

多媒體電腦輔助學習軟體設計之研究

— 以國中光學概念為例

羅豪章

國立高雄師範大學科學教育研究所

(投稿日期：88年12月27日 接受刊登日期：89年6月14日)

摘要：本研究旨在以國中光學概念為例，設計一套多媒體電腦輔助學習（MCAL）軟體，設計理念乃是基於認知心理學、建構主義、情境認知學習理論、鷹架理論、知識系統結構理論、超本文連結的概念。經由專家效度評鑑結果顯示：本研究所開發之 MCAL 軟體在設計上均能與各相關理論相符，並在多媒體的搭配安排方面具有相當高之滿意度。由實證研究後發現：本 MCAL 軟體確實可以讓學習者經由電腦的輔助學習，自我建構光學的概念，同時有 90% 的受測者在班級中標準化成就評量的百分排名呈現進步的情形，受測學生也對於 MCAL 持正面肯定的態度。

關鍵字：多媒體電腦輔助學習（MCAL）、建構主義、情境認知、鷹架理論

壹、緒論

一、研究背景、動機與目的

隨著社會多元化及資訊科技蓬勃發展，台灣的教育在社會大眾的殷切期盼下，正朝著多元化、自由化的方向不斷改革邁進，傳統課堂的講述式教學策略正面臨著空前的挑戰。除了政策及制度的改革外，如何適切地配合學習理論及資訊時代的生活型態，發展符合教育潮流趨勢的學習策略，提供學生更具自主性的學習環境和資源，是從事教育工作者所需共同努力的目標。

基於上述傳統學習策略的變遷以及資訊時代的來臨，本研究參考認知心理學、建構主

義、情境認知學習理論、鷹架理論、知識系統結構理論以及超本文連結概念，配合互動式多媒體電腦設計理念，針對國民中學課程中光學部分的教材，發展出一套多媒體電腦輔助學習（MCAL）軟體，並由實證研究探討受測國中利用電腦輔助進行光學概念學習的情形。

二、研究範圍和限制

（一）本研究僅針對國中理化課程中有關幾何光學部份的內容進行軟體之設計。課程內容是採用教育部於民國七十四年四月（舊版）和民國八十三年十月（新版）所修訂公佈之國民中學理化課程標準及依據該課程標準所編之國民中學理化教科書中，第十

六章（舊版）和第四章（新版）有關物理幾何光學之課程內容而設計。

(二) 因受限於學校電腦設備之不足和課表安排之問題，在校內持續進行測試困難，故本研究軟體施測方式是以學生於課後在家中自行實施。

(三) 原本設計擬採用資料庫方式儲存使用者之執行歷程，以供研究者分析討論。但此種方式增加學生在家使用時的難度，最後決定以學生自行記錄學習記錄表和施測過程中持續性的訪談來收集本研究所需的資料。

(四) 基於方便攜帶和操作簡易因素的考量，本研究將 MCAL 軟體以光碟儲存方式（Cd Title）進行施測。然而，這種方式同時也使 MCAL 的功能有所限制。

貳、文獻探討

一、多媒體電腦輔助學習 (MCAL, Multimedia Computer

Assisted Learning)

電腦輔助學習（CAL, Computer Assisted Learning）是透過學習的理論基礎以及電腦科技的技術，將學科領域知識呈現給學習者學習之用。這三者間的關係可以用圖 2-1-(a) 表示之。

CAL 因為具有一即時學習、滿足學習需求、主動學習、個別化學習、有效整合媒體元素、合宜教學策略、提升內因與外因動機、學習成效精確定質、學習管理與診斷功能、新的教師角色—十種特質，才能給予人們「學得有效果、有效率，且樂在其中」之理想學習過程與結果(計惠卿, 民 83)。

建立互動式的 CAL 亦是提高學習者學習效率和意願的關鍵所在。多媒體系統所提供的互動，依據其如何表現學習確認、學習速度、學習行徑、學習要求、以及精研推敲這五種功能，可分為三種：反應式互動、主應式互動、雙向式互動（林麗娟，民 83），相互關係比較陳述如表 2-1-(b) 所示。

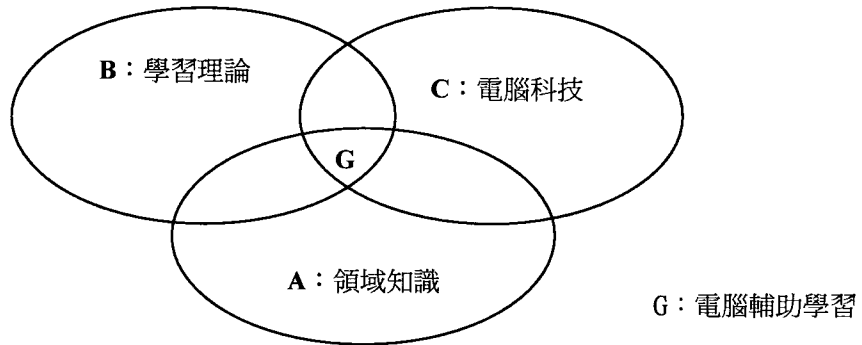


圖 2-1-(a) 學習的理論、領域知識、電腦科技三者間的關係圖（邱貴發，民 83）

表 2-1-(b) CAL 互動分類比較表 (摘自：林麗娟，民 83)

| | 反應式互動 | 主應式互動 | 雙向式互動 |
|------------------------|------------------------------|---|--|
| 學習確認 (confirmation) | 系統提出問題讓學生回答 | 由學生自行要求系統依其所需的時機而提供自我測試的機會 | 系統依學生的進展而調整步調，並由學生決定自我測試的時間 |
| 學習速度 (pacing) | 利用翻頁或重複練習而反應其學習的速度及每個章節瀏覽的時間 | 學生具有選擇全文閱讀或是重點式閱讀的自由，而且他們能夠依據自己的需求控制教材呈現的方式以及速度 | 系統依學生的學習速度而調整內容呈現的速度。系統依據學生的學習狀況給予不同的掌控權。 |
| 學習行徑 (navigation) | 系統提供一定的架構（例如選單）讓學生遵循 | 學生利用超本文的結構進行他們認為最適於遵循的學習途徑 | 由系統就學生的學習狀況而給予幾個不同的選擇，並且告訴他們每種選擇將會得到什麼樣的結果。 |
| 學習要求 (inquiry) | 安排 HELP 資料以及補充性教材 | 學生利用“note pad”記錄學習要點。他們並能在課程進行的任一階段利用超本文作關鍵字搜尋。 | 系統就學生選擇的模式而提供建議。學生經由這些建設性的建議而提出有利於學習的要求或反應。 |
| 精研推敲 (elaboration) | 提供的例子或概念以幫助知識的組織 | 學生可依其學習之經驗引用所熟悉的例子及比喻來幫助概念的詮釋，並將教材組合成他們最能瞭解的方式。 | 系統依學生的輸入資料，歸類學生們的思考模式，並就這些不同之思維歷程安排啓發該學生思考模式的學習環境。 |

多媒體電腦輔助學習，則是利用多媒體電腦設備（螢幕、喇叭、CD-ROM...），進行電腦輔助學習。它可以結合文字、影像、聲音、動畫、圖片...等媒體訊息，配合各相關學習理念，透過設計者的巧思呈現，引導並集中學習者的注意力，以達到學習的目標。

二、認知心理學

認知心理學的發展對於人類心理學的研究已經由僅探討訊息刺激與行為輸出之間的關係（S-R 理論），轉向研究訊息刺激如何在人腦中運作的心智過程進而最後影響行為的輸出。瑞士心理學家皮亞傑（Jean Piaget, 1896-1980）認為人類的知識形成時，首先透過外來訊息的刺激，形成學習的行為起點，接著經由生理、

心理、環境彼此之間的動態交互作用，包括了平衡與同化、產生認知衝突、調適...等過程，而逐漸形成新的知識，解決新的問題。所以，在教學事件設計的時候，我們應當適時地提供新資訊去刺激學習者的既存知識（prior knowledge），讓學習者能不斷地在新、舊概念之間產生同化、調適作用，在平衡、失衡過程之間，逐漸擴張、充實基模，導致新認知的誕生。

三、建構主義

個人建構主義（personal constructivism）對於學習的基本主張認為：學習是學習者主動建構的過程，同時有意義的學習必須建立在學習者舊有的經驗基礎之上（Kelly, 1965）。在 1980

年代，由 Van Glasersfeld 所提出的基本建構主義理論 (radical constructivism) 中亦指出：學習者經由建構所得的知識僅是其對外在世界的一種解釋。所以，知識的獲得不是被動的接受，而是學習者主動的建構；認知的功能是具有調適性的，是用來組織經驗的世界，而不是用來發現本體論的真實性 (Von Glasersfeld, 1989)。在學習過程中，知識是不能僅依憑語言或文字傳達，因為在傳達的過程中有可能產生因個人經驗差異而造成意義的轉化。學生不可能完全接收教師設計的整套知識，而需藉著學生自行建構、解釋、形塑有意義的知識結構，並據此成為自己與外在世界溝通的工具。所以，將個人、基本建構主義應用於教學上時，我們必須要一個很重要的體認：學生是學習的主體，知識是由學習者主動認知建構而成，而非教學者將完整的知識結構灌輸到學習者的腦中，教師只是扮演知識的中介者 (mediator)，引導學生去建構屬於他們的知識結構。

四、情境認知學習

情境認知學習的理念強調現實世界知識 (real-world knowledge) 以及親身體驗的重要性。學習者藉由與情境間的互動來建構知識與技能，並藉由社會互動中瞭解到知識的意義 (Brown, Collins, & Duguid, 1989)。由這些實際的互動讓學習者瞭解學習特定知識的價值，並在學習過程中能有自我駕馭知識的機會，而使知識的獲得對他們更具意義 (林麗娟, 民 86)。所以，知識是在情境中建構的，無法脫離情境而獨立存在，有效的學習是建立在學習者以過去的經驗為基礎，將概念與實務結合，並提供機會將一特定的環境轉移至其他的環境，而情境學習便是一個主要突破性的學習方式。

五、知識系統的結構理論

當代的認知心理學對於人類知識系統的心理結構一直在探索之中，從早期由 Quillian 所提出：知識系統是一個階層狀 (hierarchical) 的結構，到了 1975 年之後所發展的知識模式便

逐漸往較高層次的知識結構模式方向發展，例如：1975 年 Minsky 提出了知識的架構 (frame) 觀念、Rumelhart 的基模 (schema) 理論以及 1976 年 Schank 與 Abelson 所提出的腳本 (script) 概念…等。

但不論是何種理論，由於知識結構的內涵是無法直接被觀察到，因此一般都是根據其外觀的表徵來間接推論而得。在有關知識表徵的模式中，網路模式 (network model) 是個人覺得較具研究和應用價值的理論。此一理論的重點在於：人類知識是以各個獨立單位所連結形成的網路方式儲存在記憶裡，我們便靠著這個複雜的關係網路來進行心智運作。人類在學習的時候，是以原有的知識網路結構為基礎，不斷地把新資訊與新觀念放入原先舊有的知識網路架構中，形成更完整的知識網路系統。所以，學習過程實際上就是進行知識網路的建造 (networking) 工程。

六、鷹架理論

蘇俄心理學家魏考斯基 (L.S.Vygotsky) 將人類的發展分成實際的發展層次 (real level of development) 以及潛在的發展層次 (potential level of development) 兩個層次，前者是個體能夠獨立解決問題的層次，後者則需在他人引導或合作下才能解決問題的層次。在這兩個層次間存在了一個「貼近發展區」(zone of proximal development)，在這個發展區內，學習由教師開始，然後才逐漸轉移至學生的身上，隨著學生解決問題的能力漸增，教師逐漸退出學生的學習，最後讓學生能主導學習、建構出屬於自己的知識。這種由教師提供暫時性的知識架構，幫助學生發展學習能力，俟學生具備相關的能力後，便由學生自行架構其知識結構的教學理念稱為「鷹架理論」(scaffolding)。在利用電腦進行輔助學習時，就是由電腦擔任架構鷹架的角色，提供使用者學習時所需的暫時性知識架構，以便學習者在此鷹架幫助之下，完成知識建構的工作。

七、超本文

超本文 (hypertext) 是一種以不連續的方式來呈現資訊的概念，此種以非線性 (non-linear) 流程的方式能讓使用者依其需求、興趣、速度、程度及時間任意以動態、網狀結構方式瀏覽、查索、跳躍於各學習資訊之間。然而這種可隨學習者自由控制的聯結，亦有可能為學習者帶來學習方向的混淆或迷失，致使學習流程錯亂或停頓，甚至會喪失嘗試的意願，進而遷就於線性的流程設計。所以，在利用超本文技術設計學習課程時，研究者建議仍應該以可提供學習者明確的學習方向為先決條件。在此前提下，儘可能地讓學習者自行控制學習內容、速度及過程，才能讓學習者同時享有學習和自主的樂趣。

八、概念圖

概念圖 (concept maps) 是 Novak 於進行錄音教學時，為了瞭解學生在學習過程中認知及知識發展結構所發展出的工具。它是用來表徵某學科中相關概念系統或其子系統內所有階層式與命題式關係的圖 (余民寧, 民 86)。概念構圖 (concept mapping)，是將一組相關的概念運用適當的聯結語將他們聯結起來，利用這些聯結語可以表示出這些概念彼此之間的關係，如此聯結而成的圖便是概念圖。它除了可以作為教學及學習工具使用外，也可以運用於學習策略上的應用，例如：教學者可要求學生針對某個學習主題，主動建構屬於自己的概念圖，用以說明自己對該學習單元瞭解的程度 (Stewart, Van Kirt, & Rowell, 1979)，並且透過學生自己所繪出的概念圖，進而去瞭解到學生對於該單元學習所建構出來的知識結構。近年來更有許多從事概念圖在科學學習上的實證研究亦指出：概念圖具有相當的應用潛力，特別是透過學生自己主動建構而習得的知識，更能夠增強學生自己本身的學習能力 (Lehman, Carter, & Kahle, 1985)。

參、研究方法

本研究主要採取詮釋性研究方法，研究者基於前述各學習、心理、電腦…等相關理論 (請參照文獻探討部分) 及教育部所頒定之課程標準，自行設計發展一套 MCAL 軟體，經由專家效度評鑑後，再將軟體和軟體使用說明書交給參加研究的受測學生，配合學校教學進度於課後回家進行為期約一個月 (民國 87 年十一月至民國 87 年十二月間) 的輔助學習。為了瞭解受測者使用情形與心得感想，研究者則在施測前、中、後不同的時段，利用訪談紀錄與受測者的使用記錄表內容進行資料之交叉比對進行三角校正，以增加研究資料的信度，並於施測後以概念構圖的方式，分析受測學生對學習知識的自我建構情形。

一、研究對象

由於國民中學理化課程標準正值新舊版本交替的時期，本研究之課程範圍的受測對象包括國二〈新教材〉和國三〈舊教材〉學生。關於受測者之選定，是以學生家中是否有電腦設備以及是否可以配合研究的進行為主要考量，至於學生原有的學習情形則不刻意加以設限。此種作法可以確保施測過程之順利進行，並且不論學習成就好壞的學生均有機會參加研究，增加軟體的適用範圍。為了施測過程中資料取得的便利性和時效性，研究者決定在自己任教的學校中，選出符合上述條件的學生參加本次研究。經由研究者的初步過濾篩選並逐一面談溝通後，最後才選出參與意願高的國二、國三學生各五名同學參加受測的行列。

二、研究工具

(一) 多媒體電腦輔助學習軟體

為了設計出一套能符合本研究所要達到輔助國中生以多媒體電腦學習光學概念的目的，研究者基於認知心理學、建構主義、情境認知學習理論、鷹架理論、知識系統結構理論以及超本文連結概念，配合教育部所頒定之課程標準，以 Authorware 4.0 多媒體統合軟體，

製作 MCAL 軟體及使用手冊以供受測者使用。爲了能符合相關理論的精神，研究者在研發軟體時的設計重點和依據如下所示：

基於認知心理學的觀點，設計時 1. 儘量以圖像呈現教材的內容，因爲圖像的資訊比文字的資訊更具吸引力，同時圖像的視覺刺激能夠強化訊息在記憶中的編碼工作。2. 注意版面和視覺的處理，包含圖形描述、字眼處理（使用學習者易懂的字彙、語句，自然、幽默的稱呼和口語表示）、段落指示、顏色運用、文字呈現…等，用以凸顯畫面中所要呈現的重點及可供分析的資訊，並以聲音配合畫面、動畫或數位影像的展示，吸引學習者的注意，加深訊息對學習者的印象。3. 考慮學習者的特性，如：學習者的年齡、程度、生活經驗及知識背景…等，教材難易的選擇與安排，應符合國民中學理化課程的教學目標，並考量學生的先備知識及實際的學習狀況。4. 程式進行時依照學習者使用情形，對於重複產生的錯誤，提出警告訊息並以程式控制自動重新學習該單元，以提醒學習者集中注意力（如圖 3-2-a 所示）。同時，爲了給學生有足夠的時間思考，程式進行過程與進度儘量由學習者自我掌控，並顯示學習者所使用的時間以供記錄參考。

本程式在設計上爲了營造情境學習的環境，形成有意義的學習，在程式開始時便要求學習者輸入自己的名字，以便在評量或互動回答時能夠呈現學習者的名字，加強學習者與電腦間的互動；同時利用數位電影、圖像將實際情形呈現給學習者，或是使用動畫模擬來虛擬實境，希望學習者可以在程式所設計的情境中自我建構對特定知識的適切性與真實感，並在投入學習的活動中，完成教學的目標（如圖 3-2-b 所示）。

爲了達到學習者自我建構知識的目的，本程式在設計上利用互動式問題的安排，將課程所要學習的概念逐漸呈現出來，研究者希望學生藉由這些互動式的問答和交談式的學習環境中，產生某種程度的認知衝突，再藉由認知的平衡、失衡、再平衡的過程中，自我建構出屬

於學生自己的概念，以達到讓學習者積極參與、主動建構知識的目標。而這些問題及其答案的內容則是參酌研究者和幾位教師多年的教學經驗中所遭遇學生可能出現的迷失概念所得到的。對於學習者在互動式問答中所做出的反應，應該給予適當的回饋，依據 Kulhavy 於 1979 年所提出的觀點，對於學習者反應所出的回饋方式主要有兩種：第一種是以提供學習者獲得正確的答案爲重點，故在設計時，先預估學習者可能錯誤的範圍，當其錯誤出現時，便給予正確答案思考方向的指示，讓學習者依指示的方向自行去思考、建構，最後獲致正確的知識（如圖 3-2-c 所示）。第二種則是當學習者做出錯誤的反應時，直接給予『錯誤』的訊息，讓學習者思考其他的答案，並利用圖案、文字、聲音的方式來表達這個『錯誤』的訊息，以加深學習者的學習印象（如圖 3-2-d 所示）。在學習的評量設計上，利用學習過程中的互動問題，建立形成性的評量；每個主學習單元中，最後均安排診斷性的評量問題；若學習者已完成全部的學習，程式可由題庫中隨機抽題製成試卷，提供學習者進行總結性的評量。學習者在進行評量時，電腦對於其作答會給予及時性的回饋，同時對於錯誤的回答亦有輔助性的說明方便學習者再進一步思考、重新建構，以便修改其誤判或迷失概念，終而獲得正確的答案。

此外，基於超本文設計理念，本研究在設計上捨棄流捲（scrolling）的呈現方式而以整個畫面逐個地呈現，並且電腦畫面上一次只出現一個學習觀念，而由學習者控制畫面切換的時機。爲了避免學習者因過度自由聯結而產生學習方向的混淆或迷失，本研究設計之程式中所安排的超本文聯結是以每一小學習單元爲聯結單位，學習者可依其學習情形及意願，在各個單元間隨時隨性地進行超聯結。同時並利用按鍵式（button）式和下拉式選單（pull-down menu）相互搭配，讓學習者順利在各主學習單元和次學習單元間進行超連結的工作（如圖 3-2-e 所示）。

研究者依據教育部公佈之國民中學理化光學教

材內容，將課程內容依其相關屬性分類，分成五個主學習單元，各主單元再劃分成幾個次學習單元（如圖 3-2-f 所示），試圖架構出整個學習的知識系統結構，提供學生在學習時的鷹

架。如此，學習者便可以藉著電腦所提供之學習鷹架，進而自我建構出屬於自己的知識架構和知識網路，以達到建立學習者知識系統結構的目的。



圖 3-2-a



圖 3-2-b



圖 3-2-c



圖 3-2-d

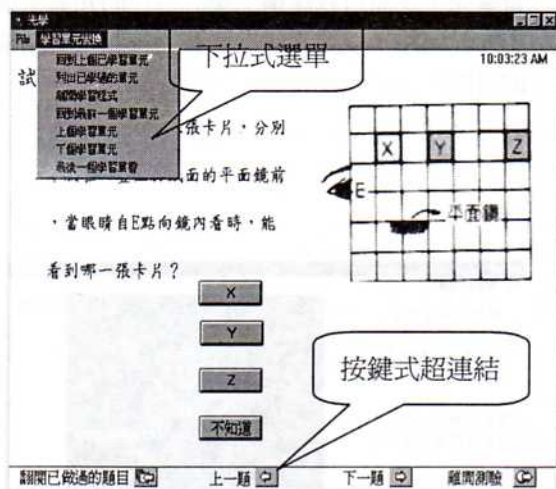


圖 3-2-e

(二) 電腦輔助學習軟體之專家效度評鑑表

為了使本研究設計之 MCAL 軟體能夠符合前述相關的理論以及國中理化課程安排，研究者於軟體製作完成後，研究者邀請三位大學教授（分別具有電腦、物理、科學教育之專長）、五位理化（物理）中學教師（兩位具有高中及國中教學經驗、三位具有國中教學經驗），進行專家效度的評量。基於各專家所專精的領域不同，所以在進行專家效度時聚焦的重心亦有不同：教授們評鑑的重點在於軟體的設計是否符合各相關的學習及程式設計理論；專業教師的評鑑重點則在於軟體的內容是否符合國中的課程教材內容、學生學習的難易度以及是否能夠吸引學生進行學習。藉由評鑑的結果和建議，再進行軟體程式細修工作。本研究所使用的評鑑表乃參考洪榮昭教授在《電腦輔助教學之設計原理與應用》一書中所述有關電腦輔助教學課程軟體評估的評量表配合本研究需要加以修改（如附錄一所示）。

(三) 電腦輔助學習軟體使用紀錄表

本研究施測過程由受測學生在家中自行實施，為了讓受測者能夠真正使用軟體進行學習，並確保研究不會因為受測學生的怠忽而產生不實的結果，研究者便設計一份使用紀錄

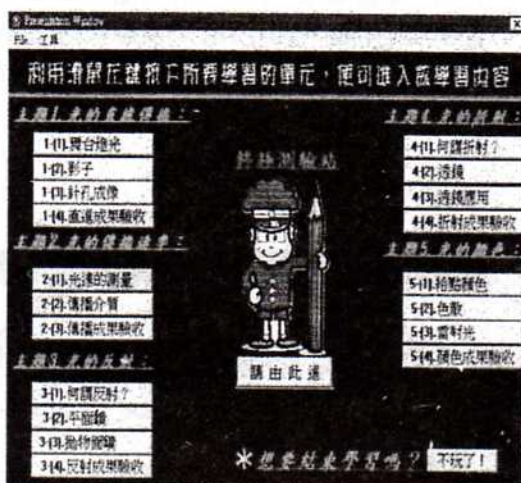


圖 3-2-f

表，要求學生於每次使用 MCAL 軟體學習後，都要記錄其學習的時間、單元、課程內容以及心得，並且在施測過程中的訪談時，必須將此份記錄表出示給研究者。如此，一方面可以讓研究者發現受測學生在學習過程中所遭遇的問題而及時解決，一方面也可以利用表格的記錄和訪談內容進行三角校正，增加研究的信度。（如附錄二所示）

三、資料蒐集

(一) 概念圖

為了探討學生使用 MCAL 後，是否能達到自我建構相關知識的目標，研究者於整個 MCAL 施測結束後，要求受測者嘗試以概念構圖的方式將國中「光學」部分的概念繪出。在實施概念構圖時，本研究採用的步驟為：

1. 受測者先將有關光學的概念逐一寫列出。
2. 每一個概念用一張小卡片寫下來，並且每一張卡片上只記錄一個觀念。
3. 請學生將這些卡片依照其彼此的關連性重新排列，將相關連的概念以線聯結起來，並且以文字表示其關連性。

進行概念構圖之前，研究者先訓練這些學生熟悉如何利用上述步驟進行概念構圖，然後再依研究計劃，進行概念圖的資料蒐集。

(二) 訪談記錄

本研究訪談是以獲知學習者使用後的心得以及感想為主，故研究進行的訪談主要採取「深層訪談」(in-depth interview)的方式。由於深層訪談是屬於無結構訪談(unstructured interview)，故可以依照研究者的需求及實際訪談情境，適時地切入問題重點深入探討，獲致有用的資訊。本研究訪談的時機主要有三：

1. 受測者施測前的訪談

研究者為了和受測者能夠減少溝通的阻力，並且增加彼此的互動與信任，以利往後施測過程的訪談。在施測前個別與受測者進行一次簡短的訪談，此次訪談主要內容在於瞭解受測者理化原先學習的情形。

2. 施測過程中的訪談

為了能夠瞭解受測學生在家使用 MCAL 軟體的情形，同時督促受測者配合研究的進行進度，以免因為受測者的怠忽造成研究的偏差，故研究者大約 1—2 週便對受測者進行一次訪談，其主要內容則是以了解受測者使用 MCAL 的情形，以及使用記錄表的填寫情形。

3. 施測結束的訪談

受測者在完成了整個軟體的課程內容學習後，研究者便分別對受測者進行學習後訪談。訪談的主要內容在於：MCAL 軟體的使用時機、使用方式、使用過程、使用感想、對於電腦輔助學習方式的感受。

肆、研究結果與討論

本研究主要想設計出能夠利用多媒體電腦介面，輔助國中生學習光學概念的 MCAL 軟體，故本軟體是否能符合原設計理念，則端賴專家效度之評鑑。對於受測者使用電腦輔助學習所造成的影響，研究者從學習者的概念圖以及在校標準化評量進行分析，而關於受測者對於使用本 MCAL 軟體進行物理的概念學習之心得與感想，亦為本研究所欲探討的議題。

一、電腦輔助學習軟體之專家效度

專家效度評鑑時，研究者除了將製作好的軟體光碟送達評鑑者手中，同時還送上一份專家腳本給教授們、一份軟體設計評鑑表給中學教師們。結果如下：

(一) 教授的評鑑

研究者經由下表 4-1-a 與教授們的晤談內容交叉比對可知：本研究所設計之 MCAL 軟體，與原先設計理念中所要符合的各相關理論，大致上都能達到其要求。然而對於研究者為配合學校教學內容而將 MCAL 軟體的知識結構設計與現行教科書採用相同結構，C 教授認為若能拋開教科書的束縛，或許可以有更多元的學習內容。A 教授則是認為本軟體為了避免學習者因過度自由聯結而產生學習方向的混淆或迷失，所採取的超本文聯結限制，反而可能抹煞了學習者對於知識探究的好奇心。

表 4-1-a 專家效度--教授部分

| | 教授 A | 教授 B | 教授 C |
|--------------|------|------|------|
| 是否符合國中理化課程標準 | ◎ | ◎ | ◎ |
| 是否符合電腦輔助學習理論 | ◎ | ◎ | ◎ |
| 是否符合認知心理學 | ◎ | ◎ | ◎ |
| 是否符合建構主義 | ◎ | ◎ | ◎ |
| 是否符合情境認知 | ◎ | ◎ | ◎ |
| 是否符合鷹架理論 | ◎ | ◎ | ◎ |
| 是否符合知識系統結構理論 | ◎ | ◎ | ○ |
| 是否符合超本文設計理念 | ○ | ◎ | ◎ |

(二) 中學專業教師的評鑑

參加專家效度評鑑的中學專業教師，在使用過本研究所設計的 MCAL 軟體後，依據教師自己使用情形以及專業知識，進行評鑑的工作。研究者彙整每位教師所填寫的評鑑表後，

得到的結果如下表 4-1-b。從中學教師的評分中可看出：除文字設計和音樂型態未達 80 分之外，各項得分均達使用者滿意的標準，故研究者在修改時，特別注意文字設計與音樂型態安排這兩方面的改進工作。

表 4-1-b 中學專業教師的評鑑結果表

| | 教師 A | 教師 B | 教師 C | 教師 D | 教師 E | 平均值 |
|----------|------------------------------------|--|--|---|---|-----|
| 教學年資 (年) | 10 | 7 | 8 | 14 | 6 | 9 |
| 任教年級 | 高二、三 | 國二、三 | 國二、三 | 高二、三 | 國二、三 | —— |
| 課程內容 | 85 | 80 | 90 | 80 | 90 | 85 |
| 課程安排 | 80 | 80 | 85 | 85 | 80 | 82 |
| 流暢程度 | 80 | 85 | 75 | 85 | 80 | 81 |
| 趣味性 | 75 | 80 | 85 | 80 | 85 | 81 |
| 畫面設計 | 80 | 80 | 80 | 75 | 85 | 80 |
| 文字設計 | 75 | 80 | 80 | 75 | 85 | 79 |
| 動畫表現 | 90 | 80 | 85 | 85 | 80 | 84 |
| 音樂型態 | 75 | 75 | 80 | 80 | 75 | 77 |
| 影片呈現 | 80 | 85 | 90 | 80 | 80 | 83 |
| 色彩搭配 | 90 | 85 | 80 | 80 | 85 | 84 |
| 互動設計 | 80 | 85 | 80 | 90 | 85 | 84 |
| 自我操控程度 | 85 | 85 | 80 | 85 | 80 | 83 |
| 整體評鑑 | 80 | 85 | 80 | 85 | 80 | 82 |
| 建議事項 | 1. 音樂的計中可加強! 2. 整體上的課程設計沒有什麼問題。 | 1. 大致還不錯。 2. 如果能增加一些使用過程的變化，可以讓學生學習更專心。 | 1. 好像有一些錯字! 2. 可以再加入一點較有趣的東西，增加學習者的樂趣和興趣。 | 1. 內容可再加一些較生動的東西，應該能更吸引學生。 2. 其他的內容沒有什麼問題。 | 1. 非左測量應屬高中課程。 2. 有幾個掃描圖形模糊不夠清楚。 3. 大致上還蠻生動活潑的。 | |

二、學習者之概念構圖

受測者完成 MCAL 學習後，研究者邀集十位受測者利用大約一小時的時間各自完成概念圖的製作。從這些受測者所繪之「光學」概念圖（範例如附錄三所示）中，研究者參考概念圖的評量並分析比較各概念圖的異同後，分

析結果如下：

(一) 十位受測者均能對光學分別繪製出屬於自己的概念圖，這顯示經由學習的過程，受測者已經逐漸自我建構出與光學相關的知識系統架構，這也說明本研究所使用的 MCAL 軟體，在學習者的學習過程中，能夠幫助學習者達到某種程度的自我建構功能。

(二) 每一張概念圖分別代表每一位受測者的知識架構，經過比較之後可以發現他們的主要結構與 MCAL 課程的結構相類似，這表示受測者在建構知識系統時，是以 MCAL 課程所提供的知識架構為基礎，進而逐漸建構起屬於自己的知識架構，這完全符合當初軟體設計時所採用的鷹架理論策略。

(三) 由受測者所繪製之概念圖和學校的學習成就評量兩相對照可發現：學習成就較高學生的概念圖中，未必顯示有效且重要的聯結關係

優於學習成就較低者，也就是說，單由概念圖是無法直接預測受測者在學校標準化成就測驗的成就高低。這個結果和過去的研究結果是相互吻合的，例如 Novak, Gowin, & Johansen 在 1983 年的相關研究報告中就指出：概念構圖的表現僅解釋到約 10% 左右的標準化成就測驗表現之共同變異量。所以，概念圖在此不宜用作評判或預測學生標準化成就測驗表現的工具。

三、MCAL 施測前後受測者學習成就探討

茲將受測者施測前、後學習成就之資料比較如下表 4-3-a 所示：

由受測者的資料可看出，此次參加研究的學生在施測前的學習成就高低分佈很廣（在班上百分等級介於 25 至 100 之間）。蓋研究者在受測者篩選時，並不刻意考慮學生原先理化學習成就上個別之差異性，故參加的學生在原有學習成就上之差異，並非本研究所要探討的變因。不過，若是受測者的異質性越高，相信更有助於解釋 MCAL 軟體的適用範圍。

由施測前後學習成就的比較可知：十位受測者在施測後學習成就在班上的百分等級除受測者 J 呈現退步的情形外，其餘九位均略有進步。為了瞭解其中情形，研究者的訪談中得知，利用 MCAL 方式進行輔助教學的學生，在參加學校段考作答時，覺得比較容易進入題目的情

境之中，所以在得分的情形也就比以前參加評量時較為理想。不過也由於每個學生對該單元的認知有程度上的差異，以及在測驗時的個人身心狀況不同，所以在測驗的表現上亦有所不同。受測者 J 原本學習成就相當好，卻在此次學習評量中呈現退步的情形，研究者深入訪談後發現，該生處於素質較好、競爭較激烈的班級，受測者 J 因為誤看題目所造成小失分，在彼此分數相近的學生中呈現相對弱勢，使得學習成就的百分等級退步，但是若以五分制九等第的區分方式，該生仍屬原等第。

所以，綜合以上研究所呈現的資料來看，本次研究的受測學生透過電腦的輔助學習後，參加學校的標準化成就評量（段考）所表現的結果有 90% 的學習成就呈現進步的情形，也就是說：本 MCAL 軟體對於學習者在校學習的成就的表現，基本上是正面、有效的。

表 4-3-a 受測者施測前、後學習成就比較表

| 學習成績 | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|------|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 施測前 | 65 | 48 | 96 | 25 | 72 | 78 | 52 | 32 | 45 | 100 |
| 施測後 | 80 | 50 | 100 | 40 | 74 | 82 | 68 | 43 | 52 | 95 |

- ☆ 國三學生 (A-E)：施測前學習成績是指學生在班上國二上、下學期理化平均成績，在該班常模參照的百分等級。
- ☆ 國二學生 (F-J)：施測前學習成績是指學生國二第壹學期第一次段考理化成績，在該班常模參照的百分等級。
- ☆ 國三學生 (A-E)、國二學生 (F-J)：施測後學習成效是指學生在該次理化段考中，有關光學部份試題答對得分在該班的百分等級。

由受測者的資料可看出，此次參加研究的學生在施測前的學習成就高低分佈很廣（在班上百分等級介於 25 至 100 之間）。蓋研究者在受測者篩選時，並不刻意考慮學生原先理化學習成就上個別之差異性，故參加的學生在原有學習成就上之差異，並非本研究所要探討的變因。不過，若是受測者的異質性越高，相信更有助於解釋 MCAL 軟體的適用範圍。

由施測前後學習成就的比較可知：十位受測者在施測後學習成就在班上的百分等級除受測者 J 呈現退步的情形外，其餘九位均略有進步。為了瞭解其中情形，研究者的訪談中得知，利用 MCAL 方式進行輔助教學的學生，在參加學校段考作答時，覺得比較容易進入题目的情境之中，所以在得分的情形也就比以前參加評量時較為理想。不過也由於每個學生對該單元的認知有程度上的差異，以及在測驗時的個人身心狀況不同，所以在測驗的表現上亦有所不同。受測者 J 原本學習成就相當好，卻在此次學習評量中呈現退步的情形，研究者深入訪談後發現，該生處於素質較好、競爭較激烈的班級，受測者 J 因為誤看題目所造成小失分，在彼此分數相近的學生中呈現相對弱勢，使得學習成就的百分等級退步，但是若以五分制九等第的區分方式，該生仍屬原等第。

所以，綜合以上研究所呈現的資料來看，本次研究的受測學生透過電腦的輔助學習後，參加學校的標準化成就評量（段考）所表現的結果有 90% 的學習成就呈現進步的情形，也就是說：本 MCAL 軟體對於學習者在校學習的成就的表現，基本上是正面、有效的。

四、學習者使用心得與感想

研究者利用施測前、中、後不同的時段所進行的訪談，以及受測者的使用記錄表內容進行資料之交叉比對後，進行三角校正，以便獲得他們在使用本研究設計之輔助學習方式及工具的心得與感想，茲將資料分析、比對、統整的結果分述如下：

（一）學生普遍認為：過去學習理化最大的困難

在於無法將課程中的內容與實際的生活產生聯結，再加上繁瑣複雜的計算問題，根本抹煞了學生的學習原動力。現在，多媒體電腦所呈現的課程，透過生動的動畫模擬或實驗過程的展示，將實際情境呈現出來，使學生能夠親身感受理化學習的真實性和臨場感。利用這種呈現方式，學生比較容易瞭解課程中所描述的內容意義為何，也會比傳統課本、參考書以及課堂上老師講解內容，來得活潑、生動、有趣。

（二）對於習慣使用電腦的學生而言，利用電腦進行理化學習的課程，抱著著肯定的態度，主要因為電腦是他們所喜愛和熟悉的環境，透過電腦來學習未知的事物，就像他們上網探索新的網站內容一樣具有刺激性。

（三）受測學生（D、G、J）指出，如果 MCAL 軟體設計中能加入遊戲軟體的 3-D 虛擬實境功能，必能對學生產生更大的吸引力，使學生樂意主動去使用這個軟體。

（四）大部份的學生對於學校課程並沒有預習的習慣，所以學生使用 MCAL 的時機大多是學校老師教完該單元後，才回家利用電腦進行複習。而程式中把國中理化課本光學這一章的每一個主要學習單元的主題，都列在主選單的畫面中，所以比較能在學習後記得自己學過什麼，還有什麼沒有學完。

（五）電腦中不斷會有（互動式）的問題要求我們作答，如此，一方面可以檢測我們學習的吸收情形，又可以讓我們的注意力更加集中，使學習更有效率。不過，受測者 G 表示：每次 CAL 的使用時間不宜過長，因為長時間的使用仍然會對他個人產生倦怠感，導致注意力開始分散，學習效果同時便打了折扣。

（六）原本學習成就較低的同學（受測者 D、H、I）感覺：由於自己先備知識及學習動機比其他同學弱，所以一個更有吸引力的學習環境是非常重要的，而 MCAL 軟體就可以提供一個較好的學習環境。同時，程式中有時候利用一些學生曾經歷過的事物，來誘導我們學習新的觀念，還有學習的輔助說明，也可以讓我們在學習過程中遭遇困難時，得到適時的幫助。此外，

自己可以掌控學習的快慢及時間，較不會因為學習速度跟不上而造成學習中斷，也是非常重要的。

(七) 受測者 B 和 F 在訪談過程中，直接詢問是否還有其他理化學習單元的 MCAL 軟體可以提供他們使用，這顯示他們有很高意願利用相同的方法，進行理化的概念學習。

伍、結論與建議

一、結論

資訊科技的快速發展，使得電腦的普及率逐年升高，相信在不久之後，電腦即將成為人類生活不可或缺的工具。在此前提背景下，本研究著手設計一套能夠輔助國中學生進行物理有關光學概念學習的 MCAL 軟體。然而，如何才能設計出一套真正能夠達到輔助學生概念學習的軟體呢？研究者參酌了認知心理學、建構主義、情境認知學習理論、知識系統結構理論、鷹架理論、超本文連結概念以及多媒體電腦輔助學習的設計理念，以國民中學的課程標準為基礎，完成自行設計製作了 MCAL 軟體。經由專家效度評鑑結果顯示：本研究所開發之 MCAL 軟體，在設計上均能符合各相關理論的精神，並在多媒體的搭配安排方面具有相當高之滿意度。有關受測者以 MCAL 方式進行光學概念學習的成效，可分下列三個向度來分析：

(一) 受測者對於光學概念之建構情形：透過受測者所進行的概念構圖結果可知：本 MCAL 軟體確實可以讓學習者經過電腦的學習過程，逐漸自我建構相關的知識和概念。並且由受測者的概念圖結構與軟體所架構之課程結構相似，可推論：研究者設計時所採用之鷹架策略奏效。

(二) 受測學生在校之標準化成就評量結果：十位參加研究的受測學生經過長達一個月的學習後，在學校參加標準化成就測量的結果顯示：有 90% 的受測者在班級中的百分排名呈現進步的情形，這個結果說明經由本軟體的輔助學習可以幫助學生在校獲致較好的學習成就。

(三) 受測者對 MCAL 軟體使用心得與感想：

學生普遍對於利用電腦來進行理化學習感覺非常新鮮，經由動畫虛擬、實驗過程影片的呈現，讓學習者能夠藉著觀察過程瞭解所學內容的意義並且發現學習的重點，對於學習意願的加強有很大的助益。透過受測學生所進行的訪談結果顯示，學習者在使用 MCAL 軟體進行學習時，能夠與電腦達到互動的目的，並由國內學者林麗娟所提供的互動分類方式可知：本軟體所提供的互動環境主要是屬於反應式的互動。同時，電腦的使用是他們的一種興趣，也是未來的趨勢，所以當他們被問及是否願意再利用電腦輔助學習時，均一致表示肯定的意願。

本研究所設計的 MCAL 輔助教材，並不是用來取代傳統課堂教學的活動，而是試圖利用多媒體電腦的優點，來輔助及改善傳統靜態、序列式的學習，提供學生在課堂之外，能夠享有多元化的學習途徑，並藉由真實、有趣的課程內容安排，增加學生和教材之間的互動，進而提高學生對理化的學習意願。

二、建議

研究者在此次研究中獲得一些個人經驗與建議，願提供出來與未來想要從事相關設計的研究者共享：

(一) 在軟體設計製作過程方面

設計時，腦海中要不斷浮現自己據以發展的相關教育與學習理論，唯有念茲在茲、時時提醒自己，才能讓自己所設計出的軟體符合設計的原意。課程設計者最好就是程式撰寫人。如此才能使課程設計者在構思時，能考量到電腦的使用限制；程式撰寫人在製作程式時，能處處以課程設計理念為先。畫面儘量多樣化、活潑化、生動化，用電腦將真實的現象和觀察呈現出來，不論是動畫也好、數位影片也好，但一定要不失其呈現教材內容的原意。若是因呈現方式過度虛幻而分散了學習者注意力，導致學習失敗，這是非常可惜的。在課程設計安排時，儘可能配合教科書，如此可讓學生很容易地將在學校的學習內容和 CAL 軟體相互配合，達到相輔相成的功效。程式內容應注意其

架構是否符合知識系統的網狀結構，尤其是結構的分層以及網路彼此相互關連性。超連結設計時，為避免學習者因過度使用超連結功能而產生學習迷失的情形，宜考量做適度的限制，以利學習者建構其知識架構。製作多媒體的電腦軟體，勢必會使用到許多不同功能的應用軟體以及硬體，在分別製作建立各個檔案資料時，一定要考慮到日後用多媒體整合軟體將所製作之各檔案資料整合而成一套軟體成品時的相互支援性。考量到使用者介面問題，讓學習者能簡單輕鬆地進行學習，必要時可製作使用者手冊以供使用者參考。

(二) 在研究設計方面

單機版光碟儲存方式的 MCAL 軟體，具有攜帶方便、安裝使用容易的特點，但是同時也大大限制了 MCAL 的功能，互動性也侷限於被動式互動或主動式互動而無法達到雙向式互動的功能。本研究基於受測者使用簡便，捨去了原有以電腦記錄學習歷程的構想，而改採書面記錄方式，藉以瞭解學生的使用進度和情形，然而這種方式卻失去了資料日後分析研究的空間，建立學習者學習歷程之電腦記錄資料則是解決此一缺失的最佳途徑。若能利用電腦多媒體的強大功能，建立虛擬的實驗室，讓學習者能在真實的實驗室情境中，自行動手實驗，體驗「做中學」的意義；同時藉著電腦的監測，及時告知學習者實驗的錯誤程序或動作，可以藉此養成學習者正確的實驗操作觀念和方法，避免未來進入實驗室因實驗操作不正確所造成的悲劇發生。

基於以上的討論，研究者建議利用本次製作研究所得到的心得，將其擴展應用到網路遠距教學之上，透過網路的強大功能，可以改善光碟式 MCAL 的互動不足以及資料庫管理的問題。並可以經由學習網路的建立，讓使用者除了與電腦程式互動之外，更可以和其他學習者共同討論溝通、互動，藉由社會建構的方式，達到合作學習的功效。學習者亦可從網路提供者的龐大學習資料庫中，依照自己的學習需求在任一學習過程中下載相關資料進行建構；網

路管理者也可以利用網路即時傳回的使用者學習資訊，進行紀錄、分析、判斷，並提供學習者更快、更多的學習建議；研究者也可以依據每位使用者學習的歷程檔案資料，進行相關分析研究，達到真實記錄、客觀分析的研究目標。

陸、參考文獻

1. 朱則剛 (民 85)。建構主義對教學設計的意義。*教學科技與媒體*，第 26 期，頁 3—12。
2. 朱錦鳳 (民 83)。超文件 (Hypertext) 於教育上應用的特性分析。*資訊與教育*，第 26 期，頁 3—12。
3. 邱貴發 (民 83)。電腦輔助學習的理念與發展方向。*教學科技與媒體*，第 2 期，頁 15—22。
4. 林麗娟 (民 83)。互動式教學環境與科學性知識的學習。*教學科技與媒體*，第 16 期，頁 3—13。
5. 林麗娟 (民 86)。情境、學習與動機。*視聽教育雙月刊*，第 38 卷，第 4 期，頁 18-27。
6. 計惠卿 (民 83)。互動式課程軟體之人機介面的新研究。*教學科技與媒體*，第 14 期，頁 40-48。
7. 計惠卿 (民 84)。電腦輔助學習允諾與問題。*教學科技與媒體*，第 21 期，頁 38-46。
8. 洪榮昭 (民 81)。電腦輔助教學之設計原理與應用。台北：師大書苑。
9. 劉宏文 (民 85)。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*，第 193 期，頁 8-26。
10. 余民寧 (民 86)。有意義的學習—概念構圖之研究。台北：商鼎文化出版社。
11. 湯清二 (民 86)。交互式多媒體教學系統在國中生學習細胞分裂的成效研究。*科學教育學刊*，第 5 卷第 3 期，頁 267-294。
12. Brown, J. S., Collins, A. & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18 (1) p32-41.

13. Diekhoff, G. M., & Diekhoff, K. B. (1982). Cognitive maps as a tool in communicating structural knowledge. *Educational technology*, 22(4), 28-30.
14. Kelly, G. A. (1955). *The Psychology of Personal Construction*. New York: W. W. Norton & Co.
15. Kulhavy, R. W. (1979). *Feedback in written instruction of Education Research*, 47, 211-232.
16. Novak, J. D., Gowin, D. B., & Johansen, G. T. (1983). The use of concept mapping and knowledge vee mapping with junior high school science students. *Science Education*, 67, 625-645.
17. Stewart, J., Van Kirk, J., & Rowell, R. (1979). Concept maps: A tool for use in biology teaching. *The American Biology Teacher*, 41, 171-175.
18. Stuart, H. A. (1985). Should Concept maps be scored numerically? *European Journal of Science Education*, 7, 73-81.
19. Von Glasersfeld, E. (1989). Constructivism in education. In Husen, T., & Postlethwaite, T. N. (Eds). *The International Encyclopedia of education* (Supplementary Vol.1). New York: Pergamon Press.

附錄一 專家效度評鑑表

一、教授專家評鑑表：

| | 評鑑等第 | 建 議 |
|--------------|------|-----|
| 是否符合國中理化課程標準 | | |
| 是否符合電腦輔助學習理論 | | |
| 是否符合認知心理學 | | |
| 是否符合建構主義 | | |
| 是否符合情境認知 | | |
| 是否符合鷹架理論 | | |
| 是否符合知識系統結構理論 | | |
| 是否符合超本文設計理念 | | |

※ 評鑑等第符號註解：

- ◎ ：表示軟體設計符合該理論之要求
- ：表示軟體設計仍有加強的需要
- * ：表示軟體設計無法符合該理論之要求

評鑑說明：本輔助學習軟體是針對國中理化中，有關光學的學習部份而設計。
 請您依據自己的教學專業知識和經驗，對照學習軟體設計內容，在以下的各個評鑑項目中，以一百分為滿分，分別寫下您所認為的得分，並在建議欄中填下您寶貴的建議，謝謝！

評鑑者檔案：

教學年資：_____年
 任教年級：_____年級

評鑑項目：

得分：(0-100)

建議欄

| | | |
|-----------------|--------|--|
| 1. 課程內容 | _____分 | |
| 2. _____ | _____分 | |
| 3. 課程安排 | _____分 | |
| 4. 流暢程度 | _____分 | |
| 5. 趣味性 | _____分 | |
| 6. 畫面設計 | _____分 | |
| 7. 文字設計 | _____分 | |
| 8. 動畫表現 | _____分 | |
| 9. 音樂型態 | _____分 | |
| 10. 影片呈現 | _____分 | |
| 11. 色彩搭配 | _____分 | |
| 12. 互動設計 (*1) | _____分 | |
| 13. 自我操控程度 (*2) | _____分 | |

整體評鑑：

*1. 互動設計：學習者和課程間的互動

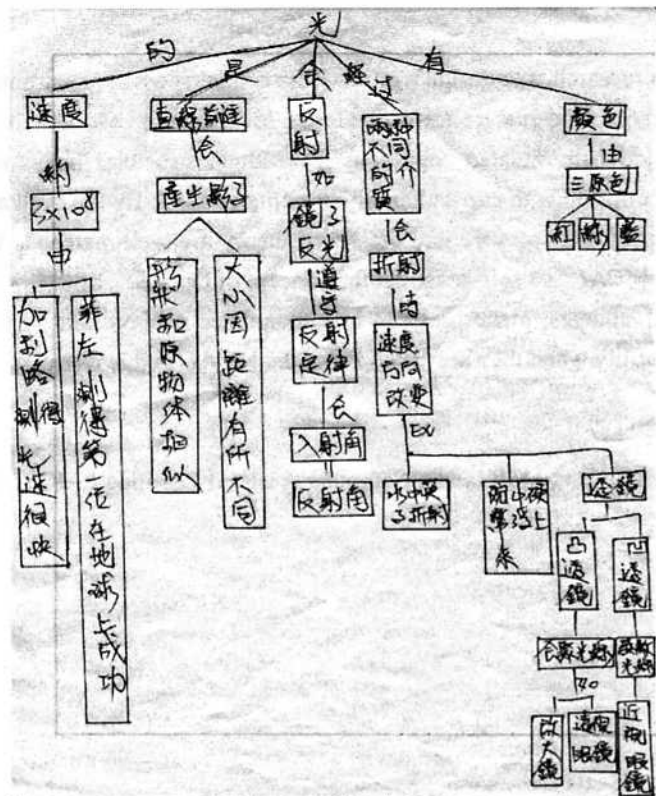
*2. 自我操控性：學習者可以依照自己的學習意願，選擇學習單元、速度以及連結到想學習（複習）的單元。

附錄二 電腦輔助學習軟體使用紀錄表：

填表人：

| 日期 | 時間 | 學習單元 | 學習內容重點 | 使用心得 |
|----|----|------|--------|------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

附錄三 受測者概念圖範例：



**The Research on Design of Multimedia Computer
Assisted Learning Software
— Junior High School Students' Concept of Optics**

Hou Chang Lou

Graduate Institute of Science Education , National Kaohsiung Normal University

Abstract

The aim of this research is to design a multimedia computer assisted learning (MCAL) software, take junior high school students' concept of Optics for example, based on the theories of cognitive psychology, constructivism, situated cognition, scaffolding, structural network of knowledge system, hypertext, and synchronized with curriculum of junior high school. By the evaluation of expert's validity, we know the design of this software and the based theory are well-matched. With empirical research, students assisted by MCAL can self-construct the concept of Optics . They, 90% of tested students, make progress in standardized achievement test at school. All of tested students affirm the utility when they are asked about the MCAL in this research.

Key Words: Constructivism, Multimedia Computer Assisted Learning (MCAL) , Scaffolding, Situated Cognition