

行政院科技部補助專題研究計畫期末報告

多媒體學習的情緒設計：動畫多維度概念圖形狀與 顏色對情意與學習之影響(II)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：MOST 108-2511-H-018-016 -

執行期間：108 年 08 月 01 日至 110 年 3 月 31 日

計畫主持人：邱垂昌

計畫參與人員：李品樺、林家阡、邱子芸、丁俊中、蘇秦萱、宋采欣、楊珮瑜

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)：精簡報告

本計畫除繳交成果報告外，另須繳交以下出國心得報告：

出席國際學術會議心得報告

處理方式：暫不公開查詢

執行單位：國立彰化師範大學會計系（所）

中 華 民 國 110 年 6 月 30 日

多媒體學習的情緒設計：動畫多維度概念圖形狀與顏色對情意與學習之影響(II)

Emotional design in multimedia learning: Effects of shape and color of animated multidimensional concept map on affect and learning

計畫編號：MOST 108-2511-H-018-016 -

執行期間：108 年 08 月 01 日至 110 年 3 月 31 日

計畫主持人：邱垂昌 國立彰化師範大學會計系（所）

研究生助理：李品樺 國立彰化師範大學會計系碩士班

林家阡 國立彰化師範大學會計系碩士班

邱子芸 國立彰化師範大學會計系碩士班

丁俊中 國立彰化師範大學會計系碩士班

蘇秦萱 國立彰化師範大學會計系碩士班

宋采欣 國立彰化師範大學會計系碩士班

楊珮瑜 國立彰化師範大學會計系碩士班

一、摘要

本研究旨在探究不同顏色與形狀之多維度概念圖結合動畫之多媒體學習教材對引發學習者正面情緒之效果，並進一步探討此教材是否有助於提升統計學學習者的學習動機等情意效果與降低學習者認知負載及提高其認知學習成就。為完整探究概念圖顏色與形狀及動畫之效果，本研究十種多媒體學習教材進行教學實驗比較。完成研究計畫成果如下：1. 學生使用有動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖多媒體教材進行自我學習的正面情緒效果、認知成就效果及學習動機效果皆是最後的。2. 學生使用圓形似卡通臉形的概念圖多媒體教材進行自我學習的正面情緒效果、理解成就效果及學習動機效果，皆優於使用方形的概念圖多媒體教

材。3. 學生使用多維度概念圖多媒體學習教材進行自我學習的正面情緒效果、認知成就效果及學習動機效果，皆優於使用傳統線性多媒體學習教材。4. 學生使用與學習內容有關的動畫(如統計學圖表)加入學習教材中進行自我學習，相較於使用沒有與學習內容有關動畫的學習教材，在學習動機表現會較高，而認知負載則會較低。

關鍵字：多維度概念圖、動畫、正面情緒、學習動機、認知負載、認知成就

Abstract

The purpose of this study is to investigate the effect of multimedia materials with combining of animation and multidimensional concept maps with different colors and shapes on inducing learners' positive emotion, improving their affective achievement (i.e. learning motivation), reducing their cognitive load and improving their cognitive achievement. For investigating the effectiveness of concept maps with different colors and shapes and animation, this study designed ten multimedia learning materials and compared them with teaching experiments. The results of the completed research project are as follows: 1. The positive emotion effect, cognitive achievement effect and learning motivation effect of students using the animated warm-color round cartoon-like face-shaped concept map multimedia teaching material for self-learning are the best. 2. The positive emotional effect, the effect of comprehensive achievement and the effect of learning motivation of students using the round cartoon-like face-shaped concept map multimedia material for self-learning are better than the square concept map multimedia material. 3. The positive emotion effect, cognitive achievement effect and learning motivation effect of students using multidimensional concept map multimedia learning materials for self-learning are better than using traditional linear multimedia learning materials. 4. Students use animations related to the learning content (such as statistical charts and tables) to add to the learning materials for self-learning, compared with using learning materials that do not have animations

related to the learning content, will have higher learning motivation and lower cognitive load.

Key words: multi-dimensional concept map, animation, positive emotion, learning motivation, cognitive load, cognitive achievement

二、計畫緣由與目的

由於資訊科技的快速發展，傳統的教學方式已經無法跟上現代學習者的步調，面對學習者「隨時要學」、「隨時可學」的迫切需求，融入網路與科技的線上學習（e-learning）似乎成了最佳的因應之道，學習者依賴網路基礎（web-based）平台作為新學習環境的趨勢也已隨之而來；然而，線上學習是否具有成效，多媒體學習教材（multimedia learning materials）之開發扮演著關鍵的角色(Huang et al., 2012)。

線上學習強調隨時要學，故重點在於自學。因此，多媒體學習教材是否具有吸引力，能讓學生願意主動自學，以及能讓學生自學有效果，是線上學習成功與否的關鍵。故有許多教育學者致力於研究如何善用多媒體教材吸引學習者及使多媒體教材發揮效果，最終能幫助線上學習成功。若線上學習的教材設計形式仍是純文件格式，亦即屬於線性教材、原文的呈現方式，勢必對學習者的情意吸引力無法產生效果，也難讓學習者願意主動自學，故一些學者乃致力於多媒體學習教材的開發與研究，希望能對學習者之情意與認知產生正面效果。多媒體學習教材不僅適用於線上學習，也適用於教室現場教學與學習環境。Frenzel、Pekrun與Goetz(2007)即指出教室現場的學習環境可以一些可觀察到的特性如教學教材等予以觀念化，也是教師或學生對學習環境的主觀知覺，且學生對學習環境的主觀知覺與其學業成效有相當的關聯性。Fraser(1994)及McRobbie與Fraser(1993)研究都證明學生對學習環境的知覺與學生的學業成就有顯著關聯；Anderman(2002)、Anderman等人(2001)、Fraser(1994)及Turner等人(2002)也實證指出學生對學習環境的知覺與其情緒及社會成效有顯著關聯。由這些實證結果可知，學生對學習教材的知覺與其情意及認知效果會有關聯存在。Mayer(2005)及Moreno(2006)即指出

在多媒體學習環境中，使用豐富而有幫助的刺激物(stimuli)在多媒體學習教材中，可藉以幫助提升學生學習的情意與認知成效。依據Mayer (2009)的認知，多媒體學習涉及從文字與圖片中學習，並包含從教科書內文及說明的學習，以及包含動畫與解說的電腦基礎課程及包含圖像與講解文字的面對面投影片呈現。因此，多媒體教材乃是具備文字、圖片(或圖像、形狀)、解說、動畫、音效等特色內容的數位教材，每一項特色內容之目的皆在促使學生的認知與情意產生正面效果。這些特色內容也正是致力於多媒體學習研究的學者積極在研究如何促進多媒體教材更能發揮情意與認知效果的刺激物(Heidig, Müller, & Reichelt, 2015; Mayer & Estrella, 2014; Moreno & Ortegano-Layne, 2008; Park, Flowerday, & Brünken, 2015; Park, Korbach, & Brünken, 2015; Plass, Heidig, Hayward, Homer, & Um, 2014)。

多媒體學習教材設計之目的係為提升學生學習效果。以往研究也顯示多媒體學習能幫助提升學生學習的認知(cognitive)成就(Mayer, 2009; Mayer, & Moreno, 2003; Park, Plass, & Brünken, 2014; Um, Plass, Hayward, & Homer, 2012)。然而，近年來多媒體學習的研究開始注意到情意(affective)層面如動機(motivation) (Mayer, 2014; Park, Moreno, Seufert, & Brünken, 2011)或情緒(emotion) (Heidig et al., 2015; Park et al., 2015; Plass et al., 2014; Um et al., 2012)等，對多媒體學習效果之影響。這些文獻主要的興趣在於探究如何設計引發學習者正面情緒及學習動機的多媒體教材，以及僅以引發學習者正面情緒或學習動機而設計的多媒體教材是否會對學生認知結果有幫助抑或有傷害。雖然文獻之研究結果各自有其支持的論點，但如同 Plass 等人(2014)所指出的：「藉由探究情緒或情意在多媒體學習教材設計的角色，教育心理學家能夠發展多媒體學習更加穩健的科學理論基礎，並能提供多媒體學習環境設計者更佳的指導方針」(p.128)。另外，以往研究也指出學習者在學習過程中的情緒反應與其學習動機、學習滿意度及學習成就都有顯著關聯性存在(Pekrun, Goetz, Titz, & Perry, 2002; Plass et al., 2014; Um et al., 2012)。因此，如何設計對學習者有幫助的多媒體學習教材，綜合考慮情意與認知層面是有必要的。

Heidig 等人(2015)定義多媒體學習的情緒設計為使用視覺設計要素於多媒體

學習材料中以促進學習者的正面情緒，進而能提升學習者的學習成效。多媒體學習教材的情緒設計包含額外的要素(如有趣的刺激物(seductive details))或改變內在設計要素(如顏色或形狀或圖像)。在多媒體教材中增加額外的要素設計如有趣的刺激物(如動畫)是否對學生學習有幫助，實證文獻結果分歧，也各有其解釋論點。Mayer (2005)的連貫性原則(coherence principle)建議多媒體材料中應該呈現連貫的資訊，與學習無關的額外不必要資訊如有趣的刺激物，應該避免出現。Garner、Gillingham 與 White (1989)、Harp 與 Mayer (1998)及 Lehman、Shraw、McCrudden 與 Hartley (2007)研究皆顯示有趣的刺激物對於學習有傷害效果，因為這些與學習無關的刺激物會提高學習者的外部認知負載(extraneous cognitive load)。然而，Park、Flowerday 與 Brünken (2015)研究卻指出有趣的刺激物在低負載學習環境下並不會妨礙學習，而且在低負載的有教學解說(narration)之學習環境下有趣的刺激物對學習是有幫助效果的。另外，Heidig 等人(2015)及 Park 等人(2011)實證也指出多媒體教材放入額外的要素能正面影響學習者的情緒與動機，進而對學習有幫助。由此可知，多媒體教材中加入額外的要素如有趣的刺激物(如動畫)，對於學習者之效果並未定論，但可知道其帶來的負面效果為增加學習者的外部認知負載，而其帶來的正面效果為提高學習者的正面情緒與動機。因此，只要能在低認知負載的學習環境下或設法降低有趣的刺激對外部認知負載的影響，就能讓有趣的刺激物產生對學習有正面影響的效果。在改變多媒體教材內在設計要素方面，Um 等人(2012)與 Plass 等人(2014)實驗顯示結合暖色彩(warm colors)(如黃色、橘色)與似臉的圓形形狀(face-like round shapes)於多媒體教材的情緒設計要素，能誘發學習者的正面情緒，進而提高學習者的情意與認知效果。

由此可知，設計多媒體教材主要是期待對學習者的認知學習產生效果，而多媒體教材對認知學習之效果與其對情意之效果有關。因此，在設計多媒體教材時，教材內容之設計如何引發學習者的情緒效果，以及是否能控制甚或降低學習者的認知負載，是研究多媒體學習教材對認知與情意效果學者們有興趣的議題(如 Mayer, 2005, 2009; Moreno, 2006)。本研究旨在探討是否利用動畫結合概念圖設計多媒體教材對誘發正面情緒及提高情意效果與認知效果有助益。

所謂概念圖(concept maps)乃是指利用連結語(linking words)聯結兩個概念節點(concept nodes)以形成有意義的語意資訊(稱之為命題)之一種雙維度的(two-dimensional)圖形呈現工具(Chiou, 2008, 2009; Chiou, Tien, & Lee, 2015)。而概念構圖則是指建構概念圖的程序(Chiou, 2009)。以往大部份文獻都是探討概念構圖對學生學習是否有助益,甚少探討概念圖教材對學生學習之助益及如何設計對教師教學或學生學習有幫助的概念圖教材(Huang et al., 2012)。然而,以圖形呈現(如概念圖)之教材工具是可以用以改善傳統線性教材及原文的敘述呈現方式之缺失(Huang et al., 2012; Chiou et al., 2015)。雙維度圖形的教材呈現方式則可以降低學習者在瀏覽以線性方式組織的學習教材時,從學習中迷失及認知超載的問題(Chang, Sung, & Chiou, 2002)。近年來有一些學者開始運用圖形呈現工具設計網路教材,用以解決學習迷失及認知負載的問題,並獲得改善學習者學習效果的成果(Chang et al., 2002; Chiou et al., 2015; Huang et al., 2012; Lee & Baylor, 2006)。另外,圖形呈現方式也可以幫助學習者整合其知識結構(邱垂昌、黃華山、謝佳惠, 2004; Novak, 1990)。概念圖即是一個具有相當完整教育心理學理論基礎之圖形呈現方法。使用概念圖建構教學教材由於具有階層性呈現知識及整合知識結構的特性,以往許多文獻已經指出有助於改善教材呈現,並幫助學生提升學習成效(邱垂昌等, 2004; 黃華山等, 2005; Chang et al., 2002; Chiou et al., 2015; Edmondson, 1995; Ferry, Hedberg, & Harper, 1997; Huang et al., 2012)。

然而,以往研究圖形工具或概念圖網路教材時,都僅探討其對認知層面之效果,對情意層面則較少探究。但依據 Mayer(2005)、Moreno(2006)及其他提倡情意效果的學者之一系列多媒體學習研究文獻中,我們可以發現多媒體學習教材之情意效果與認知效果必須同時考量,才能讓多媒體學習有更加穩健的科學理論基礎,並能提供多媒體教材設計者更佳的指導方針(Plass et al., 2014)。因此,本研究欲探討運用概念圖設計多媒體教材在情意與認知層面之效果。在情意層面之效果上,以往文獻 Um 等人(2012)與 Plass 等人(2014)實驗顯示相對於黑白色系及方形形狀,結合暖色系色彩與圓形形狀於多媒體教材的情緒設計要素,能誘發學習者的正面情緒,進而提高學習者的情意效果。以往無論學術研究或應用實務上,

對於概念圖之顏色與形狀之要求，都甚少被注意到；基於 Um 等人的多媒體研究結果，我們有興趣想要了解，不同顏色及形狀的概念圖多媒體教材，是否也會引起學習者不同的情緒反應，而帶來學習者情意與認知效果的差異。另外，基於前述有關動畫等額外的刺激物加入多媒體學習教材中的效果並沒有定論，其主要的的原因在於此額外的刺激物雖能誘發學習者的正面情緒，但此與學習內容無攸關的資訊卻會產生學習者不必要的外部認知負載。因此，本研究進一步想要了解，若有趣的動畫是學習教材必要的資訊，是否能夠使得這攸關學習內容資訊的「必要且有趣」的動畫能提升多媒體教材的情意與認知效果。如同 Plass 等人(2014)所言，了解不同概念圖多媒體教材對學習者之不同情緒反應及其對情意與認知學習效果之影響，能讓概念圖多媒體教材設計者有更佳的設計指導方針。

基於以上研究背景與動機，本研究分兩年期研究計畫進行以下目的之探究：

1. 第一年已於 107 年完成計畫成果報告繳交送出，並於 108 年新提出本次第二年延續性計畫案。。
3. 第二年之研究目的為整合 Huang 等人(2012)、Chiou 等人(2015)、Um 等人(2012) 及 Plass 等人(2014)之研究基礎，運用不同色彩理論與形狀設計四種多維度概念圖教材，包含圓形形狀及暖色系的概念圖(concept map with round shape and warm color)、圓形形狀及冷色系的概念圖(concept map with round shape and cold color)、方形形狀及暖色系的概念圖(concept map with square shape and warm color)、方形形狀及冷色系的概念圖(concept map with square shape and cold color)，以及傳統線性文字多媒體教材，再將每一種教材都搭配有無有趣的動畫，故總共有十種不同的多媒體教材設計。再運用真實實驗設計之教學實驗進行量化研究，以比較不同形狀及顏色的概念圖與是否搭配動畫之多媒體教材，是否能引發學習者不同的情緒反應，以及是否進而能影響其情意與認知學習效果。

三、文獻探討

1. 多媒體學習、情意效果與認知效果

Mayer 與 Moreno(2003)定義多媒體學習乃是從字(words)及圖畫(pictures)中學習。字可以是印刷(如螢幕上的內文)或講授(如解說);圖畫可以是靜態(如說明、圖形、圖表、照片或地圖)或動態(如動畫、錄影或互動式說明)。根據 Paivio(1986)的對偶理論(Dual Coding Theory),從字中學習乃是屬於語意形式呈現的學習,從圖畫中學習乃是經由視覺形式呈現的學習。Mayer 與 Moreno(2002)指出雖然在教育領域長久以來都是以語意形式進行教具呈現,但愈來愈多證據顯示學生能藉由增加視覺形式的教具呈現來強化其對教材的了解(Mayer, 1999; Sweller, 1999)。Paivio(1986)的對偶理論主張人類是由視覺與聽覺等兩個管道接受外來的資訊。Deimann 與 Keller (2006)則指出使用單一管道處理資訊,會因為人類工作記憶(working memory)容量的限制而導致資訊在處理間產生競爭情形,因而導致認知超載(cognitive overload)的情形。Mousavi、Low 與 Sweller (1995)及 Tindall-Ford、Chandler 與 Sweller (1997)進一步主張有效果的工作記憶可能經由視覺與聽覺的模式而非僅有單一模式的教材呈現而被提升。因此,多媒體學習教材的設計之相關研究主要目的皆在探討如何經由提高語意(聽覺)及視覺效果設計多媒體教材,以設計出對學習者情意及認知有正面效果的多媒體教材,以及多媒體教材如何對情意與認知效果有幫助。

多媒體學習環境已經被廣泛地確認對改進學習者學習方式及學習效果有很大的潛力(Mayer, 1999; Sweller, 1999; van Merriënboer, 1997)。以往也有相當多學者投入研究多媒體學習如何對學習有幫助。在早期多媒體學習之研究學者大都集中在認知處理與相關原則的探究,尤其多媒體原則(Park, Flowerday, & Brünken, 2015)。這些研究主要依循的是 Mayer(1999)提出多媒體學習之認知理論(the cognitive theory of multimedia learning)。多媒體學習認知理論乃是基於認知研究建議的三個假設(Mayer & Moreno, 2002):(1)對偶管道假設(dual-channel assumption):人類在接受資訊時有獨立的管道處理視覺/圖像之呈現與聽覺/語意之呈現(Baddeley, 1998; Paivio, 1986)。(2)限制容量假設(limited capacity

assumption): 每個接受資訊的管道在同一時間只能積極地處理一定數量的少許資訊(Baddeley, 1998; Sweller, 1999)。(3)積極的處理(active processing): 有意義的學習發生在當學習者進行如選擇(selecting)及組織(organizing)攸關教材使得整個呈現一貫，並將教材內容與學習者的既存知識進行整合(integrating)等認知處理(Mayer, 1999; Wittrock, 1974)。

根據上述三個假設，Mayer(1999)提出如圖 1 的多媒體學習之認知理論。此多媒體學習之認知理論強調 SOI 模式(selecting-organizing-integrating model)，亦即多媒體資訊如解說(narration)經由耳朵進入人類認知處理區，此時學習者在聽覺管道先挑選一些字進行未來的處理，再組織這些字進入因果鏈結(cause-and-effect chain)，最後再將這些資訊與視覺教材及既存知識進行整合。另外，多媒體資訊如動畫(animation)則經由眼睛進入人類認知處理區，此時學習者在視覺管道先挑選一些影像進行未來的處理，再組織這些影像進入因果鏈結，最後再將這些影像與聽覺教材及既存知識進行整合(Mayer & Moreno, 2002)。Mayer 與 Mioreno(2002)更進一步指出，依據此理論，當學習者在同一時間在其工作記憶中同時有視覺與聽覺呈現工具(如動畫與解說)，則進行整合工作的認知程序將更可能發生。教學條件若能促進這些處理程序，則更有可能讓學習者進行有意義的學習。因此，多媒體教材若能同時具備視覺與聽覺的呈現，將比僅有單一呈現方式更能促進學習者有意義的學習(Mayer & Moreno, 2002)。

依據 Mayer(1999)的多媒體學習之認知理論，Mayer、Moreno 及其同僚進行一系列的實證研究，最後總結出多媒體學習教材設計的七大原則(Mayer & Moreno, 2002):(1)多媒體原則(multimedia principle):表示學習者從動畫與解說中學習會比僅從解說中學習，學得更深入。此原則之理論合理性乃是當教材同時進行視覺與聽覺(動畫與解說)呈現比起僅用聽覺(如解說)呈現，更能讓學習者建立字與圖像之間的心智連結。(2)空間接近原則(spatial contiguity principle):表示當螢幕上的內文位置與對應此內文的相關動畫更接近會比起內文與動畫距離很遠的呈現方式，可讓學習者能學得更深入。此原則之理論合理性乃是在螢幕上當內文與相關動畫距離很近，學習者更能夠建立字與圖像之間的心智連結；反之，若內

文與相關動畫距離很遠，學習者必須浪費受限制的認知容量在搜尋內文及對應此內文的相關動畫。(3)時間接近原則(temporal contiguity principle): 表示當視覺與聽覺(如動畫與解說)同時呈現比起不同時間呈現，可讓學習者學得更深入。此原則之理論合理性乃是當字與圖像同時進入工作記憶中，更能讓學習者進行更好的心智連結。(4)連貫性原則(coherence principle): 表示與學習內容無關的字、聲音(包含音樂)及錄影等被刪除比起被包含在動畫與解說中，可讓學習者學得更深入。此原則之理論合理性為學習者會注意這些無攸關的材料，因而導致較少的認知資源被投入在建立動畫與解說的心智連結上。(5)形式原則(modality principle): 表示學習者從動畫與解說中學習比起從動畫與螢幕中的內文，能學得更深入。此原則之理論合理性為當字與圖像同時以視覺方式呈現時，學習者的視覺管道可能變得超載(overload)；亦即，至少在一開始時，學習者就必須經由眼睛處理螢幕的內容與動畫。因此，學習者可能沒有多餘的認知容量留著建立字與圖像之間的心智連結。相反地，若字的呈現是經由聽覺管道(如解說)，則視覺管道就比較不會有超載的問題。因此，學習者就較能夠建立字與圖像之間的心智連結。(6)多餘原則(redundancy principle): 表示學習者從動畫與解說中學習比起從動畫、解說及螢幕的內文，能學得更深入。此原則之理論合理性與形式原則一樣。(7)個人化原則(personalization principle): 表示當呈現動畫與解說時，解說能以對話的風格而非形式上的風格進行，則學習者能學得更深入。此原則之理論合理性為當學習者個人加入對話，則他們會更努力地去了解解釋的內容。

除了多媒體學習的理論基礎與多媒體教材的設計原則之研究外，多媒體學習文獻也探討多媒體學習的認知處理效果。在認知處理研究主要係探究多媒體學習環境是否有助於提高學習者的認知成就，以及如何設計多媒體學習教材及環境以降低學習者的認知負載及提高學習者的認知成效(Mayer, 1997, 1999, 2003, 2005, 2009; Mayer & Moreno, 2003; Plass, Moreno, & Brünken, 2010)。基於不同的認知負載來源，Sweller(1999)指出三種型態的認知負載:內在的認知負載(intrinsic cognitive load)、外在的認知負載(extraneous cognitive load)及增生認知負載(germane cognitive load)。所謂內在的認知負載乃是指認知負載由教學教材的複雜

性與內在結構所引起的，亦即為了理解資訊，學習者在其工作記憶中必須把握住的資訊數量；此負載無法由教學設計者所影響；所謂外在的認知負載乃是指認知負載是由於資訊呈現的格式及由教學行動的工作記憶要求所引起；所謂增生認知負載乃是指認知負載是由學習者處理及理解教學教材而投入的努力所產生的。後兩種認知負載可由教學教材的設計者所操縱與控制。

因此，多媒體學習的教材設計良窳會影響外在的認知負載與增生認知負載。Mayer 與 Moreno (2003)提出了九個降低多媒體學習認知負載的方法：(1)去除負載(off-loading): 在過多的基本處理需求下(如螢幕上同時要看動畫及內文)會造成視覺管道的超載；若使用解說(narration)來取代內文(text)，則可同時使用聽覺與視覺管道來降低僅使用視覺管道的認知負載，此效果稱為形式效果(modality effect)。(2)分割(segmenting): 當學習資訊內容很多時，會提高因教材內容過於複雜而造成的內在的認知負載，此時可使用分割方法降低認知負載；可以將教材分隔成每一單元內容都僅有少許內容，如此學習者有時間及能力進行字與影像的選擇、組織及整合，此效果稱為分割效果(segmentation effect)。(3)從屬(pretraining): 若分割效果不佳，亦可將心智模型分為成份模型(component model)與因果模型，亦即讓學生了解每個學習成份後，進一步建立這些成份的因果聯結，如此可減低工作記憶的超載，此效果稱為從屬效果(pretraining effect)。(4)除去(weeding): 若教學媒體包含有趣但無關於教學內容的刺激物，會讓學習者的認知負載同時處理這些非主要的處理需求(incidental processing demand)與基本的處理需求(essential processing demand)，可能造成認知超載，因此若能將這些有趣但無關於教學內容的刺激物去除，則可降低認知負載，此效果稱為連貫性效果(coherence effect)。(5)發射訊號(signaling): 利用提供線索教學習者選擇及組織資訊，可以降低認知負載，譬如藉由在解說中強調關鍵字來選擇字、藉由增加紅色或藍色箭頭指向動畫來選擇影像、藉由摘要或表頭來組織字或藉由使用圖形呈現教材來組織影像等，此效果稱為發射訊號效果(signaling effect)。(6)緊密聯結字與圖像(aligning words and pictures): 在螢幕上學習內容的字與圖像沒有緊密聯結會創造附加的認知負載，稱為分開的教材呈現(separated presentation)；此時，學習者必須以有限的認

知資源去視覺搜尋字及與其對應的圖像，會提高認知負載，因此可以利用將內文放入圖像內(如概念圖作法)，稱為整合教材呈現(integrated presentation)，可降低認知負載，此稱為空間連貫效果(spatial continuity effect)。(7)刪除多餘材料(eliminating redundancy): 多媒體教材若同時包含動畫、解說、螢幕中的學習內容，稱為多餘教材呈現(redundancy presentation)，亦即語意字的呈現同時使用口頭解說及螢幕的內容；若能刪除其中一種可因此降低認知負載，此稱為多餘效果(redundancy effect)。(8)同時呈現(synchronizing): 當學習者同時要注意看多媒體內的動畫及要聽解說，也會增加認知負載，此時反映同一主題內容的視覺與聽覺教材若能同時呈現，則短期記憶就不必留存一個管道的教材去等待另一個管道的教材進來，就能減輕短期記憶的負載，此效果稱為時間連貫效果(temporal continuity effect)。(9)個別化(individualizing): 若同時呈現無法做到，此時可善用學習者本身對留存記憶中心智呈現技能；對於高空間能力的學習者，較能從同時呈現教材中獲益，因此針對這些高空間能力學習者有高品質的多媒體設計，可以降低他們的認知負載，此稱為空間能力效果(spatial ability effect)。

以往多媒體設計研究大都集中在如何設計多媒體來提升認知效果，後來 Moreno 及一群學者開始注意到多媒體學習的情意效果之重要性，因而轉開始注意到情意面的研究。這些研究主要在探討多媒體學習環境如何提升學習者的正面情緒，以及如何能提高情意效果及認知效果，這些研究主要的基礎理論為 Moreno(2005, 2006)的多媒體學習之認知情意理論，如圖 2 所示。此理論指出情緒、情意與動機因素可藉由學習者投資在學習工作上的認知資源數量的增減來中介(mediate)學習效果。學習者需要有動機來學習或使用自我規範(self-regulation)來分配認知資源到學習工作上。根據此理論，雖然有趣的刺激物(seductive details)與 Mayer 的連貫性原則不相符，但卻有可能在引發學生學習動機上有正面角色，此時在多媒體學習上可能就需要這些有趣的刺激物(Park et al., 2011; Park et al., 2015)。對於有趣的刺激物之效果，Park 等人(2015)實證即指出在內文(text)呈現條件(亦即負載環境)下，有趣的刺激物會對學習績效有直接傷害效果；但在解說(narration)條件(亦即低負載環境)下，有趣的刺激物對學習績效有間接的補償效果，

符合 Mayer 與 Moreno(2002)的形式原則。

除了從額外的要素如有趣的刺激物來提高動機進而提升學習效果外，亦可利用改變多媒體的內在設計要素(如顏色、形狀)來提高正面情緒，進而提高情緒與認知效果。Um 等人(2012)及 Plass 等人(2014)實證驗證多媒體設計引發的正面情緒，對情意與認知之效果。Um 等人(2012)發現正面情緒可提高學習者對教材的動機、滿意度及知覺；動機及認知努力則可中介正面情緒的認知效果。Plass 等人(2014)則發現圓形似臉(擬人化)的形狀及圓形似臉(擬人化)形狀結合暖色系顏色可誘使正面情緒，而圓形似臉形狀可促進轉換測驗(transfer test)的認知效果，圓形似臉形狀結合暖色系顏色則可促進理解測驗(comprehension test)的認知效果。Mayer 與 Estrella(2014)則進一步使用病毒導致生病的個案，發現以紅色臉形結合表情豐富的眼睛代表主人的細胞，配合藍色臉型結合兇猛的眼睛並以綠色點圍繞在這些病毒臉周圍的藍色觸鬚盡頭代表病毒等多媒體設計，相較於以一個大圓代表主人的細胞，而以小圓及小圓外面有小釘子及裡面為正方形代表病毒等多媒體設計，可以幫助提升學生學習效果及促進學生投入更多認知努力。此研究支持學習動機在多媒體學習的認知理論之重要性。Park、Knorzner、Plass 與 Brünken(2015)使用眼動儀技術檢視情緒對多媒體學習之影響。教學實驗設計使用 2x2 的實驗設計，比較兩種誘使情緒(正面 vs. 中性)及兩種多媒體教學教材(擬人化 vs. 非擬人化)對誘發正面情緒及促進學習效果之影響。結果顯示學生在學習前有正面的情緒對其理解及轉換測驗的成效都有較佳的幫助，並且會有較長較持久的注視在學習內容的資訊上。雖然學習環境的擬人化無法誘使正面情緒，但眼動儀資料顯示學習者的注意力會受到設計要素的影響。此結果表示注意力的喚醒效果受到意味深長的擬人化設計及學習前情緒狀態的攸關性所影響。

由上述文獻探討結果，我們可以了解多媒體設計的原則，有趣的刺激物可能有害或有利於多媒體設計的認知效果，端視於這些有趣的刺激物如何被安排進入多媒體設計中，亦即如何能在控制有趣的刺激物對連貫性原則的傷害下，引發學習者的正面情緒，進而可提高多媒體學習的情意與認知效果。

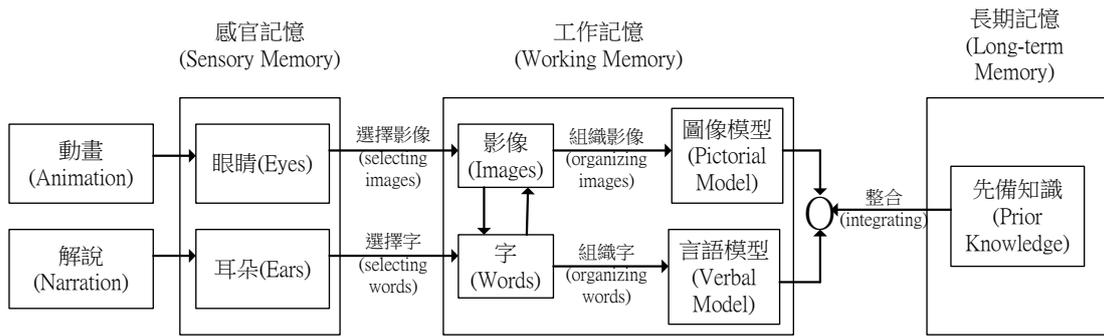


圖 1 Mayer (1999)的多媒體學習之認知理論

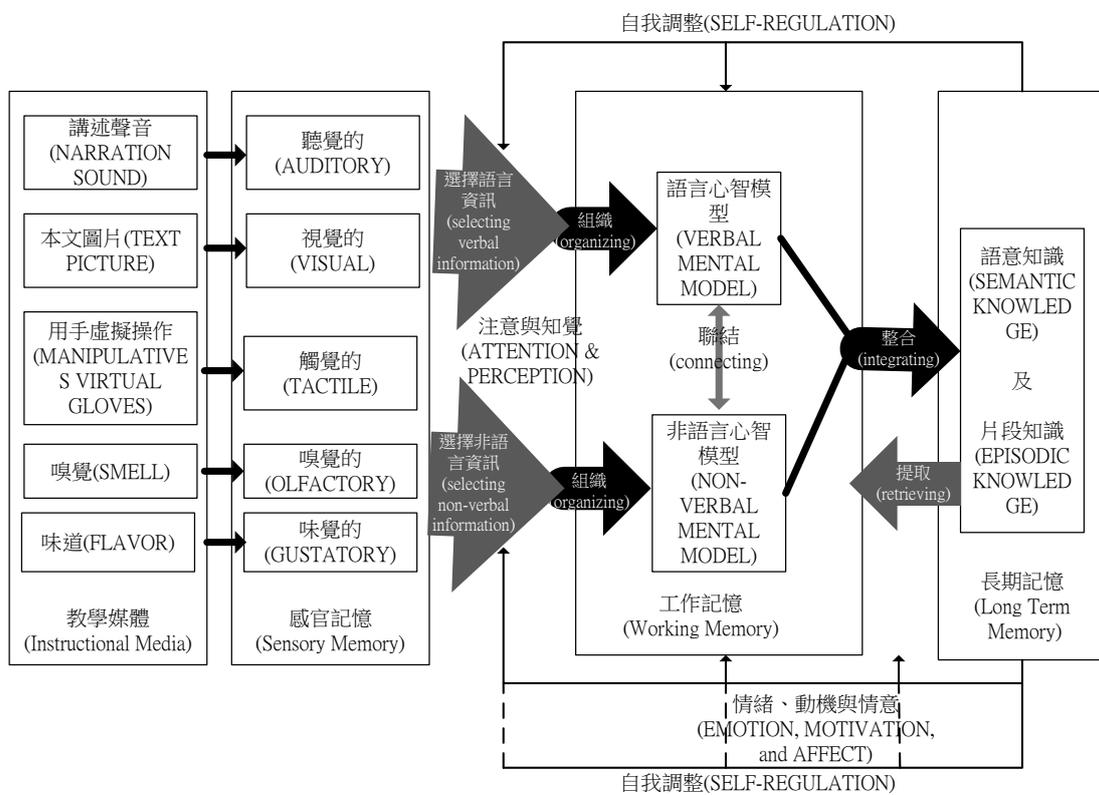


圖 2 Moreno (2006)的多媒體學習之認知情意理論

2. 概念圖與多媒體學習

所謂概念圖乃是使用階層式安排來建構概念之間關聯性的圖形(Chiou, 2009; Novak, 1990)。概念圖是一個幫助學生進行有意義學習(meaningful learning)的卓越工具(Novak, 1990)。有意義的學習涉及認知處理，包含建立聽覺與視覺呈現的連結(Mayer & Moreno, 2003)及整合新知識進入既存的知識(Novak, 1990)。依據 Mayer 與 Moreno(2002, 2003)指出，協助學生進行有意義的學習乃是多媒體學習

的主要目標。

概念圖乃是一種圖形的呈現方式。Lambiotte 與 Dansereau(1992)及 Hall 與 Sidio-Hall(1994)指出圖形的空間特性可以簡化複雜的概念，尤其是需要困難的後設討論技能的概念，並可提供框架(scaffolding)以組織資訊(Dansereau, 1989)；圖形方法亦可准許學生以更有彈性的方式依照其適合及偏好的順序研讀圖形內呈現的資訊(Hall, Dansereau, & Skaggs, 1992; Huang et al., 2012; Lambiotte & Dansereau, 1992)，如此可提升學生的學習動機(Hall & O'Donnell, 1996)。概念圖因其階層特性而具有以更有彈性的方式依適合學生的順序編排教材內容，使學生依其偏好閱讀圖形內的資訊，有助於提升其學習動機及降低其學習焦慮(Hall et al., 1992; Hall & O'Donnell, 1996; Huang et al., 2012; Lambiotte & Dansereau, 1992; Urhahne et al., 2011)

圖形呈現方式是屬於一種雙維的(two-dimensional)呈現方式。圖形呈現方式可以改善傳統線性及原文的敘述呈現方式之缺失。雙維呈現方式可以降低學習者在瀏覽以線性方式組織的學習教材時，從學習中迷失的問題(Chang et al., 2002)。近年來亦有許多學者運用圖形呈現工具設計網路多媒體教材，用以解決學習迷失問題，並獲得改善學習者學習效果的成果(Chang et al., 2002; Huang et al., 2012; Lee & Baylor, 2006)。另外，圖形呈現方式也可以幫助學習者整合其知識結構(邱垂昌、黃華山、謝佳惠，2004; Novak, 1990)。概念圖即是一個具有相當完整教育心理學理論基礎之圖形呈現方法。使用概念圖建構教學教材由於具有階層性呈現知識及整合知識結構的特性，以往許多文獻已經指出有助於改善課程設計及教材呈現，並幫助學生提升學習成效(邱垂昌等，2004；黃華山等，2005; Chang et al., 2002; Edmondson, 1995; Ferry, Hedberg, & Harper, 1997; Huang et al., 2012; Chiou et al., 2015)。

然而，傳統 Novak 概念圖(Novak & Gowin, 1984)教材之缺點在於單一個概念圖下呈現過多的概念聯結，如此在複雜的內容環境下連續提供學生知識訊息，會使學生過度使用視覺等單一管道接收資訊，容易導致學生的工作記憶區超出負荷而造成訊息處理受到阻礙，導致學業成就不佳 (Baddeley, 2000; Chiou, Tien & Lee,

2015; Tindall-Ford, Chandler, & Sweller, 1997; Sweller, 1988; Pekrun & Perry, 2014)。Huang 等人(2012)及 Chiou 等人(2015)乃使用多維度概念圖(multidimensional concept map)解決此問題，運用超鏈結(hyperlink)技術及 Miller(1956)的短期記憶容量理論將概念圖教材改為多維度呈現方式，並獲得提高學生學習成效及學習滿意度之效果。本研究以此多維度概念圖為基礎設計多媒體概念圖教材，以改善傳統 Novak 概念圖之缺點。並結合動畫在多媒體學習的角色，探討整合不同顏色與形狀的多維度概念圖與動畫對引發學習者正面情緒及提升其情意與認知學習效果是否有助益

四、研究方法

1.多媒體概念圖教材設計之理論基礎

本研究的多媒體概念圖教材乃是參考 Hunag 等人(2012)及 Chiou 等人(2015)的多媒體動畫與多維度概念圖教材進行設計。多媒體概念圖教材在設計過程遵循 Mayer 與 Moreno(2003)降低認知負載的方法及 Um 等人(2012)、Plass 等人(2014)與 Mayer 與 Estrella(2014)引發正面情緒的多媒體設計原則。以下分別說明本研究之多媒體教材設計所運用的理論基礎。

在概念圖教材本體的設計上，為了改善傳統概念圖的過多概念呈現與龐大圖形所造成認知負載，故本教材依據 Mayer 與 Moreno(2003)建議降低多媒體學習認知負載的教材分割方法(segmenting presentation)與參考邱垂昌等人(2004)及 Huang 等人(2012)運用超鏈結技術進行設計，每一個多媒體螢幕畫面不超過人類認知限制 7 ± 2 個節段(概念)的短期記憶容量限制(Miller, 1956)。如圖 3 在畫面 1 的主單元區為學習課程基本單元的教材區，每一教材區皆使用概念圖呈現，在此教材區的主要核心概念「A」中提到了次要概念「E」，而次要概念「E」是核心概念「A」的加深學習，可再進行延伸性的學習。利用超鏈結技術將概念「E」分離出來，具有簡化畫面及達到概念「加深」的功效。另外，核心概念「A」與其他核心概念「B」及「C」之間存有課程內容的相關性，透過超鏈結的功能，做平面加廣的連結，以進行加廣的學習。如圖 4 示範教材初期雛型，學生一開始即進

行主單元”資料分析方法”的學習，當學會主單元後，再進行加廣學習”資料類別”之學習，或進行加深學習”敘述統計”及”推論統計”之學習。各主題概念形成一個具關聯效果之完整的知識結構，而不再是單獨的個別概念，學生因而可學習到全面的知識結構。而運用 Miller(1956)的短期記憶容量限制理論及 Mayer 與 Moreno(2003)的教材分割方法，可以降低學生在學習時的短期記憶認知負載 (Huang et al., 2012)。邱垂昌等人(2004)、Huang 等人(2012)及 Chiou 等人(2015)已驗證此一方法有助於提高學生學業成效及長期記憶保留。

Chiou、Lee 與 Liu(2012)參照色彩理論進行概念圖教材意味深長的美化，實證結果指出具階層性色彩安排的概念圖相較於黑白的概念圖及傳統線性教材，更能幫助提升學生學業成就與長期記憶保留。因此，在概念圖教材本體的設計上，我們亦參考 Chiou 等人(2012)，利用概念圖的階層特性結合色彩理論繪製概念圖教材，如圖 4 之示範教材。

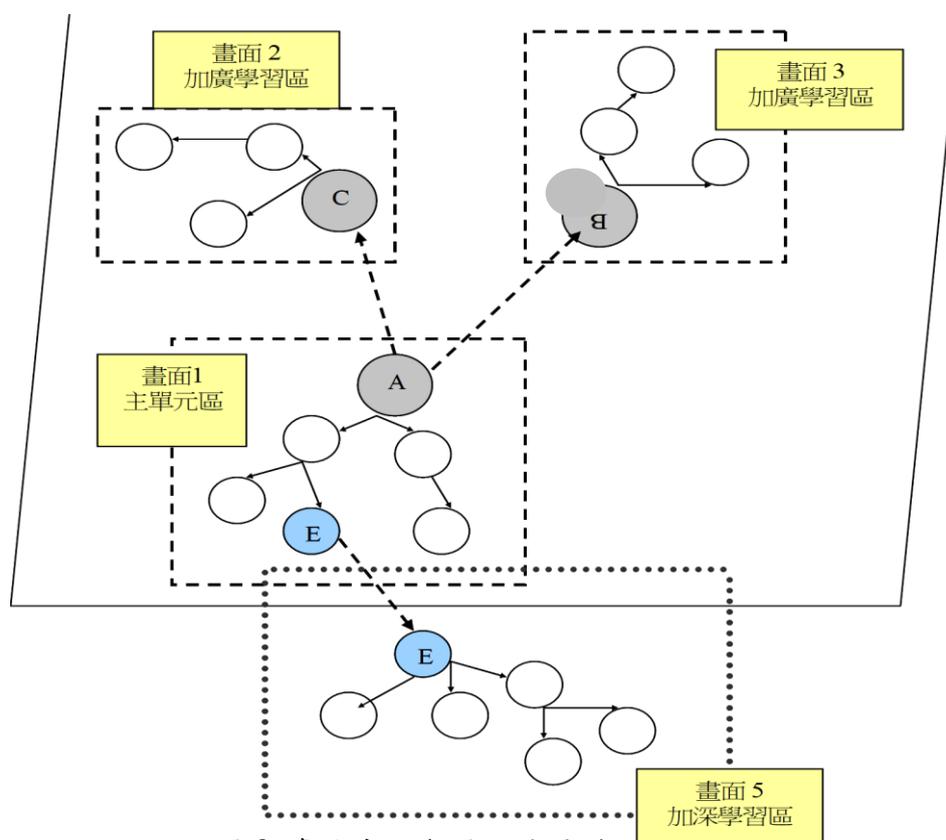


圖 3 多維度概念圖設計原則

資料來源：邱垂昌、黃華山、謝佳惠（2004）

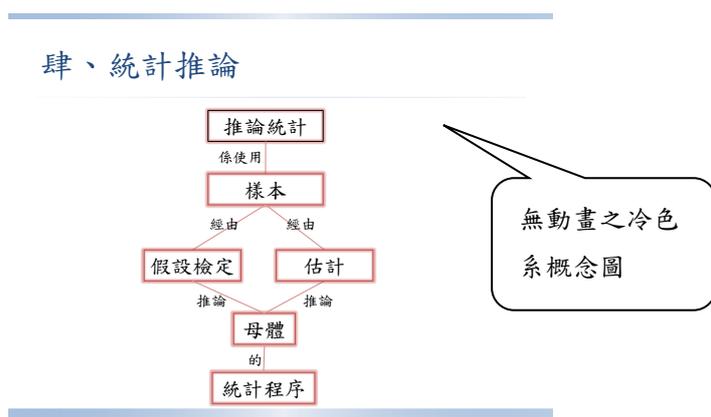
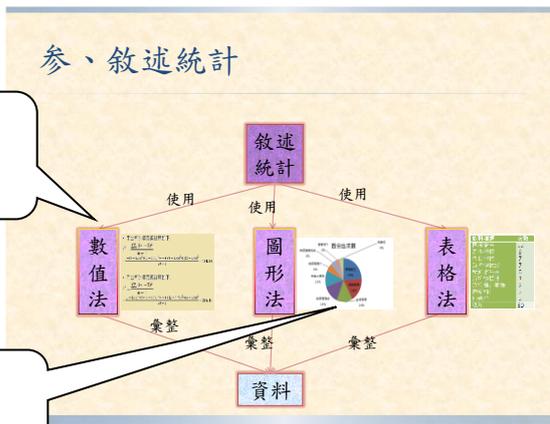
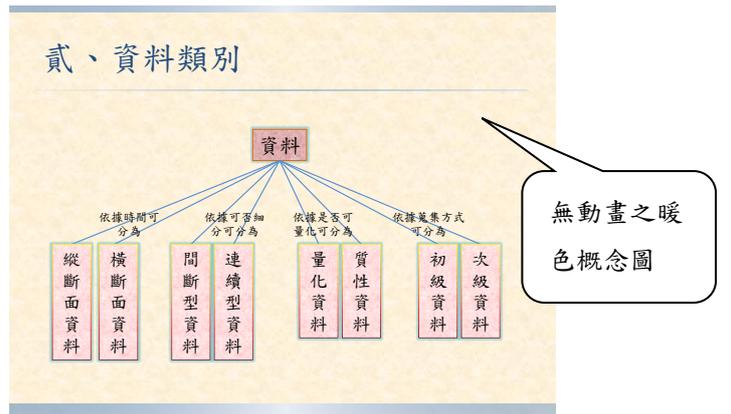
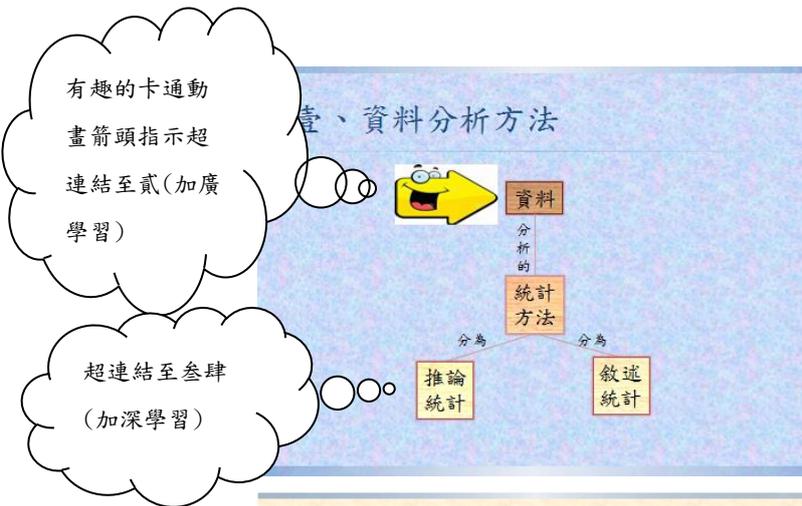


圖 4 示範教材

在多媒體概念圖教材設計的本體上，我們遵循 Um 等人(2012)、Plass 等人(2014)與 Mayer 與 Estrella(2014)引發正面情緒的多媒體設計原則，使用圓形似臉形狀結合暖色系顏色的概念圖來誘使正面情緒，並探討對情意與認知效果。此設計為本研究要探究的議題，亦即欲了解不同形狀(有趣卡通似臉的圓形 vs.一般方形)及不同顏色(彩色 vs.無色彩)的概念圖對誘使學習者正面情緒效果是否有差異，以及此差異是否造成不同的情意與認知效果。如圖 5 示範不同形狀及不同顏色的多維度概念圖。另外，Mayer (2005)的連貫性原則(coherence principle)建議多媒體材料中應該呈現連貫的資訊，與學習無關的額外不必要資訊如有趣的動畫(animation)，應該避免出現，因為會提高學習者的外部認知負載；然而，Heidig 等人(2015)及 Park 等人(2011)實證卻指出多媒體教材放入額外的要素能正面影響學習者的情緒與動機，進而對學習有幫助。這些文獻初步指出，在多媒體教材中加入動畫對學習者的情緒應該會有正面效果，但對認知負載卻可能產生負面的效果，最後對學習者的認知學習是否有助益未能定論。Mayer(2005)指出有趣的動畫是

指對學習教材不必要的資訊，我們進一步推測，若有趣的動畫是學習教材必要的資訊，是否能夠使得這攸關教材資訊的動畫能提升多媒體教材的情意與認知效果，也是本研究要進一步探討的議題。如圖 4 示範的卡通動畫箭頭(指示接下來要學習的重點，符合 Mayer 與 Moreno 的發射訊號效果)及與數值法、圖形法及表格法緊密聯結的攸關學習資訊之圖像動畫。

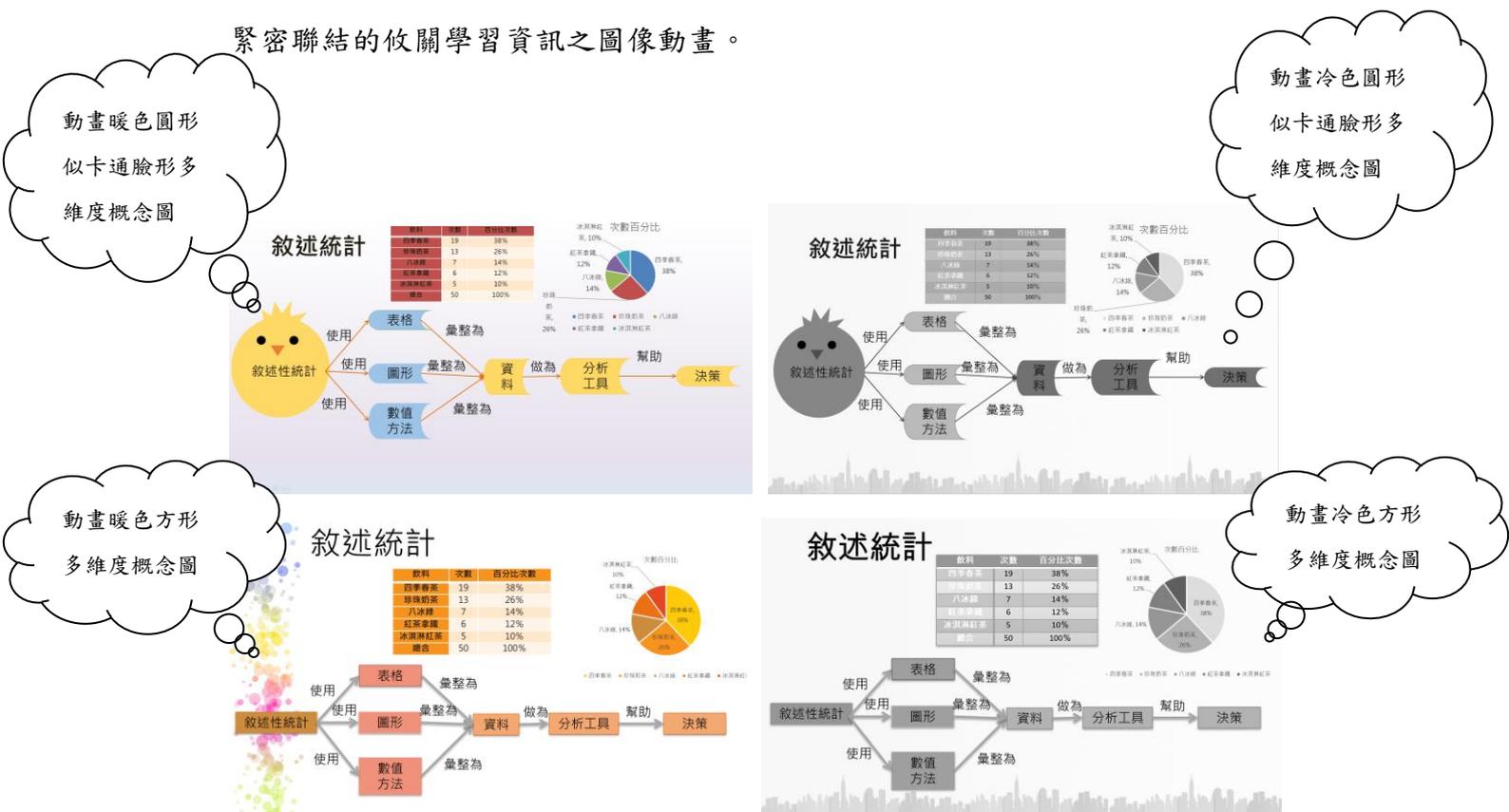


圖 5 不同形狀及顏色之多維度概念圖

除了上述應用多媒體設計理論與原則外，本研究多媒體概念圖學習教材設計，也將遵循 Mayer 與 Moreno(2003)提出的降低多媒體學習認知負載的原則。首先，本研究的多媒體概念圖學習教材利用錄音解說(narration)方式(應用 PowerCam 軟體)，讓學生使用聽覺與視覺管道來降低僅使用視覺管道的認知負載，稱為形式效果；其次，使用如前述說明 Huang 等人(2012)的分割方法降低認知負載，稱為分割效果；再者，使用前述 Chiou 等人(2012)的具階層色彩的概念圖教材，建立階層因果聯結來降低認知負載，稱為從屬效果；另外，概念圖係利用圖形來呈現教材組織影像，再藉由卡通動畫箭頭指向概念圖以指示到下一個學習的超連結概念，能藉由提供線索教學習者選擇及組織資訊，可降低其學習過程的認知負載，

稱為發射訊號效果；另外，概念圖將字放入圖像內及動畫圖像都放置於概念圖旁邊，可緊密的聯結字與圖像，可降低學習者使用視覺資源搜尋字與其對應圖像的認知負載，稱為空間連貫效果；最後，本多媒體概念圖教材將文字、圖像、動畫及解說同時間呈現，降低短期記憶管道互相等待的時間，能減低短期記憶的負載，稱為時間連貫效果。

Fiorella 與 Mayer (2016)提出促進生成性學習(generative learning)及多媒體學習的八個方法中，明確提到概念圖是其中一個有效的方法。然而，該篇在 Educational Psychology Review 發表的文章，僅應用文獻敘述性說明概念圖對生成性學習及多媒體學習是有用的策略，並無進一步實證驗證如何使用概念圖融入多媒體教材及其對學生學習之效果。但此篇理論性文章已經說明概念圖對於多媒體學習可能產生的效果。邱垂昌等人(2004)、Huang 等人(2012)、Chiou 等人(2015)及 Chiou 等人(2016)則已初步實證驗證概念圖在多媒體學習應用之效果。因此，理論與實證皆初步顯示概念圖融入多媒體學習會有其正面效果。然而，這些文獻皆探討認知效果，還未整合性探討概念圖結合動畫之多媒體設計的情緒、情意與認知效果，本研究目的即在探究相關問題，期能對多媒體學習領域之研究與實務產生增額的貢獻。

2.研究設計

(1) 實驗設計與對象

第一年研究計畫(原本提兩年度計畫案，在 106 年僅過第一年，後來已執行完畢，並在 107 年完成成果報告繳交送出)

已於 107 年完成計畫成果報告繳交送出，並於 108 年新提出本次第二年延續性計畫案。

第二年研究計畫

本研究第二年計畫參考 Um 等人(2012)及 Plass 等人(2014)之實驗設計，採用真實實驗設計，研究對象為中部某國立大學管理學院已修過商用統計學之學生，公開徵求參與者，最後每組徵求 23-25 位受試者，共 10 組(十種不同教材使用)243 位參與者。將參與者隨機分派使用十種多媒體學習教材，再將所有參與者的實驗

結果進行綜合分析。在實驗進行前，10 組學生皆接受統計成就前測測驗。正式實驗時，各組學生在學習前先各自接受外部情緒誘發程序，再填寫正面情緒量表，接下來 10 組學生利用十種不同的多媒體教材進行自我學習。在實驗進行後，十組學生皆填寫正面情緒量表、認知負載量表、學習動機量表及接受統計成就後測測驗。

(2) 測驗工具

第一年研究計畫

已於 107 年完成計畫成果報告繳交送出，並於 108 年新提出本次第二年延續性計畫案。

第二年研究計畫

A. 情緒誘發程序

外部情緒誘發方式係採用 Plass 等人(2014)之方法，使用兩部各約兩分鐘的電影短片，用以誘發中性(neutral)的情緒。使用電影短片做為誘發情緒的工具乃是基於 Westermann、Spies、Stahl 與 Hesse(1996)使用後設分析不同情緒誘發程序確認電影短片對情緒誘發最具效果。對於中性情緒誘發，Plass 等人(2014)讓參與者觀看一部 2 分 13 秒的寧靜記錄片(<http://tinyurl.com/388buwc>)，主要在描述飛鳥與海底生物的生活，並搭配寧靜的音樂。此方式已經由邱垂昌(2018)測試過，能成功幫助台灣大學生誘發中性情緒。

B. 正面情緒量表

為衡量學習者在使用不同的多媒體教材之情緒反應，本研究採用 Um 等人(2012)及 Plass 等人(2014)建議的正面與負面情意表(Positive and Negative Affect Schedule, PANAS)(Watson, Clark, & Tellegen, 1988)中的正面情意量表(Positive Affect Scale, PAS)來衡量學習者的正面情緒。PAS 是用以衡量正面情緒的量表，且被以往許多文獻成功採用(如 Crawford & Henry, 2004; Rivera et al., 2007; Um et al., 2012; Plass et al., 2014)。在 PAS 測試中，可了解填答者所經歷包含有興趣(interested)、興奮(excited)、堅強(strong)、熱情(enthusiastic)、得意(proud)、機敏(alert)、鼓舞(inspired)、果斷(determined)、集中注意(attentive)、積極(active)等 10

種攸關正面情意的不同知覺反應。量表係使用五點李克特量表，分數從 1(非常輕微或一點也不)到 5(極端多)分。每個填答者的總分乃是由這 10 點知覺反應分數加總，總分範圍為 10 到 50 分。此量表之 Cronbach's Alpha 信度為 0.89，具有良好的內部一致性(Crawford & Henry, 2004)。本研究以研究樣本進行測試，量表之 Cronbach's Alpha 信度為 0.82。

C. 認知負載問卷

Paas 與 Van Merriënboer(1994)定義認知負載為將一特定工作加諸於學習者認知系統時所產生的負載。Pass(1992)指出認知負載包含心智負載(mental load)與心智努力(mental effort)。亦即當學習者接受教材時感覺困難度很高，或是學習者覺得必須付出很大的努力，則認知負載愈大。本研究使用 Paas(1992)所發展的認知負載量表，此量表共有二個題目，使用九點李克特式評量分數，填答總分愈高者表示認知負載愈高，總分範圍為 2 至 18 分。此量表之 Cronbach's Alpha 信度為 0.9，亦具有良好的收斂、建構及區別效度(Paas & Van Merriënboer, 1994)。Amadiou、Marin'e 與 Laimay(2011)應用此量表於大學生，信度為 0.87。本研究以研究樣本測試其信度，Cronbach's Alpha 信度為 0.88。

D. 學習動機量表

Isen 與 Reeve(2005)實證指出學習者在學習過程中具有正面情緒，能強化其內在學習動機。本研究之學習動機衡量，參考 Plass 等人(2014)及 Park 等人(2015)之文獻，使用 Isen 與 Reeve(2005)的自我報導之內在學習動機量表(self-report measure of intrinsic motivation)。該量表有 8 道題目，參與者被要求表達他們對每一項工作多有興趣及多享受，使用 7 點李克特量表(1 表示強烈不同意，7 表示強烈同意)，總分範圍為 8 至 56 分。8 道題目分別為：1.此教材能激勵我的好奇心。2.此教材是有趣的。3.此教材是好玩的。4.我想要持續調查此教材。5.此教材使我感到好奇。6.使用此教材令我感到愉快。7.此教材使我想要更進一步去探索它。8.我將有意願回來參與使用此教材學習活動的未來實驗。Isen 與 Reeve(2005)測試此量表的內部一致性為 0.92。本研究以研究樣本測試其信度，Cronbach's Alpha 信度為 0.91。

E. 統計成就測驗

統計成就測驗分為前測與後測。前測主要目的係瞭解各組學生統計先備知識程度是否一致，並做為統計分析控制變數之用。後測之目的係比較四種多媒體學習教材對學生學習成效之幫助是否有差異。本研究參考 Um 等人(2012)及 Plass 等人(2014)之做法，測驗內容包含理解測驗(comprehension test)及轉換測驗(transfer test)。理解測驗測試學習者對統計學學習教材的關鍵統計概念之理解程度，前後測預計各包含 10 道選擇題，每題 10 分，分數範圍介於 0-100 分。轉換測驗測試學習者是否有能力應用學到的統計概念去解決統計實務問題，前後測預計各包含 4 道題目，每題 25 分，分數範圍介於 0-100 分。測驗工具為教師參考教材題庫自編而成，測驗工具在實驗前請某大學管理學院一班學過統計學的學生進行預試，前後測之理解測驗的 K-R 20 信度分別為 0.85 及 0.84、前後測之轉換測驗的 K-R 20 信度分別為 0.81 及 0.79、難易度及鑑別度皆符合標準(Ebel & Frisbie, 1991)。

(3) 實驗程序

第一年研究計畫

已於 107 年完成計畫成果報告繳交送出，並於 108 年新提出本次第二年延續性計畫案。

第二年研究計畫

本研究計畫第二年之實驗程序係參考 Um 等人(2012)、Plass 等人(2014)及 Park 等人(2015)之實驗程序，共分為三個階段：1.前測與事前情緒誘發階段；2.正式實驗階段；3.後測階段。請參考圖 2。實驗程序在電腦教室進行，中性情緒誘發的電影短片與十種多媒體學習教材都事先被存入電腦中，每位參與者都各自被安排在一台電腦前接受多媒體教學實驗，問卷及測驗卷則是使用紙筆進行；每位參與者是使用隨機方式分派到各組，參與者接受的實驗時間皆相同為 2 小時。

1. 前測及事前情緒誘發階段

實驗對象係由中部某大學管理學院徵求自願參與之學生，合計共徵求 243 位已修過統計學之學生，在各學校各自實驗時，參與者再以隨機方式分派至十種多

媒體學習教材組。實驗地點為環境與設備皆相同的電腦教室，各組實驗時間皆相同。在實驗進行前，由研究人員解說實驗流程及注意事項與進行互動問答釐清問題後，即開始進行實驗，實驗過程中由研究人員與數位研究助理共同管控情境與進度。首先，所有參與者先進行統計成就前測，以了解在使用教材前參與者的統計先備知識是否相似，並可能做為後續資料分析的共變異數，以免干擾實驗處理效果。測驗範圍為統計學第 1 至 3 章，測驗時間為 30 分鐘，由學生在指定時間內完成統計成就測驗。

在所有參與者完成統計成就前測後，開始進行正式實驗前情緒誘發程序，參考 Plass 等人(2014)之做法，十組參與者皆接受中性情緒誘發程序(觀看寧靜記錄片)，情緒誘發程序為 2 分 13 秒。在各自完成情緒誘發後，所有參與者皆填寫實驗前正面情緒量表(PAS1)，時間為 2 分鐘。

B. 正式實驗階段

在完成情緒誘發後，每位參與者開始利用各自電腦中的多媒體教材進行 50 分鐘的學習。總共有十種多媒體教材包括有動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材、無動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材、有動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材、無動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材、有動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材、無動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材、有動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材、無動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材、有動畫的傳統線性多媒體教材、無動畫的傳統線性多媒體教材。每種多媒體教材都有已經預先錄好的教師解說教材內容(narration)，參與者被隨機安排至使用上述十種不同的多媒體教材進行自我學習統計學，自我學習的進度為教材重點歸納整理後的第 1 至 6 章，且參與者僅能使用各自電腦內給予的多媒體教材進行自我學習。在學習過程中，預期因為教材設計的差異，使得使用不同教材的參與者會有不同的情緒反應。在 50 分鐘的自我學習結束後，所有參與者皆填寫實驗後正面情緒量表(PAS2)，時間為 2 分鐘。

C. 後測階段

在正式教學實驗結束時進行後測，測驗範圍為統計學第 1 至 3 章，測驗時間

為 35 分鐘，由學生在指定時間內完成統計成就測驗(30 分鐘)，並填答學習動機與認知負載等量表(5 分鐘)。

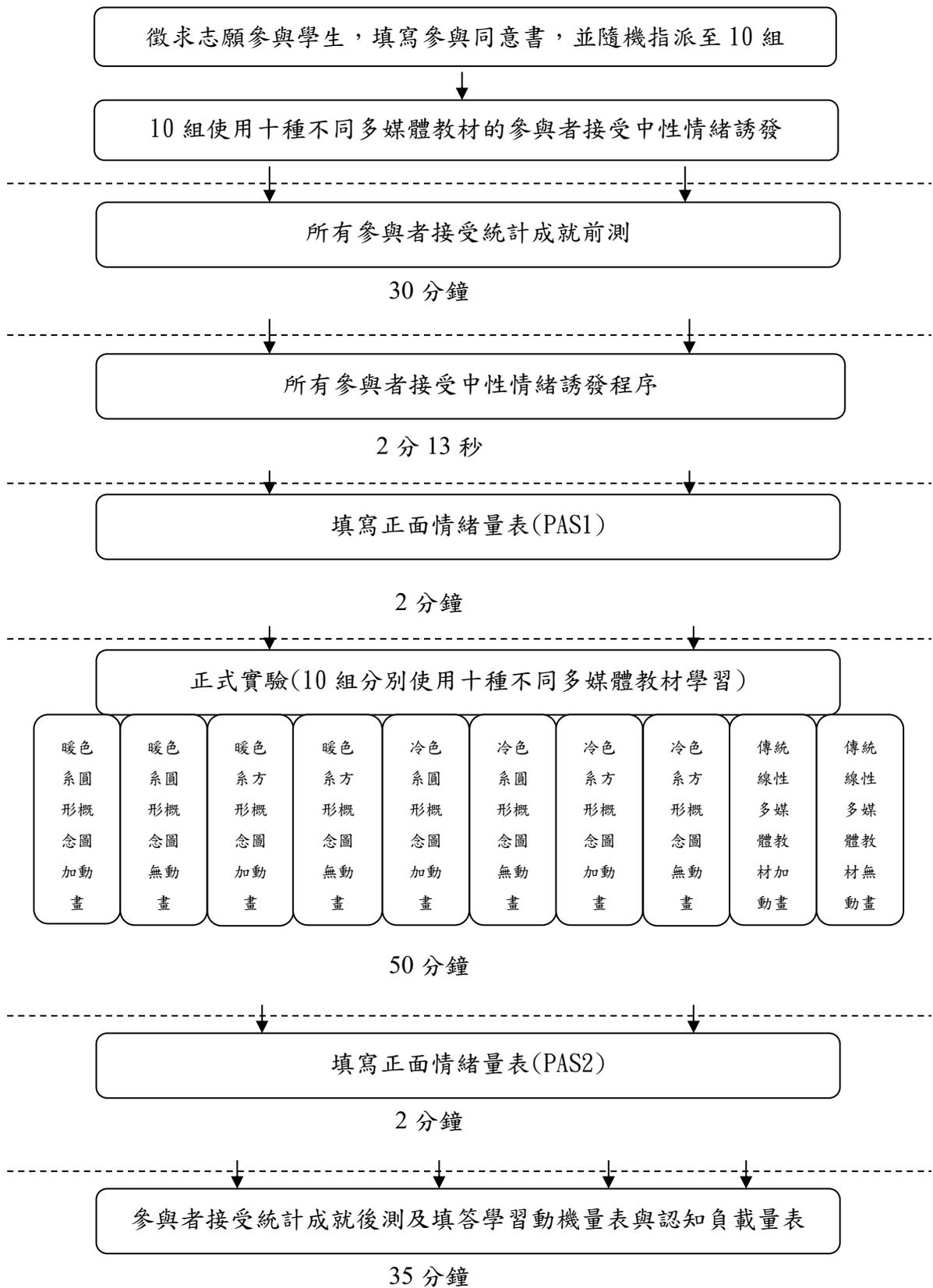


圖 2 研究計畫之實驗程序

(4)資料分析方法

第一年研究計畫

已於 107 年完成計畫成果報告繳交送出，並於 108 年新提出本次第二年延續性計畫案。

第二年研究計畫

第二年正式實驗進行比較十種不同的多媒體學習教材對引發學習者情緒、情意效果與認知效果之影響。根據研究目的，資料分析有多種方法。首先，根據接受相同中性情緒誘發的參與者所填答實驗前正面情緒量表(PAS1)，使用單因子變異數分析檢定各組情緒是否有差異，基本預期應該無顯著差異。10 組參與者各自使用十種多媒體教材學習之實驗後，使用單因子變異數分析測試十種教材引發正面情緒是否有差異；另外，再利用配對樣本 t 檢定，測試 10 組參與者各自使用十種多媒體教材前後之情緒是否有顯著改變。實驗前的學習成就測驗，使用單因子變異數分析測試 10 組參與者的統計先備知識是否有差異。在檢驗實驗後各組的學習成就(包含理解測驗成就與轉換測驗成就)是否有顯著差異，使用單因子變異數分析。測試使用十種多媒體教材之各組學習動機及認知負載是否有差異，皆使用單因子變異數分析。

五、結果與討論

(一)敘述統計

表 1 為情緒誘發前後測、統計成就前後測、學習動機及認知負載之敘述統計。由表 1 可知，中性情緒誘發的平均分數為 20.08 分，而正面情緒量表的總分為 50 分，顯示中性情緒的誘發是成功的。在十組學生完成中性情緒誘發後，再開始進行十種多媒體學習教材進行自我學習，完成學習後的學生情緒誘發的平均分數為 25.42 分。理解測驗前測平均分數為 41.85 分，後測平均分數為 68.15 分；轉換測驗前測平均分數為 37.3 分，後測平均分數為 60.70 分。學習動機平均分數為 41.28 分，認知負載平均分數為 9.26 分。

表 1 情緒誘發前後測、統計成就前後測、學習動機及認知負載之敘述統計

	平均數	標準差
情緒誘發前測	20.08	7.57
情緒誘發後測	25.42	10.57
統計成就前測		
理解測驗	41.85	16.85
轉換測驗	37.30	27.55
統計成就後測		
理解測驗	68.15	19.31
轉換測驗	60.70	23.86
學習動機	41.28	9.98
認知負載	9.26	2.67

註：總樣本數為 243。

(二)中性情緒誘發效果

根據接受相同中性情緒誘發的參與者所填答實驗前正面情緒量表(PAS1)，使用單因子變異數分析(one-way analysis of variance, ANOVA)檢定 10 組參與者在觀看影片後的情緒是否無差異，結果如表 2 所示。Levene 檢定結果， $F(9,233)=1.862$ ， $p=.059$ ，未達顯著水準，表示各組應變數變異數皆相等，可進行變異數分析。變異數分析結果顯示組別的總平方和為 338.51， $F(9,156)=0.65$ ， $p=.755$ ，未達統計顯著水準。此結果顯示各組參與者在觀看影片後的情緒並無顯著差異，表示中性情緒誘發效果是成功的。在各組無差異的情緒下，各組開始使用各自多媒體學習教材進行統計學學習，學習完之後再看各組情緒是否有產生不一樣的效果，以檢驗不同教材對學生的情緒是否產生不同的影響。

表 2 10 組參與者情緒誘發效果變異數分析結果¹²

變異來源	總平方和	自由度	均方和	F 值	p 值	η^2
組別	338.51	9	37.612	0.65	.755	.024
誤差	13517	233	58.013			

註：¹ 有動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別的正向情緒量表平均分數為 20.76 分、無動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別的平均分數為 18.68 分、有動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別的平均分數為 19.76 分、無動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別的平均分數為 18.92 分、有動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材組別的平均分數為 19.16 分、無動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材組別的平均分數為 19.72 分、有動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材組別的平均分數為 19.83 分、無動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材組別的平均分數為 22.96 分、有動畫的傳統線性多媒體教材組別的平均分數為 20.17 分、無動畫的傳統線性多媒體教材組別的平均分數為 21.13 分。

² 無母數 Kruskal-Wallis 檢定結果， $\chi^2=6.984$ ， $p=.639$ 。

(三)十種不同多媒體學習教材設計之情緒效果比較

在由十組參與者各自觀看相同的中性情緒誘發影片後，進行正向情緒量表的測驗，結果顯示此時十組參與者的情緒平均分數為 20.08 分，接近中性情緒(總分為 50 分，分數愈高愈顯示更正向情緒)，且十組參與者的情緒分數無顯著差異。在十組參與者無差異的情緒下，十組參與者開始使用十種不同的多媒體學習教材進行自我學習統計學，當完成觀看多媒體學習教材後，所有參與者再進行一次正向情緒量表測驗，以觀察不同學習教材導致參與者的情緒變化是否有差異。

為比較十種不同多媒體學習教材設計的情緒效果，本研究單因子變異數分析，結果如表 3 所示。Levene 檢定結果， $F(9,233)=0.635$ ， $p=.767$ ，未達顯著水準，表示各組應變數變異數皆相等，可進行變異數分析。由表 3 可知，不同組別差異檢定的主要效果達顯著水準， $F(9,233)=23.07$ ， $p<.01$ ， $\eta^2=0.471$ 。此結果顯示十組參與者在各自觀看不同的多媒體學習教材後之情緒反應，至少有一些組別的情緒效果具有顯著差異存在。

表 3 10 組參與者觀看不同多媒體學習教材之情緒效果比較變異數分析結果¹²

變異來源	總平方和	自由度	均方和	F 值	p 值	η^2
組別	12733.37	9	1414.82	23.07	.00**	.471
誤差	14289.82	233	61.33			

註：¹ 有動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別的正向情緒量表平均分數為 39.64 分、無動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別的平均分數為 35 分、有動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別的平均分數為 29.96 分、無動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別的平均分數為 27.48 分、有動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材組別的平均分數為 22.32 分、無動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材組別的平均分數為 21.52 分、有動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材組別的平均分數為 21.21 分、無動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材組別的平均分數為 21.44 分、有動畫的傳統線性多媒體教材組別的平均分數為 17.22 分、無動畫的傳統線性多媒體教材組別的平均分數為 16.57 分。 ** $p < .01$ 。

² 無母數 Kruskal-Wallis 檢定結果， $\chi^2 = 107.958$ ， $p < .000$ 。

為進一步比較十種多媒體學習教材設計的情緒效果是否有差異，乃是用 Fisher LSD 多重比較程序進行檢定，結果如表 4 所示。由表 4 結果可知，有動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別的情緒平均分數顯著高於其他九種不同學習教材組別的情緒平均分數，顯示學生使用有動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習後的正向情緒顯著高於使用其他九種不同學習教材。其次，無動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別的情緒平均分數顯著高於其他八種不同學習教材組別的情緒平均分數，顯示除了有動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材以外，學生使用無動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習後的正向情緒顯著高於使用其他八種不同學習教材。另外，學生使用有動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材及無動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材之情緒表現並無顯著差異，而使用有動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材及無動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材之正向情緒表現皆顯著高於使用其他六種學習教材。再者，學生使用有動畫的暖色系

方形形狀的概念圖教材的正面情緒表現顯著高於使用有動畫的傳統線性多媒體教材及無動畫的傳統線性多媒體教材。學生使用無動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材、有動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材組別、無動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材之正面情緒表現顯著高於使用無動畫的傳統線性多媒體教材。

總結上述實證結果大致有幾點重要發現：1.學生使用多維度概念圖多媒體學習教材相較於使用傳統線性多媒體學習教材，在情緒的表現會較佳。2.在多維度概念圖多媒體學習教材融入圓形似卡通臉型的形狀，相較於方形形狀的多維度概念圖學習教材及傳統線性學習教材，在情緒的表現會較佳；此結果與 Um 等人(2012)與 Plass 等人(2014)之實證結果大致一致。3.在多維度概念圖多媒體學習教材整合融入圓形似卡通臉型的形狀及暖色系的顏色，相較於方形形狀及冷色系(黑白顏色)顏色的多維度概念圖學習教材及傳統線性學習教材，在情緒的表現會較佳；此結果與 Um 等人(2012)與 Plass 等人(2014)之實證結果大致一致。4.在多維度概念圖多媒體學習教材中融入整合融入圓形似卡通臉型的形狀、暖色系的顏色及與學習內容有關的動畫，對提高學生的正面情緒效果會是最佳的一種多媒體學習教材。

表 4 不同多媒體學習教材設計之情緒效果 Fisher LSD 多重比較結果

組別比較	平均差異	標準誤	t 值	p 值
1-2	4.64	2.22	2.09	.04*
1-3	9.68	2.22	4.36	.00**
1-4	12.16	2.22	5.478	.00**
1-5	17.32	2.22	7.80	.00**
1-6	18.12	2.22	8.16	.00**
1-7	18.43	2.24	8.23	.00**
1-8	18.21	2.26	8.06	.00**
1-9	22.42	2.26	9.92	.00**
1-10	23.08	2.26	10.21	.00**

2-3	5.04	2.22	2.27	.02*
2-4	7.52	2.22	3.39	.00**
2-5	12.68	2.22	5.71	.00**
2-6	13.48	2.22	6.07	.00**
2-7	13.79	2.24	6.16	.00**
2-8	13.57	2.26	6.00	.00**
2-9	17.78	2.26	7.87	.00**
2-10	18.44	2.26	8.16	.00**
3-4	2.48	2.22	1.12	.26
3-5	7.64	2.22	3.44	.00**
3-6	8.44	2.22	3.80	.00**
3-7	8.75	2.24	3.91	.00**
3-8	8.53	2.26	3.77	.00**
3-9	12.74	2.26	5.64	.00**
3-10	13.40	2.26	5.93	.00**
4-5	5.16	2.22	2.32	.02*
4-6	5.96	2.22	2.69	.008**
4-7	6.27	2.24	2.80	.005**
4-8	6.05	2.26	2.68	.008**
4-9	10.26	2.26	4.54	.00**
4-10	10.92	2.26	4.83	.00**
5-6	0.80	2.22	0.36	.72
5-7	1.11	2.24	0.50	.62
5-8	0.89	2.26	0.39	.70
5-9	5.10	2.26	2.26	.03*
5-10	5.76	2.26	2.55	.012*
6-7	0.31	2.24	0.14	.89

6-8	0.09	2.26	0.04	.97
6-9	4.30	2.26	1.90	.06
6-10	4.96	2.26	2.20	.03*
7-8	-0.23	2.29	-0.10	.92
7-9	3.99	2.29	1.74	.08
7-10	4.64	2.29	2.03	.04*
8-9	4.22	2.31	1.83	.07
8-10	4.87	2.31	2.11	.04*
9-10	0.65	2.31	0.28	.78

註: 1 表示有動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、2 表示無動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、3 表示有動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、4 表示無動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、5 表示有動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材組別、6 表示無動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材組別、7 表示有動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材組別、8 表示無動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材組別、9 表示有動畫的傳統線性多媒體教材組別、10 表示無動畫的傳統線性多媒體教材組別。 * $p < .05$ ** $p < .01$ 。

為進一步檢視十種不同多媒體學習教材設計之情緒效果，乃使用成對樣本 t 檢定檢視參與者利用十種多媒體學習教材學習後的情緒與學習前的情緒是否有顯著差異，結果如表 5 所示。由表 5 結果可知，在數位課程進行前使用中性情緒誘發，再開始十組參與者各自觀看不同的多媒體學習教材進行自我學習。在數位課程進行時使用有動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組的學生共 25 人，在中性情緒誘發後的情緒分數為 20.76 分，接著使用有動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材學習後的情緒分數為 39.64 分，情緒分數提高 18.88 分，成對 $t = 11.38$ ， $p < .01$ ，Cohen's $d = 2.28$ ，達統計顯著水準，顯示學生在使用有動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材學習後的正面情緒顯著提升了。此結果顯示有動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材對於誘發正面情緒具有顯著效果。

在數位課程進行前使用中性情緒誘發，而在數位課程進行時使用無動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組的學生共 25 人，在中性情緒誘發後的情緒分數為 18.68 分，再接著使用無動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材學習後的情緒分數為 35.00 分，情緒分數提高 16.32 分，成對 $t=9.35$ ， $p<.01$ ，Cohen's $d = 1.87$ ，達統計顯著水準，顯示學生在使用無動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材學習後的正面情緒顯著提升了。此結果顯示無動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材對於誘發正面情緒具有顯著效果。

在數位課程進行前使用中性情緒誘發，而在數位課程進行時使用有動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組的學生共 25 人，在中性情緒誘發後的情緒分數為 19.76 分，再接著使用有動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材學習後的情緒分數為 29.96 分，情緒分數提高 10.20 分，成對 $t=7.60$ ， $p<.01$ ，Cohen's $d = 1.52$ ，達統計顯著水準，顯示學生在使用有動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材學習後的正面情緒顯著提升了。此結果顯示有動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材對於誘發正面情緒具有顯著效果。

在數位課程進行前使用中性情緒誘發，而在數位課程進行時使用無動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組的學生共 25 人，在中性情緒誘發後的情緒分數為 18.92 分，再接著使用無動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材學習後的情緒分數為 27.48 分，情緒分數提高 8.56 分，成對 $t=6.60$ ， $p<.01$ ，Cohen's $d = 1.32$ ，達統計顯著水準，顯示學生在使用無動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材學習後的正面情緒顯著提升了。此結果顯示無動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材對於誘發正面情緒具有顯著效果。

在數位課程進行前使用中性情緒誘發，而在數位課程進行時使用有動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材組的學生共 25 人，在中性情緒誘發後的情緒分數為 19.16 分，再接著使用有動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材學習後的情緒分數為 22.32 分，情緒分數提高 3.16 分，成對 $t=2.08$ ， $p<.05$ ，Cohen's $d=0.42$ ，達統計顯著水準，顯示學生在使用有動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材學習後的正面情緒顯著提升了。此結果顯示有動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材對於誘

發正面情緒具有顯著效果。

在數位課程進行前使用中性情緒誘發，而在數位課程進行時使用無動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材組的學生共 25 人，在中性情緒誘發後的情緒分數為 19.72 分，再接著使用無動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材學習後的情緒分數為 21.52 分，情緒分數提高 1.80 分，成對 $t=1.23$ ， $p=.23$ ，Cohen's $d=0.25$ ，未達統計顯著水準，顯示學生在使用無動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材學習後的正面情緒並無顯著提升。此結果顯示無動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材對於誘發正面情緒並不具有顯著效果。

在數位課程進行前使用中性情緒誘發，而在數位課程進行時使用有動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材組的學生共 24 人，在中性情緒誘發後的情緒分數為 19.83 分，再接著使用有動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材學習後的情緒分數為 21.01 分，情緒分數提高 1.38 分，成對 $t=1.19$ ， $p=.24$ ，Cohen's $d=0.24$ ，未達統計顯著水準，顯示學生在使用有動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材學習後的正面情緒並無顯著提升。此結果顯示有動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材對於誘發正面情緒並不具有顯著效果。

在數位課程進行前使用中性情緒誘發，而在數位課程進行時使用無動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材組的學生共 23 人，在中性情緒誘發後的情緒分數為 22.96 分，再接著使用無動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材學習後的情緒分數為 21.44 分，情緒分數降低 1.52 分，成對 $t=-0.71$ ， $p=.48$ ，Cohen's $d=-0.15$ ，未達統計顯著水準，顯示學生在使用無動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材學習後的正面情緒並無顯著提升。此結果顯示無動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材對於誘發正面情緒並不具有顯著效果。

在數位課程進行前使用中性情緒誘發，而在數位課程進行時使用有動畫的傳統線性多媒體教材組的學生共 23 人，在中性情緒誘發後的情緒分數為 21.44 分，再接著使用有動畫的傳統線性多媒體教材學習後的情緒分數為 20.17 分，情緒分數降低 1.26 分，成對 $t=-0.57$ ， $p=.57$ ，Cohen's $d=-0.12$ ，未達統計顯著水準，顯示學生在使用有動畫的傳統線性多媒體教材學習後的正面情緒並無顯著提升。

此結果顯示有動畫的傳統線性多媒體教材對於誘發正面情緒並不具有顯著效果。

在數位課程進行前使用中性情緒誘發，而在數位課程進行時使用無動畫的傳統線性多媒體教材組的學生共 23 人，在中性情緒誘發後的情緒分數為 21.13 分，再接著使用無動畫的傳統線性多媒體教材學習後的情緒分數為 16.57 分，情緒分數降低 4.57 分，成對 $t = -3.07$ ， $p < .00$ ，Cohen's $d = -0.64$ ，達統計顯著水準，顯示學生在使用無動畫的傳統線性多媒體教材學習後的正面情緒反而更下降了。此結果顯示無動畫的傳統線性多媒體教材會導致學生的情緒更加負面。

由實證結果可歸納以下幾個結論：1.學生在中性情緒誘發後，不論有無搭配與學習內容有關的動畫或暖冷色系顏色，學生學習使用的多維度概念圖多媒體學習教材只要納入圓形似卡通臉型的形狀，即能提高其情緒效果。2.學生在中性情緒誘發後，使用多維度概念圖教材整合納入與學習內容有關的動畫搭配暖色系顏色及方形形狀的多媒體數位教材進行自我學習後，也能提高其情緒效果。

表 5 十種多媒體學習教材設計之情緒效果成對 t 檢定比較之結果

	人數	平均分數	平均分數差	標準誤	成對 t 值	p 值	Cohen's d
<i>動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材之情緒效果</i>							
中性情緒誘發	25	20.97	18.88	1.66	11.38	.00**	2.28
動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材	25	39.64					
<i>無動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材之情緒效果</i>							
中性情緒誘發	25	18.68	16.32	1.75	9.35	.00**	1.87
無動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖	25	35.00					

教材

有動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材之情緒效果

正面情緒誘發	25	19.76	10.20	1.34	7.60	.00**	1.52
--------	----	-------	-------	------	------	-------	------

有動畫的冷色	25	29.96					
--------	----	-------	--	--	--	--	--

系圓形似卡通

臉形的概念圖

教材

無動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材之情緒效果

正面情緒誘發	25	18.92	8.56	1.30	6.60	.00**	1.32
--------	----	-------	------	------	------	-------	------

無動畫的冷色	25	27.48					
--------	----	-------	--	--	--	--	--

系圓形似卡通

臉形的概念圖

教材

有動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材之情緒效果

正面情緒誘發	25	19.16	3.16	1.52	2.08	.04*	0.42
--------	----	-------	------	------	------	------	------

有動畫的暖色	25	22.32					
--------	----	-------	--	--	--	--	--

系方形形狀的

概念圖教材

無動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材之情緒效果

正面情緒誘發	25	19.72	1.80	1.46	1.23	.23	0.25
--------	----	-------	------	------	------	-----	------

無動畫的暖色	25	21.52					
--------	----	-------	--	--	--	--	--

系方形形狀的

概念圖教材

有動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材之情緒效果

正面情緒誘發	24	19.83	1.38	1.16	1.19	.24	0.24
--------	----	-------	------	------	------	-----	------

有動畫的冷色	24	21.01					
--------	----	-------	--	--	--	--	--

系方形形狀的

概念圖教材							
無動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材之情緒效果							
正面情緒誘發	23	22.96	-1.52	2.16	-0.71	.48	-0.15
無動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材	23	21.44					
有動畫的傳統線性多媒體教材之情緒效果							
正面情緒誘發	23	21.44	-1.26	2.21	-0.57	.57	-0.12
有動畫的傳統線性多媒體教材	23	20.17					
無動畫的傳統線性多媒體教材之情緒效果							
正面情緒誘發	23	21.13	-4.57	1.49	-3.07	.00**	0.64
無動畫的傳統線性多媒體教材	23	16.57					

* $p < .05$ ** $p < .01$

(四)十種不同多媒體學習教材設計之認知效果比較

為比較十種不同多媒體學習教材設計之認知效果，本研究採用理解測驗及轉換測驗兩種形式的統計成就測驗。其中理解測驗係採用選擇題測驗方式，所有題目皆係測試學生對統計基本觀念的理解程度；轉換測驗則是採用問答題測驗方式，係測試學生是否有能力運用統計基本觀念及公式解決統計實務應用問題。測驗分為前後測。十種多媒體學習教材組別的統計成就前後測敘述統計結果如表 6 所示。

表 6 十種多媒體學習教材組別的統計成就前後測敘述統計

人數	前測	後測
----	----	----

多媒體數位教材		平均分數	標準差	平均分數	標準差
理解測驗					
G1	25	42.40	20.27	88.00	9.57
G2	25	44.80	15.84	76.40	14.97
G3	25	47.20	21.12	77.20	12.42
G4	25	40.40	13.38	66.00	15.00
G5	25	42.40	21.66	76.00	15.55
G6	25	39.60	15.67	66.80	17.01
G7	24	37.08	12.68	67.08	18.05
G8	23	39.57	14.92	56.96	20.77
G9	23	46.09	16.16	56.52	18.00
G10	23	38.70	13.25	46.96	15.21
轉換測驗					
G1	25	37.00	27.86	80.88	14.49
G2	25	41.76	30.17	67.84	21.78
G3	25	39.20	32.03	69.28	21.45
G4	25	39.36	29.78	56.96	23.47
G5	25	34.84	25.51	67.36	22.04
G6	25	31.00	25.45	55.48	24.41
G7	24	31.46	27.48	58.63	27.24
G8	23	43.09	26.44	53.26	18.89
G9	23	43.61	26.93	52.13	22.66
G10	23	32.00	23.74	42.35	19.76

註: G1 表示有動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、G2 表示無動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、G3 表示有動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、G4 表示無動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、G5 表示有動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材組別、G6 表示無動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材組別、G7 表示有動畫的冷色系方形

形狀的概念圖教材組別、G8 表示無動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材組別、G9 表示有動畫的傳統線性多媒體教材組別、G10 表示無動畫的傳統線性多媒體教材組別。

為比較十組不同多媒體學習教材組別學生，在正式實驗前統計先備知識基礎是否一致，本研究在正式實驗前，分別對十組學生進行理解測驗及轉換測驗的前測，並使用單因子變異數分析(analysis of variance, ANOVA)進行檢定，結果如表 6 所示。單因子 ANOVA 檢定結果，在理解測驗方面，Levene 檢定結果， $F(9,233)=1.748$ ， $p=.079$ ，未達顯著水準，表示各組應變數變異數皆相等，可進行變異數分析。變異數分析結果顯示組別的總平方和為 2434.49， $F(9,233)=0.95$ ， $p=.481$ ，未達統計顯著水準，顯示十組學生的在統計學的理解先備知識並無顯著差異。在轉換測驗方面，Levene 檢定結果， $F(9,233)=1.076$ ， $p=.381$ ，未達顯著水準，表示各組應變數變異數皆相等，可進行變異數分析。變異數分析結果顯示組別的總平方和為 4990.13， $F(9,233)=0.72$ ， $p=.688$ ，未達統計顯著水準，顯示十組學生在統計學的轉換先備知識並無顯著差異。

表 6 10 組參與者統計理解與轉換測驗前測變異數分析結果¹

變異來源	總平方和	自由度	均方和	F 值	p 值	η^2
理解測驗前測						
組別	2434.49	9	270.50	0.95	.481	.035
誤差	66232.18	233	284.26			
轉換測驗前測						
組別	4990.13	9	554.46	0.72	.688	.027
誤差	178662.94	233	766.79			

註：¹ 無母數 Kruskal-Wallis 檢定結果， $\chi^2=7.748$ ， $p=.56$ ， $\chi^2=6.390$ ， $p=.70$ 。

統計學的理解測驗共 10 題選擇題，所有題項皆為測試統計學觀念的題目，目的在了解學生對統計概念的理解是否正確。由於前測結果十組學生對統計概念的理解程度並無顯著差異，故在利用十種不同學習教材自我學習後，進一步使用

單因子 ANOVA 分析進行差異性比較。結果顯示組別的總平方和為 31651.18， $F(9,233)=13.98$ ， $p < .000$ ，達統計顯著水準，顯示十組學生在各自利用十種不同學習教材自行學習後的統計學理解測驗分數具有顯著差異，亦即至少有一些學習教材對學生的統計概念之理解成就造成差異效果。

再進一步檢驗哪些學習教材會對學生的理解成就有造成差異性影響，利用 Fisher LSD 事後比較結果如表 7 結果所示。由此表可知，使用有與學習教材相關動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生的理解成就顯著高於使用無動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生， $t=2.58$ ， $p < .05$ 。而使用有動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生的理解成就顯著高於使用無動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生， $t=2.49$ ， $p < .05$ 。綜合上述實證結果，可以發現在搭配圓形似卡通臉型的多維度概念圖中加入與學習教材有關的動畫，相較於沒有學習教材有關的動畫之圓形似卡通臉型的多維度概念圖教材，對提升學生對統計學概念的理解成就較有助益。

使用有動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生的理解成就顯著高於使用有動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生， $t=2.41$ ， $p < .05$ 。而使用無動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生的理解成就顯著高於使用無動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生， $t=2.32$ ， $p < .05$ 。綜合上述實證結果，可以發現在搭配暖色系顏色的圓形似卡通臉的多維度概念圖，相較於搭配冷色系顏色的圓形似卡通臉型的多維度概念圖教材，對提升學生對統計學概念的理解成就較有助益。

使用有動畫的暖色系方形概念圖教材進行自我學習的學生的理解成就顯著高於使用無動畫的暖色系方形概念圖教材進行自我學習的學生， $t=2.05$ ， $p < .05$ 。而使用有動畫的冷色系方形概念圖教材進行自我學習的學生的理解成就顯著高於使用無動畫的冷色系方形概念圖教材進行自我學習的學生， $t=2.19$ ， $p < .05$ 。綜合上述實證結果，可以發現在搭配方形多維度概念圖中加入與學習教材有關的

動畫，相較於沒有學習教材有關的動畫之方形多維度概念圖教材，對提升學生對統計學概念的理解成就較有助益。

使用有動畫的暖色系方形概念圖教材進行自我學習的學生的理解成就顯著高於使用有動畫的冷色系方形概念圖教材進行自我學習的學生， $t=1.97$ ， $p=.05$ 。而使用無動畫的暖色系方形概念圖教材進行自我學習的學生的理解成就顯著高於使用無動畫的冷色系方形概念圖教材進行自我學習的學生， $t=2.15$ ， $p<.05$ 。綜合上述實證結果，可以發現在搭配暖色系顏色的方形多維度概念圖，相較於搭配冷色系顏色的方形多維度概念圖教材，對提升學生對統計學概念的理解成就較有助益。

使用有動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生的理解成就顯著高於使用有動畫的暖色系方形的概念圖教材進行自我學習的學生， $t=2.67$ ， $p<.01$ 。使用有動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生的理解成就顯著高於使用有動畫的冷色系方形的概念圖教材進行自我學習的學生， $t=2.23$ ， $p<.05$ 。使用無動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生的理解成就顯著高於使用無動畫的暖色系方形的概念圖教材進行自我學習的學生， $t=2.14$ ， $p<.05$ 。使用無動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生的理解成就顯著高於使用無動畫的冷色系方形的概念圖教材進行自我學習的學生， $t=1.97$ ， $p=.05$ 。綜合上述實證結果，可以發現在搭配圓形似卡通臉型的多維度概念圖，相較於搭配方形的多維度概念圖教材，對提升學生對統計學概念的理解成就較有助益。

在與使用有動畫的傳統線性多媒體教材組別學生的理解成就比較上，可以發現除了使用無動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材組別外，其他使用各種多維度概念圖組別的學生的理解成就都顯著高於使用有動畫的傳統線性多媒體教材組別的學生， $p<.05$ 。而使用各種多維度概念圖學習的學生的理解成就都顯著高於使用無動畫的傳統線性多媒體教材的學生， $p<.05$ 。此結果大致可肯定學生使用多維度概念圖進行自我學習對理解測驗成就會顯著優於使用傳統線性多媒體教材。另外，使用有動畫的傳統線性多媒體教材組別學生的理解成就顯著高於使用

無動畫的傳統線性多媒體教材的學生， $t=2.05$ ， $p<.05$ ，顯示與學習教材有關的動畫對學生的理解成就確實有正面幫助。

歸納上述結果，我們有以下幾點發現：1.學生使用多維度概念圖多媒體學習教材進行自我學習的理解成就效果會優於使用傳統線性多媒體學習教材。2.學生使用與學習內容有關的動畫加入學習教材中進行自我學習的理解成就效果會優於使用沒有與學習內容有關動畫的學習教材。3.學生使用圓形似卡通臉形的概念圖多媒體教材進行自我學習的理解成就會優於使用方形的概念圖教材。4.學生使用暖色系的概念圖多媒體教材進行自我學習的理解成就效果會優於使用冷色系的圓形似卡通臉形的概念圖多媒體教材。5.學生使用有動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖多媒體教材進行自我學習的理解成就是最佳的。

表 7 10 組參與者統計理解後測變異數分析結果¹

變異來源	總平方和	自由度	均方和	F 值	p 值	η^2
理解測驗後測						
組別	31651.18	9	3516.80	13.98	.000	.351
誤差	58615.49	233	251.57			
Fisher LSD 事後比較 ²						
組別比較	平均差異	標準誤	t 值	p 值		
1-2	11.60	4.49	2.58	.01*		
1-3	10.80	4.49	2.41	.02*		
1-4	22.00	4.49	4.90	.00**		
1-5	12.00	4.49	2.67	.008**		
1-6	21.20	4.49	4.72	.00**		
1-7	20.92	4.53	4.62	.00**		
1-8	31.04	4.58	6.78	.00**		
1-9	31.48	4.58	6.87	.00**		
1-10	41.04	4.58	8.96	.00**		

2-3	-0.80	4.49	-0.18	.86
2-4	10.40	4.49	2.32	.02*
2-5	0.40	4.49	0.09	.93
2-6	9.60	4.49	2.14	.03*
2-7	9.32	4.53	2.06	.04*
2-8	19.44	4.58	4.25	.00**
2-9	19.88	4.58	4.34	.00**
2-10	29.44	4.58	6.43	.00**
3-4	11.20	4.49	2.49	.01*
3-5	1.20	4.49	0.27	.79
3-6	10.40	4.49	2.32	.02*
3-7	10.12	4.53	2.23	.03*
3-8	20.24	4.58	4.42	.00**
3-9	20.68	4.58	4.52	.00**
3-10	30.24	4.58	6.60	.00**
4-5	-10.00	4.49	-2.23	.03*
4-6	-0.80	4.49	-0.18	.86
4-7	-1.08	4.53	-0.24	.81
4-8	9.04	4.58	1.97	.05*
4-9	9.48	4.58	2.07	.04*
4-10	19.04	4.58	4.18	.00**
5-6	9.20	4.49	2.05	.04*
5-7	8.92	4.53	1.97	.05*
5-8	19.04	4.58	4.16	.00**
5-9	19.48	4.58	4.25	.00**
5-10	29.04	4.58	6.34	.00**
6-7	-0.28	4.53	-0.06	.95

6-8	9.84	4.58	2.15	.03*
6-9	10.28	4.58	2.25	.03*
6-10	19.84	4.58	4.33	.00**
7-8	10.13	4.63	2.19	.03*
7-9	10.56	4.63	2.28	.02*
7-10	20.13	4.63	4.35	.00**
8-9	0.44	4.68	0.09	.93
8-10	10.00	4.68	2.14	.03*
9-10	9.57	4.67	2.05	.04*

註: ¹ 無母數 Kruskal-Wallis 檢定結果, $\chi^2=83.26$, $p<.00$ 。

² 1 表示有動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、2 表示無動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、3 表示有動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、4 表示無動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、5 表示有動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材組別、6 表示無動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材組別、7 表示有動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材組別、8 表示無動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材組別、9 表示有動畫的傳統線性多媒體教材組別、10 表示無動畫的傳統線性多媒體教材組別。 * $p<.05$ ** $p<.01$ 。

統計學的轉換測驗共 4 題問答題, 所有題項皆為測試學生如何應用統計學技術解答實務的問題, 目的在了解學生是否有能力將所學的統計學技術應用到解答實務的問題。由於前測結果十組學生對統計學的轉換測驗並無顯著差異, 故在利用十種不同學習教材自我學習後, 進一步使用單因子 ANOVA 分析進行差異性比較。結果顯示組別的總平方和為 26247.18, $F(9,233)=6.10$, $p<.000$, 達統計顯著水準, 顯示十組學生在各自利用十種不同學習教材自行學習後的統計學轉換測驗分數具有顯著差異, 亦即至少有一些學習教材對學生的統計技術應用到實務的轉換測驗成就造成差異效果。

再進一步檢驗哪些學習教材會對學生的轉換成就有造成差異性影響, 利用 Fisher LSD 事後比較結果如表 8 結果所示。由此表可知, 使用有與學習教材相關

動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生的轉換成就顯著高於使用無動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生， $t=11$ ， $p<.05$ 。而使用有動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生的轉換成就顯著高於使用無動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生， $t=1.99$ ， $p<.05$ 。綜合上述實證結果，可以發現在搭配圓形似卡通臉型的多維度概念圖中加入與學習教材有關的動畫，相較於沒有學習教材有關的動畫之圓形似卡通臉型的多維度概念圖教材，對提升學生對統計學技術應用於實務的轉換測驗成就較有助益。

使用有動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生的轉換成就顯著高於使用有動畫的暖色系方形概念圖教材進行自我學習的學生， $t=2.18$ ， $p<.05$ 。使用有動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生的轉換成就顯著高於使用有動畫的冷色系方形概念圖教材進行自我學習的學生， $t=3.56$ ， $p<.01$ 。而使用無動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生的轉換成就顯著高於使用無動畫的暖色系方形概念圖教材進行自我學習的學生， $t=2.00$ ， $p<.05$ 。使用無動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生的轉換成就顯著高於使用無動畫的冷色系方形概念圖教材進行自我學習的學生， $t=2.31$ ， $p<.05$ 。綜合上述實證結果，可以發現搭配暖色系圓形似卡通臉的多維度概念圖，相較於搭配暖色系或冷色系方形的多維度概念圖教材，對提升學生對統計學轉換測驗成就較有助益。

使用圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生的轉換成就，除了無動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材之外，都顯著高於使用有動畫的傳統線性多媒體學習教材進行自我學習的學生， $p<.05$ 。而使用圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生的轉換成就，都顯著高於使用無動畫的傳統線性多媒體學習教材進行自我學習的學生， $p<.05$ 。綜合上述實證結果，可以大致發現圓形似卡通臉的多維度概念圖，相較於傳統有學習內容相關動畫或無動畫的線性多媒體教材，對提升學生對統計學轉換測驗成就較有助益。

使用有動畫的暖色系方形概念圖教材進行自我學習的學生的轉換成就顯著

高於使用有動畫的傳統線性多媒體教材進行自我學習的學生， $t=4.25$ ， $p<.01$ 。而使用無動畫的暖色系方形概念圖教材進行自我學習的學生的轉換成就顯著高於使用無動畫的傳統線性多媒體教材進行自我學習的學生， $t=2.08$ ， $p<.05$ 。綜合上述實證結果，可以發現在搭配暖色系方形的多維度概念圖，相較於傳統線性多媒體學習教材，對提升學生對統計學概念的轉換成就較有助益。

歸納上述結果，我們有以下幾點發現：1.學生使用多維度概念圖多媒體學習教材進行自我學習的轉換成就效果會優於使用無動畫的傳統線性多媒體學習教材。2.學生使用與學習內容有關的動畫加入圓形似卡通臉型的多維度概念圖學習教材中進行自我學習的轉換成就效果會優於使用沒有與學習內容有關動畫的圓形似卡通臉型的多維度概念圖學習教材。3.學生使用搭配暖色系圓形似卡通臉的多維度概念圖進行自我學習的轉換成就會優於使用搭配暖色系或冷色系方形的多維度概念圖教材。4.學生使用有學習內容相關動畫及無動畫圓形似卡通臉的多維度概念圖多媒體教材進行自我學習的轉換成就效果會優於使用傳統有動畫及無動畫的線性多媒體教材。5.學生使用搭配暖色系方形的多維度概念圖多媒體教材進行自我學習的轉換成就會優於使用傳統線性多媒體學習教材。

表 8 10 組參與者統計轉換測驗後測變異數分析結果¹

變異來源	總平方和	自由度	均方和	F 值	p 值	η^2
轉換測驗後測						
組別	26247.18	9	2916.35	6.10	.000	.191
誤差	111445.89	233	478.31			
Fisher LSD 事後比較 ²						
組別比較	平均差異	標準誤	t 值	p 值		
1-2	13.04	6.19	2.11	.04*		
1-3	11.60	6.19	1.87	.06		
1-4	23.92	6.19	3.86	.00**		
1-5	13.52	6.19	2.18	.03*		

1-6	25.40	6.19	4.10	.00**
1-7	22.26	6.25	3.56	.00**
1-8	27.62	6.32	4.37	.00**
1-9	28.75	6.32	4.55	.00**
1-10	38.53	6.32	6.10	.00**
2-3	-1.44	6.19	-0.23	.82
2-4	10.88	6.19	1.76	.08
2-5	0.480	6.19	0.08	.94
2-6	12.36	6.19	2.00	.047*
2-7	9.22	6.25	1.48	.14
2-8	14.58	6.32	2.31	.02*
2-9	15.71	6.32	2.49	.01*
2-10	25.49	6.32	4.03	.00**
3-4	12.32	6.19	1.99	.048*
3-5	1.92	6.19	0.31	.76
3-6	13.80	6.19	2.23	.03*
3-7	10.66	6.25	1.71	.09
3-8	16.02	6.32	2.54	.01*
3-9	17.15	6.32	2.71	.007**
3-10	26.93	6.32	4.26	.00**
4-5	-10.40	6.19	-1.68	.09
4-6	1.48	6.19	0.24	.81
4-7	-1.67	6.25	-0.27	.79
4-8	3.70	6.32	0.59	.56
4-9	4.83	6.32	0.76	.45
4-10	14.61	6.32	2.31	.02*
5-6	11.88	6.19	1.92	.06

5-7	8.74	6.25	1.40	.16
5-8	14.10	6.32	2.23	.03*
5-9	15.23	6.32	2.41	.02*
5-10	25.01	6.32	3.96	.00*
6-7	-3.15	6.25	-0.50	.62
6-8	2.20	6.32	0.35	.73
6-9	3.32	6.32	0.53	.90
6-10	13.13	6.32	2.08	.04*
7-8	5.36	6.38	0.84	.40
7-9	6.50	6.38	1.02	.31
7-10	16.28	6.38	2.55	.01*
8-9	1.13	6.45	0.18	.86
8-10	10.91	6.45	1.69	.09
9-10	9.78261	6.45	1.52	.13

註：¹ 無母數 Kruskal-Wallis 檢定結果， $\chi^2=49.40$ ， $p < .00$ 。

² 1 表示有動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、2 表示無動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、3 表示有動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、4 表示無動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、5 表示有動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材組別、6 表示無動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材組別、7 表示有動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材組別、8 表示無動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材組別、9 表示有動畫的傳統線性多媒體教材組別、10 表示無動畫的傳統線性多媒體教材組別。 * $p < .05$ ** $p < .01$ 。

(五)十種不同多媒體學習教材設計之學習動機比較

進一步測試學生利用十種不同多媒體學習教材進行自我學習對其學習動機之影響是否有差異，在利用十種多媒體學習教材進行學習後，各組別的統計學習動機測驗敘述統計結果如表 9 所示。

表 9 十種多媒體學習教材組別的學習動機測驗敘述統計

多媒體數位教材	人數	學習動機測驗	
		平均分數	標準差
G1	25	52.12	8.24
G2	25	46.68	7.50
G3	25	45.44	5.82
G4	25	41.40	6.73
G5	25	46.96	6.88
G6	25	40.68	7.14
G7	24	39.46	7.19
G8	23	34.91	9.03
G9	23	35.04	8.47
G10	23	27.83	7.69

註: G1 表示有動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、G2 表示無動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、G3 表示有動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、G4 表示無動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、G5 表示有動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材組別、G6 表示無動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材組別、G7 表示有動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材組別、G8 表示無動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材組別、G9 表示有動畫的傳統線性多媒體教材組別、G10 表示無動畫的傳統線性多媒體教材組別。

為進一步了解十種不同多媒體學習教材設計對學生學習動機之效果，乃以學生回答之學習動機分數為應變數，以組別為自變數，使用單因子變異數分析進行檢定，結果如表 10 所示。單因子 ANOVA 檢定結果，Levene 檢定結果， $F(9,233)=0.586$ ， $p=.808$ ，未達顯著水準，表示各組應變數變異數皆相等，可進行變異數分析。由表 10 可看出組別主要效果達統計顯著水準， $F(9,233)=21.70$ ， $p<.01$ ， $\eta^2=0.456$ ，顯示使用不同多媒體學習教材之組別學生的學習動機有顯著差異存在。

再進一步使用費雪 LSD 進行事後比較結果顯示，使用有與學習教材相關動

畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生的學習動機顯著高於使用無動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生， $t = 2.57$ ， $p = .01$ 。而使用有動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生的學習動機未顯著高於使用無動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生， $t = 1.91$ ， $p = .06$ 。使用有與學習教材相關動畫的暖色系方形的概念圖教材進行自我學習的學生的學習動機顯著高於使用無動畫的暖色系方形的概念圖教材進行自我學習的學生， $t = 2.96$ ， $p < .01$ 。使用有動畫的冷色系方形的概念圖教材進行自我學習的學生的學習動機顯著高於使用無動畫的冷色系方形的概念圖教材進行自我學習的學生， $t = 2.08$ ， $p < .05$ 。使用有動畫的傳統線性多媒體學習教材進行自我學習的學生的學習動機顯著高於使用無動畫的傳統線性多媒體學習教材進行自我學習的學生， $t = 3.26$ ， $p < .01$ 。綜合上述實證結果，大致可發現在多媒體學習教材中加入與學習教材有關的動畫，相較於沒有學習教材有關的動畫之多媒體學習教材，對提升學生對統計學學習動機較有助益。

使用有動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生的學習動機顯著高於使用有動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生， $t = 3.15$ ， $p < .01$ 。使用無動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生的學習動機顯著高於使用無動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生， $t = 2.49$ ， $p < .05$ 。使用有動畫的暖色系方形的概念圖教材進行自我學習的學生的學習動機顯著高於使用有動畫的冷色系方形的概念圖教材進行自我學習的學生， $t = 3.51$ ， $p < .01$ 。使用無動畫的暖色系方形的概念圖教材進行自我學習的學生的學習動機顯著高於使用無動畫的冷色系方形的概念圖教材進行自我學習的學生， $t = 2.66$ ， $p < .01$ 。綜合上述實證結果，可以發現搭配暖色系顏色的多維度概念圖教材，相較於搭配冷色系顏色的多維度概念圖教材，對提升學生對統計學的學習動機較有助益。

使用有動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生的學習動機顯著高於使用有動畫的暖色系方形概念圖教材進行自我學習的學生， t

= 2.43, $p < .05$ 。使用無動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生的學習動機顯著高於使用無動畫的暖色系方形概念圖教材進行自我學習的學生, $t=2.49$, $p < .05$ 。使用有動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生的學習動機顯著高於使用有動畫的冷色系方形概念圖教材進行自我學習的學生, $t=2.79$, $p < .01$ 。使用無動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生的學習動機顯著高於使用無動畫的冷色系方形概念圖教材進行自我學習的學生, $t=2.99$, $p < .01$ 。綜合上述實證結果, 可以發現搭配圓形似卡通臉形的多維度概念圖教材, 相較於搭配方形多維度概念圖教材, 對提升學生對統計學的學習動機較有助益。

在與使用傳統線性多媒體教材組別學生的學習動機比較上, 可以發現除了使用無動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材組別外, 其他使用各種多維度概念圖組別的學生的學習動機都顯著高於使用有動畫的傳統線性多媒體教材組別的學生, $p < .05$ 。而使用所有多維度概念圖學習的學生的學習動機都顯著高於使用無動畫的傳統線性多媒體教材的學生, $p < .05$ 。此結果大致可肯定學生使用多維度概念圖進行自我學習, 學生的學習動機會顯著高於使用傳統線性多媒體教材。另外, 使用有動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別學生的學習動機, 比其他九種多媒體學習教材都顯著為高, $p < .01$ 。

歸納上述結果, 我們有以下幾點發現: 1. 學生使用多維度概念圖多媒體學習教材進行自我學習的學習動機會高於使用傳統無動畫的線性多媒體學習教材; 而除了無動畫冷色方形多維度概念圖外, 學生使用其他多維度概念圖學習教材的學習動機皆高於傳統有動畫的線性多媒體學習教材。2. 學生使用與學習內容有關的動畫加入學習教材中進行自我學習的學習動機會高於使用沒有與學習內容有關動畫的學習教材。3. 學生使用圓形似卡通臉形的概念圖多媒體教材進行自我學習的學習動機會高於使用方形的概念圖多媒體教材。4. 學生使用暖色系的概念圖多媒體教材進行自我學習的學習動機會高於使用冷色系的概念圖多媒體教材。5. 學生使用有動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖多媒體教材進行自我學習的學習動機是最高的。

表 10 10 組參與者統計學學習動機變異數分析結果¹

變異來源	總平方和	自由度	均方和	F 值	p 值	η^2
學習動機測驗						
組別	10984.93	9	1220.55	21.70	.000	.456
誤差	13104.69	233	56.24			
Fisher LSD 事後比較 ²						
組別比較	平均差異	標準誤	t 值	p 值		
1-2	5.44	2.12	2.57	.01*		
1-3	6.68	2.12	3.15	.002**		
1-4	10.72	2.12	5.06	.00**		
1-5	5.16	2.12	2.43	.02*		
1-6	11.44	2.12	5.40	.00**		
1-7	12.66	2.14	5.92	.00**		
1-8	17.21	2.17	7.93	.00**		
1-9	17.08	2.17	7.87	.00**		
1-10	24.29	2.17	11.19	.00**		
2-3	1.24	2.12	0.59	.56		
2-4	5.28	2.12	2.49	.01*		
2-5	-0.28	2.12	-0.13	.90		
2-6	6.00	2.12	2.83	.005**		
2-7	7.22	2.14	3.37	.00**		
2-8	11.77	2.17	5.42	.00**		
2-9	11.64	2.17	5.36	.00**		
2-10	18.85	2.17	8.69	.00**		
3-4	4.04	2.12	1.91	.06		
3-5	-1.52	2.12	-0.72	.47		
3-6	4.76	2.12	2.25	.03*		

3-7	5.98	2.14	2.79	.006**
3-8	10.53	2.17	4.85	.00**
3-9	10.40	2.17	4.79	.00**
3-10	17.61	2.17	8.12	.00**
4-5	-5.56	2.12	-2.62	.009**
4-6	0.72	2.12	0.34	.74
4-7	1.94	2.14	0.91	.37
4-8	6.49	2.17	2.99	.003**
4-9	6.36	2.17	2.93	.004**
4-10	13.57	2.17	6.25	.000**
5-6	6.28	2.12	2.96	.003**
5-7	7.50	2.14	3.51	.001**
5-8	12.05	2.17	5.55	.00**
5-9	11.92	2.17	5.49	.00**
5-10	19.13	2.17	8.82	.00**
6-7	1.22	2.14	0.57	.57
6-8	5.77	2.17	2.66	.008**
6-9	5.64	2.17	2.60	.01**
6-10	12.85	2.17	5.92	.00**
7-8	4.55	2.19	2.08	.04*
7-9	4.45	2.19	2.03	.05*
7-10	11.63	2.19	5.31	.00**
8-9	-0.13	2.21	-0.06	.95
8-10	7.09	2.21	3.21	.002**
9-10	7.21	2.21	3.26	.001**

註：¹ 無母數 Kruskal-Wallis 檢定結果， $\chi^2=112.40$ ， $p<.00$ 。

² 1 表示有動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、2 表示無動畫的暖色系圓形似卡通

臉形的概念圖教材組別、3 表示有動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、4 表示無動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、5 表示有動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材組別、6 表示無動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材組別、7 表示有動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材組別、8 表示無動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材組別、9 表示有動畫的傳統線性多媒體教材組別、10 表示無動畫的傳統線性多媒體教材組別。 * $p < .05$ ** $p < .01$ 。

(六)十種不同多媒體學習教材設計之認知負載比較

進一步測試學生利用十種不同多媒體學習教材進行自我學習對其認知負載之影響是否有差異，在利用十種多媒體學習教材進行學習後，各組別的統計認知負載測驗敘述統計結果如表 11 所示。

表 11 十種多媒體學習教材組別的認知負載測驗敘述統計

多媒體數位教材	人數	認知負載測驗	
		平均分數	標準差
G1	25	7.08	2.27
G2	25	9.64	2.04
G3	25	8.12	1.79
G4	25	10.00	2.06
G5	25	7.32	1.89
G6	25	9.16	2.25
G7	24	7.92	2.21
G8	23	9.44	2.09
G9	23	11.91	2.09
G10	23	12.44	2.29

註: G1 表示有動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、G2 表示無動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、G3 表示有動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、G4 表示無動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、G5 表示有動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材組別、G6 表示無動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材組別、G7 表示有動畫的冷色系方形

形狀的概念圖教材組別、G8 表示無動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材組別、G9 表示有動畫的傳統線性多媒體教材組別、G10 表示無動畫的傳統線性多媒體教材組別。

為進一步了解十種不同多媒體學習教材設計對學生認知負載之影響，乃以學生回答之認知負載分數為應變數，以組別為自變數，使用單因子變異數分析進行檢定，結果如表 12 所示。單因子 ANOVA 檢定結果，Levene 檢定結果， $F(9,233)=0.396$ ， $p=.936$ ，未達顯著水準，表示各組應變數變異數皆相等，可進行變異數分析。由表 12 看出組別主要效果達統計顯著水準， $F(9,233)=17.65$ ， $p<.01$ ， $\eta^2=0.405$ ，顯示使用不同多媒體學習教材之組別學生的認知負載有顯著差異存在。

再進一步使用費雪 LSD 進行事後比較結果顯示，使用有與學習教材相關動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生的認知負載顯著低於使用無動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生， $t=-4.35$ ， $p<.01$ 。使用有動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生的認知負載顯著低於使用無動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材進行自我學習的學生， $t=-3.19$ ， $p<.01$ 。使用有與學習教材相關動畫的暖色系方形的概念圖教材進行自我學習的學生的認知負載顯著低於使用無動畫的暖色系方形的概念圖教材進行自我學習的學生， $t=-3.12$ ， $p<.01$ 。使用有動畫的冷色系方形的概念圖教材進行自我學習的學生的認知負載顯著低於使用無動畫的冷色系方形的概念圖教材進行自我學習的學生， $t=-2.49$ ， $p<.05$ 。綜合上述實證結果，可發現在多維度概念圖多媒體學習教材中加入與學習內容有關的動畫(如統計圖表)，相較於沒有學習內容有關的動畫之多維度概念圖多媒體學習教材，對降低學生對統計學認知負載較有助益。

使用八種多維度概念圖的多媒體學習教材進行自我學習的學生的認知負載皆顯著低於使用兩種傳統線性多媒體學習教材的學生， $p<.05$ 。上述實證結果顯示，多維度概念圖的多媒體學習教材相較於傳統線性多媒體學習教材，對降低學生的認知負載較有助益。

歸納上述結果，我們有以下幾點發現：1.學生使用多維度概念圖多媒體學習教材進行自我學習的認知負載會低於使用傳統線性多媒體學習教材。2.學生使用與學習內容有關的動畫(如統計學圖表)加入學習教材中進行自我學習的認知負載會低於使用沒有與學習內容有關動畫的學習教材。

表 12 10 組參與者統計學認知負載變異數分析結果¹

變異來源	總平方和	自由度	均方和	F 值	p 值	η^2
認知負載測驗						
組別	700.66	9	77.85	17.65	.000	.405
誤差	1028.00	233	4.41			
Fisher LSD 事後比較 ²						
組別比較	平均差異	標準誤	t 值	p 值		
1-2	-2.56	0.59	-4.34	.00**		
1-3	-1.04	0.59	-1.76	.08		
1-4	-2.92	0.59	-4.95	.00**		
1-5	-0.24	0.59	-0.41	.69		
1-6	-2.08	0.59	-3.53	.001**		
1-7	-0.837	0.60	-1.40	.17		
1-8	-2.36	0.61	-3.87	.00**		
1-9	-4.83	0.61	-7.92	.00**		
1-10	-5.36	0.61	-8.79	.00**		
2-3	1.52	0.59	2.58	.01*		
2-4	-0.36	0.59	-0.61	.55		
2-5	2.32	0.59	3.93	.00**		
2-6	0.48	0.59	0.81	.42		
2-7	1.72	0.60	2.87	.004**		
2-8	0.21	0.61	0.34	.74		
2-9	-2.27	0.61	-3.72	.00**		

2-10	-2.80	0.61	-4.59	.00**
3-4	-1.88	0.59	-3.19	.002**
3-5	0.80	0.59	1.36	.18
3-6	-1.04	0.59	-1.76	.08
3-7	.20	0.60	0.33	.74
3-8	-1.32	0.61	-2.16	.03*
3-9	-3.79	0.61	-6.21	.00**
3-10	-4.32	0.61	-7.08	.00**
4-5	2.68	0.59	4.54	.00**
4-6	0.84	0.59	1.42	.16
4-7	2.08	0.60	3.47	.001**
4-8	0.57	0.61	0.93	.35
4-9	-1.91	0.61	-3.13	.002**
4-10	-2.44	0.61	-4.00	.000**
5-6	-1.84	0.59	-3.12	.002**
5-7	-0.60	0.60	-1.00	.32
5-8	-2.12	0.61	-3.48	.001**
5-9	-4.59	0.61	-7.53	.00**
5-10	-5.12	0.61	-8.39	.00**
6-7	1.24	0.60	2.07	.04*
6-8	-0.28	0.61	-0.46	.65
6-9	-2.75	0.61	-4.51	.00**
6-10	-3.28	0.61	-5.38	.00**
7-8	-1.52	0.61	-2.49	.01*
7-9	-4.00	0.61	-6.56	.00**
7-10	-4.52	0.61	-7.41	.00**
8-9	-2.48	0.62	-4.00	.00**

8-10	-3.00	0.62	-4.84	.00**
9-10	-0.52	0.62	-0.84	.40

註: ¹ 無母數 Kruskal-Wallis 檢定結果, $\chi^2=96.10$, $p < .00$ 。

² 1 表示有動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、2 表示無動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、3 表示有動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、4 表示無動畫的冷色系圓形似卡通臉形的概念圖教材組別、5 表示有動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材組別、6 表示無動畫的暖色系方形形狀的概念圖教材組別、7 表示有動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材組別、8 表示無動畫的冷色系方形形狀的概念圖教材組別、9 表示有動畫的傳統線性多媒體教材組別、10 表示無動畫的傳統線性多媒體教材組別。 * $p < .05$ ** $p < .01$ 。

六、結論

本研究旨在探究不同顏色與形狀之概念圖結合動畫之多媒體學習教材對引發學習者正面情緒之效果,並進一步探討此教材是否有助於提升統計學學習者的學習動機等情緒效果與降低學習者認知負載及提高其認知學習成就。為完整探究概念圖顏色與形狀及動畫之效果,本研究十種多媒體學習教材進行教學實驗比較。

研究結果大致有以下幾點發現:

1. 情緒效果方面

在情緒效果方面,大致有幾點重要發現:1.學生使用多維度概念圖多媒體學習教材相較於使用傳統線性多媒體學習教材,在情緒的表現會較佳。2.在多維度概念圖多媒體學習教材融入圓形似卡通臉型的形狀,相較於方形形狀的多維度概念圖學習教材及傳統線性學習教材,在情緒的表現會較佳。3.在多維度概念圖多媒體學習教材整合融入圓形似卡通臉型的形狀及暖色系的顏色,相較於方形形狀及冷色系(黑白顏色)顏色的多維度概念圖學習教材及傳統線性學習教材,在情緒的表現會較佳。4.在多維度概念圖多媒體學習教材中融入整合融入圓形似卡通臉型的形狀、暖色系的顏色及與學習內容有關的動畫,對提高學生的正面情緒效果會是最佳的一種多媒體學習教材。

2. 認知成就效果方面

在認知成就效果方面，在理解成就上有以下幾點發現：1.學生使用多維度概念圖多媒體學習教材進行自我學習的理解成就效果會優於使用傳統線性多媒體學習教材。2.學生使用與學習內容有關的動畫加入學習教材中進行自我學習的理解成就效果會優於使用沒有與學習內容有關動畫的學習教材。3.學生使用圓形似卡通臉形的概念圖多媒體教材進行自我學習的理解成就會優於使用方形的概念圖教材。4.學生使用暖色系的概念圖多媒體教材進行自我學習的理解成就效果會優於使用冷色系的概念圖多媒體教材。5.學生使用有動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖多媒體教材進行自我學習的理解成就是最佳的。

在轉換成就上有以下幾點發現：1.學生使用多維度概念圖多媒體學習教材進行自我學習的轉換成就效果會優於使用無動畫的傳統線性多媒體學習教材。2.學生使用與學習內容有關的動畫加入圓形似卡通臉型的多維度概念圖學習教材中進行自我學習的轉換成就效果會優於使用沒有與學習內容有關動畫的圓形似卡通臉型的多維度概念圖學習教材。3.學生使用搭配暖色系圓形似卡通臉的多維度概念圖進行自我學習的轉換成就會優於使用搭配暖色系或冷色系方形的多維度概念圖教材。4.學生使用有學習內容相關動畫及無動畫圓形似卡通臉的多維度概念圖多媒體教材進行自我學習的轉換成就效果會優於使用傳統有動畫及無動畫的線性多媒體教材。5.學生使用搭配暖色系方形的多維度概念圖多媒體教材進行自我學習的轉換成就會優於使用傳統線性多媒體學習教材。

3. 學習動機效果方面

在學習動機效果方面，大致有以下幾點發現：1.學生使用多維度概念圖多媒體學習教材進行自我學習的學習動機會高於使用傳統無動畫的線性多媒體學習教材；而除了無動畫冷色方形多維度概念圖外，學生使用其他多維度概念圖學習教材的學習動機皆高於傳統有動畫的線性多媒體學習教材。2.學生使用與學習內容有關的動畫加入學習教材中進行自我學習的學習動機會高於使用沒有與學習內容有關動畫的學習教材。3.學生使用圓形似卡通臉形的概念圖多媒體教材進行自我學習的學習動機會高於使用方形的概念圖多媒體教材。4.學生使用暖色系的概念圖多媒體教材進行自我學習的學習動機會高於使用冷色系的概念圖多媒體

教材。5. 學生使用有動畫的暖色系圓形似卡通臉形的概念圖多媒體教材進行自我學習的學習動機是最高的。

4. 認知負載效果方面

在認知負載效果方面，大致有以下幾點發現：1. 學生使用多維度概念圖多媒體學習教材進行自我學習的認知負載會低於使用傳統線性多媒體學習教材。2. 學生使用與學習內容有關的動畫(如統計學圖表)加入學習教材中進行自我學習的認知負載會低於使用沒有與學習內容有關動畫的學習教材。

七、計畫成果自評

(一) 研究內容與計畫相符程度

本研究依照原計畫進行十種不同多媒體學習數位教材設計及進行教學實驗，計畫內容皆與原計畫相符。

(二) 達成預期目標情況

本研究預期完成之工作項目包括文獻蒐集與探討、理論架構之設立、十種多媒體學習數位教材之設計、進行實驗教學及撰寫研究報告。本研究之實證結果與原預期結果一致。本研究確實達成原計畫目標。

(三) 研究成果之學術與應用價值

本研究計畫延續申請人以往的概念圖一系列研究，再整合多媒體學習之認知與情意研究領域學者的一系列研究，進行研究主題之擬訂。研究計畫成果之貢獻如下：一、多媒體學習之研究已有一定歷史，但以往僅重視多媒體學習之認知效果，忽略了多媒體學習之情意效果，在近年來才由一些學者開始重視及研究，本研究計畫探討概念圖加入多媒體學習之情意與認知效果，能幫助多媒體學習研究的學者有更寬廣的設計構想。二、在實務上，動畫已被教師常應用在教學媒體設計上，但從 Mayer 等人所提出的看法及其他多媒體教材研究學者的實證結果顯示，動畫是否對多媒體學習教材有正面助益仍受到質疑，如何設計對多媒體學習教材有助益的動畫及其標準如何，也是未能定論；本研究以改善 Mayer(2005)的連貫性原則來設計與學習內容攸關的動畫，並實證考驗此設計原則是否能降低動

畫對學習者的外部認知負載之負面效應，對研究多媒體學習環境的學者及實務教師在設計多媒體學習教材時，會有相當大的參考價值。三、如同 Plass 等人(2014)所言，了解不同顏色與形狀之概念圖結合動畫之多媒體教材對學習者之不同情緒反應及其對情意與認知學習效果之影響，能讓概念圖多媒體教材設計者有更佳的設計指導方針。

本研究計畫之成果非常豐富，研究者以往對於概念圖研究議題發表於國際期刊已經有相當豐富的經驗，對於如何將研究計畫轉寫成符合教育類或資訊教育類 SSCI 國際期刊之文章，已具備相當能力。因此，相信本研究成果轉寫的論文也有極大機會發表於 SSCI 國際期刊，預計將改寫成的論文投稿於 *Computer & Education* 期刊(過去計畫主持人已有兩篇概念圖數位教材文章發表於此期刊)。另外，本研究成果所發展的多媒體學習數位教材也具有實務應用價值，可以應用於統計學教學現場；事實上，計畫主持人本身有出版應用統計學書籍，將在未來第二版結合此數位教材出書，希望更多老師能應用效果較佳的統計學多媒體學習數位教材。

(四) 是否適合在學術期刊上發表

本研究適合學術及實用上之價值，研究成果完全適合發表於學術期刊。

八、參考文獻

邱垂昌(2016)。應用統計學。台北:全華圖書股份有限公司。

邱垂昌、黃華山、謝佳惠(2004)。以超媒體輔助之概念圖建構教學教材之實證研究—以會計存貨教材為例。國立臺北師範學院學報(現刊改為教育實踐與研究), 17(2), 57-84。

黃華山、許莉雅、王怡舜、張振祥(2005)。網路課程體建構新方法。課程與教學, 8(3), 127-155。

Amadiou, F., Marin'e, C., & Laimay, C. (2011). The attention-guiding effect and cognitive load in the comprehension of animations. *Computers in Human Behavior*,

27, 36-40.

- Anderman, E. (2002). School effects on psychological outcomes during adolescence. *Journal of Educational Psychology, 94*, 795-809.
- Anderman, E., Eccles, J., Yoon, K., Roeser, R., Wigfield, A., & Blumenfeld, P. (2001). Learning to value math and reading: individual differences and classroom effects. *Contemporary Educational Psychology, 26*, 76-95.
- Baddeley, A. (1998). *Human Memory*. Boston: Allyn and Bacon.
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: A new component. *Science, 4*, 417-423.
- Chang, K. E., Sung, Y. T., & Chiou, S. K. (2002). Use of hierarchical hyper concept map in web-based courses. *Journal of Educational Computing Research, 27*(4), 335-353.
- Chiou, C. C. (2008). The effect of concept mapping on students' learning achievements and interests. *Innovations in Education and Teaching International, 45*(4), 375-387.
- Chiou, C. C. (2009). Effects of concept mapping strategy on learning performance in business and economics statistics. *Teaching in Higher Education, 14*(1), 55-68.
- Chiou, C. C., Lee, L. T., & Liu, Y. Q. (2012). Effect of Novak colorful concept map with digital teaching materials on student academic achievement. *Procedia – Social and Behavioral Science, 64*, 192-201.
- Chiou, C. C., Tien, L. C., & Lee, L. T. (2015). Effects on learning of multimedia animation combined with multidimensional concept maps. *Computers & Education, 80*, 211-223.
- Crawford, J. R., & Henry, J. D. (2004) The positive and negative affect schedule (PANAS): Construct validity, measurement properties and normative data in a large non-clinical sample. *British Journal of Clinical Psychology, 43*(3), 245-265.
- Dansereau, D. F. (1989, March). *Knowledge maps: An analysis of spatial verbal processing*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco.

- Deimann, M., & Keller, J. M. (2006). Volitional aspects of multimedia learning. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia, 15*, 137–158.
- Ebel, R. L. & Frisbie, D. A. (1991). *Essentials of educational measurement* (5th ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Edmondson, K. (1995). Concept mapping for the development of medical curricular. *Journal of Research in Science Teaching, 32*, 777-793.
- Ferry, B., Hedberg, J., & Harper, B. (1997). How do preservice teachers use concept maps to organize their curriculum content knowledge. *Journal of Interactive Learning Research, 9*, 83-104.
- Fiorella, L & Mayer, R. E. (2016). Eight ways to promote generative learning. *Educational Psychology Review, 28*, 717-741.
- Fraser, B. J. (1994). Research on classroom and school climate. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 493-541). New York: Macmillan.
- Frenzel, A. C., Pekrun, R., & Goetz, T. (2007). Perceived learning environment and students' emotional experience: A multilevel analysis of mathematics classrooms. *Learning and Instruction, 17*, 478-493.
- Garner, R., Gillingham, M. G., White, C. S. (1989). Effects of 'seductive details' on macroprocessing and microprocessing in adults and children. *Cognition and Instruction, 6*, 41-57.
- Hall, R.H., Dansereau, D. F., & Skaggs, L. P. (1992). Knowledge maps and the presentation of related information domains. *Journal of Experimental Education, 61*, 5-18.
- Hall, R. H. & O'Donnell, A. M. (1996). Cognitive and affective outcomes of learning from knowledge maps. *Contemporary Educational Psychology, 21*, 94-101.
- Hall, R. H., & Sidio-Hall, M. A. (1994). The effect of student color coding of knowledge maps and test anxiety on student learning. *Journal of Experimental*

- Education*, 62(4), 291-302.
- Harp, S. F., & Mayer, R. E. (1998). How seductive details do their damage: A theory of cognitive interest in science learning. *Journal of Educational Psychology*, 90, 414-434.
- Heidig, S., Müller, J., & Reichelt, M. (2015). Emotional design in multimedia learning: Differentiation on relevant design features and their effects on emotions and learning. *Computers in Human Behavior*, 44, 81-95.
- Huang, H. S., Chiou, C. C., Chiang, H. K., Lai, S. H., Huang, C. Y., & Chou, Y. W. (2012). Effects of multidimensional concept maps on fourth graders' learning in web-based computer course. *Computers & Education*, 58, 863–873.
- Isen, A. M., & Reeve, J. (2005). The influence of positive affect on intrinsic and extrinsic motivation: Facilitating enjoyment of play, responsible work behavior, and self-control. *Motivation and Emotion*, 29(4), 325.
- Lambiotte, J. G., & Dansereau, D. F. (1992). Effects of knowledge maps and prior knowledge on recall of science lecture content. *Journal of Experimental Education*, 60, 189-201.
- Lee, M., & Baylor, A. L. (2006). Designing metacognitive maps for web-based learning. *Educational Technology & Society*, 9(1), 344-348.
- Legman, S., Scraw, G., McCrudden, M. T., & Hartley, K. (2007). Processing and recall of seductive details in scientific text. *Contemporary Education Psychology*, 32, 569-587.
- Mayer, R. E. (1997). Multimedia learning: Are we asking the right questions. *Educational Psychologist*, 32, 1–19.
- Mayer, R. E. (1999). *Multimedia Learning*, Cambridge University Press, New York.
- Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: Using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 13, 125–139.
- Mayer, R. E. (2005). *Cognitive theory of multimedia learning*. New York, NY:

- Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2014). *Computer games for learning: An evidence-based approach*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Mayer, R. E., & Estrella, G. (2014). Benefits of emotional design in multimedia instruction. *Learning and Instruction, 33*, 12-18.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2002). Animation as an aid to multimedia learning. *Educational Psychology Review, 14*, 87–99.
- Mayer, R. E. & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Education psychologist, 38*, 43-52.
- McRobbie, C. J., & Fraser, B. J. (1993). Associations between student outcomes and psychosocial science environment. *Journal of Educational Research, 87*, 78-85.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits of our capacity for processing information. *The Psychological Review, 63*(2), 81-97.
- Moreno, R. (2005). Instructional technology: Promise and pitfalls. In L. PylikZillig, M. Bodvarsson, & R. Bruning (Eds.) *Technology-based education: Brining researchers and practitioners together* (pp. 1-19). Greenwich, CT: Information Age Publishing.
- Moreno, R. (2006). Does the modality principle hold for different media? A test the method-affects-learning hypothesis. *Journal of Computer Assisted Learning, 22*, 149-158.
- Moreno, R. & Ortegado-Layne, L. (2008). Do class room exemplars promote the application of principles in teacher education? A comparison of videos, animations, and narratives. *Education Technology Research and Development, 56*, 449-465.
- Mousavi, S. Y., Low, R., & Sweller, J. (1995). Reducing Cognitive Load by Mixing Auditory and Visual Presentation Modes. *Journal of Educational Psychology, 87*, 319–334.

- Novak, J. D. (1990). Concept mapping: A useful tool for science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 937-950.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. New York: Cambridge University Press.
- Paas, F. G. W. C. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 84(4), 429-434.
- Paas, F. G. W. C., & Van Merriënboer, J. J. G. (1994). Variability of worked examples and transfer of geometrical problem-solving skills: A cognitive load approach. *Journal of Educational Psychology*, 86(1), 122-133.
- Paivio, A. (1986). *Mental representation: A dual coding approach*. Oxford, England: Oxford University Press.
- Park, B., Flowerday, T., & Brünken, R. (2015). Cognitive and affective effects of seductive details in multimedia learning. *Computers in Human Behavior*, 44, 267–278.
- Park, B., Knorzner, L., Plass, J. L., & Brünken, R. (2015). Emotional design and positive emotions I multimedia learning: An eyetracking study on the use of anthropomorphisms. *Computers & Education*, 86, 30-42.
- Park, B., Korbach, A., & Brünken, R. (2015). Do learner characteristics moderate the seductive-details-effect? A cognitive load-study using eye-tracking. *Educational Technology & Society*, 18, 24–36.
- Park, B., Moreno, R., Seufert, T., & Brünken, R. (2011). Does cognitive load moderate the seductive details effect: A multimedia study. *Computers in Human Behavior*, 27, 5–10.
- Park, B., Plass, J. L., & Brünken, R. (2014). Cognitive and affective processes in multimedia learning. *Learning and Instruction*, 29, 125–127.
- Pekrun, R., & Perry, R. P. (2014). A control-value theory of achievement emotions. In

- R. Pekrun, L. Linnenbrink-Garcia (Eds.) *International Handbook of Emotions of Education* (pp. 120-141). New York: Taylor & Francis.
- Pekrun, R., Goetz, T., Titz, W., & Perry, R. P. (2002). Academic emotions in students' self-regulated learning and achievement: A program of quantitative and qualitative research. *Educational Psychologist, 37*, 91–106.
- Plass, J., Moreno, R., & Brünken, R. (Eds.) (2010). *Cognitive load theory*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Plass, J. L., Heidig, S., Hayward, E. O., Homer, B. D., & Um, E. (2014). Emotional design in multimedia learning: Effects of shape and color on affect and learning. *Learning and Instruction, 29*, 128–140.
- Riva, G. Mantovani, F., Capideville, C. S., Preziosa, A., Morganti, F., Villani, D., et al. (2007) Affective interactions using virtual reality: The link between presence and emotions. *CyberPsychology & Behavior, 10*(1), 45-56.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science, 12*, 257-285.
- Sweller, J. (1999). *Instructional Design in Technical Areas*, ACER, Camberwell, Australia.
- Tindall-Ford, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1997). When two sensory modes are better than one. *Journal of Experimental Psychology: Applied, 3*, 257-287.
- Turner, J., Midgley, C., Meyer, D., Gheen, M., Anderman, E., & Kang, Y., et al. (2002). The classroom environment and students' reports of avoidance behaviors in mathematics: a multi-method study. *Journal of Educational Psychology, 94*, 88-106.
- Um, E., Plass, J. L., Hayward, E. O., & Homer, B. D. (2012). Emotional design in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology, 104*, 485–498.
- Urhahne, D., Chao, S. H., Florineth, M. L., Luttenberger, S., & Paechter, M. (2011). Academic self-concept, learning motivation, and test anxiety of the underestimated student. *British Journal of Educational Psychology, 81*, 161-177

- van Merriënboer, J. J. G. (1997). *Training Complex Cognitive Skills*, Educational Technology Publications, Englewood Cliffs, NJ.
- Watson, D., Clark, L. A., & Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales *Journal of Personality and Social Psychology*, *54*(6), 1063-1070.
- Westermann, R., Spies, K., Stahl, G., & Hesse, F. W. (1996). Relative effectiveness and validity of mood induction procedure: A meta-analysis. *European Journal of Social Psychology*, *26*(4), 557-580.
- Wittrock, M. C. (1974). Learning as a generative activity. *Educational Psychology*, *11*, 87-95.