

國立臺灣師範大學科學教育研究所碩士班

碩士論文

指導教授：楊文金 博士

任宗浩 博士

以文件探勘法比較國內外學者在論證相
關研究上的差異

Using Text-Mining to Explore the
Research Themes on Argumentation for
Taiwanese and International Researchers
in Science Education

研究生：姚 永 宏

中華民國 104 年 6 月

謝誌

完成論文的意義，不僅是單純地畢業、拿取學位而已，這不只是個階段，還是種持續的累積，中間只要稍有差池，我就走不到這一步，要感謝的人實在太多，然而篇幅有限，未提及的貴人，請容我在心裡默表對你們的感謝。

首先，謝謝任宗浩老師這段時間的指導，任老師教導我的，不只是研究素養，還有待人的氣量與處事的態度，任老師也是我的心靈導師，在我遇到困難萌生心結時，老師適時的提點與支持，幫助我度過難關，沒有您的幫助，我難以順利完成學業。

謝謝口試委員楊文金老師、李哲迪老師、鄭劭家老師的指教，讓我的論文可以更完善，論述脈絡更清楚。特別感謝楊文金老師，擔任我在科教所的指導教授。入學時聽聞楊老師的嚴謹犀利，對楊老師感到敬畏，在修了楊老師的課，並旁聽過楊老師主持的論文口試後，對楊老師的親和博學幽默風趣打從心底感到拜服，能請您擔任指導老師，是我的榮幸。

研究室的夥伴馨瑩、弘仁、惠珍，你們為研究室增添了歡笑和溫馨，研究的過程不再只有枯燥的文字爬梳。細心體貼的馨瑩給我研究上的建議，提醒我書寫時的細節，並不厭其煩地聽了我多次的報告，讓我在口試時能有最好的表現，不時的關心也令我倍感溫暖。幽默可靠的弘仁是軟體操作上的最佳靠山，在文書處理和數據分析上需要協助時，問你就對了，每週一次的籃球聚會，場上運動鍛鍊體力，場下聊天紓解壓力，總是能感到暢快無比。多才多藝的惠珍幫我辦理經費的申請，還提供自製的小點心、手工皂和大家分享，口試時的茶飲水果也勞煩你幫忙，說你是研究室的精湛巧手可是一點也不為過。

我的摯友柏翰、彰倫、元甫，我的人生能走到這裡，多虧有你們，有人說交了個好友，就像讀了本好書，而對你們，我總有種「這好書怎麼讀也讀不完」的感覺，二十餘年的光陰，我們之間不用多說甚麼，你們是我的兄弟。

弘道國中的前輩與夥伴，梁校長、鴻儒主任、坤樹主任、美珠姊、淑妹姊、復國老師、新芳老師、維娟老師、紀容老師、毓凱、妙芳、仁傑、佩玲、以琳、瑞好，謝謝你們在我需要有人拉一把時，慷慨地伸出手協助我，沒有你們，我沒辦法拿到學位。

謝謝斌吟學姊費心幫我記錄口試過程，多虧你詳實的記錄，我可以不用再花太多時間整理稿件。謝謝心宜，讓我有機會領養嚕嚕，黏人愛灑嬌的嚕嚕，是我在家的最佳伴侶。謝謝雪芳慷慨地將論文電子檔分享給我，到後期論文真正難的不是內容，而是書寫格式，還好有你的電子檔可以參考，我省去了查找的時間。Felix，謝謝你陪我練習英文，每次的吃飯聊天都很愉快且有收穫。花珊點群組的打氣兼嗑牙，是生活不可欠缺的調劑。美吟、正男、富閔，我們是在今年一起畢業的好夥伴，很高興陸續收到大家口試過關的好消息。

哲伊、禎禎、瓊方、知惠、李捷、紀顯、阿蓉、毓靖，你們是我的後援部隊，謝謝你們平日的問候和陪伴，你們了解我，知道我需要甚麼，總是能適時為我補充能量，一句關懷和一個笑容，就可以支持我繼續走下去。

謝謝偉煌學長當初建議我考研究所，為我播下考取教職與攻讀學位的種子，有的時候一句話一個提點，就可以改變我們的人生，我會向學長學習，期待自己對身邊的人有類似的影響力。

最後，謝謝我的父親，我的人生如果有任何可能性，都是您給我的，不論先天的條件或後天的教養，希望我沒讓您失望。爸爸，我愛您。

摘要

科學論證是科學教育研究的核心議題之一，近年來與科學論證相關研究的文獻數量大量增長，顯示其重要性與日俱增。本研究併用文件探勘法(text-mining)以及傳統文獻分析方法針對 Web of Science (WoS)的社會科學引文資料庫(Social Science Citation Index, SSCI)中論證相關研究文獻進行分類，找出論證研究領域的重要研究主題，並比較國內外科學教育學者在論證研究主題上的差異。本研究自 Chemistry Education: Research And Practice (CERP)、International Journal of Science Education (IJSE)、Journal of Research in Science Teaching (JRST)、Research in Science Education (RSE)、Science & Education (S&E) 與 Science Education (SE)等六個在科學教育領域具代表性的電子期刊資料庫搜尋從 1965 年至 2014 年止共 279 篇論證文獻資料進行分析。分析結果顯示，論證研究領域可分為九大主題，包括「以論證能力作為科學教育課程目標」、「科學建模與論證品質」、「以論證增進科學學習成效」、「論證過程的科學語言或對話模式」、「論證時同儕互動」、「探究實驗與論證」、「小組討論如何影響論證」、「社會性科學議題中的論證」，以及「論證與態度的關係」等九類研究主題之相關研究。比對文件探勘與專家分類的一致性為 0.86，顯示其具有好的一致性。此外，國外學者的研究以數量來看前三名依序為「以論證增進科學學習成效」、「社會性科學議題中的論證」、「以論證能力作為科學教育課程目標」，國內學者發表數量的前三名依序為「社會性科學議題中的論證」、「科學建模與論證品質」、「以論證增進科學學習成效」。整體而言，相較於所有國家學者的研究數量，國內科學教育研究學者在科學論證領域之比例（3.9%）比所有主題研究發表的平均比例（2.2%）高將近一倍。然而國內學者在「論證過程的科學語言或對話模式」、「論證時同儕互動」、「小組討論如何影響論證」等三個主題的研究發表則相對較為缺乏。本研究之結果可以做為國內科學教育學者未來從事科學論證相關研究時的參考。

關鍵字：論點、論證、文件探勘、特徵詞、群集化

Abstract

The increase in researches on science argumentation during the last decades indicates that science argumentation has become an essential research topic in science education. The current study applied the text-mining technique to categorize the articles on science argumentation from the SSCI database (Web of Science), to find out the important research themes and to compare the differences in interest topics on argumentation between Taiwanese and the international researchers in science education. Based on a systematic review procedure, 297 articles in argumentation from six journals in science education were selected as the sample analyzed in the current study. These six journals include Chemistry Education: Research And Practice (CERP), International Journal of Science Education (IJSE), Journal of Research in Science Teaching (JRST), Research in Science Education (RSE), Science & Education (S&E) and Science Education (SE). According to the current analysis, nine themes including “C1: *enhancing argumentation ability as a goal of science education*”, “C2: *argumentation in modeling*”, “C3: *enhancing science learning through argumentation*”, “C4: *using science language or the dialogue in argumentation*”, “C5: *peer-interaction in argumentation*”, “C6: *science inquiry and argumentation*”, “C7: *group discussion and argumentation*”, “C8: *argumentation in social scientific issues*” and “C9: *scientific attitude and argumentation*” were identified as important research themes on science argumentation. The consistency between the categorization conducted using text-mining technique and conducted by expert in science education is about 0.86. The results also indicate that C3, C8, and C1 are the more frequent topics studied by international researchers, and C8, C2, and C3 are by Taiwanese researchers in science education. In addition, the ratio of articles published by Taiwanese and international researchers on argumentation is about 0.04 and is almost twice as the ratio of articles on all the research topics in science education.

Keywords: argument, argumentation, text-mining, homogeneous glossary, clustering

目錄

第壹章	緒論.....	1
第一節	研究背景與研究動機.....	1
第二節	研究的重要性.....	3
第三節	研究目的與研究問題.....	3
第四節	名詞界定.....	3
第五節	研究範圍與限制.....	4
第貳章	文獻探討.....	5
第一節	論證.....	5
一、	論證的定義與角色.....	5
二、	論證相關研究.....	7
三、	論點與論證的區別與使用.....	10
四、	論證相關文章與科教文章在不同年段的發表百分率變化.....	11
五、	論證模式種類.....	12
第二節	文件探勘.....	14
一、	文件探勘的定義.....	14
二、	文件探勘的架構.....	15
三、	文件探勘的應用.....	17
四、	文件探勘相關技術.....	19
第參章	研究方法.....	24
第一節	文獻來源.....	24
第二節	研究工具.....	38
第三節	研究流程.....	44
第肆章	研究結果.....	46
第一節	論證文章分群結果與命名.....	46
第二節	利用文件探勘分類結果與專家分類結果的一致性.....	64
第三節	國內、外學者在九大論證研究類別中的分布.....	67
第伍章	結論與建議.....	70

參考文獻.....	72
一、中文部分.....	72
二、西文部分.....	72



表 目 錄

表 3.1 六本期刊各年段科學教育文章數.....	25
表 3.2 六本期刊中國內外學者發表文章數.....	27
表 3.3 279 篇論證相關文章在六本期刊與各年段所佔數量.....	28
表 3.4 國內外學者在六本期刊發表之論證相關文章數.....	31
表 3.5 國內外學者在六本期刊發表之論證相關文章數.....	33
表 3.6 國內外學者在六本期刊發表之論點相關文章數.....	36
表 4.1 Wordstat 分群結果	46
表 4.2 「以論證能力作為科學教育課程目標」文獻關鍵詞頻.....	47
表 4.3 「科學或科學本質的知識與論證品質」文獻關鍵詞頻.....	48
表 4.4 「以論證增進科學學習成效」文獻關鍵詞頻.....	50
表 4.5 「論證過程的科學語言或對話模式」文獻關鍵詞頻.....	52
表 4.6 「論證時同儕互動」文獻關鍵詞頻.....	54
表 4.7 「探究實驗與論證」文獻關鍵詞頻.....	56
表 4.8 「小組討論如何影響論證」文獻關鍵詞頻.....	58
表 4.9 「社會性科學議題中的論證」文獻關鍵詞頻.....	60
表 4.10 「論證與態度的關係」文獻關鍵詞頻.....	62
表 4.11 專家與文件探勘分類一致性.....	64
表 4.12 國內外文獻在各類別論證相關研究與所有科教研究之分布.....	67

圖目錄

圖 2.1 論證相關文章佔科教文章在不同年段的發表百分率趨勢圖.....	11
圖 2.2 Toulmin 論證模型(Toulmin, 2003).....	12
圖 2.3 論證符號表徵(Patronis et al., 1999).....	13
圖 2.4 Giere 科學知識推理模型(Giere et al., 1991)	14
圖 2.5 文件探勘架構 1(Tan, 1999).....	16
圖 2.6 文件探勘架構 2(Losiewicz et al., 2000).....	16
圖 2.7 階層式群集演算法樹狀圖.....	22
圖 3.1 六本期刊文章在科教資料中所佔筆數與百分比.....	25
圖 3.2 六本期刊在各年段文章出版數量與佔總量之比例.....	26
圖 3.3 六本期刊各年段收錄文章年均量之趨勢變化.....	27
圖 3.4 國內外學者在 7541 筆資料中所佔筆數與百分比.....	28
圖 3.5 六本期刊論證相關文章篇數與佔總文章數之百分比.....	29
圖 3.6 各年代與論證相關之文章篇數與佔論證總文章數百分比.....	30
圖 3.7 六本期刊各年段論證相關文章年均量趨勢圖.....	30
圖 3.8 國內外學者在六本期刊中發表之論證相關文章數與百分比.....	31
圖 3.9 論證相關文章在六本期刊與各年段年均量趨勢圖.....	32
圖 3.10 六本期刊論證相關文章數與佔總文章數之百分比.....	33
圖 3.11 國內外學者在六本期刊中發表之論證相關文章數與百分比.....	34
圖 3.12 論點相關文章在六本期刊與各年段年均量.....	35
圖 3.13 六本期刊論點相關文章數與佔總文章數之百分比.....	36
圖 3.14 國內外學者在六本期刊中發表之論點相關文章數與百分比.....	37
圖 3.15 論證與論點相關文章年均量與合併年均量趨勢圖.....	37
圖 3.16 群集結果 2D 視覺化.....	40
圖 3.17 群集結果 3D 視覺化.....	40
圖 3.18 詞頻分析結果總表.....	43
圖 3.19 以樹狀圖呈現群集結果.....	43
圖 3.20 研究流程圖.....	45

第壹章 緒論

本研究以文件探勘法(text-mining)分析科學教育領域關於論證研究的主題，以及國內外學者在論證研究主題上的差異。各學科領域有多個研究主題或次領域，科學教育亦然，論證是科學教育的重要研究核心之一，但目前並未有量化資料呈現科學教育中論證研究有哪些重要的主題、研究趨勢與國內外學者在論證研究上的差異。隨著科技的進步以及資料的數位化保存等趨勢，過去需要花費長時間才能蒐集的研究文獻，現在僅需透過資料庫的查詢，就能很容易利用關鍵詞或特徵詞搜尋到大部分相關的文獻。加上電腦演算速率的長足進步，各種針對大量數據進行探究性分析的統計分析技術(如群集分析及決策樹分析法等)也被應用在各領域。本研究論文透過文件探勘的技術，探討科學教育領域的論證研究中重要的研究主題以及國內外學者在論證研究上的差異。本章共五個小節，分別為「研究背景與研究動機」、「研究的重要性」、「研究目的與研究問題」、「名詞界定」、「研究範圍與限制」。

第一節 研究背景與研究動機

美國科學教育促進協會(AAAS)在科學教育改革計劃2061(project2061)中將「培養具有科學素養的公民」列為科學教育目標，而對科學本質的理解，被視為具有科學素養的重要指標之一(AAAS,1989)，我國教育部亦將對科學本質的理解列入九年一貫課程綱要的能力指標中（教育部，2003）。不同年代對科學本質的理解，隨著時代演進而有所不同，現代科學本質的主流觀點已由邏輯實證主義轉為建構主義，建構主義主張知識並非客觀的實在，而是一種主觀的認定，但台灣多數教師與學生對於科學本質的理解仍偏向邏輯實證主義(翁秀玉 & 段曉林, 1997; 許玫理 & 郭重吉, 1993; 劉宏文, 1996)。雖然上述文獻內容已是接近20年前的敘述，但以研究者自身的經驗為例，在擔任教師未就讀研究所前皆信奉科學知識為絕對客觀的事實，世界具有客觀的真理，念研究所時課堂中教授簡單地調查學生對於科學本質的觀點，大多數認為科學知識是客觀的、唯一的、絕對的真理，即便教育單位已將科學本質列為能力指標之一，但台灣在研究所前的學習環境中，仍不常觸及科學本質為何的議題，導致學生未曾深入思考何謂科學本質，對科學本質仍抱持素樸的觀點，顯示台灣教育現場對於科學本質的理解仍未跟上

潮流。

當今對於科學本質的立場，認為科學知識是透過建構產生，是由科學家提出科學主張，經科學社群互相對話討論提出批判與爭論後，以協商所產生的共識(Driver, Newton, & Osborne, 2000)，而這即為論證(argumentation)的過程，論證是一種提出論點(argument)，嘗試透過言語互動說服彼此以達成共識的活動(Billig, 1996; Siegel, 1995; Van Eemeren & Grootendorst, 2004)。由於科學知識是以論證說服科學社群成員達成共識所產生，科學知識的建構本質上是一種論證，故以論證進行教學時，有助於幫助學生親身體驗討論協商相互批判的過程，增進學生對科學本質的理解(Bell, 2000; Bloom, 2001; Lawson, 2002; Niaz, Aguilera, Maza, & Liendo, 2002; Yerrick, 2000)，使學生對於科學本質的觀點轉變為動態的(dynamic)觀點，了解科學知識並非變動不居。

論證除了提升學生對於科學本質的理解外，亦可讓學生在提出論點互相討論的同時，將心中的想法精緻化並具體提出，訓練學生將主張明確表達(Duschl & Osborne, 2002)，台灣中學生的自然科評量試卷多以選擇題為主，而非選題多為計算題，鮮少有讓學生將概念明確表達的機會，學生答對題目，不保證理解科學概念，有可能僅會算會填答，但概念不清或錯誤，而論證活動可作為學生的形成性評量，呈現思考與推理的過程，教師可透過論證知悉學生對於科學知識的理解程度(Osborne, Erduran, & Simon, 2004)。論證亦能培養學生高層次的認知能力，例如：分析、綜合、評鑑、創造，論證時，學生需對各自的主張、資料、理由、支持背景進行判斷，檢驗主張的合理性、資料的正確性、理由的正當性、支持背景的可靠性(Giddens, 2013)。

現代民主社會中，有許多社會性公眾議題是需要透過人民共同參與討論例如：核電的存廢、公共設施的興建、複製人的製造等，需交換意見協商後達成共識才能施行，在考量時，各個團體或代表有各自不同的立場與價值觀，從不同的角度例如：經濟發展、環境保護、道德考量等思考議題，這些公眾議題往往沒有標準答案，答案會隨著立場、背景、環境、時空的不同而改變，沒有一個標準的原則或科學專家可以提供一個最好的解決辦法，故我們需要具備論證能力的公民，以現有的資訊與證據為基礎，結合各自的立場與價值觀提出論述與協商，找出最有利於大眾的選擇或共識。

第二節 研究的重要性

論證是現代科學教育的核心能力，科學教育應將論證能力列為重要目標(Driver et al., 2000)。文件探勘法(text mining)可透過電腦自大量文件中，對巨量文字進行分析，以找出隱含在巨量文字背後的資訊、知識以及模式，透過文件探勘法，可以利用詞彙間的關聯將特定主題呈現出來。本研究以文件探勘法與傳統文獻分析方法對論證研究主題進行分類，呈現論證研究的主題與國內外學者在論證相關研究上的差異。研究結果可做為國內科學教育研究學者，未來研究規劃上之參考。

第三節 研究目的與研究問題

由研究背景與研究的重要性可知國內外皆重視論證能力的培養，本研究以文件探勘法分析論證研究有哪些研究主題，並比較國內外學者在各論證主題中研究數量分布的差異。

基於上述研究目的，研究欲探討的問題如下：

- 1.利用文件探勘法，對於論證相關文獻進行分類之結果為何？
 - 1-1.依據文件探勘法，將論證相關文獻分類之主題為何？
 - 1-2.所蒐集之論證文獻，關於各分類主題之數量為何？
 - 1-3.利用文件探勘法的分類結果與科學教育專家分類結果的一致性為何？
- 2.國內、外學者在論證相關的研究主題上，發表數量之比例是否有差異？
 - 2-1.國內學者和國際學者在論證主題的文獻發表數量比例，與所有主題發表之比例是否有差異？
 - 2-2.國內學者和國際學者的論證文獻發表數量在不同分類主題之分布是否有差異？

第四節 名詞界定

1.論點(argument)

論辯過程中的資料(data)、根據(warrant)、支持背景(backing)、限定條件(qualifier)、主張(claim)、反例(rebuttal)等Toulmin論證模式中的元素，為用來支持

一個想法、行動或理論的理由，敘述的是「論證的內容」，強調論證內容的邏輯結構、內容品質、正確與否，。

2. 論證(argumentation)

論證是個體提出各自的論點，嘗試說服大家達成共識，並包括群體對於各個論點的詮釋、評價、接受或反對，其中牽涉社會建構的處理過程。論證是「整個論辯的過程」，科學家提出論點，透過證據與知識宣稱之間的連結宣示論點的有效性，而論證則是科學家與科學社群成員持不同立場辯論，提出自己的論點直至達成共識。

3. 文件探勘法(text mining)

為一種分析技術，可透過電腦自大量文件中，對巨量文字進行分析，挖掘出資訊與資訊間的關聯與隱含於巨量文字後的知識。

4. 特徵詞(homogeneous glossary)

特徵詞為進行文件探勘法前，自文件集擷取至特徵詞庫(dictionary)的詞彙，可表示文件的特性，兩文件間有越多相同的特稱詞，兩文件越相似，相同的特徵詞越少，兩文件差異越大。

5. 群集化(clustering)

群集化是把具體或抽象的物件歸類到相似物件類別的過程，將相似物件集合在同一群中，群集化後，同一群物件的相似度最高，不同群物件的差異度最大，而不同群物件不相似，群集化後的結果需由人工詮釋，賦予各群組類別意義。

第五節 研究範圍與限制

本研究的抽樣文來自於國內學者曾元顯等(2013)透過資料探勘法所指出屬於科教相關的六本期刊，未來應可擴大取樣範圍，例如Computer & Education，International Journal of Science and Mathematics Education等科教學者常投稿之期刊，以提升研究結果之可類推性。

特徵詞庫的建立方面，研究者以文件集中所有文章的論文關鍵詞(DE)與論文敘述詞(ID)做為特徵詞，而非由 TF-IDF、ENTROPY 等演算法篩選特徵詞，不同特徵詞選取方式對分類結果的影響仍待評估。

第貳章 文獻探討

本章針對牽涉研究的兩個主題：論證(argumentation)與文件探勘(text mining)，進行文獻回顧。第一節為論證相關回顧，包含論證的定義與角色、論證相關研究、論點(argument)與論證(argumentation)的區別、論點與論證相關文章在不同年段的數量變化、論證模式種類。第二節為文件探勘回顧，包含文件探勘的定義、文件探勘的架構、文件探勘的應用、文件探勘的相關技術。

第一節 論證

一、論證的定義與角色

對於論證(argumentation)的定義，學者的看法如下。Krummheuer(1995)定義論證為一種具意圖的說明，一種提供解答的推理。Billig(1996)提到論證是一個試圖說服他人的活動。Van Emmeren(2004)則認為論證是一個為了證明或反駁意見而進行的社會性的、智能的、言語的活動。科學論證可以幫助學生建構知識，Binkley(1995)形容論證過程是在建構一個想法，一個從前提連結至結論的抽象結構，是一個創造歷程，當論證結構完成時，自己的想法也組織完成。Siegel(1995)認為論證的目標是理性地解決問題、議題或爭論。

論證是思考的核心，思考就是在從事論證的觀念存在已久。早期的哲學家例如：柏拉圖、蘇格拉底、亞里斯多德等希臘三賢認為推理論證建立了思考的核心(Kuhn, 1991)。

論證是科學哲學的中心。半個世紀以來，科學被認為是經驗歷程，主張為真係奠基在觀察上，而結論是由這些觀察演譯而來。後來立場轉變，認為科學是一個牽涉到猜想的知識建構過程(Newton, Driver & Osborne, 1999)，這個觀點承認了觀察是理論蘊含的(Handson, 1958；Kuhn, 1962)，因此主張無法僅僅透過觀察而為真。事實上，主張是透過論證歷程建立的，論證的功能是建構科學家的猜想與可靠證據之間的連結，科學的主要活動，是透過證據對猜想評價(evaluate)，科學

家的工作是決定哪一個猜想對現象有最好的解釋。現在的科學哲學觀強調科學不是簡單的累積事實解釋世界如何運作(Kitcher, 1988)，而為了說明因果關係，各個理論開放挑戰與駁斥(Popper, 2005)，由此可知，科學常常是透過爭論、對抗和論證前進，很少是透過同意(Kuhn, 2012)。論證關心實驗設計的好壞、證據的詮釋、知識主張的有效性，而這些都是科學的核心，也是科學家在科學社群對話的中心，科學家們使用論證，透過論證過程，科學社群可以控制科學的品質(Kuhn, 2012)。

科學論證具有認知價值。從認知角度看，論證牽涉到公共事務決策的推理練習，課堂牽涉到論證時，需要學生將自己的想法具體化(Billig, 1996; Kuhn, 1992)，而且論證是一個科學學習的批判工具，論證可以讓學生練習科學談話(Kelly & Chen, 1999)。當人們使用這樣的歷程，支持彼此有高品質的論證時，人與社會的互動便可促進大眾對知識的反思和影響知識的發展，而證據與主張間的連接，可以證明主張並啟發學生批判性思考，防止學生盲目接受權威或來自媒體、網路的觀點(Quinn, 2002)。

論證是科學教育的中心目標，可以讓學生由死記科學知識轉變為自行建構並判斷、選擇知識主張(Schweingruber, Duschl & Shouse, 2007)，例如：Hatano和Inagaki發現論證討論幫助學生理解，因為透過論證討論可交流想法，彼此評鑑，並修正自己的想法(Hatano & Inagaki, 1991)。除此之外，科學教育應重視讓學生了解科學是一個知的方法與歷程(Driver, Leach, Millar & Scott, 1996; Driver, Newton & Osborne, 2000)，科學是科學社群的產物，新的猜想不會成為公共知識，直至被科學機構檢驗、被科學社群接受，文章發表前需經過同儕審查，發表後的主張會被其他科學社群成員嚴格檢查並批判，有時實驗還會被檢驗是否能重現，若對實驗有其他詮釋時，科學家透過論證說服社群中的他人，以取得共識。即使在科學中，論證並非絕對客觀或毫無問題，因為科學家是人，被許多因素影響著觀點或想法，例如：社會輿論、個人價值、文化信仰、技術能力(Newton et al., 1999)。另外，科學教育還應把焦點放在如何運用證據建立說明或解釋，即檢視科學想法與理論是如何透過資料與證明為信念建立實質的基礎，並知道透過批判以評鑑證據(Osborne, Erduran, Simon & Monk, 2001)。

論證除了幫助學生了解科學如何演進、知識如何產生之外，在科學課堂中結合社會性科學議題(SSI)並融入論證進行教學，可將由學習科學知識為主的教學空

間，轉化為多了關心環境與社會的討論場域(Lave & Wenger, 1991)。在這個場域中，學習者不只是學習科學或完成科學活動，他們更廣泛地融入科學文化與社會情境中，而且把科學實作當作自己認同的一部分。

可惜的是，論證不常發生在科學課堂中，一般課堂抑制這類型的對話(Newton et al., 1999)。Kunn研究孩童與成人在被問及具爭議性的社會議題時會有甚麼回應，他發現許多孩童與成人不太能將證據與理論連結產生有效論證(Kuhn, Shaw & Felton, 1997)。而Hogan與Maglienti(2001)研究了科學家、學生與非科學家的推理能力，結果顯示後兩者的論證能力低落。上述學者的研究結果告訴我們，論證能力需要培養。論證是一種對話形式，須透過適當的教學、任務結構與建模培養，只給予學生科學議題或具爭議的社會性科學議題，無法提升論證能力。

二、論證相關研究

過去幾十年來已有多個與論證有關的教育計畫在實施(Osborne, Erduran & Simon, 2004)，例如：澳洲、加拿大、紐西蘭、英國、美國或台灣的科學教育目標，皆欲提升全民的科學素養，培育具有獨立思考能力的現代化公民。其中美國科學教育促進會(AAAS, 1989)認為具有科學素養的公民必須了解科學本質為何，而科學本質也被列入我國國民中小學九年一貫課程綱要能力指標中(教育部，2003)。

增進學生對於科學本質的了解，是科學教育的重要目標之一，有了目標，接著是尋求達成目標的方法。文獻顯示，論證教學可有效提升學生對於科學本質的了解(Bell, 2000; Bloom, 2001; Lawson, 2002; Niaz, Aguilera, Maza & Liendo, 2002; Yerrick, 2000)，亦有學者疾呼，任何與科學有關的教育，論證都具有高度優先性(Driver et al., 2000)。

Bell(2000)利用網路資源設計了一個知識整合辯論課程，試圖增進學生對科學的理解，並且從中評估學生對於光的傳播之論證，以及探究學生的科學本質觀和論證建構間的關係。共有172位學生參與為期六週的課程，學生們兩兩分組共分為86組，各組學生需針對光源、視覺感應、光的反射、光的吸收、光的散射、能量轉換與傳播時光強度的變化設計實驗並蒐集資料，接著評估資料的正確性，

利用正確的資料做為證據形成論證，向他組同學討論報告。研究分析學生的報告錄音內容，分析結果顯示，論證教學能有效促進知識整合，學生在建構論證時，除了實驗所產生的資料外，也會利用網路資源以及他組學生的報告修正論證內容，藉由修正論證的過程，學生發現科學知識是透過科學社群間彼此檢視證據的可靠性並不斷論辯後所產生的共識，而這個共識是暫時性的，有可能被推翻，而學生對科學本質的認知轉為動態觀點，由原先認為教科書中的科學知識必定正確，轉變為知識具變動性，有可能被推翻。

Bloom(2001)的研究以密度為主題發展論證，樣本來自於加拿大一間私立中學的混齡班級，班上有五至七年級的學生共十位，分為三組進行為期九週共16堂課的課程，其中有5堂課用於發展論證。大多數研究著重在師生互動，本研究則將老師的影響儘量降低，教師的角色主要為促進學生進行論辯與討論，去除教師的知識權威與控制權威，讓學生自發性地發展論證，刺激學生討論並解釋現象、建立論點。論證由一個認知衝突開始，學生預期一塊黑檀木會浮在水面上，但黑檀木卻沉入水中，學生試著解釋為何黑檀木會沉入水中而非浮在水面上。研究顯示學生的想法複雜，並且常以個人日常經驗舉例進行論證，偶而使用學校教的知識論述。研究結果指出教師採取開放與鼓勵的態度，有助於學生發表看法產生論證，教師應營造有利於學生進行論證的環境。學生可透過論證體會科學家透過論證後找尋共識以建構知識之科學本質。

Lawson(2002)以22位修過生物科教材教法的生物科職前教師為樣本，利用「假說-預測」論證(hypothetico-predictive argumentation)，讓職前教師利用資料進行論證檢驗各種假說，藉以訓練職前教師以探究法或學習環進行教學，並了解職前教師使用此法教學時的不足之處，給與改進的意見。研究分為七個階段，以量表與報告蒐集資料，第一階段先做Likerts五點量表蒐集學生對於假說(hypothesis)、結論(conclusion)、預測(prediction)等概念的觀點，第二到第五階段分別進行鐘擺實驗、化石觀察活動、軟體動物種內變異觀察活動、「以瓶子蓋住黏附於水盆的蠟燭水會上升」活動，上述活動完畢之後皆會給予不同的假說，要學生以論證的方式評斷各個假說合理與否，第六階段完成包含論證內容的實驗報告，第七階段分析報告並讓學生彼此進行論證。研究結果顯示，職前教師常無法分辨假說、預測、結論之間的差異，容易將這些概念混用，而職前教師在論證時

容易有下列三種缺失：(1)遺漏重要的論述因子或混用因子，(2)論述中的預測並非來自於假說，(3)論述並未顧及其他的假說。Lawson建議職前教師應具備足夠的假說-驗證技巧以及對科學本質有正確認知，方能發揮探究式教學的優勢。

Niaz(2002)發現大多數普通化學課程與教科書著重實驗細節，缺乏科學史哲學觀。本研究假設在課堂中以啟發式的論證與駁斥，針對原子模型進行討論，可以幫助學生理解湯木生、拉瑟福、波耳提出的原子結構。研究樣本是修習普通化學的大一新生160位，而三個原子模型皆以傳統教科書中呈現的方式教給實驗組與對照組學生，接著實驗組學生針對六個問題進行回答與討論，學生被要求解釋為何選擇如此回答，並與其餘學生討論，引導出支持或反對學生回答內容的論證，最後再提供機會讓學生選擇一個新的回答。討論三週之後，實驗組與對照組接受考試，內容是三個原子模型，再三週後考期中考。結果顯示給學生機會論證、討論，比僅教學生實驗細節，更能提升學生的學習成效。實驗組學生論證過程中經歷了矛盾、阻礙，但也有效地促進了概念改變。研究建議，若要學生理解科學歷程與實作，不能僅細述實驗細節，還要透過仿科學家產生論證、處理矛盾與詮釋資料的過程啟發學生。

Yerric(2000)針對低學習成就的學生使用探究式論證教學，檢驗此教學法對低學習成就學生的影響。研究樣本來自於密西根州立大學社區，該社區位於郊區，是一個農業社群，學生為五位學習成就低落的學生，這些長時間學習成就低落的學生，參加一個以提問、實驗設計、論證建構為特色的科學課程。Yerric以生活中的現象為例提問（例如：燈泡破裂時甚麼使得燈泡燒壞？電池如何使器械工作？我們每天看到的雲是由同樣的水形成的嗎？錄音帶如何儲存音樂？），學生被要求形成假說並結合證據以回答問題，一旦學生提出假說，老師便請學生設計並操作實驗以檢驗他們的想法，實驗後，將所有學生聚集起來討論他們各自的模型與主張。研究以錄影、面談的方式蒐集資料，研究結果顯示，學生的論證模式更接近科學論證，並對科學本質有了更深的了解，例如：知道知識並非變動不居、懂得使用證據論證、科學家何以能成為科學權威。

三、論點與論證的區別與使用

論點(argument)與論證(argumentation) 兩詞彙，國內外皆有混用的情況，國內有文章將 argument 翻譯為論證，也有 argument 與 argumentation 同時出現在文章中，但皆譯為論證；國外方面，Toulmin 的論證模式，有學者稱之「Toulmin's model of arguments」，亦有學者以「Toulmin's model of argumentation」稱呼，而國內學者亦有譯之為「Toulmin 的論點模型」或「Toulmin 的論證模型」。

Argument 與 argumentation 皆指論證，但涵蓋的層面與解釋不太相同。根據 Osborne 等學者(2004)的解釋，論點關注實驗設計的好壞、證據的詮釋、知識宣稱的合理性，科學家提出論點，透過證據與知識宣稱之間的連結宣示論點的有效性，而論證則是科學家與科學社群成員持不同立場辯論，提出自己的論點直至達成共識。蔡俊彥等學者(2007)亦在文中提及，論點指的是「論辯過程中的資料、根據、支持背景、限定條件、主張、反例等 Toulmin 論證模式中的元素」，而「論證則是整個論辯的過程」，論證是個體提出各自的論點，嘗試說服大家達成共識，並包括群體對於各個論點的詮釋、評價、接受或反對，其中牽涉社會建構的處理過程。

洪振方與封中興(2011)指出，argument 在牛津英文辭典(The Oxford English Dictionary, 1989)中的解釋為「用來支持一個想法、行動或理論的理由(a reason or set of reasons given in support of an idea, action or theory)」，敘述的是「論證的內容」。Argumentation 的解釋則為「系統性地進行推理以支持一個想法、行動或理論的過程(the process of reasoning systematically in support of an idea, action, or theory)」，強調的是「論證的過程」。因此 argument 與 argumentation 在英語詞彙中皆代表論證，區別在於 argument 表示「論證的內容」，即為蔡俊彥、Osborne 等學者提及的「論點」，強調論證的邏輯結構、內容品質、正確與否，而 argumentation 則為「論證的過程」，即為蔡俊彥、Osborne 等學者所述之「論證」，著重社群中的成員提出各自的論點、主張以說服他人產生共識的過程。

論點與論證兩詞彙皆指涉同一件事，但面向不同，一個強調內容的結構與真假，一個著重產生共識的過程，有其微妙的差異存在。自文獻的回顧中可知，兩詞彙在某些文章中有著混用的情況，本研究欲探討論證研究整體的數量變化與研

究流變，因此選取文獻資料時，將關鍵字中具有論點或論證的文章皆納入文件集中。

四、論證相關文章與科教文章在不同年段的發表百分率變化

近十幾年來，科學教育界對於論證在科學教育中的研究益發重視，以論文標題(TI)、論文關鍵詞(DE)、論文敘述詞(ID)為目標欄位，並分別以論點與論證兩個詞彙在具代表性的六本科學教育電子期刊 Chemistry Education: Research And Practice (CERP), International Journal of Science Education (IJSE), Journal of Research in Science Teaching (JRST), Research in Science Education (RSE)、Science & Education (S&E) and Science Education (SE) (Tseng, Chang, Tutwiler, Lin & Barufaldi, 2013)搜尋論證相關研究文獻。至 2014 年 10 月 29 日為止 SSCI 資料庫所收錄的這六本科教期刊共收錄文章 7541 篇，其中論證相關研究文獻為 279 篇。在此以十年為一個年段，將該年段發表論證相關文章數除以該年段六本期刊發表文章總數，可以得到如圖 2.1 的趨勢圖，由趨勢圖可看出，論證文章佔所有科教文章的比例逐年升高，由最初幾乎是 0%成長到 8.14%。其中從 2000 年開始成長幅度有明顯的增加，顯示論證相關研究自 2000 年起被科學教育界關注，重要性與日俱增。而「論證」一詞更於 2006 年開始出現在我國國科會科教計畫徵求書中，顯見論證在科學教育領域是一新興之重要研究主題。

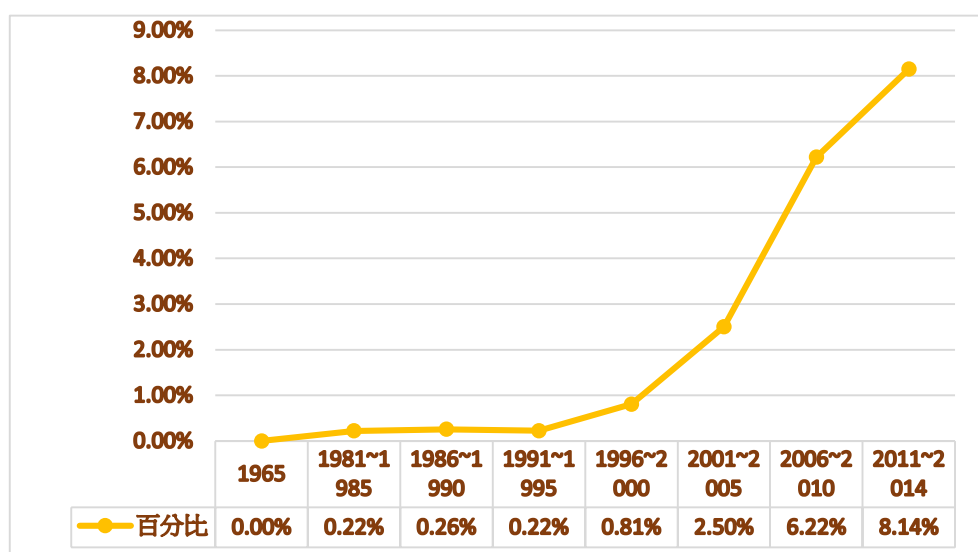


圖 2.1 論證相關文章佔科教文章在不同年段的發表百分率趨勢圖

五、論證模式種類

本節回顧常提及並應用於論證相關研究的論證模式(pattern)。

(一) Toulmin 論證模式

Toulmin(2003)為早期發展論證模式的重要學者，諸多科學教育學者以他的模型為基礎發展研究。Toulmin 他在其著作 *The Uses of Argumentation* 中提出包含六個要件的論證模型，描繪出由資料推理至結論的歷程，並說明要件之間的關係。要件與要件之間關係如下圖所示(圖 2.2)：

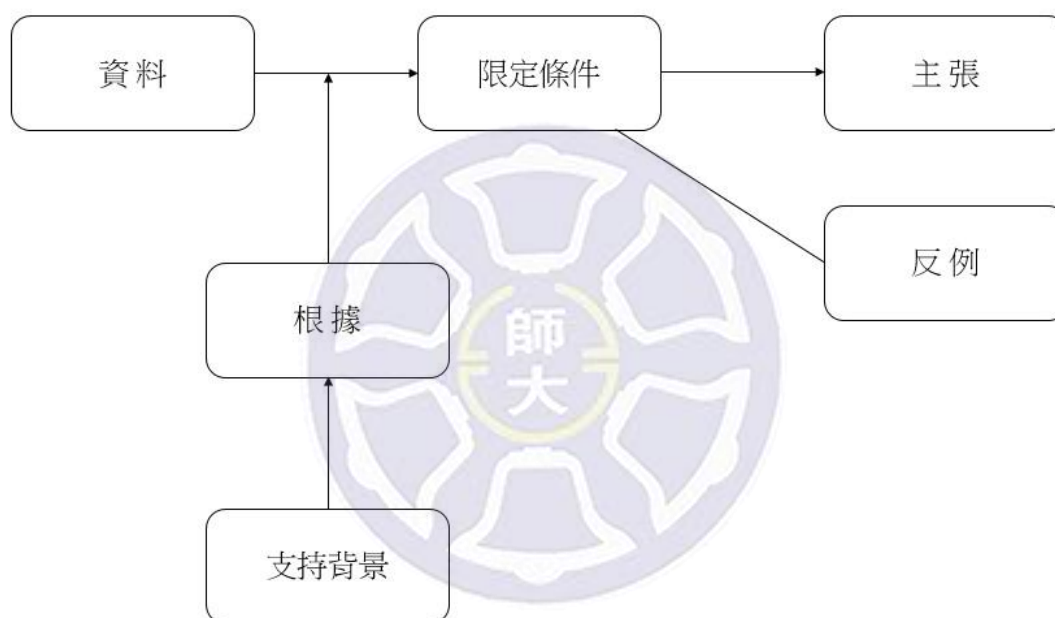


圖 2.2 Toulmin 論證模型(Toulmin, 2003)

- 1.資料(Data)：進行論證所需之事實(fact)或證據(evidence)。
- 2.主張(Claim)：欲宣稱的結論。
- 3.根據(Warrant)：連接資料和主張間的橋梁，為一種合乎邏輯的陳述。資料與主張之間，需有合理的根據由資料推論至主張，根據可以為理論、原理原則或定律。
- 4.支持背景(Backing)：為根據立基的背景條件，若提供的根據薄弱，則無法順利由資料推論出主張，支持背景可為根據提供合理性，有充分支持背景的根據方能有效連結資料與主張。
- 5.限定條件(Qualifier)：為主張成立的先決條件，即說明在何種情境(condition)，可順利由資料推論至主張，使主張為真。

6.反例(Rebuttal)：為使主張不成立的條件。在某些特定條件下，主張不成立，說清楚令主張不成立的條件，可使論證架構穩固。

(二) 論證符號表徵

若以 Toulmin(2003)的論證模式分析中學生的論證品質，則會過於繁複，學生本身沒有足夠的知識背景，進行論證時常以自身的生活經驗做為根據(warrant)，以學生的程度而言不需支持背景已有充分的合理性，或者論證時根據本身即具有充分的合理性，不需支持背景(backing)加強根據的合理(吳玫緬 & 蔡今中, 2007)。Patronis(1999)在研究中讓中學生對社會科學議題提出論證進行討論，最後集體做出決定，他簡化 Toulmin 的論證模式，提出論證符號表徵(Symbolic representation of argument)分析學生的論證。如圖 2.3 所示。

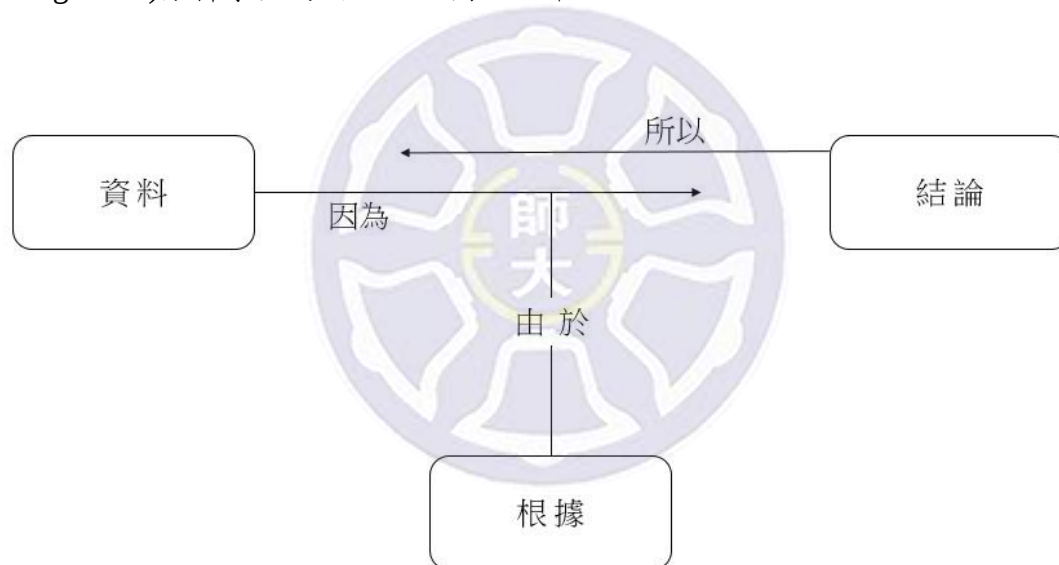


圖 2.3 論證符號表徵(Patronis et al., 1999)

Patronis 保留 Toulmin 論證模式中的三個要件：資料(data)、根據(warrant)與結論(conclusion，Toulmin 論證模式中為宣稱(claim))，而支持背景(backing)、條件限制(qualifier)與反例(rebuttal)由原來的模式中移除，形成較簡單的論證模式。

(三) Giere 論證模式

Giere(1991)的著作 Understanding Scientific Reasoning 中提出一個科學知識推理模型，如圖 2.4 所示。

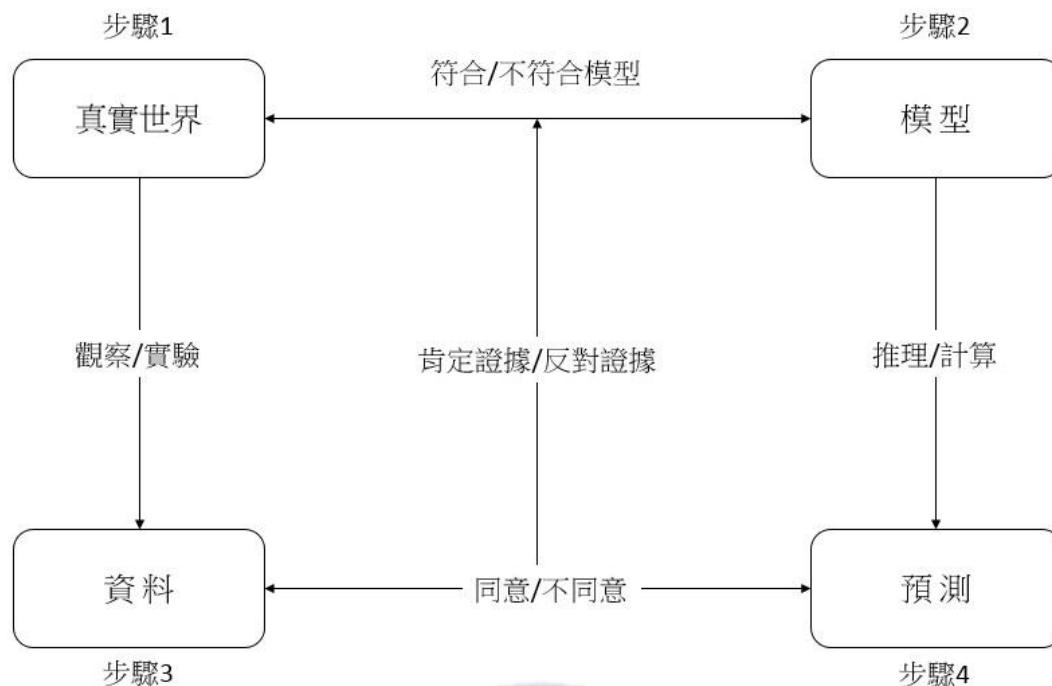


圖 2.4 Giere 科學知識推理模型(Giere et al., 1991)

此模型中的要件有真實世界、模型、資料、預測、肯定證據與反對證據，並敘述了這些要件之間的關聯。科學家對真實世界觀察或實驗，得出資料，而自真實世界抽象化後建構出的模型，需跟真實世界比對，檢驗是否與真實世界相符，透過模型的推理或計算，可預測真實世界中現象，預測後與實驗數據或觀察結果對照，可得到同意或推翻預測的結果，此外，Giere 認為同時間可能有數個模型或理論試圖解釋現象，彼此之間可能衝突或互不相容，同樣的證據對某一個模型或理論而言是肯定證據，但對另一個模型或理論而言確是反對證據。Giere 的模型顯示科學家欲提出一個知識主張須經過複雜的歷程，這是一種科學家建立科學知識的論證模式。

第二節 文件探勘

一、文件探勘的定義

Feldman(1995)的文章標題「由文件資料庫中發現知識」(Knowledge Discovery

in Textual Databases (KDT))道出了文件探勘(text mining)的定義。文件探勘又稱文件資料探勘(text data mining)，即從文件資料中抽取出有趣且隱含的模式或知識(Tan, 1999)，Apte(1997)提到文件探勘為「從大量的文件資料集之中找出正確的、可理解的(understood)且過去未知的資訊，用以改善決策」，學者 Hearst(1999)認為文件探勘為「透過電腦自各式文件資料發現嶄新的、過去未知的資訊與資訊間的關聯，發掘出隱含的意義」，Hotho(2005)則說文件探勘即「自各種文件中萃取資訊，運用機器(machine)自動運算學習與統計以找出有用的模式(pattern)，是一個從資料庫挖掘知識的歷程」。

綜合上述各學著的觀點，我們可以將文件探勘敘述為「透過電腦自大量各式文件中，對巨量文字進行分析，以找出過去未知的、可供應用的、隱含在巨量文字背後的資訊、知識以及模式」。

二、文件探勘的架構

文件由文字組成，單一文字或詞彙所含資訊已甚複雜，例如：一字多義，而由多個文字組合之文件背後，所包含的資訊更是龐雜，相較於數字所屬之結構性(structured)資料，要直接對非結構化之文件進行分析，將有許多困難與限制。半結構性或非結構性資料不具固定的特徵與屬性，文章長短不一且不具固定格式，組成文章的文字不易明確定義與切割，且文字與文字間的關聯特殊，不像結構性資料有固定的語法描述關係，因此無法以一般資料探勘(data mining)的方式分析，因此文件資料必須先經過處理，方能進行分析。

Tan(1999)提出了文件探勘的架構，架構中將文件探勘分為兩部份，分別為文件精煉(text refining)以及知識純化(knowledge distillation)：

1. 文件精煉：將自由型的文件(free-form text)轉化為指定的中間型式(intermediate form)。
2. 知識純化：自中間型式推論出知識或模式。架構如圖 2.5 所示，文件先經由文件精煉步驟，將文件轉變為中間型式，再經由知識純化產生知識或模式(pattern)。

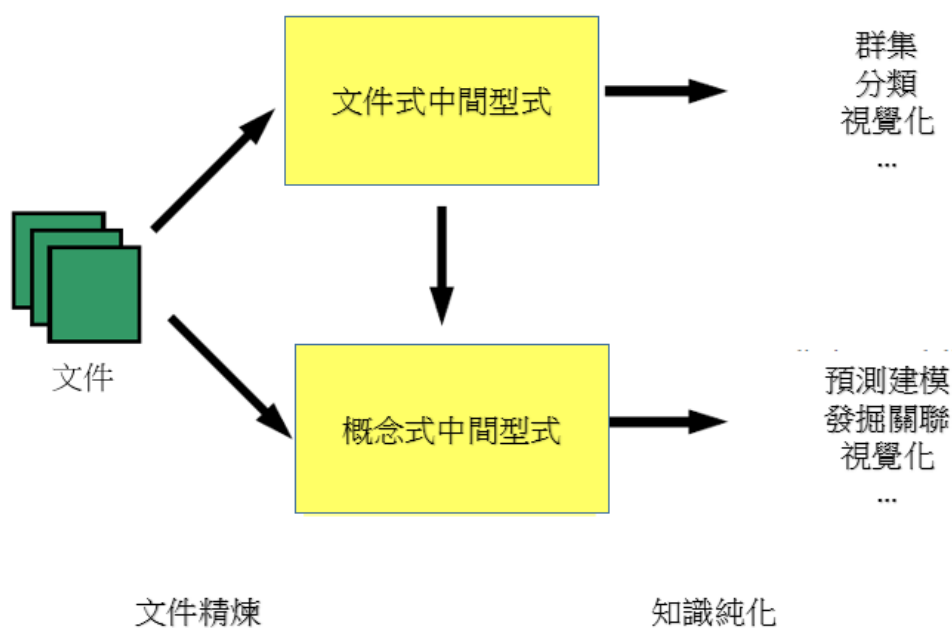


圖 2.5 文件探勘架構 1(Tan, 1999)

中間型式可以為文件式(document-based)或概念式(concept-based)，文件式中間型式中的每一個實體代表一份文件，概念式中間型式中的每一個實體表示一個客體(object)或某一個特定領域中有興趣的概念。若中間型式為文件式的，後續可進行群集(clustering)、分類(categorization)或視覺化(visualization)，若為概念式的，則可以進行預測建模(predictive modeling)、發掘關聯(associative discovery)或視覺化。

Losiewicz(2000)對文件探勘的架構則另有想法，他提出了一個具六個步驟的文件資料探勘(text data mining)模型，如圖 2.6

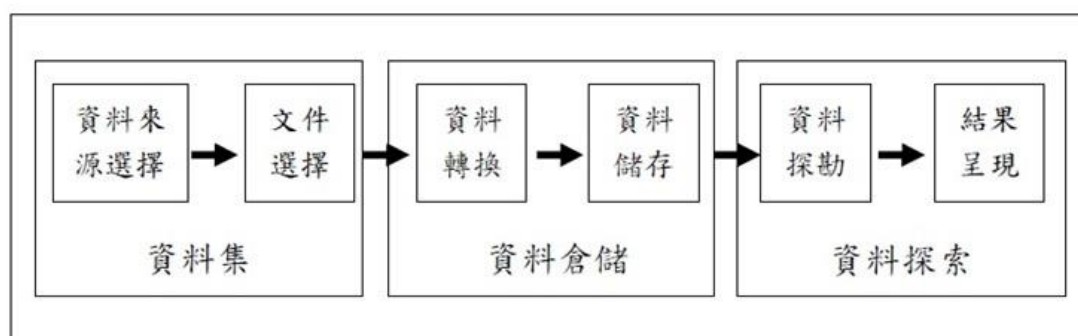


圖 2.6 文件探勘架構 2(Losiewicz et al., 2000)

此架構包含三個歷程，每個歷程有兩個步驟。

1. 資料蒐集：包括選擇來源與選擇文件。
 - (1)選擇來源：為選取欲探索之資料來源的過程。選擇來源時需知道有哪些資料來源、需有領域相關知識、需確定分析目標。
 - (2)選擇文件：從資料來源中發現、選擇並獲得文件的過程。此步驟可由計算機軟體自動化選取或由領域專家完成
2. 資料入倉：包含抽取資訊與儲存資料。
 - (1)資料轉換：將選取文件中的特定資訊轉換為可供後續執行資料儲存(data storage)資料探勘(data minina)的形式。
 - (2)儲存資料：將以轉換為適當格式的資料儲存至資料庫以便後續分析、存取。
3. 資料開採：包含資料探勘與呈現結果。
 - (1)資料探勘：分析資料以找出適合的模型(model)。
 - (2)呈現結果：解釋資料探勘的結果並予以視覺化，進一步評鑑資料的品質、模型是否適當，並詮釋模型。

三、文件探勘的應用

文件探勘在許多領域已有諸多利用，以下列舉文件探勘的應用文獻。

尹其言(2010)試圖將機器學習應用領域分為數個次領域，並找出各次領域的發展脈絡，預測未來的可能發展。首先自SSCI資料庫中以關鍵字「machine learning」針對摘要、關鍵字、應用方向等欄位撈取與機器學習應用相關文獻共554篇作為原始資料，資料時間涵蓋範圍為1956至2008年，原始資料以QDA Miner V3.1軟體進行前處理，將資料轉換為可供分析之形式，並自資料中排除對分析無幫助的詞彙，留下共5337個詞彙進行特徵詞擷取，接著透過頻率門檻與TF-IDF權重設定，篩選出533個特徵詞進行詞彙群集分析，最後以自組織映射網路（self-organizing map network, SOM）進行資料歸納，將機器學習應用分為10個次領域，並統計出各次領域在不同年段的文章數量，以折線圖描述趨勢變化。

鄭為倫(2005)嘗試在特徵詞數量的選擇上，利用相對性的比較方式，過濾類別與類別中不重要的特徵詞，以提高分類效果，並設計了可執行多類別文件分類

的分類器模型，解決一個文件只能被分類到單一類別的問題。研究以新聞文件集為實驗對象，由於中文不似英文無明顯斷詞，故先以中研院的CKIP斷詞系統執行斷詞，再以TF-IDF值與entropy值為判準擷取特徵詞，擷取特徵詞後採用相對比較法過濾掉會造成雜訊的詞彙，最後將實驗組合分為未過濾雜訊單分類組、未過濾雜訊多分類組、過濾雜訊單分類組、過濾雜訊多分類組等四組，以「人民網」新聞與「YAHOO奇摩」新聞為實驗樣本，測試四組分類的正確率。實驗結果顯示過濾雜訊多分類組在分類正確率上有顯著的提升。

許中川(2001)提出適合中文新聞文件探勘的架構，運用文件探勘技術，挖掘中文新聞中隱含的知識或特徵。研究以民國86年與87年的社會及財經新聞共29518篇做為原始資料，由於中文不似英文有明顯的斷詞，故先以混合式斷詞法(結合詞庫斷詞法與統計斷詞法)進行中文斷詞，再利用關鍵既有詞彙擷取與關鍵新生詞彙擷取，獲得文章關鍵詞共3465個，有了關鍵詞集後，對新聞文章執行關連法則探勘、趨勢探勘與分佈差異探勘。關聯法則探勘方面找出北部的焦點新聞偏重政治，中部則是弊案，南部為社會新聞，東部則是交通與環境，而離島與軍方和交通有關；趨勢探勘方面，環境與教育相關報導有增加趨勢，而省議員議題則趨減少；分佈差異探勘方面，「手槍」一詞出現在中部與南部的數量比預期的比例高，而「軍方」一詞在離島的分佈比預期高出許多，「抗議」與「贓物」則沒有地域性的差異。

上述列舉之研究皆以文件探勘相關技術自文件資料中挖掘出原先隱含在大量文件中的知識。論證相關研究之數量與日俱增，研究者試圖探究論證常併合哪些科學教育研究主題進行研究，供後續的研究人員知道過去專家學者著力於哪些研究，並了解論證研究的趨勢，做為擬定未來研究方向的參考。

自 SSCI 檢索系統下載的資料，其欄位資訊大多為文字，屬半結構(semi-structured)或非結構性(un-structured)型態，與數字所屬之結構性(structured)資料不同，半結構性或非結構性資料不具固定的特徵與屬性，文章長短不一且不具固定格式，組成文章的文字不易明確定義與切割，且文字與文字間的關聯特殊，不像結構性資料有固定的語法描述關係，因此無法以一般資料探勘(data mining)的方式分析，而文件探勘(text mining)則專門針對文字所屬之非結構性資料擷取背後隱含的資訊或知識(Hotho et al., 2005)

四、文件探勘相關技術

本文使用的文件探勘的技術包括：建立文件集、特徵詞選取、比對文件相似度、文件群集化(clustering)。

(一) 建立文件集

分析前需針對欲分析的對象蒐機並建立文件集，可以為訪談內容、電子郵件、文本文句、政府文宣、廣告訊息、學術期刊、產品目錄、演講文稿、調查問卷、新聞報導等以文字紀錄之文件，文件探勘嘗試由大量文件資料中找出可用的知識或模式，為方便後續分析處理，分析的文件多半經過電子化，由電腦軟體協助處理分析。

(二) 特徵詞選取

由文件中篩選出具有可顯示出文件特徵的、具代表性、有助於研究目的的特徵詞，特徵詞的選取影響分析結果，若有對研究目的無幫助、造成雜訊之特徵詞干擾，分群結果將不夠精確。以下為常用之特徵詞擷取判準：

1. TF-IDF演算法(Term Frequency - Inverse Document Frequency)

由Salton(1983)提出以單篇文章詞頻(Term Frequency, TF)與文章詞頻倒數(Inverse Document Frequency, IDF)相關的演算法做為特徵詞選取的判斷依據。

(1)單篇文章詞頻(Term Frequency, TF)：為一詞彙出現在單一文件中的頻率，此演算法假設出現在單篇文章中次數越多的詞彙越重要，重要的詞彙會在一篇文章中被反覆提起。例如：以argumentation為主題的文章，會反覆使用此一詞彙，使用次數越多越重要。

(2)文章詞頻倒數(Inverse Document Frequency, IDF)：為一詞彙總共出現在幾篇文章的倒數，本演算法假設詞彙出現在文章的篇數越少，越能與其他文章區隔，而出現的文章篇數越多，倒數越小，出現的文章篇數越少，倒數越大。例如：the一詞幾乎會出現在各篇文件中，計次越多，則倒數越小，而類似Science Inquiry之專有名詞則只會出現在相關主題中，計次較少，則倒數越大。

TF-IDF公式如下：

$$TF = \log \frac{n_j}{n_{all}}$$

TF：表示某一特定詞彙出現在單一文件中的頻率

n_j ：表示某一特定詞彙出現在文件j的次數

n_{all} ：表示某一特定詞彙出現在文件集中的總次數

$$IDF = \log \frac{N}{DF}$$

IDF：表示某一特定詞彙總共出現在幾篇文章的頻率倒數

N：表示文件集中的文件總數

DF：表示出現某一特定詞彙的文件總數

$$TF-IDF = TF \times IDF$$

TF與IDF的乘積可表徵特定詞彙對某一篇文章的重要性，數值越大，表示此特定詞彙越重要，數值越小，表示此特定詞彙越不重要。可藉由TF-IDF值的大小，篩選對文件集而言重要的詞彙。

2. 亂度演算法(Entropy)

Entropy 為混亂、無序之義，在物理學領域為度量一個系統其混亂、不確定(uncertainty)程度的判準，在資訊科學領域中，為度量資訊量的標準之一，當 Entropy 越大時，代表不確定性越大，提供的資訊量也越大。Entropy 之相關公式如下：

$$P(t_i) = D_{t_i} / D$$

$$\text{Entropy of } t_i = H(t_i) = -P(t_i) \log_2 P(t_i)$$

t_i 為某一特徵詞， D_{t_i} 為出現該特徵詞的文章數量， D 為文件集中的所有文章數， $P(t_i)$ 為在文件集中隨機選取一篇文章時，特徵詞 t_i 出現的機率， $H(t_i)$ 為特徵詞 t_i 的亂度值(Shannon, 2001)。設定適當的閾值(threshold)為標準，將低於某閾值的詞彙捨棄，可篩選出對文件而言重要的特徵詞。

3. 以文章標題詞彙(title words)或關鍵詞(keywords)為特徵詞

Whittaker(1989)於文章中提及，關鍵詞是由訓練有素的編輯者選用，用以表達文章敘述的重要概念，而文章標題則是由作者命名，必須要讓讀者從標

題即可知道文章要討論的主題是甚麼、書寫方向為何，故可直接擷取文章標題詞彙或關鍵詞作為特徵詞，對文件集進行分析。直接以文章標題詞彙或關鍵詞作為特徵詞的好處，是詞彙已由編輯者或作者篩選作為表達文章旨趣之用，不須再以演算法與設定閾值選取特徵詞，比較方便省時。若文件集並未包含文章全文，則以演算法選取特徵詞勢必遺漏大量詞彙，選出的特徵詞恐未能準確表達文章旨趣，此時直接擷取經作者或編輯者嚴選的文章標題詞彙或關鍵詞作為特徵詞，不失為一個方便的好方法。

(三) 比對文件相似度

文件相似度(Similarity)為衡量兩篇文章相似程度的指標，相似度越接近，兩篇文章越相似，越相似的文章，越容易被分在同一群中，相似度計算為分群的前置作業。若兩篇文章間相同的特徵詞數越多，表示兩篇文章探討的主題相近，文章越相似，若相同的特徵詞數越少，則兩篇文章探討的主題越不同，文章差異越大。以下為 Wordstat 採用的文章相似度演算法 Cosine theta(Singhal, 2001)：

$$\text{Cosine theta} = \frac{a}{\sqrt{b \times c}}$$

a：表示同時出現在兩篇文章的特徵詞數

b：表示出現在第一篇文章的特徵詞數

c：表示出現在第二篇文章的特徵詞數

Cosine theta 係數範圍為 0 至 1 之間，若算出之值為 0 時表示兩向量之間的夾角為 90 度，則兩者完全無關，若為 1 時兩向量夾角為 0 度，兩者一樣一樣，角度越大，兩者間的關聯越小。

(四) 文件群集化

文件群集的目的是把相似的文件分類於同一個群集中，群集技術可將文件集中內容相近的文章集合在一起成為多個子集，理想的群集結果將使子集中文件內容接近，而各子集間內容差異達到最大(Hotho et al., 2005)，意即子集中文件相似度接近，子集間文件相似度低，群集化之後，依據各子集中特徵詞的屬性找出各子集的特性或主題(topic)。

文件群集的演算法可分為階層式群集演算法(Hierarchical Method)與分割式

群集演算法(Partitional Method)。

1.階層式群集演算法(Hierarchical Method)

階層式群集演算法產生的群集為一個具階層關係的樹狀結構，可以樹狀圖(dendrogram)表示(如圖 2.7)。

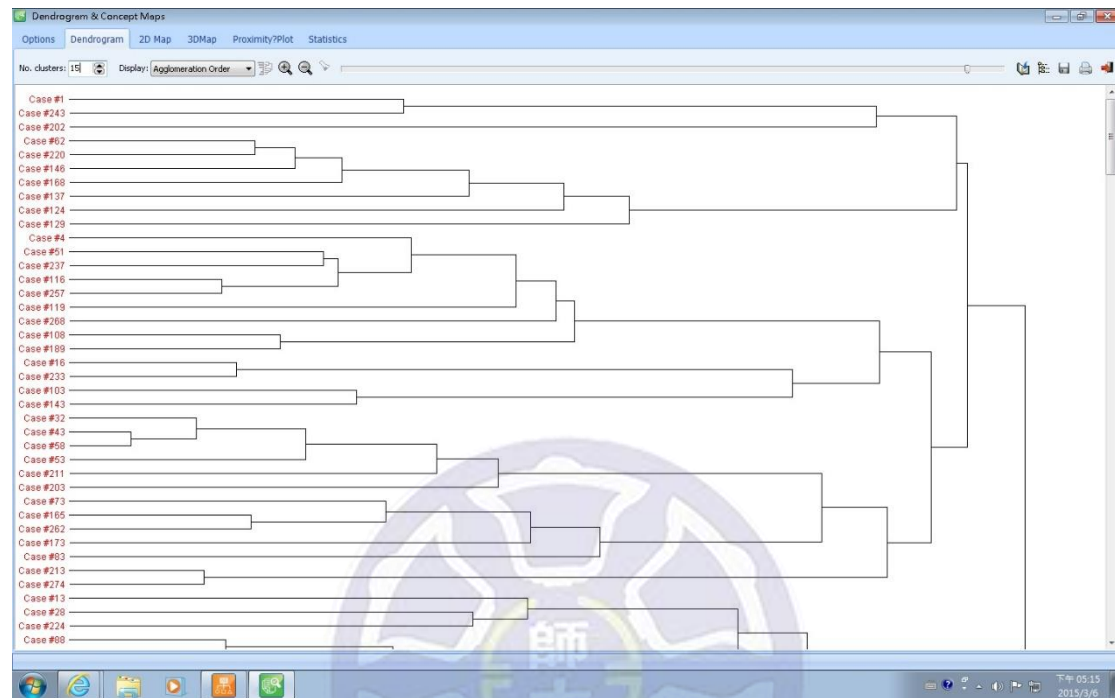


圖 2.7： 階層式群集演算法樹狀圖

階層式群集演算法依樹狀結構的建立方向又可分為兩種：

(1)階層式聚合群集法(hierarchical agglomerative clustering)

聚合群集法將各文件視為一個小群集，以本研究為例，共有 279 篇文件，便有 279 個小群集，之後再依據相似度的接近程度，慢慢聚合為較大的群集，最大的群集即文件集本身，聚合群集法是由樹狀圖底部開始向上聚合。

(2)階層式分裂群集法(hierarchical divisive clustering)

分裂式群集法的分群方向與聚合群集法相反，先將整個文件集視為單一群集，再依據相似度的差異程度分群，以本研究為例，起始群集為文件集本身，最多可分為 279 個群集，每個群集為一個文件，分裂群集法是由樹狀圖頂端開始向下分群。

2.分割式群集演算法(Partitional Method)

分割式群集演算法需事先決定群集的數量，並以此群集數量設定同等數量的隨機中心點，計算各文件與文件中心點的距離，決定哪些文件可分

為同一群，分好後再反覆疊代，直至分群結果收斂穩定為止。K-平均值演算法(K-means)為常見的分割式群集演算法，K-平均值演算步驟如下：

- (1)決定群集數量 K ，由群集數量 K 定出中心點個數。
- (2)隨機選取文件集中的 K 個文件，做為各群集的起始中心點。
- (3)計算其餘文件與各起始中心點的距離，將文件分配至最鄰近的群集。
- (4)所有文件分配至各群集後，再找出各群集的中心點，重新計算出新的中心距離。
- (5)反覆疊代，直至結果收斂為止。



第參章 研究方法

第一節 文獻來源

本研究利用 Thomson Reuters 旗下的 Web of Science(以下簡稱 WoS)資料庫之文獻資料進行研究。WoS 為美國 Thomson Reuters 於 1997 年建置的線上引文索引系統，提供使用者自然科學、技學、社會科學、藝術人文類別等各學科領域之文獻書目、文章作者、摘要、論文關鍵字、論文描述詞、出版時間、引用文獻、期刊卷期等資訊。WoS 涵蓋下列三大資料庫：

1. Science Citation Index Expanded (SCIE)：收錄科學技術類期刊。
2. Social Sciences Citation Index (SSCI)：收錄社會科學類期刊。
3. Arts and Humanities Citation Index (A&HCI)：收錄藝術人文類期刊。

研究者自其中的 SSCI 資料庫，下載六本具代表性之科學教育領域期刊文獻資料作為分析對象。曾元顯教授(Tseng, Chang, Tutwiler, Lin, & Barufaldi, 2013)日前針對 Thomson Reuters 旗下的 WoS 與 Journal Citation ReportS(以下簡稱 JCR)兩大資料庫中的教育類期刊進行分析，群集結果顯示，有六本期刊被歸類在科學教育領域，六本期刊分別是 CERP、IJSE、JRST、RSE、S&E、SE(按字首之字母順序排列)，研究者根據曾元顯教授的研究，選取這六本科學教育類期刊，自 WoS 的 Social Science Citation Index(以下簡稱 SSCI)期刊資料庫下載截至 2014 年 10 月 27 日為止，六本期刊的所有文獻資料共 7541 筆，其中各期刊文獻資料在 7541 筆資料中所佔的比例如表 3.1 與圖 3.1 所示，CERP 共 320 篇佔總數的 4%，IJSE 共 2305 篇佔總數的 31%，JRST 共 2286 篇佔總數的 30%，RSE 共 511 篇佔總數的 7%，S&E 共 586 篇佔總數的 8%，SE 共 1533 篇佔總數的 20%。文章數量的多寡，與該期刊資料庫開始收錄文獻的時間有關，CERP 於 2007 年開始建置，IJSE 則始自 1987 年，JRST 收錄了 1965 年的文章 65 篇，接著從 1982 年連續收錄至 2014 年，RSE 則是從 2002 年開始，S&E 為 2009 年，SE 則是 1984 年，時

間越早的期刊資料庫，收錄的總文章數越多。

表 3.1 六本期刊各年段科學教育文章數

期刊	1965	1981~1990	1991~2000	2001~2010	2011~2014	總篇數
CERP	NA	NA	NA	133	187	320
IJSE	NA	218	680	931	476	2305
JRST	53	719	762	550	202	2286
RSE	NA	NA	NA	265	246	511
S&E	NA	NA	NA	129	457	586
SE	NA	293	391	649	200	1533
總篇數	53	1230	1833	2657	1768	7541

註：NA 表示該期刊在此年段尚未出版或尚未被收錄至 SSCI。

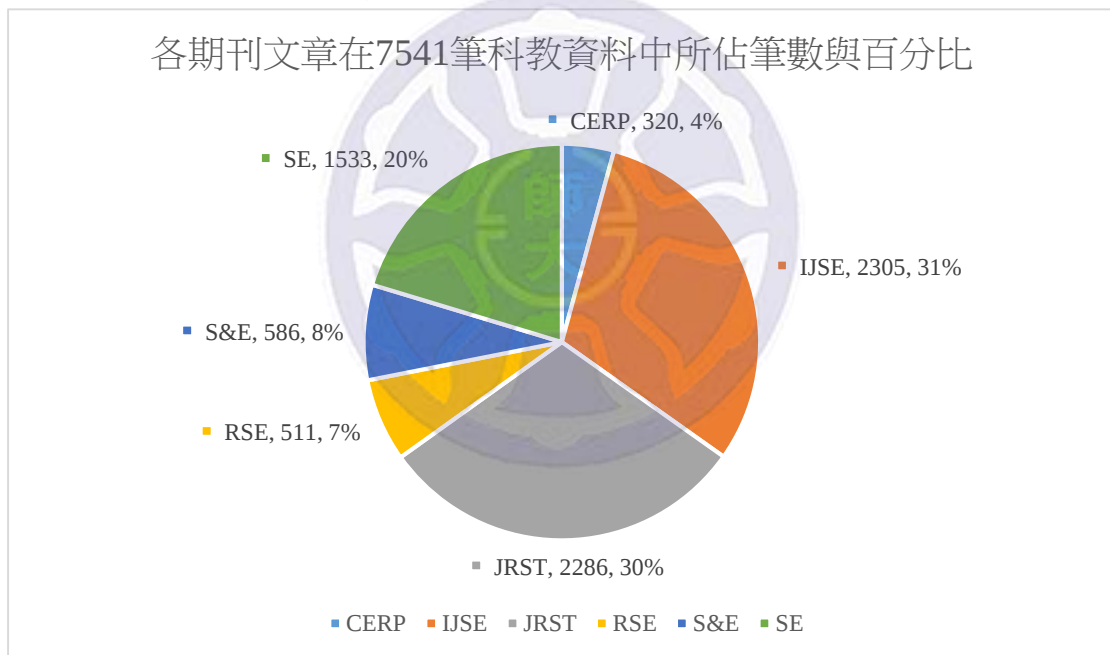


圖 3.1 六本期刊文章在科教資料中所佔筆數與百分比

如圖 3.2 所示，各年段六個資料庫期刊文章收錄數量與佔總量之百分比方面，1965 年收錄 53 篇佔總收錄總量的 1%，1981~1990 年收錄 1230 篇佔 16%，1991~2000 年收錄 1833 篇佔總量 24%，2001~2010 年收錄 2657 篇佔總量 35%，2011 年~2014 年收錄 1768 篇佔總量 24%，隨著年段越晚，收錄的總文章數越多，其中 2011~2014 年 10 月 29 日止已收錄 1768 篇，超過 2001~2010 年收錄總數 2657 篇的一半，預估 2011~2020 年收錄的總文章數將再創新高。

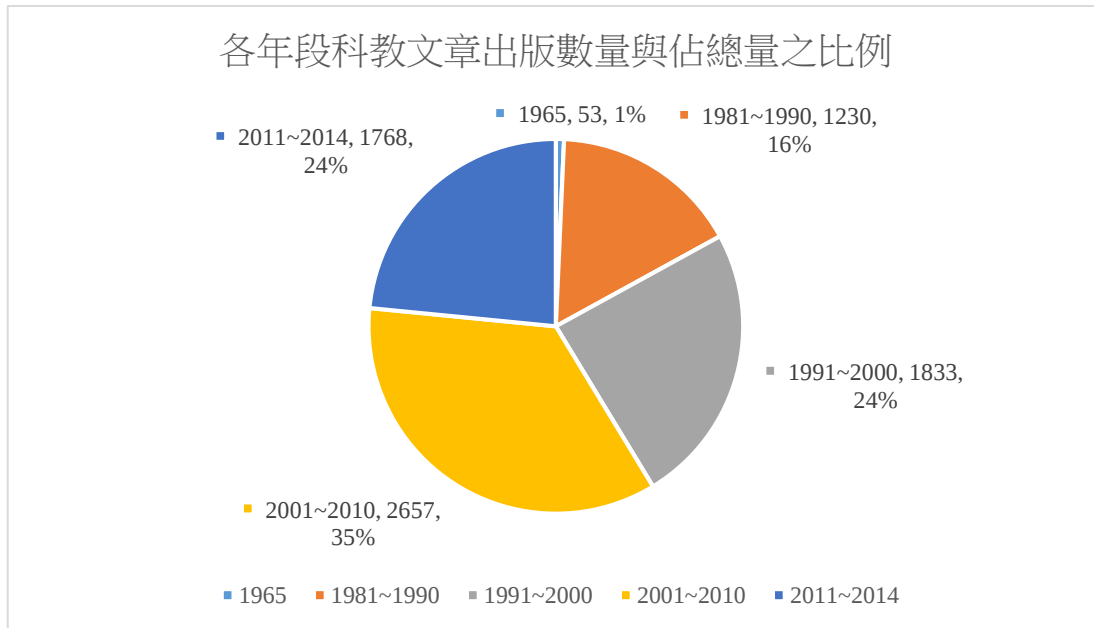


圖 3.2 六本期刊在各年段文章出版數量與佔總量之比例

由於每個期刊創刊的時間不同，而本研究又是以年段切割比較，為使各年段間的文章數能客觀比較，研究者在此將各年段的文章除以該年段的年數，將數據轉化為年均量。在各年段各電子期刊收錄的文章年均篇數方面，由圖 3.3 可知，CERP 於 2007 年開始收錄文章，2007~2010 年間每年平均收錄文章共 33.3 篇，2011~2014 年平均每年則有 46.8 篇；IJSE 於 1987 年開始收錄文章，1987~1990 年間每年平均收錄文章 54.5 篇，1991~2000 年間每年平均收錄 68 篇，2001~2010 年每年平均 93.1 篇，2011~2014 年每年平均有 119 篇；JRST 收錄 1965 年的文章 53 篇，1982~1990 年每年平均收錄文章 79.9 篇，1991~2000 年每年平均收錄 76.2 篇，2001~2010 年每年平均 55 篇，2011~2014 年每年平均 50.5 篇；RSE 於 2002 年開始收錄文章，2002~2010 年間每年平均收錄文章 29.4 篇，2011~2014 年每年平均 61.5 篇；S&E 從 2009 年開始收錄文章，2009~2010 年每年平均收錄 64.5 篇，2011~2014 年平均每年收錄 114.3 篇；SE 於 1984 年開始收錄文章，1984~1990 年間平均每年收錄文章 41.9 篇，1991~2000 年每年平均收錄 39.1 篇，2001~2010 年每年平均有 64.9 篇，2011~2014 年每年平均有 50 篇。以年均量看，除 JRST 的數量自 1991~2000 年後逐年段減少，SE 以 1991~2000 年間年平均 39.1 篇較前一個年段的 41.9 篇少，以及 2011~2014 年間年平均 50 篇較前一個年段的 64.9 篇少，其餘期刊的文章年均數都是逐年段增加。整體文章年均量則呈現每個年段持續增加的趨勢，其中 2001~2010 年文章年均量增加最多，較前一個年段 1991~2000

年多了 156.9 篇。

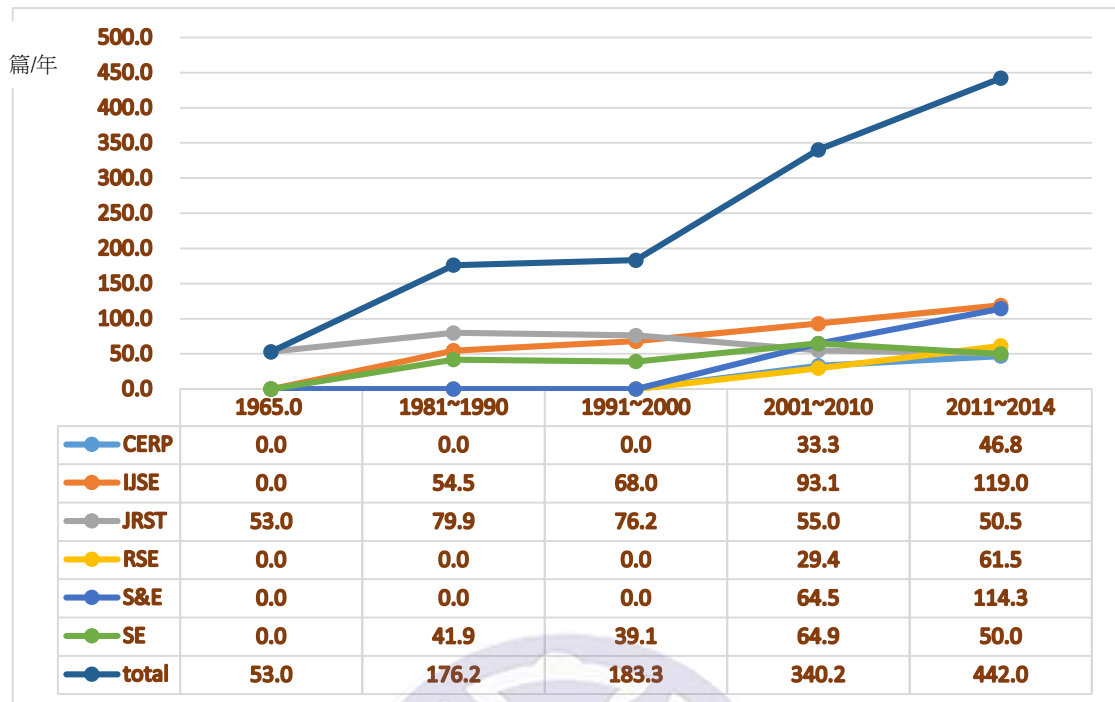


圖 3.3 六本期刊各年段收錄文章年均量之趨勢變化

7541 筆科教文獻資料中，國外學者發表篇數達 7376 篇，佔文章總數 98%，台灣學者則發表了 162 篇，佔文章總數 2%。國外學者在 JRST 發表的文章數最多，達 2268 篇，居次的 IJSE 也有 2205 篇；台灣學者在 IJSE 發表的文章數最多，達 100 篇，遠多於在其他五本期刊刊登的文章數(見表 3.2 與圖 3.4)。

表 3.2 六本期刊中國內外學者發表文章數

期刊	國外學者	台灣學者	總篇數
CERP	317	3	320
IJSE	2205	100	2305
JRST	2268	18	2286
RSE	494	17	511
S&E	584	2	586
SE	1507	26	1533
總篇數	7376	165	7541

國內外學者發表科教文章在7541筆資料中所佔筆數與百分比

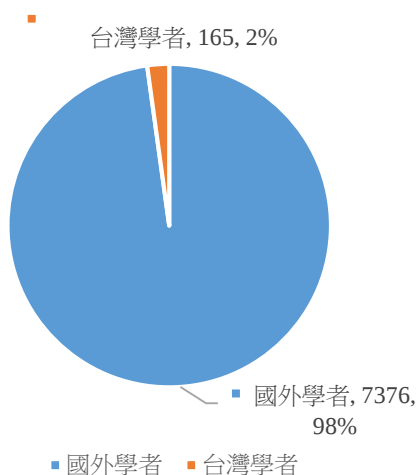


圖 3.4 國內外學者在 7541 筆資料中所佔筆數與百分比

7541 筆資料是截至 2014 年 10 月 29 日止六本電子期刊收錄的總文章數，研究者欲探究的是論證相關文章與其他科教主題的關係，故再以論文標題(TI)、論文關鍵詞(DE)、論文敘述詞(ID)三個欄位為篩選欄位，以關鍵字”argument*”進行篩選，選出與 argument 或 argumentation 有關之文章共 279 篇，作為分析對象。

與論證相關之各期刊文獻資料在 279 筆資料中所佔的比例如表 3.3 與圖 3.5 所示，CERP 共 8 篇佔總數的 3%，IJSE 共 106 篇佔總數的 38%，JRST 共 48 篇佔總數的 17%，RSE 共 36 篇佔總數的 13%，S&E 共 16 篇佔總數的 6%，SE 共 65 篇佔總數的 23%。由圖 3.5 可知，IJSE 收錄的論證相關文章數比例最高達 38%，

表 3.3 279 篇論證相關文章在六本期刊與各年段所佔數量

期刊	1965	1981~1990	1991~2000	2001~2010	2011~2014	total
CERP	NA	NA	NA	3	5	8
IJSE	NA	2	4	49	51	106
JRST	0	1	0	23	24	48
RSE	NA	NA	NA	13	23	36
S&E	NA	NA	NA	3	13	16
SE	NA	NA	5	32	28	65
total	0	3	9	123	144	279

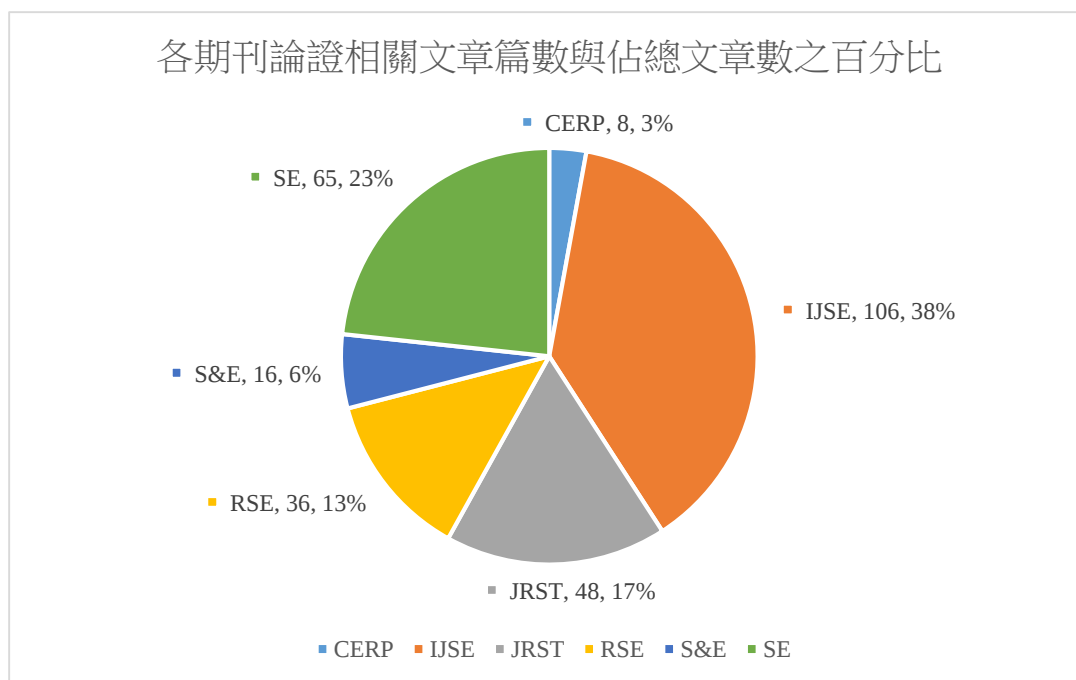


圖 3.5 六本期刊論證相關文章篇數與佔總文章數之百分比

SE23%居次，IJSE 與 SE 刊登的論證相關文章數佔了總文章數的 61%，顯示大多數論證相關文章刊登於這兩本期刊中。

在各年段六個電子資料庫收錄與論證相關之文章數量與佔總量之百分比方面，1981~1990 年收錄 3 篇佔 1%，1991~2000 年收錄 9 篇佔總量 3%，2001~2010 年收錄 123 篇佔總量 44%，2011 年~2014 年收錄 144 篇佔總量 52%，隨著年段越晚，與論證相關的文章數越多，其中 2011 至 2014 年 10 月 29 日止已收錄 144 篇，超過 2001~2010 年收錄總數 123 篇，顯示論證議題益發被重視(見圖 3.6)。

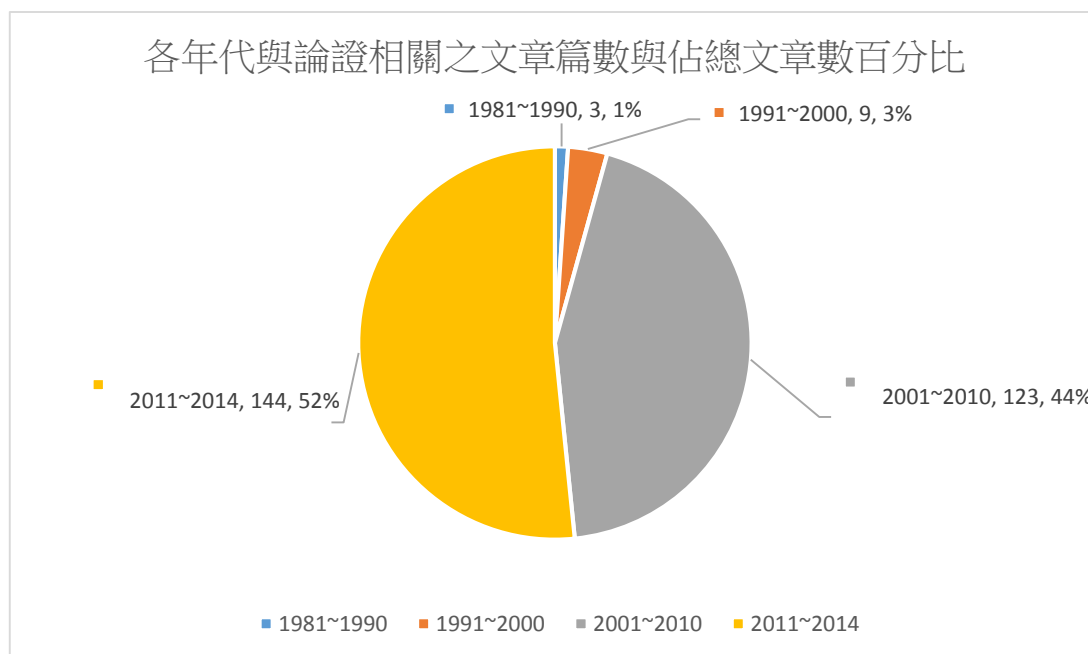


圖 3.6 各年代與論證相關之文章篇數與佔總文章數百分比

由圖 3.7 六本期刊各年段論證相關文章年均量趨勢圖可看出，各期刊在 2001~2014 年間發表的論證相關文章數呈現大量成長，而 2010~2014 論證相關文章發表數來到平均每年 36 篇，顯示論證相關主題越來越受到科學教育界的重視。

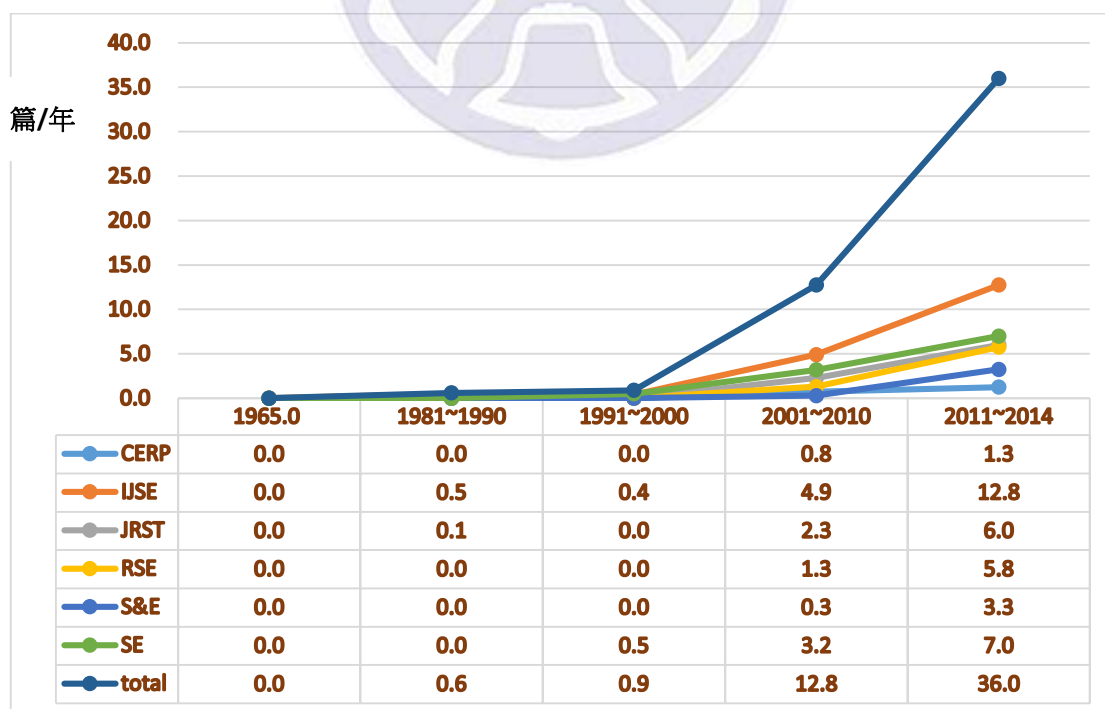


圖 3.7 六本期刊各年段論證相關文章年均量趨勢圖

由表 3.4 與圖 3.8 可看出，279 篇與論證相關文章中，國外學者發表 268 篇，

佔總數 96%，台灣學者發表篇數為 11 篇，佔總數 4%，國外學者與台灣學者在 IJSE 發表的論證相關文章最多，各為 99 篇及 7 篇。

表 3.4 國內外學者在六本期刊發表之論證相關文章數

期刊	國外學者	台灣學者	總篇數
CERP	8	0	8
IJSE	99	7	106
JRST	47	1	48
RSE	34	2	36
S&E	16	0	16
SE	64	1	65
總篇數	268	11	279

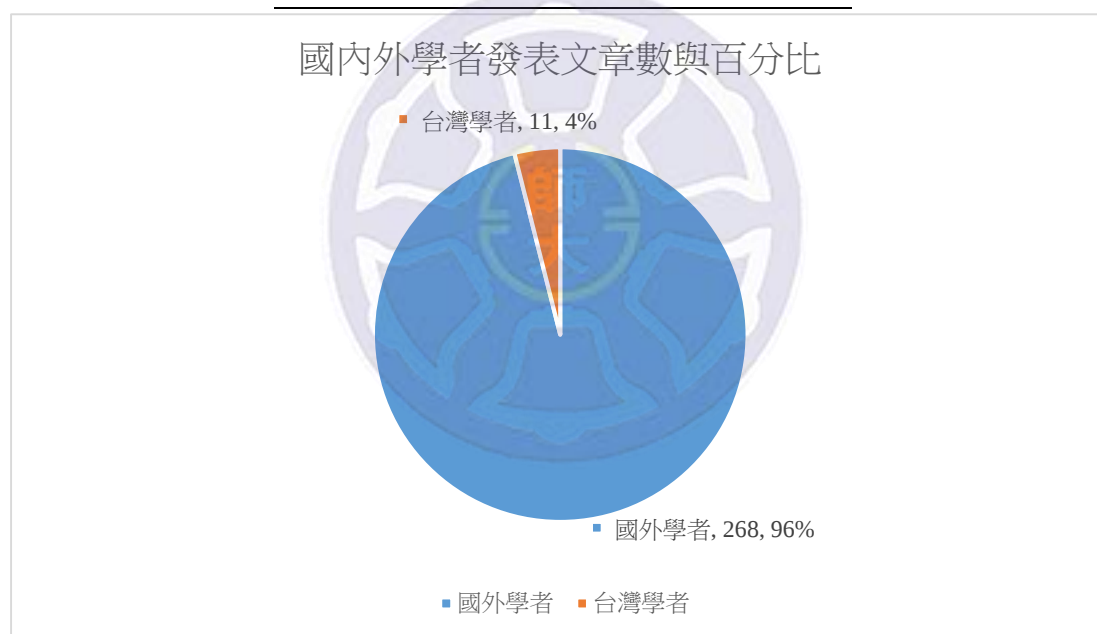


圖 3.8 國內外學者在六本期刊中發表之論證相關文章數與百分比

279 篇文章中，與論證(argumentation)有關的文章共 236 篇，與論點(argument)相關的文章則為 43 篇。論證相關文章在六本期刊與各年段年均量如圖 3.9 所示，CERP 在 2001~2010 年間平均每年發表與論證相關文章 0.8 篇，2011~2014 年間增加至每年 1.3 篇；IJSE 在 1991~2000 年段開始收錄論證相關文章，平均一年 0.3 篇，2001~2010 年間平均每年 4.5 篇，2011~2014 年間增加至平均每年 12 篇；JRST 自 1991~2000 年間開始收錄論證相關文章，平均一年 0.1 篇，2001~2010 年間平均每年 2 篇，2011~2014 年間來到平均每年 5.8 篇；RSE 自 2001~2010 年段

開始收錄論證相關文章，平均一年 0.9 篇，2011~2014 年間增加至平均每年 5.5 篇；S&E 在 2001~2010 年開始收錄論證相關文章，平均每年 0.3 篇，2011~2014 年間增加至每年 2.3 篇；SE 在 1991~2000 年間開始發表與論證相關文章 0.1 篇，2001~2010 年間增加至每年 2.3 篇，2011~2014 年間來到平均每年 5.3 篇。若將所有期刊的年均量合併計算，1991~2000 年間平均每年 0.5 篇，2001~2010 年間平均每年 10.75 篇，2011~2014 年來到平均每年 32 篇，由圖可知論證相關文章年均量成長迅速。

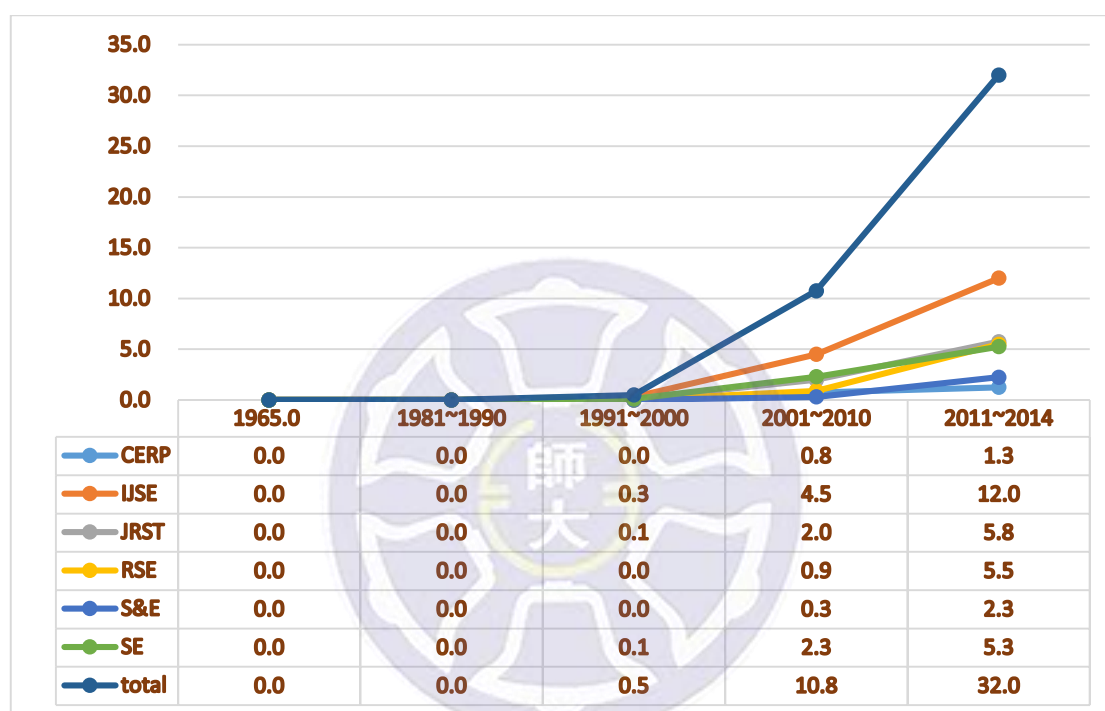


圖 3.9 論證相關文章在六本期刊與各年段年均量趨勢圖

由圖 3.10 可看出各期刊論證文章數與佔論證總文章數的百分比，CERP 共 8 篇佔總數的 3%，IJSE 共 96 篇佔總數的 41%，JRST 共 44 篇佔總數的 19%，RSE 共 31 篇佔總數的 13%，S&E 共 12 篇佔總數的 5%，SE 共 45 篇佔總數的 19%。其中 IJSE 收錄的論證相關文章比例最高達 41%，SE 與 JRST 皆為 23%居次，IJSE、SE 與 JRST 刊登的論證相關文章佔了總文章數的 87%，顯示大多數論證相關文章刊登於這三本期刊中。

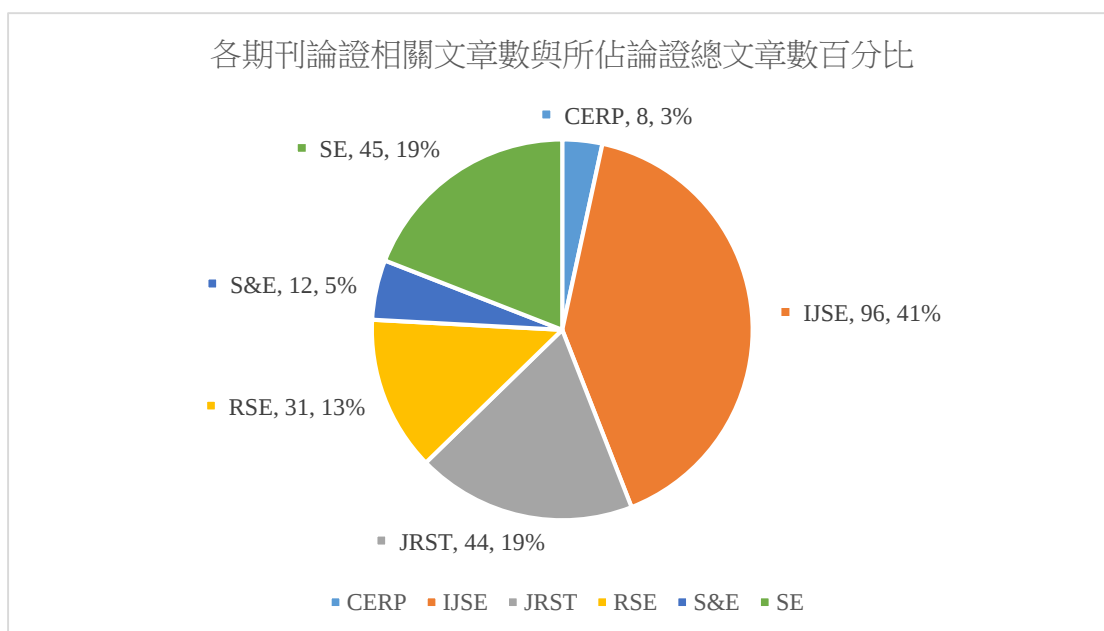


圖 3.10 六本期刊論證相關文章數與佔論證總文章數之百分比

如表 3.5 與圖 3.11 所示，236 篇論證相關文章中，國外學者發表 226 篇佔總數的 96%，台灣學者發表 10 篇佔總數的 4%，國外學者與台灣學者在 IJSE 發表與論證相關文章數量最多，各為 89 篇及 7 篇。

表 3.5 國內外學者在六本期刊發表之論證相關文章數

期刊	國外學者	台灣學者	總篇數
CERP	8	0	8
IJSE	89	7	96
JRST	43	1	44
RSE	30	1	31
S&E	12	0	12
SE	44	1	45
總篇數	226	10	236

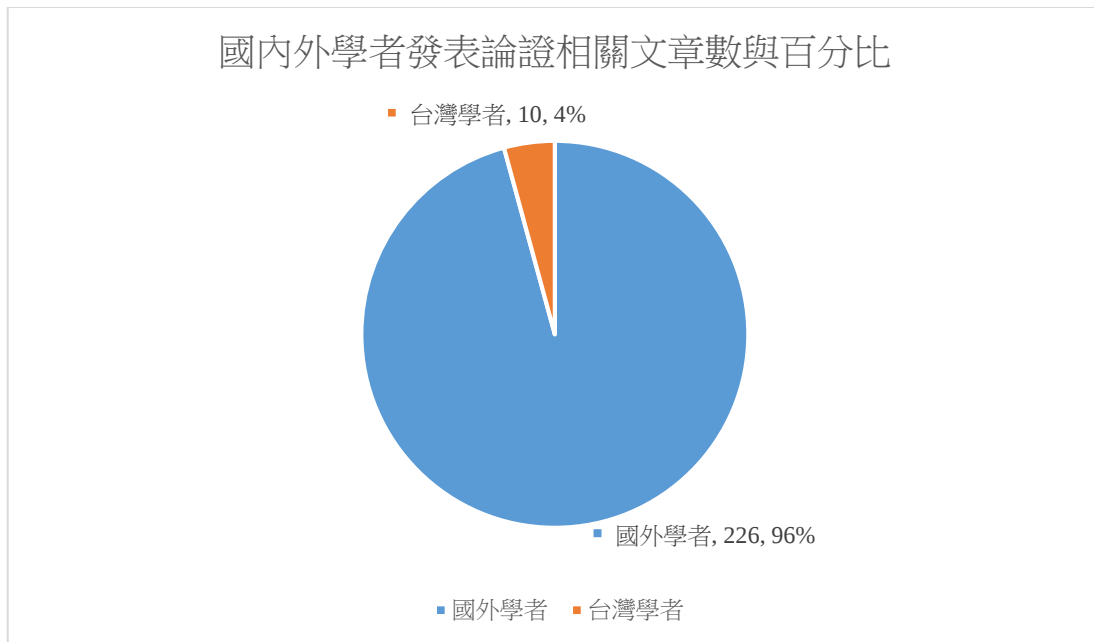


圖 3.11 國內外學者在六本期刊中發表之論證相關文章數與百分比

論點(argument)相關文章在六本期刊與各年段年均量如圖 3.12 所示，CERP 並未刊出與論點相關之文章；IJSE 在 1980~1990 年間開始收錄論點相關文章，平均每年 0.5 篇，1991~2000 年段平均一年 0.1 篇，2001~2010 年間平均每年 0.4 篇，2011~2014 年間增加至平均每年 0.8 篇；JRST 在 1980~1990 年間開始收錄論點相關文章，平均每年 0.1 篇，1991~2000 年間未收錄論點相關文章，2001~2010 年間平均每年 0.2 篇，2011~2014 年間來到平均每年 0.3 篇；RSE 自 2001~2010 年段開始收錄論點相關文章，平均一年 0.4 篇，2011~2014 年間減少至平均每年 0.3 篇；S&E 在 2010~2014 年開始收錄論點相關文章，平均每年 1 篇；SE 在 1991~2000 年間開始發表與論點相關文章 0.4 篇，2001~2010 年間增加至每年 0.9 篇，2011~2014 年間來到平均每年 1.8 篇。若將所有期刊的年均量合併計算，1981~1990 年間平均每年 0.6 篇，1991~2000 年間平均每年 0.5 篇，2001~2010 年間平均每年 1.9 篇，2011~2014 年來到平均每年 4 篇，由數據可知論點相關文章年均量成長緩慢，其中 1991~2000 年間與 1981~1990 年間相比年均量下降了 0.11 篇。

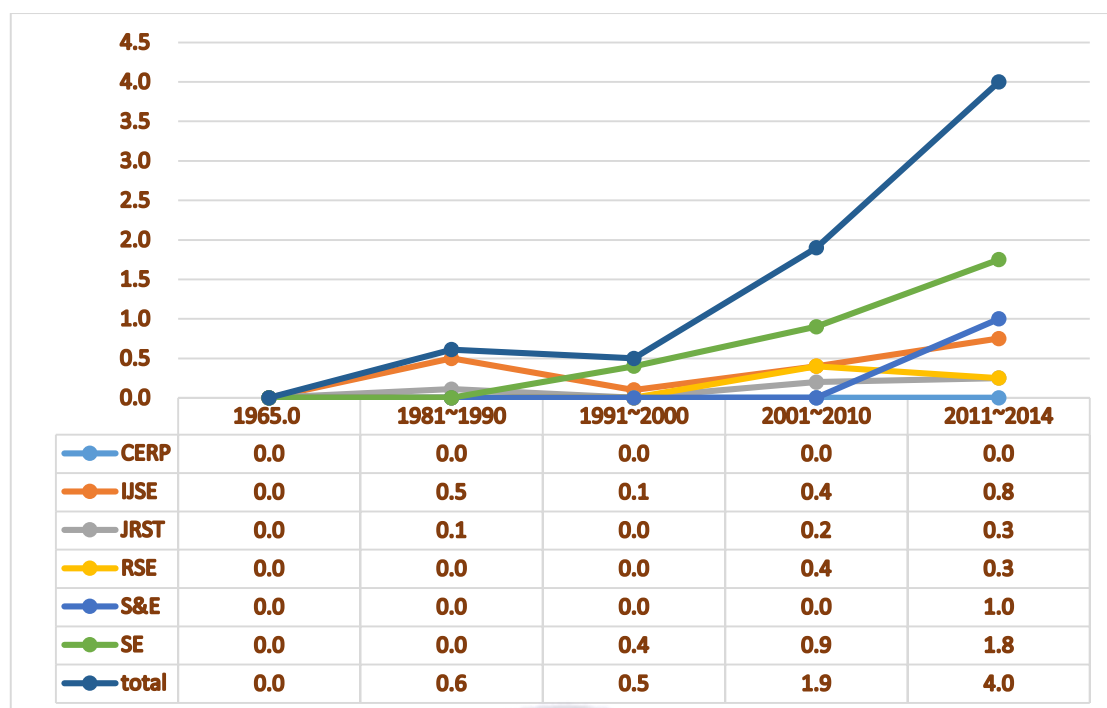


圖 3.12 論點相關文章在六本期刊與各年段年均量

六本期刊論點相關文章所佔數量與百分比如圖 3.13 所示，CERP 共 0 篇，IJSE 共 10 篇佔總數的 23%，JRST 共 4 篇佔總數的 9%，RSE 共 5 篇佔總數的 12%，S&E 共 4 篇佔總數的 9%，SE 共 20 篇佔總數的 47%。由表 3.6 可知，argument 相關文章在 1981~1990 年間與 1991~2000 年間數量皆甚少各僅 3 篇與 5 篇，從 2001~2010 年間增加至 19 篇，2011~2014 年間則為 16 篇，數量沒有太大變化。由圖 3.11 可知，SE 收錄的論點相關文章比例最高達 47%，IJSE 23% 居次，SE 與 IJSE 刊登的論點相關文章數佔了總文章數的 70%，顯示大多數論點相關文章刊登於這兩本期刊中。

各期刊論點相關文章數與所佔總數百分比

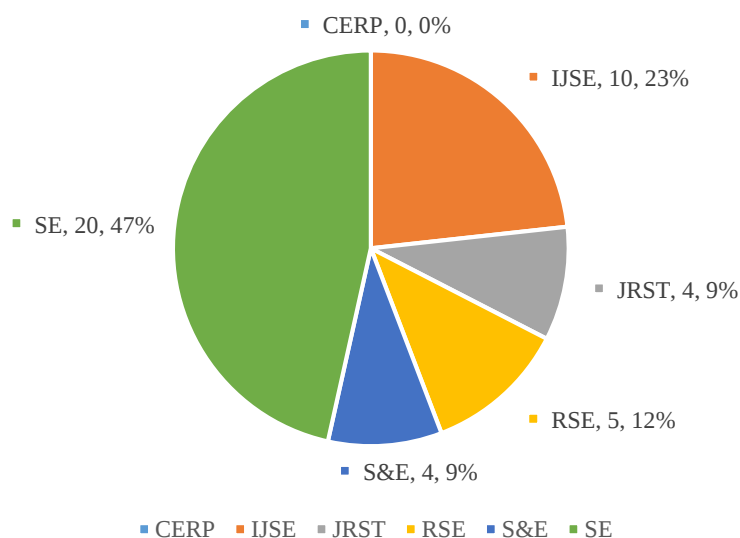


圖 3.13 六本期刊論點相關文章數與佔總文章數之百分比

如表 3.6 與圖 3.14 所示，43 篇論點相關文章中，國外學者發表 42 篇佔總數的 98%，台灣學者發表 1 篇佔總數的 2%，國外學者在 SE 發表與論點相關文章最多，達 20 篇，台灣學者在 RSE 發表與論點相關文章數量最多，有 1 篇。

表 3.6 國內外學者在六本期刊發表之論點相關文章數

期刊	國外學者	台灣學者	總篇數
CERP	0	0	0
IJSE	10	0	10
JRST	4	0	4
RSE	4	1	5
S&E	4	0	4
SE	20	0	20
總篇數	42	1	43

國內外學者發表論點相關文章數與百分比

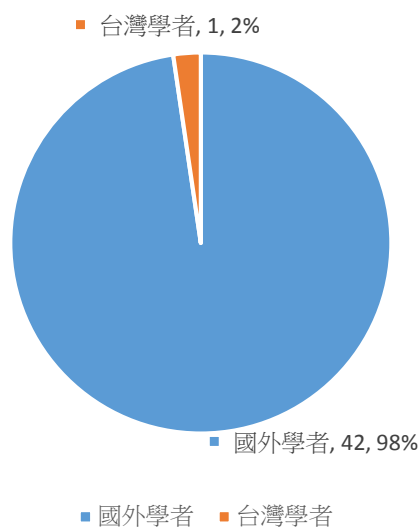


圖 3.14 國內外學者在六本期刊中發表之論點相關文章數與百分比

如圖 3.15，將論證與論點相關文章年均量放在一起比較，可看出論證與論點文章都有成長，但論證相關文章年均量成長迅速許多，合併計算後，總文章年均量趨勢與論證相關文章趨勢相似，因論證相關文章數遠多於論點相關文章，佔總文章數比例高，故趨勢相似。

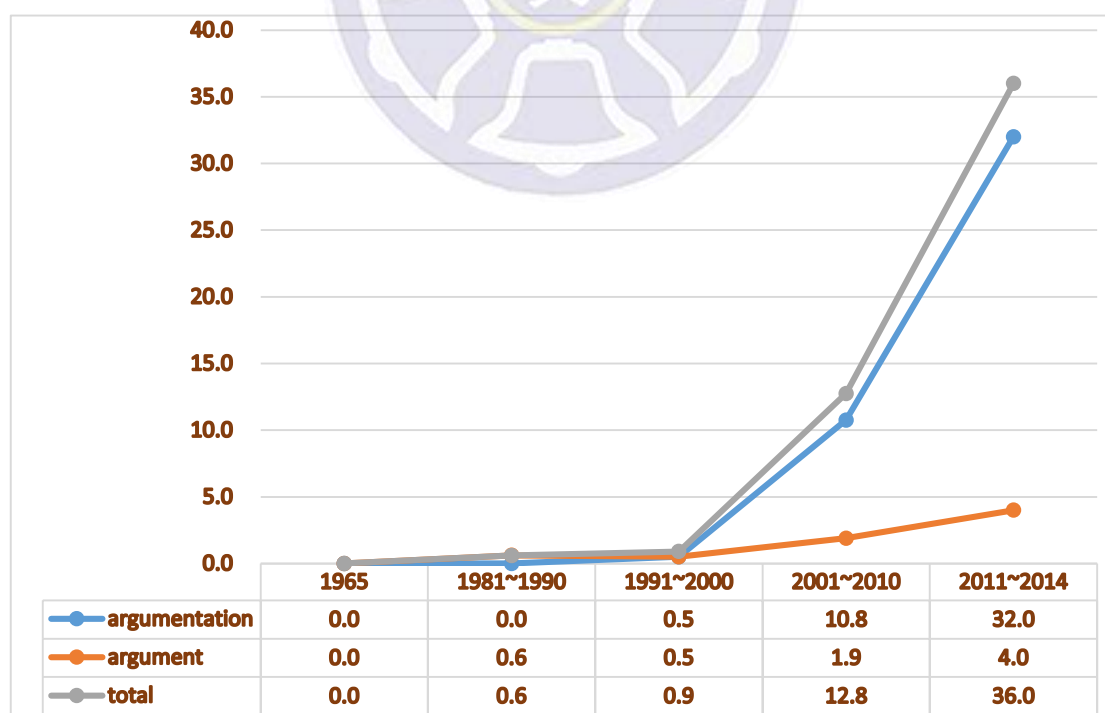


圖 3.15 論證與論點相關文章年均量與合併年均量趨勢圖

第二節 研究工具

本研究使用之軟體為 provalis research 販售的 Wordstat6.1 版。Wordstat 是用於內容分析與文件探勘的商業套裝軟體，可針對訪談內容、電子郵件、文本文句、政府文宣、廣告訊息、學術期刊、產品目錄、演講文稿、調查問卷等以英文詞彙呈現之文件進行文件探勘。Wordstat6.1 的功能眾多，本研究針對使用之功能整理如下：

1. 軟體內建詞典式詞庫，亦可依據使用者的需求建立詞庫以供進行分析。
2. 提供自動化詞性校正功能(lemmatization)，可將文章中不同時態或複數詞彙還原，視為同一個詞彙計次。
3. 具有排除不欲記次之詞彙的功能(exclusion)，例如：the、a 等冠詞或 to、for 等介係詞對分析無幫助甚至會干擾分析之詞彙，可以此功能予以排除。
4. 建立複合詞。在建詞庫時將兩詞間以底線「_」連接，系統將會視以底線連接的詞彙為一個詞，例如：ANOMOLOUS_DATA。
5. 建同義詞。有些詞彙同義但異字或敘述的概念相似，若未經處理，軟體辨識時會將這些詞彙視為不同的字，分析結果將受干擾。Wordstat 可在詞庫建立同義詞夾，將同義或意義相近的詞彙視為同一個字計頻。例如：本研究的文件集皆來自科教期刊，文章中所指教師皆為科學教師，故 BEGINNING_TEACHER 與 BEGINNING_SCIENCE_TEACHER 應視為同一個詞彙，研究者將這兩個詞彙置於同一個同義詞夾「BEGINNING_TEACHER」中，計頻時兩個字皆視為 BEGINNING_TEACHER。
6. 設定閾值排除詞彙。因詞頻過少或過多的詞彙對分析幫助不大，進行分析時可設定適當的閾值予以排除。例如：詞頻過少的詞彙可能無意義，研究者可設定出現次數不到特定次數的詞彙不予計次；出現次數過多的詞彙對分析幫助不大，研究者可設定出現頻率超過某百分比的詞彙不予計次。
7. 可針對詞彙進行共現分析(Co-occurrence)。
8. 可針對詞彙、文件進行相似度分析(similarity analysis)，比較詞彙群集或文件間的相似度。

9.可將詞彙或文件分群(clustering)。

10.可將分析結果以多元的方式呈現。例如：數據表格、樹狀圖、2-D 圖像、3-D 圖像。

Wordstat 可輸入的文件檔案種類多元，例如：Word、Rich Text Format (RTF)、PDF、ASCII 與 Excel 等種類，本研究輸入的檔案類別為 Excel，檔案當中各文獻有 61 個資訊欄位，各資訊欄位以英文縮寫編碼，其意義與內容舉例如下：

AU：作者，例：Marks, R; Eilks, I。

TI：論文標題，例：Research-based development of a lesson plan on shower gels and musk fragrances following a socio-critical and problem-oriented approach to chemistry teaching。

SO：期刊全名，例：CHEMISTRY EDUCATION RESEARCH AND PRACTICE。

DE：論文關鍵詞，例：socio-critical and problem-oriented chemistry teaching; STS education; shower gels; fragrances。

ID：論文描述詞，例：SCHOOL CHEMICAL EDUCATION; SCIENCE-EDUCATION; SCIENTIFIC LITERACY; POLYCYCLIC MUSKS; WASTE-WATER; ARGUMENTATION; RELEVANCE; REMOVAL; NITRO; HHCB。

AB：論文摘要，約 100-300 個英文字。

C1：作者所屬國家。

CR：參考文獻，例：Aikenhead G., 1994, STS ED INT PERSPECTI。

NR：參考文獻篇數，例：50。

TC：被引用的次數，例：13。

PY：論文出版年，例：2010。

SC：論文所屬領域別，例：Education & Educational Research。

UT：WoK 之論文主鍵，例：WOS:000277702900009。

本研究使用之欄位為 TI(論文標題)、DE(論文關鍵詞)、ID(論文敘述詞)、AB(論文摘要)，因期刊論文的書寫有一定格式，論文文章的主題與旨趣，會呈現在論文標題、論文關鍵字、論文敘述詞、論文摘要中，而本研究進行的是主題分析，故選取這四個欄位資訊進行探查。

Wordstat 內含多種統計與視覺化工具，除了統計數據，Wordstat 還可將針對

文字分析的結果以 2-D 或 3-D 圖像呈現，讓使用者清晰地看出分析結果(圖 3.16、圖 3.17)。本研究以文章為單位進行群集分析，並將群集結果以樹狀圖的方式呈現，經由適當地切分分析結果，可清楚看出哪些文章屬於同一類別。

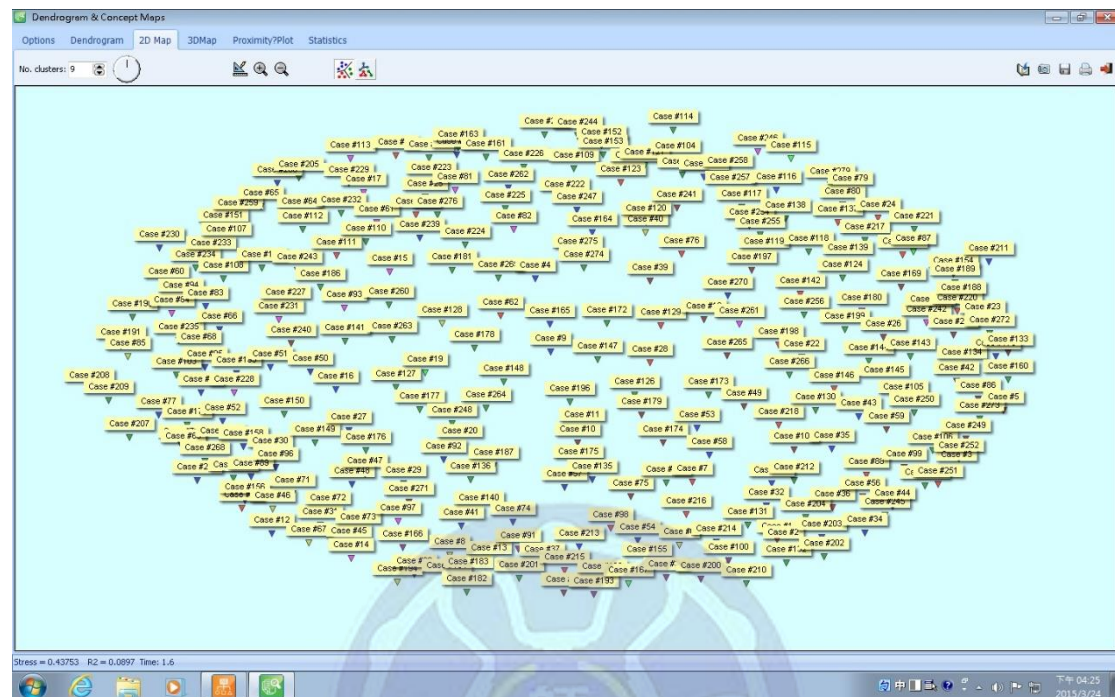


圖 3.16 群集結果 2D 視覺化

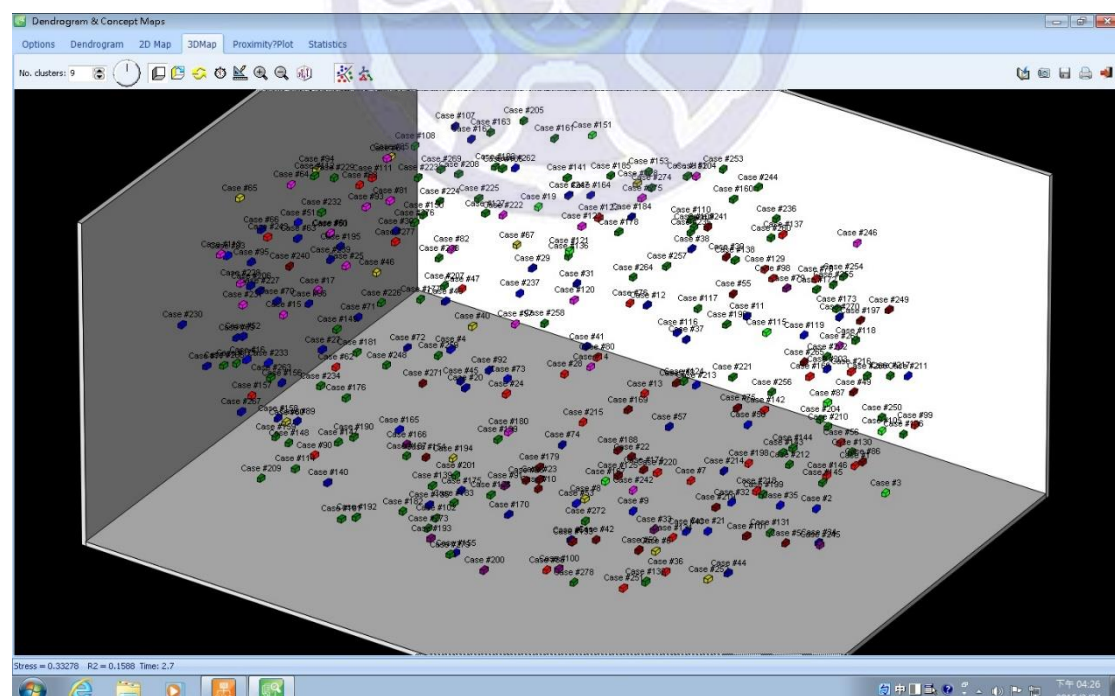


圖 3.17 群集結果 3D 視覺化

Wordstat 套裝軟體包含了 QDA Miner 以及 SimStat 兩套件，QDA Miner 提供文件管理與質性分析的功能，SimStat 則可執行量化分析。研究者將 279 筆資

料以 Excel 檔案輸入 QDA Miner 進行文件管理，讓資料轉化為 Wordstat 的處理形式，接著選取 TI(論文標題)、DE(論文關鍵詞)、ID(論文敘述詞)、AB(論文摘要)四個欄位，由 SimStat 進行量化的內容分析。

Wordstat 的分析功能仰賴特徵詞庫(dictionary)的建立，若在未建置特徵詞庫的狀況下進行分析，會計算所有詞彙的出現頻率，其中包含對分析沒有幫助甚至擾亂分析的詞彙，例如：冠詞 the、a；介係詞 of、for、to；代名詞 that、this、they 等與分析主題無關之字彙，故在分析前，需依分析的目的建立特徵詞庫，而程式會依據特徵詞庫中出現之詞彙進行詞頻計次，未出現在特徵詞庫中的詞彙則不進行計算。

擷取特徵詞時，可使用 TF-IDF 演算法、亂度演算法(Entropy)並設定閾值決定哪些詞彙為特徵詞，也可以直接以文章標題詞彙或關鍵詞作為特徵詞，本研究考量自 SSCI 下載的文件資料並未包含全文，若以演算法並設定閾值選取特徵詞，會遺漏大量詞彙，而且期刊文章的 DE(論文關鍵詞)與 ID(論文敘述詞)功能即為表示文章的特徵與旨趣，因此，研究者並未以文件集中所有詞彙的 TF-IDF 演算法或亂度演算法(Entropy)篩選出特徵詞，而是直接以資料欄位中的 DE 與 ID 做為特徵詞建立特徵詞庫。

本研究的目的是針對科學教育中的論證議題文章進行相關的主題分析，查探論證議題研究與哪些科教主題相結合，故選取的文章資料皆為論證相關議題，欄位中皆具有「論證」或「論點」，而特徵詞庫的詞彙則取自 CERP、IJSE、JRST、RSE、S&E、SE 六本科教類期刊至 2014 年 10 月 29 日為止的 7541 筆論文紀錄，擷用所有文章的 DE(論文關鍵詞)與 ID(論文敘述詞)做為原始特徵詞，共有 5787 個原始特徵詞，因為分析的欄位不只是關鍵詞與敘述詞，還有標題與摘要，摘要與標題中可能會出現關鍵詞與敘述詞欄位所沒有的詞彙，而這些與科學教育有關的詞彙對論證主題的分類可能都有幫助，故在此將樣本中所有科教文章的關鍵詞與敘述詞予以保留。特徵詞有單詞與複合詞，單詞如：VISUALIZATION、DIALOGIC 等詞彙，複合詞如：DISCOURSE_PATTERN、BEGINNING_TEACHER 等詞彙，在 Wordstat 系統中，複合詞的單詞之間需以下底線「_」連結，系統方能判讀為單一詞彙。

研究者將原始特徵詞共 5787 個，於開啟詞性還原的環境下執行程式，5787

個詞彙中被使用之詞彙為 1324 個，接著將這 1324 個詞彙擷取出來，刪除對本研究之目的無幫助的詞彙，以及進行同義詞庫的建立。

因為研究目的是對論證的主題分類，而非探討論證主題與自然科學領域、研究法、樣本背景的關係，加上只有 279 篇文章，若還要區分物理化學生物、國、高中、大學等，特徵詞類別會過細，對分類造成干擾，故將對本研究分析無幫助的詞彙刪除。對本研究之分析無幫助的詞彙，包含自然科學領域詞彙如：數學、物理、化學、生物、地球科學、環境科學等領域相關詞彙，研究年段詞彙如：小學、中學、大學、研究所、青少年等相關詞彙，研究法相關詞彙如：CASE_STUDY、CONTENT_ANALYSIS 等詞，與不影響判斷的散詞如：ACCOUNT、ACQUISITION 等無法看出科教相關領域的詞彙。

有些詞彙同義但異字，或研究者認為該不同詞彙所要表達的是類似概念，例如：Alternative_Framework 與 Misconception 兩特徵詞具有相似概念，可建立同義詞庫(利用高階的特徵詞合併數個相同意義的特徵詞)，將這兩個特徵詞併為同一個同義詞，一個同義詞可能包含數個特徵詞。

將特徵詞刪除與合併後，剩餘共 462 個詞彙進行分析，在計次時，研究者設定分析的單位為文章數，只要某個詞彙在一篇文章中出現，不論出現的次數為何，一律以一次計算，本研究共有 279 筆資料，各詞彙最多被記 279 次，而出現次數過少的詞彙對文章的分類幫助不大，研究者設定出現次數不到 6 次，也就是出現 5 次以下的詞彙忽略不計。

詞頻計次時，會有單複數、時態與同義字的問題。在詞彙的單複數方面，不論詞彙的單數或複數型態，所指涉的皆為同一個概念，例如：text 與 texts 所指皆為文本，不過卻是兩種不同型態，計次時若將同一詞彙的不同型態視為不同詞彙，則在分析上會造成誤差，而時態也是一樣，例如：draw 與 drawing 皆指繪圖，計次時須視為同一詞彙計次。Wordstat 提供了詞性還原(automatic lemmatization)的功能，開啟詞性還原後，可將單複數與各時態視為同一個詞彙計次，避免分析誤差。

詞頻分析結果以表格數據呈現(如圖 3.18)，接著執行群集分析，群集分析結果將以樹狀圖的形式呈現(如圖 3.19)，研究者設定以文章為單位進行群集，並將所有文章分為 9 個群集，其中文章數最少的群組含有 5 篇，文章數最多的有 79

篇文章。

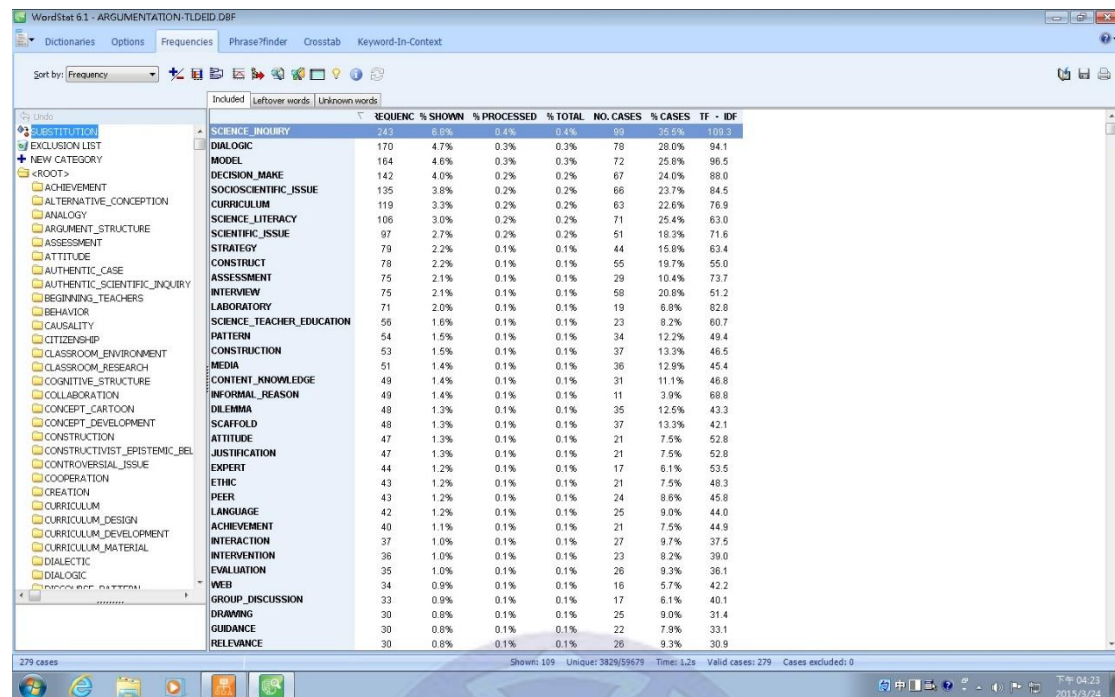


圖 3.18 詞頻分析結果總表

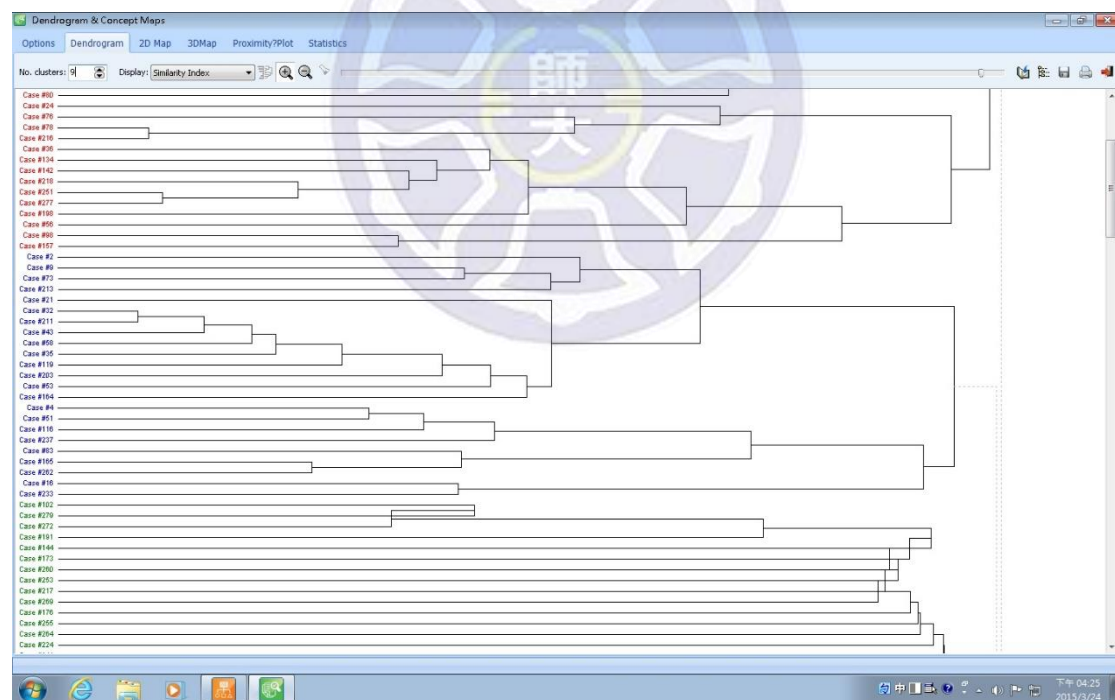


圖 3.19 以樹狀圖呈現群集結果

為了判斷各群集的論證研究類別，研究者將 9 群資料分別送入 Wordstat 分析，得到各群使用的特徵詞類別與詞頻，藉由常出現的特徵詞判別各群所屬類別為何。除了以 Wordstat 跑出之各群組特徵詞判斷各群類別，研究者尚以閱讀各群組文章的方式，將各群若干文章之內容閱讀後記錄論文內容如：摘要，質性並主

觀地判斷各群組的主題為何，以與軟體群集之結果對照，進行類別命名。

第三節 研究流程

首先進行資料蒐集，自 SSCI 電子期刊資料庫下載截至 2014 年 10 月 29 日止的科教領域文獻資料共 7541 筆，做為原始資料。接著將準備工作分為兩部份，第一部份為詞庫建立，第二部份為選取研究資料。

在詞庫建立方面，先擷用所有原始資料的 DE(論文關鍵詞)與 ID(論文敘述詞)做為原始特徵詞，共有 5787 個原始特徵詞，在詞性還原、去除自然科學領域詞彙、去除年段相關詞彙、去除研究法相關詞彙、去除散詞後，剩餘 462 個詞彙進行後續分析。

選取研究資料方面，首先以論文標題(TI)、論文關鍵詞(DE)、論文敘述詞(ID)三個欄位為目標欄位，以關鍵字 argument 進行篩選，選出與 argument 或 argumentation 有關之文章共 279 篇作為分析對象。

接著透過 Wordstat 以 462 個特徵詞對 279 篇文章進行分析，將文章做適當的群集，分好群集後，將各群集文章以 Wordstat 執行詞頻計算，以 TF·IDF 較高的詞彙做為判斷群集類別的依據，最後以人工判讀各群集中被引用次數前五多的文章判別群集種類，與以特徵詞判別的結果對照，對各群集命名，命名後請科學教育專家為各主題類別進行專家一致性檢驗，由專家選取類別文章各五篇閱讀，找出符合該類別旨趣的文章比例，算出類別一致性，在經由加權算出平均一致性，最後挑出各類別文章中國內外學者的篇數與比例，以比較國內外科學教育學者在論證相關研究主題上的差異。如圖 3.20 所示。

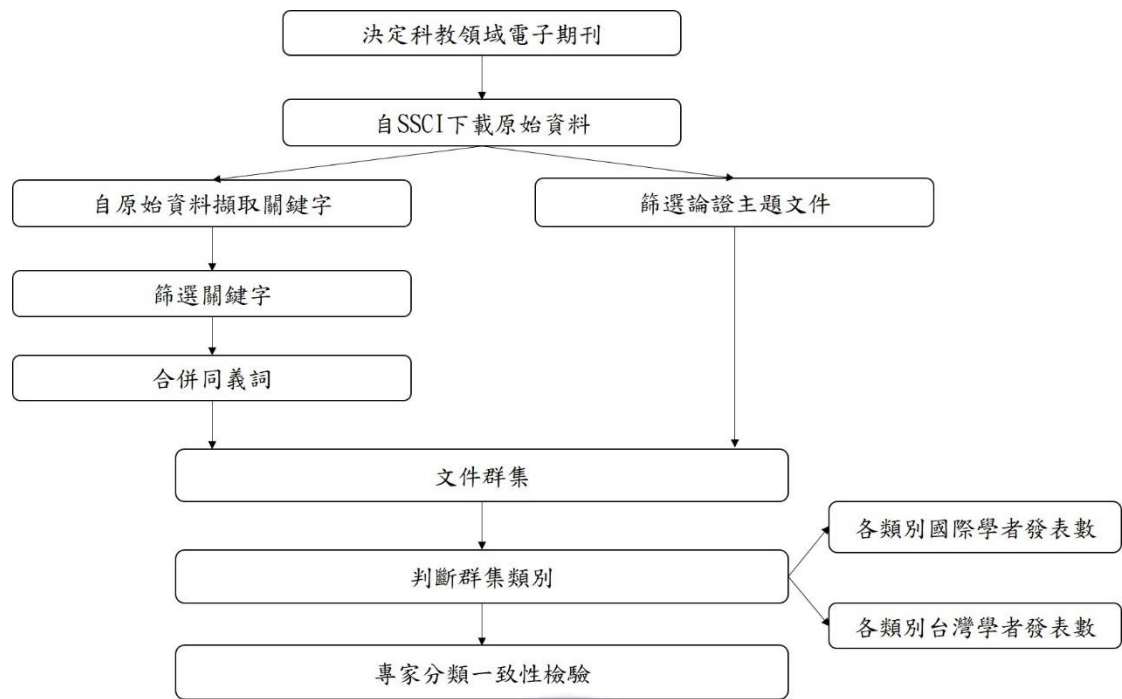


圖 3.20 研究流程圖



第肆章 研究結果

第一節 論證文章分群結果與命名

Wordstat 分群後各群文章分布如表 4.1 所示，第一類為 34 篇佔 12%，第二類為 23 篇佔 8%，第三類為 94 篇佔 34%，第四類為 23 篇佔 8%，第五類為 8 篇佔 3%，第六類為 28 篇佔 10%，第七類為 12 篇佔 4%，第八類為 49 篇佔 18%，第九類為 8 篇佔 3%。統計結果顯示第三類文章數最多佔 34%，其次為第八類文章佔 18%，再來是第一類文章 12%。

表 4.1 Wordstat 分群結果

類別	篇數	百分比
C1	34	12%
C2	23	8%
C3	94	34%
C4	23	8%
C5	8	3%
C6	28	10%
C7	12	4%
C8	49	18%
C9	8	3%
總篇數	279	100%

依照 Wordstat 分群與各群關鍵詞分析，加上閱讀各群引用數前五名的文章，找出文章的研究目的、研究對象、研究方法、研究結果後，研究者以文章特性予以命名。命名時以內容閱讀結果為主，關鍵詞頻為輔，因少數幾個關鍵詞不見得

能充分顯示本類別的文章旨趣，故以文章閱讀後的質性判斷做為主要命名依據。
茲說明九個分群類別如後。

C1：「以論證能力作為科學教育課程目標」之相關研究

第一群類別（C1）為「以論證能力作為科學教育課程目標」之相關研究，此類文章依 Wordstat 分類結果包含 34 篇，佔所有論證文章之 12%。表 4.2 列出本類別的關鍵詞詞頻，詞頻以關鍵詞出現的文章數計頻，以及關鍵詞在本類別文章出現的百分比。以關鍵詞中的 CURRICULUM 為例，詞頻 19 表示此一詞彙出現於 19 篇文章，百分比 55.90%表示此一詞彙出現在本類別 55.90%的文章中。

表 4.2 「以論證能力作為科學教育課程目標」文獻關鍵詞頻

關鍵詞	文章數	佔此類文章的比例
CURRICULUM	19	55.90%
SCIENCE_TEACHER_EDUCATION	13	38.20%
ASSESSMENT	12	35.30%
SCIENCE_INQUIRY	12	35.30%
SCAFFOLD	9	26.50%
MEDIA	8	23.50%
DIALOGIC	7	20.60%
INTERVIEW	7	20.60%
SCIENCE_LITERACY	6	17.60%
CONSTRUCTION	6	17.60%

C1 類別內容著重於設計幫助論證學習的課程與教學環境(Berland & McNeill, 2010; Hundal, Levin, & Keselman, 2014; Newton et al., 1999; Osborne et al., 2004; Simon et al., 2006)。本類文章以「課程」為核心，出現次數最多的特徵詞為 CURRICULUM，達 19 次，出現率為 55.90%，次多為 SCIENCE_TEACHER_EDUCATION，達 13 次，出現率為 38.20%。以其中五篇文獻為例，Osborne 等學者(2004)以英國倫敦區的中學生與 12 位中學教師為對象，

歷時三年(1999 年至 2001 年)，嘗試設計支持論證學習的課程，第一階段先發展論證教學策略，以錄音錄影方式蒐集資料，使用發展自 Toulmin 的論證模式工具評鑑論證品質，第一階段大部分的教師在使用論證教學上有顯著進展，而且教師使用的論證模式不盡相同，第二階段老師教實驗組科學論證，同時教對照組傳統課程內容，本階段著重在觀察學生論證能力的進步，第二階段結果顯示實驗組的論證品質提升，教科學論證對論證品質的提升有幫助。Newton 等研究者(1999)欲探究英國中學教師在課堂中是否讓學生有充分的機會學習並練習論證，觀摩倫敦地區的七所中學共 34 堂課，入班觀察並製作觀察日誌，研究者發現課堂發言大多由教師主導，課堂中教師不太會鼓勵學生反思社會性科學議題，而因教師教學能力的侷限、外在壓力因素及評鑑系統，使得老師常以教師為主體的講述方式教學。Simon 等學者(2006)嘗試不同教學策略並找出哪些策略對論證教學有幫助，合作對象為 12 位來自英國倫敦區的中學教師，教師參加工作坊發展教學策略並應用於教學，以錄音錄影方式記錄教學歷程，評量學生論證品質的工具發展自 Toulmin 的論證模式，12 位教師在為期一年的工作坊後，五位教師轉變教學策略，其中三位有顯著改變，所有教師均嘗試鼓勵學生論證。Berland 與 McNeill(Berland & McNeill, 2010)欲了解學生的論證歷程與設計支持論證教學的情境，入班觀察小學、國中與高中的課堂教學，記錄並分析論證品質，結果顯示教學情境可能是支持學生學習論證的要素，而教室規範也為支持學生論證扮演了重要的角色。Hundal 的研究團隊(Hundal et al., 2014)與四位中學教師規劃一個課後環境健康俱樂部課程(an Environmental Health Afterschool Club Curriculum)，由研究者與教師小組共同備課，課程目標是促進學生對於環境健康的理解、懂得使用電子資源、提升論證技巧，備課會議的質性分析與教師的訪談結果建議教師落實論證教學，課程設計需要著重論證對學生科學學習的潛在影響。

C2：「科學建模與論證品質」之相關研究

第二群類別為(C2)「科學建模與論證品質」之相關研究。此類文章依 Wordstat 分類結果包含 23 篇，佔所有論證文章的 8%。表 4.3 列出本類別的關鍵詞詞頻。

表 4.3 「科學建模與論證品質」文獻關鍵詞頻

關鍵詞	文章數	佔此類文章的比例
MODEL	18	78.30%
SCIENCE_INQUIRY	10	43.50%
JUSTIFICATION	8	34.80%
DIALOGIC	7	30.40%
FIELD	6	26.10%
DECISION_MAKE	5	21.70%
SCIENCE_MAJOR	4	17.40%
SOCIOSCIENTIFIC_ISSUE	4	17.40%
INTERVIEW	4	17.40%
CAUSALITY	4	17.40%

C2 類別內容著重於探討科學建模與論證品質之關聯(Chang & Chiu, 2008; Kastens, Agrawal, & Liben, 2009; Ryu & Sandoval, 2012; Sadler & Fowler, 2006; Sandoval & Çam, 2011)。本類文章以「模型」或「建模」、「科學探究」為核心，出現次數最多的特徵詞為 MODEL，達 18 次，出現率為 78.30%，次多為 SCIENCE_INQUIRY，達 10 次，出現率為 43.50%。以其中五篇文獻為例，Sadler 和 Fowler(2006)為了探討科學知識如何影響社會性科學議題論證的進行，利用對 45 位高中生、大學科學主修以及非科學主修學生的晤談，探討遺傳學(genetics)的知識如何影響受試者對於基因治療和複製人研究議題的論證品質，主修遺傳學的大學生在論證品質和頻率上皆高於其他兩組，高中生和非科學主修的大學生無顯著差異，訪談的質性分析顯示，三組傾向聚焦在類似的社會道德主張，但具知識背景的大學生較常引用科學內容知識提出主張。Chang 與 Chiu(2008)欲探究拉卡托斯的研究綱領(Lakatos' Scientific Research Programmes)是否可以當作呈現與評鑑社會科學議題論證的理論架構，研究者請 40 位科學背景大學生與 30 位非科學背景大學生對四個社會性科學議題進行寫作論證並編碼分析，分析顯示科學背景大學生的論證比非科學背景好，從支持理由的角度分析，發現個人經驗和科學知識最常做為論證依據，另外，科學背景的學生明顯用了更多類比，非科學背景則較常引用權威的說法，兩組參加了小組討論後，皆不容易改變自己的論證，本文

使用拉卡托斯的架構圖顯學生對於社會科學議題的論證硬核(hard core)是甚麼，結果看出有一個保護帶(protective belt)在，所以原來的想法難以改變。Kastens 等(2009)研究學生與專家如何在觀察岩塊後，將之以繪圖方式呈現結構並提出論證，研究者請 13 位非科學背景的大學生、14 位科學背景的大學生與 6 位專家參與研究，先對學生教學，告訴他們地質學家如何從岩塊表面整合資訊並轉化為圖解，說明時將專業術語數量降至最低，接著再給參與者不同岩塊，請他們模仿教學時所學的方式記錄、繪圖，並做出推斷，結果顯示科學背景的學生說出的具證據支持的主張，比非科學背景的學生多了兩倍，且科學背景學生產生更多有效的推理。Sandoval 與 Çam(2011) 欲研究小學生對不同證據來源的採信程度，以 26 位八至十歲的小學生為研究對象，設計四個故事情境，請學生幫助故事角色做最佳的選擇，並解釋為甚麼做此選擇，大部分小學生最優先採信的為可直接觀察的測量和實驗結果。Ryu 與 Sandoval(2012)探討論證教學是否幫助學生理解論證品質的判斷依據，並將之應用於科學論證，研究者找來 9 位三年級學生與 12 位四年級學生共 21 位混齡小學生，以一系列的論證建構任務提問學生，並提供資料供學生引用，請學生將論證內容以紙筆記錄，事後依論證品質的判斷依據評分，結果顯示透過論證教學，學生可以將論證品質的判斷依據應用於發展論證與評鑑論證。

C3：「以論證增進科學學習成效」之相關研究

第三群類別為（C3）「以論證增進科學學習成效」之相關研究。此類文章依 Wordstat 分類結果包含 94 篇，佔所有論證文章的 34%。表 4.4 列出本類別的關鍵詞詞頻。

表 4.4 「以論證增進科學學習成效」文獻關鍵詞頻

關鍵詞	文章數	佔此類文章的比例
SCIENCE_INQUIRY	39	41.50%
DIALOGIC	27	28.70%
MODEL	26	27.70%
CONSTRUCT	26	27.70%
SCIENCE_LITERACY	23	24.50%

CURRICULUM	19	20.20%
STRATEGY	15	16.00%
DRAWING	15	16.00%
CONSTRUCTION	14	14.90%
INTERVIEW	14	14.90%

C3 類別文獻認為論證是科學學習的重要機制，探討以論證為策略的教學對於科學學習成效之影響(Bell, 2000; Driver et al., 2000; Eskin & Ogan-Bekiroglu, 2013; Kuhn, 1993; Zohar & Nemet, 2002)。本類文章以「科學探究」與「對話」為核心，出現次數最多的特徵詞為 SCIENCE_INQUIRY，達 39 次，出現率為 41.50%，次多為 DIALOGIC，達 27 次，出現率為 28.70%。以其中五篇文獻為例，Bell(2000)探究利用線上知識整合環境(Knowledge Integration Environment)進行論證教學對學生科學本質觀與科學知識學習的影響。研究者設計線上知識整合環境，將 172 位學生兩兩成對分為 86 對學生實施共為期六週的實驗教學、網路知識整合活動與發展對於實驗結果的論證，學生先做與光有關的實驗蒐集真實數據，接著利用知識整合環境的資訊解釋結果，並透過討論修正自己的想法。結果顯示論證教學可促進知識學習與整合，知識整合環境除了有助於提升論證品質外，也有助於學生對科學本質的理解。Zohar 與 Nemet(2002)研究將論證教學融入人類遺傳工程議題的成效，研究對象為兩所以色列學校的九年級生 187 位，分為實驗組 99 位與對照組共 87 位，先以前測檢測學生的學習起點，實驗組將論證教學融入遺傳學課程中，對照組施以傳統教學，教學前僅 16.2%的學生擁有正確的相關知識，有 90%的學生可以簡單地論證，後測結果顯示學生在生物知識和論證上的表現皆有提升，學生以正確的生物學知識論證的頻率增加，而實驗組學生的生物測驗成績明顯地高於對照組，具顯著差異，學生的論證品質也提升得較多。Eskin 與 Ogan-Bekiroglu (2013)探討論證對學生學習動力學概念的影響，研究採用實驗設計，以量化方式進行研究，將兩個班各 26 位十年級女學生分為實驗組與對照組，規劃十週的時間將五個不同情境的論證安排於實驗組的動力學課程中，對照組則採講述式教學，論證過程中牽涉建立主張、使用證據支持主張、證明證據的有效性、以反例檢驗主張，而這些步驟可以促進學生了解甚麼是科學，並幫助學生概念的

學習與改變，研究結果顯示論證可增進科學概念的學習成效。

同樣地，在這一類文獻中的回顧性文章主要強調論證對於科學學習的重要性 (Driver, Newton, & Osborne, 2000; Kuhn, 1993)。Kuhn(Kuhn, 1993)回顧科學思考與科學論證在科學教育中的重要性，文中指出美國的科學教育正陷入危機當中，美國的科學教育在國際評比中接近倒數，學生失去學習科學的興趣，教師缺乏教科學的信心，而促進科學思考與科學論證是一個增進科學學習的有效辦法。Driver等學者(2000)回顧論證在科學教育中的地位，並強調科學教育現場的論證教學仍顯不足，文章主張任何與科學有關的教育，論證都具有高度優先性，並呼籲若科學課室中缺乏練習論證的機會、教師缺乏組織論證的教學技能，會阻礙科學教育的進步。

C4：「論證過程的科學語言或對話模式」之相關研究

第四群類別為 (C4) 「論證過程的科學語言或對話模式」之相關研究。此類文章依 Wordstat 分類結果包含 23 篇，佔所有論證文章的 8%。表 4.5 列出本類別的關鍵詞詞頻。

表 4.5 「論證過程的科學語言或對話模式」文獻關鍵詞頻

關鍵詞	文章數	佔此類文章的比例
DIALOGIC	19	82.60%
LANGUAGE	7	30.40%
URBAN	6	26.10%
SCIENCE_LITERACY	5	21.70%
MODEL	5	21.70%
SCIENCE_INQUIRY	5	21.70%
STRATEGY	5	21.70%
INTERACTION	5	21.70%
TEXTBOOK	4	17.40%
COMMUNICATION	4	17.40%

C4 類別文章強調論證時使用的科學語言或對話模式，並利用對話分析的方式評估學生論證的品質(Jimenez-Aleixandre, Rodriguez, & Duschl, 2000; Klein, 2006; McNeill & Pimentel, 2010; Varelas et al., 2008; Yore, Bisanz, & Hand, 2003)。本類文章以「對話」和「語言」為核心，出現次數最多的特徵詞為 DIALOGIC，達 19 次，出現率為 82.60%，次多為 LANGUAGE，達 7 次，出現率為 30.40%。以其中五篇文獻為例，Jimenez-Aleixandre 等人(2000)分析學生的對話模式，研究者將一個九年級班級學生分為四個一小組，先以小組討論遺傳學相關問題，接著整個班級討論與分享觀點，過程以錄音錄影記錄並使用 Toulmin 論證模式分析，學生在未事先進行論證教學的條件下，獨自建立論證，結果顯示教學情境的設計與老師的鼓勵可有效幫助學生產生論證。Varelas 等(2008)探究小學生如何連結素樸概念與生活經驗於科學概念，以一年級、二年級、三年級學生各兩個班，以現場觀察學生活動、筆記記錄、錄音錄影、學生紙本書寫、學生繪畫等方式紀錄上課過程，要學生將固體、液體、氣體物質分類，並寫下分類的理由與全班同學討論，研究顯示實物在分類活動中成為一個理想的工具，語言載具使學生投入科學並產生課堂對話、思考和交流。McNeill 與 Pimentel (2010)研究教師在中學生使用對話論證時扮演的角色，研究對象為三位教師、11 至 12 年級的都市小型中學學生，先讓學生花 1 至 2 分鐘看兩個影片片段，影片對氣候變遷持不同看法，一個認為全球暖化在近幾十年間越趨嚴重，另一個則覺得並未發生全球暖化，看完後老師引導學生思考影片說法的可信度，並為兩個觀點提供證據，最後請學生將自行建構的論證內容寫下，有 19%~35%的對話聚焦在科學論證上，學生使用證據和推理證明他們的主張是對的，在對話互動方面，只有一個教師的班級是學生對學生的互動，而學生清楚地支持或反對同儕的想法，這個老師使用開放式問題鼓勵學生使用科學知識和生活經驗建立和證成自己的主張，他清楚地連接前一個學生的評論鼓勵學生提出更多的觀點，反思自己的想法和同學的想法，研究者指出老師使用開放性問題可能是支持學生論證的關鍵因素。

在這一類別中的回顧性文獻也多強調科學語言對於認知與科學論證的重要性(例如 Klein, 2006; Yore, Bisanz, & Hand, 2003)。其中 Yore 等人(2003)回顧科學教育的變遷與近年發展，本文慶祝 IJSE 的 25 週年紀念，回顧科學教育的發展與變遷，首先是語言藝術理論觀的變遷、語言在科學教育中的角色、科學教與學，

早期行為學派和以邏輯數學的化約論觀點詮釋人類的學習，後來認知應用科學與建構論觀點跟多種研究進路解釋教與學的本質，早些年著重在口語編碼並分類，反映話語來源、功能目標、問題和回應等級、教科書可讀性的閱讀研究，自從鼓吹學習者寫作，許多科學教師使用寫作當作評鑑技術，應用認知科學和建構論觀點引導互動，說、讀、寫的建構論模型更清楚地展現語言在科學和科學教學中的角色，新近研究顯示教室中對話互動的質與量偏低、不被重視，閱讀擴大到考慮理解策略、後設認知、非教科書的來源，和設計探究環境，用寫作學科學著重在一系列書寫任務，需要轉換想法促進科學學習。Klein(2006)回顧傳統認知科學與當代認知科學觀點的差別，並提出該如何幫助學生提升科學素養，認知科學的近期趨勢使科學素養不容易達到，傳統上來說，認知科學家視知識為一系列由經典概念組成的命題，思考就像邏輯推理，而語言是世界的文字表徵，相對的，許多現時的認知科學家視知識是情境式的模糊概念，思考是知覺的而非形式為準的，語言是非常隱喻性和敘述性的，科學素養教育連接這些不同，透過實作幫助學生，以模糊認知建立經典概念、用知覺引導的運作達到形式有效的推理，以類似演講和敘述的語言建構寫作說明和論證。

C5：「論證時同儕互動」之相關研究

第五群類別為（C5）「論證時同儕互動」之相關研究。此類文章依 Wordstat 分類結果包含 8 篇，佔所有論證文章的 3%。表 4.6 列出本類別的關鍵詞詞頻。

表 4.6 「論證時同儕互動」文獻關鍵詞頻

關鍵詞	文章數	佔此類文章的比例
PEER	5	62.50%
WEB	4	50.00%
SCIENCE_INQUIRY	3	37.50%
INTERVENTION	3	37.50%
COOPERATION	3	37.50%
STRATEGY	3	37.50%

BEHAVIOR	2	25.00%
ASSESS_DIALOGIC_ARGUMENTAT ION	2	25.00%
DIALOGIC	2	25.00%
GUIDE_INQUIRY	2	25.00%

C5 文章著重於探究團體論證時同儕的互動(Clark & Sampson, 2007; Kulatunga & Lewis, 2013; Kulatunga, Moog, & Lewis, 2013; Rop, 2003; Smith, Wilson, Banks, Zhu, & Varma-Nelson, 2014)。本類文章以「同儕」與「網際網路」為核心，出現次數最多的詞彙為 PEER，達 5 次，出現率為 62.50%，次多為 WEB，達 4 次，出現率為 50.00%。本類別多篇以線上系統研究同儕對話論證，優點是資料的蒐集與分析較為方便(Clark & Sampson, 2007; Smith et al., 2014)，亦有研究者探討同儕領袖的口說行為對學習的影響，皆支持同儕小組合作可促進知識學習與論證能力發展(Kulatunga & Lewis, 2013; Smith et al., 2014)。以其中五篇文獻為例，Clark 與 Sampson (2007)透過線上談話系統，利用線上討論進行學習和合作，幫助學生提出、共享、對照彼此的想法，使學生參與科學論證和探究，學生使用線上介面建立原理詮釋蒐集的資料，這些原理原則是線上討論的種子想法，線上平台讓有不同想法的學生參加討論，每一個討論群組可以思考和批判彼此的想法，研究以 Toulmin 論證模式為基礎發展的編碼組分析論證結構，研究顯示科學知識透過決策歷程發展，而論證是一種對科學實踐而言重要的對話，為了促進學生對於科學本質和科學歷程的理解，學生應學習科學社群的談話方式。Rop (2003) 探索高中學生對於課堂中同儕主動提問的觀點，對象為 6 位 16~17 歲高中生，以課室觀察並錄音錄影、課後訪談的方式進行研究，受訪學生表示好奇心驅使他們問跟上課內容有關的問題，然而教師和同儕的回應常常澆他們冷水，要他們放棄問些延伸出課程之外的問題，縱然教育工作者和政策制定者期望學生自由地探究、檢驗想法、拋出推測和實踐科學談話，但學校的氛圍明顯抑制了科學探究。Kulatunga 與 Lewis (2013)探討大學普通化學分組活動中，同儕領袖的口說行為對論證與學習的影響，以 SAT 或 ACT 的數學成績為準進行異質分組，小組討論前同儕領袖引言並報告要討論的問題，由領袖帶領大家討論，過程錄影記錄，後續

以 Toulmin 論證系統分析小組論證內容，研究發現同儕領袖使用口頭行為引導學生建立化學知識，並透過引導讓問題更為清晰，論證更為細緻。Smith 等 (2014) 檢驗線上工作坊中同儕領導小組學習的效果，研究採準實驗設計，將 395 位大學生分為同儕領袖學習組(n=220)與線上同儕領袖學習組(n=175)，檢驗兩者的學習成效有無顯著差異，同儕領袖學習組的學生在分數上具顯著差異，比較少學生得到 D 或 F 的分數或停休課程，後續對十位小組領袖和兩個系上成員訪談，並對工作坊的談話進行分析，結果顯示兩個環境差異不大。Kulatunga 等(2013)以 Toulmin 的論證模式研究普通化學課的同儕領導探究會議中，學生小組論證的特性，小組獨立運作無教師介入，研究者使用 Toulmin 的論證模式編碼辨識論點，並以發展自 Erduran 的架構鑑定論點的強度與論點建構過程，資料以錄影方式記錄，共有兩個小組，每個小組個四位學生，每週進行一次同儕小組會議，分析結果顯示大多數學生參與討論並建立論點，活動期間超過一位學生提供為論點證據與推理(reasoning)，學生通常以資料(data)與理由(warrants)支持主張(claims)，但鮮少提供支持背景(backings)，常藉由證據與推理支持自己的想法，但很少詳細地說明為何做此推理或進一步驗證自己的解釋，在小組互相討論後，具支持背景的論點比例增加，另外，研究者還發現學生可以在沒有同儕領袖的協助下，透過論證解析錯誤的主張。

C6：「探究實驗與論證」之相關研究

第六群類別為 (C6)「探究實驗與論證」之相關研究。此類文章依 Wordstat 分類結果包含 28 篇，佔所有論證文章的 10%。表 4.7 列出本類別的關鍵詞詞頻。

表 4.7 「探究實驗與論證」文獻關鍵詞頻

關鍵詞	文章數	佔此類文章的比例
SCIENCE_INQUIRY	24	85.70%
LABORATORY	15	53.60%
MODEL	8	28.60%
CONSTRUCT	7	25.00%
INTERVIEW	7	25.00%

SCIENCE_LITERACY	7	25.00%
DIALOGIC	6	21.40%
ACHIEVEMENT	5	17.90%
SCIENCE_WRITE_HEURISTIC	5	17.90%
STUDENT_PERFORMANCE	5	17.90%

C6 類別文獻強調透過實作探究產生論證對科學學習的影響(Akkus, Gunel, & Hand, 2007; Hofstein & Lunetta, 2004; Rod Watson, Swain, & McRobbie, 2004; Sandoval, 2005; Winberg & Berg, 2007)。本類文章以「科學探究」與「實驗室」為核心，出現次數最多的特徵詞為 SCIENCE_INQUIRY，達 24 次，出現率為 85.70%，次多為 LABORATORY，達 15 次，出現率為 53.60%。以其中五篇文獻為例，Watson 與 Swain (2004)觀察學生在探究式實作課程中小組論證的表現與學習成效，對象為兩個班共 60 位八年級學生，以錄音錄影方式記錄上課過程，結束後學生填答問卷，並訪談學生與老師，分析顯示探究討論的量跟質都偏低，社會文化情境在課堂中讓學生把探究當作一系列寫作業的平常步驟，而不重視討論和決策過程。Winberg 與 Berg (2007)在正式實驗前讓學生操作電腦模擬實作，探究實驗前的電腦模擬實作對學生的科學學習與對科學的態度的影響，對象為 170 位修習化學概論的大一新生，分為實驗組 78 位、對照組 97 位，實驗組在進實驗室前實施電腦模擬滴定，另一組則無，實驗室實作後填答問卷並訪談學生，在實驗室實作時看出，模擬影響學生擬出更多理論性的問題，對態度與化學知識學習有正面影響。Akkus 等 (2007)比較結合科學寫作啟發法的探究實驗教學與傳統實驗教學的成效，研究對象為 7~11 年級中學生，實驗組 322 位、對照組 270 位共 592 位，本研究採用混合式研究法，質性量化並重，上課前先前測，上課時實驗組利用科學寫作啟發法在進行探究實驗前、中、後做為學生進行探究實驗活動之鷹架，對照組則是傳統教學，上完後後測，比較學生的進步程度，結果顯示教學法實行的品質衝擊學生的後測分數，而高品質的科學寫作實行可以有效縮短成就差異。Katchevich 等 (2013)研究學生在化學實驗室進行實驗時建構論點的歷程，化學實驗分為探究式實驗(Inquiry-type Experiment)與驗證型實驗(Confirmatory-type Experiment)，研究對象為五所學校共 116 位 11 年級與 12 年級的中學生，做實驗

時 3~4 個人為一個小組，研究發現學生操作探究型實驗時的對話含有豐富的論點，而進行驗證型實驗時的論點則少了許多，結果顯示探究式實驗具有幫助學生有效建立論點的潛力。

本類別的回顧性文獻強調實驗室探究教學的重要性。例如 Hofstein 與 Lunetta(2004)提到「實驗室是科學教育的中心」，科學教育者建議使用實驗室活動幫助學習學習，自從兩位研究者發表一篇常被引用的文章，已經 20 年過去了，20 年後的現代是一個有著新科技資源的年代，科學教育已有了新的標準，探究學習又再次被重視，研究和評量的方法在這 20 年中飛快進展，可以幫助研究者思索如何使用科學實驗室資源、學生在實驗室的工作如何評量、老師如何利用科學實驗室活動促進學習成效，本文章檢驗過去 20 年的早期學術成就，呈現現行的科學學習目標、現代學生建構知識的模型和學生跟老師如何參與科學實驗室活動的資料。

C7：「小組討論如何影響論證」之相關研究

第七群類別為 (C7)「小組討論如何影響論證」之相關研究。此類文章依 Wordstat 分類結果包含 12 篇，佔所有論證文章的 4%。表 4.8 列出本類別的關鍵詞詞頻。

表 4.8 「小組討論如何影響論證」文獻關鍵詞頻

關鍵詞	文章數	佔此類文章的比例
GROUP_DISCUSSION	8	66.70%
SCIENCE_LITERACY	5	41.70%
MISCONCEPTION	3	25.00%
COLLABORATION	3	25.00%
INTERACTION	3	25.00%
DECISION_MAKE	3	25.00%
MEDIA	3	25.00%
PEER	3	25.00%
RELEVANCE	3	25.00%

C7 類別探討小組討論的教學策略對於小組成員進行科學論證的影響(Albe, 2008; Bennett, Hogarth, Lubben, Campbell, & Robinson, 2010; Maloney & Simon, 2006; Nussbaum, Sinatra, & Poliquin, 2008; Sampson & Clark, 2009)。本類文章以「小組討論」的教學方式為核心，出現次數最多的特徵詞為 GROUP_DISCUSSION，達 8 次，出現率為 66.70%，次多為 SCIENCE_LITERACY，達 5 次，出現率為 41.70%，以其中五篇文獻為例，Maloney 與 Simon (2006)觀察小學生在小組討論中詮釋與評價證據的技巧發展，對象為 20 位 10 至 11 歲的小學生，每四位學生為一組，共五個小組各自進行討論，討論內容為四個決策活動，討論前無任何前置作業，討論過程讓學生自由提出想法，由研究者現場記錄並錄音，觀察學生如何選擇和判斷，看學生的證據是否足夠支持特定結論或推翻其他結論，研究者認為決策時，適當的聚焦在討論證據，可以發展學生練習有效論證的技巧。Albe (2008)探討中學生如何在小組討論時，針對社會性科學議題進行論證。研究者將 12 位學生 11 年級中學生分為兩組，辯論手機的使用是否會對健康造成危害，全程錄音記錄，之後以知識建構的觀點，而非對話時的語言特性分析論證內容，分析結果得知，學生的論證來自科學資料、常識、和認識論跟策略的考量，學生在分組討論時的社會互動影響論證闡述的模式。Nussbaum 等人(2008)探究結合建構論者的認識論信念(constructivist epistemic beliefs)和科學論點判準(the criteria of scientific arguments)的小組討論，是否可以增進學生在物理概念上的學習。研究者將 88 位非理科背景大學生兩兩成對分組，隨機分為實驗組 22 對與操作組 22 對進行線上討論。其中實驗組在討論前，接受建構科學論證的相關資訊，兩組的討論內容在線上記錄，討論完後實施後測，所有學生在認識論信念上分類為相對主義(relativists)、多元主義(multiplists)和評鑑主義(evaluativists)，實驗組的學生在討論中合併了更多的科學判準並發展出更好的論證，更多實驗組採納正確的答案，而結果也與學生的認識論信念有關，多元主義者較少針對矛盾跟迷思概念批判，跟其他組比起來，多元主義者與組員互動較少，評鑑主義者則更批判地、為組員帶來不一樣的想法。Sampson 與 Clark (2009)探究小組論證與個人論證哪個學習效果較佳，參與研究的樣本為 10~12 年級的中學生 168 位，分為

實驗組 84 位與對照組 84 位，實驗組為三人一組的小團體共 28 組，實驗組為合作學習，先做實驗並討論、回答冰塊融化相關問題，對照組為單獨一人獨立作業，提出論證後，再問一個與實驗結構相似的問題，看實驗組與對照組知識轉移的程度，研究結果顯示小組討論並不能產生比單獨思考更好的論證，佔大量比例的學生可以適應小組論證，學生從合作情境中展示出對掌握和轉移問題的優良表現，這些觀察指出合作對個人學習是有好處的，不過對一開始的任務沒有幫助。

本類別的回顧性文獻主要回顧小組討論對中學科學學習的幫助，例如 Bennett 等(2010)指出，學生常常努力形成並表達具一致性的(consistent)論證，但參與任務的意願低落，本文建議異質分組可幫助小組內有不同的聲音與觀點，而適當地訓練可幫助學生有效率地分組執行任務，討論前給予提示有助於討論順暢，縱然理解概念和改善決策與小組的性別無關，但單一性別的分組功能比混性別的還要好，為了使小組討論更有效，老師需要教導學生明確的發展論證技巧，還有讓學生知道如何有效進行小組討論。

C8：「社會性科學議題中的論證」之相關研究

第八群類別為（C8）「社會性科學議題中的論證」之相關研究。此類文章依 Wordstat 分類結果包含 49 篇，佔所有論證文章的 18%。表 4.9 列出本類別的關鍵詞詞頻。

表 4.9 「社會性科學議題中的論證」文獻關鍵詞頻

關鍵詞	文章數	佔此類文章的比例
DECISION_MAKE	37	75.50%
SOCIOSCIENTIFIC_ISSUE	35	71.40%
SCIENTIFIC_ISSUE	27	55.10%
INTERVIEW	21	42.90%
SCIENCE_LITERACY	18	36.70%
DILEMMA	18	36.70%
CONTENT_KNOWLEDGE	14	28.60%
ETHIC	12	24.50%

PATTERN	12	24.50%
INFORMAL_REASON	11	22.40%

C8 類別文獻強調論證在「社會性科學議題」中進行「決策」的角色(Jime´nez-Aleixandre, 2002; Sadler, 2004; Sadler, Barab, & Scott, 2007; Sadler & Zeidler, 2005a, 2005b)。本類別以「決策」和「社會性科學議題」為中心，出現次數最多的特徵詞為 DECISION_MAKE，達 37 次，出現率為 75.50%，次多為 SOCIOSCIENTIFIC_ISSUE，達 35 次，出現率為 71.40%。以其中五篇文獻為例，Jime´nez-Aleixandre (2002) 進行一個牽涉決策和論證的案例研究，參與者為 38 位 11 年級學生，學生在一個濕地管理情境中作決策，討論時的對話被紀錄下來並以 Toulmin 和 Walton 的論證模式分析，結果顯示，學生會使用與問題有關的知識進行討論並做決策，決策時並非完全依靠科學知識，還會依據價值觀幫助判斷，價值觀的優先性在經濟發展之上，學生不僅是單純的知識消費者，而專家地位是知識的權威來源。Sadler 與 Zeidler (2005a)探討個人如何商議(negotiate)與解析(resolve)遺傳工程兩難，樣本為 30 位大學生，15 位具生物學背景，另外 15 位為非科學背景，受試者參與兩個半結構訪談，訪談內容為六個基因遺傳工程情境，以質性分析法檢驗非形式推理的模式和道德觀在推理過程中扮演的角色，學生突顯三種推理依據，分別為理性的(rationalistic)、情感的(emotive)、直覺的(intuitive)非形式推理依據，理性非形式推理對應理性為基礎的想法(reason-based considerations)，情感的非形式推理對應關懷為基礎的想法(care-based considerations)，直覺的非形式推理對應針對故事情境立即反應的想法(considerations based on immediate reactions to the context of a scenario)，參與者頻繁地結合這些推理模式，當他們在解析各自的社會性科學議題時，大部分參與者至少以一些道德標準評價他們的決定，上述三種想法互相交織於整個非形式推理。Sadler 與 Zeidler (2005b)探索內容知識如何影響商議和解析具爭議性的基因遺傳工程議題，共 216 位自然科學(生物學)和非自然科學背景(心理學)的大學生參與研究，本研究有三個變因欲探討，分別是內容知識、非形式推理模式、非形式推理品質，研究以質、量並行的方法檢測內容知識對非形式推理模式和非形式推理品質的影響，受試者先完成基因概念的量化測驗，接著對三個基因治療劇

本和三個複製生物劇本表明自己的立場、選擇立場的原因、正面與反面的回應，兩個小組皆使用相同的非形式推理並呈現不同程度的內容知識，資料指出內容知識的不同與非形式推理的品質相關，更了解遺傳學的受試者，表現較少的推理瑕疵，比素樸的遺傳學學生更有可能將內容知識併入推理模式中。Sadler 等(Sadler et al., 2007) 回顧文獻並訪談 26 位中學生，突顯社會性科學議題討論可幫助學生得到特定內容知識並有助學生理解科學本質，相關文獻支持社會性科學議題可以當作特定的科學內容教學情境，研究回顧顯示學生可透過社會性科學議題討論，得到特定內容知識和理解科學，而社會性科學議題也被當作一個實施公民教育的載體(vehicles)。

本類別的回顧性文章回顧與科學教育相關的社會性科學議題研究。例如 Sadler(2004)提到社會科學議題圍繞著概念上與技術上的兩難，而這些議題適合以非形式推理思考與解析，藉以產生立場和評價立場，文章著重於甚麼是社會性科學議題、科學本質與社會性科學議題決策的關聯、與社會性科學議題有關的資料分析與評鑑、個人概念理解對非形式推理的影響。

C9：「論證與態度的關係」之相關研究

第九群類別為 (C9)「論證與態度的關係」之相關研究。此類文章依 Wordstat 分類結果包含 8 篇，佔所有論證文章的 3%。表 4.10 列出本類別的關鍵詞詞頻。

表 4.10 「論證與態度的關係」文獻關鍵詞頻

關鍵詞	文章數	佔此類文章的比例
ATTITUDE	5	62.50%
IN_SCHOOL	5	62.50%
DECISION_MAKE	3	37.50%
SCIENCE_LITERACY	3	37.50%
ACHIEVEMENT	3	37.50%
QUESTIONNAIRE	3	37.50%
INTERVIEW	2	25.00%
PORTFOLIO	1	12.50%

INTEREST_IN_SCIENCE	1	12.50%
SCIENCE_AND_SOCIETY_INTERV	1	12.50%
ENTION		

C9 類別探討論證與態度、決策間的關係(Holbrook & Rannikmae, 2007; Hong, Lin, Wang, Chen, & Yang, 2013; Jho, Yoon, & Kim, 2014; Logan & Skamp, 2008; Oliveras, Márquez, & Sanmartí, 2014)。本類別以「態度」與「決策」為中心，出現次數最多的特徵詞為 ATTITUDE，達 5 次，出現率為 62.50%，次多為 IN_SCHOOL，達 5 次，出現率為 62.50%。以其中五篇文獻為例，Logan 與 Skamp (2008)探討學生從小學到中學間，甚麼原因降低了他們對於科學的態度和興趣，研究者自小學六年級便利取樣 20 位小學生，在六年級時透過訪談知道他們對科學的興趣與態度，升上七年級後追蹤訪談，結果顯示學生老師的教學方式與課室環境，是學生保留興趣與正向態度的關鍵，研究者建議教師在課堂中應傾聽和注意學生的聲音，可提升學生對科學的興趣並降低負面態度，而課程設計應以學生為中心。Hong 等 (2013) 探討科學與社會介入式的教學(a science and society intervention)對小學生的論證技巧與對科學的態度之影響，實驗組為 111 位小學五年級學生，參加為期 12 週的介入教學，對照組為 107 為六年級學生，採取傳統教學，所有受試者在研究開始與結束時皆填答問卷，觀察與訪談結果用來校正或鞏固量化的結果，資料顯示在介入教學後，實驗組的論點品質與對科學的態度明顯高於對照組，實驗組男生在論證上的進步明顯高於實驗組女生，低學習成就的學生在對科學的態度與論證品質進步幅度最大，面談與觀察結果指出在介入教學期間，學生對解說的理解(understanding of explanation)與如何論證皆獲得改善，研究顯示科學與社會介入教學具促進學生發展有力論點與對科學態度的效果。Oliveras 等(2014)分析 13~14 歲國中生與 16~17 歲高中生共 117 位，在批判性閱讀活動中對能源相關問題的態度，研究者分析並分類學生對於新聞資訊的立場、學生以這些資訊撰寫的論證，以及分析學生使用這些關於能量的科學知識於真實生活情境中的困難何在，研究結果顯示可以利用些策略幫助學生批判性地分析新聞文章中的科學情境，而在立場方面，共有輕信型讀者(the credulous reader)、理想型讀者(the ideological reader)、批判型讀者(the critical reader)等三種立場，在年紀與科學知識上這三組

並未顯示顯著差異，三組的年齡分布與科學知識程度都差不多，研究者建議可利用真實生活情境連接學校的科學學習。Jho 等(Jho et al., 2014)探討學生在討論社會性科學議題時，科學知識、態度與決策之間的關聯，共 89 位學生參予教學和填答前後測問卷，研究者將科學知識分為內容知識與情境知識(contextual knowledge)，態度包含心像(image)、安全(safety)、風險(risk)、潛力(potential)、好處(benefit)與未來扮演角色(future role)，決策則包括各種考量的優先性(preference)，研究結果顯示，學生透過教學改善科學知識程度後，態度與決策仍與未教學前相似，態度與決策之間具有關聯，而科學知識與與決策間則無顯著關係。

本類別的回顧性文章探討以科學教育促進科學素養的意義，例如 Holbrook 與 Rannikmae (2007)論述科學教育的教學取向應該是透過科學達成教育而不是透過教育達成科學，研究者提出科學教育的基礎並非邏輯實證主義，而是包含了科學本質的理解、連結個人領域的目標成就、連結智能與溝通技巧發展，還有正向態度的促進，加上在社會教育領域的目標成就，連結合作學習和社會性科學決策。

結合本章節開頭的統計結果，可知文章百分比由高至低依序為 C3「以論證增進科學學習成效之研究」34%、C8「社會性科學議題之論證研究」18%、C1「以論證能力作為科學教育課程目標之研究」12%、C6「實驗室中的探究與論證研究」10%、C2「科學課堂中論證品質相關研究」8%、C4「論證使用之科學語言相關研究」8%、C7「小組討論發展論證之研究」、C5「論證時同儕互動研究」3%、C9「論證教學後學生對科學的態度之研究」3%。

第二節 利用文件探勘分類結果與專家分類結果的一致性

為了評估本研究所採用的文件探勘法對科學論證文獻進行分類之有效性，本研究在每一類文獻，選出引用率最高的 5 篇文獻，請科教專家判斷該文獻是否符合本研究對每一類文獻所歸納出來的定義與特色描述，紀錄專家判斷結果與文件探勘分類結果之一致性如表 4.11。根據表 4.11 經過九大類一致性加權平均後的結果，本研究利用文件探勘與專家分類結果的一致性為 0.86。

表 4.11. 專家與文件探勘分類一致性

類 別	文章 篇數	抽 樣 篇 數	一 致 性	權 重	專家判斷結果	
					符合定義	不符合定義
C1	34	5	0.8	0.12	Berland & McNeill (2010) Simon, Erduran, & Osborne (2006) Osborne, Erduran, & Simon (2004) Newton, Driver, & Osborne (1999)	Sadler & Zeidler (2009)
C2	23	5	1.0	0.08	Ryu & Sandoval (2012) Sandoval & Ç am (2011) Kastens, Agrawal, & Liben (2009) Chang & Chiu (2008) Sadler & Fowler (2006)	
C3	94	5	0.8	0.34	Zohar & Nemet (2002) Driver, Newton, & Osborne (2000) Bell (2000) Kuhn (1993)	Erduran, Simon, & Osborne (2004)
C4	23	5	1.0	0.08	McNeill & Pimentel (2010) Varelas et al. (2008) Klein (2006)	

(續)

類 別	文章 篇數	抽 樣 篇 數	一 致 性	權 重	專家判斷結果	
					符合定義	不符合定義
					Yore, Bisanz, & Hand (2003) Jimenez-Aleixandre, Rodriguez, & Duschl (2000)	
C5	8	5	0.8	0.03	Smith, Wilson, Banks, Zhu, & Varma-Nelson (2014) Kulatunga & Lewis (2013) Clark & Sampson (2007) Rop (2003)	Clark & Sampson (2008)
C6	28	5	0.8	0.10	Akkus, Gunel, & Hand (2007) Winberg & Berg (2007) Hofstein & Lunetta (2004) Watson & Swain (2004)	Sandoval (2005)
C7	12	5	1.0	0.04	Bennett, Hogarth, Lubben, Campbell, & Robinson (2010) Sampson & Clark (2009) Nussbaum, Sinatra, & Poliquin (2008) Albe (2008) Maloney & Simon (2006)	

(續)

類 別	文章 篇數	抽 樣 篇 數	一 致 性	權 重	專家判斷結果	
					符合定義	不符合定義
C8	49	5	1.0	0.18	Sadler, Barab, & Scott (2007) Sadler & Zeidler (2005a) Sadler & Zeidler (2005b) Sadler (2004) Jime' nez-Aleixandre (2002)	
C9	8	5	0.4	0.03	Logan & Skamp, 2008 Holbrook & Rannikmae, 2007	Hutchison & Hammer, 2010 Simon & Johnson, 2008 Bryce & Gray, 2004

第三節 國內、外學者在九大論證研究類別中的分布

各類別國內外學者分布如表 4.12 所示。台灣學者在六大期刊中發表了 11 篇與論證相關文章，佔 279 篇文章的 3.9%。在科教研究總數 7541 篇中，台灣學者發表 165 篇，佔科教研究總篇數的 2.2%，顯示台灣學者在科學論證發表的比例高過科學教育所有文獻。

表 4.12 國內外文獻在各類別論證相關研究與所有科教研究之分布

類別	篇數	國外學者	台灣學者	臺灣學者發
		篇數	篇數	表百分比

論證相關研究	C1	34	33	1	2.9%
	C2	23	21	2	8.7%
	C3	94	92	2	2.1%
	C4	23	23	0	0%
	C5	8	8	0	0%
	C6	28	27	1	3.6%
	C7	12	12	0	0%
	C8	49	45	4	8.2%
	C9	8	7	1	12.5%
	論證研究總篇數	279	268	11	3.9%
科教相關研究	科教研究總篇數	7541	7376	165	2.2%

九大類論證相關研究文獻中，C1「以論證能力作為科學教育課程目標」之相關研究文章總數為 34 篇，國外學者總共發表 33 篇佔此類別總數量 97.1%，台灣學者 1 篇佔 2.9%。C2「科學建模與論證品質」之相關研究文章總數為 23 篇，國外學者發表 21 篇佔 91.3%，台灣學者 2 篇佔 8.7%。C3「以論證增進科學學習成效」之相關研究文章總數為 94 篇，國外學者發表 92 篇佔 97.9%，台灣學者 2 篇佔 2.1%。C4「論證過程的科學語言或對話模式」之相關研究文章總數為 23 篇，國外學者發表 23 篇佔 100%，台灣學者未在此類別發表文章。C5「論證時同儕互動」之相關研究文章總數為 8 篇，國外學者發表 8 篇佔 100%，台灣學者未在此類別發表文章。C6「探究實驗與論證」之相關研究文章總數為 28 篇，國外學者發表 27 篇佔 96.4%，台灣學者發表 1 篇佔 3.6%。C7「小組討論如何影響論證」之相關研究文章總數為 12 篇，國外學者發表 12 篇佔 100%，台灣學者未在此類別發表文章。C8「社會性科學議題中的論證」之相關研究文章總數為 49 篇，國外學者發表 45 篇佔 91.8%，台灣學者發表 4 篇佔 8.2%。C9「論證與態度的關係」之相關研究文章共 8 篇，國外學者發表 7 篇佔 87.5%，台灣學者發表 1 篇佔 12.5%。

在數量上，我國學者發表數量的前三名依序為 C8「社會性科學議題中的論證」4 篇、C2「科學建模與論證品質」2 篇、C3「以論證增進科學學習成效」2 篇，國外學者的前三名依序為 C3「以論證增進科學學習成效」92 篇、C8「社會

性科學議題中的論證」45 篇、C1「以論證能力作為科學教育課程目標」33 篇。在比例上，我國學者在各類別發表比例最高的前三名依序為 C9「論證與態度的關係」13%、C2「科學建模與論證品質」9%、C8「社會性科學議題中的論證」8%。台灣學者未在 C4「論證過程的科學語言或對話模式」、C5「論證時同儕互動」、C7「小組討論如何影響論證」等三類別發表文章。



第五章 結論與建議

本研究併用文件探勘法以及傳統文獻分析方法針對 WoS 的社會科學引文資料庫(SSCI)中論證相關研究文獻進行分類，找出論證研究領域的重要研究主題，並比較國內外科學教育學者在論證研究主題上的差異。本研究自 CERP、IJSE、JRST、RSE、S&E、SE 等六個在科學教育領域具代表性的電子期刊資料庫搜尋從 1965 年至 2014 年止共 279 篇論證文獻資料進行分析。

經文件探勘法群集後，將 279 論證相關文獻分為九大群組，分別為：

C1：「以論證能力作為科學教育課程目標」之相關研究

C2：「科學建模與論證品質」之相關研究

C3：「以論證增進科學學習成效」之相關研究

C4：「論證過程的科學語言或對話模式」之相關研究

C5：「論證時同儕互動」之相關研究

C6：「探究實驗與論證」之相關研究

C7：「小組討論如何影響論證」之相關研究

C8：「社會性科學議題中的論證」之相關研究

C9：「論證與態度的關係」之相關研究

研究結果顯示九類主題中，數量最多的為 C3「以論證增進科學學習成效」之相關研究共 94 篇，本次收錄的文獻資料，有三分之一與透過論證教學增進科學學習成效有關，其次為 C8「社會性科學議題中的論證」之相關研究共 49 篇，佔所有文章的 18%，本類別文章透過社會性科學議題進行論證研究，第三為 C1「以論證能力作為科學教育課程目標」之相關研究 34 篇，佔所有文章的 12%。

本研究以文件探勘法對論證相關研究分群命名後，由專家判讀並計算分類之一致性，各類別一致性皆在 0.8 以上，惟第九類「論證與態度的關係」一致性僅 0.4，可能是因為「態度」指涉的意義多重，例如：「科學態度」、「對科學的態度」或「對社會性科學議題的立場態度」，因指涉意義多重，導致本類別的一致性不高。

將各類別一致性加權相加後，得到的平均一致性為 0.86。葉宜芬(2012)針對科學探究領域以叢集分析分群並對各群命名，由專家判讀後得到的平均一致性為 0.85，與本研究的一致性相似，顯示文件探勘法對於分類文章具有一定的效度。

國內外學者的差異方面，國外學者的研究以數量來看前三名依序為 C3「以論證增進科學學習成效」、C8「社會性科學議題中的論證」、C1「以論證能力作為科學教育課程目標」，國內學者發表數量的前三名依序為 C8「社會性科學議題中的論證」、C2「科學建模與論證品質」、C3「以論證增進科學學習成效」。國內學者在「論證過程的科學語言或對話模式」、「論證時同儕互動」、「小組討論如何影響論證」等三個主題的研究發表則相對缺乏。由於本研究的樣本來自 CERP、IJSE、JRST、RSE、S&E 與 SE 等六本期刊，「論證過程的科學語言或對話模式」、「論證時同儕互動」與「小組討論如何影響論證」等三類文章數為零，僅表示台灣學者未在這六本期刊中發表這三類文章，並不代表台灣學者未在其它期刊發表。

279 篇論證相關文章中，國內學者佔 11 篇，百分比為 3.9%，而在所有科教主題研究文獻 7541 篇中，國內學者佔 165 篇，百分比為 2.2%。國內學者在論證相關研究所佔的百分比比較所有科教研究主題百分比高將近兩倍。

在研究限制與對於未來研究的建議方面，本研究的抽樣文章來自於國內學者曾元顯透過資料探勘法所指出 SSCI 資料庫教育與教育研究期刊當中屬於科教相關的六本期刊(Tseng et al., 2013)，未來應可擴大取樣範圍，例如 Computer & Education，International Journal of Science and Mathematics Education 等科教學者常投稿之期刊，以提升研究結果之可類推性。本研究對文章進行分類的特徵詞來自文獻資料的論文關鍵詞與論文敘述詞欄位，未來建議可以比對此種方式與透過 TF-IDF、ENTROPY 等不同方法篩選特徵詞，對於文章分類結果造成的差異。本研究屬探究性分析法，文中的統計數據皆採描述性報告，未來或可針對這類文章分類方法的誤差與統計檢定分析方法進行相關研究，以利進行群組比較或趨勢分析。

參考文獻

一、中文部分

- 吳玫緬、蔡今中（2007）。科學知識觀與學生在社會科學性議題論證之相關性。國立交通大學科學教育研究所碩士論文，新竹市。
- 洪振方、封中興（2011）。運用 [以建模為基礎的論證教學模式] 促進國二學生的科學學習成效-以光學單元為例。臺北市立教育大學學報，100，85，124。
- 翁秀玉、段曉林（1997）。科學本質在科學教育上的啟示與作法。科學教育月刊，210。
- 許玫理、郭重吉（1993）。我國國民中學自然科學教師科學哲學觀點之調查研究。科學教育，(4)，183-236。
- 劉宏文（1996）。建構主義的認識論觀點及其在科學教育上的意義。科學教育月刊。
- 蔡俊彥、黃台珠、楊錦潭(2007)。符合 Toulmin 論證模式之系統發展研究：TANET。國立高雄師範大學科學教育所、南台科技大學數位設計學院。
- 尹其言、楊建民（2010）。應用文件分群與文件探勘技術於機器學習領域趨勢分析以 SSCI 資料庫為例。長榮大學學報，14，1-16。
- 許中川、陳景揆（2001）。探勘中文新聞文件。資訊管理學報，7(2)，103，122。
- 教育部（2003）。國民中小學九年一貫課程綱要。台北市：教育部。

二、西文部分

- American Association for the Advancement of science.(1989). *Project 2061: Science for all Americans*. Washington，D.C.: Author.
- Apté, C. (1997). Data mining: an industrial research perspective. *Computational*

- Science & Engineering, IEEE*, 4(2), 6-9.
- Akkus, R., Gunel, M., & Hand, B. (2007). Comparing an Inquiry-based Approach known as the Science Writing Heuristic to Traditional Science Teaching Practices: Are there differences? *International Journal of Science Education*, 29(14), 1745-1765.
- Albe, V. (2008). When scientific knowledge, daily life experience, epistemological and social considerations intersect: Students' argumentation in group discussions on a socio-scientific issue. *Research in Science Education*, 38(1), 67-90.
- Bell, P. (2000). Scientific arguments as learning artifacts: Designing for learning from the web with KIE. *International Journal of Science Education*, 22(8), 797-817.
- Bennett, J., Hogarth, S., Lubben, F., Campbell, B., & Robinson, A. (2010). Talking science: The research evidence on the use of small group discussions in science teaching. *International Journal of Science Education*, 32(1), 69-95.
- Berland, L. K., & McNeill, K. L. (2010). A learning progression for scientific argumentation: Understanding student work and designing supportive instructional contexts. *Science Education*, 94(5), 765-793.
- Billig, M. (1996). *Arguing and thinking: A rhetorical approach to social psychology*: Cambridge University Press.
- Binkley, R. (1995). Argumentation, education and reasoning. *Informal Logic*, 17(2).
- Bloom, J. W. (2001). Discourse, cognition, and chaotic systems: An examination of students' argument about density. *The Journal of the Learning Sciences*, 10(4), 447-492.
- Cheng, W.-L. (2005). *The Research on A Single Classifier in Text Classification of Multi-Class*.
- Chang, S. N., & Chiu, M. H. (2008). Lakatos' scientific research programmes as a framework for analysing informal argumentation about socio-scientific issues. *International Journal of Science Education*, 30(13), 1753-1773.
- Clark, D. B., & Sampson, V. D. (2007). Personally-seeded discussions to scaffold online argumentation. *International Journal of Science Education*, 29(3), 253-

- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*: McGraw-Hill International.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.
- Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education.
- Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88(6), 915-933.
- Eskin, H., & Ogan-Bekiroglu, F. (2013). Argumentation as a Strategy for Conceptual Learning of Dynamics. *Research in Science Education*, 43(5), 1939-1956.
- Feldman, R., & Dagan, I. (1995). *Knowledge Discovery in Textual Databases (KDD)*. Paper presented at the KDD.
- Giere, R. N., Bickle, J., & Mauldin, R. F. (1991). *Understanding scientific reasoning*: Holt, Rinehart, and Winston Fort Worth, TX.
- Giddens, A. (2013). *The consequences of modernity*: John Wiley & Sons.
- Hatano, G., & Inagaki, K. (1991). Sharing cognition through collective comprehension activity.
- Hearst, M. A. (1999). *Untangling text data mining*. Paper presented at the Proceedings of the 37th annual meeting of the Association for Computational Linguistics on Computational Linguistics.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28-54.
- Hogan, K., & Maglienti, M. (2001). Comparing the epistemological underpinnings of students' and scientists' reasoning about conclusions. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(6), 663-687.
- Holbrook, J., & Rannikmae, M. (2007). The nature of science education for enhancing scientific literacy. *International Journal of Science Education*, 29(11), 1347-

- Hong, Z.-R., Lin, H.-s., Wang, H.-H., Chen, H.-T., & Yang, K.-K. (2013). Promoting and Scaffolding Elementary School Students' Attitudes Toward Science and Argumentation Through a Science and Society Intervention. *International Journal of Science Education*, 35(10), 1625-1648.
- Hotho, A., Nürnberger, A., & Paaß, G. (2005). *A Brief Survey of Text Mining*. Paper presented at the Ldv Forum.
- Hundal, S., Levin, D. M., & Keselman, A. (2014). Lessons of researcher–teacher co-design of an environmental health afterschool club curriculum. *International Journal of Science Education*, 36(9), 1510-1530.
- Jho, H., Yoon, H.-G., & Kim, M. (2014). The relationship of science knowledge, attitude and decision making on socio-scientific issues: The case study of students' debates on a nuclear power plant in Korea. *Science & Education*, 23(5), 1131-1151.
- Jime´nez-Aleixandre, M.-P. (2002). Knowledge producers or knowledge consumers? Argumentation and decision making about environmental management. *International Journal of Science Education*, 24(11), 1171-1190.
- Jimenez-Aleixandre, M. P., Rodriguez, A. B., & Duschl, R. A. (2000). "Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics. *Science Education*, 84(6), 757-792.
- Kastens, K. A., Agrawal, S., & Liben, L. S. (2009). How Students and Field Geologists Reason in Integrating Spatial Observations from Outcrops to Visualize a 3-D Geological Structure. *International Journal of Science Education*, 31(3), 365-393.
- Katchevich, D., Hofstein, A., & Mamlok-Naaman, R. (2013). Argumentation in the chemistry laboratory: Inquiry and confirmatory experiments. *Research in Science Education*, 43(1), 317-345.
- Kelly, G. J., & Chen, C. (1999). The sound of music: Constructing science as sociocultural practices through oral and written discourse. *Journal of Research in*

- Science Teaching*, 36(8), 883-915.
- Kitcher, P. (1988). The child as parent of the scientist. *Mind & Language*, 3(3), 217-228.
- Klein, P. D. (2006). The challenges of scientific literacy: From the viewpoint of second-generation cognitive science. *International Journal of Science Education*, 28(2-3), 143-178.
- Krummheuer, G. (1995). *The ethnography of argumentation*: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Kuhn, D. (1991). *The skills of argument*: Cambridge University Press.
- Kuhn, D. (1992). Thinking as argument. *Harvard Educational Review*, 62(2), 155-179.
- Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 77(3), 319-337.
- Kuhn, D., Shaw, V., & Felton, M. (1997). Effects of dyadic interaction on argumentative reasoning. *Cognition and instruction*, 15(3), 287-315.
- Kuhn, T. S. (2012). *The structure of scientific revolutions*: University of Chicago press.
- Kulatunga, U., & Lewis, J. E. (2013). Exploration of peer leader verbal behaviors as they intervene with small groups in college general chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(4), 576-588.
- Kulatunga, U., Moog, R. S., & Lewis, J. E. (2013). Argumentation and participation patterns in general chemistry peer-led sessions. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(10), 1207-1231.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*: Cambridge university press.
- Lawson, A. E. (2002). Sound and faulty arguments generated by preservice biology teachers when testing hypotheses involving unobservable entities*. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 237-252.
- Logan, M., & Skamp, K. (2008). Engaging students in science across the primary

- secondary interface: Listening to the students' voice. *Research in Science Education*, 38(4), 501-527.
- Losiewicz, P., Oard, D. W., & Kostoff, R. N. (2000). Textual data mining to support science and technology management. *Journal of Intelligent Information Systems*, 15(2), 99-119.
- Maloney, J., & Simon, S. (2006). Mapping children's discussions of evidence in science to assess collaboration and argumentation. *International Journal of Science Education*, 28(15), 1817-1841.
- McNeill, K. L., & Pimentel, D. S. (2010). Scientific discourse in three urban classrooms: The role of the teacher in engaging high school students in argumentation. *Science Education*, 94(2), 203-229.
- Newton, P., Driver, R., & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21(5), 553-576.
- Niaz, M., Aguilera, D., Maza, A., & Liendo, G. (2002). Arguments, contradictions, resistances, and conceptual change in students' understanding of atomic structure. *Science Education*, 86(4), 505-525.
- Nussbaum, E. M., Sinatra, G. M., & Poliquin, A. (2008). Role of epistemic beliefs and scientific argumentation in science learning. *International Journal of Science Education*, 30(15), 1977-1999.
- Oliveras, B., Márquez, C., & Sanmartí, N. (2014). Students' Attitudes to Information in the Press: Critical Reading of a Newspaper Article With Scientific Content. *Research in Science Education*, 44(4), 603-626.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.
- Osborne, J., Erduran, S., Simon, S., & Monk, M. (2001). Enhancing the quality of argument in school science. *School science review*, 82(301), 63-70.
- Patronis, T., Potari, D., & Spiliotopoulou, V. (1999). Students' argumentation in decision-making on a socio-scientific issue: implications for teaching.

- International Journal of Science Education*, 21(7), 745-754.
- Popper, K. (2005). *The logic of scientific discovery*: Routledge.
- Quinn, V. (2002). *Critical Thinking in Young Minds*: Taylor & Francis.
- Rod Watson, J., Swain, J. R., & McRobbie, C. (2004). RESEARCH REPORT:
Students' discussions in practical scientific inquiries. *International Journal of Science Education*, 26(1), 25-45.
- Rop, C. J. (2003). Spontaneous inquiry questions in high school chemistry classrooms: Perceptions of a group of motivated learners. *International Journal of Science Education*, 25(1), 13-33.
- Ryu, S., & Sandoval, W. A. (2012). Improvements to elementary children's epistemic understanding from sustained argumentation. *Science Education*, 96(3), 488-526.
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513-536.
- Sadler, T. D., Barab, S. A., & Scott, B. (2007). What do students gain by engaging in socioscientific inquiry? *Research in Science Education*, 37(4), 371-391.
- Sadler, T. D., & Fowler, S. R. (2006). A threshold model of content knowledge transfer for socioscientific argumentation. *Science Education*, 90(6), 986-1004.
- Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2005a). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(1), 112-138.
- Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2005b). The significance of content knowledge for informal reasoning regarding socioscientific issues: Applying genetics knowledge to genetic engineering issues. *Science Education*, 89(1), 71-93.
- Salton, G., & McGill, M. J. (1983). *Introduction to modern information retrieval*.
- Sampson, V., & Clark, D. (2009). The impact of collaboration on the outcomes of scientific argumentation. *Science Education*, 93(3), 448-484.
- Sandoval, W. A. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education*, 89(4), 634-656.
- Sandoval, W. A., & Ç am, A. (2011). Elementary children's judgments of the epistemic

- status of sources of justification. *Science Education*, 95(3), 383-408.
- Schweingruber, H. A., Duschl, R. A., & Shouse, A. W. (2007). *Taking Science to School:: Learning and Teaching Science in Grades K-8*: National Academies Press.
- Shannon, C. E. (2001). A mathematical theory of communication. *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*, 5(1), 3-55.
- Siegel, H. (1995). Why should educators care about argumentation?
- Simon, S., Erduran, S., & Osborne, J. (2006). Learning to teach argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*, 28(2-3), 235-260.
- Smith, J., Wilson, S. B., Banks, J., Zhu, L., & Varma-Nelson, P. (2014). Replicating Peer-Led Team Learning in cyberspace: Research, opportunities, and challenges. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(6), 714-740.
- Singhal, A. (2001). Modern information retrieval: A brief overview. *IEEE Data Eng. Bull.*, 24(4), 35-43.
- Tan, A.-H. (1999). *Text mining: The state of the art and the challenges*. Paper presented at the Proceedings of the PAKDD 1999 Workshop on Knowledge Discovery from Advanced Databases.
- Toulmin, S. E. (2003). *The uses of argument*: Cambridge University Press.
- Tseng, Y.-H., Chang, C.-Y., Tutwiler, M. S., Lin, M.-C., & Barufaldi, J. P. (2013). A scientometric analysis of the effectiveness of Taiwan's educational research projects. *Scientometrics*, 95(3), 1141-1166.
- Van Eemeren, F. H., & Grootendorst, R. (2004). *A systematic theory of argumentation: The pragma-dialectical approach* (Vol. 14): Cambridge University Press.
- Varelas, M., Pappas, C. C., Kane, J. M., Arsenault, A., Hankes, J., & Cowan, B. M. (2008). Urban primary-grade children think and talk science: Curricular and instructional practices that nurture participation and argumentation. *Science Education*, 92(1), 65-95.

- Watson, J. R., & Swain, J. R. L. (2004). Students' discussions in practical scientific inquiries. *International Journal of Science Education*, 26(1), 25-45.
- Whittaker, J. (1989). Creativity and conformity in science: Titles, keywords and co-word analysis. *Social Studies of Science*, 19(3), 473-496.
- Winberg, T. M., & Berg, C. A. R. (2007). Students' cognitive focus during a chemistry laboratory exercise: Effects of a computer-simulated prelab. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(8), 1108-1133.
- Yerrick, R. K. (2000). Lower track science students' argumentation and open inquiry instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(8), 807-838.
- Yore, L., Bisanz, G. L., & Hand, B. M. (2003). Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language arts and science research. *International Journal of Science Education*, 25(6), 689-725.
- Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(1), 35-62.

