科學教育學刊
2001, 第九卷第一期, 35-54

Chinese Journal Science Education
2001, 9(1), 35-54

概念構圖與圖示對兒童自然科學的知識結構、理解能力與學習反應之影響

江淑卿
國立屏東科技大學 幼兒保育系

(投稿日期：民國 88 年 10 月 20 日，修訂日期：89 年 12 月 12 日，接受日期：90 年 2 月 9 日)

摘要：本研究目的在探討不同自然學業能力的兒童，閱讀概念構圖、圖示、結合概念構圖與圖示等型式的教材，對知識結構、理解能力與學習反應之影響。採二因子等組後測實驗設計，根據自然科學業成績，選取 180 位五年級高、中、低能力兒童為受試。再隨機分派至概念構圖組、圖示組、結合概念構圖與圖示組、控制組，各組接受閱讀概念構圖、圖示、概念構圖與圖示、文章等課程。教學結束一週後，隔週實施三篇教材的「科學知識結構測驗」與「科學理解測驗」，採徑路探測法和二因子變異數分析處理資料。另外，從各組隨機選取 24 人進行晤談,以分析其學習反應。研究發現：不同自然學業能力的兒童，閱讀不同表徵型式的教材後，在知識結構和理解能力上有差異。(1)對低能力學生而言，閱讀圖示後的知識結構和理解能力，比僅閱讀文章者佳；閱讀結合概念構圖與圖示後的理解能力，比僅閱讀文章者佳。(2)對中能力學生而言，閱讀概念構圖、圖示、結合概念構圖、圖示後，其知識結構和理解能力，皆比僅閱讀文章者佳。(3)對高能力學生而言，閱讀不同表徵型式教材之效果，可能因教材的難度而有所差異。另外，由晤談發現學習反應會受教材表徵型式和學習者能力之影響。本研究結果可提供國小自然科學教材和讀物的閱讀指導與設計編製之參考。

關鍵詞：概念構圖，圖示，知識結構，理解能力，學習反應。

緒　論

科學教育可透過多元媒體的學習(multimedia learning)，運用多元表徵，協助學習者瞭解科學概念(Mayer, 1997)。雙代碼理論(dual coding theory)即是研究多元表徵的重要理論，主張有語文和非語文兩個獨立，且互相影響的次系統，語文次系統處理語文的訊息，產生語意網路表徵。非語文次系統處理非語文的訊息，產生心像表徵。次系統間透過參照聯結的觸接路徑相互影響，當語文表徵有較強的活

化程度，能擴散至心像表徵，同樣地，當心像表徵有較強的活化程度，也能喚起語文表徵(Paivio, 1986)。概念構圖(concept mapping)與圖示(illustration)是運用多元表徵的學習方式，本研究即從雙代碼理論的觀點，探討其特色、限制與效果。

概念構圖是科學教育上，頗受重視的學習策略和評量工具，主要以命題表徵為基礎，將教材的概念、關係與結構，以二向度的圖解呈現，其中有兩個重要的系統分別為：Novak 和 Gowin (1984)以 Ausubel 同化理論為根據，所發展的概念構圖，以及 Holley 和 Dansereau (1984)所發展的 TCU 系統，該系統從雙代碼理論，探討概念構圖的訊息處理歷程之特色與限制，切合本研究之論點。TCU 系統認為概念構圖是一種結合空間與語文的表徵，其特色是概念構圖的文字，能活化語文次系統，提供明確的命題與概念；概念構圖的空間表徵，能活化非語文次系統，產生鷹架與心智模式，其位置的訊息，則能提供觸接知識的線索；兩個次系統互動，可增進訊息的提取與運用。但其可能的限制是搜尋方式若不熟練，反而有礙整體結構與心像之形成，並降低學習興趣，且其效果可能受學習者個別差異之影響(Lambiotte, Dansereau, Cross & Reynolds, 1989; Wiegmann, Dansereau, McCagg, Reway & Pitre, 1992)。

圖示經常運用在科學的教科書和讀物中，以輔助概念與知識的學習，主要以心像表徵為基礎，結合適切的圖像與扼要的文字，呈現教材的概念和意義，Mayer (1997)參考雙代碼理論，提出產生模式(generative model)，解釋圖示的訊息處理歷程，該模式認為圖示包括視覺與語文表徵，其特色是圖示的圖像，活化非語文次系統，產生心像，形成視覺基礎模式；而圖示的文字，活化語文次系統，形成語文基礎模式；兩個次系統的互動，可增進文字與圖像的映射，幫助學習者容易觸接語意網路。但其可能的限制是圖示雖易引發興趣，有時使學習者分散注意力，反而忽視教材的概念結構，且其效果可能受學習者個別差異之影響，Purnell 和 Solman (1991)，以及 Skaggs (1988)針對圖示的特色與限制，亦提出類似的看法。

當同時呈現概念構圖與圖示時，其效果又如何？若從雙代碼理論分析，可能推測此方式，會強化兩個系統的活化程度，有助於語意網路的建構與心像的形成。另外，若從認知負荷理論(cognitive load theory)分析，基於該理論認為個體工作記憶的容量有限，透過教材的設計，可降低認知資源的消耗(Chandler & Sweller, 1991)，雖然概念構圖和圖示都是經過設計的教材，但呈現過多的訊息，反而造成認知過度負荷，因此推測此方式可能降低學習效果。這兩種論點對結合概念構圖和圖示的效果並不同，有待驗證。

知識結構(knowledge structure)是存在長期記憶中的認知結構，個人透過建構、修正和重組知識結構，進而影響學習表現（江淑卿，1997; Johnson, Goldsmith & Teague, 1994），若要探究教學的效果，需深入瞭解知識結構的改變，近來有研究以知識結構，作為科學教學效果的指標（Hoz, Bowman & Chacham, 1997），顯示知識結構漸受科學教育的重視。概念構圖是直接提供專家結構，幫助學習者依此概念鷹架(concept scaffold)，尋找教材的概念關係，有助於建構、重組或改變知識結構，並提昇學習表現，許多研究如Dansereau, Hall和Pitre (1989)、Hall (1988)、Reway, Newbern和Dansereau (1997)以選擇題、填充題、問答題或回憶題等，驗証了概念構圖在理解、學習成就或記憶等效果，再間接推測其對知識結構之影響，近來江淑卿和郭生玉（1997）、Jonassen 等人（1992）嘗試探討概念構圖直接對知識結構之影響，而獲得肯定的結果。另外，圖示係透過圖像和文字幫助學習者觸接語意網路，對知識結構產生影

響，Mayer 和 Anderson (1991)、Mayer 和 Gallini (1990)研究支持了圖示在記憶、理解和解決問題的成效，間接推測圖示有助於知識結構的改變，然而目前較少研究圖示在知識結構方面的效果，值得進一步驗證。

測量知識結構的方法相當多，例如晤談法、分類法、圖解法和量尺法，每種方法各有其特色和限制。由於本研究重視分析概念關係的改變，故採用屬於量尺法的徑路探測法(Pathfinder)，根據網路模式論點，係結合認知心理學、語意學和和電腦科學，以模擬人類的知識結構，並參考以數學算則處理表徵結構之圖解理論，研發徑路探測量尺化算則，建構一組概念的網路；其程序是先將概念接近性矩陣(PRX)，轉換為徑路探測網路(PFnets)係由一組概念，以節點和鍊結連接的網路結構，鍊結有鍊值，沒有命名，包括非直接鍊和直接鍊，以最接近的非直接徑路為主，並轉換為圖解理論距離(GTD)和徑路探測圖解(pathfinder graph)，再將 PFnets、GTD、 PRX，分別與參照結構比較，可計算出三種相似性指數（PRX 指數、GTD 指數、PFC 指數）（Schvaneveldt, 1990）。基於江淑卿（2000）、Johnson 等人（1994）發現 PFC 指數的預測力，較 GTD 指數和 PRX 指數佳，故本研究以 PFC 指數作為知識結構的指標。另外，本研究透過晤談協助兒童建構概念的圖解（Hoz, *et. al*, 1997; Rye & Rubba, 1998），以配合徑路探測圖解瞭解其知識結構。

近年來探討教材的學習效果，需考慮學習者的情緒反應（Glynn & Takahashi, 1998; Keller, 1988），張欣怡（1997）發現國中生對閱讀圖示持正向態度；Hirumi 和 Bower (1991)則發現概念構圖能提高大學生的自我效能和信心；然而概念構圖不若圖示生動與具體，是否能引發兒童的學習興趣則有待研究。另外，情緒反應有時是來自教材能否提供有意義的訊息，故有必要分析教材的效果來源(Kealy & Webb, 1995)，因此本研究透過晤談，釐清兒童對概念構圖與圖示的文字、空間位置、圖畫等表徵之認知反應，以及對教材的情緒反應，藉由這些學習反應的分析，可作為編製教材之參考。

綜合上述動機，本研究的目的在探討不同自然學業能力的兒童，閱讀概念構圖、圖示、結合概念構圖與圖示等型式的教材，對知識結構、理解能力與學習反應之影響。

基於上述論點，本研究的主要問題如下所述：(1)不同自然學業能力的兒童，閱讀概念構圖、圖示、結合概念構圖與圖示、文章後，其知識結構是否有差異？(2)不同自然學業能力的兒童，閱讀概念構圖、圖示、結合概念構圖與圖示、文章後，其理解能力是否有差異？(3)不同自然學業能力的兒童，閱讀概念構圖 圖示、結合概念構圖與圖示、文章，其認知和情緒反應是否不同？

方　法

一、研究對象

研究對象選自台北市福德國小五年級 11 個班級，根據五上的自然科學業成績，從各班優等（90 分以上）、甲等（89 至 80 分）、乙等（79 至 70 分）的學生，各隨機選取 60 人，依序為高、中、低能力組。接著將各能力組，隨機分派至概念構圖組、圖示組、結合組與控制組，每組各 15 人，共 180 人。再者，從各組隨機選取 2 人，共 24 人進行晤談。

二、研究設計

本研究採 4（閱讀教材型式）X3（自然學業能力）二因子等組後測實驗設計。有兩個自變項：一為不同的自然學業能力，一為各組接受不同實驗課程與閱讀不同教材型式，即實驗組分別接受閱讀概念構圖、圖示、結合概念構圖與圖示等課程與教材，控制組則僅接受閱讀

表 1：測驗用教材與試題之分析

主題	主要概念	段落	知結構測驗	理解測驗
光合作用	10 個	4 個	45 題	13 題 難度 .50 - .80
熱的傳播	10 個	4 個	45 題	13 題 難度 .50 - .80
地震	9 個	3 個	45 題	13 題 難度 .50 - .80

文章的課程與教材；依變項是受試者在三篇教材的「科學知識結構測驗」之 PFC 指數，以及「科學理解測驗」之得分與總分。另外，分析晤談受試對不同型式的教材之學習反應。

三、研究工具

(一)閱讀教材

本研究三篇測驗用的教材「光合作用」、「熱的傳播」、「地震」，各屬於國小自然科課程標準之生命現象、物質與能、地球環境等領域，適合附加概念構圖或圖示，約 10 個主要概念，2-4 個段落，符合高年級學生自行閱讀程度，三篇教材的難度依序由易到難。針對概念分析之結果，設計概念構圖與圖示，並編製「科學知識結構測驗」「科學理解測驗」，如表 1 所示。

本研究參考 TCU 系統(Holley & Dansereau, 1984)設計概念構圖，運用多重關係的語意構圖，以具有命名、箭頭的鍊結和節點，強調命題之間的附屬關係，呈現二向度階層式圖解，針對每段文章，建構一個包括主要和次要概念的概念構圖，如圖 1 所示。參考 Mayer 系統 (Mayer, 1997) 設計圖示，運用適切的圖像與扼要的文字，呈現重要概念與意義，針對每一段文章，設計一個包括主要和次要概念的圖示，如圖 1 所示。

(二)科學知識結構測驗

目的在評量受試閱讀三篇科學教材後的知識結構。針對三篇教材，各設計概念相關性的

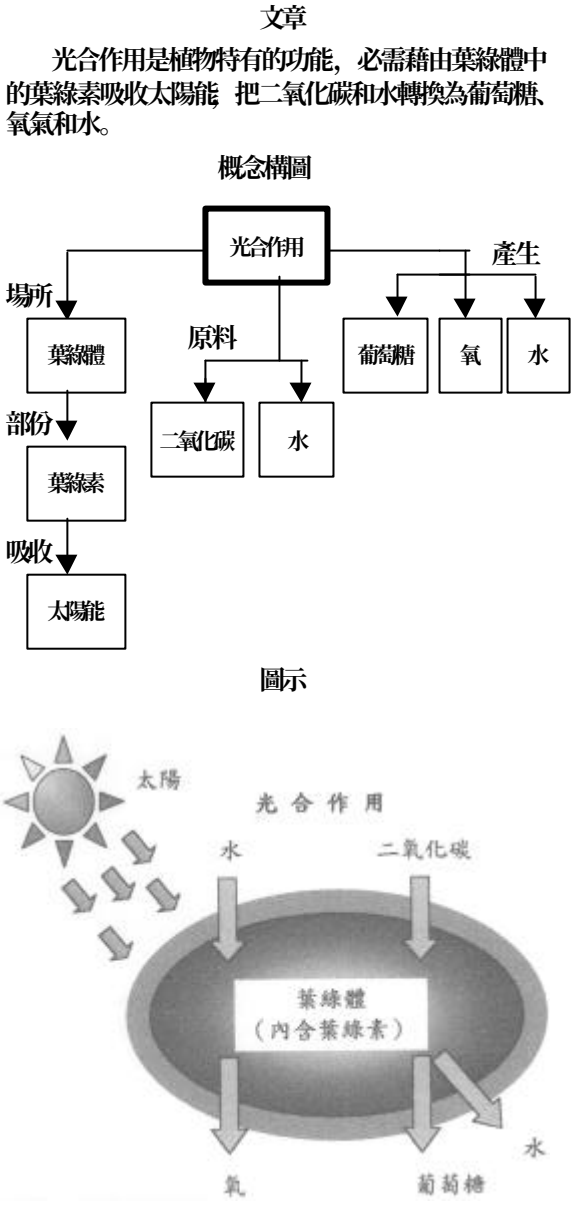


圖 1：測驗用「光合作用」第一段教材示例

評定量表，為五點量表，教材的主要概念，兩兩配對，並隨機安排配對的呈現順序，施測時鼓勵受試運用直覺，評定概念配對間的相關程度，例如：光合作用--葉綠素，受試認為二者最有相關選 5 分，依序至最不相關選 1 分。

本測驗將受試之評分，採徑路探測法轉換出徑路探測網路圖解，並採團體平均的參照結構(三位專家的 PRX 之相關係數在 .84 至 .92 之間)，與受試的結構比較，計算出PFC 指數，其範圍由 0 到 1，指數愈大，表示受試者的知識結構愈接近專家。效度分析以 45 位五年級學生為對象，PFC 指數與科學理解測驗得分之相關，分別為 .918 (光合作用)，.870 (熱的傳播)，.796 (地震)；信度分析以 65 位五年級學生為對象，其間隔 14 天的重測信度為 .69（光合作用），.70（熱的傳播），.67（地震）。

(三)科學理解測驗

目的在評量受試者閱讀三篇科學教材後的理解能力。每答對一題得一分，最後計算得分與總分，得分愈高，表示理解能力愈佳。

編製試題係參考 Purnell 和 Solman (1991) 研究，針對三篇教材的主要和次要概念，設計適合國小高年級程度的三選一之選擇題，包括兩種類型的試題：一為測量兩個以上主要概念關係的試題，一為測量一個主要概念與其它概念關係的試題，再請科學領域專家和自然科教師審題，修正後以 124 位五年級學生進行預試，選擇難度在 .40 至 .80 之間，鑑別力在 .35 以上的試題，如表 1 所示，並針對選項分析，再請專家與教師修正試題，因此本測驗具有不錯的內容效度，再者，以五年級學生 65 人為對象，測得間隔 14 天的重測信度為 .78（光合作用），.75（熱的傳播），.70（地震）。

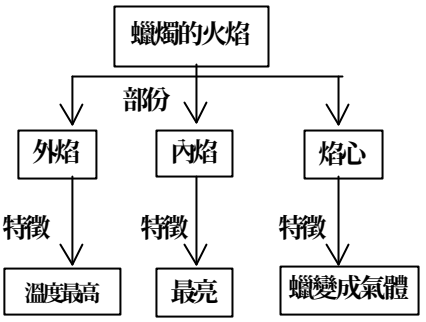
四、實驗課程

本研究參考 TCU 系統課程、Mayer 系統課程，以及讀圖訓練（藍雅齡，1998），編製

文章

蠟燭的火焰包括焰心、內焰和外焰，焰心是火焰的中心，滲入燭芯的蠟變成了氣體；內焰是燒得最亮，但不刺眼的部分；外焰由於跟空氣充分混合，蠟的成分完全燃燒，是最高溫的部分。

概念構圖



圖示

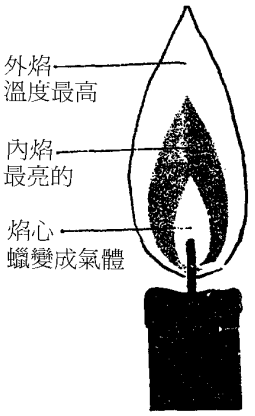


圖 2：教學用「燃燒的蠟燭」第一段教材示例

閱讀概念構圖和圖示課程。各組課程皆包括兩階段的教學，第一階段為示範教學，教材為「蠟燭的火焰」，如圖 2 所示，第二階段為練習教學，教材為「人腦」。以下為各階段的重點：(1)閱讀概念構圖課程：第一階段先提出問題（如蠟燭的火焰包括那些部份？），示範瀏覽文章和概念構圖，再仔細由概念構圖的節點（如外焰）、鍊結（如部份）和空間位置（上下），搜尋文章的主要（如內焰） 和次要概念（如最亮），劃線標記，

最後檢查評估與答題；第二階段指導學生練習，程序與第一階段相同。(2)閱讀圖示課程：第一階段先提出問題，示範瀏覽文章和圖示，再仔細由圖示的文字和圖畫，搜尋文章的主要和次要概念，劃線標記，最後檢查評估與答題；第二階段指導學生練習，程序與第一階段相同。(3)閱讀概念構圖與圖示課程：包括概念構圖與圖示的教學重點，並增加概念構圖與圖示的比對。(4)閱讀文章課程：第一階段先提出問題，示範瀏覽文章，再針對主要和次要概念劃線，最後檢查評估與答題；第二階段指導學生練習，程序與第一階段相同。

五、晤談

晤談的目的在分析受試者閱讀科學教材之認知和情緒反應。主要參考 Rye 和 Rubba (1998)，以及 Hoz 等人(1997)問題引導式晤談，並參考 Glynn 和 Takahashi (1998)，Keller (1988)評量情緒與動機的方法，以及 Kealy 和 Webb (1995)分析教材效果來源的方法，設計晤談問題和程序，分述如下：(1)建構圖解：由主試提出整體的提示（如什麼是光合作用？），請受試回答，並以卡片建構圖解，若已包含教材的主要概念，則結束提示，反之則繼續提出較特定的提示，重複前述程序，受試可調整圖解。(2)分析理解來源：先瞭解教材對受試的重要性（如概念構圖能幫你瞭解重點嗎？為什麼？），再探究概念構圖、圖示、文章的文字、空間位置或圖畫之效果（如概念構圖的文字能幫你掌握重點嗎？為什麼？），以及學習策略之運用情形。(3)分析情緒反應：詢問受試對教材的興趣，以及教材對信心之影響（如你覺得概念構圖有趣嗎？概念構圖能幫你對自己的答題更有信心嗎？為什麼？）。

六、研究程序

1.編製閱讀教材：參考國中小教材與讀物，以及高年級學生和自然科教師的意見，改寫出 12 篇文章（物質與能、生命現象、地球環境領域，各 4 篇）。邀請三位科學領域專家和四位自然科教師，審查教材的適切性，其標準為 (1) 測驗用教材要涵蓋三個領域。(2)符合高年級閱讀程度。(3) 適合附加概念構圖或圖示。(4) 測驗用教材的難度，由易到難，約 10 個主要概念，2-4 個段落。初步選擇 6 篇教材，並進行概念分析，設計概念構圖與圖示，請高年級學生試讀並提供意見。再邀請科學領域專家與自然科教師審查概念構圖與圖示，先由研究者說明 TCU 系統概念構圖與 Mayer 系統圖示之設計要點，經討論取得共識，再審查其適切性，最後，選擇三篇編製測驗用之教材「光合作用」、「熱的傳播」、「地震」，如表 1 所示。另外，選擇兩篇教學用的教材「蠟燭的火焰」「人腦」。

2.編製研究工具：根據三篇測驗用教材，編製科學知識結構測驗，進行信效度分析。同時，編製科學理解測驗，進行預試，以及信效度分析。再設計晤談問題。

3.設計實驗課程：四組課程皆包括兩階段的教學，第一階段為示範教學，第二階段為練習教學，分別以四個班級試教後定案。

4.篩選受試：選自台北市福德國小五年級，該校採常態編班，根據五上的自然科學業成績，隨機選取高中低能力組，再隨機分派至四個實驗組。從各實驗組的高中低能力組中，各隨機選取 2 人，共 24 人進行晤談。

5.教學實驗：教學者為實驗學校教師（擔任八年教學，初教研究所碩士）亦為本研究兼任研究助理，各組進行團體教學時間約為 60 分，四組教學在一週內進行。

6.後測：各組教學結束後的一週，進行「光合作用」教材的團體施測，閱讀 20 分鐘，收回教材，接著「科學知識結構測驗」答題 20 分鐘，再進行「科學理解測驗」答題 20 分鐘。第一篇教材結束後的一週，施測「熱的傳播」，其程序與第一篇教材相同。第二篇教材結束後

的一週，施測「地震」，程序亦同。

7.晤談：個別晤談由研究者擔任主試者，受試在各篇教材後測結束之隔天，先閱讀教材再收回，由主試提示，協助受試片建構圖解，接著瞭解教材的重要性，並探究理解的來源，以及受試對教材的興趣與信心，各篇教材約進行50分。

七、資料處理

以徑路探測法測量知識結構，採Schvaneveldt (1994)知識網路組織工具（簡稱KNOT）分析，將受試「科學知識結構測驗」的評分，轉換為PRX矩陣。接著，設定參數r為∞，參數q為n-1，將PRX轉換為PFNets、徑路探測圖解。最後，根據集合理論的方法，計算受試之PFNets，與三位專家的團體參照結構之PFNets，所共有之節點組，其臨近節點的交集與聯集之平均比率，可獲得PFC指數。

以SPSS進行二因子變異數分析，考驗不同自然科學業能力的兒童，閱讀不同表徵型式教材，在知識結構和理解能力之效果。

表2：各組在知識結構測驗PFC指數之平均數與標準差

組　別	高能力		中能力		低能力	
	M	SD	M	SD	M	SD
光合作用						
概念構圖組	.737	.093	.688	.105	.425	.109
圖示組	.721	.094	.618	.192	.494	.125
結合組	.731	.097	.682	.118	.422	.107
控制組	.719	.098	.423	.093	.298	.095
熱的傳播						
概念構圖組	.734	.082	.591	.105	.353	.122
圖示組	.601	.092	.557	.177	.440	.163
結合組	.732	.106	.606	.104	.376	.084
控制組	.546	.111	.314	.074	.231	.073
地　震						
概念構圖組	.706	.086	.554	.095	.359	.101
圖示組	.533	.133	.488	.175	.405	.100
結合組	.675	.118	.573	.096	.357	.086
控制組	.481	.115	.321	.096	.235	.051

表3：各組在「光合作用」PFC指數之二因子變異數分析摘要表

SV	SS	df	MS	F
閱讀教材型式 (A)	.59	3	.20	15.26**
自然學業能力 (B)	3.02	2	1.51	117.31**
交互作用 (AXB)	.40	6	.07	5.22**
誤差	2.16	168	.01	
總和	6.17	179	.03	

** $p < .01$

表 4：各組在「熱的傳播」PFC 指數之二因子變異數分析摘要表

SV	SS	Df	MS	F
閱讀教材型式 (A)	1.26	3	.42	33.43**
自然學業能力 (B)	2.76	2	1.38	109.69**
交互作用 (AXB)	.33	6	.05	4.36**
誤差	2.11	168	.01	
總和	6.46	179	.04	

**p < .01

表 5：各組在「地震」PFC 指數之二因子變異數分析摘要表

SV	SS	df	MS	F
閱讀教材型式 (A)	1.10	3	.37	31.31**
自然學業能力 (B)	2.04	2	1.02	87.10**
交互作用 (AXB)	.26	6	.04	3.68**
誤差	1.97	168	.01	
總和	5.36	179	.03	

**p < .01

表 6：各組在「光合作用」PFC 指數之單純主要效果摘要表

SV	SS	df	MS	F
閱讀教材型式 (A)				
在高能力組(b1)	.006	3	.002	.04
在中能力組(b2)	.69	3	.23	17.89**
在低能力組(b3)	.30	3	.10	7.77**
自然學業能力 (B)				
在概念構圖 (a1)	.81	2	.41	31.48**
在圖示組 (a2)	.39	2	.19	14.99**
在結合組 (a3)	.83	2	.41	32.12**
在控制組 (a4)	1.40	2	.70	54.39**
誤差	2.16	168	.01	

**p < .01

結果與討論

一、對知識結構與理解能力的影響

表 2 各組在知識結構測驗上 PFC 指數之平均數與標準差。表 3、4、5 為各組 PFC 指數之二因子變異數分析摘要，顯示三篇文章的閱讀教材型式和自然學業能力之交互作用皆達顯著水準（$F_{光} = 5.22$, $F_{熱} = 4.36$, $F_{地} = 3.68$, $p < .01$）。

表 7：各組在「熱的傳播」PFC 指數之單純主要效果摘要表

SV	SS	df	MS	F
閱讀教材型式 (A)				
在高能力組 (b1)	.40	3	.13	10.67**
在中能力組 (b2)	.85	3	.28	22.41**
在低能力組 (b3)	.34	3	.11	9.07**
自然學業能力 (B)				
在概念構圖 (a1)	1.11	2	.55	38.85**
在圖示組 (a2)	.21	2	.10	5.47**
在結合組 (a3)	.98	2	.49	33.80**
在控制組 (a4)	.80	2	.40	20.00**
誤差	2.11	168	.01	

**p < .01

表 8：各組在「地震」PFC 指數之單純主要效果摘要表

SV	SS	df	MS	F
閱讀教材型式 (A)				
在高能力組 (b1)	.53	3	.18	15.11**
在中能力組 (b2)	.59	3	.20	16.81**
在低能力組 (b3)	.24	3	.08	6.74**
自然學業能力 (B)				
在概念構圖 (a1)	.91	2	.45	38.85**
在圖示組 (a2)	.13	2	.06	5.47**
在結合組 (a3)	.79	2	.40	33.80**
在控制組 (a4)	.47	2	.23	20.00**
誤差	1.97	168	.01	

**p < .01

接著進行單純主要效果分析，結果由表 6、7、8 可知，高能力學生閱讀不同型式的「光合作用」，所得 PFC 指數沒有顯著差異（$F_{光} = .04, p > .05$），而閱讀不同型式的「熱的傳播」和「地震」，則有顯著差異（$F_{熱} = 10.67, F_{地} = 15.11, p < .01$）。另外，中能力學生（$F_{光} = 17.89, F_{熱} = 22.41, F_{地} = 16.81, p < .01$）和低能力學生（$F_{光} = 7.77, F_{熱} = 9.07, F_{地} = 6.74, p < .01$）閱讀三篇文章的不同型式教材，所得的 PFC 指數，則皆有顯著的差異。

進一步運用薛費法進行事後多重比較，結果如表 17 所示，說明如下：(1)對高能力的學生而言，閱讀不同型式的「光合作用」，所得的 PFC 指數沒有顯著的差異。閱讀不同型式的「熱的傳播」「地震」，概念構圖組、結合組所得的 PFC 指數，分別顯著高於控制組。(2)對中能力的學生而言，閱讀不同型式的「光合作用」「熱的傳播」，概念構圖組、圖示組、結

表 9：各組在理解測驗得分之平均數與標準差

組　別	高能力		高能力		高能力		平均
	M	SD	M	SD	M	SD	
光合作用							
概念構圖組	10.60	1.21	11.33	1.40	8.33	1.80	10.42
圖示組	11.80	1.15	11.73	1.10	9.13	1.30	10.89
結合組	11.53	1.13	11.27	1.16	9.00	1.51	10.60
控制組	11.40	1.06	8.67	1.95	6.40	1.64	8.22
熱的傳播							
概念構圖組	11.47	.99	10.47	1.25	7.87	2.00	9.93
圖示組	11.07	1.39	10.93	.96	9.07	1.67	10.36
結合組	11.40	1.30	10.40	1.21	8.27	1.75	10.02
控制組	10.00	.76	7.60	1.60	5.80	1.57	7.80
地震							
概念構圖組	11.33	1.29	10.13	1.19	8.07	1.44	9.84
圖示組	11.53	1.06	10.73	1.58	9.60	1.72	10.62
結合組	11.47	1.19	10.47	1.25	8.27	1.87	10.07
控制組	9.00	1.56	7.93	1.58	6.27	1.22	7.73
總分							
概念構圖組	34.40	2.90	31.93	3.49	24.27	4.96	30.20
圖示組	34.40	2.20	33.40	2.61	27.87	4.21	31.89
結合組	34.40	3.07	32.13	3.04	25.53	4.22	30.69
控制組	30.53	2.64	24.20	4.65	18.47	3.85	24.40

表 10：各組在「光合作用」理解測驗之二因子變異數分析摘要表

SV	SS	df	MS	F
閱讀教材型式 (A)	116.15	3	38.72	20.04**
自然學業能力 (B)	368.93	2	184.47	95.49**
交互作用 (AXB)	45.33	6	7.56	3.91**
誤差	324.53	168	1.93	
總和	854.95	179	4.78	

**p < .01

合組所得的 PFC 指數，分別顯著高於控制組。閱讀不同型式的「地震」，概念構圖組、結合組所得的 PFC 指數，分別顯著高於控制組。(3)對低能力的學生而言，閱讀不同型式的「光合作用」「熱的傳播」，圖示組所得的 PFC 指數，分別顯著高於控制組。閱讀不同型式的「地震」，所得的 PFC 指數，則沒有顯著的差異。

表 11：各組在「熱的傳播」理解測驗之二因子變異數分析摘要表

SV	SS	df	MS	F
閱讀教材型式 (A)	183.57	3	61.19	30.95**
自然學業能力 (B)	322.98	2	161.49	58.03**
交互作用 (AXB)	28.18	6	4.70	2.38**
誤差	332.13	168	1.98	
總和	866.86	179	4.84	

**p < .01　*p < .05

表 12：各組在「地震」理解測驗之二因子變異數分析摘要表

SV	SS	df	MS	F
閱讀教材型式 (A)	216.11	3	72.04	35.13**
自然學業能力 (B)	238.03	2	119.02	58.03**
交互作用 (AXB)	9.52	6	1.59	.77
誤差	344.53	168	2.05	
總和	808.20	179	4.52	

**p < .01

表 13：各組在三篇教材理解測驗總分之二因子變異數分析摘要表

SV	SS	df	MS	F
閱讀教材型式 (A)	1505.31	3	501.77	38.97**
自然學業能力 (B)	2764.14	2	1382.07	107.33**
交互作用 (AXB)	174.61	6	29.10	2.26*
誤差	2163.33	168	12.88	
總和	6607.39	179	36.91	

**p < .01　*p < .05

表 9 是各組在理解測驗的得分與總分之平均數與標準差。表 10、11、12、13 各組理解測驗的得分與總分之二因子變異數分析摘要，顯示各組在「光合作用」、「熱的傳播」理解測驗得分與總分，其教材型式和自然學業能力之交互作用達顯著水準（$F_{光} = 3.91, p < .01$；$F_{熱} = 2.38, p < .05$；$F_{總} = 2.26, p < .01$），另外各組在「地震」理解測驗得分，則未有顯著的交互作用（$F_{地} = .77, p > .05$）。接著，交互作用達顯著水準者，進行單純主要效果分析，未有顯著交互作用者，進行主要效果分析。

表 14、15、16 是「光合作用」「熱的傳播」

表 14：各組在「光合作用」理解測驗之單純主要效果摘要表

SV	SS	df	MS	F
閱讀教材型式 (A)				
在高能力組 (b1)	1.25	3	.42	.22
在中能力組 (b2)	88.72	3	29.57	15.31**
在低能力組 (b3)	71.52	3	23.84	12.34**
自然學業能力 (B)				
在概念構圖組 (a1)	98.71	2	49.36	25.55**
在圖示組 (a2)	69.38	2	34.69	17.96**
在結合組 (a3)	58.13	2	29.07	15.05**
在控制組 (a4)	188.04	2	94.02	48.67**
誤差	324.53	168	1.93	

**p < .01

表 15：各組在「熱的傳播」理解測驗之單純主要效果摘要表

SV	SS	df	MS	F
閱讀教材型式 (A)				
在高能力組 (b1)	20.72	3	6.91	3.49
在中能力組 (b2)	103.78	3	34.59	17.50**
在低能力組 (b3)	87.25	3	29.08	14.71**
自然學業能力 (B)				
在概念構圖組 (a1)	103.60	2	51.80	26.20**
在圖示組 (a2)	37.51	2	18.76	9.49**
在結合組 (a3)	76.84	2	38.42	19.43**
在控制組 (a4)	133.20	2	66.60	33.69**
誤差	332.13	168	1.98	

**p < .01

理解測驗得分與總分之單純主要效果分析摘要，若顯著則進行事後多重比較，結果如表 17 所示。(1)高能力學生在兩篇教材的理解測驗得分與總分，皆無顯著差異（$F_{光} = .22$, $F_{熱} = 3.49$, $F_{總} = 4.35$, $p > .05$)。(2)中能力學生在兩篇教材的理解測驗得分與總分，有顯著差異（$F_{光} = 15.31$, $F_{熱} = 17.50$, $F_{總} = 20.50$, $p < .01$)，且概念構圖組、圖示組、結合組，分別顯著高於控制組。(3)低能力學生在兩篇教材的理解測驗得分與總分，有顯著差異（$F_{光} = 12.34$, $F_{熱} = 14.71$, $F_{總} = 18.63$, $p < .01$)，且圖示組和結合組，分別顯著高於控制組。

閱讀不同型式的「地震」教材，在理解測驗得分上，其主要效果分析達顯著水準（$F_{地} =$

表 16：各組在三篇教材理解測驗總分之單純主要效果摘要表

SV	SS	df	MS	F
閱讀教材型式 (A)				
在高能力組 (b1)	168.20	3	56.07	4.35
在中能力組 (b2)	791.92	3	263.97	20.50**
在低能力組 (b3)	719.80	3	239.93	18.63**
自然學業能力 (B)				
在概念構圖組 (a1)	837.73	2	418.87	32.53**
在圖示組 (a2)	371.52	2	185.76	14.43**
在結合組 (a3)	636.58	2	318.29	24.72**
在控制組 (a4)	1092.93	2	546.47	42.44**
誤差	2163.33	168	12.93	

**p < .01

表 17：知識結構與理解能力之事後多重比較或事後比較摘要表

	高能力	中能力	低能力
光合作用			
知識結構	四組之間 無顯著差異	概念構圖>控制 圖示>控制 結合>控制	圖示>控制
理解能力	四組之間 無顯著差異	概念構圖>控制 圖示>控制 結合>控制	圖示>控制 結合>控制
熱的傳播			
知識結構	概念構圖>控制 結合>控制	概念構圖>控制 圖示>控制 結合>控制	圖示>控制
理解能力	四組之間 無顯著差異	概念構圖>控制 圖示>控制 結合>控制	圖示>控制 結合>控制
地震			
知識結構	概念構圖>控制 結合>控制	概念構圖>控制 結合>控制 #概念構圖>控制	四組之間 無顯著差異
理解能力		#圖示>控制 #結合>控制	
總分			圖示>控制
理解能力	四組之間 無顯著差異	概念構圖>控制 圖示>控制 結合>控制	結合>控制

註 1：# 表示事後比較，未標識 # 表示事後多重比較
註 2：若兩組之間無顯著差異，本表則不列出。

表 18：各組在各項晤談問題的學習反應次數表

	高能力				中能力				低能力			
	概	圖	結	控	概	圖	結	控	概	圖	結	控
認知反應												
1 提示量	8	10	9	11	10	11	11	17	18	13	15	21
2 理解來源												
概念構圖重要	6		5		6		5		3		2	
文字	6		5		5		6		2		2	
空間位置	5		4		6		4		3		2	
圖示重要		6	5			6	5			6	5	
文字		6	5			5	5			5	3	
圖畫		5	4			5	5			5	4	
文章重要				5				3				1
學習策略												
劃線	5	5	5	6	6	5	5	4	2	5	3	2
摘要	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
畫圖表	0	1	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0
3 情緒反應												
興趣	6	6	5	4	5	6	6	1	2	6	4	1
信心	5	5	5	5	5	5	5	2	2	3	2	1

註：概為概念構圖組，圖為圖示組，結為結合組，控為控制組。

35.13, $p < .01$)，再進行事後比較，結果如表 17 所示，顯示無論低、中、高能力學生，概念構圖組、圖示組、結合組得分，皆分別顯著高於控制組。

綜合上述結果，發現不同自然學業能力的兒童，閱讀不同型式的教材後，在知識結構和理解能力上有差異。茲分述如下：(1)對低能力學生而言，閱讀圖示後的知識結構和理解能力，比閱讀文章者佳；閱讀結合概念構圖與圖示後的理解能力，比閱讀文章者佳。只有在「地震」這篇教材，閱讀圖示雖能提昇理解能力，但對知識結構的改變並未發揮預期的效果；而閱讀概念構圖卻有助於概念的理解。研究者推測國小五下之前的教材，少有地震方面的主題，因此低能力學生閱讀不熟悉的「地震」教材時，缺乏相關的先前知識和基模，無法用舊基模解決問題，就得重新建構知識和基模(Rumelhart & Norman, 1985)，而圖示縱然能透過心像，提供建構知識的線索，卻較無法呈現明確的概念結構(Purnell & Solman, 1991; Skaggs, 1988)，此時概念構圖反而能直接提供概念的關係，有助於理解能力的提昇。(2)對中能力學生而言，閱讀概念構圖、圖示、結合概念構圖與圖示後的知識結構和理解能力，皆比閱讀文章者佳；只有在「地震」這篇教材，閱讀圖示對知識結構的改變並無助益。推測中能力學生閱讀「地震」教材的情形，和低能力學生類似，圖示無法像概念構圖，可以直接提供概念結構。(3)對高能力學生而言，閱讀概念構圖、圖示、結合概念構圖與圖示、文章，在三篇教材上，所獲得的效果並不一致。閱讀不同型式的「光合作用」教材後，在知識結構和理

解能力上並無差異；而閱讀概念構圖、結合概念構圖與圖示的「熱的傳播」教材後的知識結構，比閱讀文章者佳，此種知識結構的改變效果，也出現在「地震」的教材上，並有提昇理解能力之效果；另外，閱讀圖示則僅在「地震」的教材上，能提昇理解能力。研究者推測高能力學生閱讀三篇教材的效果不一致，可能受到教材難度之影響；當閱讀「光合作用」教材時，由於受試在自然科課程，剛學過「光合作用」相關主題，故能以先前知識和基模為線索，建構概念關係，無需不同型式的教材之輔助，然而當閱讀較不熟悉的「熱的傳播」，特別是「地震」教材，則需概念構圖或圖示之輔助；此一結果與 Afflerbach (1990)研究發現相當一致，即能力較佳者閱讀熟悉的教材時，會自動建構知識，但在閱讀不熟悉的教材時，則會主動運用學習策略與資源。

二、對學習反應的影響

茲將晤談時學生的認知和情緒反應之次數整理於表 18，說明如下：(1)對低能力的學生而言，大致上圖示的文字可提示重點，圖畫會形成心像，引發學習興趣，有助於劃出重點，建構正確的知識結構，所需的提示量也較少，由圖 3 圖示組一位兒童為示例，發現其徑路探測圖解，仍有些錯誤的概念關係，與專家知識結構的相似程度為 .467，並發現由晤談所建構的圖解，其錯誤概念稍有改變，且其空間位置為網狀型，與圖示的空間位置相似，說明了圖示雖未直接有明確結構，卻可透過心像，提供建構知識的線索。另外，學生對閱讀概念構圖較不感興趣，因此未發揮預期的效果。而學生閱讀結合概念構圖與圖示時，較不注意概念構圖，大多選擇圖示的訊息。(2)對中能力的學生而言，概念構圖、圖示、結合概念構圖與圖示皆能引發興趣，並能提高信心，其文字可提示重點，其圖畫或空間位置，會形成心像，有助於劃出重點，建構正確的知識結構，所需的提示量亦少，由圖 4 概念構圖組一位兒童為示例，發現其徑路探測圖解，與專家知識結構的相似程度為 .714，並發現由晤談所建構的圖解，其概念關係有改變，且其空間位置為階層型，與概念構圖的空間位置相似，說明了概念構圖能提供明確結構，有助於知識的建構。而閱讀圖示所建構的圖解為網狀型，與圖示的空間位置類似，也支持心像有助於知識建構之論點。另外，同時閱讀概念構圖與圖示，雖能注意二者的訊息，但並未發揮相輔相成的效果。(3)對高能力的學生而言，閱讀概念構圖、圖示、結合概念構圖與圖示的學習反應，大致上和中能力學生相似。當只閱讀文章時，則能主動運用劃線、摘要、畫圖表等學習策略，對較簡單或熟悉的教材，能有效搜尋重點，整合先前知識，故其表現和其它實驗組無差異，但對較困難或不熟悉的教材，既有的學習策略，無法發揮效果，則需尋求教師提供協助。

整體而言，由晤談發現中、高能力學生閱讀不同型式的教材，大都能引發興趣，閱讀概念構圖或圖示時，都能搜尋和比對概念，也認為文字、空間位置、圖畫都是理解的重要來源，使得學生對其理解能力更有信心。另外，由晤談發現低能力學生對閱讀圖示感興趣，對閱讀概念構圖則興趣低落，認為看概念構圖很麻煩或困難，且對理解沒太多幫助，其搜尋概念構圖的方式極不熟練，往往只看部份的節點，也少與文章的概念比對。推測中、高能力學生可能本身具備讀圖策略，或者能從讀圖課程獲益，但對低能力學生而言，讀圖課程可能無法有效指導其讀圖的方法。

三、綜合討論

綜合統計結果與晤談資料，從雙代碼理論和認知負荷理論，討論如下：(1)本研究發現概

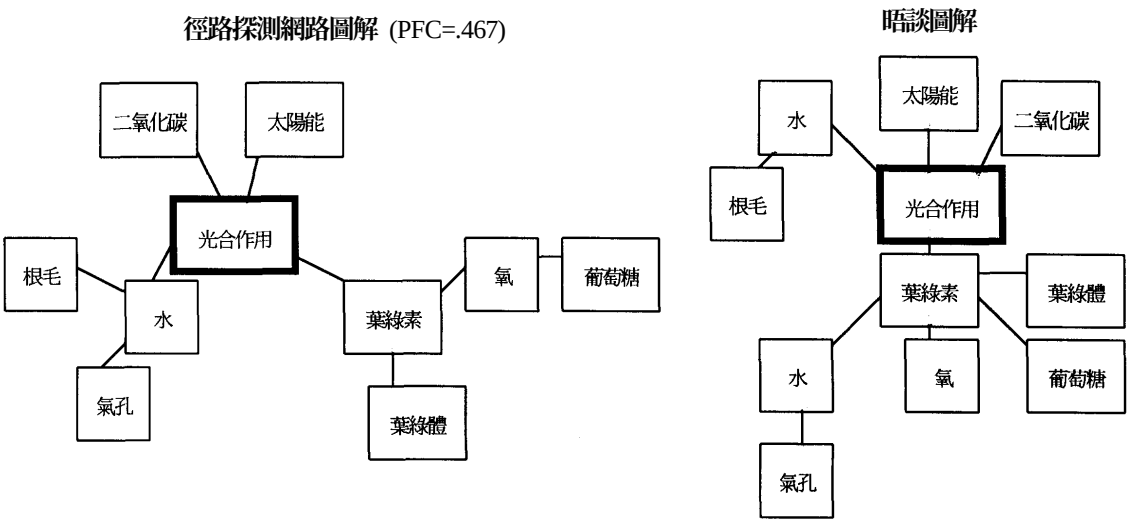


圖 3：圖示組一位低能力兒童「光合作用」的知識結構

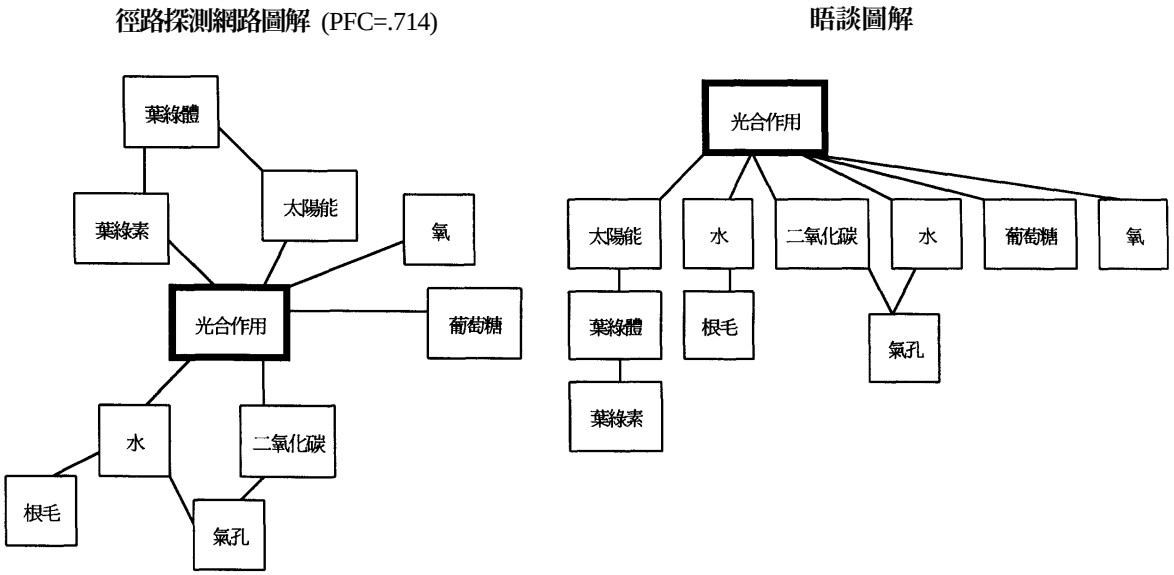


圖 4：概念構圖組一位中能力兒童「光合作用」的知識結構

念構圖提供了專家的知識結構，其文字可提供明確的概念，其空間位置，可產生鷹架與心像，便於提取訊息，因而有助於理解。但由晤談發現低能力者搜尋概念構圖的方式不熟練，而降低學習興趣和信心，甚至在閱讀第三篇教材時，讀圖意願更低，阻礙了知識結構之形成，此研究結果和 Lambiotte 等人（1989）之論點相當一致。(2)本研究發現圖

示雖然無法提供專家的知識結構，然而卻透過圖畫提高學習興趣，藉由所產生的心像，提供理解的線索，並透過其文字，提示重要概念，經由文字與圖像的映射，有助於兒童自行建構知識，由晤談發現無論低中高能力者，大都認為圖示是理解來源，且將圖示的重點，與文章的概念對應並劃線，此結果和 Mayer（1997）產生模式之論點頗一致。(3)本研究發現結合概念構圖與圖示，對中、高能力者而言，閱讀時雖搜尋二者的訊息，然而其效果與僅閱讀概念構圖或圖示相似，另外，對低能力者而言，反而造成認知過度的負荷，其效果不如僅閱讀圖示，由晤談發現低能力者多認為其理解來源是圖示的訊息，甚至認為概念構圖干擾其注意，此結果與認知負荷理論一致。

結論與建議

本研究的目的在探討屬性-處理的交互作用 (attribute-treatment interaction，簡稱 ATI)，分析不同能力的兒童，閱讀何種表徵型式的教材，可獲致較佳的效果；主要採定量的研究，發現不同自然學業能力的兒童，閱讀概念構圖、圖示、結合概念構圖與圖示後，在知識結構和理解能力上有差異，茲分述如下：(1)對低能力學生而言，閱讀圖示後的知識結構和理解能力，比僅閱讀文章者佳；閱讀結合概念構圖與圖示後的理解能力，比僅閱讀文章者佳。(2)對中能力學生而言，閱讀概念構圖、圖示、結合概念構圖 圖示後 其知識結構和理解能力，皆比僅閱讀文章者佳。(3)對高能力的學生而言，閱讀概念構圖、圖示、結合概念構圖與圖示、文章，對知識結構和理解能力之影響，可能因教材難度而有所不同，教材較簡單時，閱讀不同型式的教材，其效果並無差異；教材較難時，閱讀概念構圖 結合概念構圖與圖示後，其知識結構則比閱讀文章者佳。另外，由晤談也發現不同能力兒童，閱讀不同型式教材的學習反應有差異。

本研究從雙代碼理論和認知負荷理論進行分析，發現不同型式的教材，其文字、圖畫或空間位置，可以活化語文與非語文的表徵系統，且其效果可能受兒童的能力和教材的難度之影響。概念構圖以命題表徵為基礎，提供專家的結構，當教材較難時，特別有助於概念的理解；圖示以心像表徵為基礎，提供自行建構知識之線索，特別可引發能力較差兒童的興趣；結合概念構圖與圖示雖然兼具命題和心像表徵，但受認知容量的限制，或過多訊息干擾，而未有相輔相成的強化效果。

建議未來指導國小高年級學生閱讀自然科教材和讀物，可參考 Mayer 系統設計圖示，對於難度較高的教材，則可參考 TCU 系統設計概念構圖，較不需同時附加圖示和概念構圖；除了提供不同型式教材外，需配合讀圖訓練之課程，以發揮圖示和概念構圖的功能。

誌　　謝

1. 本研究承國科會專題研究計劃補助 (NSC 88-2511-S-020-001)，特此致謝。
2. 感謝審查教授寶貴的意見與建議。

參考文獻

1. 江淑卿（1997）：知識結構的重要特性之分析暨促進知識結構教學策略之實驗研究。台北市：國立臺灣師範大學教育心理與輔導研究所博士論文（未出版）。
2. 江淑卿和郭生玉（1997）：不同學習過程的概念構圖策略對促進知識結構專家化與理解能力之效果研究。師大學報, **42**, 1-16。
3. 江淑卿（2000）：徑路探測法在測量知識結

構上的效度研究。測驗年刊, 47(1), 73-94。

4. **藍雅齡**（1998）：**讀圖訓練對國二學生理解地球科學圖形之影響。台北市：國立臺灣師範大學科學教育研究所碩士論文（未出版）**。
5. **張欣怡**（1997）：**地球科學不同課文表徵教材對學習表現之研究。台北市：國立臺灣師範大學科學教育研究所碩士論文（未出版）**。
6. Afflerbach, P. P. (1990). The influence of prior knowledge on expert readers' main idea construction strategies. *Reading Research Quarterly*, XXV/1, 31-46.
7. Chandler, P., & Sweller, L. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8, 293-332.
8. Glynn, S. M., & Takahashi, T. (1998). Learning from analogy – enhanced science text. *Journal of Research in Science Teaching,* 35, 10, 1129-1149.
9. Hall, R. (1988). *Knowledge maps and the presentation of related information domains*. Unpublished doctoral dissertation, Texas Christian University, Fort Worth, TX.
10. Hirumi, A., & Bower, D. R. (1991). Enhancing motivation and acquisition of coordinate concepts using concept trees. *Journal of Educational Research,* 84(5), 273-279.
11. Holley, C. D., & Dansereau, D. F. (1984). *Spatial learning strategies: Techniques, applications, and related issues.* New York: Academic Press.
12. Hoz, R., Bowman, D., & Chacham., T. (1997). Psychometric and edumetric validity of dimensions of geomorphological knowledge which are tapped by concept mapping. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(9), 925-947.
13. Johnson, P. J., Goldsmith, T. E., & Teague, K. W. (1994). Locus of the predictive advantage in pathfinder-based representations of classroom knowledge. *Journal of Educational Psychology,* 86, 617-626.
14. Jonassen, D. H., & others (1992). *Learner-generated vs. instructor-provided analysis of semantic relationships.* Paper presented at the Convention of the Association for Educational Communications and Technology, Colorado. (ERIC Document Reproduction Service No. ED347 999).
15. Kealy, W. A., & Webb, J. M. (1995). Contextual influences of Maps and diagrams on learning. *Contemporary Educational Psychology,* 20, 340-358.
16. Keller, J. M. (1988). *Development of Instructional Materials Motivation Checklist (IMMC) and Survey (IMMS).* Tallahassee: The Florida State University , Department of Education Research.
17. Lambiotte, J. B., Dansereau, D. F., Cross, D. R., & Reynolds, S. B. (1989). Multirelational semantic maps. *Educational Psychology Review,* 1, 331-367.
18. Mayer, R. E. (1997). Multimedia learning: Are we asking the right questions? *Educational Psychologist,* 32(1), 1-19.
19. Mayer, R. E., & Anderson, R. B. (1991). Animation need narrations: An experimental test of dual-coding hypothesis. *Journal of Educational Psychology* 83(4), 484-490.
20. Mayer, R. E., & Galline, J. K. (1990). When is an illustration worth ten thousand words? *Journal of Educational Psychology*, 82, 715-726.
21. Newbern, D., & Dansereau, D. F. (1997). Spatial-semantic display processing: The role of spatial structure on recall. *Contemporary*

Educational Psychology, 22, 319- 337.

22. Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. New York: Cambridge University Press.
23. Paivio, A. (1986). *Mental repersentations: A dual coding approach*. New York: Oxford University Press.
24. Purnell, K. N., & Solman, R. T. (1991). The influence of technical illustrations on students' comprehension in geography. *Reading Research Quarterly,* XXVI, 277-299.
25. Reway, K. L., Dansereau, D. F., Hall, R. H. & Pitre, U. (1989). Effects of knowledge maps and scripted cooperation on recall of technical material. *Journal of Educational Psychology,* 81, 604-609.
26. Rumelhart , D. E., & Norman, D. A. (1985). Represen -tation of knowledge. In A. M. Aitkenhead (Ed.), *Issues in cognitive modeling* (pp.15-62). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
27. Rye, J. A., & Rubba, P. A. (1998). An exploration of the concept maps as an interview tool to facilitate the externalization of students' understandings about global atmospheric change. *Journal of Research in Science Teaching,* 35(5), 521-546.
28. Schvaneveldt, R.W. (Eds.) (1990). Pathfinder associative Networks : Studies in knowledge organization. Norwood, NJ: Ablex.
29. Schvaneveldt, R. W. (1994). Knowledge Network Organizing Tool (PCKNOT version: 4.2). Las Cruces, NM: Interlink, Inc.
30. Skaggs, L. P. (1988). The effects of knowledge maps and pictures on the acquisition of scientific information. Unpublished doctoral dissertation, Texas Christian University, Fort Worth, TX.
31. Wiegmann, D. A., Dansereau, D. F., McCagg, E. C., Reway, K. L., & Pitre, U. (1992). Effects of knowledge map characteristics on information processing. Contemporary EducationalPsychology, 17, 136-155.

The Influence of Using Concept Mapping and Illustration on Children's Science Knowledge Structure, Comprehension, and Learning Response

Shwu-Ching Jiang

Department of Child Care, National Pingtung Technology University

Abstract

The main purpose of this study was to explore the influence of concept mapping, illustration, and the combination of concept mapping and illustration with different levels of children's academic ability on students' knowledge structures, comprehension, and learning response. A two-way between-subjects factorial design was used. A total of 180 fifth-graders including low, middle and high ability students were chosen from primary school based on their achievement of sciences. Then they were randomly assigned into a concept mapping group, illustration group, a group combing concept mapping and illustration and a control group. One week after instruction, the Knowledge Structure Test and Comprehension Ability Test for three scientific texts were administered. The data were analyzed using Pathfinder and a two-way factorial ANOVA. A sample of 24 children were randomly chosen from the four groups to be interviewed. The results indicated that the effects of different material formats on students' knowledge structures and comprehension ability were affected by learners' ability. Low ability students' knowledge structures and comprehension ability were influenced more by reading illustration as opposed to text alone. Comprehension ability was more effectively promoted by combing concept mapping and illustration than by only reading text. Middle ability students knowledge structures and comprehension were more effected by the different material formats than by only reading text. The effects of reading different material formats on high ability students was affected by the difficulty of the material. The analysis of children's interviews indicated that learning response was affected by the different material formats and the learner's ability.

Key word: concept mapping, illustration, knowledge structure, comprehension ability, learning response.