

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

A Study of Interdisciplinary Collaboration from the Perspective of Co-authorship: The Case of Polymer Science Research

張 郁 蔚

Yu-Wei Chang

輔仁大學圖書資訊學系助理教授

Assistant Professor, Department of Library and Information Science

Fu Jen Catholic University

E-mail: ywchang@blue.lins.fju.edu.tw

【摘要 Abstract】

有鑑於共同作者之跨學科研究結果僅呈現共同作者的學科分佈情形，未探討哪些學科之研究人員傾向一起發表文獻。本研究目的在以 10 種高分子學期刊為研究對象，分析 1979 年、1989 年、1999 年及 2009 年之共同作者學科分佈及學科組合情形。研究結果確認學科組合方式能提供更詳細之跨學科合作資訊，顯示高分子學合著論文的作者機構分佈於 38 個學科，但高分子學機構的研究人員僅與 22 個其他學科機構的研究人員共同發表論文，而高達 189 種的學科組合中，僅 23.81% 的學科組合包含來自高分子學機構的研究人員，反映高分子學是跨學科色彩顯明的研究領域。

The interdisciplinary research on co-authorship has primarily focused on the distribution of disciplines, rarely taking into account specific disciplinary combinations of co-authorship. To address this research gap, this paper conducts a case study of publications related to the field of polymer science, specifically articles from 10 journals published in 1979, 1989, 1999, and 2009, to analyze the disciplinary distribution and disciplinary combinations of the field. The results confirm that the analysis of disciplinary combinations reveals more detailed information of interdisciplinary collaboration than what disciplinary distribution has provided. Among 38 disciplines contributing to research in polymer science, researchers of polymer science only collaborate with researchers across 22 disciplines. In addition, only 23.81% of 189 types of disciplinary combinations involve authors affiliated with institutes of polymer science, indicating that polymer science is a strong interdisciplinary field.

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

關鍵詞 Keyword

共同作者 學科分佈 學科組合 跨學科合作 高分子學

Co-authorship ; Disciplinary distribution ; Disciplinary combinations ; Interdisciplinary collaboration ;
Polymer science

壹、前言

幾十年來，書目計量研究已發現許多學科之合著論文比例呈現提高趨勢(Choi, 1988; Gu, 2004; Moody, 2004; Norris, 1993; Sampson, 1995)，並嘗試解釋促進科學合作日益普遍的可能原因(Beaver & Rosen, 1978; Crow, Levine, & Nager, 1992; Fox & Faver, 1984; Hart, 2000; Hunter & Leahey, 2008; Katz & Hicks, 1997)。有關各學科之科學合作情形，已普遍認知自然科學領域之合著比例最高，其次是社會科學領域及人文科學領域，且同一領域下，各學科之合著論文比例是呈現不同的成長速度(Babchuk, Keith, & Peters, 1999; Lariviere, Gingras, & Archambault, 2006; Stefaniak, 2001)。雖然研究人員之間的合作型態相當多元，且合作完成後不一定會有研究產出(Laudel, 2002; Melin & Persson, 1996)，然而在學術對出版成果之要求下，共同發表論文仍是常見的合作結果，且經出版之合著論文是最容易掌握的科學合作參考證據，故共同作者已成為測量科學合作的最普遍指標。

依據共同作者關係所建構的作者合著網絡，除了呈現作者之間的人際關係外，亦能從作者之服務機構、學科屬性、所屬國家等資訊，瞭解機構之間、學科之間及國家之間的研究合作情形，其中學科之間的合作關係呈現跨學科之發展情形。跨學科是指涉及二個或二個以上學科之研究活動，強調的是跨越學科界限的資訊交換，除了引用其他學科文獻及在其他學科期刊發表本身學科的文獻以外，不同學科研究人員一起發表論文亦是常見的跨學科活動(Pierce, 1999)，因此跨學科是一個多面向的概念，其可從合著文獻的角度分析共同作者的學科屬性，揭示不同學科之間的合作關係。

共同作者的跨學科合作反映的是本身學科作者對其他作者的開放性程度，雖然共同作者之相關研究數量呈現成長情形，卻甚少研究涉及共同作者之學科合作探討，如 Qiu (1992) 以合著論文之作者服務機構為學科屬性判斷依據，分析 24 種圖書資訊學期刊之合著論文，獲知圖書資訊學共同作者除來自本身學科的機構外，亦分佈在其他 10 個學科。陳光華與梁瓊芳(2004)分析 1996 年至 2002 年之臺灣圖書資訊學期刊論文，發現圖書資訊學研究人員最常與社會科學及工程技術類的研究人員一起合作研究。Ding、Foo 與 Chowdhury (1999)分析 SSCI 及 LISA 收錄之 1,462 篇資訊檢索主題的合著論文，發現心理學、電腦科學及醫學領域的合著期刊論文有較高比例之跨學科合作。Hinze (1999)分析英國、德國、義大利、瑞典及芬蘭等六個國家之自我免疫疾病研究文獻的合作情形，顯示跨學科合著比例最高的國家是瑞典，最低的國家是英國，但並未說明自我免疫疾病主題文獻之學科範圍及學科合作情形。

從上述的相關研究可以發現該等研究利用作者的機構資訊，分析作者的學科屬性，呈現參與合作的學科及各學科分佈比例，但並未進一步從共同作者的學科組合角度，探討特定學科的研究人員常與哪些學科的研究人員共同發表著作。以三篇合著文獻 A1、A2 與 A3 為例，A1 有 3 位共同作者，其中 2 位為化學研究人員，1 位為物理學研究人員，A2 有 2 位共同作者，分別為化學與物理學的研究人員，A3 有 5 位同為化學工程領域的共同作者，其中 A1 與 A2 的共同作者人數雖存有差異，但二篇合著文獻均是化學與物理學研究人員之科學合作成果，而 A3 雖然共同作者人數最多，但均來自同一學科，並非跨學科的合著文章，因此，一篇文章的作者學科來源是反映學科合作的一個重要判定依據。

其次，一篇文章的作者學科屬性，在書目計量學的研究上常是依據作者出版該篇文章所提供的機構資訊，例如任職化學系的作者，其學科屬性為化學，且一篇文章如有來自同一系所的不同作者，相同系所的機構資訊僅會列出一次，因此，除單一作者文章及全部作者均為同一系所的合著文章外，作者數量與機構資訊數量並不相等，亦無法於特定作者及特定機構之間建立對映關係。在此情形下，機構學科屬性的分析結果係呈現一篇文章的作者學科來源，無法呈現一篇文章的學科參與程度，例如一篇文章有三位共同作者，其中二位作者為 A 大學化學系教授，一位作者為 A 大學物理系教授，如依作者比例計算學科的參與程度，實際上有三分之二是化學，三分之一是物理，而依據機構資訊的分析結果則是化學與物理的參與程度各占一半，但在學科組合之分析方面，確實是化學與物理二個學科的合作。

站在科學合作的觀點，合著論文比例的提高及共同作者人數的增加，僅能說明合作研究的比例呈現成長趨勢，無法呈現不同學科之間的合作情形及趨勢。而隨著許多學科研究均發現合著文獻之成長趨勢，不同學科之間的合作是否有增加趨勢及其合作情形是值得進一步關注的研究議題。為此，基於過去共同作者研究的問題，本研究目的在以一篇合著文獻為分析單位，分析共同作者的學科分佈情形，瞭解參與科學合作的學科來源外，另增加學科組合之分析，計算各種學科組合之分佈比例，探討某一學科的合著文獻主要是由哪些學科的研究人員合作產出。

為達到研究目的，本研究以高分子學為研究對象，分析該學科的共同作者學科來源，以及該學科研究人員傾向與哪些學科研究人員一起發表論文，並比較不同時間的變化，探討高分子學之跨學科合作趨勢，其詳細之研究問題包括：

- 一、高分子學研究文獻之合著比例及其合著論文比例是否隨時間呈現提高趨勢？
- 二、高分子學研究文獻的共同作者共來自哪些學科？共同作者之學科分佈是否隨時間產生變化？
- 三、高分子學研究人員與哪些學科之研究人員一起發表高分子學之研究？其合作之研究人員之學科來源是否隨時間產生變化？

貳、研究方法

本研究以共同作者之機構學科屬性探討高分子學研究之跨學科合作情形。基於合著論文是一種常見的研究合作類型，其共同作者具有合作關係之特性，共同作者之學科屬性分析可呈現學科之間的合作關係。

一、資料來源

高分子學的研究產出非常龐大，考量本研究重點在比較學科分佈及學科組合二種方法，而非高分子學的長期跨學科研究狀態，故於四個 10 年期間，選擇 1979 年、1989 年、1999 年及 2009 年等四個年份出版之期刊合著論文為研究對象，比較不同年份之跨學科合作結果並觀察其中變化。至於期刊論文之書目資料來源部分，考量 Web of Science (WOS) 的 Science Citation Index Expanded (SCIE) 資料回溯時間已至 1899 年出版的文獻，以及內含作者之機構資訊，故自 SCIE 轉出相關資料，據以進行後續相關分析。

高分子學期刊之選擇來源為 JCR 2008 年版收錄之高分子學 (Polymer science) 主題類目期刊，考量 JCR 收錄的期刊可能被賦予多種主題類目，為使選擇之高分子期刊具有顯明的高分子學主題，本研究選擇之高分子學期刊限制其主題類

目僅包含一個高分子學主題類目，其次，期刊須以收錄原創性文章為主，不含屬性不同之評論性期刊，例如 *Progress in Polymer Science*，最後，

以期刊影響係數最高前十種為限，產出十種高分子學期刊(詳如表 1)。至於期刊論文是須為 SCIE 資料庫中歸類於 Articles 類別之文章。

表 1
十種高分子學期刊

<i>Colloid and Polymer Science</i>
<i>European Polymer Journal</i>
<i>Journal of Applied Polymer Science</i>
<i>Journal of Polymer Science Part A- Polymer Chemistry</i>
<i>Journal of Polymer Science Part B- Polymer Physics</i>
<i>Macromolecules</i>
<i>Polymer</i>
<i>Polymer Bulletin</i>
<i>Polymer Degradation and Stability</i>
<i>Polymer Journal</i>

二、資料處理

(一)抽樣

自 WOS 資料庫轉出之 1979 年、1989 年、1999 年及 2009 年出版之高分子學期刊論文書目資料計 15,167 筆，因多數論文為合著論文，須分析之作者機構資料數量龐大，故再採系統抽樣法，抽取部分資料當作樣本。在 95% 的信心水準及 2.5% 的抽樣誤差下，須抽出 1,395 筆資料，亦即約每 10.87 篇文章中須抽取一篇文章當作樣本，然考量系統抽樣的方便性，決定進行 10% 的系統抽樣，亦即每 10 篇文章抽取一篇樣本文章。抽樣方法是先將所有書目資料先依期刊名稱各自分開，再依出版時間排序後，分別抽取每種期刊之第 1 筆書目資料、第 11 筆書目資料、第 21 筆書目資料…依此類推，確保平均抽取每種期刊不同出版時間

的等比例論文資料，總計最後產出 1,532 筆樣本文章的書目資料。

(二)作者機構之學科分類

作者機構之學科屬性判定是依據機構內含之學科資訊，賦予適當學科名稱，例如化學系之學科類別訂為化學。如機構名稱無法明確顯示學科屬性，則依據該機構網站提供之簡介資訊予以判定；如作者之機構資訊不完整，僅提供任職之大學名稱，未提供特定院或系所資訊，或是任職跨學科或綜合性之研究機構，未包含更詳細的特定學科資訊，在無法判定學科屬性之情形下，不列入學科分析(學科分佈及學科組合)之樣本文章。此外，文章的書目資料如未包含作者機構資訊，則輔以查證紙本期刊文章，以人工方式補正機構資訊。總計 1,532 篇期刊論文有 1,448 篇是合著論

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

文，其中 171 篇合著論文因上述原因被排除在學科分析樣本資料外，故列入學科分析的期刊論文篇數為 1,277 篇。

(三)學科數量之計算

學科數量的計算以一篇合著期刊論文為單位，相同學科在同一篇合著期刊論文僅計算一次。作者之機構名稱如包括二個或二個以上學科屬性，如化學工程暨生物工程系，為能完整呈現機構之學科屬性，本研究係以二個學科計算。至於學科分佈之計算係總計所有合著期刊論文所出現之學科及各學科出現的次數，產出各學科之所占比例，而學科組合之計算係依據各篇合著期刊論文之學科組合，例如高分子學及化學，據以計算全部合著期刊論文之學科組合種類、各種學科組合之文章

篇數及其所占百分比。

參、研究結果

一、合著論文比例與特性

表 2 顯示高分子學期刊合著論文於 1979 年、1989 年、1999 年及 2009 年之比例呈現隨時間提高的情形，從 1979 年之 86.45% 至 2009 年之 97.43%，反映高分子學的合作研究相當普遍，且隨時間增加有明顯提高趨勢。雖然早在 1979 年，高分子學的合著論文比例即達 86.45%，然高達 87.03% 的合著論文均是相同機構作者之合作成果。不過，相同機構合著論文的比例呈現隨時間下降趨勢，1989 年比例降至 75.69%，1999 年降至 46.65%，與十年前之比例差距明顯，而十年後，2009 年之相同機構合著論文比例僅微幅下降至 42.08%。

表 2
合著論文及相同機構合著論文之比例變化

類別 \ 時間(年)	1979	1989	1999	2009	小計
論文數量	214	278	496	544	1,532
單一作者論文數量 (百分比)	29 (13.55%)	23 (8.27%)	18 (3.63%)	14 (2.57%)	84
合著論文數量 (百分比)	185 (86.45%)	255 (91.73%)	478 (96.37%)	530 (97.43%)	1,448
共同作者來自同一機構之論文數量 (占合著論文數量百分比)	161 (87.03%)	193 (75.69%)	223 (46.65%)	223 (42.08%)	800

二、作者數量分佈特性

表 3 顯示每篇高分子學期刊論文之作者數量介於 1 位至 16 位，其中 3 位作者的期刊論文數量最多，占全部期刊論文數量之 26.44%，其次是 2

位作者之期刊論文，占全部期刊論文數量之 24.48%，另八成左右期刊論文之作者數量均集中在 2 位至 4 位。如比較不同年份之期刊論文作者數量，可以發現比例最高的 2 位作者論文數量比例及

近10年3位作者論文數量比例呈現下降趨勢，而4位作者至7位作者之論文數量比例則是呈現持續提高趨勢，至於7位以上作者數量之論文，除11位及16位作者各有一篇期刊論文於1979年出版

外，可觀察出1999年有出版8位及9位作者數量的期刊論文，而2009年才有10位、12位及13位作者的期刊論文，顯示3位以上作者之合著文章有增加趨勢。

表3
作者數量與論文數量之分佈情形

作者數量	1979		1989		1999		2009		小計	百分比
	論文數量	百分比	論文數量	百分比	論文數量	百分比	論文數量	百分比		
1位	29	13.55	23	8.27	18	3.63	14	2.57	84	5.48
2位	83	38.79	90	32.37	115	23.19	87	15.99	375	24.48
3位	58	27.10	83	29.86	152	30.65	112	20.59	405	26.44
4位	30	14.02	52	18.71	99	19.96	114	20.96	295	19.26
5位	10	4.67	17	6.12	64	12.90	91	16.73	182	11.88
6位	1	0.47	9	3.24	31	6.25	60	11.03	101	6.59
7位	1	0.47	4	1.44	8	1.61	33	6.07	46	3.00
8位	0	0.00	0	0.00	6	1.21	16	2.94	22	1.44
9位	0	0.00	0	0.00	3	0.60	7	1.29	10	0.65
10位	0	0.00	0	0.00	0	0.00	7	1.29	7	0.46
11位	1	0.47	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.07
12位	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	0.37	2	0.13
13位	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.18	1	0.07
16位	1	0.47	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.07
小計	214	100	278	100	496	100	544	100	1,532	100

三、共同作者之學科分佈

表4顯示可分析學科屬性之1,277篇高分子學合著期刊論文之作者機構分佈於38個學科，學科之分佈範圍非常廣泛。就各學科機構作者參與的合著論文比例而言，化學機構的作者參與26.23%的合著論文，比例最高，其次，高分子學機構的作者

參與21.96%的合著論文、化學工程機構的作者參與14.74%的合著論文、材料科學機構的作者參與11.86%的合著論文、物理學機構的作者參與5.24%的合著論文、物理化學機構的作者參與2.88%的合著論文，其餘32個學科機構作者所參與之合著論文數量比例均偏低，未超過1.55%。

表 4
共同作者之學科分佈

序號	學 科	1979	1989	1999	2009	小計	百分比
1	化學	66 (32.84%)	90 (31.47%)	157 (26.25%)	178 (22.62%)	491	26.23
2	高分子學	45 (22.39%)	67 (23.43%)	136 (22.74%)	163 (20.71%)	411	21.96
3	化學工程	24 (11.94%)	59 (20.63%)	100 (16.72%)	93 (11.82%)	276	14.74
4	材料科學	11 (5.47%)	24 (8.39%)	66 (11.04%)	121 (15.37%)	222	11.86
5	物理學	13 (6.47%)	14 (4.90%)	38 (6.35%)	33 (4.19%)	98	5.24
6	物理化學	19 (9.45%)	7 (2.45%)	18 (3.01%)	10 (1.27%)	54	2.88
7	醫學	1 (0.50%)	2 (0.70%)	9 (1.51%)	17 (2.16%)	29	1.55
8	生物科技	1 (0.50%)	0	5 (0.84%)	19 (2.41%)	25	1.34
9	電子工程	2 (1.00%)	2 (0.70%)	6 (1.00%)	14 (1.78%)	24	1.28
10	機械工程	2 (1.00%)	2 (0.70%)	5 (0.84%)	15 (1.91%)	24	1.28
11	電子通訊	2	2	6	14	24	1.28
12	奈米科技	0	0	1	20	21	1.12
13	工程	1	0	7	13	21	1.12
14	生物化學	3	1	6	8	18	0.96
15	生物	0	0	4	11	15	0.80
16	環境科學	0	0	1	12	13	0.69
17	生物醫學	0	1	5	7	13	0.69
18	能源	0	0	5	7	12	0.64
19	農業	5	3	0	2	10	0.53
20	食品科學	0	0	6	3	9	0.48

(續下表)

(接上表)

序號	學 科	1979	1989	1999	2009	小計	百分比
21	森林	1	2	2	4	9	0.48
22	航太科技	1	3	2	1	7	0.37
23	印刷	2	1	0	3	6	0.32
24	電子化學	0	1	2	3	6	0.32
25	分子生物	0	0	4	2	6	0.32
26	土木工程	0	0	2	3	5	0.27
27	影像科學	1	2	1	1	5	0.27
28	工業科技	0	1	0	3	4	0.21
29	數學	0	0	1	1	2	0.11
30	管理	0	0	0	2	2	0.11
31	歷史	0	1	0	1	2	0.11
32	核子工程	0	1	1	0	2	0.11
33	生物物理	1	0	0	0	1	0.05
34	水利工程	0	0	0	1	1	0.05
35	教育	0	0	0	1	1	0.05
36	經濟	0	0	1	0	1	0.05
37	電腦科學	0	0	0	1	1	0.05
38	藝術	0	0	1	0	1	0.05
小 計		201	286	598	787	1,872	100.00

如比較 1979 年、1989 年、1999 年及 2009 年共同作者的學科來源數量，1979 年有 19 個學科、1989 年有 21 個學科、1999 年有 29 個學科、2009 年有 34 個學科，顯示高分子學論文共同作者學科愈來愈多元化，尤其是 1989 年至 1999 年這段時期，學科數量從 21 個增加為 29 個，成長最為明顯。表面上，隨著時間增長，論文數量及作者數量都可預期呈現成長情形，但在作者學科範圍也隨之擴大的情形下，原本主要學科機構作者所參與的合著論文數量比例反而是呈現降低趨勢，如化學從 1979 年之 32.84% 至 2009 年降為 22.62%。表 4 顯示四年總排名之前 10 大學科中，僅材料科學機構作者

所參與的論文數量比例呈現持續增加趨勢，從 1979 年之 5.47% 至 2009 年提高為 15.37%，其次，醫學機構作者所參與的論文數量比例亦有微幅成長情形，從 1979 年之 0.50% 至 2009 年提高為 2.16%，此外，1990 年代新興的奈米科技，其機構人員於 1999 年僅有參與 0.17% 的論文，但至 2009 年，奈米科技人員參與的論文數量比例已提高至 2.54%，成為該年度排名第六的學科，是有待觀察的新興學科。

四、共同作者之學科組合

依據可分析學科組合之 1,277 篇合著論文，總

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

計 1979 年、1989 年、1999 年及 2009 年之共同作者學科組合共有 189 種(詳見附錄)，其中 66 種學科組合(占 189 種學科組合之 34.92%)包含化學在內，56 種學科組合(占 189 種學科組合之 29.63%)包含材料科學在內，45 種學科組合(占 189 種學科組合之 23.81%)包含高分子學在內，39 種學科組合(占 189 種學科組合之 20.63%)包含化學工程在內，反映高分子學雖已從有機化學獨立出來，但迄今化學領域的研究人員仍對高分子學研究有相當

的貢獻及影響。至於包含化學機構作者之合著論文占全部合著論文之 38.21% (488 篇)，包含高分子學機構作者之合著論文占全部合著論文之 32.18% (411 篇)，包含化學工程機構作者之合著論文占全部合著論文之 21.61% (276 篇)，包含材料科學機構作者之合著論文占全部合著論文之 17.70% (226 篇)，顯示化學與高分子學機構作者是高分子學研究之核心作者(詳見表 5)。

表 5

包含核心學科機構研究人員之學科組合種數及論文數量

學 科 組 合	學科組合種數及比例	論文數量及比例
包含化學在內者	66 (34.92%)	488 (38.21%)
包含高分子學在內者	45 (23.81%)	411 (32.18%)
包含化學工程在內者	39 (20.63%)	276 (21.61%)
包含材料科學在內者	56 (29.63%)	226 (17.70%)

有關各學科組合包含之學科數量分佈情形，有 30 種學科組合僅為一個特定學科(占 189 種學科組合之 15.87%)，顯示其他 159 種學科組合(占 189 種學科組合之 84.13%)是跨學科的合作。其中包含 2 種學科之學科組合種類最多(76 種，占 189 種學科組合之 40.21%)，其次是包含 3 種學科之學科組合(62 種，占 189 種學科組合之 32.80%)、包含 4 種學科之學科組合(13 種，占 189 種學科組合之 6.88%)、包含 5 種學科之學科組合(7 種，占 189 種學科組合之 3.70%)，以及包含 6 種學科之學科組合(1 種，占 189 種學科組合之 0.53%)。

另就各學科組合之論文數量比例而言，表 6 顯示比例最高的前 10 種學科組合共占全部 1,277 篇合著論文之 69.54%，其中完全由來自化學機構作者產出之論文最多，共有 247 篇 (占全部 1,277

篇合著論文之 19.34%)，其次依序是 244 篇(占全部 1,277 篇合著論文之 19.11%) 完全由高分子學機構作者產出的論文、122 篇(占全部 1,277 篇合著論文之 9.55%) 完全由化學工程機構作者產出的論文，以及 79 篇(占全部 1,277 篇合著論文之 6.19%) 完全由材料科學機構作者產出的論文，顯示高分子學研究並不是高分子學的特有研究，其在化學、化學工程及材料科學等學科亦是重要的研究議題。至於比例最高的跨學科學科組合是高分子學與化學(46 篇，3.60%)之合作，其次是化學與化學工程(41 篇，3.21%)、化學與材料科學(27 篇，2.11%)、高分子學與材料科學(23 篇，1.80%) 之合作，說明高分子學、化學、化學工程及材料科學等四個學科不但是高分子學研究的核心領域，彼此之間亦是主要的合作對象。此外，如進

一步比較前十大學科組合於各年份產出的論文數量比例，從表 6 可觀察出化學、高分子學及物理學等三種學科組合之論文數量比例呈現持續下降趨勢，而化學與材料科學合作之論文數量比例呈

現微幅持續成長趨勢，至於變化明顯的部分包括化學工程之論文數量比例於 2009 年呈現大幅降低情形，而物理化學之論文數量比例則是於 1989 年明顯下滑。

表 6
共同作者之前十大學科組合

排名	學 科 組 合	1979	1989	1999	2009	小 計	百分比
1	化學	53 (29.12%)	62 (25.20%)	71 (17.84%)	61 (13.59%)	247	19.34
2	高分子學	39 (21.43%)	50 (20.33%)	76 (19.10%)	79 (17.59%)	244	19.11
3	化學工程	19 (10.44%)	35 (14.23%)	48 (12.06%)	20 (4.45%)	122	9.55
4	材料科學	9 (4.95%)	13 (5.28%)	27 (6.78%)	30 (6.68%)	79	6.19
5	高分子學與化學	2 (1.10%)	8 (3.25%)	19 (4.77%)	17 (3.79%)	46	3.60
6	化學與化學工程	3 (1.65%)	8 (3.25%)	11 (2.76%)	19 (4.23%)	41	3.21
7	物理學	9 (4.95%)	8 (3.25%)	11 (2.76%)	7 (1.56%)	35	2.74
8	化學與材料科學	1 (0.55%)	2 (0.81%)	11 (2.76%)	13 (2.90%)	27	2.11
9	物理化學	16 (8.79%)	2 (0.81%)	3 (0.75%)	3 (0.67%)	24	1.88
10	高分子學與材料科學	0	0	6 (1.51%)	17 (3.79%)	23	1.80
小 計						888	69.54

如依時間分析學科組合之分佈情形，顯示 1979 年有 30 種學科組合、1989 年有 44 種學科組合、1999 年有 82 種學科組合、2009 年有 131 種學科組合(詳見附錄)，顯示學科組合數量呈現隨時間

明顯增加趨勢，不同學科之間的跨學科合作日趨活躍，以及說明部分學科組合之論文數量比例下降會受到學科組合數量增加的影響。至於本研究關注的高分子學機構人員，其共與 22 個其他學科機構的

研究人員有合作關係，其中於 1979 年僅曾分別與化學、化學工程、物理及物理化學等 4 個學科機構的研究人員合作，產出占該年度 3.30% 之合著論文；於 1989 年與化學、化學工程、物理、物理化學、森林及醫學等 6 個學科機構的研究人員有合作關係，產出占該年度 6.91% 之合著論文；於 1999 年擴增與 15 個學科機構之研究人員有合作關係，產出占該年度 15.08% 之合著論文；2009 年再繼續擴大與 18 個學科機構之研究人員有合作關係，產出占該年度 18.71% 之合著論文(詳見附錄)，反映高分子學機構之研究人員與其他學科機構研究人員之跨學科活動日益頻繁，合著論文數量比例呈現成長趨勢。

肆、討論

本研究透過共同作者之機構學科屬性，分析學科分佈及學科組合分佈情形，探討高分子學之跨學科合作情形。研究結果顯示隨著時間增加，高分子學之合著論文比例不斷提高，且作者之學科屬性及跨學科合作之多樣性也隨之提高，反映高分子學是許多學科研究人員感興趣之研究主題，具有明顯的跨學科特性。此與部分採用引文分析方法產出之研究結果是相近的，如 Edwards (1999) 對高分子學及高分子工程(Polymer engineering)之 64 篇博碩士論文所進行之引文分析研究結果，發現高分子學引用的資源主題相當分散，另 Van Leeuwen 與 Tijssen (2000) 分析 30 個自然科學學科文獻引用其他學科文獻之比例，顯示高分子學文獻引用其他學科文獻之比例為 53.8%，相對於其他 29 個學科，高分子學的自我引用比率是偏低的，表示高分子學是較年輕的學科，其須向其他較成熟的學科借用知識(Grover, Ayyagari, Gokhale, Lim, & Coffey, 2006; Urata, 1990)。由於 WOS 早期資料庫於 1965 年至 1995 年間有包含僅著錄第一作者機構資料的書目資料，導致本研究之 1979 年及 1989 年的學科分析

結果可能會受到資料庫資料的限制，這是須特別注意的部分。

事實上，高分子學是 1920 年代從有機化學獨立出來的一門科學，包含高分子化學(Polymer chemistry)及高分子物理(Polymer physics)二大分支，因此高分子學與化學、物理及物理化學之學科關係原本即較密切。回顧 1922 年，德國有機化學家 Hermann Staudinger 首先提出高分子(Macromolecule)此名詞，並將研究高分子的科學稱為高分子化學(Macromolecular chemistry)，但當時美國的學者習慣採用”Polymer chemistry”，直至 1946 年 Herman F. Mark 提出”Polymer science”(Furukawa, 2001)，Polymer science 才成為學科名稱，其中所謂高分子是分子，聚合體(Polymer)是高分子的集合體，是一種被廣泛應用的科技材料(鶴田禎二、川上雄資，2003)。特別是 1940 年代，美國的政治情勢促使有機化學、物理學及物理化學家投入高分子研究的合作(Furukawa, 2001)，因此高分子學研究很早就朝跨學科合作方向發展。另於 1967 年創刊的 *Journal of Macromolecular Science*，其宗旨闡明在提供高分子學一個跨學科對話的平台 (Furukawa, 2001)，以及 2007 年美國科學委員會指出高分子學未來在能源、永續性(Sustainability)、健康照護、資訊學、國防等五大方面扮演重要角色(National Science Foundation, 2007)，因此高分子學與其他學科的合作發展仍具有相當前景。

此外，依據本研究之學科分佈結果，參與高分子學合著論文之作者機構分佈於 38 種學科，如以學科組合方式檢視每篇高分子學合著論文時，則可進一步獲知僅有約三分之一論文之共同作者有包含高分子學機構的研究人員，亦即高分子學機構的研究人員並非與其他 37 種學科機構之研究人員都有合作關係，顯示學科分佈結果僅能說明高分子學之合著論文由哪些學科機構的研究人員一起貢

獻，無法明確指出特定學科機構研究人員之合作情形。不過，無論是學科分佈或學科組合之分析結果，二者均指出化學、化學工程、材料科學、物理及物理化學是參與高分子學研究的其他核心學科，特別是化學，說明至今化學對高分子研究仍有相當大的影響力。另聚合物是現代工業應用發展之重要材料，因此材料科學機構的研究人員亦在進行高分子之相關研究。

至於多數的高分子學研究論文並未集中於高分子學，而是來自化學、化學工程、材料科學、物理及物理化學等機構人員參與的原因，除高分子學的本身原本的跨學科特性及朝向跨學科合作發展之因素外，可能也與愈來愈多相關系所名稱朝跨學科特性異動與學科分科變得精細，以及企業機構之學科資訊無法完整顯現之原因有關。有關學科機構的名稱部分，學科發展除從既有學科分離出研究領域更特定的學科，亦包含整合不同學科的發展趨勢，從本研究之作者機構資料，可看出跨學科特性的系所數量增加，例如大學系所名稱包含二個學科，如「化學工程暨生物工程系」、「化學工程暨環境工程系」、「化學暨化學工程學系」等，導致在進行作者機構學科屬性之判定時，會增加部分學科的計算次數，而此種跨學科特性的發展反映出學科之間的交叉及合作關係，使得學科之間的界限變得模糊。雖然大學系所及研究機構數量增加，但就本研究分析之 38 個學科中，除奈米科技是 1990 年代以後出現的新學科名稱，影響機構增加奈米主題研究及改以奈米命名外，其餘學科在 1970 年代以前即已存在，因此新學科的增加並不是提高高分子學研究跨學科特性的主因，但基於高分子學是一門應用層面很廣且跨學科特性很強的學科，使得有愈來愈多學科投注更多心力在高分子學研究，或是增加分子的相關研究。

另聚合物是現代工業發展的材料，故除大學及

研究機構外，亦可看到企業在研究上之參與，特別是化學或化學工程產業的公司，而其中許多跨國企業也有研究單位或部門進行研發工作，只是因高分子被廣泛應用在許多產業，有些企業從其企業或產品資訊，無法辨識有涉及高分子科學的研究，僅能就企業的主要屬性進行學科分類，因此會高估化學機構及化學工程機構作者參與的比例。

伍、結論

本研究透過合著期刊論文之共同作者關係，分析高分子學研究之共同作者學科分佈及確認一篇高分子學合著論文之作者是由哪些學科機構之研究人員共同合作，依據 1979 年、1989 年、1999 年及 2009 年資料分析結果，顯示高分子學的合著期刊論文比例相當高，且呈現成長趨勢，反映該領域的科學合作相當普遍。另透過學科組合之分析，發現共同作者之學科組合相當多元，確認愈來愈多高分子學機構研究人員傾向與其他學科機構之研究人員合作，以及有高達三分之二的高分子學合著研究並未包含來自高分子學機構研究人員之參與。另比較學科組合及學科分佈之分析結果，顯示學科組合分析能清楚呈現高分子學研究是由哪些學科之研究人員一起合作完成，不同於學科分佈是就論文之整體情形，顯示高分子研究有哪些學科的研究人員參與，因此學科組合之分析結果指出並非每篇高分子學研究論文均有高分子學機構人員的參與，並清楚呈現各學科機構研究人員之間的合作情形，因此，本研究建議學科組合分析方法可以搭配學科分佈方法，應用至所有學科之跨學科分析，以獲取更詳細之跨學科合作資訊。

(收稿日期：2011 年 6 月 20 日)

參考文獻

- 陳光華、梁瓊芳 (2004)。臺灣圖書資訊學之跨學科交流。《圖書資訊學刊》，2(2)，31-55。
- 鶴田禎二、川上雄資著 (2003)。《高分子設計》。(薛敬和編譯)。新竹市：薛敬和。(原作 1992 年出版)
- Babchuk, N., Keith, B., & Peters, G. (1999) Collaboration in sociology and other scientific disciplines: A comparative trendanalysis of scholarship in the social, physical, and mathematical sciences. *The American Sociologist*, 30(3), 5-21.
- Beaver, D., & Rosen, R. (1978). Studies in scientific collaboration part I. the professional origins of scientific co-authorship. *Scientometrics*, 1(1), 65-84.
- Choi, J. M. (1988). An analysis of authorship in anthropology journals, 1963 and 1983. *Behavioral and Social Sciences Librarian*, 6(3/4), 85-94.
- Crow, G. M., Levine, L., & Nager, N. (1992). Are 3 heads better than one : Reflections on doing collaborative interdisciplinary research. *American Educational Research Journal*, 29(4), 737-753.
- Ding, Y., Foo, S., & Chowdhury, G. (1999). A bibliometric analysis of collaboration in the field of information retrieval. *International Information and Library Review*, 30(4), 367-376.
- Edwards, S. (1999). Citation analysis as a collection development tool: A bibliometric study of polymer science theses and dissertations. *Serials Review*, 25(1), 11-20.
- Fox, M. F., & Faver, C. A. (1984). Independence and cooperation in research: The motivations and costs of collaboration. *Journal of Higher Education*, 55(3), 347-359.
- Furukawa, Y. (2001). Polymer science: From organic chemistry to an interdisciplinary. (pp.228-245) In Carsten Reinhardt ed. *Chemical sciences in the 20th century*. Weinheim: Wiley-Vch, 2001.
- Grover, V., Ayyagari, R., Gokhale, R., Lim, J., & Coffey, J. (2006). A citation analysis of the evolution and state of information systems within a constellation of reference disciplines. *Journal of the Association for Information Systems*, 7(5), 270-325.
- Gu, Y. (2004). Global knowledge management research: A bibliometric analysis. *Scientometrics*, 61(2), 171-190.
- Hart, R. L. (2000). Co-authorship in the academic library literature: A survey of attitudes and behaviors. *Journal of Academic Librarianship*, 26(5), 339-345.
- Hinze, S. (1999). Collaboration and cross disciplinarity in autoimmune diseases. *Scientometrics*, 46(3), 457-471.
- Hunter, L., & Leahey, E. (2008). Collaborative Research in Sociology: Trends and Contributing Factors. *The American Sociologist*, 39(4), 290-306.
- Katz, J.S., & Hicks, D. (1997). How much is a collaboration worth? A calibrated bibliometric model. *Scientometrics*, 40(3), 541-554.
- Lariviere, V., Gingras, Y., & Archambault, E. (2006). Canadian collaboration networks: A comparative analysis of 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

- Melin, G., & Persson, O. (1996). Studying research collaboration using coauthorships. *Scientometrics*, 36(3), 363-377.
- Moody, J. (2004). The structure of a social science collaboration network : Disciplinary cohesion from 1963-1999. *American Sociological Review*, 69, 213-238.
- National Science Foundation. (2007). Interdisciplinary, globally-leading polymer science and engineering: 2007 NSF Polymers Workshop. Retrieved June 10, 2011, from http://www.nsf.gov/mps/dmr/NSF_Polymer_Workshop.pdf
- Norris, R. P. (1993). Authorship patterns in CJNR: 1970-1991. *Scientometrics*, 28(2), 151-158.38.
- Pierce, S. J. (1999). Boundary crossing in research literatures as a means of interdisciplinary information transfer. *Journal of the American Society for Information Science*, 50(3), 271-279.
- Qiu, L. (1992). A study of interdisciplinary research collaboration. *Research Evaluation*, 2(3), 169-175.
- Sampson, Z. J. (1995). Authorship counts: Forty years of the Physical Review and Physical Review Letters. *Scientometrics*, 32(2), 219-226.
- Stefaniak, B. (2001). International cooperation in science and in social sciences as reflected in multinational papers indexed in SCI and SSCI. *Scientometrics*, 52(2), 193-210.
- Urata, H. (1990). Information flows among academic disciplines in Japan. *Scientometrics*, 18(3-4), 309-319.
- Van Leeuwen, T., & Tijssen, R. (2000). Interdisciplinary dynamics of modern science: Analysis of cross-disciplinary citation flows. *Research Evaluation*, 9(3), 183-187.

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

附 錄

序號	學科組合	1979	1989	1999	2009	小計	百分比
1	化學	53	62	71	61	247	19.37
2	高分子學	39	50	76	79	244	19.14
3	化學工程	19	35	48	20	122	9.57
4	材料科學	9	13	27	30	79	6.20
5	高分子學+化學	2	8	19	17	46	3.61
6	化學+化學工程	3	8	11	19	41	3.22
7	物理學	9	8	11	7	35	2.75
8	化學+材料科學	1	2	11	13	27	2.12
9	物理化學	16	2	3	3	24	1.88
10	高分子學+材料科學			6	17	23	1.80
11	化學工程+材料科學	1	7	5	6	19	1.49
12	高分子學+化學工程		3	11	5	19	1.49
13	化學+物理學	2	2	9	1	14	1.10
14	化學+化學工程+材料科學		2	2	7	11	0.86
15	化學工程+物理學		1	7	2	10	0.78
16	高分子學+化學+化學工程	1	1	1	6	9	0.71
17	電子通訊	4	5			9	0.71
18	農業	5	3			8	0.63
19	機械工程	1	2	1	4	8	0.63
20	化學+物理化學	1	2	4		7	0.55
21	高分子學+物理學		2	2	3	7	0.55
22	生物科技	1		1	4	6	0.47
23	高分子學+物理化學	1	1	2	2	6	0.47
24	醫學		1	3	2	6	0.47
25	化學+工程		2		3	5	0.39
26	森林	1	1	1	2	5	0.39
27	電子工程	2	1	1	1	5	0.39
28	工程			2	2	4	0.31
29	化學+生物化學	1		2	1	4	0.31
30	化學工程+電子通訊		2		2	4	0.31

(續下表)

(接上表)

序號	學科組合	1979	1989	1999	2009	小計	百分比
31	材料科學+物理學			2	2	4	0.31
32	航太科技	1	2	1		4	0.31
33	高分子學+化學+物理學	1		1	2	4	0.31
34	高分子學+化學工程+材料科學			1	3	4	0.31
35	高分子學+電子工程			1	3	4	0.31
36	化學+生物科技			1	2	3	0.24
37	化學+能源			2	1	3	0.24
38	化學+醫學				3	3	0.24
39	化學工程+奈米科技				3	3	0.24
40	化學工程+物理化學		1	2		3	0.24
41	生物化學+化學		1	1	1	3	0.24
42	印刷	2	1			3	0.24
43	能源			1	2	3	0.24
44	高分子學+化學+材料科學				3	3	0.24
45	高分子學+機械工程			1	2	3	0.24
46	高分子學+醫學		1	1	1	3	0.24
47	電子化學		1		2	3	0.24
48	影像科學	1	1	1		3	0.24
49	環境科學				3	3	0.24
50	分子生物			2		2	0.16
51	化學+化學工程+電子工程+材料科學				2	2	0.16
52	化學+生物醫學			1	1	2	0.16
53	化學+奈米科技				2	2	0.16
54	化學+食品科學		2			2	0.16
55	化學+環境科學+材料科學				2	2	0.16
56	生物+化學		1	1		2	0.16
57	生物+化學工程				2	2	0.16
58	生物醫學+材料科學			1	1	2	0.16
59	材料科學+奈米科技				2	2	0.16
60	材料科學+物理化學	1		1		2	0.16
61	材料科學+物理學			1	1	2	0.16
62	材料科學+醫學				2	2	0.16

(續下表)

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

(接上表)

序號	學科組合	1979	1989	1999	2009	小計	百分比
63	奈米科技				2	2	0.16
64	高分子學+化學+化學工程+材料科學			2		2	0.16
65	高分子學+化學+物理化學	1		1		2	0.16
66	高分子學+生物學				2	2	0.16
67	高分子學+森林		1		1	2	0.16
68	機械工程+工程	1		1		2	0.16
69	土木工程				1	1	0.08
70	工程+工業科技				1	1	0.08
71	工業科技		1			1	0.08
72	工業科技+物理學				1	1	0.08
73	分子生物+工程+物理化學			1		1	0.08
74	分子生物+化學				1	1	0.08
75	化學+土木工程+化學工程+材料科學+物理學				1	1	0.08
76	化學+土木工程+環境科學				1	1	0.08
77	化學+工程+材料科學+奈米科技				1	1	0.08
78	化學+分子物理		1			1	0.08
79	化學+化學工程+物理學				1	1	0.08
80	化學+化學工程+能源			1		1	0.08
81	化學+化學工程+環境科學				1	1	0.08
82	化學+化學工程+醫學			1		1	0.08
83	化學+生物化學+奈米科技				1	1	0.08
84	化學+材料科學+水利工程				1	1	0.08
85	化學+材料科學+物理化學				1	1	0.08
86	化學+材料科學+物理化學				1	1	0.08
87	化學+材料科學+物理學			1		1	0.08
88	化學+奈米科技+物理化學				1	1	0.08
89	化學+教育+森林				1	1	0.08
90	化學+電子工程+材料科學			1		1	0.08
91	化學+電子工程+材料科學+物理學				1	1	0.08
92	化學+電子工程+電腦科學+奈米科技				1	1	0.08
93	化學+管理				1	1	0.08
94	化學+影像科學		1			1	0.08

(續下表)

(接上表)

序號	學科組合	1979	1989	1999	2009	小計	百分比
95	化學+機械工程			1		1	0.08
96	化學+機械工程+材料科學				1	1	0.08
97	化學+機械工程+奈米科技				1	1	0.08
98	化學+歷史				1	1	0.08
99	化學+環境科學				1	1	0.08
100	化學工程+工程			1		1	0.08
101	化學工程+工程+材料科學			1		1	0.08
102	化學工程+工程+物理學				1	1	0.08
103	化學工程+工業科技+材料科學				1	1	0.08
104	化學工程+材料科學+印刷				1	1	0.08
105	化學工程+材料科學+物理化學		1			1	0.08
106	化學工程+能源			1		1	0.08
107	化學工程+醫學				1	1	0.08
108	生物				1	1	0.08
109	生物+化學工程+電子工程+材料科學				1	1	0.08
110	生物+化學工程+機械工程+材料科學				1	1	0.08
111	生物+機械工程+醫學				1	1	0.08
112	生物+環境科學				1	1	0.08
113	生物化學				1	1	0.08
114	生物化學+生物學+生物科技+生物醫學+化學+醫學			1		1	0.08
115	生物化學+物理化學			1		1	0.08
116	生物化學+物理學	1				1	0.08
117	生物物理	1				1	0.08
118	生物科技+分子生物+化學			1		1	0.08
119	生物科技+化學+化學工程				1	1	0.08
120	生物科技+化學+材料科學				1	1	0.08
121	生物科技+化學+奈米科技+醫學+物理化學				1	1	0.08
122	生物科技+化學工程			1		1	0.08
123	生物科技+化學工程+材料科學				1	1	0.08
124	生物科技+生物醫學+醫學+物理學				1	1	0.08
125	生物科技+材料科學				1	1	0.08
126	生物科技+材料科學+奈米科技				1	1	0.08

(續下表)

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

(接上表)

序號	學科組合	1979	1989	1999	2009	小計	百分比
127	生物科技+材料科學+醫學				1	1	0.08
128	生物科技+奈米科技				1	1	0.08
129	生物科技+醫學			1		1	0.08
130	生物醫學		1			1	0.08
131	生物醫學+分子生物+化學				1	1	0.08
132	生物醫學+化學+土木工程+工程+材料科學			1		1	0.08
133	生物醫學+化學工程				1	1	0.08
134	生物醫學+化學工程+醫學			1		1	0.08
135	材料科學+印刷				1	1	0.08
136	材料科學+醫學+物理學				1	1	0.08
137	奈米科技+物理學				1	1	0.08
138	物理學+航太科技		1			1	0.08
139	食品科學+生物科技+化學工程+材料科學				1	1	0.08
140	食品科學+物理學				1	1	0.08
141	核子工程		1			1	0.08
142	能源+物理學				1	1	0.08
143	高分子學+土木工程+化學工程			1		1	0.08
144	高分子學+工程+材料科學				1	1	0.08
145	高分子學+化學+生物醫學+物理+物理化學				1	1	0.08
146	高分子學+化學+物理學+物理化學			1		1	0.08
147	高分子學+化學+食品科學			1		1	0.08
148	高分子學+化學工程+材料科學+醫學				1	1	0.08
149	高分子學+生物化學+化學			1		1	0.08
150	高分子學+生物化學+化學+材料科學			1		1	0.08
151	高分子學+生物化學+化學+材料科學+化學工程				1	1	0.08
152	高分子學+生物化學+化學+物理學+物理化學				1	1	0.08
153	高分子學+生物化學+化學工程+醫學				1	1	0.08
154	高分子學+生物化學+醫學				1	1	0.08
155	高分子學+生物學+生物化學+化學+材料科學				1	1	0.08
156	高分子學+生物學+材料科學				1	1	0.08
157	高分子學+生物醫學+化學				1	1	0.08
158	高分子學+材料科學+核子工程			1		1	0.08

(續下表)

(接上表)

序號	學科組合	1979	1989	1999	2009	小計	百分比
159	高分子學+奈米科技+物理化學				1	1	0.08
160	高分子學+物理學+物理化學			1		1	0.08
161	高分子學+食品科學				1	1	0.08
162	高分子學+能源				1	1	0.08
163	高分子學+能源+材料科學				1	1	0.08
164	高分子學+航太科技			1		1	0.08
165	高分子學+電子工程+材料科學			1		1	0.08
166	高分子學+電子化學+食品科學			1		1	0.08
167	高分子學+數學				1	1	0.08
168	高分子學+數學+物理學			1		1	0.08
169	高分子學+機械工程+材料科學				1	1	0.08
170	高分子學+環境科學+工程				1	1	0.08
171	森林+材料科學			1		1	0.08
172	經濟+食品科學+物理學			1		1	0.08
173	農業+工程+管理				1	1	0.08
174	農業+化學				1	1	0.08
175	電子工程+材料科學+物理學				1	1	0.08
176	電子工程+影像科學+物理學				1	1	0.08
177	電子化學+材料科學+奈米科技				1	1	0.08
178	電子化學+物理化學			1		1	0.08
179	機械工程+能源+材料科學+物理學				1	1	0.08
180	機械工程+航太科技+能源				1	1	0.08
181	機械工程+電子工程				1	1	0.08
182	機械工程+電子工程+材料科學				1	1	0.08
183	機械工程+醫學			1		1	0.08
184	歷史		1			1	0.08
185	環境科學+工程				1	1	0.08
186	環境科學+物理學				1	1	0.08
187	環境科學+物理化學			1		1	0.08
188	環境科學+食品科學			1		1	0.08
189	藝術+生物學+材料科學			1		1	0.08
小 計		129	184	327	388	1028	100