

學生「專題導向式合作解題」之過程研究

余尚芸* 謝哲仁** 左太政***

摘 要

本研究旨在探討國二學生實施「專題導向式合作解題活動」的歷程，藉以了解學生是否能合適地運用相關的數學概念及科學探究技能，以及學生之間互動所呈現的風貌。

研究對象為四位國二學生。「專題」較一般非例行性問題複雜許多，故本研究透過質性研究，分析個案處理的方式，利用研究日誌及其他相關資料等記錄個人思考及解題歷程；再針對合作解題，以放聲思考法輔以晤談及問卷調查，對解題者的解題原案進行分析。

活動中小組的「共同的目標」乃完成該研究專題，故小組中的成員皆樂於分享自己的想法。根據實際情形，可將整個歷程分成：「在情境引導，確定主題」、「尋找器材及研究工具」、「研究過程及關鍵突破」、「成果發表」等四個階段，並成功地在「引導」、「閱讀題目」、「問題分析與探索」、「計劃」、「執行計畫」、「驗證解答」、「轉移」等七個解題歷程階段中轉換。

關鍵詞：合作解題、專題導向

* 五福國中數學教師

** 美和技術學院財稅系專任副教授

*** 高雄師範大學數學系教授

壹、緒論

一、研究動機

在眾多教學理論與方法中，「合作學習」在心理及社會層面上確有其正面積極的效果。張景媛（1995）提到「小組合作學習的方式有助於生手澄清一些錯誤概念，並能共同構想出不同的解決問題的方法，增加學生解決問題的信心」。另外，合作學習可以製造一個有利於歸納推理的環境因素（吳庭瑜、吳明樺、洪瑞雲，1998）。

但是特別值得注意的是，在進行「合作學習」時，倘若教師提出的題目過於簡單，學生可以單獨想出解決方法或太難時，將會使學生停留在「個人單打獨鬥」上（陳啓明，2003）。因此，在這種情形下，問題的選擇是相當重要的。1980年四月美國的全國數學教師協會（National Council of Teachers of Mathematics，簡稱NCTM）所出版的重要文件「中小學數學課程標準與評量」（Curriculum and Evaluation Standards for School）亦強調教學要以「問題情境」為基礎。

王千倖（1999）的研究中強調「合作學習」與「問題導向學習」的結合是培養學生科學創造力的最佳策略。現今教育改革的重要課題，就是如何培養學生能將所學的知識生活化並加以創新應用。因此，必須培養學生獨立思考與解決問題能力，以求真求實的科學精神，鍛鍊具有觀察、蒐證、歸納、研判、推理、創意思考、發現問題、多元思考的能力，並據以找出可行的方案，合理有效的解決問題。而專題式的教學方式正符合此一創新學習潮流的需要（徐新逸，2001）。

「專題導向式學習」是一種強調「做中學」（learning by doing）的學習方式，整個歷程以專題為學習主軸，在相關情境的引導下、產生問題、經由活動解決問題。因此為提升學習者具備『帶得走的知識』之能力，幫助學生發展「如何學」與「樂於學」的重要基礎涵養，可嘗試往「落實專題導向教學」的方向去進行。

然而，在國內一般課程中，似乎只有在資優教育中才能看到較正式的專題探究課程的安排，加上可能許多數學教師認為中小學生仍欠缺親自從事數學的專題探究能力，並且從事這樣的數學專題活動所耗費的時間極多，因此近年來甚至出現中小學生科學展覽作品可能為教師代筆的迷思。針對「專題導向」大部分文獻探討的是大班的形式，且多偏重「量」的研究，而結合「合作解題」方面的相關文獻部份也不多（柯怡君、張靜譽，1995；曹永松，2001；顏榮義，2001；柯靜宜、張文華、郭重吉，2004等）。

因此，研究群所感興趣的是，結合「專題導向式學習」和「合作解題」的教學方式，在生活情境的引導下，引起學生的興趣，察覺問題的癥結，並轉化成數學專題，透過小組合作溝通、知識分享及建立之間的關聯性，共同鍛鍊具有觀察、蒐證、歸納、研判、推理、創意思考、概念建構、問題解決、多元思考的能力，還有藉由質性研究，長時間深入瞭解成員之間的互動如何塑造、影響學生想法發展的整個歷程，進而提出一些教學的建議，讓學生真正享受自我建構學習的樂趣。

二、研究目的與待答問題

本研究之目的主要是探討國二學生實施「專題導向式合作解題活動」的歷程，藉以了解學生是否能合適地運用相關的數學概念及科學探究技能，以及學生之間互動所呈現的風貌。根據此一目的，本研究欲探討的問題如下：

- (一)探討國二學生實施「專題導向式合作解題活動」的合作解題歷程有哪些階段及其互動的情形？
- (二)探討影響「專題導向式合作解題活動」的因素為何？

貳、文獻探討

本研究旨在分析國二學生實施「專題導向式合作解題活動」的歷程，文獻部分主要針對合作情境對數學解題及專題導向式活動之影響，分成「合作情境對數學解題的影響」、「合作情境對專題導向式活動之影響」及「實施合作解題須注意之事項」等加以探討。

一、合作情境對數學解題之影響

培養學生具備問題解決能力一直是教育的一個重要目標。李隆盛（1995）認為問題解決策略有以下的特質：(1)學習應強調合作的重要性。(2)訓練學生在邏輯思考中發展其創造力。(3)運用實用及事件了解符號及推論的原理。

對「數學解題」來說，合作情境中的討論除了具備相互支持的功能外，當雙方觀點不同時，為了尋求共識，對於自身觀點的辯護、澄清，將使學生，注意事件與結果的關聯，意識到自己的推理歷程（葉明達，1998）。

從情意的角度來看，在數學解題的過程中，「合作情境」提供學生「愛」與「支持」的學習環境，除去學生心中的焦慮與恐懼；藉由同儕的分工合作和彼此的溝通分享，透過討論活動，培養學生批判思考能力，同時學習人際互動所必須的接納、傾聽與尊重。當進行數學討論時，在學生提出自己想法的說明、解釋，並接受同儕質疑、挑戰時，一方面學習將別人的意見意義化，以重新修正原來的想法，使自己的考量更周密，另一方面可以相互激盪誘引出各種不同的解題途徑，延伸他們的解題活動，讓兒童增加許多的學習機會，進而修正錯誤的概念，幫助認知的成長（陳淑娟、劉祥通，2001）。

因此，問題解決的實行可以從合作情境著手。合作情境能增加人際互動的機會，提高學習動機、增進學習成效，進而提升問題解決的能力。

二、合作情境對專題導向式活動之影響

根據徐新逸(2001)的定義，專題式學習（Project-Based Learning，PBL）是「一種建構取向的學習方法，提供學習者高複雜且真實性的專題計畫，讓學生藉此找出主題、設計題目、規劃行動方案、收集資料、執行問題解決、建立決策行動、

完成探究歷程，並呈現作品的學習方式」。因此在專題導向式的教學活動中強調「引導問題 (driving question)」來組織概念或原理，並串聯後續的教學活動，最後由學生以說或寫的方式將學習成果公開發表，或是彼此交流分享、交換意見。

由 Musthafa(1997)專題導向的學習環模式中可以看到專題到導向式活動中學生完整的學習經驗，及圖中每個階段的工作與責任都是在教師與學生互動密切的配合下，共同合作協力完成的。因此，「專題導向式學習」是一種強調「做中學」(learning by doing)的學習方式，整個歷程以專題為學習主軸，在相關情境的引導下、產生問題、經活動解決問題。也就是說教師以「問題」為中心，自行設計或選取任務，再讓學生在小組內討論及解題 (王上林，張靜譽，1996)。

由上可知，「專題導向式學習」以沒有標準答案的半結構性或非結構性問題融入真實生活的情境為引導，解決的方法可能不只一種，是屬於較高思考層次的學習。強調教師的角色從知識的傳遞者改變為引導者，提供一個適合學生學習的問題情境，並適時地協調引導。而學生在合作式的情境下，必須主動積極地進行資料蒐集、探索思考、解決問題，並在問題遇到瓶頸不能解決時，和小組成員同心協力、互助合作，透過溝通、討論、分享尋求問題的解決，並從解決問題的過程中達到最佳的學習效果。

三、實施合作解題須注意之事項

雖然大部分的研究對於合作學習的成效均持正面的看法，但不當使用時也可能產生一些困難。葉明達(1998)的研究結果指出除了情意因素中的「獲得鼓勵」、「退縮」及「防衛」外，其他像「誤解、欠缺協同工作技能、彼此的貢獻不清、不對等的地位、小組成員搭配不當」等因素亦會影響合作解題的成敗。

傅明俐(2000)引述：Johnson & Johnson (1994 a,b)指出，在有些情況下，小組可以運作地有效，但是在某些情況下則不然。此乃由於小組成熟度不夠、沒有要求小組成員做出批判性的回答、游手好閒／閒散、搭便車、當成員們察覺到不公平時，亦即是組員中有人搭便車的情形會使在工作的成員喪失學習、工作的動機、團體判斷、缺乏充分的異質性、缺乏協同工作的技能、不適當的分組。

因此，進行合作情境下教學的師生均應先熟練人際互動的技巧，以免構成學習的障礙。張靜譽(1995)指出要讓小組合作解題發揮功效，應先讓小組成員建立以下的觀念：1.每位組員的參與是合作解題成功的必要條件；2.解題工作，人人有責，人人有份；3.耐心為組員解釋問題或解答；4.仔細聆聽組員的解說，了解組員的解釋與說明；5.對於彼此不一致的想法、解答，努力達成共識。

參、研究方法與步驟

本研究主要是探討個案學生在專題導向活動時的合作解題歷程，茲將研究設計與實施步驟、研究對象、研究者的角色、研究工具、資料分析，分述如下：

一、研究設計與實施步驟

由第一研究者配合學校校內科學展覽比賽，在比賽的誘因下，由教師提供一問題情境，口述「美伊戰爭」相關時事問題—「前陣子在新聞上看到美國要消滅海珊政權，根據情報對海珊藏匿地點進行轟炸，但巡弋飛彈造價昂貴且轟炸範圍有限，加上海珊藏匿地點範圍遼闊，如何用最少的巡弋飛彈能將其藏匿地點的所有範圍完全轟炸，且沒有遺漏？」，希望藉由情境引導個案學生共同討論出研究專題。在合作討論解決問題的過程中，藉由「專題導向式研究日誌」、「專題導向活動時的合作解題成長日誌」、「專題研究書面報告」、「專題研究口頭報告」等歷程。由於在該小組進行研究前，選取之專題其結果未知，且專題導向活動的解題歷程較一般性解題活動歷程困難複雜，加上學生解題歷程的行為極為複雜，每位解題者的心智結構幾乎不相同，因此從事分析學生合作解題行為的研究時，並不容易完全利用標準化的測驗來探究解題者思考及其內在心理歷程，故本研究透過個案處理的方式，在專題導向活動進行下，利用研究日誌記錄個人思考及解題歷程，再以「放聲思考法」輔以「晤談」及「問卷調查」，對解題者的解題原案進行分析。

本研究所蒐集的多為質性資料，實施步驟為：一、蒐集文獻資料，二、選取對數學專題研究有興趣之樣本及設計選取樣本之研究專題，三、確定研究對象，四、選取研究專題，五、進行專題導向時合作解題活動相關訓練及放聲思考訓練，六、進行專題導向時合作解題活動，七、蒐集資料，八、資料分析與解釋，九、撰寫研究報告。而個案學生事前先行相關訓練，再正式進行專題導向式合作解題活動。另外，根據陳淑娟、劉祥通（2001）所提兒童數學討論活動之可行方案再配合實際的情形，教師在學生合作解題時適時地介入，其模式有：1.提問、2.引導、3.回應、4.解釋、5.鼓勵、6.協助困難等。

二、研究者的角色及研究對象的選取

本研究採「個案研究法」以探討國中學生在專題導向活動中解題策略之使用情形；由於本研究以「結果未知之專題」為主軸，研究對象的選取考慮國一學生數學基礎解題能力略顯不足，程度有待加強提升；加上國三學生面臨升學考試，雖數學能力已較完備成熟，但因本研究歷時較久，在不影響學生學業的考量下，故選擇國二學生為研究對象。故本研究由東南國中（假名）二年級數學老師推薦任課班上對數學專題研究有興趣、口語表達能力佳的同學數名，說明研究目的後，採取自願參加的原則，並試探以確定研究對象，計兩位男生兩位女生共四名，分別將其編碼為 B1、B2、G1、G2。四位個案學生國中一年級的數學成績在班上

排名均在前 20%，故具較高的數學能力。

而在本研究中，研究群乃扮演下列角色（一）研究者：進行研究。（二）觀察者：教室錄影、錄音，觀察個案合作解題時的狀況並蒐集解題的相關資料。（三）專題研究情境設計者：蒐集專題研究相關資料、設計適當的情境引導個案。（四）輔助者：專題導向式合作解題活動過程中，個案學生為主導的角色，研究者在個案遇到瓶頸或困難時，適時提問、給予一些建議或幫助，但不直接參與學生研究。（五）資料分析者：為達資料之詮釋無誤，特與一數學教學學者和數學家合作。

三、研究工具

本研究採個案處理的方式，配合研究日誌、非同步放聲思考、晤談及問卷調查來進行，所使用的工具有以下幾種：一、研究專題；二、半結構性個別背景晤談大綱；三、問卷分：專題導向式合作解題活動經驗個人調查問卷及專題導向式合作解題經驗後個人感受問卷；四、記錄放聲思考之器材：一部錄影機及錄音機。

其中本研究選取之專題乃參考國中數學課本、高國中數學相關書籍及歷屆科展得獎作品選集，或是數學解題相關文獻等，而問卷及背景晤談大綱參考葉明達（1998）之研究相關資料，及根據實際討論活動，內容特別針對歷程的四個階段，三者除了與三位指導獨立研究有相當經驗之國中數學教師討論，最後經兩位教授批閱修改而成，以作為個案分析的參考，因此具專家效度及內容效度。

肆、研究結果

本研究採用質性研究法分析資料，在分析資料的同時，運用三角校正法中的「方法三角校正」校正事例的確實性。研究者將所有資料整理後，依照時間順序排列同時進行編碼工作。資料包括：專題研究學習日誌（編碼如：1999.1.21 學習日誌）、專題導向活動時的合作解題成長日誌（編碼如：1999.1.21 成長日誌）、書面報告（編碼如：1999.1.21 報告）、放聲思考及晤談的轉錄資料（編碼如：1999.1.21 轉錄）、半結構性個別背景晤談大綱、專題導向式合作解題經驗後個人感受問卷等，編碼完後，再進行資料分析、統整與歸納。由收集的資料分析個案學生在各個階段中互動的風貌、問題解決的歷程及影響合作解題的因素。

一、實施「專題導向式合作解題」的互動情形

本研究乃參考 Musthafa（1997）專題導向的學習環模式、王上林等（1996）以問題為中心之學習活動的對談模式，再依據整個實際情形將本研究歷程分成：（一）在情境引導，確定主題的過程；（二）尋找器材及研究工具的過程；（三）研究過程及關鍵突破；（四）成果發表的歷程等四個階段，依序探討。另外，參考 Polya（1957）提出之數學解題歷程啟發法、Kilpatrick（1968）修訂之數學解題歷程檢核表、Schoenfeld（1985）所提出之解題階段與相關問題表及陳彥廷、姚如芬（2001）解題歷程階段區分表來製作專題導向式合作解題歷程階段區分表；並佐以

Webb(1975) 的特殊解題策略、Cyert(1980) 解題的啓發策略及 Schoenfeld(1985)及劉貞宜(2001)常用之解題策略等來探討國二學生進行專題導向式合作解題活動之題解策略的使用情形。將個案學生進行「專題導向式合作解題」的歷程時呈現的口語紀錄或訪談的資料，結果分析如下：

二、各階段的情形

在「情境引導，確定主題的過程」這個階段發現雖然課本中常出現生活化的舉例，但個案學生對於「時事新聞與數學專題能夠做連結」，「從日常生活中尋找題材」這件事心存懷疑。儘管如此，在參加校內科展的動機驅使下，經教師鼓勵後，願意針對專題引導情境再重新觀察思考，從敘述的引導情境中尋找可能形成問題的條件。在他們各自思索後，G1 經思索後找到可能形成問題的條件，此時教師並不直接表示意見，反而希望其他人表示看法。因此嘗試將情境中的條件轉譯成圖形訊息。經討論探索找到的問題條件後，重新歸納整理出待研究的專題—「如何用『最少』個單位圓去完全蓋住半徑為 n 單位(其中 n 為正整數)的圓？」。

1. T：前陣子…(口述研究專題之相關時事問題)

2. G2：(提問)老師，我們不是要做數學方面的專題研究嗎？這和數學有什麼關係嗎？

3. B2：對呀？！（表示懷疑）

(2003.10.22 轉錄)

T：為什麼你們會懷疑這就是你們所要研究的題目？數學課本中常舉的例子不也多和生活中的情境有關？

G2：對呀！（思考了一下）我想我會懷疑的原因，應該是平常不會從這方面（指生活中尋找題材）去注意吧？

B2：反正我就是覺得怪怪的。太困難了。

(2003.11.20 訪談)

16. B1：老師，你可以再給一點點提示嗎？

17. T：好吧，如果飛彈爆炸的話，是什麼形狀？（提示）

18. B1：是放射狀。

19. B1：喔！是不是跟圓有關？

……

24. G1：你怎麼知道「飛彈」就是這樣（指呈圓形放射狀）爆炸？

25. B1：(思考了一下)我是這樣想的啦，如果不考慮其他外在的因素，像：空氣阻力啦… 嗯與地面的磨擦阻力啦…，那麼飛彈的落點就相當於圓心，那麼飛彈爆炸的範圍呈放射狀擴散，這樣的形狀是不是就相當於「圓」啊？（一邊再用手畫圖表示，一邊注視其他人，希望獲得肯定）

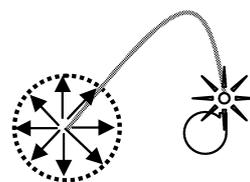
……

29. G2：也就是說問題的在於「如何用最少的圓『轟炸』海珊的藏匿地點囉？（口氣與表情還是有一點點懷疑的樣子）

30. G1：可是海珊的藏匿地點要怎麼表示？（此時 G1、G2 慢慢進入討論狀況）

31. 所有人（陷入沉思）

32. B1：從老師給我們看的資料，我不知道這樣想對不對？我是想說把伊拉克地圖當作是



一個不規則的地圖，錯！不規則的平面圖形，海珊躲在伊拉克裡面，如果…(一邊思考一邊停頓一邊說)能夠轟炸「整個圖形」，這樣會不會太困難了？

(2003.10.22 轉錄)

61. G2: 我昨天是有想啦！可是，我覺得怪怪的！（拿出專題研究日誌，此時大家靠過來）我隨便畫一個不規則的圖形，想要用「圓」去蓋住它（指不規則的圖形）。

62. G2: (繼續說) 可是，如果圓比較大，一下子就蓋住了。如果圓比較小，就要很多才能蓋住。那這樣不是很奇怪嗎？（指研究題目如果是這樣，似乎沒有一個研究的標準，愛怎麼做就怎麼做）

63. G1: 我做了之後也是這樣耶！除此之外，結果也會因為不規則圖形的形狀和大小而改變？

.....

81. T : 所以說囉！你們昨天訂定的題目：「怎麼樣用圓去蓋住不規則圖形？」牽涉到幾個問題？你們想到了嗎？（希望他們再想想看）

82. G2: 是不是「圓的大小、不規則圖形的形狀及大小」應該先規定清楚？

83. T : 嗯！那你們一項一項討論，那圓的大小要多大？

84. G1: 我們也不知道飛彈爆炸半徑多大，而且每個飛彈又不一定相同。

85. B1: 反正是假設理想的情況，就假設每一個飛彈爆炸的半徑都一樣大，比較大的問題是飛彈爆炸半徑的大小是多大。

.....

89. B1: 喔！（恍然大悟）所以我們可以將飛彈爆炸半徑假設為1單位，反正那個單位可以視需要而改變，所以說飛彈爆炸範圍就是單位圓囉！

90. G1: 哇塞！真棒！（突然間的解決，讓大家呈現興奮狀態，且討論情形變熱烈）所以不規則圖形的形狀及大小也可以規定！怎麼規定好？我想想！

91. G2: 我們可以把不規則圖形也一起規定成圓形嗎？（看著老師）

.....

107. G1: 所以現在我們要研究的主題是什麼？（已自動會想再重新整理一下）

.....

115. T : (提示) 那你們有沒有想過「去蓋住」是怎麼個蓋法？（所有人露出疑惑）也就是所謂「蓋住」是「蓋住」多少？

116. G1: 當然是全部蓋住囉！

117. B1: 所以我們的題目應該在修正為「如何用單位圓去『完全』蓋住半徑為n單位（其中n為正整數）的圓？」

118. 其他人: 嗯！

119. T : (再提醒) 可是，用很多很多個單位圓一定可以『完全』蓋住半徑為n單位（其中n為正整數）的圓啊！這樣是不是太沒有效率了？

120. B1: 的確是太沒有效率了，所以就是要用最少的圓囉！

121. G1: 所以嚴格的說，就是「如何用『最少』個單位圓去完全蓋住半徑為n單位（其中n為正整數）的圓」？

(2003.10.23 轉錄)

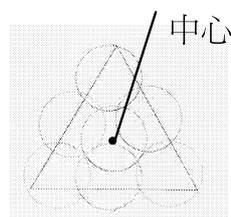
在「尋找器材及研究工具」這個階段，發現個案學生嘗試使用圓規、紙張實

際剪小圓、投影片剪小圓直接做圓的覆蓋…等方法均失敗。無法直接做圓覆蓋，因此變化表徵將圓視為無限正多邊形，並簡化圖形進行正多邊形的圓覆蓋研究。遇到邊數除不盡的正多邊形時，不管是利用圓與正多邊形角度的關係用近似作圖法，或是傳統尺規作圖都會很麻煩，在 B1 提議下決定使用專業繪圖軟體 AutoCAD 作正多邊形底圖。

在「研究歷程及關鍵突破」這個階段，個案學生 G1 及 B1 分別提出「中心開始覆蓋法」及「邊緣開始覆蓋法」，就是不作任何切割，從三角形的「中心往邊緣」或「邊緣往中心」做圓覆蓋，經討論後發現都是不恰當的做法 B2 提出先將正三角形分割成一單位的小正三角形，每一個小正三角形恰能被一單位圓覆蓋，然後外而內每一個小正三角形用單位圓蓋，再扣除重複的小圓數。在研究覆蓋正四邊形時，出現不一樣的做法，其中多數是仿照之前正三角形的做法—先分成一單位的小正方形，再以單位圓覆蓋；另一則是因為想試試看是否有其他做法，發現利用角平分線與正方形的交點找出圓心，亦可得到一樣的結果，驚奇地了解原來這就是所謂「一題多解」的原理。

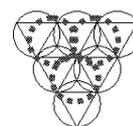
……

310. G1：好吧？！就是在…在…在這個地方（從中心開始，再從約距中心 2 單位的地方）畫圓，就這樣畫畫畫就是三個圓了。【中心開始覆蓋法】



311. B2：哇！你們說的好難懂喔
(2003. 11. 3 轉錄)

335. B1：對呀對呀然後就是往…從…從三個地方（指三角形的三個頂點）…往裡面走！

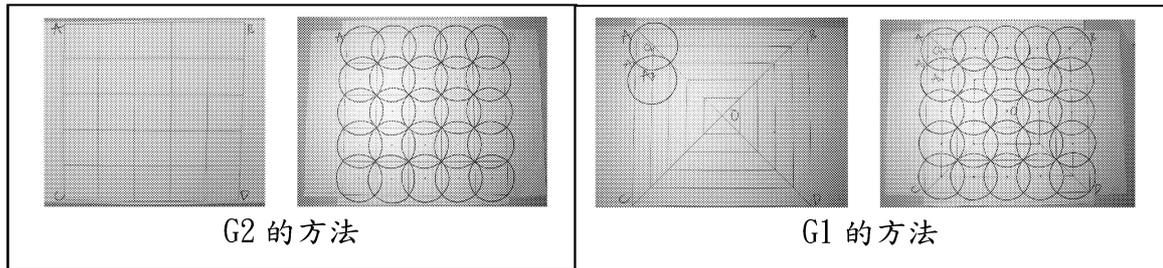


336. B2：我是先把它分割，分成很多個一單位的小正三角形，然後就是三角形一個中，有幾個（指小正三角形）會被多出來的蓋掉。
(2004. 11. 3 轉錄)

470. G2：我…我回去研究了（比較敢說話了），就是從中心到頂點…為 1 單位的正方形，它需要半徑 1 單位的圓 1 個…（停頓了一下）半徑 2 單位的需要 4 個圓，半徑 3 單位的需要 9 個圓…（停頓了一下）半徑 4 單位的需要 16 個圓…所以如果是…半徑 n 單位的應該需要 n^2 個圓。

……

484. G1：其實我的方法…其實和 G2 差不多啦，對呀！那就是…對呀…就是和 G2 差不多，只是我一開始畫那個四邊形的時候，那個 G2 是找 2 個直徑，那我不是。我是隨便找 2 個直徑啊…就…畫…就在這個上面…然後當作是圓心，然後把圓的交點上畫出正方形的角平分線，可以找到中心，也可以把四邊形畫出來，就這樣子…



BI：喔…所以你們兩個畫的方法都不太一樣…

(2004. 11. 6 轉錄)

在覆蓋正五邊形時，因無法分割成小正五邊形，再進行覆蓋，故先分割成等腰三角形，再進行覆蓋，而正六、七、八、九邊形則仿照正五邊形的方法，得到公式並推論至無限正多邊形，也就是圓，但失敗；因此在進行研究，將圓先做正六邊形分割再進行覆蓋，但仍只有特殊情形。此時礙於時間限制先停止，轉而撰寫報告。個案學生的討論除了教師不在場時有失控的現象外，發現其合作解題討論歷程有「由自己在家先研究再討論的情形」轉為「可以一邊討論一邊研究的情形」。

在「成果發表」的階段分成書面報告和口語報告兩方面來討論。在書面報告部分，個案學生在教師引導下，將進行專題導向式合作解題時的專題導向研究日誌、及合作解題討論後之結果記錄加以歸納整理，並根據東南國中校內科展辦法，及參考第四十四屆全國科學展覽會作品說明書內文規格，分成研究動機、研究目的、研究器材及解釋名詞、研究過程、研究結果、參考資料，經討論決定工作分配，分工利用電腦打字撰寫成校內科展作品說明書。

而在「口語報告」這個階段由於校內科展評審時需學生到場說明，此時學生不同於先前的三個討論階段，會主動共同討論計劃口語報告，並安排練習時間表此時學生是完全主控者，自導自演，教師只是學生劇本中所安排的一個角色—評審。

三、 專題導向式合作解題歷程階段

研究者依據實際情形，參考葉明達（1998）合作解題路線圖，還有陳彥廷、姚如芬（2001）的合作解題之分析架構合作解題及主導路線圖進行分析，發現專題導向式合作解題活動經歷「引導」、「閱讀題目」、「問題分析與探索」、「計劃」、「執行計畫」、「驗證解答」、「轉移」等七個解題歷程階段，並成功地轉換。

這個部分主要是針對國二學生實施專題導向式合作解題時口語討論的歷程進行檢視分析：「合作解題歷程階段」乃研究者依據學生合作解題歷程原案，配合作解題歷程階段區分表，按照時間先後次序歸類整理；再者，「專題導向式合作解題主導路線圖」乃是研究者根據個案學生及教師在合作解題歷程中所展現的主導特性劃分，「實線」所代表的是明顯參與及主導，「半實線半虛線」所代表的是非主導或不明顯參與，「虛線」所代表的是沒有參與及旁觀監控的角色。

從整個「合作解題歷程階段」及「專題導向式合作解題主導路線圖」可以得知：

- (一) 從整個合作解題主導路線圖，可以發現在討論溝通的過程中，有某些階段主要是由四位個案學生中的其中兩位學生主導，其他個案則是跟隨該主導的解題路徑進行，但扮演主導角色的並不是特定的個案學生。由此可知，參與專題導向式合作解題的四位個案學生均積極參與並提供自己的想法，而幾乎沒有出現遊手好閒或搭便車的情況；經晤談後得知，原因乃四人均表示希望校內科展比賽獲得好成績，因此為「完成專題研究」此一目標共同努力，不分彼此。
- (二) 從合作解題主導路線圖中可以看出 B1、B2、G1、G2 多為實線及半實線半虛線，顯示個案學生在整個解題歷程中絕大部分都積極參與解題活動。但在諸多階段出現多數虛線的情形，經原案分析探究之，乃教師因臨時有事無法在場，個案學生因進度落後仍堅持繼續進行討論，但效果不彰，整個幾乎呈現離題甚至聊天的情況。
- (三) 從整個主導路線圖中，B2 居於主導角色的頻率明顯較其他個案學生少。問卷資料卻顯示其他人一致肯定 B2 檢查驗證的能力，經晤談後得知是因為 B2 平常思考時就考慮較多且較謹慎，加上本身說話的速度較慢，故說話討論的速度大多跟不上其他個案學生，因此大多居於靜靜動筆檢查、聆聽的角色，但真的有問題時，仍會表達自己的意見。
- (四) 從合作解題主導路線圖及原案分析可知，在確定專題條件的時期與剛開始尋找研究工具及器材時，由 B1 居領導者的角色。問卷資料顯示其他人亦一致肯定 B1 電腦資訊方面的能力，從背景晤談得知由於 B1 的父親在國防部中山科學研究院任職，故對於問題情境引導的戰爭題材很容易就能進入狀況，找出適當的條件。但可能是因男女生喜好不同，G1、G2 兩人不喜歡打鬥戰爭的題材，平日鮮少注意關於這方面的消息，G1、G2 在這方面的能力就明顯偏弱，只能跟著 B1 的解題路徑走，至於 B2 還能提出一點自己的意見。然而從原案分析及問卷資料可知，聯結條件、進而形成專題的能力卻是一致肯定 G1、G2 較強。

T：你認為遇到『圓規與量角器配合無法畫出正七邊形』的困難時，誰比較會想到新的點子？這突顯了他哪一方面的優點？

B1：我自己（這樣好像有點臭屁），電腦方面還滿強的。

B2：B1

G1：B1、用電腦程式！他超會用電腦的說！

G2：B1，我覺得他電腦方面滿強的

T：你認為誰比較能從情境引導中思考，進而想出研究主題？這突顯了他哪一方面的優點？

B1：G2，我覺得她的數學能力很強，可能受她爸爸的影響

B2：G1，有獨立思考的能力

G1：G2，思考能力超強＋多方面思考

G2：G1，思考能力強

(五) 由於無論在哪一個階段，能夠解題與否，G1、G2 都能夠盡量提供自己的想法與意見，故雖然無法從主導路線圖看出 G1、G2 是否主導的情形，經原案分析及問卷資料顯示，G1、G2 積極參與的程度以及數學能力都是獲得認同的。

T：你認為在「一開始觀察、嘗試錯誤尋找最少單位圓完全覆蓋正三角形之方法」的過程中，誰比較會檢查解題步驟的可行性？

B1、B2：G1

G1：G2

G2：G1，我覺得她觀察滿仔細的。

T：你認為「利用最少單位圓覆蓋正五邊形」的研究過程中，誰比較會檢查解題步驟的可行性？

B1、B2、G1：G2

G2：B2

T：你認為在「利用最少單位圓覆蓋圓形」的研究過程中，誰比較會檢查解題步驟的可行性？

B1、B2、G2：G1。

G1：G2。

(六) 從合作解題主導路線圖中可以看出 T 多為虛線，只有少部分為實線及半實線半虛線，顯示教師 (T) 在整個解題歷程中除了一開始問題情境引導、個案學生提出尋求協助外，其他階段並不直接參與該專題研究，完全是扮演一個輔助者的角色。其中剛進入研究歷程階段時，個案學生尚不清楚解題過程及結果的正確性，有呈現混亂的情形，因而頻頻求助，故在教師 T 有參與較多的情形，但之後也就是研究歷程的中後時期，發現教師參與的情形明顯減少，配合原案資料可知，主因是個案學生已較了解整個解題的節奏，解題經過較一開始流暢順利，求助的情形也跟著減少了。

(七) 依據合作解題歷程階段資料顯示，在整個專題導向式合作解題的階段前期，也就是確定專題條件的時期與剛開始尋找研究工具及器材時，因尚在摸索，階段歷程偏重在「問題探索與分析」階段，中間再穿插「讀題」、「引導」、「計畫」等階段。另外進入研究歷程及關鍵突破時期，則偏重在「執行」及「驗證」、「轉移」等階段，再穿插「計劃」、「問題探索與分析」等階段。

(八) 由於「專題」較一般非例行性問題複雜許多，需要教師或其他夥伴適時地協助與鼓勵，且解題所需的時間也較一般解題長久，依據合作解題歷程階段資料顯示，個案學生在專題導向式合作解題時，經歷了「引導」、「閱讀題目」、「問題分析與探索」、「計劃」、「執行計畫」、「驗證解

答」、「轉移」等七個階段，並且成功地在七個階段中轉換。透過溝通分享的過程，想法可以重新被定義、導正、討論、反省、發展、辯証，進而主動建構知識。

- (九) 本專題研究為配合校內科展比賽之時間，個案學生經討論後決定先將作品說明書及口語發表的部分準備完成，日後再繼續進行解決尚未有結論的部分。依據資料顯示，在整個合作解題歷程最後停留在「執行」的階段後，來不及進行「驗證」，便轉而進行成果發表的部分。

四、影響專題導向式合作解題的因素

從研究結果中發現影響專題導向式合作解題的因素有：(一) **退縮與放棄**：「專題研究」較一般非例行性問題更為複雜難解，當無法像平常一樣迅速解題時，往往過程中的挫折、失敗影響自信心，導致引發退縮、甚至放棄的反應。(二) **指責與抱怨**：過程中因合作討論遲遲沒有結果，在情緒不耐煩時，將氣出在另一夥伴身上，造成氣氛僵化。(三) **鼓勵與引導**：在解題無法繼續進行時，會轉而向教師求助、提示。另外，夥伴同儕適時的鼓勵，亦能在退縮或瀕臨放棄的邊緣，為「繼續解題」注入一劑強心針。(四) **清晰的表達**：「溝通」是一種分享及促進想法清楚的方法，然而當個案學生無法清晰表達自己的想法時，往往導致合作解題的過程停滯不前。因此盡量將自己的想法說出來、表達清楚在專題導向式合作解題的過程是很重要的條件。(五) **日誌的撰寫**：個案學生雖然覺得要利用額外的時間進行寫作會造成負擔，但卻一致肯定日誌的撰寫不但可以將個人在家思考的過程紀錄下來，且有助於專題導向式合作解題的進行，對於書面報告的整理皆有相當的助益。(六) **問題情境的選擇**：「生活化、不艱澀的問題情境」都有助於專題的形成。(七) **理想夥伴的組合**：個案學生認為能夠溝通、將想法清楚表達、互相幫助、能力互補、能力強是理想的專題導向式合作解題方式應該要具備的條件，至於合作時所需的人數以四人為最佳。(八) **其他因素**：其他外在因素如學校其他活動如音樂比賽、課外輔導、考試等會影響個案學生繼續進行專題導向式合作解題的心情及進度。「家長的支持」在整個歷程也相當重要。

專題導向式合作解題是團體的活動，研究者就觀察到的現象，經原案分析與晤談探究之，將影響專題導向式合作解題的因素，加以敘述如下：

(一) 退縮與放棄

由於「專題研究」較一般非例行性問題更為複雜難解，個案學生不見得能像平常一樣利用數學概念、知識、公式迅速解題，因此往往過程中的挫折、失敗會導致對自信心的影響，會引發退縮、甚至放棄的反應。如項目 137-140、177-178...等。另外，個案學生(G2)原本內向害羞的個性，亦會導致退縮、停滯不前的反應，如項目 269-279。

137. G1：我昨天也是這樣，你們會不會覺得這樣一個一個畫根本很亂，這樣一定很難找到規律性。

138. G2：嗯！（B1、B2 表贊成）

139. G2：(提出疑問) 老師，難道真的沒有別種好一點的方法嗎？
140. B1：對呀！我覺得好複雜喔！（一臉沮喪）乾脆放棄好了。
(2003.10.24 轉錄)
177. B1：老師，這好難喔！這不能做啦！
178. B2：老師，這好難喔！這不能做啦！
(2003.10.24 轉錄)
210. G2：(聳聳肩，表示也不知道該怎麼辦才好？)
211. G1：怎麼辦？以為昨天已經解決了，沒想到今天馬上就遇到困難，真糟！
212. B1：反正這也不是頭一次遇到困難！（有點沮喪）
213. G1：不行！不行！老師有說過不能放棄！
214. B1：對！不能放棄！我們再想想好了！
(2003.10.27 轉錄)
269. B1：那我們先從 G1 開始好了。
270. G2：(表情羞澀，小聲的說) 不要啦！我不要先說！
271. G1：沒關係啦！
272. G2：我不要啦！（表情羞澀）
273. B1：為什麼不要！你沒做嗎？
274. G2：不是…，我不要先說啦！
275. T：你之前不是說的很好嗎？(鼓勵) 將來發表的時候也有機會要先開口說話，我覺得你要練習，真的！
276. G2：講什麼？！怎麼說啊？！
277. B1：你想到的內容，或是你畫三角形有什麼結果？
278. T：嗯(表示對 B1 的接話內容贊同)
279. G2：就是…(還是羞澀小聲)…一個三角形，一個圓，圓裡面要一個三角形…(有點語無倫次)…我可以重講嗎？
(2003.11.3 轉錄)

(二) 指責抱怨

根據原案資料顯示，個案學生 B1 儘管自己沒有作好回家該完成的作業，仍會五十步笑百步地指責另一個沒完成的夥伴。另外，B1 曾因合作討論遲遲沒有結果，在情緒不耐煩時，將氣出在另一較不常說話表達的夥伴 B2 身上，造成氣氛僵化，如：項目 55-60。所幸 B2 的個性對於別人的指責較少條筋，儘管提出的意見被反對，仍會盡量表達(雖然頻率較少、速度較慢)，故未造成嚴重不合。

55. G1：ㄟ！你們回去有想了嗎？(看著其他人)
56. B2：啊？我沒有耶(有點不好意思)！因為…我不大清楚我們到底要研究什麼？
57. B1：拜託！你很混ㄟ！
58. G1：那你(指 B1)有想了嗎？
59. B1：因為今天要考很多科，所以…
60. G1：所以…你也沒想？！(B1 不好意思的點點頭) 那你也一樣混，還說別人！
(2003.10.23 轉錄)

.....

238. B1：難道不能短一點嗎？這樣講好麻煩喔！
239. （所有人想了一下）
240. B2：好像這樣是比較清楚的，如果不這樣，好像不清楚！
241. B1：你終於說話了喔？
242. B2：我剛剛就有講了，只不過是比較少而已。
243. G1：你們兩個可以不要吵了嗎？
244. B1、B2：喔！
- （2003.10.27 轉錄）
- 問：你認為夥伴在合作時會想到什麼訊息卻不說出來嗎？
- B1：會吧！但是 B2 常常都不敢說，因為怕會被反對。
- B2：會呀，不過我每次都有說，但都被反對(我有說！)

(三) 鼓勵引導

當專題導向式合作解題一再嘗試卻不如預期中的結果時，若採取逃避的態度，最後往往導致解題的失敗。根據原案分析及問卷資料顯示，整個專題導向式合作解題的過程，個案學生往往在解題無法繼續進行時，會轉而向教師求助、提示，如項目 177-181...等。

另外，從轉錄資料中可知，教師因臨時有事無法在場進行錄音錄影，但個案學生因 11 月中旬至 12 月初音樂比賽及月考，專題研究進度嚴重落後，故堅持要討論，並自行錄音錄影，但效果不彰，整個幾乎呈現離題甚至聊天的情況。經晤談後學生表示雖然進度落後才堅持要進行討論，但因教師不在場，無法自律地聊起天來。

發現教師雖然是一個輔助者的角色，在個案求助時才適時引導、鼓勵，但在整個專題導向式合作解題的過程中仍是一個舉足輕重、不可或缺的角色。還有，夥伴同儕適時的鼓勵，也能在退縮或瀕臨放棄的邊緣，為「繼續解題」注入一劑強心針。如項目 213-214、279-281...等。

177. B1：老師，這好難喔！這不能做啦！
178. B2：老師，這好難喔！這不能做啦！
179. T：進行研究難免會遇到一些困難，像以前你們學長學姊做研究，也是這樣過來的，難道你們要輕易放棄！（以過去學長姐的經驗建構）
180. G1：那老師你可不可以再給我們一些建議？
181. T：也許直接做比較複雜，解決數學問題的方法之一，可以嘗試將數學問題化繁為簡，也就是將一些問題簡化試試看！你們要不要再想一想？！（過了 1、2 分鐘，沉默）
- （2003.10.24 轉錄）
177. G1：不行！不行！老師有說過不能放棄！
214. B1：對！不能放棄！我們再想想好了！
- （2003.10.27 轉錄）
279. G2：就是...（還是羞澀小聲）...一個三角形，一個圓，圓裡面要一個三角形...（有

點語無倫次) …我可以重講嗎?

280. G1: 沒關係! 你慢慢說 (已經學會包容與鼓勵)

281. B1: 對呀! 對呀!

(2003. 11. 3 轉錄)

問: 在這次數學專題研究合作解題歷程中, 你覺得下次再做專題時希望老師給你哪些援助? 為什麼?

B1: 我覺得既然是做研究就盡量靠自己做, 老師只要在我們做不下去的時後, 給我們提示及幫助就可以了。

B2: 能提供的越多越好!

G1: 參考資料吧?! 還有比較高深的數學能力。

G2: 多提供一些方向及參考資料、最重要的是在我們做不下去的時候提示幫助我們…

(四) 清晰表達

「溝通」是一種分享及促進想法清楚的方法, 然而當個案學生無法清晰表達自己的想法時, 往往導致合作解題的過程停滯不前。如項目 300-308、470-471…等。根據問卷資料顯示, 盡量將自己的想法說出來、表達清楚在專題導向式合作解題的過程是很重要的條件。

300. G2: 我就是這樣畫的, 這樣懂了嗎? (對 B1、B2 說)

301. B2: 還是有點不懂

302. G1: 你 (指 G2) 說一個圓的時候是這樣畫一個嗎? 唉, 重說, 就是中間 (指中心至頂點 2 單位正三角形的正中心) 先畫一個單位圓嗎?

303. G2: 嗯

304. B1: 然後勒, 接下來你是以哪裡為圓心? (看著日誌的圖)

305. B2: 好像滿怪的, 搞不太懂。

306. G2: 就是兩個單位在兩個單位的地方, 然後就… (聲音模糊混亂中) 當作圓心。

307. T: 你們可以慢慢說, 把它講清楚!

308. G2: 可是很難講耶。

(2003. 11. 3 轉錄)

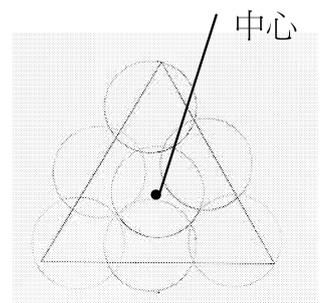
470. G2: 我…我回去研究了 (比較敢說話了), 就是從中心到頂點…為 1 單位的正方形, 它需要半徑 1 單位的圓 1 個… (停頓了一下) 半徑 2 單位的需要 4 個圓, 半徑 3 單位的需要 9 個圓… (停頓了一下) 半徑 4 單位的需要 16 個圓…所以如果是…半徑 n 單位的應該需要 n^2 個圓。

471. B1: 我聽不太懂耶…可不可解釋一下為什麼?

(2003. 11. 6 轉錄)

問: 經歷這次的專題導向式合作解題, 你覺得要和你搭配的好, 專題導向式合作解題的夥伴最好具備什麼條件? 為什麼? 如果要搭配的好, 在解題的過程, 彼此要如何配合? (什麼是該注意的?)

G2: 我覺得能夠盡量將自己的想法表達出來, 表達清楚最重要。



(五) 日誌撰寫

爲了能將個案學生在家解題的過程及合作解題後的結果完整紀錄，因此教師要求學生確實撰寫專題導向式研究日誌及專題導向活動時的合作解題成長日誌，根據原案分析及問卷資料顯示，個案學生雖然覺得要利用額外的時間進行寫作會造成負擔，但卻一致肯定日誌的撰寫不但可以將個人在家思考的過程紀錄下來，且有助於專題導向式合作解題的進行，對於書面報告的整理皆有相當的助益。如項目 61-62、133-136、294-295…等

61. G2：我昨天是有想啦！可是，我覺得怪怪的！（拿出專題導向式研究日誌，此時大家靠過來）我隨便畫一個不規則的圖形，想要用「圓」去蓋住它（指不規則的圖形）。

62. G2：（繼續說）可是，如果圓比較大，一下子就蓋住了。如果圓比較小，就要很多才能蓋住。那這樣不是很奇怪嗎？【指研究題目如果是這樣，似乎沒有一個研究的標準，愛怎麼做就怎麼做】

（2003.10.23 轉錄）

133. G1：ㄟ！你們回去有想了嗎？（看著其他人）

134. B2：我回去有用圓規畫，可是沒有什麼結果。（拿出專題導向式研究日誌）

135. B1：我也覺得很難ㄟ！

136. G2：我畫的是這樣（指著日誌上的圖形），半徑是1的圓當然最少只要一個單位圓就可以完全蓋住。但是2單位（指半徑）以上，我只試了2單位、3單位但是好像都沒有固定的方式（指蓋住大圓）

（2003.10.24 轉錄）

294. T：你們其他人是怎麼畫的，可不可以跟大家分享一下…

295. G1：我昨天畫在紙上，可是那張紙不見了…

（2003.11.3 轉錄）

問：在這次專題導向式合作解題的過程中，你覺得撰寫專題導向式研究日誌是否對你有幫助？還是負擔？

B1：有幫助，也有負擔，要利用額外的時間做研究。

B2：有幫助，也有負擔，覺得有些東西很難寫。

G1：滿有幫助的~免的把想到的東東忘了

G2：有幫助，可以把自己思考的過程紀錄下來，才不會忘記

問：在這次專題導向式合作解題的過程中，你覺得撰寫「專題導向活動時的合作解題成長日誌」是否對你有幫助？還是負擔？

B1：有時候如果沒有馬上寫，討論後得到的結果會忘記，之後就很難寫了。

B2：有幫助，也有負擔，假日要再出來討論，討論後還要寫東西，花很多時間。

G1：有幫助，可以將討論的結果記下來免得忘記

G2：滿有幫助的，本來平常在紀錄的時候，覺得很花時間。但之後撰寫報告時，很多資料都用到討論的結果，如果當時沒記下來，一定會忘記。

(六) 其他因素

發現其他外在因素例如：學校其他活動如音樂比賽、課外輔導、考試等會影

響個案學生繼續進行專題導向式合作解題的心情及進度；「家長的支持」也很重要。如項目 43-44、項目 58-60...等。

43. G1：(看了一下手錶，說)，老師，我們 5 點有事【指要去補習】，現在只剩下大概 5 分鐘，那我們要繼續嗎？還是…(注視教師，希望獲得回應)

44. B1：(不等老師回答)老師，我們反正已經知道要研究什麼了！乾脆就到這裡結束好了。

(2003.10.22 轉錄)

58. G1：那你(指 B1)有想了嗎？

59. B1：因為今天要考很多科，所以…

60. G1：所以…你也沒想？！(B1 不好意思的點點頭)……

(2003.10.23 轉錄)

問：你們最近都沒空討論嗎？

G1：嗯！…因為 11 月中旬過後就是對外的音樂比賽，除了 B1，其他三人都是音樂社團早自修、中午、放學後都需集訓，加上假日也陸續有私事，沒有時間討論，故我們決定各自回去做好正六、七、八邊形的部分等有空再討論。可以嗎？

158.G1：嗯！這樣比較好，但是我們現在沒有投影片怎麼辦？

……

162.G2：我打電話給我媽，看他有沒有空？

(G2 去找人幫忙，其他人等待，約 2 分鐘)

163.G2：我媽說可以，因為我家很近，應該十分鐘就可以拿到投影片了。大家等一下吧！

(大家等待了一下)

(2003.10.24 轉錄)

五、個案學生對專題導向式合作解題的看法

以下將個案學生對於專題導向式合作解題的看法分成：1.理想的專題導向式合作解題方式、2.比較適應個別解題或專題導向式合作解題、3.專題導向式合作解題經驗對未來的個人解題能力的幫助為何等三個部分加以討論。

(一) 理想的專題導向式合作解題方式

問：你認為理想的專題導向式合作解題方式應該是怎樣？幾人為最佳？為什麼？

B1：我覺得四個人剛剛好，四個人分工合作，不會太多也不會太少。

B2：每人都有自己的意見，四人最好，因為有時分成兩組分工討論比較有效率。

G1：其實我覺得如果夥伴可以互相幫助扶持，人數不是很重要多少人都可以，但是太多人會人多嘴雜，但一個人也不大好。

G2：大家盡量表達自己的想法，在討論中腦力激盪。至於人數，我覺得四個人剛剛好，如果只有兩三人，萬一有意見衝突時會很麻煩，不知道該怎處理才好。如果太多人會很吵。

(二) 比較適應個別解題或專題導向式合作解題

問：經歷這次的專題導向式合作解題，你覺得要和你搭配的好，專題導向式合作解題的夥

伴最好具備什麼條件？為什麼？如果要搭配的好，在解題的過程，彼此要如何配合？
（什麼是該注意的？）

B1：智商 200 以上，因為我可以納涼（比較輕鬆），不過如果正經的說，因為我的整理數據歸納結果的能力比較差，可能如果有夥伴可以這樣像 G1、B2 就很不錯了。

B2：都好，只要願意和我合作就可以，但如果我可以選，我想找比我強的。

G1：我覺得能有能力互補的夥伴最好，這樣可以互相幫助。

G2：我覺得能夠盡量將自己的想法表達出來，表達清楚最重要。

(三) 專題導向式合作解題經驗對未來的個人解題能力的幫助為何

問：有了這次合作解題的經驗，你認為你會比較喜歡合作解題或是個別解題？為什麼？

B1：我覺得合作解題比較好，特別是研究，因為有些東西很難想，自己根本想不出來。

B2：自己慢慢想也不錯，但如果兩者比較，我比較喜歡合作解題，因為不會可以討論。

G1：合作解題~有困難就可以找人討論。

G2：看情況，如果問題很簡單那就自己做就好了，如果很難很複雜（像這次），那合作解題好很多。

個案學生認為能夠溝通、將想法清楚表達、互相幫助、能力互補、能力強是理想的專題導向式合作解題方式應該要具備的條件，至於合作時所需的人數以四人為最佳（B1、B2、G2），因為人太多嘴太雜，有時依需要四人還能分兩組各自分工合作、再將想法合併；但如果能夠滿足「獲得互相幫助扶持的夥伴」之先決條件，其實人數多寡並不是很重要（G1），不過個案學生一致肯定專題導向式活動應以「合作解題」的方式進行較佳。

六、個案學生在本次專題導向式合作解題的收穫

以下將個案學生對於本次專題導向式合作解題的收穫之問卷資料整理如下：

(一) 在情境引導，確定主題的過程

問：在這個階段中，你得到什麼收穫？

B1：覺得問題很有趣，想要趕快研究下去。

B2：想趕快想出一個結果，去動動頭腦，很有趣。

G1：會主動跟對方討論，表達自己的想法。

G2：最大的收穫就是…以前都是很被動的，但是現在只要一發現問題就會自己很主動的去思考、去研究、或是一起討論，學習態度變好了。

(二) 尋找器材及研究工具的過程

問：在這個階段中，你得到什麼收穫？

B1：對繪圖軟體(PhotoShop、AutoCAD)有更深一層的認識。

B2：使我更會使用繪圖軟體(非常好色 4)和文書處理軟體(Microsoft Word)

G1：對電腦操作有更進一步的瞭解（AutoCAD 的做圖程式）

G2：學到如何利用電腦做圖~這樣可以減少誤差，也不用畫那麼辛苦了~

(三) 研究歷程與關鍵突破

問：在這個階段中，你得到什麼收穫？

B1：學到了互助合作解題的方法。

B2：對於一些幾何觀念和數學計算有更深瞭解。

G1：對解題的訣竅，滿炫的。大家一起討論，表達自己的想法，反正呀！團結力量大！

G2：幾何觀念變強了，以後對高中的數學應該會有幫助…^-----^…

(四) 成果發表的歷程

問：在這個階段中，你得到什麼收穫？

B1：我本來說話沒有條理，但經過這次以後，說話比較有調理。

B2：我之前說話都沒有條理，想到什麼就說什麼，自從做了科展之後，就講的比較好，另外我也了解科展的研究過程…ㄉ…很不錯！

G1：在報告的時候，說話會打結，就會突然講話變的很模糊，…就努力練習…現在好很多了，也有學到很多不同的東東（人生道理…）（研究方法…）

G2：我以前很內向都不敢上台報告，和同學討論，但是經過了這次的科展，我就很樂意的去跟大家討論問題，還有現在上台報告都不是很緊張了。

伍、 結論與建議

結論

整體言之，專題導向式合作解題中，小組「共同的目標」乃階段性地完成該研究專題，故小組中的成員皆樂於分享自己的想法。整個過程中，個案學生使用了觀察、研判、簡化、計劃、蒐証、畫圖表徵、嘗試錯誤、表徵變形、問題解決、多元思考、推理歸納、一題多解等數學能力與策略；隨著新訊息的提出及使用不同的解題策略，透過互動討論的方式，解題時使用的概念會不斷辨証、更新，可培養學生觀察研判、探究思考、研究、解決問題、歸納整合、檢查驗證、溝通表達的能力，以及主動積極、互相尊重、合作分享的學習態度。

在合作解題活動的前半階段，傾向配合研究日誌，自己在家先研究再共同討論，而後半階段，則轉為可以一邊討論一邊研究。學生一改平常被動吸收知識的情況，代替教師成為整個合作解題歷程的主角，但「教師適時地引導及觀念釐清」在整個過程仍是一個相當重要的關鍵，尤其是將結果未知的問題情境拋出，隨即要學生釐清問題的方式，對同學而言仍稍感吃力。另外，「家長的支持」也是使整個活動順利進行一重要因素。

四位個案學生對該專題導向式合作解題活動是肯定的，均認為經過本次活動，除了學會：化被動為主動積極、使用合適之多元輔助工具、運用數學知識及解題能力作更深入的思考外，並學會互助尊重、溝通合作，表達能力也進步了。

因此，本研究中專題導向式合作解題活動對個案學生有相當大的幫助。

建議

一、對教學上的建議

四人合作小組的相互解釋與意見溝通分享，有助於反思自己的思考歷程。為培養學生的探究知識及建構數學的能力，可在國中數學科教學試行四人專題導向式合作解題。但因專題導向式合作解題內容較困難複雜，如果在課堂實施，可能會影響教學進度，故教師使用前必須先考慮從學生的程度及適當的分組情形、或專題的適切性，如：尋找和課程內容相關的專題…等；或可在實施前，先做介紹及示範如何進行，並說明實施時須注意事項。

二、對未來研究的建議

在問題情境方面，未來可針對「不同的問題情境」或「使用與課程內容相關的專題情境」來進行研究，甚至亦可從「個案學生自行從日常生活中尋找合適的問題情境或題材，再自行分組進行專題研究」之方向加以探討。

在研究分析方面，未來研究可針對「進行該活動的某一個案」深入進行研究，或可考慮從「教師的角度」、「其他不同數學能力的學生」等方向進行探討。或在專題導向式合作解題階段，再進一步加入「時間」變項，也就是將專題導向式合作解題各階段所花的時間紀錄細分、詳加探討。

在研究樣本方面，本研究樣本僅四位國二學生，故其研究結果僅能解釋四位個案學生的合作解題歷程，無法進一步推論至其他學生之解題歷程，故研究結果是否因樣本不同而有所差異？或會因年級、性別與高低成就而有所不同？未來可以四人合作小組的研究成果為基礎，針對不同人數、組成方式進行對照研究，作為專題式導向式合作解題教學實驗之根基。

後記

該專題研究作品在四位個案學生努力下，獲校內科展優等。事後進一步完成後續研究，以「天羅地網抓海珊」為標題之作品代表學校獲第四十四屆高雄市科展第二名。改以「鋪天蓋地」為標題之作品獲第四十四屆全國科展第二名。

參考文獻

中文部份

- 王上林、張靜馨 (1996)：國中數學教室對談行為之研究。科學教育(八十五年)
- 王千倬 (1999)：「合作學習」和「問題導向學習」－培養教師及學生的科學創造力。教育資料與研究，第二十八期，民國 88 年 5 月。
- 李隆盛 (1995)：國中工藝/生活科技教學策略之研究。行政院國家科學委員會。
- 吳庭瑜、吳明樺、洪瑞雲 (1998)：合作學習、解釋及發問架構提示對歸納推理表現之影響。中華心理學刊，民 87，40 卷，2 期，117-136。
- 曹永松 (2001)：國中理化合作學習之行動研究。國立高雄師範大學教育研究所碩士論文。柯怡君、張靜馨 (1995)
- 柯怡君、張靜馨 (1995)：以問題為中心的數學教學策略在資優班與普通班實施之比較。科學教育 (八十四年)。
- 柯靜宜、張文華、郭重吉 (2004)：統整教學模組實施下之小組互動及知識共同建構。科學教育學刊，2004，第十二卷第一期，1-26。
- 徐新逸 (2001)。如何利用網路幫助孩子成為研究高手？網路專題式學習與教學創新。台灣教育，607 期，25-34。
- 陳彥廷、姚如芬 (2001)：高一學生數學合作解題歷程之分析研究---以四位學生為例。台東師院學報,民 90,12 期 (下), 213-244。
- 陳淑娟、劉祥通 (2001)：國小班級數學討論活動可行方案之探討。教育研究資訊，2001.4，9 (2)，125-146。
- 陳啓明 (2003)：合作學習在數學領域的教學策略。師友月刊，2003，4 月號。
- 張景媛 (1995)：國中生建構幾何概念之研究暨統整式合作學習的幾何學策略效果之評估。教育心理學報，民 84，28 期，99-144。
- 張靜馨 (1995)：問題中心教學在國中發展的經過、效果及可行性之探討。科學教育學刊，第三卷第二期，139-164。
- 傅明俐 (2000)：國民小學數學科合作學習之研究。國立彰化師範大學教育研究所碩士論文。
- 葉明達 (1998)：高一學生數學合作解題與後設認知行為之個案研究。國立高雄師範大學數學系碩士班碩士論文。
- 劉貞宜 (2001)：數學資優生的解題歷程分析－以建中三位不同能力的數學資優生為例。中華資優教育學會資優教育研究，1 卷 2 期，97-120。
- 顏榮義 (2001)：國一一般資優生的解題歷程分析。國立高雄師範大學數學系教學碩士班論文。

英文部份

- Johnson, D. W., & Johnson, R.T.(1994 a). *Learning together and alone*. Boston : Allyn and Bacon.
- Johnson, D. W.,& Johnson, R T.(1994 b). *Learning together and alone : cooperative, competitive, and individualistic learning* (4th ed) Boston : Allyn and Bacon.
- Kantowski, M. G. (1977). Processes involved in mathematical problem solving. *Journal for Research in Mathematics education*, 8(3), 163-180.
- Kantowski, M. G. (1981).The Microcomputer and Instruction in Geometry. *Viewpoints in Teaching and Learning*, 57(2), 71-81.
- Kilpatrick, J.(1967).Analyzing the solution of word problems in mathematics : An exploratory study (Doctoral dissertation. Stanford University, 1967)
Dissertation Abstracts, 28 (11),4380A.
- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical problem solving*. Orlando, FL : Academic Press.
- Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically : problem solving, metacognition, and sense making in mathematics. In D. A. Grouws (Ed). *Handbook of research on mathematics teaching and learning*. Canada: Macmillan Publishing Company.

A Study of Students' Project-driven Cooperative Problem Solving Procedures

Shang-yun Yu^{*} Che-jen Hsieh^{**} Tai-tzeng Zeo^{***}

Abstract

The purpose of this study is to explore the process of 8th graders in practicing the project-driven and cooperative problem solving activities to determine whether students can use related mathematical concepts and skills of approaching appropriately the project-driven problem among other phenomena of interactions.

Four students participated in this study. The project-driven problems were more complicated than non-routine ones. Therefore, this study collected students' study journals and other related information to carefully study their process of thinking and problem solving. While student were doing project cooperatively, other research methods were used, such as thinking aloud, clinic interview, questionnaire and protocol analysis to totally release their process.

Students were requested to finish the task as their goal. The findings revealed that students were willing to share ideas with others. Four-stage processes were reported: namely, (a) setting up the goal of project in guided situations; (b) looking for the study instrument; (c) studying process and breaking through point; and (d) making presentations. The students successfully transmitted those process stages: (a) guidance; (b) reading problem, (c) analysis and exploration, (d) planning, (e) plan execution, (f) verification of the solution, and (g) transfer.

Keywords: cooperative problem solving, project-driven

^{*} Mathematics Teacher of Wu-Fo Junior High School

^{**} Associate Professor of Public Finance Department, Meiho Institute of Technology

^{***} Professor of Mathematics Department, Kaohsiung Normal University