

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果 報告

創造一個適合發展創造力的數學學習環境

計畫類別：個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 89 - 2511 - S - 009 - 001

執行期間：88年8月 1 日至89 年7月31日

計畫主持人：陳福祥

執行單位：國立交通大學,應用數學系

中 華 民 國 89 年 9 月 30 日

國科會計畫創造一個適合發展創造力的數學學習環境初步成果報告

計畫編號：NSC 89-2511-S-009-001 執行期限：88年8月1日至89年7月31日

陳福祥 國立交通大學,應用數學系

Keywords: 創造力, 珊瑚系統, 電腦輔助教學, 高中數學, 創意思考, 合作學習

摘要: 依教育原理,藉網路科技在高中數學課上設計,實行,評估創造力的活動

壹. 計設法則

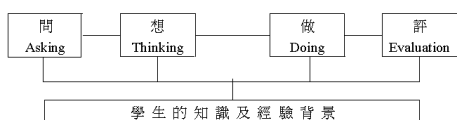
智慧財產的高附加價值,是未來國家競爭力的關鍵因素。未來一國的國力將取決於國民中創造力的高低,不同於傳統的自然資源的比較。創造力人人都有,且在每個生活層面都會用到。傳統教育,特別是中國人的體制因強調公平性而發展出來特殊考試文化,多年來全面扼殺了許多老師的創意教學與學生的創造力。我國有關創造力的教育研究早自民國59年[賈]就開始,但是因為考試制度的威力,發揮不出太大的果效。近年由於國內外有關教育改革的呼聲,教育部已斷然公佈廢除高中,大學聯考。如何快速產生適合發展創造力的環境,而帶出有創造力的人材是目前重要議題。如今在一個資訊發達的世界通網路環境,正是發展創意的溫床。如何在珊瑚系統中創造出一個適合發展創造力的數學學習環境,就成為本計畫核心問題。珊瑚系統是一個概念也實際體現在交通大學校園網路中。它是一個合作學習的遠距教學環境。過去三年半我們都在這個平台上發展數學的電腦輔助學習實驗研究。依照陳龍安教授[民75年]所著「數學創造思考教學研究」所整合的研究成果,包含了創意思考與問題解決的涵意,過程,模式,教學策略,研究方法等豐富資料。但是因為其研究對象是「資優」的59名「小學生」,實行的時間為十二週左右。當我們研讀最新有關智慧與創造力的研究(例如R.J. Sternberg等人)論文(1986-1997)時,發現創造力與資優不同且不一定要在數學方面。因重視創造力的表現,我們在實驗方法與檢查成效上要有不同的做法。我們希望在珊

瑚系統上,將陳龍安施行的實驗配合新的創造力研究作適當的調整,建立一個網路上適合高中數學創意學習又適合發展創造力的輔助教學境。

貳. 背景目的文獻

數學創造力:

什麼是創造力? Sternberg 和 Lubart[1991]認為有創造力的人是具有能規劃問題、並能創造出一套新的規則系統及對事物有新的看法、想法等天份的人。Robert J. Sternberg[1995]將創造力的本質歸納為六項個人資源,分別是知識、智慧、人格特質、思考型態、動機及環境情境。Amabile[1983]提出要達到有創造力成果的構成要素需有三點,即是要有與領域有相關的技能(Domain-relevant skills)、要有與創造力有相關的技能(Creativity-relevant skills)和工作動機(Task motivation),其中在要有與領域有相關的技能(Domain-relevant skills)上則包含在領域內對問題的真正知識、在領域內對問題可應用的技術能力及在領域內對問題所具有的天份;而在要有與創造力有相關的技能(Creativity-relevant skills)上則包含認知型態、在啟發式教學上所引發的新奇點子及有益的工作型態;而在工作動機(Task motivation)上則包含對工作的態度及對工作的認知。之後,Amabile將所提出來的三點創造力構成要素加上社會環境的因素(Social Environment)建立了一個創造力的model。陳龍安(民74)提出一種稱為ATDE創造思考的教學模式。所謂ATDE係由問(Asking)、想(Thinking)、做(Doing)及評(Evaluation)等四個要素所組成,如圖所



示：

教師從提出創造思考的問題開始，給予學生思考，尋求創意，而後付諸行動執行，最後再以已訂定的標準予以評估。此 ATDE 模式強調學生的知識及經驗基礎，認為創造思考絕非無中生有，乃是推陳出新的表現。

理想的教學環境

依據建構論的理論基礎，認為應該符合下列幾個原則(Cunningham, Duffy, & Knuth, 1993 ; Laanpere, 1999 ; Savery & Duffy, 1995) :

- 1.學習必須是學習者的主動參與過程。
- 2.提供學習者吸收新知識概念的環境，以建立更豐富的知識基模。
- 3.學習應強調思考能力的培養，而非只是事實知識的傳授。
- 4.增進學習者知識建構過程中的自我認知。
- 5.提供學習者相互合作學習的環境。
- 6.符合學習者個別差異。

數學學習動機：

多位學者 (Pokay & Blumenfeld, 1990 ; Pintrich, 1988 ; Suydam & Kasten, 1986 ; Paris, Lipsin & Wixon, 1983 ; Neubauer, 1982 ; 引自張景媛, 民 83) 發現學生的學習動機與學習成就有相關存在，且增加學生的動機水準能改進學生的數學成就。因此如何找出影響動機的因素，並設法提昇學生學習的動機，是現今老師教學的重點。因此研究者設計一個數學學習的活動，希望藉由活動來引導，以期望學生能從活動中培養收集資料的經驗；提供同學間相互學習、相互討論機會；引發學生數學的學習興趣、動機及創造力。而後我們則從學生作品及學習過程中，以 Sternberg 的創造力理論去探討如何客觀的評估有創造力的學生，及教師可做怎樣的訓練來啟發學生的創造力及學習動機。

參. 設計法則

以上述多位研究者理論為基礎，希望能在數學教學過程中融入較活潑的課程內容，讓學生能充分發揮多元化的天份，引發其創造的淺能。策略則包含以下幾點：

1. 問題的設計要與數學課程內容範圍有相關性，並最好能以數學定理、定義為基礎，讓學生思考如何運用。
2. 問題設計要允許學生能自由創作，給予基本原則讓學生有發揮的空間，具有幻想及模擬的機會及情境。
3. 問題的設計要具有能增加學生學習數學動機的因素，讓學生體會學習數學不是只在課本上的運算或應付考試而已。

肆.數學活動設計

根據上述設計法則，研究者設計了一個『蓋房屋』活動，如下：要求高一學生在未學過三角函數之前，給定固定地基，應用 GSP 軟體及相關三角函數的觀念，去設計一棟房屋。而成品部分需包括：

1. 基地面積及材料費用的計算。
2. 建地設計草圖、設計理念。
3. 整個房屋設計圖。
4. 成品(模型)。
5. 整組討論的過程、製作過程。
6. 遇到的問題及問題的解決方式。

由於高一上學期課程尚未教到三角函數，研究者僅提供學生一些參考公式(如附表一)。所以學生在作品中如何運用三角的概念去求取地基的面積,作品的設計是否新穎,具創造力，及事後是否對學習三角函數有較大的興趣及學習動機即是研究者所關心的重點所在。

伍.研究方法

受試對象：受試者為新竹市科學園區實驗中學高一學生，而就讀於實驗中學的學生，一般而言成績都非常優異。選取原因是因為學校的教

學政策多元化，可配合研究者的設計活動。受試者共有 33 位，共分 11 組(每組三人)。

活動流程：實施時間在西元 1999 年 2 月 1 日至 2 月 28 日，共四個星期，此活動由教師在寒假前派出。研究者並利用網路資源建立了一個相關網站(三角函數討論專區)，提供給同學相互討論之用，目的可讓學生做互動、讓教師回答學生的疑問及研究者回答學生在系統所發生的問題。也幫助研究者可從網路中去瞭解學生所發生的問題及互動學習的過程。

評量方式：創意可由學生作品中各個方面顯現出來(Sternberg, 1998)。但如何去評估作品？認為若是好的作品，則知識、智慧、人格特質、思考型態、動機及環境情境等六大基本要素一定會達到某個基本分數之上；而若是不好的作品則應會有某些要素是未達基本分數的。

而評估者有兩位，一位是大學數學系教授，另一位則是數學系有受過中等教育教師訓練的研究生，由這兩人分別各自去評估 11 組的作品。兩位評估者經充分討論後，將作品評估規準分兩種方式：

第一種方式是以學生在作品中 (a) 所展現的數學知識 (b) GSP 軟體的運用技巧 (c) 整個作品設計的巧思等三方面來評估。每一項評量分數皆為 0~100。其中 (a) 『所展現的數學知識』方面，我們以學生是否在作品中有使用到三角函數的正弦定律、餘弦定律、求面積公式、補交關係、反函數、考慮誤差的估計等來評量。(b) 『GSP 軟體的運用技巧』方面，我們以學生是否有注意角度及尺寸的標立、做顏色的區分、加註解、呈現側面圖、剖面圖、分層、是否立體與精細度等來評量。(c) 『整個作品設計的巧思』方面，則以學生對門、窗、樓梯、屋頂、隔間、陽台、花園及其他附屬設計巧思等來評量。

第二種則是以 Robert J. Sternberg 的創造力理論為評分規準，將學生作品分別以 (a) 知識、(b) 智慧、(c) 動機、(d) 思考型態、

(e) 人格特質等五大要素來評分。每一項評量分數皆為 0~100。其中 (a) 『知識』方面，我們以學生應用三角公式、地基的計算、GSP 軟體的運用、寫作的表達方式、設計能力及是否懂得分配工作等來評分。(b) 『智慧』方面，我們以 GSP 軟體的使用程度、遇到數學問題的解決方式及巧妙的解決設計上困擾等來評量。(c) 『動機』方面，我們以學生是否能主動尋求資源及幫助、是否引發學習三角興趣、作品導向真善美及表現慾望等來評分。(d) 『思考型態』方面，我們則以作品是否新穎、思考是否周詳具全方位及成品實用性等來評量。(e) 『人格特質』方面，則以工作的堅持性及投入工作程度來評量。

資料分析：

1. 使用統計軟體 SPSS 中的 descriptive、correlation 來做資料分析。
2. 採用內容分析研究法(王文科, 民 88)，並以類別在文獻中呈現的次數(王文科, 民 88)作為計數或量化資料的方法，亦即是從學生報告及問卷中，計算出現相同字眼的次數且加以歸納，以強化研究之主張。

陸.研究問題

1. 兩位評分者是否在第一種規準上的評分有高相關？
2. 兩位評分者是否在第二種規準上的評分有高相關？
3. 兩位評分者是否能區分在第一種規準內的三項評分規準？
4. 兩位評分者是否能區分在第二種規準內的五項評分規準？
5. 第一種規準與第二種規準之間的相關性如何？
6. 學習歷程中，學生是否有足夠的動機？

柒.研究結果

1. 以第一種規準評量時，兩位評量者在『所展

現的數學知識』及『GSP 軟體的運用技巧』

方面的評量上顯現出顯著的相關性，如表一。

表一：在第一種規準上的平均數、標準差及相關係數)

	評量者--教授		評量者--研究生		相關係數
	平均數	標準差	平均數	標準差	
所展現的數學知識	61.82	28.31	57.27	15.55	0.773*
GSP 軟體的運用技巧	79.09	11.36	65.45	18.09	0.610*
整個作品設計的巧思	89.09	7.01	59.09	16.40	0.210

2.以第二種規準評量時，兩位評量者在『知識』及『智慧』方面的評量上顯現出顯著的相關性，如表二。

(表二：在第二種規準上的平均數、標準差及相關係數)

	評量者--教授		評量者--研究生		相關係數
	平均數	標準差	平均數	標準差	
知識	76.36	10.27	55.55	22.19	0.692*
智慧	81.36	8.39	54.55	23.62	0.647*
動機	74.09	8.61	65.00	18.04	0.454
思考型態	76.36	7.78	70.91	15.14	0.180
人格特質	70.45	8.50	81.82	22.61	0.047

3.兩位評量者在第一種規準下能夠區分內部三項規準之不同，如表三。

(表三：在第一種規準內部的兩兩之相關係數)

相關係數	作品中應用到數學問題的運用技巧	作品中設計的巧思	GSP 軟體的運用巧思
教授評	0.099	0.375	0.617*
研究生評	0.58	0.146	0.558

4.兩位評量者在第二種規準下大致能夠區分內部規準之不同，除了知識與智慧之間的關係之外，如表四。

(表四：在第二種規準內部的兩兩之相關係數)

相關係數	知識	知識	知識	人格	智慧	智慧
	智慧	動機	思考型態	人格特質	動機	思考型態
教授評	0.904*	0.298	0.569	-0.065	0.434	0.773**
研究生	0.906*	0.331	0.378	0.156	0.420	0.485

智慧	動機	動機	思考型態
人格特質	思考型態	人格特質	人格特質
-0.080	0.394	0.245	-0.162
0.414	0.588	0.490	0.418

*P<.05, **P<.01

5.使用第一種規準時，在『所展現的數學知識』這一項上面，與使用第二種規準的各個項目均無顯著相關；在『GSP 軟體的運用技巧』這一項上面，則與使用第二種規準的『知識』、『智慧』、『動機』有顯著相關；在『整個作品設計的巧思』這一項上面，則與使用第二種規準的『知識』、『智慧』、『思考型態』有顯著相關。如表五。

(表五：第一種與第二種規準之間的相關係數)

相關係數	知識	智慧	動機
所展現的數學知識	0.503	0.510	-0.001
GSP 軟體的運用技巧	0.709**	0.724**	0.615**
整個作品設計的巧思	0.740**	0.639**	0.301

思考型態	人格特質
0.072	0.336
0.498	0.135
0.673*	-0.017

7. 整個活動的過程中，學生的學習動機大致都達一定程度，且部分學生認為在過程中學到最多的是與人分工合作的經驗、自由創造思考的發揮、使用數學軟體經驗、使用網路交換心得。參考如下：

(A)學生自己認為參與此活動的程度如何？

37%認為非常投入；48%認為普通投入；

13%認為不夠投入；0%認為很不夠投入。

(B)學生認為三角知識在設計過程中有幫助的程度如何？

7%認為非常有用；35%認為很有用；52%普通有用；

3%認為沒有用；0%認為完全沒有用。

(C)在參與過程中，學生認為他學到最多的事物是什麼？

(a) 『與人分工合作的經驗』

14 位學生列為第一。 5 位學生列為第二。

4 位學生列為第三。 2 位學生列為第四。

(b) 『自由創造思考的發揮』

8 位學生列為第一。 8 位學生列為第二。

2 位學生列為第三。 3 位學生列為第四。

(c) 『使用數學軟體經驗』

6 位學生列為第一。 2 位學生列為第二。

8 位學生列為第三。 5 位學生列為第四。

(d) 『使用網路交換心得』

3 位學生列為第一。 7 位學生列為第二。

3 位學生列為第三。

(e) 『收集相關知識經驗』

3 位學生列為第一。 1 位學生列為第二。

4 位學生列為第三。

(f) 『發現三角形的實用性』

1 位學生列為第一。 6 位學生列為第二。

1 位學生列為第三。 4 位學生列為第四。

捌.結論與討論

本研究實際讓學生利用數學知識動手去完成一件能引發創造力及學習動機的作品，並藉由網路 BBS 提供一個方式讓學生之間及老師能溝通及討論的管道，進而來探討如何提高學生的學習動機、引發學生的創造力，並去探討創造力應如何客觀評量及訓練。希望能創造一個適合發展創造力的數學學習環境，容許更寬容的角度、更多元化的價值，讓教育更具實質意義。而本研究設計的活動確實能引發學生的創造力及動機。在過去研究發現數學創造力的評分非常困難，本研究設計出兩種規準，經研究者論證後，發現在第一種規準中，評分者能理解並區分兩種規準，唯在整個作品設計的巧思上，看法較不一致；在第二種規準中，評分者亦能理解並區分兩類規準，唯在思考型態及人格特質兩項上較不易從作品中看出。而兩種規準之間具有相關存在，也顯示兩種規準都能用以評定學生的創造力。

因此建議【一】未來在高中數學教學上，能參考研究者所提的三項設計原則(即 1.問題的設計要與數學課程內容範圍有相關性，並最好能以數學定理、定義為基礎，讓學生思考如何運用。2.問題設計要允許學生能自由創作，給予基本原則讓學生有發揮的空間，具有幻想

及模擬的機會及情境。3.問題的設計要具有能增加學生學習數學動機的因素，讓學生體會學習數學不是只在課本上的運算或應付考試而已。)設計出類似可引發數學創造力及動機的教學課程。【二】評分的規準上，兩種規準方式皆可，但採用第二種規準似乎在思考型態及人格特質的評量上較有困難。【三】受試的學生程度、成績皆不錯，未來是否能普及到程度中等的一般學生上呢？此研究受試者乃為高一學生，未來是否可設計其他單元用在高二或高三學生呢？是否在可在寒假、暑假或學期中實施呢？網路困難度如何克服呢？都是往後可加以探討及再研究的地方。

參考文獻

中文部份：

賈馥茗[民59]：創造力發展之實驗研究。師大教育研究所集刊。第十二輯1-49頁。

賈馥茗[民60]：數學(題解)創造力發展之實驗研究。師大教育研究所集刊第十三輯1-78頁。

陳龍安[民75]：數學動動腦。心理出版社。

張景媛[民 83] 國中生數學學習歷程統整模研究。教育心理學報，27 期，141-174 頁。

王文科 [民88]。教育研究法。台北：五南。

英文部分：

Sternberg, R. J., & Lubart, T. [1991] *Creating creative minds*. Phi Delta Kappan, 608-614.

Robert J. Sternberg [1995] *Defying the Crowd*. Simon & Schuster Inc.

Teresa Amabile, [1983]. *Creativity in context* Boulder, Colo. Westview Press.