

應用認知負荷理論於資訊融入教學之探析：以 國小四年級等值分數為例

許睿恩¹、劉曼麗²

¹國立屏東大學科普傳播學系研究生

²國立屏東大學科普傳播學系教授

摘要

本研究旨在運用 PPT 教材進行教學，探討「等值分數」教學之實施歷程與學童學習成效。研究者對五位四年級生進行「等值分數」教學。本研究以質性為主、量化為輔的方式進行資料分析。以課中學習單、錄影資料以及回饋單等質性資料，探討「等值分數」教學之實施歷程；以課前評量單試卷與課後評量單試卷之紙筆測驗結果，探討研究對象在「等值分數」之學習成效。

關鍵字：等值分數、PPT 教材、認知負荷、資訊科技

壹、緒論

「分數概念」的學習是國小數學教育中的主要課程之一，不論是九年一貫還是現今的十二年國教都是如此。由 108 課綱數學學習領域第二、三階段（三至六年級）的 44 個能力指標中，「分數」就佔了 10 個（教育部，2018），近四分之一的內容都是在學習分數，足以表示分數課程的重要性。但許多國內外的學者研究指出，學生在分數這個領域的學習是困難的（洪素敏，2004；林右姍，2007；Annette R Baturu,2004）。

學習分數之所以困難，關鍵在於分數的概念是一個具有多重意義的數學概念，在日常生活中常透過不同面貌來呈現，令學童在學習時造成諸多的困擾。現今的教育現場，時常可見以教導公式為主的教學方式，強調公式計算的同時卻忽略了分數概念的理解，因此諸多學童依賴背誦公式的方式學習數學，一旦忘記計算方式便錯誤百出。再者，課程教材上，一般在教導完基本概念之後便會立刻要學童透過解題來練習，以強化學童的概念並熟記內容，然而在練習的題型多於課堂中所示範的題型（黃佑家，2013），結果學童不僅沒有熟悉內容，反而因為不理解而產生迷思概念，甚至對數學這個學科感到挫折。

依認知負荷理論的觀點來看（Sweller，1998，2006，2007，2010），人類的認知資源是有限的。如果學習活動所需要的認知資源超出學童所能運用的，則會造成學童的認知負荷過重，導致學童的認知系統無法負載，進而在心理或生理引起焦慮、壓力與苦惱等負面感知，並影響學習的表現。筆者在教學現場也發現相同的問題，一開始學習「分數乘以整數」單元時，若是先備知識不夠充足，也就是不具備完整的「等值分數」概念，學童往往會將「分數乘以整數」與「擴分」搞混，認為分數乘以整數就是將分子與分母同時乘以整數。因此，如何透過對教學活動的設計，降低學童外在的認知負荷以及增加增生的認知負荷，進而提升其學習成效，即是認知負荷理論所追求的目標。

許多研究學者指出，透過 PowerPoint 將數學概念以圖像加以表徵，製作成數學 PPT 簡報，透過圖像化的數位化教學設計，能有效降低學童學習的認知負荷，使學童對分數概念產生興趣並提升學習意願（張家瀛，2017；吳宛蓉，2018）。而簡報教學比傳統講述式教學更具快速、便捷等特性，可以快速支援學習，搭配上科技產品（筆記型電腦、平板、投影機等）可有效節省書寫板書的時間，亦能吸引學童注意，使學習效果更好。綜合上述，本研究擬針對「等值分數」此分數單元加以探究，藉由劉曼麗（2017）所開發的 PPT 教材做為研究工作，探究以下研究問題：

一、運用 PPT 分數教材實施「等值分數」教學之實施歷程為何？

二、經過 PPT 分數教材進行「等值分數」教學後，學童的學習成效為何？

貳、文獻探討

一、等值分數的意義

九年一貫課程綱要（教育部，2003）從符號操作的觀點，將等值分數定義為：一個分數的分子、分母同乘以一個整數，所得到的分數稱為原分數的擴分。一個分數的分子、分母同除以一公因數，所得到的分數稱為原分數的約分；擴分或約分後所得到的分數，其值與原分數相同，稱之為等值分數。要從整數延伸學習到有理數，「等值分數」是一個很重要的關鍵概念，不僅如此，對日後學習「分數比較大小」、「擴分、約分和通分」、「異分母分數加減」等單元，都佔了相當重要的地位。

等值分數是分數概念中一個重要的子概念，在國小四年級及五年級的課程裡都有加入等值分數概念的學習，其重要性可見一般。然而有研究指出，許多學童在學習等值分數概念時，常遭遇瓶頸，學童能以公式或口訣來進行等值分數的計算，卻無法在圖形上以想像分割線的方式呈現並說明約分、擴分的意義，未能真正的瞭解等值分數的概念（謝哲仁、蕭登仲，2005；王淵智，2005）。此外，呂玉琴（1911）發現，有相當多的國小五、六年級學童，即使受過等值分數的教學，仍然不認為 $\frac{1}{2} = \frac{2}{4}$ 。同時，在連續

量的分數問題中也發現，國小四、五年級的學童不認為 $\frac{1}{2} = \frac{2}{4}$ 的理由有程度上的差異。

然等值分數是國小階段分數學習相當重要的一個概念，在日後五年級學習「擴分、約分與通分」、「異分母分數加減」、「異分母分數的大小比較」等單元，以及六年級的「分數四則運算」、「比與比值」等單元都有著直接的關係，學童若在學習等值分數發生困難，無法在表徵之間自由的進行轉換，或者在圖形上以想像分割線或忽視分割線的方式來求等值分數，那麼就算強記口訣或算則來進行解題，卻還是無法瞭解其中的意涵，對於學童未來數學領域的發展極為不利。

二、認知負荷理論與資訊融入教學

近十年來，認知心理學領域中有關於認知負荷理論的研究越來越多，透過 Sweller、

Paas、Yeung……等人將其理論觀念擴充並應用到教育研究上，使得負荷認知理論逐漸受到重視。

（一）認知負荷的來源與教學設計

Marcus、Cooper 和 Sweller（1996）在探討認知負荷理論和教學的研究中，認為教學過程中影響認知負荷的因素有三個：分別是 1、先備經驗，指的是人類儲存在長期記憶中的基模，是個體在學習前可以實際運用的知識。個體若能將新的訊息與大腦裡長期記憶中的基模結合（先備知識或先備經驗），便能將運作記憶體（短期記憶）的負荷量降低，對於學習也會感到容易理解。2、要素互動性，要素（element）是造成認知負荷的另一個原因。要素係指教學活動中，學習者所需學習的知識單位。若學習教材的要素可被單獨學習，不需要與其他的要素進行聯結，學習過程中會產生低的要素互動性。此時，因運作記憶只需要單獨處理此要素，故內在認知負荷較低。3、組織，不同的訊息具有不同的特性，應採用最適宜的方式來處理，才能避免認知負荷的產生。例如研究發現，圖形較適合採用平行式的方式處理；文字則更適合採用序列的方式處理。只有恰當的時候使用恰當的方式，才能令訊息呈現成為有價值、有效的信息。。

Sweller、Van Merriënboer 和 Paas（1998）認為若要使教學設計能令學習者達成基模的建構與自動化，必須藉助運作記憶體的處理，因此訊息在運作記憶中的處理，成為認知負荷理論關注的焦點。

1.內在認知負荷（intrinsic cognitive load）

內在認知負荷主要受到要素間關聯程度影響，與教學教材呈現的方式無關。學習者面對單一要素時，因不需花費大量的運作記憶體即可對該要素所有了解，因此內在的認知負荷會較低，但當學習者面對要素關聯性較高的內容時，短時間內運作記憶體置入太多要素，導致產生較高的內在認知負荷。內在認知負荷不容易靠教材設計的改良而降低，因此，在某一個領域的專家會比新手學習該領域的知識來的更快也更容易。

2.外在認知負荷（extraneous cognitive load）

相同的教材內容以不同的方式呈現時，會令訊息接收者產生不同程度的認知負荷，這樣子的負荷則稱之為「外在的認知負荷」。若教材的資料呈現方式或訊息組織等方面設計不當時，將會佔用工作記憶資源，產生較高的外在認知負荷。因此，教師在設計教材時應考量適時採用多媒體及教具來輔以學習者減輕外在認知負荷，讓學習者能運用有

限的運作記憶體來處理訊息。

3.增生的認知負荷（germane cognitive load）

增生的認知負荷是指在學習過程中，可以促進認知的負荷，故為「有效的認知負荷」，也就是指學習者在處理訊息並建立基模自動化時所投入的心智努力，學習者對於學習任務越投入，所使用的工作記憶量就越大。適當的教學活動設計與教材呈現方式，能吸引學童專注於學習，學童越專注，學習效果則越好。而增生認知負荷雖然會增加學習者的負荷感，卻可幫助建構自動化的基模，其方法如：問學生問題、提出相似的例題讓學童完成等。

（二）認知負荷理論與多媒體學習理論

人類對於新訊息或新事物的接收與理解，需要借重運作記憶體對訊息的處理，並使之轉為長期記憶儲存在大腦裡。認知負荷理論以運作記憶體的容量有限、長期記憶的容量無限，以及基模自動化運作為其假定（黃柏勳，2004），主要目的在於希望能在兼顧訊息架構和學習者認知結構之下引導教學設計，並聚焦於如何讓有限的運作記憶體能順暢運作，使得學習成效提升。

Gerjets 和 Sheeciter（2003）的認知負荷理論概念（如圖 2）將其架構分為三個層面，「學習者活動」包含學習者學習目標和處理策略；「教師目標」一方面影響學習者活動，另一方面則影響學習者活動產生的外在認知負荷與增生認知負荷的歷程；「專門知識」除了影響內在認知負荷，同樣影響處理策略。

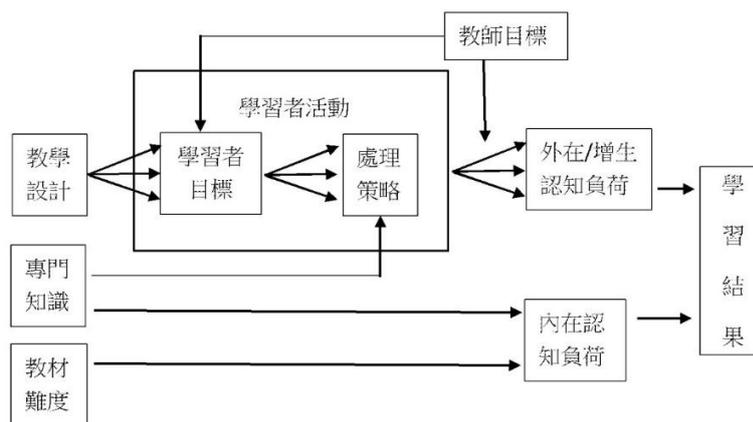


圖 2 Gerjets 與 Sheeciter 的認知負荷理論概念架構圖（譯自 Gerjets & Sheeciter, 2003, p.36）

此外，由教學實務面向來看，多媒體已成為資訊融入教學的重要角色，教師常用多媒體進行教學，藉由媒體將教學內容加以呈現，關於多媒體學習理論，以 Mayer 和 Moreno（2003）的多媒體學習理論較廣為人知，如圖 3。其論點是在多媒體學習上，學習者經由視覺、聽覺（包含圖像和聲音）這兩種方式來接收資訊，並對所接收的資訊主動處理並加以關聯，使之成為有意義的學習活動。Jones 和 Plass（2002）以 Mayer 的理論作為基礎的研究更發現，圖像和文字結合而成的動態圖示，能使學童主動建立基模，促進產生多重表徵，更有助於學童形成長期記憶，減輕學童的學習認知負荷。

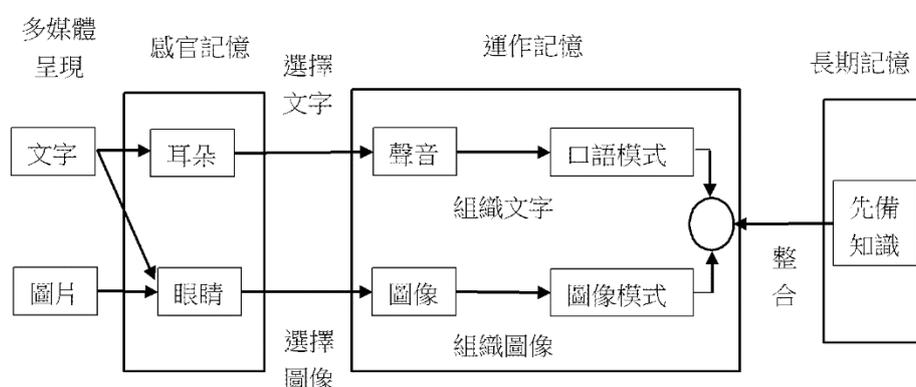


圖 3 Mayer & Moreno 的多媒體學習理論（譯自 Mayer & Moreno, 2003, p.44）

Kemp（1985）研究發現，將多媒體教材融入教學，對於教學的過程有幾項具體的貢獻：

1. 引發學童的興趣：多元化的多媒體教材能將教學內容變得豐富有趣，活潑生動的影像效果則能使學童更專心於學習。
2. 縮短教學時間：多媒體教材透過多元化的展現方式，幫助教學節省教學時間，令師生的時間更具有效化。
3. 提升教學品質：多媒體教學具體生動的圖文以及動態圖示效果，皆透過教學者的精心規劃，給予學童有別於紙本授課的生動體驗。
4. 提升學習者的學習成效與學習動機，使學童自發性的積極學習。
5. 教師善用多媒體教學，能增進師生互動的情誼。

6.多媒體教學可設計成個別化使用，學童可以隨時隨地學習，不受環境與時間限制。

善用多媒體教學，教師在教學時能擺脫單純口述的形式，無需攜帶、使用教具，化繁為簡、化難為易、化靜為動，將學童不易理解的抽象知識以直觀的方式展現於學童面前，藉由多感官的「刺激」促進學童對知識的理解，再搭配教師一連串環環相扣的教學設計與策略，才能令教師的教學與學童的學習達到最佳的效果。

綜合上述，可以瞭解學習者在透過多媒體學習的歷程中，學習者對於教材內容的接收，也就是資訊科技融入教學中多媒體（文字與圖像）呈現方式等，將會影響學習者對於資訊處理歷程中（選擇、組織及整合）記憶運作，並涉及心智負荷與心智努力程度，產生和學習相關的認知負荷。除學習者本身的訊息處理等心智能力外，資訊融入教學的教學設計中，多媒體運用方式（教材呈現方式、文字與圖像的運用方式）也會影響學習者認知負荷的多寡。

（三）PPT 數學教學簡報的相關研究

科技發達的現今，教師可以透過資訊融入彌補許多傳統教學不足之處，可以減少書寫板書的時間和掛圖所無法提供的動畫功能，因此在教學現場中常可見各科目教師在授課時會使用資訊融入教學，教師透過選擇適當的電腦輔助軟體，除了可以針對學童個別需求設計課程之外，也能針對特定觀念或是特殊題型做大量的練習。

教學上所運用的多媒體教材是希望藉由聲光、影音來呈現概念與知識，以一種具體化的面貌幫助學童學習抽象的知識。教學現場時常藉由掛圖或黑板繪圖等方式利用圖像表徵進行教學，但掛圖或黑板繪圖費時費力，又不容易保存、修改及分享。這些缺點可藉由資訊科技融入教學來解決（吳金聰、戴翠華、譚寧君、劉曼麗，2011），而 PPT（PowerPoint）就是各種資訊軟體中最簡單、普遍的一種。以 PPT 的功能將數學概念加以動態圖像化所製成的教學簡報，可協助學生瞭解題意，促進學習動機進而產生學習興趣（吳金聰，2013；王敏娜，2012），教學過程中能令學童反覆操作，將抽象的數學概念以動畫或圖片的方式呈現，增進學童數學概念的建立，有助於學童學習（吳金聰、劉曼麗，2013；譚寧君，2007）。

PPT 是資訊科技下多媒體的產物，搜尋文獻時可發現它被廣泛運用於各領域。在臺灣博碩士論文加值系統中輸入「資訊融入」，以此為關鍵字查詢論文可以搜尋到 461 筆，在這範圍內再以「數學」做為搜尋條件搜尋可以找到 265 筆資訊。其中以 PPT 教學簡報融入數學教學之相關研究列舉如表 1。

表 1 PPT 簡報融入數學教學之相關研究一覽表

研究者 (年代)	研究題目 (研究方法)	研究結果
吳宛蓉 (2018)	運用 PPT 教材與差異化教學策略進行中年級分數補救教學之行動研究 (行動研究)	<ol style="list-style-type: none"> 1. PPT 教材多元的動態圖像表徵能協助學生對概念形成心像以幫助解題。 2. 善用 PPT 教材與差異化教學策略可協助教師進行混中有序的補救教學與建構教學模式。 3. 學生在概念性知識、程序性知識、應用與解題三方面的迷思概念或錯誤也獲得改善，顯示 PPT 教材與差異化教學策略所進行的補救教學能增進低成就學生在中年級分數的學習成效。
張家瀛 (2017)	資訊融入教學對國小數學學習態度影響之探究－以簡報軟體輔助乘法單元教學為例 (準實驗研究－不等組前、課後評量單設計)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學生在接受簡報軟體輔助教學後，全體學生對「數學學習態度」的改變有顯著差異，學生較願意學習數學。 2. 在性別方面，男學生在接受簡報軟體輔助教學之後，對於「數學學習態度」有顯著的改變，而女學生則無太大的變化，顯示性別對於資訊融入教學有一定的影響。
施宜明 (2016)	資訊融入國小三年級數學分數單元教學之行動研究 (行動研究)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 教師運用資訊融入國小三年級數學分數單元教學需具備資訊能力方能克服問題。 2. 學生對資訊融入國小三年級數學分數單元教學之學習成效有顯著性的提升。 3. 除了學習成效，對於學生的學習興趣也有顯著性的提升。 4. 透過前、課後評量單可知，資訊融入教學能取得良好的教學成效。
吳蕙茹 (2015)	簡報軟體融入教學對國小學童數學學習成效之研究 (準實驗研究)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 靜態圖示可以提供文字不易解釋的空間感與圖像表徵，幫助訊息的聯結及組織，降低認知負荷、詮釋意義與轉變知識的形態而在認知功能上與文字發揮互補的功能。 2. 教師應兼顧各學科領域知識的邏輯結構，以及學生的認知結構，並且在新教的學科領域概念須奠基在學生舊有的先備知識之上，透過教學聯結舊有概念與新知識。

蘇玲蓉 (2015)	資訊科技融入國小 六年級數學速率單 元補救教學之行動 研究 (行動研究)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 數學學習落後學童對速率的解題失敗原因在於先備知能不足、文意無法理解或理解有困難、對於文字和概念無法產生聯結。 2. 造成學生速率解題失敗的原因可細分為對先備知識有迷失概念、缺乏換算技能、閱讀理解能力不足、長期解題失敗造成自信心喪失。 3. 運用簡報教學可以補足先備知能不足的問題，亦可澄清速率的迷失概念，進而提昇學生的學習成效，學後保留成效亦顯著。
---------------	--	---

隨著電腦科技的發展，教育部（2018）認為學童應培養科技知識與產品使用的技能，教師的專業素養應重視運用科技知識與方法之能。許多研究也顯示，越來越多的教師企圖運用各種資訊軟體來增進學童的學習成效，提升學童的學習興趣，增添學習功效。Office 軟體為每部電腦所必備，PPT 的便利性為每個人都容易使用及操作，在數學教學的運用上，除了使教師的教學更具效能外，亦能減少教師書寫板書的時間，同時增進學童對數學的學習喜好，是最具資訊科技功效的教學軟體。

筆者從資訊融入教學的諸多研究中發現，除了資訊科技運用在教學上能獲得不錯的成效外，更從簡報融入教學的理論中，發現運用簡報的文字結合圖像製成動態圖示，有助於學童的學習，使其增長長期記憶的容量，增進數學學習的效能。

參、研究方法

本研究根據前述研究目的與相關文獻整理，運用 PPT 教材融入「等值分數」教學，利用個案研究的方式，透過 PPT 教材的動態圖示與圖像表徵協助學童對「等值分數」概念的理解，藉由多媒體來呈現抽象的分數概念，降低學童的外在認知負荷以及增加增生的認知負荷，並透過師生對話來增加學童的專注度，以增加有益於學童學習的增生認知負荷。

一、參與學童

屏東縣國民小學五位四年級學童，為方便於研究的進行，參與學童為教學者自己所教授之學生，因此樣本的選取為便利取樣，樣本學童來自不同的國民小學，五位學童中，其中三位學童個性較活潑好動，上課發言較為踴躍，另外兩位學童則較為害羞，主

動性不高，但老師點名還是願意開口回應。平時成績落差較大，除了兩位學童平均成績高於 90 分以上外，另外三名學童平均成績落在 60 到 80 之間。

實施時間為四年級下學期第二次月考過後，學童已於第一次月考時學習過「等值分數」，進行課前評量單後發現，只有 S3 與 S5 外具有較完整的等值分數概念。

二、PPT 教材

本研究使用之 PPT 教材，是由劉曼麗教授（2017）與其研發團隊開發的一套國小分數數位教材，本研究取其「等值分數」單元進行教學，其內容包含課前評量單、課中學習單、課後評量單及 PPT 教材。會選擇此套教材的原因是因為研究者曾參與教材的試用，對教材的內容及使用具有一定程度的瞭解，且從審查者點出的優點，可瞭解此套教材的特色。摘錄如下（劉曼麗，2017）：

1. 教材以強調「分數概念本質之理解」的教學觀所設計，適用於國小各年級分數主題教學使用，尤其是「分數概念理解不佳」之學童更是適合。
2. 同步出現「具體圖像、數字、算式與關鍵提示詞句」的輔助學習動態畫面，幫助學童在閱讀題目的同時，也能透過關鍵提示來理解題意。
3. 動態圖像的教學簡報又具有分解動作，可幫助教材做細緻鋪陳，逐步引導學生從解題中循序漸進形成新概念，並獲得算則及理解其原由。如在「等值分數」單元，學童可以透過動態圖示看到同樣大小的圓，透過不同的分割方式，形成塗色面積相同的圖形，藉此幫助學童在心中形成心象，理解「等值分數」的意義（見圖 4）。

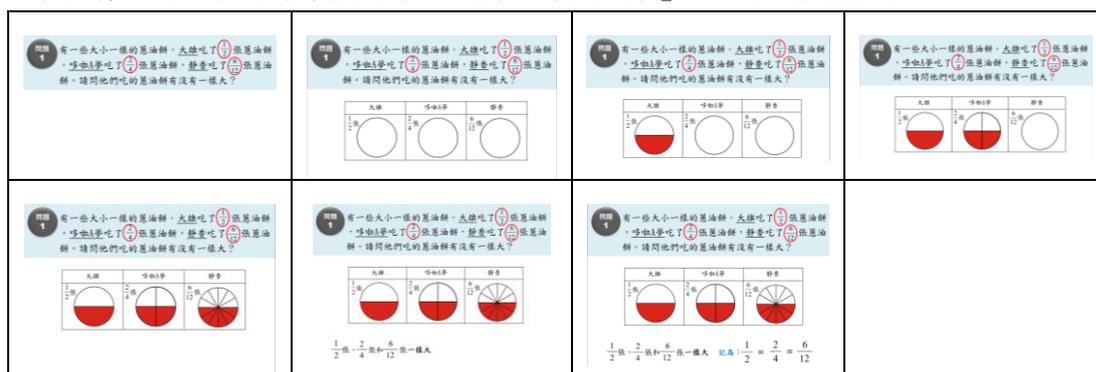


圖 4 「等值分數」單元動態圖示呈現舉隅

4. 每學習完一個概念，會透過「學習小錦囊」將核心概念做統整（見圖 5）。單元的最後則經由「學習再進擊」提問，適時引入學生易犯之迷思概念，提供學童機會進行反思以澄清迷思概念或穩固正確概念（見圖 5）。



圖 5 「等值分數」單元動態教材舉隅圖

5. 本套 PPT 分數數位教材以九年一貫課程綱要數學學習領域（教育部，2008）所涉及的分數能力指標與其內涵為依據，針對不同的分數主題皆設計課前評量單、課中學習單、課後評量單以及 PPT 教材，教學架構具一致性，方便老師使用與教學。

綜合上述，研究者希望借重此套教材的特色進行「等值分數」教學，藉由 PPT 教材圖像與文字的結合形成的動態圖示，讓學童能更加瞭解抽象的「等值分數」概念，藉此降低外在的認知負荷及增加增生的認知負荷。此外，研究者亦期望能藉由 PPT 教材融入教學，為學童帶來有別於傳統教學的耳目一新，透過動態圖示及師生對話來提升學童的專注度，引起學童自主學習的動力，以增加增生的認知負荷。

三、教學模式

教學時，教師會藉由投影機將 PPT 教材內容投射在螢幕的方式上課，教師可依學生的學習狀況，透過滑鼠或簡報筆呈現教學內容。教學過程中，可視學生的反應搭配小組討論、教師講述或請學生先上台解題等方法教學。本研究的教學模式如下（圖 6）：

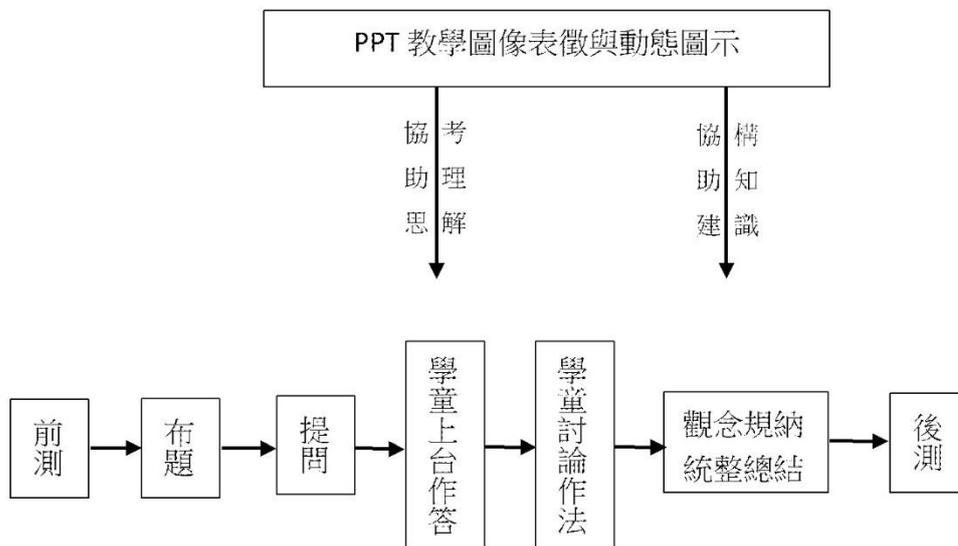


圖 6 PPT 融入教學模式

此模式透過課前評量單得知學童「等值分數」單元概念不足之處，利用布題的方式引導學童思考，端看學童課堂中的反應，教師可試著讓感興趣或主動性高的學童試著上台回答問題，由於 PPT 教學是利用投影機投射到黑板，可以讓學童反覆上台練習或答題，不會因為反覆畫圖而浪費了上課的時間；教師也可以直接引導學童答題，再讓其餘學童發表意見（同意或者不同意，原因是什麼），最後再由教師將觀念規納並統整。

教學活動結束，需透過課後評量單來瞭解學童在經過 PPT 教學後，是否建立正確的概念，若課後評量單結果不甚理想，則必須透過再次引導觀念，將不理解的迷思概念加以處理。

四、資料蒐集與分析

本研究以「個案研究」的方法探究簡報融入分數教學的實施情形，因此過程中應從不同向度做資料的蒐集，方能掌握研究的焦點。茲將資料的蒐集、整理與分析分述如下：

1. 教學者部分

在本研究中，研究者即為教學者，在教學活動進行時全程錄影，包括研究者上課

時引導的話語、學童解題過程、師生互動以及現場活動等紀錄，以期日後對教學原貌做最真實的還原。

2. 學生部分

(1) 課前評量單與課後評量單

學童於教學前填寫課前評量單，研究者會當場批改，立即檢視學童狀況，以便課程中能針對其迷思概念做講解，從中瞭解學童概念轉變情形。課後會請學童填寫課後評量單，確認概念是否確實理解吸收。

(2) 課中學習單

課堂中會讓學生將 PPT 教材上所教授的內容填在學習單上，透過具體動手畫出圖像表徵加深印象。

(3) 學習感受問卷

在整個教學活動後會請學童填寫學習回饋單，學童檢視自己的學習狀況，以開放式的心得書寫，記錄學童自己的學習收穫，研究者亦可藉此瞭解整個教學活動學生情意方面的感受。

(4) 訪談

在學童的訪談部分，由於學童人數較少，五個人均可進行訪談，方便了解其學習成效，過程均採錄音之方式來蒐集資料，事後再轉譯成訪談原案，以作為分析研究對象分數概念之形成的原因以及是否改變之依據。

肆、研究結果

一、學童在課前評量單的整體答題表現

研究者先將每位學童在課前評量單答對題數換算成答對率整理如下表 2：

表 2 學童在課前評量單之答對題數

學童	S1	S2	S3	S4	S5
課前評量單(10)	3 (30%)	4 (40%)	10 (100%)	2 (20%)	9 (90%)

除了 S3 與 S5 具有較完整的等值分數概念外，其餘三位學童的等值分數概念並不理想。S1、S2 與 S4 等三位學童，在填寫第一大題應用題比大小的題型時，都出現了同一種錯誤。如下圖：

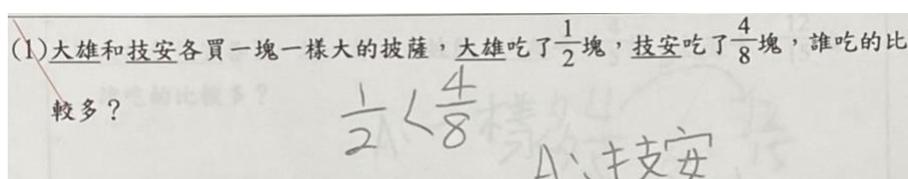


圖 7 S1 學童課前評量單作答情形

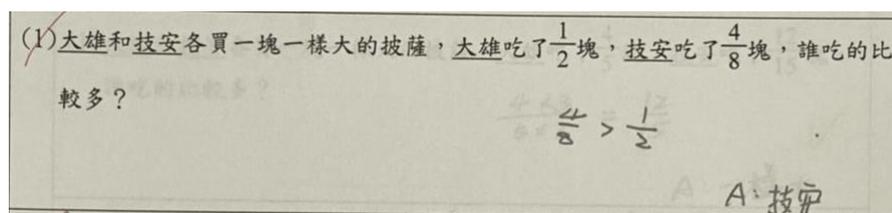


圖 8 S2 學童課前評量單作答情形

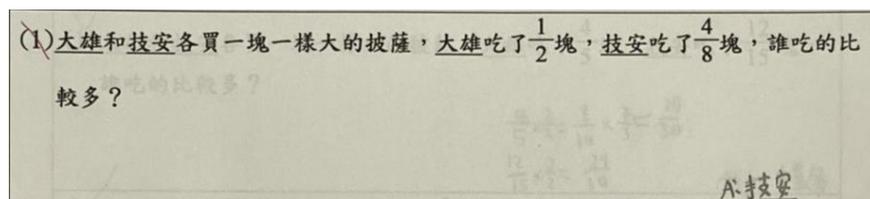


圖 9 S4 學童課前評量單作答情形

呂玉琴（2009）認為，在比較兩個單位分數的大小時，學童主要的錯誤類型是受到整數學習的影響：一只看分母，認為分母的數字比較大的分數值就比較大；二只看分子，認為分子的數字比較大的分數值就比較大；三同時查看分母與分子，若無法比較，則改回只看分母或分子。詢問學童為何會認為 $\frac{4}{8} > \frac{1}{2}$ ，S1 的回應是「因為 8 大於 4」，而 S2 與 S4 的回應則都是「因為分母的 8 大於另一個分數的分母 4，分子的 4 也大於另一個

分母的 2，所以 $\frac{4}{8} > \frac{1}{2}$ 。」無論題目是以文字的描述方式或分數符號的呈現方式，學童都有一樣的迷思概念，如下圖：

2. 比比看，在()中填入>、<或=。	
(1) $\frac{2}{3} \square \frac{5}{6}$	(2) $\frac{2}{2} \square \frac{6}{6}$ ✓
(3) $\frac{7}{12} \square \frac{1}{2}$	(4) $\frac{2}{5} \square \frac{6}{15}$

圖 10 S1 學童課前評量單作答情形

2. 比比看，在()中填入>、<或=。	
(1) ✓ $\frac{2}{3} \square \frac{5}{6}$	(2) $\frac{2}{2} \square \frac{6}{6}$
(3) ✓ $\frac{7}{12} \square \frac{1}{2}$	(4) $\frac{2}{5} \square \frac{6}{15}$

圖 11 S2 學童課前評量單作答情形

2. 比比看，在()中填入>、<或=。	
(1) ✓ $\frac{2}{3} \square \frac{5}{6}$	(2) $\frac{2}{2} \square \frac{6}{6}$
(3) ✓ $\frac{7}{12} \square \frac{1}{2}$	(4) $\frac{2}{5} \square \frac{6}{15}$

圖 12 S4 學童課前評量單作答情形

二、實施歷程之探討

1. 利用 PPT 教材題目中紅色標記，增強題目的解讀，降低外在認知負荷，師生對話增加增生認知負荷

研究者利用 PPT 教材佈題時，會借助題目中紅色標記的提示（如圖 13），輔以問話詢問學童為什麼蔥油餅一定要大小一樣？ $\frac{1}{2}$ 張蔥油餅是什麼意思？平分成幾等份？取其中幾等份？藉此呈現方式協助學童理解題意。由於教材呈現的方式不同，會令訊息接收者產生不同程度的外在認知負荷，而 PPT 分數教材透過紅色標記呈現題目的關鍵重點，能令學童在閱讀題目時，幫助學童準確提取解題的重要線索，如此便可運用有限的運作記憶體來處理訊息，幫助學童更快抓到題意。此外，藉由不斷發問的方式刺激學童思考（如圖 14），亦可吸引學童保持專注，進而提升增生認知負荷。

問題 1 有一些大小一樣的蔥油餅。大雄吃了 $\frac{1}{2}$ 張蔥油餅，哆啦A夢吃了 $\frac{2}{4}$ 張蔥油餅，靜香吃了 $\frac{6}{12}$ 張蔥油餅。請問他們吃的蔥油餅有沒有一樣大？

問題 2 1盒有15個花片，媽媽拿走 $\frac{3}{15}$ 盒，大雄拿走 $\frac{1}{5}$ 盒，請問他們拿得花片有沒有一樣多？

圖 13 PPT 紅色標記，增強學童對題目的解讀

	<p>(讀題完)</p> <p>T：大雄吃了 $\frac{1}{2}$ 張，哆啦A夢吃了 $\frac{2}{4}$ 張，靜香吃了 $\frac{6}{12}$ 張，數字看起來都不一樣，要怎麼比呢？</p> <p>SS：都是一半啊</p> <p>T：要怎麼知道都是一半？</p> <p>SS：數字都是一半啊</p> <p>S5：1 是 2 的一半，2 是 4 的一半，6 也是 12 的一半</p> <p>T：除了這個說法之外，還有其他的方式嗎？</p> <p>S3：用畫的</p> <p>T：那有人要上來畫畫看嗎？</p> <p>SS：我我我</p>
--	--

圖 14 輔以問話刺激學童思考，增強對題目的理解

2. 運用畫畫看、分分看、圈圈看及 PPT 動態圖示，幫助學童理解「等值分數」在不同情境中的意義，降低外在認知負荷並增加增生認知負荷

(1) 連續量情境中

依循著 PPT 教學之引導，藉由題組之問句先刺激學童思考，再讓學童上台動手畫畫看，以及台下學童提出自己的想法，可以讓學童理解大雄吃的 $\frac{1}{2}$ 張蔥油餅，和哆啦 A 夢吃的 $\frac{2}{4}$ 張蔥油餅，以及靜香吃的 $\frac{6}{12}$ 張蔥油餅是一樣多的，促進學童進行概念的思考（如圖 15）。外在認知負荷主要是因為學習者耗費認知資源從事學習活動，但此種資源的投入並無助於基模的建構。「等值分數」的概念對於學童而言是抽象的，單以數字和符號說明會耗費學童較多的認知資源，透過 PPT 圖像表徵，以及學童上台動手畫，最後經由圖示與文字結合所形成的動態圖示來幫助學童建立基模，能減輕學童的外在認知負荷。而上台畫畫看的動作也能令學童投入於課堂中，於主動投入中吸引學童自發性的建立基模，即會產生增生認知負荷（即有效的認知負荷）。

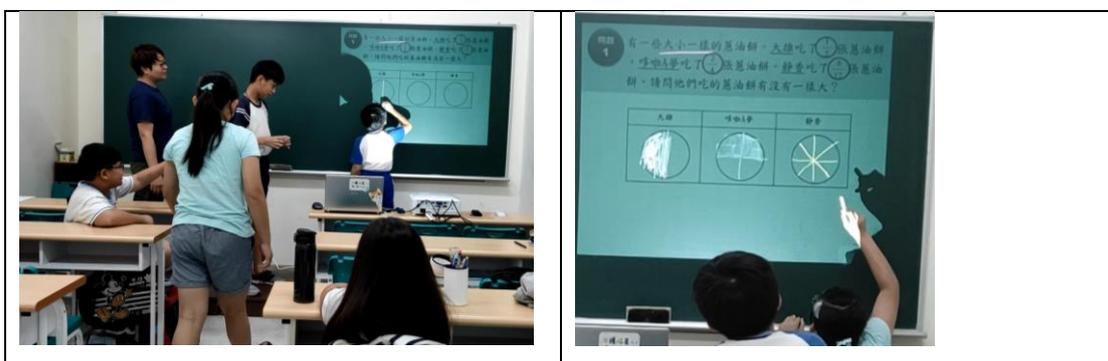


圖 15 學童上台畫畫看，藉由實作幫助學童理解「等值分數」

T：那現在有人想要上來畫出大雄吃的 $\frac{1}{2}$ 張、哆啦 A 夢吃的 $\frac{2}{4}$ 張和靜香吃的 $\frac{6}{12}$ 張嗎？

Ss：我我。

（學生上台畫完）

T：看完大家畫的，大家比較看看，三個人吃掉的蔥油餅有沒有一樣大？

Ss：有。

T：怎麼知道有一樣大？

S3：因為都剛好是圓的一半。

T：沒錯，所以我們這些一樣大的數，我們可以稱它們為等值分數。

T：那用符號怎麼記呢？

Ss：二分之一等於四分之二等於十二分之六。

T：這些分數的記法雖然不同，但所表示的大小是一樣的，所以我們稱這些分數是什麼？

Ss：等值分數。

(2)離散量情境中

問題 2 進入到離散量情境中，引導完題目後，一樣讓學童先上台作答，此題中大雄拿走 $\frac{1}{5}$ 盒，S1 先是將一盒分成了五等分，接著又將每一等分裡的一個花片塗上顏色，此時台下學童有些躁動，S5 舉手說 S1 畫錯了，他想要上台畫(如圖 16)。此時研究者發現，S1 聽到有人指正他的答案時雖然有點難過，卻比以前研究者說他作錯時臉色好上許多，由於 S1 是個很在乎老師評價的學童，對他而言同儕間的指正他較能夠接受。

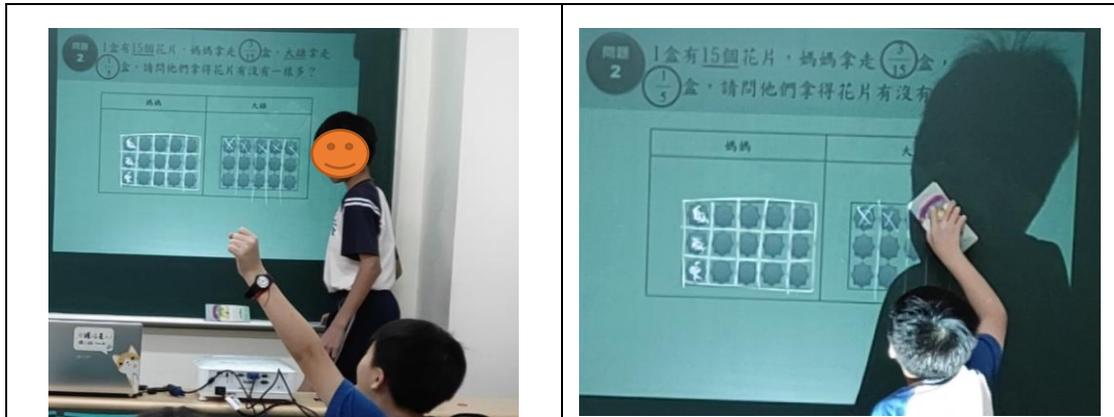


圖 16 S1(左)畫錯 $\frac{1}{5}$ 盒，S5 主動要求上台修正

(S5 修正完 S1 的答案後)

T：一開始 S1 想要橫切，但聽到有人說不對，才改成直切。因為一開始的想法是橫切，所以最

後改成直切後，才會在平分的五等分裡各畫上一個花片

T：如果是橫切，又在其中一份塗色，那是多少？

SS： $\frac{1}{3}$

T：所以 S1 那樣畫的話就會變成……？

SS： $\frac{1}{3}$

T：那 $\frac{1}{5}$ 要怎麼畫才對？

S5：就畫其中的一等分就好了啊（指著他自己畫的圖）

(S1 在台下點頭，表示他懂了)

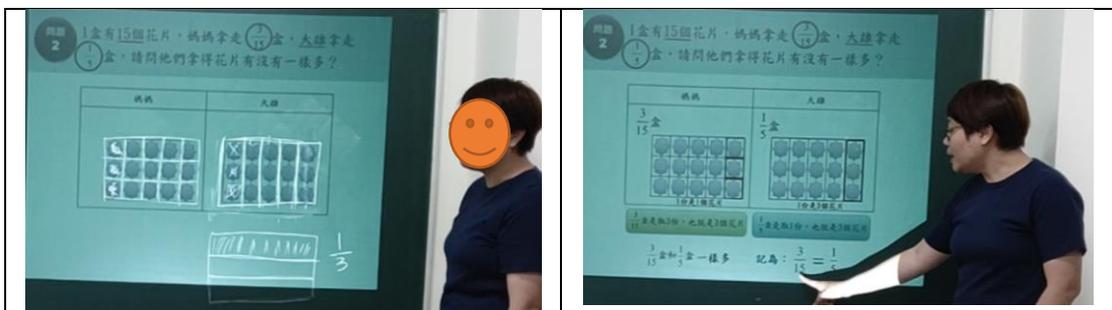


圖 17 學童畫完後，研究者與學童一起討論

透過上台實際畫出答案，學童們的專注力比起單純紙本教學要好上許多，除了一直舉手希望研究者可以點他們上台之外，當有學童在台上作答時，其餘學童也不會放空或發呆，反而專注的看著台上學童的一舉一動，只要有任何一點風吹草動（台上學童畫錯），他們便會主動舉手要求上台修正。學童作答完後，研究者藉由 PPT 的動態圖示顯示正確的答案，與學童畫的作法做比對，共同討論題目內容（如圖 17）。這樣先讓學童作答再討論的方式，吸引學童專注學習內容，自發性的積極學習。

3. 圖像與文字結合形成的動態圖示，有助於學童理解抽象的分數概念，減輕外在的認知負荷及增加增生的認知負荷

每個概念的建立都需要練習，然而教育現場礙於時間的壓力，無法給予學童太多反覆練習的時間，再者，教師使用黑板繪圖畫出題目費時費力，而 PPT 能將抽象的題目用圖示表現出來，分段的出現模式也可讓學童反覆練習，此方式不但可以減少書寫板書的時間，更可以透過不斷的提問讓學童回答，確保學童概念是否正確。此外，如問題 4，四個不同分段方式的圖示同時留在畫面裡（如圖 18），透過此圖像表徵，讓學童更能理解「等值分數」的意義。最後，再由圖像表徵進入到符號表徵，透過圖像與文字、符號結合而成的動態圖示，有助於學童理解抽象的分數概念，促進產生多重表徵，讓學童建立基模形成長期記憶，減輕學童外在的認知負荷。此外，動態圖示的呈現方式會吸引學童的目光，提升學童的專注力，進而增加增生的認知負荷。

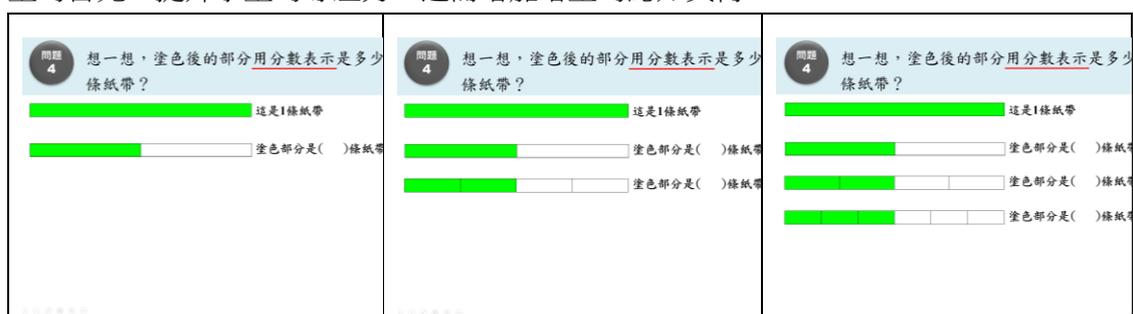




圖 18 圖像和文字結合而形成的動態圖示，有助於基模的建立

4. 「學習再進擊」歸納統整概念，師生對話提升學童專注力，增加增生認知負荷

PPT 教材的最後會放上學童於「等值分數」單元最容易犯錯的迷思概念，教師透過題目與學童一起討論，討論過程中，教師藉由不斷的提問來提升學童的專注度，此方式除了可以藉由學童的回應來判斷學童是否真的理解等值分數的概念之外，一問一答間亦能使學童投入較多的心智努力去建立基模自動化，藉此將「等值分數」的概念加以鞏固，並增加增生的認知負荷（如圖 19）。

<p>學習再進擊</p> <p>小杉說：「$\frac{6}{10}$ 的分子分母和 $\frac{3}{5}$ 的分子分母不同，所以 $\frac{6}{10}$ 和 $\frac{3}{5}$ 不會相等。」</p> <p>這樣的說法，你覺得對嗎？為什麼？</p>	<p>（讀題完）</p> <p>SS：錯，大錯特錯</p> <p>T：錯在哪裡？</p> <p>S3：要乘以 2 啊</p> <p>T：什麼乘以 2？</p> <p>S3：分子和分母都要</p> <p>T：那為什麼要乘以 2？</p> <p>S3：因為這樣才會同分母</p> <p>T：那為什麼要同分母？</p> <p>S3：因為沒有同分母不能比</p> <p>T：所以我們會怎麼做？</p> <p>SS：分母乘以 2，分子也乘以 2</p> <p>T：分子和分母都乘以 2 之後，$\frac{3}{5}$ 會變成？</p> <p>SS：$\frac{6}{10}$</p> <p>T：所以這樣的說法……</p> <p>SS：不對</p> <p>T：那只能將分母變成一樣嗎？</p> <p>S2：可以把分子變一樣</p> <p>S3：把 6 除以 2 可以變成 3</p> <p>T：只把 6 除以 2 嗎？</p> <p>SS：還有分母的 10</p> <p>T：這樣可以把 $\frac{6}{10}$ 變成……</p>
<p>藉由學習再進擊再次確認學童「等值分數」概念是否正確</p>	

學習再進擊

小杉說：「 $\frac{6}{10}$ 的分子分母和 $\frac{3}{5}$ 的分子分母不同，所以 $\frac{6}{10}$ 和 $\frac{3}{5}$ 不會相等。」

這樣的說法，你覺得對嗎？為什麼？

不對

$$\frac{3}{5} \xrightarrow{\times 2} \frac{6}{10}$$

師生討論完後，再顯示解題過程驗證討論的結果是否正確

SS : $\frac{3}{5}$




圖 19 師生互動與概念規納統整

三、學童在課後評量單整體答題表現與成效

研究者先將每位學童在課後評量單試卷的答對題數換算成答對率整理如下表 3：

表 3 學童在課前與課後評量單卷之答對題數

學童	S1	S2	S3	S4	S5
課前評量單卷(10)	3 (30%)	4 (40%)	10 (100%)	2 (20%)	9 (90%)
課後評量單卷(10)	9 (90%)	10 (100%)	10 (100%)	8 (80%)	10 (100%)

經過前課後評量單答題結果之比較，可以發現 S1、S2 與 S4 這四位學童的正確率提高許多。S1 由 30% 提升到 90%、S2 由 40% 提升到 100%、S4 由 20% 提升到 80%。透過課後評量單試題的答題表現得知，學童在經過 PPT 融入教學後，動態圖示表徵讓他們更懂得利用圖像表徵來作答。詢問學童對於應用題第一題的解題方式，得到以下的回應：

T：你怎麼寫這一題？

S1：先把分母變成一樣，然後再比。

T：為什麼分母要先變成一樣？

S1：因為分母不一樣不公平啊，所以要先換成一樣的才可以。

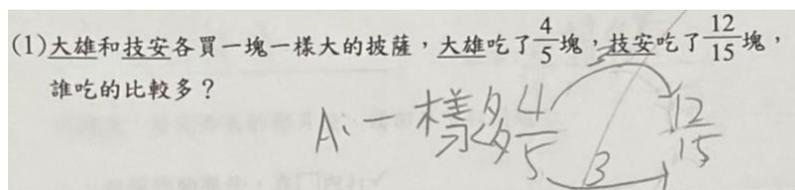


圖 20 S1 學童課後評量單作答情形

T：你怎麼寫這一題？

S2：先把比較小的 $\frac{4}{5}$ ，分子和分母都乘以 3，就變成 $\frac{12}{15}$ ，然後就一樣大。

T：為什麼你要把分子和分母都乘以 3 呢？

S2：因為分母不一樣不公平啊，要把 5 先乘以 3，才可以變成 15，這樣才可以比。

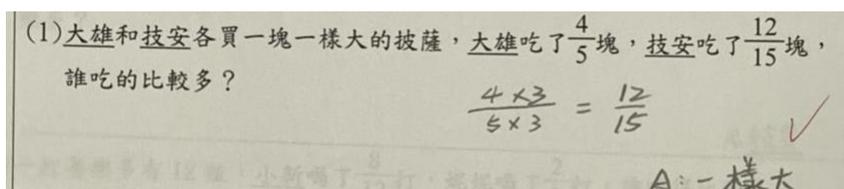


圖 21 S2 學童課後評量單作答情形

T：你怎麼寫這一題？

S4：先把 $\frac{4}{5}$ 乘以 2……

T：把 $\frac{4}{5}$ 乘以 2？（用手指指向他寫的 $\times \frac{2}{2}$ ）

S4：是把 $\frac{4}{5}$ 的分子和分母都乘以 2。

T：然後呢？

S4：然後跟 $\frac{12}{15}$ 不一樣，所以分子和分母又再乘以 3。

T：接下來呢？

S4：分母還是不一樣，所以要再把 $\frac{12}{15}$ 的分子和分母都乘以 2，就可以變一樣了。

T：什麼變一樣？

S2：分母變一樣，這樣才可以比大小。

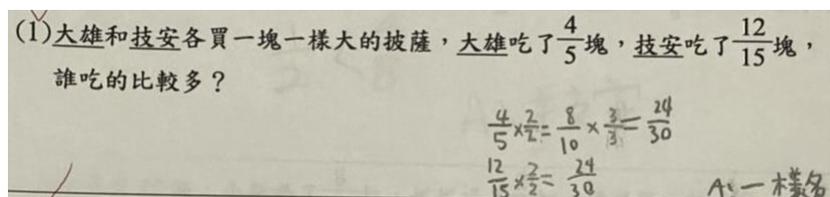


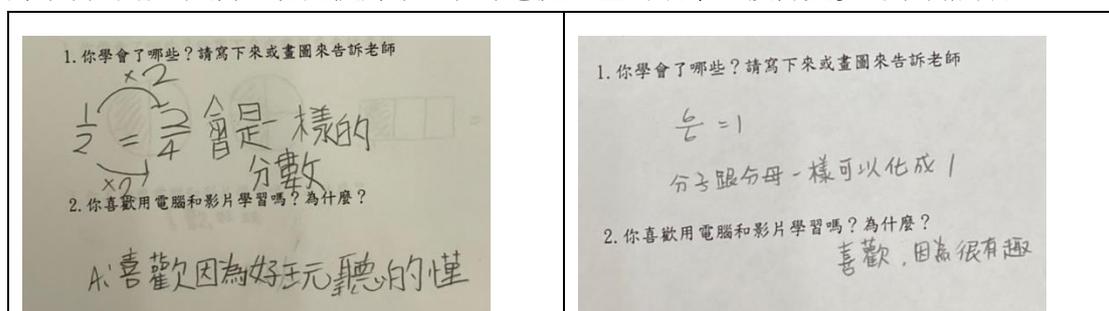
圖 22 S4 學童課後評量單作答情形

由學童回應可以得知，PPT 題目紅色標記的引導，能增強學童對題目的理解，進行課後評量單時，閱讀題目不再像課前評量單一樣，只是看分母或分子的數字便回答誰比較多，而是能先閱讀題目，知道異分母分數比大小時，必須先化成同分母再來比較。

PPT 教材的動態圖示，能直觀的讓學童明白再切分後「等份數」的變化，藉以瞭解算則背後的由來，透過圖像與文字的結合產生的動態圖示，將「等值分數」的概念轉化為基模將之儲存在長期記憶中，以便日後遇到問題可以提取出來使用，避免了強行記憶口訣，導致日後遺忘時便出現錯誤的情況，進而減輕了學習上的認知負荷。

此外，透過 PPT 教材教學，在課程進行中學童比紙本上課更加專注，也更樂於上台實作和彼此相互討論。這樣的教學方式對學童是有趣的，所以討論也是自發性的，並不需要教師強迫學童開口發表想法。由於學童之間也不會覺得有壓力，反而更願意將自己的想法表達出來，教師只需在過程中留意學童的概念是否正確，並於適當的時機出聲提點便可，這樣自發性的學習能增加增生的認知負荷，幫助學童建立基模，形成長期記憶。

最後，學童的學習感受問卷（如圖 19）亦可得知，多媒體融入等值分數單元的教學，學童在學習過程中是喜歡學習、願意學習的，當學童提升學習意願，自然也就能提升學習的增生負荷，藉此提升學童在訊息處理上的效率，獲得更多的學習成效。



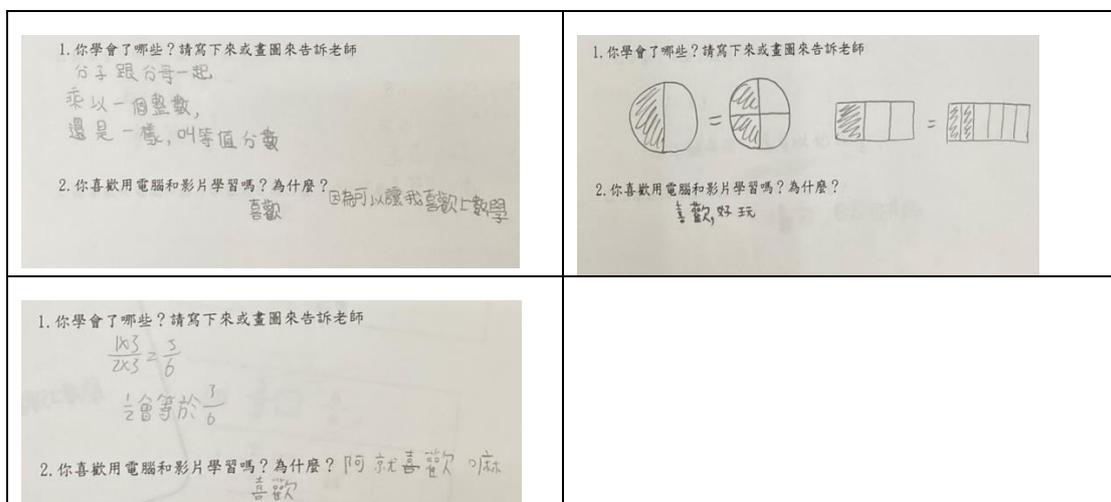


圖 23 學童學習感受問卷摘錄

伍、結語

在現今的教學現場，礙於時間與進度的壓力，許多教師不得不使用制式化的教學方式，課堂中多數為教師的聲音，卻壓縮了學童發表想法的空間。此次使用 PPT 分數教材進行教學，發覺與 Kemp（1985）的研究結果有諸多相似之處：

1. 引發學童的興趣：當研究者將 PPT 分數教材投影到黑板上時，與平時不同的教學方式立刻引起學童的興趣，不斷的追問等一、下要上什麼。
2. 縮短教學時間：PPT 分數教材能將題目及圖示直接投影至黑板，省去教師書寫板書的時間。
3. 提升教學品質：PPT 圖像表徵以及動態圖示效果，能給予學童有別於紙本授課的生動體驗外，更能令教師將注意力集中於學童，除了透過師生對話增進師生互動的情誼，亦可藉由師生對話鞏固學童的概念。
4. 使用 PPT 融入教學，學童認為有別於一般教學模式，更願意自發性的積極學習，舉手回應的次數也較一般教學模式多。

PPT 分數教材教學，除了能減少教師書寫板書的時間，最重要的是能將學童不易理解的抽象知識以直觀的圖示展現於學童面前，藉由圖像表徵結合文字所形成的動態圖示，

促進學童對知識的理解，降低學習上的外在認知負荷及增加增生的認知負荷。再搭配上師生對話的互動模式，藉由教師提問刺激學童思考，當學童不再害怕回應教師的問題，甚至在其他學童回答錯誤之後主動要求修正時，學習的主動性便能增加增生的認知負荷，學童能主動建立基模儲入長期記憶，日後學習相關知識時便能提取使用，為未來的學習打好基礎。

參考文獻

- 王敏娜（2012）。PPT 簡報融入四年級分數補救教學之研究—以「假、帶分數及其互換」為例。國立屏東教育大學數理教育研究所碩士論文，屏東縣。 取自 <https://hdl.handle.net/11296/tb87xf>
- 王淵智（2005）。多元表徵課程對國小四年級學童分數學習成效之實驗研究。國立高雄師範大學教育學系博士論文，高雄市。 取自 <https://hdl.handle.net/11296/7a6uy2>
- 吳宛蓉（2018）。運用 PPT 教材與差異化教學策略進行中年級分數補救教學之行動研究。國立屏東大學科普傳播學系數理教育碩士班碩士論文，屏東縣。 取自 <https://hdl.handle.net/11296/2q92u2>
- 吳金聰、劉曼麗（2013）。國小教師的數學教學專業知能成長研究—以 PPT 在因數與倍數教學上的應用為例。《科學教育學刊》，21(4)，371-400。
doi:10.6173/CJSE.2013.2104.01
- 吳金聰、戴翠華、譚寧君、劉曼麗（2011）。資訊融入數學教學之教材研發-以表面積教學簡報為例。第三屆科技與數學教育學術研討會。臺中教育大學，臺中。
- 吳蕙茹（2015）。簡報軟體融入教學對國小學童數學學習成效之研究。國立臺南大學教育學系課程與教學碩博士班碩士論文，台南市。 取自 <https://hdl.handle.net/11296/q48766>
- 呂玉琴（1911）。國小學生分數概念：1/2vs2/4。《國民教育》，31（11/12），10-15。
- 呂玉琴、李源順、劉曼麗、吳毓瑩（2009）。《國小分數與小數的教學、學習與評量》。臺北市：五南圖書出版公司。
- 林右姍（2007）。國小兒童分數概念之探討。國立屏東教育大學教育心理與輔導學系研究所碩士論文，未出版，屏東縣。
- 施宜明（2016）。資訊融入國小三年級數學分數單元教學之行動研究。國立屏東大學教育學系碩士班碩士論文，屏東縣。 取自 <https://hdl.handle.net/11296/3z937d>

- 洪素敏 (2004)。國小五年級學童分數迷思概念補救教學之研究。國立嘉義大學數學教育研究所碩士論文，未出版，嘉義市。
- 張家瀛 (2017)。資訊融入教學對國小數學學習態度影響之探究－以簡報軟體輔助乘法單元教學為例。醒吾科技大學資訊科技應用系碩士論文，新北市。 取自 <https://hdl.handle.net/11296/92hsku>
- 教育部 (2003)。九年一貫課程綱要-數學學習領域。台北：教育部。
- 教育部 (2008)。97年國民中小學九年一貫課程綱要數學學習領域。取自 <http://www.naer.edu.tw/files/15-1000-2983,c551-1.hph>
- 教育部 (2018)。十二年國民基本教育課程綱要-數學學習領域。台北：教育部。
- 黃佑家 (2013)。工作範例加反思問題對不同能力學生學習成效、認知負荷與動機影響之研究。佛光大學學習與數位科技學系碩士論文，宜蘭縣。 取自 <https://hdl.handle.net/11296/qmaj3w>
- 黃柏勳 (2004)。認知上的瓶頸－認知負荷理論。教育資料與研究，55，71-78。
- 黃靖瑩 (2003)。國小中年級學童分數概念之研究。國立台北師範學院數理教育研究所碩士論文，台北市。 取自 <https://hdl.handle.net/11296/23g7u6>
- 劉曼麗 (2017)。線上數位補救教材的開發與應用-以國小分數課程為例。科技部補助專題研究計畫成果報告。
- 謝哲仁、蕭登仲 (2005)。動態視覺化等值分數電腦活動補救教學設計。教學科技與媒體，72，49-59。
- 譚寧君 (2007)。利用「數學簡報系統 (MathPS)」發展國小數學輔助教材之研究成果報告 (精簡版) (NSC95-2521-S-152-008)。臺北，行政院國家科學委員會。
- 蘇玲蓉 (2015)。資訊科技融入國小六年級數學速率單元補救教學之行動研究。國立屏東大學教育學系課程與教學碩士學位班碩士論文，屏東縣。 取自 <https://hdl.handle.net/11296/63bqhx>
- Annette R Baturó(2004). Empowering Andrea to help year 5 student's construct fraction understanding. Proceedings of the 28th conference of International Group for the Psychology of Mathematics Education. Vol 2, 95-102.
- Gerjets, P., & Sehechiter, K. (2003). Goal configurations and processing strategies as moderators between instructional design and cognitive load: Evidence from hypertext-based instruction. *Educational Psychologist*, 38(1), 33-41.
- Jones, L. C., & Plass, J. L. (2002). Supporting listening comprehension and vocabulary acquisition in French with multimedia annotations. *The Modern Language*

Journal, 86, iv.

- Kemp, J. E. (1985). *The Instructional Design Process*. New York: Harper & Row.
- Marcus, N., Cooper, M., & Sweller, J. (1996). Understanding instructions. *Journal of Educational Psychology*, 88(1), 49–63. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.88.1.49>
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine Ways to Reduce Cognitive Load in Multimedia Learning. *Educational Psychology*, 38(1), 43-52.
- Sweller, J. (2006). The worked example effect and human cognition. *Learning and Instruction*, 16(2), 165-169. Doi: 10.1016/j.learninstruc.2006.02.005.
- Sweller, J. (2007, October). Cognitive Load. In Y. K. Liao (Chair), *Cognitive Load: Theory and Applications*. Symposium conducted at the meeting of Fo Guang University, Yilan, Taiwan.
- Sweller, J. (1989). Cognitive technology: Some procedures for facilitating learning and problem solving in mathematics and science. *Journal of Educational Psychology*, 81, 457-466.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving : *Effects on learning*. *Cognitive Science*, 12, 257-285.
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G. & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-285.