

2D 電腦動畫在化學實驗教學上之設計與應用

蘇金豆

德霖技術學院通識教育中心 副教授

摘要

多媒體融入教學帶動了資訊教育的學習風潮，在此強調知識主動性、直接性與開發性的經濟時代，資訊融入教學已成為當今學習科技的新思維。

2D 動畫結合文字、圖片與音效的呈現，其亮麗的畫面、靈活的動畫與栩栩如生的聲音，融入化學實驗設計成教材，對學生的學習成效，自然因目光的集中而有正面效果。

本研究以 Flash MX 設計「水溶液沉澱反應」之動畫教材，結合 Power Point 簡報軟體應用在教學上。結果顯示，不但可展示教學內容，提昇學習的續航力，並且對學生們的學習態度有積極的回饋。

關鍵詞：多媒體、經濟時代、2D 動畫、學習態度

The Design and Application of 2D Computer Animation in Chemical Experimental Texts

King-Dow Su

Center of General Education, De Lin Institute of Technology
Associate Professor

Abstract

Multimedia texts bring in an innovative learning trend. To emphasize the active, directive and developmental information in the knowledge economic era, animation becomes a new dominant approach for learning technology. 2D Animation, a combination and presentation of characters, graphs, animations and sound effects, attracts students' eye-sight, stimulates their learning motivations, and makes better and effective learning, when all incorporated into chemical experimental texts.

This study offers Flash MX design "participation reaction in aqueous" animation texts, and combines power point bulletin into teaching. The results show that this study not only demonstrates teaching contents, elevates learning capabilities, but also has positive feedbacks toward students' learning attitude.

Keywords: Multimedia texts, economic era, 2D Animation, learning attitude

一、緒論

電腦輔助教學(Computer-Assisted Instruction, CAI)拓展了我國資訊教育的視野，也帶動了學習風潮(董家莒、張俊彥、萬建華和戴明國，民 90；張俊彥、陳盈霖，民 89；邱貴發，民 80)。在此知識經濟時代，強調知識的主動性、直接性與開發性(陳伯璋，民 90；張一蕃，民 90；蘇金豆，民 92)。是故，資訊融入教學，已成為當今學習科技的(Learning Technology)的新思維(Su; 于富雲，民 91；徐新逸、吳佩謹，民 91；溫明正，民 89；張國恩，民 88)。

傳統教學，雖有其特質，但大多淪為單向傳播式的知識灌輸，枯燥乏味又不具體，已無法吸引新時代學生的學習脈動，此種講授學習必然無法刺激學習動機，使得師生間共鳴與互動機制喪失，因此學習成效大受限制。教育改革與教學理論的創新，皆促使老師在教學方式上必須做多元化的變革，而多媒體教學是其中之一，也是九年一貫新課程中，培養學生十大基本能力—運用科技與資訊的能力範疇，教育改革的方向，此時業已邁入教與學的多元時代。

在強調創造力與競爭力的新世紀中，多元化的學習環境已然成形，因此從老師身上學的觀念應逐漸轉變成和老師一起學，老師只是從旁協助，扮演著指導者、輔助者及諮詢者的角色，知識是由學生自行建構而得，知識惟有在真實、情境式情況下才能獲得(沈中偉，民 84)。資訊科技融入教學，就建構學習理論而言，對學生能力的培養，確實有所助益(楊坤原，民 89；張基成，民 86)。資訊科技在教學上可提供明確應用指引，教師嘗試不同的應用類型，從不同層面協助學生學習。因此，教師若能適度運用資訊科技來輔助教學，讓教學方式更具多元化、更有彈性，將使學習更具成效(陳金助，民 91)。

科學教育主要的目的，是輔助學生了解科學上的解釋，而使用電腦化教學(CBI)的用意，是在促進學生對科學的了解(Mayer & Anderson, 1991)。動畫在 CBI 中有其重要潛力，Rieber(1990)研究証實動畫視覺在教學上的正面效果，若能適度使用動畫媒體，將其與學生的學習心理相互結合，進而將動畫迷人之處設計整合融入教材，將有助於學生的學習。動畫媒體結合文字、圖片、與音效的呈現，有著亮麗的畫面與靈活的動畫及栩栩如生的聲音，當能吸引學生目光，引起學習誘因，使學習更為集中，獲致最佳的學習成效(沈亞梵，民 85；廖美雲，民 90)。

本研究乃針對傳統口述教材之單調、傳統化學實驗教材之挨板、缺乏對學生的興趣提昇，且學習效果普遍不佳等缺點，因而結合多媒體科技--Power Point 簡報軟體和 Flash MX 軟體之 2D 動畫設計，設計「水溶液沉澱反應」之動畫教材，應用在化學實驗教學，並經由學習態度問卷與訪談探討學生們對學習結果的看法。

二、文獻探討

數位學習領域是一種教育科技領域的發展策略。Robin king 指出最受歡迎，也最具市場價值的數位內容應用，即是動畫、遊戲、網路以及繪圖產業(周頡、梁朝雲、許明潔,民 92)。動畫是最貼近學生的學習心理，將動畫迷人之處整合融入教材設計，對學生學習將有正面幫助。孫春望(民 87)指出將教育卡通及遊戲整合起來便是寓教於樂的概念，這是許多教育工作者期望能夠達到的境界，也是讓學生能夠輕鬆愉快地學習到有用知識，運用此種育樂

多媒體(Edu-tainment Multimedia)，除了可提高學習者的操作興趣與專注力，更能在看動畫和遊戲的情境中學習到需要的知識，周頡等人(民 92)的研究指出運用寓教於樂的概念，主要是期望教育能更符合人性需求，藉由提高學習者的學習意願和興趣，以維繫學習的注意力。信世昌(民 83)研究提出教育是否能像看動畫一樣，讓人心情愉快，並能從中獲得心性的滿足，端看教育的歷程與目標。隨著資訊科技進展，結合文字、語音、聲效、圖像、動畫和影片的多媒體，已成為當今教育科技界的顯學。

運用動畫來呈現教學內容，Reed(1985)稱它為“從看中學”(Learning by viewing approach)，若能適時加入一些動畫展示，必可提昇學習的持續力。Rieber(1990)提出學生在牛頓定律學習上，使用動畫陳述較靜態視覺更為有效；他也謹慎的陳述，儘管動畫在教學上有其重要潛力，設計者仍必須注意其適用性，過度使用動畫易分散學生對課程的學習。Baek and Layne(1988)研究顯示動畫的使用可增進後測成績。Eaker and Jacobs(1982)陳述模擬(simulating)化學反應，將使老師和學生能更清楚看出反應是如何發生。Milheim(1993)指出製作高品質動畫有助於 CBI 與多媒體教材的發展，並提出使用媒體的六項原則：(1)動畫力求簡單，焦點集中在新領域的學習；(2)具有反覆練習之機制；(3)容許依序呈現不同速度的動畫；(4)使用具視覺美感的動畫；(5)使用互動式的動畫；(6)避免過度使用動畫，以免分散學習者。Mayer 和 Anderson (1991)研究指出口頭的(verbal)講解。同時搭配視覺說明(visual explanation)，對提昇創意問題解決能力較二者分開個別實施更為有效率。Burke、Greenbowe 和 Windschitl(1988)陳述教授化學課程，若能結合聲音、影像、動畫或分子影像旋轉等，其效果將較傳統教學增強許多。Wolfskill 和 Hanson(2001)在電腦化教學中發現，教師若能提供更多學習需求的教材，來刺激學習(如影像、聲音、動畫和互動性)，將使學生在學習過程中留下深刻印象並使學習效率更為提高。

曾玉慧與梁朝雲(民 92)指出多媒體是一種高科技整合的產物，在其眾多特性中，有五點與教育應用特別相關：(1)全感官的感受，可加強學習效果；(2)鼓勵和肯定學生個別表現；(3)給予使用者擁有的感受；(4)創造一種主動的學習活動；(5)有益於雙向溝通。簡綜男(民 87)在研究論文中道出多媒體在教育上的功能，包括：

(1)引起學生注意；(2)激發學生學習動機；(3)發揮個別化教學；(4)具有前導組織的功效。張仁川(民 91)認為 Flash MX 可輕鬆地整合聲音、動畫、圖片、互動設計，並且能夠正常的顯示在多種瀏覽器與作業平台，動畫多媒體融入教學的基本概念，主要是期望教育的功能更符合人性需求，藉由提高學習者學習意願、興趣以維繫學習者的注意力。邱貴發(民 81)陳述教學概念 domain-specific，教學設計是受制於教學的內容或學科。信世昌(民 83)在論文中引述 Gagne 的五項人類學習分類：(1)語文資訊；(2)心智技能；(3)認知策略；(4)態度；(5)動作技能。其中技能與態度在人類的科學學習過程中扮演著一項重要的任務。王澄霞和蔡曉信(民 83)認為化學是一門實驗的科學，化學知識起源於化學實驗，所以化學實驗是解決化學問題和獲得化學知識的基本工具。結合資訊系統使學習者能得到立即的回饋，提高學習動機，增強學生專心學習，使學生能自我肯定，自我增強。

在知識領域中，傳統化學教學較側重認知，至於情意與行為方面則顯得更為貧乏。綜合上述國內外專家學者的見解，發現動畫融入教學有其明顯的重要行性與回饋性，且能兼

顧認知、情意與行為三方面之發展。因此，本研究將 Flash MX 2D 動畫應用在化學實驗「水溶液沈澱反應」的教學上，設計符合學生興趣的內容，做為實驗教學，對學生在化學問題解決潛力上將更加助益。

三、「水溶液沈澱反應」的製作過程

利用 Flash MX 軟體來設計化學實驗—「水溶液沈澱反應」的 2D 動畫製作流程如下：

- (一) 選取「檔案」\「開新檔案」。
- (二) 選取「插入」\「新增元件」，開啓「建立新元件」對話方塊。建立一個名為「燒杯」的「圖像」元件，利用繪圖工具的「矩形工具」、「橢圓形」、「直線」、「箭頭工具」畫出燒杯外框及含有無色的 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 100ml 的圖形。按左上角的「場景 1 鈕」返回場景。名為「燒杯」的圖層，拖曳「燒杯」之元件至編輯區左方。
- (三) 按「插入」\「新增元件」開啓「建立新元件」對話方塊，建立一個名為「試管」的圖像元件，利用繪圖工具畫出試管。按左上角的「場景 1 鈕」返回場景。建立一個名為「試管」的圖層，托曳「試管」元件至工作區，在影格 9 按(F6)新增關鍵影格，托曳「試管」元件至編輯區內的「燒杯」物件的上方，選取「修改」\「變形」\「旋轉和斜切」將試管旋轉到與燒杯口形同 45° 角度；然後，在影格 1 至影格 9 中間按左鍵選建立時間動畫，這樣試管就會由編輯區右方跑至「燒杯」物件上方，複製影格 9 的內容到影格 10 及 45，複製影格 1 的內容到影格 60，並且在影格 45 到 60 建立時間動畫。
- (四) 按「插入」\「新增元件」開啓「建立新元件」對話方塊，建立一個名為水紋的「圖像」元件，按(F11)開啓元件庫，托曳「試管」元件。至編輯區，按(Ctrl)+(B)打散群組，使用「橡皮擦工具」擦拭「試管」外框。按右上角的「場景 1 鈕」返回場景。建立一個名為「 K_2CrO_4 」的圖層，托曳「 K_2CrO_4 」元件至工作區與「試管」元件合為一體，在影格 9 將物件移至編輯區內與試管一致，複製影格 9 的內容到影格 10，並且在影格 1 到影格 9 的內容做按右鍵，選建立時間動畫，在影格 42 按<F7>插入空白關鍵影格，如圖(1)所示。
- (五) 在「 K_2CrO_4 」的圖層上，建立一個名為「遮色片」的圖層，在影格 10 利用繪圖工具畫出一橢圓形物件遮住試管，在影格 42 利用工具箱中的「自由變形工具」將橢圓形物件縮小至「 K_2CrO_4 」元件的口緣，在影格 10 到影格 42 間按左鍵選「建立時間動畫」，這樣一來就可形成「 K_2CrO_4 」在流動的動畫，如圖 (2) 所示。
- (六) 建立一個名為「水珠」的「影片片段」元件，進入此元件編輯視窗後，利用繪圖工具，畫出水珠，按<Ctrl>+<G>群組物件，且在影格 5 按<F6>鍵，新增關鍵影格，將水珠位置往下移，在影格 6 按<F7>新增空白關鍵影格，在影格 1-6 間建立時間動畫，複製影格 1 到 6 的內容到影格 7,14,21,28,35，並且新增一個名為「Action」的圖層，在影格 42 按<F6>新增關鍵影格，加入「動作」\「Stop」指令，如圖(3)所示。
- (七) 建立一個名為「 BaCrO_4 」的圖層，在影格 31 按<F6>新增關鍵影格，利用繪圖工具，畫出一不規則圖形，且在影格 52 按<F6>新增關鍵影格，然後選取工具箱中的「箭頭工具」將「 BaCrO_4 」物件拉至燒杯邊緣，在影格 31 到影格 52 間，在屬性功能上選取建立形狀補間動畫，如此一來即可呈現沈澱擴散的動畫，如圖(4)所示。

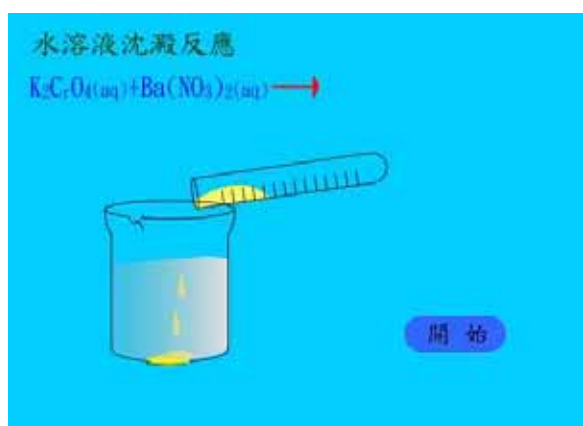
- (八) 選取「插入」\「新增元件」開啓「建立新元件」對話方塊，建立一個名為「開始」的「按鈕」元件拖曳至編輯區右下方，於「動作」面板選取「影片控制」\「go to」，在「scene」設定為「場景 1」\影格 1\前往並播放。如此一來，按下此按鈕元件，就會跑至「場景 1」，播放影格 1 即可從新播放一次動畫。如此 Flash 動畫便告完成。圖 1 所示的四張圖圖(1)至圖(4)為其播放順序。
- (九) 將此 Flash 動畫嵌入 Power Point 簡報檔(何東隆、李美真，民 91)即可進行教學。



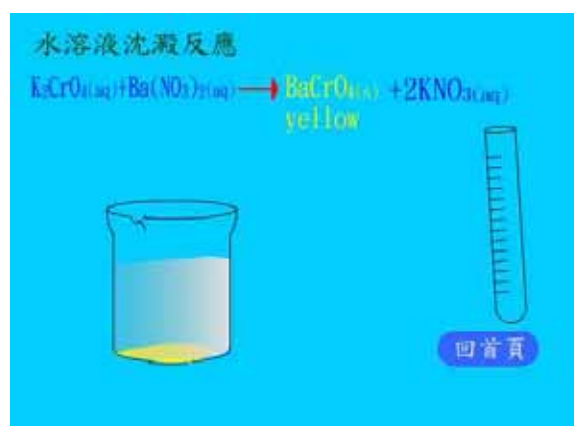
圖(1)



圖(2)



圖(3)



圖(4)

圖 1 概念上的 2D 電腦動畫播放順序(1)→(2)→(3)→(4)→(1)

四、問卷的效度與信度評估

(一) 效度

本問卷之效度分析採專家效度，在問卷設計完成後，邀請五位專家學者針對問卷中題意模糊，不適合的項目加以整併、修改、刪除，而形成初步的專家效度；此問卷再經相關分析，擷取 Item-Total 相關係數介於 0.66~0.82 之題目，而形成本研究之調查問卷。由表 1 之資料顯示，將該試題之得分剔除後問卷整體測驗之「內部均值性信度(以 Cronbach's α 表示)並無明顯變化，所以本問卷之效度是良好的，這個結果表示問卷所含每一試題所評測的方向均與整體量表所評測的方向一致。即，各試題對整體量表之內部均質性均有所貢獻(鄭湧涇、楊坤原，民 87)。

表 1 試題之 Item-Total 相關係數及該項目刪除之 Cronbach's α 值

題 號	Item-Total 相關係數	該項目刪除之 Cronbach's α 值
1	0.6687	0.8219
2	0.7669	0.8135
3	0.7195	0.8159
4	0.8231	0.8043
5	0.7377	0.8147
6	0.6898	0.8187
7	0.7464	0.8116

(二) 信度

本問卷之信度分析，採用 SPSS 10.0 for Windows 統計套裝軟體作為分析工具。本研究採問卷實証，研究對象為研究者任教的二班大一學生共 90 人，有效問卷回收 78 份，回收率為 0.87。問卷回收後，進行信度檢定，由於問卷是研究者參考學習態度問卷加以改編(張永宗，民 90)，並經專家檢視語意修改而成，故針對內部一致信度，以 Cronbach's α 係數來衡量內部一致性。由 Wortzel (1979)的研究中，知曉 Cronbach's α 係數，如介於 0.7-0.98 之間則屬高信度值；若低於 0.35 則應捨去不用。本研究經統計套裝軟體 SPSS 分析結果，各題之信度皆達 0.80 以上，且總 Cronbach's α 係數值為 0.92，代表此問卷之可信度相當高(莊雪芳、鄭湧涇，民 91)。

五、應用結果分析

設計出一套化學實驗－「水溶液沈澱反應」的互動式多媒體教材，經由實地教學，並提供學生使用之後，對學習結果做問卷施測與訪談，茲將分析結果呈現如下：

(一)問卷分析

學生學習完設計的 2D 動畫融入教學後，針對其學習結果進行問卷，經由回收問卷做分析，學生使用設計的 2D 動畫融入教學後，針對其學習結果進行問卷填答，填答結果分佈概況示於表 2，而研究對象之背景變項則示於表 3。以下將對施測結果進行探討：

表 2 學習結果問卷調查人數分佈概況

人 目	分數比率 數	非常	同意	沒意	不同	非常	平均
		同意		見	意	不同意	
		5 分	4 分	3 分	2 分	1 分	
1. 2D 動畫融入教學增進我對計量試題的解題能力。		5	30	36	4	3	3.38
2. 2D 動畫增進我對科學觀念的學習能力。		5	34	37	1	1	3.53
3. 2D 動畫讓我更想學些多媒體相關知識。		7	31	37	2	1	3.53
4. 2D 動畫增進我的學習興趣		9	34	31	2	2	3.59
5. 2D 動畫激發我追求新知的意願		8	32	34	3	1	3.55
6. 我覺得課堂上使用電腦動畫可維持我的注意力。		13	32	30	1	2	3.68
7. 我覺得課堂上使用電腦重畫可維持我的注意力，有助於我的學習。		11	32	32	2	1	3.64

表 3 2D 動畫在化學實驗教學之應用結果變異數分析

背景	變項	人數	平均數	標準差	變異數分析			
					來源	df	SS	MS
喜歡 電腦 多媒 體程 度	1. 非常喜歡	14	4.02	0.84	組距 3 9.20 3.07 5.7*	組間 74 39.98 0.54	總合 77 49.18	
	2. 喜 歡	41	3.62	0.67				
	3. 沒 感 覺	22	3.15	0.77				
	4. 不 喜 歡	1	3.14	0				
使用 電腦 多媒 體程 度	1. 沒用過	24	3.35	0.93	組距 2 1.71 0.85 1.40	組間 75 47.48 0.63	總合 77 49.19	
	2. 偶爾用	32	3.62	0.67				
	3. 經常使用	22	3.68	0.78				

* p<0.01

1. 喜歡電腦多媒體程度不同者，對學習結果的看法如何?

由表 3 的變異數分析結果，發現喜歡多媒體程度不同，對學習結果有顯著影響($F=5.7$ ， $p<0.01$)，且各變項之平均數皆大於 3.00，其中變項 1 非常喜歡之平均數 4.02 與變項 2 喜歡之平均數 3.62，表示愈喜歡電腦多媒體的學生，對 2D 動畫在化學實驗教學之應用結果，愈持肯定正向之看法。在表二的題項中，學生對 2D 動畫融入教學，可增進學習興趣(題 4)、可維持我的注意力(題 6)、有助於我的學習(題 7)、激發追求新知的意願(題 5)、對於科學觀念的增進(題 2)、更想學些多媒體相關知識(題 3)等，皆有較正向且積極的看法。至於可增進我對計量試題解題能力(題 1)，雖平均數大於 3，但顯得較為保留，可見一般學生對計量試題仍存在著些微的畏懼感。

2. 使用電腦多媒體程度不同者，對學習結果的看法如何?

由表 3 的變異數分析結果，發現使用多媒體程度不同，對學習結果的看法並無顯著差異($F=1.40$ ， $p>0.01$)，在各變項中之平均數皆大於 3.00，表示對學習結果仍持肯定態度，其中又以使用頻率多者對學習結果之平均數有增加的趨勢。

(二)訪談分析

在探討分析 2D 動畫融入化學實驗教學問卷之量的分析後，研究者針對學生使用心得感想，隨機抽取十名學生進行訪談，訪談內容分析統整如下：

1. 學習興趣是否因設計動畫而更為提昇?

- (1) 有更為提昇(八位)。
- (2) 沒有明顯提昇(二位)。

2. 導致學習興趣提昇的主要原因為何?

- (1) 動畫結合視覺、聽覺的刺激，自然吸引學習者的目光(10 位)。
- (2) 動畫可使抽象的內容更為具體，有助學習(10 位)。
- (3) 動畫可反覆練習，使學習印象更為深刻(9 位)。
- (4) 動畫如同遊戲，透過互動式與教材結合，可在自然情況下學習(9 位)。

3. 透過動畫學習化學實驗的特色為何?

- (1) 可深刻了解化學反應的顏色變化(10 位)
- (2) 模擬化學反應，具有環保與學習價值(10 位)。
- (3) 在冷氣房裡，依然可學到危害化學品的實驗流程反應情形(8 位)。
- (4) 情境式的模擬教與學，有助於我的思考(8 位)。

4. 自己製作動畫，輔助自我學習看法為何?

- (1) 雖然喜歡，但是能力有限(10 位)。
- (2) 這是一件有意義的行為，將刺激我加速學習相關軟體(9 位)。
- (3) 我會因此次的學習而投入動畫的製作與練習(6 位)。
- (4) 很花時間，但將來有空，還是會投入學習動畫的行列(5 位)。

2D 動畫在化學實驗教學上的應用，使用者皆抱持著非常肯定的態度，透過動畫模擬化學實驗，可建構學生知識，亦可充分掌握學習歷程，在環保意識日益抬頭的新世紀，讓資訊科技成為化學實驗教學方式的另一輔助工具，也是經濟時代的一種創舉。

六、結論與建議

(一)結論

Flash MX 2D 動畫應用在化學實驗的製作與設計，經實際進行教學結果，依據問卷質與量的分析及訪談結果，得到如下結論：

- 1.經實証研究結果，一般學生對聲光反應良好。
- 2.動畫可滿足學生學習過程之心理與生理需求。
- 3.動畫融入化學實驗教學，確實可刺激學習，維持學習的續航力。
- 4.動畫融入化學實驗，透過互動學習，可加深學生的認知、行為與技意能力，提昇學習效益。
- 5.儘管學生沒有學過動畫，但仍對此學習抱持正面樂觀的意念。

(二)建議

- 1.因為時間有限，因此只能將要呈現的實驗動畫與學生達成互動，無法給予學生施展創意空間的時機。
- 2.高污染性、高毒性的危害化學品實驗課程，通常會因環保考量而作罷，因此可透過動畫的製作模擬，讓學生經由儀器的組裝與化學反應的進行而得到實質的學習成效，滿足學習慾望。
- 3.動畫結合化學實驗的單元課程，其教材製作較花時間，但對於課程解釋的確有其效益，若能結合多數人的力量一起完成整套課程，對於學生的學習興趣必能大大提昇。

總而言之，多媒體融入化學實驗教學是一種多元化的學習環境呈現，而 Flash MX 2D 動畫因能結合聲音、動畫、圖片、互動式的設計，而得到許多人的青睞，邁入經劑時代的新世紀中，適度的調整傳統的教學方式，激起學生學習意願，強調創意的教與學方能滿足學生追求知識的慾望。

致謝

本研究承蒙行政院教育部資助經費方得以完成，計畫編號為：Z-91-FDE9-3，謹此敬致謝忱。

參考文獻

- 于富雲(民 91)。電子郵件融入學習歷程之使用行爲與成效分析。教學科技與媒體，61，頁 33-41。
- 王澄霞、蔡曉信(民 83)。應用電腦有效教學實驗技能之薄層層析。科學教育學刊，3，頁 159-179。
- 沈亞梵(民 85)。簡易電腦多媒體設計與應用。教學科技與媒體，30，頁 54-56。
- 邱貴發(民 79)。電腦整合教學的概念與方法。台灣教育月刊，479，頁 1-8。
- 邱貴發(民 80)。電腦輔助教學軟體的應用層面問題，視聽教育，32，頁 1-7。
- 邱貴發(民 81)。從教學實作中學習教學概念：以超媒體爲例。視聽教育雙月刊，33(4)，頁 1-11。
- 周頡、梁朝雲、許明潔(民 92)。結果進行探討：從設計管理的角度來探討台灣動畫產業製作主管之決策考量。教學科技與媒體，63，頁 65-78。
- 沈中偉(民 84)。多媒體電腦輔助學習的學習理論基礎研究。視聽教育雙月刊，36(6)，頁 12-25。
- 何東隆、李美真(民 91)。Power Point 2002 簡報設計實務應用。台北：文魁資訊。
- 信世昌(民 83)。國文教學的本質與多媒體設計。教學科技與媒體，16，頁 45-51。
- 徐新逸、吳佩謹(民 91)。資訊融入教學的現代意義與具體作爲。教學科技與媒體，59，頁 63-73。
- 孫春望(民 87)。1997 童話幻想曲：合作式電腦遊戲設計。教學科技與媒體，37，頁 2-9。
- 陳伯璋(民 90)。迎向新的知識工程—知識經濟與教育改革。教育研究月刊，89，頁 5-8。
- 陳金助(民 91)。資訊教育融入學習領域-班級，電腦對於教學與研究應用實例。資訊與教育雜誌，91，頁 100-104。
- 莊雲芳、鄭湧涇(民 91)。國中學生對生物的態度與相關變項之關係。科學教育學刊，10(1)，頁 1-20。
- 張基成(民 86)。開發思考創造力之知識建構工具與認知學習環境的探討：電腦的革新之應用。教學科技與媒體，33，頁 36-45。
- 張國恩(民 88)。資訊融入各科教學之內涵與實施。資訊與教育雜誌，72，頁 2-9。
- 張俊彥、陳盈霖(民 89)。不同電腦輔助教學(CAI)模式對高中學生「恆星演化」學習成就及其態度影響。師大學報：科學教育類，45(2)，頁 1-20。
- 張一蕃(民 90)。知識經濟時代大學教育的[新典範。通識教育季刊，8(1)，頁 79-92。
- 張永宗(民 90)。台北市高職免試多元入學學生學習態度與學習困擾之研究。國立台灣師範大學工業教育研究碩士論文。
- 張仁川(民 91)。Flash MX 白皮書。台北：文魁資訊。
- 溫明正(民 89)。資訊科技融入各科教學之應用。教學科技與媒體，50，頁 54-61。
- 曾玉慧、梁朝雲(民 92)。育樂多媒體的興起與發展。視聽教育雙月刊，44(6)，頁 2-14。

- 董家菖、張俊彥、萬建華和戴明國(民 90)。多媒體電腦輔助學習歷程對學生地球科學學習成就之影響。師大學報：科學教育類，46(2)，頁 43-46。
- 楊坤原(民 89)。教學主義與建構主義對電腦輔助教學設計的意含。視聽教育雙月刊，42(3)，頁 14-27。
- 廖美雲(民 90)。互動式多媒體教材製作經驗分享—Flash 製作。視聽教育雙月刊，43(1)，頁 44-48。
- 鄭湧涇、楊坤原(民 87)。國中學生對物學的態度。師大學報：科學教育類，43(2)，頁 37-54。
- 簡綜男(民 87)。互動式多媒體輔助教材在電腦教學之學習之成效影響研究。國立中央大學資訊管理研究所碩士論文。
- 蘇金豆(民 92)。知識經濟時代技職專業教育與通識教育綜合化之探究。通識研究集刊，3，頁 1-10。
- Baek Y.Z.& Layne, B. H.(1988). Color, graphics, and animation in a computer-assisted learning tutorial lesson. *Journal of computer-Based Instruction*, 15(4), 131-135.
- Burke, K.A, Greenbowe, T.J.and Windschitl, M.A.(1998).Developing and Using Conceptual Computer Animations for Chemistry Instruction, *Journal of Chemical Education*, 75(12), 1658~1661.
- Eaker, C.W. & Jacobs, E.L.(1982). Computer animation of a chemical reaction. *Journal of Chemical Education*, 59(10), 939-941.
- Milheim, W.D. (1993). How to use animation in computer assisted learning. *British Journal of Educational Techuology* . 24(3), 171-178.
- Mayer, R. E. & Anderson, R. B.(1991). Animations Need Narrations:An Experimental Test of a Dual-Coding Hypothesis. *Journal of Educational Psychology*, 83(4), 484-490.
- Reed, S. (1985). Effect of computer graphics on improving estimates to algebra word problems. *Journal of Educational Psychology*, 77(3), 285-298.
- Rieber, L.P. (1990). Animation in Computer-Based Instruction. *Educational Technology Research & Development*, 38(1), 77-86.
- Wolfskill, T& Hanson, D.(2001). LUCID : A NEW Model for Computer-Assisted Learning . *Journal of Chemical Education*, 78(10), 1417-14240
- Wortzel, R.(1979).New Life Style Determinants of Womens’s food Shooping Behavior. *Journal of Markrting*, 43(Summer), 28-29.
- Su, K.D,(in press). An Assessment of Multimedia as Learning Tools—Dynamic Factors in Students’ Learning Attitudes of General Chemistry. *International Journal of Instructional Media*, 34(4).

