大學圖書館
20 卷 1 期（民國 105 年 3 月） 頁 88-112

從研究方法角度探討研究前沿

The Preliminary Study of Research Fronts from the Perspective of Research Methods

張嘉彬 Chia-Pin Chang
國家發展委員會檔案管理局應用服務組科長
Section Chief, Services Division, National Archives Administration,
National Development Council
E-mail: leonbin@archives.gov.tw

【摘 要】

研究前沿是一專業領域處於最前鋒的研究，掌握研究前沿之發展，可瞭解目前專業領域的研究焦點及未來發展趨勢，對於規劃國家發展藍圖及制定科技發展政策而言，亦是相當重要的參考資訊。由於國內圖書資訊學界對於研究前沿較為陌生，相關研究也尚未相當普遍，因此，本文主要目的即在針對該概念進行概略性之介紹，包含研究前沿的意義與相關概念、尋找研究前沿之依據、研究前沿相關指標、研究前沿相關實證研究等。最後，則針對研究前沿探究，提出相關建議。

【Abstract】

Research fronts represent areas of cutting-edge study in specific fields. They not only provide insights into current focuses and future trends, but also serve as important indicators for government policymaking with regard to technology. Since the concept concerning research fronts has not been quite common in library and information science in Taiwan, this study intends to briefly introduce this concept, hoping that people can have more in-depth understanding about research fronts. This paper is divided into five parts. The first part is research fronts' meaning and its related concept. The second explores the basis to detect the research fronts. The third concerns research fronts' related indicator. The fourth studies the empirical research related to the research fronts, with focus on using the research methods of bibliographic coupling, co-citation, and various citation analysis. Finally, this study proposes some recommendations for the future research.

臺灣大學學術典藏

收稿日期：民國 104 年 8 月 31 日；接受日期：民國 104 年 11 月 20 日 doi:10.6146/univj.20-1.05

關 鍵 字：研究前沿；書目耦合；共被引；研究熱點；研究趨勢
Keywords：research fronts; bibliographic coupling; co-citation; research hotspots; research trends

壹、前言

研究前沿（research fronts）或稱研究趨向、研究前緣（edge）和研究先鋒（pioneer），是指最新的學術研究方向。該概念自從 Price（1965）提出後，即受到相當多的關注，在近年來更是受到特別重視，因其是一專業領域處於最前鋒的研究，通常掌握研究前沿之發展，可瞭解目前專業領域的研究焦點及未來發展趨勢，對於規劃國家發展藍圖及制定科技發展政策而言，亦是相當重要的參考資訊。Aris, Shneiderman, Qazvinian 與 Radev（2009）也表示，研究者及分析家需要瞭解研究前沿，以幫助他們進行研究支援及資源分配，甚至日本政府現在已經利用研究前沿分析，來決定科技的發展趨勢（Miwa & Ando, 2012）。因此，快速掌握新的思想及未來趨勢，也就變得相當重要。

Upham 與 Small（2010）瞭解到研究前沿之重要性，為期能夠即時掌握研究前沿，便在其研究中將研究前沿區分為新興前沿（emerging fronts）、成長前沿（growing fronts）、穩定前沿（stable fronts）、衰退前沿（shrinking fronts）及消失前沿（exiting fronts）等 5 種類型。杜志強與支少瑞（2015）在其研究中，亦將研究前沿劃分為 3 種不同類型，即漸增型研究前沿、趨弱型研究前沿及最新研究前沿等。上開學者無不希冀能夠追蹤研究前沿的發展，把握發展利基，以取得領先之優勢。

考量研究前沿之確認及分析是提升國家競爭力的重要方式，因此許多國家亦投入大量資源或成立相關機構，從事研究前沿之探討，希望能將資源挹注於最具潛力的研究前沿，以開創國家新局。我國於民國 96 年開始執行的臺灣學術里程與科技前瞻計畫（Foresight Taiwan），其目的即是尋找具大規模產業化潛力之早期技術及有機會開創高附加價值之創新服務業，亦即透過尋找臺灣的前瞻及具投資性的研究前沿產業，使得這些產業能夠取得發展先機，進而促進臺灣之經濟成長（中央研究院，民 97）。

目前探討研究前沿所採用的方式包含主觀及客觀等 2 種。主觀方式係由作者主觀解釋研究前沿的演變情形，客觀方式則是透過書目計量學方式探究研究前沿的演變情形，包含利用引用（citation）、書目耦合（bibliographic coupling）、共被引（co-citation）、直接引用（direct citation）、共詞分析（co-word）、共作者（co-author）、關鍵字（keyword）或結合上述幾種方式。前述主觀及客觀 2 種方式各有其優缺點，例如主觀方式可能較具權威性、正確性及提供額外的諮詢機會，然亦有可

臺灣大學學術資料庫

能較具偏見及費時耗力等缺點，而客觀方式擁有現成工具、分析較為迅速及節省成本等優點，然引用行為的爭議及引用文獻資料庫等問題，也困擾著許多研究者。雖然主觀與客觀 2 種方式並非互斥，但考量客觀方式已有現成工具可用，可節省較多經濟成本，加上所得到的研究成果，亦可忠實反映其研究情形，因此客觀的利用引用、書目耦合、共被引、直接引用、共詞、關鍵字或結合多種方法，可成為探討研究前沿之另外選擇。

由於書目耦合及共被引在探究專業領域之研究前沿已相當普遍且研究成果也較多，因此學者利用書目計量方式探討專業領域研究前沿時，大多採用該 2 種分析方法。然該 2 個概念相當類似易造成混淆，因此先進行簡單界定。書目耦合是 2 篇文獻 A 與 B 共同引用 1 篇相同文獻時，文獻 A 與 B 間則具有書目耦合的關係（Kessler, 1963; Glänzel & Czerwon, 1995; Jarneving, 2007a, 2007b, 2007c），至於共被引係 2 篇文獻 A 與 B 同時被後來 1 篇文獻 C 所引用，則文獻 A 與文獻 B 間的關係即稱為共被引（Marshakova, 1973; Small, 1973）。簡而言之，書目耦合與共被引都是利用第 3 篇文獻與 2 篇既存文獻間建立連結關係，惟 2 種方法最主要的差別是，書目耦合是以引用文獻作為聚類的主體，共被引則是以被引用文獻作為聚類的主體（Garfield, Malin, & Small, 1978; Glänzel & Czerwon, 1996; Garfield, 2001; Egghe & Rousseau, 2002; Glänzel, 2003; Morris, Yen, Wu, & Asnake, 2003; Lai & Wu, 2005; Weisband, Thatcher, & Xu, 2005; Lo, 2010; Schiebel, 2012）。

馬楠與官建成（2006）表示，使用書目耦合和共被引辨識研究前沿，已成為書目計量學的重要分支，它不僅能為各領域學者提供重要學科發展趨勢之相關資訊，更能為科學政策的制定提供較為科學及準確之依據。Jarneving（2001, 2005）更進一步表示，若能適當結合 2 種分析方法，並予以比較所找出之研究前沿有何不同，將成為探究研究前沿的新方向。

由於國內圖書資訊學界對於研究前沿之研究尚未相當普遍，因此，本文希冀針對該概念進行概略性之介紹，讓圖書資訊界人士對於研究前沿有較為深入的認識，共區分為以下幾部分。第一部分是研究前沿的意義與相關概念，第二部分是尋找研究前沿之依據，第三部分是研究前沿相關指標，第四部分是研究前沿相關實證研究，尤其側重於利用書目耦合、共被引及多種引用文獻分析等 3 種分析方式。最後，並針對研究前沿研究，提出相關建議。

貳、研究前沿的意義與相關概念

近年來研究前沿的相關研究越來越蓬勃發展，在於其能夠提供各國制定科學發展政策相當重要的參考依據，對於一個以科技競爭力為主導的國家（如我國）而言，研究前沿研究更具有指標性的意義。該概念最早是由 Price（1965）為了描述某一特定領域的瞬息

臺灣大學博碩士論文資料庫

特性而提出。Price 發現學者通常傾向引用近期發表的文獻，該特點亦被稱為是立即效應。根據 Price 的定義，某特定領域中的研究前沿通常由 40 至 50 篇近期發表，並被學者所直接引用的文獻所組成（Price, 1965; Chen, 2005），該 40 至 50 篇文獻亦即特定領域的高被引文獻，可用以代表某特定時期之研究前沿。

自從 Price 提出研究前沿概念後，後續許多學者也針對研究前沿提出不同定義（Small & Griffith, 1974; Garfield, 1994; Persson, 1994; Morris et al., 2003; Chen, 2004a, 2004b, 2005, 2006; Jarneving, 2007a; Zhang, Liu, & Zhao, 2008; Pečarić, 2009; Takeda & Kajikawa, 2009; Thomson Reuters, 2009），惟綜觀他們所提出之定義大致相同，主要係指在每一個專業領域內處於領先位置的成果和思想，並為當時學者專家所大量引用者，僅是他們從不同方法或角度進行研究前沿的界定，而目前大部分仍是從共被引角度進行闡述。Small 與 Griffith（1974）表示研究前沿就是共被引聚類，Åström（2007）也說明研究前沿係當今極具影響性的共被引文獻集合。此外，Garfield（1994）及 Persson（1994）兩位學者亦從共被引角度定義研究前沿。Garfield（1994）指出研究前沿係共被引聚類及引用它們的文獻，至於 Persson（1994）則認為，研究前沿是文獻的聚類，而該聚類係它們引用的共被引聚類所聚集而成。

美國科學資訊研究所（Institute for Scientific Information，簡稱 ISI）看到了研究前沿的潛力及其重要性，因此在其 ESI（Essential Science Indicators）資料庫中即以共被引方式進行各領域的研究前沿整理，其所指稱的研究前沿係指過去 5 年中各領域的論文，從其參考文獻及註解達到高被引門檻值的共被引文獻，透過聚類分析所產生的聚類集合，其方式是文獻須先通過各學科中累計引用次數前 1% 的高被引文獻門檻，然後利用共被引分析，發掘這些高被引文獻間的相互關係，協助判斷研究領域中具指標性之文獻及學科重要發展方向（Thomson Reuters, 2009）。

除以共被引方法定義研究前沿外，亦有學者從其他方式進行界定。就書目耦合角度而言，Morris et al.（2003）及 Aris et al.（2009）認為研究前沿是一群文獻一致地引用固定且時間不變的基礎知識文獻集合，Zhang et al.（2008）亦持相同的看法，且進一步表示，研究前沿通常在一專業領域內可視為是大部分研究者所感興趣的主要議題。此外，Chen（2005, 2006）則從主題趨勢角度進行研究前沿之定義。Chen（2005）認為研究前沿泛指研究領域現今的發展情形，之後又表示研究前沿是即將出現的主題趨勢及新主題崛起之泛稱（Chen, 2006）。

王立學與冷伏梅（2010）則認為，目前對於研究前沿的定義大致可分成 3 類並對應著不同的研究方法。將高被引文獻稱作研究前沿的學者，大多利用共被引聚類的方法來分析資料；將來源文獻稱作研究前沿的學者，大多是利用書目耦合方法來分析資料；將熱門主題或

臺灣大學學術資料庫

主題趨勢稱作研究前沿的學者，大多是利用詞語分析來分析資料，包含詞頻分析、共詞分析等。

參、尋找研究前沿之依據

研究前沿係由一學門內的專業領域所界定，亦即科學的領域活動並非單獨由 1 位研究者所界定，而是透過所有對該學門有貢獻的所有作者共同界定（Moya-Anegón, Contreras, & Corrochano, 1998）。目前大部分利用書目計量方式尋找研究前沿者，有透過一般文獻或者高被引文獻方式者，但主要仍透過高被引文獻，之後再進行後續書目耦合或共被引。以下就經濟學（Diamond, 1988）、圖書資訊學（Åström, 2007）、科學計量學（侯海燕，2006）及資訊科學（王孝寧、崔雷，2007）等領域分別說明之。在經濟學領域，Diamond（1988）為找出其研究前沿，首先先確認高被引文獻後據以進行共被引分析，而他以被引用次數超過 50 次以上文獻視為構成研究前沿的要件。在圖書資訊學領域方面，Åström（2007）為探究 1990 年至 2004 年研究前沿之演變，逐步進行 3 階段之共被引分析時，亦以高被引次數為準據，例如第 1 階段是以該區間被引用次數超過 50 次之文獻進行共被引分析，以決定其基礎知識。

在科學計量學方面，侯海燕（2006）描繪研究前沿時，選擇被引用次數超過 20 次的 69 篇文獻為對象進行多維尺度分析（multidimensional scaling, MDS）及聚類分析（cluster analysis），繪製出該 69 篇高被引文獻的共被引地圖後，找出該領域之研究前沿。就資訊科學而言，王孝寧與崔雷（2007）分析研究前沿時，將被引用次數超過 30 次的 47 篇文獻作為高被引文獻進行聚類分析，找出該領域之研究前沿。此外，Small（2006）為追蹤研究領域的出現及成長，並預測近期的變化，以所有學門領域被引用次數在前 1% 的文獻為分析對象進行共被引分析。

除利用高被引文獻找出研究前沿外，部分學者尚透過共被引次數（夏景珉、劉玉鳳，1994）及書目耦合次數（Chen & Morris, 2003; Morris et al., 2003）尋找研究前沿。在共被引次數方面，夏景珉與劉玉鳳（1994）以具有共被引關係的被引用文獻 79 篇，符合共被引強度為 2 以上之文獻為對象，探究中西醫領域之研究前沿。另就書目耦合次數而言，Morris et al.（2003）利用書目耦合探究炭疽熱之研究前沿時，係將書目耦合次數低於 5 以下者予以忽略，同時在將書目耦合聚類標示為研究前沿時，需符合一些要件，以確保書目耦合聚類被認定是研究前沿時能夠達到某些標準。他們將該要件界定為研究前沿至少應包含 10 篇文獻及擁有至少一個基礎知識文獻，基礎知識文獻係指在研究前沿內該文獻至少被引用比例超過 40% 以上。此外，Chen 與 Morris（2003）亦表示某篇文獻在資料庫中至少要與其他文獻有 5 個以上的書目耦合強度（亦即書目耦合次數需高於 5），才能確認是研究前沿的範疇。

臺灣大學學術資料庫

肆、研究前沿相關指標

為能更精確的預測研究前沿之發展，許多學者都希冀提出較為客觀的指標，以量測研究前沿之出現、消失或分化等情形。雖然目前研究成果仍未相當豐富，也還沒有一致且為人所普遍接受的單一或一組指標，但隨著越來越多人關注研究前沿的發展，未來指標的建立應該是指日可期。至今學者所提出之研究前沿相關指標，以 Small（2003, 2006）、Shibata, Kajikawa, Takeda 與 Matsushima（2008）及 Shibata, Kajikawa, Takeda, Sakata 與 Matsushima（2011）等所提出者最具代表性，以下即將相關指標進行簡要概述。

Small（2003）認為高被引文獻集合的持續性或更換率，可作為衡量研究前沿出現或消失的依據，因此提出穩定係數指標，意義是持續的高被引文獻數量除以前後兩階段共同研究前沿之高被引文獻聯集，其前提是連續且重疊引用區間（citation windows）之高被引文獻數量。當具有較高程度的更換率或較低的穩定性時，則可說是一種革命性的改變，當具有較低程度的更換率或較高的穩定性時，該研究前沿則是屬於常態科學。此外，Small（1977, 2006）認為專業領域內所發表的文獻越新，則該研究前沿就會持續發展，因此提出了時效性指標，最簡單的量測方式是平均出版年。Shibata et al.（2008, 2011）、Kajikawa, Yoshikawa, Takeda 與 Matsushima（2008）及 Takeda 與 Kajikawa（2009）同樣提出與時效性概念等同的平均出版年為指標，利用拓樸聚類法針對直接引用網路進行聚類分析，據以探究能源研究及光學領域之研究前沿。研究結果指出，平均出版年能夠有效地探測上述 2 項研究領域之研究前沿。

其次，Shibata et al.（2008, 2011）為探測研究前沿的出現，提出結合聚類內程度及其參與係數（participation coefficient）等 2 項指標，並運用於氮化鎵（gallium nitride）、複雜網路（complex network）及再生醫學領域等 3 項研究領域。其中聚類內程度量測的是聚類內節點 i 和其他節點的連結程度，參與係數量測的是不同的聚類中節點 i 的邊緣分布程度。研究結果證實，上述 2 項指標在偵測研究前沿的出現上是有效的方式。此外，Shibata, Kajikawa, Takeda 與 Matsushima（2009）為比較共被引、書目耦合及直接引用等 3 種引用文獻網路在探求研究前沿上的效能，提出結合能見度（即常態化後的聚類大小）、速度（即聚類文獻的平均出版年）及拓樸相關性（即聚類文獻的密度）等 3 項指標。其中，Shibata et al.（2009）所提的速度指標亦與 Small（1977, 2006）所提的時效性指標有異曲同工之妙。研究結果發現，直接引用可探測較大且較新的研究前沿，至於共被引的表現則相對較差。後續 Fujimagari 與 Fujita（2014）為探測研究前沿，提出加權引文網路分析之神經網路模型，結合使用能見度、速度、拓樸相關性及領域相關性等 4 項指標，並與現存的許多方法進行比較分析。研究結

臺灣大學學術資料庫

果顯示，他們所提出來的方法，比現存的任何方法，都具有較好的效益。

除了上述學者外，張嘉彬（民100）為以更系統化的方法，追蹤有機發光二極體（organic light-emitting diodes, 簡稱OLED）研究前沿之發展，係採用 Small（2003, 2006）所提出之時效性及穩定係數等 2 項指標進行探究，並進行些許調整。其中時效性指標，最簡單的量測方式是出版的平均年份，但為了進行不同年度及資料集合的比較，可依〔（引用區間 -1）−（引用區間之最新年度－出版平均年）〕／（引用區間 -1）計算研究前沿之時效性，至於穩定係數則是持續的高被引文獻數量除以前後兩階段共同研究前沿之高被引文獻聯集。研究結果顯示，時效性採用 0.500 及穩定係數採用 0.400 之數值，可作為預測研究前沿之最佳指標。

Guo, Weingart 與 Börner（2011）亦發展了一套綜合 3 項指標的模式，用來描述和預測新興研究領域的關鍵結構和動態特性，這 3 項指標分別為突然增加的特定詞頻率、新作者被吸引到一個新興領域的數量和速度，以及引用文獻科際性的改變等。他們並將這套模式運用於 4 項新興研究領域，包含核糖核酸干擾（RNAi）、奈米科技（Nano）、h 係數及影響係數等。研究結果發現，綜合 3 項指標的模式是新興研究領域之象徵，並且其展現了時間上的關聯性，亦即新作者首先進入新興領域，然後該領域文獻引用的科際性增加，最後也導致了特定詞發生的頻率。

從以上研究可知，為更精確的預測研究前沿之發展，許多學者都有發展出相關指標，有的學者僅採用單一指標，另有些學者則綜合多項指標，亦可發現，部分學者所提出的指標類似。在他們的研究中，均證實其所提出的指標能夠精確預測前沿的出現，然隨著學術發展日趨複雜，目前學者尚無法提出較為適用且為人普遍接受之相關指標。因此，為拓展相關研究及追蹤研究前沿的出現能夠有較為客觀的方式，未來有必要再多投入研究前沿指標之探討。

伍、研究前沿相關實證研究

大約從 90 年代開始，研究前沿的相關研究增多，尤其近年來在資源有限情況下，許多學者希冀將研究主力投注於值得開發之研究前沿，或甚至避免進行重複研究。同時站在政府立場，也希望將經費挹注於值得投資的研究領域，因此針對研究前沿進行探討，也成為相當重要之研究課題。目前學者探究研究前沿時主要仍透過書目計量方式，包含運用共詞分析、關鍵字分析、直接引用、共被引、書目耦合或結合多種引用文獻分析等方式。在上開研究方法中，書目耦合及共被引是對稱性的研究方法，具有高度可比較性，因此它們也常常同時被運用於比較專業領域研究前沿之探究效益（Sharabchiev, 1989; Persson, 1994; Jarneving, 2005; Zhao & Strotmann, 2008; Huang & Chang, 2015; 許家榮，民 99），惟截至目前為止，針對哪種研究方法具有最佳之效益尚無共識，因此有必要進行更多詳細且系統

臺灣大學學術圖書館

化的比較研究，才能夠進一步推斷其效益。本文著重於探討利用書目耦合、共被引或結合多種引用文獻分析等 3 種類型探討研究前沿相關實證研究，以下即就其相關成果進行剖析。

一、利用書目耦合方式

目前以書目耦合方式探討研究前沿的文獻較少，以 Morris 進行的一系列文獻為代表，分別應用在炭疽熱（Morris et al., 2003; Morris & Boyack, 2005）及囊狀纖維化症身體組成（Yang, Morris, & Barden, 2009）等研究領域。

首先介紹 Morris 的一系列研究，以炭疽熱研究而言，Morris et al.（2003）找出該領域 1981 年至 2001 年的研究前沿，計有梭狀芽孢桿菌（clostridium）、生物恐怖主義（bioterrorism）及炭疽熱基因序列（anthrax gene sequencing）等 10 項。2 年後，Morris 與 Boyack（2005）再度以炭疽熱為例，分析其 60 年來之研究演變，找出 1981 年至 2003 年該領域之研究前沿共計 35 項。以囊狀纖維化症身體組成研究而言，Yang et al.（2009）找出該領域之研究前沿計有 20 項，並發現哪些機構致力於研究這些研究前沿，以及機構間之合作模式。

除 Morris 的一系列研究外，尚有 Jarneving（2007b）、Kuusi 與 Meyer（2007）、Zhang et al.（2008）、Chen, Huang, Chen 與 Lin（2012）及 Huang 與 Chang（2014）分別針對有機化學、奈米碳管、科學傳播及 OLED 等研究領域進行相關研究。在有機化學方面，Jarneving（2007b）透過書目耦合結合完整連結聚類方式，繪製其基礎知識。經由統計分析及學者專家評估後可發現，研究前沿內具有較一致的文獻集合，且這些文獻集合在知識內容上也趨於相近，這些高品質的聚類可用於確認研究前沿內相關文獻集合。在奈米碳管研究方面，Kuusi and Meyer（2007）利用書目耦合針對 167 項美國專利進行研究後發現，書目耦合相當適合用於預測科技突破，且奈米碳管專利主要是 Nantero 公司所擁有，其近期相當關注奈米記憶晶片（NRAM）的發展。另就科學傳播而言，Zhang et al.（2008）利用書目耦合作為文獻聚類方式，並以二維的時間序列地圖（timeline）及三維的景觀地圖（landscape）顯示該領域研究前沿之演進，並找出 1994 年至 2007 年科學傳播最突出之研究前沿，分別為資訊來源可信度及聽眾分析、普羅科學及文化（science public and culture）、可信度和科學責任及傳播學研究（public understanding science）。

Chen et al.（2012）利用 2001 年至 2010 年該 10 年間智慧電網（smart grid）領域方面之專利進行書目耦合分析，據以瞭解美國在這方面上之研究前沿表現。在該研究中，將技術前沿區分成 4 大類別，分別為領先前沿（frontrunner）、跟隨前沿（follower）、唯一前沿（uniquer）及後起前沿（behinder）等。研究結果顯示，相當高比例的美國技術前沿可以歸類為領先前沿或唯一前沿，且美國在智慧電網每個發展中之次領域，均佔

臺灣大學學術倫理專區

據了主要的領導地位。Huang 與 Chang（2014）利用 2000 年至 2009 年該 10 年間之 OLED 高被引文獻進行書目耦合分析，據以探究逐年引用區間研究前沿之演進情形。研究結果證實，利用書目耦合可找出與學者專家判定一致的研究前沿，且所找出之 18 項研究前沿，均屬於 OLED 材料之範疇，亦說明 OLED 材料是目前該領域處於最前鋒的研究。此外，經檢視研究前沿之演化情形後可發現，該 18 項研究前沿共計包含 4 項新興前沿、2 項成長前沿、11 項穩定前沿及 1 項衰退前沿。因此，利用書目耦合探討逐年引用區間之研究前沿演化情形，可有效掌握研究前沿之產生、成長、衰退及消失等情形，並追蹤研究前沿之演進情形。

二、利用共被引分析方式

雖然書目耦合較共被引分析發展為早，但目前學者探究研究前沿所採用的方法仍以共被引方式佔了大多數，概因其發展初期即在協助學者瞭解學科結構或專業領域趨勢，因此其相關研究也就較多，以下謹區分為所有學科領域、自然科學領域及社會科學領域等 3 部分進行探討。

(一) 所有學科領域

在所有學科領域方面，以日本科學技術政策研究所（民 93）所進行的研究最具代表性。該研究所以高被引文獻為基礎並利用文獻共被引方式，探討 1997 年至 2002 年所有學科領域之研究前沿，總計篩選出 51 項研究前沿，半數和臨床醫學、植物動物學等生命科學相關，其他還包括了化學、物理學等相關領域。另外，地球科學、宇宙科學及社會科學等領域亦包含在其中。

除上開研究外，King 與 Pendlebury（2013）係任職於 Thomson Reuters 的研究人員，其研究以高被引文獻為基礎並利用文獻共被引方式，探討 2013 年存在於科學及社會學最頂尖的 100 項研究前沿。他們首先從 ESI 資料庫中原本的 21 項研究領域 8,000 項研究前沿中依照被引用次數進行排序，並擷取前 10% 的研究前沿。之後，依據核心文獻的平均出版年重新排序，最後產生較大類別的 10 項研究領域前 10 名之研究前沿。上述主要的 10 大領域分別為農業、植物學及動物學；生態學及環境科學；地球科學；臨床醫學；生物學；化學及材料科學；物理學；天文學及天體物理學；數學、電腦科學及機械學；經濟學、心理學及其他社會科學。隔年，National Science Library of Chinese Academy of Sciences 與 Thomson Reuters（2014）再以上述相同方式及相同資料來源，探討 2014 年存在於科學及社會學最頂尖的 100 項研究前沿。

(二) 自然科學領域

在自然科學領域方面，包含麻醉學（Jankovic, Kaufmann, & Kindler, 2008）、農業學（Natale, Fiore, & Hofherr, 2012）、電子醫療（Fang, 2015）、中西醫領域（夏景珉、劉玉鳳，1994）、抗原 CD44（姜國成、鄭華川、崔雷、卓

臺灣大學學術期刊庫

仁杰，2002）、科學學（侯海燕等人，2006）、科學計量學（侯劍華，2012）、念珠菌生物膜（袁娟娜、范瑞強、吳元勝、陳信生，2014）、工程學（賴志遠、陳冠嘉，民 103）及 3D 打印技術（于歡、王雪、劉思宇、劉俊婉，2014；王燦友、蘇秦，2015）等。其中，研究者除擇選部分專業領域範圍較大者進行探究外，如農業學及工程學等，亦擇選專業領域較小者進行論述，如電子醫療、念珠菌生物膜及及 3D 打印技術等。茲分述如下：

在麻醉學方面，Jankovic et al.（2008）利用文獻共被引分析確認 2003 年之研究前沿，他們找出 46 項比較活躍的研究前沿，其中硬彎式喉頭罩氣管插管組（proseal laryngeal maskairway）、神經痛的實作模式（experimental models of neuropathic pain）及麻醉時的心臟保護（volatile anesthetic-induced cardioprotection）等研究領域是最突出的研究前沿。在農業學方面，Natale et al.（2012）利用 Scopus 資料庫，並檢索 2000 年至 2011 年農業學領域之相關文獻 14,308 篇，探討該領域之研究前沿。研究結果顯示，最大的研究前沿是跟益生菌、海底沉積物、基因組學、綜合水產養殖和廢水處理等相關。若從時間序列而言，益生菌、基因組學、海蟲及從網箱養殖對環境的影響等，是持續成長的研究前沿。至於紅樹林、對蝦養殖及海底沉積物等，則是持續式微的研究前沿。在電子醫療方面，Fang（2015）利用 Web of Science 資料庫檢索 1998 年至 2014 年有關電子醫療方面的文獻，共計 6,060 篇，並利用 CiteSpace 軟體分析該領域之研究前沿。研究結果發現，電子斷層合成技術是最大宗的研究前沿。此外，醫學影像分割和紀錄、後處理影像技術、探測儀、顯微鏡、可逆水印技術、輸入、模型 3D 重建、實時動態成像及放射量測定等，是較早期的研究前沿，而最新的研究前沿則是有關於網路健康資訊。

在中西醫領域方面，夏景珉與劉玉鳳（1994）以一般文獻找出 1989 年至 1991 年該領域之研究前沿，包含冠心病中醫辯證本質、體外血栓研究、助陽藥在內分泌疾病中的應用、舌象研究、川穹活血化瘀研究及脾虛證中消化道激素研究等 6 項。在抗原 CD44 研究方面，姜國成等人（2002）找出 1999 年至 2000 年 6 月有關抗原 CD44 的研究前沿，集中於抗原 CD44 遺傳學和基本生物學功能的研究、抗原 CD44 在腫瘤中表達的研究、抗原 CD44 與其配體相互作用及意義及抗原 CD44 的生理學功能等 4 項。

在科學學（science of science）方面，侯海燕等人（2006）找出 1995 年至 2004 年該領域的研究前沿，包含科技政策與管理、資訊檢索技術、科學研究指標與評鑑、科學知識地圖與可視化、科學合作、科學計量學與資訊計量學理論、科學知識社會學及資訊檢索技術與資訊科學等 7 項。在科學計量學方面，侯建華（2012）針對 2001 年至 2010 年之 Scientometrics 期刊進行文獻共被引分析，並找出該領域的研究前沿主要有以下幾方面，包含科學發展規律

臺北大學學術資料庫

的數量統計分析、H 指數及其相關指標研究、三螺旋理論研究、學術網路、語義結構研究及中國科學計量學研究等。

至於在念珠菌生物膜方面，袁娟娜等人（2014）利用 CiteSpaceII 軟體，並以 Web of Science 的 1,631 篇念珠菌生物膜文獻為分析對象，找出該領域之研究熱點及研究前沿。研究結果顯示，念珠菌生物膜的研究熱點為生物膜的形成、基礎實驗技術、模型建立及耐藥問題，研究前沿則集中在生物膜體外模型及藥敏實驗建立新方法上。在工程學方面，賴志遠與陳冠嘉（民 103）運用 ESI 資料庫，整理 2013 年 1 月 1 日至 2013 年 4 月 30 日工程領域高被引次數最高的前 10 項研究前沿，包含螢光化學感測器；石墨烯電化學感測器；埃秒非線性光學、觀測分子內電子運動行為；大規模生產藻類生質燃料；大氣二次氣膠粒子；超導電子電路、位元與計算；儲氫材料；先進廢水處理系統；PVC 薄膜感測器；生質轉化等。其中有關能源科技相關的開發就佔了 3 項，包含儲氫材料、大規模生產藻類生質燃料及生質轉化，可以看出近幾年來學界對能源科技研發的關切。

在 3D 打印技術方面，于歡等人（2014）利用 Citespace 軟體針對 3D 列印領域相關論文進行共被引分析，探究該領域之研究前沿。研究結果發現，系統（system）、外科手術（surgery）及附加製造業（additive manufacturing）是近年來 3D 打印技術重要的研究前沿。此外，王燦友與蘇秦（2015）同樣利用 Citespace 軟體針對 1985 年至 2014 年 20 年來 3D 列印領域相關論文進行共被引分析。研究結果發現，目前的研究前沿集中於 3D 打印材料、3D 打印建模軟件、3D 打印設備和工藝等 3 方面，但已有越來越多研究關注於 3D 打印技術帶來的商業模式、製造模式及其供應鏈物流的影響。

(三) 社會科學領域

在社會科學領域，使用共被引分析探討研究前沿者，圖書資訊學的比例頗高（Moya-Anegón et al., 1998; Åström, 2007；馬瑞敏、邱均平，2005；王孝寧、崔雷，2007；李金建、貢金濤，2010），而經濟學（Diamond, 1988）、供應鏈管理（Charvet, Cooper, & Gardner, 2008）、企業研究（Cornelius, LandstrÖm, & Persson, 2006）、管理學（陳悅，2006）、技術成熟度研究（農志明、李自力，2012）、區域創新系統（張書豪、樊晉源，民 102）及科技教育（方瑀紳，民 104）等領域，亦有學者進行探討。同上述自然科學領域，研究者除擇選部分專業領域範圍較大者進行探究外，如圖書資訊學及經濟學等，亦擇選專業領域較小者進行論述，如供應鏈管理、技術成熟度研究及區域創新系統等。茲分述如下：

在圖書資訊學方面，Moya-Anegón et al.（1998）利用作者共被引方式，找出 1985 年至 1994 年西班牙圖書資訊學之研究前沿，分別為資訊計量學（informetrics）、圖書館（libraries）及大學（university）。Åström（2007）研究 1990 年至 2004 年圖書資訊學之研

臺灣人文學術期刊庫

究前沿，找出資訊計量學及資訊尋求與檢索等 2 項重要之研究前沿。馬瑞敏與邱均平（2005）利用文獻共被引方式，找出 2003 年圖書資訊學的研究前沿為數位圖書館的建設與發展。王孝寧與崔雷（2007）亦利用文獻共被引分析方式，找出 2001 年至 2006 年間該領域之研究前沿，計有網路資訊資源評估研究、文獻及作者的共被引分析、資訊組織處理、使用者資訊檢索行為研究、資訊科學在醫學領域的應用及資訊科學的基本理論闡述等 6 項。至於李金建與貢金濤（2010）以 *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 於 1999 年至 2008 年發表的全部 1,241 篇文章為對象，並利用 CiteSpace 軟體繪製出相應的知識圖譜，找出圖書資訊學領域的 3 項研究前沿，分別為資訊檢索及技術研究、網路資訊及資訊查詢行為、引文及共詞分析研究。

在經濟學領域，Diamond（1988）利用文獻共被引分析，確認了 1987 年最活躍的研究前沿為失業問題及商業循環。在供應鏈管理方面，Charvet et al.（2008）探討 1995 年至 2004 年該領域之研究趨勢，發現作業研究及邏輯研究是其最重要之研究前沿。在企業研究方面，Cornelius et al.（2006）利用作者共被引方式，探討該領域 1986 年至 1990 年、1993 年至 1997 年及 2000 年至 2004 年 3 個 5 年固定引用區間之研究前沿，其中第一個時期有 2 個較明顯的研究前沿是種族企業學及就業與鄉村發展，第二及第三時期的研究前沿除在數量上有增加外，其研究也越來越專業化。在管理學部分，陳悅（2006）則找出 2004 年至 2005 年該領域之研究前沿為交易成本經濟學理論、制度理論、契約理論、知識經濟理論及組織模組化等。

在技術成熟度研究方面，農志明與李自力（2012）基於文獻共被引分析，並利用 CiteSpaceII 軟體針對 1998 年至 2012 年技術成熟度研究文獻資料進行計量分析。研究結果發現，該領域研究前沿集中於技術成熟度測量、技術轉移、技術預測、評估工具及方法、技術取捨、技術風險等。在區域創新系統方面，張書豪與樊晉源（民 102）利用視覺化方法對 Web of Science 中 2008 年至 2012 年收錄的區域創新系統論文進行文獻共被引分析，企圖找出該領域之研究前沿。研究結果發現，系統（system）、知識（knowledge）、聚類（clusters）、接近性（proximity）、動態（dynamics）與中國（China）已為區域創新系統研究者關注的焦點。惟目前區域創新系統的研究主題仍較分散，沒有特別突出的研究前沿形成，包括環境研究、地理學、經濟學、管理學及城市研究等。

在科技教育方面，方瑀紳（2014）利用共被引分析，針對 Web of Science、Scopus 及華藝等 3 個資料庫，以每 10 年為一個階段，探究科技教育 1970 年至 2013 年間中、英文研究文獻所涵蓋的子領域、流派、特性及未來發展趨勢。研究結果發現，科技教育研究主題演進從工藝、技職教育、科技素養教育

臺灣人文學術期刊資料庫

與課程發展，演進到關注科技教師專業教學能力。至於國外研究前沿趨向科技教師專業發展，國內則著重課程與教材。

三、利用多種引用文獻分析方法

目前已有越來越多學者探討研究前沿並不只是使用書目耦合或共被引分析其中任一種方法，而是結合多種引用文獻分析方式等，例如結合共被引及書目耦合（Sharabchiev, 1989; Persson, 1994; Jarneving, 2005; Zhao & Strotmann, 2008, 2014; Huang & Chang, 2015；沈純慧，民 99；盛立、劉偉、李玉霞、刁天喜，2015）；共被引、書目耦合及題名分析（Jarneving, 2001）；共被引、共詞分析及內容分析（Urs, 1995）；共被引及共詞分析（侯海燕，2006；翟慶華、蘇靖、葉明海，2011）；共被引及學者專家主觀分析（張倩、潘雲濤，2007）；共被引、書目耦合及直接引用（Shibata et al., 2009; Boyack & Klavans, 2010; Fujita, Kajikawa, Mori, & Sakata, 2012, 2014）；書目耦合、文字探勘（text-mining）、核心文獻（core documents）及交叉引用（cross-citation）（Glänzel, 2012）；關鍵字、書目耦合及共被引（林巧雯，民 99）等。從上可知，學者在採結合多種分析方式時，幾乎都會使用共被引，推究其原因係該種分析方法在發展初期即在協助學者專家瞭解學科結構或專業領域趨勢，因此才會產生該種情形，謹就相關研究分析如後。

就結合共被引及書目耦合而言，Sharabchiev（1989）為瞭解參考文獻作為科學計量學方法的可能應用，透過檢索 1981 年 SCI 資料庫免疫學之主題後，比較共被引及書目耦合所得到的免疫學科學地圖有何不同。研究發現，利用共被引及書目耦合所得到的結果可互相比擬，且 2 種分析方法亦可互相補充，惟整體而言，共被引所呈現的免疫學科學地圖較書目耦合佳，因此利用共被引進行科學計量學研究是較好的方式。Persson（1994）為探討資訊科學領域基礎知識及研究前沿兩者間有何不同，利用 1986 年至 1990 年 *Journal of the American Society for Information Science* 的 209 篇文獻為對象，分別進行共被引及書目耦合。研究發現，經由共被引所顯示的基礎知識地圖及書目耦合所顯示的研究前沿地圖大致吻合，可證實 2 種分析方法皆能夠揭示專業領域的智性結構或研究前沿。Jarneving（2005）企圖比較兩者在環境科學的研究前沿繪製結果有何不同，研究發現，2 種分析方法所聚類之文獻具有不同的研究前沿，且在探討的主題內容上也不盡相同。由於兩聚類文獻本質上就有所不同，因此才會產生不同之研究前沿，未來應該進行更深入的比較研究。

此外，Zhao 與 Strotmann（2008, 2014）利用作者共被引及作者書目耦合分析，探討 1996 年至 2005 年資訊科學之知識結構。研究結果顯示，該 2 種分析方法為互補之方法，且將他們結合運用，比單獨使用其中 1 種方法，更能提供知識結構較為廣泛之面向。之後，他們再以

臺灣大學學術資料庫

該 2 種分析方法檢視 2006 年至 2010 年資訊科學之知識基礎及研究前沿。研究結果顯示，資訊檢索系統該專業持續衰退，而網路計量學則是呈現大幅度之成長。Huang 與 Chang（2015）利用書目耦合及共被引分析，探究 2000 年至 2009 年 10 年間固定引用區間 OLED 研究前沿之演進情形，並比較分析 2 種分析方法所找出之研究前沿有何不同。研究結果顯示，不論是書目耦合或者共被引分析，均能夠有效追蹤研究前沿之發展，不過比起共被引分析，書目耦合可找到較多且是重要之研究前沿，亦可較早探知研究前沿之出現。因此，未來如欲探究固定引用區間之研究前沿，建議採用書目耦合方式。

沈純慧（民 99）則利用書目耦合及共被引分析，以資訊科學重要期刊之高引用期刊、作者與高被引期刊及作者作為研究對象，建構 1991 年至 2010 年之資訊科學知識地圖與研究前鋒。知識地圖的建構，採用文獻內容探勘工具（content analysis toolkit for academic research，簡稱 CATAR）作為分析工具，利用 Web of Science 下載書目資料，進行期刊與作者之書目比對分析，以了解資訊科學高引用期刊與作者的聚類情況，進而探討資訊科學的知識結構。研究前沿的建構則是透過 Web of Science 檢索共被引分析之數據，了解高被引期刊與作者之聚類情形，進而探討資訊科學之核心議題。此外，盛立等人（2015）結合共被引及書目耦合分析，並運用 OSviewer 軟體繪制合成生物學領域之科學知識圖譜。研究結果發現，書目耦合用於識別研究前沿的效益比起共被引的結果好，合成生物工程、RNA 表達、生物骨架、生物文庫、生物組件等研究為該領域之研究前沿。

就結合共被引、書目耦合及題名分析而言，Jarneving（2001）利用上述 3 種分析方法探討心血管研究的現況，並發現不同面向的冠狀動脈疾病研究是該領域最大之研究前沿。就結合共被引、共詞分析及內容分析而言，Urs（1995）為探討資訊科學之研究前沿，利用該 3 種方式找出該領域之研究前沿，包含自然語言處理、超文本使用者介面或系統、引用分析或資訊計量學及概率或模糊檢索等 4 項。

在結合共被引及共詞分析方面，侯海燕（2006）利用上述 2 種方式，找出 1978 年至 2004 年科學計量學之 7 項研究前沿，分別為引用文獻理論科學交流、基礎研究評鑑；科學知識圖譜理論與方法、網路計量學；科學技術合作；科學計量學經典機率分布、書目計量學定律、資訊計量學；科學計量學指標與國家科學研究績效評鑑；知識的新產品—科技動力學；及科學與技術的關係。翟慶華等人（2011）亦利用共被引及共詞分析，找出 1994 年至 2010 年創業研究之研究前沿。研究結果顯示，該領域主要有 3 大研究前沿，分別為創新、創業、中小企業和經濟發展；關係網絡和社會資本；技術轉移和大學衍生企業等。另就結合共被引及學者專家主觀分析而言，張倩、潘雲濤（2007）利用 2 種分析方式揭示 2004 年圖書資訊學之研究前沿，分別為網路計量學、電

臺灣大學圖書館

子資訊系統、資訊檢索及資訊技術等。

就結合共被引、書目耦合及直接引用而言，Shibata et al.（2009）及 Fujita et al.（2012, 2014）以氮化鎵、複雜網路及奈米碳管等 3 個研究領域為例，並利用共被引、書目耦合及直接引用等 3 種研究方法在探測研究前沿上的效能。研究結果顯示，直接引用可探測較大且較新的研究前沿，相對而言共被引則在這方面的表現最差。此外，直接引用所得出的聚類係數值（clustering coefficient）最大，這表示直接引用網路所形成的研究前沿，文獻間之相似度最大，因此利用直接引用探測研究前沿，其風險性上會較低。此外，Boyack 與 Klavans（2010）以 2004 年至 2008 年之生物醫學文獻為研究對象，試圖比較共被引、書目耦合、直接引用及以書目耦合為基礎的引用文獻分析等 4 個引用文獻網路在探測研究前沿的正確性上何者較佳。為了計算正確性，他們採用了聚類內文件的一致性及在 MEDLINE 系統中的文獻連結集中程度等 2 項指標。研究結果顯示，3 種純粹的引用文獻分析方法中，書目耦合在探測研究前沿的正確性上表現較共被引佳，直接引用則是表現最差，至於以書目耦合為基礎的引用文獻分析方法，則改善了書目耦合的結果。

就結合書目耦合、文字探勘、核心文獻及交叉引用而言，Glänzel（2012）利用上述方法探討科學領域的新興議題（emerging topics），並以 1999-2003 及 2004-2008 等 2 個 5 年固定引用區間進行探究。其中，他使用書目耦合、文字探勘及核心文獻等混合方法聚類科學文獻，再利用交叉引用方式予以確認新興議題。

就結合關鍵字、書目耦合及共被引而言，林巧雯（民 99）利用上述 3 種書目計量學方法探討 15 年間（1995-2009 年）圖書資訊學領域研究主題之分布及變遷情形。研究結果發現，資訊尋求與檢索所佔研究比重不斷下降，書目計量學則是不斷向上成長。其中，H-index、視覺化科學結構、跨學科研究、引用文獻分析、國家科學結構分析等，都是與書目計量學有關的熱門研究前沿。

綜觀上述實證研究，越來越多學者探討研究前沿並不僅僅使用其中 1 種方法，而是結合多種引用文獻分析方式等，且就其找到研究前沿的效益而言，目前也無法證實哪種分析方法較佳，如 Shibata et al.（2009）及 Fujita et al.（2012, 2014）所從事的研究，直接引用的效益較佳，然 Boyack 與 Klavans（2010）所從事的研究，直接引用的效益卻是最差。另以探究研究前沿所最常使用的書目耦合及共被引分析進行比較，所得到的結果也不盡相同，有的顯示書目耦合的效果較佳（Shibata et al., 2009; Boyack & Klavans, 2010; Huang & Chang, 2015；盛立等人，2015），有的顯示共被引的結果較佳（Sharabchiev, 1989），有的顯示需要再進一步分析（Jarneving, 2005），亦有一些顯示，兩者的效益沒有差異，同樣可以有效地找出專業領域之研究前沿（Persson, 1994; Zhao & Strotmann, 2008）。因此，未來從事研究前沿探究，應該進行更細

臺灣大學圖書館

緻的分析，並且結合使用多種分析方式，進行交叉比對，甚至發展相關量測指標，如此或許可較有依據及科學的方式，證實何者效益較佳。

陸、結論

由於國內圖書資訊學界對於研究前沿之研究尚未相當普遍，因此，本文希冀針對該概念進行概略性之介紹，讓圖書資訊界人士對於研究前沿有較為深入的認識。一般而言，研究前沿主要指在每一個專業領域內處於領先位置的成果和思想，並為當時學者專家所大量引用者，通常掌握研究前沿之發展，可瞭解目前專業領域的研究焦點及未來發展趨勢，因此，其在近年來越來越受到重視。目前對於研究前沿的定義大致可分成 3 類並對應著不同的研究方法。將高被引文獻稱作研究前沿的學者，大多利用共被引分析方法；將來源文獻稱作研究前沿的學者，大多是利用書目耦合分析方法；將熱門主題或主題趨勢稱作研究前沿的學者，大多是利用共詞分析。

此外，為能更科學、更準確及更迅速地探究專業領域之研究前沿，進一步針對不同類型引用文獻分析之比較研究已經迫在眉睫。因此，已有眾多學者利用不同分析方法並利用相關指標探測研究前沿上的效能，有的學者僅採用單一指標，另有些學者則綜合多項指標，惟隨著學術發展日趨複雜，目前學者尚無法提出較為適用且為人普遍接受之相關指標。因此，為拓展相關研究及追蹤研究前沿的出現能夠有較為客觀的方式，未來有必要再多投入研究前沿指標之探討，俾利進行研究前沿之效益評估。

目前進行研究前沿之探討，已普遍使用書目耦合或共被引，本文主要亦以該 2 種分析方法為主，探討研究前沿之相關實證研究。該 2 種方法為一體二面之分析方法，可檢視兩者所得到的研究結果後再據以比較分析，惟每種引用文獻分析方法都有其特點，且受到資料來源及分析原理的關係，多少都存在著一些缺陷，因此研究者應視其研究目的擇選最適合之分析方法。由於書目耦合或者是共被引均屬文獻引用的間接途徑，未來若能結合直接引用、共詞分析、關鍵字分析及共同作者等方式，就能夠將所找出之研究前沿進行比較研究，據以判定利用單一研究方法或結合多種研究方法所找出之研究前沿能夠獲得普遍認可，以提供規劃國家發展藍圖及制定科技發展政策之參考資訊。

書目耦合或共被引該兩種方式係就已發表的文獻進行分析，雖屬較科學及客觀的資料蒐集方式，惟在時間允許的情況下，應將研究前沿結果深入請教所研究領域之學者專家。由於學者專家對於該領域之發展應有充分掌握，可提供對於該領域發展有不同的視野及見解，且目前普遍的趨勢是進行研究前沿研究時，能夠適度地邀請學者專家介入研究。Yoon, Park 與 Lee（2014）即認為，將所找出之研究前沿再詢問領域學者專家，是研究過程中相當重要的事項。因此，本研究亦建議，未來利用書目計量學方法找出之研究前沿，若能輔以學者專家訪談或焦點團體座談等方式，除能

臺灣大學學術資源庫

驗證研究結果外，亦能提供領域發展較為豐富的資訊。

許多學者專家探究專業領域研究前沿，係以高被引文獻為分析對象，惟在以技術導向為主的學科領域，專利可能是比文獻更為重要的資料類型，因許多專利的研發導致後續技術之革新，且專利涉及許多商機，吸引許多人投入研究，所以甚至其所反映的是技術學科領域更為進步的研究或重要的研究前沿，因此未來可利用書目計量學方法，結合高被引文獻與專利文獻進行剖析，將可更完整及全面地探討研究前沿之發展及其技術發展趨勢。

研究前沿之確認及分析是提升國家競爭力的重要方式，因此許多國家之科學家、分析家或政策制定者都企圖即時掌握研究前沿，期能把握發展利基，取得領先優勢。從相關文獻檢視後，美國、英國及日本等先進國家對於研究前沿之投入頗深，甚至大陸在近年來亦積極投入並發表諸多文獻，反觀臺灣則相對研究較少，因此本研究參考國外相關文獻後，針對研究前沿進行概略性之探討，包含研究前沿的意義與相關概念、尋找研究前沿之依據、研究前沿相關指標及研究前沿相關實證研究等，希冀為國內研究前沿研究播下種子，引發後續更多研究者積極投入，以豐富國內研究前沿或書目計量學之相關研究。

參考文獻

于歡、王雪、劉思宇、劉俊婉（2014）。基於知識圖譜的新興技術研究演化分析—以 3D 列印技術的熱點與前沿為例。*現代商業，2014*(35)，277-278。

中央研究院（民 97）。中央研究院學術競爭力分析暨臺灣學術里程與科技前瞻計畫。上網日期：104 年 5 月 1 日，檢自 http://www.sinica.edu.tw/advice/advice_4.pdf

日本科學技術政策研究所原著；洪文琪編譯（民 93）。*科學技術中長期發展全瞻性預測調查：急速發展之研究領域調查—平成 15 年度調查報告書*。臺北市：行政院國家科學委員會科學技術資料中心。

王立學、冷伏梅（2010）。簡論研究前沿及其文獻計量識別方法。*情報理論與實踐，33*(3)，54-58。

王孝寧、崔雷（2007）。2001-2006 年國際情報學研究的引文分析。*情報學報，26*(3)，399-407。

方瑀紳（民 104）。*科技教育研究主題的演進與研究前沿：1970 ～ 2013 年研究文獻的共被引分析*。未出版之博士論文，國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系，臺北市。

臺灣人學學術期刊庫

王燦友、蘇秦（2015）。基於文獻分析的 3D 打印技術的演化及發展前沿。*情報雜誌，34*(9)，72-78。

杜志強、支少瑞（2015）。中國特殊教育研究的熱點領域與前沿主題—基於近十年《中國特殊教育》刊載文獻視覺化分析。*教育學術月刊，2015*(2)，18-23。

李金建、貢金濤（2010）。基于 JASIST 的情報學研究前沿及趨勢分析。*圖書館學研究（應用版），2010 年第 6 期*（2010），3-6。

沈純慧（民 99）。*資訊科學之知識地圖與研究前鋒研究*。未出版之碩士論文，國立政治大學圖書資訊與檔案學研究所，臺北市。

林巧雯（民 99）。*以關鍵字、書目耦合、共被引探討圖書資訊學研究主題之分布及變遷*。未出版之碩士論文，國立臺灣大學圖書資訊學研究所，臺北市。

侯海燕（2006）。*基于知識圖譜的科學計量學進展研究*。未出版之博士論文，大連理工大學科學學與科技管理研究所，大連市。

侯海燕、劉則淵、陳悅、姜春林、尹麗春、龐傑（2006）。當代國際科學學研究熱點演進趨勢知識圖譜。*科研管理，27*(3)，90-96。

姜國成、鄭華川、崔雷、卓仁杰（2002）。利用引文時序和同被引聚類分析探索抗原 CD44 研究歷史及現況。*醫學情報工作，2002*(4)，201-202。

袁娟娜、范瑞強、吳元勝、陳信生（2014）。念珠菌生物膜研究熱點與前沿視覺化分析。*皮膚性病診療學雜誌，21*(3)，201-205。

馬楠、官建成（2006）。利用引文分析方法識別研究前沿的進展與展望。*中國科技論壇，4*，110-113。

馬瑞敏、邱均平（2005）。基於 CSSCI 的論文同被引實證計量研究—以圖書館學、情報學為例。*圖書 · 情報 · 知識，107*，77-79。

夏景珉、劉玉鳳（1994）。中西醫結合科研課題選向的研究—《中國中西醫結合雜誌》引文同被引分析。*中國中西醫結合雜誌，14*(3)，175-177。

侯劍華（2012）。國際科學計量學研究前沿的視覺化探測—基於《Scientometrics》期刊文獻共被引網路的分析。*現代情報，32*(10)，61-65。

盛立、劉偉、李玉霞、刁天喜（2015）。合成生物學研究前沿的識別與趨勢預測。*軍事醫學，2015*(2)，143-146。

陳悅（2006）。*管理學學科演進的科學計量研究*。未出版之博士論文，大連理工大學科學學與科技管理研究所，大連市。

張倩、潘雲濤（2007）。基於 Web of Science 數據的圖書情報學研究聚類分析。*情報雜誌，26*(2)，82-84。

許家榮（2010）。*探究書目耦合與共同引用之智識構圖與內容差異*。未出版之碩士論文，國立臺北大學資訊管理研究所，臺北市。

張書豪、樊晉源（民 102）。區域創新系統知識前沿與熱點分析。*商略學報，5(4)*，

臺灣人學學術期資料庫

269-281。

張嘉彬（民 100）。*以書目耦合及共被引探討不同引用區間之研究前沿：以 OLED 領域為例*。未出版之博士論文。國立臺灣大學圖書資訊學研究所，臺北市。

農志明、李自力（2012）。技術成熟度研究的熱點和趨勢分析。*現代情報，32*(10)，66-71。

翟慶華、蘇靖、葉明海（2011）。基於知識圖譜的創業研究發展與前沿分析。*科技進步與對策，28(17)*，16-21。

賴志遠、陳冠嘉（民 103）。*看工程領域學術發展與研究熱點*。上網日期：104 年 11 月 4 日，檢自 http://portal.stpi.narl.org.tw/index/article/29

Aris, A., Shneiderman, B., Qazvinian, V., & Radev, D. (2009). Visual overviews for discovering key papers and influences across research fronts. Retrieved October 20, 2015, from https://www.cs.umd.edu/users/ben/papers/Aris2009Visual.pdf. doi: 10.1002/asi.21160

Åström, F. (2007). Changes in the LIS research front: Time-sliced cocitation analyses of LIS journal articles, 1990-2004. *Journal of the American Society for Information Science and Technology, 58*(7), 947-957. doi: 10.1002/asi.20567

Boyack, K. W., & Klavans, R. (2010). Co-citation analysis, bibliographic coupling, and direct citation: Which citation approach represents the research front most accurately? *Journal of the American Society for Information Science and Technology, 61*(12), 2389-2404. doi: 10.1002/asi.21419

Charvet, F. F., Cooper, M. C., & Gardner, J. T. (2008). The intellectual structure of supply chain management: A bibliometric approach. *Journal of Business Logistics*, *29*(1), 47-73. doi: 10.1002/j.2158-1592.2008.tb00068.x

Chen, C., & Morris, S. A. (2003). Visualizing evolving networks: Minimum spanning trees versus pathfinder networks in *Proceedings of IEEE Symposium on Information Visualization* (pp.67-74). Seattle, Washington: IEEE Computer Society Press. doi: 10.1109/INFVIS.2003.1249010

Chen, C. (2004a). Detecting and mapping thematic changes in transient networks. In *Proceedings of the Eighth International Conference on Information Visualization* (pp.1023-1034). Seattle, Washington: IEEE Computer Society Press. doi: 10.1109/IV.2004.1320267

Chen, C. (2004b). Searching for intellectual turning points: Progressive knowledge domain visualization. PNAS, 101, suppl. 1, 5303-5310. Retrieved July 20, 2011, from http://www.pnas.org/cgi/reprint/0307513100v1.pdf. doi: 10.1073/pnas.0307513100

Chen, C. (2005). Measuring the movement of a research paradigm. In *Proceedings of SPIE-*

臺灣大學學術期刊資料庫

IS&T: Visualization and Data Analysis (pp.63-76). San Jose, CA: The International Society for Optical Engineering. doi: 10.1117/12.602251

Chen, C. (2006). CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature. *Journal of the American Society for Information Science and Technology, 57*(3), 359-377. Retrieved August 29, 2015, from http://cluster.cis.drexel.edu/~cchen/citespace/doc/jasist2006.pdf. doi: 10.1002/asi.20317

Chen, S. H., Huang, M. H., Chen, D. Z., & Lin, S. Z. (2012). Detecting the temporal gaps of technology fronts: A case study of smart grid field. *Technological Forecasting & Social Change, 79*, 1705-1719. doi: 10.1016/j.techfore.2012.06.005

Cornelius, B., LandstrÖm, H., & Persson, O. (2006). Entrepreneurial studies: The dynamic research front of a developing social science. *Entrepreneurship Theory and Practice, 30*(3), 375-398. doi: 10.1111/j.1540-6520.2006.00125.x

Diamond, Jr. A. M. (1988). Most-cited economics papers and current research fronts. *Current Contents, #2*, 3-8. Retrieved August 29, 2015, from http://www.garfield.library.upenn.edu/essays/v12p010y1989.pdf

Egghe, L., & Rousseau, R. (2002). Co-citation, bibliographic coupling and a characterization of lattice citation networks. *Scientometrics, 55*(3), 349-361.

Fang, Y. (2015).Visualizing the structure and the evolving of digital medicine: A scientometrics review. *Scientometrics, 105*(1), 5-21. doi: 10.1007/s11192-015-1696-1

Fujimagari, H., & Fujita, K. (2014). Detecting research fronts using neural network model for weighted citation network analysis. Advanced Applied Informatics (IIAIAAI), 2014 Iiai 3rd International Conference, 131-136. doi: 10.1109/IIAI-AAI.2014.36

Fujita, K., Kajikawa, Y., Mori, J., & Sakata, I. (2012). Detecting research fronts using different types of combinational citation. Retrieved August 29, 2015, from http://2012.sticonference.org/Proceedings/vol1/Fujita_Detecting_273.pdf

Fujita, K., Kajikawa, Y., Mori, J., & Sakata, I. (2014). Detecting research fronts using different types of weighted citation networks. *Journal of Engineering and Technology Management*, *32*, 129–146. doi: 10.1016/j.jengtecman.2013.07.002

Garfield, E., Malin, M. V., & Small, H. (1978). Citation data as science indicators. In Yehuda E. (Ed.), *Toward a metric of science: The advent of science indicators* (pp.179-207). N. Y.: John Wiley & Sons Press.

Garfield, E. (1994). Research fronts. *Current Contents, 41*, 3-7.

Garfield, E. (2001). From bibliographic coupling to co-citation analysis via algorithmic historio-bibliography. Retrieved August 29, 2015, from http://www.garfield.library.upenn.edu/papers/drexelbelvergriffith92001.pdf

臺灣大學學術期刊資料庫

Glänzel, W., & Czerwon, H. J. (1995). A new methodological approach to bibliographic coupling and its application to research-front and other core documents. In *Proceedings of 5*th *International Conference on Scientometrics and Informatics* (pp.167-176). Medford: Learned Information Inc.

Glänzel, W., & Czerwon, H. J. (1996). A new methodological approach to bibliographic coupling and its application to the national, regional and institutional level. *Scientometrics, 37*(2), 195-221. doi: 10.1007/BF02093621

Glänzel, W. (2003). Bibliometrics as a research field: A course on theory and application of bibliometric indicators. Retrieved August 29, 2015, from http://nsdl.niscair.res.in/jspui/bitstream/123456789/968/1/Bib_Module_KUL.pdf

Glänzel, W. (2012). Bibliometric methods for detecting and analyzing emerging research topics. Retrieved August 5, 2015, from http://www.elprofesionaldelainformacion.com/contenidos/2012/marzo/11.pdf. doi: 10.3145/epi.2012.mar.11

Guo, H., Weingart, S., Börner, K. (2011). Mixed-indicators model for identifying emerging research areas. *Scientometrics, 89*(1), 421-435. doi: 10.1007/s11192-011-0433-7

Huang, M. H., & Chang, C. P. (2014). Detecting research fronts in OLED field using bibliographic coupling with sliding window. *Scientometrics*, *98*(3), 1721-1744. doi: 10.1007/s11192-013-1126-1

Huang, M. H., & Chang, C. P. (2015). A comparative study on detecting research fronts in the organic light-emitting diode (OLED) field using bibliographic coupling and co-citation. *Scientometrics, 102*(3), 2041-2057. doi: 10.1007/s11192-014-1494-1

Jankovic, M. P., Kaufmann, M., & Kindler, C. H. (2008). Active research fields: A document co-citation analysis of the anesthetic literature. *Anesthesia & Analgesia, 106*(5), 1524-1533. doi: 10.1213/ane.0b013e31816d18a1

Jarneving, B. (2001). The cognitive structure of current cardiovascular research. *Scientometrics, 50*(3), 365-389. doi: 10.1023/A:1010546312154

Jarneving, B. (2005). A comparison of two bibliometric methods for mapping of the research front. *Scientometrics, 65*(2), 245-263. doi: 10.1007/s11192-005-0270-7

Jarneving, B. (2007a). The outbreak of SARS mirrored by bibliometric mapping: Combining bibliographic coupling with the complete link cluster method. Retrieved August 29, 2015, from http://www.lisr.ro/en11-jarneving.pdf

Jarneving, B. (2007b). Complete graphs and bibliographic coupling: A test of the applicability of bibliographic coupling for the identification of cognitive cores on the field level. *Journal of Informatics, 1*(4), 338-356. doi: 10.1016/j.joi.2007.08.001

Jarneving, B. (2007c). Bibliographic coupling and its application to research-front and other

臺灣大學學術研究資料庫

core documents. *Journal of Informatics, 1*(4), 287-307. doi: 10.1016/j.joi.2007.07.004

Kajikawa, Y., Yoshikawa, J., Takeda, Y., & Matsushima, K. (2008). Tracking emerging technologies in energy research: Toward a roadmap for sustainable energy. *Technological Forecasting & Social Change, 75*, 771-782.

Kessler, M. M. (1963). Bibliographic coupling between scientific papers. *American Documentation, 14*(1), 10-25. doi: 10.1002/asi.5090140103

King, C., & Pendlebury, D. A. (2013). Research fronts 2013: 100 top-ranked specialties in the sciences and social sciences. Retrieved October 29, 2015, from http://sciencewatch.com/sites/sw/files/sw-article/media/research-fronts-2013.pdf

Kuusi, O., & Meyer, M. (2007). Anticipating technological breakthroughs: Using bibliographic coupling to explore the nanotubes paradigm. *Scientometrics, 70*(3), 759-777. doi: 10.1007/s11192-007-0311-5

Lai, K. K., & Wu, S. J. (2005). Using the patent co-citation approach to establish a new patent classification system. *Information Processing and Management, 41*, 313-330. doi: 10.1016/j.ipm.2003.11.004

Lo, S. C. S. (2010). A comparative study of linkage indexes: Co-assignee, reciprocal citation, patent coupling and co-patent. *Journal of Library and Information Studies, 8*(1), 11–27. doi: 10.6182/jlis.2010.8(1).011

Marshakova, I. V. (1973). System of document connection based on references. *Nauchno-Teknichescaya Informatisya, Series II, 6*, 3–8.

Miwa, S., & Ando, S. (2012). Research fronts analysis: A bibliometric to identify emerging fields of research. *Journal of Information Processing and Management 55*(5), 329-338. doi: 10.1241/johokanri.55.329

Morris, S. A., Yen, G., Wu, Z., & Asnake, B. (2003). Time line visualization of research fronts. *Journal of the American Society for Information Science and Technology, 54*(5), 413-422. doi: 10.1002/asi.10227

Morris, S. A., & Boyack, K. W. (2005). Visualizing 60 years of anthrax research. Retrieved August 29, 2015, from https://cfwebprod.sandia.gov/cfdocs/CompResearch/docs/issi_anthrax_final_v02.pdf

Moya-Anegón, F. D., Contreras, E. J., & Corrochano, M. M. (1998). Research fronts in library and information science in Spain (1985-1994). *Scientometrics, 42*(2), 229-246. doi: 10.1007/BF02458357

Natale, F., Fiore, G., & Hofherr, J. (2012). Mapping the research on aquaculture. A bibliometric analysis of aquaculture literature. *Scientometrics, 90*(3), 983-999. doi: 10.1007/s11192-011-0562-z

臺灣大學學術期刊資料庫

National Science Library of Chinese Academy of Sciences & Thomson Reuters (2014). Research fronts 2014: 100 top-ranked specialties in the sciences and social sciences. Retrieved October. 29, 2015, from http://sciencewatch.com/sites/sw/files/sw-article/media/research-fronts-2014.pdf

Pečarić, Đ. (2009). Relationship between scientific paradigm and research front. On example of information science research production. Retrieved August 29, 2015, from http://bib.irb.hr/datoteka/445023.2009_INFuture_Pecaric.pdf

Persson, O. (1994). The intellectual base and research fronts of JASIS. *Journal of the American Society for Information Science, 45*(1), 31-38. doi: 10.1002/(SICI)1097-4571(199401)45:1<31::AID-ASI4>3.0.CO;2-G

Price, D. D. (1965). Networks of scientific papers. *Science, 149*, 510-515. doi: 10.1126/science.149.3683.510

Schiebel, E. (2012). Visualization of research fronts and knowledge bases by three-dimensional areal densities of bibliographically coupled publications and co-citations. *Scientometrics, 91*(2), 557–566. doi: 10.1007/s11192-012-0626-8

Sharabchiev, J. T. (1989). Cluster analysis of bibliographic references as a scientometric method. *Scientometrics, 15*(1-2), 127-137. doi: 10.1007/BF02021804

Shibata, N., Kajikawa, Y., Takeda, Y., & Matsushima, K. (2008). Detecting emerging research fronts based on topological measures in citation networks of scientific publications. *Technovation, 28*, 758-775. doi: 10.1016/j.technovation.2008.03.009

Shibata, N., Kajikawa, Y., Takeda, Y., & Matsushima, K. (2009). Comparative study on methods of detecting research fronts using different types of citation. *Journal of the American Society for Information Science and Technology, 60*(3), 571-580. doi: 10.1002/asi.20994

Shibata, N., Kajikawa, Y., Takeda, Y., Sakata, I., & Matsushima, K. (2011). Detecting emerging research fronts in regenerative medicine by the citation network analysis of scientific publications. *Technological Forecasting & Social Change, 78*, 274-282. doi: 10.1016/j.techfore.2010.07.006

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. doi: 10.1002/asi.4630240406

Small, H., & Griffith, B.C. (1974). The structure of scientific literatures I: Identifying and graphing specialties. *Science Studies, 4*(1), 17-40.

Small, H. (1977). A co-citation model of a scientific specialty: A longitudinal study of collagen research. *Social Studies of Science, 7*(2), 139-166. doi: 10.1177/

臺灣大學學術期刊資料庫

030631277700700202

Small, H. (2003). Paradigms, citations, and maps of science: A personal history. *Journal of the American Society for Information Science and Technology, 54*(5), 394-399. doi: 10.1002/asi.10225

Small, H.(2006). Tracking and predicting growth areas in science. *Scientometrics, 68*(3), 595-610. doi: 10.1007/s11192-006-0132-y

Takeda, Y., & Kajikawa, Y. (2009). Optics: A bibliometric approach to detect emerging research domains and intellectual bases. *Scientometrics, 78*(3), 543-558. doi: 10.1007/s11192-007-2012-5

Thomson Reuters. (2009). Research front methodology. Retrieved August 29, 2015, from http://esi-topics.com/RFmethodology.html

Upham, S. P., Small, H. (2010). Emerging research fronts in science and technology: Patterns of new knowledge development. *Scientometrics, 83*(1), 15-38. doi: 10.1007/s11192-009-0051-9

Urs, S. R. (1995). Mapping the paradigm of information science based on cluster analysis of citation data. In Koenig, M.E.D., & Bookstein, A. (Eds.), *Proceedings of the Fifth Biennial International Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics* (pp.587-596). Medford: Learned Information Inc.

Weisband, S., Thatcher, S. M. B., & Xu, J. (2005). Using bibliometric analysis to evaluate scientific progress in virtual teams research. Retrieved August 29, 2015, from http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.90.5579 &rep=rep1&type=pdf

Yang, L., Morris, S. A., & Barden, E. M. (2009). Mapping institutions and their weak ties in a research specialty: A case study of cystic fibrosis body composition research. *Scientometrics, 79*(2), 421-434. doi: 10.1007/s11192-009-0428-9

Yoon, B., Park, I., & Lee, K. (2014). Identifying promising research frontiers based on patent map. Retrieved August 16, 2015, from http://www.sciencepublication.org/documents/proceeding/14.pdf

Zhang, T., Liu, Z., & Zhao T. (2008). Timeline and landscape: A case study of visualizing the evolution of science communication research front. Retrieved August 29, 2015, from http://www.collnet.de/Berlin-2008/ZhangWIS2008tal.pdf

Zhao, D., & Strotmann, A. (2008). Evolution of research activities and intellectual influences in information science 1996-2005: Introducing author bibliographic coupling analysis. *Journal of the American Society for Information Science and Technology, 59*(13), 2070-2086. doi: 10.1002/asi.20910

Zhao, D., & Strotmann, A. (2014). The knowledge base and research front of information

臺灣人學學術期刊資料庫

science 2006-2010: An author cocitation and bibliographic coupling analysis. *Journal of the Association for Information Science and Technology, 65*(5), 995-1006. doi: 10.1002/asi.23027

臺灣大學學術期資料庫