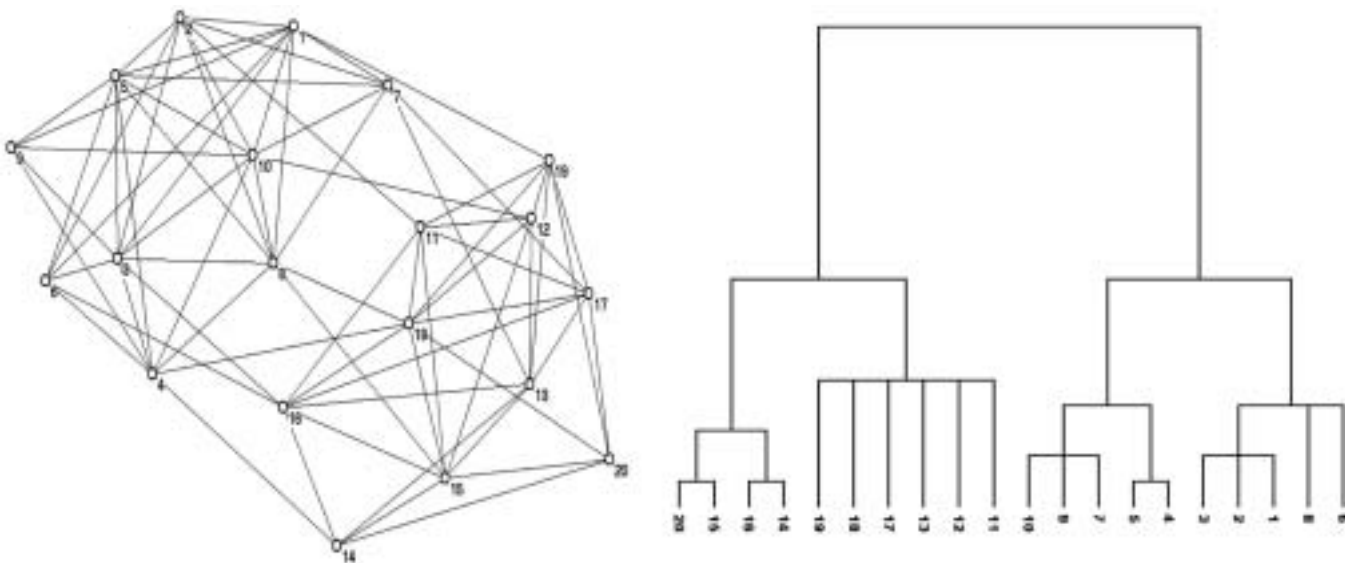


圖 3 網絡圖與其對應的樹狀圖 (Radicchi, et al., 2004)

社會科學的處理方式修正了前述方法上的缺失。階層式叢集法的優點是無須事先指定分割群組的大小或數量。相對的，其缺失是：（一）、無法提供確切的數據資訊。一個網絡究竟應該要分為幾個社群較為合適？是留待研究者從樹狀結構中自行決定（Wasserman and Faust, 1994; Scott, 2002）。（二）、此外，經常產生出核心/邊陲（core/peripheral）的結構（Newman and Girvan, 2004）。亦即僅產生一個核心的社群，其餘的則分散於邊陲位置，而該核心的社群有高度的相似性。

第三，上述的方法可以找出網絡中的社群，但對一般的網絡分析而言卻不是一個理想的方法。最新的處理方式則是由 Girvan, M. 與 Newman, M.E.J. 陸續提出。Girvan and Newman(2002) 以中介性（edge betweenness）衡量節點之關係流量的多寡。衡量網絡中 g 個節點的中介性，首先移除中介性最高的節點，然後重新計算 $(g-1)$ 個節點的中介性，直到沒有節點為止。Girvan and Newman(2002) 的方法雖然可以計算任何組數的社群。但卻又產生一個新的問題，即是如何確認所得到的社群是一個不錯的社群（are good ones），以及無法決定適當的組數為何。

為確認所辨識的社群的品質與解決網絡中適當組數的社群問題，Newman and Girvan(2004) 進一步提出一個評估指標 Q ，稱為「modularity」（模組性）。modularity Q 是一個數值指標，用來檢驗特定網絡區分的適當性（how good a particular division is）。在計算 modularity Q 值下，我們可以用來檢驗不同社群組數的分群效果。modularity Q 值越大，網絡中的社群結構越強。因此在 modularity Q 值的引導下可以用來找尋最佳化的叢集數目 k 。亦即，叢集數目 k 為何，能使得 modularity Q 值極大化。換言之，modularity Q 的計算可以用來直接衡量網絡中特定集群（particular clustering）的分群品質。此外，modularity Q 的定義與運用不受特定社群結構演算法使用的影響，對於任何演算法皆適用（Newman, 2004）。

綜合上述，對於一個網絡規模較大者，在分析之前將整體網絡結構區分為幾個社群或是叢集，是一個具體可行的辦法（Everett, 2002）。傳統方法上有一些判別上的缺失，Newman and Girvan(2004) 提出修正。Newman and Girvan(2004) 提供計算 modularity Q 值的方法，可以正確判斷網絡中可能社群組數。此方法亦受到廣泛的接受（Danon, et al., 2005; Du, et al., 2007）。

為探究技術網絡中的技術社群，本研究利用 Newman and Girvan(2004) 的方法找出技術網絡中的最佳社群組數，再利用社會網絡分析中關於凝聚子群的方法進行社群成員的指派。

研究方法

社群、叢集、派系、或社會團體等的分析都是屬於社會網絡分析中之凝聚子群（cohesive subgroup）的範疇。分析網絡中所可能包含的凝聚子群時，是需要經歷一些遞迴的過程與演算。因此分析這些概念，在操作上必須依賴電腦來處理。在軟體工具選用上，本研究使用 UCINET 所提供的功能進行處理。在過程步驟上，本研究依據 Everett (2002)、Borgatti et al., (2002) 與 Hanneman and Riddle(2005) 等所提出的一些指導性步驟進行社群的辨識：「先確定網絡中可能的社群組數，然後再進行網絡的區分」。本研究的執行步驟如下：（一）、首先找出網絡中可能包含的適當社群組數：本研究依循 Newman and Girvan(2004) 的方法，計算 modularity Q 值，並找出 modularity Q 值極大化的社群組數。（二）、依指定的數目進行分派分析：以 UCINET 中的 Faction 功能將網絡中的行動者分派到不同社群（Everett, 2002; Borgatti et al., 2002）。亦即，在指定的社群數目下，依其相似性然後找出各個社群的行動者。（三）、探討社群結構之間的位置關係：密度矩陣呈現出社群之間的位置關係，社群之間的關係再以像矩陣做進一步摘要。

Modularity Q 的計算：找出適當的社群數

模組性(modularity)其實是網絡中所表達的一種結構特徵，而 Newman and Girvan (2004) 對此結構特徵提出一個衡量指標稱為 modularity，並以符號 Q 表示之。modularity Q 是衡量網絡在分群之後的結構品質，以確保結構分割後是符合社群結構的要求。亦即社群內包含許多的關係連結，但社群之間僅維持少數的連結。關於 modularity 的操作性定義如下（Newman and Girvan, 2004; Clauset, et al., 2004）：

若 A_{vw} 是網絡之鄰接矩陣中的元素，因此：

$$A_{vw} = \begin{cases} 1 & \text{節點 } v \text{ 與節點 } w \text{ 有連結} \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (3)$$

假設節點會被區分到不同社群， c_v 表示節點 v 所

屬之社群。因此網絡中的部份關係線會落在社群之內。有關係的兩個節點會落在同一社群之內的機率，如下式：

$$\frac{\sum_{vw} A_{vw} \delta(c_v, c_w)}{\sum_{vw} A_{vw}} = \frac{1}{2m} \sum_{vw} A_{vw} \delta(c_v, c_w) \quad (4)$$

$$\text{其中, } \delta(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{如果 } i = j \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

若 m 表示網絡中所有關係的總數，則 $m = \frac{1}{2} \sum_{vw} A_{vw}$ 。假設網絡中有許多社群的存在，在社群內若 m 值越大，表示網絡中表示區分的效果越好。故 m 可視為是一個衡量指標。若 $m = 1$ 意味著所有的節點皆屬於同一單一社群。假設 $K_v = \sum_w A_{vw}$ 表示節點 v 的中心性（degree），亦即與節點 v 連結的線數。假設網絡是隨機的（random），那麼節點 v 與節點 w 之間會有關聯的機率是 $K_v K_w / 2m$ 。因此 modularity 可以定義如下式：

$$Q = \frac{1}{2m} \left[A_{vw} - \frac{K_v K_w}{2m} \right] \delta(c_v, c_w) \quad (5)$$

從上式， Q 是網絡中社群內的關聯數減去社群內的期望關聯數。如果 $Q = 0$ ，那麼社群內的關聯數與我們所期望的一個隨機網絡沒有任何差異。換句話說，社群結構的特性不強。如果 $Q \neq 0$ 表示網絡的隨機性有了偏差（或許因為某種原因）。實務上，網絡中出現強的社群結構， Q 通常落在 0.3 與 0.7 之間。因此 Q 可視為是一個目標函數（objective function），我們的目標是指派網絡中的節點到不同的社群，並使 Q 值達到最大。因此在找出技術社群之前，本研究先計算 modularity Q 值，以找出最適的技術社群組數。

結構分區：找出網絡中的社群

Everett (2002) 建議在分析處理大型網絡時，較好的方法是先將網絡分成較小的部分以便分析。本研究採用凝聚子群的概念對網絡進行社群結構的區分。社會網絡分析對凝聚子群的分析有 n-cliques, n-clan, K-plexes, K-cores 等。UCINET 提供 7 種派系的分析方法，本研究則採用 Everett (2002) 與 Borgatti et al. (2002) 的建議，以 Ucinet 中之 Factions 的功能進行。Moody (2001) 在針對大型網絡中之同儕研究（Peer influence groups）亦選擇 Factions。Factions 在方法上是採用 Tabu 搜尋法（Tabu Search procedure）。Tabu 搜尋法是比 blockmodel 之 CONCOR 更為高級的一種

演算法。關於 Factions 與 Tabu 搜尋法，請參閱 Hanneman and Riddle (2005) 與 de Amorim, Barthélemy and Ribeiro (1992)。

位置關係：社群結構之間的關係

網絡中不同社群，在網絡結構中佔據著不同的網絡位置。由於社群內的行動者關係緊密，在行為上有一致性的行動。因此社群與社群之間所呈現的關係並不是針對網絡中的個別行動者，而是一群行動者（位置）與另一群行動者（另一位置）的關係。關於社群與另一社群之間的關係（位置與另一位置的關係），本研究以密度表（density table）來呈現。密度表又稱密度矩陣（density matrix），是計算位置之間的關係。Wasserman and Faust (1994) 對密度表的描述如下：「密度表是一個矩陣，其中的列與行是位置而非個別行動者，矩陣中的行列值表示行中位置內的行動者到列中位置內的行動者的關係比率」。因此，密度矩陣會同時呈現出兩種密度：一是，位置內部的密度（ties within position）：表示社群內部的關係強度；二是，位置之間的密度（ties between positions）：表示社群之間的關係強度。假設 Δ_{klr} 表示 b_{klr} 在其位置的密度，兩種密度公式如下：

位置內部的密度（ties within position）：

$$\Delta_{kkr} = \frac{\sum_{i \in B_k} \sum_{j \in B_k} x_{ijr}}{g_k (g_k - 1)}, \text{ for } i \neq j \quad (6)$$

位置之間的密度（ties between positions）：

$$\Delta_{klr} = \frac{\sum_{i \in B_k} \sum_{j \in B_l} x_{ijr}}{g_k g_l}, \text{ for } k \neq l \quad (7)$$

密度矩陣中的密度值會介於 0 與 1 之間，數值高低表示關係的強弱。

密度值表示關係的強弱有無，但是密度值的高低該如何取捨？亦即社群位置之間在什麼情況之下才算是有關係呢？對關係有無之判斷，過去最經常被使用的為 α 密度準則（ α density criterion）（Wasserman and Faust, 1994）。亦即選定一個數值 α 作為取捨值（cutoff value），高於 α 值視為有關係，低於 α 值則當作沒有關係。Scott (2002) 建議 α 的取值可以為網絡平均密度。本研究依 Scott (2002) 建議以網絡平均密度作為關係判定的標準值（criteria）。因為密度矩陣是網絡行動者在分區後每一個位置與其之間的密度，

因此將網絡平均密度設為標準值 (α) 進行位置之間關係有無的比較是合理的。

表示位置關係的密度矩陣經過網絡平均密度之標準值的取捨後，位置之間的關係可以進一步摘要 (summary) 為像矩陣 (image matrix)。「像矩陣是位置內與位置之間的關係摘要，每一對位置之間的關係不是有 (數值為 1)，便是無 (數值為 0)」(Wasserman and Faust, 1994)。亦即技術網絡分區之後的結果可以藉由網絡平均密度 (α) 的比較，將每一個區塊用一個值來替代並轉化為分區的「像」(image)，以便確認技術社群之間的真正關係。若密度表中技術社群的密度高於網絡平均密度，則該位置賦值 1，表示有關係。反之，該位置賦值 0，表示沒有關係。經過網絡平均密度之標準值取捨後的像矩陣，可以進一步精簡位置之間的關係，更簡要揭露與描述行動者的整體關係架構。關於密度矩陣、像與像矩陣的說明，請參閱 Wasserman and Faust (1994)。

資料處理

社會網絡分析的資料是以關係數據為主，對於網絡資料的收集與關係連結可靠性是網絡分析的核心。以下說明之。

研究對象與資料來源

本研究將專利視為網絡中的一個行動者，行動者之間的關係是以核准專利對先前核准專利的引用來表示。專利資料以美國專利資料庫 (USPTO) 為主，擷取關於「保險商業方法」(insurance business method) 的核准專利以作為本研究分析的範例對象。因為美國專利局對於先前技藝 (Prior art) 的審查十分嚴謹，因此本研究以專利引用 (專利說明書上的 reference) 來描述的行動者之間的關聯性，是可信賴的。

誠如緒論所言，對研究樣本的選擇主要考量有二：第一，資料的適中性：對網絡分析而言，資料量太大其實是很難處理的。第二，解釋的有效性：判斷技術發展過程中所「自然形成」的技術社群，需要有產業知識為基礎。個人於金融保險業的實務經驗有助於對資料分析結果的解讀與詮釋。以「保險商業方法」專利資料做為分析樣本，在樣本選擇上是十分適當的。

資料檢索與處理

資料檢索期間為 1985/01/01-2009/04/01⁷。使用專利分析軟體 (WIPS 與 PatentGuider) 進行專利資料的檢索，檢索關鍵字以 USPC=705/04 為主。網絡資料的處理則使用 UCINET 6。

資料篩選標準與處理過程如下：檢索後所得之專利數目總計有 432 筆。網絡節點超過 100 以上為大型網絡，受限於處理軟體 (Moody, 2001)⁸，與網絡結構判讀的原因，432 筆資料必須進行精簡，從中挑選一些具有代表性與高品質的專利以進行分析。對於專利品質的認定，過去文獻經常以專利的被引用次數來判定。專利的被引用頻率可以是技術品質與重要性的量化表徵 (Harhoff et al., 1999; Henderson et al., 1998; Trajtenberg et al., 2002)。本研究依循過去文獻的一致性看法，以專利被引用次數對資料進行精簡篩選。本研究將專利樣本選取的標準設在被引用次數達 5 次以上，此標準將專利的重要性與研發品質控制在一定的程度之上，共得 103 筆樣本數⁹。篩選後的樣本量約為整體專利的 25%，且皆為高被引專利，對本研究的研究議題具有代表性與有效性。對於 UCINET 處理軟體，此樣本量相當適合分析。

分析結果

在社會網絡分析中通常以鄰接矩陣來表示行動者之間的關係。將篩選後的 103 筆專利，比對其個別專利對先前技術的引用資訊，轉換成分析時所需的鄰接矩陣 $[A_{vw}]_{103 \times 103}$ ，以便進行後續分析。其中， $A_{vw} = 1$ 表示專利 v 與專利 w 有引用的關係的存在， $A_{vw} = 0$ 表示專利 v 與專利 w 無引用關係。

將專利之間的鄰接矩陣 $[A_{vw}]_{103 \times 103}$ 轉換為一個具體的技術網絡，使用 UCINET 6 與 NetDraw 所繪製網絡圖如圖 4。

⁷ 呼應註腳 3 的說明，因為 USPC 分類系統是動態調整之分類系統，其分類表會定期進行修訂。因此，USPC705 雖於 1997 年制定，但在搜尋專利時有時會得到 1997 以前的專利。本研究的檢索期間設為 1985/1/1-2009/04/01，在時間的長度上應可涵蓋關於保險商業方法的重要專利。

⁸ 在找出社群或叢集的過程是十分耗時的，Moody (2001) 在文中分享其經驗，以 UCINET 執行 300 個節點耗時 7 小時，執行 1000 個節點，歷時 3 日未獲結果，最後宣告放棄。(For example, clustering a 300 node network from Add Health with UCINET V's FACTIONS routine took about 7 h. An attempt to identify clusters in 1000 node network failed to converge in less than 3 days and was cancelled).

⁹ 接續上述，本研究在執行過程的經驗與 Moody (2001) 相同。選擇 103 個節點是多次試驗後的最佳結果。

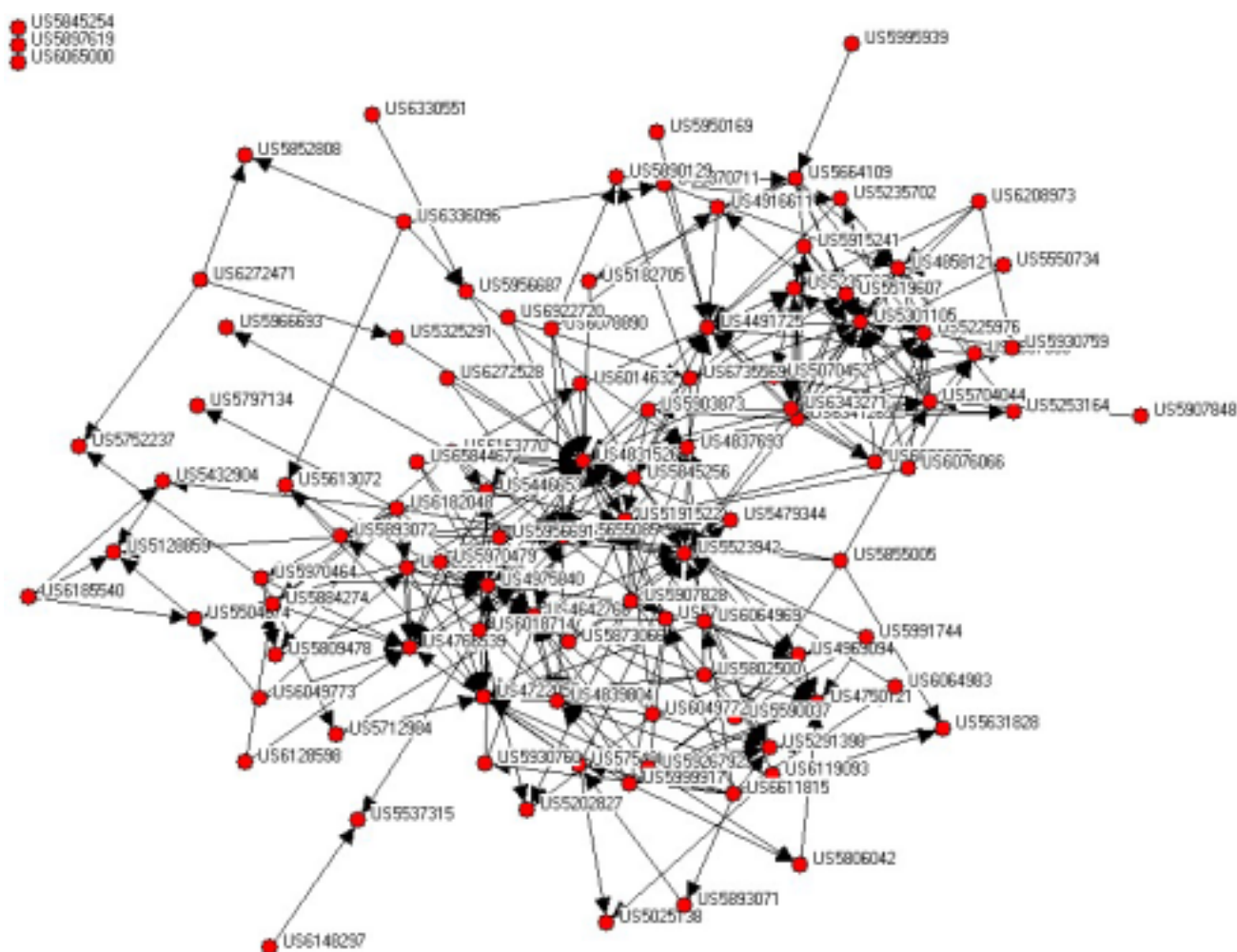


圖 4 103 筆專利引用之技術網絡

很明顯的，要直接從 103 筆專利所呈現的技術網絡結構直接辨識出不同社群是有困難的。因此必須再進行以下的處理。

1. 計算不同叢集數目的 modularity Q 值，並找出使 modularity Q 值極大化的叢集數目 k (Newman and Girvan, 2004)。

2. 以 k 為先驗假設 (prior hypothesis)，設定 UCINET 之 Faction 功能中欲分群的組數 (number of

blocks)，然後找出各個社群的行動者 (Hanneman and Riddle, 2005)。

計算 Modularity Q

計算 Newman and Girvan (2004) 所提之 modularity Q ，以便找出在技術網絡中所可能包含適當組數的技術社群。根據計算式 (5) 計算不同叢集數目所得結果的 Q 值，如下表 1。

表 1 Modularity Q 表

Partition	modularity Q	Partition	modularity Q
3 clusters	0.340	9 clusters	0.379
4 clusters	0.358	10 clusters	0.380
5 clusters	0.364	11 clusters	0.377
6 clusters	0.369	12 clusters	0.374
7 clusters	0.377	13 clusters	0.370
8 clusters	0.375	14 clusters	0.366

計算不同社群組數的 modularity Q 值，並描繪表 1 成圖 5。從 3 群至 14 群，分別在 7 群與 10 群時有兩次的區域高值 (local peak) (圖 5 的三角形紅點)。

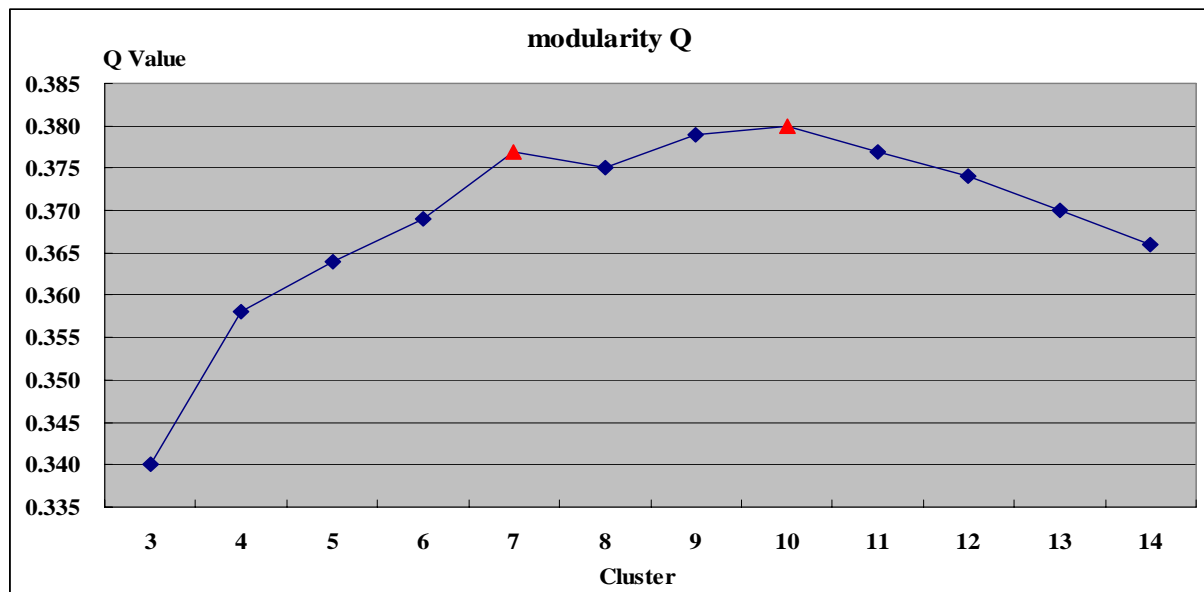


圖 5 Modularity Q 圖

根據 Newman and Girvan (2004), Guimera and Amaral (2005)的試驗，證據顯示若網絡中出現強的社群結構， Q 值通常落在 0.3 與 0.7 之間。建議應找出最高的 modularity Q 以進行社群區分。

7 群 ($Q=0.377$) 與 10 群 ($Q=0.380$) 的 Q 值皆落在 0.3 與 0.7 之間，表示將技術網絡分為 7 個社群或是 10 社群皆可顯示強的社群結構，且結構的差異性不大。理論上或許應選擇 10 個社群，但本研究考慮社群若分割的太多，社群之間的關係模式會變得較為細節，在關係的詮釋上會有困難，反而不利於對整體社群之間的概括性了解。Newman(2004)進一步指出介於 0.3 與 0.7 之間的 Q 值，若有區域高點 (local peaks) 的值

會有特殊的分群效果。因而本研究依循 Newman(2004)的建議，選定將技術網絡區分為 7 個技術社群，而此 7 個技術社群在結構上呈現出強的社群結構現象，符合 (1) 式的強定義。

技術社群的分派

依循 Everett (2002)、Borgatti et al.,(2002) 與 Hanneman and Riddle(2005)的建議步驟，設定社群組數為 7 組，然後執行 UCINET 關於凝聚子群分析之 Factions 功能，進行技術網絡中之個別專利的分派。7 個技術社群及其所屬專利如下表 2。

表 2 技術社群

Cluster	Patent						
A	US5025138	US5631828	US5754980	US5845254	US5855005	US5893071	US5930760
	US5950169	US5966693	US5995939	US6064983	US6065000	US6119093	US6611815
B	US4766539	US4975840	US5712984	US5797134	US5809478	US5839113	US5884274
	US5897619	US5970464	US5970479	US6049773	US6128598	US6182048	US6584467
C	US5235702	US5325291	US5537315	US5550734	US5613072	US5752237	US5852808
	US5870711	US5907848	US5956687	US6148297	US6272471	US6330551	US6336096
D	US4837693	US4916611	US5128859	US5432904	US5479344	US5504674	US5655085
	US5890129	US5893072	US5903873	US5956691	US6078890	US6185540	US6272528

Cluster	Patent						
E	US4491725	US4858121	US4987538	US5070452	US5225976	US5235507	US5253164
	US5301105	US5519607	US5664109	US5704044	US5915241	US5930759	US6003007
	US6208973	US6341265	US6343271				
F	US4642768	US4722055	US4750121	US4839804	US4969094	US5202827	US5291398
	US5590037	US5802500	US5806042	US5907828	US5926792	US5991744	US5999917
	US6049772	US6064969					
G	US4831526	US5182705	US5191522	US5446653	US5523942	US5752236	US5845256
	US5873066	US6014632	US6018714	US6076066	US6163770	US6735569	US6922720

UCINET的Factions功能是使用Tabu搜尋方法進行社群的辨識，所依循的原則是尋求集合內各個行動者之截面（profile）的最小「組內方差和」（Moody, 2001）。其分析方法與CONCOR(CONvergence of

iterated CORrelations)相似。Factions將 103 筆專利分到 7 個互斥的位置上，產生同質性最大的各區塊。圖 6 是執行Factions後結果的分群網絡圖。圖 6 的技術社群圖與圖 1 的社群概念圖 分相似。

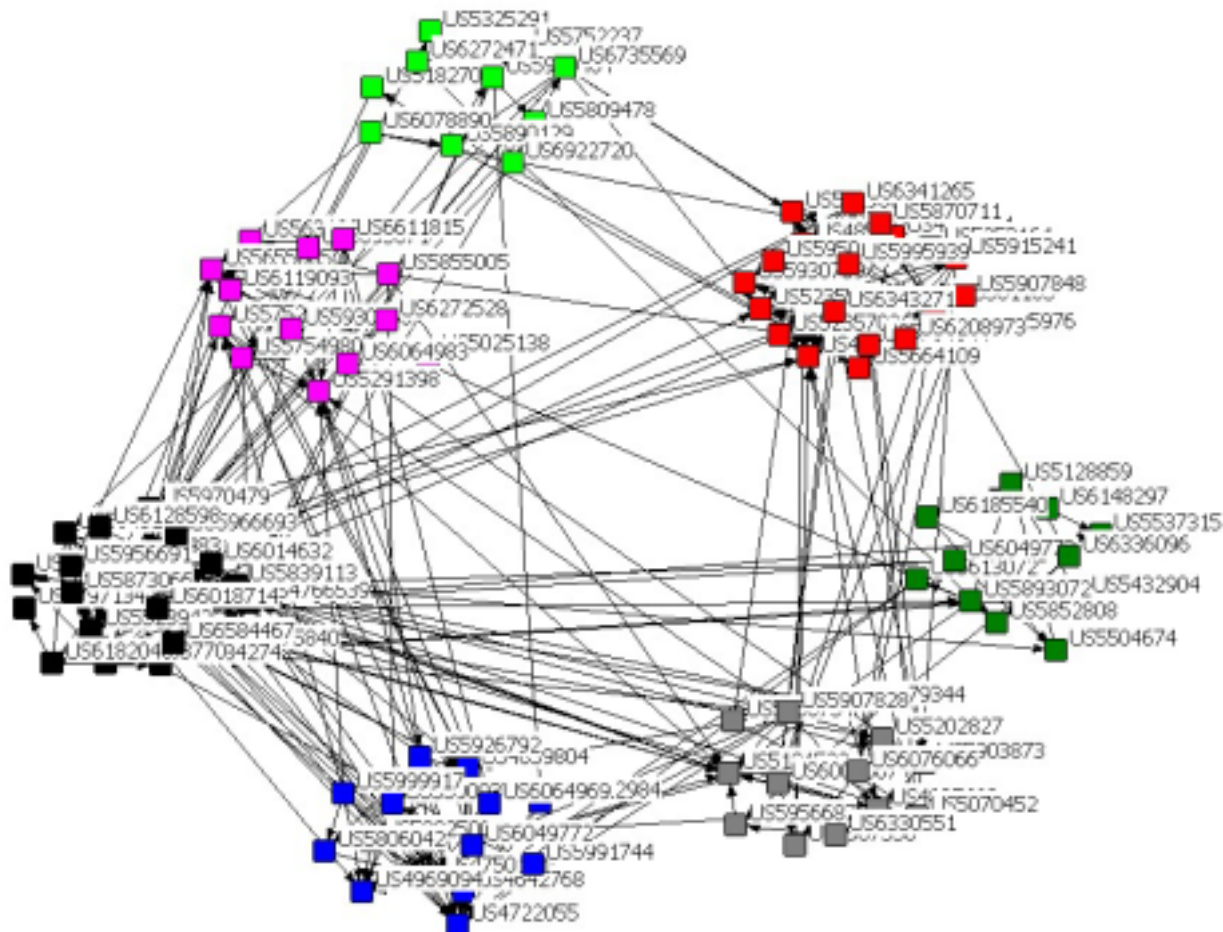


圖 6 技術社群圖

從密度矩陣（表 3）觀察分區後的技術社群是否符合社群的定義？分區後的密度矩陣會呈現出兩種密度資訊：一是，社群內部行動者之間的關係密度；二是，社群之間行動者的關係密度。表 3 顯示，密度矩

陣所呈現的不管是行或列，技術社群內的關係密度皆高於技術社群之間的關係密度。Factions 將技術網絡區分為 7 個技術社群，密度表顯示此 7 個技術社群符合社群的強定義，圖 6 亦符合圖 1 的結構特性。

表 3 技術社群之密度矩陣

Density Matrix							
	A	B	C	D	E	F	G
A	0.05	0.01	0.00	0.01	0.01	0.04	0.03
B	0.00	0.13	0.01	0.02	0.00	0.04	0.04
C	0.00	0.00	0.05	0.01	0.03	0.01	0.01
D	0.00	0.01	0.01	0.10	0.01	0.01	0.05
E	0.00	0.00	0.00	0.02	0.21	0.00	0.03
F	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.19	0.03
G	0.01	0.04	0.01	0.02	0.04	0.04	0.16

Density (matrix average) = 0.03
Standard deviation = 0.1705

技術社群之間的關係

另從技術社群的區塊圖（請詳附錄之圖 1）大約可以觀察出各社群之間關係的親疏。從密度矩陣也可以得知社群之間是有關係的存在，但是什麼樣的關係才算是有「真正的關係」，以及社群之間的整體「關係為何」？我們得將密度矩陣轉換成像矩陣以便進行剖析。

技術網絡的平均密度為 0.03，以 0.03 作為一個關係有無之取捨值，將密度矩陣轉換為只有「0」與「1」元素的像矩陣。元素 1 代表兩個技術社群之間確實有某種連結關係存在。表 4 比圖 6 更能清楚界定技術社群之間的關係有無。

表 4 技術社群之像矩陣

Image Matrix							
	A	B	C	D	E	F	G
A	1	0	0	0	0	1	1
B	0	1	0	0	0	1	1
C	0	0	1	0	1	0	0
D	0	0	0	1	0	0	1
E	0	0	0	0	1	0	1
F	0	0	0	0	0	1	1
G	0	1	0	0	1	1	1

$\alpha = 0.03$ (cutoff value)

觀察表 4，各個技術社群除了有高度自我引用的情形外，與其他的技術社群亦有一些技術關係的交流。技術社群 G 與其它技術社群皆有往來，除了技術社群 C，故技術社群 G 可能位於「橋接」位置。技術社群 C 與 D 則較為隔離。

為清楚呈現技術社群之間的位置關係，進一步將像矩陣當作是鄰接矩陣，繪製技術社群的簡化圖。亦即將區塊中的各個專利集合起來當作是一個節點，繪製 7 個技術社群的關係簡化圖，如圖 7。

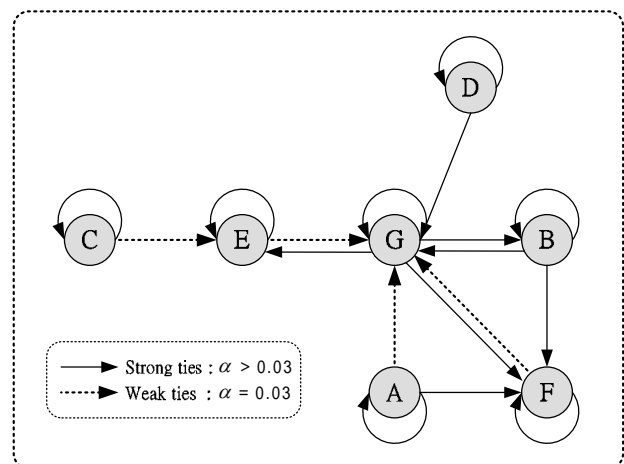


圖 7 技術社群之關係簡化圖

圖 7 是技術社群的關係簡化圖。圖中清楚顯示，技術社群 G 位於核心位置上，7 個技術社群藉由技術社群 G 而連結在一起。技術社群 F 亦處關鍵位置，與技術社群 A、B 與 G 有強連結。技術社群 C 與 D 則處於邊陲地帶。另從中心性的量化指標亦可呈現上述現象¹⁰。

10

Cluster	Degree	Closeness	Betweenness
A	33.333	54.545	0.000
B	33.333	54.545	0.000
C	16.667	40.000	0.000
D	16.667	50.000	0.000
E	33.333	60.000	33.333
F	50.000	60.000	3.333
G	83.333	85.714	76.667

技術社群之位置關係的解析

圖 7 的簡化圖呈現出技術社群之間的關係，但在科技管理的理論與實務上，圖 7 又代表了些什麼，或表達了哪些資訊？

網絡結構的性質可分為三個層次：個體（individual）、子群體（subgroup）、整體（whole network）。社群研究是屬於網絡結構中之群體層次的研究，而非個體層次的研究（Wasserman and Faust, 1994; Burt, 1976）。因此在分析上對於社群的描述，必須參照各個社群相對於整體網絡結構的位置來進行。事實上，採用社群的概念來詮釋技術發展是一分適當可行，在分析層次上亦屬相當。因為新技術的產生是集體運作的結果，而非個體單獨努力的成果。

對於社群位置之間關係，Wasserman and Faust (1994)曾就位置內部以及位置之間的關聯進行考察。若考慮位置 B_k 中行動者的關係，假設位置 B_k 中有 g_k 個行動者，那麼位置 B_k 內部可能有 $g_k(g_k-1)$ 個關係總數。若整體網絡中有 g 個行動者，因此位置 B_k 中各個行動者的所有可能關係總數為 $g_k(g-1)$ 。那麼一個位置中所有關係的期望比例可為：

$$\frac{g_k(g_k-1)}{g_k(g-1)} = \frac{g_k-1}{g-1} \quad (8)$$

Wasserman and Faust (1994)將上述的比例作為一個評估位置內部關係的基準點，並且採用 Burt (1976)對於網絡位置分類研究的詮釋，定義出以下四種位置關係，如表 5。

若某一位置內部的關係比例大於 $(g_k-1/g-1)$ ，但是該位置接收到外部關係的比例很小 (≈ 0)，則該位置可稱為是孤立者。其它以此類推。故所謂孤立者位置

是其行動者與其他位置的行動者沒有任何關係。追隨者位置是該位置的行動者與其他位置的行動者之間的關係比自己行動者之間的關係要多，並且沒有接收到多少外來的關係。仲介者位置則是同時傳送與接收與其他位置的關係。主事者位置是同時接受許多其他位置與本身位置的關係（Burt, 1976; Wasserman and Faust, 1994）。

表 5 網絡位置分類

位置內部 關係比例	位置所接收到的外部關係比例	
	≈ 0	> 0
$\geq g_k-1/g-1$	孤立者 (isolate)	主事者 (primary)
$\leq g_k-1/g-1$	追隨者 (sycophant)	仲介者 (broker)

資料來源：Burt (1976)

本研究延伸 Wasserman and Faust (1994)與 Burt (1976)關於網絡位置與關係模式，利用技術社群之間的網絡位置關係，賦於技術社群在技術發展過程中一個特定意義。為得到上述的結果，有兩個關係必須考慮：一是，技術社群的內部的關係比例（內部關係）；二是，技術社群之間的關係模式（外部關係）。對此，我們有以下的處理：

1. 內部關係：以密度表（表 3）與簡化圖（圖 7）來討論技術社群的內部的關係。
2. 外部關係：以中心性（Centrality 之 InDegree、OutDegree）來探討各個技術社群之間的關係模式。

對於技術社群在技術網絡中的內外部關係與網絡位置關係，整理如表 6。說明如下：

表 6 技術社群之網絡位置關係

關係/ Cluster	外部關係				內部關係		位置關係
	OutDegree	InDegree	NrmOutDeg	NrmInDeg	密度	$g_k-1/g-1$	位 置
G	3	5	42.857	71.429	0.16	0.13	主事者
B	2	1	28.571	14.286	0.13	0.13	仲介者
A	2	0	28.571	0.000	0.05	0.13	追隨者
C	1	0	14.286	0.000	0.05	0.13	追隨者
E	1	2	14.286	28.571	0.21	0.16	孤立者
F	1	3	14.286	42.857	0.19	0.15	主事者
D	1	0	14.286	0.000	0.10	0.13	追隨者

技術社群 G 的密度 0.16 大於該社群中所有關係的期望比例 0.13 ($g_k-1/g-1$)，對外關係頻繁，是 7 個社群中的最高 (Out-degree=3, In-degree=5)，對外關係標準化後仍為最高 (NrmOutDeg=42.857, NrmInDeg=71.429)。技術社群 F 亦有雷同的關係模式。對技術社群 G 與 F 的整體看待可為技術主事者。若論其重要性，或許技術社群 G 大過於技術社群 F，因為技術社群 G 的對外關係強度大過於技術社群 F (NrmOutDeg=14.286, NrmInDeg=42.857)。

技術社群 A 的密度 0.05 小於該社群中所有關係的期望比例 0.13，接收到外來的關係比例低。向外關係的度數為 2，其中包含一個對技術社群 G 的弱關係 (Out-degree=2)。並無來自於其他技術社群的關係 (In-degree=0)。對技術社群 A 的整體看待可為技術追隨者。該社群的技術發展過程是依附在其他技術社群下，特別是維持與技術社群 F 的連動關係。此外對於技術社群 G 也保持一定程度的關注，密切注意其發展動態 (因為弱關係)。因為技術社群 F 與技術社群 G 同為技術網絡中的主事者，對於技術發展起了一定程度的影響。技術社群 C 與 D，以此類推。

技術社群 B 的密度 0.13 相當於該社群之所有關係的期望比例 0.13。整體而言，對外保持某一程度的互動關係 (NrmOutDeg=28.571, NrmInDeg=14.286)。與主要的技術主事者之技術社群 G 有密切的互動關係，同時傳遞資訊給次要的技術主事者之技術社群 F。對技術社群 B 的整體看待可為技術仲介者。

技術社群 E 的密度 0.21 大於該社群的期望關係比例 0.16。對外關係標準化後仍低 (NrmOutDeg=14.286, NrmInDeg=28.571)，整體而言，其對外互動關係頻率並不高。來自於技術社群 C 的關係普通 (其互動密度 0.03 僅與網絡平均密度相等)，本身與技術社群 G 的互動亦非特別頻繁 (其互動密度 0.04)。對技術社群 E 的整體看待可為技術孤立者。

綜合上述，以表 5 之網絡位置的分類為主，配合表 3 與圖 7，以及表 6。綜合判斷 7 個技術社群在網絡中的位置關係，並賦於每一個技術社群在其所屬的技術網絡中一個特定意義如下：技術社群 G 與 F 為技術主事者；技術社群 A、C 與 D 為技術追隨者；技術社群 B 為技術仲介者；技術社群 E 為技術孤立者。

結論與討論

邏輯架構與詮釋

本文的視角是從社會網絡分析的基礎理論之圖論出發來思考網絡的構成。Kadushin(2002)認為社會網絡形成的動機 (the motivational foundation of social network)，是提供安全感 (safety) 與找尋親善關係 (affiliation)。本研究認為：「親善的關係必然是緊密的關係，安全感則意味能取得充足的資源」。唯有完整的網絡結構關係才能取得必要的資源，而網絡結構完整，節點之間的關係自然緊密。因此，本研究核心思維認為：「網絡結構的建構方向會朝向完整性邁進，邁進過程使網絡結構更趨向完全圖 (complete graph)，點與點之間的可達性 (reachable) 更強，網絡中各點之間關係的緊密度更高」。若從技術研發策略的角度來思考上面的論述，或許可得以下看法：「補強網絡上的空缺，是網絡發展的必然過程。網絡空缺之處，乃關係稀疏之地，亦為商機之所在」。延續上述的思路，圖 8 是貫穿本研究處理架構的概念圖，說明如下。

本研究對社群概念的運用有如下的詮釋：「若將技術當作是一個點，點與點之間的線代表技術之間的引用 (citation)。連結點與點之間的引用關係正好形成一個技術網絡。技術上的引用關係說明了，技術的發展是一個連續帶 (Abernathy and Utterback, 1978; Tushman and Rosenkopf, 1992)。技術發展的結果與產品是集體運作 (包括社會、企業、個人等) 的過程產物。技術發展不可能單打獨鬥，新技術亦不會憑空出現 (Dosi, 1982; Stuart and Podolny, 1996; Teece, 1996)。新技術產生乃因技術網絡結構在建構過程中的不完整性，故其發展概念是聯結在眾多技術關係中逐漸浮現 (Stuart and Podolny, 1996; Gilsing et al., 2008)。新技術在既有的技術網絡中逐漸搭建其可能的建置架構，並填補網絡結構中的空缺，使網絡結構逐漸邁向完整 (這是圖 8 將圓形圖放置在現有技術網絡之上的意思)。技術商機是網綁在技術網絡的環節之中。在填補網絡結構缺陷的過程中，網絡結構的不完整性便形成技術空間上大小不一的技術商機。新的核心技術產生，是一個技術社群的形成主因與發展重心。核心技術的發展過程與環境的互動與依賴可能產生一些技術效應，連帶的牽動技術空間中之主要技術、支援技術與伴隨技術的階層發展 (hierarchical development) (這是圖 8 將三個圓形重疊在一起，代表不同技術層次

的意思)。換言之，新技術的發展是為了填補技術空間上的一個空缺，而此新技術概念的誕生亦可能同時創造了技術網絡中的一個新技術商機。技術商機萌芽，誘使其他技術的協同加入或伴隨開發，技術同步發展的集體效應促使技術網絡的整體結構更趨完整。而

在不同的技術階層中相應產生了其所屬的技術社群。不同技術社群在技術網絡中有其相對的位置關係與角色。上節對於 7 個技術社群的判斷與推論，即是在此邏輯下所得的結果。

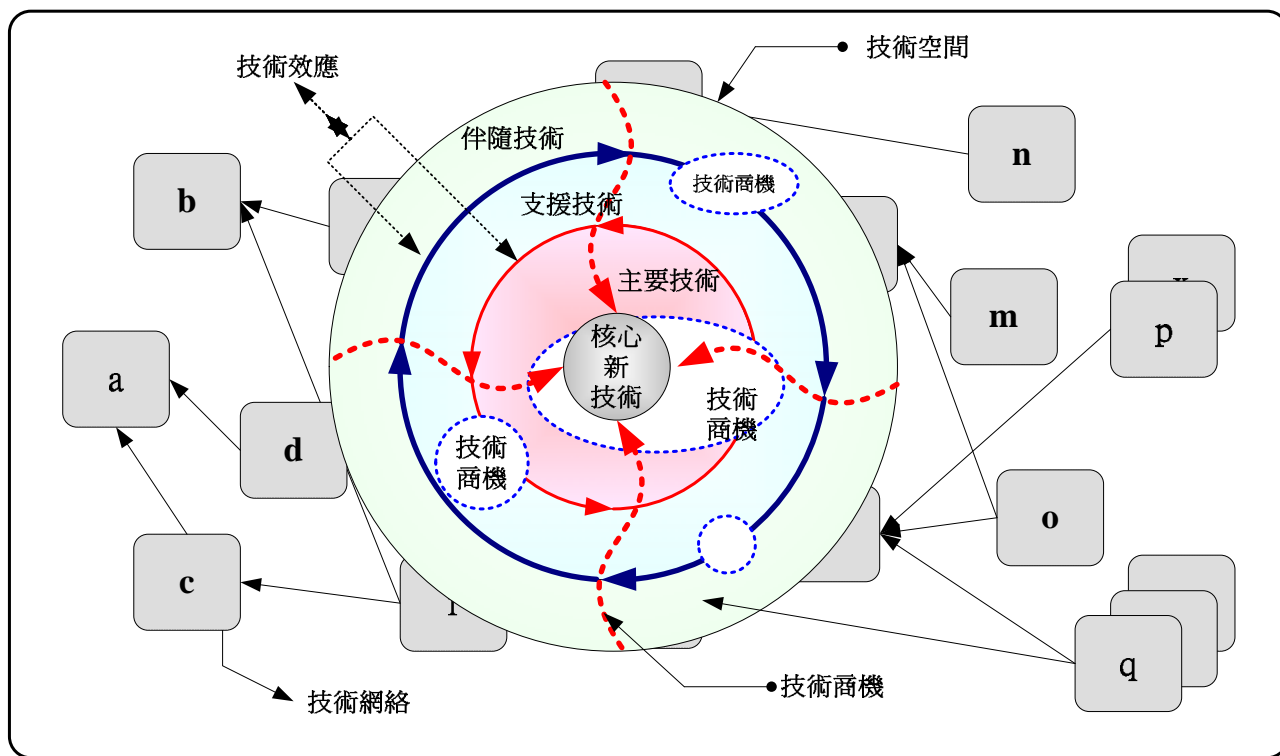


圖 8 觀念架構圖

管理意涵

社會網絡結構是社會行動者之間實存或潛在的關係模式 (Wellman and Berkowitz, 1988; Scott, 2002)。在網絡結構研究中，把行動者分到不同派系或社群的研究是非常重要的。亦即分析出網絡中所存在的「子結構」(sub-structure)。網絡的社群研究一方面可以瞭解整體社會網絡的運作與發展，另一方面可探討一個行動者如何鑲嵌到網絡之中。本研究將社群研究運用到技術領域，探討技術社群在技術網絡中的位置關係。本研究認為在技術發展過程中，不同的技術商機，或許因為技術基礎的不同，或許因為技術策略的不同。但是由於技術上有路徑依賴的關係，這些來自於四面八方的技術，由於對某項技術研發的共同關注，不約而同的會群聚在技術空間的某個位置上，自然形成不同位置角色的技術社群 (翁順裕, 2010)。

一個技術社群是技術網絡中某些技術行動者的子

集合，而技術行動者在該子集合中的聯繫相對比較緊密。緊密關係在衡量上或許可以數值的高低來判定，但是緊密關係畢竟一個相對性的抽象概念，由緊密關係所延伸出來對網絡位置的探討，在技術社群的管理上又有哪些意涵呢？

技術位置的轉換路徑

一貫上述的思維邏輯。本研究認為在技術空間上，技術之間會因引用關係的緊密性而佔據或形成某一特定位置 (乃本研究所謂之技術社群)。每一個特定位置在技術網絡中與其他位置的相對關係，對整體技術發展起了一定程度的作用 (即本研究在表 6 中所探討的位置關係)。由於技術的發展是具有累積性的，新技術的誕生不會無中生有。新技術的萌芽與發展，是在諸多的技術關係之中不斷的醞釀與激盪然後逐漸成形 (Stuart and Podolny, 1996; Balconi, et al., 2004; Gilsing et al., 2008)。技術網絡的結構因新技術的加

入，在經歷一段時日之後逐漸有了一些實質性的改變。相對應的，也導引出位置之間相對關係改變的可能性。推導表 5 之內外部關係比例的改變，觀察技術社群之內部關係從鬆弛到逐漸緊密（表 5 中，「

$\leq g_k - 1/g - 1 \rightarrow r \geq g_k - 1/g - 1$ ），外部關係由稀疏到遞次增加（表 5 中，「 $\approx 0 \rightarrow r > 0$ 」）的過程中。在技術管理上本研究認為技術社群在網絡位置的改變或許有以下的轉換路徑，如圖 9。說明如下：

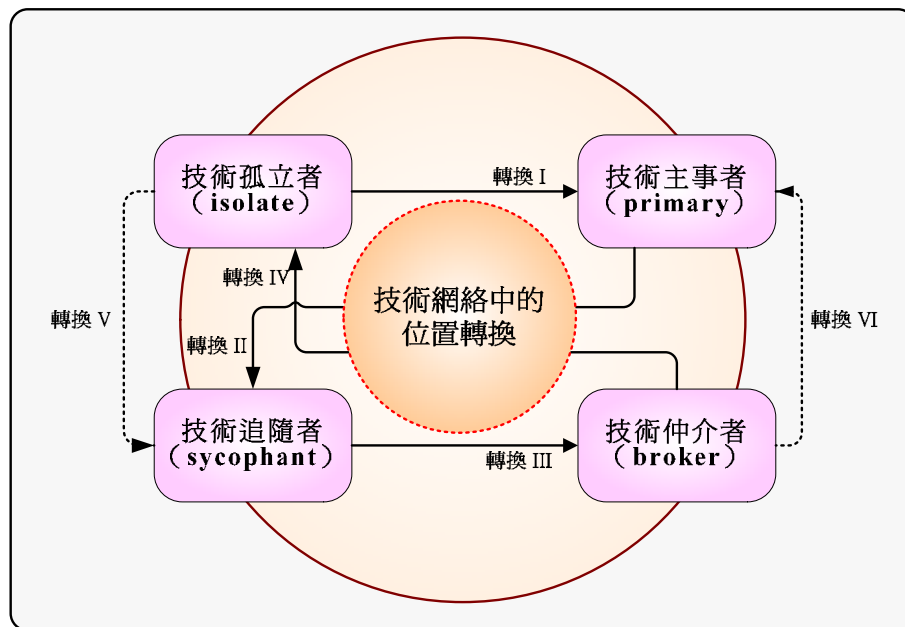


圖 9 技術網絡中的位置轉換

新技術產生與主流技術趨勢的形成非一日可及，不同的技術社群在技術環境之中，有些技術社群從配角變主角，有些則由主角淪為配角以致淘汰。對於轉換路徑，說明如下：

正所謂「前無古人，吾亦往之」。在技術網絡位置的關係中，有些技術社群可能必須經歷技術孤立者位置，潛心研發，專注於技術商機的開發，一旦有成並掌握先進者優勢後，才有可能到技術主事者位置（**轉換 I：在內部關係不變下，增加對外關係。**技術孤立者非常有機會轉換到技術主事者位置）。

但技術的研發路途艱辛，充滿高度不確定性，新技術雖然新穎，技術知識或許更上一層樓，但是否能成功仍是一個未知數。技術後進者規避了技術的不確定性，可能異軍突起。技術主事者可能淪為技術追隨者（**轉換 II：內部關係逐漸減弱，同時外部關係不斷流失。**當技術主事者優勢不在時，最有可能的技術位置是為技術追隨者）。此外，支援技術則可能先歷練追隨者位置，然後才有可能提升為仲介者位置（**轉換 III：在現有內部關係的基礎下，增加對外關係。**技術追隨者在經歷一段時間的努力後，最有機會提升為技術仲介者）。

技術仲介者因為位置之便，更有機會得知在技術

空間上因技術結構的空缺所產生的商機。特別是技術的不確定性愈高，橋接成員（bridge）的影響力比技術核心成員的影響力大（Granovetter, 1973; Burt, 1976; Tushman and Anderson, 1986）。此時技術仲介者應有機會掌握先機，轉變為技術孤立者（**轉換 IV：減少無助益的外部關係，增加有實質助益的內部關係。**），先蹲後跳蛻變為技術主事者，扮演技術先進者的角色（回復到轉換 I）。

此外，亦有可能因技術趨勢上的重大改變，使技術位置關係產生跳躍式改變。一是，由技術孤立者降為技術追隨者（**轉換 V：內部關係驟降**）：例如，技術的研發策略錯誤，或是技術能力始終未能越過一個技術上的門檻，導致過去所累積的技術能力淪為為他人作嫁。二是，由技術仲介者直接躍升為技術主事者（**轉換 VI：外部關係驟升**）：洞悉技術先機，掌握到技術主流的脈動方向，或是跨越技術上的門檻。

綜合上述，推導技術社群之內外部關係比例改變的難易度，技術位置之轉換 I、II、III 與 IV 屬於常規的轉換路徑，較為經常出現。轉換 V 與 VI 為異常的轉換路徑，其難度較高。不同的技術位置的佔據代表著技術商機差異之所在。位置關係向上流動，是技術的研發管理的努力方向。相對的，若位置關係向下流動

，則技術研發策略須調整。立基在本研究的視角與思路下，本研究提出一些理論意涵的探討，以及對技術發展與技術策略的一些管理上看法。上述觀點，有待後續研究與討論。

研究限制

Moody (2001) 指出過去 30 年主要網絡的實證研究主要集中於小型網絡的研究（網絡規模小於 100 個節點為中型網絡，網絡規模小於 50 個節點為小型網絡），而且網絡分析工具的發展目前仍以小型網絡的分析為主。雖然我們對收集大型網絡資料的能力，已遠遠超過我們所能夠對此網絡進行有意義分析的能耐。對於大型網絡分析的障礙仍然受限於如何產生出具有意涵的計算。上述的評論，也正是本研究在資料篩選時所面臨的窘境與限制。

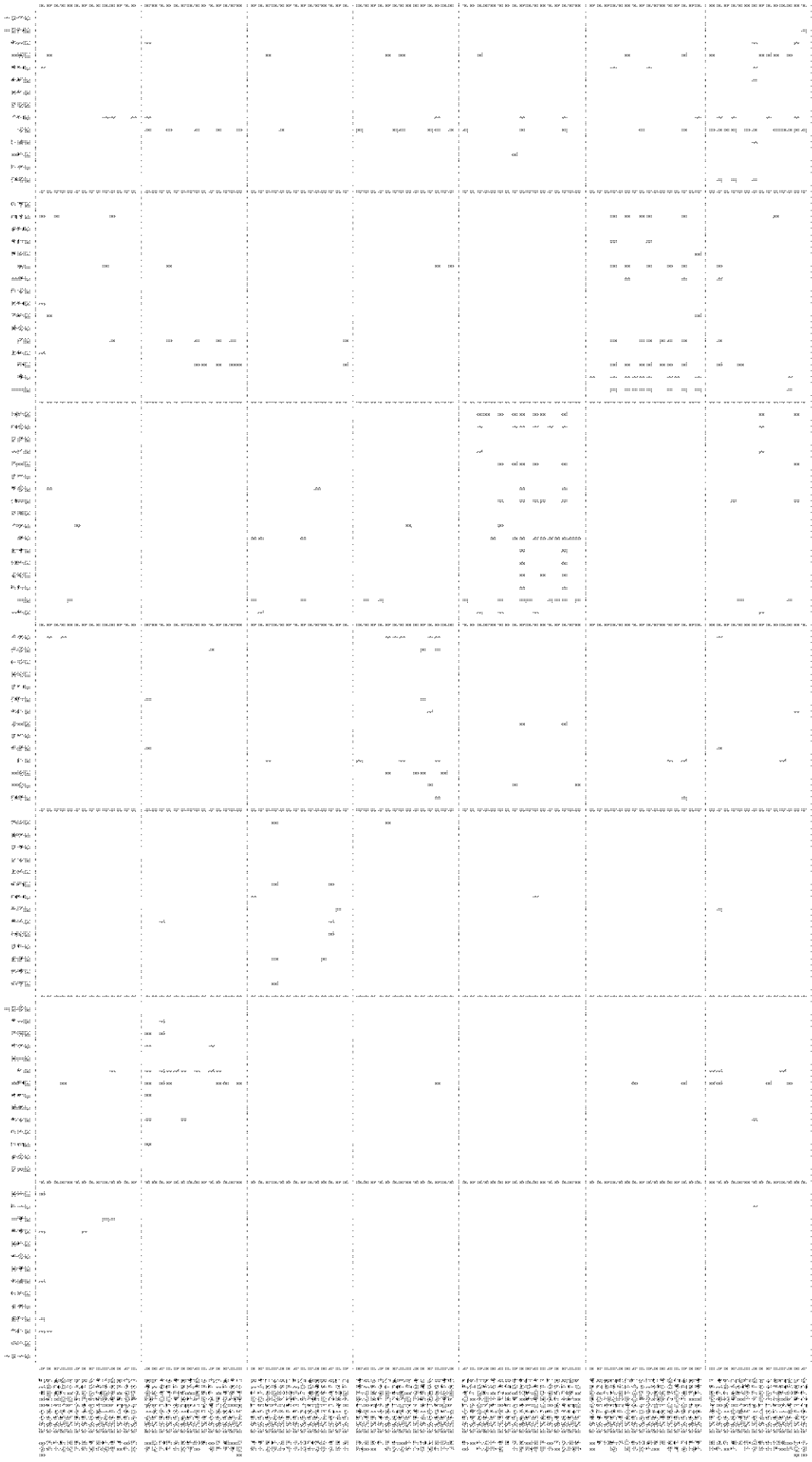
參考文獻

- 翁順裕，2010。從網絡的結構分析探討「技術位置」與「技術角色」——以保險商業方法專利為例，*管理學報*，第二 七卷第二期，97-122。
- 翁順裕，賴奎魁，2009。從社會網絡分析觀點探討技術的趨同性——以保險商業方法專利為例，*管理學報*，第二 六卷第五期，485-506。
- Abernathy, M. J. and Utterback, J. M., 1978. Patterns of Industrial Innovation, *Technology Review*, 8(7), 40-47.
- Alcácer, J., Gittelman, M. and Sampat, B., 2009. Applicant and Examiner Citations in U.S. Patents: An Overview and Analysis, *Research Policy*, 38(2), 415-427.
- Balconi, M., Breschi, S. and Lissoni, F., 2004. Networks of Inventors and the Role of Academia: An Exploration of Italian Patent Data, *Research Policy*, 33(1), 127-145.
- Borgatti, S. P., Everett, M. G. and Freeman, L. C., 2002. *Ucinet 6 For Windows: Software for Social Network Analysis*, Harvard: Analytic Technologies.
- Borgs, C., Chayes, J. T., Mahdian, M. and Saberi, A., 2004. *Exploring the Community Structure of Newsgroups*, Proceedings of the Tenth ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, New York, America.
- Burt, R. S., 1976. Positions in Networks, *Social Forces*, 55(1), 93-122.
- Clauset, A. Newman, M. E. J. and Moore, C., 2004. Finding Community Structure in Very Large Networks, *Physical Review E*, 70(6), 066111.
- Criscuolo, P. and Verspagen, B., 2008. Does It Matter Where Patent Citations Come From? Inventor VS. Examiner Citations in European Patents, *Research Policy*, 37(10), 1892-1908.
- Danon, L., D'Iaz-Guilera, A., Duch, J. and Arenas, A., 2005. Comparing Community Structure Identification, *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 29(9), P09008.
- De Amorim S. G, Barthélemy J. P. and Ribeiro C. C., 1992. Clustering and Clique Partitioning: Simulated Annealing and Tabu Search Approaches, *Journal of Classification*, 9(1), 17-41.
- Dosi, G., 1982. Technological Paradigms and Technological Trajectories, *Research Policy*, 11(3), 147-162.
- Du, H., Feldman, M. W., Li, S. and Jin, X., 2007. An Algorithm For Detecting Community Structure of Social Networks Based on Prior Knowledge and Modularity: Research Articles, *Complexity*, 12(3), 53-60.
- Everett, M., 2002. *Social Network Analysis, Essex: Textbook at Essex Summer School in SSDA*, London: Sage.
- Gilsing, V., Nooteboom, B., Vanhaverbeke, W., Duysters, G. and Van Den Oord, A., 2008. Network Embeddedness and the Exploration of Novel Technologies: Technological Distance, Betweenness Centrality and Density, *Research Policy*, 37(10), 1717-1731.
- Girvan, M. and Newman, M. E. J., 2002. Community Structure in Social and Biological Networks, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99(12), 7821-7826.
- Granovetter, M., 1973. The Strength of Weak Ties, *American Journal of Sociology*, 78(6), 1360-1380.

- Guimerà R and Amaral L.A.N., 2005. Functional Cartography of Complex Metabolic Networks, *Nature*, 438(7070), 895-900.
- Gustafsson, M., Hornquist, M. and Lombardi, A., 2006. Comparison and Validation of Community Structures in Complex Networks, *Physica A*, 367(1), 559-576.
- Hanneman, R. A. and Riddle, M., 2005. *Introduction to Social Network Methods*, Riverside, CA: University of California.
- Harhoff, D., Narin, F., Scherer, F.M. and Vopel, K., 1999. Citation Frequency and the Value of Patented Inventions, *Review of Economics and Statistics*, 81(3), 511-515.
- Henderson, R., Jaffe, A. and Trajtenberg, M., 1998. Universities as a Source of Commercial Technology: A Detailed Analysis of University Patenting 1965-1988, *Review of Economics and Statistics*, 80(1), 119-127.
- Kadushin, C., 2002. The Motivational Foundation of Social Networks, *Social Networks*, 24(1), 77-91.
- Kernighan, B. W. and Lin, S., 1970. An Efficient Heuristic Procedure For Partitioning Graphs, *Bell Systems Technical Journal*, 49(1), 291-307.
- Lorrain, F. and White, H. C., 1971. Structural Equivalence of Individuals in Social Networks, *Journal of Mathematical Sociology*, 1(3), 49-80.
- Moody, J. and Douglas, R. W., 2003. Social Cohesion and Embeddedness: A Hierarchical Conception of Social Groups, *American Sociological Review*, 68(1), 103-127.
- Moody, J., 2001. Peer Influence Groups: Identifying Dense Clusters in Large Networks, *Social Networks*, 23(4), 261-283.
- Moody, J., 2004. The Structure of a Social Science Collaboration Network, *American Sociological Review*, 69(2), 213-238.
- Newman, M. E. J. and Girvan, M., 2004. Finding and Evaluating Community Structure in Networks, *Physical Review E*, 69(2), 026113.
- Newman, M. E. J., 2004. Detecting Community Structure in Networks, *European Physical Journal B*, 38(2), 321-330.
- Newman, M. E. J., 2006. Modularity and Community Structure in Networks, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(23), 8577-8582.
- Ng, A. Y., Jordan, M. I. and Weiss, Y., 2002. On Spectral Clustering: Analysis and An Algorithm, *Advances in Neural Information Processing Systems*, 14(2), 849-856.
- Palla, G., Derenyi, I., Farkas, I. and Vicsek T., 2005. Uncovering the Overlapping Community Structure of Complex Networks in Nature and Society, *Nature*, 435(7043), 814-818.
- Podolny, J. M., Stuart, T. E. and Hannan, M. T., 1996. Networks, Knowledge, and Niches: Competition in the Worldwide Semiconductor Industry, 1984-1991, *American Journal of Sociology*, 102(3), 659-689.
- Radicchi, F., Castellano, C., Cecconi, F., Loreto, V. and Parisi, D., 2004. Defining and Identifying Communities in Networks, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(9), 2658-2663.
- Scott, J., 2002. *Social Network Analysis: A Handbook 2nd ed.*, London: Sage.
- Stefano, B., Criscuolo, P. and Geuna, A. 2005. The Knowledge Bases of the World's Largest Pharmaceuticals Groups: What Do Patent Citations To Non-Patent Literature Reveal?, *Economics of Innovation and New Technology*, 14 (5), 395-415.
- Stuart, T. E. and Podolny, J. M., 1996. Local Search and the Evolution of Technological Capabilities, *Strategic Management Journal*, 17(Special Issue), 21-38.
- Teece, D. J., 1996. Firm Organization, Industrial Structure and Technological Innovation, *Journal of Economic Behavior and Organization*, 31(2), 193-224.
- Thompson, P. and Fox-Kean, M., 2005. Patent Citations and the Geography of Knowledge Spillovers: A Reassessment, *American Economic Review*, 95(1), 450-460.
- Thompson, P., 2006. Patent Citations and the Geography of Knowledge Spillovers: Evidence from Inventor- and Examiner-Added Citations, *The Review of Economics and Statistics*, 88(2), 383-388.

- Trajtenberg, M., Henderson, R. and Jaffe, A. B., 2002. University Versus Corporate Patents: A Window on the Basicness of Invention, In Jaffe A., Trajtenberg, M. (Eds.), *Patents, Citations and Innovations—A Window on the Knowledge Economy*, Cambridge, MA: MIT Press, 51-88.
- Tushman M. L. and Rosenkopf, L., 1992. Organizational Determinants of Technological Change: Toward a Sociology of Technological Evolution, *Research in Organizational Behavior*, 14(3), 311-347.
- Tushman, M. L., Anderson, P., 1986. Technological Discontinuities and Organizational Environment, *Administrative Science Quarterly*, 31(3), 439-435.
- Wang, R., Zhang, S., Wang, Y., Zhang, X. S. and Chen, L., 2008. Clustering Complex Networks and Biological Networks by Nonnegative Matrix Factorization with Various Similarity Measures, *Neurocomputing*, 72(1/3), 134-141.
- Wasserman, S. and K. Faust., 1994. *Social Network Analysis: Methods and Applications*, New York: Cambridge University Press.
- Wellman, B. and Berkowitz, S. D., 1988. *Social Structures: A Network Approach*, New York: Cambridge University Press.
- White, S. and Smyth, P., 2005. A Spectral Clustering Approach To Finding Communities in Graphs, In H. Kargupta, J. Srivastava, C. Kamath, and A. Goodman (Eds.), *Proceedings of the 5th SIAM International Conference on Data Mining*, Philadelphia: Society For Industrial and Applied Mathematics, 274-285.

附錄



附圖 1：技術社區的分區圖

註：此是執行 **Factions** 後所得到的區塊圖。為符合邊界大小，謹將技術社區的區塊圖縮小，是模糊不清，但目的讓讀者能觀察到社群內與社群之間的關係密度。區塊內有標註 1 者，代表兩專利之間有關係。反之，則無。

翁順裕是德明財經科技大學財務金融系助理教授。國立雲林科技大學企業管理博士。曾任職於外商保險公司多年。主要教授管理學、企業政策與保險學。研究領域為科技管理與策略管理。學術文章曾發表於管理學報、管理與系統、政大智財評論、International Journal of Innovation and Technology Management(IJITM), International Journal of Services Technology and Management (IJSTM) 等。

Calvin S. Weng is an assistant professor in Takming University of Science and Technology, Taiwan. He received his PhD degree in Management from National Yunlin University of Science and Technology in Taiwan, and MA degree in Actuarial Science from Roosevelt University in Chicago, IL, USA, and has been working in the Aetna Life insurance company of America in Taiwan branch office for more than 10 years. His research interest focuses on strategy management and technology management. His works have appeared in Journal of Management, International Journal of Innovation and Technology Management(IJITM), International Journal of Services Technology and Management (IJSTM), Journal of Management & Systems(Chinese), NCCU Intellectual Property Review (Chinese), Insurance Issues & Practice (Chinese).

To Study the Community Structure and Its Positional Relationship of Technological Network — Insurance Business Method Patents

Calvin S. Weng

Takming University of Science and Technology

Paper No. : 2990

Received August 17, 2009 → First Revised November 10, 2009 → Second Revised December 10, 2009 → Accepted December 15, 2009

The study of community structure of networks has received an enormous amount of attention in recent years. According to the definition a community could be a set of nodes by randomly selected, but the problem was that the set composed by random nodes might not consist with any significant meanings. The methodology of studying of community structure is to find out the naturally existing community by inspecting the network structure. This paper utilizes the concept and methodology of community to study technological domain. The results of this study are as follows: first, to divide technological communities according to their mutually relationship in the position of network, and technological communities can be the isolate, primary, sycophant and broker. Second, to derivate the variety of the densities of internal and external, this paper proposes a possible transaction route of the change of technological communities in the technological development. In addition, the paper also proposes some technological implications to be further discussion.

Key Words: *Technological Community, Network Position, Technological Network, Social Network Analysis.*

.....