科學教育學刊
2000, 第八卷第四期, 357-377

Chinese Journal of Science Education
2000, 8(4), 357-377

「問題解決」或「無問題解決」？電腦輔助教學成效的比較研究

張俊彥[1]　董家莒[2]
[1]國立台灣師範大學 地球科學系（所）
[2]台北市立仁愛國中

(投稿日期：民國 89 年 7 月 25 日，接受日期：89 年 11 月 28 日)

摘要：本研究之目的在研發以「問題解決」為基礎之電腦輔助教學軟體，並探究此教學軟體的成效。本研究以「呈現問題、計畫解決途徑、資料與資訊的蒐集儲存整理、執行計畫」四個問題解決步驟來發展此教學軟體，並以中部某國立高中正接受地球科學課程的高一學生為研究對象，有效樣本共 155 名學生。研究工具包括土石流單元成就測驗、對地球科學態度問卷、以及電腦教學軟體使用意見調查表。研究設計採用實驗研究法之等組前後測設計，亦即將學生分為接受「問題解決」為基礎之電腦輔助教學組（實驗 A 組）與接受「無問題解決」為基礎之電腦輔助教學組（實驗 B 組），在施以前測後即進行兩節課的電腦輔助教學，教學軟體中包含有六個主要的學習區，並以程式記錄學生的學習路徑與時間，教學結束後實施後測與八週後的延宕測驗，資料分析方面則採用變異數分析法（ANOVA）及共變數分析法（ANCOVA）。研究結果如下：(1)實驗 A 組在後測知識層次及後測總分上顯著地優於實驗 B 組；(2)實驗 A 組在八週後延宕測驗的表現上，更由後測時的知識層次提升至理解層次達到顯著地優於實驗 B 組；(3)對地球科學態度及電腦教學軟體使用意見調查的分析上，兩組學生之間並無顯著差異；(4)實驗 A 組在模擬真實情境的「野外考察」學習區所花費的時間，以及具有後設認知意涵的「折返學習」次數上顯著地高於實驗 B 組。因此，本研究所研發之「問題解決」為基礎的電腦輔助教學軟體，除了有助於學生在學習成就的表現與認知層次的提升之外，「問題解決」的架構設計亦可作為未來研發類似地球科學電腦輔助教材的參考。

關鍵詞：中等教育、問題解決、電腦輔助教學、學習成效。

緒　論

科學教育界長久以來一直強調，要發展學生思考能力、增進他們的學習成就（achievement）、以及培養他們在科學上的正面態度。美國教育改革計畫 Project 2061 之 *Benchmarks for Science Literacy* (American Association for the Advancement of Science, [AAAS], 1994) 中亦強調，學生應習得使用工具的技術，並希望他們能利用電腦來處理資訊或解決問題；而我國在國民教育階段九年一貫的課程目標中也明訂，運用科技與資訊的能力、激發主動探索和研究的精神、培養獨立思考與問題解決能力為現階段學校教育的目標（教育部，1998）。正因為如此，許多科學教育上的研究與民間企業團體都積極地從事電腦輔助教學（Computer-Assisted Instruction, CAI）軟體的開發，有些研究更以實徵教學或綜合分析的方式證實了此種教學方式確實比傳統式教學顯著地增進學生的學習成就（董家莒和張俊彥，1999；Bangert-Drown, Kulik, & Kulik, 1985; Cavin & Lagowski, 1987; Chang, 2000; Geban, Asker, & Ozkan, 1992; Roblyer, Castine, & King, 1988）；另一方面，各種增進學生高層次思考能力的教學策略也被廣泛的研究，如問題解決式的教學、發現式的教學及探究式的教學等，許多研究結果亦顯示這些教學方法對學生學習成效有相當顯著的影響（Chang, 1996; Chang & Barufaldi, 1999; Chiappetta & Russell, 1982; Geban, Asker, & Ozkan, 1992; Mulopo & Fowler, 1987; Russell & Chiappetta, 1981; Saunders & Shepardson, 1987; Shepardson, 1991）。即使如此，若談及以「問題解決」為基礎之電腦輔助教材的發展研究，在國內仍屬少見，而有無「問題解決」為基礎之電腦輔助教學的比較研究更是初次的嘗試。有鑑於此，本研究朝此方向前進，期望能更有效的增進學生學習成就與興趣，以達成階段性的課程教育目標。

在現今中等學校教育中，為了順應考試求高分的期望，科學的教學常背離了科學的實用性與科學探究的過程，強塞給學生許多零碎片段的知識，此舉不僅抹煞了科學學習的本質，也削弱了學生的學習慾望。為了彌補傳統教育中所造成科學教學的誤導，勢必將科學課程普及化，並強調其實用性及與生活之關聯性。無庸置疑的，地球科學是一門最接近於人類生活的科學，它除了重視人與環境之間的關係，也注重環境與環境之間的關係。美國國家研究委員會（National Research Council, [NRC]）在 1995 年十二月公布的國家科學教育標準（*National Science Education Standards*）中，明白揭示了八項內容標準（Content Standards）以作為學生在學習科學領域中的大方針，其中「地球及太空科學」（Earth and Space Science）即為學生在科學中應學的一門重要領域（NRC, 1996）。近年來台灣各方面蓬勃的發展，雖然造就了經濟奇蹟，但也因人為過度的開發而破壞了大自然。自然環境失去平衡的結果，引來了大自然的反撲，致使天然災害不斷的發生。從北部林肯大郡駭人聽聞的傷亡、中部南投神木村突如其來的土石流事件、以及南部科學園區奇譚式的水鄉澤國，在在都推翻了人定勝天的魔咒。因此，如能利用電腦多媒體的方式呈現這些問題，並促使學生瞭解問題而後去解決問題，提供更多元化的溝通管道，再以最佳的呈現方式將上述教學內容表達出來，必能帶給學生更多的感官刺激與震撼，提高學習動機（陳明溥，1991；蔡東鐘，1997）。

地球科學是一門接近大自然的科學，除重視生活上的體驗及環境教育，也關心許多大尺度的自然現象（例如板塊構造、宇宙誕生、天氣變化等）。因此在教授地球科學課程時，教師很難像其他科學領域如物理、化學或生物科

在實驗室內教學，而必須常以周遭鮮活的實例作為教材，甚至必須走出戶外作實地的考察，但這卻也是傳統課程之固定時間地點的教學方式所難以達成之處。正因如此，地球科學課程常被有些學生、家長或老師指為背離現實生活或違背其實用性。電腦輔助教學在某種程度上或許可以彌補此種缺憾，它的多媒體（Multimedia）呈現效果可模擬野外考察的過程，讓學生有身歷其境的感受，甚至讓學習者自由地去觀察所欲瞭解的事物，是把傳統式教學虛擬帶出戶外的另一種方式。

Krajcik, Simmons 和 Lunetta (1986) 認為科學教育者應著重於設計發展合適的軟體，使學生有機會訓練他們的「問題解決能力」；而 Rayner-Canham 和 Rayner-Canham (1990) 亦強調電腦輔助教學可增強學生的「問題解決」能力。綜觀我國中等學校的科學教育，雖都將「問題解決」列為主要目標（教育部，1995，*高級中學課程標準*：基礎地球科學 p.214、基礎生物 p.204、基礎化學 p.187、及基礎物理 p.175，1995），但有關此方向的地球科學研究卻是鳳毛麟角。所以，本研究希望能活化地球科學課程的教學模式，藉著將「問題解決」策略融入電腦多媒體的教學設計，期望來培養學生對地球科學的正向態度，提高學生的學習興趣，並最終提升學生的學習成就與高層次思考能力（higher-order thinking skills），以達成國民教育階段性的課程目標。

在以往有關電腦輔助教學的實徵研究中，多數的研究都致力於電腦輔助教學與傳統教學的比較（董家莒和張俊彥，1999；Chang, 2000; Cavin & Lagowski, 1987; Geban, Asker, & Ozkan, 1992; Hughes, 1974），而許多學者也提出批判性的觀點，認為這樣的教學研究並不嚴謹，不但無法控制一些教學變項，亦沒有排除同一位老師效應（same teacher effect）、學生對電腦產生新奇效應（novelty effect）的影響以及不同媒體比較（media comparison）之爭議（Clark, 1983, 1985, 1994）。因此，本研究初次嘗試有無「問題解決」為基礎之電腦輔助教學之實徵研究在地球科學課堂中，不但試著克服教學研究不夠嚴謹的疑慮，也排除了同一位老師效應與新奇效應的影響，期能兼具研究的嚴謹性與開創性。

研究目的

本研究的主要目的是在設計及研發一個以「問題解決」策略為基礎的地球科學電腦輔助教材，並利用實驗研究法來探究：接受此「問題解決」策略為基礎之電腦輔助教材教學的學生（實驗 A 組），與接受「沒有問題解決」策略之電腦輔助教材的學生（實驗 B 組），他們在「學習成效」上的差異。故本研究具體的待答問題如下：實驗 A 組與實驗 B 組經過電腦輔助教學以後

一、在學習成就上是否有顯著的差異？
二、在 Bloom (1956) 的知識、理解及應用層次之表現上是否有顯著的差異？
三、在教學八週後的延宕測驗中，學習成就是否有顯著的差異？
四、在對地球科學的態度上是否有顯著的差異？
五、在對教學軟體的觀感上是否有顯著的差異？
六、在使用教學軟體教學時，兩組學生在學習各學習區資料所花費的時間是否有顯著的差異？

文獻探討

問題解決是一複雜的心智歷程，許多學者曾對其過程步驟提出不同的見解，例如教育學家 Dewey（1910）出版了「*How to Think*」一

書，即將問題解決的心智活動過程劃分為以下五個步驟：「發現問題或遭逢挫折、確定問題關鍵之所在、蒐集有關資料，並提出可能的解決方案、在可能的解答中分析評鑑，並選擇最適當的解決方案、以實際行動驗證，遇有不妥之處隨時修改，並成立結論」。數學教師 Polya (1945)提出了「瞭解問題、設計計畫、執行計畫、回頭看」四步驟；Rubinstein (1975)則建議「綜觀全圖、先別下判斷、利用模型、改變策略、問正確問題、及心存懷疑」等六階段；Hayes (1980)也提出「找到問題、呈現問題、計畫解答、執行計畫、評估解答、學習所獲」六階段。另外，Rayner-Canham 和 Rayner-Canham (1990)曾將問題解決的歷程運用於電腦，而提出了「確認問題、計畫解決策略、搜集資訊、及執行計畫」四階段的電腦輔助教學教材；而本文資深作者（張）也採用改良式的「搜尋、解決、創造、分享」之問題解決教學在國民中學地球科學課堂上(Chang & Barufaldi, 1999)。

事實上，國外對此種高層次思考的相關研究早已行之有年，而在地球科學教學策略方面的研究亦有許多，例如 Baldwin (1970) 曾將「問題解決」的教學方法應用於大一的地質實習課中；而 Meyer (1974) 運用「問題解決」的教學策略在中等學校九年級的海洋及地球環境單元裡；Champagne 和 Klopfer (1981) 則探究「問題解決」的方法對學生地質概念的影響；McKenzie 和 Fuller (1987)在大一的地質概論課上，利用小組解題（Group Approach to Solving Problems，簡稱 GRASP）的策略來進行教學。許多在科學教育上的研究結果也顯示：以問題解決為基礎的教學方法確實顯著地增進了學生的學習成就、科學態度或學習興趣（Chang, 1996; Chang & Barufaldi, 1999; Chiappetta & Russell, 1982; Geban, Asker, & Ozkan, 1992; Mulopo & Fowler, 1987; Russell & Chiappetta, 1981; Saunders & Shepardson, 1987; Shepardson, 1991），特別是在 Bloom's Taxonomy (1956)的高層次認知學習方面（Chang, 1996; Chang & Barufaldi, 1999; Chiappetta & Russell, 1982; Geban, Asker, & Ozkan, 1992; Mulopo & Fowler, 1987; Saunders & Shepardson, 1987）。另外，Piburn (1994) 將四十四篇從 1983 到 1992 在 *Journal of Research in Science Teaching* 的期刊著作加以綜合分析，結果發現問題解決能力對學生的科學態度及學習成就具有顯著的影響。在作完詳盡的文獻探討後，本研究進一步整合問題解決教學模式為：「呈現問題、計劃解決途徑、資訊及資料的搜集整理儲存、執行計畫」等四步驟，因為研究者認為這樣的簡化之「問題解決」模式較適合目前台灣之中等學校學生，同時也利於電腦輔助教學軟體的設計與發展（張俊彥，1998）。

電腦輔助教學是將課程教材及學習理論精緻地編製成電腦教學軟體，經由電腦作為媒介提供多種媒體型式的資訊呈現，並以非線性的教學順序使學生能隨時以互動的方式轉換教學內容，以個別學習的方式來達到教學目標的一種過程。簡而言之，它是幫助老師教學和學生學習的工具，並嘗試改進教學的一種方法。資訊的發展不僅便利了生活也對教育界造成莫大的衝擊，使得電腦在現代的教學及科學概念學習中扮演著重要的角色。在美國國家科學教育標準中即明白敘述“Instructional technology, which provides students and teachers with exciting tools - such as computers – to conduct inquiry and to understand science”（NRC, 1996, p.24）；而 *Benchmarks for Science Literacy*（AAAS, 1994, p.18）也特別強調“Computers have become invaluable in science because they speed up and extend people's ability to collect, store, compile, and analyze data, prepare research reports, and share data and ideas with investigators all over the world.”；我國國民教育階段九年一貫課程改

革中更明白地指出：運用科技與資訊的能力，激發主動探索和研究的精神為國民教育現階段的課程目標（教育部，1998），由此可知電腦輔助教學在當代科學教學與學習中均佔有舉足輕重的角色。

電腦輔助教學軟體為達到有效學習的目的，衍生出許多不同的表達方式或教學策略，而根據洪榮昭（1992）、溫嘉榮（1990）和 Thompson, Simonson 和 Hargrave（1996）所做的分類大致上可以歸納為：輔導家教式（Tutorials）、練習式（Drill & practice）、模擬式（Simulation）、教學遊戲式（Instructional games）、問題解決式（Problem solving）、對談式（Dialog）及多媒體電腦輔助教學（Multimedia CAI）。本研究所設計發展的土石流單元教學軟體，並非根據上述某一種方式來設計而是同時涵蓋上述設計的精神。軟體中有多個平行且具備有可選擇性的學習區，其目標是要藉著土石流的主題，使學生精熟有關台灣地質及颱風的重要概念，故其中有類似練習式電腦輔助教學的精神，以提供學生反覆練習的機會；而土石流災變現場極具震撼性及危險性，未經詳細規劃的考察過程容易有意外發生，故學習區中節錄了土石流事件發生時的紀錄影片及圖片，並設計有災後現地野外考察的學習區，發揮了模擬式電腦輔助教學的功能；雖然本教學軟體單元無法以遊戲式的設計表現，但為提高學生的學習興趣，在選擇學習區目錄的同時即融入隨機出現的卡通或笑話，給予學生意外的驚喜，並在此土石流課程單元結束且通過測驗後，即可進入兩種遊戲（打雪人與拍蒼蠅）的應用程式，以增加學習動機。而本「問題解決」為基礎的電腦輔助教學，讓學生確認問題後，再利用軟體中已有的資料與數據在電腦中蒐集資料並深入瞭解問題；最後，本教學軟體應用影像擷取工具，在教材中融合文字、圖形、聲音、影像、視訊、動畫等媒體，呈現出多媒體電腦輔助教學的特色。

幾十年來，許多國內外的學者在電腦輔助教學的相關研究上都貢獻了無數心力，Bangert-Drowns, Kulik 和 Kulik（1985）曾對有關電腦輔助教學成效進行綜合分析（meta-analysis），他們依照所訂定的標準選擇了 1968 至 1982 年的文獻共四十二篇，依據各文獻研究的特徵進行編碼，以統計的方法歸納出各研究共同的結果及特徵，並發現：電腦輔助教學對國中及高中學生的學業成就有正向的影響、會影響學生對電腦及學科的態度、對小學生及低成就學生的學習成效較佳、可縮短學生學習知識的時間及使用者會受到新奇效應（novelty effect）的影響；Roblyer, Castine 和 King（1988）亦曾經分析 1980 至 1987 年的文獻，他們針對八十二篇相關文章進行研究，結果發現大學生和成人的學習成效高於小學和中學生，科學課程的學習成效優於數學及語文課程，低成就學生學習成效的提升高於一般學生，以及對自我、學科及電腦的態度都有影響。另外，也有學者投入電腦輔助教學與傳統教學的實徵研究，他們皆發現電腦輔助教學確實比傳統式教學顯著地增進學生的科學學習成就（董家莒和張俊彥，1999; Chang, 2000; Chang, in press; Hughes, 1974; Cavin & Lagowski, 1987; Geban, Asker, & Ozkan, 1992），而在學生學習型態方面的研究也證實了電腦輔助教學能提升學生學習成就、有效地減少學習時間、並改善學生學習的興趣與態度（Casteel, 1989; Hannafin, 1984; Kulik & Kulik, 1987; Litchifield, Driscoll & Dempsey, 1990; Rieber, Boyce & Assad, 1990）。更有學者指出：使用互動式電腦輔助教學媒體做教育訓練，可以減低成本 64％、減少原來學習時間的 36％、也使學生學業成績進步了 11％、學習態度提高了 28％以及學生綜合成績進步了 32％（Merrill & Hammons, 1996），顯見電腦輔助教學的功效。

表 1：教學分組、班級人數及有效受測學生人數統計表

組別	班別	人數（男生，女生）	有效樣本（男生，女生）
實驗 A 組	110	40（18,22）	38（17,21）
	114	41（19,22）	40（19,21）
實驗 B 組	109	41（19,22）	37（16,21）
	112	42（19,23）	40（18,22）
合計		164（75,89）	155（70,85）

當然，並非所有的研究結果或文獻都顯示電腦輔助教學具有正向的成效，而部分報告也提出：「電腦輔助教學無法取代教師」的論點（許桂敏，1994；教育部電子計算中心，1995），以及電腦設計的教學對學生邏輯思考的技能並沒有顯著的增長（Dillshaw and Bell, 1985）。另外也有研究發現，實施電腦輔助教學的實驗組在化學態度上與對照組並沒有顯著的不同（Cavin, Cavin, and Logowski,1981），此外，國內學者邱貴發亦曾提出，用綜合分析的方式來討論電腦輔助教學成效的實徵研究結果，只是把許多現成的東西混在一起罷了，是玩統計數字的老把戲，對教育並沒有貢獻，況且在目前科學教育研究的文獻中，電腦輔助教學與傳統教學的比較仍有許多矛盾的結果。所以，電腦輔助教學成效評量必須針對某個學科的某個單元，不可脫離學科的教材內容；應著重於知識和技能層面，情意層面不需列入；需考慮教材組織方式，及內容文字表達方式；應非常注重個人化與個別化（邱貴發，1992）。而 Clark（1983, 1985, 1994）在他的許多重要著作中也特別指出媒體比較的研究在教育上的意義不大，學者應將電腦輔助教學實徵研究的重心移至探究 CAI 的設計如何配合不同的課程內容與教學策略。因此，本研究更進一步地利用實驗性教學的過程，來探討有無「問題解決」為基礎的電腦輔助教學對學生學習成效及地球科學態度的影響。

研究方法

研究方法將簡要說明本研究的研究對象、教學軟體、研究工具、研究設計及資料分析等五部分，以下茲分別敘述。

一、研究對象

樣本來自台灣中部某國立高級中學，八十九學年度上學期接受地球科學課程的高一學生，該校於高中聯招的志願分佈並非前段或後段學校，亦非都會型的高中，故較可以代表中間學業成就的一般高一學生。該校採用常態分班及男女合班的模式進行教學，共有四個班級參與研究，分為實驗 A 組與實驗 B 組，每組有兩個班級，其分組情況、各班人數及有效受測學生人數如表 1 之統計。班級人數與有效樣本人數間之差異均是由於學生出缺席狀況所造成。

擔任本實驗研究教學的教師即為該校的一位地球科學老師，畢業於台灣師範大學地球科學系，該位老師在彰化師範大學科學教育研究所進修四十學分班四年級，具有十年的地球科學教學經驗，且熟知各種教學策略，尤其對於電腦輔助教學有較深入的研究及興趣，其上課方式極有條理，學生於電腦自行操作前均接受教師教學指引，按部就班地熟悉教學軟體的操作方式，所以即使是剛接觸電腦的學生都能輕易的學習而後上手。

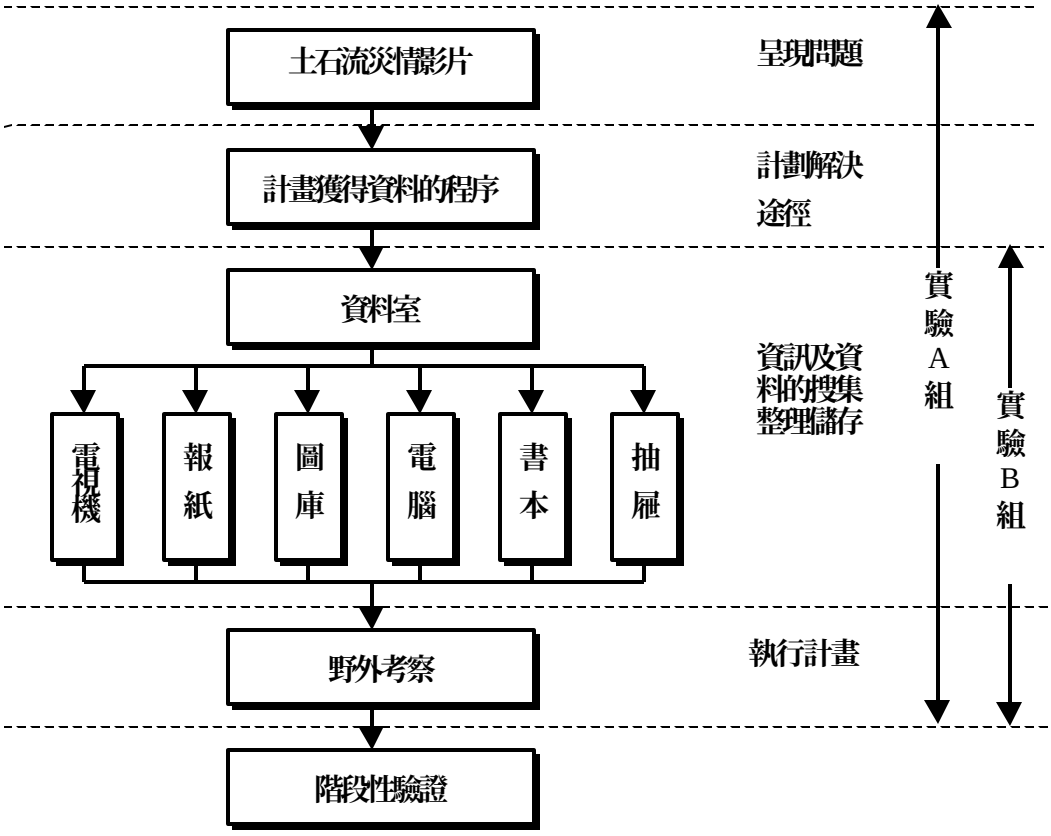

圖 1：土石流教材軟體內容結構圖

二、電腦輔助教學軟體

本研究所使用的電腦教學軟體，開發自國科會計畫「NSC 87-2511-S-003-048 及 NSC 88-2520-S-003-004 問題解決為基礎之電腦輔助教材發展研究-中等學校地球科學(一)(二)」（張俊彥，1998，1999）。本研究小組經過一年時間研發此土石流單元教材；而後於 87 年 12 月，找尋與本研究對象相同背景之四名學生進行測試，並在收集學生意見及建議後進行修改；再於 88 年 4 月，將修改完成之教學軟體進行試驗性教學研究（pilot study），並收集了來自於受測學生、任課教師及課堂觀察者的觀感與意見後進行第二度的修改，此次修改除了增加教材媒體的活潑性之外，對於教材內容亦予以增編，以使教學軟體完全符合研究計畫的時間配當，並預期在正式教學研究時能有較為理想的時間掌控。

本研究所使用土石流單元教學軟體的修編於 88 年 8 月間完成，在教學策略及課程結構並未改變的前提下，教學內容及媒體的活潑性做了大幅度的修改。在軟體的內容方面，首先以簡短的賀伯颱風土石流災情影片來呈現問題，給予學生充分的感官刺激與震撼；再引導學生去計劃瞭解本問題的程序，但此程序並不會影響教學軟體的呈現次序；而後進入一資料室，資料室內有各式各樣有關土石流及颱風的災害影片、基本性質介紹、氣象資料、圖庫、

書籍及報紙、雜誌的報導等，學生可在其中自由的點選、學習、收集資料；而後可進入野外考察的部分，以實際瞭解陳有蘭溪流域遭受賀伯颱風侵襲後的情況，最後再進行階段性的測驗（詳細之軟體架構見圖 1），整個內容不但豐富了許多，而且在資料室的抽屜內常安排有隨機出現的笑話或當代著名的卡通漫畫人物，以及若學生通過了最後的階段性驗證，則可以進入具有選擇性的兩個有趣遊戲（game），以提高學生的學習動機。另外，實驗 A 組與 B 組學生所使用電腦教學軟體的最大不同，是在於實驗 A 組的軟體具有上述「問題解決」的整體架構與步驟，而實驗 B 組僅具有資料室後的內容，比較接近於一般可供學生自行瀏覽的電子書（詳見圖 1）。

除此之外，為了深入地瞭解學生在使用此教學軟體的方式、學習情況與學習策略，在進行第二次軟體修編的同時，增加了一些程式的設計以記錄學生學習此份教材的學習路徑與在資料室內各學習區所停留的時間，並作為日後數據分析及深入探究學生學習歷程之用。本電腦輔助教學軟體在發展與修改的過程中，亦經過多位中學現職教師、台灣師大地球科學所的三位教授（分別為地質專長、氣象專長及科學教育專長）、以及世新大學擔任多媒體教學的一位教授進行專家效度後所修改彙編完成。

三、研究工具

(一)土石流單元成就測驗

「土石流單元成就測驗」共有 30 題單選題，依其各題配分情況的不同，滿分合計 100 分，題目內容包含地質及氣象兩項主題，主要為研究者依據電腦輔助教學軟體中之重要內容而設計，其間參考了歷屆高中及五專聯招的聯考試題、國中地球科學學習進展指標試題（林政宏和毛松霖，1994）與高中地球科學輔導團彙編的台北市高中題庫，再經由兩位中學教師的審查及台灣師大地球科學研究所三位教授（地質專長、氣象專長及科學教育專長）進行專家效度後所修改彙編完成，並於試驗性教學研究結束後進行試題難易度與鑑別度分析（item analysis）。

在試題分析方面，研究者在受測學生中取出高分組及低分組（以總受測學生平均分數上下一個標準差為臨界值），計算其通過率、各試題的難度、鑑別度及其與整體試題的相關度，其中鑑別度低於 0.2 或與整體試題的相關度低於 0.15 的試題予以修改或更換；另外，並統計各試題選項的選答人數，無誘答力的選項亦予以修正，而正式施測的試題即以此項分析為基礎，作為試題排列、調整與修改的依據，本試題之庫李信度（KR-21）範圍為 $r_{KR\text{-}21}$ = 0.77 ~ 0.81。除此之外，為了瞭解學生在不同問題層次的答題情形，根據Bloom’s Taxonomy (1956) 在認知層次上所做的分類，將土石流單元成就測驗的試題又分為知識、理解及應用等三層次，此三種層次的決定亦經由四位熟悉問題層次的專家獨立進行分析作業後再討論決定，其評分者信度範圍為 0.846 ~ 0.905。

(二)對地球科學態度問卷

此項問卷是以台灣師大鄭湧涇教授所編製「對生物學的態度量表」（鄭湧涇和楊坤原，1995）為基礎進行改編，再根據本研究的實際需要加以修編，主要目標在評測學生對地球科學所持有的態度、對學習地球科學所持的態度以及對參與地球科學討論活動所持的態度三個分項來討論。問卷共有 30 個問題，每一個分項有 10 題，並由台灣師大地球科學研究所三位教授進行專家效度的工作，在試驗性教學研究結束獲得施測資料後，先將所得資料進行交叉檢驗以獲得有效樣本，再分析其內部一致性之 Cronbach's α 信度係數，而獲得之信度 α 值為 0.90。

(三)電腦教學軟體使用意見調查表

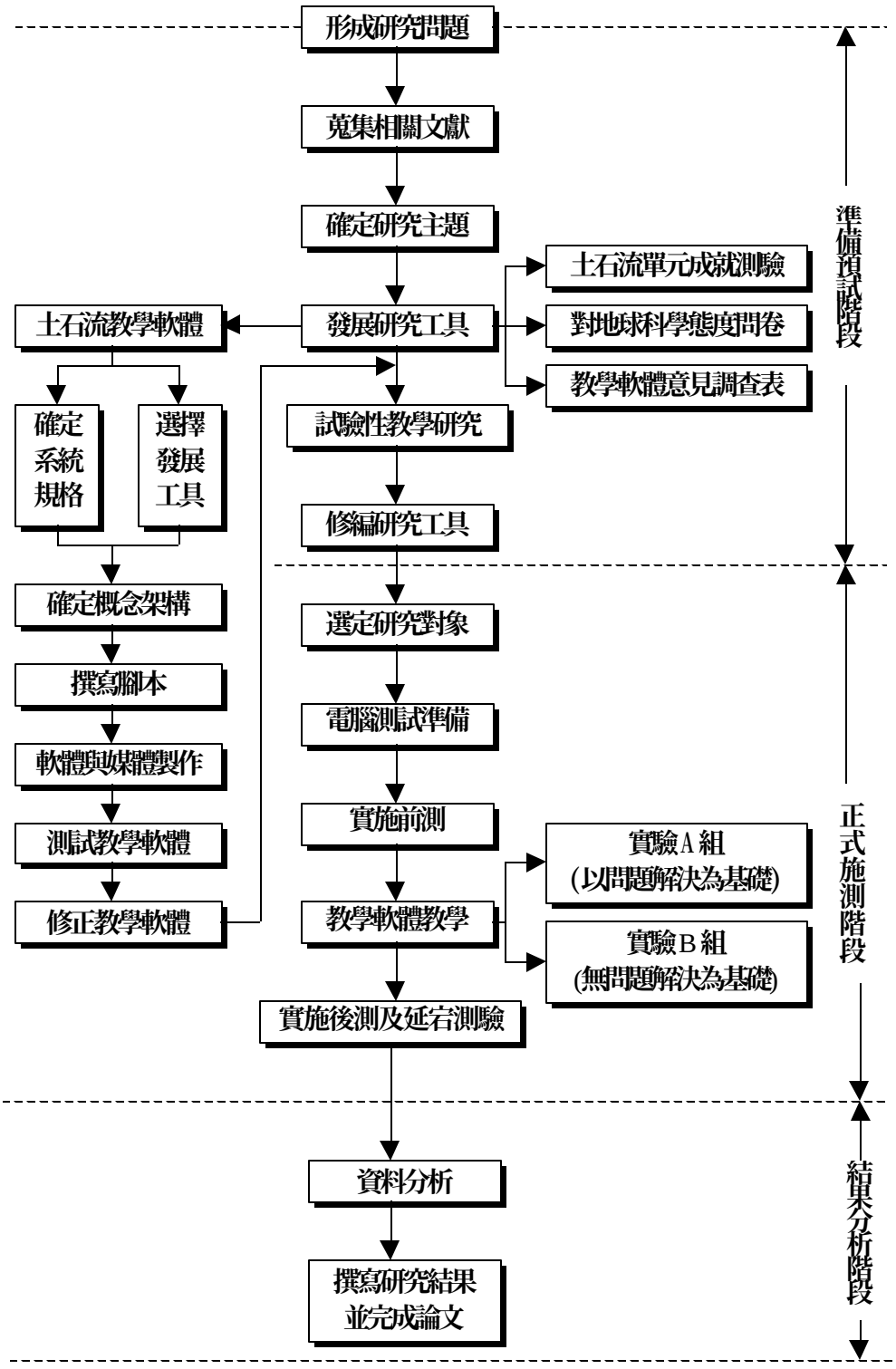
形成研究問題
蒐集相關文獻
確定研究主題
發展研究工具
土石流單元成就測驗
對地球科學態度問卷
教學軟體意見調查表
土石流教學軟體
確定系統規格
選擇發展工具
確定概念架構
撰寫腳本
軟體與媒體製作
測試教學軟體
修正教學軟體
試驗性教學研究
修編研究工具
選定研究對象
電腦測試準備
實施前測
教學軟體教學
實驗A組 (以問題解決為基礎)
實驗B組 (無問題解決為基礎)
實施後測及延宕測驗
資料分析
撰寫研究結果並完成論文
準備預試階段
正式施測階段
結果分析階段

圖 2：研究流程圖

本意見調查表乃以「電腦輔助教學課程軟體評估表」（李美瑜, 1994）為參考，再根據本研究實際的需要加以修編，由台灣師大地球科學研究所教授進行專家效度，並於試驗性教學研究結束後先將所得資料進行交叉檢驗以獲得有效樣本，再分析其內部一致性之Cronbach's α信度係數，其信度之α值為0.86。

本意見調查表的修編工作亦分為兩階段實施，第一階段在試驗性教學研究計畫之前，修編的主要目的是為了作為此土石流教材軟體第二次大幅度修改的依據，故調查表內容較傾向於針對教材軟體製作的部分，分為有關使用者介面的設計方面、使用者操作與指示的設計方面以及教材軟體內容的設計方面三個向度，最後再以「我有話要說」讓學生自由抒發對此教學軟體的感受，調查表共有 30 個問題。第二階段在正式研究之前，除了依據上述的三個評測向度外，希望對此教材軟體有較整體的評估，因此加入學生對此電腦輔助教學軟體的整體感受，而整份調查表的問題濃縮為 28 題。

四、研究設計

本研究分為兩個部分實施，第一部分為試驗性教學研究（pilot study），實驗組與對照組學生均接受前測（土石流單元成就測驗）後，兩組學生分別實施以土石流單元為教材的電腦輔助教學與對等之傳統教室教學，在兩節課的教學結束後，兩組學生進行後測，後測工具包括土石流單元成就測驗、對地球科學態度問卷、電腦教學軟體使用意見調查表，其中土石流單元成就測驗於前、後測及延宕測驗中使用相同試卷，施測完畢後以共變數分析法分析兩組後測成績是否達顯著差異，而電腦教學軟體使用意見調查表及對地球科學態度問卷的結果則作為第二度教學軟體修改與研究改進的參考。試驗性教學之研究結果可參考已發表之相關文獻（董家莒和張俊彥，1999; Chang, 2000; Chang, in press）。第二部分的正式教學研究設計（亦即本文的研究重心）與第一部分大致相同，但為了排除學生對電腦產生新奇效應（novelty effect）的影響以及不同媒體比較（media comparison）之爭議 (Clark, 1983, 1985, 1994)，而將兩組的比較改為實驗 A 組與實驗 B 組，亦即兩組同樣接受電腦輔助教學，但前者具備問題解決教學策略而後者則否。正式教學研究設計採用實驗研究法之等組前後測設計，亦即將學生分為接受「問題解決」為基礎之電腦輔助教學組（實驗 A 組）與接受「無問題解決」為基礎之電腦輔助教學組（實驗 B 組），在施以前測後即進行兩節課的電腦輔助教學，教學軟體中包含有六個主要的學習區，並以程式記錄學生的學習路徑與時間，教學結束後實施後測與八週後的延宕測驗。本研究之詳細實施流程見圖 2。

五、資料分析

實驗 A、B 組間的比較性研究可分為三個方面，一為比較兩組學生在「土石流單元成就測驗」之學習成就的差異；另一為探討兩組學生對地球科學的態度及對教學軟體觀感的比較；最後比較兩組於教學軟體操作時，其學習軟體時間的差異。另外，數據資料的處理則使用 SPSS 8.0 應用軟體進行分析。

(一)「土石流單元成就測驗」的學習成就之資料分析

在學習成就方面主要的分析方法為獨立樣本之單因子共變數分析法（Analysis of Covariance，ANCOVA），採用此統計的方法除了須符合變異數分析應有的基本假定（常態性、變異數同質性）之外，另一個重要的假定即為組內迴歸係數的同質性(homogeneity of within-class regression coefficient)，故資料分析的步驟為：

1. 常態性檢定：利用土石流單元成就測驗所測得的學生前測成績、後測成績以及延宕測驗成績分別對實驗 A 組與實驗 B 組進行常態性分佈的檢定，檢驗兩組受試者之成績是否達常態的標準。根據 Stevens（1996, p.238）所述：未達常態分佈時僅對 Type I error 有影響（robust to Type I error），而即使是非常歪斜（skewed）的分佈，也僅使 Type I error 高估為.055 或.06。故若無法滿足常態分布的條件時，則降低研究之顯著水準由 $p < .05$ 降低為 $p < .04$。
2. 變異數同質性檢定：將成就測驗的後測成績及延宕測驗成績進行變異數同質性檢定，檢驗兩組成績是否可代表同一母群。若無法滿足時，則將原始的數據資料加以轉換（transform），使之符合變異數同質性的假定。
3. 組內迴歸係數的同質性檢定：將成就測驗的後測成績及延宕測驗成績進行組內迴歸係數的同質性檢定，檢驗兩組成績的迴歸線是否滿足平行的條件。
4. 共變數分析：以成就測驗的前測成績作為共變數，組別作為自變數，並以後測成績或延宕測驗成績作為依變項進行共變數分析，以檢定兩組在教學後的成績是否達到顯著差異。而在針對不同問題層次的分析上也是一樣，均以各層次前測得分為共變數，對後測或延宕測驗中各問題層次的得分進行分析。

(二)「對地球科學態度」及「軟體使用意見調查」之分析

本階段主要是針對實驗 A 組與實驗 B 組學生在使用此教學軟體後，對地球科學態度及軟體使用觀感上有無顯著差異，所以使用兩獨立樣本的變異數考驗（Analysis of Variance，ANOVA）來分析。在進行變異數分析前，亦先檢定數據資料的常態性分佈及變異數同質性，若無法滿足此條件時，則降低顯著水準的臨界值或將原始數據加以轉換，使之符合常態性分佈或變異數分析的假定。

(三)「學生學習軟體時間」之分析

此階段除了以敘述統計分析全體學生使用軟體的情況外，亦使用變異數分析法來考驗兩組學生學習軟體時間的差異，並檢定變異數分析的條件。

研究結果

本研究的實驗結果分成五部分討論，其中包括兩組學生在「土石流後測及延宕測驗的分析」、「對地球科學態度的分析」、「對教學軟體使用意見調查的分析」、「教學軟體中學習狀況的分析」、及「小結」。以下茲分述如下：

一、土石流後測及延宕測驗分析

本研究中兩組學生的前測、後測及延宕測驗總成績均是由「土石流單元成就測驗」所測得，唯在測驗時間上分別為電腦教學前、教學後與延遲八週之後的時間進行施測。此處所分析的資料均滿足變異數同質性及組內迴歸係數同質性的條件，而兩組學生在土石流單元後測的表現如表 2 所示。研究結果顯示實驗 A 組的平均分數均高於實驗 B 組，且在知識層次以及測驗總分上達到顯著差異。

因土石流單元成就測驗中包含了知識、理解與應用等三個層次，根據龐費洛尼方法（Bonferroni method）須考慮此三個分項所造成 familywide Type I error，故在分項分析上應調整顯著差異的臨界值（critical value）為 .0167（亦即 .05÷3＝.0167，但若未達常態分佈之條件時，則再將臨界值 .0167 降低至 .016）以控制實驗之 Type I error。

為了檢測學生在接受不同教學策略後，對

表 2：實驗 A、B 組學生在「土石流後測」表現的差異分析

組 別	實驗 A 組（n = 78）			實驗 B 組（n = 77）				
項 次	後測平均	標準差	調整後平均數	後測平均	標準差	調整後平均數	F	p
知識層次	12.19	2.77	12.12	10.94	3.04	11.01	6.408*	.012
理解層次	45.78	6.66	45.31	43.06	7.84	43.54	2.456	.119
應用層次	11.08	3.64	10.83	9.27	4.38	9.52	4.054	.046
後測總分	69.05	9.49	67.68	63.27	10.18	64.66	4.647*	.033

*p < .016 在知識、理解、應用層次（未通過常態分佈檢定，故臨界值由 .0167 降低至 .016）

*p < .05 在後測總分

表 3：實驗 A、B 組學生在「土石流延宕測驗」表現的差異分析

組 別	實驗 A 組（n = 78）			實驗 B 組（n = 77）				
項 次	後測平均	標準差	調整後平均數	後測平均	標準差	調整後平均數	F	p
知識層次	12.63	3.16	12.57	12.32	3.23	12.38	.141	.708
理解層次	47.94	6.28	47.38	44.32	7.14	44.89	6.158*	.014
應用層次	10.90	3.75	10.48	9.29	4.73	9.71	1.382	.242
延宕總分	71.46	9.46	70.03	65.94	11.03	67.39	3.265	.073

*p < .016 在知識、理解、應用層次（未通過常態分佈檢定，故臨界值由 .0167 降低至 .016）

*p < .05 在延宕測驗總分

於影響其較久遠的長期記憶是否有差異，因此於教學八週後進行延宕測驗，而實驗 A、B 兩組學生在延宕測驗中的表現如表 3 所示，結果顯示實驗 A 組的學習成就平均上而言仍然均高於實驗 B 組，但僅在理解層次的表現上達到顯著差異。另外值得注意的是，在總分的表現上實驗 A 組幾乎顯著地優於實驗 B 組（p < .073）。

由以上的結果可知，接受問題解決基礎的實驗 A 組在後測的知識層次及後測總分上達到統計的顯著差異，且在八週後的延宕測驗中，理解層次上達到顯著差異，總分上幾乎達到顯著差異。

二、對地球科學態度的分析

為了瞭解兩組學生在經歷教學後對地球科學態度上有無差異，故在教學後即施以「對地球科學態度問卷」，其分析的結果如表 4 所示。其中整體態度的總分為常態性分佈；而各向度經過常態性檢定的結果皆屬於非常態性分佈。

由表 4 可知，實驗 A 組學生在三個向度以及態度總分上的表現均高於實驗 B 組的學生，但均未達到統計上的顯著差異。

三、對教學軟體使用意見調查的分析

為了回答「兩組學生在對教學軟體的觀感上有無差異存在」，故在教學之後亦立即施以

表 4：實驗 A、B 組學生「對地球科學態度」的差異分析

組　別	實驗 A 組（$n = 78$）		實驗 B 組（$n = 77$）			
項　次	後測平均	標準差	後測平均	標準差	F	p
對地科態度	29.56	3.58	29.18	4.04	.389	.534
學習地科態度	29.49	3.24	28.62	4.18	2.071	.152
參與地科活動	30.01	3.41	29.06	4.06	2.483	.117
態度總分	89.06	9.06	86.87	11.03	1.834	.178

*$p < .016$ 在對地科態度、學習地科態度及參與地科活動態度三分項（根據 Bonferroni method 將臨界值調整為 .0167）；再因未通過常態檢定，故降低臨界值為 .016

*$p < .05$ 在態度總分

表 5：實驗 A、B 組學生對「教學軟體觀感」的差異分析

組　別	實驗 A 組（$n = 78$）		實驗 B 組（$n = 77$）			
項　次	後測平均	標準差	後測平均	標準差	F	P
介　面	17.54	2.23	17.84	1.88	.850	.358
內　容	18.53	2.00	18.21	2.40	.803	.372
操　作	22.05	2.55	22.34	3.23	.376	.541
整　體	18.99	1.89	18.77	2.84	.326	.569
總　分	77.10	5.88	77.16	7.41	.002	.960

*$p < .012$ 對介面、內容設計、操作的方便性與對軟體的整體感受四個向度（根據 Bonferroni method 將臨界值調整為 .0125（.05÷4＝.0125）；再因未通過常態檢定，故降低臨界值為 .012）

*$p < .05$ 對意見調查表的總分上

「教學軟體使用意見調查表」，施測的結果如表 5 所示。軟體使用意見調查表的總分為常態分佈；而四個向度在常態性檢定的結果屬非常態分佈。

由上表 5 可知，實驗 A、B 兩組學生在四個向度與總分上均未達到統計上的顯著差異。

四、教學軟體中學習狀況的分析

研究者除了試著瞭解學生在學習成就上的差異外，尚希望瞭解全體學生使用教學軟體的情況，及實驗 A、B 兩組學生學習各學習區資料所花費時間的差異。為了針對此問題，研究者於教學軟體中設計了程式，以記錄學生於軟體中各學習區學習所花費的時間以及學習歷程。在此分析過程中，因學生擁有軟體路徑的主導權，故各學習區進出的次數及時間均不相同，所以研究者將學生於各學習區中曾經停留的時間或進出的次數累加後進行分析，但其中扣除學生隨意進出的無效瀏覽時間（在報紙、圖庫、書本及野外考察學習區之無效瀏覽時間為 20 秒以下，此為研究者所觀察之學生隨意瀏覽或進出各學習區間所需花費的過場時間；而在電視機及電腦學習區因內容皆為影片，且最短影片的放映時間最少須 30 秒鐘以上，故無效瀏覽時間定為 30 秒以下）。學生在教學軟體中各學習區的使用情況如表 6 所示。

表 6：學生在教學軟體中的使用狀況

項 次	學習人數	使用率	總時間(sec)	平均時間(sec)	標準差
電視機	147	94.8 %	92268	595.28	368.01
報 紙	142	91.6 %	47143	304.15	380.61
圖 庫	125	80.6 %	43212	278.79	254.56
電 腦	125	80.6 %	122600	790.97	666.01
書 本	131	84.5 %	42322	273.05	343.08
野外考察	108	69.7 %	44681	288.26	343.32
研究時間	155	100.0 %	393468	2538.50	1144.44
笑話次數	88	56.8 %	744	4.80	7.76
折返學習	39	25.2 %	103	.66	1.38
驗證次數	53	34.2 %	126	.81	1.51

表 7：兩組學生在各學習區學習所花費時間的差異分析

組 別	實驗 A 組（$n = 78$）		實驗 B 組（$n = 77$）			
項 次	學習時間	標準差	學習時間	標準差	F	p
電視機	587.54	324.13	603.12	409.70	.069	.793
報 紙	291.31	350.97	317.16	410.36	.178	.674
圖 庫	252.04	233.33	305.88	273.25	1.964	.163
電 腦	761.77	663.21	820.55	671.88	.300	.584
書 本	233.60	241.62	313.00	419.68	.944	.333
野外考察	374.56	389.83	200.84	263.59	11.421*	.001
研究時間	2509.05	1055.59	2568.34	1234.19	.602	.439
笑話次數	3.92	6.38	5.69	8.90	1.008	.317
折返學習	1.79	1.91	.63	1.07	10.270*	.002
驗證次數	.83	1.21	.79	1.76	.029	.866

*$p < .004$（因上列資料均未通過常態檢定，故整體的臨界值取為 $p < .04$；再因為將軟體分為十個分項討論，故根據 Bonferroni method 將臨界值再降低為.004，亦即.04÷10＝.004）

表 6 中的使用率及平均時間，是以學習人數及總時間除以總受測人數 155 人所得，由表中可發現，六個主要學習區中以「電視機」的使用率最高（94.8%）；以「野外考察」的使用率最低（69.7%），在學習區所花費的時間上，則以學生在「電視機」與「電腦」學習區平均所花費的時間較長。另外，有相當多數的學生並沒有經歷折返學習或驗證的歷程。其中「折返學習」是指學生在進行電腦試題驗證前，軟體中的主考官會請學生再次確定是否完全瞭解主題，若否，則在螢幕右下角有按鍵，可直接跳回該區域之主畫面繼續學習，折返學習次數即指學生自行跳回學習畫面的次數；「驗證」是指學生學完教學軟體時，會進入電腦試

題的驗證階段，以確定學生是否真正學習了研究主題，若未通過，則學生將無法離開程式，軟體自動跳回資料室的主畫面繼續學習，此循環的次數即為驗證次數。

另外，兩組學生在教學軟體各學習區所停留時間的差異上，先經過常態分佈與變異數同質性檢定，再以變異數分析法比較兩組學生的停留時間，所得結果如表 7 所示。

因上表之統計分析均未通過常態性分佈的檢定，故根據 Stevens（1996）的研究結果，本研究將顯著差異的臨界值降為 $p < .04$。另外，「折返學習次數」的分析人數因扣除「無折返學習機會者」，故實驗 A 組人數為 47 人；而實驗 B 組人數為 30 人。

由上表 7 可知，在電視機、報紙、圖庫、電腦、書本的使用時間以及總研究時間，還有觀看笑話的次數皆為實驗 B 組高於實驗 A 組，但均未達到顯著差異，而「野外考察」及「折返學習」兩個分項則為實驗 A 組高於實驗 B 組，且達到統計上的顯著差異。

五、小結

綜合上述的研究結果可大致歸納如下，接受「問題解決」策略為基礎的實驗 A 組在後測的知識層次及測驗總分上達到顯著差異，而於八週後的延宕測驗中，實驗 A 組在測驗總分上的表現幾乎顯著地優於實驗 B 組，並且從後測的知識問題層次轉為在理解問題層次上達到顯著地差異。

實驗 A 組學生在對地球科學態度上的三個分項上以及態度總分的表現均高於實驗 B 組但未達顯著差異。而兩組學生對教學軟體使用觀感的四個向度與總分上亦未達到統計上的顯著差異。

全體學生在軟體中「電視機」及「電腦」學習區的使用時間最長，若我們再進一步地比較 A、B 兩組在使用教學軟體時，其學習時間或次數上的差異，則可發現實驗 B 組在各學習區的停留時間大多高於實驗 A 組，但並未達到顯著差異；而在野外考察、折返學習及驗證次數三個部分則為實驗 A 組高於實驗 B 組，並且前兩個部分達到統計上的顯著差異。

討論與建議

接受「問題解決」策略為基礎的實驗 A 組在後測成就測驗中的各個問題層次，或是在後測總分上的表現均高於實驗 B 組，尤其在知識層次與總分上達到顯著差異，這證實了本研究中以「問題解決」為基礎的電腦輔助教學確實較無「問題解決」為基礎的電腦輔助教學更能增進學生的學習成就，此結論與本研究之前的 pilot study（董家莒和張俊彥，1999; Chang, 2000; Chang, in press）和許多專家學者所做與傳統教學比較之研究結果又更進了一步（Bagley & Klassen, 1979; Chisholm, 1996; Geban, Asker, & Ozkan, 1992; Rayner-Canham & Rayner-Canham, 1990）。而在延宕測驗中的問題層次之表現上，由後測中知識層次的顯著差異提升為理解層次的顯著差異，這可能意味著以「問題解決」為基礎的電腦輔助教學軟體給予了學生強烈的刺激，不但使學生留下深刻的印象，而且幫助學生運用「問題解決」的策略來思考問題，鼓勵了學生作更深層的瞭解，且很有可能即使隨著時間的流逝，學生因經歷了自我內化（internalization）及理解的過程，使得學生在八週後延宕測驗之認知層次的表現上有所提升，而這個結果也呼應了前人的研究：電腦輔助教學有助於學生學習地球科學概念(Chang, 2000; Chang, in press)，特別是在 Bloom 認知階層中的知識與理解層次（Tjaden & Martin, 1995）。

對地球科學態度的分析方面，許多的研究結果指出：以問題解決的教學策略或是以此策

略為基礎之電腦輔助教學均能有效的增進學生對科學的態度（劉君毅，1996；劉誌文，1995; Geban, Asker, & Ozkan, 1992; Rayner-Canham & Rayner-Canham, 1990）。但本研究的實驗 A 組雖然在三個分向度及態度總分的表現上均高於實驗 B 組，卻均未達到統計上的顯著差異，究其原因可能為本研究所設計的教學時間不足所致，很有可能因為態度的培養需要歷經較長時間的陶冶與養成（林生傳，1994），很難在區區兩節課的教學時間中達到改變態度的目標。

在軟體使用意見調查的分析方面，實驗 A 組與實驗 B 組所使用的教學軟體僅在程式開始時的「呈現問題」與「計畫解決途徑」步驟有差異，兩個步驟所花費的時間約為五分鐘，在進入資料室後，無論是軟體內容或是操作方法均完全相同，且操控權完全交給學生，故軟體使用狀況結果在四個分向度及總分的表現上均無顯著差異，這與研究者所預期的結果也頗為一致。

教學軟體的六個主要學習區中，報紙與書本是完全靜態的學習區，僅有文字與照片；在圖庫與野外考察則多為靜態圖片；而電視機與電腦中則均為呈現動態的影片。根據洪榮昭（1992）對電腦輔助教學軟體在介面設計上的研究，他認為圖形與文字運用於認知增強的反應如下：「在視覺的效果上，圖形比文字好，而動態圖形通常又比靜態圖形好，因此電腦版面的設計，宜盡量採用動態呈現的效果，可有效提高學生在學習上的刺激源」（p.39），這極有可能是學生在「電視機」及「電腦」學習區的使用時間最長的原因。至於在電視機與電腦的內容中，前者主要呈現土石流災情，後者則以台灣地質與颱風性質的知識層次內容為主，相較之下即可瞭解，由於電視機的內容較為輕鬆且較具有吸引力，故其使用頻率是六個學習區中最高者。

在兩組使用時間的比較下，由於使用時間的計算皆從進入資料室後開始測量，並未包含問題解決策略中「呈現問題」與「計畫解決途徑」的使用時間，故實驗 B 組直接進入資料室的結果，自然有較多的時間在教學軟體中搜尋運用與學習。而在野外考察的內容方面，主要為陳有蘭溪流域土石流災情的靜態照片，在內容的吸引力上沒有動態的影片強烈，所以實驗 B 組並未花費太多的時間在此學習區，但反觀實驗 A 組由於有片頭的「呈現問題」過程，亦即以當地災區驚駭的土石滑動以及災民哭述災害慘狀的動態影片來引起動機，給予了學生深刻而強大的震撼，也喚起了學生進一步一探災區的好奇心與解決問題的使命感，這可能可以解釋為何實驗 A 組在野外考察學習區所花費的時間顯著地多於實驗 B 組，這也可能是造成兩組學生在學習成就有顯著差異的原因之一。而在折返學習過程的顯著差異，則可能分別是因為學生為達成此「土石流問題」任務所努力的過程與結果所致。

綜合而言，兩組在教學軟體上的差異即為有無「問題解決策略」之過程，而研究者更進一步的推論造成學習成就顯著差異的主要原因，很有可能在於教學軟體之問題解決策略中的「呈現問題」步驟。因為，此步驟所代表的重要意義即為引起動機。Bruner（1961）強調要注重學生的學習動機，安排最佳的學習內容給學習者；張春興（1991）亦曾定義動機一詞為：「動機是指引起個體活動，維持已引起的活動，並導使該活動朝向某一目標進行的一種內在歷程」（p.250）；林生傳（1994）也提出：「動機是影響學習成就高低的因素中不容忽視的一個變項」（p.244）。所以在軟體「呈現問題」的步驟，研究者運用土石流具有震撼性的影片適當地引起學生的學習動機，學生經由此動機而獲得內心的共鳴與震撼，相對地產生主動學習以達成任務的使命感，終而可能因此提高了他們的學習成就。

本研究所研發以「問題解決」為基礎之電腦輔助教學軟體確實能更有效地增進學生的學習成效。在適當的軟體設計之下，其問題解決步驟中「呈現問題」的過程即可有效地引起學生的學習動機，並促使學生進一步想瞭解當地土石流災情而學習「野外考察」學習區；在動態影片與圖片的精心安排下，學生更活潑且更有效率地浸淫在教學活動中；而「折返學習」的歷程，則提供給學生自我省思與反覆練習的機會。這樣的設計開創了地球科學電腦輔助教材的新方向，也可提供將來在類似教學軟體設計上的寶貴經驗。

最後，本研究結果之推論應基於本研究設計及客觀因素之限制，例如：本研究對象為中部某國立高中高一的四個班級，因此，研究結果之推論應為類似本研究對象及學校的學生，並不宜推論至所有高一學生。本研究所設計的問題解決策略為「呈現問題、計劃解決途徑、資訊及資料的搜集整理儲存、執行計畫」等四步驟，因為研究者認為此四個步驟較有利於電腦教學軟體的發展並適合中學學生，而其他的問題解決策略並未列入討論的範圍。最後，本電腦輔助教學的學習成就乃針對地球科學課程中的土石流單元，因此本研究之結果若要推論至所有的電腦輔助教學課程及科學教學軟體上時，應特別留意其可推論性(generalizable extent)。

誌　　謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會專題研究計劃補助經費（計劃編號 NSC89-2511-S-003-061）、研究小組成員蕭建華、翁玉華、徐靜文、陳盈霖、王如玉、程上修的鼎力協助、和國立溪湖高中校長戴明國先生及該校提供之教學與行政上的支援，始得以完成。本文在投稿過程中，復蒙審稿委員提供許多寶貴的意見與建議，均此誌謝。

參考文獻

1. 李美瑜（1994）：情境學習環境與去情境學習環境對國二學生物理壓力概念學習成效影響之研究。台北縣：私立淡江大學教育資料科學研究所碩士論文（未出版）。
2. 林生傳（1994）：教育心裡學。台北：五南圖書出版公司。
3. 林政宏和毛松霖（1994）：科學教育指標之研究：科學學習進展指標—地球科學學習進展測驗甲卷（國中）。國立台灣師範大學地球科學系印行。
4. 邱貴發（1992）：電腦輔助教學成效探討。視聽教育雙月刊, **33**(4), 11-18。
5. 洪榮昭（1992）：電腦輔助教學之設計原理與應用。台北：師大書苑。
6. 許桂敏（1994）：電腦輔助教學與傳統教學在微積分學習效果上之比較研究。國科會研究報告，NSC82-0111-S011-011A。
7. 教育部（1995）：高級中學課程標準。台北：教育部。
8. 教育部（1998）：國民教育階段九年一貫課程總綱綱要。台北：教育部。
9. 教育部電子計算中心（1995）電腦輔助教學（二）。台中：資訊與教育雜誌社。
10. 陳明溥（1991）：CAI 之發展趨勢—多媒體電腦輔助教學。資訊教育叢書（五）電腦輔助教學（二），117-127。
11. 張俊彥（1998）：問題解決為基礎之電腦輔助教材發展研究-中等學校地球科學(一)。未出版之國科會專題研究計畫成果報告，NSC87-2511-S-003-048。
12. 張俊彥（1999）：問題解決為基礎之電腦輔助教材發展研究-中等學校地球科學(二)。未出版之國科會專題研究計畫成果報告，NSC 88-2520-S-003-004。
13. 張春興（1991）：現代心裡學。台北：東華

書局。
14. 溫嘉榮（1990）：電腦輔助教學理論與程式設計實務。台北：松崗電腦圖書資料有限公司。
15. 董家莒和張俊彥（1999）：以「問題解決」為策略之電腦輔助教學學習成效：以土石流單元為例。中華民國第十五屆科學教育學術研討會手冊, 133。
16. 鄭湧涇和楊坤原（1995）：對生物學的態度量表之發展與效化，科學教育學刊, **7**, 189-212。
17. 蔡東鐘（1997）：多媒體在科技素養教育上之應用。教育科技與媒體, **22**, 39-45。
18. 劉君毅（1996）：錨式情境教學法對國小學童數學學習態度影響之研究。台北縣：私立淡江大學教育資料科學研究所碩士論文（未出版）。
19. 劉誌文（1995）：國民小學自然科創造性問題解決教學效果之研究。師說, **87**, 19-26。
20. American Association for the Advancement of Science (1994). *Benchmarks for Science Literacy*. New York: Oxford University Press.
21. Bagley, C. A., & Klassen, D. L. (1979). Instructional computing in correctional institutions. *Educational Technology, 19*, 37-40.
22. Baldwin, B. (1970). Problem-approach guidelines applied to Dolores Peak quadrangle. *Journal of Geological Education, 18*(4), 155-160.
23. Bangert-Drowns, R. L., Kulik, J. A.,& Kulik, C-L. C. (1985). Effectiveness of computer-based education in secondary schools. *Journal of Computer-Based Instruction, 12*(3), 59-68.
24. Bloom, B. S. (1956). (Ed.), T*axonomy of Educational Objectives*. Handbook I: Cognitive Domain. New York: David McKay.
25. Bruner, J. S. (1961). *The Process of Education*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.
26. Casteel, C. A. (1989). Effects of chunked reading among learning disabled students: An experimental comparison of computer and traditional chunked passages. *Journal of Educational Technology Systems, 17*(2), 115-121.
27. Cavin, C. S., Cavin, E. D., & Logowski, J. J. (1981). The effect of computer assisted instruction on the attitudes of college students toward computers and chemistry. *Journal of Research in Science Teaching, 18*(4), 329-333.
28. Cavin. C. S., & Lagowski, J. J. (1987). Effects of computer simulated or laboratory experiments and student aptitude on achievement and time in a college general chemistry laboratory course. *Journal of Research in Science Teaching, 24*(2), 145-160.
29. Champagne, A. B., & Klopfer, L. E. (1981). Problem solving as outcome and method in science teaching: Insights from 60 years of experience. *School Science and Mathematics, 81*(1), 3-8.
30. Chang, C. Y. (1996). *The effect of a problem-solving based instructional model on the achievement and alternative frameworks of nine grade earth science students in Taiwan*. Unpublished doctoral dissertation: The University of Texas at Austin, Austin, Texas.
31. Chang, C. Y. (2000). Enhancing tenth graders' earth science learning through computer-assisted instruction. *Journal of Geoscience Education, 48*, 81-85.
32. Chang, C. Y. (in press). Comparing the impacts of a problem-based computer-assisted instruction and the direct-interactive teaching method on student science achievement. *Journal of Science*

Education and Technology.

33. Chang. C. Y., & Barufaldi, J. P. (1999). The use of a problem-solving-based instructional model in iniating change in students' achievement and alternative frameworks. *International Journal of Science Education, 21*(4), 373-388.
34. Chiappetta, E. L., & Russell, J. M. (1982). The relationship among logical thinking, problem solving instruction, and knowledge and application of earth science subject matter. *Science Education, 66*(1), 85-93.
35. Chisholm, M. A. (1996). Development and evaluation of a computer-assisted instructional program in an advanced pharmaco-therapeutics course. *American Journal of Pharmaceutical Education, 60*, 365-369.
36. Clark, R. (1983). Reconsidering research on learning from media. *Review of Educational Research, 53*(4), 445-459.
37. Clark, R. (1985). Confounding in educational computing research. *Journal of Educational Computing Research, 1*(2), 137-148.
38. Clark, R. (1994). Media will never influence learning. *Educational Technology Research and Development, 42*(2), 21-29.
39. Dewey, J. (1910). *How We Think*. Boston: Heath.
40. Dillshaw, F. G., & Bell, S. (1985). *Learning outcomes of computer programming instruction for middle-grades students: A pilot study*. Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching. St. Paul, MN.
41. Geban, O., Askar, P., & Ozkan, I. (1992). Effects of computer simulations and problem-solving approaches on high school students. *Journal of Educational Research, 86*(1), 5-10.
42. Hannafin, M. J. (1984). Guidelines for determining instructional locus of control in the design of computer-assisted instruction. *Journal of Instruction Development, 7*(3), 6-10.
43. Hayes, J. R. (1980). *The Complete Problem Solver*. Philadelphia: Franklin Institute.
44. Hughes, W. R. (1974). A study of the use of computer simulated experiments in the physics classroom. *Journal of Computer Based Instruction, 1*, 1-6.
45. Krajcik, J. S., Simmons, P. E., & Lunetta , V. N. (1986). Improving research on computers in science learning. *Journal of Research in Science Teaching, 23*(5), 465-470.
46. Kulik, J. A., & Kulik, C. C. (1987). Review of recent research literature on computer-based instruction. *Contemporary Educational Psychology, 12*, 222-230.
47. Litchifield, B. C., Driscoll, M. P., & Dempsey, J. V. (1990). Presentation sequence and example difficulty: Their effect on concept and rule learning in computer-based instruction. *Journal of Computer-Based Instruction, 17*(1), 35-40.
48. McKenzie, G. D., & Fuller, J. O. (1987). Group approach to solving problems (GRASP) as an option for introductory geology. *Journal of Geological Education, 35*(3), 130-133.
49. Merrill, P. F., & Hammons, K. (1996, 3rd ed). *Computer in Education*. Boston: Allyn and Bacon.
50. Meyer, R. E. (1974). Problem-solving in two ninth grade minicourses: earth - environmental science, and oceanography. *Journal of Geological Education, 22*(3), 127-128.
51. Mulopo, M. M., & Fowler, H. S. (1987). Effects of traditional and discovery instruction approaches on learning outcomes for learners of different intellectual development. A study of

chemistry students in Zambia. *Journal of Research in Science Teaching, 24*(3), 217-227.

52. National Research Council (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
53. Piburn, M. D. (1994). Three hypotheses about domain specific background knowledge and achievement in science. *ERIC/SMEAC Science Education Digest*.
54. Polya, G. (1945). *How to Solve It: A New Aspect of Mathematical Method*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
55. Rayner-Canham, G. W., & Rayner-Canham, M. F. (1990). Teaching chemistry problem solving techniques by microcomputer. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 9*(4), 17-23.
56. Rieber, L. P., Boyce, M. J., & Assad, C. (1990). The effects of computer animation on adult learning and retrieval tasks. *Journal of Computer-Based Instruction, 17*(2), 46-52.
57. Roblyer, M. D., Castine, W. H., & King, F. J. (1988). Assessing the impact of computer-based instruction : A review of recent research. *Computers in the Schools, 5*(3/4), 1-149.
58. Rubinstein, M. F. (1975). *Patterns of Problem Solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
59. Russell, J. M., & Chiappetta, E. L. (1981). The effects of a problem solving strategy on the achievement of earth science students. *Journal of Research in Science Teaching, 18*(4), 295-301.
60. Saunders, W., & Shepardson, D. P. (1987). A comparison of concrete and formal science instruction upon science achievement and reasoning ability of sixth grade students. *Journal of Research in Science Teaching, 24*(1), 39-51.
61. Shepardson, D. P. (1991). *Relationships among problem solving, student Interactions, and thinking Skills*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association of Research in Science Teaching, Lake Geneva, WI.
62. Stevens, J. (1996, 3rd ed). *Applied Multivariate Statistics for the Social Science*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
63. Thompson, A. D., Simonson, M. R. & Hargrave, C. P. (1996, 2rd ed). *Educational Technology: A Review of the Research*. Bloomington, IN: The Association for Educational Communications and Technology.
64. Tjaden, B. J., & Martin, C. D. (1995). Learning effects of CAI on college students. *Computer & Education, 24*, 271-277.

To Problem Solving or not to Problem Solving? A Comparison of Different CAI Effectiveness

Chun-Yen Chang[1] and Chia-Chu Tung[2]

[1]Department of Earth Sciences, National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan

[2]Taipei Municipal Jen-Ai Junior High School, Taipei, Taiwan

Abstract

The main purpose of this study was to develop the Problem-Solving-Based Computer-Assisted Instruction (PSBCAI) and investigate the impacts of the PSBCAI on students' learning outcomes. The PSBCAI is based on the following four problem-solving stages: presenting the problem, planning solutions, collecting necessary information, and carrying out plans. Participants included 155 tenth-grade students enrolled in a required earth science course at a national senior high school located in the central region of Taiwan. Data collection instruments included the *Achievement Test on the Debris-Flow Hazard*, *Attitudes toward Earth Science Inventory*, and the *CAI Opinions Questionnare*. A pretest-posttest control-group experimental design was employed, i.e., the experimental group students received the PSBCAI and the comparison group students received the Non-PSBCAI (NPSBCAI). The pretest, posttest, and a retention test were administered to the students immediately before, after, and 8 weeks after the CAI instruction, respectively. The CAI software consisted of six major learning sections and was able to log students' learning and duration. An analysis of variance (ANOVA) and an analysis of covariance (ANCOVA) were used to analyze quantitative data. results revealed that (1) the PSBCAI significantly improve the achievement of students, especially at the knowledge level, to a greater degree than the NPSBCAI; (2) the PSBCAI significantly enhanced students' comprehension level on the retention test to a greater degree than the NPSBCAI; (3) there were no significant differences between the two groups on both student attitudes toward the subject matter and student opinions toward the CAI; and (4) the PSBCAI group students spent significantly more time in the simulation-type "Field Trip," learning section than the NPSBCAI group students. The PSBCAI group also engaged in significantly more metacognition-type reflection than the NPSBCAI students. These findings suggest that incorporating the PSBCAI into secondary schools has the potential to improve students' earth science achievement and serving as a model for future CAI development.

Key words: Secondary Education, Problem Solving, Computer-Assisted Instruction, Learning Outcomes.