

第二章 文獻探討

本研究嘗試編製「領域特定知識測驗 (DSKT)」、「推理能力測驗 (RST)」和「態度測驗 (AT)」等三樣測驗工具，以評量學生在經歷「以問題解決為基礎之土石流 CAI 問題解決電腦輔助教學課程」(董家莒、張俊彥, 1999)前後之成效，並輔以晤談的方式探究學生「後設認知」與「領域特定知識測驗 (DSKT)」、「推理能力測驗 (RST)」和「態度測驗 (AT)」三項測驗前後測的關係、及由晤談編碼結果初步整理學生作答習慣技巧和學生概念改變及其來源等。因此本章將分為「電腦輔助教學的定義及特質」、「問題解決在電腦輔助教學上的應用」及「問題解決相關變項研究」等三節進行討論。

第一節 電腦輔助教學的定義及特質

一、電腦輔助教學的意義及特性

電腦輔助教學的起源可追溯至 1920 年代美國哈佛大學心理學家 Skinner 的研究：Skinner 使用編序教學技術，將學生所需要學習的教材分割成一系列的小教材，再以教學機予以呈現，使學生可依序地學習。而最早期的電腦輔助教學課程，是在 1950 年代由美國 IBM 公司的研究中心所發展，目的是將之應用在員工的在職訓練，在這之後，電腦的進步及電腦輔助教學的發展突飛猛進。

電腦輔助教學是直接運用電腦之交談模式來呈現教材，並控制個別化學習的教學過程 (Hicks & Hyde, 1973)。是運用電腦以增強學習或訓練的領域，目標包括：增加原有教學及訓練的方法和課程發展的實驗、加速學習的課程、提供補救教學、提供個

別化教學、提供豐富教材、達到更高水準、提高教學效率、提供立即需求的教學等（洪榮昭，1992）；趙志揚（1989）對電腦輔助教學的定義為：透過電腦科技、結合學習理論以執行教學內涵的一種教學方式；也就是將事先經過縝密設計的教學內容編寫成教學軟體置入電腦中，使學生可依據自己的進度或學習需要，逐一針對該軟體所呈現的內容進行學習，整個過程可以隨時停止、自動記錄學習結果、並且具有考核的功能；Sipple & Sipple（1980）則是定義為：是將學生置放在已經編寫好的電腦互動模式課程中的一種教育觀念，電腦可以依照學生先前的學習反應來調整進度；邱貴發（1994）則認為電腦輔助學習的核心概念是指在某個文化社會環境中，以領域知識為主幹，運用合適的學習理念及合適的電腦科技輔助該領域知識的學習（圖 2-1.1）。因此，可知，學習理念及電腦科技皆為領域知識所選用，電腦輔助教學的設計亦以領域知識所主導。

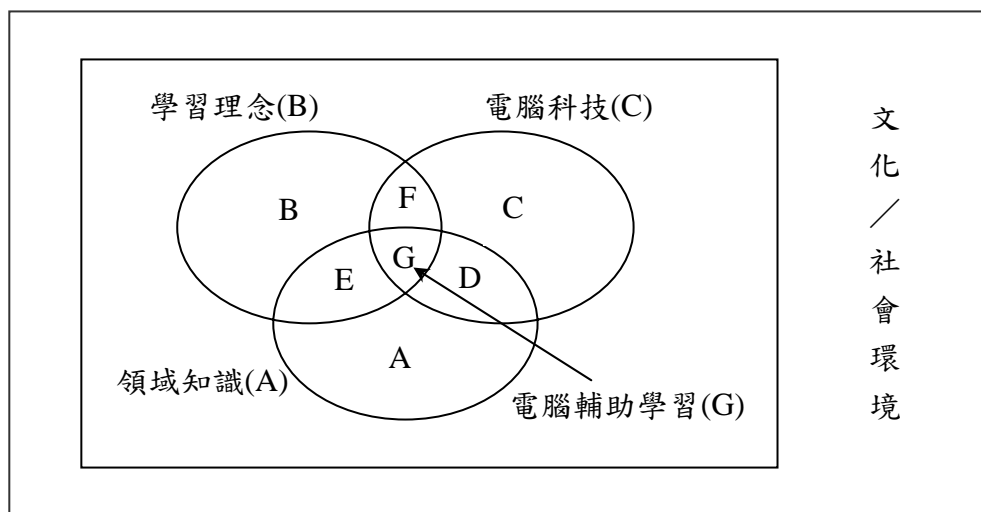


圖 2-1.1 電腦輔助學習的位置（引自邱貴發，1994）

電腦輔助教學簡而言之是一種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。（董家莒，2000）

董家莒（2000）將電腦輔助教學和傳統教學特質的比較製表如表 2-1.1 所示：

表 2-1.1 電腦輔助教學與傳統教學的優缺點（改自董家莒，2000）

電腦輔助 教學功能	優點	缺點
個別化教育	立即回饋、可自我控制學習進度、自由選擇路徑以適應學生的個別化差異。此特質可使學習快的資優生學得更快，學習慢的也可因自我學習而大有進步。	教材的準備必須更多樣化，會增加教師教學準備的時間而提高教育的成本。
時空限制減少	電腦輔助教學可以做 24 小時的服務，在任何有相容性電腦設備的地方都可以學習，且若學習中斷可隨時回到原來學習註腳的地方。另外，磁片攜帶亦極其方便。	可能間接助長了在正規上課時間不專心或蹺課的可能性。
提高學習興趣	電腦輔助教學藉著視覺與聽覺方面的資訊來呈現欲傳遞的教學內容，使學生獲得較多且較具變化的感官刺激，提高學生的學習興趣。	以多媒體的方式提高學習動機，並非適用於任何課程。
增加學習效果	電腦輔助教學依恃專家精心的教材設計及呈現方式，導致學生有積極的學習動機，同時在學習中常得到立即的回饋，自然有助於提升學習效果。	一個優良的教學軟體所需投注的時間及金錢遠超過傳統教學。
多元化內容	電腦輔助教學所包含的資訊可以各種不同的多媒體形式來呈現，例如文字、圖形、聲音、影像及動畫等，可促進學生快速有效的記憶。	愈複雜的影像及多媒體效果將需要高階的硬體設備，非一般學校能負擔

適應人格發展	電腦提供中性的反應，給學生隱私並減少面對同學時的壓力，可使害羞的學生獲得較舒坦的學習環境，並可重複出現課程或問題多次，增加自我學習機會。電腦的重複性可讓學生多次學習而獲得自我肯定。	若長久滿足在終端機前的學習環境，可能減少和別人的社交機會，而導致人際關係的不良發展。
教材發展應用	教材發展是由教育學者、教師、學師及程式專家等共同編寫出來，可節省很多教學的勞力與時間，使教師有時間去從事其他的教學研究或活動。對於有危險性或實驗有困難的教材，以 CAI 表現最好。	發展初期的人力與時間是很大的投資。
傳統教學功能	優點	缺點
互動學習	大班教學可增加學習互動的機會，節省教師人力，且團體教學較具啟發性，可激發學生不同的思考方式，相引出更多的問題。如分組討論或小組報告。	互動學習環境氣氛的掌握最重要，掌握不好則將造成反效果。
教師身體語言	擅用身體語言可使學習發揮最大功效，適時地給予口頭上的獎勵與責備，還可利用身體上的動作給予實質的獎勵與責罰。例如微笑。	運用不當也容易造成反效果。
語言表達	教師在課堂上講解課程時，語意表達可以隨時保持機動與彈性，隨時觀察學生的態度來應變當時的情況。	教師的素質與素養更形重要，常是教學成功與否的關鍵。
情意教學	教師可以視學生的回答反應與學生的情緒表現，採取適當的雙向溝通。	

藉由以上電腦輔助教學與傳統教學的比較，有助研究者清楚地瞭解其間的差異及深入瞭解兩者分別在教育功能上扮演的角色，研究者更得以在研究中進一步的推論與提出教學上的實質建議。

二、電腦輔助教學的型式

為達到有效的學習目的，電腦輔助教學依據教學目標的不同，衍生出許多種型式，各個電腦輔助教學型式隨著教學性質的不同各有其適用的場合及對象。根據洪榮昭（1992）及溫嘉榮和邱乾輝（1990）的分類大致可分為以下六種：

（一）輔導家教式（tutorials）

此種教學軟體著重於知識的傳授，強調先把教材內容提供給學生，再依照學生的學習速度教給學生各種概念及技巧。課程中還需設計評量學生成就、診斷與補救的方法，是可供學生作自我學習的教材，就如同家教在旁指導一樣。由電腦系統扮演教師的角色，軟體呈現的過程類似教學講義的編輯。

（二）練習式（drill & practice）

此教學軟體較注重技巧及熟練性的培養，它甚至不教導學生知識或操作的方法，僅提供學生在反覆練習中訓練技巧及操作的精熟，例如打字練習或算數演練等教材，教師可將其當作家庭作業或課本中的練習題，此種挑戰式的教學有時可獲得更強的學習動機。

（三）模擬式（simulation）

通常在執行一個工作時，需要正確地執行各種決策或正確地解釋各種數據，但有時這些過程在現實情況中並不容易表達，或甚至帶有某種危險及傷害的可能性時，模擬式教學軟體是最好的學習方式，其意義就是要對實際狀況盡可能加以揣摩，讓學生

能從螢幕上感受到實際現象，而進行學習或做適當的決策及反應。例如開飛機、做危險的化學實驗等。

（四）教學遊戲式（instructional games）

遊戲是一種重要的學習模式，它最能引起個體的動機，也最能保持學生的學習興趣，若把教學內容透過遊戲的方式來表達，將可帶給學生很大的學習興趣、並吸引學生的注意力，達成寓教於樂的理想。

（五）對談式（dialog）

這是一種真正的互動方式，也就是電腦和學生在對話（conversation）及問答，是相當複雜的教學方法，但卻是最好和做有效的方法，但是這種軟體寫起來很複雜也很困難，同時也要有很大的資料庫，智慧型電腦輔助教學（Intelligent Computer-Assisted Instruction ICAI）的資訊研究即是一種對談式電腦輔助教學的運與發展。

（六）問題解決式（problem solving）

問題解決式的電腦輔助教學，主要是設計一些問題來指導學生如何思考可能的解決方案，學生也可以用詢問的方式，設法瞭解問題的癥結或真相，並加以驗證來幫助學生熟悉問題解決的方法模式，以訓練學生的問題解決與分析能力。此模式常被用於兩種解決問題的教學活動中，如利用已有的或收集到的數據在電腦中求得答案，或是在學校課程中作為補救教學，前者如利用統計程式解決問題研究上的問題，後者如數學上的演算。

董家莒（2000）提到本研究所使用之 CAI 土石流單元電腦輔助教學軟體特色如下：此軟體並非單一根據上述某一種分類型式來設計。軟體中有多個平行且具備可選擇性的學習區。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觀念，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

中節錄了土石流發生時的記錄影片及圖片，並設計有災後現場的野外考察學習區，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的方式設計，但在學習區目錄融入隨機的卡通或笑話給予學生驚喜，並在最後課程單元結束且通過測驗後即可進入兩種小遊戲（打雪人與拍蒼蠅）的應用程式，以增加學習動機。本「問題解決」為基礎的電腦輔助教學，是先確認問題後，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。

此電腦輔助教學有兩種操作模式，一種是將軟體光碟複製至各個電腦供學生個別自我學習或可帶回家重複學習及使用，係為學生中心的教學方式；另一種模式是教師在課堂將電腦輔助教學課程的整個流程完整地模擬一次，其間並交雜老師與學生的互動和問答，此種教學方式為教師中心。本研究在考量學校行政教學各方面的情況後，選擇使用的模式是後者，之前的研究顯示教師中心和學生中心這兩種學習方式各有學生偏好，所以本研究在課程中再附加簡單的學習單讓學生有互動討論的機會，也因此本研究所使用的教學模式較不包含教學遊戲式和練習式兩種方式，但上述文獻（董家莒，2000）中所提到的其他教學模式，都有在教學當中呈現。

第二節 問題解決在電腦輔助教學上的應用

本節將分點簡單地介紹問題解決的意義，並進一步地介紹問題解決式的電腦輔助教學教學設計概念，及電腦輔助教學與問題解決的相關研究。

一、 問題解決的意義和重要性

問題解決(problem solving)是一種過程，其活動源起自人與環境的互動，如 Gagne (1970) 認為問題解決可視為一種過程，結合且運用先前所學的規則去解決新奇的情境，並且在過程中產生新的學習。

問題解決也是一種複雜的心智歷程，許多學者亦針對此議題提出他們的看法：

Dewey (1933) 提出問題解決的五大步驟為：1.發現問題或困難 2.確定問題的性質 3.提出可能的解釋方案 4.選擇合理的解釋方案 5.驗證而成立結論。

Greenfield(1987)歸納以往問題解決研究提出三項與問題解決有關之規劃與策略：

1. 問題解決的一般規則：全盤瞭解狀況暫不下判斷、應用思考模式或策略、改變表徵系統、提出妥切問題、抱持懷疑心等。
2. 問題解決的策略步驟：界定問題→構思（分析問題→蒐集資料）→計畫（提出解決方案）→執行計畫（嘗試解決）→檢討。
3. 研擬問題解決的過程中，準備階段和執行階段的策略：
 - (1)準備階段：區辨相關及無關的資訊→作圖分析問題→組織歸納已有資料。
 - (2)執行階段：找出問題解決有關的事項（下游問題）並排序→克服下游問題→考驗對立假設→推論→由果溯因。

Chang (1996) 亦對問題解決的過程模型做了詳細的分析與整理，發現這些過程模型明顯地包含了準備、實行、評估三個階段：

1. 準備階段：問題解決者試圖從自己的舊經驗及知識中瞭解這個問題，並根據各種現有的資料，開始建構解決此問題的方針或藍圖。
2. 實行階段：問題解決者運用各種的模式或方法，將上述的方針或藍圖付諸實施，想辦法解決此問題。
3. 評估階段：問題解決者可能會得到不同的解答；在此階段，他們必須評估各個解答的正確性及結果，如有需要可能重新來過。

藉由這些文獻探討，將得以瞭解問題解決的心智歷程，並有助於研究者瞭解下一節將探討的將問題解決歷程融入電腦輔助教學的原理及流程。

國內在培養及提升學生的問題解決能力上，無論在新課程或舊課程皆是科學教育的重要目標之一（教育部，1995、教育部，2004），九年一貫課程改革中也指出；養

成獨立思考及反省的習慣，有系統地研判問題，並能有效解決問題和衝突為學生在國民教育階段所應培養之基本能力（教育部，1999），不僅如此，在國外的科學教育課程也強調問題解決能力的重要（Advancement of Science, [AAAS], 1994; Champagne & Klopfer, 1977, 1981; National Curriculum Council, [NCC], 1988; Omasta & Lunetta, 1988; Slack & Stewart, 1990），由此可知「問題解決」在科學教學與學習中的重要性。

二、問題解決式的電腦輔助教學

Rayner-Canham & Rayner-Canlam（1990）曾嘗試將問題解決的歷程運用於電腦上，而提出了「確認問題、計畫解決策略、蒐集資訊、及執行計畫」四階段的電腦輔助教學教材；此外，Chang & Barufald（1999）也採用改良式的「搜尋、解決、創造、分享」的問題解決教學應用於地球科學課堂上。本研究所使用的問題解決式電腦輔助則進一步整合問題解決教學模式為：「呈現問題、計畫解決途徑、資訊及資料的蒐集整理儲存、執行計畫」等四步驟所設計，因為這樣的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材的設計與發展（張俊彥，1998；董家莒，2000）。本研究所使用的土石流問題解決電腦輔助教學教材軟體內容結構圖如圖 2-2.1 所示：

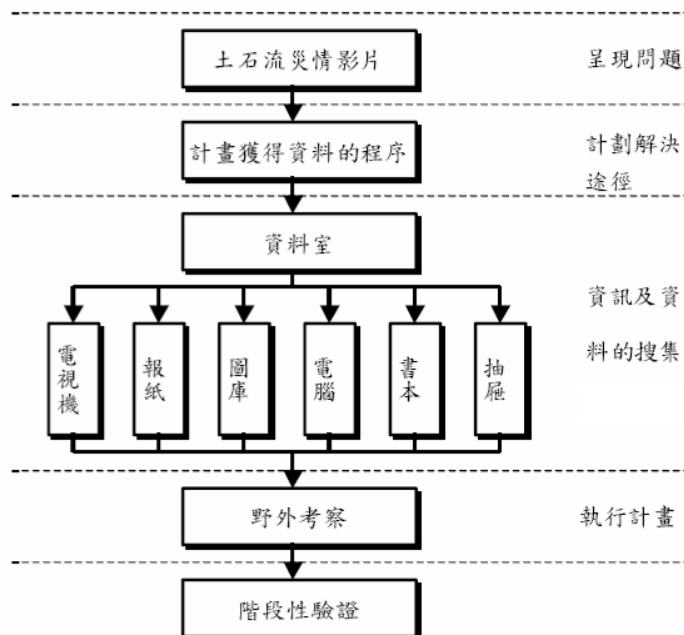


圖2-2.1 土石流教材軟體內容結構圖

三、 電腦輔助教學與問題解決的相關研究

此方面的研究在科學教育上早期是出現在數學教育，如 Fred Nolan (1984) 相信問題解決的技能是可以藉由電腦教學的方式傳授給學生，使學生成為一個好的問題解決者，他並鼓勵軟體設計者與教育學者一起做創作出理想的教學軟體。

Rayner-Canham & Rayner-Canham (1990) 則提出使用電腦輔助教學來教導學生問題解決技能的方法，並設計了「確認問題、計畫解決策略、蒐集資訊、及執行計畫」四階段的電腦輔助教學教材於化學學科上，認為以電腦呈現的方式可以超越教室教學與教科書的內容，可增進學生學習成效及問題解決能力。Geban, Asker, & Ozkan (1992)，以實驗研究法對 200 名九年級學童進行九週以上的實驗教學，研究工具包括化學成就測驗、科學過程技能、化學態度、邏輯思考能力測驗，研究結果發現實驗組的化學成就測驗及科學過程技能顯著地高於控制組，且態度有更正向的結果。

國內在地球科學教育的研究中，董家莒和張俊彥 (1999) 發現接受問題解決式的電腦輔助教學學生其學習成就顯著地高於接受傳統教學的學生，且在知識及理解層次的試題上亦達到顯著差異。董家莒 (2000) 以 155 名高一學生為研究對象，同樣獲得上述的研究結果。

第三節 問題解決相關變項研究

解題是人類每天生活的重心，透過各類問題的解決，人類才得以適應環境(Siegler, 1991)。問題解決涉及複雜的歷程與認知能力，也是一種高層次技能的表現(Champagne, 1988；Resnick, 1992)，有關問題解決的相關研究，多從問題解決的歷程、問題解決策略、專家與生手的解題差異…等著手。

Holyoak (1990) 認為解題與科學過程技能有密切的關係，Niedelman (1990) 提出學科先備知識及過程技能是問題解決的兩個思考技能，楊坤原 (1999) 也認為問題解決和過程技能有密切的關係，是一種涉及以現有知識之組合為基礎的創造性活動。在張俊彥和翁玉華 (2000) 的研究結果中也發現我國高一學生問題解決的能力與其科學探究之過程技能呈中度相關，而問題解決高、低能力不同者，其科學過程技能之表現亦有顯著的差異。

許多認知心理學家比較專家 (Expert) 和生手 (Novice) 的解題表現差異 (Smith,1991；Barba,1990；王春展，1997；楊坤原，1999)，這有助於研究者釐清問題解決的相關因素：

Barba (1990) 綜合地球科學問題解決的相關研究提出專家的解題模式：

1. 專家使用較多的事實性及概念化的知識和知識的規則原理。
2. 專家有較豐富的解題形式。
3. 專家將複雜問題分成好幾部分。
4. 在某些原則內解題技巧可轉化，但非所有的解題技巧皆可轉化。
5. 專家使用不同的問題表徵含意。
6. 有經驗的解題者可發現多重的解答途徑，專家並可形成考驗較多的假設。
7. 專家可較敏捷地反應解答。

王春展 (1997) 則綜合相關研究，分別從基模、知識組織、問題表徵、解題策略比較專家與生手在問題解決表現的差異 (如表 2-3.1 所示)。

表 2-3.1 專家與生手之問題解決表現的差異（引自王春展，1997）

	專家	生手
基 模	<ol style="list-style-type: none"> 1. 先備知識（語意、程序、策略等知識的質量較佳且多） 2. 相關解題經驗較佳且豐富 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 先備知識的質量較差且少 2. 相關解題經驗較差且欠缺
知 識 組 織	<ol style="list-style-type: none"> 1. 系統性組織的統整知識 2. 活用短期與長期記憶機制 3. 有系統地串連記憶策略 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 缺乏系統性的零碎知識 2. 缺乏有效經濟的記憶技巧 3. 缺乏統整組織零散訊息的記憶
問 題 表 徵	<ol style="list-style-type: none"> 1. 問題表徵能力較佳 2. 重視問題的深層結構意義，能理解問題的結構重心 3. 合適的問題知覺（perception）與分類（categorization） 4. 有效合適的解題問題空間 5. 兼用陳述性與程序性知識 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 問題表徵能力差 2. 傾向問題的表面結構意義，不能找出問題重心 3. 問題覺知與分類容易出錯 4. 無法有效合宜的解題問題空間（problem space） 5. 缺少有效的程序性知識
解 題 策 略	<ol style="list-style-type: none"> 1. 能選用適當的解題方法 2. 進行有效的解題計畫 3. 傾向使用順向解題（work forwards）策略 4. 後設認知、類比推理等能力較佳，有利解題 5. 解決問題的效率較佳 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不容易找出適當的解題方法 2. 隨機找尋答案與解題方法 3. 傾向使用倒向解題（work backwards）策略 4. 後設認知、類比推理等能力欠缺，不易解題 5. 解決問題的效率欠佳

楊坤原（1999）根據文獻分析歸納專家與生手之問題解決表現差異：

1. 整體而言，專家的解題速度較快，較精確，所犯的錯誤比較少，學科知識上的迷思概念也較少。
2. 在問題表徵與分類方面，專家會根據問題所涉及的學科知識（定理、規則等）來分析問題，建構問題的表徵。然生手則以問題的表面結構（如：問題所附的圖形）或以具體事物來表徵問題。

3. 在問題解決之前，專家會花較多時間構思解題計畫，而生手較少建立解題計畫。
4. 專家因具有明確的程序性知識和概念性知識，並能加以活用，故他們能使用較合適的解題方法，而且採取的解題策略與生手亦不同。
5. 在後設認知方面，專家其自我監控（self-monitoring）的技能較好，故在解題之後，他們會主動檢查和評鑑答案的完整性，而生手則通常不會如此，他們大都只是重複驗算，但沒有考量完整性。

Smith（1991）在綜合許多研究後，將問題解決相關因素分為內在與外在因素：

（一）內在因素：包含問題脈絡（problem context）、問題結構（problem structure）、社會因素（social factors）等。

（二）外在因素：包括態度（affect）、經驗（experience）、領域特定知識（domain-specific knowledge）、一般性問題解決知識（general problem-solving knowledge）、問題解決者的知識必須適當、有組織、易取得、具整合及正確性（the problem solver's knowledge must be adequate, organized, accessible, integrated, and accurate）、其他個人特質（other personal characteristics）等。

吳佳玲和張俊彥(2001)發現學生之「先備知識」、「推理能力」與問題解決能力中之「發散思考」、「收斂思考」具有高度解釋力與預測力，並提出「先備知識」、「推理能力」和「問題解決能力」應有一定影響。

Jonassen（2000）認為問題解決能力應該包含問題的本質（nature of problem）、問題表徵（representation）及問題解決者在調解問題過程中的個別差異（individual differences）。個別差異包含的因素，除了知識的層面（學科知識、結構性知識、程序性知識、概念性知識）外，尚包含學科推理能力、認知風格、一般性的問題解決策略、自信心及動機和持續性。

本研究主要的目的是欲以研發之「領域特定知識測驗 (DSKT)」、「推理能力測驗 (RST)」、「態度測驗 (AT)」以及「後設認知晤談工具」等探討「以問題解決為基礎之土石流 CAI 問題解決電腦輔助教學課程」(董家莒、張俊彥, 1999)之成效, 以下將就領域特定知識、推理能力、態度、性別及後設認知與問題解決的關係做深入的相關文獻探討。

一、 領域特定知識

解題是學習者主動建構知識的學習歷程 (Gagne, 1985; Yore & Russow, 1989), 許多研究 (Thorsland & Novak, 1971; Wesnay, 1977) 顯示了在科學教育上的問題解決與先備知識關係密切。Rowell, Gustafson & Guilbert (1997) 亦曾提出先備知識對問題解決的重要性。張俊彥和翁玉華 (2000) 則定義問題解決為個人運用先前知識、技能和理解能力去滿足新情境的需要, 並重組他所擁有的資訊, 發展出新的方法, 以獲得解答的過程。在此情境之下, 知識和思考能力的運用應須充分的表現於「問題解決」的過程中。

而自 1972 年 Newell 和 Simon「人類的解題」(Human Problem Solving)(Newell & Simon, 1972) 一書出版後, 解題研究的內容便由以往的領域一般性 (Domain general) 開始進入領域特定 (Domain specific) 的範疇。「知識」是思考和解決問題的基礎, 無論是哪一個科學領域的解題研究皆一再強調結構化的知識 (尤其是領域特定知識), 是造成專家和生手在解題上有顯著差異的主因及解題是否成功的關鍵 (Greeno, 1980; Resnick, 1983; Chi & Glaser, 1985; Garret, 1986; Champagne, 1988; Gagne et al., 1993) (引自楊坤原, 1999), 觀察生手解題的表現探究其失敗的原因, 往往可以發現是生手的領域特定知識不足, 或是具有迷思概念所致 (Kindfield, 1991; Smith, 1991)。由以上的文獻探討可知, 領域特定知識的確是影響問題解決能力的重要因素之一。

二、推理能力

關於問題解決能力與推理能力的相關變項研究：Ohanian (1997) 曾在數學科的問題解決教學上強調邏輯分析和推理等能力；O'Connell (2000) 為了增進小學生的問題解決能力，將邏輯推理加入課程中的教學策略；Jonassen (2000) 認為問題解決能力包含學科推理能力；Wagner (2001) 則認為問題解決技巧中的比例推理有助於學生瞭解化學計量學。

Casakin 和 Goldschmidt (2000) 曾比較專家與生手在問題解決步驟中視覺類比之推理能力 (visual analogical reasoning) 的不同。王春展 (1997) 歸納國內外學者的發現，以解題策略比較專家與生手在問題解決間的差異，發現專家的類比推理較佳，有利於問題解決，吳佳玲和張俊彥 (2002) 發現學生在地球科學的問題解決能力表現與其先備知識及推理能力間均接近顯著之中度正相關及大的效果量。

三、態度

Smith (1991) 認為影響問題解決的因素包含內在及外在因素，其中外在影響因素包含態度。Strauss & Fourie (1998) 發現在數學的問題解決上，成功的因素取決於學習者策略的應用及態度。Miller (2000) 也曾探究態度對問題解決的影響，發現學生對於測驗及學科有特別的偏好。

在吳佳玲和張俊彥 (2001) 的研究中，發現學生對「問題解決思考活動」測驗的喜好程度對其在「問題解決思考活動」總分的表現上有顯著的影響 ($p < .000$)，吳佳玲和張俊彥 (2002) 在晤談後發現學生認為「先備知識測驗」須仰賴「知識」、「態度」、和「經驗」的多寡，而「問題解決能力測驗」則須「知識」、「態度」、「思考」、與「經驗」的完備，其結果與量的分析頗為一致。

周佩琪（2001）則將「問題解決態度」分為三構念為：對待解問題測驗內容的態度、受試者對題型的喜好、解答問題時的自我信心，並發現「問題解決態度」與「問題解決能力測驗」總分間達中度顯著正相關。且「問題解決態度」對「問題解決能力」亦有顯著的預測力。

四、性別

性別差異的主題在教育相關的文獻涉及的範圍相當廣泛。因為 Jonassen（2000）認為問題解決能力包含個別差異且在個別差異的因素中提到認知風格，所以本部分的文獻除了探討在科學領域中性別的問題解決表現差異外，並將對科學學習相關之認知能力及認知風格的性別差異做簡單的探討。

在空間的問題解決的表現上，男生常顯著優於女生（Haseltine，2000；Benbow & Stanley，1982）。在數學的問題解決研究上：Gallagher & De Lisi（1994）認為男女生所使用的解題策略不同導致女生較男生傾向於能正確解答出傳統的數學問題；男生則比女生傾向較能正確解答出非傳統的數學問題、Gallagher 等人（2000）接著提出男生在高等數學之問題解決上優於女生、Fierros（1999）的研究亦發現男生在數學上的問題解決表現較女生為佳。

Manjengwa（1998）發現在環境教育上的問題解決經驗，男生優於女生。Thompson（1999）發現男女在智力競賽的解決能力上沒有差異。Linn & Pulos（1983）也認為空間能力、形式推理和科學推理表現間有交互關連，不是單一的性別差異可解釋。

國內在地球科學教育在問題解決方面的研究中，吳佳玲（2001）針對台灣東部某國立高中 260 位高一學生（其中男生 136 人，女生 124 人）的研究發現，在太空之旅及設計雨量筒的這兩主題的問題解決測驗、先備知識測驗的表現上，男生顯著高於女生，且在一般科學推理能力的表現上也有一樣的研究結果。

由文獻發現認知能力及風格在科學教育的性別差異研究方向主要分成兩條主線，一是認為兩性間的差異是基本且普遍性地確實存在，應在公平的對待下正視女性特質，如 Gilligan(1982)和 Keller(1985)等學者的看法（引自 Hare-Mustin & Marecek,1988），另一是「社會建構主義」(social constructionism)的想法：相信男女性別差異來自於社會期待 (social expectation)，例如 Vockell & Lobonc (1981)認為若不再侷限女生玩洋娃娃、男生玩汽車的遊戲模式，增加科學實做經驗，將有利於女性日後的科學學習。Bueck (1985)也認為，在認知風格中男女學習風格的不同，可能會影響學習動機及成就。Fennema (1984)提供一些想法來解釋男女空間差異的可能因素：女性的數學及空間能力較弱，是顯示他們「不適合」科學知識的學習，或是「不適應」現行科學科目的教學？

吳心楷(1997)在探討文獻後，揭示男女各有習用的認知方式，包含「分析能力、解題策略、學習方式、場地依賴與場地獨立、學習態度、科學界的女性」。茲簡略列點說明如下：

1. 分析能力：女生善於重組，男生則善於分解；男生傾向分散，女生偏好連結、組合的態度，出現在科學學習、解題，甚至競爭態度。
2. 解題策略：在數學解題的認知風格上，女生傾向以「連結」的方式逼近問題，男生則以「分離」的方式解題。其中，所謂「連結」的方式解題，包括：嘗試以個人經驗解題，辨明語言中的模擬兩可，思考模式傾向描述式的，善於利用上下文解題，逐步察看特定解答的限制性與矛盾，容忍違反規則或出現例外，不願做判斷；以「分離」的方式解題，包括：直接以結構化的演算方式尋找解答，思考模式為抽象且形式的，企圖達到客觀或大多數人會同意的結果，詳細地遵守規則及步驟，有自信的做判斷。在物理解題的認知風格上，男生傾向以多角度或同時給予多個解法考慮問題，為「發散」思考；而女生多以「收斂」思考，一次只考慮一種解法。
3. 學習方式：Ridley 等人指出女生較常使用背誦的方式來學習科學概念，但

Cavallo (1994) 並不支持此看法，其研究結果顯示只要有適當的測試方式，兩性的表現可以一樣好，女生不見得較常使用背誦的方式來學習。另一點值得注意的是，教師成見確實存在，而這些先入為主的想法可能影響學生學習。

4. 場地依賴與場地獨立：在形式運思期的階段，認知成熟的女生反而有較高的場地依賴現象，是因為女生的認知成熟度高，有能力運用形式思考及較少自我中心的想法，她們已部分意識到性別角色的社會期待，所以在回答某些模擬兩可的問題上，會試圖符合「小女人」(young ladies) 的形象。而處於具體運思期的女生，較不瞭解社會期望，所以解題多來自直覺與經驗事實。
5. 學習態度：Dweck(1984)將學童在智力活動中面對困難的態度分為兩種：「支配型」和「無助型」，並在實證研究中發現女生較男生易傾向於無助型，而男孩多處於支配型，且支配型學童（大多為男生）在遇及數學上的挑戰時，有較高的機會表現自己最佳的一面，但女生可能會因為挫折害怕數學。Reyes 和 Padila (1985) 指出這樣怕出錯的心態，似乎來自文化，即使女生在科學上獲得成功，他們會歸於運氣（不可控制的因素）；而男生相信自身的優異表現是因為能力（可控制因素）。
6. 科學界的女性：大多數的女性科學家處於非主流的領域。Bar-Haim 和 Wilkes 認為選擇科學作事業的女性，大多相信每個人皆為獨立個體，而非以性別刻板印象來束縛女性僅能擁有特定的能力表現，他們選擇了非傳統的事業，需要更堅決的自信以抵抗成見，這些女科學家們體認兩性處境，較具批判性思考能力，並善於發掘已存在成見下的問題，她們屬於高「區別」能力是好的問題尋找者。典範科學（如化學）或後典範科學（如物理）需要的是解題能力，而新興或非主流領域等前典範科學需要的是問題尋找者，所以科學界的女性多屬於這些邊緣領域（Bar-Haim 和 Wilkes，1989）。

吳心楷（1997）在文獻探討中發現認知能力與認知風格的性別差異是存在的，但在空間及數學能力上的表現，女生的表現往往顯得比男生差，因此對課程及教學、教

師與生活環境三方面提出改進意見，課程及教學方面包含：加入性別教育課程以促使學生自我瞭解及自我尊重來打破性別角色限制及社會刻板印象、在學習及教學上，女生宜多利用合作學習和小組討論及低競爭性的學習方法；男生適合高競爭性的學習環境以提供充分的自我表現機會、男女分班的學習將有助於女生的科學學習成就，女生的發展不易受抑制、教科書內容多提供女性科學家或工程師的職業典範，提供女學生未來職業選擇的參考或模範等。教師方面包含：消弭教師成見及提出因教師為學生學習的最佳職業典型，所以女性科學教師及男性語文教師有助於學生突破性別刻板印象。生活環境方面包含：多鼓勵女生參與校外科學活動、鼓勵女生多做些傳統中男生做的事，如換燈泡簡單的工具修復等工作、鼓勵單性科學社團的成立，使學生在同性的環境下較能自在地表現自己，並可間接以同儕的力量來激勵彼此科學知識的增進。

五、後設認知

由先前的問題解決文獻探討中，無論是問題解決的歷程或是探討專家與生手的解題差異，都可以發現後設認知一詞的蹤跡（如楊坤原，1999、王春展，1997），或是蘊含後設認知的概念，如1994年Treffinger等人認為解題過程中，要隨時評價任務及工作目標、隨時調適解題流程，而不要拘泥於固定的步驟當中（引自湯偉君，1999）。其間的形容：隨時評價任務及工作目標及調適解題流程，即是後設認知的觀念與想法。有不少學者的確強調領域專門性知識與策略、後設認知知識的交互作用是決定有效解題的要素（Kluwe,1990；Siegler,1990），所以可以知道後設認知的確是影響問題解決能力的因素之一

後設認知原文 metacognitive 一詞一般被認為最早出現在 Flavell（1976）發表的 Metacognitive aspects of problem solving 中。直至1980年，metacognitive 一詞才成為 ERIC（教育資訊中心）的描述語之一（楊宗仁，1991）。metacognitive—是 meta 和

cognitive 組合而成，meta 源自希臘文，意指用超然或旁觀的立場看事物，而有更具普遍性與成熟的理解（邱上真，民 78）。以下將介紹幾種「後設認知」的定義：

Flavell(1976)認為後設認知是個人對認知活動的理解、意識與監控的歷程。Brown 在 1976 年至 1978 年間，均將後設認知界定為個人對認知活動的自我調整及理解的歷程，認為「後設認知」分為靜態知識與策略知識兩種。所謂靜態知識是指認知活動中可以用動作或口語表達的知識。所謂策略知識是指個人所採取的一連串修正認知活動的步驟和程序，其中包括計畫、預測、猜測及監控等四項活動。計畫是指了解認知活動中進行的前後順序。預測指評估認知的可能結果與狀態。猜測是指根據預測，建立假設，預設解答。監控是指了解個人在認知活動中進行的狀況及性質。

Sternberg（1985）將後設認知成分解釋為個人解題或作決定時，對整個歷程的理解及監控的能力。後設認知的成分包括：個人對「問題性質的確認」、「選擇解題策略與步驟」、「表徵知識的應用」、「解題時間的分派」及「解題監控」等五種（引自國立編譯館主編，教育大辭典（五）2000）。

張春興（1996）認為後設認知是指個人對自己認知歷程的認知。具體一點說，每當個人經由認知思維從事求知活動時，個人自己既能明確了解他所學知識的性質與內容，而且也能了解如何進一步支配知識，以解決問題。從學習心理學的觀點看，後設認知包括兩種成分（或兩個層面）：其一是「後設認知知識」(metacognitive knowledge) 一是指個人對自己所學知識的明確了解；個人不但了解自己所學知識的性質與內容，而且也知道知識中所蘊含的意義及原理原則。其二是「後設認知技能」(metacognitive skill) 一是指在求知活動中，個人對自己行動適當監控的心理歷程。換言之，後設認知技能是認知之後的實踐，是知之後自認確能實行。

簡惠燕（2000）在探討許多後設認知評量（張景媛，1990；張昇鵬，1995；郭靜芳 1997）後，將研發的後設認知量表的構念分為：靜態的後設認知知識 (metacognitive knowledge) 及動態的後設認知運作 (metacognitive operation) 兩大部分。其中，在「後

設認知知識」中包含了（一）有關人的知識：其中又包含「自我的知識」和「他人的知識」兩項。（二）有關作業的知識：為「對問題相關訊息的知識」、「對問題分類的知識」、「對問題難易的知識」等三項。在後設認知運作的部分，則包括「設定目標運作」、「設定策略運作」、「設定程序運作」、「監控策略進行運作」、「評估問題解決的運作」等五個部分。

根據文獻分析，本研究將參考前述兩大分類的後設認知定義，即後設知識與後設操作或技巧，來分析探討學生後設認知的表現。

在後設認知的評量上，因為後設認知涉及個人內心的思考歷程，很難直接觀察，因此到目前為止尚未有一種方法能完全真實評量出個體之後設認知行為（潘宏明，1995），以下將介紹五種研究者最常用的方法，其各方法的優缺點及使用上的限制。

（一）晤談法（interview method）

晤談法即藉由主試者和受試者之間的談話，深入瞭解受試者的後設認知歷程。晤談法可分三種：開放性晤談、結構式晤談及半結構式晤談。開放性晤談即主試者沒有事先決定的答案，也沒有預先設定的問題，問題來自受試者所提供的訊息；結構式晤談則是事先擬好問題，且有預設的答案；半結構式晤談則介於兩者之間，主試者基於研究之目的，事先擬定主要問題，之後在晤談過程中再依據受試者的回答加以追問。

此方式主要優點為能深入完整瞭解受試者後設認知的心理歷程，而不必受限於文字，但缺點為可能受試者的口語表達不好，無法完整地說出；或受試者的晤談內容可能經過思考及修飾，所獲得的心理歷程是受試者將心理歷程合理化的結果。（楊明家，1997）另外，受試者可能會被其他認知情境或與晤談者的信任不夠而影響回答。

（二）問卷調查法（question survey method）

問卷調查法即以事先編定的問卷，交由受試者填答，再根據問卷回收內容作進一步的分析，以瞭解受試者後設認知知識及策略運用的情形，並對受試者的後設認知加

以評定。

此方法的優點在於能夠大量的蒐集資料、易於進行、節省時間與人力物力，及使整個過程更具信效度，但是缺點在於問卷設計不易，且因紙筆測驗只能瞭解受試者靜態的狀況，無法評量出動態的行為，及可能受限於受試者的閱讀能力（如不懂或誤解題意等），或受試者可能會選擇符合社會期許的答案而失真。

（三）信心評量法（confidence rating method）

信心評量法通常是使用於個人在作業表現之後且尚無結果之前，要求受試者對自己選擇之答案的正確性作信心程度的評估，例如分為：「一定正確、可能正確、無法確定、一定錯誤」四個等級，來瞭解受試者的理解監控能力，由其預測的正確程度，可以作為後設認知的指標。

此方式測量到的是受試者對自我瞭解的程度，但應與其他後設認知的指標作相關研究，否則無法完整呈現後設認知的其他面向。優點是易於實行，但缺點是如果對沒有信心的高後設認知者，及有信心的低後設認知者可能產生測量上的誤差，而主要的因素在於情意的因素。

（四）錯誤偵測法（error detection method）

受試者故意將一些不正確或不一致的資料放進受試者的工作材料中，要求受試者在完成工作時能偵測出錯誤所在，再根據受試者所提出的錯誤數目來評估受試者的認知監控能力。此法的優點為可有效量測受試者的認知監控能力，但缺點是無法完整呈現後設認知的面貌且在工具設計上較不容易。

（五）放聲思考法（thinking aloud method）

此法乃是要求受試者在進行認知事件處理的同時，將想與做的每一件事情說出，再透過錄音轉錄成逐字稿進行質性分析，以瞭解受試者思考歷程。

此方式的優點為可以評量到整個後設認知的過程及減少事後口語表達上的差

距，其缺點則是不易進行大樣本之研究，且在放聲思考時，容易使受試者將思考轉移至語言而影響進行認知事件的思考運作。

綜合文獻探討，茲將「後設認知」的各評量法列表整理如表 2-3.2

表 2-3.2 後設認知研究方法比較（改自李蓉欣，2004）

	優點	缺點
晤談法	能深入完整瞭解受試者後設認知的心理歷程，而不必受限於文字	受試者的口語表達不好無法完整地說出；或所獲得的心理歷程是受試者將心理歷程合理化的結果
問卷調查法	施測方便，可做大樣本之研究及整個過程較具信效度	只能瞭解受試者靜態的狀況，無法評量出動態的行為、受限於受試者的閱讀能力，或受試者可能選擇符合社會期許的答案而失真
信心評量法	易於實行，且能有效的量測受試者對本身能力的自我瞭解程度	無法完整呈現後設認知的其他面向、對沒有信心的高後設認知者及有信心的低後設認知者可能產生測量上的誤差
錯誤偵測法	有效量測受試者的認知監控能力	無法完整呈現後設認知的面貌且在工具設計上較不容易
放聲思考法	可有效量測後設認知行為之原貌	不易進行大樣本之研究及容易使受試者將思考轉移至語言而影響其思考運作

本研究經由以上的文獻探討比較之後，決定使用晤談法來探討後設認知與其他問題解決項度之間的關係。原因是，在地球科學教育上，甚少有後設認知問題解決的相關研究，於是決定先以晤談的方式，直接面對學生來瞭解學生後設認知的差異及表現，以利將來大規模施測時的量表的研發，由於是初次探討，因此信心評量法及錯誤

偵察法因無法完整呈現後設認知的面貌所以與本研究之需求不符，而此次研究學生必須針對土石流主題所研發的「領域特定知識測驗(DSKT)」、「推理能力測驗(RST)」、「態度測驗(AT)」共41題回答，尤其推理能力測驗對學生來說可能需要花費較大的心力作答，若使用放聲思考法則可能將影響受試者的思考運作，甚至進而影響量化資料的蒐集。因此最後採用半結構式晤談的方式來瞭解學生在後設認知上的表現。

國內對後設認知的研究多在特殊及資優教育領域：曾陳蜜桃（1990）及張昇鵬（1995）的研究發現後設認知的發展隨年齡的增加而有所增長；國中生明顯地比國小學生的後設認知能力佳，郭靜芳（1997）研究國小資優生為對象，發現後設認知與推理能力有顯著相關（引自簡惠燕，2000）。張昇鵬（2003）的研究結果發現「後設認知」、「推理能力」、「創造思考」、「批判思考」這四者的關係密不可分：，如圖 2-3.1 所示：

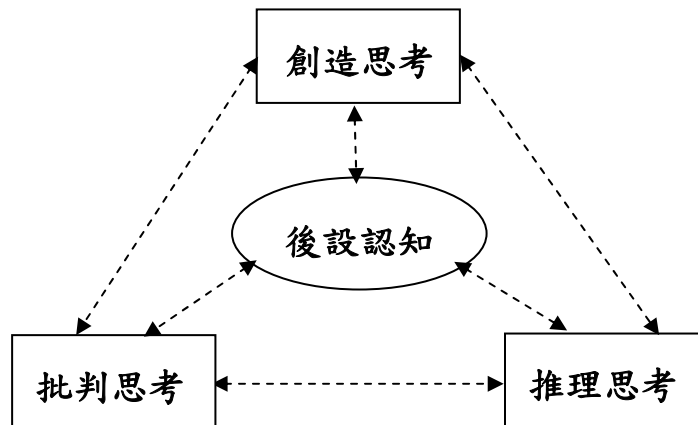


圖 2-3.1 後設認知與創造思考、批判思考、推理思考間的關係(引自張昇鵬,2003)