

動畫教材之學習者控制播放模式與多媒體組合形式對學習成效與學習時間影響之研究

吳瑞源

礁溪國中

吳慧敏

佛光大學學習與數位科技學系

摘要

本研究探討「學習者控制播放模式」與「多媒體組合形式」對學習成效與學習時間的影響。其中「學習者控制播放模式」（「重播」與「無重播」）為獨立樣本，「多媒體組合形式」（「動畫+字幕」、「動畫+旁白」及「動畫+字幕+旁白」）為相依樣本，研究對象為 120 位國三學生，學習內容為三個自然科單元。結果顯示，在無重播功能的情境下，「動畫+旁白」有最佳的學習表現；「動畫+字幕+旁白」學習成效與「動畫+旁白」無顯著差異，但學習時間顯著多於「動畫+旁白」；「動畫+字幕」在三組中表現最差。在重播功能的情境下，三組的學習時間無顯著差異，但「動畫+旁白」和「動畫+字幕+旁白」的學習成效優於「動畫+字幕」。

關鍵字：多媒體學習、認知負荷、學習者控制、學習成效、學習時間

壹、前言

電腦資訊的日新月異，把多媒體工具應用於學習環境，作為教學優先工具的趨勢已大幅增加（Sankey, 2003），國內在教育部推動九年一貫之後，開放民間業者參與教科書的編製，應運而生的是周邊輔助教材琳瑯滿目，各式各樣的多媒體輔助教材不斷地推陳出新，教材設計者整合文字、圖片、聲音、及動畫等，以求產生炫麗的聲光效果，且多媒體的呈現方式亦從連續播放演變成具備學習者控制播放功能的多媒體教材，讓學習者可依個人需求控制學習進展。然而精采多媒體教材對學習一定有幫助嗎？或能更有效率的達到學習目標嗎？又如果應用多媒體的學習是趨勢，何種設計對學習成效與學習效率最有利呢？這是一個值得關切的問題。

一、研究背景與動機

關於多媒教材的設計，過去已有不少文獻探討多媒體教材的組合與呈現方式如何影響學習者在學習過程中的認知負荷及學習成效，除少數文獻外（Reed, 1985），大部份文獻皆指出多媒體教材的媒體組合形式會產生形式效應（Mayer, 2001; Penney, 1989; Sweller, 2003b; Tindall-Ford, Chandler, & Sweller, 1997），即當呈現的媒體是屬於不同訊息處理管道形式（如文字、圖片或動畫同屬於視覺形式訊息，而旁白是屬於聽覺形式訊息），學習效果會比使用單一訊息處理管道形式有較佳的學習效果。

依據訊息處理模式相關理論，人類心智資源有二個分別處理不同類型資訊的系統：一為處理語音資訊的語音迴路系統（Articulatory or Phonological Loop），一為處理視覺資訊的視覺空間掃描系統（Visual-Spatial Sketchpad）（Baddeley, 1999），且其容量是有限的。當同時呈現的教材皆屬同一處理系統的訊息時，因訊息必須同時經由有容量限制的工作記憶（working memory），容易造成訊息互相競爭有限資源的問題，或造成訊息處理時的認知超荷（cognitive overload），因此處理不當反而不利學習，但是如果能夠將訊息以使用視覺與聽覺兩種管道來呈現時，則訊息能同時在不同系統中處理，可減少同一處理系統的訊息間之認知資源競爭或認知超荷，而相同訊息的不同感官形式有助訊息的整合與提供回憶時的線索，對學習成效有正面的幫助。研究也一再證實學生可從動畫／圖形搭配口語文字（auditory text）中得到比動畫／圖形搭配視覺文字（visual text）較佳的學習成果（陳彙芳、范懿文，2000；翁嘉鴻，2001；Mousavi, Low, & Sweller, 1995; Tindall-Ford, Chandler, & Sweller, 1997; Mayer & Moreno, 1998），前者使用雙管的訊息處理，後者是單一管道的訊息處理。Mayer（2001）的多媒體學習理論之多媒體原則、形式原則與多餘原則也有相同的主張。因此，相關的研究皆指向多媒體組合形式會影響學習成效，不當的組合及多餘的訊息可能會增加學習者的認知負荷而影響學習，且應用雙管道的訊息呈現會優於單管道的呈現。

另一方面，當前一般對教材的期待不只是多媒體方式呈現，且朝動畫方式發展，Mayer 和 Moreno（2003）指出，如果多媒體的內容呈現的速度又快，往往學習者選好相關的訊息時，下一段的訊息又開始了，這種情形將導致訊息量超過學習者的認知容量，而學習者沒有足夠的時間對訊息進行深度的處理，因而影響了學習的成效。為了降低豐富的多媒體訊息對學習者學習歷程的認知負荷與負面影響，Mayer 和 Chandler（2001）實驗證實分割學習內容及讓學習者可控制進度的功能可達到比連續播放更佳的學習效果，Mayer 和 Moreno（2003）因此提出分割（Segmenting）的多媒體設計原則，指出若將學習內容分割成數個小片段，可以減少每次呈現的訊息量，再利用學習者控制播放進度功能，讓學習者可以有充足的時間從每一個片段中選擇、組織與整合訊息後再進入下一片段，如此學習者能更有效的分配與使用認知資源，因此其學習效果會比不具備學習者控制播放進度功能的連續播放多媒體教材學習成效

好，即所謂的分割效應（Mayer & Moreno, 2003）。然而 Mayer 等人的研究並未指出不同媒體的組合所產生的形式效應是否會因採用內容的分割與學習者控制的功能而消除？這是本研究的動機之一。

另外，Mayer 和 Moreno（2003）的分割原則結合教材的分割與學習者控制，學習者控制符合一般對多媒體教材的期望，更甚者，一般期望有更多的學習者控制（如重播、暫停等功能），但研究者質疑若教材已依 Mayer 和 Moreno（2003）的分割原則設計或設計方式能讓學習者以最有效率的方式整合或吸收訊息，學習者控制的功能對學習成效的影響是有限的，但現有文獻未對此有探討，這是本研究的動機之二。

再者，大多數有關多媒體對學習影響的研究大都將焦點放在其對學習成效的影響，較少探討學習的效率問題，亦即學習的時間。媒體的組合形式除了影響學習成效外，對學習時間有何影響？能提昇學習成效的設計也減少學習時間嗎？目前的文獻很少對此進行研究，這是本研究的動機之三。

二、研究目的

依據上述的研究背景與動機，本研究的主要研究目的在探討當多媒體動畫教材已依分割原則將內容主題分割成數個播放片段，並授予學習者控制何時進入下個片段後，形式效應是否消失？以及教材已依分割原則設計後，更多的學習者控制功能對學習成效與學習時間的影響如何？

具體而言，本研究的目的包括：探討在多媒體教材已依分割原則設計後，

1. 「學習者控制播放模式」與「多媒體組合形式」對學習成效的影響。
2. 「學習者控制播放模式」與「多媒體組合形式」對學習時間的影響。

貳、相關理論

本研究探討多媒體的設計對學習成效與學習時間的影響。欲瞭解教學設計對學習的影響應先瞭解教學設計對學習歷程的影響及教學設計的原則，以下針對此相關理論進行探討。

一、認知負荷理論

（一）理論簡介

認知負荷在 1980 年代早期被提出後，在 1990 年代受許多研究者的重視而在全球快速的發展（Paas, Renkl, & Sweller, 2003），國內近年也開始有相關之研究與報導（如：陳彙芳、范懿文，2000；翁嘉鴻，2001；陳蜜桃，2003；黃巧琪，2003；黃柏勳，2003）。認知負荷理論

是立基於記憶、基模發展以及自動化訊息處理的概念，提供探討認知歷程及教學設計的主要理論架構。依據訊息處理模式的認知理論，人類短期記憶（又稱工作記憶）的心智資源是有限的（Baddeley, 1999; Ellis & Hunt, 2005），「認知負荷」是在執行任務時加諸於工作記憶的心智活動的總量（Cooper, 1998）。

依據認知負荷理論，學習歷程中認知負荷的來源有三（Sweller, van Merriënboer, & Paas, 1998; Paas et al., 2003）：（1）內在認知負荷（Intrinsic cognitive load），指的是教材本身所含元素互動程度（elements interactivity），也就是教材內容本身的難易程度；（2）外在認知負荷（Extraneous cognitive load），是教材的呈現及學習者活動時對工作記憶所產生的負荷。教材呈現與組織方式的不同，對資訊接收者來說會造成不同程度的負荷（Gerjets & Scheiter, 2003）（3）有效認知負荷（Germane cognitive load），藉由教學設計以吸引學生專注在學習內容或基模建構的認知過程。有效認知負荷為外在認知負荷的一種，雖然會增加學習者的負荷感，但能協助基模的建構，但只有在總認知負荷量（內在認知負荷與外在認知負荷之總和）未超出學習者的能力範圍時，適當的引入有效認知負荷才能有效提昇學習。認知負荷理論認為內在認知負荷、外在認知負荷和有效認知負荷彼此是相加性，三者總和為人類的總認知能力（容量）（Paas et al., 2003），亦即學習發生時，總認知負荷不能超過人類的認知容量。內在認知負荷是基本的負荷，它無法經由教學設計來降低，然而可利用基模的獲得和自動化來降低，降低內在認知負荷便可挪出更多的認知容量，以因應外在認知負荷的需求，而適當的教材呈現方式，不但可以降低外在認知負荷，同時也幫助學習者專注於學習內容的組織、整合及基模建構（Brüken, Plass, & Leutner, 2003）。此三種認知負荷的關係可表示如圖 1。因此從認知負荷的觀點，理想的多媒體教材需同時考量學習內容所必要的內在認知負荷、教材設計與呈現時所產生的外在認知負荷及有效認知負荷。

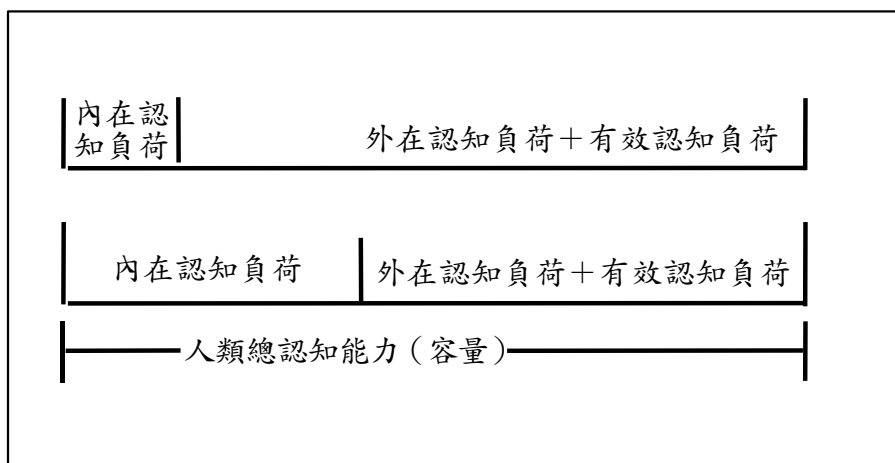


圖 1 三種認知負荷關係圖

Sweller (2003a, 2003b) 指出，雖然教材設計者無法直接改變內在認知負荷，但在設計的過程中，仍應考量到學習者的認知能力及教材的內在認知負荷；更重要的，教學設計者能透過教材的設計與呈現方式影響外在與有效認知負荷，進而產生不同的學習效應。

(二) 教學設計效應

認知負荷理論的核心主張是教學設計如能考慮工作記憶的角色及限制，教學設計的品質將可大大的提昇 (Cooper, 1998)。Sweller (2003b, 2004) 根據認知負荷負理論，從實徵研究歸結出十一種因教學設計而產生的效應，茲將與本研究相關的分散注意力效應、形式效應與多餘效應簡述如下：

1. 分散注意力效應 (Split-Attention Effect)

傳統一些工作實例 (worked example) 常會使用圖形和文字說明，但圖和文常常是分開呈現，致使學習效果打折。如傳統幾何學的工作實例裡會有圖形及工作實例解答說明，如果圖形和文字說明分開，則學習者在心智整合前必須將注意力分散於圖形及解答間，以搜尋相關訊息，而此多重訊息搜尋耗損工作記憶容量，使學習成效打折；但如果把圖形和工作實例解答文字整合在一起，因省去了圖文之間的搜尋，可提高學習成效。

2. 形式效應 (Modality Effect)

在分散注意力效應中，談到的只是視覺形式呈現，但訊息還可透過其它形式呈現，如聽覺。因為視覺形式和聽覺形式在工作記憶中是互為獨立的管道，如果在教材呈現時可以視覺和聽覺兩種管道進行，則可避免過多的視覺訊息量在有容量限制的工作記憶中互相競爭認知資源，造成部分訊息無法有效處理，進而降低學習成效。研究發現利用視、聽雙重管道呈現教材內容，所得到的效果會比只有視覺或聽覺的效果要好，此即為形式效應。

3. 多餘效應 (Redundancy Effect)

減少分散注意力、將圖文整合或使用多元學習管道雖然可以提昇學習成效，但分散注意力效應和形式效應只發生在訊息相互關連且各自獨立時無法被理解的情況，多餘效應 (Redundancy Effect) 指的是如果圖本身即足夠提供學習者所需要的訊息時，敘述文字的加入便是多餘且會干擾學習、增加認知負荷，對學習成效產生負面影響；亦即多餘的文字應該被排除或是以聽覺的方式呈現，以免產生多餘效應。

由以上文獻可知，有效的教材設計應盡量避免分散注意力的設計，並避免不必要的重複或多餘訊息，以免增加訊息處理的工作負荷，或使用雙重管道的訊息設計，以減少同一訊息管道的認知負荷。

二、多媒體學習的認知理論與教學設計

認知負荷理論有助吾人理解人類的訊息處理模式，及提供教學設計的參考。現在的科技

發達，教材已朝整合多媒體的型式發展，Mayer（2001）依據認知理論及實徵研究提出多媒體學習的認知理論及教學設計原則，是多媒體教學設計者的重要參考依據，以下對此理論進行探討，以作為研究設計之參考。

（一）多媒體學習的認知理論與認知模型

Mayer（2001）將多媒體學習定義為從文字（words）和圖像（pictures）學習，因此多媒體學習可稱之為雙碼學習（dual-code learning）或雙種管道學習（dual-channel learning），亦即多媒體呈現乃是訊息以文字和圖像呈現，Mayer 在整合多位學者理論與觀點後，根據三個假設（Mayer, 2001; Mayer & Moreno, 2003）：（1）雙重管道：人類擁有處理視覺訊息及聽覺訊息的不同管道，（2）有限容量：人類每一個管道中，一次所能處理的訊息量有限，及（3）主動處理：人類藉注意相關訊息、組織被選擇的訊息成一致的心理表徵，並且將其和其它知識整合來進行主動學習，提出多媒體學習的認知理論與認知模型（如圖 2），來說明人類進行多媒體學習時認知系統如何分配與處理多媒體訊息。

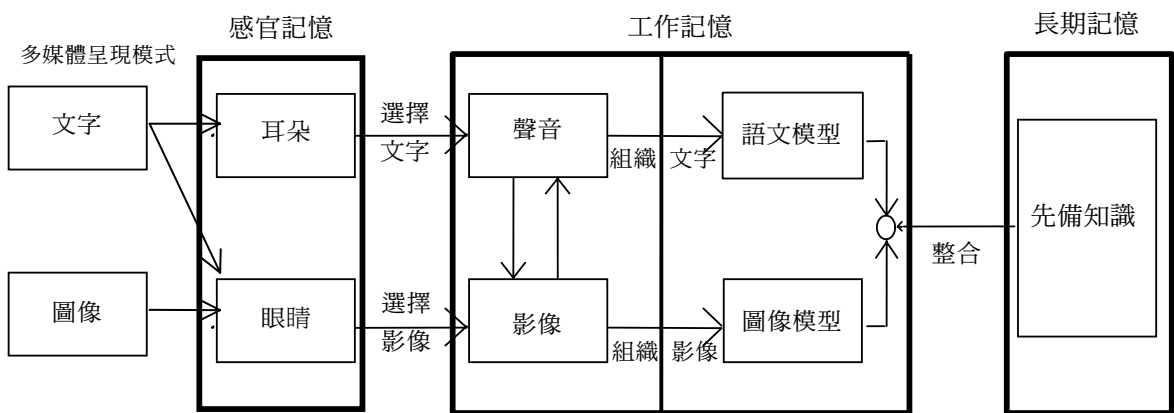


圖 2 Mayer（2001）的多媒體學習認知模型

資料來源：出自 Mayer（2001:43）。

圖 2 中的三個粗框代表記憶儲存（memory store），包含感官記憶（sensory memory）、工作記憶（working memory）及長期記憶（long-term memory）等三部分。多媒體呈現模式（presentation modes）以文字（words）和圖像（pictures）經由耳朵和眼睛等兩種不同感官形式接收、進入感官記憶，感官記憶允許圖像和書寫文字在視覺感官記憶中以視覺影像短暫存在；口語文字（spoken words）及其它聲音在聽覺感官記憶中以聽覺影像（auditory image）短暫存在。圖像到眼睛的箭頭表示圖像被登錄於眼睛；文字到眼睛的箭頭表示書寫文字被登

錄於眼睛；文字到耳朵的箭頭表示口語文字被登錄於耳朵。

多媒體學習的核心工作在於工作記憶的處理，工作記憶在主動意識(active consciousness) 中被用於短暫扣住已登錄訊息及操作知識。圖 2 中，工作記憶的左半邊框框代表影像(images) 的視覺影像與聲音的聽覺影像(auditory image) 進入工作記憶，即以視覺與聽覺二種感官形式分別進入工作記憶。工作記憶的右半邊框框代表知識在工作記憶中建構，形成圖像心智模型(pictorial mental model)、語文心智模型(verbal mental model)，及二種模型間的連結。至於聲音(sounds) 到影像(images) 的箭頭代表聲音轉換成視覺影像的心智轉換，就好像當你聽到狗這個字時，可能呈現一個狗的心智影像；影像到聲音的箭頭則代表視覺影像(visual images) 到聲音影像(sound images) 的心智轉換，就好像當你看到一隻狗時，可能在心智上聽到狗這個字。

長期記憶則代表學習者的知識倉庫，可長期的儲存大量知識，但要利用到長期記憶中的知識時，這些儲存於長期記憶中的知識必須被移到工作記憶中才能和語文模型、圖像模型整合、進而進行主動思考。因此，從 Mayer (2001) 多媒體學習的認知模型看，多媒體的學習效率受學習者能否有效整合來自外在語文訊息和影像訊息，並和長期記憶的知識結合，產生理解及有意義的知識。因此，教材的設計方式影響學習者在學習過程中訊息整合的有效性及認知負荷，不當的組合不但增加認知負荷，也將影響學習成效和學習效率。

(二) 教學設計原則

依據多媒體學習的認知理論與認知模型，Mayer 提出九個教學設計原則，茲將與本研究相關的多媒體原則、形式原則、多餘原則、及分割原則介紹如下(Mayer, 2001; Mayer & Moreno, 2003)：

1. 多媒體原則 (Multimedia Principle)

從多媒體學習的認知理論觀點來看，文字及圖像是二個不同知識表徵系統，文字由分離的單位(discrete unit) 以線性順序組成及呈現，圖像允許整體、非線性的訊息表徵(Mayer, 2001:67)。此外依據 Mayer (2001)，視覺及語文表徵在訊息吸收上並不相等，使用圖像可以更直覺及接近人類視覺感官經驗來描繪教材，亦即，相同的教材可以用文字描述及圖像描繪等方式來進行，但語文及圖像表徵有不同的訊息效果。語文及圖像表徵也許彼此互補，但兩者不能彼此取代。因此，當文字及圖像一起呈現時，有助學生去建構語文及圖像的心智模型，及建構兩種心智模式之間的關連，所以學生從文字及圖像學習的學習效果會比單獨從文字學習的學習效果好。此原則與雙碼理論(Paivio, 1986) 一致，圖文一起呈現有助記憶與理解。

2. 形式原則 (Modality Principle)

Mayer (2001) 指出，學生可從動畫搭配口語文字中得到比動畫搭配書寫文字有較佳的學習成果，因為書寫文字、圖片和動畫皆利用到視覺／圖像管道(visual/pictorial channel)，

如果書寫文字搭配圖片、動畫，兩者將在此管道中彼此競爭認知資源，造成視覺管道可能認知超荷，但聽覺/語文管道（auditory/verbal channel）卻沒被使用到；但當動畫中的文字以口語文字呈現時，口語文字使用到聽覺/語文管道，而圖片、動畫則使用到視覺/圖像管道，二個管道的訊息互補且共同組成有意義的訊息，因此，形式原則指出多媒體教材設計應善用視覺與聽覺管道，以提昇學習效果。

3. 多餘原則（Redundancy Principle）

動畫搭配口語文字的學習會比動畫同時搭配口語及視覺文字得到較佳的學習結果。Mayer 和 Moreno（2003）指出，當動畫同時搭配旁白說明和字幕時，學習者必須將其認知資源分配到字幕和旁白說明，結果將產生偶發性的處理（incidental processing）並減低必要處理（essential processing）的認知資源，且字幕和動畫同為視覺訊息，此時視覺/圖像管道將超荷，如果動畫是連續播放，學習者可能來不及處理全部的視覺訊息，只有部份視覺訊息被選取和聽覺訊息整合，亦即有部份的視覺訊息偶發性的被處理。因此多餘原則指出，多媒體動畫應刪除非相關、非必要的重複訊息，以減少認知負荷和干擾學習。

4. 分割原則（Segmentation Principle）

分割原則指的是把多媒體教材分割成數個小片段並給予學習者控制何時進到下個片段的功能，如此學習者在每個片段要處理的訊息量減少，且有充足的時間從每一個片段中選擇文字及影像、組織及整合被選取的資訊，再進入下一片段；相反地，如果多媒體教材是以連續的方式播放，當學習者從一個片段中選好文字及影像，正要忙於組織及整合所選取的訊息時，便被要求對接連呈現的訊息做選擇文字及影像的工作，以致學習者沒有充足的時間進行深層的處理。Mayer 和 Moreno（2003）指出，學習複雜的概念雖然可以把教材簡化，但最好是讓學習者先消化完一段的訊息再進入下個片段，如此可減低學習過程中的認知負荷，並讓學習者有充足的時間組織與整合訊息，有助學習效果。

由以上文獻可知，多媒體動畫教材中如何呈現動畫的說明是一件重要的事，多媒體教材的設計重要的不是提供更多的訊息和更多的功能，而在提供重要與必要的訊息和功能，而教材的設計必須考量人類記憶與認知歷程的特性與限制，認知負荷理論及多媒體學習的認知理論與模型提供吾人教材設計的重要指引。以上文獻皆指向運用雙重管道的訊息呈現、刪除重複的多餘訊息及分割多媒體教材，可導向較佳的學習，依此推論，較佳的多媒體教材應該是動畫加旁白說明，且將教材依主題分割由學習者控制何時進入下個播放片段，多餘的訊息和功能可能對學習不利，但目前並未有文獻對此進行探討。此外，現有的文獻大都將多體組合對學習的影響放在學習成效，對於學習時間的影響未有實徵研究，因此，這些是本研究欲探討的重點。

參、研究方法

一、研究架構

本研究的主要目的是探討當多媒體教材依分割原則將主題內容分割成播放片段，再賦予學習者控制進入下個片段的功能時，多媒體組合的方式對學習成效與學習時間的影響，以及額外的學習者控制功能（重播）對學習成效與學習時間的影響。

依據認知負荷理論及多媒體學習教學設計的多媒體原則、形式原則、多餘原則，較佳的多媒體教材設計應該是動畫加口語旁白說明，依據分割原則，教材應依主題分割成播放片段並由學習者控制何時進入下個播放片段，但是如果多媒體教材已依分割原則設計，學習者將有充足的時間處理訊息，認知負荷理論所指出的形式效應和多餘效應是否依然存在？又依據 Mayer 的認知模型，多媒體學習最重要的是語文模式和圖像模式的整合，因此，此二管道訊息整合的有效性將影響學習的成效與學習所需時間，有效性的整合將導向較短的時間及較佳的學習成效；相反的，所呈現的訊息如果不能有效的整合，將影響學習成效和時間，依此推論，學習者控制模式除了授予學習者何時進入下個學習片段外，能否立即重播剛剛來不及有效整合的訊息，也將影響學習成效。

因此本研究以實驗研究法，操控二個自變項：「學習者控制播放模式」（「無重播」、「重播」）及多媒體組合形式（「動畫+字幕」、「動畫+旁白」、「動畫+字幕+旁白」），探討其對依變項（學習成效與學習時間）的影響。研究架構如圖 3。

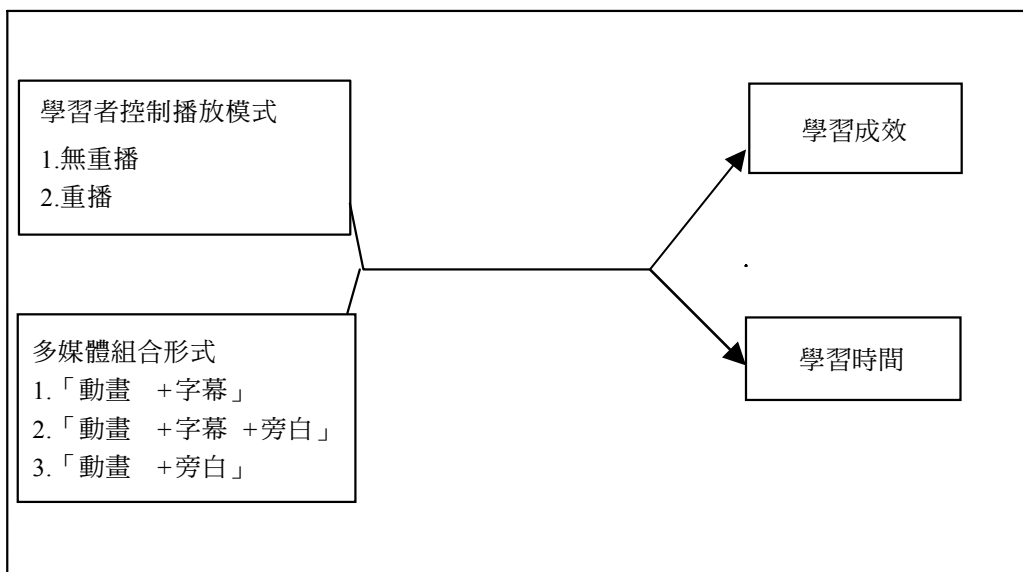


圖 3 本研究之研究架構

二、研究變項說明

(一) 自變項定義與操作化

本研究所要探討的自變項為「多媒體組合形式」及「學習者控制播放模式」，其定義與操作化如下：

1. 多媒體組合型式

本研究的多媒體組合形式包括「動畫+字幕」組、「動畫+字幕+旁白」組及「動畫+旁白」組。本研究將動畫依內容主題分割成數個片段，在「動畫+字幕」組中，配合動畫的字幕解說在該片段開始播放時即出現在螢幕的下方（如圖 4）；在「動畫+旁白」組中，旁白解說則配合動畫內容播放以口語方式講解動畫內容；在「動畫+字幕+旁白」組中，字幕解說在該片段一開始即出現在螢幕的下方，旁白則配合動畫以口語方式講解動畫內容，字幕內容與旁白內容完全相同。

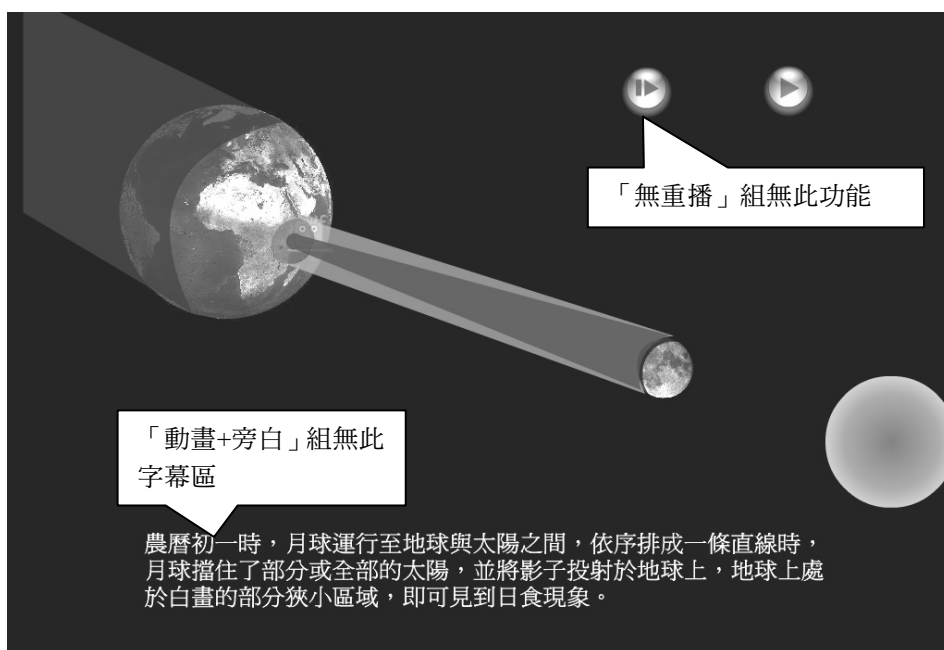


圖 4 多媒體動畫教材畫面

2. 學習者控制播放模式

在本研究中多媒體動畫教材依內容主題被分割成數個片段，在每片段的最後影格允許學習者自行決定何時繼續下一片段，「無重播」組只有「繼續」的功能，「重播」組則有「繼續」與「重播」的功能。

（二）依變項定義與操作化

本研究的依變項包括「學習成效」及「學習時間」，其定義與操作化如下：

1. 學習成效

本研究依 Mayer (2001)，將學習目標分為記憶與理解，為每個學習單元設計含記憶與理解的題目以評量學習者的學習成效，故本研究所指的學習成效為學習者在記憶題目與理解題目所得的總成績。

2. 學習時間

本研究所指的學習時間為學習者開始進入單元學習至結束的總學習時間。本研究的實驗教材前三頁為操作說明，第四頁呈現該單元的學習目標及按「按鈕開始進入學習」，最後一頁是「結束」頁，學習者在按開始進入學習的按鈕後電腦便開始計時，按下進入結束頁時停止計時，此時結束頁的上方會出現「編號：xxxx。當你看到此頁時，請舉手告知老師領取學習單，並請將編號填寫於考卷上」，此編號即學習者的學習時間（秒數）。

三、研究假設

（一）學習者控制播放模式、多媒體組合形式與學習成效的關係

依據形式效應、多媒體原則和形式原則，動畫（視覺）搭配旁白（聽覺）的雙重管道教材呈現，所得到的學習效果會優於動畫（視覺）搭配字幕（視覺）的單重管道教材呈現；多餘效應和多餘原則認為動畫搭配旁白比動畫同時搭配字幕及旁白二種解說形式的學習效果好，但分割效應認為多媒體動畫教材被分割成資訊量較少的片段，並允許學習者在動畫片段結束時控制何時播放下一片段時，降低學習內容所造成的內在認知負荷，使得學習者有較充足的認知資源面對因「多媒體組合形式」造成的外在認知負荷，因此形式效應可能會消失；重播功能允許尚未對文字及影像進行選擇、組織及與先備知識整合的學習者有再次學習的機會，但當多媒體動畫已依分割原則設計，每個片段的認知負荷量減少且有充足時間處理，因此有無允許重播的功能，不會對學習成效造成顯著影響。綜合以上，本研究提出假設一與二：

假設一：「多媒體組合形式」對學習成效的影響無顯著差異

假設二：「學習者控制播放模式」對學習成效的影響無顯著差異

（二）在不同學習者控制模式下，多媒體組合形式與學習時間的關係

在本研究中，「無重播」組的學習者在多媒體動畫片段結束時，得以選擇何時進入下一多媒體動畫片段，然而在「動畫＋字幕」組中，相關字幕搭配動畫內容呈現在螢幕的下方，由於動畫和字幕皆屬視覺形式呈現，造成視覺管道的認知超荷而必須分散處理，因此動畫解說以字幕形式呈現時會增加學習的時間。

在「重播」組中除了可以選擇何時進入下一個多媒體動畫片段，並可在片段結束時選擇重播上個片段的教材。對「動畫+字幕」的組合形式而言，字幕說明從該片段開始至結束皆呈現在螢幕的下方，因此重播功能僅是讓學習者再觀賞一次動畫內容；對「動畫+旁白」的組合形式而言，旁白解說隨著動畫片段的結束而終止，唯有透過重播才能讓旁白解說內容再重複一次，因此重播功能可讓學習者重新觀賞一次動畫及聆聽旁白解說；對「動畫+字幕+旁白」的組合形式而言，字幕解說從該片段動畫開始至結束皆位於螢幕的下方，並配合相同內容的旁白解說，因此學習者可利用重播功能重新觀賞動畫、聆聽旁白說明，亦可選擇直接檢視螢幕下方的字幕解說。

綜合以上，研究者認為在「無重播」的環境下，「動畫+字幕」組的學習時間會多於「動畫+旁白」組與「動畫+字幕+旁白」組的學習時間，且「動畫+字幕+旁白」組的學習時間也會多於「動畫+旁白」組的學習時間。在「重播」的環境下，「動畫+旁白」組學習時間的增加幅度最大；「動畫+字幕」組學習者學習時間的增加幅度較小；「動畫+字幕+旁白」組增加的幅度介於「動畫+旁白」與「動畫+字幕」之間，因此研究者認為重播功能縮短三組間學習時間的差距，導致「多媒體組合形式」對學習時間影響無顯著差異，故提出假設三和四：

假設三：在「無重播」組，「多媒體組合形式」對學習時間有顯著影響

假設 3.1：在「無重播」組，「動畫+字幕」組的學習時間多於具備旁白解說形式的「動畫+字幕+旁白」與「動畫+旁白」組的學習時間

假設 3.2：在「無重播」組，「動畫+字幕+旁白」組的學習時間多於「動畫+旁白」組的學習時間

假設四：在「重播」組，「多媒體組合形式」對學習時間無顯著影響

（三）學習者控制模式與學習時間的關係

「重播」會增加學習的時間，對「動畫+旁白」組而言，旁白解說隨著動畫片段結束而終止，僅能透過重播功能再檢視解說內容，因此重播功能讓「動畫+旁白」組的學習時間增加幅度最大；但對「動畫+字幕」組而言，由於字幕解說由動畫片段開始播放至結束皆位於螢幕下方，學習者不需透過重播功能便可重複檢視解說內容，對「動畫+字幕+旁白」組而言，解說內容同時以字幕形式與旁白形式呈現，學習者對解說內容的已有二種檢視模式，重播不一定被使用，故提出假設如下：

假設五：不同「學習者控制播放模式」對學習時間的影響有顯著差異

假設 5.1：不同「學習者控制播放模式」對「動畫+旁白」組學習時間的影響有顯著差異

假設 5.2：不同「學習者控制播放模式」對「動畫+字幕+旁白」組學習時間的

影響無顯著差異

假設 5.3：不同「學習者控制播放模式」對「動畫+字幕」組學習時間的影響無顯著差異

四、實驗計劃

(一) 實驗設計

本研究操弄的自變項為有無重播功能的二種「學習者控制播放模式」（無重播功能、重播功能）及三種「多媒體組合形式」（動畫+字幕、動畫+字幕+旁白、動畫+旁白），每組 20 人，合計 120 人。此外，為避免樣本本身差異造成實驗誤差，本研究以三種多媒體動畫主題來進行重複測量（Repeated-measurement），每一組受測者皆須接受三種多媒體組合形式的教材，在每一種媒體組合下學習一個單元主題，因此本研究為 2×3 的二因子混合實驗設計。

(二) 實驗對象

本研究於 94 年 8 月 1 日至 94 年 8 月 3 日，進行實驗及資料的收集工作，以國中三年級四班（A、B、C、D）學生為樣本，參與實驗者共 136 人，扣除對視覺、聽覺及參與資源班的學生，每班各有三十名學生為正式的受測者，故實驗樣本為 120 人。四班學生在國中入學時依智力測驗成績採 S 型常態分班，且從國中一年級起都接受過每週一節的電腦課程，因此每位實驗者都具備基本的電腦操作、上網及網頁製作能力。本研究隨機將 A、B 二班編為「無重播」組、C、D 二班為「重播」組，每班再隨機分成三小組，A 班的第一組學生（A 一、10 名）和 B 組的第一組學生（B 一、10 名）為「無重播」組的第一組，以此類推，「無重播」組與「重播」組各有三組成員，各小組學生在三天的實驗過程中分別都接受三種不同媒體組合形式的多媒體動畫教材，在每一種教材下學習一個主題內容。實驗分組與主題分配如表 1、表 2 所示。

表 1 實驗分組表

		自變項 B：相依樣本（多媒體組合形式）		
		字幕	字旁	旁白
自變項 A：獨立樣本 （學習者控制播放模式）	無重播組 $N_1=60$	第一組 20 人 (A 一、B 一)	第二組 20 人 (A 二、B 二)	第三組 20 人 (A 三、B 三)
	重播組 $N_2=60$	第四組 20 人 (C 一、D 一)	第五組 20 人 (C 二、D 二)	第六組 20 人 (C 三、D 三)

表 2 學習主題內容、媒體組合形式與時間安排

日期		第一天			第二天			第三天		
單元		一（地下水）			二（日食與月食）			三（電流磁效應）		
班級	媒體組合形式	字幕	字旁	旁白	字幕	字旁	旁白	字幕	字旁	旁白
	無重播功能	A	A一	A二	A三	A三	A一	A二	A二	A三
B		B一	B二	B三	B三	B一	B二	B二	B三	B一
重播功能	C	C一	C二	C三	C三	C一	C二	C二	C三	C一
	D	D一	D二	D三	D三	D一	D二	D二	D三	D一

（三）實驗工具

1. 實驗教材

本實驗依研究需要選取三種實驗教材主題，搭配三種不同媒體形式的組合，並在教材中設計二種學習者控制播放模式，因此本研究依需求設計出十八種不同版本（ $3 \times 3 \times 2$ ）的多媒體實驗教材。為了更接近真實的情境，本研究先進行自然科多媒體動畫輔助教材需求問卷，讓已參與九十四學年度第一次基本學力測驗的三年級學生挑選覺得在自然科領域（生物、理化及地科）中，哪些單元較抽象需要以多媒體輔助學習，本研究依據回收問卷結果，挑選「地下水」、「日食與月食」、「電流磁效應」等三單元為實驗教材主題，內容以九十三學年度康軒版三年級自然與生活科技領域教科書為基礎，製作多媒體動畫。此三單元皆為三年級課程，故在此條件下，甫於八月升上三年級的受試者原則上未學過此內容，因此具有平等的先備條件。

選定單元主題後，教材依照主題的內容特性將動畫分割成數個動畫片段完成（動畫+字幕）初版，於研究者任教學校的自然科領域會議中公開展示，徵求學校專科教師對該主題內容及動畫所表達的概念提出意見，先後再經二次修改定版後徵求具有配音經驗的教師將字幕解說內容錄製成旁白。字幕和旁白的內容相同。「無重播」組與「重播」組學習者控制播放模式的差別在於，「重播」組除了和「無重播」組一樣在每個動畫片段的最後影格可以決定是否繼續下一個動畫片段外，還有重播上個片段的功能。

2. 教材實驗環境

實驗環境之系統為 Pentium Celeron 級電腦，螢幕解析度為 600×800 的 CRT 螢幕，音效卡、耳機，Windows XP 作業系統，256Mb RAM，更新頻率是 1.5GHz。實驗採個人單機操作，研究者事先將多媒體動畫教材安裝於電腦，受測者每人使用一台電腦同時搭配耳機進行學習。

3. 學習成效評量工具

每個單元結束皆有學習成效測驗，測驗題是由研究者自行編製，題目來源是搜集各版本

參考書、學力測驗題目及研究者針對多媒體動畫出現過的概念。依照 Mayer (2001)，學習目標分為記憶與理解，記憶乃是藉由保留測驗 (retention tests) 取得對於呈現教材再製 (reproduce) 與再認 (recognize) 的能力，種類可包括回想 (recall)、再認 (recognition)、判斷 (judge) 三種；理解則由遷移測驗 (transfer tests) 反映學習者將所學應用於新情境的能力。測驗編製完成後經由學校的專科資深教師確認後使用。

測驗的題目採用選擇題，題目包含記憶與理解二部份，每部份皆各六題，每題一分，故每一單元的學習成效測驗題目共十二題，總分十二分。

(四) 實驗流程及資料收集

本研究利用暑期輔導時間在受試者學校的電腦教室進行實驗，依主題將實驗分成三天，所有受測者在同一天皆接受同一主題，因此受試者三天會接受三個主題和三種多媒體組合方式，每天皆同時段。由於暑期輔導期間，視障學生、聽障學生及參與資源班的同學亦加入輔導課，因此參與暑期輔導的學生皆進入電腦教室進行學習，收回試卷後再剔除非受試者，僅採用每班 30 名的受測者的資料。

為了避免不同組別的受測者看到別組的教材，研究者在實驗之前即依照受測者組別排定電腦教室的座位，參與者皆配戴耳機，以期降低其它因素對實驗的影響。當受測者坐定位後，研究者簡單進行學習的指導說明。因為學生平時就有到電腦教室學習的經驗，因此本研究假設學生並不會對此產生太多的好奇，又同一天各班皆進行同一主題的學習，學生並不知道設計的方式不同，因此本研究假設因學生間彼此交談學習內容，而影響實驗結果的情形不會產生，或不至於嚴重到足以影響研究結果。

本研究共有三個單元的多媒體動畫教材，每單元教材長度約 5-6.5 分鐘，每一單元的教材最多有二十分鐘的學習時間，學習者可在這二十分鐘內自己操作多媒體教材。先完成者舉手告知教師領取學習成效評量單，或當二十分鐘時間結束了，研究者即馬上要求受測者填答評量單，整個實驗流程大概需要 40 分鐘的時間。整個的實驗流程如表 3：

表 3 實驗流程

流程	內 容	時 間
一	受測者坐定位後，指導人員先解說實驗注意事項與操作說明	五分鐘
二	開始進行／學習教材內容	二十分鐘
三	先完成者舉手告知教師領取學習成效評量單，或當二十分鐘時間結束了，研究者即馬上要求受測者填答學習成效評量	十五分鐘

肆、結果分析與討論

一、學習者控制播放模式與多媒體組合形式對學習成效的影響

表 4 為二組「學習者控制播放模式」的學習者在三種「多媒體組合形式」的學習成效的平均數及標準差，表 5 為「學習者控制播放模式」與「多媒體組合形式」對學習成效的變異數分析結果摘要。由表 5 的分析結果顯示「學習者控制播放模式」和「多媒體組合形式」對學習成效的交互效果 $F_{(2,236)} = .901$ ， $p = .408 > .05$ ，未達顯著水準，所以可以直接進行主要效果分析，其中「學習者控制播放模式」的主要效果未達顯著水準（ $F_{(1,236)} = 2.919$ ， $p = .090 > .05$ ），顯示「學習者控制播放模式」對學習者的學習成效未造成顯著影響；「多媒體組合形式」的主要效果達顯著水準（ $F_{(2,236)} = 5.334$ ， $p = .005 < .05$ ），顯示「多媒體組合形式」對學習成效的影響有顯著差異，為避免事後分析因組別增加而提高犯型一錯誤的機率，本研究採用能夠維持型一錯誤皆在 .05 水準的事前比較法，採 Helmert 組內比較方法進行二個比較：（1）Level1 VS Later，亦即無旁白解說的「動畫+字幕」組對有旁白解說的「動畫+字幕+旁白」組和「動畫+旁白」組；（2）Level2 VS Level3，亦即「動畫+字幕+旁白」組對「動畫+旁白」組。由表 6 得知無旁白解說的「動畫+字幕」組的學習成效與有旁白解說的「動畫+字幕+旁白」組和「動畫+旁白」組有顯著差異（ $F_{(1,118)} = 10.529$ ， $p = .002 < .05$ ），但「動畫+字幕+旁白」組與「動畫+旁白」組的學習成效無顯著差異（ $F_{(1,118)} = .065$ ， $p = .799 > .05$ ）。

表 4 在不同學習者控制播放模式下，多媒體組合形式學習成效的平均數及標準差

學習者控制播放模式	組 別		
	動畫+字幕	動畫+字幕+旁白	動畫+旁白
「無重播」組	6.97 (2.209)	7.28 (2.408)	7.43 (2.158)
「重播」組	6.07 (2.442)	6.98 (2.411)	6.95 (2.213)

表 5 學習者控制播放模式與多媒體組合形式學習成效的變異數分析結果摘要

變 異 來 源	SS	df	MS	F	p-value
學習者控制播放模式（獨立變項）	28.336	1	28.336	2.919	.090
媒體組合形式（相依變項）	33.572	2	16.786	5.334	.005**
學習者控制播放模式×媒體組合形式	5.672	2	2.836	.901	.408
組內（誤差）					
受試者間（Block）	1145.661	118	9.709		
殘差	742.756	236	3.147		
全體	1955.997	359			

註：* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$

表 6 多媒體組合形式對學習成效的組內對比比較結果摘要

Source	way	SS	df	MS	F	p-value
比較方法	Level1 VS Later	50.052	1	50.052	10.529	.002**
	Level2 VS Level3	.408	1	.408	.065	.799
誤差（比較方法）	Level1 VS Later	560.946	118	4.754		
	Level2 VS Level3	737.583	118	6.251		

註：* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$

上面的分析中，「多媒體組合形式」對學習成效的主要效果達顯著差異，且「動畫+字幕」組的學習成效劣於具備旁白解說的「動畫+字幕+旁白」組與「動畫+旁白」組，而二組有旁白解說的「動畫+字幕+旁白」組和「動畫+旁白」組在學習成效沒有差異，顯示在分割的多媒體動畫學習環境中，雖然每片段由學習內容所帶來的內在認知負荷較少，但利用視覺與聽覺雙種管道進行學習仍比利用單一視覺管道學習的學習效果好，顯示形式效應依然存在。

由「學習者控制播放模式」對學習成效的主要效果未達顯著差異顯示，當多媒體動畫依分割原則被分割成數個片段及由學習者控制進入下個片段，學習者有較充足的時間選擇、組織與整合資訊，重播與否對學習學效沒有顯著影響。

二、學習者控制播放模式與媒體組合形式對學習時間的影響

表 7 呈現二種「學習者控制播放模式」的學習者在三種「多媒體組合形式」的學習時間之平均數及標準差，表 8 呈現變異數分析結果。表 8 顯示「學習者控制播放模式」與「多媒體組合形式」對「學習時間」的交互作用達顯著水準 ($F_{(2,236)}=3.444, p=.034 < .05$)，因此必須進行單純主要效果檢定，表 9 是單純主要效果考驗的結果，顯示不同「學習者控制播放模式」對「動畫+字幕」組及「動畫+字幕+旁白」組的學習者學習時間的影響無顯著差異（兩者之 F 值分別為 $F_{(1,354)}=.063, p=.802 > .05$ ，及 $F_{(1,354)}=3.201, p=.076 > .05$ ），但對「動畫+旁白」組的學習者學習時間的影響有顯著差異 ($F_{(1,354)}=21.54, p=.000*** < .05$)。「多媒體組合形式」對「重播」組在學習時間上的影響未達顯著水準 ($F_{(2,236)}=2.895, p=.059 > .05$)，但對「無重播」組在學習時間上的影響達顯著水準 ($F_{(2,236)}=24.822, p=.000*** < .05$)，故再利用 Helmert 組內對比進行二個比較了解在「無重播」組中「多媒體組合形式」對學習時間差異之所在：(1) Level1 VS Later，亦即無旁白解說的「動畫+字幕」組對有旁白解說的「動畫+字幕+旁白」組及「動畫+旁白」組；(2) Level2 VS Level3，亦即「動畫+字幕+旁白」組對「動畫+旁白」組，由表 10 的分析結果可知在「無重播」組中，無旁白解說的「動畫+字幕」組的學習時間與有旁白解說的「動畫+字幕+旁白」組及「動畫+旁白」組的學習時間有顯著差異 ($F_{(1,59)}=29.663, p=.000*** < .05$)，「動畫+字幕+旁白」組的學習時間與「動畫+旁白」組的學習時間亦有顯著差異 ($F_{(1,59)}=15.743, p=.000*** < .05$)。

表 7 在不同學習者控制播放模式下，多媒體組合形式學習時間的平均數及標準差（秒）

學習者控制播放模式	組別		
	動畫+字幕	動畫+字幕+旁白	動畫+旁白
「無重播」組	541.17 (152.479)	471.87 (127.605)	410.43 (72.965)
「重播」組	548.13 (151.278)	516.27 (143.783)	494.10 (119.060)

表 8 學習者控制播放模式與多媒體組合形式對學習時間的變異數分析結果摘要

變異來源	SS	df	MS	F	p-value
學習者控制播放（獨立變項）	182340.011	1	182340.011	7.104	.009**
媒體組合形式（相依變項）	513623.756	2	256811.878	20.041	.000***
學習者控制播放×媒體組合形式	88260.156	2	44130.078	3.444	.034*
組內（誤差）					
受試者間（Block）	3028659.978	118	25666.610		
殘差	3024162.089	236	12814.246		
全體	6837045.990	359			

註：* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$

表 9 混合設計單純主要效果變異數分析摘要表

單純主要效果	SS	df	MS	F	p-value
學習者控制播放模式（獨立變項）					
動畫+字幕解說	1456.033	1	1456.033	.063	.802
動畫+字幕解說+旁白解說	59140.800	1	59140.800	3.201	.076
動畫+旁白解說	210003.333	1	210003.333	21.540	.000***
誤差（殘差 residual）	6052822.067	354	23095560.77		
多媒體組合形式（相依因子）					
在「無重播功能」組環境下	513354.978	2	256677.489	24.822	.000***
在「重播功能」組環境下	88528.933	2	44264.467	2.895	.059
誤差（殘差 residual）	3024162.089	236	25628.492		

註：* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$

表 10 在「無重播功能」組中多媒體組合形式對學習時間組內對比比較分析結果摘要

Source	way	SS	df	MS	F	p-value
比較方法	Level1 VS Later	600200.017	1	600200.017	29.663	.000***
	Level2 VS Level3	226443.267	1	226443.267	15.743	.000***
誤差（比較方法）	Level1 VS Later	1193809.983	59	20234.068		
	Level2 VS Level3	848660.733	59	14384.080		

註：* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$

從上面的分析顯示，在「無重播」的環境下，「多媒體組合形式」在學習時間上的有顯著差異，其中無旁白的「動畫+字幕」組的學習時間多於具備旁白解說的「動畫+字幕+旁白」組及「動畫+旁白」組的學習時間，且「動畫+字幕+旁白」組的學習時間多於「動畫+旁白」組的學習時間，顯示在「無重播」的環境中，「多媒體組合形式」確實會影響學習時間。研究者認為因動畫和旁白分屬不同管道所以可以同時處理，所以最省時；動畫與字幕解說皆以視覺形式呈現，學習者得利用認知資源進行動畫與字幕間的視覺搜尋以整合資訊，所以延長了學習時間；「動畫+字幕+旁白」組的學習者雖可以同時處理動畫與旁白，學習者如果選擇在動畫與旁白解說後也處理字幕，會增加學習時間，因此「動畫+字幕」組的學習時間會多於「動畫+旁白」組與「動畫+字幕+旁白」組的學習時間，「動畫+字幕+旁白」組的學習時間也會多於「動畫+旁白」組的學習時間。

在「重播」環境下，「多媒體組合形式」對學習時間的影響則未達顯著差異，研究者認為這與內容解說形式的呈現特性有關。「動畫+旁白」組的旁白解說隨著動畫片段結束而終止，唯有透過重播功能才能讓學習者對解說內容再進行學習，因此重播功能讓「動畫+旁白」組學習時間的增加幅度最大；「動畫+字幕」組的字幕解說內容由動畫片段開始至結束皆位於螢幕下方，學習者不需透過重播功能便可重複檢視解說內容，因此重播功能對「動畫+字幕」組學習者學習時間的增加幅度最小；「動畫+字幕+旁白」組的解說內容同時以字幕和旁白形式呈現，學習者對解說內容的重複檢視有二種選擇，亦即可以透過重播功能再聆聽旁白解說，或者直接檢視螢幕下方的字幕解說，若學習者選擇再重聽旁白，學習時間會增加，因此重播讓三組之間的學習時間接近。

從「學習者控制模式」對學習時間影響的單純主要效果分析中發現，不同的「學習者控制播放模式」對「動畫+字幕」組及「動畫+字幕+旁白」組學習時間的影響未造成顯著差異；但對「動畫+旁白」組學習者學習時間的有顯著影響。研究者認為這與旁白解說的呈現特性有關，在「無重播」組的環境下，旁白解說隨著動畫片段的結束而終止，學習者唯有透過重播的功能，才能對旁白解說重複進行聆聽，因此是否有重播對「動畫+旁白」組的學習時間造成顯著影響。對「動畫+字幕+旁白」和「動畫+字幕」組，動畫的解說一直呈現在螢幕下方，所以重播以檢視解說對「動畫+字幕」組及「動畫+字幕+旁白」影響較小。

伍、結論與建議

一、結論

本研究將多媒體教材依 Mayer (2001) 的分割原則將學習內容依主題分割成較小的學習片段，並賦予學習者控制何時進入下個學習片段，檢驗「學習者控制播放模式」及「多媒體組合形式」對學習成效及學習時間的影響，並進行研究假設之檢定，結果如下：

（一）「學習者控制播放模式」與「多媒體組合形式」對學習成效的影響

本研究之「學習者控制播放模式」包括「重播」與「無重播」二種模式；「多媒體組合形式」包括「動畫+字幕」、「動畫+旁白」及「動畫+字幕+旁白」三種組合。根據本研究實驗結果顯示，「學習者控制播放模式」與「多媒體組合形式」對學習成效無交互作用，「學習者控制播放模式」對學習成效的影響亦無顯著差異，但「多媒體組合形式」對學習成效有顯著影響，不管哪一種學習者控制播放模式，結果都是「動畫+字幕」組的學習成效顯著低於有旁白解說的「動畫+字幕+旁白」組及「動畫+旁白」組的學習成效，此結果不支持本研究假設一，亦即當動畫學習內容已依分割原則切割為小片段時，多媒體組合形式依舊對學習成效造成影響，亦即形式效應依舊存在。但研究也發現，在分割播放的環境下，動畫的解說同時具有字幕和旁白對學習成效影響不大，亦即多餘效應的消失，研究者認為這是因為當動畫、字幕和旁白同時呈現時，視覺管道的訊息雖可能超過視覺同時能處理的訊息量，但學習者可選擇暫時忽略文字說明而專注在動畫與旁白，因為依據 Mayer (2001) 的多媒體認知理論之模型，動畫（影像模型）與解說（語文模型）的整合是理解的關鍵，動畫與旁白解說分屬不同之感官，可以同時被處理不會造成單一感官的認知超荷且可促進訊息整合的有效性，因此學習者在觀看動畫時會一面聽解說而暫時不用試著去閱讀及理解字幕與動畫的關係，因此即使學習者稍後也處理文字，對學習成效影響不大，因為關鍵的影像與語文模型之整合已透過動畫和旁白的同時呈現而完成，所以動畫與旁白又加字幕對學習成效影響不大。

另一方面，學習者控制播放模式未達顯著差異支持本研究假設二，當多媒體動畫教材已依分割原則設計，每個學習片段的訊息量減少，減少了認知負荷量，且學習者有充足的時間選擇、組織及整合訊息，所以重播與否對學習成效影響不大。

（二）學習者控制播放模式與多媒體組合形式對學習時間的影響

本研究實驗結果顯示，「學習者控制播放模式」與「多媒體組合形式」對學習時間的交互作用達顯著差異，在「無重播」環境下，多媒體組合形式對學習時間有顯著影響，但在「重播」環境下，多媒體組合形式對學習時間沒有顯著影響，此結論支持本研究假設三與假設四。在本研究中動畫的內容必須和解說（旁白或字幕）整合才能理解，在「無重播」的環境中，由於動畫和字幕解說皆以視覺形式呈現，且字幕在螢幕的下方，這會產生如 Sweller (2003b, 2004) 所說的分散注意力效應，學習者必須在動畫與字幕解說間進行無謂的視覺搜尋以整合訊息，因此延長了學習的時間，但如將字幕改為旁白，學習者可以同時處理視覺與聽覺管道的訊息並加以整合，可節省學習時間；但是如果動畫中同時有旁白與字幕，動畫和字幕同屬視覺訊息，造成視覺管道的認知超荷，因此當觀看動畫時，學習者要同時處理動畫和字幕會有困難，而動畫和旁白分屬不同視覺管道且可同時進行，雖然動畫與旁白的整合即可理解內容，但由於字幕的存在，學習者也有可能會在動畫與旁白結束後又處理字幕，因此「動畫+字幕」

組的學習時間多於「動畫+字幕+旁白」及「動畫+旁白」組的學習時間，且「動畫+字幕+旁白」的學習時間也多於「動畫+旁白」組的學習時間。

在「重播」的環境，三組的學習時間無顯著差異，這主要可能是因為對「動畫+旁白」組而言，旁白解說必須透過重播功能才能重複聆聽，而學習者確實也如此，所以重播大幅增加學習時間；對「動畫+字幕+旁白」組，動畫內容的解說可透過字幕或旁白解說，因為動畫和旁白解說的訊息整合之有效性，學習者可以先處理旁白再處理文字，或按重播再聽旁白，結果都將增加學習時間；對「動畫+字幕」組，動畫與字幕解說同為視覺形式，造成視覺管導認知超荷而需耗費較多時間在動畫與字幕間的訊息整合，重播無助於改善此情況而不被使用。因此在重播環境，「動畫+旁白」組的學習時間增加幅度最大，「動畫+字幕+旁白」組次之，「動畫+字幕」組最小，因此縮短三組在學習時間上的差異。

另外，從三種「媒體組合形式」分別在不同「學習者控制播放模式」環境下學習時間變化的情形來看，重播功能雖會增加學習時間，但增加的幅度僅對「動畫+旁白」組達顯著差異，對「動畫+字幕+旁白」和「動畫+字幕」組沒有顯著影響，此結果支持本研究假設五。在本研究中重播功能讓學習者選擇是否要重播上一個已播放的動畫片段，因此學習者如果利用到重播功能則會延長學習時間，然而對「動畫+旁白」組而言，旁白解說隨著動畫片段結束而終止，僅能透過重播功能才能再檢視解說內容，因此重播功能讓「動畫+旁白」組的學習時間大幅增加；對「動畫+字幕」組而言，由於字幕解說由動畫片段開始播放至結束時皆位於螢幕下方，學習者不需透過重播功能便可重複檢視解說內容，因此重播功能對「動畫+字幕」組學習時間的影響不大；而「動畫+字幕+旁白」組的解說內容同時以字幕與旁白形式呈現，學習者對解說內容的重複檢視有二種選擇，亦即可以透過重播再聆聽或直接檢視螢幕下方的字幕解說，如果學習者選擇重播會增加學習時間，本研究結果顯示有重播功能時，「動畫+字幕+旁白」組學習時間增加的幅度未達顯著水準，學習者可能採取聽完旁白後再檢視文字，增加時間的重頭聆聽並不是必要的，所以重播功能僅對「動畫+旁白」的學習時間會有顯著影響。

綜合學習成效與學習時間，可以發現在依分割原則將動畫內容切割為小片段後，重播會影響學習時間，但不會影響學習成效，可見多媒體的組合設計是影響學習成效的關鍵。動畫的解說以字幕呈現是最不利學習的組合，但改以旁白呈現，可增加學習成效和減少學習時間。有趣的是在無重播時，「動畫+旁白」組便以最少的時間達較佳的學習成效，「動畫+字幕+旁白」組雖比「動畫+旁白」組多一種解說形式，但並未增加學習成效，但有重播功能時，「動畫+旁白」組較「動畫+字幕+旁白」組會按重播，也許是受試者不放心或不習慣沒有“看到”解說字幕，安全之計是再聽一次，結果就是增加學習時間，但並沒有增加學習成效。

綜合以上，本研究結果顯示，多媒體組合形式不但影響學習成效，也影響學習時間，不良的視覺與聽覺設計組合不但干擾學習成效，也造成無謂的時間浪費，更多的功能和訊息不

一定導致較佳的學習結果。另一方面，「動畫+旁白」組在本研究中整體而言雖可用較短之時間達較佳之學習成效，但當有重播功能時，學習者仍傾向使用重播功能再聽一次，顯示雖然動畫搭配有完整解說字幕可能不是最佳設計，但只用旁白而沒有相關字幕時，會讓學習者不太有信心而傾向重複的聽，當教材長度增加時，「動畫+旁白」在時間上的優勢是否會消失？或當學習者對此設計沒有信心時，即使它被證實可促成較佳之學習表現，它是否會是吸引學習者的多媒體設計？這仍需後續研究的關注。本研究不同於先前的研究，先依 Mayer (2001) 分割原則設計動畫教材，然後同時測量學習成效與學習時間以了解不同的多媒體教材設計對學習的影響，結果可做為多媒體設計實務界的應用參考。

二、建議

(一) 對實務的建議

經由上述的研究結論，研究者對多媒體設計實務提出下列應用的參考建議：

本研究結果支持先前的研究，多媒體組合會有形式效應存在，雙感官（視覺+聽覺）的訊息呈現會優於單感官的訊息呈現，在本研究中動畫必須和動畫的解說整合才能理解內容，結果發現如果動畫（視覺）搭配同時呈現的完整動畫解說字幕（視覺）的設計會比使用動畫（視覺）搭配旁白（聽覺）的設計讓學習者使用較多的時間達到較小的學習成效，是相對不利學習的設計。除此亦發現依 Mayer 和 Moreno (2003) 分割原則所設計的多媒體教材，多餘效應消失了，即「動畫+字幕+旁白」與「動畫+旁白」的學習成效沒有顯著的差異，但在學習時間上會因重播與否而有差異，在無重播環境時，「動畫+字幕+旁白」學習時間多於「動畫+旁白」，但在有重播環境時，二組的學習時間無顯著差異。因此當教學者或多媒體動畫設計者欲兼顧學習成效與學習時間時，應避免「動畫+解說字幕」的多媒體組合形式，善用雙感官模式（視覺+聽覺）可產生較佳之學習表現，但亦應避免非必要的重複訊息（如有旁白又加完整的解說字幕），本研究的結果顯示，在沒有重播功能時，「動畫+旁白」在學習成效和學習時間上都有較佳之表現。但如果考慮不同學習需求者之使用（如聽覺障礙者）也能受惠而不需特別製作時，可提供重播功能搭配「動畫+字幕+旁白」的設計，此種設計在有重播功能時，其學習成效及學習時間與「動畫+旁白」皆無顯著差異。

(二) 未來研究建議

由本研究之研究設計與結果，提出未來研究建議如下：

1. 學習者控制播放模式的延伸

本研究設計二種學習者控制播放模式（重播與無重播），結果發現重播與否對學習時間有顯著的影響，但對學習成效則主要是受多媒體組合的影響，但在本研究中二種學習者控制

播放模式皆在於多媒體動畫教材已依主題內容被分割成小片段的環境下進行，亦即學習內容已被分割成資訊量較小的片段，並給予學習者控制何時進到下一片段的功能，因此學習者有充分時間整合該片段的訊息再進入下一片段。Kalyuga、Chandler 和 Sweller（2000）發現學習者本身的專門知識或先備知識等個人差異也是影響學習歷程中認知負荷的重要因子，因此當多媒體教材是連續播放時，學習者個人的差異將影響其對內容分割的判斷或需要，因此學習者控制播放的功能將對學習成效與學習時間有更明顯的影響，建議未來相關研究可以針對在連續播放的多媒體動畫環境下，由學習者自行決定何時暫停的學習者控制播放模式下，多媒體組合形式對學習成效及學習時間的影響。

2. 動畫教材之知識屬性的延伸

本研究結果顯示「學習者控制播放模式」對學習成效的影響無顯著差異，但本研究所採用之學習內容屬概念的學習，即敘述性知識（declarative knowledge），雖然先前的研究（如陳彙芳、范懿文，2000）指出影響學習的關鍵因素是多媒體的組合方式，學習內容的知識屬性（如敘述性知識或程序性知識）沒有影響，但先前的研究並未就學習者控制的模式加以探討，學習者控制的功能對於不同知識屬性之學習內容影響是否相同，值得進一步探討。

3. 字幕控制的延伸

在本研究中「動畫+字幕」的解說內容從動畫片段開始播放至結束皆位於螢幕下方並沒有消失，但「動畫+旁白」的解說內容（即旁白）隨著動畫的結束而結束，學習者唯有透過重複播放才能對旁白解說內容重複進行聆聽，讀者可能質疑二者的解說內容呈現時間基礎點不同，因此若要比較二者學習時間的差異及檢視重播功能的效用，除了解說內容是視覺與聽覺的差異外，解說內容的出現時間應維持一致，即隨動畫的結束而結束，因此建議後續研究亦可修改本研究之設計，讓字幕在動畫結束時消失，進一步探討「學習者控制播放模式」和「多媒體組合形式」對學習成效與學習時間的影響。

另外，在本研究中字幕是完整的動畫解說的內容，固定出現在螢幕的下方，二者必須整合才能理解內容，但動畫與字幕皆是視覺訊息，且設計方式是 Sweller（2003b, 2004）所說會產生分散注意力效應的設計，且本研究使用之字幕為完整的解說字幕，造成視覺管道有大量的訊息要處理，易造成視覺管道的認知超荷，也許字幕出現的位置不同，或字幕的內容（如全文式、摘要式、關鍵字式）亦會影響學習結果，且本研究中發現當動畫只搭配旁白時，如果可以重播時，學習者傾向再重播（但並沒有增加學習成效），此現象是否代表學習者在沒有字幕時會有些不安，如果完整的字幕解說是不利學習的設計（特別是在沒有加旁白時），在有旁白的動畫中提供關鍵的字幕是否可減少此不安又不干擾學習？後續研究可進一步探討動畫教材字幕的訊息設計對學習的影響。

參考文獻

- 翁嘉鴻 (2001)。以認知負荷觀點探討聽覺媒體物件之媒體呈現方式對學習成效之影響。國立中央大學資訊管理學系碩士論文，未出版，桃園縣。
- 陳彙芳、范懿文 (2000)。認知負荷對多媒體電腦輔助學習成效之影響研究。資訊管理研究，2(2)，45-59。
- 陳蜜桃 (2003)。認知負荷理論及其對教學的啟示。國立高雄師範大學教育學系教育學刊，21，29-51。
- 黃巧琪 (2003)。認知負荷理及其在教學上的啟示。教育資料與研究，66，77-83。
- 黃柏勳 (2003)。認知上的瓶頸—認知負荷理論。教育資料與研究，55，71-78。
- Baddeley, A. D. (1999). *Essentials of Human Memory*. East Sussex: Psychology Press.
- Brüken, R., Plass, J. L., & Leutner, D. (2003). Direct measurement of cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 53-61.
- Cooper, G. (1998). *Research into Cognitive Load Theory and Instructional Design at UNSW*. Retrieved October 5, 2004, from <http://educationnew.arts.unsw.edu.au/staff/sweller/clt/>
- Ellis, H.C. & Hunt, R. (2005). *Fundamentals of Cognitive Psychology*. Oxford: Brown & Benchmark Publishers.
- Gerjets, P., & Scheiter K. (2003). Goal configurations and processing strategies as moderator between instructional design and cognitive load: evidence from hypertext-based instruction. *Educational psychologist*, 38(1), 33-41.
- Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (2000). Incorporating Learner Experience Into the Design of Multimedia Instruction. *Journal of Educational Psychology*, 92(1), 126-136. Retrieved Thursday, July 13, 2006 from the PsycARTICLES database.
- Leahy, W., Chandler, P., & Sweller, J. (2003). When auditory presentations should and should not be a component of multimedia instruction. *Applied Cognitive Psychology*, 17(4), 401-418.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning*. New York: Cambridge University press.
- Mayer, R. E., & Chandler, Paul. (2001). When learning is just a click away: Does simple user interaction foster deeper understanding of multimedia messages? *Journal of Educational Psychology*, 93(2), 390-397
- Mayer, R.E, & Moreno, R. (2002). Animation as an Aid to Multimedia Learning. *Educational Psychology Review*, 14(1), 87-99.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational psychologist*, 38(1), 43-52.
- Moreno, R., & Mayer, R.E. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: The role of modality and contiguity. *Journal of Educational Psychology*, 91(2), 358-368.
- Mousavi, S., Low, R., & Sweller, J. (1995). Reducing cognitive load by mixing auditory and visual presentation modes. *Journal of Educational Psychology*, 87(2), 319-334.
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychologist*, 38(1), 1-4.

- Paivio, A. (1986). *Mental representation: A dual coding approach*. Oxford, England: Oxford University Press.
- Penney, C. (1989). Modality effects and the structure of short-term verbal memory. *Memory & Cognition*, 17(4), 398-422.
- Reed, S. K. (1985). Effect of computer graphics on improving estimates to algebra word problems. *Journal of Educational Psychology*, 77(3), 285-298.
- Sankey, M. D. (2003). *Visual and multiple representation in learning materials: an issue of literacy*. Retrieved July 7, 2004, from <http://www.usq.edu.au/users/sankey/Resources/CreatEd2003.pdf>
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effect on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257-285.
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4(4), 295-312.
- Sweller, J. (1999). *Instructional Design in Technical Areas*. Camberwell, Australia: ACER press.
- Sweller, J. (2003a). Evolution of human cognitive architecture. In B. Ross (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (pp. 215–266). San Diego, CA: Academic Press.
- Sweller, J. (2003b, 11月). Why understanding instructional design principles requires an understanding of the evolution of human cognitive architecture。載於佛光人文社會學院舉辦之「第一屆全國教育資訊學術研討會」會議論文集 (pp. 1-22)·宜蘭縣。
- Sweller, J. (2004). Instructional Design Consequences of an Analogy between Evolution by Natural Selection and Human Cognitive Architecture. *Instructional Science*, 32, 9–31.
- Sweller, J., & Chandler, P. (1994). Why some material is difficult to learn. *Cognition and Instruction*, 12(3), 185-233.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J., & Paas, F. G. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10, 251-296.
- Tindall-Ford, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1997). When two sensory modes are better than one. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 3(4), 257-287.

作者簡介

吳瑞源，礁溪國中，自然與生活科技老師

Ruei-Yuan Wu is a teacher of Chiao-Shi Junior High School, Yilan, Taiwan.

吳慧敏，佛光大學學習與數位科技學系，副教授

Huei-Min Wu is an associate professor of Department of Learning and Digital Technology, Fo Guang University, Yilan, Taiwan.

收稿日期：96.03.07

修正日期：96.08.13

接受日期：96.11.19

The Impact of Animated Instructional Material's Learner Control Modes and Multimedia Modality Combinations on Learning Effectiveness and Learning Time

Ruei-Yuan Wu

Chiao-Shi Junior High School

Huei-Min Wu

Department of Learning and Digital Technology of Fo Guang University

Abstract

The purpose of this paper was to examine the impact of learner control modes and multimedia modality combinations on learning effectiveness and learning time. The experiment was a 2 (learner control mode: replay and non-replay modes) x 3 (media modality combinations: "Animation with Visual Text" (VT), "Animation with Visual and Auditory Text" (VAT), and "Animation with Auditory Text" (AT) mixed design model, with repeated-measurement on the latter variable (i.e. media modality combinations). The subjects were 120 9th-grade students and the contents consisted of three high school science units. The results indicated that in the non-replay mode, the AT mode resulted in the best learning results; the VAT was equivalent to AT in learning outcome but required more learning time; the VT mode had the worst performance. In the replay mode, there were no significant differences in learning time among the three modes, but the VT mode was significantly inferior to the AT and VAT modes in learning effectiveness, while there was no difference between AT and VAT modes.

Keywords: multimedia learning, cognitive load, learner control, learning effectiveness, learning time