
工作範例之教學順序對學生學習成效與 認知負荷影響之研究--以面積覆蓋活動為例

許文清^{1*} 吳慧敏² 譚寧君¹ 楊凱翔¹

¹國立臺北教育大學 數學暨資訊教育學系

²佛光大學 心理學系

摘要

本研究以認知負荷的觀點，探討不同教學順序之工作範例對「學習成效」與「認知負荷」的影響，其中教學順序方式包括「先看範例再練習（W-P）」及「先自己解題再看範例（P-W）」兩種。

本研究採實驗研究法，研究的教材內容為國小幾何教材中之面積覆蓋。教材依認知負荷理論的教學設計原則設計，特別是工作範例原則。研究對象為國小四年級 104 名學生，將其隨機分配為「先看範例再練習組」與「先自己解題再看範例組」。研究工具包含兩節數位教材及認知負荷量表。實驗過程是先進行前測，再將學生分兩組學習兩節的數位教材課程，一週後進行後測，再隔一週進行延後測，在學習活動後及測驗階段後均進行認知負荷的問卷調查。

研究結果發現如下：

- 一、後測及延後測時，P-W 組的學習成效顯著優於 W-P 組。
- 二、在認知負荷之花費心力面向，P-W 組在數位教材第一節及延後測時與 W-P 組有顯著差異，且 P-W 組花費心力多於 W-P 組。
- 三、在面積覆蓋題型中，被覆蓋物是方形的通過率高於三角形；覆蓋物以 4 平方公分正方形通過率最高，0.5 平方公分的等腰直角三角形最困難。

關鍵詞：工作範例、教學順序、學習成效、認知負荷、面積覆蓋

壹、研究動機

面積是兼具幾何與測量概念的教材，其描寫了物件占二維平面空間的大小（譚寧君，1998a）。「面積」可謂是數學學習

內容中一項重要的材料，它除了是幾何概念中重要的內涵，也當做測量，或被用來解釋乘法結構和代數關係的基礎；學生必須從強調表面單位量覆蓋的直覺取向，轉移到面積與圖形線性維度關係的取向，形成矩形的結構（陳嘉皇，2006）。

* 為本文通訊作者

97 年版的課程綱要指出「量與實測」是國小數學的核心課程之一，「量」當中的長度、角度、面積、體積屬於幾何（視覺）量（教育部，2008）。黃幸美（2009）研究結果也發現，幾何與面積測量連結的課程與教學，有助於培養兒童的面積問題解決能力，此助益效果尤其彰顯在解決面積概念理解的問題。由前述可知，面積的學習橫跨幾何與測量，教學上要能夠做到彼此連結、溝通，方可達到學習的成效。

從許多研究中（譚寧君，1998a；朱玉如，2003；張令垂 2008；許秀蕊，2006）均證實了學童在面積方面有許多迷思概念，可見面積的學習對國小學童的學習是具困難性。面積的教學成效不明顯，學生腦袋裡的面積往往是一連串的公式，至於面積公式所代表的意義，或不同面積公式間的關連性等則常被忽略，導致面積概念的偏頗不全而影響日後的學習；其實面積公式的形成必須經由豐富單位量覆蓋的操作經驗後察覺而得（譚寧君，1998b）。因此，研究者欲由面積基本概念學習階段中之覆蓋方式，透過實驗研究使學生的面積基本概念更為確實，學習面積不僅只是記得公式，也要了解面積基本的概念，如此當遇到不同的問題時，才能靈活運用所學。

Clements 和 Battista(1992)指出，幾何是提供我們如何去闡釋與反應外在物理環境的一種方法，並且可作為學習其他數學和科學題材的工具，更重要的是，加強幾何空間思考有助於高層次的數學創造思考。幾何想法的建構機會應該提早提供，

若只重視答案，會形成兒童幾何學習被剝奪 (geometricly deprived)(Clements & Battista, 1992)，教師於教學時，應盡量提供適合的幾何問題讓學生思考，以及豐富的操作、點數、切割、比較、拼湊等活動，使學生能順利過渡到更高的幾何層次。

Clements 和 Battista (1992)建議在幾何學習上可採用適當的電腦軟體來輔助學習。陳嘉皇（2007，2008）研究結果得知，學童面積概念與公式的發展透過電腦軟體進行教學的成效較一般使用課本教學為佳。研究者擔任十多年的國小中年級老師，看見學生在面積覆蓋活動時，多以課本所附的附件來操作學習，若能以資訊融入的教學方式來輔助面積覆蓋的學習，或可提高學生學習成效與喜歡程度。

近年來，國外許多學者以認知負荷理論(cognitive load theory)為依據，採用工作範例(worked example)的數學解題教學實驗，並且獲得相當不錯的實驗結果，如透過引導學生對於工作範例的研讀，有助於學生對問題基模的建構，進而提升其問題解決的能力（涂金堂，吳明隆，2005）。認知負荷理論的多種效應中，最常被提及和運用的效應就屬工作範例，它和一般問題解決策略最大的不同，就在於能夠有效的將工作記憶資源運用在處理與問題相關的元素互動上，以增加有效認知負荷(Sweller, 2010)，而教師在教導有關程序性知識(procedure knowledge)前，若能適當呈現解題範例，可協助學生對於問題狀態和解題步驟建構出較完整的基模，也能降低

其外在認知負荷(陳蜜桃，2003)。

van Gog, Kester & Paas (2011)探討四種教學順序策略的成效性，包括工作範例(WE)、範例與問題解決(WE-PS, WP)，問題解決與範例(PS-WE, PE)與僅用問題解決(PS)，而其研究結果顯示，WE 和 WE-PS 之間、PS-WE 和 PS 之間均無顯著差異，在測驗階段的成績表現上，WE 比 PS、PE 高且達顯著，WP 比 PS、PE 高且達顯著。這項研究告知教學設計者，基於範例的學習策略來實現，範例與問題解決組(WE-PS, WP)比起問題解決與範例組(PS-WE, PE)更應該被使用。由前述可知，教學順序會影響學習者的學習成效，因此本研究將探討以何種教學順序能有效提升學習成效。

課程內容安排囿於節數，弱化了面積基本概念——覆蓋的練習，而工作範例結合電腦教學可使學生在較少的時間，做更好的學習，是故本研究感興趣的是透過資訊融入看工作範例之教學順序對學生面積覆蓋活動的學習成效和認知負荷有何影響，也希望藉此研究，可作為日後面積覆蓋活動的教學參考。

貳、研究目的與研究問題

一、研究目的

為了解工作範例之教學順序對學生面積覆蓋學習情形，本研究針對國小四年級學生，探討不同教學順序對學生面積覆蓋的表現是否有差異。研究目的如下：

(一) 探討工作範例之教學順序對國小四年級學生在面積覆蓋活動學習成效

之影響。

(二) 探討工作範例之教學順序對國小四年級學生在面積覆蓋活動認知負荷之影響。

二、研究問題

依上述研究目的，本研究之待答問題如下：

(一) 工作範例之教學順序對國小四年級學生在面積覆蓋活動學習成效的影響如何？

(二) 工作範例之教學順序對國小四年級學生在面積覆蓋活動認知負荷的影響如何？

參、文獻探討

本研究探討工作範例之教學順序對學生面積覆蓋活動學習成效與認知負荷影響，而面積概念同時涉及幾何與測量的能力，且教學設計時，要考量學習者的認知負荷，所以對於認知負荷與多媒體學習理論，也要有所涉獵，才能在教材設計時，減少不當的外在認知負荷。以下就相關理論進行探討。

一、多媒體學習理論

陳嘉皇(2007)利用 FLASH 設計電腦軟體進行面積公式概念的探討，其中提及電腦教學的特色：(一)節省時間和材料，並可重複操作，培養學生精熟技巧與重要概念；(二)方瓦排列和覆蓋可以緊黏，沒有重疊或間隙產生，促進學生圖形

整體面積概念；(三)透過視覺估測與比對，容易進行圖形邊長方瓦數目的描繪。結果顯示透過電腦教學的成效比一般教學方式為佳。然而多媒體教材設計的良窳，端看設計者是否能善用多媒體教學原則。在一般教學時，學生學習幾何單元較為抽象，透過電腦多媒體可將圖形呈現與操作，幫助建立心像概念，讓學生較易於理解。

Mayer 和 Moreno(2003)提出多媒體學習理論建立在三個基本假設上：雙通道假設 (dual channel)、有限容量 (limited capacity)、主動處理 (active processing)。多媒體學習的認知理論，如圖 1 所示，有五個代表知識表徵的模式：實體表徵（表徵給學習者的文字或圖片）、感官表徵（進入學習者的耳朵或眼睛中）、淺層工作記憶表徵（被學習者注意的聲音或影像）、深層工作記憶表徵（由學習者建構的口語和圖

像模式）、長期記憶表徵（學習者的相關先備知識）。多媒體的呈現有文字或圖像，經過耳朵或眼睛將選擇的資訊接收，在工作記憶區時，將接收的聲音與影像資訊組織成文字、影像，放入口語與圖像模式中，並與學習者的先備知識整合，最終會儲存在學習者的長期記憶裡。

多媒體學習理論中的多媒體教學設計原則(吳瑞源、吳慧敏，2008；陳光勳，2012；楊婷云，2012；Mayer, 2005, 2009)共有十四項，以下僅就與本研究有關的原則加以說明：

(一) 多媒體原則 (multimedia principle)

相同教材可用文字描述及圖像描繪等方式進行，語文及圖像表徵也許彼此互補，但不能彼此取代。當文字與圖像同時呈現，學習者形成文字和圖像的心智模型，並在兩者間建立聯繫。

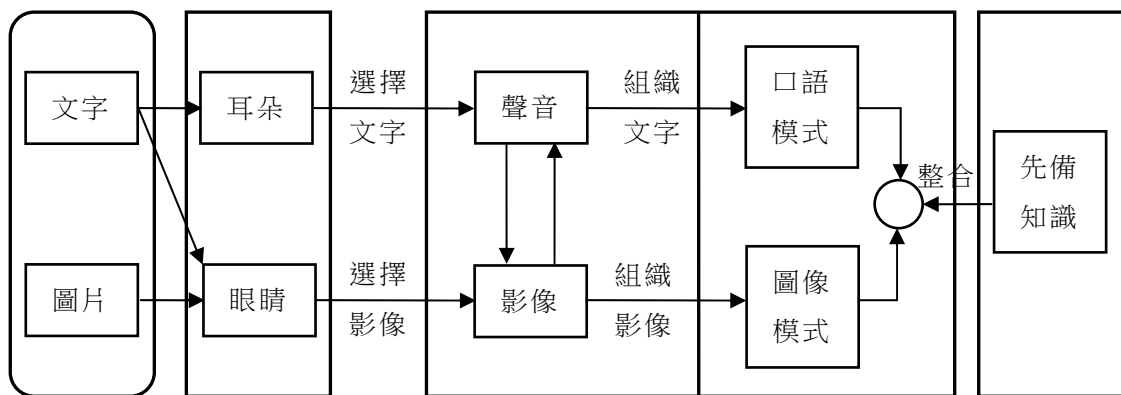


圖 1、多媒體學習的認知理論圖(Mayer, 2005, p.37)

(二) 聲音原則 (voice principle)

多媒體教材以真實的人聲取代模擬人工合音，讓學習者感到親切，能提升學習成效。本次實驗以研究者自錄的聲音，讓學習者感覺是老師在上課時的感受。

如上所述，在數位教材設計時，若能掌握多媒體教學設計原則，可提升學習者的學習成效，並降低認知負荷；但若加入非必要的圖像、文字或聲音，則會分散其注意力，適得其反。

二、認知負荷理論

1980 年代，澳洲新南威爾斯大學心理系教授 Sweller 首創「認知負荷理論 (cognitive load theory)」，其著重在「學習內容的設計」及「教學方法」對學習者「概念獲得」與「認知活動過程」的影響（陳密桃，2003；莊謙本，黃議正，沈家仔，2011）。認知負荷理論已成為用來整合人類認知架構的知識與教學設計原則的眾多理論之一，在教育心理學和教學設計理論領域中具有其影響力 (Paas, F., van Gog, t., & Sweller, J., 2010; Sweller, 2005)。

認知負荷依據產生的原因可分為三種，分別是內在認知負荷 (intrinsic cognitive load, ICL)、外在認知負荷 (extraneous cognitive load, ECL)、有效認知負荷 (germane cognitive load, GCL) (陳密桃，2003；郭秀緞，2005；黃巧琪，2004；黃俊瑋，2012；Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C., 1998)。

(一) 內在認知負荷：

受教材本身要素 (elements) 間關聯程度與學習者自身的先備經驗所影響，其可由基模的獲得與自動化而降低內在認知負荷，而不受教學設計者的影響。

(二) 外在認知負荷：

受教材設計、教材的呈現方式、教學方法或教學活動的影響，當外在認知負荷太高時，對於學習容易產生負面的影響，但可以藉由適當的訊息呈現和訊息組織的教學設計，讓外在認知負荷降低。

(三) 有效認知負荷：

有意義的學習發生在學習投入心智努力之時，此時有效認知負荷雖會增加學習者的負荷感，但此種負荷卻使學習者進行有意識的認知歷程與基模建構和自動化，促進學習者的學習。但應注意總認知負荷（包含內在、外在、有效的負荷）不能超過學習者的工作記憶負荷，此時適當的有效認知負荷的引入才有意義。

綜上可知，可藉由提升學習者的先備經驗及調整教材的結構，使內在認知負荷降低；藉由教學設計等方式，減輕外在認知負荷；妥適的教學設計與適當的作業挑戰等方式，增加有效認知負荷，提升學習成效。所以在教學設計時，可利用認知負荷的理論及效應，作為教學設計的依據。

以下僅闡述與本研究相關的認知負荷效應（古詩儀，2011；林明正，2006；

陳蜜桃，2003；Sweller, 2007, 2010)：

(一)工作範例效應(worked example effect)

涂金堂(2012)指出認知負荷理論強調教學設計若採用工作範例的呈現方式，可以使學習者藉由研讀工作範例提供的解題步驟，降低解題者有意識理解解題步驟的認知資源，進而將其他認知資源關注於問題結構的理解上，如此有助於形成穩固的問題基模。因此，教學設計時要設計出符合教學目標的工作範例，協助學生建立完整的基模。

(二)形式效應(modality effect)

學習者同時經由視覺與聽覺兩種感官刺激來接受訊息，降低分散注意力，因而促進學習成效。依據此效應原則，本研究以錄製旁白的方式來進行教學的說明，學習者同時透過視覺及聽覺兩種管道來進行學習，降低認知負荷，進而提升學習成效。

三、面積的覆蓋概念

學生在學習面積覆蓋概念時，教師可透過各種不同單位量的覆蓋或拼湊之操作來加以訓練。例如：一個邊長分別為 6 公分、3 公分的長方形，可透過不同單位以描述面積的大小，如用邊長一公分的正方形加以覆蓋，則此長方形可用 18 個□蓋滿，即表示其面積是 18 個平方單位；若用 36 個△蓋滿，則表示面積含有 36 個單位，由於單位量的不同(一個為□，一個為△)，單位數亦有不同(一個為 18 個□，一個為

36 個△)(譚寧君，1998b)，此時單位量之間的化聚，經由量感的轉換就會有意義(譚寧君，1995)。

Outhred 和 Mitchelmore(2000)在解題的作業時，強迫學生使用估量或是測量以決定覆蓋矩形所需單位量的數量，從中發現了解題作業的成功是依賴孩子對於直線及其排列的單位和直線測量技術兩者之間關係的知識，並提出了四種可辨識的策略：

- (一) 不完全的覆蓋(incomplete covering)；
- (二) 視覺的覆蓋(visual covering)；
- (三) 具體的覆蓋(concrete covering)；
- (四) 及沿著邊長發現單位數量的覆蓋。

Outhred 和 Mitchelmore(2000)認為學童不能完全理解乘法與覆蓋的連結，且對兒童來說矩形覆蓋陣列的理解是非直觀的，因此教材中面積公式不宜太早出現，要讓學童有足夠的時間能了解矩形覆蓋陣列與面積公式乘法的意義。教學初始就提供公式給學生，易造成「先前學習的干擾(interference of prior learning)(Pesek & Kirshner, 2000)」或「指導性障礙(instructive obstacles)(Zacharos, 2006)，例如一個面積主題，孩子們經常使用被動的程序性知識，且依賴於公式的使用，其對數學概念的了解甚少(Dickson et al., 1984) (引自 Murphy, 2012)。

綜上所述，在教學時，教師若過早提出面積公式，使得學生只熟背公式，忽略面積概念的學習，以為是在「應」用公式，反而造成學生「硬」用公式，只想套入公

式快速求解，不去思索題目在問什麼。面積的學習宜透過具體的覆蓋操作，豐富的覆蓋操作經驗可使學生從具象到半具象，過渡到心像與抽象，從而了解面積公式的意義。

潘亭蓉、曹雅玲（2007）指出教師在進行教學活動，宜多使用各種不同單位量，讓學生能經驗並非只有一格單位平方格或是一平方公分才能當做選取的單位量。Outhred 與 Mitchelmore(2000)提到面積是在日常生活中最常用的測量領域之一，它的基礎是由教師和教科書使用的許多模型來解釋整數的乘法，面積模型也成為教導分數和他們的乘法的自然方法。綜觀各版本在中年級的面積教材中，對於被覆蓋物為非整數格時，多以半格為主，對於 1/3、1/4 單位平方格甚少提及，使學生對於 1/3、1/4 單位平方格失去估算的能力，因此本

研究乃以 1/2、1/3、1/4 單位方格為主，讓學生在面積覆蓋的學習，有更豐富的操作經驗。

肆、研究方法

本研究探討兩種不同教學順序之工作範例對學生面積覆蓋活動學習的影響。以下分別從研究設計與架構、研究對象、研究工具、研究流程來說明。

一、研究設計與架構

本研究採實驗研究法，探討二種教學順序（W-P：先看工作範例再練習；P-W：先自行解題再看工作範例），對學生面積覆蓋活動學習成效與認知負荷的影響，期能減少學習上的認知負荷，提升學生在面積覆蓋活動的學習成效。研究架構如圖 2。

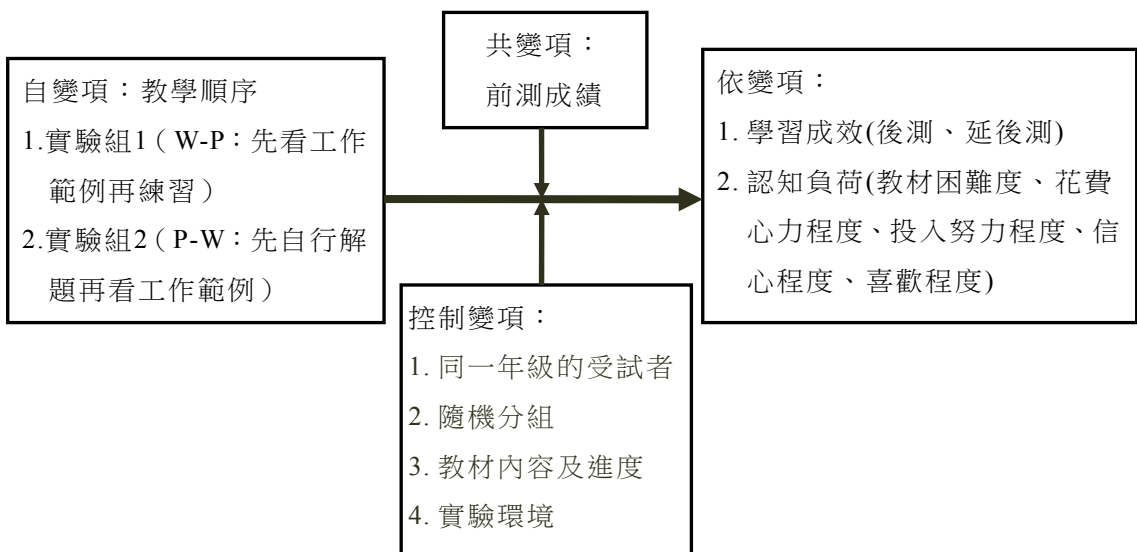


圖 2、研究架構圖

本教學實驗設計採等組前測、後測設計來控制一些干擾變項的影響。受試者採隨機分派，在教學實驗前，為了解學生的起點行為，四班均進行前測作為共變項的分析。教學實驗後，再對研究對象實施後測、延後測，並藉由填寫認知負荷量表來了解學生的認知負荷。實驗設計模式如表 1。

二、研究對象

本研究之對象為一〇一學年度某國民小學四年級的四個班級共 104 人，均為常態編班、男女混合的班級。採隨機分組，分成實驗組 1(W-P 組)53 人，實驗組 2(P-W

組)51 人。研究對象分配如表 2 所示。

三、研究工具

本研究的工具包括測驗工具、數位教材與認知負荷量表，分別說明如下：

(一)測驗工具

本研究的測驗工具包括前測、後測和延後測測驗。測驗工具之效度採內容效度與專家效度。內容效度以規畫的雙向細目表來做試題的設計依據；專家效度由一位數學教育專家、一位教學設計專家、五位數學教育研究所研究生針對題目提出意見及修改建議，

表 1、實驗研究的設計模式

組別	前測	實驗處理	後測	延後測
實驗組 1(W-P)	O1、O2	X1	O3、O2	O4、O2
實驗組 2(P-W)	O1、O2	X2	O3、O2	O4、O2

O1：面積前測；O2：認知負荷量表；O3：面積後測；O4：面積延後測

X1：數位教材教學活動—先看工作範例，再練習(W-P)

X2：數位教材教學活動—先自行解題，再看工作範例(P-W)

表 2、研究對象分組人數表

班級	實驗組 1 (W-P 組)		實驗組 2 (P-W 組)		班級人數
	男生	女生	男生	女生	
A 班	6	8	5	7	26
B 班	6	8	5	7	26
C 班	6	6	7	7	26
D 班	6	7	7	6	26
男女人數	24	29	24	27	104
分組人數	53		51		104

內容經多次修改後，完成預試初稿。完成面積覆蓋活動測驗工具後，對二校四年級各一個班級共 47 人進行前測預試，前測預試 48 題，刪 13 題後 Cronbach's Alpha 值是.933，以此 35 題作為前測試題。後測預試 57 題，以實驗學校五年級兩班共 53 人，當做後測預試施測的對象進行測驗，刪除 25 題後，配合題型再加入前測 3 題，以此 35 題作為後測試題，測驗 Cronbach's Alpha 值是.926。延後測與後測同一份試題。

(二)數位教材

本研究的數位多媒體教材以 PowerPoint 2003 搭配 AMA(Activate Mind Attention)-PowerPoint 2003 VBA 進行教材設計，設計原則係依據後測預試及前測題型的困難度，由易到難做排序；提供工作範例，適時提示、旁白與文字解釋，如圖 3 所示；提供練習題作為學生練習之用，並於作答之後給予解答與解說，如圖 4 所示。

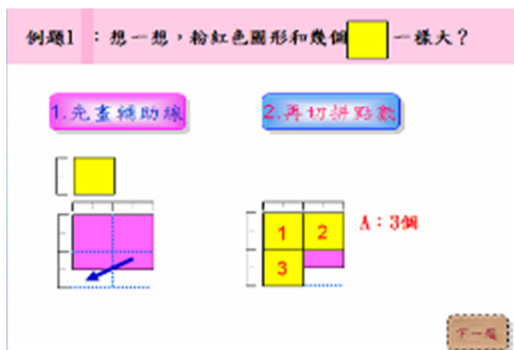


圖 3、數位教材例題示例

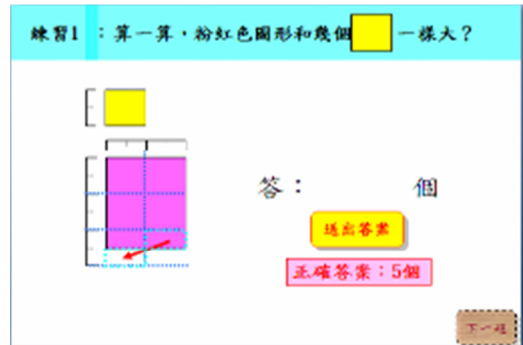


圖 4、數位教材練習題示例

(三)認知負荷量表

本研究之認知負荷的測量法係依 Paas & van Merriënboer(1994)所提，採取主觀測量方式來詢問研究對象，測量面向則參考古詩儀（2011）、呂鳳琳（2010）、黃俊瑋（2012）、鐘瑩修（2012）等研究之相關認知負荷量表，擬出五個認知負荷感受檢測的項目：「教材困難度」、「花費心力程度」、「投入努力」、「信心程度」與「喜歡程度」。因為四年級的學生對感受程度的區分還不夠細膩，故本研究採用李克特五點量表作為認知負荷的測量工具。

四、研究流程

本研究含前測、實驗教學與測驗階段共三階段。

(一)前測階段

於教學實驗前一週實施前測，並填寫認知負荷量表。前測測驗卷為紙本，測驗時間 40 分鐘，包含填寫認知負荷量表。

(二) 實驗教學階段

實施兩節面積覆蓋的數位教材，並填寫認知負荷量表，每節時間 40 分鐘。每位學生使用一台電腦，並提供耳機、筆、直尺、紙本，讓學生在紙面上劃線、切割、計數；兩位學生之間均用 PP 板間隔，如圖 5 所示。每節課上完後，均填寫認知負荷量表。



圖 5、數位教材的上課情形

(三) 測驗階段

實施後測、延後測，並填寫認知負荷量表。於完成二節的學習活動後進行後測，隔一週再進行延後測，測驗時間均為 40 分鐘，包含填寫認知負荷量表。延後測與後測均採用電腦作答，亦提供紙本，便於學生劃線、計數之用。

伍、結果分析與討論

一、學生起始能力分析

本研究於完成前測後，首先對受試學生進行起始能力分析，變異數同質性相等 Levene 檢定之 $F(1,102)=.01$ ， $p = .920 > .05$ ， $t(102)=.073$ ， $p = .942 > .05$ 顯示兩組起點行為一致。

表 3、前測成績組別統計表

組別	個數	平均數	標準差	平均數的標準誤
實驗組 1 (W-P 組)	53	20.04	9.72	1.33
實驗組 2 (P-W 組)	51	19.90	9.16	1.28

表 4、前測成績獨立樣本 t 檢定

	變異數相等的 Levene 檢定		平均數相等的 t 檢定						
	F 檢定	顯著性	t	自由度	顯著性 (雙尾)	平均差異	標準誤差異	差異的 95% 信賴區間	
假設變異數相等	.010	.920	.073	102	.942	.136	1.853	-3.540	3.811
								下界	上界

二、不同教學順序的學習成效分析

針對不同教學順序之設計，在前測、後測與延後測的學習成績，進行學習成效分析。本研究以前測做共變項，後測及延後測當依變項，進行單因子共變數分析，考驗不同實驗設計（P-W 組與 W-P 組）對後測及延後測的影響。表 5 為兩組前測、後測、延後測之敘述性統計表，從資料來看，前測分數以 W-P 組較高，後測、延後測成績以 P-W 組較高，標準差則是 P-W 組較為集中。

進行共變數分析前，需進行組內迴歸係數同質性假定的檢驗，以確定各組迴歸係數是相同的，後測的檢定結果如表 6， $F(1,100)=1.93$ ， $p=.17>.05$ ，延後測的檢定結果如表 7， $F(1,100)=.32$ ， $p=.58>.05$ ，

組別與共變項（前測成績）的交互作用項均未達 .05 的顯著水準，接受虛無假設，表示兩組內的共變項與依變項的線性關係具有一致性。再進行變異數同質性檢定，後測之變異量 Levene 檢定結果， $F(1,102)=2.12$ ， $p=.15>.05$ ，延後測之變異量 Levene 檢定結果， $F(1,102)=.36$ ， $p=.06>.05$ ，均未違反同質性假設。

此時才可進一步使用單因子共變數分析，表 8 為後測成績之受試者間效應項的檢定，結果顯示 $F(1,101)=5.90$ ， $p=.02<.05$ ，表 9 為延後測成績之受試者間效應項的檢定，結果顯示 $F(1,101)=5.87$ ， $p=.02<.05$ ，顯示不同實驗設計（P-W 與 W-P）對後測、延後測有顯著的影響，即 P-W 組的後測、延後測成績顯著優於 W-P 組。

表 5、前測、後測、延後測成績之敘述性統計表

各回成績	組別	人數 <i>n</i>	平均數 <i>M</i>	標準差 <i>SD</i>	平均數的 標準誤
前測成績	實驗組 1 (W-P 組)	53	20.04	9.72	1.33
	實驗組 2 (P-W 組)	51	19.90	9.16	1.28
後測成績	實驗組 1 (W-P 組)	53	20.85	8.85	1.22
	實驗組 2 (P-W 組)	51	23.18	7.08	0.99
延後測成績	實驗組 1 (W-P 組)	53	20.64	9.26	1.27
	實驗組 2 (P-W 組)	51	23.16	7.90	1.11

表 6、後測迴歸係數同質性檢定摘要表

來源	型 III 平方和 <i>SS</i>	自由度 <i>df</i>	平均平方和 <i>MS</i>	<i>F</i> 檢定	顯著性 <i>P</i>
組別 *前測成績	49.12	1	49.12	1.93	.17
誤差	2549.45	100	25.49		
總數	57013.00	104			

表 7、延後測迴歸係數同質性檢定摘要表

來源	型 III 平方和 SS	自由度 df	平均平方和 MS	F 檢定	顯著性 P
組別 *前測成績	9.60	1	9.60	.32	.58
誤差	3041.16	100	30.41		
總數	57511.00	104			

表 8、後測成績之受試者間效應項的檢定

來源	型 III 平方和 SS	自由度 df	平均平方和 MS	F 檢定	顯著性 P	淨相關 Eta 平方
前測成績	3981.64	1	3981.64	154.76	0.00	0.61
組別	151.85	1	151.85	5.90	0.02	0.06
誤差	2598.56	101	25.73			

a. R 平方 = .613 (調過後的 R 平方= .606)

表 9、延後測成績之受試者間效應項的檢定

來源	型 III 平方和 SS	自由度 df	平均平方和 MS	F 檢定	顯著性 P	淨相關 Eta 平方
前測成績	4530.18	1	4530.18	149.98	0.00	0.60
組別	177.19	1	177.19	5.87	0.02	0.05
誤差	3050.75	101	30.21			

a. R 平方 = .606 (調過後的 R 平方= .598)

三、不同教學順序的認知負荷分析

(一)敘述性統計資料

如表 10、圖 6，P-W 組在前測、實驗教學第一、二節、後測、延後測均覺得花費心力比 W-P 組較多。在前測時，學生花費心力較多，因為初次遇到此類型的題目，對題目不熟悉，所以需要花費較多的心力；到了實驗教學時，花費心力均下降，表示透過面積覆蓋

數位教材的學習過程，學生對題目的解題策略較熟稔，花費心力自然下降；到了後測，遇到不同的題型，花費心力比實驗教學學習時要多一些；延後測時，W-P 組花費心力比後測要少，P-W 組花費心力比後測多些。

(二)推論性統計資料

進行推論統計前，先做變異數相等的 Levene 檢定，在實驗教學第一節

$F=1.452$ ， $p =.231 > .05$ ，延後測
 $F=.000$ ， $p =.993 > .05$ ，均未達統計上
 顯著水準，表示各組間的變異數具有
 同質性。再來，進行獨立樣本 t 檢定，
 如表 11，在實驗教學第一節 t
 $(102)=-2.128$ ， $p =.036 < .05$ ，延後測

$t(102)=-2.479$ ， $p =.015 < .05$ ，均達到
 統計上顯著水準，表示在實驗教學第
 一節及延後測時，P-W 組花費心力與
 W-P 組有顯著差異，且 P-W 組花費心
 力多於 W-P 組。

表 10、各階段花費心力程度之敘述性統計表

項目	組別	個數 <i>n</i>	平均數 <i>M</i>	標準差 <i>SD</i>	平均數的 標準誤
前測	實驗組1 (W-P組)	53	3.13	1.35	0.18
	實驗組2 (P-W組)	51	3.35	1.35	0.19
實驗教學第一節	實驗組1 (W-P組)	53	2.42	1.35	0.19
	實驗組2 (P-W組)	51	3.02	1.54	0.22
實驗教學第二節	實驗組1 (W-P組)	53	2.36	1.37	0.19
	實驗組2 (P-W組)	51	2.80	1.47	0.21
後測	實驗組1 (W-P組)	53	2.89	1.25	0.18
	實驗組2 (P-W組)	51	3.04	1.33	0.19
延後測	實驗組1 (W-P組)	53	2.55	1.15	0.16
	實驗組2 (P-W組)	51	3.12	1.19	0.17

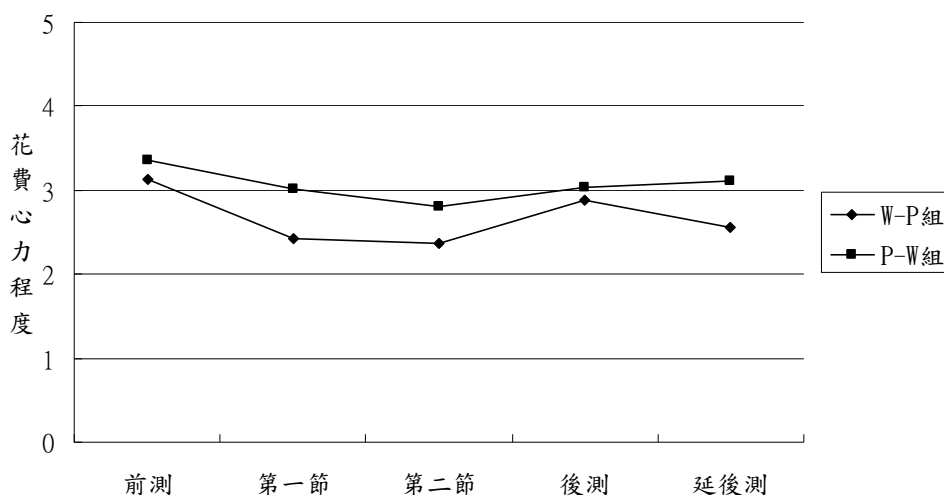


圖 6、兩組實驗設計的花費心力程度在各階段表現的折線圖

表 11、各階段花費心力程度的獨立樣本 t 檢定

項目	變異數相等的 Levene 檢定		平均數相等的 t 檢定				
	F 檢定	顯著性	t	自由度	顯著性	平均差異	標準誤差異
前測	.114	.736	-.834	102	.406	-.221	.265
實驗教學第一節	1.452	.231	-2.128	102	.036	-.605	.284
實驗教學第二節	.356	.552	-1.597	102	.113	-.445	.279
後測	.299	.586	-.603	102	.548	-.152	.253
延後測	.000	.993	-2.479	102	.015	-.570	.230

陸、結論與建議

一、結論

本研究在探討不同教學順序下，工作範例對學生面積覆蓋學習活動的學習成效與認知負荷之影響，透過 W-P 組與 P-W 組在學習後的學習成效與認知負荷做資料分析，由實驗結果得知，不同教學順序的實驗設計，W-P 組與 P-W 組均有助於學習成效的提升，P-W 組的學習成效顯著優於 W-P 組。但在認知負荷量表中之花費心力面向上，P-W 組顯著多於 W-P 組，亦即在本研究中先解題再看工作範例(P-W)會增加學習者的認知負荷感，但此認知負荷是有助於學習，因此也得到較好的學習成績。

從被覆蓋物的學習成效來看，被覆蓋物為方形優於被覆蓋物為三角形，可能是因被覆蓋物為方形時，不需太多切割移補的過程，對於面積覆蓋較為容易做到。

從覆蓋物的學習成效來看，4 平方

公分正方形 > 1 平方公分正方形 > 2 平方公分長方形 > 0.5 平方公分三角形。4 平方公分正方形與 1 平方公分正方形，在切成 1/2、1/3、1/4 大小時，因為較大的 4 平方公分正方形，讓學習者易於看清楚。覆蓋物 2 平方公分長方形的學習成效比 0.5 平方公分的等腰直角三角形好，因覆蓋物為三角形時，學生受「形」的視覺影響，使得在辨別圖形時，往往只看形狀而忽略了單位量大小；對學生而言，此類題型可能須透過更豐富的具體操作經驗，才能過渡到心象，進而到日後面積公式的理解。

二、建議

從被覆蓋物的學習成效而言，被覆蓋物為方形的平均通過率優於三角形；從覆蓋物的學習成效來看，覆蓋物為 4 平方公分的正方形 > 1 平方公分的正方形 > 2 平方公分的長方形 > 0.5 平方公分的等腰直角三角形。本回數位教材實

驗結果，先讓學習者學習覆蓋物為 4 平方公分的正方形，因為是在電腦上做視覺的覆蓋，學生對於單位量較大的覆蓋物，較容易做視覺上的切割，因此通過率較高；一般課堂上在做具體操作時，或可讓學生先嘗試用 4 平方公分的覆蓋物去覆蓋圖形。建議後續研究可了解學生在先學習較大單位量的覆蓋物時，是否有別於一般先學習 1 平方公分覆蓋物之差異，進一步探究何者是較容易學會的單位量。

進行實驗研究時，可能常須花費三到五節課，若能將完整概念細分成幾個子概念，再進行教學實驗，如此實驗時不會佔用太多節數，分幾個小段去教，對於教學現場較易於進行實驗研究，研究者或可考慮為之。

面積非經常性問題要活學活用，不能死背硬記，才不會造成僵固性思考，囿於一種解題方法。陳銜逸（1996）提到學生在學習面積時，只注重經常性問題，忽略非經常性問題的學習偏差態度值得大家的重視；譚寧君（1998a）指出不同單位量的學習經驗，可避免思考的僵化，學生會誤以為一格或 1 平方公分的單位量是必然且唯一。所以，教學時提供學生一些非經常性的問題，觸發學生思考，才不會造成單一思考，或是只會套公式，渾然不知題意而解題。面積非經常性的問題，雖未能常常從課本上看得到，但對於促進學生進一步探討面積概念的問題，自有其重要。面積概念

倘若沒有弄清楚，學生誤用公式的情形自會屢見不鮮。

教學現場的老師也可藉由此類非經常性的問題，來判斷學生是否靈活應用所學，抑或「死記」公式、「硬用」公式；透過面積覆蓋非經常性的問題，或可看出學生在學習面積覆蓋活動時的另一個真實的面貌。

參考文獻

- 古詩儀（2011）。以認知負荷理論探討不同文本呈現方式對國小高年級學生閱讀理解表現之影響：以表面積為例。國立臺北教育大學數學暨資訊教育研究所碩士論文，未出版，臺北市。
- 朱玉如（2003）。臺北市國小學童面積概念學習情形之探討。國立臺中師範學院教育測驗統計研究所碩士論文，未出版，臺中市。
- 呂鳳琳（2010）。幾何證明不同文本呈現方式對學生認知負荷與閱讀理解影響之研究。國立臺灣師範大學數學學習碩士論文，未出版，臺北市。
- 吳瑞源、吳慧敏（2008）。動畫教材之學習者控制播放模式與多媒體組合形式對學習成效與學習時間影響之研究。師大學報：科學教育類，53（1），1-26。
- 林明正（2006）。認知負荷理論與教學，臺灣教育，641 期。
- 涂金堂、吳明隆（2011）。運用「範例（Worked-Out Example）」在國小數學問題解決的教學實驗研究。國立臺灣師範大學教育心理與輔導學系教育心理學報，43（1），25-50。
- 涂金堂（2012）。應用認知負荷理論的數學解題教學實驗，屏東教育大學學報-教育類，38，227-256。
- 張令垂（2008）。國小五年級數學低成就學童面積迷思概念之補救教學研究。臺北市立教育大學數學資訊教

- 育教學碩士學位班碩士論文，未出版，臺北市。
- 許秀蕊 (2006)。基於試題反應理論與模糊理論探討國小三四五年級學童面積概念之發展。國立臺北教育大學數學教育研究所碩士論文，未出版，臺北市。
- 陳光勳 (2012)。數學暨資訊教育之精進。國民教育，52 (3)，7-14。
- 陳蜜桃 (2003)。認知負荷理論及其對教學的啟示。國立高雄師範大學教育學系教育學刊，21，29-51。
- 陳銜逸 (1996)。我國國小高年級學生平面圖形面積概念的研究。八十五年度師範院校教育學術論文發表會論文集 (2)。臺東縣，國立臺東師範學院。
- 陳嘉皇 (2006)。國小學童面積概念公式發展之研究。臺北市：行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，NSC94-2521-S-168-002。
- 陳嘉皇 (2007)。國小學童面積概念公式發展之電腦教學實驗研究研究成果報告 (精簡版)。臺北市：行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，NSC95-2521-S-168-001。
- 陳嘉皇 (2008)。國小面積資訊教材學習軌道設計與教學成效探討，高師大學報，25 (3)，103-124。
- 郭秀緞 (2005)。以認知負荷的觀點探討數學問題設計的適切性。教育研究，13，169-182
- 教育部 (2008)。國民中小學九年一貫課程綱要—數學學習領域。臺北市：教育部。
- 教育部 (2008)。國民中小學九年一貫課程綱要數學學習領域修正草案對照表。臺北市：教育部。
- 莊謙本，黃議正，沈家仔 (2011)。植基認知負荷取向在課程教材設計及其教學成效分析，屏東教育大學學報-教育類，36，169-206。
- 黃巧琪 (2004)。認知負荷理論及其在教學上的啟示，教育資料與研究，61，77-83。
- 黃幸美 (2009)。整合二維空間幾何與面積概念的課程與教學試驗。科學教育學刊，17(6)，509-530。
- 黃俊瑋 (2012)。生活語言式工作範例對國小數學面積單元的學習成效、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班碩士論文，未出版，宜蘭縣。
- 楊婷云 (2012)。以線圖表徵發展加減和除法兩步驟文字題數位教材之行動研究。國立臺北教育大學數學教育研究所碩士論文，未出版，臺北市。
- 潘亭蓉、曹雅玲 (2007)。國小五年級學童面積概念之相關研究。國教新知，54，24-37。
- 譚寧君 (1995)。面積與體積的教材分析。載於甯自強主編：八十四學年度數學教育研討會論文暨會議實錄彙編，27-36。國立嘉義師範學院。
- 譚寧君 (1998a)。國小兒童面積迷思概念分析研究。國立臺北師範學院學報，11，573-602。
- 譚寧君 (1998b)。高年級面積教材分析。臺灣省國民學校教師研習會：國民小學數學科新課程概說(高年級)，214-229。
- 鐘瑩修 (2012)。工作範例與解題練習呈現順序對學生面積基本概念學習成效與認知負荷影響之研究。佛光大學學習與數位科技學系碩士班碩士論文，未出版，宜蘭縣。
- Clements, D. H., & Battista, M. T. (1992). Geometry and spatial reasoning. In D. A. Grouws(Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning*(pp. 420-464). New York, NY: Macmilan Publishing Company.
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning*, (pp. 31-48). New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Education Psychologist*, 38(1), 43-52.

- Murphy, C. (2012). The role of subject knowledge in primary prospective teachers' approaches to teaching the topic of area. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 15, 187-206.
- Outhred, L., & Mitchelmore, M. (2000). Young children's intuitive understanding of rectangular area measurement. *Journal for Research in Mathematics Education*, 31(2), 144-167. Reston VA: The National Council of Teachers of Mathematics, Inc.
- Paas, F. G. W. C., & van Merriënboer, J. J. G. (1994). Variability of worked examples and transfer of geometrical problem solving: A cognitive load approach. *Journal of Educational Psychology*, 86(1), 122-133.
- Paas, F., van Gog, T., & Sweller, J. (2010). Cognitive load theory: New conceptualizations, specifications, and integrated research perspectives. *Educational Psychology Review*, 22, 115-121.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-296.
- Sweller, J. (2005). Implications of cognitive load theory for multimedia learning. In R. E. Mayer(Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning*, (pp. 19-30). New York: Cambridge University Press.
- Sweller, J. (2010). Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Educational Psychology Review*, 22(2), 123-138.
- van Gog T., Kester L. & Paas F. (2011). Effects of worked examples, example-problem, and problem-example pair on novices' learning. *Contemporary Educational Psychology* 36, 212-218.

投稿日期：102 年 05 月 28 日

接受日期：102 年 08 月 23 日

The Effect of Instructional Orders of Worked Examples for Students' Learning Achievement and Cognitive Load in Area Covering

Wen-Chin Hsu^{1*}, Huei-Min Wu², Ning-Chun Tan¹, and Kai-Hsiang Yang¹

¹ Department of Mathematics and Information Education, National Taipei University of Education.

² Department of Psychology, Fo Guang University.

Abstract

The purpose of this study was to design instructional material based on the cognitive load theory, and to investigate the consequences of learning achievement and cognitive load caused by different instructional orders. The instructional orders used in this study included the “worked example-problem solving (W-P)” and “problem solving-worked example (P-W)” orders.

This study adopted an experimental design. The content was the “area covering” in the elementary school geometry. The teaching material was designed by applying the instructional principles of cognitive load theory, especially the principles of worked-examples. The participants were 104 fourth graders of an elementary school. They were randomly assigned to either the “worked example-problem solving” (W-P) or the “problem solving-worked example” (P-W) group. The research instruments included two multimedia lessons and a cognitive load questionnaire. A pretest was taken prior to dividing the participants into groups. Then two multimedia lessons were given, followed by a post-test one week later, and a delay post-test after another week. The cognitive load questionnaire was given after each learning lesson and test.

The results were as follows:

1. The learning achievement of P-W group was much better than W-P group in both the post-test and delay post-test.
2. The P-W, however, perceived higher level of mental effort than the W-P and reached a significant difference in the first lesson and the delay post-test.
3. In the area covering problems, the students did better in squares than in triangles; they did best in 4 cm² squares and worst in 0.5 cm² triangles.

Keyword: worked examples, instructional order, learning achievement, cognitive load, area covering