

天主教輔仁大學圖書資訊學系研究所碩士論文

指導教授：張郁蔚博士

軟體工程領域國際科學合作趨勢之研究

A Study of Trend of International Collaboration in  
Software Engineering Area



研究生：呂威寰 撰

中華民國 104 年 4 月



私立輔仁大學圖書資訊學系碩士班  
論文口試委員會審定書

呂威寰 先生之碩士學位論文

軟體工程領域國際科學合作趨勢之研究

A Study of Trend of International Collaboration in Software Engineering Area

經本委員會審議合格，特此證明。

論文口試委員

黃元鶴 (召集人)

黃元鶴

林頌堅

林頌堅

指導老師

張郁蔚

張郁蔚

系主任

陳舜德

陳舜德

中華民國 104 年 04 月



## 謝辭

這本論文的完成，也代表著碩士班生涯的結束，邁入人生的下個階段，遙想當初高中差一級分進入輔大圖資的遺憾，在碩士班得以完成。回顧整個論文撰寫過程，最感謝的還是指導教授張郁蔚老師，感謝老師即使到臺大後，百忙中仍細心指導我的論文直到畢業，不厭其煩的修正我論文中的錯誤以及語意文法問題，並且提供論文的相關文獻與方向供研究使用，使研究得以完成。另外，還要感謝黃元鶴老師以及林頌堅老師兩位老師百忙中審閱論文，並提供寶貴的意見與建議，使論文更加完整。還有感謝系上及學校提供優質的環境與資源，最後感謝家人的支持，讓我能無後顧之憂的完成論文。





## 中文摘要

本研究以 1994 年至 2013 年間，於軟體工程領域中受專家認定之核心期刊為研究對象，盼藉由資料庫中之作者資訊，瞭解軟體工程領域之國際合著趨勢。研究方法主要使用書目計量法、社會網絡分析與科學合作強度指標。透過期刊論文之整體概況、國際合著情形與機構合著情形，瞭解 20 年間之軟體工程期刊論文出版趨勢，並將國家間與機構間之合作情形整理為國家對與機構對，進一步探討軟體工程國際合著之主要國家對與機構對的合作緊密程度。

研究結果顯示，1994 年至 2013 年間，軟體工程期刊論文與合著期刊論文之出版皆呈現成長趨勢，而合著比例為 87.00%，亦呈現成長趨勢。多數年度中，期刊論文作者人數之中位數為 2 人，整體作者人數呈現成長趨勢，2005 年以前，作者人數之中位數以 2 人為主，然於 2005 年後，作者人數之中位數便轉為以 3 人為主。參與軟體工程期刊論文出版之國家數各年平均為 42.25 國，整體呈現成長趨勢，其中以美國為最主要產出國，佔所有期刊論文之 33.59%。

國際期刊論文方面，出版量呈現成長趨勢，而國際合著比例為 19.75%，亦呈現成長趨勢。單篇國際合著期刊論文之參與國家以 2 國合著為主，佔 86.11%。多數年度中，國際合著期刊論文作者人數之中位數為 3 人，整體而言高於國內合著期刊論文，此外，早期作者人數之中位數以 3 人為主，而後便轉為以 4 人為主。關於各國國際合著出版情形，美國為國際期刊論文出版之最主要國家，而丹麥則為國際合著比例最高之國家。美國與英國為軟體工程最主要之領導國，且西方國家為軟體工程期刊論文出版最核心之國家。各國間合作情形漸趨複雜，合作規模亦有擴大之趨勢。有關國家間之合作，係以美國與加拿大共同發表為最多，合作緊密程度則以澳洲與中國之合作為最高。

機構出版情形方面，The University of Maryland 出版之期刊論文最多，國際合著期刊論文出版與比例，則以 Fraunhofer Center for Experimental Software

Engineering 為最高，而 The University of Maryland 為最主要之領導機構。在機構間之合作情形上，以 Swinburne University of Technology 與 Computing Trends 及 Swinburne University of Technology 與 HeFei University of Technology 此兩組機構之合作最為緊密。

關鍵字：科學合作、國際合著、書目計量、社會網絡分析、軟體工程





## Abstract

This study used bibliometric and social network analyses to explore the trend of international collaboration based on journal articles on software engineering between 1994 and 2013. Results show that an increasing trend was observed in annual number of co-authored articles. The median numbers of authors were usually 2 before 2005, while they turned to be 3 afterward. An increase in trend in the number of countries publishing software engineering co-authored articles was also identified. The United States published the largest number of articles and Denmark owned the largest share of articles resulted from international collaboration. Approximately 86.11% of international co-authored articles were produced by authors from two countries.

Western countries played key roles in publishing international journal articles. International collaboration has become a common type of research collaboration. Especially, the United States and the United Kingdom were leading countries which frequently collaborated with other countries. With regard to the frequently of collaboration between two countries, the United States and Canada co-published the largest number of articles. China and Australia have the highest value of scientific collaboration strength. Regarding institutional collaboration, Fraunhofer Center for Experimental Software Engineering published the largest number and international coauthored articles. In addition, the Swinburne University of Technology and the HeFei University of Technology have the highest value of scientific collaboration strength.

Keywords: Scientific Collaboration; International Collaboration; Bibliometrics; Social Network Analysis; Software Engineering



# 目次

中文摘要 .....	i
英文摘要 .....	iii
目次 .....	v
表目次 .....	vii
圖目次 .....	viii
<b>第一章 緒論</b> .....	<b>1</b>
第一節 研究背景與動機 .....	1
第二節 研究目的與研究問題 .....	4
第三節 研究範圍與限制 .....	5
<b>第二章 文獻探討</b> .....	<b>7</b>
第一節 科學合作之定義與類型 .....	7
第二節 合著文獻與科學合作產出 .....	11
第三節 科學合作指標 .....	16
第四節 科學合作與社會網絡分析 .....	19
<b>第三章 研究方法與設計</b> .....	<b>25</b>
第一節 研究方法 .....	25
第二節 研究工具 .....	26
第三節 研究對象 .....	28
第四節 資料處理與分析 .....	30
第五節 研究步驟 .....	33
<b>第四章 研究結果</b> .....	<b>35</b>
第一節 軟體工程論文之整體概況 .....	35
第二節 軟體工程國際合著論文之整體概況 .....	46
第三節 軟體工程國際合作領導國家 .....	58

第四節 軟體工程國際合著國家間合作情形 .....	73
第五節 軟體工程國際合著之領導機構及機構間的合作情形 .....	84
<b>第五章 結論與建議.....</b>	<b>97</b>
第一節 結論 .....	97
第二節 建議 .....	104
第三節 進一步研究之建議 .....	106
<b>參考書目 .....</b>	<b>108</b>



## 表目次

表 2-1 自然科學與社會科學及人文科學領域學科合著率.....	13
表 2-2 各學科國際合著成長率.....	14
表 2-3 已開發國家與開發中國家國際合著率.....	16
表 3-1 研究期刊清單.....	29
表 4-1 作者人數分佈表.....	39
表 4-2 各國家期刊論文出版數量分佈.....	43
表 4-3 國際合著作者人數分佈表.....	52
表 4-4 各國國際合著論文產量.....	55
表 4-5 1994-2013 年前 30 大程度中心性國家之中心性.....	59
表 4-6 1994-1998 年國際合著出版國家之中心性.....	60
表 4-7 1999-2003 年國際合著出版國家之中心性.....	61
表 4-8 2004-2008 年國際合著出版國家之中心性.....	63
表 4-9 2009-2013 年國際合著出版國家之中心性.....	66
表 4-10 每年出版量前 21 大國家對.....	74
表 4-11 前 10 大高產量國家國際合作強度 (Salton Index 與 Jaccard Index) .....	78
表 4-12 前 10 大高產量國家國際合作強度排名 (Salton Index) .....	79
表 4-13 前 10 大高產量國家國際合作強度排名 (Jaccard Index) .....	80
表 4-14 1994-2013 年前 30 名國際合著論文出版之機構.....	85
表 4-15 前 30 大國際合著論文出版機構之中心性數值.....	91
表 4-16 前 13 大機構對國際合著強度.....	94
表 5-1 本研究結果與 2010 年 SCI 資料庫之國際合著比例比較.....	101

## 圖目次

圖 4-1 1994-2013 年之每年期刊論文數量及合著論文數量.....	36
圖 4-2 1994-2013 年之每年合著論文比例.....	37
圖 4-3 1994-2013 年之每年作者人數之中位數.....	38
圖 4-4 1994-2013 年之每年不同作者數之期刊論文數量分佈.....	40
圖 4-5 1994-2013 年之作者單篇文章作者人數分佈百分比.....	41
圖 4-6 每年參與出版之國家數目 .....	42
圖 4-7 前 10 大期刊論文產出國之每年出版數量.....	45
圖 4-8 1994-2013 年之每年前 10 大論文產出國論文所占百分比.....	46
圖 4-9 1994-2013 年之每年的國際合著期刊論文數量.....	47
圖 4-10 每年之國內合著比例與國際合著比例及單一作者比例.....	48
圖 4-11 國際合著期刊論文占合著期刊論文之比例.....	49
圖 4-12 1994-2013 年單篇國際合著期刊論文之參與國家數量分佈.....	50
圖 4-13 1994-2013 年國際合著期刊論文與國內合著期刊論文作者數之中位數.....	51
圖 4-14 1994-2013 年之每年不同作者數之國際期刊論文數量分佈.....	53
圖 4-15 每年之不同作者數之國際合著期刊論文比例變化情形.....	54
圖 4-16 1994-2013 年國際合著論文產出的前 10 大國家之國際合著論文數量.....	57
圖 4-17 1994-2013 年世界國際合著網絡圖.....	69
圖 4-18 1994-2013 年前 20 大國際合著國家網絡圖.....	70
圖 4-19 1994-1998 年國際合著國家網絡圖.....	71
圖 4-20 1999-2003 年國際合著國家網絡圖.....	72
圖 4-21 2004-2008 年國際合著國家網絡圖.....	72
圖 4-22 2009-2013 年國際合著國家網絡圖.....	73
圖 4-23 一至五大國家對各年出版數量.....	75

圖 4-24 六至十大國家對各年出版數量.....	76
圖 4-25 十一至十五大國家對各年出版數量.....	76
圖 4-26 十六至二十一國家對各年出版數量.....	77
圖 4-27 每年之前 10 大國際合著國家對國際合作強度 (Salton Index) .....	82
圖 4-28 每年之前 10 大國際合著國家對國際合作強度 (Jaccard Index) .....	83
圖 4-29 國際合著前五大機構機構國際合著出版量.....	87
圖 4-30 國際合著出版量前 6 至 10 大機構國際合著出版量.....	88
圖 4-31 國際合著前五大機構機構國際合著比例.....	89
圖 4-32 國際合著前 6 至 10 大機構國際合著比例.....	89
圖 4-33 前 30 大國際合著出版機構網絡圖.....	90







# 第一章 緒論

## 第一節 研究背景與動機

科學合作 (scientific collaboration) 是指研究者基於共同的研究目的進行合作，並充分交流本身所擁有的資源或能力 (傅雅秀, 2002; Jassawalla & Sashittal, 1998; Katz & Martin, 1997)。在電腦及網路未發達前，受到地理因素限制，科學合作往往只能透過面對面或書信方式進行交流，導致科學合作頻率與研究人員之間的地理距離長度呈現反比關係 (Katz, 1994)。隨後，科技的進步便捷了交通及通訊方式，使研究人員得以透過網際網路交流與溝通，打破過去時空的限制 (Luukkonen, Persson & Siverten, 1992)。

科學知識之快速發展，促使學科之劃分更加精細，然為解決更為複雜之研究問題，需要不同領域學者貢獻專業知識，促使研究者間合作更為頻繁。科學合作具備之許多優點，包括提高研究效率、節省總體研究投入時間、促使研究者相互學習新技術、讓研究產出更容易被接受及出版、解決經費問題、提升研究成果品質等 (謝彩霞, 2010; Beaver, 2001; Glanzel, 2002)，促使科學合作更為普遍，並呈現成長趨勢 (謝彩霞, 2010; Glanzel, Schubert & Czerwon, 1999; Melin & Persson, 1996; Price, 1963; Rosen & Beaver, 1978)。

科學合作產出可能有會議論文、專利、期刊論文、簡訊資料、研究報告等不同資訊類型，或可能最終無任何研究結果產生 (蔡明月, 2003; 蘇郁仁, 2007; Melin & Persson, 1996)。然多種科學合作產出中，期刊論文是主要之研究產出，且因資料庫主要是收錄期刊論文，研究者可方便取得期刊論文之書目資料，透過研究期刊論文的作者數量過濾出合著期刊論文，做為科學合作研究之資料依據，因此合著期刊論文成為探討科學合作研究主要資料來源 (Katz & Martin, 1997; Laudel, 2002; Melin & Persson, 1996)。

合著論文最早起源於 1665 年，初期成長相當緩慢，到了十八世紀開始快速成長。合著論文在不同領域的普及度並不同，其主要盛行在自然科學領域，根據不同領域的合著相關研究指出，不僅只有合著率的提升，合著論文作者數量也呈現成長趨勢（傅雅秀，2002；Beaver, 2001；Melin & Persson, 1996）。關於合著的研究相當多樣，一般是採量化之方式進行研究，其主要依據文章中所提供之作者資訊，據以判斷合著之類型，主要分類為作者之間的社會關係（如師生、同事、主管與助理）、服務機構（如機構同單位、同機構不同單位、跨機構）、地理位置（國內合作、國際合作）、學科（同學科、跨學科）等（王崇德，1999；張郁蔚，2011；Pravdic & Vesna, 1986；Subramanyam, 1983）。另為了更精確呈現合作者之間的合作強度，有些研究採用量化指標來測量科學合作程度，以辨別其合作程度之高低。

隨著科學由單人為主的小科學，轉變為多人合作研究的大科學，使各學科研究之範圍變得更大更廣，學科之界線更趨模糊，國家彼此交流變得更頻繁，形成國際合作（Leclerc & Gagné, 1994）。國際合作因為地理位置、文化、語言等限制，使國際合著期刊論文數量低於國內合著期刊論文。Frame 與 Carpenter(1979) 發現基礎科學（如：物理、化學、數學）的合作率高於應用科學（如：電機、生物學），合作程度會與國家發展程度成反比趨勢，並會因文化及政治因素，造成國際合作的程度有所差異。一般而言，合作者會傾向與母語或英語系國家為合作對象，以提高文章能見度。部分研究結果支持國際合著文章之被引用次數高於單一作者文章之引用次數（Katz, 1994；Narin & Whitlow, 1990）。另國家之間的合作頻率與地理位置呈現反比關係，但隨著通訊及交通方式的改變，參與國際合著期刊論文的國家數量呈現增加的趨勢（林利真，2007；Katz, 1994）。

處於科技快速發展的時代，電腦、智慧型手機等資訊產品已經脫離不了現代生活，而這些資訊產品之使用需伴隨軟體。網路的發展也使傳統的硬體業利潤愈來愈低，電腦產業的獲利已逐漸轉為軟體服務與網路。1993 年全球軟體產值已

經超過硬體，且持續提升（資策會，1999），而臺灣在 2003 年至 2012 年間，軟體產值由 1325 億元增加至 2813 億元成長幅度約 1.12 倍（經濟部，2014）。另根據 MoneyTree（2014）研究報告指出，2012 年美國在軟體業的創投金額高達十八億六千五百萬美元，遠高於半導體及電腦產業總合之投資金額，顯示軟體業發展快速。同時，軟體業重視創新與研發，業者為了追求更高利潤，努力擴展海外市場，朝國際發展，因軟體業對全球經濟之重要性，以及創新的本質與理論與應用之關聯性，促使軟體領域快速發展且合作方式更趨多樣，如：在地化服務、軟體外包等。基於軟體業的國際化發展，相關知識與合作行為之需求增加，本研究選擇軟體工程領域為研究對象，瞭解該領域之國際科學合作趨勢。

有關電腦科學領域之科學合作研究，大多著重於特定國家，或是僅針對電腦科學領域之合著及引用情形進行探討。如林利真（2007）研究 1986-2005 年間 Science Citation Index Expanded (SCIE) 所收錄之臺灣電腦科學領域之期刊論文，發現臺灣國際合著率為 10.87%，在國際合著上與美國最頻繁，並發現國內合作會與地理位置有密切關聯。He 與 Guan（2008）研究 SCIE 資料庫中 1997-2005 年發表在 *Lecture Notes in Computer Science* (LNCS) 的中國電腦科學領域合著期刊論文，發現中國在電腦科學領域約有 16% 文章為國際合著期刊論文，主要集中在會議論文及較低品質的期刊，且中國研究者常與國內研究者進行合作。

Gupta, Kshitij 與 Verma（2011）研究 Scopus 資料庫中 1999-2008 年間印度與其他國家電腦科學合著研究產出，發現印度與美國合作最頻繁，其次是與英國及加拿大。另鄭翔（2013）研究 SCI 資料庫中電腦科學領域的產學合著，研究發現產學合著率在 2002-2011 年間約 20% 上下，呈現穩定趨勢，其中產學合著的國際合著率由 2002-2007 年間的 5 至 7%，於 2008-2011 年間為 7 至 9%，表示有朝向國際化發展之趨勢。基於電腦科學領域其子領域廣泛，前人對電腦科學領域合著文獻之研究大多涵蓋整個電腦科學領域，未針對電腦科學子領域進行研究，或國際合作研究上僅針對單一國家作者之出版文章進行研究。因此，本研究與上述研究

不同在於，將電腦科學領域更細分至軟體工程子領域，且不僅針對單一國家，深入探討軟體工程領域國際合著主要產出國家之科學合作發展情形。

本研究主要使用書目計量法及社會網絡分析為研究方法，並以 SCIE 資料庫及 Scopus 資料庫中屬於電腦科學之軟體工程子領域國際合著文章為研究對象，瞭解軟體工程領域的國際合作現象。擬分別就軟體工程領域國際合著論文的整體概況、國家層次、作者數量、機構層次進行分析，並同時針對高產量國際合作之國家與機構，進行較深入之分析探討，輔以國際合著指標瞭解其國際合作強度趨勢，以瞭解軟體工程領域國際合著情形。

## 第二節 研究目的與研究問題

本研究主要利用合著文章，並以國家層次分析軟體工程領域 20 年期間(1994 年至 2013) 年的國際科學合作特性與趨勢，具體的研究目的與研究問題如下：

### 一、瞭解軟體工程期刊論文之整體概況

- (一) 分析軟體工程期刊論文之各年數量及其數量變化趨勢。
- (二) 分析軟體工程合著期刊論文之各年數量及其數量變化趨勢。
- (三) 瞭解作者數量分佈情形及確認作者數量之變化趨勢。
- (四) 確認多少國家參與出版軟體工程期刊論文，以及每年之主要出版國家期刊論文是否呈現成長趨勢？

### 二、瞭解軟體工程國際合著論文之整體概況

- (一) 分析軟體工程國際合著論文之各年數量及其數量變化趨勢。
- (二) 瞭解軟體工程期刊論文國際合著比例是否呈現成長趨勢？
- (三) 瞭解作者數量分佈情形及作者數量之變化趨勢。
- (四) 掌握軟體工程國際合著國家之數量分佈情形及每年之變化趨勢。

(五) 確認多少國家參與出版軟體工程國際合著期刊論文，以及每年之主要之出版國家國際合著期刊論文是否呈現成長趨勢？

### 三、辨識參與軟體工程國際合作之主要國家

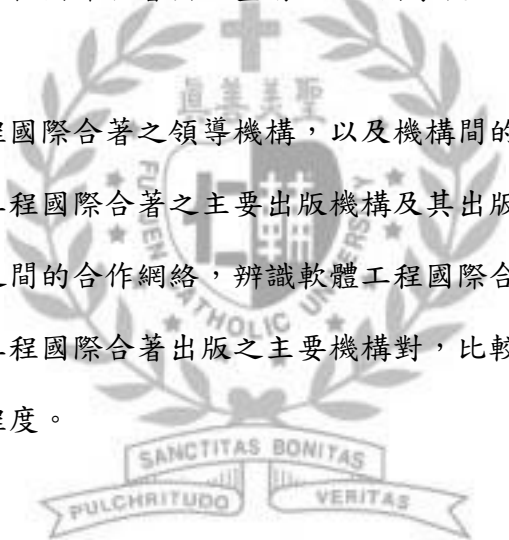
- (一) 瞭解國家之間的合作網絡，辨識軟體工程國際合作之主要國家。
- (二) 比較四個連續五年時期之參與國際合作國家之變化情形。

### 四、辨識高產量國家對的合作情形

- (一) 辨識軟體工程國際合著出版量前 20 大國家對之的期刊論文產量，以及其數量之變化趨勢。
- (二) 比較軟體工程國際合著出版量前 10 大國家彼此之間之合作之緊密程度。

### 五、瞭解參與軟體工程國際合著之領導機構，以及機構間的合作情形

- (一) 辨識軟體工程國際合著之主要出版機構及其出版量變化趨勢。
- (二) 瞭解機構之間的合作網絡，辨識軟體工程國際合作之領導機構。
- (三) 辨識軟體工程國際合著出版之主要機構對，比較主要機構對之國際合作緊密程度。



## 第三節 研究範圍與限制

- 一、本研究使用 WOS 資料庫與 Scopus 資料庫之電腦科學軟體工程領域之期刊論文為研究樣本，未收錄在資料庫中之文章不列入研究範圍。
- 二、礙於資料庫早期資料不夠完備及部分資料有遺漏，本研究蒐集及分析最近 20 年（1994 年至 2013 年止）出版之軟體工程領域期刊論文。

## 第四節 名詞解釋

### 一、科學合作

科學合作是指二位以上之研究者，基於共同的目的進行合作，並將自身所擁有的知識、研究設備、擁有之資源，予以交流合作，用以解決共同研究問題（Jassawalla & Sashittal, 1998; Katz & Martin, 1997）。

### 二、合著期刊論文

合著期刊論文是指單篇期刊論文中，有二位以上之作者，則此篇期刊論文稱為合著期刊論文（張郁蔚，2009）。

### 三、平均作者數

平均作者數是指特定範圍的期刊論文中，所有參與著作的作者數總和除上全部期刊論文篇數的比值（Lawani,1986）。

### 四、國際合著期刊論文

國際合著期刊論文是指單篇期刊論文中，至少有一位作者來自不同之國家，稱為國際合著期刊論文。

### 五、社會網絡分析

社會網絡分析是用以研究社會結構、組織系統、人際關係、團體互動的概念與方法，其主要將人際行為與人際關係量化後，並使用圖形理論，以點、線等方式，呈現出互動的方向性及接觸的距離等，並可衍生出國家或是組織間的關係（張存剛、李明、陳德梅，2004；Scott, 2000）。

### 六、科學合作強度指標

科學合作強度指標基本上依據合作雙方之出版量，使用特定之數學公式用以判斷合作對象合作之緊密之程度（Luukkonen, 1993）。

## 第二章 文獻探討

本研究主要探討電腦科學軟體工程子領域之國際合著情形，為因應研究所須之背景知識，本章將整理相關文獻，做為研究基礎。以下將分別科學合作定義與類型、合著文獻與科學合作產出、科學合作指標、科學合作與社會網絡分析進行探討。

### 第一節 科學合作之定義與類型

#### 一、科學合作定義

科學發展是歷史不斷的累積，隨著科學的發展，科學研究的規模不斷擴大，使科學變得複雜，且更為專業化。學科數量及文獻量的快速增加，使人類知識成長並快速累積，研究規模逐漸擴大，也造成許多研究無法像過去僅靠個人之力完成。因此，早期以個人研究為主的小科學（Little Science），逐漸轉為多人合作研究的大科學（Big Science）。Melin（1996）指出科學合作為，研究者有效的溝通及分享彼此的能力與資源。科學合作係指，研究者基於共同目的，共同解決研究上的問題（Jassawalla & Sashittal, 1998; Katz & Martin, 1997）、或為了產生新的知識，所進行的科學活動（謝彩霞，2010）。

#### 二、科學合作動機

促使科學家們進行科學合作之因素相當多樣，情形也各不相同。依據相關文獻，本研究歸納出以下主要因素（Beaver, 2001; Lee & Bozeman, 2005; Katz & Martin, 1997）。

##### （一）資源因素

科學的發展有愈來愈龐大且複雜之趨勢，特別是有些自然科學領域的研究須仰賴高價位的設備或特定資源，在非所有研究者皆能購買所須設備之情形下，可透過合作大型研究計畫，爭取研究經費購買設備，或使用合作機構之設備，如

太空相關研究需使用 National Aeronautics and Space Administration (NASA) 相關儀器；或是提供本身機構之資源優勢，互相支援，如須要不同國家的海洋資源進行海域研究。

## (二) 專業技能

為解決複雜的研究問題，許多跨學科研究需要仰賴各學科之專家進行合作，獲得該學科的隱性知識以利完成研究，如醫療研究需要特定疾病的相關知識，但並不是每位研究者都有相關醫療經驗。

## (三) 提高學術影響力

資淺研究者可透過與該領域較權威之研究者進行合作，使研究成果更容易發表與傳播，如研究者與諾貝爾獎得獎者合作，可透過得獎者之名氣，使研究成果發表更為容易，並在研究成果發表後，透過得獎者之影響力，提升合作者名氣與該領域的權威度。

## (四) 加速研究產出及品質

研究者透過合作提高研究效率，進而縮短研究成果產出時間，同時研究者在合作過程中彼此檢視研究內容，降低研究結果的錯誤。

## (五) 心理層面

研究者可透過合作滿足研究興趣，在研究過程中與研究夥伴彼此激勵，減少獨自研究的孤獨感。

## 三、科學合作類型

科學合作的類型多元，其可透過合作者之間的社會關係、服務機構及其地理位置，以及合作者的學科背景異同進行劃分(王崇德, 1999; 張郁蔚, 2011; Pravidic & Vesna, 1986; Subramanyam, 1983)。

### (一) 社會關係

#### 1、師生合作

師生合作在學術領域相當普遍，通常教授提供研究想法及指導學生，學



生負責大部分實際操作。因此，研究結果之發表通常都將指導教授與學生一起並列為作者。

## 2、同事合作

同事合作在研究機構較普遍，原因是同機構之不同成員可能共同負責一個或多個案子，並貢獻其專業知識，特別是跨領域研究須要不同領域的研究者共同參與。

## 3、主管與助理合作

科學界存在著一種階級結構，當研究需要大量使用實驗室設施或是特殊的專業設備，主要之研究者會需要技術人員或研究助理的協助，進而產生主管與助理的合作。

## 4、研究者與顧問合作

大型研究中，單一研究者或研究團隊為了確保研究品質，可能會透過顧問或顧問公司的協助完成資料分析或是資料蒐集等任務，使研究更容易進行。

### (二) 服務機構及其地理位置

依據合作者之服務機構是否位於同一國家可將科學合作分為國內合作及國際合作二大類，其中國內合作，又依機構異同區可分成同機構合作及跨機構合作二類；同理可再依同機構之單位異同區分為同機構同單位合作及同機構不同單位合作二類。跨機構合作為研究者來自二種以上不同之機構，研究者可能是基於研究興趣而共同研究，也可能是轉任至新機構前與先前同事共同完成研究。跨機構的合作也可能是較複雜或社群的研究計畫，或是研究人員因需要使用昂貴儀器或組織的專業服務，而與其他機構合作。

另國際合作所指的是合作者中一位或一位以上來自不同國家。一般而言，國際合作比例會低於國內合作主要因素如下：

#### 1、資源因素

已開發國家擁有較多之研究資源，如與開發中國家或未開發國家合作時，所能獲取之知識與技術較少，所以吸引力較低（Cohen & Levinthal, 1990）。

## 2、缺乏知識產權保護

部分國家在知識產權上保護不像已開發國家之完整，研究者合作時，會擔憂其研究成果遭竊取，使研究者在合作時會有所顧慮（Cohen & Levinthal, 1990）。

## 3、政治與文化差異

Zitt、Bassecoulard 與 Okubo（2000）指出研究者進行合作時，會優先考慮合作對象國家之文化與歷史的相近性，此層面會比地理位置更為注重。

## 4、語言因素

合作者會考量彼此間語言，造成使用相同語言的國家合作的機率較高（Frame & Carpenter, 1979）。

## 5、地理因素

地理位置接近有助於研究者彼此間的交流，因此能有效提高合作的機率。根據 Katz（1994）研究發現，地理距離的增加與合著頻率呈現反比關係。Wang、Wu、Pan、Ma 與 Rousseau（2005）以中國各省分合著論文進行分析，也發現距離的遠近，會對合作造成影響。

### （三）合作者學科背景

依據合作者之學科背景異同可將科學合作分為，相同學科合作及跨學科合作二類。其中同學科合作是指研究者中皆為一個學科之研究活動或組織型態，跨學科則是指合作中研究者中涉及一個學科以上的研究活動或組織型態，如研究成員包含一個以上之學科背景（張郁蔚，2009）。

## 第二節 合著文獻與科學合作產出

### 一、合著文章與科學合作

科學合作之研究產出相當多元，其可能包括期刊論文之出版、專利、會議文獻、簡訊資料、研究報告等，或可能最終無任何研究結果產生。因研究產出不一及合作對象之複雜性，研究者無法自行確認出所有合作者之間的社會關係如師生或同事合作等，以及無法辨識合作者於研究中的貢獻度，加上難以掌握其他可能之科學合作結果，據以呈現完整的科學合作資訊，導致科學合作的研究大多使用較客觀的資料進行研究分析。而科學合作之各種研究產出中，最具體及重要的研究產出為期刊論文，當一篇文章有兩位以上之作者即為合著文章。合著文章因研究者有共同發表之行為，當中包含合作之意義，使得合著的觀點被廣泛運用在研究科學合作相關議題（張郁蔚，2009；張郁蔚，2011；Glanzel & Schubert, 2004；Laudel, 2002；Rosen & Beaver, 1978）。目前科學合作之研究主要是依據被資料庫收錄之期刊論文資料，透過該資訊用以研究分析。

### 二、合著論文之學科特性與成長

最早的科學合作文章出版於 1665 年，但合著文章數量於 18 世紀中才開始急速增加（Rosen & Beaver, 1978）。1963 年 Price 注意到合著議題，其發現在 1910 到 1960 的文獻中，1910 年之合著論文只有 20%，但到了 1960 年已增加至 60% 以上（Price, 1963）。

合著在學術界中已是常見之研究現象，但各領域之普遍程度卻不盡相同。根據 Larivière、Gingras 與 Archambault（2006）分析 ISI（Institute for Scientific Information）資料庫收錄之 1980-2002 年加拿大作者之論文，指出自然科學領域合著率約為 80-90%、社會科學領域約為 30-60%、人文科學領域約 10%，從該研究中可得知不同領域的合著率並不一致。另單就自然科學領域研究方面，Glanzel 與 Czerwon（1996）在 1992 年的 SCI（Science Citation Index）資料庫中隨機抽

取 4534 篇研究論文進行分析，發現大約有 90% 的文章是透過合著完成；胡小元及侯鈺（1997）研究 1994 年自然科學領域期刊 *Proceedings of The National Academy of Science of The United States America* 的 2479 篇論文中，發現合著文章比例占 97%；馮茜及陳強（1999）研究 1996 年自然科學領域 *Nature* 期刊發現約有 96.31% 的文章為合著文章。

在社會科學與人文科學領域方面，崔旺來（1999）研究 1994 年至 1998 年間 *中國社會科學期刊*，發現合著率為 15.93%；Moody（2004）研究 1963 年到 1999 年間 *Sociological Abstracts* 資料庫所收錄之文章，研究結果發現社會科學領域的合著率為 33.2%；尤千儀（2009）以臺灣社會科學引文資料庫（TSSCI），發現在 1988 年合著文章只占 13%，到了 2007 年合著文章成長至 44%；張荷（2012）研究 2000 年到 2009 年 *Web of Science*（WOS）資料庫收錄之中國作者於社會科學領域發表之文章發現，中國作者在社會科學領域合著率約為 75.58%。由上述研究中可發現，自然科學領域合著率最高，而社會及人文科學領域合著率低於自然科學領域。

如進一步觀察自然科學領域學科之合著研究，亦可發現各學科的合著情形各不相同。Abt（2007）在研究單一作者未來趨勢文章中，研究中顯示 2005 年天文學領域合著率為 90.00%、物理學領域合著率為 80.00%、化學領域合著率為 95.00%、生物學領域合著率為 80.00%。Gupta（1993）研究 *Geophysics* 與 *Grophysical Prospecting* 二本期刊發現 1985 年地球物理學領域合著率 57.60%。Norris（1993）分析加拿大護理期刊 *Canadian Journal of Nursing Research*（CJNR）合著研究中發現，1977-1981 年間合著率為 66.33%。Farahat（2002）研究埃及的農業合著現象中發現在 1960 年合著率為 68.75%、1970 年合著為 86.96%、1980 年為 89.47%、1990 年為 72.74%。

社會科學及人文科學領域之學科之合著研究上，尤千儀（2009）研究 TSSCI 所收錄之經濟學文章合著率約 40%。吳冠儀（2003）研究臺灣與中國圖書資訊學

核心期刊發現臺灣合著率為 15.11%、中國為 17.64%。Gu (2004) 研究 WOS 中所收錄的知識管理論文發現合著率為 70.00%。Larivière、Gingras 與 Archambault (2006) 研究 1998-2002 年間收錄在 WOS 資料庫中加拿大學者論文發現各學科合著率分別為教育 46.80%、法律 28.20%、歷史 12.60%、文學 3.80%。本研究將上述資料整理製表 2-1，顯示學科的性質會影響合著的情形，即使同屬一大領域之學科，各學科之合著比率仍有差異。

表 2-1 自然科學與社會科學及人文科學領域學科合著率

自然科學領域學科	合著率	社會科學與人文科學領域學科	合著率
天文學 (Abt,2007)	90.00%	經濟學 (尤千儀, 2009)	40.00%
物理學 (Abt,2007)	70.00%	知識管理 (Gu, 2004)	70.00%
化學 (Abt,2007)	95.00%	教育 (Larivière et al.,2006)	46.80%
生物學 (Abt,2007)	80.00%	法律 (Larivière et al.,2006)	28.20%
地球物理學 (Gupta, 1993)	57.60%	歷史 (Larivière et al.,2006)	12.60%
農業 (Farahat, 2002)	1960 : 68.75%	文學 (Larivière et al.,2006)	3.80%
	1970 : 86.96%	圖書資訊學 (吳冠儀, 2003)	臺灣 : 15.11%
	1980 : 89.47%		中國 : 17.64%
	1990 : 72.74%	護理學 (Norris, 1993)	66.33%

註：本學科分類採用 JCR 資料庫之學科分類

### 三、國際合著之應用研究

國際合作起源於 19 世紀前，到了 1970~1980 年代才開始快速發展 (Luukkonen, Tijssen, Persson & Sivertsen, 1993)，國際合著的成長情形也因各領域特性之不同有所差異。如郭繼軍、崔雷、張晗、韓大勇與陳薑 (2000) 研究發現，1991 年至 1998 年時中國在 SCI 各學科的國際合著文章成長量為:物理 2.47

倍、醫學 1.14 倍、化學 1.44 倍、工程技術 0.91 倍、生命科學 1.60 倍、材料科學 1.58 倍、天文學 1.63 倍、環境衛生 0.77 倍、數學 1.20 倍、地球科學 0.67 倍、光學 1.38 倍、計算機 1.93 倍。Luukkonen、Persson 與 Sivertsen (1992) 分析 1981-1986 年間 SCI 及 SSCI 資料庫中的國際合著文章，並以 Frame 與 Carpenter (1979) 之研究國家為基礎檢索 1973 年及 1983 年此二年進行比較，以及韓秀蘭和楊寧莉 (1999) 探討 1983-1994 年中國科學期刊中論文進行抽樣 (如表 2-2)，顯示因為學科的差異性，造成在各學科之國際合著率不同，但就整體趨勢來看，各學科論文的國際合著率皆是逐漸增加趨勢。

表 2-2 各學科國際合著成長率

研究者	Luukkonen et al. (1993)		韓秀蘭及楊寧莉 (1999)	
資料來源	SCI 資料庫		中國科學期刊	
資料範圍	1973 與 1981-1986 年		1983-1994 年	
時間 學科	1973	1981-1986	1983-1989	1990-1994
物理學	4.39%	9.45%	6.40%	9.00%
地球科學	5.38%	11.80%	13.3%	11.60%
數學	5.47%	10.78%	4.90%	8.30%
生物醫學	3.51%	6.93%		
生物	3.01%	5.84%		
化學	2.42%	5.37%	4.00%	8.40%
生化工程 與科技	2.04%	5.16%		
臨床醫學	2.47%	4.77%		
生命科學			9.20%	11.40%
天文學			23.9%	18.60%
技術科學			12.4%	4%

資料來源：Luukkonen, T., Tijssen, R. J., Persson, O., & Sivertsen, G. (1993). The measurement of international scientific collaboration. *Scientometrics*, 28 (1), 15-36.; 韓秀蘭、楊寧莉 (1999)。中國自

然科學論文國際合著研究。《情報科學》17 (5)，543-544。

國際合著係探討不同國家的科學合作，部分研究以單一國家為研究對象，探討該國在特定主題的主要合作對象。如 Russell (1995) 研究 SCI 資料庫中 1980-1990 年間收錄之墨西哥自然科學領域國際合作現象發現，與墨西哥合作的主要國家為美國與加拿大，且與各國間的國際合著都是呈現逐漸增加的趨勢。Basu 與 Kumar (2000) 研究 1990-1994 年間 SCI 資料庫所收錄之印度自然科學領域國際合作現象中發現，印度與美國國際合著比例最高，其次為德國、英國、加拿大、日本、法國。劉姪 (2010) 研究 SCIE 資料庫中 2004-2008 年間韓國國際合著文章，發現與韓國合著最頻繁的國家前三國依序為美國、日本、中國。Yang 與 Lee (2012) 研究 2001-2010 年韓國圖書資訊學領域的國際合著文章，發現韓國研究人員主要與美國、英國、法國、德國之研究人員進行合作。另外，也有研究是針對特定國家組合進行研究，譚曉、張志強與韓濤 (2013) 研究 2000 至 2010 年 SCI 資料庫國際合著文章，將國家分為傳統科技強國 (美國、英國、法國、日本、德國)、新興國家陣容 (巴西、俄羅斯、中國、南非、印度)，如表 2-3 所示，傳統科技強國國際合著現象皆呈現成長趨勢，新興國家較不穩定，歐洲各國彼此間的合作非常頻繁。Gupta、Kshitij 與 Verma (2011) 研究 1999-2008 年 Scopus 資料庫中收錄之印度電腦科學領域國際合著文章，發現印度之國際合著文章量呈現成長趨勢，與印度國際合著最頻繁的前三國國家為美國、英國、加拿大。上述研究結果與 Frame 與 Carpenter (1979) 之研究結果相符，其從 SCI 資料庫 1983 年出版的文章選取 9 種領域進行國家分析，發現合作情形會與國家發展程度有所關連，擁有資源較少的國家的研究者積極與資源較多之國家進行合作，科學水平較高的國家，因可運用該國所擁有之豐富資源，對國際合作採取較高的選擇權。

表 2-3 已開發國家與開發中國家國際合著率

發展程度	國家	國際合著率	
		2000 年	2010 年
已開發國家	美國	20.6%	30.3%
	英國	35.6%	51.8%
	德國	38.6%	48.3%
	法國	38.6%	50.9%
	日本	18.4%	25.2%
開發中國家	俄羅斯	31.4%	33.3%
	巴西	32.3%	27.1%
	印度	17.6%	30.3%
	南非	37.6%	53.3%
	中國	24.3%	24.1%

資料來源：譚曉、張志強、韓濤（2013）。基礎科學國際合作的測度與分析。圖書情報知識，2013（2），97-104。

### 第三節 科學合作指標

測量科學合作的指標相當多元，大多是針對作者、作者數量、作者的機構等。研究者會因應研究所須，將相關數據處理後帶入指標，作為判斷之依據。Luukkonen（1993）研究 1981-1986 年間 SCI 資料庫所收錄之期刊文章，以 Salton Index 及 Jaccard Index 測量國家之間的科學合作強度，Salton Index 結果顯示美國與日本合作強度最高數值為 0.206，其次為美國與紐西蘭 0.093。Jaccard Index 結果顯示合作強度最高二國為美國與日本 0.075，其次為美國與挪威 0.045，並在其研究成果中指出大國在科學合作上具有優勢。Lawani（1986）研究 1974-1975 年間 SCI 資料庫所收錄之癌症文章，為了測量研究品質使用 Collaborative Index，用以測量平均作者數，研究發現文章作者數量較多之文章，通常文章品質愈好。Leclerc 與 Gagni（1994）研究 1990 年 SCI 資料庫中收錄之國際合著文章提出 Affinity Index（AFI）及 Weighted Affinity Index（WAI）二個指標，用以觀察兩國科學合作對雙方之影響力，指標數值愈高代表雙方合作強度愈強。其研究結果



顯示 AFI 數值最高為美國與加拿大。WAI 數值最高是美國與日本及美國與加拿大，上述二種組合數值皆相同，研究結果中發現美國在全世界科學合作中位居主導地位。Zitt、Bassecoulard 與 Okubo (2000) 研究 1995-1997 年間及 1985-1987 年間二個時期之 SCI 資料庫，提出 Probabilistic Affinity Index 來比較英國、美國、法國、美國及日本之與他國之國際合作強度，發現法國與早期殖民之非洲國家合作強度最高、德國則是與匈牙利合作強度最高、英國與英語系國家合作強度最高、日本與亞洲國家合作強度最高、美國與太平洋沿岸國家合作強度最高，其研究結果發現歷史、文化、語言對合作情形會有所影響。Yamashita 與 Okubo (2006) 研究 1981-2004 年間 WOS 資料庫中法國與日本出版之國際合著文章，以 Salton Index 及 Jaccard Index，測量日本與法國之間的科學合作強度，研究發現日本與法國機構間的合作以日本大學與法國公家機構合作最為頻繁。研究並改進 Probabilistic Affinity Index，提出新指標 Probabilistic Partnership Index，並證明新指標之效用。郭永正、梁立明 (2009) 研究 1977-2004 年間 SCI 資料庫中收錄之中國與印度作者之期刊文章，透過 Salton Index 測量兩國國際合作強度，發現中國與印度合作分為三個階段，由 1989 年開始迅速成長，2000 年後增幅更為明顯，直至 2005 年後開始下降，並修正 Salton Index 後與 Salton Index 之測量結果比較，發現經修正之指標能使 Salton Index 呈現之趨勢效果更加明顯。

除了科學合作指標之應用外，亦有學者探討科學合作指標之異同。如 Ajiferuke 與 Tague (1988) 以圖書資訊學為研究對象，探討 Collaborative Index 及 Degree of Collaboration 的優缺點。指出 Collaborative Index 是測量合著程度之簡單指標，公式為  $\frac{\text{全部文獻之總作者數}}{\text{全部文獻數量}}$ ，缺點為單一作者文章也併入計算一篇文章之平均作者數量，但單一作者本身並無合作現象，且測量結果沒有上限，所以無法判斷合作之強度。Degree of Collaboration 係計算特定領域於特定時間之合著文章之比例，公式為  $\frac{\text{合著文章之數量}}{\text{所有文章數量}}$ ，其缺點為無法對作者數進行研究。Yamashita 與

Okubo (2006) 透過其研究結果證明 Salton Index 的值會大於 Jaccard Index，且兩個指數的趨勢是相當接近的。Leydesdorff (2007) 亦比較 Salton Index 及 Jaccard Index，將兩指標結果做為可視化模型後，說明 Jaccard Index 較 Salton Index 所具備之優點。

依據相關文獻，本研究整理出 5 種科學合作指標，前三種指標為因應本研究說明採測量二國間科學合作強度，另外兩種指標則是測量平均作者數及合著率，茲分別說明如以下：

### (一) Salton Index

Salton Index 是目前常被用來探討國際合作情況之指標。該指標可以測量二位作者、機構、國家之間的合作強度 (張翰文, 2010)，數值最高為 1，當數值愈高，代表雙邊合作之強度愈強，關係愈緊密。如用來測量國家二國之間合作強度其計算公式如下：

$$S_{ij} = \frac{n_{ij}}{(n_i * n_j)^{\frac{1}{2}}} = \frac{i \text{ 國與 } j \text{ 國合著之文章量}}{\sqrt{i \text{ 國所有文章量} * j \text{ 國所有文章量}}}$$

### (二) Jaccard Index

Jaccard Index 與 Salton Index 非常類似，也是目前被廣泛使用在測量國際科學合作程度的指標 (Ajiferuke & Tague, 1988)。如用來測量二國科學合作強度，其計算公式如下：

$$J_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_i + n_j - n_{ij}} = \frac{i \text{ 國與 } j \text{ 國合著之文章量}}{i \text{ 國所有文章量} + j \text{ 國所有文章量} - i \text{ 國與 } j \text{ 國合著之文章量}}$$

### (三) Probabilistic Affinity Index

Probabilistic Affinity Index (PAI) 之指數愈高代表國際科學合作強度愈高

(Zitt & Bassecouard,2000) 。如用以測量二國科學合作強度其計算公式如下:

$$PAI_{ij} = \frac{N_{ij} * N_{..}}{N_i * N_j} = \frac{i \text{ 國與 } j \text{ 國合著之文章量} * \text{所有國際合作之出版量}}{i \text{ 國所有文章量} * j \text{ 國所有文章量}}$$

#### (四) Collaborative Index

Collaborative Index (CI) 與前三種指標不同，係計算每篇文章之平均作者數量。計算公式如下:

$$CI = \frac{\sum_{j=1}^k j * f_j}{i} = \frac{\text{全部文獻之總作者數}}{\text{全部文獻數量}}$$

#### (五) Degree of Collaboration

Degree of Collaboration (DC) 計算在某段時間某個領域的合著文獻比例 (Subramanyam,1983) 。計算公式如下:

$$DC = \frac{n_i}{n_i + n_j} = \frac{\text{合著文章之數量}}{\text{所有文章數量}}$$

### 第四節 科學合作與社會網絡分析

社會網絡分析是用以研究社會結構、組織系統、人際關係、團體互動的概念與方法，其主要將人際行為與人際關係量化後，並使用圖形理論，以節點、線等方式，呈現出互動的方向性及接觸的距離等，並可衍生出國家或是組織間的關係。在社會網絡分析中，行動者也就是節點，節點為網絡中的基本元素，可以是個人、團體或國家；關係是兩個節點間的連結線，表示兩節點間有特殊的關係存在。根據研究的不同社會網絡分析可分為關係取向及位置取向。關係取向以網絡的中心性、密度、強度、直接或間接關係做為測量點，位置取向則是強調網絡中的位置

(張存剛、李明、陳德梅，2004；Scott, 2000)。

另社會網絡中以中心性來衡量行動者的影響力高低、行動者取得及控制資源的可能性，當中心性愈高時，代表其有較高之影響力。一般社會網絡中心性分為下列三種：

(一) 程度中心性 (Degree Centrality)：

程度中心性主要是用來衡量一個點與其他點連結之數量，程度中心性愈高者，表示其在網絡中和較多節點有連結，擁有較高中心性的點，在網絡中擁有的影響力也較高 (Freeman, 1979)。

(二) 中介中心性 (Betweenness Centrality)：

中介中心性是指兩個節點間穿越一個被給予點的最短路徑數量，一個網絡中點的互動必須透過某點的中間介紹，中介性指數較高的點，其引導資訊的機會也較多，代表該節點處於引導資訊的關鍵性位置 (Burt, 1992)。

(三) 接近中心性 (Closeness Centrality)：

接近中心性則能夠衡量出社會網路的全域中心性 (Globally Centrality)，並藉此判斷節點與其他節點的距離總和，與其他節點距離愈短，接近中心性愈高，表示該節點能較快速取得資訊。

基於社會網路之特性與功能，不少合著研究輔以社會網絡分析方式，透過視覺化，使研究結果更容易理解。林利真 (2007) 研究 1986 年至 2005 年間 SCIE 資料庫中電子電機領域期刊合著文獻時，利用社會網絡分析探討臺灣與其他國家之各機構的程度中心性、中介中心性、接近中心性，發現該領域美國程度中心性、中介中心性、接近中心性皆為第一。而國內機構中心性以臺灣大學程度中心性為最高，並發現地理位置相近的機構較容易產生合作關係。謝彩霞 (2008) 研究 SCI 資料庫中 1999-2004 年間奈米科技領域相關文獻，透過社會網絡分析方式發現參與奈米領域的 89 個國家中，美國的科學合作最為頻繁，與 55 個國家進行合作，且發現國際合作頻繁的國家，其文章產量也較高。張郁蔚 (2011) 研究 2009

年之前 WOS 資料庫中所收錄之資訊需求及資訊尋求期刊，發現高產量的作者通常是重要的中心作者。張冬玲（2012）研究 1975-2012 年 WOS 資料庫中收錄之中國作者之文章發現，美國為最中心且最大的節點，表示美國為全世界的科學發展中為核心之國家，而英國、德國、法國之中心性也較高，代表這些國家在科學上擁有主導之地位。而中國城市之程度中心性以北京最高，其次為上海；中介中心性也以北京為最高，其次為上海。在中國國內大學方面，程度中心性以北京大學為最高，其次為清華大學。中介中心性則是清華大學最高，其次為北京大學。研究結果並表示程度中心性及中介中心性會受到文章之數量以及研究之範圍受到影響。鄭翔（2013）研究 2002-2011 年 SCIE 資料庫中電腦科學領域產學合著文章，透過社會網絡分析方式，發現微軟與 IBM 為主要參與產學合著之企業，在產學合著中有相當之影響力。

## 第五節 電腦科學領域與軟體工程領域

### 一、電腦科學領域

隨著時代的及科技的快速發展，電腦的出現使人類的生活產生了改變。根據世界銀行在 2000 年的調查全世界個人電腦的普及率從 1990 年代到 2000 年成長接近 3 倍。同時根據我國行政院主計處調查，2002 年底我國家庭擁有個人電腦比例平均約為 57.6%，到了 2004 年底擁有之比例成長至 75%。電腦的快速普及與興起，也使人類的生活與電腦密不可分，進而誕生出生研究電腦的學科稱之為電腦科學（Computer Science）。雖然電腦科學中包含了電腦兩字，但實際上是系統性的研究訊息與計算的理論基礎以及它們在電腦系統中如何實作與應用的實用技術的學科（Wegner, 1976）。同時電腦科學主要包含 4 個主領域分別為計算理論、演算法與資料結構、編譯方法及程式語言、電腦元素與架構。Computing Sciences Accreditation Board（CSAB）還在細分出其他領域，如軟體工程，人工

智慧，電腦網路與通訊，資料庫系統，平行計算，分散式計算，人機互動，電腦圖形學，作業系統，以及數值和符號計算。

電腦科學領域雖然誕生時間不長，但在電腦的快速普及下，使電腦科學成為目前相當熱門之學科，許多研究者都對此學科發展相當有興趣，在論文出版上自1980年後，電腦科學領域論文成長變為迅速，同時合著者數量也逐漸增加（Solomon, 2009）。Franceschet（2011）研究1936-2008年間DBLP Computer Science Bibliography中資料指出，電腦科學領域中在1960-1990年間會議論文與期刊論文出版量大致相同，但在1990年後電腦科學領域會議論文增長相當快速，到了2008年會議論文數量為期刊論文的1.5倍，期刊論文合著文章佔70.3%，會議論文則是80.8%。會議論文數量之所以高於期刊文章，主因為電腦科學領域聲明優先權，一般作者為作者會先發表會議論文後，證明其原創性後，再將其完成，並將完成之文章投稿至期刊（He & Guan, 2008）。黃玫溱（2008）分析1997年到2007年ESI（Essential Science Indicators）與WOS資料庫所收錄之電腦科學領域文章，發現高被引論文合著率為88.83%，一般文章被引用率文章之合著率為76.91%，國際合著率為16.64%，並發現品質較高之文章，合著比例較高。鄭翔（2013）研究WOS資料庫中收錄之電腦科學領域產學合著論文，發現2002年至2011年間，電腦科學領域產學合著率為19.15%，代表電腦科學領域研究不僅僅在學術界，也與產業有密切之連結。綜合上述實證研究，可得知電腦科學領域的合作情形相當普遍。

電腦科學領域的國際合著研究上，Kumar與Garg（2005）研究The Collection of Computer Science Bibliographies資料庫中印度於電腦科學領域國際合著，發現電腦科學領域文章於1999-2003年間與2004-2008年間國際合著文章數量呈現大幅成長，而與印度國際合著最頻繁的前三國國家為美國、英國、加拿大。He與Guan（2008）分析Lecture Notes in Computer Science（LNCS）所收錄中國作者會議論文中，國際合著文章約佔16%，中國與美國合作最頻繁、佔了中國出版

之國際合著文章的 30%，其次新加坡、英國、加拿大、日本、澳洲、德國、法國、南韓、芬蘭、印度、法國、義大利、比利時、臺灣、希臘、紐西蘭、瑞典，中國國際合著的主要產出機構為大學，並且偏好與國內學者合作。Gupta、Kshitij 與 Verma（2011）研究 1999-2008 年間 Scopus 資料庫所收錄印度與其他國家電腦科學合著研究的產出，研究中發現印度在電腦科學領域的國際合著頻繁的前三國為美國、英國、加拿大，而這三國家以 1999 年至 2003 年做為區間的累積出版文章數，到了 2004 至 2008 年這區間時成長了 3 倍。

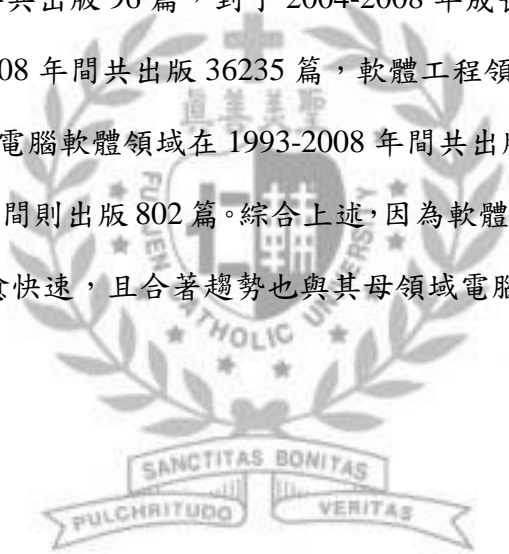
## 二、軟體工程領域

電腦的快速發展與硬體和軟體間的進步密不可分，隨著電腦硬體的成長逐漸趨緩，軟體卻開始蓬勃發展。1993 年全球軟體產值已經超過硬體，且持續提升（資策會，1999），而臺灣在 2003 年至 2012 年間，軟體產值由 1325 億元增加至 2813 億元成長幅度約 1.12 倍（經濟部，2014）。根據市場研究機構 Millward Brown 公佈之 2014 年全球最有價值百大品牌排名中前 1-4 名分別為 Google、Apple、IBM、微軟此四家公司皆有提供軟體服務並靠其獲利，由此顯示出軟體在國際市場中的重要性，並且在全球經濟中扮演相當重要之角色。

電腦科學領域是指電腦與軟體系統理論相關之學科，但不含軟體之生產相關問題。而軟體注重研發與創新，軟體本身是抽象且無形的，不像一般物質會受到物理層面之影響，因此軟體開發上需考量的也較不相同。因此，軟體開發本身的不確定性，是種高難度高風險的工作。根據 The Standish Group（1995）發表之研究報告，發現有 53% 的案子超出原先預算 1.89 倍，時程上也超出 2.21 倍，完成度卻只有 61%，因為軟體開發的困難，進而產生了軟體工程領域。軟體工程本身是一門與生產軟體相關之學科，其範圍包含相關廣泛從一開始的系統規格到最後的產品完成及維護都包含在內。軟體工程主要目標為生產優質之軟體、準時交付、符合預算及滿足客戶需求、系統化的應用工具和技术開發、透過系統化的分

析設計及維護、開發與管理及更新軟體產品有關的理論方法與工具。因此，軟體開發上軟體工程扮演著相當重要之角色，使企業在研發軟體尚無不借重軟體工程，使軟體開發上成本減低，並提昇效率。

在軟體工程領域的合著研究上，Vela、Cáceres 與 Cavero (2012) 研究 JCR 收錄之軟體工程期刊，結果指出美國的作者總數佔軟體工程領域 27%，其次為英國 7.7%。Kumar 與 Garg (2005) 分析 1998-2008 年間 The Collection of Computer Science Bibliographies 資料庫中印度電腦科學領域研究成果發現，印度電腦軟體領域在 1993-2003 年共出版 1074 篇，到了 2004-2008 年成長至 3772 篇。在軟體工程領域 1993-2003 年共出版 96 篇，到了 2004-2008 年成長至 420 篇。中國電腦軟體領域在 1993-2008 年間共出版 36235 篇，軟體工程領域在 1993-2008 年間則出版 3696 篇。南韓電腦軟體領域在 1993-2008 年間共出版 10171 篇，軟體工程領域在 1993-2008 年間則出版 802 篇。綜合上述，因為軟體業產值的快速增加，使軟體領域發展愈來愈快速，且合著趨勢也與其母領域電腦科學呈現一致。





## 第三章 研究方法與設計

本研究採用書目計量法分析電腦科學軟體工程期刊論文，瞭解軟體工程期刊論文合著之趨勢，同時探討軟體工程領域國際合著之國家分布情形及高產量國家之國際合作強度。以下分別以研究方法、研究工具、研究對象、研究說明、資料分析與處理分別進行說明。

### 第一節 研究方法

#### 一、書目計量法

本研究方法以書目計量法為主，書目計量學為應用數學及統計的方法於圖書及其他傳播媒體 (Pritchard, 1969)。書目計量學分析之數據主要來自出版品的相關資訊：作者數量、作者機構、國家、作者姓名、關鍵字、主題、參考文獻等，並利用上述資料量化計算。其主要應用範圍為包含學術評鑑、生產力計算、學術影響力、合作趨勢等。本研究針對書目資料中作者機構進行分析，瞭解作者所在之國家，藉此探討軟體工程領域國際合著情形。

#### 二、社會網絡分析

社會網絡分析主要用來分析人際關係或團體關係的方法，以節點代表成員，線代表成員間的關係。社會網絡分析早期大多利用實驗、問卷等進行，並利用社會圖 (Sociogram) 呈現，然隨著科技的發展，電腦可以處理大量的資料，使較複雜的量化資訊得以呈現。本研究使用社會網絡分析計算程度中心性、中介中心性、接近中心性，辨識電腦科學軟體工程領域的核心國家。

## 第二節 研究工具

電腦科學軟體工程領域出版之期刊論文資料量相當龐大，故本研究採用專家所提供之清單後，並使用 Journal Citation Reports (JCR) 資料庫確認是否為核心期刊後，再使用 WOS 與 Scopus 資料庫對核心期刊進行檢索，並用 Content Analysis Tool for Academic Research (CATAR) 軟體分析資料庫之書目資料，最後使用 NodeXL 繪製其網絡圖。以下將介紹本研究所使用之研究工具。

### 一、JCR

JCR 為美國 Thomson Reuters 所建置之網際網路版期刊引用文獻評比統計資料庫系統，收錄 SCIE、Social Sciences Citation Index (SSCI) 及 Arts & Humanities Citation Index (A&HCI) 三大引文索引資料庫。資料庫資料由 80 多個國家超過 2,600 家出版商出版之 10,100 多種學術期刊，主題涵蓋約 230 餘種，並系統化統計及評估期刊，利用引用及被引用的關係作為評估期刊品質的依據。另，JCR 資料庫有將期刊以主題進行分類，並將電腦科學領域分類出 7 個子領域分別為 Artificial Intelligence (人工智慧)、Cybernetics (控制學)、Hardware & Architecture (硬體與結構)、Information System (資訊系統)、Interdisciplinary Application (跨學科應用)、Software Engineering (軟體工程)、Theory & Methods (理論與方法)，包含本研究要探討之軟體工程期刊，故歸類在軟體工程之期刊為本研究之期刊候選清單來源。

### 二、WOS

WOS 為美國 Thomson Reuters 於 1997 年間建置之網際網路版引用文獻索引資料庫系統，提供使用者理、工、醫、農、人文、及社會科學等各學科領域之文獻書目、作者摘要及引用文獻等資料。該資料庫收錄 SCIE、SSCI 及 A&HCI 三大引文索引，收錄期刊超過 12000 種，每週更新其內容，可提供研究者跨領域且長期之大量文獻書目資料。而 WOS 資料庫在自然科學領域期刊收錄情形相當

完整，且期刊論文之書目資訊包含作者、國家、出版年、語言、期刊來源、作者所屬機構等。可提供判斷期刊論文是否為合著論文，而作者機構所屬國家用以判斷國際合著文章與國家間合作情形。因 WOS 資料庫有部分期刊未完全收錄，本研究以 Scopus 資料庫將資料補齊，故 WOS 資料庫為本研究蒐集期刊論文書目資料之來源之一。

### 三、Scopus 資料庫

Scopus 資料庫為 Elsevier 於 2004 年所建置的文獻資料庫，其資料來自全球 5,000 個出版公司，並收錄 21,915 種文獻（2014 年 5 月），每日更新其內容，資料庫收錄主要為同儕審查之期刊、論文、叢書、商業期刊等，可提供研究者跨領域且長期之大量文獻書目資料包含作者、出版年、語言、期刊來源、作者所屬機構等，可提供判斷期刊論文是否為合著論文，以及作者機構，可提供判斷期刊論文是否為合著論文，而作者機構所屬國家用以判斷國際合著文章與國家間合作情形，故 Scopus 資料庫為本研究蒐集期刊論文書目資料之來源之一。

### 四、CATAR

Content Analysis Took for Academic Research (CATAR) 是由臺灣師範大學為研究書目資料所開發之軟體，其主要針對 WOS 資料庫及專利資料庫之資料進行分析。其分析功能主要分成兩種，一種是「概觀分析」(Overview Analysis)，第二種是「分解分析」(Breakdown Analysis)。概觀分析是對全部的待分析文件，進行各項欄位(如作者、機構、國家、類別、出處、年代、被引用情況等等)的擷取、統計、運算與排序，以便對待分析文件有整體的瞭解。「分解分析」是透過「書目對」(Bibliographic Coupling)或「共字分析」(Co-word Analysis)等概念，計算任意兩文件的相似度，從而將相似的文件歸類(Cluster)起來，以便瞭解待分析文件中包含的各種主題概念，從而對各個主題與各個欄位如：作者、機構、國家、類別、出處、年代、被引用情況等，進行多樣的交叉分析(曾元顯，2010)。本研究主要透過 CATAR 將 WOS 資料庫匯出之資料進行處理，判斷文

章是否為國際合著之文章，以利後續之分析。

## 五、UCINET

University of California Irvine Network Programs (UCINET) 是由 Borgatti、Ecerett 與 Freeman 等人共同開發之社會網絡分析軟體，可讀取多種格式之文字檔及 Excel 檔，最大可以處理 32,767 個節點。UCINET 可提供多種因素分析、集群分析、多元尺度、中心性等，並將網絡關係以圖像進行表示。本研究利用其中的分析性指標，包括程度中心性、中介中心性、接近中心性進行計算，用以判斷軟體工程領域之各國家間之合作情形，透過中心性之數值高低判斷軟體工程領域國際合著之核心國家，進而了解軟體工程領域國際合著情形。

## 六、NodeXL

Network Overview, Discovery and Exploration add-in for Excel (NodeXL) 為免費且開放式模板使用於微軟之 Excel，加載後使用者可用於 Excel 進行社會網絡基本資料添加及編輯，之後進行分析後可呈現出可視化圖型。本研究透過 NodeXL 進行資料之建檔與轉置後，並將其視覺化呈現，進而瞭解軟體工程領域之國際合著網絡。



## 第三節 研究對象

本研究之研究對象為 1994-2013 年間 WOS 資料庫所收錄之電腦科學軟體工程領域期刊文章。本研究以 2012 年 JCR 資料庫之「電腦科學軟體工程」(Computer Science, Software Engineering) 領域之期刊清單為候選期刊清單。因 JCR 資料庫之期刊分類可能將一本期刊歸類在多個主題類目中，因此經詢問專業學者意見後，基於原清單之軟體工程期刊內容過於廣泛，包含圖學與硬體相關主題，故參考 Glass (1994) 及 Wong、Tse、Glass、Basili 與 Chen (2011) 二篇文章，對核心軟體工程期刊之建議。該二篇文章之研究目的為評估軟體工程領域之核心學者與

機構，故提供了軟體工程核心期刊，據以判斷作者與機構之影響力，其中 Glass (1994) 於文章中提供 1991 年 Journal of Systems and Software 期刊之主編委員所認定之六種軟體工程核心期刊，而 Wong et al. (2011) 於文章中新增 Empirical Software Engineering 為軟體工程核心期刊，其上述七種期刊為專業學者提供，具有一定之公信力，且包含在 JCR 的軟體工程類期刊清單中，故本研究以該 7 種期刊之論文為研究對象，表 3-1 為為 7 種期刊之基本資料。

確認期刊清單後，使用 WOS 資料庫將上述 7 本期刊名稱鍵入搜尋欄，檢索欄限定為出版品名稱，文獻類型限定為研究文章，出版年份限定為 1994-2013 年止，期間為 20 年，將上述條件進行檢索後匯出書目資料，總計共 8,483 筆，扣除未提供作者姓名與作者機構之文章後，最後取得論文數總計為 7,555 篇。因 ACM Transactions on Software Engineering and Methodology 期刊於 WOS 資料庫收錄於 1999 年；Empirical Software Engineering 期刊則為 2003 年收錄於 WOS 資料庫，為補齊 1994 年至該期刊收錄至 WOS 資料庫之資料，採用 Scopus 資料庫分別輸入該二種期刊刊名並將時間範圍設定為 1994 至該期刊收錄至 WOS 時間，總計共 221 筆資料，扣除未提供作者姓名與作者機構之文章後，最後取得論文數總計為 217 筆，兩資料彙總後總計共 7,772 筆資料，進行後續統計分析。

表 3-1 研究期刊清單

期刊名稱	期刊起始年	ISSN
IEEE Transactions on Software Engineering	1975	0098-5589
期刊說明：軟體工程領域影響係數最高之期刊，其主要收錄軟體工程領域理論性論文、經驗性論文及軟體系統之構造等，研究範圍包含整個軟體工程領域。		
IEEE Software	1984	0740-7459
期刊說明：此期刊主要目標是讓工程師及管理人員掌握軟體技術的快速變化，因此該期刊定位是在理論與實務間，其收錄內容主要為軟體開發工具、軟體維護、測試等。		

ACM Transactions on Software Engineering and Methodology	1992	1049-331X
期刊說明：主要研究範圍包含整個軟體工程領域，包含軟體生命週期、維護、模型等。		
Information and Software Technology	1959（1986年以前 原刊名為 Data Processing）	0950-5849
期刊說明：主要目的是透過研究以及經驗來改善軟體的開發，其主要範圍包含軟體管理、軟體流程、軟體測試驗證與確認等。		
Empirical Software Engineering	1996	1382-3256
期刊說明：其主要透過研究人員或業界之實證的資料收集與分析，來解決軟體工程領域研究與實務間的差距		
Journal of Systems and Software	1979	0164-1212
期刊說明：主要內容包含軟體工程與相關的硬體軟體系統的所有問題。		
Software Practice & Experience	1971	0038-0644
期刊說明：主要著重於軟體的實作與經驗，並解決軟體開發的問題。		

#### 第四節 資料處理與分析

##### 一、資料處理

###### (一) 國家權威控制

由於資料庫中所提供之國家名稱並不一致，以及部份作者所在之國家資訊輸入錯誤，導致研究資料分析錯誤，故本研究將進行國家名稱的權威控制，使資料更準確。

###### (二) 機構權威控制

由於資料庫中所提供之機構並不一致，以及部份作者所在之機構資訊輸入錯誤、簡寫及機構更改名稱等情形，導致研究資料分析錯誤，故本研究將進行機構名稱的權威控制，使資料更無準確。

### (三) 補齊遺漏資料

因資料庫有部分期刊論文資訊不齊全，本研究將遺漏部分補齊，但無法補齊之資料，將不納入本研究。

## 二、資料分析

### (一) 過濾國際合著期刊論文

一篇文章中有作者來自不同國家，便視為國際合著期刊論文。

### (二) 計算合著率及國際合著率

1.合著比例:合著文章占整體文章的百分比，計算方式如下:

$$\text{合著率} = \frac{\text{合著文章數}}{\text{全部文章數}} * 100\%$$

2.國際合著比例: 國際合著文章占整體文章的百分比，計算方式如下:

$$\text{國際合著率} = \frac{\text{國際合著文章數}}{\text{全部文章數}} * 100\%$$

國際合著率只以參與國家進行計算，不考慮該國家在文章中之作者數，如:該篇文章有兩位合著者來自相同國家，並將合著文章中的各國比重視為相等，只將該國家累計一次。

## 三、辨識國際合作核心國家

本研究透過社會網絡分析呈現國家間之合著網絡，並透過程度中心性、中介中心性、接進中心性之計算，用以辨別國際合作主要之核心國家

### (一) 程度中心性

程度中心性主要是在測量網絡間節點的連結數量，透過此測量計算，了解軟體領域國際合著之核心國家。計算方式如下：

$$\sum_j m_{ij}$$

算法為當點*i*與點*j*之間有直接連結關係時  $m_{ij}=1$ ，兩者無關係時  $m_{ij}=0$

### (二) 中介中心性

中介中心性主要是在測量節點對於資訊的控制程度，透過此測量計算，了解軟體領域國際合著之核心國家。其主要為計算為透過特定節點在兩

節點間的最短路徑計算方式如下：

$$g_{ijm}/g_{jm}$$

$g_{ijm}$  為通過  $i$  連接點與  $j$  點  $m$  點的最短距離數目， $g_{jm}$  則是兩點間最短距離的所有數目。

(三) 接近中心性:

接近中心性是計算節點與網絡中其他節點的最短距離總和，透過此測量計算，了解軟體領域國際合著之核心國家。擁有高接近中心性的節點有與其他節點直接接觸的能力，不須透過中介點計算方式如下：

$$\frac{n-1}{\sum_j^m d_{ij}}$$

$d_{ij}$  為  $i$  與  $j$  的最短距離

(四) 繪製國際合著網絡圖

透過中心性計算後，並以國家或機構為節點，節點的大小代表其全部出版數量，而國家與國家間或機構與機構間的合作為線，線的粗細則代表雙方的合作數量，利用視覺化來呈現全球軟體領域的合作樣貌。

#### 四、測量國際合作強度

兩國之間的合作難以直接判斷其合作緊密程度，因此本研究透過國際合作指標，用以辨別兩國之間合作之強度，據以了解兩國合作程度之高低，當數值愈高，代表雙邊合作之強度愈強，關係愈緊密。

(一) Salton index: 該指標計算公式如下：

$$S_{ij} = \frac{n_{ij}}{(n_i * n_j)^{1/2}} = \frac{i \text{ 國與 } j \text{ 國合著之文章量}}{\sqrt{i \text{ 國所有文章量} * j \text{ 國所有文章量}}}$$

(二) Jaccard Index: 該指標公式如下：

$$J_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_i + n_j - n_{ij}} = \frac{i \text{ 國與 } j \text{ 國合著之文章量}}{i \text{ 國所有文章量} + j \text{ 國所有文章量} - i \text{ 國與 } j \text{ 國合著之文章量}}$$



## 第五節 研究步驟

### 一、文獻分析

研究設計前先閱讀相關之研究期刊論文，瞭解他人研究主題之範圍，進而尋找出本研究之研究主題、研究範圍及研究方法。同時利用累積之知識，進而瞭解研究時須注意之事項，以作為研究之參考。

### 二、確定研究主題及範圍

經由文獻分析後，確定研究之主要方向及對象和範圍，選定軟體工程領域期刊論文作為研究主題。

### 三、資料蒐集

本研究資料來源為 WOS 與 Scopus 資料庫，透過書目資料來進行期刊論文判斷與分析，由於資料庫無法直接以軟體工程領域進行檢索，故本研究先以 Glass 與 Chen(2005)及 Wong et al. (2011)等學者提供之軟體工程領域期刊清單後，以 JCR 資料庫確認收錄情形及其期刊影響係數後，確定期刊出版情形。最後使用 WOS 資料庫與 Scopus 資料庫檢索期刊名稱，限制時間範圍為 1994-2013 年，且文章類型為研究論文，以完成研究之樣本。

### 四、資料處理

自 WOS 與 Scopus 資料庫中檢索出電腦科學軟體工程領域之期刊論文後，利用 CATAR 軟體，將書目資料進行處理，並將處理後資料檔將篇名、國家、作者、機構、出版年欄位轉換為 EXCEL 檔，以利後續研究之分析。

### 五、國家與機構權威控制

由於國家或機構在著錄時，可能會有縮寫或是全名不一，以及部份國家會有其歸屬之問題，為了讓研究結果更為精確，分析前會將國家與機構進行權威控制。

### 六、統計分析

整理研究樣本中之相關資料後，根據研究問題，將資料進行處理，包含：辨識合著文章、過濾國際合著之文章、將數據透過科學合作指標分析計算、辨識國際合著機構，並將資料繪製成圖表。

#### 七、社會網絡圖繪製

針對國際合著的分析結果，利用 UCINET 軟體計算其網絡中心性後，並透過 NodeXL 繪製網絡圖，利用視覺化之圖形，呈現國家之間的合作關係，以瞭解軟體工程領域國際合著之網絡特性。

#### 八、研究結果

完成前述步驟後，將處理完資料進行分析，完成本研究目的與問題，並將本研究之結果進行結論與未來建議。



## 第四章 研究結果

本章共分為五節，第一節針對軟體工程期刊論文整體概況進行分析，瞭解軟體工程領域之發展趨勢；第二節為軟體工程領域之國際合著概況分析，探討軟體工程領域的國際合著情形；第三節透過社會網絡分析，辨識軟體工程領域參與國際合作之主要國家，並瞭解國際合作的網絡變化；第四節為分析軟體工程國家間的合作情形，並透過科學合作指標測量國家對的合作強度；第五節為分析軟體工程參與國際合作的主要機構，以及參與國際合著機構間的合作情形。

### 第一節 軟體工程論文之整體概況

本節以 1994-2013 年間軟體工程領域之期刊論文為研究對象，進行軟體工程期刊論文分析，將探討軟體工程期刊論文數量變化，透過作者資訊瞭解合著期刊論文出版情形，使用期刊論文之作者國家資訊分析軟體工程期刊論文國家分佈，進而了解 1994-2013 年 20 年期間軟體工程領域之整體概況。

#### 一、軟體工程期刊論文出版數量分析

圖 4-1 呈現軟體工程領域於 1994-2013 年間之每年期刊論文數量與每年合著論文數量，在全部期刊論文方面，總計共有 7,772 篇，其中期刊論文數量最低的為 1995 年（149 篇），出版量最高為 2013 年（604 篇）。於研究期間的第一年（1994 年）期刊論文數為 224 篇，到了 2013 年為 604 篇。整體出版情形，以 1994-1998 年間出版量起伏程度最大，1999-2011 年間出版量呈現穩定的趨勢，到了 2012 與 2013 年間出版量呈現快速成長，雖每年期刊論文出版量呈現波動情形，但整體的期刊論文出版量呈現成長趨勢。

在合著期刊論文方面總計有 6,762 篇，其中合著期刊論文出版量最低為 1995 年（136 篇），出版量最高為 2013 年（567 篇）。整體而言，以 1994 年至 1998 年間出版量起伏程度最大，1999 年至 2011 年間時出版量呈現穩定的趨勢，到了

2012 與 2013 年間出版量呈現快速成長，雖每年合著期刊論文的出版量呈現波動情形，但整體合著期刊論文出版量呈現成長趨勢。

因合著期刊論文占了全部期刊論文的 87.00%，使得全部期刊論文與合著期刊論文二條趨勢線變化情形很類似且相當接近，特別是於 1994 年至 1996 年間期刊論文數量與合著期刊論文出版數量相當接近，但於 1998 年與 1999 年間期刊論文與合著期刊論文數量差距增加，到了 2000 年後期刊論文與合著期刊論文的數量又逐漸接近。

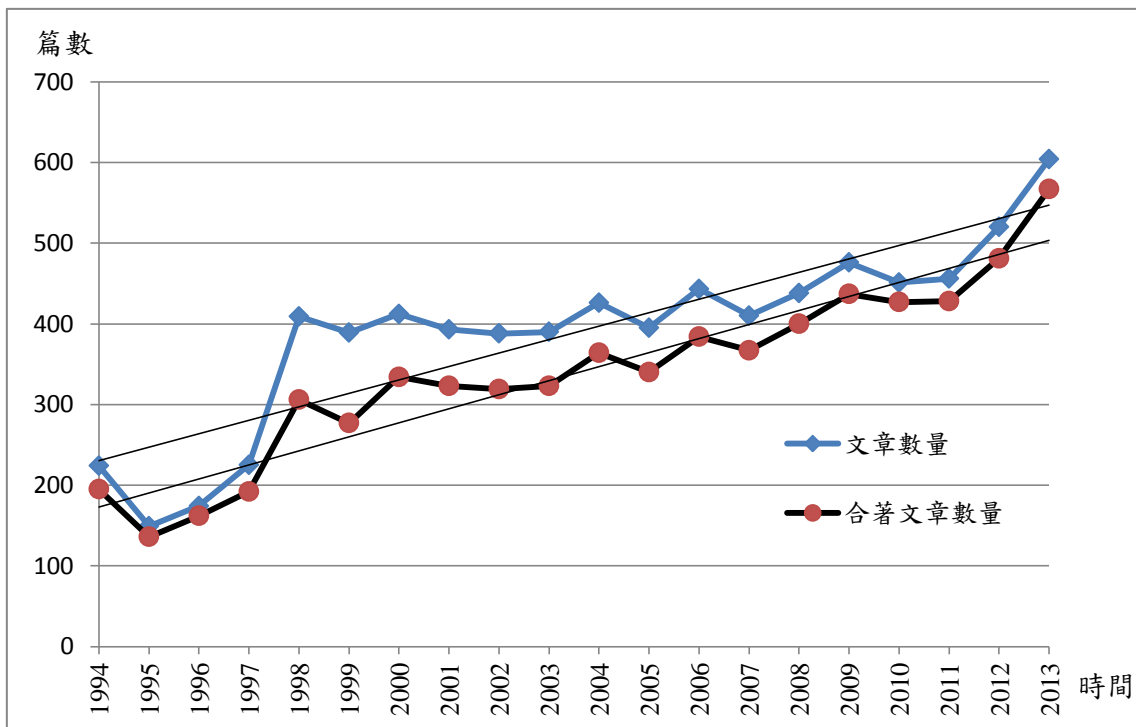


圖 4-1 1994-2013 年之每年期刊論文數量及合著論文數量

圖 4-2 呈現軟體工程於 1994-2013 年間之每年的軟體工程期刊論文合著比例，整體期刊論文合著比例為 87.00%，期刊論文合著比例介於 71.21% 至 93.87%，其中期刊論文合著比例最低為 1999 年 (71.21%)，期刊論文合著比例最高為 2013 年 (93.87%)。1994 年合著比例為 87.05%，到了 2013 年為 93.87%，成長約 8%。逐年觀察每年期刊論文合著比例之變化，可發現共有 5 年期刊論文合著比例呈現

下降趨勢（1997、1998、1999、2011、2012），下降幅度介於 0.82% 至 10.52%，其餘 14 年皆呈現成長趨勢，成長幅度介於 0.03% 至 9.86%。整體而言，合著論文比例於 1996-1999 年間呈現下滑情形，但 2000-2013 年間呈現穩定成長之趨勢，雖每年期刊論文合著比例呈現波動情形，但整體期刊論文合著比例呈現成長趨勢。

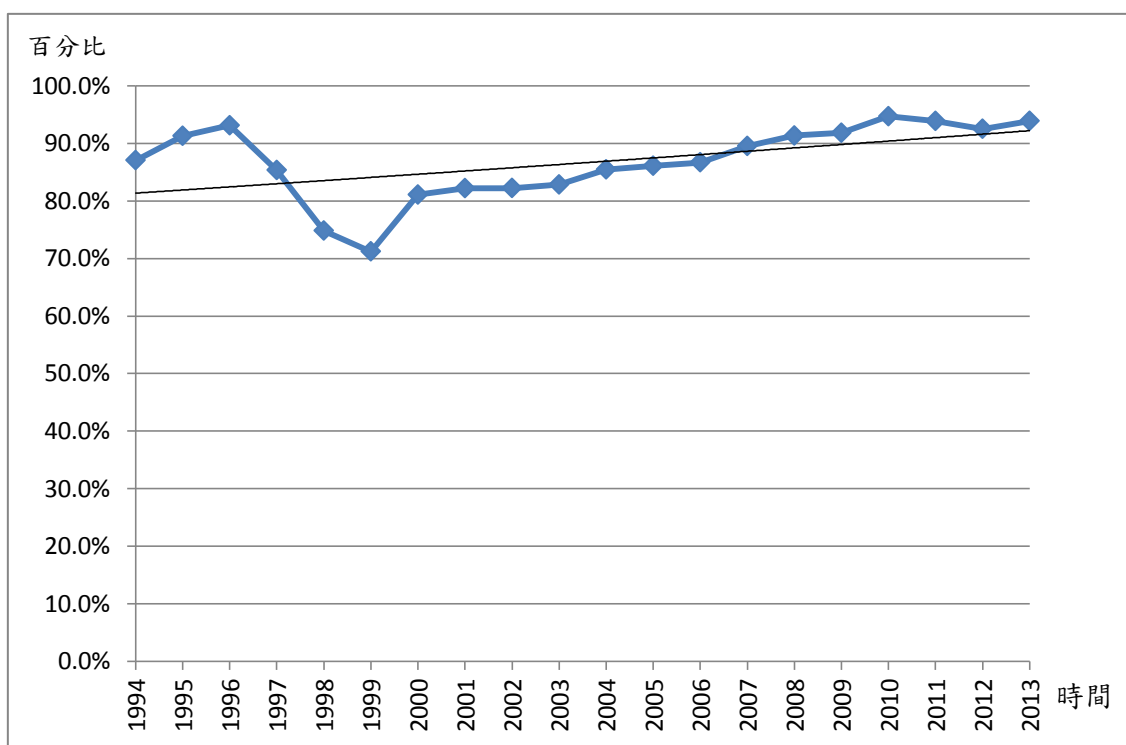


圖 4-2 1994-2013 年之每年合著論文比例

## 二、軟體工程期刊論文的作者數量分佈

於本研究範圍總計共有 13,675 位作者參與 1994-2013 年軟體工程期刊論文著作，作者人次總計共有 22,259 人次，圖 4-3 為每年作者人數之中位數變化情形，由圖中可發現每年作者人數之中位數是呈現成長趨勢，並以 2 人作者數為主。若觀察整體變化可發現，於 1994 年至 2004 年作者中位數以 2 人為主，於 2005 年後則以 3 人為主，顯示軟體工程期刊論文作者數逐漸轉為 3 人作者數為主。

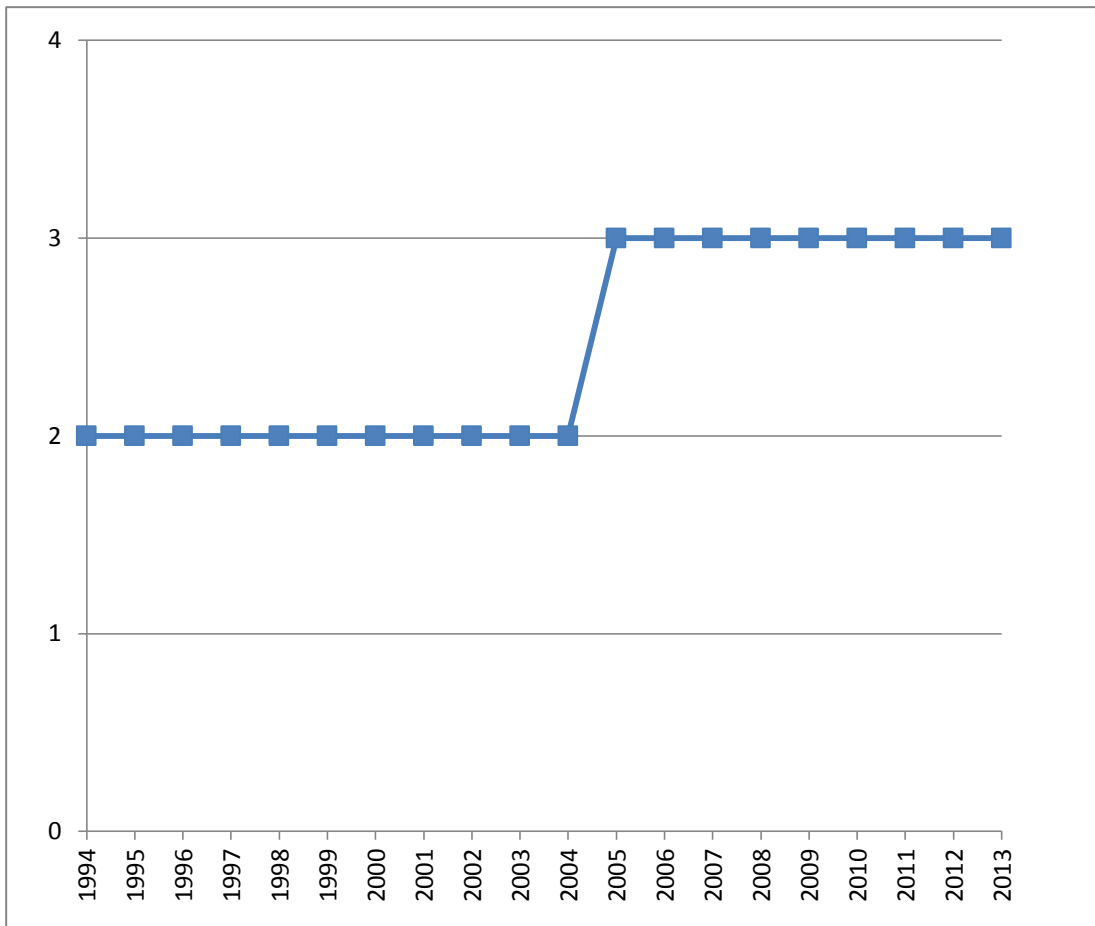


圖 4-3 1994-2013 年之每年作者人數之中位數

表 4-1 呈現軟體工程於 1994-2013 年之單篇期刊論文作者人數分佈情形，於本研究期間內，單篇期刊論文之作者人數介於 1 至 22 人之間，期刊論文作者數主要以 2 人為主，比例占 33.38%，其次是 3 人（27.29%）、4 人（15.32%）、1 人（13.00%），總計此四種作者數的期刊論文數量占總論文數量之 88.99%，五人以上作者數的期刊論文數量僅佔全部期刊論文的一成左右。

表 4-1 作者人數分佈表

作者人數	論文數量	佔全部文章比例
1 人	1010	13.00%
2 人	2594	33.38%
3 人	2121	27.29%
4 人	1191	15.32%
5 人	491	6.32%
6 人	198	2.55%
7 人	87	1.12%
8 人	41	0.53%
9 人	18	0.23%
10 人	8	0.10%
11 人	5	0.06%
12 人	2	0.03%
13 人	2	0.03%
14 人	2	0.03%
17 人	1	0.01%
22 人	1	0.01%
小計	7772	100%

圖 4-4 為每年不同作者數量之期刊論文數量分佈情形，因作者數 6 人以上之期刊論文數量較少，故將作者數 6 人以上之文章數量一併計算。由圖中觀察整體趨勢可發現，除了單一作者期刊論文數量呈現下降趨勢外，其餘作者數量之期刊論文數量皆呈現成長趨勢，特別是 3 人及 4 人作者數之期刊論文數量成長最為明顯，5 人與 6 人以上作者數之期刊論文數量皆呈現小幅成長情形，至於 2 人作者數之期刊論文雖於 1994 年至 2008 年間皆位居首位，但於 2009 至 2013 年間則轉為以 3 人作者合著之期刊論文數量最多。

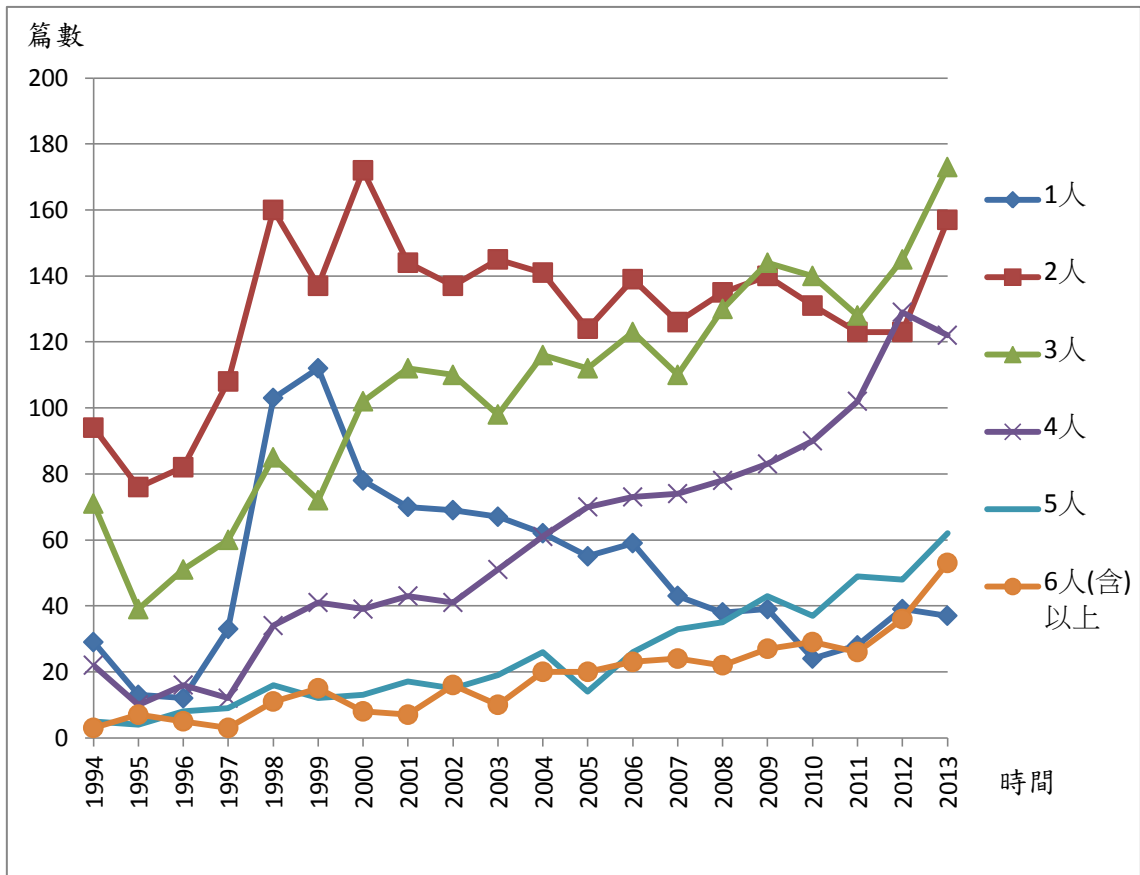


圖 4-4 1994-2013 年之每年不同作者數之期刊論文數量分佈

圖 4-5 係從百分比觀察每年不同作者數之期刊論文比例變化情形，由圖中觀察整體趨勢可發現，除了單一作者與 2 人作者期刊論文比例於 2000 年後呈現下降趨勢外，其餘作者數量之期刊論文比例皆呈現成長趨勢，特別是 4 人作者之期刊論文比例成長最為明顯，而 5 人與 6 人以上期刊論文比例皆呈現小幅成長情形，3 人作者期刊論文比例則呈現穩定趨勢。2 人作者期刊論文比例於 1994 至 2008 年皆位居首位，於 2009 至 2013 年間則轉為以 3 人作者期刊論文比例為最高。



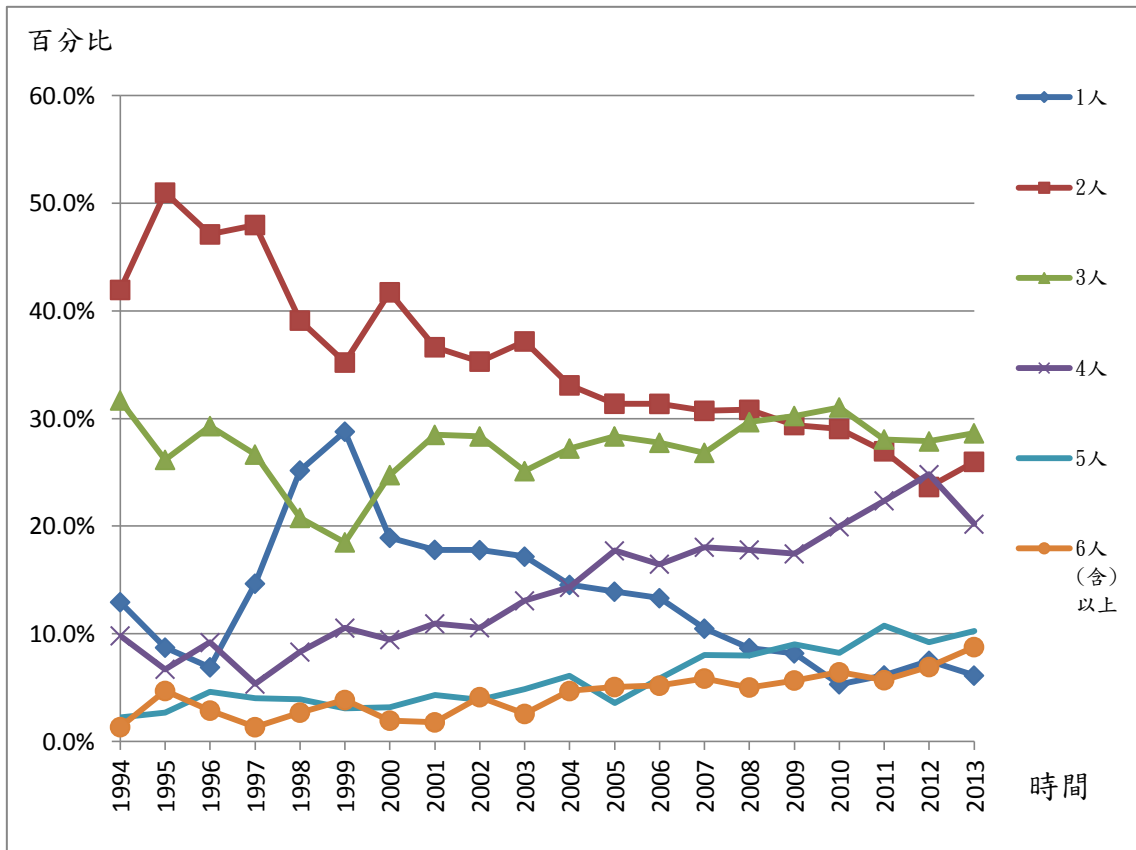


圖 4-5 1994-2013 年之作者單篇文章作者人數分佈百分比

### 三、參與軟體工程國家數量分布與各國期刊論文情形

圖 4-6 呈現 1994-2013 年每年參與軟體工程期刊論文出版之國家數目，此段期間總計共有 88 國參與期刊論文出版，每年平均為 42.25 國，每年參與出版之國家數目介於 24 國至 58 國，其中參與出版國家數量最低為 1995 年（24 國），最高為 2013 年（58 國）。逐年觀察參與出版國家之變化可發現，1995 年（6 國）與 2003 年（7 國）下降幅度最大，1998（7 國）、1999（8 國）、2004（8 國）、2007（5 國）、2009 年（6 國）成長最為明顯。整體而言，國家數量呈現成長趨勢，顯示有愈來愈多國家參與出版軟體工程之期刊論文。

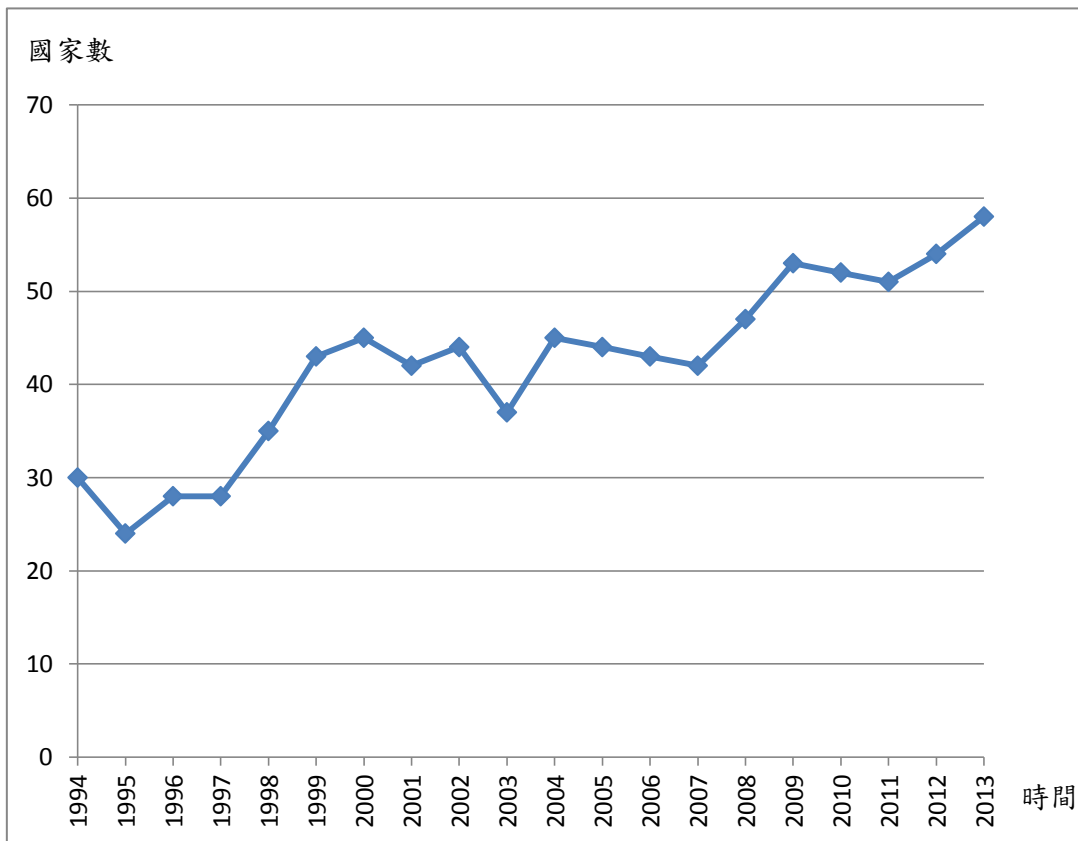


圖 4-6 每年參與出版之國家數目

表 4-2 為各國家之軟體工程期刊論文出版量分佈情形，其中期刊論文出版數量最高的為美國（2,611 篇），其次英國（826 篇）、加拿大（576 篇）。88 個出版國家中，期刊論文出版量最高之前 10 國出版量皆高於 300 篇，約占全部期刊論文的 71.13%；第 11 至第 19 名之國家期刊論文數量高於 100 篇，約占全部期刊論文的 15.87%，第 20 至 27 名之國家期刊論文數量高於 50 篇，約占全部期刊論文的 5.85%，其餘國家出版期刊論文出版數量皆小於 50。排名第一的美國期刊論文出版量高達 2,611 篇，占全部 7,772 篇期刊論文之 33.59%，排名第二的英國，期刊論文出版量為 826 篇，約僅有美國期刊論文數量之三分之一，顯示美國在軟體工程領域的期刊論文出版數量遠高於其他國家。

表 4-2 各國家期刊論文出版數量分佈

序號	國家	期刊論文數量	百分比	序號	國家	期刊論文數量	百分比
1	美國	2611	33.59%	45	墨西哥	14	0.18%
2	英國	826	10.63%	46	塞爾維亞	14	0.18%
3	加拿大	576	7.41%	47	埃及	12	0.15%
4	義大利	510	6.56%	48	賽普勒斯	11	0.14%
5	中國	474	6.10%	49	委內瑞拉	9	0.12%
6	臺灣	460	5.92%	50	捷克	9	0.12%
7	德國	410	5.28%	51	南非	9	0.12%
8	澳洲	400	5.15%	52	哥倫比亞	8	0.10%
9	西班牙	366	4.71%	53	突尼西亞	8	0.10%
10	南韓	308	3.96%	54	阿爾及利亞	8	0.10%
11	荷蘭	231	2.97%	55	泰國	6	0.08%
12	法國	228	2.93%	56	克羅埃西亞	6	0.08%
13	瑞典	209	2.69%	57	阿曼	5	0.06%
14	挪威	187	2.41%	58	愛沙尼亞	5	0.06%
15	希臘	181	2.33%	59	南斯拉夫	5	0.06%
16	巴西	172	2.21%	60	烏拉圭	4	0.05%
17	日本	121	1.56%	61	俄羅斯	4	0.05%
18	印度	119	1.53%	62	羅馬尼亞	4	0.05%
19	芬蘭	101	1.30%	63	冰島	3	0.04%
20	瑞士	98	1.26%	64	古巴	3	0.04%
21	新加坡	98	1.26%	65	印度尼西亞	3	0.04%
22	愛爾蘭	82	1.06%	66	立陶宛	2	0.03%
23	奧地利	80	1.03%	67	卡達	2	0.03%
24	比利時	79	1.02%	68	波利維亞	2	0.03%
25	紐西蘭	69	0.89%	69	坦尚尼亞	2	0.03%
26	以色列	65	0.84%	70	奈及利亞	2	0.03%
27	丹麥	59	0.76%	71	澳門	2	0.03%
28	土耳其	44	0.57%	72	辛巴威	1	0.01%
29	阿根廷	39	0.50%	73	孟加拉	1	0.01%
30	葡萄牙	38	0.49%	74	厄瓜多	1	0.01%
31	波蘭	36	0.46%	75	列支敦斯登	1	0.01%

32	智利	32	0.41%	76	千里達及托巴哥	1	0.01%
33	斯洛維尼亞	32	0.41%	77	敘利亞	1	0.01%
34	沙烏地阿拉伯	31	0.40%	78	斐濟	1	0.01%
35	馬來西亞	30	0.39%	79	拉脫維亞	1	0.01%
36	香港	27	0.35%	80	保加利亞	1	0.01%
37	科威特	24	0.31%	81	蘇丹	1	0.01%
38	阿拉伯聯合大公國	23	0.30%	82	塞內加爾	1	0.01%
39	伊朗	20	0.26%	83	蒙特內哥羅	1	0.01%
40	約旦	18	0.23%	84	巴拿馬	1	0.01%
41	盧森堡	17	0.22%	85	波札那	1	0.01%
42	巴基斯坦	17	0.22%	86	巴貝多	1	0.01%
43	匈牙利	16	0.21%	87	汶萊	1	0.01%
44	黎巴嫩	15	0.19%	88	塞爾維亞與蒙特內哥羅	1	0.01%

註：序號依照國家出版數量之高低排序，因國際合著期刊論文會涉及二國以上，故累計之百分比會高於 100%。

因國家數目眾多，而排名前 10 大國家之期刊論文出版量占全部期刊論文七成以上，因此圖 4-7 進一步將焦點放在前 10 大軟體工程領域期刊論文出版國家之各年出版數量。由圖中可發現美國於 1994-2013 年間之每年發表論文數量皆位居第一，但出版量於 1999 年達到高峰後便開始漲跌互見，呈現小幅下滑趨勢；期刊論文總出版量排名第二的英國，於 1994-2003 年間都維持第二高出版量，但於 2004-2013 年間每年名次則有變動；總出版量第三高的加拿大，每年名次變化非常不穩定，僅於 2007 年出版量為超越英國成為第二。而後面名次之國家須特別注意的是中國與西班牙與臺灣，西班牙與中國於 2010 年開始期刊論文出版量迅速增加，中國於 2010 年成為第二高出版量之國家，西班牙則於 2013 年成為出版量第三高之國家，出版量第六名的臺灣，於 2004 與 2006 年出版量超越英國成

為第二名。

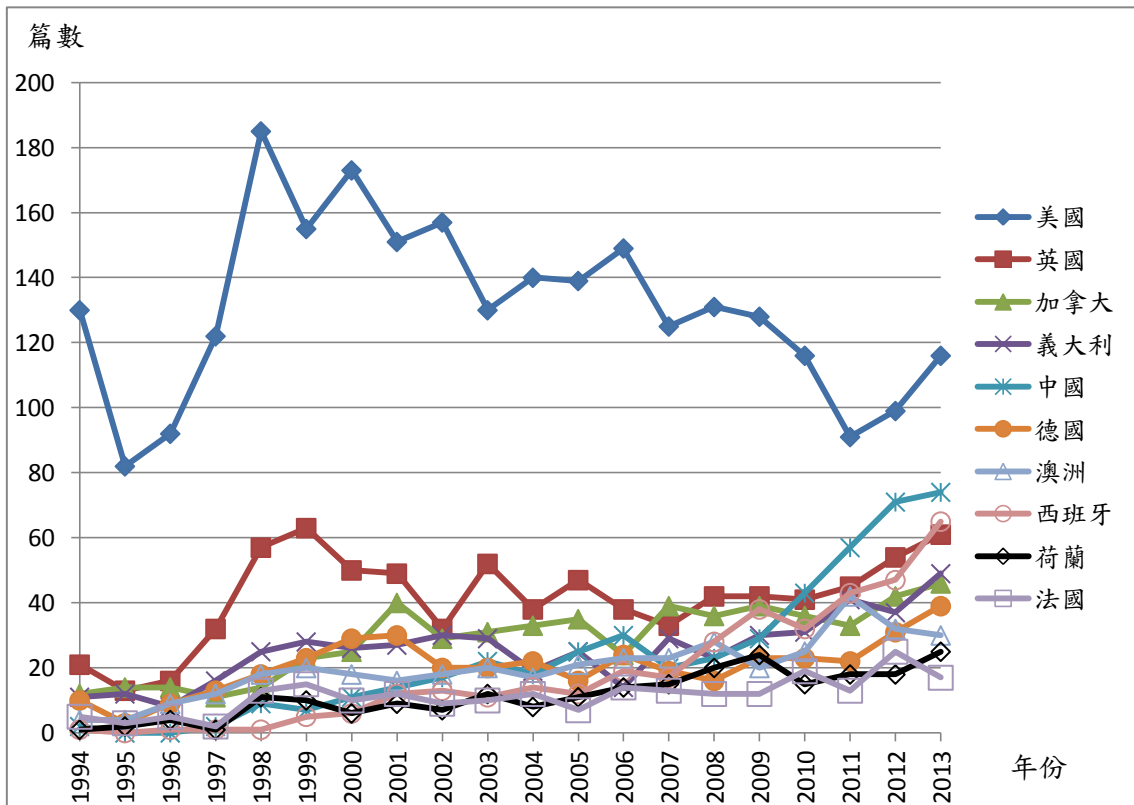


圖 4-7 前 10 大期刊論文產出國之每年出版數量

4-8 呈現前 10 大出版國家之每年期刊論文百分比變化情形。美國的期刊論文出版百分比於研究期間都為第一，所占百分比最低的為 2012 年（19.04%），最高的為 1994 年（58.04%），但呈現明顯下降趨勢。在前 10 大國家中，除了美國與英國之每年期刊論文比例呈現下降趨勢外，其餘八個國家皆呈現成長趨勢（加拿大、義大利、中國、臺灣、德國、澳洲、西班牙、南韓），其中以中國與西班牙期刊論文比例成長趨勢最為明顯，其餘國家則呈現小幅成長趨勢。

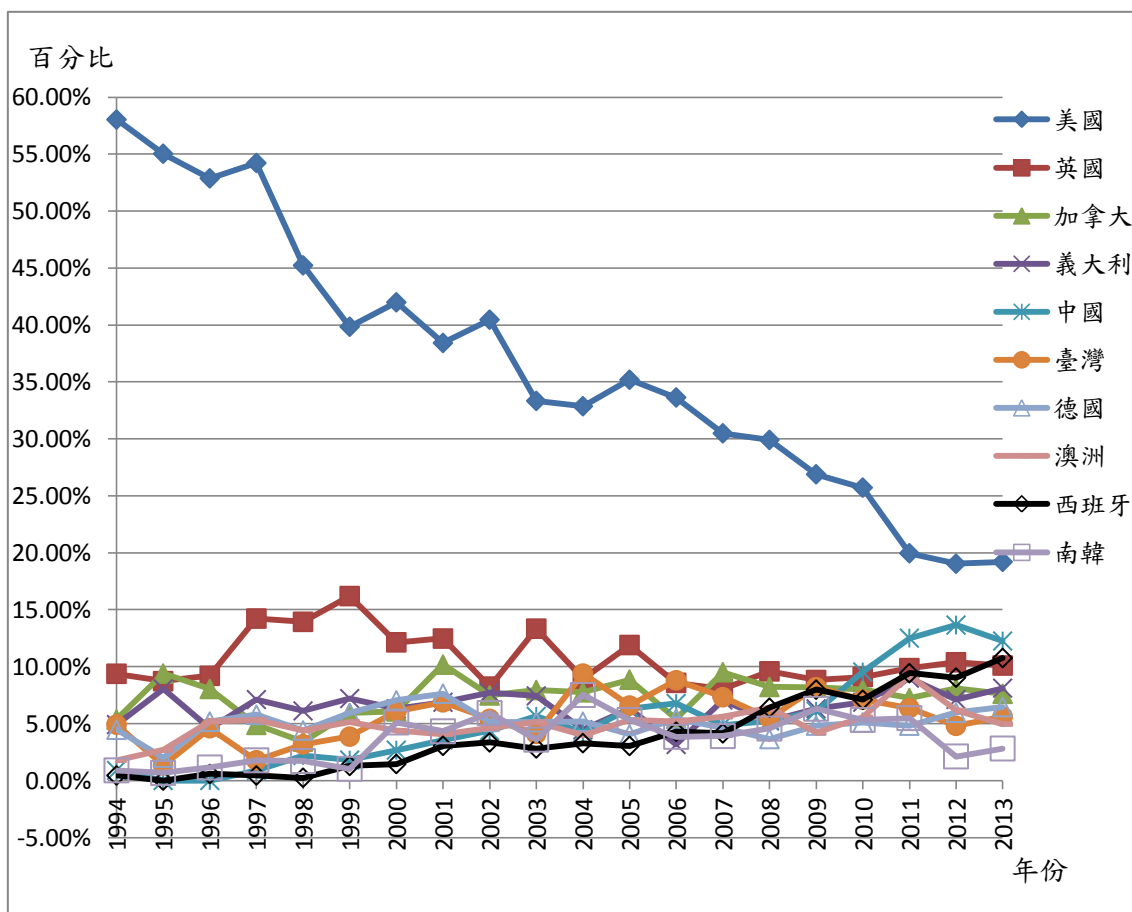


圖 4-8 1994-2013 年之每年前 10 大論文產出國論文所占百分比

## 第二節 軟體工程國際合著論文之整體概況

本節將針對 1994-2013 年間出版之軟體工程合著期刊論文進行國家分析，透過文章作者之國家資訊，辨識出國際合著期刊論文，確認國際合著期刊論文出版趨勢，並瞭解國際合著期刊論文的國家分佈情形。

### 一、國際合著整體概況

在全部國際合著期刊論文方面，總計共有 1,663 篇，1994 年國際合著期刊論文數為 17 篇，到了 2013 年為 191 篇，二十年間國際合著期刊論文成長量約為 11.2 倍。圖 4-9 呈現軟體工程於 1994-2013 年之每年國際合著期刊論文的數量，由圖中可發現軟體工程期刊論文數量呈現成長趨勢。若逐年觀察每年之國際合著期刊論文數量變化，可發現並非各年期刊論文數量皆呈現成長趨勢，在本研究範

圍內有 4 年期刊論文成長量呈現小幅下降（1995、2002、2003、2006），下降幅度介於 4.05% 至 23.53%，以 1995 年下降幅度最高（23.53%），其餘 15 年皆呈現成長趨勢，成長幅度介於 4.23% 至 76.92%，以 1996 年成長幅度最高（76.92%）。整體出版情形於 1994-2013 年間呈現成長趨勢，若觀察區間趨勢可發現 1994-2001 年呈現成長趨勢，2002-2007 年間出版量呈現穩定情形，2008-2013 年間則呈現成長趨勢。

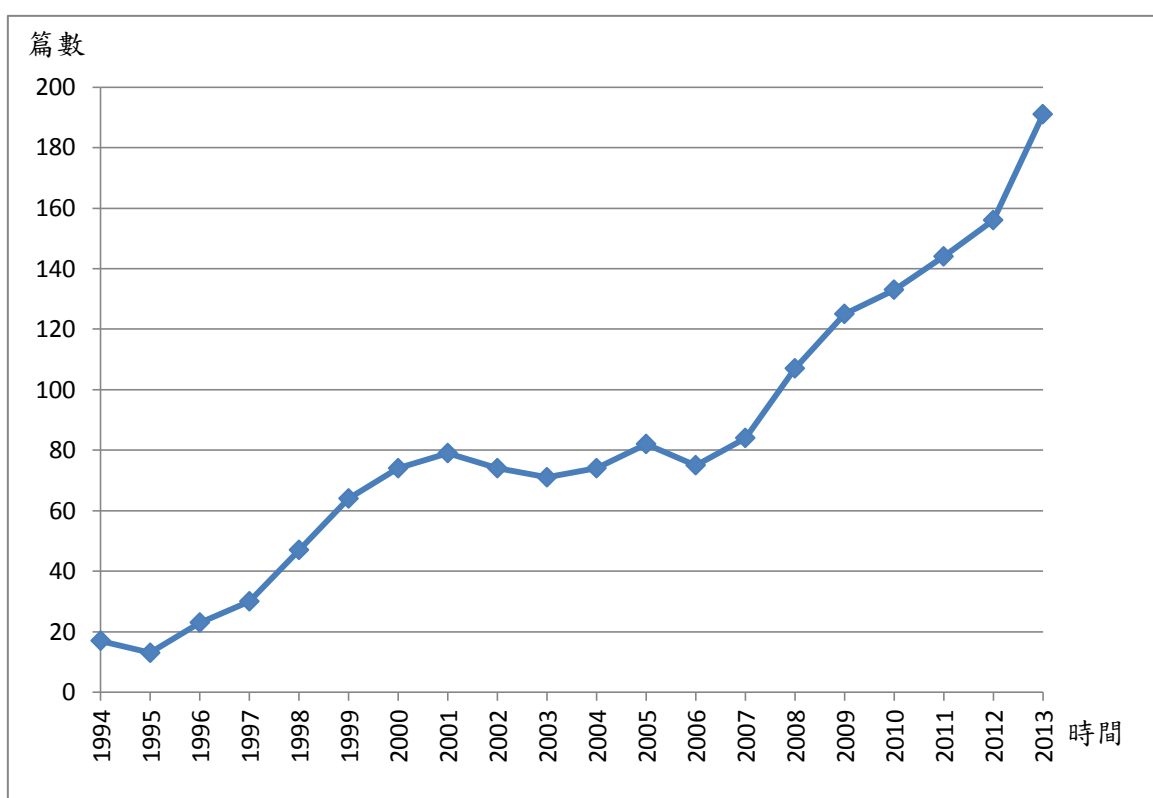


圖 4-9 1994-2013 年之每年的國際合著期刊論文數量

整體期刊論文中，國內合著文章比例為 67.09%，國際合著期刊論文比例為 19.75%，單一作者期刊論文比例為 13.16%。圖 4-10 呈現每年之合著期刊論文比例、國際合著論文比例與單一作者論文比例，整體上除了國際合著論文比例呈現成長趨勢外，其餘皆呈現下降趨勢，並以合著論文為最主要的產出。如進一步比

較各年之比例差異，圖 4-10 顯示國際合著比例最低為 1994 年 (7.59%)，最高為 2013 年 (31.62%)。本研究期間共有 6 年國際合著比例呈現下降趨勢 (1998、2002、2003、2004、2006、2012)，下降幅度介於 0.83% 至 3.83%，以 2006 年下降幅度最高 (3.83%)，其餘 13 年呈現成長趨勢，成長幅度介於 0.11% 至 4.96%，以 1999 年成長幅度最高 (4.96%)。觀察時間區間可發現，國際合著期刊論文由 1995 年至 1999 年間呈現下降趨勢，於 2000 年後呈現穩定趨勢。而國際合著期刊論文比例於 1994 至 2000 年間僅有 1996 年比例高於單一作者期刊論文比例，但於 2001 年後比例皆高於單一作者期刊論文，國際合著期刊論文比例呈現逐年成長情形，單一作者期刊論文比例則逐年呈現下降趨勢。

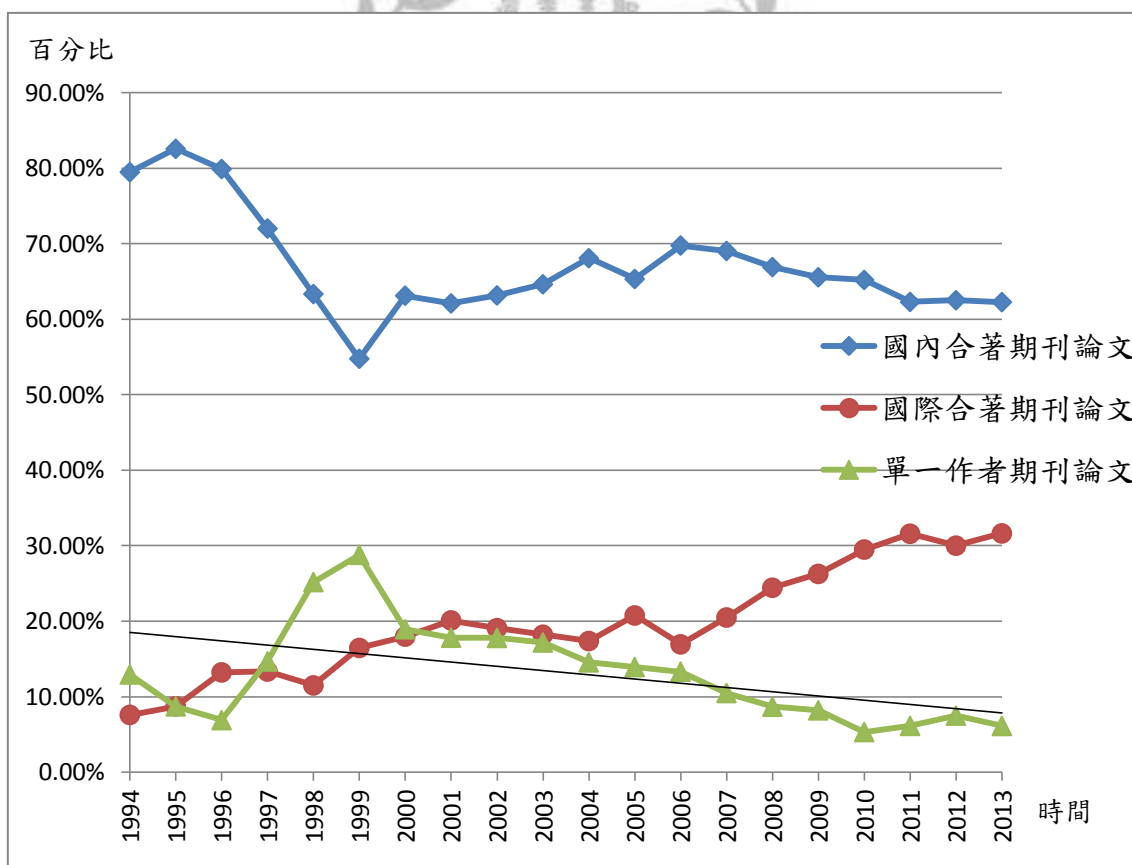


圖 4-10 每年之國內合著比例與國際合著比例及單一作者比例



圖 4-11 為國際合著期刊論文占所有合著期刊論文比例，國際合著期刊論文占合著期刊論文約 22.57%。由圖中可發現，國際合著期刊論文占合著期刊論文的比例呈現成長趨勢，由 1994 年的 8.72%，到了 2013 年成長至 33.69%。於研究期間共有 7 年呈現下降趨勢（1998、2000、2002、2003、2004、2006、2012），其餘皆呈現成長趨勢，雖國際合著占合著期刊論文比例呈現波動情形，但整體呈現成長趨勢。

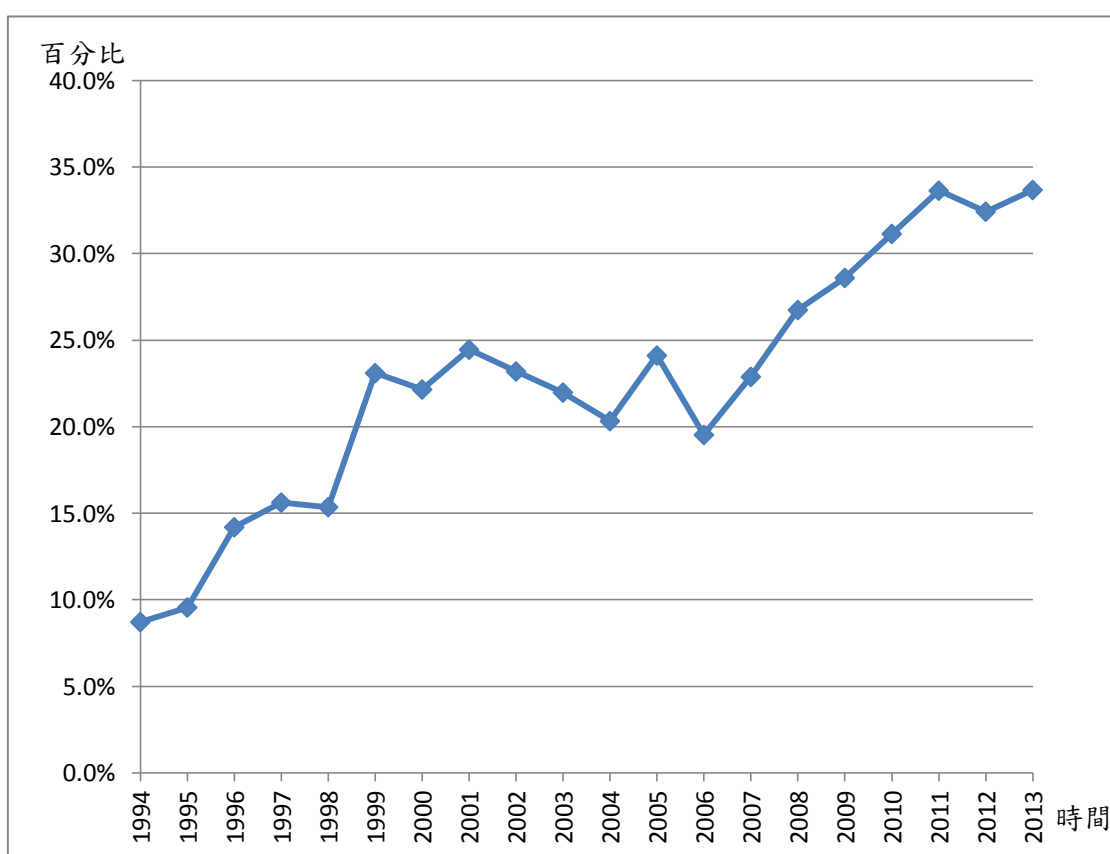


圖 4-11 國際合著期刊論文占合著期刊論文之比例

圖 4-12 為每年出版單篇國際合著期刊論文之國家數目分佈情形，圖中可發現單篇期刊論文出版國家介於數量介於為 2 至 6 國。整體而言，軟體工程國際合著期刊論文以二國出版為主，占了全部國際期刊論文的 86.11%。在成長情形上，各國家數量期刊論文出版皆呈現成長趨勢，但除了二國合著期刊論文及三國合著

期刊論文數量成長較為明顯外，其餘成長幅度相當少。如觀察每年不同國家數量國際合著期刊論文之比例，可發現於 1994-2013 年間都是以二國國際合著為主，且每年所占百分比超過所有國際合著期刊論文的 75%，高於其他數量的國際合著參與國家數量，其次以三國合著之期刊論文數量居多，其他國家數量則都呈現波動情形，無固定之趨勢。

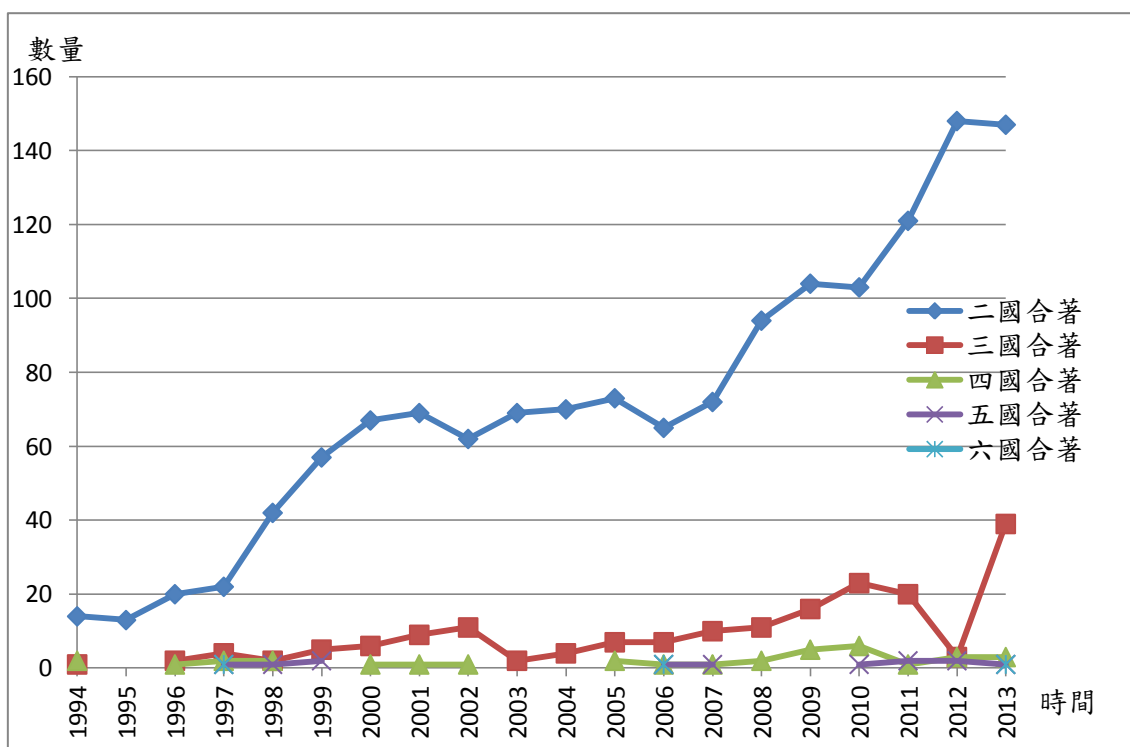


圖 4-12 1994-2013 年單篇國際合著期刊論文之參與國家數量分佈

## 二、軟體工程國際合著期刊論文的作者數量分佈

於本研究範圍總計共有 6,096 位作者人次參與 1994-2013 年軟體工程國際論文著作，並以 3 人作者為最主要的作者人數之中位數，而作者人數中位數呈現成長趨勢。圖 4-13 為 1994 年至 2013 年國際合著期刊論文與國內合著期刊論文作者人數之中位數，由圖中可發現國際合著期刊論文作者人數之中位數於 1994 年至 2005 年之作者人數中位數以 3 人為主，於 2006 年後則轉以 4 人為主。與國內

合著期刊論文作者人數中位數相比下，國際合著期刊論文作者之中位數與國內合著期刊論文作者之中位數共有 10 年相等，10 年作者人數中位數高於國內合著，顯示國際合著作者人數之中位數較國內合著作者人數中位數高，國際合著規模也較國內合著規模大。

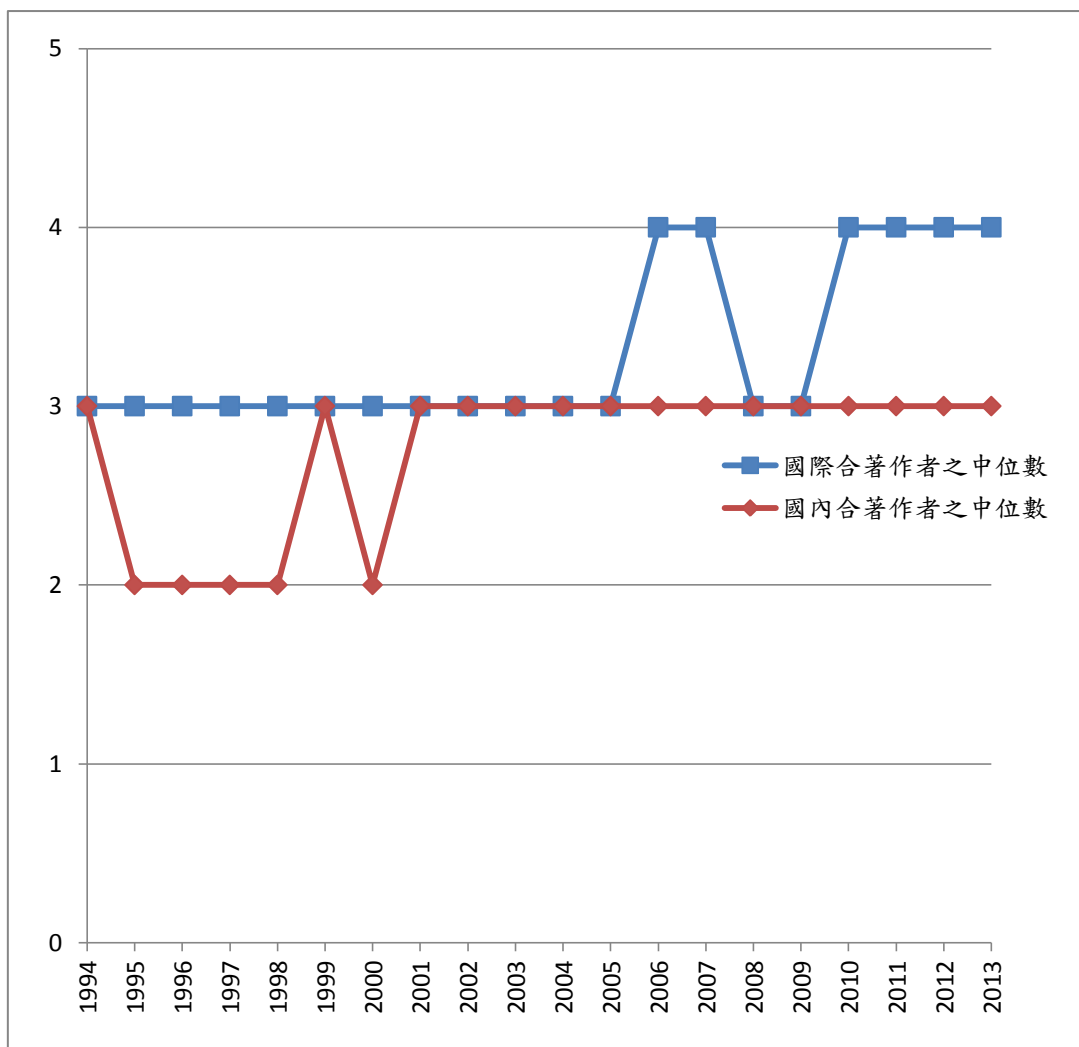


圖 4-13 1994-2013 年國際合著期刊論文與國內合著期刊論文作者數之中位數

表 4-3 呈現不同作者數量之期刊論文數量及其比例，一篇國際合著期刊論文的作者人數分佈介於 1-17 人之間，期刊論文作者數主要以 3 人為最(31.51%)，其次是 4 人(25.38%)、2 人(21.05%)、5 人(12.57%)，此四種作者數的期

刊論文數量占總論文數量之 90.50%，五人以上作者數的國際合著期刊論文數量僅佔全部期刊論文的一成左右。

表 4-3 國際合著作者人數分佈表

作者人數	論文數量	佔全部文章比例
2 人	350	21.05%
3 人	524	31.51%
4 人	422	25.38%
5 人	209	12.57%
6 人	80	4.81%
7 人	39	2.35%
8 人	18	1.08%
9 人	5	0.30%
10 人	7	0.42%
11 人	3	0.18%
12 人	2	0.12%
13 人	1	0.06%
14 人	2	0.12%
17 人	1	0.06%
小計	1663	100%

圖 4-14 為每年不同作者數量之國際合著期刊論文數量分佈情形，因作者數 6 人以上之國際合著期刊論文數量較少，故將作者數 6 人以上之期刊論文數量一併計算。由圖中可發現全部作者人數出版之期刊論文皆呈現成長趨勢，並以 3 人作者為主（共有 12 年出版量第一），其次為 4 人作者（共有 5 年出版量第一），2 人作者數（共共有 3 年出版量第一）。若逐年觀察可發現，1994 年至 2009 年間除了 3 年為 2 人作者數為出版量最多外（1998、1999、2003），都以 3 人作者數國際合著期刊論文出版量最高，但於 2006 年時 4 人作者期刊國際合著期刊論文出版量首次超越 3 人作者國際合著期刊論文出版量，並於 2009 年後成為最主要

的國際合著作者數，5 人作者及 6 人作者數之國際合著期刊論文出版則呈現穩定成長趨勢。整體情形上，所有作者數國際合著期刊論文皆呈現成長趨勢，但 2 人作者數成長較少，顯示軟體工程國際合著合作規模逐漸擴大。

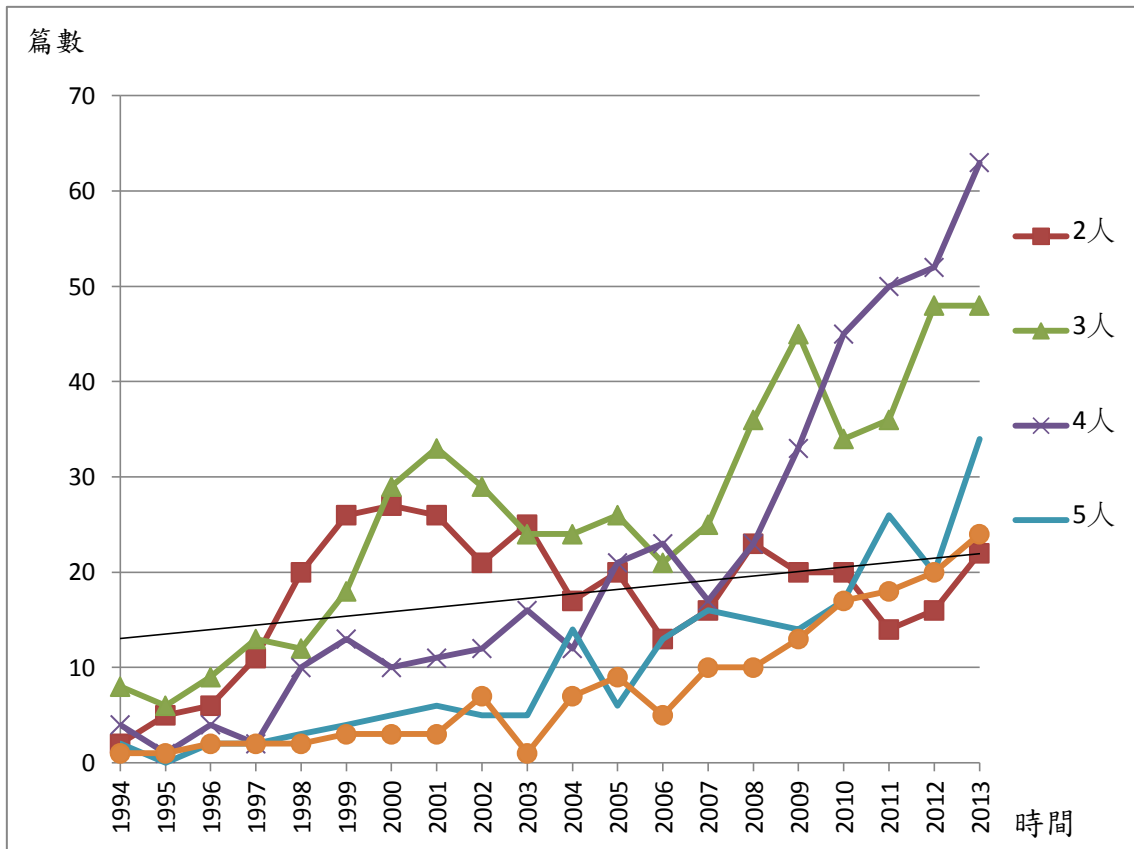


圖 4-14 1994-2013 年之每年不同作者數之國際期刊論文數量分佈

因每年之國際期刊論文出版數量不同，特別是早期每年之期刊論文數量較低，圖 4-15 呈現的是不同作者數量之國際合著期刊論文數量於每年之比例變化情形。由圖中可發現，軟體工程領域國際合著於研究期間以 3 人作者數出版數量最高，而 2 人作者及 3 人作者國際合著比例呈現下降趨勢，4 人、5 人與 6 人以上之作者數呈現成長趨勢，且以 4 人作者數成長最為快速，於 2010 年後取代 3 人作者成為最主要之作者人數，顯示軟體工程國際合著作者數由 3 人轉向 4 人為主，且作者人數呈現增加趨勢。

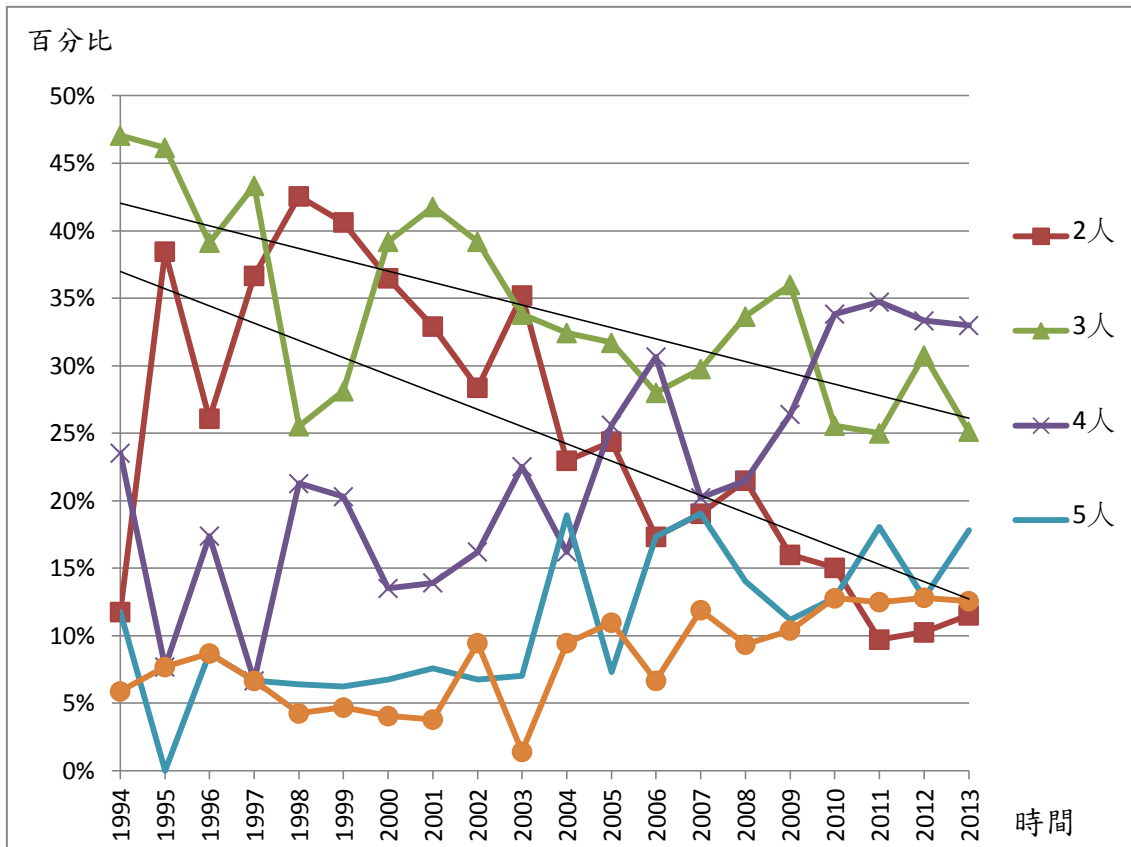


圖 4-15 每年之不同作者數之國際合著期刊論文比例變化情形

### 三、各國家出版之國際合著論文分析

表 4-4 軟體工程領域發表國際期刊論文數量分佈情形，分為國際合著期刊論文滿 20 篇以上之國家，與未滿 20 篇國際合著期刊論文之國家，總計 88 個有出版軟體工程期刊論文之國家中，澳門、波札那、巴貝多、汶萊、塞爾維亞與蒙特內哥羅等 6 個未出版國際合著刊論文，總計共有 83 國參與國際合著期刊論文出版。從表中可發現，各國家國際合著論文出版數量分佈為 0 至 671 篇，國際合著論文篇數最高的為美國（671 篇）、其次英國（325 篇）、加拿大（292 篇）。國際合著比例上，因部份國家文章國際合著期刊論文數過低，扣除未滿 20 篇國際合著期刊論文之國家後，國際合著比例最高之國家為丹麥（62.71%）、愛爾蘭（58.54%）、澳洲（58.00%）。而當中美國國際合著期刊論文為出版量第二高的英國（325 篇）的二倍，但美國國際合著比例卻僅有 25.70%，低於英國的 39.35%，

而國際合著論文數量第三與第四名的加拿大（50.69%）與澳洲（58.00%）國際合著比例也高於美國（25.70%）與英國（39.35%），可見美國國際合著情形較不普遍。當中須特別注意到臺灣的軟體工程領域期刊論文出版量佔了前10名，但是國際合著比例僅有12.39%，顯示臺灣於軟體工程期刊論文發表量雖高，但國際合著程度偏低。前10大國際合著期刊論文國家分佈總共有2國分佈於北美洲（美國、加拿大）、6國分佈於歐洲（英國、義大利、德國、西班牙、法國、荷蘭）、1國為大洋洲（澳洲）、1國為亞洲（中國），顯示軟體工程國際合著期刊論文以西方國家出版為主。

表 4-4 各國國際合著論文產量

國家	期刊論文數量	國際合著論文數量	國際合著論文百分比	國家	期刊論文數量	國際合著論文數量	國際合著論文百分比
國際合著 20 篇以上之國家							
美國	2611	671	25.70%	瑞士	98	54	55.10%
英國	826	325	39.35%	愛爾蘭	82	48	58.54%
加拿大	576	292	50.69%	奧地利	80	44	55.00%
澳洲	400	232	58.00%	希臘	181	43	23.76%
中國	474	228	48.10%	印度	119	40	33.61%
義大利	510	198	38.82%	新加坡	98	37	37.76%
德國	410	182	44.39%	丹麥	59	37	62.71%
西班牙	366	116	31.69%	日本	121	36	29.75%
法國	228	109	47.81%	芬蘭	101	36	35.64%
荷蘭	231	103	44.59%	比利時	79	36	45.57%
南韓	308	91	29.55%	紐西蘭	69	28	40.58%
挪威	187	85	45.45%	以色列	65	23	35.38%
瑞典	209	79	37.80%	土耳其	44	22	50.00%
巴西	172	77	44.77%	阿根廷	39	22	56.41%
臺灣	460	57	12.39%	葡萄牙	38	20	52.63%
接下頁							

國際合著 20 篇以下之國家							
智利	32	18	56.25%	約旦	18	7	38.89%
阿拉伯聯合大公國	23	17	73.91%	賽普勒斯	11	7	63.64%
香港	27	16	59.26%	突尼西亞	8	7	87.50%
盧森堡	17	16	94.12%	委內瑞拉	9	5	55.56%
沙烏地阿拉伯	31	15	48.39%	阿爾及利亞	8	5	62.50%
馬來西亞	30	12	40.00%	泰國	6	5	83.33%
波蘭	36	11	30.56%	塞爾維亞	14	4	28.57%
科威特	24	10	41.67%	烏拉圭	4	4	100.00%
黎巴嫩	15	10	66.67%	埃及	12	3	25.00%
巴基斯坦	17	9	52.94%	阿曼	5	3	60.00%
墨西哥	14	9	64.29%	愛沙尼亞	5	3	60.00%
斯洛維尼亞	32	8	25.00%	俄羅斯	4	3	75.00%
伊朗	20	8	40.00%	羅馬尼亞	4	3	75.00%
匈牙利	16	8	50.00%	冰島	3	3	100.00%
哥倫比亞	8	8	100.00%	古巴	3	3	100.00%
印度尼西亞	3	3	100.00%	千里達及托巴哥	1	1	100.00%
捷克	9	2	22.22%	敘利亞	1	1	100.00%
南非	9	2	22.22%	斐濟	1	1	100.00%
克羅埃西亞	6	2	33.33%	拉脫維亞	1	1	100.00%
南斯拉夫	5	2	40.00%	保加利亞	1	1	100.00%
立陶宛	2	2	100.00%	蘇丹	1	1	100.00%
卡達	2	2	100.00%	塞內加爾	1	1	100.00%
波利維亞	2	2	100.00%	蒙特內哥羅	1	1	100.00%
坦尚尼亞	2	1	50.00%	巴拿馬	1	1	100.00%
奈及利亞	2	1	50.00%	澳門	2	0	0.00%
辛巴威	1	1	100.00%	波札那	1	0	0.00%
孟加拉	1	1	100.00%	巴貝多	1	0	0.00%
厄瓜多	1	1	100.00%	汶萊	1	0	0.00%
列支敦斯登	1	1	100.00%	塞爾維亞與蒙特內哥羅	1	0	0.00%

註：期刊論文數量為該國於軟體工程領域出版之文章數量，國際合著率為該國家出版文章中國際合著文章所佔之比例。



因國家數眾多，故本研究只取國際合著論文數量 100 篇以上之國家進行 1994-2013 年之各年該國家的國際合著論文比例分析，總計共有 10 國，呈現於圖 4-16。從圖中可發現，美國於研究期間內國際合著期刊論文出版量皆為第一，而前 10 大國際合著出版國出版量皆呈現成長趨勢，當中以美國、中國、英國成長情形最為明顯。

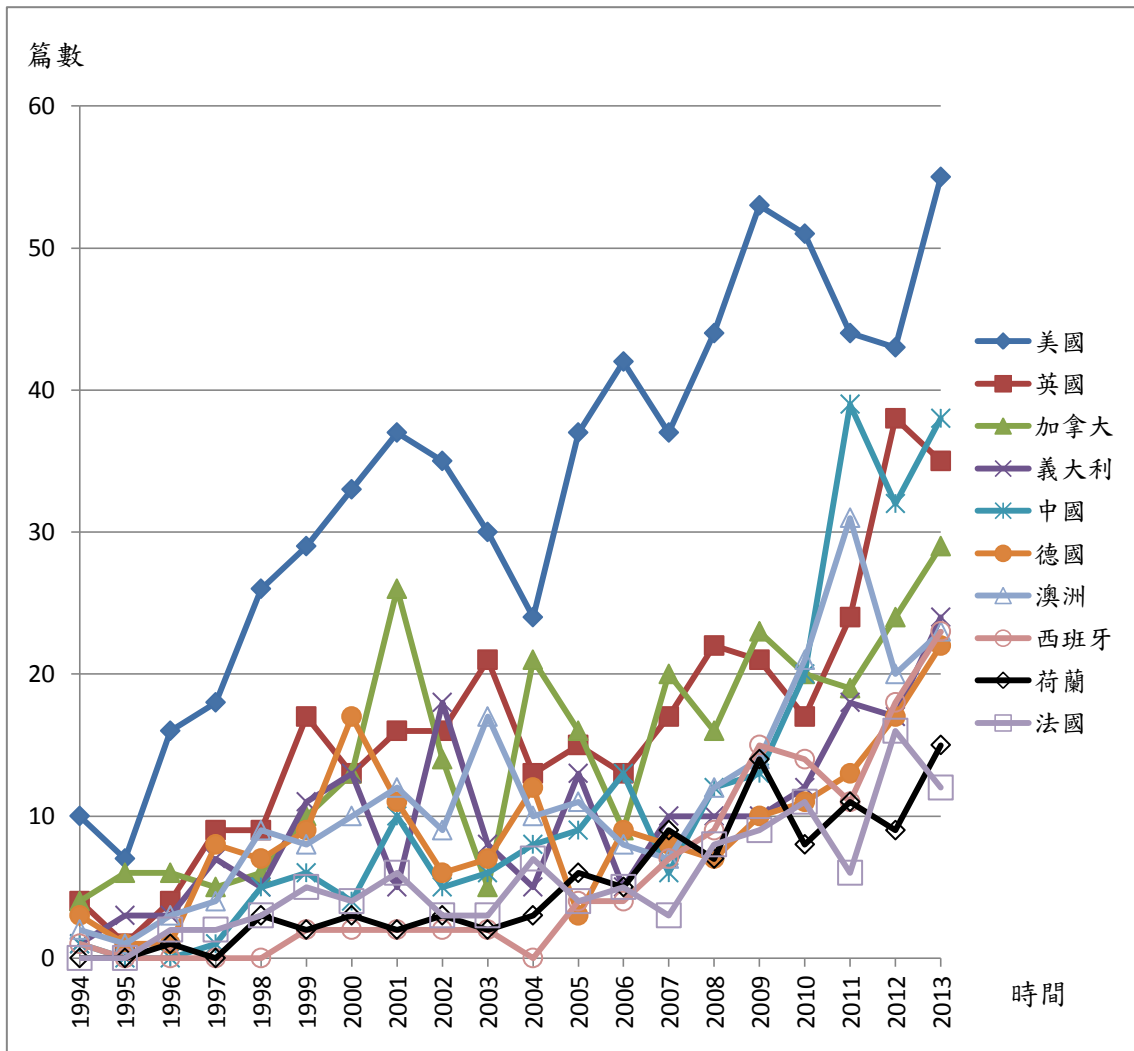


圖 4-16 1994-2013 年國際合著論文產出的前 10 大國家之國際合著論文數量

### 第三節 軟體工程國際合作領導國家

本節以 1994-2013 年間軟體工程領域之國際合著期刊論文為研究對象，透過中心性分析瞭解軟體工程國際合著期刊論文之領導國家；繪製社會網絡圖，瞭解軟體工程世界各國合作情形。

#### 一、軟體工程領導國家

為瞭解軟體工程國際合著論文出版之領導國家，本研究透過中心性測量所得之數值，據以辨識，其中度數代表與該國家有合作關係之國家數；程度中心性值愈高則代表該國與較多國家有合作關係，因其位於網絡中心，代表在合作時有較多之選擇性，不須依賴特定國家；接近中心性愈高則該國能直接與其他國家建立合著關係，不須透過第三者進行媒合，代表該國愈容易與他國合著；中介中心性則是測量該國媒合之能力，數值愈高代表該國能媒合其他二國間的合著關係。

因國家數眾多，故本研究只呈現程度中心性前 30 大國家之中心性，表 4-5 為 1994-2013 年國際合著出版國家之中心性，英國其程度中心性、接近中心性、中介中心性皆為最高，表示英國為軟體工程最核心之國家且媒合其他國家時扮演重要之角色。美國與加拿大二國雖接近中心性接近，但美國程度中心性與中介中心性皆高於加拿大，顯示美國擁有比加拿大較高的影響力與媒合力。澳洲與義大利雖程度中心性與接近中心性皆相等，但澳洲之中介中心性卻高於義大利，顯示澳洲於媒合其他二國的影響力高於義大利。而西班牙雖處程度中心性與接近中心性數值為第 10，但其中介中心性卻為第 4，顯示西班牙期媒合其他二國能力明顯較高。在排序 15 名後之國家媒合其他國家能力較差，但紐西蘭、土耳其與新加坡三國，此三國雖程度中心性與接近中心性較低，但在媒合其他國家方面仍有其影響力。

表 4-5 1994-2013 年前 30 大程度中心性國家之中心性

國家	度數	排名	程度中心性	排名	接近中心性	排名	中介中心性
英國	51	1	58.621	1	18.590	1	21.416
美國	50	2	57.471	2	18.550	2	13.110
加拿大	48	3	55.172	2	18.511	3	11.720
澳洲	36	4	41.379	4	18.012	5	9.347
義大利	36	4	41.379	4	18.012	8	3.984
德國	35	6	40.230	6	17.975	6	4.735
法國	34	7	39.080	7	17.901	9	3.784
中國	29	8	33.333	9	17.611	13	2.640
荷蘭	29	8	33.333	8	17.755	11	3.268
西班牙	28	10	32.184	10	17.540	4	10.715
瑞典	26	11	29.885	12	17.505	10	3.762
瑞士	25	12	28.736	10	17.540	12	3.128
挪威	22	13	25.287	13	17.365	17	1.080
比利時	21	14	24.138	15	17.331	22	0.471
愛爾蘭	21	14	24.138	13	17.365	26	0.218
南韓	19	16	21.839	17	17.160	25	0.272
希臘	17	17	19.540	16	17.296	20	0.563
奧地利	16	18	18.391	17	17.160	36	0.068
巴西	16	18	18.391	19	17.092	31	0.147
芬蘭	16	18	18.391	22	17.025	23	0.462
新加坡	16	18	18.391	19	17.092	15	1.763
丹麥	15	22	17.241	24	16.992	21	0.540
日本	15	22	17.241	22	17.025	18	0.653
紐西蘭	15	22	17.241	19	17.092	7	4.682
印度	13	25	14.943	25	16.926	35	0.093
以色列	13	25	14.943	28	16.828	47	0.022
土耳其	13	25	14.943	32	16.699	16	1.449
阿拉伯聯合大公國	12	28	13.793	27	16.860	19	0.644
智利	11	29	12.644	25	16.926	29	0.166
葡萄牙	11	29	12.644	28	16.828	41	0.050
盧森堡	10	31	11.494	38	16.540	43	0.041
波蘭	10	31	11.494	32	16.699	51	0.008

為瞭解軟體工程領導國家變化情形，本研究以每五年做為區間進行中心性分析，於表 4-6 至 4-9。表 4-6 呈現 1994-1998 年國際合著出版國家之中心性，由表中可發現，於此段時間共有 39 國參與國際合作，當中美國擁有最高之程度中心性、接近中心性與中介中心性，顯示美國為該段期間為最主要之領導國家，其次為澳洲、加拿大、英國、德國，而此段期間須特別注意到瑞典，瑞典其程度中心性以及接近中心性雖只有 8 名與 13 名，但其中介中心性為第 3 名，顯示其媒合其他國家能力明顯高於其他國家。

表 4-6 1994-1998 年國際合著出版國家之中心性

國家	度數	排名	程度中心性	排名	接近中心性	排名	中介中心性
美國	21	1	55.263	1	18.627	1	45.960
澳洲	12	2	31.579	2	17.593	2	21.128
加拿大	11	3	28.947	3	17.512	5	8.084
英國	10	4	26.316	3	17.512	4	8.734
德國	9	5	23.684	5	17.117	6	7.928
義大利	8	6	21.053	5	17.117	7	6.932
香港	5	7	13.158	7	16.964	10	0.379
法國	4	8	10.526	11	16.594	13	0
丹麥	4	8	10.526	8	16.814	11	0.284
瑞典	4	8	10.526	13	16.450	3	9.246
中國	4	8	10.526	9	16.740	9	4.694
希臘	4	8	10.526	11	16.594	13	0
荷蘭	4	8	10.526	16	16.102	8	4.979
日本	3	14	7.895	10	16.667	13	0
巴西	3	14	7.895	15	16.239	12	0.142
以色列	2	16	5.263	16	16.102	13	0
奧地利	2	16	5.263	14	16.309	13	0
南韓	1	18	2.632	18	16.034	13	0
臺灣	1	18	2.632	18	16.034	13	0
西班牙	1	18	2.632	30	14.902	13	0
沙烏地阿拉伯	1	18	2.632	18	16.034	13	0
瑞士	1	18	2.632	18	16.034	13	0

科威特	1	18	2.632	28	15.200	13	0
黎巴嫩	1	18	2.632	18	16.034	13	0
芬蘭	1	18	2.632	24	15.261	13	0
泰國	1	18	2.632	24	15.261	13	0
挪威	1	18	2.632	30	14.902	13	0
愛爾蘭	1	18	2.632	33	14.394	13	0
印度尼西亞	1	18	2.632	18	16.034	13	0
葡萄牙	1	18	2.632	28	15.200	13	0
印度	1	18	2.632	24	15.261	13	0
坦尚尼亞	1	18	2.632	24	15.261	13	0
南斯拉夫	1	18	2.632	32	14.615	13	0
匈牙利	1	18	2.632	35	14.126	13	0
新加坡	1	18	2.632	33	14.394	13	0
比利時	1	18	2.632	36	2.632	13	0
土耳其	1	18	2.632	36	2.632	13	0
阿爾及利亞	1	18	2.632	36	2.632	13	0
塞內加爾	1	18	2.632	36	2.632	13	0

表 4-7 為 1999-2003 年國際合著出版國家之中心性，表中可發現此段期間共有 55 國參與國際合作，當中仍以美國擁有最高之程度中心性、接近中心性與中介中心性，顯示其在此段期間仍為領導國家。而 1999-2003 年間與 1994-1998 年間的前 5 大程度中心性國家仍然相同為，美國、澳洲、加拿大、英國、德國。當中英國與德國之中介中心性偏低，顯示該二國於媒合其他二國的能力較低。義大利與南韓中介中心性高於程度中心性排名，顯示該二國於此時期媒合其他國家的程度高於其他國家。

表 4-7 1999-2003 年國際合著出版國家之中心性

國家	度數	排名	程度中心性	排名	接近中心性	排名	中介中心性
美國	33	1	61.111	1	70.130	1	36.145
澳洲	28	2	51.852	2	62.791	2	25.508
加拿大	24	3	44.444	3	60.674	3	19.075

英國	16	4	29.630	5	53.465	16	1.479
德國	14	5	25.926	6	51.923	14	2.720
義大利	13	6	24.074	7	51.429	5	9.789
香港	13	6	24.074	4	54.000	13	3.678
法國	11	8	20.370	8	50.943	34	0
丹麥	9	9	16.667	9	49.541	7	4.523
瑞典	9	9	16.667	11	47.788	17	1.431
中國	9	9	16.667	10	48.649	19	0.869
希臘	7	12	12.963	13	47.368	33	0.017
荷蘭	7	12	12.963	13	47.368	15	1.584
日本	6	14	11.111	27	44.262	31	0.030
巴西	6	14	11.111	13	47.368	11	3.704
以色列	6	14	11.111	19	45.763	10	3.746
奧地利	6	14	11.111	19	45.763	32	0.020
南韓	5	18	9.259	18	46.154	4	10.692
臺灣	5	18	9.259	19	45.763	34	0
西班牙	5	18	9.259	16	46.552	8	4.257
沙烏地阿拉伯	5	18	9.259	11	47.788	21	0.195
瑞士	5	18	9.259	16	46.552	34	0
科威特	4	23	7.407	19	45.763	34	0
黎巴嫩	4	23	7.407	35	41.221	27	0.050
芬蘭	4	23	7.407	28	43.902	24	0.142
泰國	4	23	7.407	24	45.378	23	0.168
挪威	4	23	7.407	25	45.000	9	3.798
愛爾蘭	4	23	7.407	19	45.763	34	0
印度尼西亞	4	23	7.407	25	45.000	34	0
葡萄牙	3	30	5.556	29	43.548	11	3.704
印度	3	30	5.556	37	38.849	34	0
坦尚尼亞	3	30	5.556	49	32.335	18	1.337
南斯拉夫	2	33	3.704	36	39.416	28	0.045
匈牙利	2	33	3.704	45	36.000	6	7.268
新加坡	2	33	3.704	54	24.658	22	0.174
比利時	2	33	3.704	29	43.548	34	0
土耳其	2	33	3.704	31	42.520	26	0.094
阿爾及利亞	2	33	3.704	43	38.571	34	0

泰國	2	33	3.704	32	41.860	34	0
挪威	2	33	3.704	44	36.242	28	0.045
愛爾蘭	2	33	3.704	54	24.658	34	0
印度尼西亞	2	33	3.704	37	38.849	34	0
葡萄牙	1	43	1.852	50	31.953	34	0
印度	1	43	1.852	46	35.065	34	0
坦尚尼亞	1	43	1.852	48	32.927	25	0.130
南斯拉夫	1	43	1.852	37	38.849	34	0
匈牙利	1	43	1.852	33	41.538	34	0
新加坡	1	43	1.852	53	30.857	30	0.038
比利時	1	43	1.852	33	41.538	20	0.297
土耳其	1	43	1.852	37	38.849	34	0
阿爾及利亞	1	43	1.852	37	38.849	34	0
泰國	1	43	1.852	50	31.953	34	0
挪威	1	43	1.852	47	33.962	34	0
愛爾蘭	1	43	1.852	37	38.849	34	0
印度尼西亞	1	43	1.852	52	31.579	34	0

表 4-8 為 2004-2008 年國際合著出版國家之中心性，表中共有 58 國參與國際合作，當中以美國擁有最高之程度中心性、接近中心性與中介中心性，顯示美國於此段期間為領導國家。但程度中心性前 5 大之國家有些微改變，澳洲程度中心性跌至第 8 名，而義大利成長至第 4 名。西班牙的程度中心性雖僅 12 名，但其中介中心性卻為第 4 名，顯示西班牙於這段期間媒合其他二國能力遠高於程度中心性相近名次國家。

表 4-8 2004-2008 年國際合著出版國家之中心性

國家	度數	排名	程度中心性	排名	接近中心性	排名	中介中心性
美國	35	1	60.345	1	71.605	1	26.561
英國	31	2	53.448	2	67.442	2	22.078
加拿大	30	3	51.724	3	64.444	3	20.222
義大利	20	4	34.483	4	59.794	9	4.332
德國	19	5	32.759	5	57.426	12	2.256

荷蘭	18	6	31.034	6	56.311	8	6.416
法國	17	7	29.310	7	55.769	7	6.808
澳洲	16	8	27.586	8	55.238	5	7.738
比利時	15	9	25.862	9	54.206	13	1.759
中國	14	10	24.138	10	53.704	11	2.539
瑞典	14	10	24.138	11	53.211	14	1.665
西班牙	12	12	20.690	15	50.877	4	10.689
愛爾蘭	11	13	18.966	14	51.327	16	0.641
瑞士	11	13	18.966	15	50.877	23	0.209
挪威	10	15	17.241	12	52.252	6	6.841
以色列	9	16	15.517	13	51.786	18	0.388
巴西	8	17	13.793	24	47.541	32	0.037
南韓	8	17	13.793	15	50.877	17	0.507
希臘	7	19	12.069	22	48.333	28	0.086
波蘭	7	19	12.069	18	49.573	15	0.656
芬蘭	7	19	12.069	19	49.153	29	0.085
葡萄牙	7	19	12.069	23	47.934	22	0.210
阿根廷	6	23	10.345	19	49.153	33	0.010
奧地利	6	23	10.345	27	46.032	19	0.374
日本	6	23	10.345	19	49.153	31	0.047
丹麥	6	23	10.345	30	45.313	10	3.507
阿拉伯聯合大公國	5	27	8.621	26	46.774	21	0.217
智利	4	28	6.897	41	41.727	26	0.115
委內瑞拉	4	28	6.897	27	46.032	24	0.197
臺灣	4	28	6.897	35	44.275	25	0.126
斯洛維尼亞	4	28	6.897	30	45.313	34	0
印度	4	28	6.897	29	45.669	30	0.063
突尼西亞	4	28	6.897	24	47.541	20	0.276
黎巴嫩	3	34	5.172	36	43.284	34	0
新加坡	3	34	5.172	33	44.615	27	0.111
沙烏地阿拉伯	3	34	5.172	33	44.615	34	0
巴基斯坦	2	37	3.448	32	44.961	34	0
泰國	2	37	3.448	42	41.135	34	0



塞爾維亞	2	37	3.448	38	42.336	34	0
俄羅斯	2	37	3.448	54	34.731	34	0
土耳其	2	37	3.448	47	39.726	34	0
愛沙尼亞	2	37	3.448	37	42.647	34	0
賽普勒斯	2	37	3.448	50	37.908	34	0
蒙特內哥羅	2	37	3.448	43	40.845	34	0
立陶宛	2	37	3.448	54	34.731	34	0
盧森堡	1	46	1.724	58	31.351	34	0
匈牙利	1	46	1.724	52	36.025	34	0
蘇丹	1	46	1.724	39	42.029	34	0
阿爾及利亞	1	46	1.724	44	40.559	34	0
厄瓜多	1	46	1.724	48	39.456	34	0
埃及	1	46	1.724	56	33.918	34	0
烏拉圭	1	46	1.724	44	40.559	34	0
約旦	1	46	1.724	56	33.918	34	0
印度尼西亞	1	46	1.724	39	42.029	34	0
科威特	1	46	1.724	44	40.559	34	0
南非	1	46	1.724	48	39.456	34	0
羅馬尼亞	1	46	1.724	51	36.250	34	0
墨西哥	1	46	1.724	53	35.802	34	0

表 4-9 為 2009-2013 年國際合著出版國家之中心性，表中共有 71 國參與國際合作，當中以美國擁有最高之程度中心性、接近中心性，但其中介中心性低於英國，顯示英國擁有最高媒合其他二國的能力，取代美國成為中介中心性第 1 之國家。在程度中心性前 5 大國家方面，澳洲重新返回前 5 大國家，而德國降為第 8 名。當中須注意的是西班牙的中介中心性持續成長至第 3 名，並超越加拿大，顯示媒合其他二國的能力持續成長。

表 4-9 2009-2013 年國際合著出版國家之中心性

國家	度數	排名	程度中心性	排名	接近中心性	排名	中介中心性
美國	41	1	58.571	1	70.707	2	17.838
英國	38	2	54.286	2	68.627	1	17.895
加拿大	38	2	54.286	2	68.627	4	12.323
澳洲	30	4	42.857	4	63.636	5	9.333
義大利	30	4	42.857	4	63.636	8	4.965
法國	29	6	41.429	6	63.063	7	6.493
西班牙	29	6	41.429	7	62.500	3	14.881
德國	27	8	38.571	8	60.870	6	6.615
荷蘭	23	9	32.857	9	59.829	12	2.527
中國	22	10	31.429	13	56.911	15	1.645
瑞士	22	10	31.429	10	58.333	11	4.115
瑞典	21	12	30.000	13	56.911	9	4.613
挪威	20	13	28.571	11	57.377	10	4.340
愛爾蘭	19	14	27.143	11	57.377	18	0.562
奧地利	17	15	24.286	15	55.556	20	0.447
巴西	14	16	20.000	16	54.688	29	0.101
希臘	13	17	18.571	17	53.435	17	0.620
新加坡	13	17	18.571	21	51.095	13	1.861
丹麥	13	17	18.571	18	52.632	19	0.533
南韓	12	20	17.143	24	50.360	23	0.170
印度	11	21	15.714	19	51.852	26	0.132
阿拉伯聯合大公國	10	22	14.286	20	51.471	16	0.958
盧森堡	10	22	14.286	21	51.095	31	0.072
土耳其	10	22	14.286	25	49.645	14	1.848
日本	9	25	12.857	25	49.645	22	0.209
芬蘭	9	25	12.857	33	48.276	27	0.131
比利時	9	25	12.857	27	48.951	32	0.065
伊朗	9	25	12.857	29	48.611	21	0.414
紐西蘭	8	29	11.429	29	48.611	33	0.059
智利	8	29	11.429	29	48.611	25	0.143
臺灣	7	31	10.000	29	48.611	37	0.013
巴基斯坦	7	31	10.000	34	47.619	36	0.044

阿根廷	7	31	10.000	23	50.725	41	0
馬來西亞	7	31	10.000	34	47.619	28	0.125
葡萄牙	7	31	10.000	36	47.297	30	0.075
以色列	6	36	8.571	37	46.98	40	0.006
沙烏地阿 拉伯	6	36	8.571	27	48.951	35	0.051
哥倫比亞	5	38	7.143	41	44.586	34	0.052
墨西哥	5	38	7.143	37	46.980	24	0.150
賽普勒斯	5	38	7.143	39	46.667	41	0
約旦	4	41	5.714	40	46.358	41	0
冰島	4	41	5.714	54	41.176	38	0.012
塞爾維亞	4	41	5.714	44	43.750	39	0.007
愛沙尼亞	4	41	5.714	47	42.945	41	0
波蘭	3	45	4.286	42	44.025	41	0
泰國	2	46	2.857	46	43.21	41	0
突尼西亞	2	46	2.857	54	41.176	41	0
阿爾及利 亞	2	46	2.857	48	42.424	41	0
斐濟	2	46	2.857	69	36.649	41	0
千里達及 托巴哥	2	46	2.857	49	42.169	41	0
拉脫維亞	2	46	2.857	61	40.23	41	0
俄羅斯	2	46	2.857	62	39.548	41	0
烏拉圭	2	46	2.857	53	41.42	41	0
黎巴嫩	2	46	2.857	44	43.75	41	0
匈牙利	2	46	2.857	42	44.025	41	0
捷克	2	46	2.857	50	41.667	41	0
埃及	1	57	1.429	56	40.936	41	0
南非	1	57	1.429	50	41.667	41	0
敘利亞	1	57	1.429	56	40.936	41	0
阿曼	1	57	1.429	56	40.936	41	0
委內瑞拉	1	57	1.429	64	38.674	41	0
斯洛維尼 亞	1	57	1.429	50	41.667	41	0
列支敦斯 登	1	57	1.429	56	40.936	41	0

波利維亞	1	57	1.429	68	37.037	41	0
科威特	1	57	1.429	69	36.649	41	0
羅馬尼亞	1	57	1.429	56	40.936	41	0
孟加拉	1	57	1.429	63	39.106	41	0
巴拿馬	1	57	1.429	64	38.674	41	0
古巴	1	57	1.429	64	38.674	41	0
奈及利亞	1	57	1.429	64	38.674	41	0
克羅埃西亞	1	57	1.429	71	36.458	41	0

觀察此 4 個區間之國際合著網絡圖與中心性可發現，參與國際合著國家數的變化上，1994-1998 年間總計共 39 國、1999-2003 年間總計共 55 國、2004-2008 年間總計共 58 國、2009-2013 年間總計共 71 國，顯示國際合著參與國家有增加的趨勢，使合著之網絡變得較為複雜，而在軟體合著網絡主要核心國家以美國、英國、加拿大三國最為穩定，其次是澳洲、德國、義大利，而美國在三種中心性中僅有 2009-2013 年間之中介中心性位於第 2，其餘皆位居第 1，顯示該國於軟體工程領域位於領導地位。但如以 1994-2013 年間整體觀察，則是以英國為領導地位，主因為於研究期間與英國合作之國家較多，但合作情形較不穩定。美國則是於合作對象穩定，但整體合作國家數量低於英國。

## 二、國家國際合著網絡圖

因中心性無法探討多國間的合作樣貌，本研究使用社會網絡分析軟體 NodelXL 繪製國際合著網絡圖，圖中之節點代表國家，當節點愈大時代表該國國際合著產出愈多，線條則是代表國家與國家的合著情形，線條愈粗代表二國合著的期刊論文篇數愈多。

圖 4-17 為 1994-2013 年全世界軟體工程領域之合著網絡圖，觀察圖中之 84 國之節點可得知美國明顯大於他國，代表美國國際合著期刊論文出版量為全世界最多之國家，觀察線的粗細可發現美國與加拿大二國合著之數量最多。

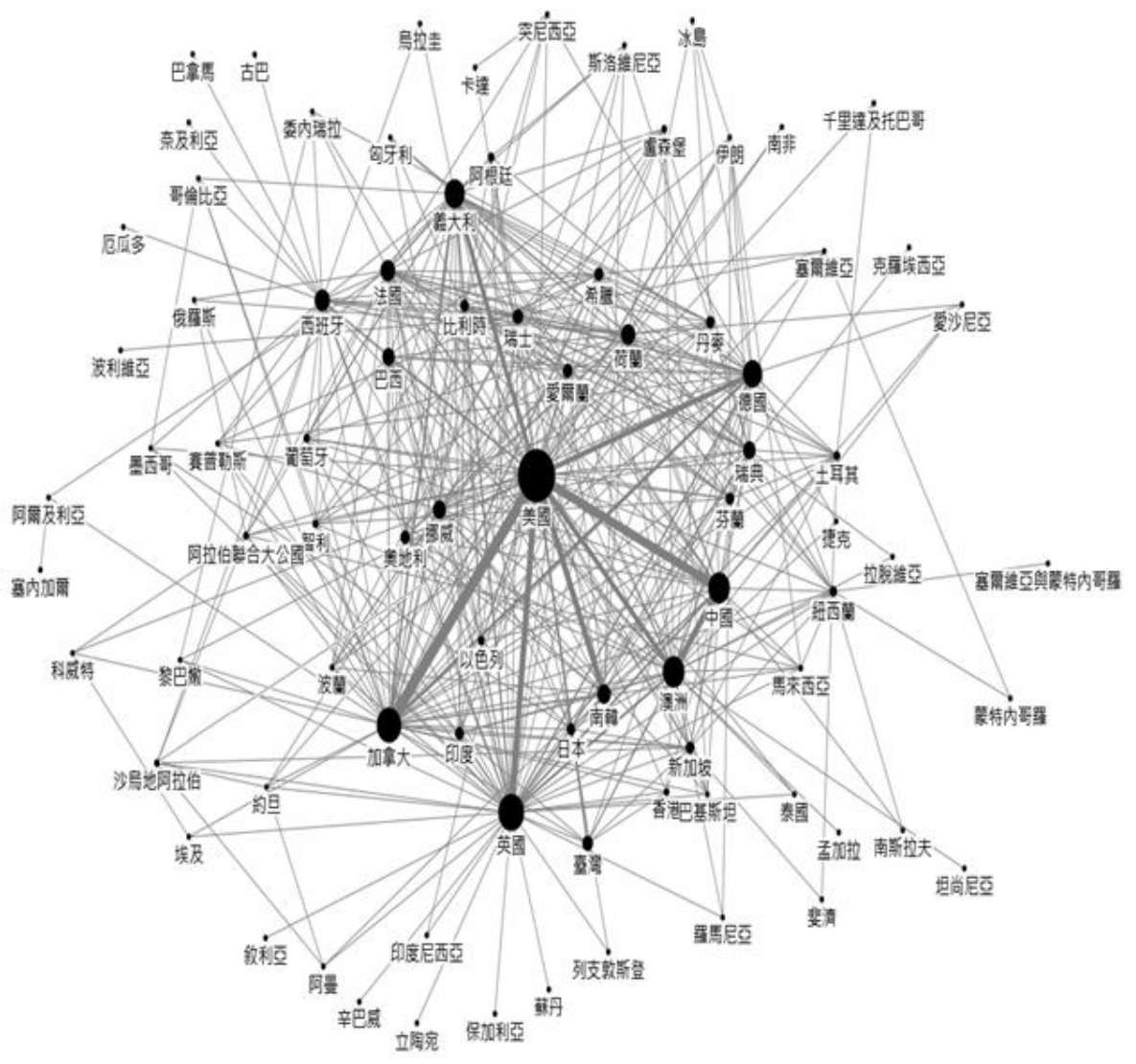


圖 4-17 1994-2013 年世界國際合著網絡圖

在單一節點與其他節點連結情形，由圖中可能無法詳細觀察。因此本研究將 1994-2013 年前 20 大國際合著論文出版國合著網絡於圖 4-18 中呈現，於圖中可發現英國、美國與加拿大與其他國家幾乎都有合作情形。另外，從圖中可發現歐洲國家合著相當頻繁，亞洲國家大多與西方國家合著，整體而言，前 20 大國彼此間的合著情形相當頻繁。

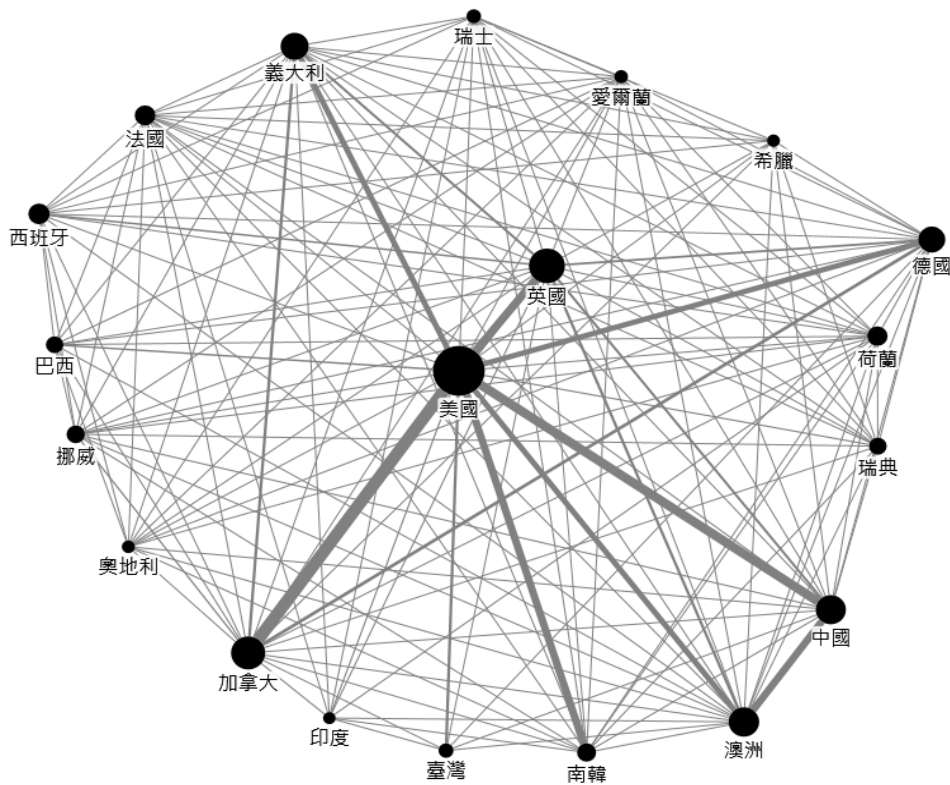


圖 4-18 1994-2013 年前 20 大國際合著國家網絡圖

為呈現軟體工程領域之國際合著網絡變化，本研究將研究範圍之 1994-2013 年間之國際合著網絡圖以每 5 年進行呈現，分別為圖 4-19 至圖 4-22，圖 4-19 中可發現 1994-1998 年間，軟體工程領域國際合著以美國為主，此時期除了英國、澳洲、德國、加拿大外其餘國家合作相互合作現象相當稀少，總計共 39 國參與國際合著。到了 1999-2003 年間（圖 4-20），新增非常多國家節點，總計共有 55 國參與國際合著，與 1994-1998 年相比增加了 16 國，約為 1.41 倍，顯示軟體工程領域合作規模之擴大，同時更多的國家參與國際合著。圖 4-20 為 2004-2008 年間的國際合著網絡圖，總計共 58 國參與國際合著，與前 5 年相比國家數量成長雖少，但由此圖與圖 4-21 相比，可發現節點間的連結變得更多樣且複雜。到了圖 4-22 為 2009-2013 年間的國際合著網絡圖，總計共有 71 國參與國際合著，與前 5 年相比增加了 16 國，成長約 1.29 倍，同時與前 5 年的網絡圖相比，節點

間的連結變得非常複雜，國家間的合著變得非常頻繁，合作對象也更為多樣，顯示軟體工程領域國際合著現象變得更為普遍且熱門。並由從此四張圖觀察出軟體工程領域發展，顯示軟體工程領域合作發展從少數國家逐漸擴大且合作情形變得更為複雜。

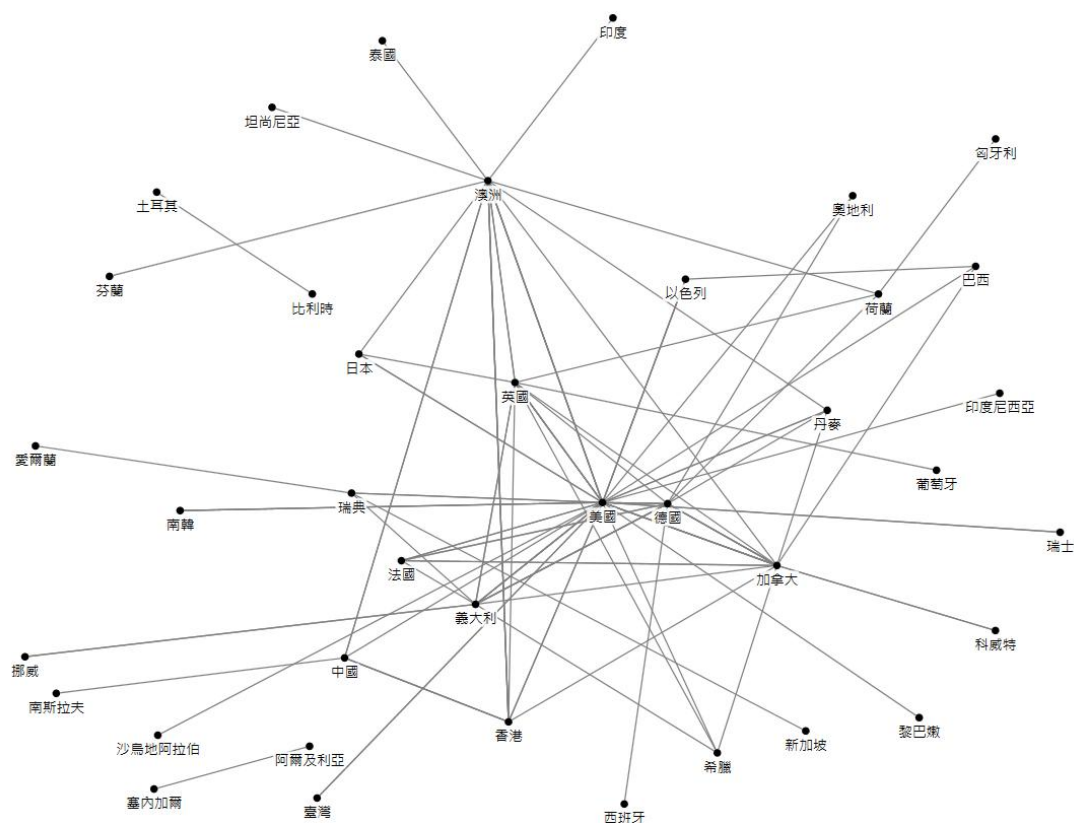


圖 4-19 1994-1998 年國際合著國家網絡圖

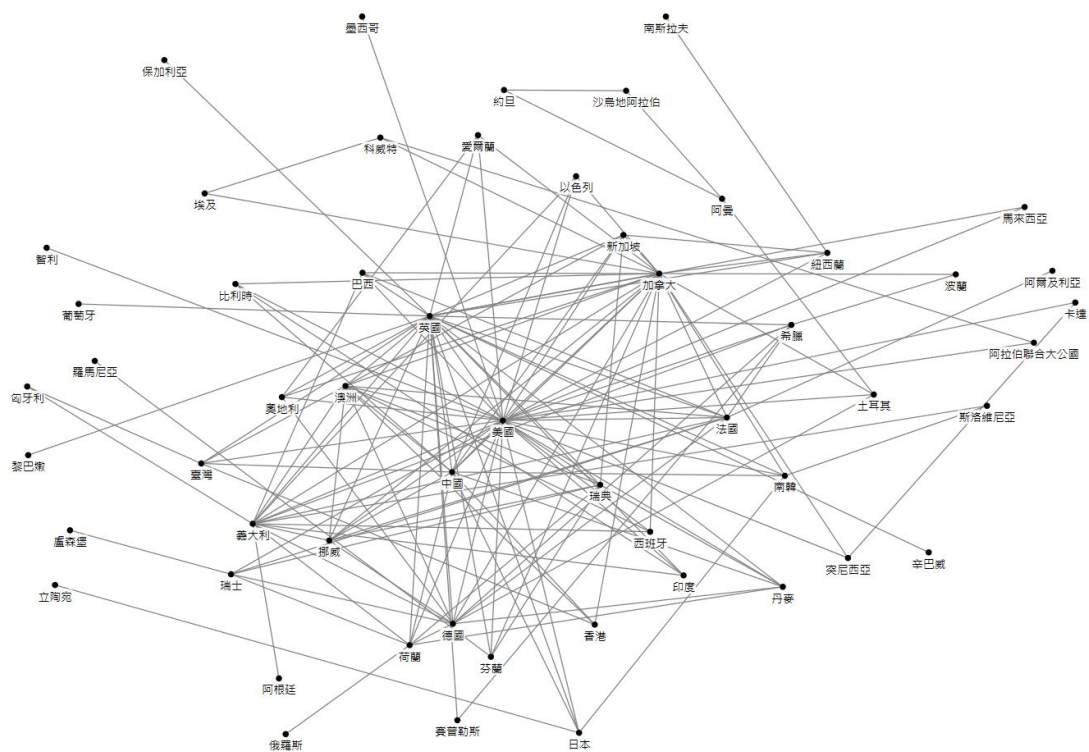


圖 4-20 1999-2003 年國際合著國家網絡圖

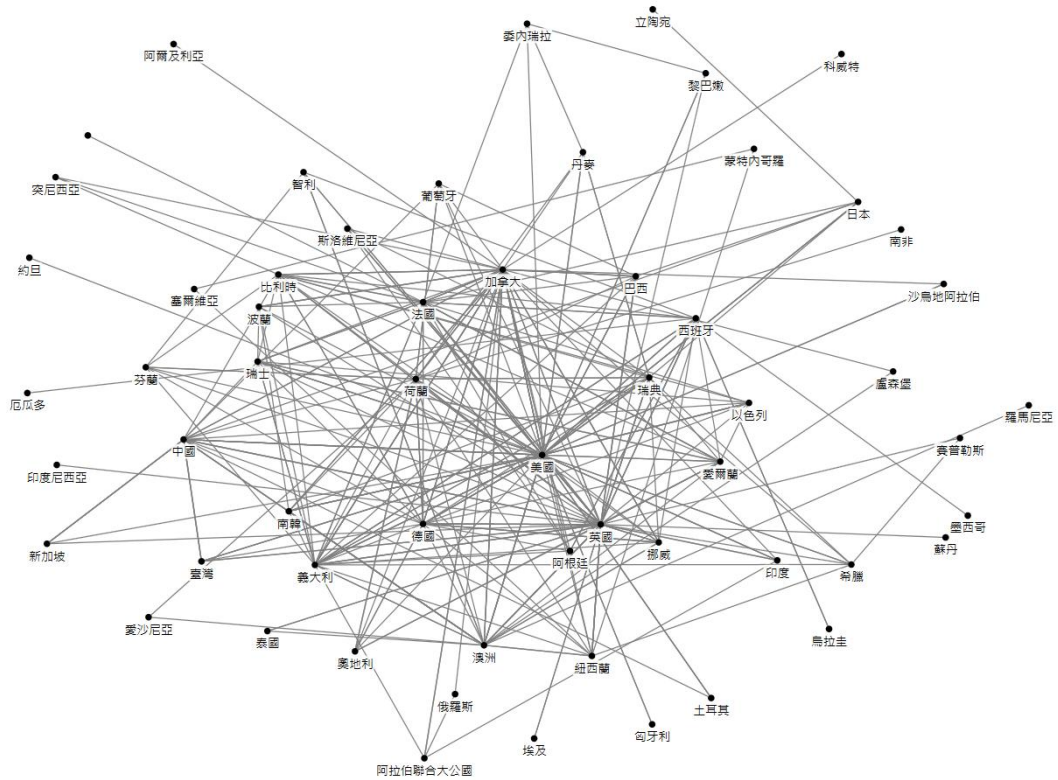


圖 4-21 2004-2008 年國際合著國家網絡圖





國家對。於 21 組國家對中，美國參與的國家對出現次數最多共有 12 組，顯示美國為軟體工程其他國家最主要合作對象，其次為英國（6 組）、第三為加拿大（4 組）。

表 4-10 每年出版量前 21 大國家對

排名	國際合著國家對		二國合著 論文數	百分比
1	美國	加拿大	103	6.19%
2	美國	中國	80	4.81%
3	美國	英國	72	4.33%
4	美國	南韓	67	4.03%
5	澳洲	中國	66	3.97%
6	美國	澳洲	53	3.19%
7	美國	義大利	53	3.19%
8	美國	德國	52	3.13%
9	加拿大	德國	35	2.10%
10	美國	臺灣	32	1.92%
11	加拿大	義大利	32	1.92%
12	英國	澳洲	31	1.86%
13	英國	中國	29	1.74%
14	英國	義大利	29	1.74%
15	英國	德國	27	1.62%
16	美國	巴西	24	1.44%
17	英國	西班牙	24	1.44%
18	加拿大	挪威	22	1.32%
19	美國	瑞典	21	1.26%
20	美國	印度	21	1.26%
21	美國	以色列	21	1.26%

圖 4-23 至圖 4-26 為每年之出版數量前 21 的國家對出版數量曲線圖，並依照出版數量高低共分為 4 組。由圖 4-23 可發現前五大國家對出版量皆呈現成長趨勢，當中以美國與中國成長幅度最高，二國於 2010 年後合作出版數量遽增，

而澳洲與中國之合作關係於 2007-2011 年呈現成長趨勢，並於 2011 年達到高峰後便下降，其餘國家對出版量皆呈現不穩定之趨勢。

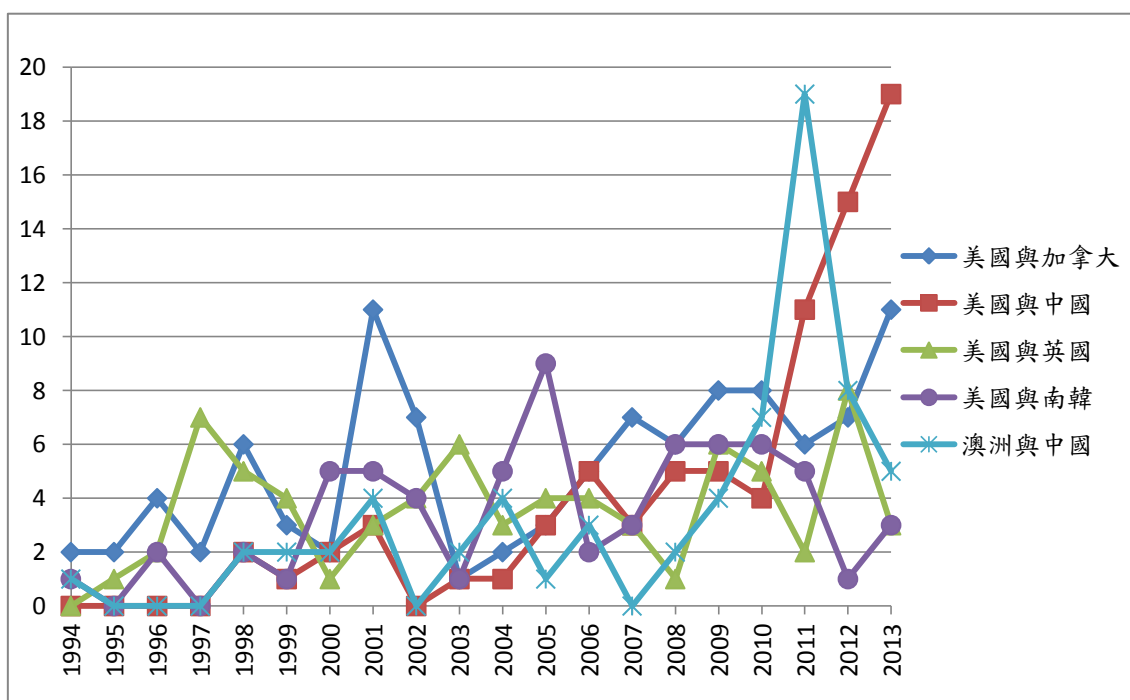


圖 4-23 一至五大國家對各年出版數量

觀察圖 4-24，可發現出版量六至十的國家對中，有 3 組呈現成長趨勢（美國與澳洲、美國與德國、美國與臺灣），2 組呈現下降趨勢（美國與義大利、加拿大與德國），當中以美國與澳洲成長最為明顯，各國家對於各年出版皆呈現波動情形，無一定之趨勢。

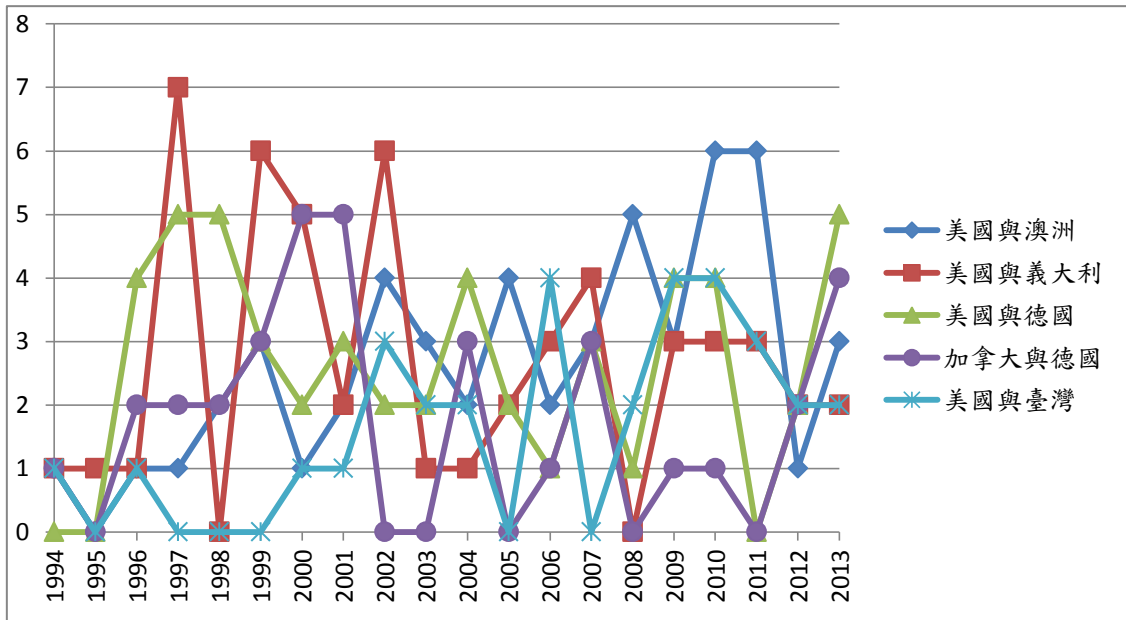


圖 4-24 六至十大國家對各年出版數量

觀察圖 4-25 可發現，出版量十一至十五國家對，各國家對皆呈現成長趨勢，當中以英國與中國成長量最高，各國家對於各年出版皆呈現波動情形，無一定之趨勢。

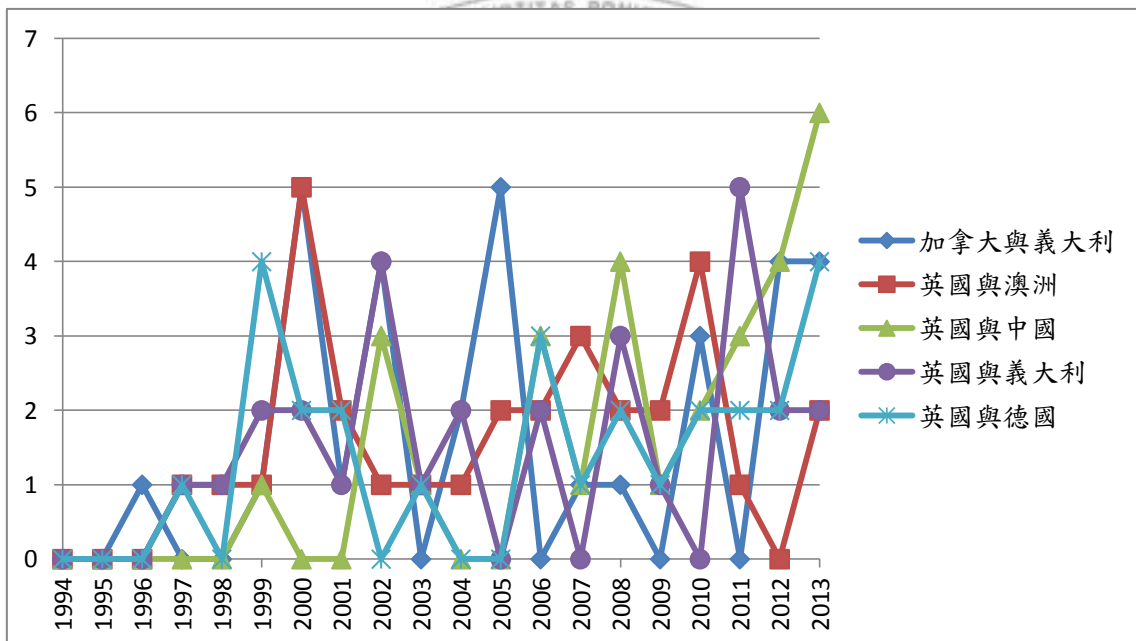


圖 4-25 十一至十五大國家對各年出版數量

觀察圖 4-26 可發現，出版量十六至二十一國家對，除了美國與以色列合作趨勢為下降外，其餘各國家對皆呈現成長趨勢，當中以英國與西班牙成長量最高，各國家於各年出版皆呈現波動情形，無一定之趨勢。

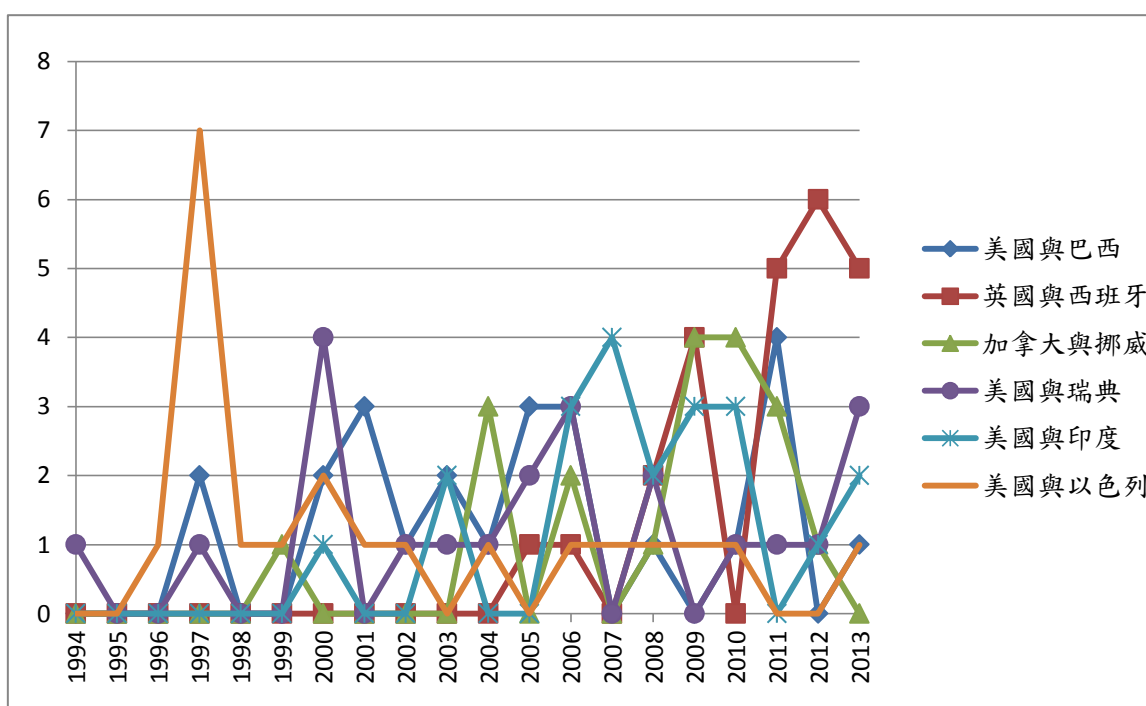


圖 4-26 十六至二十一國家對各年出版數量

#### 四、國家對之科學合作強度比較

因國家對數量眾多，本研究僅呈現前 10 大國際合著出版國彼此之間的科學合作強度（請見表 4-11），並分別使用 Salton Index 與 Jaccard Index 進行測量。由表 4-11 之 Salton Index 結果可發現，與義大利科學合作強度最高之國家為加拿大（義大利=>加拿大），美國與加拿大互為科學合作強度最高之國家（美國<=>加拿大）；英國則與義大利為科學合作強度最高之國家（英國=>義大利），西班牙則與義大利為國際合著強度最高之國家（西班牙=>義大利）；澳洲與中國互為科學合作強度最高之國家（中國<=>澳洲）；荷蘭則與德國為科學合作強度最強之國家（荷蘭=>德國）；德國則與加拿大為國際合作強度最高之國家（德

國=>加拿大)；法國與德國為國際合作強度最高之國家(法國=>德國)。

若以表 4-11 之 Jaccard Index 結果觀察美國科學合作強度最高之國家為加拿大(美國=>加拿大)，義大利科學合作強度最高之國家為加拿大(義大利=>加拿大)，加拿大則與德國互為科學合作強度最高之國家(加拿大<=>德國)；英國科學合作強度最高之國家為澳洲(英國=>澳洲)；澳洲與中國互為科學合作強度最高之國家(中國<=>澳洲)；西班牙則與義大利為科學合作強度最高之國家(西班牙=>義大利)；法國則與德國為科學合作最高之國家(法國=>德國)；荷蘭則與德國為科學合作最高之國家(荷蘭=>德國)。

將二種指標測量結果進行比較後可發現，美國與加拿大、加拿大與德國、義大利與加拿大、中國與澳洲、德國與法國、德國與荷蘭、西班牙與義大利這七組國家對，於二種指標測量結果顯示彼此都互為最高之國家對。且前 10 大高產量國家中，除了中國與西班牙二國無合著情形外，其他國家對皆有合著產出，顯示高產量國家的合作密切。

表 4-11 前 10 大高產量國家國際合作強度 (Salton Index 與 Jaccard Index)

Jaccard Salton	美國	英國	加拿大	澳洲	中國	義大利	德國	西班牙	法國	荷蘭
美國		0.0214	0.0334	0.0179	0.0266	0.0173	0.0175	0.0047	0.0067	0.0057
英國	<b>0.0490</b>		0.013	0.0259	0.0228	0.0222	0.0223	0.0205	0.0135	0.0105
加拿大	<b>0.0840</b>	<b>0.0261</b>		0.0104	0.0125	0.0304	0.0368	0.0086	0.0152	0.0100
澳洲	<b>0.0459</b>	<b>0.0478</b>	<b>0.0185</b>		0.0817	0.0134	0.0138	0.0052	0.0113	0.0194
中國	<b>0.0719</b>	<b>0.0463</b>	<b>0.0249</b>	<b>0.1342</b>		0.0010	0.0057	0	0.0014	0.0071
義大利	<b>0.0512</b>	<b>0.0498</b>	<b>0.0658</b>	<b>0.0262</b>	<b>0.0023</b>		0.0177	0.0222	0.0193	0.0151
德國	<b>0.0509</b>	<b>0.0470</b>	<b>0.0729</b>	<b>0.0244</b>	<b>0.0115</b>	<b>0.0395</b>		0.0078	0.0257	0.0240
西班牙	<b>0.0143</b>	<b>0.0436</b>	<b>0.0174</b>	<b>0.0093</b>	<b>0</b>	<b>0.0490</b>	<b>0.0157</b>		0.0119	0.0034
法國	<b>0.0245</b>	<b>0.0252</b>	<b>0.0329</b>	<b>0.0204</b>	<b>0.003</b>	<b>0.0455</b>	<b>0.0526</b>	<b>0.0241</b>		0.0066
荷蘭	<b>0.0207</b>	<b>0.0323</b>	<b>0.0221</b>	<b>0.0352</b>	<b>0.0152</b>	<b>0.036</b>	<b>0.0497</b>	<b>0.0069</b>	<b>0.0131</b>	

表 4-12 與 4-13 為透過表 4-11 測量結果，分別以 Salton Index 與 Jaccard Index 數值高低進行排序，表 4-12 之 Salton Index 測量結果顯示中國與澳洲合作強度為最高 (0.1342)，其次為美國與加拿大 (0.0840)、加拿大與德國 (0.0729)、美國與中國 (0.0719)、加拿大與義大利 (0.0658)。表 4-13 之 Jaccard Index 測量結果顯示中國與澳洲合作強度最高(0.0817)，其次是加拿大與德國(0.0368)、美國與加拿大 (0.0334)、加拿大與義大利 (0.0304)、美國與中國 (0.0266)。若比較二組之組合可發現，二種指標測量前 5 名之國家組合皆相同，僅有數值名次不同。而在前 10 大高產量國家組合 Salton Index 平均值約為 0.3633，Jaccard Index 平均值為 0.1681，Salton Index 約為 Jaccard Index 的 2.1620 倍。

表 4-12 前 10 大高產量國家國際合作強度排名 (Salton Index)

排名	國家組合	國際合著強度	排名	國家組合	國際合著強度
1	澳洲與中國	0.1342	24	澳洲與義大利	0.0262
2	美國與加拿大	0.0840	25	英國與加拿大	0.0261
3	加拿大與德國	0.0729	26	英國與法國	0.0252
4	美國與中國	0.0719	27	加拿大與中國	0.0249
5	加拿大與義大利	0.0658	28	美國與法國	0.0245
6	德國與法國	0.0526	29	澳洲與德國	0.0244
7	美國與義大利	0.0512	30	西班牙與法國	0.0241
8	美國與德國	0.0509	31	加拿大與荷蘭	0.0221
9	英國與義大利	0.0498	32	美國與荷蘭	0.0207
10	德國與荷蘭	0.0497	33	澳洲與法國	0.0204
11	義大利與西班牙	0.0490	34	加拿大與澳洲	0.0185
12	美國與英國	0.0490	35	加拿大與西班牙	0.0174
13	英國與澳洲	0.0478	36	德國與西班牙	0.0157
14	英國與德國	0.0470	37	中國與荷蘭	0.0152
15	英國與中國	0.0463	38	美國與西班牙	0.0143
16	美國與澳洲	0.0459	39	法國與荷蘭	0.0131
17	義大利與法國	0.0455	40	中國與德國	0.0115
18	英國與西班牙	0.0436	41	澳洲與西班牙	0.0093

19	義大利與德國	0.0395	42	西班牙與荷蘭	0.0069
20	義大利與荷蘭	0.0360	43	中國與法國	0.0030
21	澳洲與荷蘭	0.0352	44	中國與義大利	0.0023
22	加拿大與法國	0.0329	45	中國與西班牙	0.0000
23	英國與荷蘭	0.0323			

表 4-13 前 10 大高產量國家國際合作強度排名 (Jaccard Index)

排名	國家組合	國際合著強度	排名	國家組合	國際合著強度
1	澳洲與中國	0.0817	24	英國與法國	0.0135
2	加拿大與德國	0.0368	25	澳洲與義大利	0.0134
3	美國與加拿大	0.0334	26	英國與加拿大	0.0130
4	加拿大與義大利	0.0304	27	加拿大與中國	0.0125
5	美國與中國	0.0266	28	西班牙與法國	0.0119
6	英國與澳洲	0.0259	29	澳洲與法國	0.0113
7	德國與法國	0.0257	30	英國與荷蘭	0.0105
8	德國與荷蘭	0.0240	31	加拿大與澳洲	0.0104
9	英國與中國	0.0228	32	加拿大與荷蘭	0.0100
10	英國與德國	0.0223	33	加拿大與西班牙	0.0086
11	英國與義大利	0.0222	34	德國與西班牙	0.0078
12	義大利與西班牙	0.0222	35	中國與荷蘭	0.0071
13	美國與英國	0.0214	36	美國與法國	0.0067
14	英國與西班牙	0.0205	37	法國與荷蘭	0.0066
15	澳洲與荷蘭	0.0194	38	中國與德國	0.0057
16	義大利與法國	0.0193	39	美國與荷蘭	0.0057
17	美國與澳洲	0.0179	40	澳洲與西班牙	0.0052
18	義大利與德國	0.0177	41	美國與西班牙	0.0047
19	美國與德國	0.0175	42	西班牙與荷蘭	0.0034
20	美國與義大利	0.0173	43	中國與法國	0.0014
21	加拿大與法國	0.0152	44	中國與義大利	0.0010
22	義大利與荷蘭	0.0151	45	中國與西班牙	0.0000
23	澳洲與德國	0.0138			



圖 4-27 與圖 4-28 為表 4-13 中國際合著強度前 10 名之國家對各年的 Salton Index 與 Jaccard index 數值(依 Salton Index 排序),由圖 4-26 可以發現 Salton index 最高點為 1998 年德國與法國合著 (0.4714), 其次是 2011 年澳洲與中國合著 (0.3930)、1996 年德國與法國合著(0.3333)、1997 年美國與義大利合著(0.3169)、1997 年英國與義大利合著 (0.2652)。由圖 4-27 結果可發現 Jaccard index 最高點為 2011 年澳洲與中國合著(0.2405), 其次是 2004 年澳洲與中國合著(0.1212)、1998 年德國與法國合著 (0.1176)、1996 年德國與法國合著 (0.1111)、2001 年澳洲與中國合著 (0.1081)。二種國際合著指標測量於 1994-2013 年間前 5 名有 1998 年德國與法國合著、2011 年澳洲與中國合著、1996 年德國與法國三個組合排名雖不同, 但皆出現於二種指標測量中。

進一步觀察圖 4-27 的 Salton Index 國際合著強度趨勢可發現, 1994-2013 年前 10 大國家對國際合著強度變化幅度相當大, 且無一定規則存在。如觀察圖 4-28 之 Jaccard Index 國際合著強度趨勢也可發現, 其與 Salton Index 相同無一定規則, 顯示前 10 大國際合著組合國際合著強度呈現波動之趨勢, 但其變化幅度小於 Salton Index。

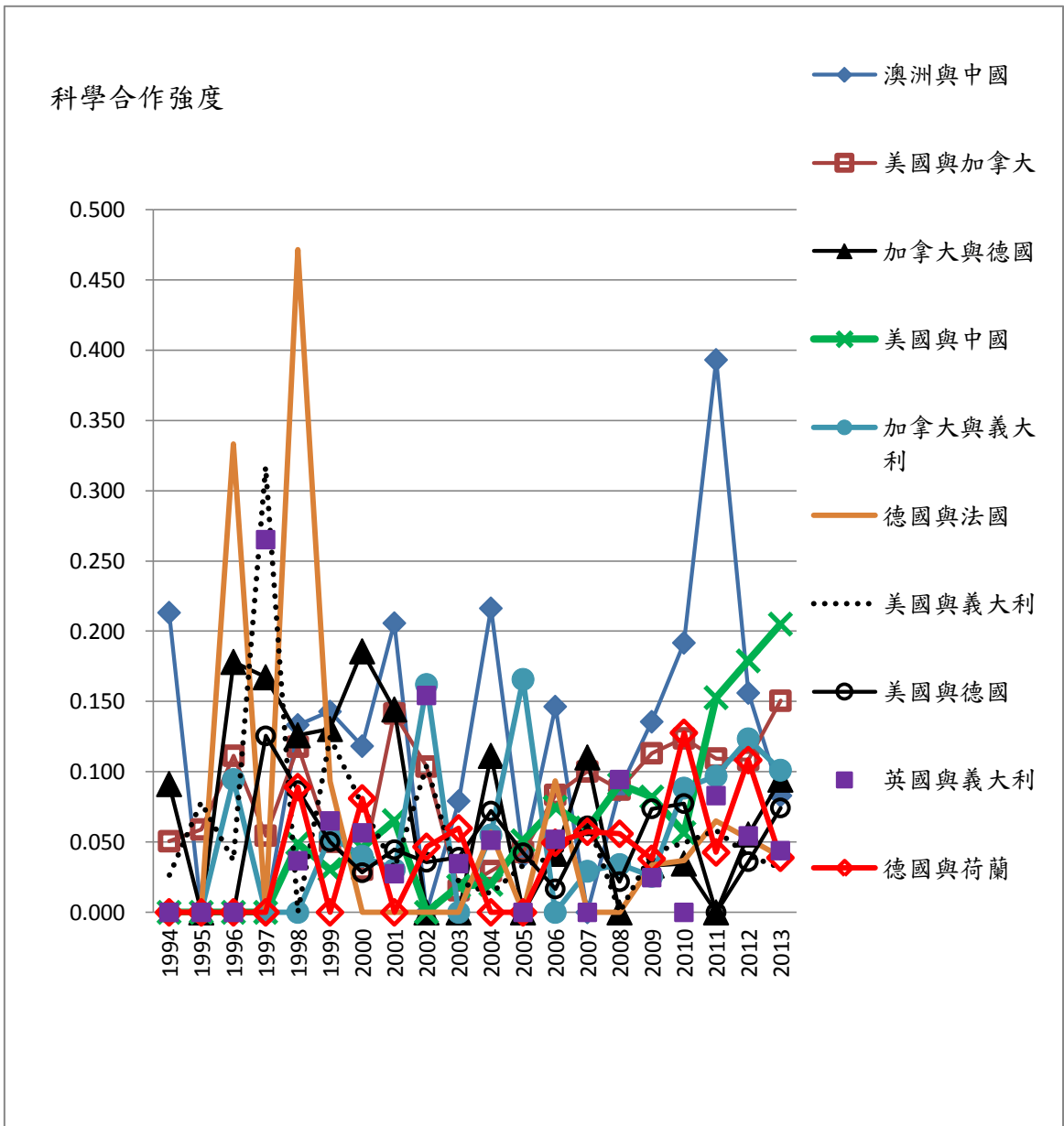


圖 4-27 每年之前 10 大國際合著國家對國際合作強度 (Salton Index)

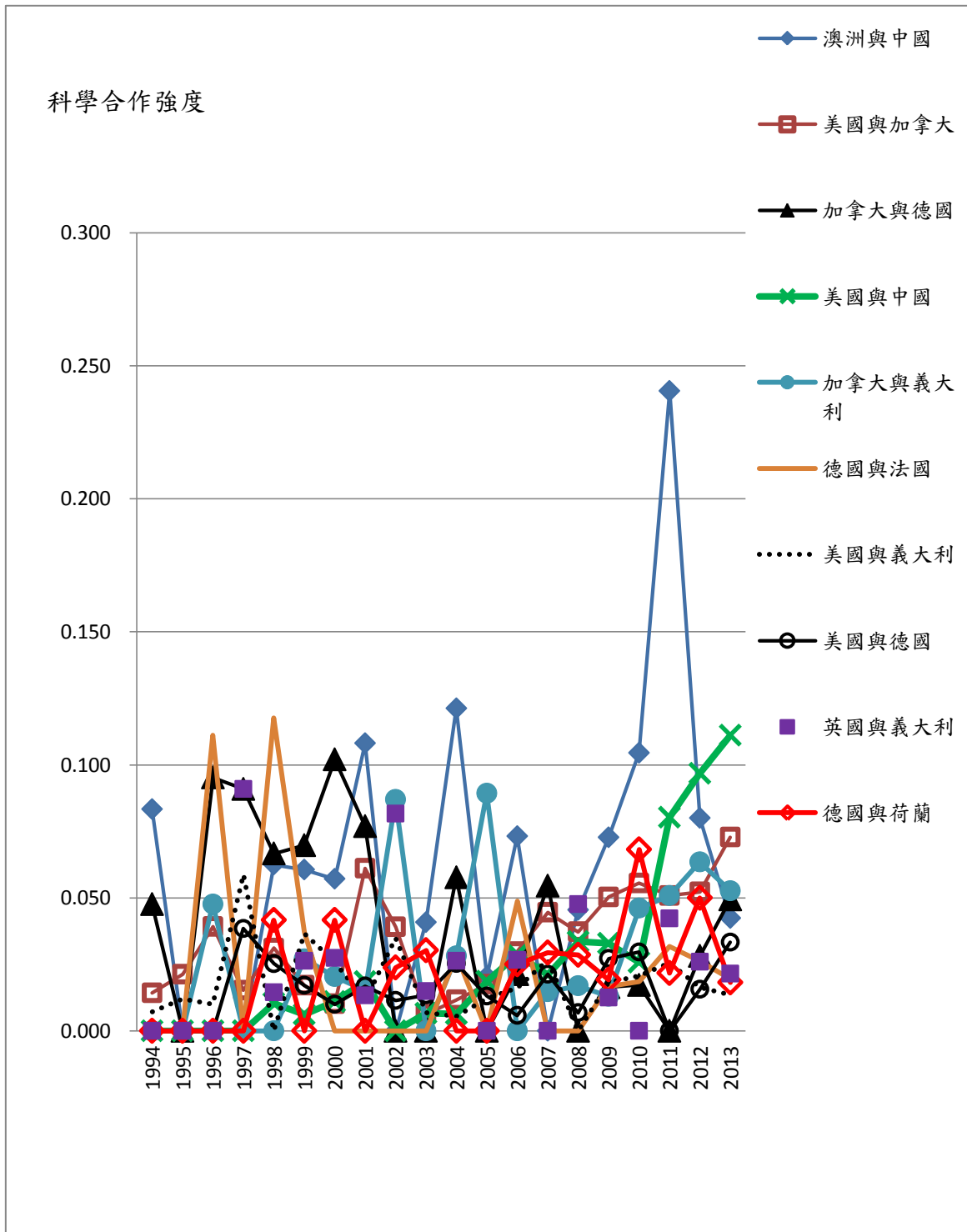


圖 4-28 每年之前 10 大國際合著國家對國際合作強度 (Jaccard Index)

本研究為進一步探討上述二結果指標之差異，使用皮爾森相關性分析 (Pearson Correlation) 將前 10 大高產量國家國際合作強度進行相關性分析，其

數值為 0.9595，顯示 Salton Index 與 Jaccard Index 呈現正相關，代表此二指標關聯性相當高，因此無論使用 Salton Index 與 Jaccard Index 測量科學合作強度，其結果皆會相當接近。

## 第五節 軟體工程國際合著之領導機構及機構間的合作情形

本節以 1994-2013 年間軟體工程領域之國際合著期刊論文為研究對象，依序分析軟體工程領域期間內每年之機構出版期刊論文與國際合著期刊論文數量；繪製社會網絡圖，瞭解機構間合作情形；將機構國際合著分至機構對，並計算機構合作強度，瞭解機構間的主要合作情形。

### 一、機構國際合著論文分析

於 1994-2013 年間於軟體工程領域出版論文之機構總計共有 2,125 個，因機構數量眾多，故表 4-14 呈現前 30 大國際合著論文出版之機構，其中國際合著出版量最高之機構為 Fraunhofer Center for Experimental Software Engineering，國際合著論文出版為 57 篇；排名第二及第三的 The University of Maryland 與 Swinburne University of Technology，國際合著論文為 51 篇；第四與第五則是 IBM (The International Business Machines Corporation) 與 University of New South Wales 國際合著論文數量為 43 篇。前 30 大國際合著出版機構分佈在 14 個國家其中以美國 7 個機構最多；其次是英國與加拿大各有 4 個；澳洲與中國和挪威各有 3 個；義大利 2 個；臺灣、德國、荷蘭、西班牙、愛爾蘭、新加坡、法國皆為一個，顯示機構的國際合著以美國為主。而在前 30 大國際合著機構中，除了 IBM、Microsoft Research 屬於非學術機構，其餘皆為學術機構。

在機構與他國機構合作比例上，以 Fraunhofer Center for Experimental Software Engineering 比例最高(82.61%)，其次為 École Polytechnique(79.17%)，University of Limerick(75.76%)、Swinburne University of Technology(72.86%)、

Lancaster University (65.38%)、National Taiwan University (63.64%)。The University of Maryland 國際合著發表篇數雖最多，但國際合著比例僅有 37.50%，可得知高產量之機構其國際合著比例，並不一定高。國際合著比例高於 50% 的機構國家分佈情形為澳洲、美國、加拿大各有 3 個機構；英國為 2 個機構；臺灣、法國、愛爾蘭、德國、荷蘭皆為 1 個機構，其中需特別注意到臺灣，該國整體國際合著比例僅只有 12.39%，但國立臺灣大學國際合著論文比例在全世界機構中為第 6 名。

表 4-14 1994-2013 年前 30 名國際合著論文出版之機構

序號	機構英文名稱	所屬國家	期刊論文數	國際合著論文數	國際合著論文比例
1	Fraunhofer Center for Experimental Software Engineering	德國	69	57	82.61%
2	The University of Maryland	美國	136	51	37.50%
3	Swinburne University of Technology	澳洲	70	51	72.86%
4	The International Business Machines Corporation (IBM)	美國	79	43	54.43%
5	University of New South Wales	澳洲	66	43	65.15%
6	City University of Hong Kong	中國	84	35	41.67%
7	The University of Texas at Austin	美國	74	33	44.59%
8	Carleton University	加拿大	54	32	59.26%
9	University of Waterloo	加拿大	55	31	56.36%
10	Simula Research Laboratory	挪威	75	29	38.67%
11	University of Oslo	挪威	62	27	43.55%
12	Carnegie Mellon University	美國	111	26	23.42%

13	Polytechnic University of Milan	義大利	64	25	39.06%
14	University of Limerick	愛爾蘭	33	25	75.76%
15	University of Technology, Sydney	澳洲	47	24	51.06%
16	Brunel University London	英國	49	23	46.94%
17	National University of Singapore	新加坡	58	22	37.93%
18	Hong Kong Polytechnic University	中國	55	22	40.00%
19	University of Colorado	美國	61	22	36.07%
20	The University of British Columbia	加拿大	40	22	55.00%
21	Eindhoven University of Technology	荷蘭	42	21	50.00%
22	National Taiwan University	臺灣	33	21	63.64%
23	Blekinge Institute of Technology	瑞典	57	19	33.33%
24	University of Castilla-La Mancha	西班牙	44	19	43.18%
25	Massachusetts Institute of Technology (MIT)	美國	37	19	51.35%
26	École Polytechnique	法國	24	19	79.17%
27	University of Calgary	加拿大	41	18	43.90%
28	University of Sannio	義大利	40	17	42.50%
29	The Open University	英國	38	17	44.74%
30	The University of Hong Kong	中國	39	17	43.59%
31	Microsoft Research	美國	31	17	54.84%
32	Norwegian University of Science and Technology	挪威	35	17	48.57%
33	Imperial College London	英國	29	17	58.62%
34	Lancaster University	英國	26	17	65.38%

圖 4-29 與圖 4-30 為軟體工程國際合著期刊論文出版量前 10 之機構每年的國際合著論文數量。由圖 4-29 可發現，國際合著出版量前五大機構中，有 3 個機構出版量呈現成長趨勢（Swinburne University of Technology、IBM、University of New South Wales），2 個機構呈現下降趨勢（Fraunhofer Center for Experimental Software Engineering、The University of Maryland），以 Swinburne University of Technology 成長趨勢最高。若逐年觀察可發現，除了 IBM 與 University of New South Wales 每年出版量變化較小外，其餘機構各年出版趨勢皆呈現波動趨勢。

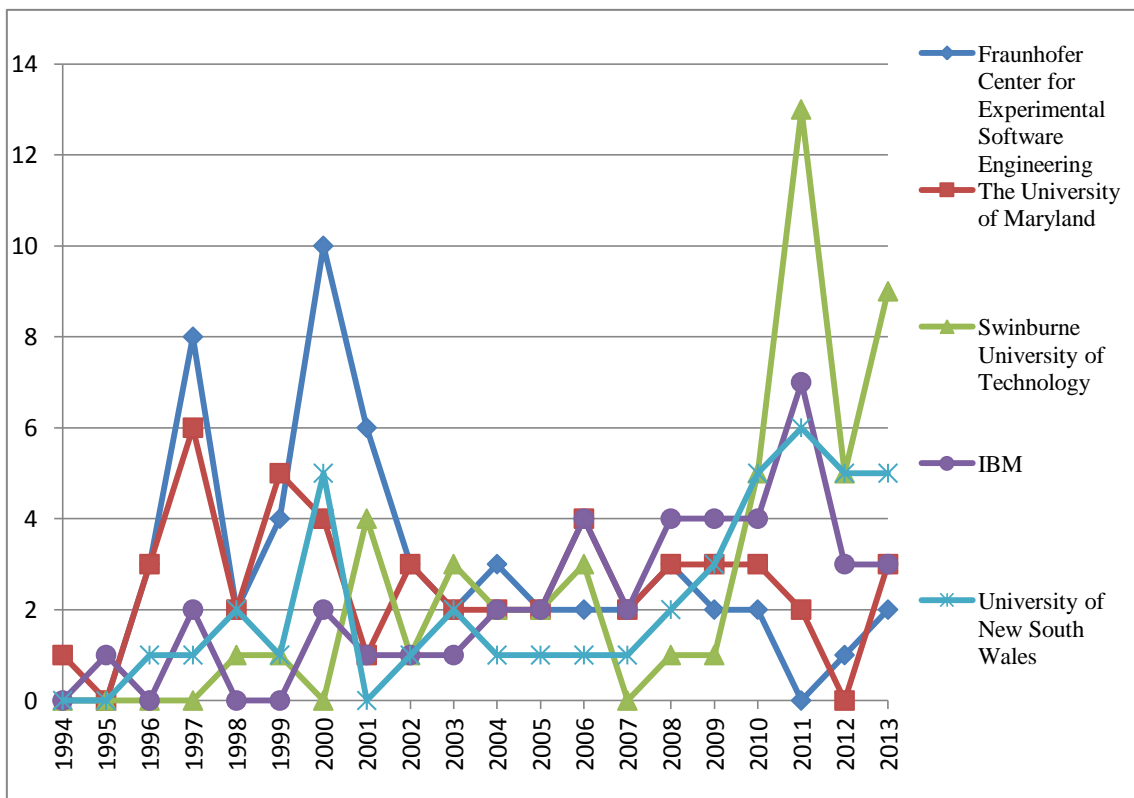


圖 4-29 國際合著前五大機構機構國際合著出版量

由圖 4-30 可發現，國際合著出版量第六至第十大機構中，全部機構出版量呈現成長趨勢，以 Carleton University 成長趨勢最高。若逐年觀察可發現，各機構於各年出版趨勢皆呈現波動情形。

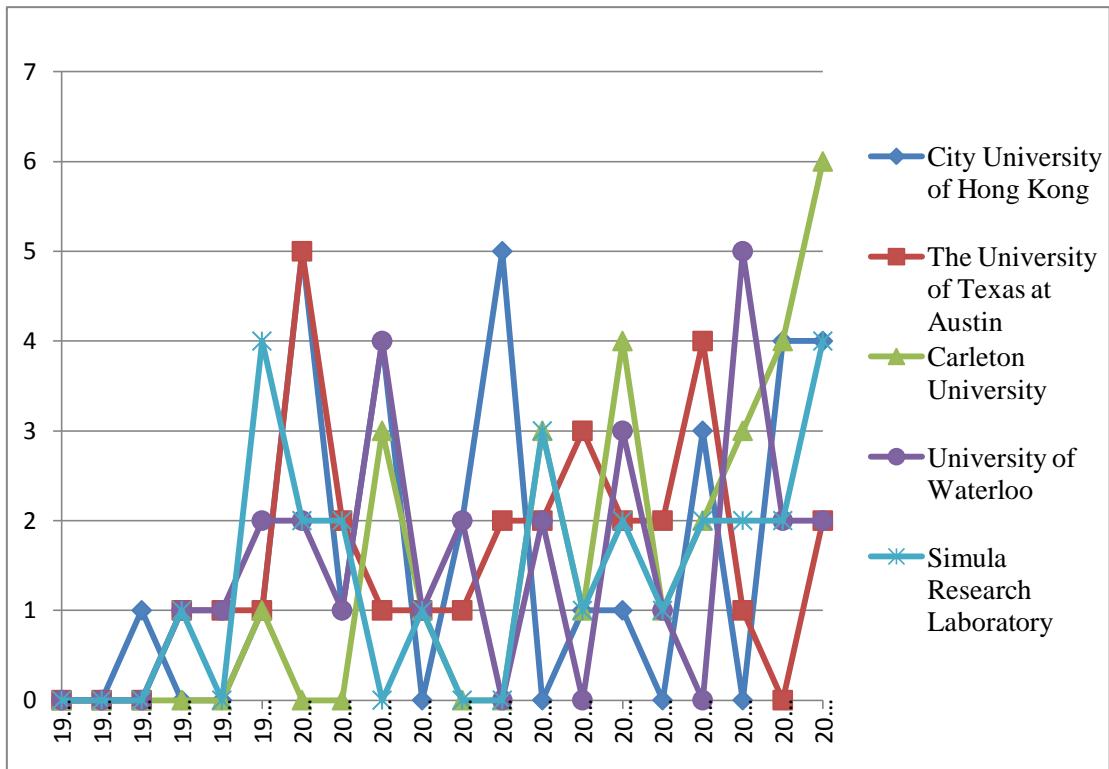


圖 4-30 國際合著出版量前 6 至 10 大機構國際合著出版量

圖 4-31 與圖 4-32 為軟體工程領域機構國際合著比例，從圖中可發現軟體工程領域前 10 大機構國際合著比例介於 0% 至 100%，國際合著比例皆呈現成長趨勢，當中以 Swinburne University of Technology 成長情形最為明顯，其次為 Carleton University，如逐年觀察可發現，機構於各年國際合著比例呈現大幅波動情形，可能因機構對出版量較低，因而出現此情形。



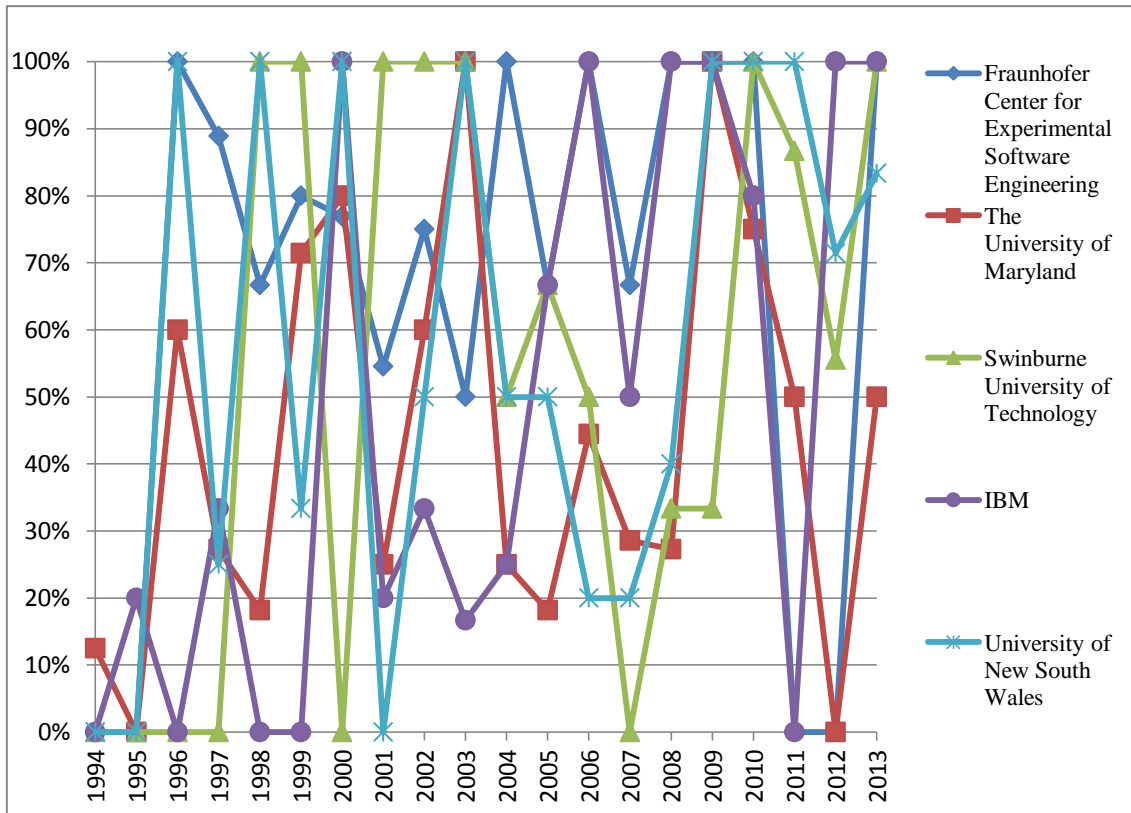


圖 4-31 國際合著前五大機構機構國際合著比例

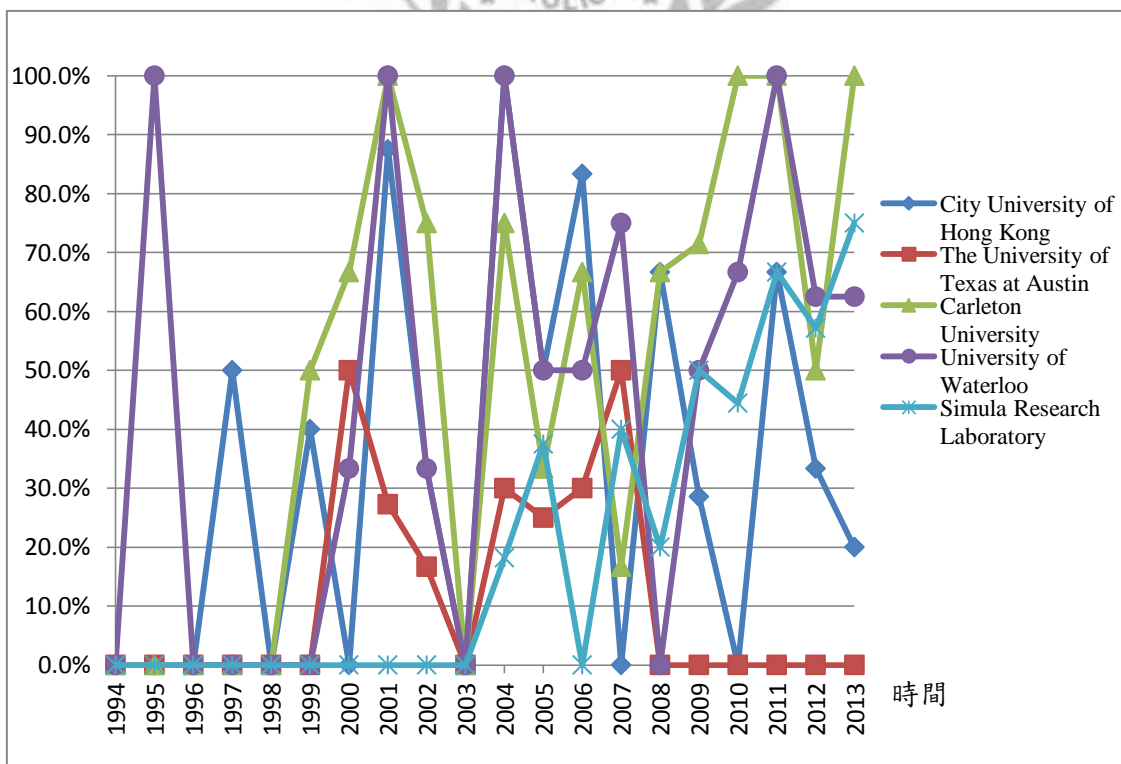


圖 4-32 國際合著前 6 至 10 大機構國際合著比例



為進一步瞭解 30 大機構在國際合作間所扮演之角色，表 4-15 為前 30 大國際合著論文出版機構間的中心性，並以程度中心性進行排序，由表中可發現，The University of Maryland 程度中心性、接近中心性、中介中心性皆為最高，表示 The University of Maryland 為軟體工程領域核心機構且媒合其他二個機構時扮演重要之角色。The University of Texas at Austin 雖程度中心性高於 Swinburne University of Technology，但其接近中心性略低於 Swinburne University of Technology，顯示 Swinburne University of Technology 較易取得合作關係。Swinburne University of Technology 與 Carleton University 雖程度中心性相同，但 Swinburne University of Technology 的接近中心性與中介中心性皆低於 Carleton University，顯示 Carleton University 擁有比 Swinburne University of Technology 容易取得合作關係與媒合其他機構之能力。Fraunhofer Center for Experimental Software Engineering 雖程度中心性不高，但其接近中心性為 51.67，顯示其較易與其他機構取得合作關係。The University of British Columbia 雖程度中心性與接近中心性不高，但其中介中心性卻相當高，顯示其在媒合其他二個機構上有一定之影響力。在機構國家分佈方面程度中心性前 10 大機構中，美國、澳洲、中國、加拿大各有二個機構，而義大利與德國各有一個機構。

表 4-15 前 30 大國際合著論文出版機構之中心性數值

機構名稱	度數	排名	程度中心性	排名	接近中心性	排名	中介中心性
The University of Maryland	13	1	41.935	1	58.491	1	20.928
The University of Texas at Austin	10	2	32.258	7	49.206	4	10.986
Swinburne University of Technology	9	3	29.032	4	50.820	6	9.654
Carleton University	9	3	29.032	2	51.667	2	15.891
University of New	8	5	25.806	9	47.692	9	7.984

South Wales							
Polytechnic University of Milan	8	5	25.806	4	50.820	7	8.428
The University of Hong Kong	7	7	22.581	11	46.970	16	3.582
City University of Hong Kong	7	7	22.581	15	41.892	15	3.865
University of Calgary	7	7	22.581	6	50.000	5	10.906
Fraunhofer Center for Experimental Software Engineering	7	7	22.581	2	51.667	13	5.355
University of Oslo	6	11	19.355	13	45.588	18	2.847
Simula Research Laboratory	6	11	19.355	9	47.692	11	5.494
The University of British Columbia	6	11	19.355	16	41.333	3	11.217
Hong Kong Polytechnic University	6	11	19.355	8	48.438	10	6.771
Carnegie Mellon University	6	11	19.355	12	46.269	14	4.121
University of Colorado	5	16	16.129	21	39.241	22	0.597
University of Limerick	5	16	16.129	14	42.466	19	2.705
University of Sannio	5	16	16.129	19	40.789	20	1.996
Eindhoven University of Technology	4	19	12.903	16	41.333	12	5.444
The Open University	4	19	12.903	25	36.471	8	8.165
National Taiwan University	3	21	9.677	20	40.260	25	0.289
University of Technology, Sydney	3	21	9.677	25	36.471	17	2.855

Blekinge Institute of Technology	3	21	9.677	23	37.349	21	0.857
Brunel University London	3	21	9.677	24	36.905	24	0.296
National University of Singapore	3	21	9.677	16	41.333	26	0.206
École Polytechnique	2	26	6.452	30	31.959	29	0
University of Waterloo	2	26	6.452	28	36.047	27	0.185
Lancaster University	2	26	6.452	31	30.693	23	0.466
IBM	2	26	6.452	29	35.632	29	0
Microsoft Research	2	26	6.452	25	36.471	28	0.168
Norwegian University of Science and Technology	2	26	6.452	22	38.272	29	0
University of Castilla-La Mancha	1	32	3.226	32	26.957	29	0

### 三、國際合著機構對科學合作強度分析

因機構對數目極多，且部份機構對期刊論文量過低，因此本研究只取國際合著量出版達到 5 篇以上之機構對，且不進行逐年分析。表 4-16 為機構對之合作強度，由表中可發現，Simula Research Laboratory 與 University of Oslo 合作篇數最高為 15 篇，其次是 Swinburne University of Technology 與 The University of Hong Kong 為 12 篇、Carleton University 與 Simula Research Laboratory 的 10 篇。而當中 Swinburne University of Technology 於表中 13 個機構對中就包含有 6 個，而 6 個機構對中有 4 個機構位於中國，顯示其可能與中國有密切之合作關係。另外於此表中可發現共有三個機構對其國家相同，分別為 Simula Research Laboratory 與 University of Oslo、The University of Hong Kong 與 City University of Hong Kong、University of New South Wales 與 Australia's Information and

Communications Technology (ICT) Research Centre of Excellence 為相同國家，顯示機構間可能透過國內合作以提高國際合作機會。

由表 4-16 可觀察 Salton Index 可發現，Swinburne University of Technology 與 Computing Trends 合作強度為最高 (0.2983)，其次為 Swinburne University of Technology 與 HeFei University of Technology 國際合作強度 (0.2390)、Swinburne University of Technology 與 The University of Hong Kong 國際合作強度 (0.2297)。若以 Jaccard Index 觀察可發現 Swinburne University of Technology 與 The University of Hong Kong 國際合作強度最高 (0.1237)，其次是 Simula Research Laboratory 與 University of Oslo (0.1230)、Swinburne University of Technology 與 Computing Trends (0.1216)。進一步觀察表中排名，可發現二種指標在排序上有些許之差異。

表 4-16 前 13 大機構對國際合著強度

序號	機構 A (國家)	機構 B (國家)	機構國際合著論文數	Salton Index (排名)	Jaccard Index (排名)
1	Simula Research Laboratory (挪威)	University of Oslo (挪威)	15	0.2200 (4)	0.1230 (2)
2	Swinburne University of Technology (澳洲)	The University of Hong Kong (中國)	12	0.2297 (3)	0.1237 (1)
3	Carleton University (加拿大)	Simula Research Laboratory (挪威)	10	0.1571 (7)	0.0840 (5)
4	The University of Maryland (美國)	Fraunhofer Center for Experimental Software Engineering (德國)	9	0.0929 (11)	0.0459 (11)
5	Swinburne University of Technology (澳洲)	Computing Trends (美國)	9	0.2983 (1)	0.1216 (3)
6	Swinburne University of Technology (澳洲)	City University of Hong Kong (中國)	6	0.0782 (5)	0.0405 (12)

7	Swinburne University of Technology(澳洲)	HeFei University of Technology (中國)	6	0.2390 (2)	0.0822 (6)
8	Swinburne University of Technology(澳洲)	Nanjing University (中國)	6	0.1464 (8)	0.0682 (7)
9	City University of Hong Kong (中國)	The University of Hong Kong (中國)	6	0.1048 (9)	0.0513 (10)
10	Carleton University (加拿大)	University of Oslo(澳洲)	6	0.1037 (10)	0.0545 (9)
11	University of Waterloo (加拿大)	Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro (巴西)	6	0.1907 (5)	0.0896 (4)
12	Swinburne University of Technology(澳洲)	The University of Texas at Austin (美國)	5	0.0695 (13)	0.03560 (13)
13	University of New South Wales (澳洲)	Australia's Information and Communications Technology (ICT) Research Centre of Excellence (澳洲)	5	0.1645 (6)	0.0667 (8)

本研究為進一步探討上述二指標之測量之差異，使用皮爾森相關性分析 (Pearson correlation) 將上述機構國際合作強度進行相關性分析，其數值為 0.9156，顯示 Salton Index 與 Jaccard Index 之結果呈現正相關，代表此二指標關聯性相當高，因此無論使用 Salton Index 與 Jaccard Index 測量科學合作強度，其結果皆會相當接近。





## 第五章 結論與建議

本研究以 1994-2013 年 20 年間出版之軟體工程領域期刊論文為研究對象，並以期刊論文作者資訊分析軟體工程領域整體合著概況，再進行國際合著情形進行分析，並使用社會網絡分析以及國際合著強度分析，深入瞭解軟體工程領域國際合著情形，以瞭解該領域之國際合著趨勢。根據上述章節，本章將依序針對結論、建議、進一步研究之建議進行描述。

### 第一節 結論

本研究以軟體工程領域於 1994-2013 年間共 20 年之期刊論文為研究對象，分析對象來自軟體工程領域之核心期刊總計共有 7,772 篇，藉此瞭解軟體工程領域之合著趨勢，本節將第四章所述之分析結果加以分析整理，具體之結論如下：

#### 一、整體概況

##### (一) 軟體工程期刊論文出版量與合著比例皆呈現成長趨勢

就整體期刊論文出版量而言，1994 年至 2013 年間軟體工程領域期刊論文出版量為 7,772 篇，各年出版量介於 149 篇至 604 篇，整體呈現成長趨勢。期刊論文數量由 1994 年的 224 篇於 2013 年成長至 604 篇，成長約 2.7 倍。軟體工程期刊論文各年出版呈現波動情形，共有 7 年期刊論文成長量呈現下降趨勢（1995、1999、2001、2002、2005、2007、2010），其餘時間皆呈現成長趨勢。在期刊論文合著比例方面，1994 年至 2013 年間整體合著比例為 86.84%，各年合著比例介於 71.21% 至 93.87%，呈現成長趨勢。除了 1996 年至 1999 年間合著比例呈現大幅下滑外，2000 年後軟體工程期刊論文之合著比例便呈現成長且穩定之趨勢，顯示軟體工程領域的高度合作情形。

根據本研究之研究結果，1994 年至 2013 年間軟體工程期刊論文合著比例為 86.84%，此研究結果與 Larivière、Gingras 與 Archambault（2006）研究之自然科

學領域合著比例約 80% 至 90% 相當接近，顯示軟體工程領域合著情形與母領域自然科學領域相符。而 Franceschet(2011) 研究電腦科學領域合著比例為 70.30%，其結果與本研究有些許差異，顯示軟體工程合著比例高於其母領域電腦科學領域，這方面可能是電腦科學各子領域合著狀況並不相同。

## (二) 軟體工程期刊論文作者人數中位數呈現成長趨勢，作者數以 2 人為主

在單篇軟體工程期刊論文平均作者數方面，1994 年至 2013 年間作者人數之中位數以 2 人為主，2005 年後轉以 3 人作者數為主，整體作者人數之中位數呈現上升趨勢。於單篇期刊論文作者數量分佈情形，以 2 人作者數為主(33.38%)，其中 1994 年至 2008 年間軟體工程領域以作者數以 2 人為主，但 2009 年時 3 人作者首次超越 2 人作者數，並且於 2009 年至 2013 年間居首，4 人作者則是快速成長情形。

## (三) 每年參與軟體工程期刊論文出版國家數量呈現成長趨勢，最主要出版國家為美國

每年參與軟體工程期刊論文出版國家平均數量為 42.25 國，各年分佈為 24 國至 58 國，參與國家呈現成長趨勢。雖參與國家數量並非每年皆呈現成長趨勢，但於 1999 年之後，除了 2003 年參與國家數量低於 40 國外，其餘各年國家數量皆高於 40 國，於 2009 年後參與國家數量皆高於 50 國，顯示全球參與軟體工程著作國家愈來愈多。各國家於軟體工程期刊論文出版量分佈情形上，期刊論文出版數量最高的國家為美國 2,611 篇約占全部期刊論文的 33.59%，其次為英國(826 篇、10.63%)、加拿大(576 篇、7.41%)，顯示美國為軟體工程最主要的出版國家，且期刊論文出版數量約為第二名英國的 3 倍。在出版量前 10 大國家的每年出版情形上，美國於 1994 至 2013 年間之每年發表論文數量皆位居第一，但出版量於 1999 年達到高峰後便開始漲跌互見，呈現小幅下滑趨勢，其餘國家皆呈現成長趨勢，以中國成長最為快速於 2010 年後皆位於出版量第二之國家。

## 二、軟體工程國際合著分析

### (一) 軟體工程國際合著期刊論文出版與國際合著比率皆呈現成長趨勢

就整體國際合著期刊論文出版量而言，1994 至 2013 年間軟體工程國際合著期刊共有 1,663 篇，各年出版量介於 13 篇至 191 篇，整體出版呈現成長趨勢。出版量由 1994 年的 17 篇到了 2013 年成長至 191 篇，成長約 11.2 倍，於 1994-2013 年間僅 4 年成長呈現小幅下降（1995、2002、2003、2006），其餘各年皆為成長情形。在出版情形上，於 1995 至 2000 年間呈現成長趨勢，2001 年至 2007 年間呈現穩定趨勢，於 2008 年後呈現成長趨勢且成長情形較 1995 至 2000 年間更為明顯。在國際合著期刊論文比例上，整體比例為 19.75%，各年國際合著比例介於 7.59% 至 31.62%，整體呈現成長趨勢。於各年國際合著比例趨勢上，1994 年至 2001 年間呈現成長趨勢，2002 年至 2007 年間呈現穩定趨勢，2008 年後呈現成長趨勢，顯示軟體工程國際合著比例呈現穩定成長情形。

在國際合著比例相關研究上，本研究結果顯示軟體工程國際合著比例平均為 19.75%，而黃玫溱（2008）研究 1996-2006 年間電腦科學領域高被引期刊論文與一般期刊論文發現電腦科學領域一般期刊論文國際合著比例為 16.64%，此結果略低於本研究之研究結果，顯示軟體工程領域國際合著比率略高於電腦科學領域。

### (二) 軟體工程國際合著期刊作者數呈現成長趨勢論文，作者數以三人為主

軟體工程國際合著期刊論文的作者人數之中位數以 3 人為主，於 2006 年後轉以 4 人為主，整體作者人數中位數呈現成長趨勢。國際合著期刊論文作者數以三人為主，並朝向四人作者發展，於 1994 年至 2013 年間，三人作者有 12 年國際合著出版量為第一，但於 2009 年後皆為 4 人作者數出版量為第一，顯示軟體工程國際合著期刊論文作者數由 3 人轉為 4 人為主，研究規模有擴大之情形。

(三) 每年參與軟體工程期刊論文出版國家數量以二國為主，美國為最主要國際合著期刊論文產出國，丹麥為國際合著比例最高之國家

在各年參與軟體工程期刊論文國家數量上，於 1994 至 2013 年間參與國際合著期刊論文出版以二國合作為主為共占 86.11%，且各年皆占國際合著期刊論文的 75% 以上，其次為三國 10.94%，三國以上之合著期刊論文數量較少。觀察各國於軟體工程國際合著出版上，主要以美國為主（671 篇），且論文數量為第二名的英國（325 篇）之 2.06 倍。在國際合著期刊論文出版前 10 大國的各年出版情形上，美國於 1994 年至 2013 年間每年發表期刊論文數量皆位居第一，各國家出版皆呈現成長趨勢，並且以中國成長最為快速。丹麥為國際合著比例最高之國家（62.71%）、其次為愛爾蘭（58.54%）、澳洲（58.00%），美國雖為國際合著最主要之出版國，但其國際合著比例僅有 25.70%，可能美國自身資源充足，較不需要與他國合作取得其他資源。

於特定國家國際合著比例上，本研究臺灣於 1994-2013 年於軟體工程國際合著比例為 12.39%，而林利真（2007）研究 1986-2005 年臺灣之電子電機領域之國際合著比例為 10.87，二者數據相當接近。但與譚曉、張志強與韓濤（2013）研究 2000 年至 2010 年間 SCI 資料庫國際合著文章，並分為開發中國家與已開發國家之結果有些差異，本研究將雙方結果整理於表 5-1。由表中可發現，已開發國家中僅英國國際合著比例相差較大外，其餘國家數據皆相當接近。但開發中國家，僅印度其結果較接近外，其餘 4 國差異皆非常大，顯示開發中國家於自然科學領域國際合著上與軟體工程領域有一定差異，而開發中國家僅有中國對此軟體工程研究較為熱門。

表 5-1 本研究結果與 2010 年 SCI 資料庫之國際合著比例比較

發展程度	國家	國際合著比例	
		本研究結果	2010 年 SCI 資料庫
已開發國家	美國	25.70%	30.3%
	英國	39.35%	51.8%
	德國	44.39%	48.3%
	法國	47.81%	50.9%
	日本	29.75%	25.2%
開發中國家	俄羅斯	75.00%	33.3%
	巴西	44.77%	27.1%
	印度	33.61%	30.3%
	南非	22.22%	53.3%
	中國	48.10%	24.1%

資料來源：譚曉、張志強、韓濤（2013）。基礎科學國際合作的測度與分析。圖書情報知識，2013（2），97-104。

### 三、軟體工程領導國家與國家對分析

#### （一）國際合著主要出版國家合作頻繁，國際合著網絡漸趨複雜

觀察 1994 年至 2013 年間觀察軟體工程領域國際合著期刊論文之社會網絡，可發現由 1994-1998 年間的 39 國、1999-2003 年間的 55 國、2004-2008 年間的 58 國、2009-2013 年間的 71 國，於每 5 年區間皆呈現成長趨勢，且國家的連結種類也變得愈來愈多，變得更為複雜，顯示軟體工程領域合作規模之擴大。如觀察前 20 大出版國家合作情形，可發現彼此間合作相當頻繁，且合作有集中之情形。

#### （二）英國與美國為軟體工程國際合著領導國家，西方國家為各國最主要的合作對象

從研究結果中可發現於 1994 年至 2013 年間英國的程度中心性、接近中心性、

中介中心性皆為最高，顯示英國為軟體工程最核心之國家且媒合其他國家時扮演重要之角色。若以每5年為間隔觀察可發現，美國在三種中心性中僅有2009-2013年間之中介中心性位於第2，其餘皆位居第1，顯示該國於軟體工程領域位於領導地位。二者差異可能為研究期間與英國合作之國家較多，但合作情形較不穩定。美國則是於合作對象穩定，但整體合作國家數量低於英國。在核心國家方面，主要核心國家以美國、英國、加拿大三國最為穩定且常列為前三名之領導國家，其次是澳洲、德國、義大利，顯示軟體工程主要以西方國家為領導國家。在相關研究上本研究與鄭翔（2013）研究2002-2011年電腦科學領域產學合作之最主要的領導國家相同皆為美國。

（三）國際合著國家對以美國與加拿大合著之國際合著期刊論文出版量最多，美國為各國主要之合作對象，國家對中以美國與中國合著成長最為快速

在國際合著國家對中以美國與加拿大合作最為頻繁，共有103篇，約佔全部國際合著文章中的6.19%，其次是美國與中國（80篇、4.81%）、美國與英國（72篇、4.33%），在國際合著出版量前20個國家對中，美國就佔了12個國家對，顯示美國在國際合著上為許多國家之主要合作夥伴。於前5大國家對中，以美國與中國成長最為快速，並於2010年後成長最為明顯，顯示兩國合作相當熱絡。

（四）澳洲與中國二國合作強度最高

透過Salton Index與Jaccard Index指標測量發現，澳洲與中國二國合作強度最高，其次是美國與加拿大、加拿大與德國，如觀察前10大出版量之國家對於各年合作強度可發現，前10大國家對國際合著強度變化幅度相當大，且無一定規則存在。

#### 四、機構層次分析

（一）軟體工程領域論文以The University of Maryland為最主要出版機構，Fraunhofer Center for Experimental Software Engineering則為國際合著出版最主要機構且國際合著比例為最高

觀察軟體工程國際合著期刊論文主要出版機構可發現，總計共有 2,125 個機構參與軟體工程期刊論文出版，前三大出版機構分別為 The University of Maryland 的 136 篇，Korea Advanced Institute of Science and Technology 的 112 篇、Carnegie Mellon University 的 111 篇，而 Korea Advanced Institute of Science and Technology 因國際合著篇數低於篩選標準故未於第四章呈現。在國際合著論文數量上，前三名分別為 Fraunhofer Center for Experimental Software Engineering 的 57 篇、The University of Maryland 的 51 篇、Swinburne University of Technology 的 51 篇。國際合著出版前 20 大機構，各年出版皆呈現波動情形，無一定之趨勢。於國際合著比例方面，以 Fraunhofer Center for Experimental Software Engineering 比例最高(82.61%)，其次為 École Polytechnique(79.17%)，University of Limerick (75.76%)，The University of Maryland 國際合著發表篇數雖最多，但國際合著比例僅有 37.50%，可得知高產量之機構其國際合著比例，並不一定高。

(二) The University of Maryland 為軟體工程領域國際合著期刊論文出版領導機構，機構科學合作強度以 Swinburne University of Technology 與 Computing Trends 以及 Swinburne University of Technology 與 The University of Hong Kong 強度為最強

The University of Maryland 於軟體工程領域國際合著期刊論文出版中，程度中心性、接近中心性、中介中心性皆為最高，表示 The University of Maryland 為軟體工程領域核心機構且媒合其他二個機構時扮演重要之角色，其次為 The University of Texas at Austin、Swinburne University of Technology、Carleton University。在機構合作緊密程度上，Swinburne University of Technology 與 Computing Trends 為 Salton Index 測量為強度最強之機構組合，而 Swinburne University of Technology 與 The University of Hong Kong 為 Jaccard Index 測量為合作強度最強，而 Swinburne University of Technology 於本研究中 6 個機構對中有 4 個合作對象為中國機構，顯示 Swinburne University of Technology 合作上以

特定國家為主。

### (三) Salton Index 與 Jaccard Index 二指標具有高度相關性

根據研究結果顯示於國家國際合作強度測量時 Salton Index 與 Jaccard Index 關聯性達到 0.9595，而機構國際合作強度測量時為 0.9156，顯示此二指標具有一定之關聯性。在相關研究方面，Yamashita 與 Okubo (2006) 研究日本與法國機構間的科學合作程度研究中，其研究結果證明 Salton Index 的值會大於 Jaccard Index，且二個指數的趨勢是相當接近，與本研究結果相同，因此在測量上僅須使用一種指標即可。

## 第二節 建議

本節根據以上研究之發現與研究結果，提出以下建議

### 一、資料庫

#### (一) 過往資料之以及書目資料之正確性

本研究於 WOS 資料庫進行資料檢索時發現，部份期刊論文無法溯及較早期之資料，造成部份資料須透過其他資料庫進行補齊，或早期資料有部份欄位為空白，本研究已努力將資料補齊，但部份遺漏的資料因無法完全掌握，無法得到較精確之研究結果。在資料庫之書目資料中，有部份資料登錄可能有誤，本研究採取能訂正之部份以人工處理登錄，無法處理的資料則不予採用。因資料庫對於書目計量研究相當重要，因此本研究建議資料庫，早期資料可能較難以補齊，但希望資料庫至少補齊近 20 年之完整書目資料，讓此類研究能得到更精確之結果。

#### (二) 加強資料庫權威控制

因本研究於分析資料中，檢視資料時發現許多機構登錄名稱不一致，同一機構有不同的登錄名稱，如：簡寫或是僅部份名稱縮寫，本研究須耗費時間查證，早期部份資料簡寫到無法查詢出真實機構名稱，需直接查詢原文才能處理，這方面已嚴重影響研究處理時間以及正確性，希望資料庫能加強權威控制，並將機構



簡寫及完整名稱等資訊提供給使用者可以直接查詢，使後續研究能更加快速以及增加研究之正確性。

## 二、軟體工程領域國際合著

### (一) 臺灣應加強與外國合作

臺灣科技產業雖然以硬體與代工方面為主，但根據本研究研究結果顯示，臺灣於軟體工程期刊論文出版數量為全球之第六，顯示出臺灣在軟體工程領域為重要之出版國家，但臺灣軟體工程領域國際合著比例卻僅有 12.39%。顯示臺灣於軟體工程領域研究上不輸於其他國家，但目前軟體業在臺灣卻不發達，希望未來可以鼓勵臺灣機構與外國之機構合作，透過國際合作以加強臺灣之軟體產業，不僅能提高出版論文之質量，更能提高論文與國家之能見度，甚至可透過軟硬體結合創造出更多的附加價值。

### (二) 企業應積極與學術機構進行國際合作

根據本研究之研究結果可發現，國際合著期刊論文出版幾乎都為學術機構為主，這部份可能是企業直接就近與本地學校進行合作，但也因此限制住其發展性，因為軟體本身的高度發展性，可透過國際合作進而瞭解世界各地之軟體需求，提高企業人員瞭解市場的需求。

### (三) 加強國際合作概念

雖國際合作之情形於近 20 年已經逐漸提昇，但隨著大科學時代的到來，國際合作只會愈來愈普遍，但部份國家之國際合著之期刊論文出版量卻還是相當稀少，應讓各地研究者瞭解國際合著之重要性，拓展國際視野，來提高競爭力。

### (四) 國際合作對象應更加多元

根據本研究之研究發現，某些國家與機構合作對象幾乎都為固定國家，也因此使發展受限。國際上應該適時的提供各種交流平台，使研究者可以接觸與聯絡，促成與更多不同國家與機構合作，可以使研究視野更加廣闊，進而提高競爭力。

### 第三節 進一步研究之建議

本研究因受限人力與時間僅針對1994至2013年間特定軟體工程領域之期刊論文，進行國際合著分析，對於進一步研究有以下之建議

#### (一) 將研究範圍拓展至其他子領域

本研究因受限人力時間等因素，無法將整個電腦科學子領域進行研究，目前電腦相關產業的快速發展，使其子領域出現大量分支，透過這些子領域的研究可以進而瞭解其發展之情形，進而掌握整個電腦科學領域之國際合著情形。

#### (二) 進行媒合之國際合著研究

因本研究中有部份機構可能透過國家或國內特定機構媒合達成國際合著，這部份本研究無法直接看出。本研究建議透過進一步研究，可得知哪個機構或國家為主要的媒合機構，進而瞭解該機構在國際合作中所扮演之角色。

#### (三) 進行三國以上之國際合著強度指標測量

因本研究只使用二國之國際合著強度指標進行測量，無法瞭解三國以上對之合作強度。本研究建議可使用 clique 進行三國以上的國際合著測量或使用其他特定指標用以瞭解三國以上之合著情形，加以探討三國以上國家對之合作情形。

#### (四) 新增會議論文為研究樣本

會議論文為電腦科學領域之重要的出版途徑，因電腦科學領域的快速發展，研究者常常須先透過會議論文來達到時效性後，再修改為論文發表，因此會議論文在電腦科學領域扮演相當重要之角色，但因資料庫會議論文收錄以及取得難度等因素，使其研究變為相當困難。因此本研究建議可以將會議論文作為研究樣本，更全盤瞭解電腦科學領域之合作情形。

#### (五) 進行質化研究

本研究只透過量化研究進行分析，只能瞭解軟體工程領域國際合著的整體情形，無法瞭解機構或是國家之間的合作背景相關因素，未來希望透過質化研究，

以瞭解國家或是機構間的合作關係背景。

(六) 進一步瞭解國際合著網絡發展情形

因本研究於社會網絡分析結果發現，美國於研究期間每五年作為區間時，各區間其中心性數值皆為第一，但於全部研究期間測量之結果，數值卻低於英國，希望未來可透過研究瞭解網絡詳細的發展情形，進而瞭解網絡發展的全貌。



## 參考書目

- 尤千儀(2009)。經濟學合著趨勢之探討-以 TSSCI 經濟學門類為主。暨南大學經濟學系碩士論文，未出版，南投縣。
- 王崇德(1999)。期刊作者的量化研究。情報科學，17(1)，471-475。
- 邱議德(2003)。以社會網路分析法評估工作團隊知識創造與分享。國立中正大學資訊管理所碩士論文，未出版，嘉義縣。
- 吳冠儀(2003)。1999-2001 年海峽兩岸圖書館學核心期刊論文主題及引文分析研究。淡江大學圖書資訊學研究所碩士論文，未出版，新北市。
- 林利真(2007)。我國電機電子領域期刊文章合著之研究。國立臺灣大學圖書資訊學研究所碩士論文，未出版，臺北市。
- 胡小元、侯鈺(1997)。以美國國家科學院院刊論文合著情況看九十年代科學合作研究的發展趨勢。情報科學，15(4)，312-318。
- 曾元顯(2010)。文獻內容探勘工具-CATAR-之發展和應用。圖書資訊學與資訊科學，97(1)，31-49。
- 郭永正、梁立明(2009)。中印科學合作的科學計量學分析。科學學研究，27(11)，1634-1640。
- 郭繼軍、崔雷、張晗、韓大勇、陳姜(2000)。國家國際科技合作文獻計量學分析。情報科學，19(6)，659-662。
- 崔旺來(1999)。《中國社會科學》1994-1998 年作者及引文的統計分析與評價。中國社會科學，1999 (3)，197-207。
- 張存剛、李明、陳德梅(2004)。社會網絡分析，社會學研究，2004(2)，109-111。
- 張荷(2012)。基於 SSCI 的中國社會科學研究狀況的定量分析。中國河南師範大學碩士論文，未出版，湖南省。
- 張郁蔚(2009)。以直接引用、書目耦合及共同作者探討 圖書資訊學跨學科之變遷。

- 國立臺灣大學圖書資訊學研究所博士論文，未出版，臺北市。
- 張郁蔚(2011)。從共同作者之學科組合探討跨學科合作:以高分子學研究為例。圖書與資訊學刊，78，42-62。
- 張郁蔚(2011)。資訊需求及資訊尋求研究文獻特性之比較:書目計量及社會網絡分析。教育資料與圖書館學，48(3)，347-380。
- 張瀚文(2010)。天文學與天文物理學國際合著網絡之研究。國立臺灣大學圖書資訊學研究所博士論文，未出版，臺北市。
- 許蓮蓮(2004)。中國社會科學發展與作者分布實證研究。天津師範大學碩士論文，未出版，中國天津市。
- 馮茜、陳強(1999)。中外自然科學家合作研究的比較。情報理論與實踐，22(5)，336-339。
- 資策會(1999)科技產業現況與市場趨勢研討會，資策會，臺北市。
- 經濟部(2014年4月1日)。經濟部統計處新聞稿：102年12月租賃、資訊及專業技術服務業營業額統計。經濟部統計處，取自  
[http://www.moea.gov.tw/Mns/DOS/bulletin/wHandBulletin\\_File.ashx?bull\\_id=933&serial\\_no=3](http://www.moea.gov.tw/Mns/DOS/bulletin/wHandBulletin_File.ashx?bull_id=933&serial_no=3)
- 鄭翔(2013)。電腦科學領域產學合著之研究。國立臺灣大學圖書資訊學研究所碩士論文，未出版，臺北市。
- 傅雅秀(2002)。從生命科學期刊論文作者數探討科學合作。圖書資訊學刊，17，71-80。
- 梁雁(2009)。四川理工學院學報(社會科學版)論文作者群分析。四川理工學院學報(社會科學版)，24(6)，127-130。
- 黃玫溱(2008)。電腦科學領域高被引文章與一般文章書目計量比較分析。國立臺灣大學圖書資訊學研究所碩士論文，未出版，臺北市。
- 蔡明月(2003)。資訊計量學與文獻特性。臺北市:國立編譯館。

- 謝彩霞(2010)。科學合作的功能與計量。中國北京:新華書店。
- 劉雅潔(2009)。中國科技管理領域論文合著現象研究。大連理工大學碩士論文，未出版，中國大連省。
- 劉婭(2010)。韓國基礎研究領域國際科技合作態勢的文獻計量分析。科技管理研究，2010(18)，9-13。
- 譚曉、張志強、韓濤(2013)。基礎科學國際合作的測度與分析。圖書情報知識，2013(2)，97-104。
- 蘇郁仁(2010)。兩岸學術之文獻量化分析。國立中央大學產業經濟研究所碩士論文，未出版，桃園縣。
- Abt, H. A. (2007). The future of single-authored papers. *Scientometrics*, 73(3), 353-358.
- Braam, R. R., Moed, H. F., & Van Raan, A. F. (1991). Mapping of science by combined co-citation and word analysis, I. Structural aspects. *JASIS*, 42(4), 233-251.
- Ajiferuke, I., Burell, Q., & Tague, J. (1988). Collaborative coefficient: A single measure of the degree of collaboration in research. *Scientometrics*, 14(5), 421-433.
- Ajiferuke, I. (1991). A probabilistic model for the distribution of authorships. *Journal of the American Society for Information Science*, 42(4), 279-289.
- Basu, A., & Kumar, B. V. (2000). International collaboration in Indian scientific papers. *Scientometrics*, 48(3), 381-402.
- Bayona, C., Garcia-Marco, T., & Huerta, E. (2001). Firms' motivations for cooperative R&D: an empirical analysis of Spanish firms. *Research Policy*, 30(8), 1289-1307.
- Beaver D. (2001). Reflections on scientific collaboration. *Scientometrics*, 52(3), 365-377.
- Bote, G., Vicente, P., Olmeda-Gómez, C., & Moya-Anegón, F. (2013). Quantifying the

- benefits of international scientific collaboration. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 64(2), 392-404.
- Burt, R. S. (1992). *Structural Holes: The Social Structure of Competition*. Harvard University Press: Cambridge, MA
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Administrative science quarterly*, 128-152.
- Farahat, H. (2002). Authorship patterns in agricultural sciences in Egypt. *Scientometrics*, 55(2), 157-170.
- Frame, J. D., & Carpenter, M. P. (1979). International research collaboration. *Social Studies of Science*, 9(4), 481-497.
- Franceschet, M. (2009). A cluster analysis of scholar and journal bibliometric indicators. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 60(10), 1950-1964.
- Gazni, A., Sugimoto, C. R., & Didegah, F. (2012). Mapping world scientific collaboration: authors, institutions, and countries. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 63(2), 323-335.
- 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.
- Glänzel, W., Schubert, A., & Czerwon, H. J. (1999). A bibliometric analysis of international scientific cooperation of the European Union (1985–1995). *Scientometrics*, 45(2), 185-202.
- 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), 461-73.

- Glanzel, W., & Schubert, A. (2004). Analysing scientific networks through co-authorship. In H.F. Moed et al. (Eds.), *Handbook of Quantitative Science and Technology Research* (pp.257-276). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Glass, R. L. (1994). An assessment of systems and software engineering scholars and institutions. *Journal of Systems and Software*, 27(1), 63-67.
- Glass, R. L., & Chen, T. Y. (2005). An assessment of systems and software engineering scholars and institutions (1999–2003). *Journal of Systems and Software*, 76(1), 91-97.
- Gu, Y. (2004). Global knowledge management research: A bibliometric analysis. *Scientometrics*, 61(2), 171-190.
- Gupta, D. K. (1993). Collaborative research trend in exploration geophysics. *Scientometrics*, 28(3), 287-296.
- Gupta, B. M., Kshitij, A., & Verma, C. (2011). Mapping of Indian computer science research output, 1999–2008. *Scientometrics*, 86(2), 261-283.
- Haiqi, Z., & Hong, G. (1997). Scientific research collaboration in China. *Scientometrics*, 38(2), 309-319.
- Harsanyi, M. A. (1993). Multiple Authors, Multiple Problems--Bibliometrics and the Study of Scholarly Collaboration: A Literature Review. *Library and Information Science Research*, 15(4), 325-54.
- He, Y., & Guan, J. (2008). Contribution of Chinese publications in computer science: A case study on LNCS. *Scientometrics*, 75(3), 519-534.
- Hou, H., Kretschmer, H., & Liu, Z. (2008). The structure of scientific collaboration networks in Scientometrics. *Scientometrics*, 75(2), 189-202.
- Katz, J. S. (1994). Geographical proximity and scientific collaboration. *Scientometrics*, 31(1), 31-43.



- Katz, J. S., & Martin, B. R. (1997). What is research collaboration?. *Research policy*, 26(1), 1-18.
- Kim, M. J. (1999). Korean international co-authorship in science 1994-1996. *Journal of Information Science*, 25(5), 403-412.
- Kim, M. J. (2001). A bibliometric analysis of physics publications in Korea, 1994-1998. *Scientometrics*, 50(3), 503-521.
- Kumar, S., & Garg, K. C. (2005). Scientometrics of computer science research in India and China. *Scientometrics*, 64(2), 121-132.
- Kretschmer, H. (2004). Author productivity and geodesic distance in bibliographic co-authorship networks, and visibility on the Web. *Scientometrics*, 60(3), 409-420.
- Laband, D. N., & Tollison, R. D. (2000). Intellectual collaboration. *Journal of Political Economy*, 108(3), 632-662.
- Larivière, V., Archambault, É., Gingras, Y., & Vignola-Gagné, É. (2006). The place of serials in referencing practices: Comparing natural sciences and engineering with social sciences and humanities. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 57(8), 997-1004.
- Larivière, V., Gingras, Y., & Archambault, E. (2006). Comparative analysis of networks of collaboration of Canadian researchers in the natural sciences, social sciences and the humanities. *Scientometrics*, 68(3), 519-533.
- Laudel, G. (2002). What do we measure by co-authorships?. *Research Evaluation*, 11(1), 3-15.
- Lawani, S. M. (1986). Some bibliometric correlates of quality in scientific research. *Scientometrics*, 9(1), 13-25.
- Leclerc, M., & Gagné, J. (1994). International scientific cooperation: The continentalization of science. *Scientometrics*, 31(3), 261-292.

- Lee, S., & Bozeman, B. (2005). The impact of research collaboration on scientific productivity. *Social studies of science*, 35(5), 673-702.
- Luukkonen, T., Persson, O., & Sivertsen, G. (1992). Understanding patterns of international scientific collaboration. *Science, Technology & Human Values*, 17(1), 101-126.
- Luukkonen, T., Tijssen, R. J., Persson, O., & Sivertsen, G. (1993). The measurement of international scientific collaboration. *Scientometrics*, 28(1), 15-36.
- Melin, G., & Persson, O. (1996). Studying research collaboration using co-authorships. *Scientometrics*, 36(3), 363-377.
- Mohammadhassanzadeh, H., Samadikuchaksaraei, A., Saemi, N., & Salimi-Asl, M. (2011). Two new scientometric indices for measurement of collaboration activities of departments and their researchers in academic institutions. *Malaysian Journal of Library & Information Science*, 16(3), 1-7.
- Moneytree(2014, April 1). National Aggregate Data.  
<https://www.pwcmoneytree.com/MTPublic/ns/moneytree/filesource/moneytree/filesource/exhibits/Q42013NatlAggSpreadsheet.xlsx>
- Moody, J. (2004). The structure of a social science collaboration network: Disciplinary cohesion from 1963 to 1999. *American sociological review*, 69(2), 213-238.
- Nagpaul, P. S., & Sharma, L. (1994). Research output and transnational cooperation in physics subfields: A multidimensional analysis. *Scientometrics*, 31(1), 97-122.
- Narin, F., & Whitlow, E. (1990). Measurement of scientific cooperation and coauthorship in CEC-related areas of science. Luxembourg: European Community.
- Narin, F., & Hamilton, K. S. (1996). Bibliometric performance measures. *Scientometrics*, 36(3), 293-310.
- Norris, R. P. (1993). Authorship patterns in CJNR: 1970–1991. *Scientometrics*, 28(2),

151-158.

Pravdić, N., & Oluić-Vuković, V. (1986). Dual approach to multiple authorship in the study of collaboration/scientific output relationship. *Scientometrics*, 10(5), 259-280.

Price, D. J. de Solla. (1963). *Little science, big science*. New York: Columbia University Press.

Price, D. J., de Solla (1986). *Little science, big science...and beyond*. New York: ColumbiaUniversityPress.

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

Rousseau, R. (2001). Are multi-authored articles cited more than single-authored ones? Are collaborations with authors from other countries more cited than collaborations within the country? A case study.

Russell, J. M. (1995). The increasing role of international cooperation in science and technology research in Mexico. *Scientometrics*, 34(1), 45-61.

Scott, J.(2000). *Social Network Analysis: A Handbook*. London:Sage.

Sexton, J. (2012). A Measure of the creativity of a nation is how well it works with those beyond its borders. *Scientific American*, 307(4), 36-40.

Solomon, J. (2009). Programmers, professors, and parasites: credit and co-authorship in computer science. *Science and engineering ethics*, 15(4), 467-489.

Vela, B., Cáceres, P., & Cavero, J. M. (2012). Participation of women in software engineering publications. *Scientometrics*, 93(3), 661-679.

Wainer, J., Xavier, E. C., & Bezerra, F. (2009). Scientific production in computer science: A comparative study of Brazil and other countries.*Scientometrics*, 81(2), 535-547.

- Wang, Y., Wu, Y., Pan, Y., Ma, Z., & Rousseau, R. (2005). Scientific collaboration in China as reflected in co-authorship. *Scientometrics*, 62(2), 183-198.
- Wong, W. E., Tse, T. H., Glass, R. L., Basili, V. R., & Chen, T. Y. (2011). An assessment of systems and software engineering scholars and institutions (2003–2007 and 2004–2008). *Journal of Systems and Software*, 84(1), 162-168.
- Yan, E., Ding, Y., & Zhu, Q. (2010). Mapping library and information science in China: A coauthorship network analysis. *Scientometrics*, 83(1), 115-131.
- Yamashita, Y., & Okubo, Y. (2006). Patterns of scientific collaboration between Japan and France: Inter-sectoral analysis using Probabilistic Partnership Index (PPI). *Scientometrics*, 68(2), 303-324.
- Yang, K., & Lee, J. (2012). Analysis of publication patterns in Korean library and information science research. *Scientometrics*, 93(2), 233-251.
- Zitt, M., Bassecoulard, E., & Okubo, Y. (2000). Shadows of the past in international cooperation: Collaboration profiles of the top five producers of science. *Scientometrics*, 47(3), 627-657.
- Zuckerman, H. A. (1968). Patterns of name ordering among authors of scientific papers: A study of social symbolism and its ambiguity. *American Journal of Sociology*, 276-291.