大學圖書館
12 卷 1 期（民國 97 年 3 月） 頁 72-95

運用書目計量學分析兩岸三地創新系統的知識生產、流動與擴散：以資料探勘領域為例

Using Bibliometrics to Analyze Knowledge Production, Flow and Diffusion in the Innovation Systems of Taiwan, Hong Kong and China: An Empirical Study on Data Mining

黃元鶴 **Yuan-Ho Huang**
輔仁大學圖書資訊學系副教授
Associate Professor, Department of Library and Information Science
Fu Jen Catholic University
e-mail: yuanho@lins.fju.edu.tw

【摘　要】

企業與其他機構和組織的互動是創新系統中重要的一環，組織間技術與資訊的交流有助於創新的產生，亦是影響產業發展的重要指標。而專利與學術文獻的書目計量學分析可顯現知識的分享與擴散情況，提供有限度的創新系統的績效指標，以觀察創新系統的發展活動概況。因此，本研究運用書目計量學的方法論由創新系統的觀點來看兩岸三地知識的散佈情況，並著重在知識生產及知識流動等方面來探討其相關的活動。實證資料的研究則收集資料探勘的學術文獻進行分析。研究結果顯示：知識生產力是香港地區的大學整體表現較佳，由機構間的合作網絡關係圖呈現主要是來自學術機構與研究單位間的合作，少數來自產業界的機構的知識合作。此外，中國的跨國知識交流活動較頻繁。

【Abstract】

Interaction among enterprises and other organizations is essential to innovation systems, where the flow of technology and information can facilitate the generation of innovation and influence industry development. Bibliometric analyses of patent documents and academic publications can reveal the extent of knowledge sharing and diffusion, serving as a narrow performance indicator of innovation systems that also points to their overall development. Therefore, this study used bibliometrics to analyze knowledge production and flow in Taiwan, Hong Kong and China from the perspective of innovation systems, targeting the field of data

臺灣大學學術期刊資料庫

mining with an empirical study. The results show that Hong Kong universities perform better in knowledge production. From the pattern of collaboration network, it is clear that collaborations happen more between universities and research institutes than between industrial organizations. Furthermore, the frequency of international collaboration in China shows there to be prominent knowledge flow in that innovation system.

關 鍵 詞：書目計量學；引用文獻分析；知識生產力；知識擴散；創新系統
Keywords：Bibliometrics; Citation analysis; Knowledge production; Knowledge diffusion; Innovation system

壹、前言

書目計量學的應用，提供圖書館館藏管理的量化分析的工具、呈現學科的成長與衰退的現象、觀察科學傳播當中不同學科間資訊交流等等。近年來，其應用的範圍已延伸到很多領域，如科技管理相關的研究，在現今全球高科技日漸專業化的環境下，可運用書目計量學的方法論，拓展其實務應用的範圍，提供科技政策的參考資訊。因此，本文介紹科技管理領域中的創新系統的思維觀點，輔以書目計量學進行的實證資料分析，試圖能以跨學科的觀點來詮釋。

近年來，開發中國家紛紛思考如何在科技創新上與已開發國家相抗衡，因此學者 Freeman（1987）提出了「國家創新系統」（National System of Innovation 或 National Innovation System, NIS）的概念，探討國家之組織制度如何有效加速技術發展與擴散，提高國家競爭優勢，並據以解釋日本為何能成為戰後經濟最成功的國家。所謂創新系統，根據 Lundvall（1992）的定義：一個創新系統是由若干元素與關係所構成，在國家的範疇中探討知識生產、擴散及新事物的使用、經濟上的有效性之間的互動關係。創新活動在知識的創造、擴散、應用以及加值過程中很容易出現市場失靈與系統失靈的現象，因而政府實有必要介入與參與創新活動，制定相關政策，協助國家內部創新活動的進行。

瑞典VINNOVA（Swedish Governmental Agency for Innovation Systems）的國家創新系統報告中包括「創新系統競爭力」、「科學與技術的績效」、「創新的活動與互動」、「研發結構與人力資源」、「財務與促進創業的結構因子」等構面，並以量化的方式來呈現各構面的績效表現；其中在「科學與技術的績效」的構面中，以

專利文獻與科學文獻的量化統計呈現分析的結果，而在「創新的活動與互動」的構面中，則提及藉由科學出版品的合著者機構來觀察瑞典生化產業中產官學研等不同性質機構間的知識交流與互動（Marklund, Nilsson, Sandgren, Thorslund, & Ullstrom, 2004）。此外，經濟合作暨開發組織（OECD）的「創新與技術」議題研究也是藉由對 NIS 的特性與績效分析，檢視政府政策是否能有效促進創新，協助會員國找出強化創新與技術變革以促進經濟持續成長的策略與措施（OECD, 1997）。

由於「科學與技術的績效」與「創新的活動與互動」的構面是以專利文獻與學術文獻中的書目資料來進行量化的分析，因此本研究即以書目計量學的方法論來分析創新系統，並且由文獻中的書目資料來觀察其中的知識交流關係。有效率的知識分享與擴散是國家創新系統中重要的構面。甚至 OECD 也明確定義，技術與創新發展的成果是國家創新體系中複雜關係的交互作用所創造出來的。而 OECD 認為整個國家創新體系的形成之後，其發展的指標衡量與評估，則集中以四種型態的知識流或技術流為形式（OECD, 1997）：

一、企業間的互動（Interactions among enterprises）：主要的合作在於研發活動及技術開發的合作關係。

二、企業、大學及公共研究機構間的互動（Interaction among enterprises, universities, and other public research institutes）：包括了合作研發、申請專利、共同發表及更多的非正式連結。

三、對企業的知識與技術擴散（Diffusion of knowledge and technology to enterprises）：諸如產業界經由機器與設備對於新技術的適應程度與擴散。

四、人員流動（Personnel mobility）：主要指的是技術人員在公共部門與私人部門之間的移動。

總結 OECD 的國家創新系統概念，創新系統的良窳關係著國家的經濟發展與科技發展的程度，而系統內成員的交互運作是否密切，影響創新系統的運作績效。Acrocena & Sutz (2000) 運用這樣的觀點，去探討整體交互運作的密切度及技術知識等擴散度在南美洲的國家產業發展的狀況，並歸結出國家創新體系中的連結與互動亦是影響一國產業發展的重要指標，換句話說，我們可以由知識的分享與擴散情況觀察出一個國家創新發展活動的概況。Mytelka（2000）提出了比較明確的架構，不僅顯示企業與其他機構和組織的互動用以產生創新的過程，企業發展的互動是透過與專業機構及組織的交流與支援，取得資料分析與資訊蒐集，這些機構與組織包括了產業公會、研發單位、專責資訊蒐集研究機構、創新育成中心等，在這些機構與組織運作流程中，反映三個

臺灣大學圖書館

主要因素：連結、投資及學習。因此，本研究嘗試由創新系統的觀點來看兩岸三地知識的散佈情況，並著重在知識流及知識生產的方向來探討其相關的活動。

在亞洲的創新系統中，資訊電子產業是世界知名的，由於其相關的零組件、材料、貨品及軟體的運用、製程系統的快速反應等活動均具高程度的互依性，顯示一個國家的創新系統的環境會促進與改變相關的創新活動，尤其是資訊傳播技術（Information and Communication technology, ICT）領域易於交流且可提供新興國家成長的機會（Freeman & Soete, 1997）。近年來，由於商業價值的典範已由工業時代所著重的實體資產轉移至知識經濟時代的創新管理能耐，由產品的量產競爭轉移至顧客的關係管理，因此，資訊傳播技術當中的資料探勘技術，大量地應用在商業資訊的分析，以利增加公司競爭優勢，進而帶動國家整體發展。所以，本研究主要關注的對象為兩岸三地的資料探勘領域的知識，希望能從具體量化的數據中，觀察其創新活動的脈絡。

貳、文獻探討

一、書目計量學、引用文獻分析及近代研究趨勢

蔡明月（1997）曾綜整書目計量學相關名詞的變遷如下，Pritchard 將書目計量學（Bibliometrics）定義為：應用數學與統計方法至書或其他形式的文字傳播；Mikhilov 則強調科學計量學（Scientometrics）在於研究科學資訊的結構和屬性以及科學傳播過程的法則；Rajan 稱資訊計量學（Informetrics）是資訊生產力的測量研究，亦企圖研究資訊社會之構成屬性。然而，「書目」資料乃書目計量化計算的基本單元，因此本研究仍以最早的名稱「書目計量學」來統稱在各方面的應用，如科學的社會研究、科技政策、資訊管理、社會科學、圖書館學等。其相關研究的應用是以論文、專利及期刊為觀察的主體，將作者、國家、所屬機關、出版年份、主題分類等，以及引用文獻與其他被引用文獻的關係參考建檔，做為統計對象。

完整的學術論文是由正文（引用文獻）與其後所附的參考書目（被引用文獻）所組成，由引用與被引用關係的研究，即可獲知學科之間的關係與發展及文獻傳播的歷程，進而了解研究近況與未來趨勢（蔡明月，2001）。引用文獻分析是書目計量學研究的領域之一，該方法論有三種：引用分析（Citation analysis）、共被引用（Co-citation coupling）、書目耦合（Bibliographic coupling）。引用分析是當一作者引用另一作者的文章，其關係即建立了，可由作者的被引用次數來決定其影響因素（Impact factor）；共被引用可用來判斷兩論文間的主題相近性，若文章A與文章B同時被文章C

臺灣大學圖書館 期刊資料庫

所引用，則文章A與文章B雖無互相引用關係，但由於同時被文章C所引用，故文章A與B有相關。若文章A與B同時被許多文章所引用，則其相關性程度即愈高。書目耦合與共被引用的概念相同，只是呈對映關係，即文章A與文章B同時引用C，則文章A與B有相關（Osareh, 1996）。共被引用分析是 Small 於1973年提出的概念，它可用來分析科學結構的發展現況及後續的變遷，可以提供如科技前沿分析、領域分析等資訊，所以常被運用來分析以提供科技政策相關資訊的參考（Franklin & Johnson, 1988）。因此本研究採用共被引用文獻分析創新系統中的領域知識等資訊。但共被引分析亦存在若干問題如下：第一，由於被引文獻的資料僅呈現第一作者，僅由第一作者來代表該文獻的主要智慧貢獻者無法呈現全部的資訊（Gmür, 2003）；第二，由於採用高被引的論文來進行聚類等分析，可能會忽略了若干新興的研究領域，因為主題太新而分析時還未出現高被引現象，因此遺漏了某些科技前沿的領域；第三，由於被引用文獻僅能顯示與引用文獻有主題相關，但無法顯示主題相關程度的強弱，也不見得會包含所有引用文獻中存在的主題，所以運用共被引分析作為主題聚合分析的方式，是一種間接的分析方式。

近年來的書目計量學的發展與應用，除了前述所提的引用文獻分析外，在方法與應用的範疇上呈現不同的視野，Bar-Ilan（2008）曾由Web of Science、Google Scholar、LISA 及 LISTA 等資料庫中收集在 2000 年至2006年間的一萬多篇資訊計量學相關的文獻，綜整其研究趨勢，新興熱門的研究主題包括資料庫之間的比較、由 h 指數所引發之相關指標的研究興趣、網路計量及網路影響係數等的研究、開放存取期刊及電子出版品的研究、國家或主題別的出版品生產力相關的研究、由合著者來探討合作研究的現象、科技政策制定相關的研究如研究評鑑或大學評比、以及專利相關的分析等。

其中在學術生產力研究上，Glänzel（2003）建議應區分為(1)微觀層級（micro level）：個人與研究團隊的研究產出量；(2)介觀層級（meso level）：機構或某領域期刊的出版量；(3)巨觀層級（macro level）：地區或國家別，或跨國的聚集出版量的分析。影響出版活動量的因素在微觀層級上包括主題別、作者年齡、作者社會地位、觀察期間的長短等。近年來，Zhou & Ldydesdorff（2006）的研究結論是中國為科學生產力活躍表現的前十五名，而且在奈米技術的相關研究上成為重要角色。學術生產力的研究除了由微觀朝向巨觀層級等的分析單位外，也有由出版量高的背景等因素進行相關研究，如 Man, Weinkauf, Tsang, & Sing（2004）的研究發現某些國家在生物醫學領域的期刊發表量與該國的研究經費的總體花

臺灣大學圖書館

費及英文托福成績的表現上有統計上顯著性的相關。半導體、護理、生物科技、微生物學、乳癌、煙草、SARS 等主題的文獻，均曾以學術生產力的觀點進行研究，包含的層面非常的廣泛，呈現多樣化的研究主題（BarIlan, 2008）。

Price, Garfield, Small 及 Griffith 等人是科學合作相關研究的先驅者，第二次世界大戰後，科學合作的趨勢已由合作（Collaboration）到團隊工作（Teamwork）前者是小科學，後者為大科學（Beaver, 2001）。合著者分析（Coauthorship）可做為科學合作的衡量指標之一，Beaver（2001）曾提及研究人員合著的數種目的，其中包括可增加技術進展的速度、增加生產力、可形成研究社群網絡之無形學院等、降低研究錯誤、可學習不同的研究工具或技巧以發現新的研究議題等等。Glänzel（2002）曾分別收集 1980, 1986, 1992, 1996 及 1998 年在數學、化學及生物醫學方面期刊的合著者分析研究，發現數學期刊的平均作者數最低（1980 年是 2.22，1998 年是 2.59），其次是化學期刊（1980 年是 3.07，1998 年是 3.82），生物醫學期刊的合著人數最高（1980 年是 3.47，1998 年是 5.13），而且合著者人數是逐年增加；但是對於合著者人數與期刊影響係數的相關分析則無顯著相關；然而，作者數較多的文章的確比單一作者的文章在被引用次數上增加許多。因此，除了可由書目偶合或共被引分析來觀察科學傳播的現象外，亦可由合著者分析來衡量科學研究網絡的強度。近年來，合著者分析在許多領域都有相關的實證研究，如 Schummer（2004）發現奈米科學的跨學科研究現象並不顯著，而 Harirchi, Melin, & Etemad（2007）則由合著來觀察研究伊朗的生物、化學與物理等領域的國際合作現象。

Bar-Ilan（2008）在資訊計量學領域文獻的綜整研究中，收集的樣本文獻之刊登期刊的前二名分別為 Scientometrics 以及 Journal of the American Society for Information Science and Technology（JASIST），比較特殊的是相較於 Wilson 在 1999 年進行的分析，Research Policy此期刊在1999年是排名第十二位的期刊，但 Bar-Ilan 在 2008 年的分析是第三名，可見資訊計量學的相關研究社群，除了原先圖書資訊領域相關的期刊外，擴散至科技政策與科技管理為主軸的期刊，其應用範圍已更加延伸。因此，本研究嘗試由書目計量的分析來進行創新系統相關研究的初探，以呼應目前的研究潮流。

二、創新系統及衡量指標

創新系統（innovation system）是由 Lundvall 在1985年提出的概念，強調人員、企業或機構間的技術與資訊的交流與互動的過程，是創新過程中的關鍵流程。以下是創新系統概念的

臺灣大學圖書館 開放資料庫

起源、研究方向與範疇，以及相關衡量指標的綜整。

追溯國家創新系統概念上的源起是來自經濟學家 Friedrich List 在1841年所出版的《政治經濟的國家系統（The National System of Political Economy）》一書，分析國家專有因素如何影響一國的經濟發展及國家的科技政策等問題。加上經濟學家熊彼得（Joseph A. Schumpeter）明確地區辨發明與創新的不同，創新是把原來的生產要素重新組合，改變其產業功能，以滿足市場需求，從而創造利潤，並提出創新固然會創造利潤，但是有創新就有破壞，因為創新會破壞現有的經濟模式，但破壞之後新的取代舊的，結果更美好的詮釋（許明德，2006）；因此學者Freeman和 Nelson與Lundvall在1988年合作研究技術上的變革與經濟理論，提出國家創新系統（National System of Innovation）的完整概念，並引發當代對此概念的後續的研究，先由歐美的富有國家，如美國、英國、法國及斯堪地那維亞半島（北歐），後延伸至各該國中的較小範圍如學研機構的合作等，近年來在拉丁美洲與亞洲地區正興起一股研究熱潮（Lundvall, Johnson, Anderson, & Dalum, 2002）。此外，研究國家創新系統相關概念的世界知名機構如SPRU（Science and Technology Policy Research）是英國薩克賽斯大學（University of Sussex）的科研中心，由 Freeman 成立於1966年，以及位於丹麥的阿爾堡大學（Aalborg University）的IKE group。

Lundvall（2002）等學者的綜論中指出：Freeman和 Nelson與Lundvall等學者對國家創新系統的定義較強調由公私部門之產官學研各種機構的所構成的網路結構相互的影響，因而促進了新技術的開發改良與擴散，著重在制度的概念，焦點在生產系統與創新過程之間的互動；同一年代的 Porter與Whitley則與Freeman等人不同的觀點，Porter 以「生產要素」、「需求要素」、「相關產業和支援產業的表現」、「企業的策略、結構和同業競爭」四項整體環境因素加上機會及政府的角色，Whitley 則重視文化嵌入企業實務的重要性（Lundvall et al., 2002；洪世章、林于婷，2003）。國際上較通用的定義是指由一個國家的公共和私有部門組成的組織和制度網絡，其活動是為了創造、擴散和使用新的知識和技術（劉常勇，2005）。

近年來在創新系統的研究範疇上已出現不同的層級，不拘限於國家別的研究範圍，也有區域性的創新系統（regional systems of innovation），而瑞典的研究則提出技術系統（technological system）的概念，甚至也有以部門創新系統（sectoral systems of innovation）的相關研究（Lundvall et al., 2002）。若以新竹科學園區為研究範圍則屬「區域創新系統」觀點，而探討產業間的知識交流則為「部門創新系統」的研究觀點，創新系統的

臺灣博碩士論文知識加值系統 期刊資料庫

相關研究範疇並非僅能以國家層級的觀點來研究。此外，Sandström 等人提到創新系統的研究單位可分為三個層級：巨觀（macro level）、介觀（meso level）及微觀（micro level）；巨觀層級的研究著重在國家創新系統，介觀層級是研究某特定區段或群集的創新系統，而微觀層級則是研究少數公司或組織間的創新系統（Sandström, Pettersson, & Nilsson, 2000）。本研究則以介觀層級的觀點，即以「部門創新系統」的研究範疇選定資料探勘為主題，並以「區域創新系統」的範疇選擇兩岸三地的相關著作來進行創新系統的研究。

Archiugi（1996）彙整 Freeman、Lundvall 及Nelson 等學者之研究成果後，國家創新系統在界定及解釋國家的行為方面，應包含教育與訓練、科學與技術能力、產業結構、科學與技術的長處與弱點、創新系統間的互動、海外技術能力之吸收及合作等構面。也有學者由構成國家創新系統之「因」與「果」來分析；「因」的分析著重在理論的應用面與解釋力，「果」的分析則是探討創新系統績效衡量的因素（洪世章、林于婷，2003）。創新系統的研究經常使用量化分析，研究變數包括產業結構、創新資源、知識流動、知識生產、公司層級的新技術及高成長公司，公共的研發投入預算等（Sandström, Pettersson, & Nilsson, 2000）。這些量化的研究變數當中著重於「果」的分析則包括專利、科學出版品、科技產業之國際市場佔有率、要素生產力、研發經費投入、高等教育人力比例等等（洪世章、林于婷，2003）。常用以衡量國家創新系統的指標類型包括下列類型（吳榮義、林秀英，2003）：

- 投入指標：研發經費、研發人員數、人力資源的質量、創新支出、知識投資等。
- 過程指標：知識擴散指標（如 ICT 設備與應用概況，文獻與專利被引用次數）與研發合作模式（如技術策略聯盟個案數，產學研等機構的技術合作情況）。
- 產出指標：包括專利件數與被引用次數或頻率、科學論文篇數被引用次數與頻率等、出口值佔製造業出口比重。

而其中專利與科學出版品的量化研究即是以書目計量學的方法論來分析，通常反應的是基礎研究變化的型態，而非直接代表產業技術創新過程，然而技術與創新是複雜且多面向的，所以書目計量的指標對於詮釋創新系統是有其侷限性的。唯有多方面的指標綜合運用，才能呈現國家創新系統完整的面向。因此，本研究先以書目計量的分析來進行創新系統相關研究的初探。

以創新系統而言，論文發表的數量，被引用次數的綜合分析可做為知識生產力程度的衡量；由合著作者之不同機構別可判別產官學研等不同組織的研發合作模式，而提供知識流動

的資訊；引用文獻分析則可做為主題聚合分析資料的基礎。

以下的實證研究即以資料探勘的學術文獻出版品為例，應用書目計量學的方法論，以探討創新系統的概念。

三、創新系統的實證研究：以資料探勘領域為例

資料探勘（Data mining）是從大量資料中挖掘出事先未知、有效的和有用的資訊之過程，以提供有效的策略決斷並焠煉出具有競爭力的企業智慧。它結合了資料庫技術、統計、專家系統、機器學習等學科領域。是電腦科學技術日漸成熟的具體應用，同時結合管理科學的知識，把電腦相關技術運用在公司或組織層級，藉著快速而精確地處理資訊的能力，輔助主管做即時而精準的決策使公司經營更具效率。因此，本研究由創新系統的觀點來找出資料探勘中的創新概念及電腦新技術相關知識的演進與更迭。

學術研究的成果是衡量創新系統的指標之一，專利的分析亦是另一種創新活動的成果指標，然而資料探勘的相關技術上，較少以申請專利的方式去顯現成果，故本研究即以學術研究的成果來分析其中的創新活動及知識流向，進而探討其是否出現產官學研的知識分享與擴散現象。

使用書目計量學可做為衡量技術發展的指標（Dalpe & Belot, 1999），將引用文獻分析方法來做為專利生產的分析，進而對各種產業的技術概況的瞭解，如資訊電子業、製藥業及機械業的專利分析（黃慕萱、蔣禮芸、陳達仁，2002；McMillan & Hamilton, 2000；Ehrnberg & Jacobsson, 1997）。透過科學引用文獻索引（SCI）資料庫來分析該領域的技術研發活絡表現，亦不計其數，包括凝態物理、生物醫學及光學領域等學科（Rinia, Van Leeuwen, Van Vuren, & Van Raan, 1998; Godin, 1996; Gomez, Fernandez, Zulueta, & Cami, 1995; Hicks, Martin, & Irvine, 1986）。

近來也有學者Sandström等人延伸引用文獻分析的方法，藉由合著（co-authorship）及合著機構樣態的分析，用以區辨研究導向為主的生化科技產業當中扮演主要知識生產角色，以及其間的合作網絡關係，作為創新系統有限度的量化指標。該研究應用書目計量學去描述瑞典生化創新系統區分為三層次來分析：第一，利用出版文獻量來辨識生化領域的主要知識生產角色，以及公共的學研組織彼此的合作關係；第二，商業機構與公共學研組織的合作關係；第三，生化科技當中的國際合作關係。研究結果如下：公共的學研組織主要貢獻單位是 Karolinska Institute，但該機構與產業合作並不活絡，與產業合作較為活絡的學研機構是 Royal Institute of Technology, Lund University, 以及Uppsala University；作者所屬機構來自公

臺灣大學圖書館

司的文獻當中有超過百分之六十五的比例是與學研組織機構合著，而作者所屬機構來自公司等商業機構則有百分之七十五來自Astra and Pharmacia公司（Sandström, Pettersson, & Nilsson, 2000）。

因此，本研究由創新系統的觀點，運用書目計量學進行資料探勘創新系統概念的初探研究，並提出下列問題：

- 兩岸三地資料探勘領域中知識生產力如何？是否集中於少數研究機構？各類型機構，如產官學研等組織投入此創新系統的概況為何？
- 知識流動與擴散上，藉由分析合著作者的所屬國別，觀察跨國的合作關係如何？

另外，共被引用分析可衡量主題的相近性，以進行科技前沿與熱門研究焦點的分析（Franklin & Johnston, 1988; Bayer, Smart, & McLaughlin, 1990）。因此，本研究加入共被引用分析來觀察兩岸三地資料探勘創新系統中的知識聚合關係，試圖能呈現創新系統當中，知識主題創新與擴散的過程。因此提出如下研究問題：

- 共被引用文獻分析所呈現的主題聚合關係為何？

本研究將同時採用合著分析及共被引文分析等技術來探討兩岸三地資料探勘領域知識生產及流動擴散的模式。

參、研究方法及結果分析

一、樣本資料獲取方式與分析

在書目資料蒐集方面，主要將依賴Web of Science（WOS）資料庫，其中包括 SCI（Science Citation Index）及 SSCI（Social Science Citation Index）資料庫，該兩種資料庫是由美國 Thomas ISI 公司（http://www.isinet.com）所製作的引用文獻資料庫，該公司歷史已超過45年，主要業務是製作各種資料庫給學術界、商業界、法律界及政府單位使用，引用文獻資料庫僅是該公司所提供的其中一類資料庫，引用文獻資料庫的產品除了SSCI與SCI外，尚有 Derwent Innovations Index（超過二千萬筆的專利資料收錄其中），Arts and Humanities Citation Index，和 JCR（Journal Citation Reports）引用文獻報告，JCR 提供了impact factor等資料。

資料庫所收錄資料的時間範圍為1975-2004，關鍵字以 “data mining”，即資料探勘，地址欄位符合兩岸三地條件（分別以 “China”, “Taiwan”, “Hong Kong or HK” 等在地址欄位檢索），共獲得 367 筆的文獻資料。初步的敘述統計資料由 WOS 資料庫中所提供的統計分析功能取得（表 1 至表3，表5）。並在Microsoft Excel撰寫 VBA 程式以計算合著作者的國別矩陣、合著作者機構別的合作次數、合著作者的機構別矩陣、共被引用作者

臺灣大學圖書館 期刊資料庫

表 1　樣本文獻出版年

文獻出版年	筆數	百分比
2003	124	33.80%
2004	107	29.20%
2002	53	14.40%
2001	31	8.40%
2000	26	7.10%
1998	11	3.00%
1999	7	1.90%
1997	5	1.40%
1996	2	0.50%
1995	1	0.30%

別的資料矩陣。最後再分別以 NetDraw（註 1）軟體來繪製合作網絡圖與 SPSS 進行共被引用作者資料矩陣的主成份分析。以下為所獲取資料的基本統計分析：

(一)文獻出版年：雖然檢索資料庫的資料範圍自 1975 年開始，但兩岸三地的學者直到 1995 年才開始有著作刊登於 WOS 所收錄的期刊；另一解釋原因是由於關鍵字以 data mining，該概念是科際整合的，可能此一名詞直到 1995 年才開始大家所使用，先前均以其他名詞如專家系統、智慧型代理人等。

(二)主題類別筆數排名：表 2 主題均集中在電腦相關為主，但電機電子類亦有相當比例進行資料探勘的研究。

(三)刊登期刊的筆數排名：表 3 資訊表示兩岸三地的學者在資料探勘的領域，在 Expert Systems with Applications期刊的發表數較多。

二、研究限制

本研究的限制如下：第一，收集樣本資料時，僅單以 data mining 為檢索語，並未先進行專家訪談以獲取資料探勘相關的上下位檢索語，所以會忽略了非以 data mining 為關鍵詞而相關於資料探勘文獻的收集。第二，知識流動的分析在介觀層級的作者所屬機構別的合作關係中，由於主觀地來判別機構是歸屬產、官、學、研等類別，有可能由於該機構的英文簡稱不夠清楚而判讀錯誤；此外，SSCI/SCI 資料庫記錄機構別的英文簡稱欄位中，有時會出現名稱些許差異的相同機構，經電腦處理時視為不同機構，機構名稱的權威控制雖已經人為調整，但可能仍有疏漏。第三，資料探勘次領域的判讀也是需大量的專業人力來進行研究，所以本研究僅提出次領域的組數，但未進一步辨識出各次領域的主題。以下的研究結果即基於以上的研究限制來進行相關的分析。

三、研究結果分析

(一)知識生產力分析：可由作者的國籍歸類及機構別來判斷。

1. 以第一位作者（first author）國

臺灣大學學術期刊資料庫

表 2　樣本文獻主題類別

主題類別	筆數	百分比
COMPUTER SCIENCE, ARTIFICIAL INTELLIGENCE	114	31.10%
ENGINEERING, ELECTRICAL & ELECTRONIC	76	20.70%
COMPUTER SCIENCE, INFORMATION SYSTEMS	70	19.10%
OPERATIONS RESEARCH & MANAGEMENT SCIENCE	39	10.60%
COMPUTER SCIENCE, SOFTWARE ENGINEERING	32	8.70%
COMPUTER SCIENCE, HARDWARE & ARCHITECTURE	23	6.30%
COMPUTER SCIENCE, INTERDISCIPLINARY APPLICATIONS	21	5.70%
COMPUTER SCIENCE, THEORY & METHODS	19	5.20%
INFORMATION SCIENCE & LIBRARY SCIENCE	10	2.70%
MATHEMATICS, APPLIED	10	2.70%
BIOCHEMISTRY & MOLECULAR BIOLOGY	9	2.50%
ENGINEERING, INDUSTRIAL	9	2.50%
COMPUTER SCIENCE, CYBERNETICS	8	2.20%
ENGINEERING, MANUFACTURING	8	2.20%
STATISTICS & PROBABILITY	8	2.20%
MEDICAL INFORMATICS	7	1.90%

籍歸類可得到知識生產力的概況（見表 4），雖然台灣人為第一作者較大陸少，但若以人口數進行標準化處理，則表現比大陸好，但比香港差。

2. 作者所屬各機構發表筆數排名：表5資訊來自 WOS 資料庫的統計分析，所有第一作者及合著者之所屬機構均列入計數，前四名均來自香港地區的大學，中國的復旦大學排名第六，台灣地區的交通大學排名第五，台灣大學排名第八。非學術機構包括 CSIRO（澳洲的科研機構），IBM Corp，BenQ Corp，BSLC，China Telecom（中國的中國電信），CLP Power（香港的中華電力公司），Microsoft Corp，Baoshan Iron & Steel Co Ltd（中國的寶山鋼鐵廠），Astra Bioinformat Ctr 等（受限於篇幅，表 5 中僅列計次數多於四次的機構，而非學術機構發表筆數大於一者，即列名於文中提供參考）。以上資訊顯示資料探勘領域的研究，雖然仍是學術機構佔大多數，但也有其他類型的機構，如電力公司、電信公司、鋼鐵公司，生化公司等

表 3　樣本文獻刊登期刊

期刊名稱	筆數	百分比
EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS	27	7.40%
JOURNAL OF COMPUTER SCIENCE AND TECHNOLOGY	19	5.20%
IEEE TRANSACTIONS ON KNOWLEDGE AND DATA ENGINEERING	17	4.60%
ROUGH SETS, FUZZY SETS, DATA MINING, AND GRANULAR COMPUTING	9	2.50%
ADVANCES IN WEB-AGE INFORMATION MANAGEMENT: PROCEEDINGS	8	2.20%
INFORMATION SYSTEMS	7	1.90%
ROUGH SETS AND CURRENT TRENDS IN COMPUTING	7	1.90%
ADVANCES IN KNOWLEDGE DISCOVERY AND DATA MINING	6	1.60%
APPLIED ARTIFICIAL INTELLIGENCE	5	1.40%
DECISION SUPPORT SYSTEMS	5	1.40%
EXPERT SYSTEMS	5	1.40%
IEEE TRANSACTIONS ON FUZZY SYSTEMS	5	1.40%

表 4　第一位作者國籍歸類

國籍	發表數
PEOPLES R CHINA	126
TAIWAN	118
HONG KONG	73
USA	21
AUSTRALIA	13
CANADA	5
JAPAN	3
NORTH IRELAND	3
SINGAPORE	3
FRANCE	2

參與合作研究，呈現了學界、產業與研究單位等不同性質的單位對資料探勘創新系統的知識生產力有所貢獻。

(二)知識流分析

在樣本文獻當中，平均每篇的合著作者人數為 3.256，相較於 Glänzel 在2002年的研究結果，資料探勘領域比較接近化學領域，不像數學領域的小科學，但也非生物醫學的大科學，所以是屬於小型的合作研究而非大型的團隊工作的合作模式。此外，由表 6 的資訊顯示每篇文獻的合著者人數介於二至四人的比例佔了約百分之八十；每篇文獻的作者所屬機構的平均數是 1.85，表 7 的資訊顯示約百分之四十是來自同一機構，而二個機構以

表 5　各機構發表筆數排名

排名	機構名稱	筆數
1	Univ Hong Kong	30
2	Hong Kong Polytech Univ	23
3	Chinese Univ Hong Kong	21
4	Hong Kong Univ Sci & Technol	20
5	Natl Chiao Tung Univ	20
6	Fudan Univ	18
7	Chinese Acad Sci	17
8	Natl Taiwan Univ	16
9	Tsing Hua Univ	16
10	Natl Cent Univ	13
11	Natl Sun Yat Sen Univ	10
12	Acad Sinica	9
13	Shanghai Jiao Tong Univ	9
14	Simon Fraser Univ	9
15	Univ Technol Sydney	9
16	Harbin Inst Technol	8
17	Natl Cheng Kung Univ	7
18	Peking Univ	7
19	Yuan Ze Univ	7
20	City Univ Hong Kong	6
21	Jilin Univ	6
22	Univ Nebraska	6
23	Chung Yuan Christian Univ	5
24	Lingnan Univ	5
25	Maebashi Inst Technol	5
26	Natl Taiwan Univ Sci & Technol	5
27	Tamkang Univ	5
28	Univ Regina	5
29	Xian Jiaotong Univ	5
30	Cent S Univ Technol	4
31	CSIRO	4
32	Fu Jen Catholic Univ	4
33	Guangxi Normal Univ	4
34	I Shou Univ	4
35	IBM Corp	4

表 6　合著作者人數次數分配

作者數目	篇數	百分比
1	25	6.81%
2	89	24.25%
3	123	33.51%
4	79	21.53%
5	30	8.17%
6	10	2.72%
7	3	0.82%
8	3	0.82%
9	0	0.00%
10	4	1.09%
11	0	0.00%
12	1	0.27%

上的合作與交流，佔的比例超過百分之五十，所以此創新系統具有知識流動的現象。

1. 介觀層級的知識流動：以機構別來看不同機構間的合作關係，圖 1 是由發表量高於三次以上的機構，由合著作者所屬機構別的資訊，在 NetDraw 軟體繪製不同機構間的合作關係。此圖可概覽創新系統的機構層級的社會網絡關係，左方居中的網絡大多是大陸與香港的機構，而右上及右下則是來自台灣的機構為主，其中美國的 University of Arizona 分別與台灣大學及香港大學曾有合作關係、University of Regina分別與中研院及北京工業大學等的合作、以及 University of Wisconsin 分別

臺灣大學圖書館 學術期刊資料庫

表 7　合著機構數分配

機構數	篇數	百分比
1	161	43.87%
2	131	35.69%
3	51	13.90%
4	16	4.36%
5	6	1.63%
6	2	0.54%

與台灣科技大學及中國科學院等的合作，才將兩區域的網絡串連起來。其中的線條粗表示合著次數較多，合作關係較密切；線條細表示曾有合著，但次數不多。圖中香港中文大學與嶺南大學、中國科學院與美國的University of Nebraska 是合作較密切的機構；其次如香港大學與 CSIRO（澳洲的科研機構）、香港大學與哈爾濱工業大學、北京工業大學與 Maebashi_Inst_Technol（日本前橋工業大學）、交通大學與中原大學、高雄醫學大學與長庚醫院等均有超過一次以上的合作研究。另外，節點的大小表示該機構的發表量，香港大學是發表量最多的機構，與其他機構的合作研究相當活絡，其他發表量較高如中國科學院與復旦大學、台灣

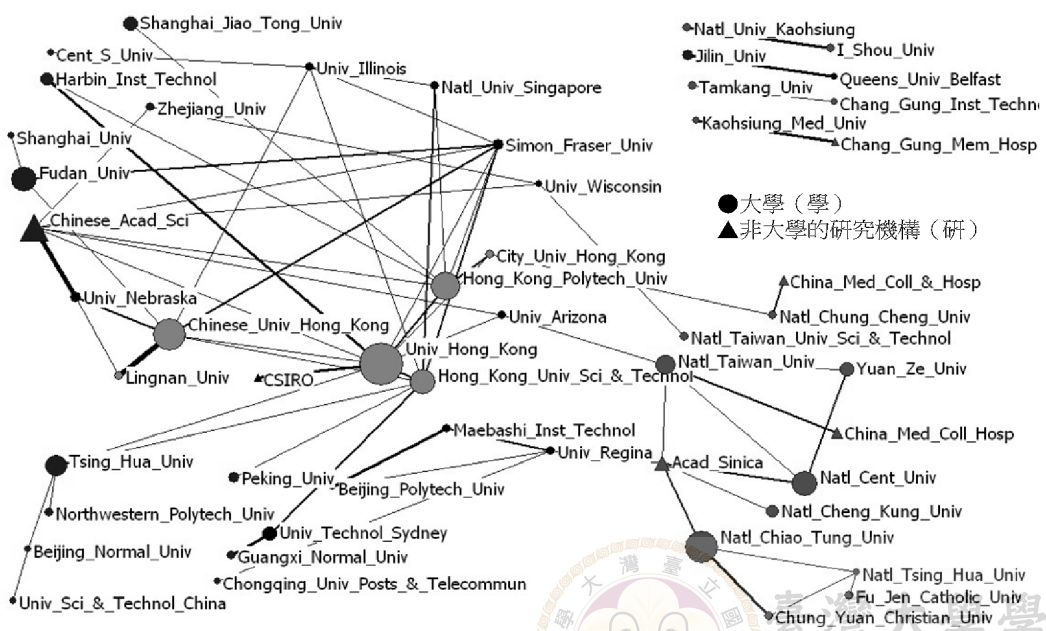


圖 1　機構間的合作網絡關係圖

臺灣大學學術期刊資料庫

的交通大學等機構也與若干機構合作研究，顯示知識流動的現象。

由於產官學研不同類型的組織，彼此間的合作關係是觀察創新系統的重要資訊，因此將樣本文獻的作者所屬的全部機構（總共 245 個機構，包括僅發表一次的機構）一一檢視後並分別判別其為企業類型（產）、一般大學（學）或非大學的研究機構（研）等三種，其中並無「官」類型的機構。繪製結果有若干零星的小型網絡圖，其中較大的網絡圖如圖 2，由於網絡圖節點較多，機構名稱全部顯示會影響圖的閱讀，所以圖 2 僅顯示部份機構的全名，「學」與「研」之間的合作較密切，與「產」的合作非常少，圖左上方的「產」是台灣的中華電信，該公司扮演了連結兩網絡間的重要節點角色，而IBM公司曾與台灣大學合作。

2. 巨觀層級的知識流動：以樣本文獻中合著者所屬國籍資料繪製網絡關係圖，分析結果在圖 3，圖中的節點大小與具合著關係的篇數成正比，單一作者的文獻不列入計算，而線條粗細代表合作的頻率，線條上的數字是合著的次

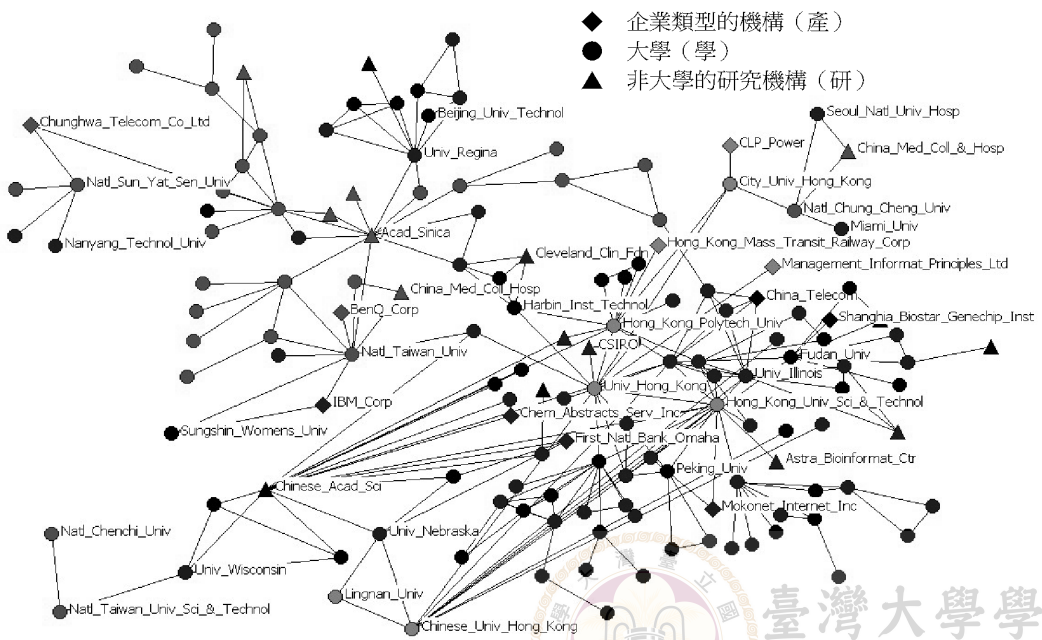


圖 2　不同類型機構合作網絡圖

臺灣大學學術期刊資料庫

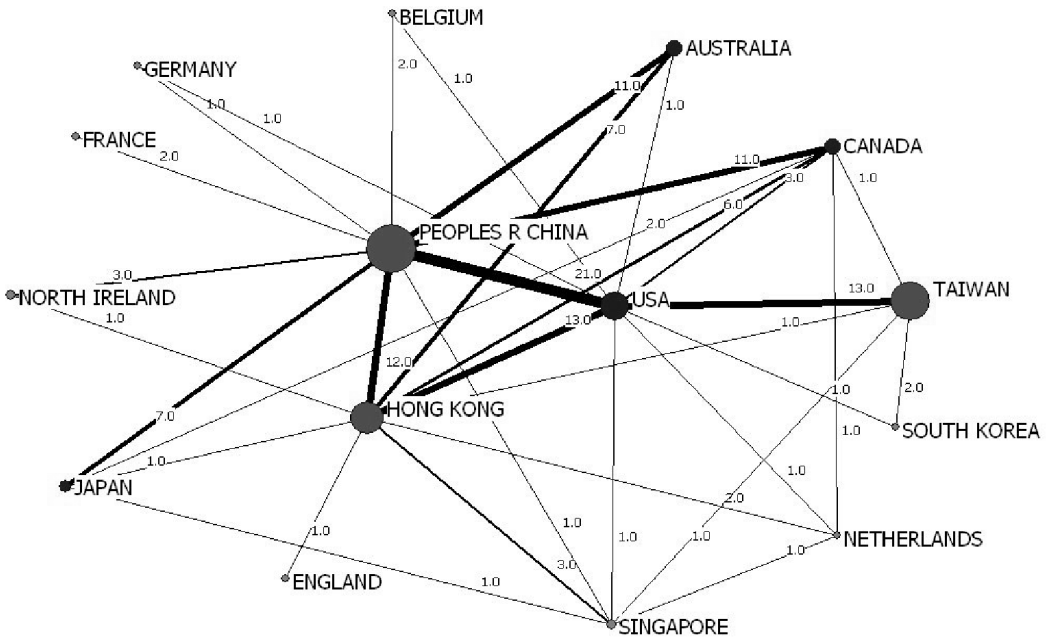


圖 3　國家與地區別的合作網絡關係圖

數。兩岸三地間，大陸與香港有知識流動，但台灣與大陸無合作關係，與香港的合作僅一次；美國則分別與大陸、香港與台灣分別有十餘次以上的合作；大陸除了與美國密切合作外，與澳大利亞、加拿大、日本、北愛爾蘭等國均不止一次的合作；由節點大小可知台灣的合著量不少，但多與當地學者合作，其他國家的合作則僅與美國、南韓、新加坡與加拿大等曾有合著關係；香港亦較常與當地學者合作，其他國家如美國、澳大利亞、加拿大、新加坡、北愛爾蘭、日本及英國等國有合著關係。以上資訊可呈現知識流動的活絡程度，兩岸三地間的合作現象並不熱絡，但是三地各有與西方或亞洲國家合作的機會，顯示創新系統範疇是往外延伸而有知識擴散的效果。

(三)主題聚合分析

藉由共被引用作者（author co-citation）的因素分析（factor analysis），可以找出資料探勘領域中兩岸三地的主要研究課題是否有關聯性，若有關聯再進一步分析其各子領域間知識相互重疊的情況。

以 Data Mining 的資料來說，在

國家圖書館期刊資料庫

367 篇論文中，一共引用了 7660 篇，2585位作者的論文。單一作者被引用的頻率見表8。

表 8　被引文作者的引用次數表

被引文作者（cited author）	被引用次數
AGRAWAL R	268
HAN JW	141
FAYYAD UM	66
CHEN MS	52
SRIKANT R	45
CHEUNG DW	38

由於存在大量論文作者，所以必須依據某些判準（criterion），自被引用次數較高的核心期刊中，篩選出適當數目的作者（以被引用次數超過十篇以上作者數共計42位），再計算出作者間共同被引用次數的矩陣（co-citation matrix）。

由此編製出的共被引用矩陣如下（僅取部份資料，原矩陣資料的大小是 42×42，如表 9。其中第二列（HAN JW）及第一欄（AGRAWAL R）的數字 73 代表著 AGRAWAL 及 HAN JW 同時出現在73篇文章的參考文獻中。

至於對角線欄位內的值，則是以通過該欄位的行、列中，取最大的前三個值相加後除以二。例如第一行（AGRAWAL R）及第一列（AGRAWAL R）中的76.5=（73+46+34）/2。計算方法詳見Eom（1996）。

將共被引用矩陣進行因素分析，可以得到該領域的潛在構面（子領域，subspecialties），也可以辨認出各子領域的交互關聯，由此分析知識擴散及交互影響的情形。然而，也正因為如此，各子領域通常具有相關性，以致於不能使用 orthogonal rotation method，而需使用 oblique factor rotation。在 Eom（1996）的研究中，

表 9　共被引用矩陣之部份資料

	AGRAWAL R	HAN JW	FAYYAD UM	CHEN MS	SRIKANT R	CHEUNG DW
AGRAWAL R	76.5					
HAN JW	73	45.5				
FAYYAD UM	16	24	16			
CHEN MS	34	26	11	22.5		
SRIKANT R	46	36	11	17	28.5	
CHEUNG DW	25	21	8	13	16	18.5

臺灣大學學術期刊資料庫

利用此方法萃取出決策支援系統領域中有十一種主要的研究方向：群體決策支援系統、決策支援系統之基礎、使用者介面、模型管理、多重準則之決策制定、認知心理科學、人工智慧、組織科學、系統科學、多重準則決策支援系統／協商支援系統、決策支援系統導入等。

然而Eom的共被引矩陣的產生方式，尤其是對角線元素的定義似不夠嚴謹，本研究採用另一種方式計算共被引矩陣：將被引次數超過十次的四十二位作者視為四十二個具有兩種輸出值的隨機變數，若某文獻有引用該作者，則對應的隨機變數的結果為1，否則為0。由367篇文獻產生的共被引矩陣可定義為這些隨機變數（作者）間的樣本共變異數（sample covariance）。而依照此一定義，對角線元素為每一作者被引頻次的樣本變異數（sample variance）。經過標準化後的部份共被引矩陣如下表10。

本研究分別將表8與表9的共被引用矩陣資料在 SPSS 進行主成份分析，其結果均得到特徵值大於一的因子有十六個，且十六個因子的累積解釋變異量僅為 65.923%，表示兩岸三地華人在研究資料探勘此領域的研究主題較分散。

雖然主題聚合的程度較弱，但仍可藉由判讀十六個因素，而推論資料探勘的研究領域分歧的次主題內容。表11僅列出部份的經轉軸後的因素負荷值表，總共有十六個作者群，但該表僅列出其中的三群（累積解釋變異量是 22.719%），由於後續判定各群作者的研究主題，必須有大量專業人力的判讀，因此各因素的命名並未在本研究進行，因此資料探勘的次領域主題無法獲得如 Eom（1996）的研究結果。

由以上的結果呈現多達十六個因子的累積解釋變異量僅約65%，顯示資料探勘領域的研究主題相當分散，並無明顯的主題聚合，可獲知兩岸三地資料探勘的研究似乎並未形成若干熱門的次主題，後續辨別十六個因子的重要性即不高。此外，共被引的實證資料分析與前述的合著者分析的知識流動的現象是一致的，兩岸三地間

表 10　經標準化係數後的共被引用矩陣之部份資料

	AGRAWAL R	HAN JW	FAYYAD UM	CHEN MS	SRIKANT R
AGRAWAL R	1	0.276783	−0.2312	0.179997	0.323954
HAN JW	0.276783	1	0.0023	0.116614	0.241971
FAYYAD UM	−0.2312	0.0023	1	0.005625	−0.02722
CHEN MS	0.179997	0.116614	0.005625	1	0.157266
SRIKANT R	0.323954	0.241971	−0.02722	0.157266	1

臺灣大學學術期刊資料庫

表 11　經轉軸後的負荷值表之部份資料（rotation method: Promax; number of factor =16）

作者＼因素	1	2	3
PARK_JS	0.823804		
SAVASERE	0.695763		
BRIN_S	0.669174		
SRIKANT_	0.623745		
CHEUNG_D	0.613853		
AGRAWAL_	0.569759		
MANNILA_	0.510157		
ISHIBUCH		0.76386	
HU_YC		0.750778	
ZADEH_LA		0.698376	
HONG_TP		0.658145	
ESTER_M			0.655076
GUHA_S			0.636286
NG_RT			0.568162

的知識流動並不活絡，因此呈現研究主題無明顯關聯性的結果。

肆、結論

書目計量學方法論的應用是相當多元化的，本研究由創新系統的角度，來詮釋書目計量方法分析的結果，然而創新系統包含的層面廣泛且複雜，由學術或專利文獻分析的結果，僅能反映部份創新系統的構面，無法呈現全貌，是研究人員必須瞭解的研究限制。

研究兩岸三地創新系統，以資料探勘學術文獻的知識生產與流動為例，有下列幾項發現：

- 知識生產力方面，香港地區的大學在整體表現是兩岸三地較好的。
- 作者所屬機構別的資訊分析上，除了學術機構仍佔最大多數外，亦來自電力公司、鋼鐵公司、澳洲研究機構、微軟公司等不同類型機構的投入相關研究，顯示此創新系統的知識貢獻者包含學界、產業與研究單位等不同性質的組織。
- 知識流動的分析，中國在合著關係上呈現較多樣化，中國的大學較常與國外大學或香港地區的大學合著發表文章；台灣的大學則多與台灣本身的研究機構，除了與美國合作外，少有與國外大學合作，應鼓勵學者多多與國外機構合作，增加知識交流的機會，促進創新系統的擴散；此外，資料探勘創新系統的「學」與「研」的合作頻繁，雖偶有「產」與「學」的合作，但主要是學術組織之間彼此的合作。然而，中國及香港的知識網絡與台灣的知識網絡的連結通常是由美國的學術機構將其串連起來，顯示兩岸的學術機構並無實質的合著關係。
- 由其共被引文分析所得出的因素多達十六個，顯示資料探勘的研究主題的聚合度較弱，兩岸三地資料探勘的研究主題無明顯關聯性。

未來研究分為兩方向：首先，若仍以華人地區之創新系統為例，則可將新加坡等列入，而主題則可另外延

臺灣大學學術期刊資料庫

伸至其他學科，或者另以專利文獻來分析；其次，若仍以資料探勘領域的創新系統為例，則將收集資料範圍擴大，除了地點不侷限在兩岸三地之外，檢索語彙也不僅以 “data mining” 來查詢並收集樣本文獻，要先分析資料探勘之廣義與狹義用語（或上下位用語），如此收集的樣本文獻才能較完整，並且導入文字探勘的分析方式，試圖能初步萃取出資料探勘領域的主要研究方向。（收到日期：2008/1/30；接受日期：2008/4/24；修訂日期：2008/4/27）

註釋

註 1：NetDraw is free from http://www.analytictech.com/downloadnd.htm, retrieved at March, 2008.

參考文獻

吳榮義、林秀英（2003）。台灣產業科技創新之國際競爭力。2003 產業科技創新：關鍵年代的科技政策與挑戰國際研討會，台北市。

洪世章、林于婷（2003）。國家創新系統：概念、成因與效果。研考雙月刊，27（4），24-33。

許明德（2006）。創新及創造性破壞：經濟學大師熊彼得。科學發展，403，70-75。

黃慕萱、蔣禮芸、陳達仁（2002）。我國資訊電子業專利引用網路之研究－1998 年至 2000 年。2002 年科技管理研討會論文集，717-712。

劉常勇（2005）。國家創新體系講義。上網日期：2008 年 1 月 27 日，檢自：www.cme.org.tw/itkm/。

蔡明月（1997）。書目計量學、科學計量學和資訊計量學。教育資料與圖書館學，34（3），268-284。

蔡明月（2001）。引用文獻分析與引用動機研究。教育資料與圖書館學，38（4），385-406。

Archibugi, D. (1996). National innovation systems: A comparative analysis (Book reviews). Research Policy, 25(5), 838-842.

Arocena, R., & Sutz, J. (2000). Looking at systems of innovation from the south. Industry and Innovation, 7(1), 55-75.

Bar-Ilan, J. (2008). Informetrics at the beginning of the 21st century: A review. Journal of

臺灣大學學術期刊資料庫

Informetrics, 2, 1-52.

Bayer, A. E., Smart, J. C., & McLaughlin, G. W. (1990). Mapping intellectual structure of a scientific subfield through author cocitations. Journal of the American Society for Information Science, 41(6), 444-452.

Beaver, D. D. (2001). Reflections on scientific collaboration (and its study): Past, present, and future. Scientometrics, 52(3), 365-377.

Dalpe, R., & Belot, J.-M. (1999). Measuring technology through bibliometrics. Research Evaluation, 8(1), 23-31.

Ehrnberg, E., & Jacobsson, S. (1997). Indicators of discontinuous technological change: An exploratory study of two discontinuities in the machine tool industry. R & D Management, 27, 107-125.

Eom, S. B. (1996). Mapping the intellectual structure of research in decision support systems through author cocitation analysis (1971-1993). Decision Support Systems, 16 (4), 315-338.

Franklin, J. J., & Johnston, R. (1988). Co-citation bibliometric modeling as a tool for S& T and R&D management: Issues, applications, and developments. In A. F. J. van Raan (Ed.), Handbook of quantitative studies of science and technology. Amsterdam: North Holland.

Freeman, C. (1987). Technology policy and economic performance: lessons from Japan. London: Pinter.

Freeman, C., & Soete, L. (1997). National systems of innovation. The Economics of Industrial Innovation (3rd ed.). (Chapter 12, pp.295-315). London: Pinter.

Glänzel, W. (2002). Coauthorship patterns and trends in the sciences (1980-1998): A bibliometric study with implications for database indexing and search strategies. Library Trends, 50(3), 461-473.

Glänzel, W. (2003). Bibliometrics as a research field: A course on theory and application of bibliometric indicators. Retrieved Feb.1, 2007, from http://www.norslis.net/2004/Bib_Module_KUL.pdf

Gmür, M. (2003). Co-citation analysis and the search for invisible colleges: A methodological evaluation. Scientometrics, 57(1), 27-57.

Godin, B. (1996). Research and the practice of publication in industries. Research Policy, 25, 587-606.

Gomez, I., Fernandez, M.T., Zulueta, M. A., & Cami, J. (1995). Analysis of biomedical research in Spain, Research Policy, 24, 459-471.

臺灣大學學術期刊資料庫

Harirchi, G., Melin, G., & Etemad, S. (2007). An exploratory study of the feature of Iranian co-authorships in biology, chemistry and physics. Scientometrics, 72(1), 11-24.

Hicks, D., Martin, B.R., & Irvine J. (1986). Bibliometric techniques for monitoring performance in technologically oriented research: The case of integrated optics. R & D management, 16(3), 211-223.

Lundvall, B.-A. (1985). Product innovation and user-producer interaction. Aalborg: Aalborg University Press.

Lundvall, B.-A. (1992). Introduction, national systems of innovation. National System of Innovation: toward a theory of innovation and interactive learning. London: Pinter.

Lundvall, B.-A., Johnson B., Anderson, E. S. & Dalum, B. (2002). National systems of production, innovation and competence building. Research Policy, 31, 213-231.

Man, J. P., Weinkauf, J. G., Tsang, & Sin, D. D. (2004). Why do some countries publish more than others? An international comparison of research funding. English proficiency and publications output in highly ranked general medical journals. European Journal of Epidemiology, 19(8), 811-817.

Marklund, G., Nilsson, R., Sandgren, P., Thorslund, G., & Ullstrom, J. (2004). The Swedish national innovation system 1970-2003: A quantitative international benchmarking analysis. Stockholm: VINNOVA-Swedish Agency for Innovation Systems. Retrieved January 1, 2008, from: http://www.vinnova.se/upload/EPiStorePDF/va-04-01.pdf

McMillan, G. S., & Hamilton, III R.D. (2000). Using bibliometrics to measure firm knowledge: An analysis of the US pharmaceutical industry. Technology analysis and strategic management, 12(4), 465-475.

Mikhilov, A. I. et al. (1984). Scientific communication and informatics terms, Arlington: Information Resources Press.

Mytelka, L. K. (2000). Local systems of innovation in globalized world economy. Industry and Innovation, 7(1), 15-32.

Nelson, R. P. (1993). National innovation systems: A comparative analysis. London: Oxford.

OECD(1997). National Innovation System. Paris: OECD.

Osareh, F. (1996). Bibliometrics, citation analysis and co-citation analysis: A review of literature I. Libri 46(3), 149-158.

Osareh, F. (1996). Bibliometrics, citation analysis and co-citation analysis: A review of literature II. Libri 46(4), 217-225.

臺灣大學學術期刊資料庫

Pritchard, A. (1969). Statistical bibliography or bibliometrics. Journal of Documentation, 25(4), 348-349.

Rinia, E. J., Van Leeuwen, Th. N., Van Vuren, H.G., & Van Raan, A. F. J. (1998). Comparative analysis of a set of bibliometric indicators and central peer review criteria: Evaluation of condensed matter physics in the Netherlands. Research policy, 27, 95-107.

Sandström, A., Pettersson, I., & Nilsson, A. (2000). Knowledge production and knowledge flows in the Swedish biotechnology innovation system. Scientometrics, 48(2), 179-201.

Schummer, J. (2004). Multidisciplinarity, interdisciplinarity, and patterns of research collaboration in nanoscience and nanotechnology. Scientometrics, 59(3), 425-465.

Small, H. (1973). Co-citation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents. Journal of the American Society for Information Science, 24, 265-269.

Wilson, C. S. (1999). Informetrics. In M. E. Williams (Ed.) Annual review of information science and technology (pp. 107-247). Medford, NJ: Information Today.

Zhou, P., & Leydesdorff, L. (2006). The emergence of China as a leading nation in science. Research Policy, 35(1), 83-104.

臺灣大學學術期刊資料庫