

# 國立交通大學

理學院科技與數位學習學程

碩 士 論 文

多元表徵應用於二元一次聯立方程式  
文字題列式教學之研究



A Study of an Instructional Design by Using Multiple  
Representations to Translate Word Problems of Two  
Variables into A System of Linear Equations

研 究 生 ： 廖真瑜

指 導 教 授 ： 陳明璋 博士

中 華 民 國 一 百 年 七 月

多元表徵應用於二元一次聯立方程式文字題列式教學之研究

A Study of an Instructional Design by Using Multiple  
Representations to Translate Word Problems of Two  
Variables into A System of Linear Equations

研究生：廖真瑜

Student：Chen-Yu Liao

指導教授：陳明璋

Advisor：Ming-Jang Chen



Submitted to Degree Program of E-Learning  
College of Science  
National Chiao Tung University  
in partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of  
Master  
In  
Degree Program of E-Learning  
July 2011  
Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一百年七月

# 多元表徵應用於二元一次聯立方程式文字題列式教學之研究

學生：廖真瑜

指導教授：陳明璋 博士

## 國立交通大學理學院科技與數位學習學程

### 中文摘要

本研究目的在分析不同表徵之教學設計模式對於常態編班學生其學習成效及認知負荷之影響，並以整體學生、學過與未學過學生及不同數學學習成就學生作為樣本區隔，針對國中七年級「二元一次聯立方程式文字題列式」進行研究，進而對教學現場中不同的教學對象提出其適用之教學設計模式建議。

本研究採準實驗研究設計，以研究者任教之常態編班國中七年級四個班的學生為研究對象進行實驗，依據不同的教學設計模式分為四組進行實驗，分別為(1)串流式教學組、(2)代數教材設計原則組、(3)動態圖像組、(4)代數教材設計原則輔以動態圖像組。

實驗結果分析得到：(1)將結合代數教材設計原則及動態圖像之教學設計教材運用於常態編班中整體學生、未學過之學生及中學習成就、低學習成就學生之教學，能有效提升其學習成效，並降低認知負荷；(2)代數教材設計原則能降低學生在搜尋相關訊息之認知負荷；(3)動態圖像表徵有助於低學習成就學生理解題意，進而正確的將文字表徵轉化為代數表徵；(4)將僅有動態圖像表徵而未具代數教材設計原則之教材設計運用於常態編班中整體學生、未學過學生及中學習成就、高學習成就學生之教學，其學習成效表現不佳且認知負荷較高；(5)在實驗教材中皆未產生專業知識反轉效應。

關鍵字：二元一次聯立方程式文字題、多元表徵、認知負荷

# A Study of an Instructional Design by Using Multiple Representations to Translate Word Problems of Two Variables into A System of Linear Equations

Student : Chen-Yu Liao

Advisor : Ming-Jang Chen

Degree Program of E-Learning  
National Chiao Tung University

## Abstract

The purpose of this study was to analyze the effects of four different instructional design models on learning effectiveness and cognitive load among students in a normal grouping system. The experimental lesson was about translate word problems of two variables into a system of linear equations. The sample was divided by experience of learning the lesson and math learning achievement into various groups to find the suitable instructional design model for each group of students.

The quasi-experimental research design was adopted. Four seventh-year classes of students from the school where the researcher served as a teacher participated in the experiment. The students were divided into four groups based on four instructional design models, including (1) streaming instruction, (2) algebra lesson design principles, (3) dynamic graphic representations teaching, and (4) algebra lesson design principles with dynamic graphic representations teaching.

The experimental results showed: (1) the instruction based on algebra lesson design principles with dynamic graphic representations teaching could effectively enhance the learning effectiveness and reduce the cognitive load among overall students, students who have never learnt the experimental lesson, students with intermediate math learning achievement, and students with low math learning achievement in a normal grouping system; (2) the instruction based on algebra lesson design principles could reduce the cognitive load on students in seeking related information; (3) dynamic graphical representations were helpful for students with low learning achievement in comprehension of problems and translation of word representations into algebraic representations; (4) the instruction designed with dynamic graphic representations but without algebra lesson design principles caused poor learning effectiveness and higher cognitive load among overall students, students who have never learnt the experimental lesson, students with intermediate math learning achievement, and students with high math learning achievement in a normal grouping system; (5) no expertise reversal effect was found in this study.

Keywords: word problems of two variables into a system of linear equations, multiple representation, cognitive load/

## 誌 謝

自從大學畢業後即踏入工作的我，在兩年前走回校園進修，歷經了兩年的光陰，終於在此刻把睽違已久的論文順利完成了，期間遇到許多挑戰與磨鍊，所幸有眾人的支持和鼓勵，讓我能夠將論文順利地完成。在碩士班的兩年中，我學到的不只是能實用於課堂教學的技巧及研究的方法，更重要的還有團隊合作、努力不懈的精神。

首先最感謝的是我的指導教授陳明璋老師，老師在忙碌之餘，每周一定會跟我們進行研究討論，並且用他最敏銳的感官與專業的判斷，不厭其煩的指導我們將教材修改到盡善盡美，尤其在口試這個最後關頭，經過老師的指點我才能將複雜的研究結論做出完整的歸納。另外，每當我因為忙於工作、課業及結婚大事而感到挫折時，老師總是給予我溫暖的鼓勵，讓我有勇氣再面對這些人生的課題，真的很感謝老師的提攜與包容，著實讓我成長許多。

另外，要特別感謝袁媛教授、譚寧君教授及盧鴻興教授在百忙之中撥空擔任我的口試委員，並提出精闢的見解與寶貴的建議，使得本研究能更加嚴謹，在此致上我最誠摯的謝意。1896

感謝研究室中一同奮鬥的夥伴忠韻、嘉惠、勃毅、志青、怡君、于芳及純慧，讓我在研究的過程中感到不孤單，感謝你們無私的分享，讓我能順利的完成這份研究，也讓我重溫學生時期那種單純美好的快樂。

此外，還要深深感謝我的上司吳惠濱校長，因為您的信任、體諒及鼓勵，讓我得以在兩年內完成碩士論文，還有我工作上最重要夥伴怡萱、彥蓉、步剛及元平，在我分身乏術之際給予我最大的幫助，讓我放心的完成學業。

最後，要感謝長久以來一直支持我雙親及家人，總是給予我莫大的勇氣面對一切、感謝體貼陪我熬夜寫論文的丈夫宗德及幫我誠心祈求能順利畢業的外公、外婆及公公、婆婆，衷心的感恩眾人的協助讓我能順利完成學業，謝謝你們！

# 目次

中文摘要.....	I
ABSTRACT.....	II
目次.....	IV
表次.....	VIII
圖次.....	XII
<b>1、緒論.....</b>	<b>1</b>
1.1 研究動機.....	1
1.2 研究目的.....	3
1.3 研究問題.....	3
1.4 研究範圍.....	4
1.5 研究限制.....	4
<b>2、文獻探討.....</b>	<b>5</b>
2.1 二元一次聯立方程式的文字題.....	5
2.1.1 迷思概念.....	5
2.1.2 二元一次聯立方程式文字題列式常見之錯誤形式.....	5
2.1.3 二元一次方程式解題歷程.....	7
2.2 多媒體學習理論.....	8
2.2.1 多媒體學習的定義.....	8
2.2.2 訊息處理的過程.....	8
2.2.3 多媒體學習理論的三大基本假設.....	9
2.2.4 多媒體學習理論教學設計原則.....	10
2.3 代數教材設計原則.....	14
2.3.1 教學內容結構化.....	15
2.3.2 教材呈現區塊化.....	16
2.3.3 建立訊息關聯.....	16
2.3.4 口語簡化解說.....	17



2.4 多元表徵.....	17
2.4.1 表徵的意義 .....	18
2.4.2 表徵的分類 .....	18
2.5 認知負荷理論.....	20
2.5.1 認知負荷的意義 .....	20
2.5.2 認知負荷的基本假定 .....	20
2.5.3 認知負荷的類型 .....	22
2.5.4 認知負荷教學設計原則 .....	23
<b>3、研究方法.....</b>	<b>27</b>
3.1 研究流程.....	27
3.1.1 準備階段 .....	28
3.1.2 實驗階段 .....	28
3.1.3 分析階段 .....	28
3.2 研究設計.....	28
3.2.1 實驗流程 .....	29
3.2.2 研究變項與假設 .....	29
3.3 研究對象.....	31
3.3.1 整體學生立足點一致 .....	31
3.3.2 各組未學過學生與各組已學過學生立足點一致 .....	34
3.3.3 各組不同學習成就之學生立足點一致 .....	38
3.4 研究工具.....	46
3.4.1 實驗教材修改與製作 .....	46
3.4.2 學習成就測驗 .....	54
3.4.3 認知負荷量表 .....	55
3.5 資料分析方法 .....	57
3.5.1 ANOVA .....	57
3.5.2 Effect Size .....	58
3.5.3 學習效率 (Instructional Efficiency) .....	59
3.5.4 投入分數 (Instructional Involvement Score) .....	60
3.5.5 綜合學習效率與投入分數 .....	61
3.5.6 積差相關 .....	62

<b>4、研究結果與發現</b> .....	<b>63</b>
4.1 不同表徵模式教材對學生學習成就表現之影響.....	63
4.1.1 在整體學生階段學習成效方面 .....	63
4.1.2 在未先學過學生其階段學習成效方面 .....	66
4.1.3 在已先學過學生其階段學習成效方面 .....	69
4.1.4 在低數學學習成就學生其階段學習成效方面 .....	71
4.1.5 在中數學學習成就學生其階段學習成效方面 .....	74
4.1.6 在高數學學習成就學生其階段學習成效方面 .....	77
4.2 不同表徵模式之教材對學生認知負荷之影響.....	79
4.2.1 在整體學生的認知負荷方面 .....	79
4.2.2 在未先學過學生其認知負荷方面 .....	89
4.2.3 在已先學過學生其認知負荷方面 .....	97
4.2.4 在低數學學習成就學生其認知負荷方面 .....	104
4.2.5 在中數學學習成就學生其認知負荷方面 .....	111
4.2.6 在高數學學習成就學生其認知負荷方面 .....	118
4.3 經不同表徵模式教材教學之學生其後測成績與認知負荷相關性分析.....	125
4.3.1 串流式教材組 .....	126
4.3.2 代數教材設計原則組 .....	128
4.3.3 動態圖像表徵組 .....	130
4.3.4 代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組 .....	132
4.4 學習成就與認知負荷暨專業知識反轉效應分析.....	134
4.4.1 對整體學生而言 .....	135
4.4.2 對未學過與已學過學生而言 .....	136
4.4.3 對不同學習成就之學生而言 .....	138
4.5 研究結果與分析.....	140
4.5.1 綜合學習成就表現及認知負荷 .....	140
4.5.2 學習成就表現及認知負荷相關性統整 .....	143
<b>5、結論與建議</b> .....	<b>146</b>
5.1 研究結論.....	146
5.2 檢討與建議.....	147
5.2.1 對於教學之建議 .....	147



5.2.2 對於未來研究之建議 .....	148
<b>參考文獻</b> .....	<b>150</b>
英文文獻 .....	150
中文文獻 .....	152
<b>附錄一：實驗教材</b> .....	<b>153</b>
<b>附錄二：前測題目</b> .....	<b>158</b>
<b>附錄三：後測題目</b> .....	<b>159</b>
<b>附錄四：認知負荷問卷</b> .....	<b>160</b>



# 表 次

表 1 教學實驗總流程表	29
表 2 分組教材設計內容摘要表	29
表 3 受試學生上學期三次定期評量總成績平均及標準差摘要表	32
表 4 受試學生上學期三次定期評量總成績變異數同質性檢定	32
表 5 受試學生上學期三次定期評量總成績變異數分析摘要表	32
表 6 受試學生前測成績平均及標準差摘要表	33
表 7 受試學生前測成績變異數同質性檢定	33
表 8 受試學生前測成績變異數分析摘要表	33
表 9 未學過之受試學生定期評量總成績平均及標準差摘要表	34
表 10 未學過之受試學生定期評量總成績變異數同質性檢定	34
表 11 未學過之受試學生定期評量總成績變異數分析摘要表	35
表 12 未學過之受試學生前測成績平均及標準差摘要表	35
表 13 未學過之受試學生前測成績變異數同質性檢定	35
表 14 未學過之受試學生前測成績變異數分析摘要表	36
表 15 已學過之受試學生定期評量總成績平均及標準差摘要表	36
表 16 已學過之受試學生定期評量總成績變異數同質性檢定	37
表 17 已學過之受試學生定期評量總成績變異數分析摘要表	37
表 18 已學過之受試學生前測成績平均及標準差摘要表	37
表 19 已學過之受試學生前測成績變異數同質性檢定	38
表 20 已學過之受試學生前測成績變異數分析摘要表	38
表 21 低學習成就之受試學生上學期定期評量總成績平均及標準差摘要表	39
表 22 低學習成就之受試學生定期評量總成績變異數同質性檢定	39
表 23 低學習成就之受試學生上學期定期評量總成績變異數分析摘要表	39
表 24 低學習成就之受試學生前測成績平均及標準差摘要表	40
表 25 低學習成就之受試學生前測成績變異數同質性檢定	40
表 26 低學習成就之受試學生前測成績變異數分析摘要表	41
表 27 中學習成就之受試學生上學期定期評量總成績平均及標準差摘要表	41
表 28 中學習成就之受試學生定期評量總成績變異數同質性檢定	41
表 29 中學習成就之受試學生上學期定期評量總成績變異數分析摘要表	42

表 30	中學習成就之受試學生前測成績平均及標準差摘要表	42
表 31	中學習成就之受試學生前測成績變異數同質性檢定	42
表 32	中學習成就之受試學生前測成績變異數分析摘要表	43
表 33	高學習成就之受試學生上學期定期評量總成績平均及標準差摘要表	43
表 34	高學習成就之受試學生定期評量總成績變異數同質性檢定	43
表 35	高學習成就之受試學生上學期定期評量總成績變異數分析摘要表	44
表 36	高學習成就之受試學生前測成績平均及標準差摘要表	44
表 37	高學習成就之受試學生前測成績變異數同質性檢定	45
表 38	高學習成就之受試學生前測成績變異數分析摘要表	45
表 39	實驗組 1 教材原始頁和修正頁一覽表	47
表 40	實驗組 3 教材原始頁和修正頁一覽表	50
表 41	試題之可靠性統計量	54
表 42	學習成就測驗卷各題之難度	55
表 43	學習成就測驗卷中各題之鑑別度	55
表 44	認知負荷量表題目及說明	56
表 45	相關係數的強度大小與意義	62
表 46	全體受測學生後測成績平均及標準差摘要表	64
表 47	全體受測學生後測成績變異數同質性檢定	64
表 48	全體受測學生後測成績變異數分析摘要表	64
表 49	全體受測學生後測成績多重比較表-GAMES-HOWELL 法	65
表 50	各組中未先學過之學生後測成績平均及標準差摘要表	66
表 51	各組中未先學過之學生後測成績變異數同質性檢定	67
表 52	各組中未先學過之學生後測成績變異數分析摘要表	67
表 53	各組中未先學過之學生後測成績多重比較表-GAMES-HOWELL 法	68
表 54	各組中已學過之學生後測成績平均及標準差摘要表	69
表 55	各組中已學過之學生後測成績變異數同質性檢定	70
表 56	各組中已學過之學生後測成績變異數分析摘要表	70
表 57	各組低數學學習成就學生後測成績平均及標準差摘要表	71
表 58	各組低數學學習成就學生後測成績變異數同質性檢定	72
表 59	各組低數學學習成就學生後測成績變異數分析摘要表	72
表 60	各組低數學學習成就學生後測成績多重比較表-TUKEY HSD 法	72

表 61	各組中數學學習成就學生後測成績平均及標準差摘要表	74
表 62	各組中數學學習成就學生後測成績變異數同質性檢定	75
表 63	各組中數學學習成就學生後測成績變異數分析摘要表	75
表 64	各組中數學學習成就學生後測成績多重比較表-TUKEY HSD 法	76
表 65	各組高數學學習成就學生後測成績平均及標準差摘要表	78
表 66	各組高數學學習成就學生後測成績變異數同質性檢定	78
表 67	各組高數學學習成就學生後測成績變異數分析摘要表	78
表 68	整體受測學生認知負荷量平均數及標準差摘要表	80
表 69	整體受測學生認知負荷量變異數同質性檢定	82
表 70	整體受測學生認知負荷量變異數分析摘要表	83
表 71	整體受測學生認知負荷量多重比較表- TUKEY HSD 法	84
表 72	未先學過之學生認知負荷量平均數及標準差摘要表	90
表 73	未學過之學生認知負荷量變異數同質性檢定	92
表 74	未先學過之學生認知負荷量變異數分析摘要表	93
表 75	未先學過之學生認知負荷量多重比較表-TUKEY HSD 法	94
表 76	未先學過之學生認知負荷量多重比較表-GAMES-HOWELL 法	96
表 77	已先學過之學生認知負荷量平均數及標準差摘要表	98
表 78	已先學過之學生認知負荷量變異數同質性檢定	100
表 79	已先學過之學生認知負荷量變異數分析摘要表	101
表 80	已先學過之學生認知負荷量多重比較表-TUKEY HSD 法	102
表 81	各組 低數學學習成就學生認知負荷量平均數及標準差摘要表	105
表 82	各組低數學學習成就學生認知負荷量變異數同質性檢定	107
表 83	各組低數學學習成就學生認知負荷量變異數分析摘要表	108
表 84	各組低數學學習成就學生認知負荷量多重比較表-TUKEY HSD 法	109
表 85	各組低數學學習成就學生認知負荷量多重比較表-GAMES-HOWELL 法	110
表 86	各組中數學學習成就學生認知負荷量平均數及標準差摘要表	112
表 87	各組中數學學習成就學生認知負荷量變異數同質性檢定	114
表 88	各組中數學學習成就學生認知負荷量變異數分析摘要表	115
表 89	各組中數學學習成就學生認知負荷量多重比較表-TUKEY HSD 法	116
表 90	各組高數學學習成就學生認知負荷量平均數及標準差摘要表	118
表 91	各組高數學學習成就學生認知負荷量變異數同質性檢定	120

表 92 各組高數學學習成就學生認知負荷量變異數分析摘要表 .....	121
表 93 各組高數學學習成就學生認知負荷量多重比較表-TUKEY HSD 法 .....	123
表 94 串流式教材組後測成績與認知負荷各題項的相關矩陣表 .....	126
表 95 代數教材設計原則組後測成績與認知負荷各題項的相關矩陣表 .....	128
表 96 動態圖像表徵組後測成績與認知負荷各題項的相關矩陣表 .....	130
表 97 代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組後測成績與認知負荷各題項的相關矩陣表 .....	132
表 98 整體學生學習效率與投入分數數值 .....	135
表 99 未學過及已學過學生學習效率與投入分數數值 .....	137
表 100 不同學習成就學生學習效率與投入分數數值 .....	138
表 101 階段學習成就及認知負荷研究結果摘要表 .....	140
表 102 學習成就表現及認知負荷相關性分析表 .....	143



## 圖 次

圖 1 多媒體學習認知模型 .....	9
圖 2 實驗組 3 教材，符合多媒體原則 .....	11
圖 3 實驗組 3 教材，符合空間接近原則 .....	11
圖 4 對照組教材，未符合分割原則 .....	13
圖 5 實驗組 3 教材，符合分割原則 .....	13
圖 6 實驗組 3 教材，符合信號原則 .....	14
圖 7 對照組教材，未具教學內容結構化 .....	15
圖 8 實驗組 1 教材，教學內容結構化 .....	15
圖 9 實驗組 3 教材，教學內容結構化 .....	16
圖 10 實驗組 3 教材，建立訊息關聯 .....	17
圖 11 研究實施步驟流程圖 .....	27
圖 12 變異數分析流程圖 .....	58
圖 13 學習效率圖 .....	59
圖 14 教學投入分數圖 .....	60
圖 15 學習效率與學習投入分數圖 .....	61
圖 16 學習效率與投入分數圖（整體） .....	136
圖 17 學習效率與投入分數圖（未學過與已學過學生） .....	137
圖 18 學習效率與投入分數圖（不同學習成就學生） .....	139



# 1、緒論

本章共分五節，主要說明本研究之研究動機與背景、研究目的、研究問題、研究範圍與研究限制。

## 1.1 研究動機

有一句話是這麼說的：「自然為科學之父，數學為科學之母」。數學是自然科學與社會科學的共同基礎，聯合國教科文組織也將數學列為終身學習的基礎。透過數學的訓練，可以培養一個人具備敏捷的思考能力，並且擁有縝密的邏輯推理能力，當遇到問題時，往往能迅速冷靜判斷、當機立斷，採行最佳的策略以解決問題。

然而，如此重要的一門知識，卻讓許多國中生感到十分頭痛，因此也間接成為補習街中最熱門的科目。探究其原因，往往是因為教材內容複雜，學生無法理解教師授課內容，導致數學學習成就低落，進而影響其學習興趣並失去自信，於是數學變成學生壓力的來源，缺乏正向的學習態度，最終形成惡性循環，數學學習成就日益低落，數學便成了令學生望之卻步的一門科目。

邱俊仁(2003)調查高雄地區國一學生的數學焦慮感，發現數學焦慮對學生的學習成就與學習態度確實有負面的影響，特別是低成就而且有數學焦慮的學生，他們經常在學習時遭遇困難，有很大的挫折感，一旦知道有數學科的考試就會顯得很緊張，不僅排斥上課，甚至想要放棄數學。研究者身為國中教師，「希望能在這群孩子最需要的時候，適時伸出援手，拉他一把」是當初選擇教師這個職業作為志業的原因，然而同時身為數學教師的我，也總是以「讓孩子能在快樂中有效學習數學」作為教學的座右銘，因此希望能夠透過此研究，營造一個低壓力的學習情境，並設計一套使學生更易於理解的教材，讓國中生在學習數學時能感到輕鬆愉快，避免落入數學學習不利的惡性循環之中。

社會變遷迅速，雖然時下許多教師都正朝著網路教學之路邁進，然而，研究者認為傳統教學法亦不可拋棄，傳統教學法讓師生能夠面對面做直接的溝通，教師能在第一時間掌握學生的學習狀況，並加以調整教學方式及步調。因此，研究者認為要達到「讓孩子能在快樂中有效學習數學」之理念，必須以傳統教學方式為精神，輔以資訊科技融入教學，改善教材設計，

提升學生學習興趣、降低學習壓力，同時也降低教師準備教材之難度。

一堂成功的課除須包含教師生動的口語表達、肢體語言表達、良好的教室管理外，一套優良的教材更是其中不可或缺的元素。數學文字題的特點是用語文的型態來敘述數學情境問題，且常以日常生活事件為題材，因此比一般的計算涉及更多的認知歷程(張景媛, 1994)。在許多研究中發現，能否成功解決文字題，語意結構關係的理解是一個重要因素，許多學生解文字題失敗的原因，乃因沒能仔細思考題目的意義，看到數字就急著要直接進行運算(古明峰, 1997)，然而造成學生沒能仔細思考題目的原因除了該題語意較複雜外，也可能是因為教材編排方式不佳所致，因此本研究希望透過實驗設計，了解運用不同表徵模式設計之教材授課對於學生解文字題之幫助，建造一個使教師、學生、教材三者可以互相溝通的環境，製作一套能使學生專注且享受於學習的教材，以降低學生之認知負荷量，進而促進有效解題。

根據葉子榕(2010)之研究，將代數教材設計原則結合動態圖像表徵呈現運用在教學設計上，對需進行補救教學的學生授課其學習成效表現顯著優於將代數教材設計原則運用於教學設計上。然而該研究僅針對低學業成就之學生進行實驗，而現今教育環境為常態編班，各個班級中的學生程度差異頗大，因此本研究將以常態編班下的學生為樣本進行施測，以了解將不同表徵模式之教材運用於常態編班下之影響；另，葉子榕(2010)之研究除了對照組為「串流式教學」組外，僅將實驗分為「代數教材設計原則組」及「代數教材設計原則結合動態圖像表徵」組，然而本研究為確實了解「代數教材設計原則結合動態圖像表徵組」之學習成效表現較佳之主要因素為「代數教材設計」或「動態圖像表徵」，故本研究將加入「未具代數教材設計原則之動態圖像表徵」一組來了解真正影響學習成效之主要原因。此外，依據葉子榕(2010)之建議，將後測試題由 5 題增加為 10 題，以提升施測結果的精確度。

有鑑於以上種種因素，本研究將針對七年級「二元一次方程式聯立方程式文字題列式」之單元為教材內容，以激發式動態呈現方式，設計一套具備良好溝通性之教材，以有效協助教師引導學生進行學習，期能達成「在快樂中有效學習數學」之目標。

## 1.2 研究目的

基於上述研究動機，本研究擬達成以下目的：

- (一)分別探討以「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」所設計之教材運用於常態編班教學下，對學生的學習成就表現之影響。
- (二)分別探討以「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」所設計之教材運用於常態編班教學下，對學生的認知負荷之影響。
- (三)分別探討以「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」所設計之教材運用於常態編班教學下，學生的學習成就表現與認知負荷之間是否存在相關。
- (四)分別探討以「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」所設計之教材運用於先備知識高之學習者，是否會產生專業知識反轉效應。

## 1.3 研究問題

根據上述研究目的，本研究要探討的問題如下：

分別將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，

- 1-1 對於整體學生的學習成就表現是否有影響？
- 1-2 對於未學過與已學過學生其學習成就表現是否有影響？
- 1-3 對於不同數學學習成就學生其學習成就表現是否有影響？
- 2-1 對於整體學生的認知負荷是否有影響？
- 2-2 對於未學過與已學過學生其認知負荷是否有影響？
- 2-3 對於不同數學學習成就學生其認知負荷是否有影響？
- 3-1「串流式教材組」之學生其學習成就與認知負荷量之間是否存在相關？
- 3-2「代數教材設計原則組」之學生其學習成就與認知負荷量之間是否存在相關？
- 3-3「動態圖像表徵組」之學生其學習成就與認知負荷量之間是否存在相關？
- 3-4「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」之學生其學習成就與認知

負荷量之間是否存在相關？

4-1 對於高數學學習成就與先學過學生是否會產生專業知識反轉效應？

## 1.4 研究範圍

(一)本研究所發展的教材內容以九年一貫七年級數學領域中「二元一次聯立方程式應用問題」的單元為主題（康軒版，民國 100 年 2 月再版二刷，國民中學數學教科書第三冊）。

(二)本研究以新竹市某常態編班之國中其七年級四個班為研究對象。

## 1.5 研究限制

(一)主題限制：

本研究僅針對「二元一次聯立方程式的文字題列式」討論，因此對於不同的代數主題仍需設計不同的實驗與教材加以印證，無法類推。

(二)母群體限制：

本研究對象為新竹市某常態編班之國中其七年級四個班之學生，因此研究結果無法推論至全國國民中學的學生。

(三)受試人員限制：

由於部分受試樣本並非研究者任教之班級，因此對於研究者的教學模式、口語速度等均較不熟悉，雖然研究者已於正式實驗前至該些班級代課三節，但仍有可能會影響到施測結果。

(四)施測時間限制

樣本班級的教學與施測時間點稍不相同，稍微影響學生學習和受測的心態，可能會間接影響施測結果。



## 2、文獻探討

本章共分五節，主要對二元一次聯立方程式的文字題、多媒體學習理論、代數教材設計原則、多元表徵及認知負荷理論進行文獻探討。

### 2.1 二元一次聯立方程式的文字題

本節將針對二元一次聯立方程式的文字題其迷思概念、常見錯誤形式及解題歷程進行說明。

#### 2.1.1 迷思概念

迷思概念指的是在教學的過程中，學生對於某一概念，因某種因素而產生的錯誤想法。可能造成迷思概念的原因如下(林進財, 1999)：

(一)編碼的問題：

迷思概念可能是學習者在編碼的過程中，未循著正常的方式加以合適地編碼，導致學習能力受到限制。

(二)學習信念的問題：

學習信念是學生在學習歷程中，對於歷程中所有相關因素及變項所持有且信以為真的觀念，若是學習信念有偏差，那麼學生的迷思概念將產生。

(三)經驗因素：

形成迷思概念的原因可能來自於個體實際經驗的建構，這些經驗大都是屬於直覺推理而得，當個體進行錯誤的推理時，迷思概念便會產生。

#### 2.1.2 二元一次聯立方程式文字題列式常見之錯誤形式

(一)學生看題目時，常忽略題目中關於「時間」的描述(張景媛, 1994)。

例如本研究之學習成就測驗第 6 題中，「九年前，父親的年齡是兒子的 5 倍」，學生列式時常常忘記九年前父親與兒子的年齡皆需「-9」。

(二)學生對於代名詞的用法不清楚(張景媛, 1994)。

例如本研究學習成就測驗第 9 題，「師父對徒弟說：『我在你這個年齡時，你只有 13 歲，等我到我這個年齡時，我已經 91 歲了。』」，學生常因為分不清楚題目中的「你」、「我」指的是誰，而無法列出正確式子。

(三)國中學生在解文字題時，無法充分了解某些關鍵詞的意義，如「倍增」(羅榮福, 2003)。

例如本研究學習成就測驗第 2 題中，「小哈的捐款比美美的三倍多 20 元」，學生因為對於倍增的概念不清楚，列式時常常不清楚究竟是小哈的捐款或美美的捐款該「 $\times 3$ 」；又如本研究學習成就測驗第 7 題中，「把個位數字與十位數字對調後，所得的新數比原數的 2 倍多 18」，學生常因為無法理解「把個位數字與十位數字對調」之意義，且不會用代數符號來表示新數與原數之數值，當然也就無法列出正確的關係式；另外如本研究學習成就測驗第 8 題中，「男生的平均體重為 66 公斤」，學生對於「平均」此一關鍵詞觀念不清時，便無法正確列出關係式。

(四)有些學生對某些關鍵詞的意義有直接反應，例如「每人分 10 個，則剩下 6 個」，敘述中有「分」這個字就以為要使用除法(謝和秀,2000)。

例如本研究學習成就測驗第 3 題中，「有一周長為 76 公分的長方形，……，設長為  $x$  公分，寬為  $y$  公分，...」，學生在列式時常會直接反應為「 $x+y=76$ 」而忽略了周長之意義應為長與寬之和的兩倍，即「 $2(x+y)=76$ 」。

(五)學生認為題目中有數字的句子才是要運算的，沒有數字的句子就是無用的句子(張景媛, 1994)。

(六)學生以為題目中所有的已知條件都會用到，因此想盡辦法要將所有的已知條件都列入式子中(林清山, 1990; 張景媛, 1994)。

(七)學生對於「關係句」的轉譯很困難(林清山, 1990; 張景媛, 1994)。

如本研究學習成就測驗第 9 題中，「師父對徒弟說：『我在你這個年齡時，你只有 13 歲，等你到我這個年齡時，我已經 91 歲了』」，學生對於敘述句中的師徒關係轉譯有困難，也就是無法正確理解題意，因此無法正確列出關係式。

(八)學生面對較長的數學文字題時，常不知重點所在，不知從何處著手，所以會立即放棄思考問題(戴文賓, 1998)。

如本研究學習成就測驗第 5 題中，「姊姊與妹妹各有數顆金莎巧克力，已知妹妹給姊姊 8 顆後，姊姊的顆數是妹妹的 2 倍，若姊姊給妹妹 8 顆後，兩人的顆數就一樣多，設姊姊原有  $x$  顆，妹妹原有  $y$  顆，請依題意列出  $x$  和  $y$  的關係式」，學生因為看到題目中之關係句十分冗長，不知道該從何處著手，便認定此題困難而放棄思考。

(九)學生在看題意時，看了後一句就已忘了前一句，他們無法同時記住許多



條件，以致無餘力思考彼此間的關係(張景媛, 1994)，這也是本研究極力希望藉由教材之改良以解決之問題。

### 2.1.3 二元一次方程式解題歷程

Polya(1957)在「怎樣解題」(How to Solve It)一書中，將解題歷程分為四個階段：

- (一)了解問題：找出未知數、已知數及已知條件。
- (二)擬定計畫：找出已知數和未知數之間的關係。
- (三)執行計畫：檢查每一個步驟，把解題計畫付諸實現。
- (四)回顧解答：檢查所得的答案。

本研究僅討論「列式」之部份，故以下僅對 Polya(1957)在「怎樣解題」(How to Solve It)前兩項教學策略進行研究：

1. 了解問題：教師教學時，可以透過以下幾種方式引導學生了解問題。
  - (1)請學生將問題重述一次，透過請學生將題意重述一次，可協助確保學生已從文字敘述中初步了解題意。
  - (2)請學生找出問題中的未知數、已知數及已知的條件，以確定學生能分析題意。
  - (3)若是遇到需要圖形輔助的題目，請學生畫圖並在圖形上標示出未知數與已知數，以幫助學生將冗長的文字敘述融合於圖像中，解題時學生便不需一直回顧原始的文字題。
2. 擬定計畫：教師教學時可以就下列方式引導學生擬定解題策略。
  - (1)請學生把問題當中的主要關聯部份找出來，逐一地考慮這些部分。

例如本研究學習成就測驗第 10 題中，「哥哥原來月薪為  $a$  元，弟弟原來月薪為  $b$  元，.....，哥哥加薪 3%，姊姊加薪 7%，兩人共加薪 5895 元」，教師可以引導學生找出關聯部分「兩人共加薪 5895 元」，再引導學生說出哥哥增加的薪水為「 $0.03a$ 」元、姊姊增加的薪水為「 $0.07b$ 」，最後將兩者合併列出關係式。

- (2)有時文字敘述中的慣用語或專有名稱無法從字面上的意義去了解，此時便需重組一下條件的順序，並且運用不同的組合方式來考慮它們。

例如本研究學習成就測驗第 8 題中，「男生有  $a$  人、女生有  $b$  人，已知男生比女生多 3 人，男生的平均體重為 66 公斤、女生的平均體重

為 55 公斤，若全班的平均體重為 61 公斤，……」，學生常常無法從字面上理解「平均」之意涵，而出現「 $66+55=61$ 」這種離譜的錯誤列式，因此教師應該導引學生了解「平均」與「整體」之關係，進而使學生正確列出「 $66a+55b=61(a+b)$ 」。

- (3) 因為題目冗長會造成學生看了一句就忘了前一句之情形，因此教師可以引導學生將各個部分拆開，寫出相對應的數學符號，進而列出相對應的代數式。

例如本研究學習成就測驗第 5 題中，「妹妹給姊姊 8 顆後，姊姊的顆數是妹妹的 2 倍，……」，此時可逐步引導學生「姊姊原有  $x$  顆、妹妹原有  $y$  顆，妹妹給姊姊 8 顆後，姊姊與妹妹分別有幾顆？」，並請學生寫下來。

## 2.2 多媒體學習理論

多媒體工具的進展隨著科技的發展不斷創新，而真正影響學習成效的因素除了在於這些媒體所顯示的內容外，也包括了呈現內容之方式。創作多媒體學習內容時，創作者需要從使用者的角度考慮所呈現的訊息其適當性，亦即考量「人機介面」的設計，創作者必須考量人類的感官對於處理訊息的限制來設計數位教材呈現方式，因此本節將針對多媒體學習理論及教學設計原則進行介紹。

### 2.2.1 多媒體學習的定義

多媒體學習(Multimedia Learning)指的是利用「文字(Word)」與「圖像(Picture)」來呈現教材內容的方式進行學習(Mayer, 2001)。其中「文字」包括印刷文字與口述文字，不論是印刷在紙張上或是呈現在螢幕上的字幕皆可歸類為印刷文字，而旁白、演講者說出來的話等則為口述文字。「圖像」則包括靜態的與動態的，靜態的例如：圖畫、照片、地圖、圖表等，而動態的例如：動畫或影片等。

### 2.2.2 訊息處理的過程

Mayer(2009)認為當人類接收到多媒體訊息時，會進行以下三種認知處理

過程，如圖 1：

(一)選取(Select)：

當學習者接觸到文字或圖像等多媒體訊息時，會先由耳朵與眼睛等感官收錄後形成視覺與聽覺表徵，接著自動選取對其有意義的文字或圖像，將其儲存在工作記憶區中。

(二)組織(Organize)：

接著，學習者在工作記憶區中將選取後的文字與圖像加以組織成一個連貫的、有整體性的模型，分別為語文模型(Verbal Model)和圖像模型(Pictorial Model)。

(三)整合(Integrate)：

最後，學習者在工作記憶區中將語文模型及圖像模型加以配對，建立兩者之聯結，並與長期記憶中既有的相關知識加以融合，形成外在關聯，即為多媒體學習的認知過程。

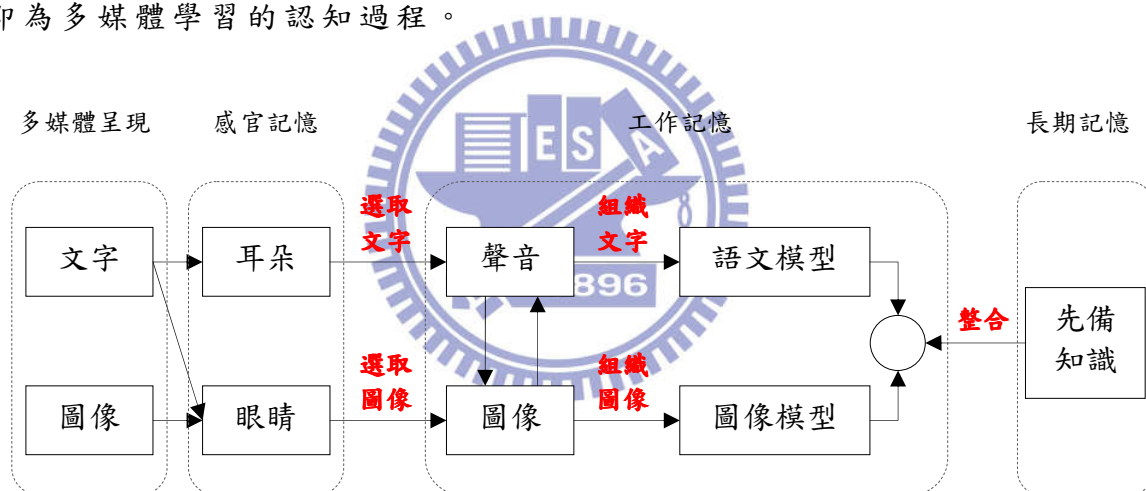


圖 1 多媒體學習認知模型

資料來源：修改自 Multimedia Learning (2nd ed.) ( p.61 ) , by Mayer, R. E., 2009, New York: Cambridge University Press.

### 2.2.3 多媒體學習理論的三大基本假設

多媒體學習理論有三個基本假設，分別為雙通道假設(Dual-channel Assumption)、有限容量假設(Limited-capacity Assumption)及主動處理假設(Active-processing Assumption)(Mayer, 2001)。

(一)雙通道假設(Dual-channel Assumption)

根據 Paivio 所提出的雙碼理論 ( Dual-coding Theory ) ，Mayer 認為人

類視覺及聽覺訊息的兩個通道是獨立分開的，當視覺訊息被呈現到眼睛時，該訊息會由視覺通道進入工作記憶區，如圖表、字幕等，當聽覺訊息被呈現到耳朵時，則會由聽覺通道進入工作記憶區，如演講、旁白等(Mayer, 2001)，相關資料如上圖 1。

### (二)有限容量假設 ( Limited-capacity Assumption )

有限容量假設指的是人類的視覺通道與聽覺通道一次所能處理的訊息量是有限的。所以當大量的訊息湧入時，我們無法完全接收訊息，僅能將少部分的訊息保留於工作記憶中，這些訊息很可能是片段的。

### (三)主動處理假設 ( Active-processing Assumption )

主動處理假設認為當訊息出現時，學習者會主動進行認知處理，並將所接收到的訊息與既有經驗、知識和基模一併整合。

創造一個具有「最少化無關訊息」、「使用核心且必要訊息」及「培養學習者主動學習」的學習環境是對一個教學設計者的挑戰(Clark & Mayer, 2008)。因此教學者應該考量如何適當的切割訊息、呈現訊息，使學習者能夠將注意力投注在重要訊息上以進行有意義的學習。

## 2.2.4 多媒體學習理論教學設計原則

### (一)多媒體原則(Multimedia Principle)

教材設計採用文字與圖像並用的學習效果會比僅用文字呈現好，也就是當學習者進行學習時，以多媒體組合的形式呈現教材會優於以單一媒體的形式呈現之教材。因為當文字及圖片一起呈現時，能幫助學習者建構語文及圖像模型之間的關連，文字的接收是線性的，也就是學習者在接收文字訊息時必須是依序的、逐一的，而圖像的訊息則可以是整體的、非線性的接收，也就是學習者可以同時接收較大量的完整訊息。根據多媒體學習的認知理論，文字與圖像分別在兩個不同的知識表徵管道，因此圖像及文字一同出現時並不會造成通道壅塞。

本研究之實驗組 1 及實驗組 3 皆運用多媒體原則來設計教材，呈現資料如圖 2。

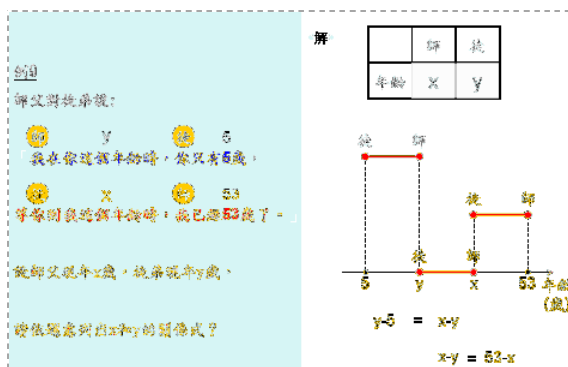


圖 2 實驗組 3 教材，符合多媒體原則

(二)空間接近原則(Spatial Contiguity Principle)：

當學習者利用電腦螢幕或紙本學習時，若相關文字與圖像在畫面中的相對位置較近，學生的學習成效會比相對位置較遠時還好。因為文字與圖像的相對位置接近時，學習者不須把認知資源耗費在資料的搜尋上，此時學習者可將多餘的認知資源投注於其他訊息的獲取上，進而提升教學成效。

本研究之教材皆秉持空間接近原則設計，如圖3。

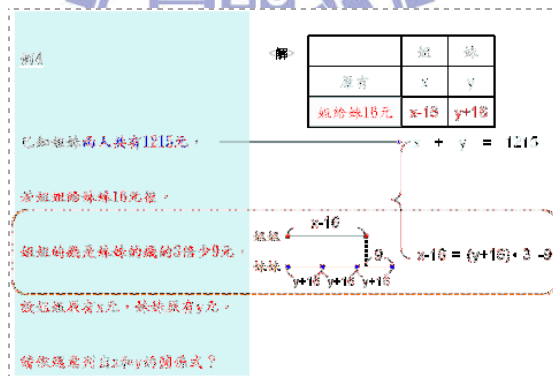


圖 3 實驗組 3 教材，符合空間接近原則

(三)時間接近原則(Temporal Contiguity Principle)：

當學習者利用電腦螢幕或紙本學習時，相關的文字與圖像同時呈現比接續呈現的效果好。因為人類的短期記憶容量有限，若學習者在聽完一段話後才開始播放相對應的動畫，此時學習者較無法在工作記憶區內同時留住文字與圖像表徵，也就較難以建立兩者之關聯，學習成效因此而降低。本研究之教材設計亦符合時間接近原則。



#### (四)形式原則(Modality Principle)：

學習者用「動畫+旁白」的學習成效會優於「動畫+字幕」。因為若是使用「動畫+字幕」時，因為動畫與字幕皆是利用視覺管道，所以會造成此管道認知負荷超載，而且此時聽覺管道未被使用，學習者無法同時整合視覺與聽覺表徵。反之，若是使用「動畫+旁白」時，動畫是利用視覺管道，而旁白則是用到聽覺管道，兩個管道同時使用時效果較好。

本研究在進行實驗教學時，教學者在投影片上呈現圖文，並同時輔以口頭講解而非將解說內容以文字呈現在投影片上，符合形式原則。

#### (五)重複原則(Redundancy Principle)

Mayer(2001)指出學習者用「動畫+旁白」的教材比用「動畫+旁白+字幕」的教材能得到更好的學習效果。因為動畫與字幕皆是利用視覺管道，若同時呈現會彼此佔用視覺管道的資源，而造成認知負荷超載，因此使用「動畫+旁白+字幕」不如使用「動畫+旁白」即可。但是當教材展演速度十分緩慢或此學習者在理解口語比理解字幕需要花費更大的心力時，如：非學習者的母語時、學習者有特殊的學習障礙時或當口語的內容既複雜又冗長且有不熟悉的關鍵字時，則可以輔以字幕來幫助學習者學習，

#### (六)連慣性原則(Coherence Principle)

當學習者進行多媒體學習時，若呈現與內容無關的文字、圖像或聲音，將會妨礙學習者的學習。Mayer(2001)舉出無關的資料或訊息可能會造成工作記憶中認知資源的競爭，使學習者從重要的資訊中分散注意力，且會破壞組織中的訊息處理，使學習者繞著不適當的主題組織訊息而產生不恰當之認知活動。因此若能排除與主題無關的文字、圖像或聲音，將可有助於提升學習效果。

#### (七)個人化原則 (Personalization Principle)

個人化原則是Mayer在以電腦為介面的學習環境中，為增加學習者的學習動機而提出的原則之一。Mayer建議在設計數位教材時，多使用第一、二人稱，並以對話的方式設計教材會優於使用形式化的方式設計之教材，因為學習者可以藉由社會臨場感提升學習動機。

#### (八)圖像原則 (Image Principle)

Mayer在個人化原則中提到最好以第一、二人稱來設計教材，但是當畫面中出現了演講者的圖像時，學習效果並不一定會提高。因此Mayer建議



可以設計一個螢幕教練作為教學代理人，此螢幕教練可以是虛擬的人物，這樣可以讓學習者與螢幕教練產生感情進而提升學習成效。

### (九)聲音原則(Voice Principle)

在個人化原則中提到，多媒體教材以對話式的方式來教學，比用形式化的講課更有教學效果。而聲音原則更進一步說明，旁白講述的聲音若使用「人聲」錄製的方式會比「機器音」的方式更有教學效果。

### (十)分割原則 (Segmentation Principle)

當教材內容較為複雜、教材展演速度較快或學習者對於教材內容不熟悉時，若是多媒體教材以連續未分段的方式呈現，很容易造成學習者認知負荷超載的情形，此時，便應使用分割原則將多媒體教材分割成數個小片段，讓學習者擁有較足夠的時間及能力從每一個片段中選擇文字及影像並加以組織及整合，此時若能提供展演者或學習者可操控教材之機制，更能幫助學習者依照個人步調進行學習。本研究之教材設計中，對照組及實驗組 2 為未經分割原則處理之教材，如圖 4；實驗組 1 及實驗組 3 則為經過分割原則處理之教材，如圖 5。

例4  
哥哥與弟弟各有數張紀念卡，已知弟弟給哥哥10張後，哥哥的張數是弟弟的2倍，若哥哥給弟弟10張，兩人的張數就一樣多，假若哥哥原有x張，弟弟原有y張，請依題意列出x和y的關係式？

解

	哥哥	弟弟
原有		

圖 4 對照組教材，未符合分割原則

例5  
哥哥與弟弟各有數張紀念卡，  
已知弟弟給哥哥10張後，  
哥哥的張數是弟弟的2倍，  
若哥哥給弟弟10張，  
兩人的張數就一樣多，  
假若哥哥原有x張，弟弟原有y張，  
請依題意列出x和y的關係式？

<解>

	哥哥	弟弟
原有		

圖 5 實驗組 3 教材，符合分割原則

### (十一) 事先訓練原則 (Pre-training Principle)

事先訓練原則類似預習的效果，若學習者能在學習前知道主要概念的名字與特徵，此時會先在心中建立起基本基模，當其進入正式學習時，這些基模即會被喚起，與課程內容建立關聯，使學習者加深對課程之印象，提升其學習效果。

### (十二) 信號原則 (Signaling Principle)

當多媒體教材含有可以提示教材重點之信號時，學習者對於教材的理解程度會提高。在信號原則中常用的方式為「突顯標題」(Heading)與「強調關鍵訊息」(Key Information)(Mayer, 2005)，如：在教學前清楚提示大綱及標題，講到關鍵字時提高音量或放慢速度，使用箭號、底線、粗體字等來指示重點，或以標記顏色、淡化非正在講解的部份來突顯正在講解之課程。透過信號的提示能引導學習者將注意力投注於重要的教材內容之上，避免注意力分散至其他不重要的內容而造成認知資源的浪費。圖6為實驗組3之教材，以「A」來協助分別兩段敘述，以「底線」來表達正在講解的部分。

例5  
哥哥與弟弟各有數張紀念卡，

已知弟弟給哥哥10張後，  
哥哥的張數是弟弟的2倍，

若哥哥給弟弟10張，  
兩人的張數就一樣多，

設哥哥原有 $x$ 張，弟弟原有 $y$ 張，  
請依題意列出 $x$ 和 $y$ 的關係式？

	哥哥	弟弟
原有	$x$	$y$
弟弟給哥哥10張	$x+10$	$y-10$

哥哥  $x+10$

弟弟  $y-10$   $y-10$

圖6 實驗組3教材，符合信號原則

## 2.3 代數教材設計原則

由於代數教材本身較為抽象，缺乏視覺情境，學習者較難以形成心像 (Mental Image)，因此學習者常常僅會運用制式化的程序解題，卻不知道為什麼要這樣解題。以國中生對二元一次聯立方程式文字題的列式為例，「哥哥有 $x$ 元，妹妹有 $y$ 元，且哥哥的錢比妹妹的2倍多5元，……」，部分補習班為求教學速成，會教導學生看到「比」就寫「=」、看到「多」就寫「+」，研究者追問學生為何「比」要換寫成「=」，學生往往無法說出所以然，其

實「比」為比較之意，應為「 $x-2y$ 」，但學生僅制式化的記憶，未真正理解題意。因此，謝東育(2009)提出了代數教材設計原則，針對代數教材的多媒體展演設計提出了教學內容結構化、教材呈現區塊化、建立訊息關連以及口語簡化解說四項原則，分述如下：

### 2.3.1 教學內容結構化

結構化是指將要傳達的訊息依其概念或性質作適當的分段，此與Mayer(2009)多媒體學習理論中提到的分割原則(Segmentation Principle)頗為類似。以二元一次聯立方程式文字題為例，題目中的敘述往往十分冗長，若教學者未將題目以結構化編排，則學習者在讀完整個題目後極易因超過工作記憶所能負荷而出現「讀過題目卻不懂其內容所述」之情形，若是教學者能適當的將訊息分段切割，可大量降低學習者的認知負荷，使其在學習過程中，依序學習且清楚知道訊息之間的關聯。下圖 7 為本研究之對照組教材，該教材未具結構化；下圖 8 為實驗組 1 之教材，該教材透過文字分段，將冗長的訊息加以分割，幫助學習者迅速處理大量訊息。

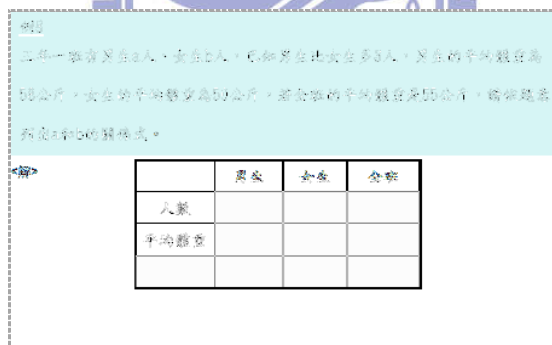


圖 7 對照組教材，未具教學內容結構化

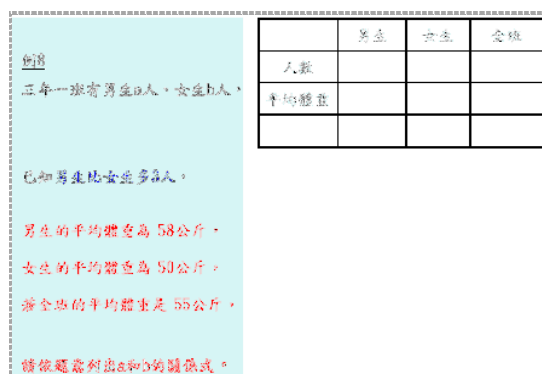


圖 8 實驗組 1 教材，教學內容結構化

## 2.3.2 教材呈現區塊化

區塊化是將已分段切割的訊息，打破傳統由上而下、由左而右的循序藩籬，依設計者或教學者講述的需求來安排訊息呈現的位置，此與Mayer(2009)多媒體學習理論中提到的空間接近原則 (Spatial Contiguity Principle) 與認知負荷理論(Clark, Nguyen, & Sweller, 2006; J Sweller, 2010)的分散注意力效應 (Split-attention Effect) 頗為類似。以二元一次聯立方程式文字題為例，教師可利用表格將題目中繁雜的資訊簡化，且亦可將分段過的文字配合敘述之完整性再以區塊分割，幫學習者逐步列出式子，最後再將其合併呈現。如此一來，學習者在學習過程中若遇到障礙時，可迅速的找到相關訊息，自行反覆回顧不清楚的部分。圖 9 為本研究實驗組 3 之教材，其運用空間間隔予以區隔將題目敘述分段，並以表格進行初步整理，幫助學生逐步列出關係式，最後再將其合併呈現。

圖 9 顯示了教材中關於二元一次聯立方程式的文字題。題目內容如下：

例 5  
哥哥與弟弟共有郵票紀念卡，  
已知弟弟的哥哥 10 張後，  
哥哥的張數是弟弟的 2 倍，  
若哥哥給弟弟 10 張，  
兩人的張數就一樣多，  
設哥哥原有  $x$  張，弟弟原有  $y$  張，  
請依題意列出  $x$  和  $y$  的關係式？

	哥哥	弟弟
原張	$x$	$y$

圖 9 實驗組 3 教材，教學內容結構化

## 2.3.3 建立訊息關聯

良好的訊息關連可以讓學習者較容易了解各元素間的展演關係，同時降低認知負荷。謝東育(2009)歸納了以下兩種方式來建立訊息間的關聯：

- (一)對齊：將題目中互相對稱的語句對齊或將算式運算過程之式子間的元素上下對齊。在二元一次聯立方程式的文字題中，將題目中互相對稱的語句對齊，可幫助學習者快速的閱讀，而將教材中的運算過程其式子間的元素(包括文字符號、數字、運算符號、性質符號及等號等)上下對齊，除了可使學習者不必耗費多餘的心力進行資料搜尋以達有效降低學習者的外在認知負荷外，亦可幫助學習者輕易的看到單一元素的變化，而

降低因元素間交互作用之複雜度而造成之內在認知負荷。

(二)二維圖像關係：教材經由結構化、區塊化後，囿於簡報畫面之限制，各區塊間無法像傳統一樣連續的排列，此時可利用線段、箭頭等，幫助學習者建立相關資訊的對應關係。

圖 10 為本研究實驗組 3 之教材，因本題題目之元素間交互作用較為複雜，且囿於展演空間有限，故除了運用結構化及區塊化來呈現教材外，更加入了線段來建立文字與圖像間之關聯，並以「A、B」來建立文字與表格之間的關聯，讓學生可以透過這些指標建立資訊的對應關係。

	哥哥	弟弟
原有	$x$	$y$
A 弟弟給哥哥10張	$x+10$	$y-10$
B 哥哥給弟弟10張	$x-10$	$y+10$

哥哥  $x+10$

弟弟  $y-10$

哥哥  $x-10$

弟弟  $y+10$

$$\begin{cases} x+10 = (y-10) \cdot 2 \\ x-10 = y+10 \end{cases}$$

圖 10 實驗組 3 教材，建立訊息關聯

### 2.3.4 口語簡化解說

謝東育(2009)指出代數符號較為抽象，若教師講解時採用直接口述算式，則可能造成學習者因一邊忙於聽教師所述，一邊忙於將所聽到的轉換搜尋教師所述之式子而陷入茫然，若是教師能清楚描述適性指標之特徵，如：請看這個紅色的箭頭、注意這個藍色框框等，透過明確的說明，引導學習者注意力，便能減低學習者在聽覺編碼過程中所造成的注意力耗損及工作記憶的耗損，讓更多的資源使用在高階的認知處理上。

## 2.4 多元表徵

在課堂教學中，教師必須透過某種方式與學生進行溝通，而學生也必須透過某種方式與教師和同學來溝通其想法，最普遍且不可或缺的溝通媒介即為語言，然而在數學教學的過程中，人們往往採用「表徵」來替代語



言進行溝通，藉此表達數學想法、解題過程或結果。Mayer(1992)在研究中將解題歷程分為問題表徵與問題解決兩大步驟，並指出兒童解題的困難，主要多發生在問題表徵階段，而非問題解決階段。在問題表徵階段中，包含「問題轉譯」和「問題整合」兩個歷程，分別說明如下：

(一)問題轉譯：是指學生運用對語言及語意的理解，將問題中的陳述轉譯成為內在的心理表徵。

(二)問題整合：指學生將已轉譯成為內在心理表徵的資訊與本身具備的先備知識，加以整合。

因此，若想改善學生解題能力，如何幫助學生理解題意是十分關鍵的。本節將針對表徵的意義及表徵的種類作理論上的探討，並說明其與數學學習之間的關聯。

### 2.4.1 表徵的意義

認知心理學研究的重點在於探討人類如何將原始訊息經由表徵歷程的轉換後，將之儲存於記憶中，又如何於需要時取回使用(張春興, 1996)，因此「表徵」(Representation)是認知心理學中相當重要的概念。

表徵的意義是將現實外在的事物以另一種較為抽象或符號化的形式來代表的歷程(張春興, 1996)，也就是「表徵」是人類運思的材料及工具，幫助我們簡化思考的過程。

### 2.4.2 表徵的分類

不同的學者用不同的觀點來詮釋表徵，因此產生了多種不盡相同的分類。以下將就 Bruner 在發現學習論(Discovery Learning Theory)中，對人類認知表徵(Cognitive Representation)的解釋來說明。Bruner 以「運思」的觀點，認為表徵為經知覺而將外在物體或事件轉換為內在心理事件的過程，意指人類經由認知表徵的過程獲得知識。Bruner 認為人類的認知表徵方式是隨年齡而發展的，分述如下：

(一)動作表徵(Enactive Representation)

動作表徵是指靠動作來獲得知識，與 Piaget 所說的感覺動作期頗為類似。例如：教練在教導學生游泳時，一定會要求學員依照示範動作親身體驗，此外，在數學學習上，以教導「小明有 7 顆糖果、小花有 5 顆糖果，



請問小明與小花共有幾顆糖果？」為例，在動作表徵下，教師會教導學童實際操作 7 個花片和 5 個花片，並把他們合在一起，以得知結果為 12。

### (二) 圖像表徵(Iconic Representation)

圖像表徵又稱形像表徵，與 Piaget 所說的具體運思期頗為類似。指利用對物體知覺留在記憶中的心像，即可獲得知識，當具體物消失時，兒童仍能依照腦中實物的影像，來進行內在的運思活動。例如：以「蘋果是藍色還是紅色的？」為例，在圖像表徵下，學生只要憑想像就可以回答，無須拿出真實的蘋果供其操作觀察，此外，在數學學習上，以教導「小明有 7 顆糖果、小花有 5 顆糖果，請問小明與小花共有幾顆糖果？」為例，在圖像表徵是下，學童以圖形取代實際操作花片，得知結果為 12。

### (三) 符號表徵(Symbolic Representation)

符號表徵又稱為象徵表徵，與 Piaget 所說的形式運思期頗為類似。學生僅需按照邏輯推論，運用符號、語言文字為依據便可進行學習，以「小明有 7 顆糖果、小花有 5 顆糖果，請問小明與小花共有幾顆糖果？」為例，在符號表徵下，學生只要在心裡運算或以算式「 $7 + 5 = 12$ 」即可。此外，在國中生學習二元一次方程式時，也先引導學生學習以符號代表數，使其能夠以  $x$ 、 $y$  等符號方式思考，例如  $x > y$  且  $y > z$ ，則可推知  $x > y$ 。

由上可知 Bruner 以運思的觀點，將運思材料分為動作、圖像、符號等三種形式，學生從具體活動的動作表徵及以心像思考的圖像表徵中了解抽象表徵的意義，因此符號表徵僅需以與實物無任何相關的符號表示即可作為運思的材料。Bruner 主張雖然人類的認知表徵方式是隨年齡而發展的，但是教學時不應按年齡或年級來選擇採用何種表徵模式，應該配合學生身心發展，採用不同的表徵模式來引導學生進行思維，讓學生從中組織屬於自己的知識經驗，當學習者可以在多重表徵間來回轉譯時，該學習者便獲得完整概念的學習。

## 2.5 認知負荷理論

本節將探討認知負荷的相關理論與教學設計原則。

### 2.5.1 認知負荷的意義

根據Sweller(1988)的定義，認知負荷(Cognitive Load)是將一特定工作加諸於學習的認知系統時，所產生的負荷，Paas則指出認知負荷的概念是多向度的，分為「因果要素」(Causal Factors)與「評估要素」(Assessment Factors)。

因果要素是認知負荷的來源，包括任務環境 (Task/Environment Characteristics)、學習者的特性 (Subject Characteristics) 及任務與學習者的交互作用 (Interactions)。任務環境例如是教材本身結構的複雜度、壓力、噪音、溫度等；而學習者的特性則如年齡、認知能力、先備知識等；至於任務與學習者的交互作用如績效、動機等，也會影響認知負荷(Paas & Merriënboer, 1994)。

評估要素可以用來評估個體的認知負荷，包括心智負荷 (Mental Load)、心智努力 (Mental Effort) 及工作成效 (Performance)。「心智負荷」為工作任務本身的困難度或外在環境所造成，「心智努力」則為個體為了完成任務而付出的努力所造成，若個體對於學習內容所感受到的困難度越大，或者在心智上需付出的努力越多，則認知負荷就會越大；而「工作成效」是心智負荷、心智努力融合因果要素所呈現的反應(Paas & Merriënboer, 1994)。宋曜廷(2000)認為認知負荷是個體在執行某種任務的過程中，因為任務特性所需的認知能量 (Capacity) 或認知資源 (Resources) 而造成認知系統負載的狀態。

### 2.5.2 認知負荷的基本假定

認知負荷理論對人類認知結構 (Cognitive Architecture) 有四項基本假定，分述如下 (Sweller, Van Merriënboer, & Paas, 1998)

#### (一)工作記憶區的容量有限

一般人的工作記憶區 (Working Memory) 容量是有限且很小的，進行記憶時，必須利用工作記憶區將訊息加以處理後方能轉化為長期記憶。工作記憶區的容量平均能儲存七個元素(Elements)，且訊息在工作記憶區所

停留的時間極為短暫。

## (二)長期記憶區的容量無限

工作記憶中的訊息經過處理後會進入長期記憶區(Long-term Memory)，長期記憶區的儲存量不但無限，同時也是永久的(張春興, 1996)。專家在長期記憶中存有大量的問題與解決方法，因此在面對問題時，可以立刻從長期記憶中提取較好的解決策略，而生手並未在長期記憶中建立相對應的基模，因此當生手面對問題時，僅能靠在工作記憶區中不斷的推理以尋找解決之道，如此一來會耗費大量的工作記憶容量，且增加了認知負荷量。

## (三)知識和技能是以基模 (Schema) 的型態儲存於長期記憶區中

知識經簡單到複雜、粗糙到精緻的過程才得以基模的形式存在長期記憶中，此過程也是專門知識的發展歷程。因此，基模在長期記憶中具有組織與儲存訊息的功能，透過工作記憶區的運作，能將眾多訊息融成一個複雜的高階基模，成為一個單一的處理單位，如此一來，可使工作記憶區釋放出更多的資源空間，進而達到降低工作記憶區的認知負荷。

## (四)基模運作自動化是基模建構的重要過程

基模運作自動化(Schema Automation)是基模建構過程的重要階段，人類在訊息處理的方式分成控制式 (Controlled Processing) 和自動式 (Automatic Processing)。控制處理在工作記憶區中進行，受意識所控制，運作時會佔據許多工作記憶區容量；而自動化處理則是藉由練習將基模運作自動化，不太需要意識監控，因此能節省工作記憶的認知資源，繼而降低工作記憶的認知負荷(Sweller, 1988)。

由以上探討可知，因為工作記憶的容量有限且保留的時間十分短暫，因此教學者須於工作記憶的限制下設計創新的教學方法來協助學習者吸收，另認知負荷是可以運用策略管理與掌控的(郭秀緞, 2006)，因此教師應注意教學歷程中學習者認知資源的分配情形。此外，知識是以基模型態存於長期記憶中，且長期記憶的容量無限，故教學者應運用各種方式幫助學習者形成並穩固概念、知識、技能等基礎，以便將訊息轉化為基模儲存於長期記憶中。基模自動化後便可減少工作記憶空間耗損，因此教學者應協助學習者透過練習，將學得的知識、運算技能等自動化，以降低認知負荷。

### 2.5.3 認知負荷的類型

Sweller 等人就教學設計以及訊息在工作記憶區中處理的難度和負荷感的來源，將認知負荷分為三種：內在認知負荷 (Intrinsic Cognitive Load)、外在認知負荷 (Extraneous Cognitive Load)、有效認知負荷 (Germane Cognitive Load)，以下分別敘述：

#### (一) 內在認知負荷 (Intrinsic Cognitive Load)

內在認知負荷主要受教材的複雜性、學習者本身的程度以及兩者交互作用的影響。教材的複雜度即教材本身元素之間相互關聯的程度，當學習者在面對元素間相互關連程度較低的教材時，其內在認知負荷較低，反之，當面對元素間相互關連程度較高的教材時，其內在認知負荷較高。除了教材外，學習者本身的程度也影響著內在認知負荷，例如：學習者的專門知能、先備知識等。高先備知識者因為擁有自動化的高階基模，因此可以降低工作記憶的認知負荷，反之低先備知識者缺少相關基模，所以會有較高的認知負荷 (van Merriënboer & Sweller, 2005)。

由於認知負荷理論在近年來蓬勃地發展，因此原先不易透過教學設計而改變的內在認知負荷，開始朝向有效管理內在認知負荷來提出教學策略 (Kalyuga, 2009)，例如將龐大且複雜的運算切割為多個基礎的運算，以阻隔內在元素互動的策略讓學習者從同時處理多個運算變成一次處理一個運算，如此能有效降低初學者的認知負荷並提高學習成效。因此教學者在進行教學設計時，應將教材的資訊量、組織結構、難易度、學習者的先備知識等一併納入考量。

#### (二) 外在認知負荷 (Extraneous Cognitive load)

外在認知負荷主要來自不良的教材呈現方式、教學方法及教學設計等所影響。Clark 等人認為外在認知負荷是指學習者所感受到的心智負荷，但卻不適合學習目標且浪費有限的認知資源的認知負荷 (Clark, et al., 2006)。由於此種負荷是受外在環境所影響，因此可以透過修改訊息呈現方式及訊息組織等教學設計而改變。

#### (三) 有效認知負荷 (Germane Cognitive Load)

有效認知負荷與外在認知負荷有關，也與基模建構有關。有效認知負荷是指透過有助於教學目標的教學活動或設計以吸引學習者的注意力，使其因為專注於學習內容的認知過程或基模建構而造成的認知負荷感。此種



壓力雖會造成學習者的負荷，但卻是學習知識時必要的負荷，因此教學者應在不超過學習者總認知負荷量的情況下，盡可能地降低學習者的外在認知負荷並增加有效認知負荷。

總歸上述三類認知負荷可知，個體在學習時，整體認知負荷總和不可超過工作記憶負荷的限制(Brünken, Plass, & Leutner, 2003)；內在認知負荷可經由簡化教材的內在元素關聯程度，或是藉由基模的獲得與自動化來降低(Paas, Tuovinen, Tabbers, & van Gerven, 2003)；外在認知負荷則可透過優良的教學設計來降低，尤其當內在認知負荷高時，外在認知負荷的控制就更顯得重要，當外在認知負荷降低時，學習者便有能力來產生有效認知負荷。因此在數學的教學上，教學者應將教材由易而難、由簡到繁加以分析安排，以降低教材元素間的相關性，此外，於教學之初應檢視學生的先備知識，將不足之處與以補強，如此便能降低內在認知負荷。此外，教學方法或教材安排不當皆會造成外在認知負荷，因此教師應依據教學設計原則並善用鷹架理論將教材予以適切安排，以降低外在認知負荷，最後，教師應透過注意力導引及有系統的練習，讓學生將所學形成為基模或轉為自動化處理，以增加有效認知負荷。

#### 2.5.4 認知負荷教學設計原則

Sweller 等人(1998)歸納認知負荷理論在各學科領域的研究結果，提出七項教學設計原則，而後 Sweller(2004)又依據眾多實驗證據將七項教學設計原則擴展為十一項，近期 Sweller(2010)再將其延伸為十四項教學設計原則，茲分別說明如下：

##### (一)開放目標效應 (Goal Free Effect)

傳統的教學歷程較為重視單一目標也就是標準答案導向的解題方式，這種目標導向的思考方式，侷限學習者的想法與解題目標，容易造成較大的認知負荷，因此，應該採用開放目標的教學方式，讓學習者能不受目標限制的自由思考，如此不但能降低外在認知負荷，基模的建構也更有效。

##### (二)示例效應 (Worked Example Effect)

教師在教導程序性知識時，先呈現適當的例子供學習者參考，將可協助學習者對於問題狀態與問題步驟之理解，並幫助學習者建立解題的基模，以減少學習者面對問題與解題時產生的認知負荷。



### (三)完成問題效應 (Completion Problem Effect)

上述的示例效應雖有助於學習者的學習與理解，但是並非每個學生都會仔細的研讀範例，此外，同時將示例與題目置入工作記憶區時，容易產生較高的認知負荷，因此在進行學習時若呈現例子一半的解法，剩下一半由學習者完成，如此可以促使學習者對示例做較仔細的研讀，另一方面也可以降低外在認知負荷。

### (四)分散注意力效應 (Split-attention Effect)

學習時常會需要整合多方訊息以達成學習目標，當學習者面對多重訊息來源，且這些訊息必須加以整合才能達到學習與理解時，若這些訊息的呈現安排在不同的位置或是出現的時間不一致，學習者必須在相關的訊息間來回搜尋，將注意力分散至各處，如此一來將會影響學習效率。

### (五)冗餘效應 (Redundancy Effect)

當學習者面對多元但可獨立呈現的訊息，也就是那些不需相互參照整合就能理解的訊息時，若這些不同形式的相同訊息在空間或時間上同時出現，當大量的訊息同時進入到工作記憶中，將會導致工作記憶負荷過度，增加學習者的認知負荷，因而降低學習效果。

### (六)形式效應 (Modality Effect)：

當學習者面對訊息時，可經由多重管道分別處理不同性質的訊息，如以動畫加上旁白將可啟動學習者工作記憶運作的系統，共同處理多方訊息，分擔工作記憶對於訊息處理的負荷量。

### (七)變化效應 (Variability Effect)

教師進行教學時若能營造有變化的學習情境或轉換問題的狀態，將有助於學習者運用多元的訊息處理管道，建立其學習基模。雖然轉換問題情境表面上看來似乎會造成更大的認知負荷，但事實上卻有助於引起學習者的注意力，使其更投入與學習有關的作業，因此在學習遷移上的效果將更為明顯(宋曜廷, 2000)。

### (八)專業知識反轉效應 (Expertise Reversal Effect)

在某些教學設計或教學策略下，對於較有經驗或是高學習成就之學習者而言，其教學內容可能是重複的，而對於較少經驗或是低學習成就之學習者而言卻是必要的，此時可以提高後者之教學成效卻無法提高前者之教學成效，甚至出現負面的結果(Kalyuga, 2007)。

### (九)引導漸減效應 (Guidance Fading Effect)

在教學初始，可先給予新手完整的示例，但是隨著學習者的專業知識逐漸增長，應逐步抽離這些鷹架，使學習者自行完整的解決問題，以免造成專業知識反轉效應。

### (十)獨立互動元素效應 (Isolated-interacting Elements Effect)

在學習一份包含了許多高交互作用元素的教材時，會因為工作記憶區同時要處理許多訊息而造成大量的認知負荷，對於學習十分不利。此時，可將一部分的互動元素獨立處理，使其成為建構於長期記憶中的基礎基模，待分別學習完獨立元素後，再學習原始的教材，這種延遲元素互動性的方式，可將最初的高交互作用轉變為低交互作用，且可透過基模的自動化使學習更加深入，降低學習者的認知負荷，促進學習成效。

### (十一)整體-模組效應 (Molar-Modular Effect)

整體 (Molar) 是以整體的觀點，提供學習者一個整體的方法或程序，供其依循後解決問題，然而這樣的模式使得學習者必須在同一個時間處理許多必要訊息，會造成高度的認知負荷；模組 (Modular) 則是將複雜的問題解決方法分割成數個較易被理解的元素，也就是教學者將主目標分割為數個有意義的子目標，並引導學習者逐一將子目標理解完成後，最終再予以統合成最後結論，此一概念與獨立互動元素效應 (Isolated-interacting Elements Effect) 相似。

### (十二)元素交互作用效應 (Element Interactivity Effect)

元素交互作用效應指的是當教材本身的元素交互作用是低的，其內在認知負荷就是低的，即便因為教材設計不良而造成外在認知負荷，其外在認知負荷也不會是影響學習的重要關鍵，因為總認知負荷不會超過工作記憶容量 (Sweller, 2010)。因此當教學者面對元素交互作用高的教材內容時，因其內在認知負荷已較高，便更應考量如何安排這些教材以降低外在認知負荷。

### (十三)想像效應 (Imagination Effect)

當一個學習者已具備相關知識的基模時，教學者可以要求其運用「想像」來進行一個過程或概念，其表現會比被要求「研讀」同樣過程和概念的學習者更好，此即為想像效應。因為學習者在進行想像時，必須將相關的基模提取至工作記憶中進行處理，如此一來將促使基模自動化，可加強

學習效果。但是，想像指令僅適用於高先備知識者，因其具備可提取之基礎基模，若是對低先備知識者施予想像指令，將增加其認知負荷，因此對於該類學習者應使用研讀指令來學習。

#### (十四) 自我解釋效應 (Self-explanation Effect)

教學者在進行教學時可引導學習者嘗試自行解釋一個新的概念，利用引導的方式取代直接教導，一方面可促使學習者提取相關基模至工作記憶區進行處理，亦可在逐步引導的過程中讓學生專注於學習，建立有效認知負荷。

根據前述的認知負荷理論可以知道認知負荷對於教學成效的影響甚劇烈，且目前教育環境中常態編班之班級學生其數學程度落差十分大，因此教師在教學之初應檢驗學生之先備知識，若有不足應予以補強，以降低學習新單元時的內在認知負荷，此外教師應於上課前將教材由易而難分析安排，面對元素間相互關連程度較高之教材可運用切割之方式將龐大且複雜之運算分割為數個可獨自處理之運算，以降低學習時之內在認知負荷。至於教學時，教師應以開放式問題提問，運用開放目標效應讓學生自由表達思考過程，並運用形式效應，以圖示搭配口語解釋進行教學，讓學生經由多重管道分別處理不同性質的訊息，面對需要將多方訊息互相參照整合以達成學習目標之情況時，應運用分散注意力效應使訊息在同一個空間及同一個時間呈現，減少學生來回搜尋訊息所耗費之工作記憶，但若是面對不需相互參照整合就能理解的訊息時，則應運用冗餘效應將不同形式的相同訊息予以刪除，避免因為大量重複資訊同時湧入工作記憶，造成過度負荷。同時，教師可運用示例效應先呈現適當的例子供學生參考，逐步建立基模，並依照學生程度運用完成問題效應呈現例子一半的解法，剩下的部份交由學生完成，更可運用自我解釋效應引導學生嘗試解釋一個新的概念或作答。基礎教學後，教師可運用變化效應將教學內容變換為不同問題狀態或不同情境之問題，供學生練習，以達到學習遷移之效果。最後，教師於結束教學前，應針對該單元主要教學目標進行歸納總結，幫助學生釐清知識概念，並穩固所建立之基模，教師亦可提供練習題讓學生經由練習將基模與技能自動化，以減少運作時所需之記憶空間，同時降低認知負荷。總而言之，教師在教學過程中宜注意教學策略、教材內容設計與編排、教學媒體的選擇以及教學方式等，以期減低學習者的認知負荷，提升教學成效。

### 3、研究方法

本章共分為五節，分別就研究流程、研究設計、研究對象、研究工具設計及資料分析方法等作說明。

#### 3.1 研究流程

圖 11 為本研究之實施步驟流程圖，研究流程共分為三個階段，包括準備階段、實驗階段及分析階段。

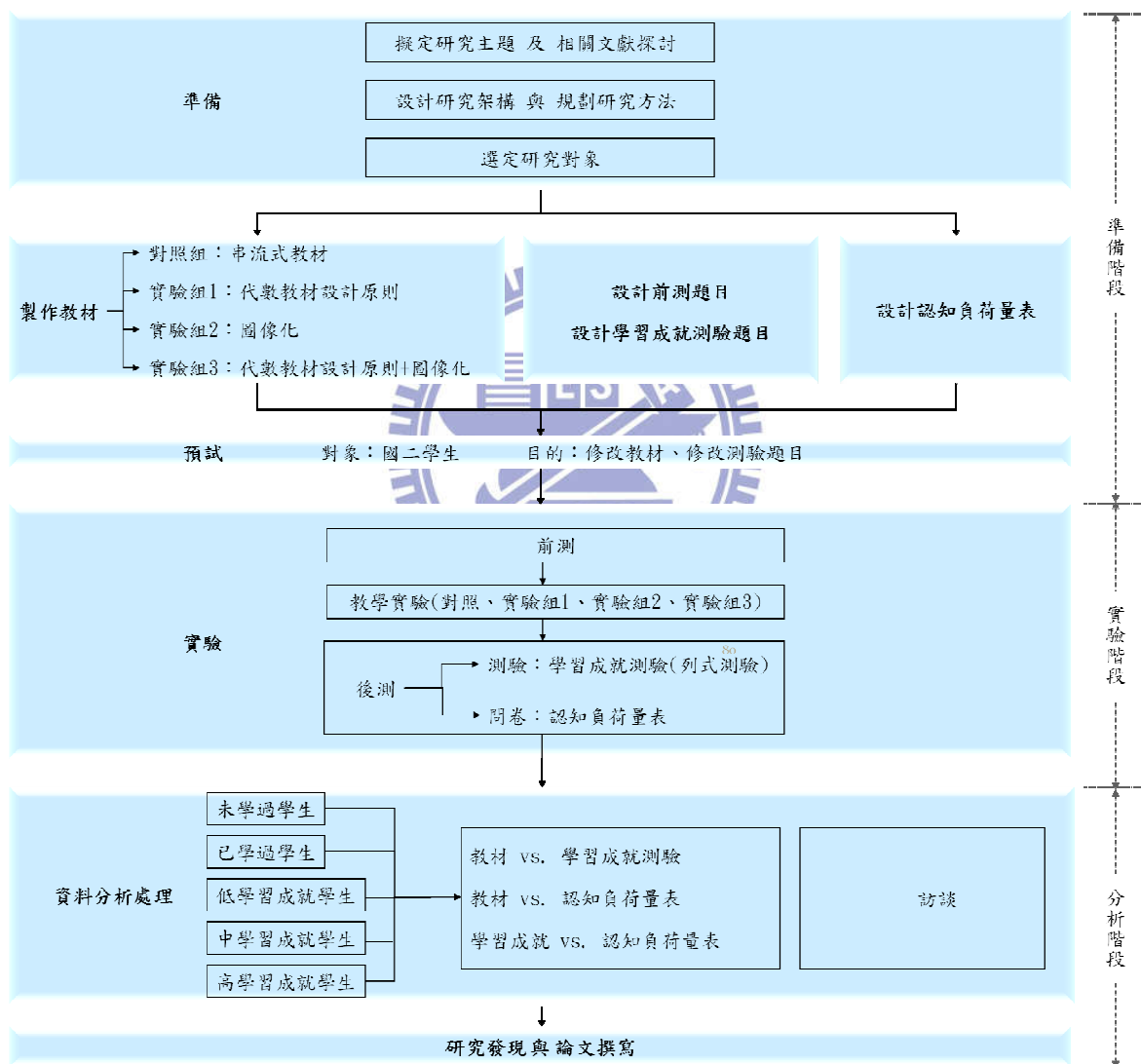


圖 11 研究實施步驟流程圖



### 3.1.1 準備階段

- (一)擬定研究主題：閱讀學者專家的文獻資料與理論。
- (二)設計研究架構：與指導教授討論後確定研究架構。
- (三)選定研究對象：將研究者任教之新竹市某常態編班國中七年級上學期三次定期評量之總成績進行變異數分析(ANOVA)，並選擇其中四個成績無顯著差異之班級學生作為研究對象。
- (四)製作教材：依據「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」分別設計實驗教材。
- (五)編製並修正學習成就測驗：以與本研究對象同一國中之八年級三個班的學生進行預試，並根據預試的結果修正測驗內容。
- (六)編製認知負荷量表：根據文獻並與指導教授共同討論編制。

### 3.1.2 實驗階段

- (一)前測：分別對三個實驗組與控制組進行「二元一次聯立方程式文字題列式」之前測。
- (二)教學實驗：以研究者所設計及修改之教材進行實驗授課。
- (三)後測：分為「學習成就測驗」及「認知負荷量表」，藉以瞭解實驗教學對於學生的階段學習成效及對其認知負荷之影響。

### 3.1.3 分析階段

分析實驗階段搜集而得的資料，以了解不同表徵之教材設計模式對於學生其階段學習成效及認知負荷量之影響。另外進一步將不同學習成就及學過與未學過之學生進行學習成效及認知負荷量之研究，並將研究結果撰寫於論文中。

## 3.2 研究設計

本研究旨在研究使用代數教材設計原則及動態圖像表徵之代數教材進行教學，對於七年級學生在學習「二元一次聯立方程式文字題列式」之單元是否有學習成就及認知負荷上之影響。此外，本實驗亦利用變異數分析去檢視不同學習成就及不同先備知識條件之學生透過不同的教材設計教學



後對於其學習成就及認知負荷量之影響。

本研究以課堂授課方式進行實驗研究，在考量授課進度、授課班級完整性及不影響學校行政與學生上課的前提下，本研究採用準實驗設計法 (Quasi-experimental Design)，並以研究者任教之新竹市某常態編班國中七年級四個班級進行實驗研究。

### 3.2.1 實驗流程

本研究之實施步驟、實驗內容與時間分配如下表 1。

表 1  
教學實驗總流程表

步驟	內容	時間
A	前測	20 分鐘
B	課程教材教學	60 分鐘
C	學習成就測驗 (後測)	20 分鐘
D	認知負荷量表問卷	5 分鐘

### 3.2.2 研究變項與假設

#### (一) 研究變項

##### 1. 自變項：教材設計

本研究皆以激發式動態呈現進行教學設計，並由適性指標引導學生學習。本研究之實驗處理變項為教材設計，各組之教材設計模式如下表 2：

表 2  
分組教材設計內容摘要表

	對照組	實驗組 1	實驗組 2	實驗組 3
代數教材設計原則	X	O	X	O
動態圖像表徵	X	X	O	O

(1) 對照組：以傳統教科書串流式版面配置方式呈現。

(2) 實驗組 1：依代數教材設計原則來呈現教材內容。

(3) 實驗組 2：以動態圖像表徵來呈現教材內容。

(4) 實驗組 3：依代數教材設計原則輔以動態圖像表徵來呈現教材內容。

## 2. 依變項

### (1) 學習成效

經過不同教材設計的教學實驗後，運用學習成就測驗卷來檢視各組受試者的後測成績，以評估其學習成效。

### (2) 認知負荷量

經過不同教材設計的教學實驗後，運用問卷來了解各組受試者學習時所感受到的認知負荷程度。

## 3. 控制變項

(1) 受試者學習年段：七年級

(2) 授課教師：研究者本人

(3) 授課情境：數學科教室

(4) 教材主題單元：二元一次聯立方程式文字題列式

(5) 實驗工具：學習成就測驗卷、認知負荷量表

## (二) 研究假設

在謝東育(2009)的研究顯示，針對補救教學之學生，使用適性指標結合代數教材設計原則之教材授課，其學習成效會優於未使用代數教材設計原則之學生，另外，在葉子榕(2010)的研究顯示，針對補救教學之學生，將代數教材設計原則結合動態圖像呈現運用在教學設計上，其學習成效會優於僅使用代數教材設計原則。依其研究可知代數教材設計原則對於補救教學的學生已有助益，而若能輔以動態圖像表徵教學更能有效幫助補救教學之學生其學習成效。然而，若將其應用在常態編班之教學上，學生的學習成效是否也有顯著差異，且若僅用動態圖像表徵教學而未加入代數教材設計原則，其對常態編班學生之學習成效之影響為何。

本研究基於上述問題，並根據研究目的及研究問題提出以下的假設：分別將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班班級之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習：

假設 1-1 對於整體學生的學習成就表現有顯著差異。

假設 1-2 對於未學過與已學過學生的學習成就表現有顯著差異。

- 假設 1-3 對於不同數學學習成就學生其學習成就表現有顯著差異。
- 假設 2-1 對於整體學生的認知負荷有顯著差異。
- 假設 2-2 對於未學過與已學過學生的認知負荷有顯著差異。
- 假設 2-3 對於不同數學學習成就學生其認知負荷有顯著差異。
- 假設 3-1 「串流式教材組」之學生其學習成就與認知負荷量之間存在顯著相關。
- 假設 3-2 「代數教材設計原則組」之學生其學習成就與認知負荷量之間存在顯著相關。
- 假設 3-3 「動態圖像表徵組」之學生其學習成就與認知負荷量之間存在顯著相關。
- 假設 3-4 「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」之學生其學習成就與認知負荷量之間存在顯著相關。
- 假設 4 對於高數學學習成就與先學過學生有專業知識反轉效應產生。

### 3.3 研究對象

本研究之研究對象依便利抽樣方式，從研究者任教之新竹市某常態編班國中七年級中取樣四個班級，其中除了實驗組 3 為研究者原任教班級外，其餘皆非，因此為求減低新奇效應，研究者於實驗前至其他組別代課三節。

#### 3.3.1 整體學生立足點一致

為從同一年段中取樣程度一致的四個班級，故分別以「上學期三次定期評量總成績」及「前測成績」為依據取樣，進行變異數分析。

(一) 以「上學期三次定期評量總成績」進行變異數分析

下表 3 為本研究各組上學期三次定期評量總成績之描述性統計量，施測學生人數對照組共計有 26 名、實驗組 1 有 26 名、實驗組 2 有 28 名、實驗組 3 有 30 名。其中各組樣本平均數的 95% 信賴區間估計值所構成的區間，皆包含了總平均數 ( $M=222.2$ )，表示所有組別之平均數與總平均數間的差異未達 .05 的顯著水準。

表 3

受試學生上學期三次定期評量總成績平均及標準差摘要表

組別	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>
對照組	26	220.50	50.73	[200.01, 240.99]
實驗組 1	26	219.35	67.14	[192.23, 246.46]
實驗組 2	28	223.00	46.92	[204.81, 241.19]
實驗組 3	30	225.40	50.82	[206.42, 244.38]
總和	110	222.20	53.50	[212.09, 232.31]

由表 4 所示，Levene 統計量之 *F* 值等於 1.222， $p = .305 > .05$ ，未達 .05 的顯著水準，表示受測學生之上學期三次定期評量總成績之變異數未違反同質性檢定，即四組群體樣本的變異數具有同質性。

表 4

受試學生上學期三次定期評量總成績變異數同質性檢定

Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
1.222	3	106	.305

下表 5 為變異數分析摘要表，就「定期評量總成績」檢定變項而言，整體考驗的 *F* 值為 .069， $p = .976 > .05$ ，未達 .05 的顯著水準，表示四組樣本程度在實驗教學前可視為相同。

表 5

受試學生上學期三次定期評量總成績變異數分析摘要表

變異來源	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
組間	612.02	3	204.01	.069	.976
組內	311379.59	106	2937.54		
總和	311991.60	109			

## (二)以「前測成績」進行變異數分析

下表 6 為四組學生之前測平均及標準差摘要表，其中各組樣本平均數的 95% 信賴區間估計值所構成的區間，皆包含了總平均數 ( $M = 6.16$ )，表示所有組別之平均數與總平均數間的差異未達 .05 的顯著水準。

表 6  
受試學生前測成績平均及標準差摘要表

組別	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>
對照組	26	6.62	6.28	[4.08,9.15]
實驗組 1	26	7.69	6.57	[5.04,10.35]
實驗組 2	28	4.32	4.93	[2.41,6.23]
實驗組 3	30	6.17	5.50	[4.11,8.22]
總和	110	6.16	5.87	[5.05,7.27]

由表 7 所示，Levene 統計量之 *F* 值等於 2.680， $p=.051>.05$ ，未達 .05 的顯著水準，表示受測學生之前測成績之變異數未違反同質性檢定，即四組群體樣本的變異數具有同質性。

表 7  
受試學生前測成績變異數同質性檢定

Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
2.680	3	106	.051

下表 8 為受測學生前測成績變異數分析摘要表，四組中整體考驗的 *F* 值為 1.581 ( $p=.198>.05$ )，表示四組之前測成績之間未存在顯著差異，亦即可認定四組學生在實驗教學前程度可視為一致。

表 8  
受試學生前測成績變異數分析摘要表

變異來源	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
組間	161.09	3	53.70	1.581	.198
組內	3599.97	106	33.96		
總和	3761.06	109			

由「上學期三次定期評量總成績」及「前測成績」之變異數分析結果，各組學生在實驗教學前之程度可視為一致。



### 3.3.2 各組未學過學生與各組已學過學生立足點一致

為降低學生因補習超前進度所造成之影響，本研究已盡量提前進行，但仍無法完全克服學生因補習而超前進度之情形，因此後續分析時亦將以「是否學習過」二元一次聯立方程式文字題列式為樣本區隔。

為確定四組之未學過學生之立足點是否一致及四組之已學過學生其立足點是否一致，以下將分別以「上學期定期評量總成績」及「前測成績」作為檢定變項進行變異數分析。

#### (一)各組未學過學生立足點一致

1.以「上學期定期評量總分」進行變異數分析，在未學過部分，對照組之平均數為 198.38、實驗組 1 為 184.50、實驗組 2 為 204.65、實驗組 3 為 213.45，如下表 9。

表 9  
未學過之受試學生定期評量總成績平均及標準差摘要表

組別	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>
對照組	16	198.38	51.82	[170.76, 225.99]
實驗組 1	14	184.50	73.24	[142.21, 226.79]
實驗組 2	20	204.65	42.13	[184.93, 224.37]
實驗組 3	22	213.45	49.87	[191.34, 235.57]
總和	72	202.03	53.54	[189.45, 214.61]

由表 10 所示，Levene 統計量之 *F* 值等於 3.705， $p=.016<.05$ ，達到 .05 的顯著水準，表示未學過之受測學生之上學期三次定期評量總成績之變異數違反同質性檢定，即四組群體樣本的變異數不具有同質性。

表 10  
未學過之受試學生定期評量總成績變異數同質性檢定

Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
3.705	3	68	.016

下表 11 為變異數分析摘要表，整體考驗的 *F* 值為 .87( $p=.461>.05$ )，未達 .05 的顯著水準，表示四組樣本程度可視為相同，無須進行事後比較。

表 11

未學過之受試學生定期評量總成績變異數分析摘要表

變異來源	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
組間	7524.69	3	2508.23	.870	.461
組內	195967.26	68	2881.87		
總和	203491.94	71			

為求慎重，接著以前測成績進行變異數分析，以確保四組樣本實驗在教學前立足點一致。

## 2. 以「前測成績」進行變異數分析

在未學過部分，對照組之平均數為 3.56、實驗組 1 為 4.86、實驗組 2 為 2.10、實驗組 3 為 4.45，如下表 12。

表 12

未學過之受試學生前測成績平均及標準差摘要表

組別	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>
對照組	16	3.56	4.47	[1.18, 5.95]
實驗組 1	14	4.86	6.66	[1.01, 8.70]
實驗組 2	20	2.10	3.29	[0.56, 3.64]
實驗組 3	22	4.45	5.12	[2.19, 6.72]
總和	72	3.68	4.91	[2.53, 4.84]

由表 13 所示，Levene 統計量之 *F* 值等於 4.812， $p=.004<.05$ ，達到 .05 的顯著水準，表示未學過之受測學生之前測成績之變異數違反同質性檢定，即四組群體樣本的變異數不具有同質性。

表 13

未學過之受試學生前測成績變異數同質性檢定

Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
4.812	3	68	.004

下表 14 為變異數分析摘要表，整體考驗的  $F$  值為 1.150， $p=.335>.05$ ，未達.05 的顯著水準，表示各組中未學過學生之程度可視為相同。

表 14  
未學過之受試學生前測成績變異數分析摘要表

變異來源	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
組間	82.746	3	27.582	1.150	.335
組內	1630.906	68	23.984		
總和	1713.653	71			

承上，為確定四組中之已學過學生立足點是否一致，以下將分別以「上學期定期評量總成績」及「前測成績」作為檢定變項進行變異數分析。

(二)各組已學過學生立足點一致

1. 以「上學期定期評量總分」進行變異數分析

在已學過部分，對照組之平均數為 255.90、實驗組 1 為 260.00、實驗組 2 為 268.88、實驗組 3 為 258.25，如下表 15。

表 15  
已學過之受試學生定期評量總成績平均及標準差摘要表

組別	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>
對照組	10	255.90	20.26	[241.41, 270.39]
實驗組 1	12	260.00	23.60	[245.01, 274.99]
實驗組 2	8	268.88	17.56	[254.19, 283.56]
實驗組 3	8	258.25	39.45	[225.27, 291.23]
總和	38	260.42	25.30	[252.10, 268.74]

由表 16 所示，Levene 統計量之  $F$  值等於 3.597， $p=.023<.05$ ，達到.05 的顯著水準，表示已學過之受測學生之上學期三次定期評量總成績之變異數違反同質性檢定，即四組群體樣本的變異數不具有同質性。

表 16

已學過之受試學生定期評量總成績變異數同質性檢定

Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
3.597	3	34	.023

下表 17 為變異數分析摘要表，整體考驗的  $F$  值為 .404 ( $p = .751 > .05$ )，未達 .05 的顯著水準，表示四組樣本程度可視為相同。

表 17

已學過之受試學生定期評量總成績變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
組間	815.99	3	272.00	.404	.751
組內	22873.28	34	672.74		
總和	23689.26	37			

為求慎重，接著以已學過學生之「前測成績」進行變異數分析，以確保四組樣本立足點一致。

## 2. 以「前測成績」進行變異數分析

在已學過部分，對照組之平均數為 11.50、實驗組 1 為 11.00、實驗組 2 為 9.88、實驗組 3 為 10.88，如下表 18。

表 18

已學過之受試學生前測成績平均及標準差摘要表

組別	n	M	SD	95% CI
對照組	10	11.50	5.76	[7.38, 15.62]
實驗組 1	12	11.00	4.86	[7.91, 14.09]
實驗組 2	8	9.88	3.87	[6.64, 13.11]
實驗組 3	8	10.88	3.52	[7.93, 13.82]
總和	38	10.87	4.54	[9.38, 12.36]

由表 19 所示，Levene 統計量之  $F$  值等於 1.117， $p=.356>.05$ ，未達 .05 的顯著水準，表示已學過之受測學生其前測成績之變異數未違反同質性檢定，即四組群體樣本的變異數具有同質性。

表 19  
已學過之受試學生前測成績變異數同質性檢定

Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
1.117	3	34	.356

下表 20 為變異數分析摘要表，整體考驗的  $F$  值為 .183 ( $p=.907>.05$ )，未達 .05 的顯著水準，表示四組樣本程度可視為相同。

表 20  
已學過之受試學生前測成績變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
組間	12.092	3	4.031	.183	.907
組內	750.250	34	22.066		
總和	762.342	37			

由未學過學生與已學過學生之「上學期三次定期評量總成績」及「前測成績」之變異數分析結果，各組中未學過學生之教學實驗前立足點可視為一致且各組中已學過學生其教學實驗前立足點亦可視為一致。

### 3.3.3 各組不同學習成就之學生立足點一致

葉子榕(2010)曾進行二元一次聯立方程式應用問題列式相關之研究，惟其當時以本單元中學習成就低落的學生為實驗對象進行補救教學。為應證葉子榕之研究結果，並了解中、高學習成就學生之學習成效，後續分析將再分別以整體學生上學期三次定期評量總成績前 27% 及後 27% 區分為高、中、低學習成就進行討論。

為確定四組之學習成就高、中、低之學生其立足點是否一致，以下將分別以「上學期定期評量總成績」及「前測成績」作為檢定變項進行變異數分析。



(一)各組低學習成就學生立足點一致

1.以「上學期定期評量總成績」進行變異數分析

低學習成就學生部分，對照組之平均數為 138.50、實驗組 1 為 122.43、實驗組 2 為 171.11、實驗組 3 為 154.00，如下 21。

表 21

低學習成就之受試學生上學期定期評量總成績平均及標準差摘要表

組別	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>
對照組	6	138.50	23.55	[113.78, 163.22]
實驗組 1	7	122.43	41.30	[84.23, 160.62]
實驗組 2	9	171.11	30.97	[147.30, 194.92]
實驗組 3	7	154.00	39.94	[117.06, 190.94]
總和	29	148.48	38.00	[134.03, 162.94]

由表 22 所示，Levene 統計量之 *F* 值等於 .985， $p = .416 > .05$ ，未達 .05 的顯著水準，表示低學習成就之受測學生其定期評量總成績之變異數未違反同質性檢定，即四組群體樣本的變異數具有同質性。

表 22

低學習成就之受試學生定期評量總成績變異數同質性檢定

Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
.985	3	25	.416

下表 23 為變異數分析摘要表，整體考驗的 *F* 值為 2.802， $p = .061 > .05$ ，未達 .05 的顯著水準，表示四組之低學習成就學生其立足點一致。

表 23

低學習成就之受試學生上學期定期評量總成績變異數分析摘要表

變異來源	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
組間	10171.14	3	3390.38	2.802	.061
組內	30252.10	25	1210.08		
總和	40423.24	28			

為求慎重，接著以「前測成績」進行變異數分析，以確保四組樣本之低學習成就學生在教學實驗前立足點一致。

## 2. 以「前測成績」進行變異數分析

在低學習成就學生部分，對照組之平均數為.83、實驗組 1 為.00、實驗組 2 為 1.11、實驗組 3 為 2.43 為，如下表 24。

表 24  
低學習成就之受試學生前測成績平均及標準差摘要表

組別	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>
對照組	6	.83	1.602	[-.85, 2.51]
實驗組 1	7	.00	.000	[0.00,0.00]
實驗組 2	9	1.11	2.619	[-.90, 3.12]
實驗組 3	7	2.43	3.867	[-1.15, 6.00]
總和	29	1.10	2.526	[0.14, 2.06]

由表 25 所示，Levene 統計量之 *F* 值等於 2.086， $p = .128 > .05$ ，未達 .05 的顯著水準，表示低學習成就之受測學生其前測成績之變異數未違反同質性檢定，即四組群體樣本的變異數具有同質性。

表 25  
低學習成就之受試學生前測成績變異數同質性檢定

Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
2.086	3	25	.128

下表 26 為變異數分析摘要表，整體考驗的 *F* 值為 1.125， $p = .358 > .05$ ，未達 .05 的顯著水準，表示四組樣本之低學習成就學生立足點一致。

表 26  
低學習成就之受試學生前測成績變異數分析摘要表

變異來源	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
組間	21.25	3	7.08	1.125	.358
組內	157.44	25	6.30		
總和	178.69	28			

(二)各組之中學習成就學生立足點一致

1.以「上學期定期評量總成績」進行變異數分析

中學習成就學生部分，對照組之平均數為 231.69、實驗組 1 為 231.67、實驗組 2 為 226.64、實驗組 3 為 230.69，如下表 27。

表 27  
中學習成就之受試學生上學期定期評量總成績平均及標準差摘要表

組別	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>
對照組	13	231.69	12.69	[224.03, 239.36]
實驗組 1	9	231.67	14.29	[220.68, 242.65]
實驗組 2	11	226.64	18.40	[214.28, 239.00]
實驗組 3	16	230.69	16.54	[221.88, 239.50]
總和	49	230.22	15.30	[225.83, 234.62]

由表 28 所示，Levene 統計量之 *F* 值等於 1.312， $p=.282>.05$ ，未達 .05 的顯著水準，表示中學習成就之受測學生其上學期定期評量總成績之變異數未違反同質性檢定，即四組群體樣本的變異數具有同質性。

表 28  
中學習成就之受試學生定期評量總成績變異數同質性檢定

Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
1.312	3	45	.282

下表 29 為變異數分析摘要表，整體考驗的 *F* 值為 .260 ( $p=.854>.05$ )，未達 .05 的顯著水準，表示四組樣本之中學習成就學生立足點一致。

表 29

中學習成就之受試學生上學期定期評量總成績變異數分析摘要表

變異來源	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
組間	191.78	3	63.93	.260	.854
組內	11050.75	45	245.57		
總和	11242.53	48			

為求慎重，接著以「前測成績」進行變異數分析，以確保四組樣本之中學習成就學生立足點一致。

## 2. 以「前測成績」進行變異數分析

在中學習成就學生部分，對照組之平均數為 5.92、實驗組 1 為 7.56、實驗組 2 為 4.45、實驗組 3 為 4.81，如下表 30。

表 30

中學習成就之受試學生前測成績平均及標準差摘要表

組別	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>
對照組	13	5.92	4.72	[3.07, 8.77]
實驗組 1	9	7.56	5.53	[3.31, 11.80]
實驗組 2	11	4.45	4.87	[1.19, 7.72]
實驗組 3	16	4.81	4.25	[2.55, 7.08]
總和	49	5.53	4.74	[4.17, 6.89]

由表 31 所示，Levene 統計量之 *F* 值等於 0.660， $p=.581>.05$ ，未達 .05 的顯著水準，表示中學習成就之受測學生其前測成績之變異數未違反同質性檢定，即四組群體樣本的變異數具有同質性。

表 31

中學習成就之受試學生前測成績變異數同質性檢定

Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
.660	3	45	.581

下表 32 為變異數分析摘要表，整體考驗的  $F$  值為 .882 ( $p = .457 > .05$ )，未達 .05 的顯著水準，表示四組樣本之中學習成就學生立足點一致。

表 32  
中學習成就之受試學生前測成績變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	p
組間	59.89	3	19.97	.882	.457
組內	1018.31	45	22.63		
總和	1078.20	48			

(三)各組高學習成就學生立足點一致

1. 以「上學期定期評量總成績」進行變異數分析

高學習成就學生部分，對照組之平均數為 270.00、實驗組 1 為 276.10、實驗組 2 為 276.38、實驗組 3 為 284.71 為，如下表 33。

表 33  
高學習成就之受試學生上學期定期評量總成績平均及標準差摘要表

組別	n	M	SD	95% CI
對照組	7	270.00	9.238	[261.46, 278.54]
實驗組 1	10	276.10	12.897	[266.87, 285.33]
實驗組 2	8	276.38	13.201	[265.34, 287.41]
實驗組 3	7	284.71	8.826	[276.55, 292.88]
總和	32	276.72	12.001	[272.39, 281.05]

由表 34 所示，Levene 統計量之  $F$  值等於 1.424， $p = .257 > .05$ ，未達 .05 的顯著水準，表示高學習成就之受測學生其定期評量總成績之變異數未違反同質性檢定，即四組群體樣本的變異數具有同質性。

表 34  
高學習成就之受試學生定期評量總成績變異數同質性檢定

Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
1.424	3	28	.257



下表 35 為變異數分析摘要表，整體考驗的  $F$  值=1.940， $p = .146 > .05$ ，未達 .05 的顯著水準，表示四組樣本之高學習成就學生立足點一致。

表 35

高學習成就之受試學生上學期定期評量總成績變異數分析摘要表

變異來源	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
組間	768.27	3	256.09	1.940	.146
組內	3696.20	28	132.01		
總和	4464.47	31			

為求慎重，接著以「前測成績」進行變異數分析，以確保四組樣本之高學習成就學生立足點一致。

2. 以「前測成績」進行變異數分析

在高學習成就學生部分，對照組之平均數為 12.86、實驗組 1 為 13.20、實驗組 2 為 7.75、實驗組 3 為 13.00，如下表 36。

表 36

高學習成就之受試學生前測成績平均及標準差摘要表

組別	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>
對照組	7	12.86	6.15	[7.17, 18.54]
實驗組 1	10	13.20	3.62	[10.61, 15.79]
實驗組 2	8	7.75	5.04	[3.54, 11.96]
實驗組 3	7	13.00	3.27	[9.98, 16.02]
總和	32	11.72	4.93	[9.94, 13.50]

由表 37 所示，Levene 統計量之  $F$  值等於 .836， $p = .485 > .05$ ，未達 .05 的顯著水準，表示高學習成就之受測學生其前測成績之變異數未違反同質性檢定，即四組群體樣本的變異數具有同質性。

表 37

## 高學習成就之受試學生前測成績變異數同質性檢定

Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
.836	3	28	.485

下表 38 為變異數分析摘要表，整體考驗的  $F$  值等於 2.684， $p = .066 > .05$ ，未達 .05 的顯著水準，表示四組樣本程度可視為相同。

表 38

## 高學習成就之受試學生前測成績變異數分析摘要表

變異來源	$SS$	$df$	$MS$	$F$	$p$
組間	168.51	3	56.17	2.684	.066
組內	585.96	28	20.93		
總和	754.47	31			

由低、中、高數學成就學生之「上學期三次定期評量總成績」及「前測成績」之變異數分析結果，各組之低學習成就學生其立足點可視為一致、各組之中學習成就學生其立足點可視為一致，且各組之高學習成就學生其立足點亦可視為一致。

## 3.4 研究工具

本研究所使用的工具包括：實驗教材四組、學習成就測驗、認知負荷量表，茲說明如下：

### 3.4.1 實驗教材修改與製作

本研究對照組、實驗組 1 及實驗組 3 係依據葉子榕(2010)所製作之教材進行修改，實驗組 2 則為自製之教材，教材設計範圍為七年級第二學期二元一次聯立方程式文字題列式，教材以 PowerPoint 2003 簡報軟體及 AMA 外掛增益集為作業平台來設計，並融合適性指標後，在激發式動態呈現的環境下展演。

各組的教材設計方式不同，其中控制組採用傳統串流式之教材呈現方式；實驗組 1 採用代數教材設計原則來安排各教學元素於簡報畫面之位置；實驗組 2 仍以傳統串流式教材方式呈現，但加入動態圖像表徵教學；實驗組 3 除了採用代數教材設計原則來安排各教學元素於簡報畫面之位置外，亦加入動態圖像表徵教學，以探討利用代數教材設計原則、動態圖像表徵、代數教材設計原則輔以動態圖像表徵來呈現教材是否能夠提升學生的學習成效並將低其認知負荷。

茲將修改之處，利用表格對照形式呈現重點修改頁面，實驗組 1 之教材修改如表 39，實驗組 3 之教材修改如表 40，實驗組 2 為新增製作之教材，詳列於附錄一。

表 39

實驗組 1 教材原始頁和修正頁一覽表

頁碼	原始	修正												
1	<p>例1</p> <p>群群國中天文社社員共有86人。</p> <p>已知女生比男生多了14人。</p> <p>設女生有x人，男生有y人。</p> <p>請依題意列出x和y的關係式？</p> <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td></td><td>女生</td><td>男生</td></tr> <tr><td>人數</td><td>x</td><td>y</td></tr> </table> $x + y = 86$ $x - y = 14$		女生	男生	人數	x	y	<p>例1</p> <p>群群國中天文社社員共有86人。</p> <p>已知女生比男生多了14人。</p> <p>設女生有x人，男生有y人。</p> <p>請依題意列出x和y的關係式？</p> <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td></td><td>女生</td><td>男生</td></tr> <tr><td>人數</td><td>x</td><td>y</td></tr> </table> $x + y = 86$ $x$		女生	男生	人數	x	y
	女生	男生												
人數	x	y												
	女生	男生												
人數	x	y												
2	<p>例2</p> <p>丁丁與小波參加八八水災特捐款活動。</p> <p>已知丁丁的捐款比小波兩倍多50元。</p> <p>如果兩人的捐款共為1310元。</p> <p>設丁丁捐x元，小波捐y元。</p> <p>請依題意列出x和y的關係式？</p> <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td></td><td>丁丁</td><td>小波</td></tr> <tr><td>捐款</td><td>x</td><td>y</td></tr> </table> $x - 2y = 50$ $x + y = 1310$		丁丁	小波	捐款	x	y	<p>例2</p> <p>丁丁與小波參加八八水災特捐款活動。</p> <p>已知丁丁的捐款比小波兩倍多50元。</p> <p>如果兩人的捐款共為1310元。</p> <p>設丁丁捐x元，小波捐y元。</p> <p>請依題意列出x和y的關係式？</p> <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td></td><td>丁丁</td><td>小波</td></tr> <tr><td>捐款</td><td>x</td><td>y</td></tr> </table> $x - 2y =$		丁丁	小波	捐款	x	y
	丁丁	小波												
捐款	x	y												
	丁丁	小波												
捐款	x	y												
1	<p>修正說明：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 將教學者正在講述的文字以底線標示，幫助學習者迅速找到資訊，且學習者若稍不留神時，仍可透過此適性指標知道教學者正在講解的部份，符合多媒體教學設計原則的「信號原則」。</li> <li>2. 原始教材其列式呈現時，皆以 PPT 動畫之「出現」功能直接呈現，修改後的教材將其改為逐步呈現，可逐步引導學生列出式子，符合認知負荷教學設計原則的「完成問題效應」。</li> <li>3. 後續頁皆同。</li> </ol>													
2	<p>修正說明：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 除了將教學者正在講述的文字以底線標示外，並將「丁丁的捐款」與「小波的两倍」透過底線分段來表示為關係式之主體，符合多媒體教材設計原則之「分段原則」及認知負荷教學設計原則的「完成問題效應」。引導學生先列出「丁丁的捐款」及「小波的两倍」，再將其關係以運算符號連接。</li> <li>2. 後續頁皆同。</li> </ol>													

(接下頁)

表 39 (續)

頁碼	原始	修正
5		
7		
7	<p>修正說明：</p> <p>1. 本題之關鍵在於以符號來表示原數與新數之數值，為引導學生以符號表示原數與新數，原教材先以「<math>35=10 \cdot 3+5</math>」引導學生寫出原數之值為「<math>10x+y</math>」，符合認知負荷教學設計原則的「示例效應」，新的教材將示例直接放置於原數之下，符合「空間接近原則」。</p> <p>3. 將「35」的例子依照表格中的位置排列，使學習者易於與原數建立關聯，避免「分散注意力效應」。</p>	

(接下頁)



表 39(續)


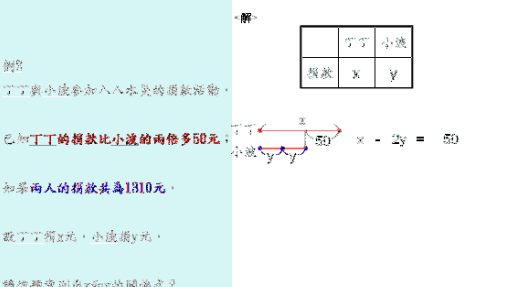
頁碼	原始	修正
7	<p>4.原教材將「35」的示例以動態按鈕處理，當此例講解結束即可關閉，以減少多餘的干擾。然因為對於學習較弱勢之學生就算先看過示例，仍難以將數值以符號來表達，因此修正後之教材保留「35」的示例，僅以淡化呈現，如此一來可可供學生反覆參考外，亦可避免因此示例破壞整體表格的完整性，也同時避免學習者的注意力分散至其他不重要的內容而造成認知資源的浪費，符合「信號原則」。</p>	
8		 <p>修正說明：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 利用代數教材設計原則的「教材呈現區塊化」將經過「結構化」處理之文字敘述分區塊，「男生的平均體重...，...全班的平均體重是55公斤。」此為一個段落之敘述，因此以空間區隔將該段敘述合併於一個區塊中。</li> <li>2. 本題之關鍵在於幫助學生釐清「平均」的意義，並了解「平均」與「體重總和」之間的關係。修正後的教材將「體重總和」以紅色虛線框標示，提示學生此為重點區域，符合「信號原則」中強調關鍵訊息。</li> </ol>
9		

(接下頁)

表 39 (續)

頁碼	原始	修正
		<p>修正說明：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 利用代數教材設計原則的「教材呈現區塊化」將經過「結構化」處理之文字敘述分區塊，「我在你這個年齡時...，...我已經 53 歲了」此為一個段落之敘述，因此上下行距較接近。</li> <li>2. 根據研究，學習者常分不清楚文字題中代名詞之部份，因此修正後之教材運用多媒體教材設計原則其「分段原則」，將敘述中的「我」、「你這個年齡」「你」及「5 歲」等四項資訊分開處理，分別對應為「師」、「y」歲、「徒」、「5」歲，教學者僅需於學習者分段處理該長串文字後，引導學生看「師：y 歲、徒：5 歲」即可。</li> <li>3. 本題之解題關鍵為「師徒之年齡差」，原始教材之表格已先呈現「相差」，但研究者希望引導學生自行建構出本題之解題關鍵，故先留予空格引導學生思考，符合自我解釋效應。</li> </ol>

表 40  
實驗組 3 教材原始頁和修正頁一覽表

頁碼	原始	修正
2		
	<p>修正說明：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 原始教材呈現時，皆由較簡單之列式(如：兩人的存款共 1310 元)開始，修正後之教材為循續列式。</li> </ol>	

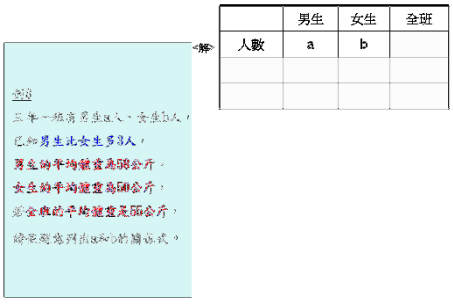
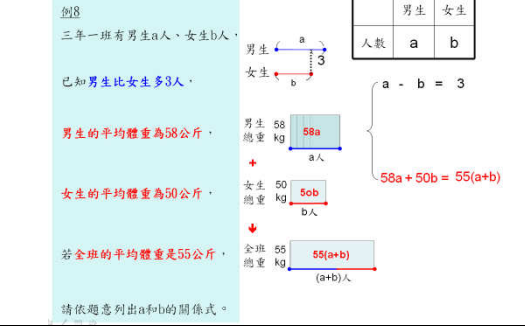
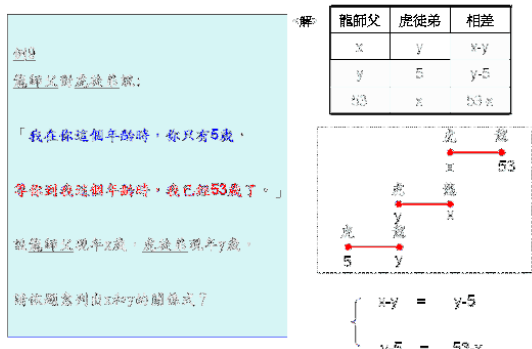
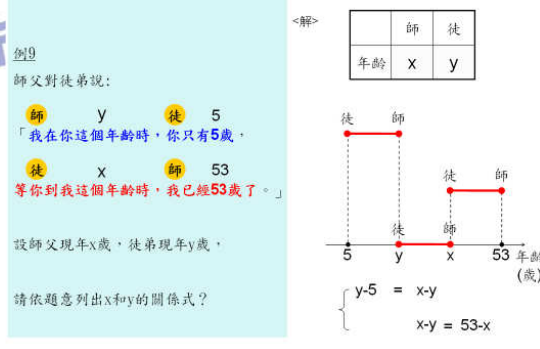
(接下頁)

表 40 (續)

頁碼	原始	修正
2	<p>2. 原始教材呈現時，圖像部份皆以 PPT 動畫功能中的「出現」來呈現，修正後的教材改以「擦去」之功能，配合教學者口述速度逐步出現，例如：原始教材一次呈現「小波的兩倍(2y)」之圖像，修正後的教材則逐步呈現「y」、「y」，如此一來較接近學習者實際操作圖像之情形。</p> <p>3. 後續頁皆同</p>	
5		
7		

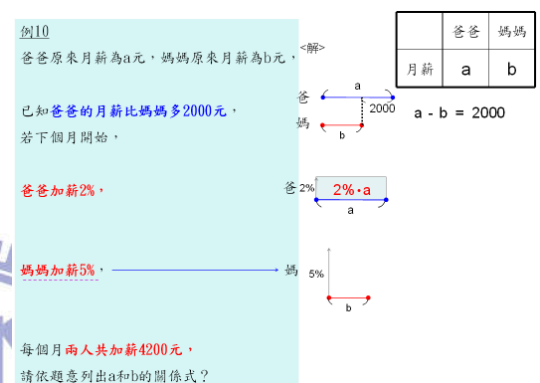
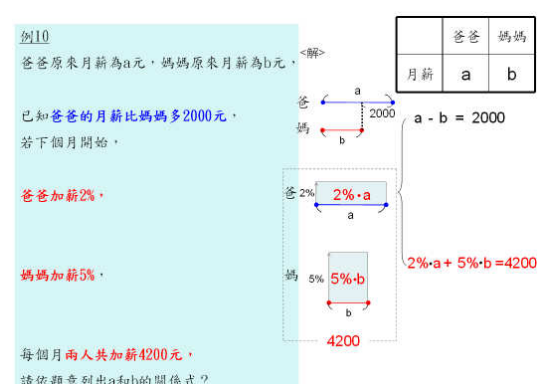
(接下頁)

表 40(續)

頁碼	原始	修正
7	修正說明： 1.修改後的教案中「父親的年齡是兒子的8倍」其圖像，以①~⑧清楚呈現8倍關係，避免學生將焦點錯置於計算線段8倍之關係。	
8		
8	修正說明： 1. 實驗組 3 為以「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」設計之教材，應該加入圖像，故修正後之教材除了符合代數教材設計原則外，亦加入動態圖像表徵呈現。 2. 修正後的教材以面積來表示平均體重、人數與總體重之間的關係。	
9		
9	1. 原始教材敘述為「龍師父、虎徒弟」，其中「龍、虎」並未具備任何意義，因此修改後之教材將題目改為「師父、徒弟」，減少不必要的資訊，以符合多媒體教學設計原則之「連貫性原則」。 2. 根據研究，學習者常分不清楚文字題中代名詞之部份，因此修正後之教材運用多媒體教材設計原則其「分段原則」，將敘述中的「我」、「你這個年齡」「你」及「5歲」等四項資訊分開處理，分別對應為	

(接下頁)

表 40 (續)

頁碼	原始	修正									
9	<p>「師」、「y」歲、「徒」、「5」歲，教學者僅需於學習者分段處理該長串文字後，引導學生觀看「師：y歲、徒：5歲」即可。</p>	<p>3. 修正後之教材將文字敘述與圖像左右對齊，並將圖像與關係式上下對齊，符合代數教材設計原則之「建立訊息關聯」，幫助學習者快速的搜尋訊息，降低認知負荷。</p>									
10	<p>例10 小曉的爸爸原來月薪為a元， 媽媽原來月薪為b元。 已知爸爸的月薪比媽媽多2000元， 若下個月開始，爸爸加薪2%，媽媽加薪5%， 每個月兩人共加薪4200元。 請依題意列出a和b的關係式？</p> <p>解</p> <table border="1" data-bbox="630 716 837 840"> <tr> <td></td> <td>爸爸</td> <td>媽媽</td> </tr> <tr> <td>月薪</td> <td>a</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>加薪</td> <td>a · 2%</td> <td>b · 5%</td> </tr> </table> $a - b = 2000$ $a \cdot 2\% + b \cdot 5\% = 4200$		爸爸	媽媽	月薪	a	b	加薪	a · 2%	b · 5%	<p>例10 爸爸原來月薪為a元，媽媽原來月薪為b元， 已知爸爸的月薪比媽媽多2000元， 若下個月開始， 爸爸加薪2%， 媽媽加薪5%， 每個月兩人共加薪4200元， 請依題意列出a和b的關係式？</p> 
	爸爸	媽媽									
月薪	a	b									
加薪	a · 2%	b · 5%									
	<p>1. 實驗組 3 為以「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」設計之教材，應該加入圖像，故修正後之教材除了符合代數教材設計原則外，亦加入動態圖像表徵呈現。</p> <p>2. 修正後之教材利用面積表示月薪、加薪%與加薪總額之關係。</p>										
10	<p>例10 小曉的爸爸原來月薪為a元， 媽媽原來月薪為b元。 已知爸爸的月薪比媽媽多2000元， 若下個月開始，爸爸加薪2%，媽媽加薪5%， 每個月兩人共加薪4200元。 請依題意列出a和b的關係式？</p> <p>解</p> <table border="1" data-bbox="630 1388 837 1512"> <tr> <td></td> <td>爸爸</td> <td>媽媽</td> </tr> <tr> <td>月薪</td> <td>a</td> <td>b</td> </tr> <tr> <td>加薪</td> <td>a · 2%</td> <td>b · 5%</td> </tr> </table> $a - b = 2000$ $a \cdot 2\% + b \cdot 5\% = 4200$		爸爸	媽媽	月薪	a	b	加薪	a · 2%	b · 5%	<p>例10 爸爸原來月薪為a元，媽媽原來月薪為b元， 已知爸爸的月薪比媽媽多2000元， 若下個月開始， 爸爸加薪2%， 媽媽加薪5%， 每個月兩人共加薪4200元， 請依題意列出a和b的關係式？</p> 
	爸爸	媽媽									
月薪	a	b									
加薪	a · 2%	b · 5%									
	<p>1. 修正後的教材文字敘述與圖像之間左右對齊，符合代數教材設計原則之「建立訊息關聯」。</p> <p>2. 將爸爸及媽媽加薪的總額以虛線框圍住，表示兩人共加薪 4200 元。</p>										



### 3.4.2 學習成就測驗

學習成就測驗係由研究者依據實驗單元編製而成，編製與修正過程如下：

#### (一) 試題編擬

研究者參考葉子榕(2010)及七年級數學領域教科書「康軒版」課本、習作、教師手冊編製而成，完成試題共十題。

#### 1. 內容效度：

內容效度(Content Validity)指測驗題目的適切性與代表性，本研究之試題透過雙向細目表來檢核其內容效度。

#### 2. 專家效度：

敦請指導教授及三位教學年資 6 至 10 年之數學科教師審閱後提供編修上之建議，並加以修正而成。

3. 信度：信度(Reliability)指的是量表的可靠性與穩定性， $\alpha$ 係數是內部一致性之函數，也就是試題間相互關聯程度的函數。表41為試題之可靠性統計量，其中 $\alpha$ 係數值為.925，表示此份試卷之內部一致性信度非常好。

表 41

試題之可靠性統計量

Cronbach's Alpha 值	以標準化項目為準的 Cronbach's Alpha 值	項目的個數
.925	.922	10

4. 難度：難度(P)之計算方式為(高分組答對人數的百分比+低分組答對人數的百分比)/2，P值愈大表示題目愈容易，一份較佳的學習成就測驗應是大部分試題的P值介於0.2至0.8之間。在測驗分數為常態分佈時，成績較高的27%為高分組，成績較低的27%為低分組(吳明隆, 2007)。由表42可見本研究試題除了第九題偏難外，各餘各題之難度皆適中。經與指導教授討論後，因為該題題型特殊，較可避免學生以記憶方式作答，故於不影響整體難易度之情形下，仍決定保留該題。

表 42

學習成就測驗卷各題之難度

題號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
難度 (P)	0.68	0.63	0.51	0.52	0.35	0.58	0.39	0.36	0.11	0.31

5. 鑑別度：鑑別度(D)是高分組答對人數的百分比與低分組答對人數的百分比之差異，主要用於判別試題是否具有區別受試者能力高低之功能，D值愈大代表該試題鑑別度愈高，D值在0.3以上尤佳。表43為本研究學習成就測驗之試題鑑別度，其中除了第九題鑑別度尚可外，其餘各題鑑別度皆非常優良，故保留所有題目。

表 43

學習成就測驗卷中各題之鑑別度

題號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
鑑別度 (D)	0.41	0.43	0.61	0.50	0.57	0.66	0.55	0.50	0.23	0.43

### 3.4.3 認知負荷量表

本研究之認知負荷量表為學習者於接受教學及學習成就測驗後立即依其直覺感受填寫。題目共計十題，以李克特氏量表採七點尺度測量（非常不同意—非常同意），量表的編擬乃經由研究室團隊共同討論，進行題目編纂、增減、措辭修改及順序調整等修正，因此具備專家效度。量表各題文字描述與其相關說明，呈現於表 44。

表 44

認知負荷量表題目及說明

題號	題目	說明
1	在學習之前，我認為「二元一次聯立方程式文字題的列式」在學習上是容易的。	本題為心智負荷(Mental Load)的測量。學習者可能因為先備知識不同或數學學習成就不同，而有不同預期的負荷。
2	在學習過程中，我實際上用了很少心力。	本題為心智努力(Mental Effort)的測量，此為學習者為了達到學習，而實際運用的認知資源，因此能確切地反應出真實的負荷。
3	聽完老師講解後，我覺得「二元一次聯立方程式文字題的列式」的難易度是簡單的。	困難度(Difficulty)為任務本身的特質，常常被應用在認知負荷的研究上。
4	在老師的引導、講解過程中，找到相關訊息是容易的。	一份設計良好的教材若能輔以教師清楚講解及引導，學習者便不須耗費多餘的認知資源在搜尋相關訊息上。
5	在老師的引導、講解過程中，我有足夠的時間思考。	學習者若有充分的時間思考，則能夠有效地組織相關訊息並提取相關的先備知識加以整合。若其於選取、組織與整合訊息等處理過程上皆能從容應付，則其認知負荷應是低的。
6	在這堂課的學習過程中，我覺得是順暢的。	課堂中學習者所感受到的順暢程度與第 4、5 兩題應有密切的關係。
7	這堂課的學習過程中，我覺得沒有壓力。	壓力來源有許多，包括心理、生理或環境等。壓力愈大，則認知負荷應愈大。

(接下頁)

表 44 (續)

題號	題目	說明
8	上這堂課後我覺得我對學好「二元一次聯立方程式文字題的列式」有信心。	信心與學習過程及學習表現有密切關係，若對於學習有把握則為有信心，其認知負荷量應較低。
9	這堂課的學習過程中，我覺得有成就感。	若學習過程一切順暢，則學習者較易感受到有成就感，則認知負荷量應較低。
10	我覺得學習過程中，必須同時處理很多訊息。	學習者若必須在同一時間處理或同時記憶很多訊息，那麼其認知負荷相對地會比較高，然而教學者的引導、教材設計的良窳等，都和教材複雜度與困難度息息相關。

### 3.5 資料分析方法

本研究所使用的資料分析方法包括：ANOVA、Effect Size、學習效率、投入分數、綜合學習效率與投入分數及積差相關，茲說明如下：

#### 3.5.1 ANOVA

本研究資料之分析與處理係使用 Microsoft Excel 與 SPSS 12.0 統計套裝軟體進行分析，本研究實驗組及對照組合計共有四組，因此採用變異數分析 (Analysis of Variance；簡稱 ANOVA)。在變異數分析中，若是變異數分析摘要表呈現之整體考驗的  $F$  值達顯著 ( $p < .05$ )，則表示至少有兩個組別平均數間的差異達顯著，此時必須進行「事後比較」(A Posteriori Comparisons) 方可得知是哪幾對配對組間之平均差異達顯著。此外，如圖 12 所示，若在變異數同質性檢定中，其 Levene 法  $F$  考驗結果之  $F$  值未達顯著 ( $p > .05$ )，則表示未違反變異數同質性假定，故在事後比較法時採用「Tukey HSD 法」來進行多重比較，若達顯著 ( $p < .05$ )，則表示違反變異數同質性假定，故在事後比較法時改採「Games-Howell 法」來進行多重比較。

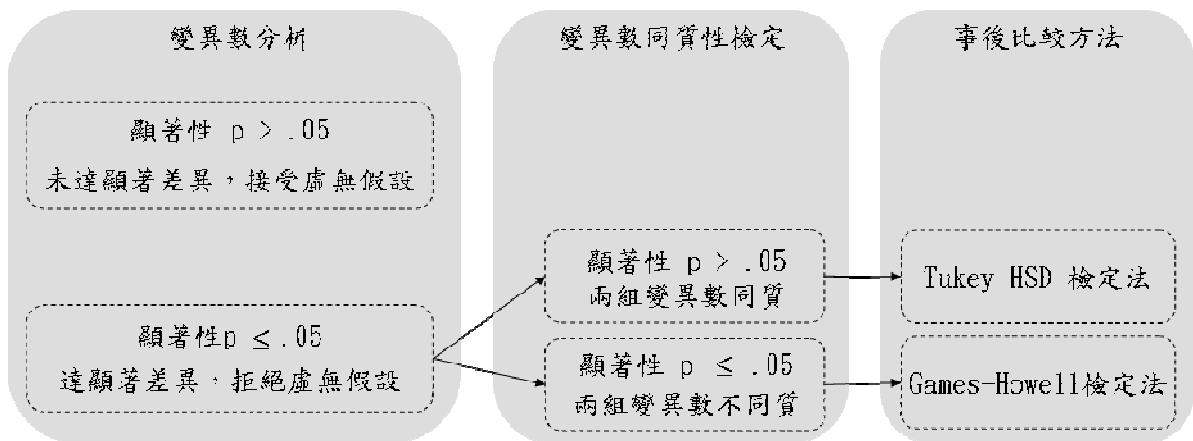


圖 12 變異數分析流程圖

### 3.5.2 Effect Size

Mayer(2009)使用 Cohen's d 值來當作 Effect size，以互相比較各組實驗設計其效應大小，藉以確認教學方式是否有效，計算公式(1)如下：

$$\text{Cohen's } d = \frac{M_1 - M_2}{S_{pooled}} \quad (1)$$

$$\left( S_{pooled} = \sqrt{\frac{(S_1^2(n_1 - 1) + S_2^2(n_2 - 1))}{n_1 + n_2 - 2}} \right) ; M_1 - M_2 = \text{實驗組平均} - \text{控制組平均} ;$$

$S$  = 標準差 )

根據 Mayer (2009)指出 Effect Size 的值若小於.2 則是小效果，若為.5 左右即為中效果，如果值約為.8，則為大效果，倘若值>1 即是強效果。有鑑於以上因素，本研究將於透過單因子變異數分析確定該實驗為有效後，即採用 Effect Size 來判斷教學效果值大小。



### 3.5.3 學習效率 (Instructional Efficiency)

本研究透過單因子變異數分析來了解學生經由實驗後之學習表現及認知負荷情形，並藉由 Effect Size 了解其教學效果值大小，然而學習成就高者不見得學習效率高，也就是當兩位學習者有相同的學習成就表現時，若其中一位個體付出的心力較另一位少，則此個體之學習效率較高。

關於學習效率之評估方式，學者提出了視覺化的學習效率 (Instructional Efficiency) 公式及效率圖像 (Efficiency Graph) (Paas & Merriënboer, 1994)。從平面坐標來看教學效率、心智負荷和學習成就表現，計算公式(2)如下，學習效率圖像如下圖 13：

$$E = \frac{Z_p - Z_c}{\sqrt{2}} \quad (2)$$

( $Z = \frac{X - \bar{X}}{\sigma}$  ;  $Z_p$ =學習成就表現分數 ;  $Z_c$ =認知負荷分數)

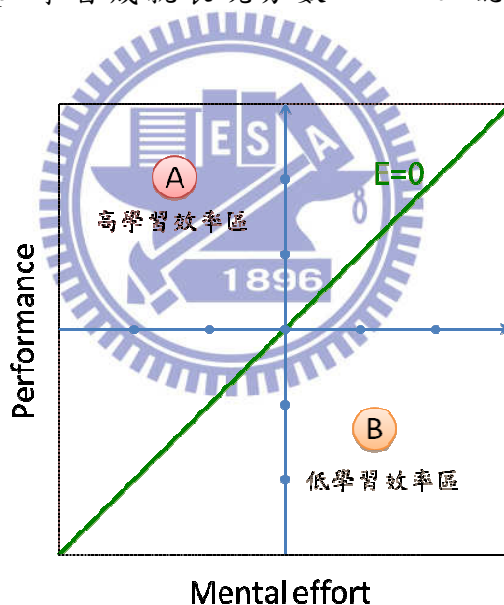


圖 13 學習效率圖

首先將學習成就表現分數轉化成 Z 分數 (Z score)，作為學習效率圖上的縱座標，接著再將認知負荷量分數轉化成 Z 分數 (Z score)，作為學習效率圖上的橫座標，即可於圖上標示出該點。

當  $Z_p$  與  $Z_c$  相等時，代表認知負荷與學習成就表現達到一致，形成一條  $Z_p=Z_c$  的直線方程式  $E=0$ ，當  $Z_p>Z_c$  時，即學習者的學習成就表現高且認知負荷量低，即為高學習效率 (High-instructional Efficiency)，其坐標會

落在左上區域 A 區，表示學習效率高；反之，當  $Z_p < Z_c$  時，即學習者的認知負荷量高且學習成就表現差時，則為低學習效率（High-instructional Efficiency），其坐標會落在右下區域 B 區，表示學習效率低。

學習效率可作為評估教材呈現方式或教學策略影響學習效果的指標，也可以用於反應個體所投入的心智努力對學習成效的貢獻程度。此外，學習效率也被認為是判斷專業知識反轉效應是否發生的一種方法(Clark, et al., 2006; Schnotz, 2010)，因此本研究亦將以此來評估各實驗之學習效率。

### 3.5.4 投入分數 (Instructional Involvement Score)

Paas(2005)提出了學習投入分數 (Instructional Involvement Score) 的計算，這是基於動機、心智努力和表現是正相關的假設，該假設認為動機是促使學習很重要的因素，如果學習內容經由學習者經驗評估後，認為是已先學過的或者是過度簡單的時候，學習者將不會投入大量的心力去學習，因其認為這是耗費學習資源的，然而對一個生手而言，雖然學習內容對其是困難的，但也是新鮮的、具有挑戰性的，因此他們往往願意投入更多的心力學習，其計算公式(3)及圖像如下圖 14：

$$I = \frac{Z_p + Z_c}{\sqrt{2}} \quad (3)$$

( $Z = \frac{X - \bar{X}}{\sigma}$  ;  $Z_p$ =學習成就表現分數 ;  $Z_c$ =認知負荷分數)

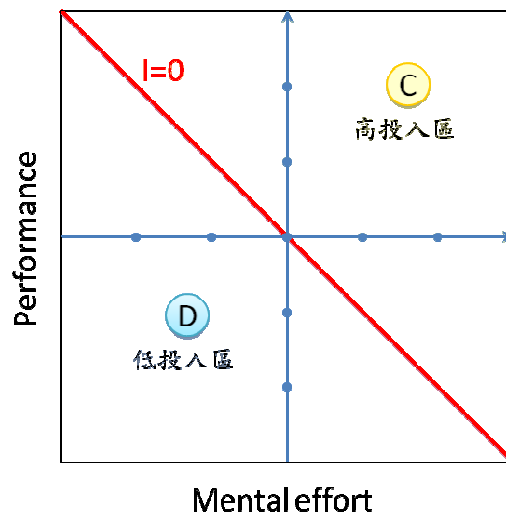


圖 14 教學投入分數圖

首先將學習成就表現及認知負荷量分數轉化成 Z 分數 (Z score)，並與學習效率同樣將其轉化為坐標形式標示於圖上。以  $I=0$  為分界，坐標落在右上區塊 B 區時，表示為高投入、高參與；反之當坐標落在左下區塊 D 區時，表示為低投入、低參與，我們可藉此了解學生投入之情形，並觀察個人學習動機對學習活動之情形。

### 3.5.5 綜合學習效率與投入分數

因學習效率與投入分數於座標平面上所標示之位置是相同的，因此將兩個座標重疊如圖 15 後，可見  $E=0$ 、 $I=0$  兩線垂直將平面分隔成四個區塊，其中上方橘色區塊 I 為高效率高投入、下方灰色區塊 II 為低效率低投入、左側紫色區塊 III 為高效率低投入、右側黃色區塊 IV 為低效率高投入。由此可知，上方區塊為最理想狀態，下方區塊則為最不理想狀態 (Kalyuga, 2009)。

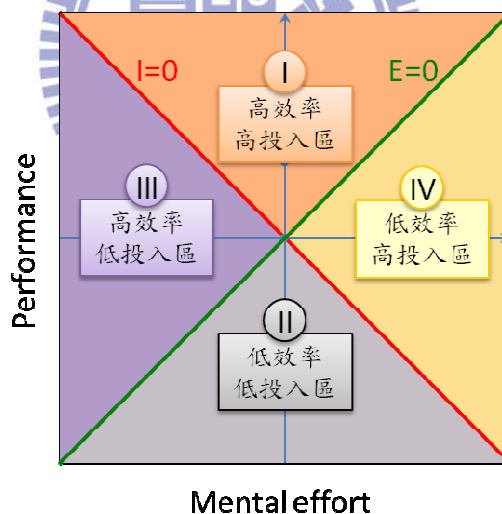


圖 15 學習效率與學習投入分數圖

### 3.5.6 積差相關

在推論統計中，想探究三個變項以上之關係時，可採用積差相關(Product-moment Correlation)，此外，兩個變項間的相關是否達顯著不能單從積差相關係數絕對值的大小來判定，必須從積差相關係數顯著性考驗的機率值  $p$  來判定，若  $p > .05$ ，表示兩個變項間的相關未達顯著，即未有顯著的正相關或負相關，反之，若  $p < .05$ ，表示兩個變項間的相關達顯著，此時再從相關係數絕對值大小來判別兩個變項間的關連程度。下表 45 為相關係數絕對值大小所對應之關聯程度說明。

表 45  
相關係數的強度大小與意義

相關係數範圍（絕對值）	變項關聯程度
1.00	完全相關
.70 至 .99	高度相關
.40 至 .69	中度相關
.10 至 .39	低度相關
.10 以下	微弱或無相關

資料來源：量化研究與統計分析（頁 10-6），邱皓政，2010。台北市：五南。

## 4、研究結果與發現

本章將針對受測學生在教學實驗後，所收集之學習成就測驗及認知負荷問卷數據加以分析。本章共分為四節，第一節為不同表徵模式之教材對學生學習成就表現之影響；第二節為不同表徵模式之教材對學生認知負荷之影響，第三節為經不同表徵模式教材教學之學生其後測成績與認知負荷相關性分析；第四節為學習成就與認知負荷暨專業知識反轉效應分析，並將樣本區分為整體學生、先學過與否與不同數學學習成就學生等三大部分進行分析。

### 4.1 不同表徵模式教材對學生學習成就表現之影響

以下將樣本區分為整體學生、未先學過學生、先學過學生、低數學學習成就學生、中數學學習成就學生及高數學學習成就學生等五小節進行分析。

#### 4.1.1 在整體學生階段學習成效方面

假設 1-1：

將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對整體學生其學習成就表現有顯著差異。

考驗假設 1-1 的虛無假設  $H_{01-1}$ ，敘述如下：

$H_{01-1}$ ：將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對整體學生其學習成就表現沒有顯著差異。

由表 3 至表 8 可知各群組之學生其起始程度一致，為了解使用不同表徵模式設計之教材教學對於常態編班整體學生其學習成就表現之影響，以下將以表 46 至表 49 來分析各群組於實驗後之後測成績差異情形。



表 46  
全體受測學生後測成績平均及標準差摘要表

組別	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>
對照組	26	12.92	5.87	[10.55,15.29]
實驗組 1	26	13.19	6.34	[10.63,15.75]
實驗組 2	28	11.54	4.38	[9.84,13.23]
實驗組 3	30	15.67	4.41	[14.02,17.31]
總和	110	13.38	5.42	[12.36,14.41]

表46為各組學生後測平均及標準差之敘述統計資料，以平均成績而言，實驗組3>實驗組1>對照組>實驗組2，且實驗組2及實驗組3平均數之95%信賴區間估計值所構成的區間未包含總平均數( $M=13.38$ )，表示此兩組之後測成績平均數與總平均數間的差異達.05的顯著差異。

表 47  
全體受測學生後測成績變異數同質性檢定

Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
3.599	3	106	.016*

\* $p < .05$

由表47所示，Levene統計量之 $F$ 值等於3.599， $p=.016 < .05$ ，達到.05的顯著水準，表示受測學生後測成績之變異數違反同質性檢定，即四組群體樣本的變異數不具有同質性，故若變異數分析達顯著時採用「Games-Howell檢定法」進行事後比較。

表 48  
全體受測學生後測成績變異數分析摘要表

變異來源	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	$\eta^2$	<i>p</i>
組間	258.448	3	86.149	3.100	.081	.030*
組內	2945.516	106	27.788			
總和	3203.964	109				

\* $p < .05$

表48為受測學生後測成績變異數分析摘要表，其整體考驗的 $F$ 值為3.1， $p=.03<.05$ ，達顯著水準，因此須拒絕虛無假設，接受對立假設，表示此四組群組的後測成績變異數間的差異達顯著，因此需透過事後比較以得知是哪幾組間的差異達顯著。因四組群體樣本的變異數不具有同質性，故採用「Games-Howell檢定法」進行事後比較，資料呈現於表49。

表 49

**全體受測學生後測成績多重比較表 - Games-Howell 法**

(I) 組別編號	(J) 組別編號	平均差異 (I-J)	顯著性	95% CI
對照組	實驗組1	-.269	.999	[-4.77, 4.23]
	實驗組2	1.387	.762	[-2.39, 5.16]
	實驗組3	-2.744	.220	[-6.48, 1.00]
實驗組1	對照組	.269	.999	[-4.23, 4.77]
	實驗組2	1.657	.686	[-2.33, 5.65]
	實驗組3	-2.474	.351	[-6.43, 1.48]
實驗組2	對照組	-1.387	.762	[-5.16, 2.39]
	實驗組1	-1.657	.686	[-5.65, 2.33]
	實驗組3	-4.131	.004**	[-7.19, -1.08]
實驗組3	對照組	2.744	.220	[-1.00, 6.48]
	實驗組1	2.474	.351	[-1.48, 6.43]
	實驗組2	4.131	.004**	[1.08, 7.19]

\*\* $p<.01$

由表49可知，以後測成績而言，實驗組3>實驗組1>對照組>實驗組2，且其中實驗組3的成績顯著高於實驗組2，也就是使用「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」設計之教材授課後，學生之學習成就表現顯著優於僅使用「動態圖像表徵」設計之教材授課。

另外，為得知使用「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」設計之教材授課優於使用「動態圖像表徵」設計之教材授課其教學效果大小，計算得其Effect Size = 0.941，接近強效果，可得知將「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」之教材運用在常態編班之教學，並以適性指標引導學生進

行學習，其學習成效不但顯著優於使用「動態圖像表徵」設計之教材授課，且其教學效果甚強。

綜合以上資料分析結果：假設 1-1 部分成立，即將「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」及「動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對整體學生的學習成就表現有顯著差異，且其教學效果甚強。

#### 4.1.2 在未先學過學生其階段學習成效方面

假設 1-2：

將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對未先學過之學生其學習成就表現有顯著差異。

考驗假設 1-2 的虛無假設  $H_{01-2}$ ，敘述如下：

$H_{01-2}$ ：將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對未先學過之學生其學習成就表現沒有顯著差異。

由表 9 至表 14 可知各群組中未先學過之學生其起始程度一致，為了解使用不同表徵模式設計之教材教學對於常態編班中未先學過學生其學習成就表現之影響，以下將各群組中未先學過學生之後測成績進行變異數分析，如表 50 至表 53。

表 50  
各組中未先學過之學生後測成績平均及標準差摘要表

組別	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>
對照組	16	11.44	6.32	[8.07, 14.81]
實驗組 1	14	9.79	6.47	[6.05, 13.52]
實驗組 2	20	9.90	3.81	[8.12, 11.68]
實驗組 3	22	14.95	4.76	[12.85, 17.06]
總和	72	11.76	5.62	[10.44, 13.09]

表50為各群組中未先學過之學生其後測平均及標準差之敘述統計資料，以平均成績而言，實驗組3>對照組>實驗組2>實驗組1，且實驗組2及實驗組3平均數的95%信賴區間估計值所構成的區間未包含總平均數 ( $M=11.76$ )，表示此兩組之後測成績平均數與總平均數間的差異達.05的顯著差異。

表 51  
各組中未先學過之學生後測成績變異數同質性檢定

學過與否	Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
未學過	2.904	3	68	.041*

\* $p < .05$

由表51所示，Levene統計量之 $F$ 值等於2.904， $p = .041 < .05$ ，達到.05的顯著水準，表示各組中未先學過學生其後測成績之變異數違反同質性檢定，即變異數不具有同質性，若變異數分析有顯著差異時，須採用「Games-Howell檢定法」進行事後比較。

表 52  
各組中未先學過之學生後測成績變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	$\eta^2$	p
組間	349.937	3	116.646	4.186	.156	.009**
組內	1895.049	68	27.868			
總和	2244.986	71				

\*\* $p < .01$

表52為各組中未先學過之學生後測成績變異數分析摘要表，其整體考驗的 $F$ 值為4.186， $p = .009 < .05$ ，達顯著水準，因此須拒絕虛無假設，接受對立假設，表示此四群組中未先學過之學生其後測成績變異數間的差異達顯著，因此接著透過事後比較以得知是哪幾組間的差異達顯著。依據表51變異數同質性檢定，得知須採用「Games-Howell檢定法」進行事後比較，資料呈現於表53。

表 53

各組中未先學過之學生後測成績多重比較表-Games-Howell 法

(I) 組別編號	(J) 組別編號	平均差異 (I-J)	顯著性	95% CI
對照組	實驗組1	1.652	.894	[-4.76, 8.06]
	實驗組2	1.537	.827	[-3.43, 6.50]
	實驗組3	-3.517	.264	[-8.66, 1.63]
實驗組1	對照組	-1.652	.894	[-8.06, 4.76]
	實驗組2	-.114	1.000	[-5.53, 5.30]
	實驗組3	-5.169	.075	[-10.74, .40]
實驗組2	對照組	-1.537	.827	[-6.50, 3.43]
	實驗組1	.114	1.000	[-5.30, 5.53]
	實驗組3	-5.055	.003**	[-8.61, -1.50]
實驗組3	對照組	3.517	.264	[-1.63, 8.66]
	實驗組1	5.169	.075	[-.40, 10.74]
	實驗組2	5.055	.003**	[1.50, 8.61]

\*\* $p < .01$

由表53可知，以各群組中未先學過學生之後測成績而言，實驗組3>對照組>實驗組2>實驗組1，且其中實驗組3的成績顯著高於實驗組2，也就是使用「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」設計之教材授課後，未先學過之學生其學習成就表現顯著優於僅使用「動態圖像表徵」設計之教材授課。

另外，為得知使用「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」設計之教材授課優於使用「動態圖像表徵」設計之教材授課其教學效果大小，計算得其Effect Size=1.172，屬於強效果，可得知將「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」之教材運用在常態編班之教學，並以適性指標引導學生進行學習，其學習成效不但顯著優於使用「動態圖像表徵」設計之教材授課，且其教學效果非常強。

綜合以上資料分析結果：假設1-2部分成立，即將「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」及「動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對未先學過學生的學習成就表現有顯著差異，且其教學效果非常強。



### 4.1.3 在已先學過學生其階段學習成效方面

假設 1-3：

將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對已學過之學生其學習成就表現有顯著差異。

考驗假設 1-3 的虛無假設  $H_{01-3}$ ，敘述如下：

$H_{01-3}$ ：將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對已學過之學生其學習成就表現沒有顯著差異。

由表 15 至表 20 可知各群組之中已先學過學生其起始程度一致，為了解使用不同表徵模式設計之教材教學對於常態編班中已學過學生其學習成就表現之影響，以下將各群組中已學過學生之後測成績進行變異數分析，如表 54 至表 56。

表 54  
各組中已學過之學生後測成績平均及標準差摘要表

組別	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>
對照組	10	15.30	4.32	[12.21, 18.39]
實驗組 1	12	17.17	3.16	[15.16, 19.17]
實驗組 2	8	15.63	2.77	[13.31, 17.94]
實驗組 3	8	17.63	2.56	[15.48, 19.77]
總和	38	16.45	3.34	[15.35, 17.55]

表 54 為各群組中已先學過之學生其後測平均及標準差之敘述統計資料，以平均成績而言，實驗組 3 > 實驗組 1 > 實驗組 2 > 對照組，且各組平均數的 95% 信賴區間估計值所構成的區間皆包含總平均數 ( $M=16.45$ )，表示各組之後測成績平均數與總平均數間的差異未達 .05 的顯著差異。

表 55

各組中已學過之學生後測成績變異數同質性檢定

學過與否	Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
已學過	.663	3	34	.580

由表 55 所示，Levene 統計量之  $F$  值等於 .663， $p=.580>.05$ ，未達 .05 的顯著水準，表示各組中已學過學生其後測成績之變異數未違反同質性檢定，即變異數具有同質性，若變異數分析有顯著差異時，採用「Tukey HSD 檢定法」進行事後比較。

表 56

各組中已學過之學生後測成績變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	$\eta^2$	p
組間	35.878	3	11.959	1.077	.087	.372
組內	377.517	34	11.103			
總和	413.395	37				

表 56 為各組中已先學過之學生後測成績變異數分析摘要表，其整體考驗的  $F$  值為 1.077， $p=.372>.05$ ，未達顯著水準，因此須接受虛無假設，表示各組中已先學過之學生其後測成績變異數間的差異未達顯著，也就是使用「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」設計之教材授課對於已先學過之學生其階段學習成效無顯著影響。

綜合以上資料分析結果：假設 1-3 不成立，即將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對已先學過學生的學習成就表現無顯著差異。

#### 4.1.4 在低數學學習成就學生其階段學習成效方面

假設 1-4：

將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對低數學學習成就學生其學習成就表現有顯著差異。

考驗假設 1-4 的虛無假設  $H_{01-4}$ ，敘述如下：

$H_{01-4}$ ：將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對低數學學習成就學生其學習成就表現沒有顯著差異。

由表 21 至表 26 可知各群組之低數學學習成就之學生其起始程度一致，為了解使用不同表徵模式設計之教材教學對於常態編班裡低數學學習成就學生其學習成就表現之影響，以下將各群組之低數學學習成就學生其後測成績進行變異數分析，如表 57 至表 60。

表 57  
各組低數學學習成就學生後測成績平均及標準差摘要表

組別	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>
對照組	6	4.83	3.66	[1.00, 8.67]
實驗組 1	7	4.86	3.34	[1.77, 7.94]
實驗組 2	9	7.56	2.24	[5.83, 9.28]
實驗組 3	7	10.57	5.19	[5.77, 15.37]
總和	29	7.07	4.17	[5.48, 8.66]

表 57 為各群組之低數學學習成就學生其後測平均及標準差敘述統計資料，以平均成績而言，實驗組 3 > 實驗組 2 > 實驗組 1 > 對照組，且各組平均數的 95% 信賴區間估計值所構成的區間皆包含總平均數 ( $M=7.07$ )，表示四組群體之低數學學習成就學生其後測成績平均數與總平均數間的差異未達 .05 的顯著差異。

表 58

各組低數學學習成就學生後測成績變異數同質性檢定

學習成就	Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
低成就	2.148	3	25	.119

由表58所示，Levene統計量之 $F$ 值等於2.148， $p=.119>.05$ ，未達到.05的顯著水準，表示各組之低數學學習成就學生其後測成績之變異數未違反同質性檢定，即其變異數具有同質性，若其變異數分析達顯著差異時，須採用「Tukey HSD檢定法」進行事後比較。

表 59

各組低數學學習成就學生後測成績變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	$\eta^2$	p
組間	152.235	3	50.745	3.780	.312	.023*
組內	335.627	25	13.425			
總和	487.862	28				

\* $p<.05$ 

表59為各組之低數學學習成就學生其後測成績變異數分析摘要表，其整體考驗的 $F$ 值為3.780， $p=.023<.05$ ，達顯著水準，因此須拒絕虛無假設，接受對立假設，表示各組之中低數學學習成就學生其後測成績變異數間的差異達顯著，接著需透過事後比較以得知是哪幾組間的差異達顯著。

表 60

各組低數學學習成就學生後測成績多重比較表-Tukey HSD 法

(I) 組別編號	(J) 組別編號	平均差異 (I-J)	顯著性	95% CI
對照組	實驗組1	-.024	1.000	[-5.63, 5.58]
	實驗組2	-2.722	.505	[-8.03, 2.59]
	實驗組3	-5.738	.044*	[-11.35, -.13]

(接下頁)

表 60 (續)

(I) 組別編號	(J) 組別編號	平均差異 (I-J)	顯著性	95% CI
實驗組 1	對照組	.024	1.000	[-5.58, 5.63]
	實驗組 2	-2.698	.475	[-7.78, 2.38]
	實驗組 3	-5.714	.035*	[-11.10, -.33]
實驗組 2	對照組	2.722	.505	[-2.59, 8.03]
	實驗組 1	2.698	.475	[-2.38, 7.78]
	實驗組 3	-3.016	.379	[-8.09, 2.06]
實驗組 3	對照組	5.738	.044*	[.13, 11.35]
	實驗組 1	5.714	.035*	[.33, 11.10]
	實驗組 2	3.016	.379	[-2.06, 8.09]

\* $p < .05$ 

由表 60 可知，以各群組之低數學學習成就學生其後測成績而言，實驗組 3 > 實驗組 2 > 實驗組 1 > 對照組，且其中實驗組 3 的平均成績顯著高於對照組達 5.738 分，也顯著高於實驗組 1 達 5.714 分，也就是對低數學學習成就學生而言，使用「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」設計之教材授課其學習成效顯著優於使用「串流式教材」及使用「代數教材設計原則」製作之教材授課。

另外，根據實驗結果，以低數學學習成就學生之後測成績而言，「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」顯著優於「代數教材設計原則」，其 Effect size = 1.3088，屬於非常強效果；另「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」顯著更優於「串流式教材」，其 Effect size = 1.278，亦屬於非常強效果。由上可得知將「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」之教材運用在常態編班之教學，並以適性指標引導學生進行學習，對低數學學習成就之學生其學習成就表現不但顯著優於使用「串流式教材」及「代數教材設計原則」設計之教材授課，且其教學效果非常強。

綜合以上資料分析結果：假設 1-4 部分成立，即將「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」及「串流式教材」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對低數學學習成就學生的學習成就表現有顯著差異；此外，將「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」及「代數教



材設計原則」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對低數學學習成就學生的學習成就表現有顯著差異，且其教學效果非常強。

#### 4.1.5 在中數學學習成就學生其階段學習成效方面

假設 1-5：

將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對中數學學習成就學生其學習成就表現有顯著差異。

考驗假設 1-5 的虛無假設  $H_{01-5}$ ，敘述如下：

$H_{01-5}$ ：將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對中數學學習成就學生其學習成就表現沒有顯著差異。

由表 27 至表 32 可知各群組之中數學學習成就之學生其起始程度一致，為了解使用不同表徵模式設計之教材教學對於常態編班裡中數學學習成就學生其學習成就表現之影響，以下將各群組之中數學學習成就學生其後測成績進行變異數分析，如表 61 至表 64。

表 61

**各組中數學學習成就學生後測成績平均及標準差摘要表**

組別	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>
對照組	13	13.54	3.53	[11.41, 15.67]
實驗組 1	9	13.78	4.35	[10.43, 17.12]
實驗組 2	11	11.55	3.08	[9.48, 13.61]
實驗組 3	16	16.94	2.59	[15.56, 18.32]
總和	49	14.24	3.82	[13.15, 15.34]

表61為各群組之中學習成就學生其後測平均及標準差之敘述統計資料，以平均成績而言，實驗組3>實驗組1>對照組>實驗組2，且實驗組2平均數的95%信賴區間估計值所構成的區間未包含總平均數( $M=14.24$ )，表示實驗組2之中學習成就學生其後測成績平均數與總平均數間的差異達.05的顯著差異。

接著進行各群組之中學習成就學生之後測成績變異數同質性考驗，以確定若變異數分析達顯著時，應採用何種多重平均數比較法來進行事後分析，資料呈現於表62。

表 62  
各組中數學學習成就學生後測成績變異數同質性檢定

學習成就	Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
中成就	1.209	3	45	.317

由表62所示，Levene統計量之 $F$ 值等於1.209， $p=.317>.05$ ，未達到.05的顯著水準，表示各組中學習成就學生其後測成績之變異數未違反同質性檢定，即其變異數具有同質性，若變異數分析達顯著時，採用「Tukey HSD檢定法」進行事後比較。

表 63  
各組中數學學習成就學生後測成績變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	$\eta^2$	p
組間	204.610	3	68.203	6.182	.292	.001**
組內	496.451	45	11.032			
總和	701.061	48				

\*\* $p<.01$

表63為各組之中學習成就學生後測成績變異數分析摘要表，其整體考驗的 $F$ 值為6.182， $p=.001<.05$ ，達顯著水準，因此須拒絕虛無假設，接受對立假設，表示各組之中學習成就學生其後測成績變異數間的差異達顯著，接著需透過事後比較以得知是哪幾組間的差異達顯著。

表 64

各組中數學學習成就學生後測成績多重比較表-Tukey HSD 法

(I) 組別編號	(J) 組別編號	平均差異 (I-J)	顯著性	95% CI
對照組	實驗組 1	-.239	.998	[-4.08, 3.60]
	實驗組 2	1.993	.467	[-1.64, 5.62]
	實驗組 3	-3.399	.042 *	[-6.71, -.09]
實驗組 1	對照組	.239	.998	[-3.60, 4.08]
	實驗組 2	2.232	.449	[-1.75, 6.21]
	實驗組 3	-3.160	.117	[-6.85, .53]
實驗組 2	對照組	-1.993	.467	[-5.62, 1.64]
	實驗組 1	-2.232	.449	[-6.21, 1.75]
	實驗組 3	-5.392	.001**	[-8.86, -1.92]
實驗組 3	對照組	3.399	.042 *	[.09, 6.71]
	實驗組 1	3.160	.117	[-.53, 6.85]
	實驗組 2	5.392	.001**	[1.92, 8.86]

\* $p < .05$ 、\*\* $p < .01$

由表 64 可知，以各群組中學習成就的學生其後測成績而言，實驗組 3 > 實驗組 1 > 對照組 > 實驗組 2，且其中實驗組 3 的平均成績顯著高於實驗組 2 達 5.392 分，也顯著高於對照組達 3.399 分，也就是對中學習成就的學生而言，使用「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」設計之教材授課其學習成就表現顯著優於使用「串流式教材」及僅使用「動態圖像表徵」製作之教材授課。

此外，根據實驗結果，以中數學學習成就學生之後測成績而言，「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」顯著優於「串流式教材組」，其 Effect size=1.098，屬於強效果；另「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」顯著優於「動態圖像表徵組」，其 Effect size=1.894，亦屬於非常強效果。由上可得知將「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」之教材運用在常態編班之教學，並以適性指標引導學生進行學習，對中數學學習成就之學生其學習成就表現不但顯著優於使用「串流式教材」及「動態圖像表徵」設計之教材授課，且其教學效果非常強。

綜合以上資料分析結果：假設 1-5 部分成立，即將「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」及「串流式教材」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對中學習成就的學生其學習成就表現有顯著差異；此外將「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」及「動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對中學習成就的學生其學習成就表現有顯著差異，且使用「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」之教學效果非常強。

#### 4.1.6 在高數學學習成就學生其階段學習成效方面

假設 1-6：

將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對高數學學習成就學生其學習成就表現有顯著差異。

考驗假設 1-6 的虛無假設  $H_{01-6}$ ，敘述如下：

$H_{01-6}$ ：將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對高數學學習成就學生其學習成就表現沒有顯著差異。

由表 33 至表 38 可知各群組之高數學學習成就之學生其起始程度一致，為了解使用不同表徵模式設計之教材教學對於常態編班裡高數學學習成就學生其學習成就表現之影響，以下將各群組之高數學學習成就學生其後測成績進行變異數分析，如表 65 至表 67。

表 65

各組高數學學習成就學生後測成績平均及標準差摘要表

組別	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>
對照組	7	18.71	1.38	[17.44, 19.99]
實驗組 1	10	18.50	1.35	[17.53, 19.47]
實驗組 2	8	16.00	3.38	[13.17, 18.83]
實驗組 3	7	17.86	3.13	[14.96, 20.75]
總和	32	17.78	2.56	[16.86, 18.70]

表 65 為各群組之高學習成就學生其後測平均及標準差之敘述統計資料，以平均成績而言，對照組 > 實驗組 1 > 實驗組 3 > 實驗組 2，且各組平均數的 95% 信賴區間估計值所構成的區間皆包含總平均數 ( $M=17.78$ )，表示各組高學習成就學生其後測成績平均數與總平均數間的差異皆未達 .05 的顯著差異。

表 66

各組高數學學習成就學生後測成績變異數同質性檢定

學習成就	Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
高成就	4.269	3	28	.013

由表 66 所示，Levene 統計量之  $F$  值等於 4.269， $p=.013<.05$ ，達到 .05 的顯著水準，表示各組高學習成就學生其後測成績之變異數違反同質性檢定，即其變異數不具有同質性，若變異數分析達顯著時，採用「Games-Howell 檢定法」進行事後比較。

表 67

各組高數學學習成就學生後測成績變異數分析摘要表

變異來源	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	$\eta^2$	<i>p</i>
組間	36.683	3	12.228	2.053	.180	.129
組內	166.786	28	5.957			
總和	203.469	31				

表 67 為各組之高學習成就學生後測成績變異數分析摘要表，其整體考



驗的  $F$  值為 2.053， $p=.129>.05$ ，未達顯著水準，因此須接受虛無假設，表示各組之高學習成就學生其後測成績變異數間的差異未達顯著，也就是對於高學習成就之學生而言，不論運用「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」設計之教材授課，對其學習成就表現皆無顯著差異。

綜合以上資料分析結果：假設 1-6 不成立，即將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對高學習成就學生的學習成就表現無顯著差異。

## 4.2 不同表徵模式之教材對學生認知負荷之影響

以下將樣本區分為整體學生、未學過學生、已學過學生、低數學學習成就學生、中數學學習成就學生及高數學學習成就學生等五小節進行分析。

### 4.2.1 在整體學生的認知負荷方面

假設 2-1：

將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對整體學生其認知負荷有顯著差異。

考驗假設 2-1 的虛無假設  $H_{02-1}$ ，敘述如下：

$H_{02-1}$ ：將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對整體學生其認知負荷沒有顯著差異。

為了解使用不同表徵模式設計之教材教學對於常態編班整體學生其認知負荷之影響，以下將以表 68 至表 71 來進行分析。

表 68

整體受測學生認知負荷量平均數及標準差摘要表

面向	組別	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>
心智負荷	對照組	26	4.42	1.10	[3.98,4.87]
	實驗組 1	26	4.19	1.44	[3.61,4.78]
	實驗組 2	28	3.46	1.67	[2.82,4.11]
	實驗組 3	30	3.60	1.50	[3.04,4.16]
	總和	110	3.90	1.48	[3.62,4.18]
心智努力	對照組	26	4.62	1.65	[3.95,5.28]
	實驗組 1	26	4.38	1.98	[3.58,5.18]
	實驗組 2	28	4.39	1.87	[3.67,5.12]
	實驗組 3	30	4.00	1.60	[3.40,4.60]
	總和	110	4.34	1.77	[4.00,4.67]
困難度	對照組	26	3.54	2.02	[2.72,4.36]
	實驗組 1	26	4.23	1.84	[3.49,4.97]
	實驗組 2	28	4.14	1.92	[3.40,4.89]
	實驗組 3	30	2.90	1.54	[2.33,3.47]
	總和	110	3.68	1.89	[3.33,4.04]
搜尋相關訊息	對照組	26	3.54	1.68	[2.86,4.22]
	實驗組 1	26	2.31	1.12	[1.85,2.76]
	實驗組 2	28	3.89	1.40	[3.35,4.43]
	實驗組 3	30	2.40	1.48	[1.85,2.95]
	總和	110	3.03	1.58	[2.73,3.33]
充分時間思考	對照組	26	3.15	1.57	[2.52,3.79]
	實驗組 1	26	4.31	1.74	[3.61,5.01]
	實驗組 2	28	3.64	1.42	[3.09,4.19]
	實驗組 3	30	2.73	1.70	[2.10,3.37]
	總和	110	3.44	1.70	[3.12,3.76]

(接下頁)

表 68 (續)

面向	組別	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>
順暢度	對照組	26	3.15	1.64	[2.49,3.82]
	實驗組 1	26	3.00	1.47	[2.41,3.59]
	實驗組 2	28	3.29	1.78	[2.59,3.98]
	實驗組 3	30	3.07	1.57	[2.48,3.65]
	總和	110	3.13	1.60	[2.82,3.43]
壓力	對照組	26	2.65	1.72	[1.96,3.35]
	實驗組 1	26	2.46	1.63	[1.80,3.12]
	實驗組 2	28	2.86	1.67	[2.21,3.51]
	實驗組 3	30	3.07	1.80	[2.39,3.74]
	總和	110	2.77	1.70	[2.45,3.09]
信心	對照組	26	3.12	1.28	[2.60,3.63]
	實驗組 1	26	3.96	1.84	[3.22,4.71]
	實驗組 2	28	4.21	1.64	[3.58,4.85]
	實驗組 3	30	2.93	1.76	[2.28,3.59]
	總和	110	3.55	1.72	[3.22,3.87]
成就感	對照組	26	4.00	1.36	[3.45,4.55]
	實驗組 1	26	3.54	1.33	[3.00,4.08]
	實驗組 2	28	4.11	1.55	[3.51,4.71]
	實驗組 3	30	3.10	1.40	[2.58,3.62]
	總和	110	3.67	1.45	[3.40,3.95]
同時處理訊息	對照組	26	3.96	1.69	[3.28,4.64]
	實驗組 1	26	3.88	1.82	[3.15,4.62]
	實驗組 2	28	4.36	1.64	[3.72,4.99]
	實驗組 3	30	5.07	1.36	[4.56,5.58]
	總和	110	4.35	1.67	[4.03,4.66]

表 68 為各組學生認知負荷量平均及標準差之敘述統計資料，其中各項之平均數其 95% 信賴區間估計值所構成的區間皆包含其總平均數，表示所有面向中，各組的認知負荷量平均數與總平均數間的差異未達 .05 的顯著差異。

表 69

**整體受測學生認知負荷量變異數同質性檢定**

面向	Levene統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
心智負荷	1.264	3	106	.291
心智努力	1.120	3	106	.345
困難度	1.070	3	106	.365
搜尋相關訊息	1.130	3	106	.340
充分時間思考	.796	3	106	.499
順暢度	1.244	3	106	.298
壓力	.128	3	106	.943
信心	2.178	3	106	.095
成就感	1.325	3	106	.270
同時處理訊息	.950	3	106	.419

由表 69 所示，在「心智負荷」面向其 Levene 統計量之  $F$  值等於 1.264， $p=.291>.05$ ；在「心智努力」面向其 Levene 統計量之  $F$  值等於 1.120， $p=.345>.05$ ；在「困難度」面向其 Levene 統計量之  $F$  值等於 1.070， $p=.365>.05$ ；在「搜尋相關訊息」面向其 Levene 統計量之  $F$  值等於 1.130， $p=.340>.05$ ；在「充分時間思考」面向其 Levene 統計量之  $F$  值等於 .796， $p=.499>.05$ ；在「順暢度」面向其 Levene 統計量之  $F$  值等於 1.244， $p=.298>.05$ ；在「壓力」面向其 Levene 統計量之  $F$  值等於 .128， $p=.943>.05$ ；在「信心」面向其 Levene 統計量之  $F$  值等於 2.178， $p=.095>.05$ ；在「成就感負荷」面向其 Levene 統計量之  $F$  值等於 1.325， $p=.270>.05$ ；在「同時處理訊息」面向其 Levene 統計量之  $F$  值等於 .950， $p=.419>.05$ ；以上各面向之  $p$  值皆未達到 .05 的顯著水準，表示整體受測學生認知負荷量之變異數未違反同質性檢定，即其變異數具有同質性，故若變異數分析達顯著時，皆採用「Tukey HSD 檢定法」進行事後比較。

表 70

整體受測學生認知負荷量變異數分析摘要表

面向		<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	$\eta^2$	<i>p</i>
心智負荷	組間	17.351	3	5.784	2.755	.072	.046*
	組內	222.549	106	2.100			
	總和	239.900	109				
心智努力	組間	5.568	3	1.856	.587	.016	.625
	組內	334.986	106	3.160			
	總和	340.555	109				
困難度	組間	32.658	3	10.886	3.249	.084	.025*
	組內	355.205	106	3.351			
	總和	387.864	109				
搜尋 相關訊息	組間	53.040	3	17.680	8.601	.196	.000***
	組內	217.879	106	2.055			
	總和	270.918	109				
充分 時間思考	組間	37.836	3	12.612	4.858	.121	.003**
	組內	275.218	106	2.596			
	總和	313.055	109				
順暢度	組間	1.253	3	.418	.159	.004	.924
	組內	278.966	106	2.632			
	總和	280.218	109				
壓力	組間	5.677	3	1.892	.648	.018	.586
	組內	309.641	106	2.921			
	總和	315.318	109				
信心	組間	33.076	3	11.025	4.055	.103	.009**
	組內	288.196	106	2.719			
	總和	321.273	109				
成就感	組間	18.378	3	6.126	3.065	.080	.031*
	組內	211.840	106	1.998			
	總和	230.218	109				

(接下頁)



表 70 (續)

面向		SS	df	MS	F	$\eta^2$	p
同時	組間	24.962	3	8.321	3.151	.082	.028*
處理訊息	組內	279.911	106	2.641			
	總和	304.873	109				

\* $p < .05$ 、\*\* $p < .01$ 、\*\*\* $p < .001$

表 70 為整體受測學生認知負荷量變異數分析摘要表，在「心智負荷」面向，其整體考驗的  $F$  值為 2.755， $p = .046 < .05$ ；在「困難度」面向，其整體考驗的  $F$  值為 3.249， $p = .025 < .05$ ；在「搜尋相關訊息」面向，其整體考驗的  $F$  值為 8.601， $p = .000 < .05$ ；在「充份時間思考」面向，其整體考驗的  $F$  值為 4.858， $p = .003 < .05$ ；在「信心負荷」面向，其整體考驗的  $F$  值為 4.055， $p = .009 < .05$ ；在「成就感負荷」面向，其整體考驗的  $F$  值為 3.065， $p = .031 < .05$ ；在「同時處理訊息」面向，其整體考驗的  $F$  值為 3.151， $p = .028 < .05$ ，因此以上各面向須拒絕虛無假設，接受對立假設，即在以上各面向中，四組群組認知負荷量變異數間的差異達顯著，因此需透過事後比較以得知各面向分別是哪幾組間的差異達顯著。

表 71

整體受測學生認知負荷量多重比較表 - Tukey HSD法

面向	(I) 組別編號	(J) 組別編號	平均差異 (I-J)	顯著性	95% CI
心智負荷	對照組	實驗組 1	.231	.940	[-.82, 1.28]
		實驗組 2	.959	.078	[-.07, 1.99]
		實驗組 3	.823	.153	[-.19, 1.84]
	實驗組 1	對照組	-.231	.940	[-1.28, .82]
		實驗組 2	.728	.258	[-.30, 1.76]
		實驗組 3	.592	.426	[-.42, 1.61]
	實驗組 2	對照組	-.959	.078	[-1.99, .07]
		實驗組 1	-.728	.258	[-1.76, .30]
		實驗組 3	-.136	.984	[-1.13, .86]

(接下頁)

表 71 (續)

面向	(I) 組別編號	(J) 組別編號	平均差異 (I-J)	顯著性	95% CI
心智負荷	實驗組 2	對照組	-.823	.153	[-1.84, .19]
		實驗組 1	-.592	.426	[-1.61, .42]
		實驗組 2	.136	.984	[-.86, 1.13]
困難度	對照組	實驗組 1	-.692	.525	[-2.02, .63]
		實驗組 2	-.604	.620	[-1.91, .70]
		實驗組 3	.638	.564	[-.64, 1.92]
	實驗組 1	對照組	.692	.525	[-.63, 2.02]
		實驗組 2	.088	.998	[-1.21, 1.39]
		實驗組 3	1.331	.038*	[.05, 2.61]
	實驗組 2	對照組	.604	.620	[-.70, 1.91]
		實驗組 1	-.088	.998	[-1.39, 1.21]
		實驗組 3	1.243	.053	[-.01, 2.50]
	實驗組 3	對照組	-.638	.564	[-1.92, .64]
		實驗組 1	-1.331	.038*	[-2.61, -.05]
		實驗組 2	-1.243	.053	[-2.50, .01]
搜尋 相關訊息	對照組	實驗組 1	1.231	.013*	[.19, 2.27]
		實驗組 2	-.354	.801	[-1.37, .66]
		實驗組 3	1.138	.019*	[.14, 2.14]
	實驗組 1	對照組	-1.231	.013*	[-2.27, -.19]
		實驗組 2	-1.585	.001**	[-2.60, -.57]
		實驗組 3	-.092	.995	[-1.10, .91]
	實驗組 2	對照組	.354	.801	[-.66, 1.37]
		實驗組 1	1.585	.001**	[.57, 2.60]
		實驗組 3	1.493	.001**	[.51, 2.48]
	實驗組 3	對照組	-1.138	.019*	[-2.14, -.14]
		實驗組 1	.092	.995	[-.91, 1.10]
		實驗組 2	-1.493	.001**	[-2.48, -.51]

(接下頁)

表 71 (續)

面向	(I) 組別編號	(J) 組別編號	平均差異 (I-J)	顯著性	95% CI
充分時間 思考	對照組	實驗組 1	-1.154	.054	[-2.32, .01]
		實驗組 2	-.489	.682	[-1.63, .66]
		實驗組 3	.421	.765	[-.71, 1.55]
	實驗組 1	對照組	1.154	.054	[-.01, 2.32]
		實驗組 2	.665	.432	[-.48, 1.81]
		實驗組 3	1.574	.002**	[.45, 2.70]
	實驗組 2	對照組	.489	.682	[-.66, 1.63]
		實驗組 1	-.665	.432	[-1.81, .48]
		實驗組 3	.910	.145	[-.20, 2.01]
	實驗組 3	對照組	-.421	.765	[-1.55, .71]
		實驗組 1	-1.574	.002**	[-2.70, -.45]
		實驗組 2	-.910	.145	[-2.01, .20]
信心	對照組	實驗組 1	-.846	.256	[-2.04, .35]
		實驗組 2	-1.099	.075	[-2.27, .07]
		實驗組 3	.182	.976	[-.97, 1.34]
	實驗組 1	對照組	.846	.256	[-.35, 2.04]
		實驗組 2	-.253	.943	[-1.42, .92]
		實驗組 3	1.028	.098	[-.13, 2.18]
	實驗組 2	對照組	1.099	.075	[-.07, 2.27]
		實驗組 1	.253	.943	[-.92, 1.42]
		實驗組 3	1.281	.020*	[.15, 2.41]
	實驗組 3	對照組	-.182	.976	[-1.34, .97]
		實驗組 1	-1.028	.098	[-2.18, .13]
		實驗組 2	-1.281	.020*	[-2.41, -.15]
成就感	對照組	實驗組 1	.462	.643	[-.56, 1.48]
		實驗組 2	-.107	.992	[-1.11, .90]
		實驗組 3	.900	.088	[-.09, 1.89]

(接下頁)

表 71 (續)

面向	(I) 組別編號	(J) 組別編號	平均差異 (I-J)	顯著性	95% CI
成就感	實驗組 1	對照組	-.462	.643	[-1.48, .56]
		實驗組 2	-.569	.455	[-1.57, .44]
		實驗組 3	.438	.655	[-.55, 1.43]
	實驗組 2	對照組	.107	.992	[-.90, 1.11]
		實驗組 1	.569	.455	[-.44, 1.57]
		實驗組 3	1.007	.039*	[.04, 1.98]
	實驗組 3	對照組	-.900	.088	[-1.89, .09]
		實驗組 1	-.438	.655	[-1.43, .55]
		實驗組 2	-1.007	.039*	[-1.98, -.04]
同時處理 訊息	對照組	實驗組 1	.077	.998	[-1.10, 1.25]
		實驗組 2	-.396	.808	[-1.55, .76]
		實驗組 3	-1.105	.060	[-2.24, .03]
	實驗組 1	對照組	-.077	.998	[-1.25, 1.10]
		實驗組 2	-.473	.710	[-1.63, .68]
		實驗組 3	-1.182	.038*	[-2.32, -.05]
	實驗組 2	對照組	.396	.808	[-.76, 1.55]
		實驗組 1	.473	.710	[-.68, 1.63]
		實驗組 3	-.710	.349	[-1.82, .41]
	實驗組 3	對照組	1.105	.060	[-.03, 2.24]
		實驗組 1	1.182	.038*	[.05, 2.32]
		實驗組 2	.710	.349	[-.41, 1.82]

\* $p < .05$ 、\*\* $p < .01$

由表 71 可知，就受測學生所感受到因「困難度」而造成之負荷量而言，「實驗組 1」顯著高於「實驗組 3」；就受測學生所感受到因「搜尋相關訊息困難」而造成之負荷量而言，「對照組」顯著高於「實驗組 1」，且「對照組」亦顯著高於「實驗組 3」，另，「實驗組 2」顯著高於「實驗組 1」，且「實驗

組2」顯著高於「實驗組3」；就受測學生所感受到因「無充分時間思考」而造成之負荷量而言，「實驗組1」顯著高於「實驗組3」；就受測學生之「信心度負荷」而言，「實驗組2」顯著高於「實驗組3」；就受測學生之「成就感負荷」而言，「實驗組2」顯著高於「實驗組3」；就受測學生所感受到因「必須同時處理很多訊息」而造成之負荷量而言，「實驗組3」顯著高於「實驗組1」。

換言之，經由不同模式之教材授課後：

(一)在因二元一次聯立方程式文字題列式之「困難度」所造成的認知負荷量方面：

「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」顯著低於「代數教材設計原則組」。

(二)在因「不易搜尋相關訊息」所造成的認知負荷量方面：

1. 「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」與「代數教材設計原則組」皆顯著低於「串流式教材組」。

2. 「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」與「代數教材設計原則組」皆顯著低於「動態圖像表徵組」。

(三)在因「未有充分時間思考」所造成的認知負荷量方面：

「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」顯著低於「串流式教材組」。

(四)在上完該堂課後，因對列式仍「未有信心」所造成的認知負荷量方面：

「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」顯著低於「動態圖像表徵組」。

(五)在該堂課中，因對列式「未有成就感」所造成的認知負荷量方面：

「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」顯著低於「動態圖像表徵組」。

(六)在因必須「同時處理很多訊息」所造成的認知負荷量方面：

「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」顯著高於「代數教材設計原則組」。

綜合以上資料分析結果：假設2-1部分成立，即將「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」與「代數教材設計原則」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對整體學生在「困難度」、「充分時

間思考」與「同時處理訊息」以上三個面向的認知負荷量有顯著差異；將「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」與「串流式教材」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對整體學生在「搜尋相關訊息」面向的認知負荷量有顯著差異；將「動態圖像表徵」與「串流式教材」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對整體學生在「搜尋相關訊息」面向的認知負荷量有顯著差異；將「動態圖像表徵」與「代數教材設計原則」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對整體學生在「搜尋相關訊息」面向的認知負荷量有顯著差異；將「動態圖像表徵」與「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對接受不同教材設計模式之整體學生而言，在「搜尋相關訊息」、「信心負荷」與「成就感負荷」三個面向的認知負荷量有顯著差異。

#### 4.2.2 在未先學過學生其認知負荷方面

假設 2-2：

將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對未先學過之學生其認知負荷有顯著差異。

考驗假設 2-2 的虛無假設  $H_{02-2}$ ，敘述如下：

$H_{02-2}$ ：將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對未先學過之學生其認知負荷沒有顯著差異。

為了解使用不同表徵模式設計之教材教學對於常態編班未先學過學生其認知負荷之影響，以下將以表 72 至表 76 來進行分析。



表 72

未先學過之學生認知負荷量平均數及標準差摘要表

面向	組別	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>
心智負荷	對照組	16	4.63	1.025	[4.08, 5.17]
	實驗組 1	14	4.43	1.284	[3.69, 5.17]
	實驗組 2	20	4.05	1.538	[3.33, 4.77]
	實驗組 3	22	3.95	1.430	[3.32, 4.59]
	總和	72	4.22	1.355	[3.90, 4.54]
心智努力	對照組	16	4.88	1.544	[4.05, 5.70]
	實驗組 1	14	4.50	2.066	[3.31, 5.69]
	實驗組 2	20	4.70	1.976	[3.78, 5.62]
	實驗組 3	22	4.05	1.588	[3.34, 4.75]
	總和	72	4.50	1.784	[4.08, 4.92]
困難度	對照組	16	3.56	1.861	[2.57, 4.55]
	實驗組 1	14	4.64	1.906	[3.54, 5.74]
	實驗組 2	20	4.65	1.872	[3.77, 5.53]
	實驗組 3	22	3.18	1.500	[2.52, 3.85]
	總和	72	3.96	1.857	[3.52, 4.39]
搜尋相關訊息	對照組	16	3.13	1.628	[2.26, 3.99]
	實驗組 1	14	2.64	1.082	[2.02, 3.27]
	實驗組 2	20	4.55	.945	[4.11, 4.99]
	實驗組 3	22	2.64	1.620	[1.92, 3.35]
	總和	72	3.28	1.567	[2.91, 3.65]
充分時間思考	對照組	16	3.44	1.504	[2.64, 4.24]
	實驗組 1	14	4.71	1.729	[3.72, 5.71]
	實驗組 2	20	3.75	1.410	[3.09, 4.41]
	實驗組 3	22	3.00	1.799	[2.20, 3.80]
	總和	72	3.64	1.698	[3.24, 4.04]

(接下頁)

表 72 (續)

面向	組別	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>
順暢度	對照組	16	3.00	1.789	[2.05, 3.95]
	實驗組 1	14	3.43	1.555	[2.53, 4.33]
	實驗組 2	20	3.70	1.895	[2.81, 4.59]
	實驗組 3	22	3.45	1.535	[2.77, 4.13]
	總和	72	3.42	1.685	[3.02, 3.81]
壓力	對照組	16	2.63	1.544	[1.80, 3.45]
	實驗組 1	14	3.07	1.940	[1.95, 4.19]
	實驗組 2	20	3.05	1.849	[2.18, 3.92]
	實驗組 3	22	3.50	1.845	[2.68, 4.32]
	總和	72	3.10	1.793	[2.68, 3.52]
信心	對照組	16	3.25	1.342	[2.54, 3.96]
	實驗組 1	14	4.64	1.865	[3.57, 5.72]
	實驗組 2	20	4.80	1.473	[4.11, 5.49]
	實驗組 3	22	3.23	1.771	[2.44, 4.01]
	總和	72	3.94	1.759	[3.53, 4.36]
成就感	對照組	16	3.75	1.238	[3.09, 4.41]
	實驗組 1	14	4.00	1.301	[3.25, 4.75]
	實驗組 2	20	4.10	1.619	[3.34, 4.86]
	實驗組 3	22	3.36	1.399	[2.74, 3.98]
	總和	72	3.78	1.416	[3.44, 4.11]
同時處理訊息	對照組	16	4.06	1.389	[3.32, 4.80]
	實驗組 1	14	4.07	2.056	[2.88, 5.26]
	實驗組 2	20	4.75	1.585	[4.01, 5.49]
	實驗組 3	22	5.27	1.386	[4.66, 5.89]
	總和	72	4.63	1.640	[4.24, 5.01]

表 72 為各組學生認知負荷量平均及標準差之敘述統計資料，其中各項之平均數其 95% 信賴區間估計值所構成的區間皆包含其總平均數，表示所有面向中，各組的認知負荷量平均數與總平均數間的差異未達 .05 的顯著差異。

表 73

## 未學過之學生認知負荷量變異數同質性檢定

面向	Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
心智負荷	.304	3	68	.822
心智努力	1.161	3	68	.331
困難度	.508	3	68	.678
搜尋相關訊息	2.878	3	68	.042*
充分時間思考	.969	3	68	.413
順暢度	.534	3	68	.660
壓力	.630	3	68	.598
信心	1.679	3	68	.180
成就感	.533	3	68	.661
同時處理訊息	.806	3	68	.495

\* $p < .05$ 

由表73所示，在「心智負荷」、「心智努力」、「困難度」、「充分時間思考」、「順暢度」、「壓力」、「信心負荷」、「成就感負荷」、「同時處理訊息」三個面向其Levene統計量之 $F$ 值分別等於.304、1.161、.508、.969、.534、.630、1.679、.533及.806， $p$ 值分別等於.822、.331、.678、.413、.660、.598、.180、.661及.495，因以上九個面向之 $p$ 值皆未達到.05的顯著水準，表示未學過之學生在上述九個面向之認知負荷量變異數未違反同質性檢定，即其變異數具有同質性，故皆採用「Tukey HSD檢定法」進行事後比較。另外，在「搜尋相關訊息」面向其Levene統計量之 $F$ 值等於2.878， $p = .042 < .05$ ，表示其認知負荷量之變異數違反同質性檢定，即其變異數不具有同質性，故採用「Games-Howell檢定法」進行事後比較。

表 74

未先學過之學生認知負荷量變異數分析摘要表

面向		<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	$\eta^2$	<i>p</i>
心智負荷	組間	5.361	3	1.787	.972	.041	.411
	組內	125.083	68	1.839			
	總和	130.444	71				
心智努力	組間	7.595	3	2.532	.788	.034	.505
	組內	218.405	68	3.212			
	總和	226.000	71				
困難度	組間	31.900	3	10.633	3.395	.13	.023*
	組內	212.975	68	3.132			
	總和	244.875	71				
搜尋 相關訊息	組間	47.439	3	15.813	8.467	.272	.000***
	組內	127.005	68	1.868			
	總和	174.444	71				
充分 時間思考	組間	26.066	3	8.689	3.309	.127	.025*
	組內	178.545	68	2.626			
	總和	204.611	71				
順暢度	組間	4.417	3	1.472	.508	.022	.678
	組內	197.083	68	2.898			
	總和	201.500	71				
壓力	組間	7.191	3	2.397	.737	.031	.534
	組內	221.129	68	3.252			
	總和	228.319	71				
信心	組間	40.500	3	13.500	5.121	.184	.003**
	組內	179.278	68	2.636			
	總和	219.778	71				
成就感	組間	6.554	3	2.185	1.093	.046	.358
	組內	135.891	68	1.998			
	總和	142.444	71				

(接下頁)

表 74 (續)

面向		SS	df	MS	F	$\eta^2$	p
同時	組間	18.895	3	6.298	2.490	.099	.068
處理訊息	組內	171.980	68	2.529			
	總和	190.875	71				

\* $p < .05$ 、\*\* $p < .01$ 、\*\*\* $p < .001$

表 74 為未先學過之學生認知負荷量變異數分析摘要表，在「困難度」面向，其整體考驗的  $F$  值為 3.395， $p = .023 < .05$ ，達顯著水準；在「搜尋相關訊息」面向，其整體考驗的  $F$  值為 8.467， $p = .000 < .05$ ，達顯著水準；在「充份時間思考」面向，其整體考驗的  $F$  值為 3.309， $p = .025 < .05$ ，達顯著水準；在「信心負荷」面向，其整體考驗的  $F$  值為 5.121， $p = .003 < .05$ ，達顯著水準，因此以上各面向須拒絕虛無假設，接受對立假設，即在以上各面向中，四組群組認知負荷量變異數間的差異達顯著，因此需透過事後比較以得知各面向分別是哪幾組間的差異達顯著。

表 75

未先學過之學生認知負荷量多重比較表-Tukey HSD 法

面向	(I) 組別編號	(J) 組別編號	平均差異 (I-J)	顯著性	95% CI
困難度	對照組	實驗組 1	-1.080	.348	[-2.79, .63]
		實驗組 2	-1.088	.267	[-2.65, .48]
		實驗組 3	.381	.914	[-1.15, 1.91]
實驗組 1	對照組	實驗組 1	1.080	.348	[-.63, 2.79]
		實驗組 2	-.007	1.000	[-1.63, 1.62]
		實驗組 3	1.461	.084	[-.13, 3.05]
實驗組 2	對照組	實驗組 1	1.088	.267	[-.48, 2.65]
		實驗組 2	.007	1.000	[-1.62, 1.63]
		實驗組 3	1.468	.044*	[.03, 2.91]

(接下頁)

表 75 (續)

面向	(I) 組別編號	(J) 組別編號	平均差異 (I-J)	顯著性	95% CI
	實驗組 3	對照組	-.381	.914	[-1.91, 1.15]
		實驗組 1	-1.461	.084	[-3.05, .13]
		實驗組 2	-1.468	.044*	[-2.91, -.03]
充分 時間 思考	對照組	實驗組 1	-1.277	.147	[-2.84, .29]
		實驗組 2	-.313	.939	[-1.74, 1.12]
		實驗組 3	.438	.844	[-.96, 1.84]
	實驗組 1	對照組	1.277	.147	[-.29, 2.84]
		實驗組 2	.964	.328	[-.52, 2.45]
		實驗組 3	1.714	.015*	[.26, 3.17]
	實驗組 2	對照組	.313	.939	[-1.12, 1.74]
		實驗組 1	-.964	.328	[-2.45, .52]
		實驗組 3	.750	.444	[-.57, 2.07]
實驗組 3	對照組	-.438	.844	[-1.84, .96]	
	實驗組 1	-1.714	.015*	[-3.17, -.26]	
	實驗組 2	-.750	.444	[-2.07, .57]	
信心	對照組	實驗組 1	-1.393	.098	[-2.96, .17]
		實驗組 2	-1.550	.029*	[-2.98, -.12]
		實驗組 3	.023	1.000	[-1.38, 1.43]
	實驗組 1	對照組	1.393	.098	[-.17, 2.96]
		實驗組 2	-.157	.992	[-1.65, 1.33]
		實驗組 3	1.416	.061	[-.05, 2.88]
	實驗組 2	對照組	1.550	.029*	[.12, 2.98]
		實驗組 1	.157	.992	[-1.33, 1.65]
		實驗組 3	1.573	.013*	[.25, 2.89]
	實驗組 3	對照組	-.023	1.000	[-1.43, 1.38]
		實驗組 1	-1.416	.061	[-2.88, .05]
		實驗組 2	-1.573	.013*	[-2.89, -.25]

\* $p < .05$



表 76

未先學過之學生認知負荷量多重比較表-Games-Howell 法

面向	(I) 組別編號	(J) 組別編號	平均差異 (I-J)	顯著性	95% CI
搜尋 相關 訊息	對照組	實驗組 1	.482	.770	[-.89, 1.85]
		實驗組 2	-1.425	.024*	[-2.69, -.16]
		實驗組 3	.489	.797	[-.96, 1.93]
	實驗組 1	對照組	-.482	.770	[-1.85, .89]
		實驗組 2	-1.907	.000***	[-2.89, -.92]
		實驗組 3	.006	1.000	[-1.21, 1.22]
	實驗組 2	對照組	1.425	.024*	[.16, 2.69]
		實驗組 1	1.907	.000***	[.92, 2.89]
		實驗組 3	1.914	.000***	[.82, 3.01]
	實驗組 3	對照組	-.489	.797	[-1.93, .96]
		實驗組 1	-.006	1.000	[-1.22, 1.21]
		實驗組 2	-1.914	.000***	[-3.01, -.82]

\* $p < .05$ 、\*\*\* $p < .001$

由表 75 及表 76 可知，就未先學過之學生所感受到因「困難度」而造成之負荷量而言，「實驗組 2」顯著高於「實驗組 3」達 1.468 分；就未先學過之學生所感受到因「搜尋相關訊息困難」而造成之負荷量而言，「實驗組 2」顯著高於「對照組」、「實驗組 1」、「實驗組 3」分別達 1.425 分、1.907 分及 1.914 分；就未先學過之學生所感受到因「無充分時間思考」而造成之負荷量而言，「實驗組 1」顯著高於「實驗組 3」達 1.714 分；就未先學過之學生其「信心度負荷」而言，「實驗組 2」顯著高於「對照組」及「實驗組 3」分別達 1.550 分及 1.573 分。

換言之，未先學過之學生經由不同模式之教材授課後；

(一)在因二元一次聯立方程式文字題列式之「困難度」所造成的認知負荷量方面：「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」顯著低於「動態圖像表徵組」。

(二)在因「不易搜尋相關訊息」所造成的認知負荷量方面：

「串流式教材組」、「代數教材設計原則組」及「代數教材設計原則輔以動

態圖像表徵組」皆顯著低於「動態圖像表徵組」。

(三)在因「未有充分時間思考」所造成的認知負荷量方面：

「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」顯著低於「串流式教材組」。

(四)在上完該堂課後，因對列式仍「未有信心」所造成的認知負荷量方面：

「串流式教材組」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」皆顯著低於「動態圖像表徵組」。

綜合以上資料分析結果：假設2-2部分成立，即將「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」與「代數教材設計原則」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對未先學過之學生在「充分時間思考」面向的認知負荷量有顯著差異；將「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」與「動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對未先學過之學生在「困難度」、「搜尋相關訊息」及「信心負荷」三個面向的認知負荷量有顯著差異；將「動態圖像表徵」與「串流式教材」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對未先學過之學生在「搜尋相關訊息」與「信心負荷」面向的認知負荷量有顯著差異；將「動態圖像表徵」與「代數教材設計原則」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對未先學過之學生在「信心負荷」面向的認知負荷量有顯著差異。

### 4.2.3 在已先學過學生其認知負荷方面

假設 2-3：

將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對已先學過之學生其認知負荷有顯著差異。

考驗假設 2-3 的虛無假設  $H_0$ 2-3，敘述如下：

$H_0$ 2-3：將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對已先學過之學生其認知負荷沒有顯著差異。

為了解使用不同表徵模式設計之教材教學對於常態編班已先學過學生其認知負荷之影響，以下將以表 77 至表 80 來進行分析。

表 77

已先學過之學生認知負荷量平均數及標準差摘要表

面向	組別	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>
心智負荷	對照組	10	4.10	1.20	[3.24, 4.96]
	實驗組 1	12	3.92	1.62	[2.89, 4.95]
	實驗組 2	8	2.00	.93	[1.23, 2.77]
	實驗組 3	8	2.63	1.30	[1.54, 3.71]
	總和	38	3.29	1.54	[2.78, 3.80]
心智努力	對照組	10	4.20	1.81	[2.90, 5.50]
	實驗組 1	12	4.25	1.96	[3.00, 5.50]
	實驗組 2	8	3.63	1.41	[2.45, 4.80]
	實驗組 3	8	3.88	1.73	[2.43, 5.32]
	總和	38	4.03	1.72	[3.46, 4.59]
困難度	對照組	10	3.50	2.37	[1.81, 5.19]
	實驗組 1	12	3.75	1.71	[2.66, 4.84]
	實驗組 2	8	2.88	1.46	[1.66, 4.09]
	實驗組 3	8	2.13	1.46	[.91, 3.34]
	總和	38	3.16	1.85	[2.55, 3.77]
搜尋 相關訊息	對照組	10	4.20	1.62	[3.04, 5.36]
	實驗組 1	12	1.92	1.08	[1.23, 2.61]
	實驗組 2	8	2.25	.89	[1.51, 2.99]
	實驗組 3	8	1.75	.71	[1.16, 2.34]
	總和	38	2.55	1.50	[2.06, 3.05]
充分 時間思考	對照組	10	2.70	1.64	[1.53, 3.87]
	實驗組 1	12	3.83	1.70	[2.76, 4.91]
	實驗組 2	8	3.38	1.51	[2.12, 4.63]
	實驗組 3	8	2.00	1.20	[1.00, 3.00]
	總和	38	3.05	1.64	[2.51, 3.59]

(接下頁)

表 77 (續)

面向	組別	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>
順暢度	對照組	10	3.40	1.43	[2.38, 4.42]
	實驗組 1	12	2.50	1.24	[1.71, 3.29]
	實驗組 2	8	2.25	.89	[1.51, 2.99]
	實驗組 3	8	2.00	1.20	[1.00, 3.00]
	總和	38	2.58	1.29	[2.16, 3.00]
壓力	對照組	10	2.70	2.06	[1.23, 4.17]
	實驗組 1	12	1.75	.75	[1.27, 2.23]
	實驗組 2	8	2.38	1.06	[1.49, 3.26]
	實驗組 3	8	1.88	.99	[1.05, 2.70]
	總和	38	2.16	1.33	[1.72, 2.59]
信心	對照組	10	2.90	1.20	[2.04, 3.76]
	實驗組 1	12	3.17	1.53	[2.20, 4.14]
	實驗組 2	8	2.75	1.04	[1.88, 3.62]
	實驗組 3	8	2.13	1.55	[.83, 3.42]
	總和	38	2.79	1.36	[2.34, 3.24]
成就感	對照組	10	4.40	1.51	[3.32, 5.48]
	實驗組 1	12	3.00	1.21	[2.23, 3.77]
	實驗組 2	8	4.13	1.46	[2.91, 5.34]
	實驗組 3	8	2.38	1.19	[1.38, 3.37]
	總和	38	3.47	1.52	[2.97, 3.97]
同時 處理訊息	對照組	10	3.80	2.15	[2.26, 5.34]
	實驗組 1	12	3.67	1.56	[2.68, 4.66]
	實驗組 2	8	3.38	1.41	[2.20, 4.55]
	實驗組 3	8	4.50	1.20	[3.50, 5.50]
	總和	38	3.82	1.63	[3.28, 4.35]

表 77 為各組學生認知負荷量平均及標準差之敘述統計資料，其中各項之平均數其 95% 信賴區間估計值所構成的區間皆包含其總平均數，表示所有面向中，各組的認知負荷量平均數與總平均數間的差異未達 .05 的顯著差異。

表 78

## 已先學過之學生認知負荷量變異數同質性檢定

面向	Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
心智負荷	1.503	3	34	.231
心智努力	.613	3	34	.611
困難度	1.851	3	34	.157
搜尋相關訊息	1.956	3	34	.139
充分時間思考	.255	3	34	.857
順暢度	.997	3	34	.406
壓力	4.271	3	34	.012*
信心	1.388	3	34	.263
成就感	.320	3	34	.811
同時處理訊息	2.514	3	34	.075

\* $p < .05$ 

由表78所示，在「心智負荷」、「心智努力」、「困難度」、「搜尋相關訊息」、「充分時間思考」、「順暢度」、「信心」、「成就感負荷」及「同時處理訊息」九個面向其Levene統計量之 $F$ 值分別等於1.503、.613、1.851、1.956、.255、.997、1.388、.320及2.514， $p$ 值分別等於.231、.611、.157、.139、.857、.406、.263、.811、.075，因以上九個面向之 $p$ 值皆未達到.05的顯著水準，表示已學過之學生在上述九個面向其認知負荷量之變異數未違反同質性檢定，即其變異數具有同質性，故皆採用「Tukey HSD檢定法」進行事後比較；另在「壓力負荷」面向其Levene統計量之 $F$ 值等於4.271， $p$ 值等於.012，達到.05的顯著水準，表示已學過之學生在此面向其認知負荷量之變異數違反同質性檢定，即其變異數不具有同質性，故須採用「Games-Howell檢定法」進行事後比較。

表 79

已先學過之學生認知負荷量變異數分析摘要表

面向		<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	$\eta^2$	<i>p</i>
心智負荷	組間	28.124	3	9.375	5.340	.32	.004**
	組內	59.692	34	1.756			
	總和	87.816	37				
心智努力	組間	2.374	3	.791	.252	.022	.859
	組內	106.600	34	3.135			
	總和	108.974	37				
困難度	組間	14.553	3	4.851	1.466	.115	.241
	組內	112.500	34	3.309			
	總和	127.053	37				
搜尋 相關訊息	組間	37.878	3	12.626	9.431	.454	.000***
	組內	45.517	34	1.339			
	總和	83.395	37				
充分 時間思考	組間	18.253	3	6.084	2.534	.183	.073
	組內	81.642	34	2.401			
	總和	99.895	37				
順暢度	組間	10.363	3	3.454	2.307	.169	.094
	組內	50.900	34	1.497			
	總和	61.263	37				
壓力	組間	5.953	3	1.984	1.142	.092	.346
	組內	59.100	34	1.738			
	總和	65.053	37				
信心	組間	5.374	3	1.791	.968	.079	.419
	組內	62.942	34	1.851			
	總和	68.316	37				
成就感	組間	24.324	3	8.108	4.508	.285	.009**
	組內	61.150	34	1.799			
	總和	85.474	37				
同時處理 訊息	組間	5.569	3	1.856	.685	.057	.567
	組內	92.142	34	2.710			
	總和	97.711	37				

\* $p < .05$ 、\*\* $p < .01$ 、\*\*\* $p < .001$



表79為已學過之學生認知負荷量變異數分析摘要表，在「心智負荷」面向，其整體考驗的 $F$ 值為5.340， $p=.004<.05$ ，達顯著水準；在「搜尋相關訊息」面向，其整體考驗的 $F$ 值為8.467， $p=.000<.05$ ，達顯著水準；在「成就感負荷」面向，其整體考驗的 $F$ 值為4.508， $p=.009<.05$ ，達顯著水準，因此以上各面向須拒絕虛無假設，接受對立假設，即在以上各面向中，四組群組認知負荷量變異數間的差異達顯著，因此需透過事後比較以得知各面向分別是哪幾組間的差異達顯著。

表80  
已先學過之學生認知負荷量多重比較表-Tukey HSD法

面向	組別編號 (I)	組別編號 (J)	平均差異 (I-J)	顯著性	95% 信賴區間
心智 負荷	對照組	實驗組1	.183	.988	[-1.35, 1.72]
		實驗組2	2.100	.010*	[.40, 3.80]
		實驗組3	1.475	.107	[-.22, 3.17]
	實驗組1	對照組	-.183	.988	[-1.72, 1.35]
		實驗組2	1.917	.016*	[.28, 3.55]
		實驗組3	1.292	.162	[-.34, 2.93]
	實驗組2	對照組	-2.100	.010*	[-3.80, -.40]
		實驗組1	-1.917	.016*	[-3.55, -.28]
		實驗組3	-.625	.782	[-2.41, 1.16]
實驗組3	對照組	-1.475	.107	[-3.17, .22]	
	實驗組1	-1.292	.162	[-2.93, .34]	
	實驗組2	.625	.782	[-1.16, 2.41]	
搜尋 相關 訊息	對照組	實驗組1	2.283	.000***	[.95, 3.62]
		實驗組2	1.950	.006**	[.47, 3.43]
		實驗組3	2.450	.000***	[.97, 3.93]
	實驗組1	對照組	-2.283	.000***	[-3.62, -.95]
		實驗組2	-.333	.921	[-1.76, 1.09]
		實驗組3	.167	.989	[-1.26, 1.59]

(接下頁)

表 80 (續)

面向	組別編號 (I)	組別編號 (J)	平均差異 (I-J)	顯著性	95% 信賴區間
搜尋 相關 訊息	實驗組 2	對照組	-1.950	.006**	[-3.43, -.47]
		實驗組 1	.333	.921	[-1.09, 1.76]
		實驗組 3	.500	.823	[-1.06, 2.06]
	實驗組 3	對照組	-2.450	.000***	[-3.93, -.97]
		實驗組 1	-.167	.989	[-1.59, 1.26]
		實驗組 2	-.500	.823	[-2.06, 1.06]
成就感	對照組	實驗組 1	1.400	.089	[-.15, 2.95]
		實驗組 2	.275	.973	[-1.44, 1.99]
		實驗組 3	2.025	.016*	[.31, 3.74]
	實驗組 1	對照組	-1.400	.089	[-2.95, .15]
		實驗組 2	-1.125	.274	[-2.78, .53]
		實驗組 3	.625	.738	[-1.03, 2.28]
	實驗組 2	對照組	-.275	.973	[-1.99, 1.44]
		實驗組 1	1.125	.274	[-.53, 2.78]
		實驗組 3	1.750	.061	[-.06, 3.56]
	實驗組 3	對照組	-2.025	.016*	[-3.74, -.31]
		實驗組 1	-.625	.738	[-2.28, 1.03]
		實驗組 2	-1.750	.061	[-3.56, .06]

\* $p < .05$ 、\*\* $p < .01$ 、\*\*\* $p < .001$

由表 80 可知，就已先學過之學生其「心智負荷」也就是在學習前認為二元一次聯立方程式文字題列式是不容易的負荷量而言，「對照組」顯著高於「實驗組 2」、「實驗組 1」亦顯著高於「實驗組 2」；就已先學過之學生所感受到因「搜尋相關訊息困難」而造成之負荷量而言，「對照組」分別顯著高於「實驗組 1」、「實驗組 2」、「實驗組 3」；就已先學過之學生其「成就感負荷」而言，「對照組」「實驗組 2」顯著高於。

換言之，已先學過之學生經由不同模式之教材授課後；

(一)就其「心智負荷」也就是在學習前認為二元一次聯立方程式文字題列式是不容易的負荷量而言：

「動態圖像表徵組」顯著低於「串流式教材組」及「代數教材設計原則組」。

(二)在因「不易搜尋相關訊息」所造成的認知負荷量方面：

「代數教材設計原則組」、「動態圖像表徵組」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」皆顯著低於「串流式教材組」。

(三)在該堂課中，因對列式「未有成就感」所造成的認知負荷量方面：

「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」顯著低於「串流式教材組」。

綜合以上資料分析結果：假設2-3部分成立，即將「動態圖像表徵」與「串流式教材」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對已先學過之學生其「心智負荷」及「搜尋相關訊息」面向的認知負荷量有顯著差異；將「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」與「串流式教材」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對已先學過之學生在「搜尋相關訊息」及「成就感負荷」兩個面向的認知負荷量有顯著差異；將「動態圖像表徵」與「代數教材設計原則」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對已先學過之學生在學習前之「心智負荷」面向的認知負荷量有顯著差異；將「代數教材設計原則」與「串流式教材」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對已先學過之學生在「搜尋相關訊息」面向的認知負荷量有顯著差異。

#### 4.2.4 在低數學學習成就學生其認知負荷方面

假設 2-4：

將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對低數學學習成就學生其認知負荷有顯著差異。

考驗假設 2-4 的虛無假設  $H_0$ 2-4，敘述如下：

$H_0$ 2-4：將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對低數學學習成就學生其認知負荷沒有顯著差異。

為了解使用不同表徵模式設計之教材教學對於常態編班裡低數學學習成就學生其認知負荷之影響，以下將以表 81 至表 85 來進行分析。

表 81

**各組 低數學學習成就學生認知負荷量平均數及標準差摘要表**

面向	組別	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>
心智負荷	對照組	6	4.83	1.17	[3.61, 6.06]
	實驗組 1	7	4.57	1.51	[3.17, 5.97]
	實驗組 2	9	4.33	1.80	[2.95, 5.72]
	實驗組 3	7	3.86	1.46	[2.50, 5.21]
	總和	29	4.38	1.50	[3.81, 4.95]
心智努力	對照組	6	5.83	1.17	[4.61, 7.06]
	實驗組 1	7	5.00	2.24	[2.93, 7.07]
	實驗組 2	9	4.89	1.97	[3.38, 6.40]
	實驗組 3	7	3.86	1.57	[2.40, 5.31]
	總和	29	4.86	1.85	[4.16, 5.56]
困難度	對照組	6	4.83	2.04	[2.69, 6.98]
	實驗組 1	7	5.86	1.68	[4.31, 7.41]
	實驗組 2	9	4.33	2.35	[2.53, 6.14]
	實驗組 3	7	3.43	1.13	[2.38, 4.48]
	總和	29	4.59	1.99	[3.83, 5.34]
搜尋 相關訊息	對照組	6	4.33	1.86	[2.38, 6.29]
	實驗組 1	7	2.86	1.35	[1.61, 4.10]
	實驗組 2	9	5.00	.87	[4.33, 5.67]
	實驗組 3	7	3.57	1.90	[1.81, 5.33]
	總和	29	4.00	1.65	[3.37, 4.63]
充分時間 思考	對照組	6	3.83	1.72	[2.03, 5.64]
	實驗組 1	7	6.00	1.16	[4.93, 7.07]
	實驗組 2	9	4.22	1.48	[3.08, 5.36]
	實驗組 3	7	3.43	2.07	[1.51, 5.34]
	總和	29	4.38	1.82	[3.69, 5.07]

(接下頁)

表 81 (續)

面向	組別	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>
順暢度	對照組	6	4.17	2.14	[1.92, 6.41]
	實驗組 1	7	4.14	1.77	[2.50, 5.78]
	實驗組 2	9	3.78	2.11	[2.16, 5.40]
	實驗組 3	7	4.00	1.16	[2.93, 5.07]
	總和	29	4.00	1.75	[3.33, 4.67]
壓力	對照組	6	3.83	1.60	[2.15, 5.51]
	實驗組 1	7	4.57	1.51	[3.17, 5.97]
	實驗組 2	9	3.44	2.19	[1.76, 5.12]
	實驗組 3	7	3.29	1.89	[1.54, 5.03]
	總和	29	3.76	1.83	[3.06, 4.45]
信心	對照組	6	4.00	.89	[3.06, 4.94]
	實驗組 1	7	6.14	1.07	[5.15, 7.13]
	實驗組 2	9	4.89	1.45	[3.77, 6.01]
	實驗組 3	7	3.71	1.60	[2.23, 5.20]
	總和	29	4.72	1.56	[4.13, 5.32]
成就感	對照組	6	4.33	1.37	[2.90, 5.77]
	實驗組 1	7	4.57	1.40	[3.28, 5.86]
	實驗組 2	9	4.22	1.72	[2.90, 5.54]
	實驗組 3	7	3.57	1.51	[2.17, 4.97]
	總和	29	4.17	1.49	[3.61, 4.74]
同時處理 訊息	對照組	6	4.67	1.63	[2.95, 6.38]
	實驗組 1	7	4.57	2.70	[2.08, 7.07]
	實驗組 2	9	4.78	1.20	[3.85, 5.70]
	實驗組 3	7	5.43	.98	[4.53, 6.33]
	總和	29	4.86	1.66	[4.23, 5.49]

表 81 為各組學生認知負荷量平均及標準差之敘述統計資料，其中各項之平均數其 95% 信賴區間估計值所構成的區間皆包含其總平均數，表示所有面向中，各組的認知負荷量平均數與總平均數間的差異未達 .05 的顯著差異。

表 82

## 各組低數學學習成就學生認知負荷量變異數同質性檢定

面向	Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
心智負荷	1.150	3	25	.348
心智努力	1.332	3	25	.286
困難度	2.657	3	25	.070
搜尋相關訊息	3.509	3	25	.030*
充分時間思考	.855	3	25	.477
順暢度	1.312	3	25	.292
壓力	1.647	3	25	.204
信心	1.382	3	25	.271
成就感	.140	3	25	.935
同時處理訊息	4.177	3	25	.016*

\* $p < .05$ 

由表82所示，在「心智負荷」、「心智努力」、「困難度」、「充分時間思考」、「順暢度負荷」、「壓力負荷」、「信心負荷」及「成就感負荷」八個面向其Levene統計量之 $F$ 值分別等於1.150、1.332、2.657、.855、1.312、1.647、1.382及.140， $p$ 值分別等於.348、.286、.070、.477、.292、.204、.271及.935，因以上八個面向之 $p$ 值皆未達到.05的顯著水準，表示低數學學習成就學生在以上八個面向之認知負荷量變異數未違反同質性檢定，即其變異數具有同質性，故皆採用「Tukey HSD檢定法」進行事後比較。

另外，在「搜尋相關訊息」面向其Levene統計量之 $F$ 值等於3.509， $p = .030 < .05$ ；在「同時處理訊息」面向其Levene統計量之 $F$ 值等於4.177， $p = .016 < .05$ ，表示低數學學習成就學生其認知負荷量之變異數違反同質性檢定，即其變異數不具有同質性，故採用「Games-Howell檢定法」進行事後比較。



表 83

各組低數學學習成就學生認知負荷量變異數分析摘要表

面向		<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	$\eta^2$	<i>p</i>
心智負荷	組間	3.423	3	1.141	.480	.054	.699
	組內	59.405	25	2.376			
	總和	62.828	28				
心智努力	組間	12.869	3	4.290	1.299	.135	.297
	組內	82.579	25	3.303			
	總和	95.448	28				
困難度	組間	21.630	3	7.210	2.016	.195	.137
	組內	89.405	25	3.576			
	總和	111.034	28				
搜尋 相關訊息	組間	20.095	3	6.698	2.995	.264	.050*
	組內	55.905	25	2.236			
	總和	76.000	28				
充分時間 思考	組間	26.724	3	8.908	3.369	.288	.034*
	組內	66.103	25	2.644			
	總和	92.828	28				
順暢度	組間	.754	3	.251	.074	.009	.974
	組內	85.246	25	3.410			
	總和	86.000	28				
壓力	組間	7.112	3	2.371	.688	.076	.568
	組內	86.198	25	3.448			
	總和	93.310	28				
信心	組間	24.619	3	8.206	4.752	.363	.009**
	組內	43.175	25	1.727			
	總和	67.793	28				
成就感	組間	3.820	3	1.273	.546	.061	.655
	組內	58.317	25	2.333			
	總和	62.138	28				

(接下頁)

表 83 (續)

面向		SS	df	MS	F	$\eta^2$	p
同時	組間	3.131	3	1.044	.351	.04	.789
處理訊息	組內	74.317	25	2.973			
	總和	77.448	28				

\* $p < .05$ 、\*\* $p < .01$ 

表 83 為低數學學習成就學生其認知負荷量變異數分析摘要表，在「搜尋相關訊息」面向，其整體考驗的  $F$  值為 2.995， $p = .05$  達顯著水準；在「充份時間思考」面向，其整體考驗的  $F$  值為 3.369， $p = .034 < .05$ ，達顯著水準；在「信心負荷」面向，其整體考驗的  $F$  值為 4.752， $p = .009 < .05$ ，達顯著水準。因此以上各面向須拒絕虛無假設，接受對立假設，即在以上各面向中，四組群組認知負荷量變異數間的差異達顯著，因此需透過事後比較以得知各面向分別是哪幾組間的差異達顯著。

表 84

各組低數學學習成就學生認知負荷量多重比較表-Tukey HSD 法

面向	組別編號 (I)	組別編號 (J)	平均差異 (I-J)	顯著性	95% CI
充分 時間 思考	對照組	實驗組 1	-2.167	.104	[-4.66, .32]
		實驗組 2	-.389	.968	[-2.75, 1.97]
		實驗組 3	.405	.970	[-2.08, 2.89]
	實驗組 1	對照組	2.167	.104	[-.32, 4.66]
		實驗組 2	1.778	.159	[-.48, 4.03]
		實驗組 3	2.571	.032*	[.18, 4.96]
	實驗組 2	對照組	.389	.968	[-1.97, 2.75]
		實驗組 1	-1.778	.159	[-4.03, .48]
		實驗組 3	.794	.768	[-1.46, 3.05]
實驗組 3	對照組	-.405	.970	[-2.89, 2.08]	
	實驗組 1	-2.571	.032*	[-4.96, -.18]	
	實驗組 2	-.794	.768	[-3.05, 1.46]	

(接上頁)

表 84(續)

面向	組別編號 (I)	組別編號 (J)	平均差異 (I-J)	顯著性	95% CI
信心	對照組	實驗組 1	-2.143	.034*	[-4.15, -.13]
		實驗組 2	-.889	.582	[-2.79, 1.02]
		實驗組 3	.286	.979	[-1.73, 2.30]
	實驗組 1	對照組	2.143	.034*	[.13, 4.15]
		實驗組 2	1.254	.256	[-.57, 3.08]
		實驗組 3	2.429	.010*	[.50, 4.36]
	實驗組 2	對照組	.889	.582	[-1.02, 2.79]
		實驗組 1	-1.254	.256	[-3.08, .57]
		實驗組 3	1.175	.309	[-.65, 3.00]
	實驗組 3	對照組	-.286	.979	[-2.30, 1.73]
		實驗組 1	-2.429	.010*	[-4.36, -.50]
		實驗組 2	-1.175	.309	[-3.00, .65]

\* $p < .05$ 

表 85

各組低數學學習成就學生認知負荷量多重比較表-Games-Howell 法

面向	組別編號 (I)	組別編號 (J)	平均差異 (I-J)	顯著性	95% CI
搜尋 相關 訊息	對照組	實驗組 1	1.476	.418	[-1.38, 4.33]
		實驗組 2	-.667	.843	[-3.42, 2.09]
		實驗組 3	.762	.884	[-2.40, 3.92]
	實驗組 1	對照組	-1.476	.418	[-4.33, 1.38]
		實驗組 2	-2.143	.020*	[-3.94, -.35]
		實驗組 3	-.714	.848	[-3.37, 1.94]
	實驗組 2	對照組	.667	.843	[-2.09, 3.42]
		實驗組 1	2.143	.020*	[.35, 3.94]
		實驗組 3	1.429	.322	[-1.06, 3.91]
	實驗組 3	對照組	-.762	.884	[-3.92, 2.40]
		實驗組 1	.714	.848	[-1.94, 3.37]
		實驗組 2	-1.429	.322	[-3.91, 1.06]

\* $p < .05$

由表84及表85可知，就低數學學習成就學生所感受到因「無充分時間思考」而造成之負荷量而言，「實驗組1」顯著高於「實驗組3」；就低數學學習成就學生其「信心度負荷」而言，「實驗組1」顯著高於「對照組」亦顯著高於「實驗組3」；就低數學學習成就學生所感受到因「搜尋相關訊息困難」而造成之負荷量而言，「實驗組2」顯著高於「實驗組1」。

(一)換言之，低數學學習成就學生經由不同模式之教材授課後；在因「無充分時間思考」而造成之負荷量方面：「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」顯著低於「代數教材設計原則組」。

(二)在上完該堂課後，因對列式仍「未有信心」所造成的認知負荷量方面：「串流式教材組」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」皆顯著低於「代數教材設計原則組」。

(三)在因「不易搜尋相關訊息」所造成的認知負荷量方面：「代數教材設計原則組」顯著低於「動態圖像表徵組」。

綜合以上資料分析結果：假設2-4部分成立，即將「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」與「代數教材設計原則」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對低數學學習成就學生在「充分時間思考」及「信心度負荷」兩面向的認知負荷量有顯著差異；將「代數教材設計原則」與「動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對低數學學習成就學生在「搜尋相關訊息」面向的認知負荷量有顯著差異；將「代數教材設計原則」與「串流式教材」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對低數學學習成就學生在「信心負荷」面向的認知負荷量有顯著差異。

#### 4.2.5 在中數學學習成就學生其認知負荷方面

假設 2-5：

將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對中數學學習成就學生其認知負荷有顯著差異。

考驗假設 2-5 的虛無假設  $H_{02-5}$ ，敘述如下：

$H_{02-5}$ ：將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對中數學學習成就學生其認知負荷沒有顯著差異。

為了解使用不同表徵模式設計之教材教學對於常態編班裡中數學學習成就學生其認知負荷之影響，以下將以表 86 至表 來進行分析。

表 86

各組中數學學習成就學生認知負荷量平均數及標準差摘要表

面向	組別	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>
心智負荷	對照組	13	4.31	.86	[3.79, 4.82]
	實驗組 1	9	4.89	1.17	[3.99, 5.79]
	實驗組 2	11	3.55	1.57	[2.49, 4.60]
	實驗組 3	16	3.81	1.56	[2.98, 4.64]
	總和	49	4.08	1.38	[3.68, 4.48]
心智努力	對照組	13	4.38	1.33	[3.58, 5.19]
	實驗組 1	9	4.89	1.69	[3.59, 6.19]
	實驗組 2	11	4.27	2.10	[2.86, 5.68]
	實驗組 3	16	4.44	1.32	[3.74, 5.14]
	總和	49	4.47	1.56	[4.02, 4.92]
困難度	對照組	13	3.54	1.85	[2.42, 4.66]
	實驗組 1	9	4.44	1.51	[3.28, 5.60]
	實驗組 2	11	4.45	1.92	[3.17, 5.74]
	實驗組 3	16	3.19	1.52	[2.38, 3.99]
	總和	49	3.80	1.74	[3.30, 4.30]
搜尋相關訊息	對照組	13	3.38	1.33	[2.58, 4.19]
	實驗組 1	9	2.00	1.23	[1.06, 2.94]
	實驗組 2	11	3.91	.94	[3.27, 4.54]
	實驗組 3	16	2.19	1.28	[1.51, 2.87]
	總和	49	2.86	1.41	[2.45, 3.26]

(接下頁)

表 86 (續)

面向	組別	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>
充分時間思考	對照組	13	3.54	1.45	[2.66, 4.41]
	實驗組 1	9	4.22	1.48	[3.08, 5.36]
	實驗組 2	11	2.91	1.14	[2.15, 3.67]
	實驗組 3	16	2.94	1.65	[2.06, 3.82]
	總和	49	3.33	1.51	[2.89, 3.76]
順暢度	對照組	13	3.00	1.29	[2.22, 3.78]
	實驗組 1	9	3.00	1.12	[2.14, 3.86]
	實驗組 2	11	3.45	1.864	[2.20, 4.71]
	實驗組 3	16	3.25	1.57	[2.41, 4.09]
	總和	49	3.18	1.47	[2.76, 3.61]
壓力	對照組	13	2.69	1.84	[1.58, 3.81]
	實驗組 1	9	1.56	.73	[1.00, 2.11]
	實驗組 2	11	2.36	1.29	[1.50, 3.23]
	實驗組 3	16	3.63	1.78	[2.67, 4.58]
	總和	49	2.71	1.68	[2.23, 3.20]
信心	對照組	13	3.23	1.09	[2.57, 3.89]
	實驗組 1	9	4.00	1.32	[2.98, 5.02]
	實驗組 2	11	4.27	1.95	[2.96, 5.59]
	實驗組 3	16	3.19	1.80	[2.23, 4.15]
	總和	49	3.59	1.62	[3.13, 4.06]
成就感	對照組	13	4.00	1.08	[3.35, 4.65]
	實驗組 1	9	3.00	1.12	[2.14, 3.86]
	實驗組 2	11	4.00	1.67	[2.88, 5.12]
	實驗組 3	16	3.31	1.40	[2.57, 4.06]
	總和	49	3.59	1.37	[3.20, 3.98]
同時處理訊息	對照組	13	4.00	1.58	[3.04, 4.96]
	實驗組 1	9	3.89	1.36	[2.84, 4.94]
	實驗組 2	11	4.45	1.97	[3.13, 5.78]
	實驗組 3	16	4.94	1.69	[4.04, 5.84]
	總和	49	4.39	1.68	[3.90, 4.87]



表86為中數學學習成就學生認知負荷量平均及標準差之敘述統計資料，其中各項之平均數其95%信賴區間估計值所構成的區間皆包含其總平均數，表示所有面向中，各組的認知負荷量平均數與總平均數間的差異未達.05的顯著差異。

表 87

**各組中數學學習成就學生認知負荷量變異數同質性檢定**

面向	Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
心智負荷	1.195	3	45	.322
心智努力	2.115	3	45	.112
困難度	.348	3	45	.790
搜尋相關訊息	.505	3	45	.681
充分時間思考	1.253	3	45	.302
順暢度	3.333	3	45	.028*
壓力	1.740	3	45	.172
信心	1.801	3	45	.161
成就感	.996	3	45	.403
同時處理訊息	.696	3	45	.559

\* $p < .05$

由表87所示，在「心智負荷」、「心智努力」、「困難度」、「搜尋相關訊息」、「充分時間思考」、「壓力負荷」、「信心負荷」、「成就感負荷」及「同時處理訊息」九個面向其Levene統計量之 $F$ 值等於1.195、2.115、.348、.505、1.253、1.740、1.801、.996及.696， $p=.322$ 、.112、.790、.681、.302、.172、.161、.403及.559皆 $>.05$ ，因以上九個面向之 $p$ 值皆未達到.05的顯著水準，表示中數學學習成就學生在以上九個面向之認知負荷量變異數未違反同質性檢定，即其變異數具有同質性，故皆採用「Tukey HSD檢定法」進行事後比較；另外在「順暢度」面向其Levene統計量之 $F$ 值等於3.333， $p=.028 < .05$ ，達顯著水準，表示中數學學習成就學生在此面向之認知負荷量變異數違反同質性檢定，即其變異數不具有同質性，故須採用「Games-Howell檢定法」進行事後比較。

表 88

各組中數學學習成就學生認知負荷量變異數分析摘要表

面向		<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	$\eta^2$	<i>p</i>
心智負荷	組間	10.851	3	3.617	2.014	.118	.125
	組內	80.823	45	1.796			
	總和	91.673	48				
心智努力	組間	2.119	3	.706	.279	.018	.841
	組內	114.085	45	2.535			
	總和	116.204	48				
困難度	組間	15.341	3	5.114	1.762	.105	.168
	組內	130.618	45	2.903			
	總和	145.959	48				
搜尋相關訊息	組間	29.576	3	9.859	6.679	.308	.001*
	組內	66.424	45	1.476			
	總和	96.000	48				
充分時間思考	組間	12.143	3	4.048	1.885	.112	.146
	組內	96.633	45	2.147			
	總和	108.776	48				
順暢度	組間	1.620	3	.540	.239	.016	.869
	組內	101.727	45	2.261			
	總和	103.347	48				
壓力	組間	26.713	3	8.904	3.666	.196	.019*
	組內	109.287	45	2.429			
	總和	136.000	48				
信心	組間	10.910	3	3.637	1.424	.087	.248
	組內	114.927	45	2.554			
	總和	125.837	48				
成就感	組間	8.399	3	2.800	1.547	.093	.215
	組內	81.438	45	1.810			
	總和	89.837	48				

(接下頁)

表 88(續)

面向		<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	$\eta^2$	<i>p</i>
同時處理訊息	組間	9.079	3	3.026	1.076	.067	.369
	組內	126.554	45	2.812			
	總和	135.633	48				

\* $p < .05$ 

表 88 為中數學學習成就學生其認知負荷量變異數分析摘要表，在「搜尋相關訊息」面向，其整體考驗的  $F$  值為 6.679， $p = .001$ ，達顯著水準；在「壓力負荷」面向，其整體考驗的  $F$  值為 3.666， $p = .019 < .05$ ，達顯著水準。因此以上各面向須拒絕虛無假設，接受對立假設，即在以上各面向中，四組群組認知負荷量變異數間的差異達顯著，因此需透過事後比較以得知各面向分別是哪幾組間的差異達顯著。

表 89

各組中數學學習成就學生認知負荷量多重比較表-Tukey HSD 法

面向	組別編號 (I)	組別編號 (J)	平均差異 (I-J)	顯著性	95% <i>CI</i>
搜尋 相關訊息	對照組	實驗組 1	1.385	.055	[-.02, 2.79]
		實驗組 2	-.524	.719	[-1.85, .80]
		實驗組 3	1.197	.054	[-.01, 2.41]
	實驗組 1	對照組	-1.385	.055	[-2.79, .02]
		實驗組 2	-1.909	.006**	[-3.37, .45]
		實驗組 3	-.188	.982	[-1.54, 1.16]
搜尋 相關訊息	實驗組 2	對照組	.524	.719	[-.80, 1.85]
		實驗組 1	1.909	.006**	[.45, 3.37]
		實驗組 3	1.722	.004**	[.45, 2.99]
	實驗組 3	對照組	-1.197	.054	[-2.41, .01]
		實驗組 1	.188	.982	[-1.16, 1.54]
		實驗組 2	-1.722	.004**	[-2.99, -.45]

(接下頁)

表 89 (續)

面向	組別編號 (I)	組別編號 (J)	平均差異 (I-J)	顯著性	95% CI
壓力	對照組	實驗組 1	1.137	.345	[-.67, 2.94]
		實驗組 2	.329	.955	[-1.37, 2.03]
		實驗組 3	-.933	.387	[-2.49, .62]
	實驗組 1	對照組	-1.137	.345	[-2.94, .67]
		實驗組 2	-.808	.659	[-2.68, 1.06]
		實驗組 3	-2.069	.013*	[-3.80, -.34]
	實驗組 2	對照組	-.329	.955	[-2.03, 1.37]
		實驗組 1	.808	.659	[-1.06, 2.68]
		實驗組 3	-1.261	.180	[-2.89, .37]
	實驗組 3	對照組	.933	.387	[-.62, 2.49]
		實驗組 1	2.069	.013*	[.34, 3.80]
		實驗組 2	1.261	.180	[-.37, 2.89]

\* $p < .05$ 、\*\* $p < .01$

由表 89 可知，就中數學學習成就學生所感受到因「不易搜尋相關訊息」而造成之負荷量而言，「實驗組 2」顯著高於「實驗組 1」亦顯著高於「實驗組 3」；就「壓力負荷」而言，「實驗組 3」顯著高於「實驗組 1」。

換言之，中數學學習成就學生經由不同模式之教材授課後：

- (一)在因「搜尋相關訊息困難」而造成之負荷量方面：「代數教材設計原則組」顯著低於「圖像組」、「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」顯著低於「圖像組」。
- (二)在因學習的過程中所感受到的「壓力」而造成之負荷量方面：「代數教材設計原則組」顯著低於「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」。

綜合以上資料分析結果：假設 2-5 部分成立，即將「代數教材設計原則」與「動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對中數學學習成就學生在「搜尋相關訊息」面向的認知負荷量有顯著差異；將「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」與「動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對中數學學習成就學生在「搜尋相關訊息」面向的認知負荷量有顯著差異；

將「代數教材設計原則」與「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對中數學學習成就學生在「壓力負荷」面向的認知負荷量有顯著差異。

#### 4.2.6 在高數學學習成就學生其認知負荷方面

假設 2-6：

將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對高數學學習成就學生其認知負荷有顯著差異。

考驗假設 2-6 的虛無假設  $H_0$ 2-6，敘述如下：

$H_0$ 2-6：將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對高數學學習成就學生其認知負荷沒有顯著差異。

為了解使用不同表徵模式設計之教材教學對於常態編班裡高數學學習成就學生其認知負荷之影響，以下將以表 90 至表 來進行分析。

表 90

各組高數學學習成就學生認知負荷量平均數及標準差摘要表

面向	組別	n	M	SD	95% CI
心智負荷	對照組	7	4.29	1.496	[2.90, 5.67]
	實驗組 1	10	3.30	1.252	[2.40, 4.20]
	實驗組 2	8	2.38	1.061	[1.49, 3.26]
	實驗組 3	7	2.86	1.345	[1.61, 4.10]
	總和	32	3.19	1.401	[2.68, 3.69]
心智努力	對照組	7	4.00	2.160	[2.00, 6.00]
	實驗組 1	10	3.50	1.900	[2.14, 4.86]
	實驗組 2	8	4.00	1.512	[2.74, 5.26]
	實驗組 3	7	3.14	2.035	[1.26, 5.03]
	總和	32	3.66	1.842	[2.99, 4.32]

(接下頁)

表 90 (續)

面向	組別	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>
困難度	對照組	7	2.43	1.902	[.67, 4.19]
	實驗組 1	10	2.90	1.197	[2.04, 3.76]
	實驗組 2	8	3.50	1.414	[2.32, 4.68]
	實驗組 3	7	1.71	1.496	[.33, 3.10]
	總和	32	2.69	1.554	[2.13, 3.25]
搜尋相關訊息	對照組	7	3.14	2.116	[1.19, 5.10]
	實驗組 1	10	2.20	.789	[1.64, 2.76]
	實驗組 2	8	2.63	1.408	[1.45, 3.80]
	實驗組 3	7	1.71	.756	[1.02, 2.41]
	總和	32	2.41	1.365	[1.91, 2.90]
充分時間思考	對照組	7	1.86	.900	[1.03, 2.69]
	實驗組 1	10	3.20	1.398	[2.20, 4.20]
	實驗組 2	8	4.00	1.414	[2.82, 5.18]
	實驗組 3	7	1.57	.787	[.84, 2.30]
	總和	32	2.75	1.503	[2.21, 3.29]
順暢度	對照組	7	2.57	1.618	[1.07, 4.07]
	實驗組 1	10	2.20	1.033	[1.46, 2.94]
	實驗組 2	8	2.50	1.069	[1.61, 3.39]
	實驗組 3	7	1.71	1.113	[.69, 2.74]
	總和	32	2.25	1.191	[1.82, 2.68]
壓力	對照組	7	1.57	.787	[.84, 2.30]
	實驗組 1	10	1.80	.789	[1.24, 2.36]
	實驗組 2	8	2.88	1.458	[1.66, 4.09]
	實驗組 3	7	1.57	.787	[.84, 2.30]
	總和	32	1.97	1.092	[1.58, 2.36]
信心	對照組	7	2.14	1.345	[.90, 3.39]
	實驗組 1	10	2.40	.843	[1.80, 3.00]
	實驗組 2	8	3.38	1.061	[2.49, 4.26]

(接下頁)



表 90 (續)

面向	組別	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>
信心	實驗組 3	7	1.57	1.134	[.52, 2.62]
	總和	32	2.41	1.214	[1.97, 2.84]
成就感	對照組	7	3.71	1.890	[1.97, 5.46]
	實驗組 1	10	3.30	1.160	[2.47, 4.13]
	實驗組 2	8	4.13	1.356	[2.99, 5.26]
	實驗組 3	7	2.14	.900	[1.31, 2.97]
	總和	32	3.34	1.473	[2.81, 3.87]
同時處理訊息	對照組	7	3.29	1.890	[1.54, 5.03]
	實驗組 1	10	3.40	1.430	[2.38, 4.42]
	實驗組 2	8	3.75	1.581	[2.43, 5.07]
	實驗組 3	7	5.00	.816	[4.24, 5.76]
	總和	32	3.81	1.554	[3.25, 4.37]

表 90 為高數學學習成就學生認知負荷量平均及標準差之敘述統計資料，其中各項之平均數其 95% 信賴區間估計值所構成的區間皆包含其總平均數，表示所有面向中，各組的認知負荷量平均數與總平均數間的差異未達 .05 的顯著差異。

表 91

**各組高數學學習成就學生認知負荷量變異數同質性檢定**

面向	Levene 統計量	分子自由度	分母自由度	顯著性
心智負荷	.337	3	28	.799
心智努力	.256	3	28	.856
困難度	.611	3	28	.613
搜尋相關訊息	3.002	3	28	.047*
充分時間思考	.563	3	28	.644
順暢度	1.366	3	28	.273
壓力	2.030	3	28	.132
信心	.598	3	28	.621
成就感	1.107	3	28	.363
同時處理訊息	3.677	3	28	.024*

\* $p < .05$

由表91所示，在「心智負荷」、「心智努力」、「困難度」、「充分時間思考」、「順暢度」、「壓力負荷」、「信心負荷」及「成就感負荷」八個面向其Levene統計量之 $F$ 值分別等於.337、.256、.611、.563、1.366、2.030、.598及1.107， $p=.799$ 、.856、.613、.644、.273、.132、.621及.363皆 $>.05$ ，因以上八個面向之 $p$ 值皆未達到.05的顯著水準，表示高數學學習成就學生在以上八個面向之認知負荷量變異數未違反同質性檢定，即其變異數具有同質性，故皆採用「Tukey HSD檢定法」進行事後比較；另在「搜尋相關訊息」及「同時處理訊息」兩個面向其Levene統計量之 $F$ 值分別等於3.002及3.677， $p=.047$ 及.024皆 $<.05$ ，因以上兩個面向之 $p$ 值皆達到.05的顯著水準，表示高數學學習成就學生在以上兩個面向之認知負荷量變異數違反同質性檢定，即其變異數不具有同質性，故皆採用「Games-Howell檢定法」進行事後比較。

表 92

**各組高數學學習成就學生認知負荷量變異數分析摘要表**

面向		$SS$	$df$	$MS$	$F$	$\eta^2$	$p$
心智負荷	組間	14.614	3	4.871	2.949	.24	.050*
	組內	46.261	28	1.652			
	總和	60.875	31				
心智努力	組間	3.862	3	1.287	.356	.037	.785
	組內	101.357	28	3.620			
	總和	105.219	31				
困難度	組間	12.832	3	4.277	1.930	.171	.148
	組內	62.043	28	2.216			
	總和	74.875	31				
搜尋相關訊息	組間	7.958	3	2.653	1.493	.138	.238
	組內	49.761	28	1.777			
	總和	57.719	31				
充分時間思考	組間	29.829	3	9.943	6.930	.426	.001**
	組內	40.171	28	1.435			
	總和	70.000	31				

(接下頁)

表92 (續)

面向		<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	$\eta^2$	<i>p</i>
順暢度	組間	3.257	3	1.086	.746	.074	.534
	組內	40.743	28	1.455			
	總和	44.000	31				
壓力	組間	9.065	3	3.022	3.032	.245	.046*
	組內	27.904	28	.997			
	總和	36.969	31				
信心	組間	12.872	3	4.291	3.658	.282	.024*
	組內	32.846	28	1.173			
	總和	45.719	31				
成就感	組間	15.958	3	5.319	2.906	.237	.052
	組內	51.261	28	1.831			
	總和	67.219	31				
同時處理訊息	組間	13.546	3	4.515	2.062	.181	.128
	組內	61.329	28	2.190			
	總和	74.875	31				

\* $p < .05$ 、\*\* $p < .01$

表92為高數學學習成就學生其認知負荷量變異數分析摘要表，在「心智負荷」面向，其整體考驗的*F*值為2.949， $p = .05$ ，達顯著水準；在「充分時間思考」面向，其整體考驗的*F*值為6.930， $p = .001$ ，達顯著水準；在「壓力負荷」面向，其整體考驗的*F*值為3.032， $p = .046 < .05$ ，達顯著水準；在「信心負荷」面向，其整體考驗的*F*值為3.658， $p = .024 < .05$ ，達顯著水準。因此以上各面向須拒絕虛無假設，接受對立假設，即在以上各面向中，四組群組認知負荷量變異數間的差異達顯著，因此需透過事後比較以得知各面向分別是哪幾組間的差異達顯著。

表 93

各組高數學學習成就學生認知負荷量多重比較表-Tukey HSD 法

面向	組別編號 (I)	組別編號 (J)	平均差異 (I-J)	顯著性	95% CI
心智負荷	對照組	實驗組 1	.986	.419	[-.74, 2.72]
		實驗組 2	1.911	.036*	[.09, 3.73]
		實驗組 3	1.429	.185	[-.45, 3.30]
	實驗組 1	對照組	-.986	.419	[-2.72, .74]
		實驗組 2	.925	.441	[-.74, 2.59]
		實驗組 3	.443	.897	[-1.29, 2.17]
	實驗組 2	對照組	-1.911	.036*	[-3.73, -.09]
		實驗組 1	-.925	.441	[-2.59, .74]
		實驗組 3	-.482	.886	[-2.30, 1.33]
	實驗組 3	對照組	-1.429	.185	[-3.30, .45]
		實驗組 1	-.443	.897	[-2.17, 1.29]
		實驗組 2	.482	.886	[-1.33, 2.30]
充分時間 思考	對照組	實驗組 1	-1.343	.128	[-2.95, .27]
		實驗組 2	-2.143	.009**	[-3.84, -.45]
		實驗組 3	.286	.970	[-1.46, 2.03]
	實驗組 1	對照組	1.343	.128	[-.27, 2.95]
		實驗組 2	-.800	.505	[-2.35, .75]
		實驗組 3	1.629	.047*	[.02, 3.24]
	實驗組 2	對照組	2.143	.009**	[.45, 3.84]
		實驗組 1	.800	.505	[-.75, 2.35]
		實驗組 3	2.429	.003**	[.74, 4.12]
	實驗組 3	對照組	-.286	.970	[-2.03, 1.46]
		實驗組 1	-1.629	.047*	[-3.24, -.02]
		實驗組 2	-2.429	.003**	[-4.12, -.74]
壓力	對照組	實驗組 1	-.229	.966	[-1.57, 1.11]
		實驗組 2	-1.304	.078	[-2.71, .11]
		實驗組 3	.000	1.000	[-1.46, 1.46]

(接下頁)

表 93 (續)

面向	組別編號 (I)	組別編號 (J)	平均差異 (I-J)	顯著性	95% CI
壓力	實驗組 1	對照組	.229	.966	[-1.11, 1.57]
		實驗組 2	-1.075	.129	[-2.37, .22]
		實驗組 3	.229	.966	[-1.11, 1.57]
	實驗組 2	對照組	1.304	.078	[-.11, 2.71]
		實驗組 1	1.075	.129	[-.22, 2.37]
		實驗組 3	1.304	.078	[-.11, 2.71]
	實驗組 3	對照組	.000	1.000	[-1.46, 1.46]
		實驗組 1	-.229	.966	[-1.57, 1.11]
		實驗組 2	-1.304	.078	[-2.71, .11]
信心	對照組	實驗組 1	-.257	.963	[-1.71, 1.20]
		實驗組 2	-1.232	.148	[-2.76, .30]
		實驗組 3	.571	.758	[-1.01, .15]
	實驗組 1	對照組	.257	.963	[-1.20, 1.71]
		實驗組 2	-.975	.252	[-2.38, .43]
		實驗組 3	.829	.421	[-.63, 2.29]
	實驗組 2	對照組	1.232	.148	[-.30, 2.76]
		實驗組 1	.975	.252	[-.43, 2.38]
		實驗組 3	1.804	.016*	[.27, 3.33]
	實驗組 3	對照組	-.571	.758	[-2.15, 1.01]
		實驗組 1	-.829	.421	[-2.29, .63]
		實驗組 2	-1.804	.016*	[-3.33, -.27]

\* $p < .05$ 、\*\* $p < .01$

由表 93 可知，就高數學學習成就學生在學習二元一次聯立方程式文字題列式前認為列式是不易的「心智負荷」而言，「對照組」顯著高於「實驗組 2」達 1.911 分；就高數學學習成就學生所感受到因「無充分時間思考」而造成之負荷量而言，「實驗組 2」顯著高於「對照組」達 2.143 分且顯著高於「實驗組 3」達 2.429 分，另「實驗組 1」顯著高於「實驗組 3」達 1.629 分；就高數學學習成就學生其「信心度負荷」而言，「實驗組 2」顯著高於「實驗組 3」達 1.804 分。

換言之，高數學學習成就學生經由不同模式之教材授課後；

- (一)在學習前認為列式是不易的「心智負荷」方面：「圖像組」顯著低於「串流式教材組」。
- (二)在因「無充分時間思考」而造成之負荷量方面：「串流式教材組」顯著低於「圖像組」、「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」顯著低於「圖像組」且「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」顯著低於「代數教材設計原則組」。
- (三)在因對學習好此單元「無信心」所造成之負荷量方面：  
「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」顯著低於「圖像組」。

綜合以上資料分析結果：假設2-6部分成立，即在教學前「串流式教材組」與「動態圖像表徵組」其「心智負荷」面向有顯著差異；將「串流式教材」與「動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對高數學學習成就學生在「充分時間思考」面向的認知負荷量有顯著差異；將「串流式教材」與「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對高數學學習成就學生在「充分時間思考」面向的認知負荷量有顯著差異；將「動態圖像表徵」與「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對高數學學習成就學生在「充分時間思考」及「信心負荷」兩面向的認知負荷量有顯著差異。

### 4.3 經不同表徵模式教材教學之學生其後測成績與認知負荷相關性分析

在推論統計中，想探究變項之間的關係時，可採用積差相關(product-moment correlation)，以下將利用積差相關係數顯著性考驗的機率值  $p$  來判定後測成績與認知負荷間的相關是否達顯著，再從相關係數絕對值大小來判別變項間的關連程度。

本研究進行資料分析所採用的統計檢定顯著水準分為兩個等級，當顯著水準  $p$ -value 達 0.01 時以「粗體且有實線底線」表示、顯著水準  $p$ -value 達 0.05 時以「粗體且有虛線底線」表示。



### 4.3.1 串流式教材組

假設 3-1

「串流式教材組」之學生其學習成就與認知負荷量之間存在顯著相關。考驗假設 3-1 的虛無假設  $H_{03-1}$ ，敘述如下：

$H_{03-1}$ ：「串流式教材組」之學生其學習成就與認知負荷量之間不在顯著相關。

下表 94 為串流式教材組學生後測成績與認知負荷相關性分析。

表 94  
串流式教材組後測成績與認知負荷各題項的相關矩陣表

檢定變項		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	相關	—										
後測	顯著性											
1	相關	-.205	—									
心智負荷	顯著性	.314										
2	相關	-.371	.291	—								
心智努力	顯著性	.062	.149									
3	相關	<b><u>-.701</u></b>	.288	.256	—							
困難度	顯著性	.000	.153	.207								
4 搜尋	相關	<b><u>-.512</u></b>	.023	.208	<b><u>.570</u></b>	—						
相關訊息	顯著性	.008	.910	.309	.002							
5 充分	相關	<b><u>-.595</u></b>	.123	.240	<b><u>.515</u></b>	.378	—					
時間思考	顯著性	.001	.550	.237	.007	.057						
6	相關	<b><u>-.668</u></b>	.073	.347	<b><u>.672</u></b>	<b><u>.636</u></b>	<b><u>.395</u></b>	—				
順暢度	顯著性	.000	.723	.082	.000	.000	.046					
7	相關	<b><u>-.638</u></b>	.017	.177	<b><u>.676</u></b>	.303	<b><u>.570</u></b>	<b><u>.601</u></b>	—			
壓力	顯著性	.000	.934	.388	.000	.133	.002	.001				
8	相關	<b><u>-.480</u></b>	.135	.250	<b><u>.595</u></b>	.306	<b><u>.451</u></b>	.278	.329	—		
信心	顯著性	.013	.512	.218	.001	.128	.021	.169	.101			
9	相關	-.367	-.348	.214	<b><u>.408</u></b>	<b><u>.439</u></b>	.151	<b><u>.629</u></b>	.326	.162	—	
成就感	顯著性	.065	.082	.293	.039	.025	.463	.001	.104	.430		
10 同時	相關	<b><u>-.405</u></b>	<b><u>.483</u></b>	.225	<b><u>.393</u></b>	.319	<b><u>.548</u></b>	<b><u>.436</u></b>	.382	.375	-.193	—
處理訊息	顯著性	.040	.012	.270	.047	.113	.004	.026	.054	.059	.346	

註：相關係數為粗體且具有實線底線者：在顯著水準為0.01時(雙尾)，相關顯著。  
相關係數為粗體且具有虛線底線者：在顯著水準為0.05時(雙尾)，相關顯著。

表 94 為串流式教材組之學生後測成績與認知負荷相關性分析。以下將針對表 94 進行分析，藉以了解傳統教材組學生之後測成績與認知負荷各題項間的關係：

- (一)後測總分與題 4、5、6、7、8、10 有中度負相關，且與題 3 有高度負相關，表示聽完老師講解後，愈感覺本單元是容易的人、覺得搜尋相關訊息愈容易的人、學習時愈覺得有充分時間思考的人、愈覺得學習過程是順暢的人、愈覺得上課過程壓力是不大的人、對於學好本單元愈是有信心的人與學習過程中愈是覺得不需同時處理很多訊息的人，則其後測成績愈高。
- (二)題 1「心智負荷」與題 10「同時處理訊息」有中度正相關，表示在學習前愈認為列式是容易的人，在串流式教材的授課下，愈覺得學習過程中不需要同時間處理很多訊息。
- (三)題 3「困難度」與題 4、5、6、7、8、9 呈中度正相關，表示聽完老師講解後，愈感覺本單元是容易的人，則其愈認為搜尋相關訊息是容易的、愈認為學習時有充分時間思考、愈認為學習過程是順暢的、愈認為上課過程壓力是不大的、愈對於學好本單元是有信心的，也愈認為上課時很有成就感。
- (四)題 4「搜尋相關訊息」與題 6、9 呈中度正相關，表示愈感受到搜尋相關訊息是容易的人，則愈認為教學過程是順暢的，也愈認為上課時很有成就感。
- (五)題 5「充分時間思考」與題 7、8、10 呈中度正相關，表示愈覺得教學過程中有充分時間思考的人，則愈認為上課過程壓力是不大的、愈對於學好本單元是有信心的，也愈覺得學習過程中不需要同時間處理很多訊息。
- (六)題 6「順暢度」與題 7、9、10 呈中度正相關，表示愈認為教學過程是順暢的人，則愈感受到上課過程壓力是不大的、感到學習的過程中愈是有成就感的，也愈覺得學習過程中不需要同時間處理很多訊息。

綜合以上資料分析結果：假設 3-1 部分成立，即後測總分與困難度負荷有高度負相關。

### 4.3.2 代數教材設計原則組

假設 3-2：

「代數教材設計原則組」之學生其學習成就與認知負荷量之間存在顯著相關。

考驗假設 3-2 的虛無假設  $H_{03-2}$ ，敘述如下：

$H_{03-2}$ ：「代數教材設計原則組」之學生其學習成就與認知負荷量之間不存在顯著相關。

下表 95 為代數教材設計原則組後測成績與認知負荷相關性分析。

表 95

代數教材設計原則組後測成績與認知負荷各題項的相關矩陣表

檢定變項		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	相關	—										
後測	顯著性											
1	相關	-.380	—									
心智負荷	顯著性	.055										
2	相關	-.098	-.111	—								
心智努力	顯著性	.632	.590									
3	相關	<b><u>-.604</u></b>	.359	.326	—							
困難度	顯著性	.001	.071	.104								
4 搜尋	相關	<b><u>-.441</u></b>	.159	-.307	.255	—						
相關訊息	顯著性	.024	.436	.127	.209							
5 充分	相關	<b><u>-.720</u></b>	<b><u>.454</u></b>	-.117	<b><u>.452</u></b>	.216	—					
時間思考	顯著性	.000	.020	.569	.020	.289						
6	相關	<b><u>-.639</u></b>	<b><u>.453</u></b>	.041	<b><u>.518</u></b>	.170	<b><u>.783</u></b>	—				
順暢度	顯著性	.000	.020	.842	.007	.407	.000					
7	相關	<b><u>-.670</u></b>	.046	.104	<b><u>.496</u></b>	.203	<b><u>.555</u></b>	<b><u>.434</u></b>	—			
壓力	顯著性	.000	.824	.614	.010	.319	.003	.027				
8	相關	<b><u>-.766</u></b>	<b><u>.469</u></b>	.333	<b><u>.864</u></b>	.238	<b><u>.628</u></b>	<b><u>.664</u></b>	<b><u>.565</u></b>	—		
信心	顯著性	.000	.016	.097	.000	.242	.001	.000	.003			
9	相關	<b><u>-.500</u></b>	.048	-.006	.388	<b><u>.472</u></b>	.288	<b><u>.531</u></b>	.359	<b><u>.481</u></b>	—	
成就感	顯著性	.009	.816	.977	.050	.015	.154	.005	.071	.013		
10 同時	相關	-.262	-.067	.379	.331	-.334	.366	.359	.262	<b><u>.404</u></b>	.225	—
處理訊息	顯著性	.197	.743	.056	.098	.095	.066	.071	.197	.040	.270	

註：相關係數為粗體且具有實線底線者：在顯著水準為0.01時(雙尾)，相關顯著。

相關係數為粗體且具有虛線底線者：在顯著水準為0.05時(雙尾)，相關顯著。

表 95 為代數教材設計原則組學生後測成績與認知負荷相關性分析。以下將針對表 95 進行分析，藉以了解代數教材設計原則組學生之後測成績與認知負荷各題項間的關係：

- (一)後測總分與題 3、4、6、7、9 有中度負相關，且與題 5、8 有高度負相關，表示聽完老師講解後，愈感覺本單元是容易的人、覺得搜尋相關訊息愈容易的人、愈覺得學習過程是順暢的人、愈覺得上課過程壓力是不大的人、對這堂課感到有成就感的人，尤其是學習時愈覺得有充分時間思考的人及對於學好本單元愈是有信心的人則，則其後測成績愈高。
- (二)題 1「心智負荷」與題 5、6、8 呈中度正相關，在學習前愈認為列式是容易的人，愈認為學習時有充分時間思考、愈認為學習過程是順暢的也愈對學好本單元是有信心的
- (三)題 3「困難度」與題 5、6、7 呈中度正相關，且與題 8 成高度正相關，表示聽完老師講解後，愈感覺本單元是容易的人，則愈認為學習時有充分時間思考、愈認為學習過程是順暢的、愈認為上課過程壓力不大，尤其愈對學好本單元是有信心的。
- (四)題 4「搜尋相關訊息」與題 9「成就感」呈中度正相關，表示愈感受到搜尋相關訊息是容易的人，則愈覺得學習的過程中有成就感。
- (五)題 5「充分時間思考」與題 7、8 呈中度正相關，且與題 6 呈高度正相關，表示愈覺得教學過程中有充分時間思考的人，則愈認為上課過程壓力是不大的、愈對於學好本單元是有信心的，此外尤其愈是認為教學過程是順暢的。推測「充分時間思考」與「順暢度」呈現高度正相關其原因，可能是因為教材經過結構化及區塊化處理，可以讓低學習成就者逐步建構知識，也能讓高學習成就者以跳躍方式快速瀏覽題目，當學習者可依個別合適之方式進行學習，便會感到教學過程式順暢的而且也有充分的時間自我考。
- (六)題 6「順暢度」與題 7、8、9 呈中度正相關，表示愈認為教學過程是順暢的人，則愈感受到上課過程壓力是不大的、對於學好本單元愈是有信心的、且學習的過程中愈是有成就感的。
- (七)題 7「壓力」與題 8「信心」呈中度正相關，表示愈覺得上課過程壓力

是不大的人，則對於學好本單元愈是有信心。

(八)題 8「信心」與題 9、10 呈中度正相關，表示愈覺得對於學好本單元是有信心的人，則愈覺得學習的過程中有成就感，也愈覺得學習過程中不需要同時間處理很多訊息。

綜合以上資料分析結果：假設 3-2 部分成立，即後測總分與題「充分時間思考」及「信心度」負荷有高度負相關，表題 3「困難度」與「信心度」負荷有高度正相關，題 5「充分時間思考」與「順暢度」成高度正相關。

### 4.3.3 動態圖像表徵組

假設 3-3：

「動態圖像表徵組」之學生其學習成就與認知負荷量之間存在顯著相關。

考驗假設 3-3 的虛無假設  $H_{03-3}$ ，敘述如下：

$H_{03-3}$ ：「動態圖像表徵組」之學生其學習成就與認知負荷量之間不存在顯著相關。

下表 96 為動態圖像表徵組學生後測成績與認知負荷相關性分析。

表 96

動態圖像表徵組後測成績與認知負荷各題項的相關矩陣表

檢定變項		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	相關	—										
後測	顯著性											
1	相關	<b>-.559</b>	—									
心智負荷	顯著性	.002										
2	相關	-.176	<b>.640</b>	—								
心智努力	顯著性	.371	.000									
3	相關	<b>-.380</b>	<b>.500</b>	<b>.448</b>	—							
困難度	顯著性	.046	.007	.017								
4	搜尋	<b>-.645</b>	<b>.531</b>	.187	<b>.393</b>	—						
相關訊息	顯著性	.000	.004	.342	.039							
5	充分	-.123	.120	.319	.183	.241	—					
時間思考	顯著性	.533	.544	.098	.353	.216						
6	相關	<b>-.462</b>	<b>.503</b>	<b>.565</b>	<b>.410</b>	<b>.549</b>	<b>.481</b>	—				
順暢度	顯著性	.013	.006	.002	.030	.003	.010					

(接下頁)

表 96 (續)

檢定變項		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
7	相關	-.126	.211	.374	.018	.310	<b>.415</b>	<b>.462</b>	—				
壓力	顯著性	.523	.281	.050	.927	.108	.028	.013					
8	相關	<b>-.481</b>	<b>.463</b>	.225	<b>.625</b>	<b>.430</b>	.129	.371	.201	—			
信心	顯著性	.010	.013	.250	.000	.022	.512	.052	.306				
9	相關	-.031	.109	.138	.369	.006	.237	.190	.106	<b>.399</b>	—		
成就感	顯著性	.877	.580	.483	.053	.978	.224	.333	.590	.035			
10	同時	相關	-.338	.127	.013	.313	<b>.552</b>	.344	<b>.421</b>	<b>.385</b>	<b>.425</b>	.160	—
處理訊息	顯著性	.079	.520	.948	.105	.002	.073	.026	.043	.024	.417		

註：相關係數為粗體且具有實線底線者：在顯著水準為0.01時(雙尾)，相關顯著。

相關係數為粗體且具有虛線底線者：在顯著水準為0.05時(雙尾)，相關顯著。

表 96 為動態圖像表徵組學生後測成績與認知負荷相關性分析。以下將針對表 96 進行分析，藉以了解動態圖像表徵組學生之後測成績與認知負荷各題項間的關係：

- (一)後測總分與題 1、4、6、8 有中度負相關，代表在學習前愈是覺得本單元是容易的人、愈覺得搜尋相關訊息是容易的人、愈覺得學習過程是順暢的人，與對於學好本單元愈是有信心的人，則其後測成績愈高。
- (二)題 1「心智負荷」與題 2、3、4、6、8 呈中度正相關，代表在學習前愈認為本單元是容易的人，則學習中用了愈少的心力、在聽完老師講解後，愈感覺本單元是容易的、愈覺得搜尋相關訊息是容易的、愈認為學習過程是順暢的也愈對學好本單元是有信心的。
- (三)題 2「心智努力」與題 3、6 呈中度正相關，代表在學習過程中，愈感受到花費很少心力的人，則在聽完老師講解後，愈感覺本單元是容易的，且愈認為學習過程是順暢的。
- (四)題 3「困難度」與題 6、8 呈中度正相關，表示聽完老師講解後，愈感覺本單元是容易的人，則愈認為學習過程是順暢的，且對於學好本單元愈是有信心的。
- (五)題 4「搜尋相關訊息」與題 6、8、10 呈中度正相關，愈是認為老師引導教學的過程中，找到相關訊息是容易的人，則愈認為學習過程是順暢的、對於學好本單元愈是有信心的，且愈覺得學習過程中不需要同時處理很多訊息。



(六)題 5「充分時間思考」與題 6、7 呈中度正相關，表示愈覺得教學過程中有充分時間思考的人，則愈認為學習過程是順暢的，且愈認為上課過程壓力是不大的。

(七)題 6「順暢度」與題 7、10 呈中度正相關，表示愈認為教學過程是順暢的人，則愈感受到上課過程壓力是不大的，且愈覺得學習過程中不需要同時間處理很多訊息。

(八)題 8「信心」與題 10「同時處理訊息」呈中度正相關，愈覺得對於學好本單元是有信心的人，則愈覺得學習過程中不需要同時間處理很多訊息。

綜合以上資料分析結果：假設 3-3 部分成立。

#### 4.3.4 代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組

假設 3-4：

「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」之學生其學習成就與認知負荷量之間存在顯著相關。

考驗假設 3-4 的虛無假設  $H_{03-4}$ ，敘述如下：

$H_{03-4}$ ：「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」之學生其學習成就與認知負荷量之間不存在顯著相關。

下表 97 為代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組學生後測成績與認知負荷相關性分析。

表 97

代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組後測成績與認知負荷各題項的相關矩陣表

檢定變項		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	相關	—										
後測	顯著性											
1	相關	-.298	—									
心智負荷	顯著性	.110										
2	相關	.015	.130	—								
心智努力	顯著性	.939	.495									

(接下頁)

表 87 (續)

檢定變項		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	相關	<b><u>-.432</u></b>	<b><u>.625</u></b>	.252	—							
困難度	顯著性	.017	.000	.178								
4	搜尋	<b><u>-.658</u></b>	<b><u>.527</u></b>	.205	<b><u>.565</u></b>	—						
相關訊息	顯著性	.000	.003	.278	.001							
5	充分	-.307	.241	.127	<b><u>.437</u></b>	.209	—					
時間思考	顯著性	.099	.200	.504	.016	.268						
6	相關	<b><u>-.569</u></b>	<b><u>.406</u></b>	.315	<b><u>.629</u></b>	<b><u>.641</u></b>	<b><u>.561</u></b>	—				
順暢度	顯著性	.001	.026	.090	.000	.000	.001					
7	相關	-.223	<b><u>.406</u></b>	<b><u>.444</u></b>	<b><u>.588</u></b>	<b><u>.496</u></b>	<b><u>.536</u></b>	<b><u>.619</u></b>	—			
壓力	顯著性	.235	.026	.014	.001	.005	.002	.000				
8	相關	<b><u>-.385</u></b>	<b><u>.538</u></b>	.208	<b><u>.710</u></b>	<b><u>.581</u></b>	<b><u>.432</u></b>	<b><u>.611</u></b>	<b><u>.622</u></b>	—		
信心	顯著性	.035	.002	.269	.000	.001	.017	.000	.000			
9	相關	-.353	<b><u>.382</u></b>	.262	<b><u>.437</u></b>	.331	<b><u>.577</u></b>	<b><u>.451</u></b>	<b><u>.573</u></b>	<b><u>.619</u></b>	—	
成就感	顯著性	.056	.037	.161	.016	.074	.001	.012	.001	.000		
10	同時	-.260	-.121	-.269	-.046	.055	.231	.239	.097	.304	.286	—
處理訊息	顯著性	.165	.522	.150	.809	.773	.219	.204	.612	.103	.126	

註：相關係數為粗體且具有實線底線者：在顯著水準為0.01時(雙尾)，相關顯著。  
相關係數為粗體且具有虛線底線者：在顯著水準為0.05時(雙尾)，相關顯著。

表 97 為代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組之學生後測成績與認知負荷相關性分析。以下將針對表 97 進行分析，藉以了解代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組之學生其後測成績與認知負荷各題項間的關係：

- (一)後測總分與題 3、4、6 有中度負相關，表示聽完老師講解後，愈感覺本單元是容易的人，則其後測成績愈高。
- (二)題 1「心智負荷」與題 3、4、6、7、8 呈中度正相關，表示在學習前愈認為列式是容易的人，則其在聽完老師講解後，愈感覺本單元是容易的、愈認為搜尋相關訊息是容易的、愈認為學習過程是順暢的、愈認為上課過程壓力是不大的，也愈對於學好本單元是有信心的。
- (三)題 2 與題 7「壓力」有中度正相關，表示在學習過程中，愈認為用了很少心力的人，愈認為上課過程壓力是不大的。
- (四)題 3「困難度」與題 4、5、6、7、9 呈中度正相關，且與題 8 呈高度正相關，表示聽完老師講解後，愈感覺本單元是容易的人，則其愈認為搜

尋相關訊息是容易的、愈認為學習時有充分時間思考、愈認為學習過程是順暢的、愈認為上課過程壓力是不大的、愈認為上課時很有成就感，尤其愈對於學好本單元是有信心的。

(五)題 4「搜尋相關訊息」與題 6、7、8 呈中度正相關，表示愈感受到搜尋相關訊息是容易的人，則愈認為教學過程是順暢的、愈認為上課過程壓力是不大的，也愈對於學好本單元是有信心的。

(六)題 5「充分時間思考」與題 6、7、8、9 呈中度正相關，表示愈覺得教學過程中有充分時間思考的人，則愈認為教學過程是順暢的、愈認為上課過程壓力是不大的、愈對於學好本單元是有信心的，也愈認為上課時很有成就感。

(七)題 6「順暢度」與題 7、8、9 呈中度正相關，表示愈認為教學過程是順暢的人，則愈感受到上課過程壓力是不大的、愈對於學好本單元是有信心的，也愈感到學習的過程中是有成就感的。

(八)題 7「壓力」與題 8、9 呈中度正相關，表示愈感受到上課過程壓力是不大的人，則愈對於學好本單元是有信心的，也愈感到學習的過程中是有成就感的。

(九)題 8「信心」與題 9「成就感」呈中度正相關，表示愈對於學好本單元是有信心的人，則愈感到學習的過程中是有成就感的。

綜合以上資料分析結果：假設 3-5 部分成立，困難度負荷與信心負荷成高度相關。

#### 4.4 學習成就與認知負荷暨專業知識反轉效應分析

本節將藉由學習效率及學習投入分數來判斷是否有專業知識反轉效應發生。Paas 等國外學者 (Paas & Merrienboer, 1994; J. Sweller, et al., 1998) 以「投入心力」與「感受到的困難度」兩項作為負荷評定之方法，本研究將以「投入心力」作為了解學習者動機及負荷之方法，以下將以學習成就表現分數轉為  $Z_p$ 、以認知負荷量表中的「心智努力」分數轉為  $Z_c$ ，並以整體、是否學過和學習成就作為樣本區分進行討論。

假設 4：

將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數

教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對於高數學學習成就與先學過學生有專業知識反轉效應產生。

考驗假設 4 的虛無假設  $H_{04}$ ，敘述如下：

$H_{04}$ ：將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對於高數學學習成就與先學過學生不會有專業知識反轉效應產生。

#### 4.4.1 對整體學生而言

以學習效率及投入分數來看，對整體分組而言，如表 98 及圖 16 所示，在學習效率部分，實驗組 3 > 實驗組 1 > 對照組 > 實驗組 2；在投入分數方面實驗組 3 > 對照組 > 實驗組 1 > 實驗組 2，可見得對整體學生而言，採用「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」設計之教材授課其學習效率最好，且學生所願意投入之心力最高，然而實驗組 2 的學生不願意投入較多心力學習且其學習效率也最差，由此可推知該份教材較不適用於運用於常態編班之學生。

表 98  
整體學生學習效率與投入分數數值

	$Z_p$ (Y)	$Z_c$ (X)	E	I
對照組	-0.08	0.14	-0.16	0.04
實驗組 1	-0.03	0.08	-0.08	0.03
實驗組 2	-0.34	0.02	-0.25	-0.23
實驗組 3	0.42	-0.20	0.44	0.15

註： $Z_p$ ：學習成就 Z 分數， $Z_c$ ：認知負荷心智努力 Z 分數。

E：Instructional Efficiency，I：Involvement scores

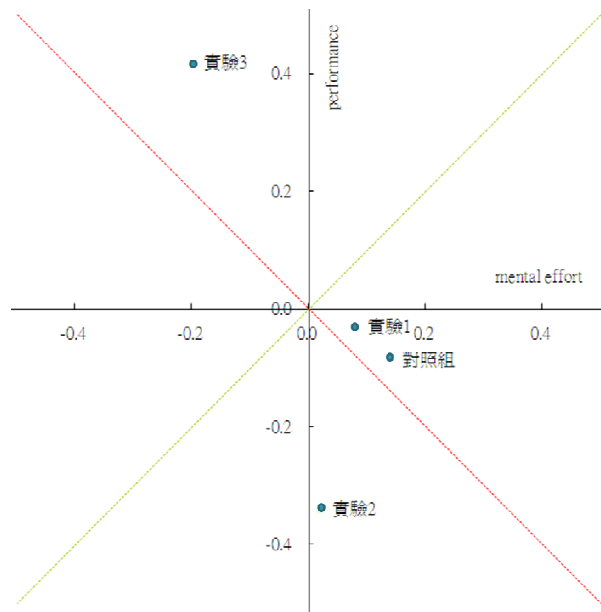


圖 16 學習效率與投入分數圖（整體）

#### 4.4.2 對未學過與已學過學生而言

以學習效率及投入分數來看，對未學過及已學過學生分組而言，如表 99 及圖 17 所示，在學習效率部分，實驗組 3 學過 > 實驗組 2 學過 > 實驗組 1 學過 > 實驗組 3 未學過 > 對照組學過 > 對照組未學過 > 實驗組 2 未學過 > 實驗組 1 未學過；在投入分數方面實驗組 1 學過 > 實驗組 3 學過 > 對照組學過 > 實驗組 3 未學過 > 對照組未學過 > 實驗組 2 學過 > 實驗組 2 未學過 > 實驗組 1 未學過。可見得對未學過之學生而言，運用「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」教材授課其學習效率最好，且學生願意投入最多心力學習；然而未學過學生運用「動態圖像表徵」設計之教材授課其學習效率最差，且最不願意投入心力學習，經詢問後，實驗組 2 之未學過學生反應要看懂題目語意接著要轉為圖像實在很困難，所以一開始很努力學習，到最後因為認知負荷量過大就呈現半放棄狀態，也未順著教師的引導進行思考了；然而對於已學過之學生而言，運用「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」之教材教學，學生學習效率最高且學生也尚有意願投入心力學習；而用「串流式教材」教學其學習成效最低。

再就專業知識反轉效應討論，在學習效率部分，各組已學過之學生其學習效率皆優於未學過之學生，故無專業知識反轉效應產生；而就投入分數部分，各組已學過學生其投入分數皆高於未學過學生，可能是因為本單元



對於未學過之學生仍屬較困難之課程，而已學過之學生對於不同於以往之上課方式感到較有趣，且希望透過不同的教學方式能更加提升其學業成績，故其學習動機較高，較願意投入心力學習。

表 99  
未學過及已學過學生學習效率與投入分數數值

組別	學過與否	Z <sub>p</sub> (Y)	Z <sub>c</sub> (X)	E	I
對照組	未學過	-0.36	0.29	-0.46	0.05
	已學過	0.35	-0.09	0.31	0.19
實驗組 1	未學過	-0.66	0.20	-0.61	-0.33
	已學過	0.70	-0.06	0.54	0.45
實驗組 2	未學過	-0.64	0.19	-0.59	-0.32
	已學過	0.41	-0.41	0.59	0.00
實驗組 3	未學過	0.29	-0.18	0.33	0.08
	已學過	0.78	-0.27	0.75	0.36

註：Z<sub>p</sub>：學習成就 Z 分數，Z<sub>c</sub>：認知負荷心智努力 Z 分數。

E：Instructional Efficiency，I：Involvement scores。

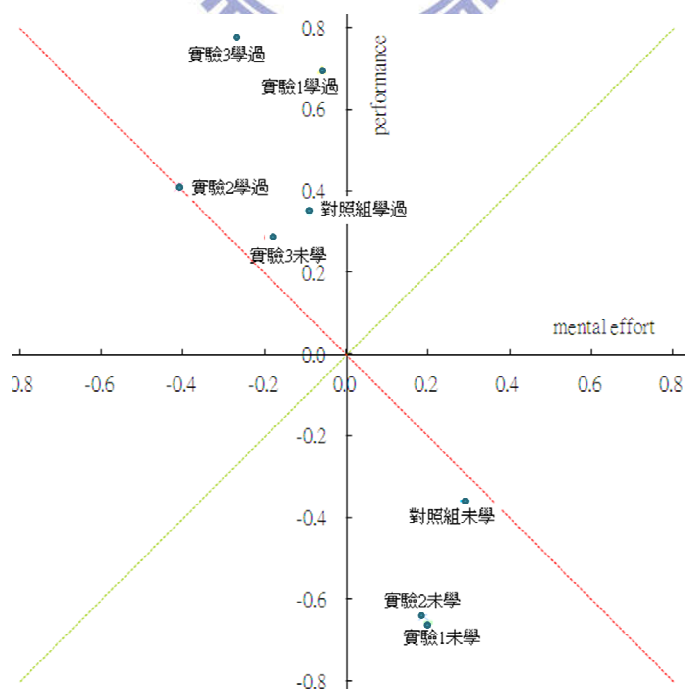


圖 17 學習效率與投入分數圖（未學過與已學過學生）



### 4.4.3 對不同學習成就之學生而言

以學習效率及投入分數來看，對低學習成就學生及高學習成就學生分組而言，如表 100 及圖 18 所示，在學習效率部分，實驗組 3 高成就>實驗組 1 高成就>對照組高成就>實驗組 2 高成就>實驗組 3 中成就>對照組中成就>實驗組 1 中成就>實驗組 3 低成就>實驗組 2 中成就>實驗組 2 低成就>實驗組 1 低成就>對照組低成就；在投入分數方面對照組高成就>實驗組 3 中成就>實驗組 1 高成就>實驗組 1 中成就>實驗組 2 高成就>實驗組 3 高成就>對照組中成就>實驗組 2 中成就>對照組低成就>實驗組 2 低成就>實驗組 3 低成就>實驗組 1 低成就。可見得對低學習成就學生而言，運用「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」設計之教材授課其學習效率最好，且學生尚願意投入心力學習；對中學習成就學生而言，運用「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」之教學設計課其學習效率最好，且學生有高度意願投入心力學習；對高學習成就學生而言，雖然運用「代數教材設計原則」之教材授課學生之學習動機較其他組別低，但其教學效率仍最高。

再就專業知識反轉效應討論，在學習效率部分，各組高學習成就學生其學習效率皆優於低學習成就學生，故無專業知識反轉效應產生；而就投入分數部分，各組高成就學生其投入分數皆高於低成就學生，可能是因為本單元對於低成就學生仍屬較困難之課程，且高成就學生希望透過數位教材教學能更加提升其學習成效，因此雖已為高成就學生仍具有高學習動機，較願意投入心力學習。

表 100

不同學習成就學生學習效率與投入分數數值

組別	學過與否	Z <sub>p</sub> ( Y )	Z <sub>c</sub> ( X )	E	I
對照組	低成就	-1.58	0.82	-1.70	-0.53
	中成就	0.03	0.01	0.01	0.03
	高成就	0.98	-0.20	0.84	0.55
實驗組 1	低成就	-1.57	0.60	-1.53	-0.69
	中成就	0.07	0.29	-0.16	0.26
	高成就	0.94	-0.48	1.01	0.33

(接下頁)

表 100 (續)

組別	學過與否	Z <sub>p</sub> ( Y )	Z <sub>c</sub> ( X )	E	I
實驗組 2	低成就	-1.07	0.29	-0.97	-0.55
	中成就	-0.34	-0.05	-0.20	-0.28
	高成就	0.48	-0.20	0.49	0.20
實驗組 3	低成就	-0.52	-0.28	-0.17	-0.57
	中成就	0.66	0.04	0.43	0.49
	高成就	0.83	-0.68	1.07	-0.10

註：Z<sub>p</sub>：學習成就 Z 分數，Z<sub>c</sub>：認知負荷心智努力 Z 分數。

E：Instructional Efficiency，I：Involvement scores。

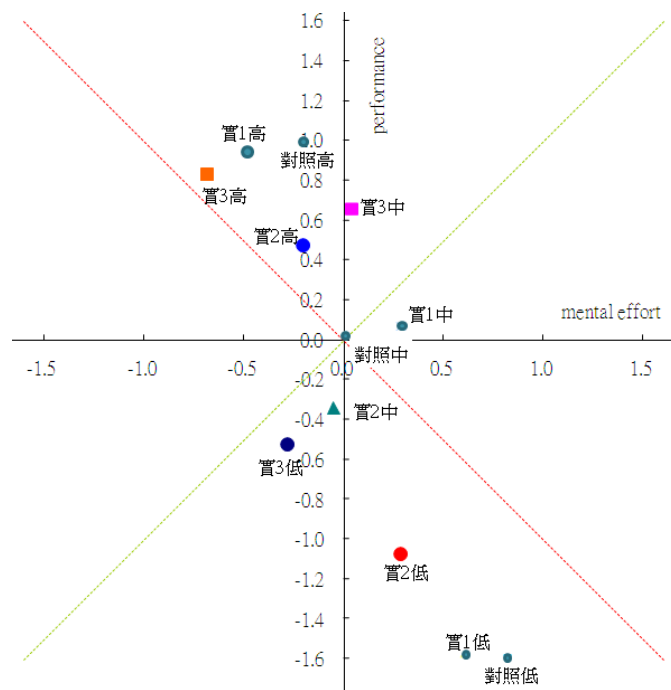


圖 18 學習效率與投入分數圖 (不同學習成就學生)

綜合以上資料分析結果：假設 4 不成立，即將「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」及「動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習，對於高數學學習成就與先學過學生不會有專業知識反轉效應產生。

## 4.5 研究結果與分析

本節將分為兩個部分進行分析，包括綜合學習成就表現與認知負荷與學習成就表現及認知負荷相關性分析。

### 4.5.1 綜合學習成就表現及認知負荷

為以簡便之方式統整研究結果於下表101中，以下將以「傳」代表「對照組-串流式教材組」、「代」代表「實驗組1-代數教材設計原則組」、「圖」代表「實驗組2-圖像組」及「代+圖」代表「實驗組3-代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」。在後測成績方面，以「 $a>b$ 」表示a之後測成績顯著優於b；在認知負荷方面，以「 $a<b$ 」表示a於該面向之負荷量顯著大於b；空白處則代表各組皆未達顯著。

表 101  
階段學習成就及認知負荷研究結果摘要表

階段學習成就研究結果摘要表

面向	全體	未學過	已學過	低成就	中成就	高成就
後測成績	代+圖>圖	代+圖>圖		代+圖>傳 代+圖>代	代+圖>傳 代+圖>圖	
認知負荷研究結果摘要表						
面向	全體	未學過	已學過	低成就	中成就	高成就
心智負荷			圖<傳 圖<代			圖<傳
心智努力						
困難度	代+圖<代	代+圖<代				
搜尋 相關訊息	代+圖<代 代+圖<圖 代 <傳 代 <圖	代+圖<圖 傳 <圖 代 <圖	代+圖<傳 圖<傳 代 <傳	代 <圖	代+圖<圖 代 <圖	
充分時間 思考	代+圖<傳	代+圖<傳		代+圖<代		代+圖<代 代+圖<圖 傳 <圖
順暢度						
壓力					代<代+圖	
信心	代+圖<圖	代+圖<圖 傳 <圖		代+圖<代 傳 <代		代+圖<圖
成就感	代+圖<圖		代+圖<傳			
同時 處理訊息	代<代+圖					

由表 101 研究結果摘要表，可知分別將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運

用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習：

(一)對於整體學生的學習成就表現有顯著差異。

運用「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」設計之教材授課，其教學成效顯著優於僅使用「動態圖像表徵」設計之教材，且其教學效果甚強。

參考認知負荷量表之資料，推測可能因為「圖像組」之教材文字敘述未經結構化等代數教材設計原則處理，因此在教師引導學生將語意轉換為圖像表徵時，學生難在這些連續未分段的教材中快速搜尋所需之相關訊息，而造成外在認知負荷，當認知負荷超載時，便影響到學生之學習成效，且會覺得在這堂課的學習中成就感較低、上完課後仍對學好本單元未具信心。此外，值得注意的是「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」在同時處理訊息之負荷量較大，但其學習成效仍最好，可見該負荷為學生可接受之範圍，是對其有益的有效認知負荷。

(二)對於未學過學生的學習成就表現有顯著差異。

運用「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」設計之教材授課，其教學成效顯著優於僅使用「動態圖像表徵」設計之教材，且其教學效果甚強。

參考認知負荷量表之資料，推測可能與上述「整體學生」之原因相同，惟不同的是「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」中未學過之學生在課堂中所感受到的成就感並未與「動態圖像表徵」組中未學過學生有顯著差異，推測可能是因為未學過之學生對於圖像教學感到新奇，故不論其學習成效究竟如何，該類學生皆感到能用圖像教學十分有成就感。

(三)對於已學過學生的學習成就表現無顯著差異。

對於已學過之學生而言，雖然其學習成就表現無顯著差異，但透過認知負荷量表仍反應出運用串流式教材設計之教材授課會造成學生在搜尋相關訊息不易且較無成就感。經與學生訪談後，推測可能是因為該類學生在首次學習時是運用傳統紙本方式學習，而於本實驗中再次學習時，雖運用數位教材但其編排方式與首次學習時相同，因此感到較為無趣也就較無成就感；此外學生表示運用傳統紙本方式學習時至少能在紙本上將題目之關鍵詞做記號或將題目敘述透過做記號方式斷句，因此在進行列式當下，若需要蒐尋相關訊息時，運用紙本還比運用串流式教材方便，故對於已學過之學生而言，串流式教材會让其感到蒐尋相關訊息不易。

(四)對於低數學學習成就學生其學習成就表現有顯著差異。

運用「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」設計之教材授課，其教學成效顯著優於僅使用「代數教材設計原則」設計之教材，更顯著優於使用「串流式教材」設計之教材，且其教學效果非常強。

參考認知負荷量表之資料，推測原因可能為相較「代數教材設計原則組」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」組之低成就學生而言，兩組之文字敘述都經過結構化、區塊化等處理，但是低成就學生在面臨將語意轉為代數表徵時，更需要動態圖像表徵之幫助以更加理解題意，故雖然表面上「代數教材設計原則組」之資訊較為單純，但實際上低成就之學生必須耗費較多心力於基礎之題意理解，反而感到無充分時間思考，在負荷超載的情形下，因此在上完課後低學習成就之學生仍不具有信心學好本單元。此外，串流式教材不但不具有圖像，教材甚至未經結構化、區塊化處理，因此對於學習者之認知負荷更大，學習成就也就更差。值得討論的是，圖像組低成就學生認為蒐尋相關訊息是困難的，但其學習成效卻比其他組好，可見雖然圖像組之教材未經結構化處理以至於低成就學生感到蒐尋訊息不易，但真正影響更大的是「動態圖像表徵」，對於低學習成就之學生而言，需透過圖像表徵來幫助學生理解題意，以便轉換語意表徵至代數表徵。

(五)對於中數學學習成就學生其學習成就表現有顯著差異。

運用「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」設計之教材授課，其教學成效顯著優於使用「串流式教材」設計之教材，更顯著優於僅使用「動態圖像表徵」設計之教材，且其教學效果非常強。

值得一提的是根據認知負荷量表之資料，可發現「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」中成就學生認為在該堂課的學習過程是較有壓力的，但其學習成就表現卻最佳，由此可推測中成就學生認為該負荷尚在可接受之範圍，故此為可幫助其學習之有效認知負荷，另外對於中成就學生而言，不一定要透過圖像才能幫助理解，所以對於中成就學生而言代數教材設計原則之重要性大於動態圖像表徵。

(六)對於高數學學習成就學生其學習成就表現沒有顯著差異。

對於高數學學習成就學生而言，雖然其學習成就表現無顯著差異，但透過各組平均成績及認知負荷量表仍可發現雖然「代數教材設計原則輔以



動態圖像表徵組」之高成就學生較認為有充分的時間思考，且對於學好本單元較具信心，但其學習成就平均成績卻低於串流式教材組及代數教材設計原則組，此外「動態圖像表徵組」最覺得無充分時間思考且對於學好本單元較無信心，推測其原因乃高成就學生對以往運用傳統串流式教學已存有習慣之固定模式，且其運用該模式之成效尚可，故此時教材是否有運用代數教材設計原則便顯得較不重要了，反而是對於高學習成就學生若是運用其較不熟悉之動態圖像表徵教學反而會造成其壓力，進而影響到學習成效。

#### 4.5.2 學習成就表現及認知負荷相關性統整

為以簡便之方式統整研究結果於下表102中，以下將以「對」代表「對照組」、「1」代表「實驗組1」、「2」代表「實驗組2」、「3」代表「實驗組3」、藍色「○」代表高度負相關、藍色「△」代表中度負相關、紅色「○」代表高度正相關、紅色「△」代表中度正相關。

表 102

學習成就表現及認知負荷相關性分析表

檢定變項	後測			心智負荷			心智努力			困難度			搜尋相關訊息			
	對	1	2	3	對	1	2	3	對	1	2	3	對	1	2	3
心智負荷			△													
心智努力						△	△									
困難度	○	△		△		△	△			△						
搜尋相關訊息	△	△	△	△			△				△			△		
充分時間思考	△	○				△					△	△		△		
順暢度	△	△	△	△		△	△	△		△		△	△	△	△	△
壓力	△	△						△			△	△		△		△
信心	△	○	△			△	△	△				△	○	△	○	△
成就感		△									△			△	△	△
同時處理訊息	△				△											△

(接下頁)



表 102(續)

檢定變項	充分 時間思考			順暢度			壓力			信心			成就感			
	對	1	2	3	對	1	2	3	對	1	2	3	對	1	2	3
心智負荷																
心智努力																
困難度																
搜尋 相關訊息																
充分 時間思考																
順暢度		○	△	△												
壓力	△	△	△	△	△	△	△	△								
信心	△	△		△		△		△		△		△				
成就感	△			△	△	△		△				△			△	
同時 處理訊息					△		△						△	△		

(一)「串流式教材組」之學生其學習成就與認知負荷量之間存在相關。

在串流式教材組中學生的後測成績與困難度之認知負荷量成高度負相關，也就是聽完老師講解後，愈感覺本單元是容易的人，其後測成績愈高。

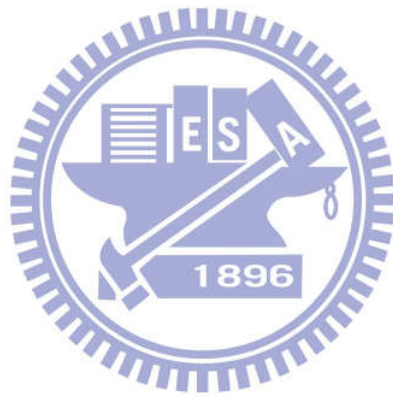
(二)「代數教材設計原則組」之學生其學習成就與認知負荷量之間存在相關。

代數教材設計原則組學生的後測成績與充分時間思考及信心度成高度負相關，也就是學習時愈覺得有充分時間思考的人及對於學好本單元愈是有信心的人，則其後測成績愈高；另，「困難度」負荷與「信心度」負荷呈高度正相關，表示聽完老師講解後，愈感覺本單元是容易的人，則愈有信心學好本單元；此外，「充分時間思考」負荷與「順暢度」呈高度正相關，表示愈覺得教學過程中有充分時間思考的人，則愈認為教學過程是順暢的。推測「充分時間思考」與「順暢度」呈現高度正相關其原因，可能是因為教材經過結構化及區塊化處理，可以讓低學習成就者逐步建構知識，也能讓高學習成就者以跳躍方式快速瀏覽題目，當學習者可依個別合適之方式進行學習，便會感到教學過程式順暢的而且也有充分的時間自我思考。

(三)「動態圖像表徵組」學生其學習成就與認知負荷量之間存在相關，但未達高度相關。

(四)「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」之學生其學習成就與認知負荷量之間存在相關。

代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組學生的「困難度」負荷與「信心」負荷成高度正相關，表示聽完老師講解後，愈感覺本單元是容易的人，對於學好本單元愈有信心。



## 5、結論與建議

本研究針對七年級數學解二元一次聯立方程式文字題之列式範圍進行教材設計，並分別以「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」所設計之教材運用於常態編班教學下，對學生的學習成效及認知負荷進行探討，此外，本研究亦以「是否學習過」及「不同數學學習成就」作為樣本區隔，最後進而探討是否會有專業知識反轉效應產生。以下根據研究結果與分析，歸納出結論與建議以作為後續研究之參考。

### 5.1 研究結論

由第四章第五節研究結果與分析，可知分別將「串流式教材」、「代數教材設計原則」、「動態圖像表徵」及「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」運用在常態編班之教材設計上，並以適性指標引導學生進行學習：

- (一)對於整體學生的學習成就表現有顯著差異。運用「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」設計之教材授課，其教學成效顯著優於僅使用「動態圖像表徵」設計之教材，且其教學效果甚強。
- (二)對於未學過學生的學習成就表現有顯著差異。運用「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」設計之教材授課，其教學成效顯著優於僅使用「動態圖像表徵」設計之教材，且其教學效果甚強。
- (三)對於已學過學生的學習成就表現雖無顯著差異，但運用串流式教材設計之教材授課會造成學生在搜尋相關訊息不易且較無成就感。
- (四)對於低數學學習成就學生其學習成就表現有顯著差異。運用「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」設計之教材授課，其教學成效顯著優於僅使用「代數教材設計原則」設計之教材，更顯著優於使用「串流式教材」設計之教材，且其教學效果非常強；另外，對於低學習成就之學生而言，需透過圖像表徵來幫助學生理解題意，以便轉換語意表徵至代數表徵。
- (五)對於中數學學習成就學生其學習成就表現有顯著差異。運用「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」設計之教材授課，其教學成效顯著優於使用「串流式教材」設計之教材，更顯著優於僅使用「動態圖像表徵」設計之教材，且其教學效果非常強；另外，對於中成就學生而言，代數教

材設計原則之重要性大於動態圖像表徵。

- (六)對於高數學學習成就學生其學習成就雖然無顯著差異，但若是運用其較不熟悉之動態圖像表徵教學會造成學習壓力，進而影響到學習成效。
- (七)「串流式教材組」之學生其學習成就與認知負荷量之間存在相關。在串流式教材組中學生的後測成績與困難度之認知負荷量成高度負相關，也就是聽完老師講解後，愈感覺本單元是容易的人，其後測成績愈高。
- (八)「代數教材設計原則組」之學生其學習成就與認知負荷量之間存在相關。後測成績與充分時間思考及信心度成高度負相關；「困難度」負荷與「信心度」負荷呈高度正相關；「充分時間思考」負荷與「順暢度」呈高度正相關。
- (九)「動態圖像表徵組」學生其學習成就與認知負荷量之間存在相關，但未達高度相關。
- (十)「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵組」之學生其學習成就與認知負荷量之間存在相關，「困難度」負荷與「信心」負荷成高度正相關。
- (十一)對於高數學學習成就與先學過學生未有專業知識反轉效應產生。

## 5.2 檢討與建議

本節將依據實驗結果對未來之教學提出建議，並對未來研究方向提出建議。

### 5.2.1 對於教學之建議

根據本研究結果，建議於進行七年級二元一次聯立方程式文字題列式之教學時：

- (一)針對常態編班之全體學生授課時：

建議適度地採用「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」來設計教材，如此一來可使學生有較良好之學習成效且認知負荷也較低；此外，較不建議採用僅有「動態圖像表徵」設計之教材，其教學成效不彰且認知負荷量也較高。

- (二)針對常態編班中未學過之學生授課時：

建議與對全體學生授課時採用同樣之策略。

(三)針對常態編班中已學過之學生授課時：

不論採用串流式教材、代數教材設計原則、動態圖像表徵或代數教材設計原則輔以動態圖像表徵來設計教材，皆無顯著影響，惟運用串流式教材授課會使學生認知負荷量較高，學習效率也較差。

(四)針對常態編班裡低成就學生授課時：

建議適度地採用「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」來設計教材，如此一來可使學生有較良好之學習成效且認知負荷也較低。另外，根據研究對於低學習成就學生列式而言，圖像表徵比代數教材設計原則更加重要，因此建議適度加入圖像表徵幫助低學習成就學生理解題意並正確列式。

(五)針對常態編班裡中成就學生授課時：

建議適度地採用「代數教材設計原則輔以動態圖像表徵」來設計教材，如此一來可使學生有較良好之學習成效且認知負荷也較低。另外，不建議運用僅「動態圖像表徵」之教學設計模式，其會造成學生學習效率不佳，且不較無意願投入學習。

(六)針對常態編班裡高成就學生授課時：

不論採用串流式教材、代數教材設計原則、動態圖像表徵或代數教材設計原則輔以動態圖像表徵來設計教材，皆無顯著影響，惟僅運用動態圖像表徵設計之教材使學生較無充分時間思考、對於學習好該單元也較無信心，而其學習效率也較差。

## 5.2.2 對於未來研究之建議

由教學實驗的過程及結果，本研究提出以下建議：

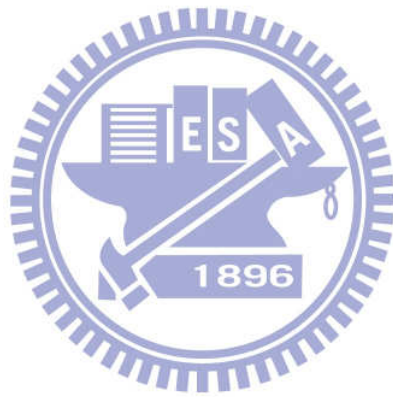
本研究經實驗證明對於數學教育是正向的，未來相關研究方向建議如下：

- (一)本研究為將控制變項中的授課教師控制為同一人，以至於受測班級數僅限於四班，人數明顯不足，再加上將樣本依照學過與否及學習成就作區隔後，樣本數更少，因此未來建議擴大樣本數進行實驗。
- (二)本研究設計之認知負荷量表僅屬初步探討，因此部分題項尚存在問題待修正，尤其是對於文字敘述之定義建議更加嚴謹，如：心力、壓力等，以得到更準確之認知負荷量。另外，本量表第一題之資訊建議應於實驗



前先行蒐集、其餘題項建議應於授課結束但尚未進行後測前即進行，避免學生因時間點之延遲及後測測驗當下之感受影響到本量表之實施結果。

- (三)本研究僅將題目之難易度控制在尚可之範圍內，未來建議可針對不同難度之題目探討其適用之教材設計模式為何。
- (四)本研究僅將常見題型設定為後測題目，未來建議可依據陳巧莉(2008)將二元一次聯立方程式之文字題列式分為四大類：合併類、比較類、改變類、分配類來分別探討不同類型之題目其適用之教材設計模式為何。





## 參考文獻

### 英文文獻

- Brünken, R., Plass, J., & Leutner, D. (2003). Direct measurement of cognitive load in multimedia learning. *Educational psychologist*, 38(1), 53-61. doi: 10.1207/S15326985EP3801\_7
- Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2008). *E-learning and the science of instruction : proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning* (2 ed.). San Francisco, CA Hoboken, NJ: Pfeiffer ;Wiley.
- Clark, R. C., Nguyen, F., & Sweller, J. (2006). *Efficiency in learning : evidence-based guidelines to manage cognitive load*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Kalyuga, S. (2007). Enhancing instructional efficiency of interactive e-learning environments: A cognitive load perspective. *Educational Psychology Review*, 19(3), 387-399. doi: 10.1007/s10648-007-9051-6
- Kalyuga, S. (2009). *Managing cognitive load in adaptive multimedia learning*: Information Science Publishing.
- Mayer, R. E. (1992). *Think, Problem solving, cognition*. New York: W.H. Freeman and Company.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning* (I ed.). New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2005). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge, U.K. ; New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge ; New York: Cambridge University Press.
- Paas, F., Tuovinen, J., Tabbers, H., & Van Gerven, P. (2003). Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educational psychologist*, 38(1), 63-71. doi: 10.1207/S15326985EP3801\_8
- Paas, F., Tuovinen, J. E., Van Merriënboer, J. J. G., & Aubteen Darabi, A. (2005). A motivational perspective on the relation between mental effort and performance: Optimizing learner involvement in instruction. *Educational Technology Research and Development*, 53(3), 25-34. doi:

10.1007/BF02504795

- Paas, F. G. W. C., & 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.
- Polya. (1957). *How to Solve It* (閻育蘇, Trans.). 台北市: 九章.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive science*, 12(2), 257-285. doi: 10.1016/0959-4752(94)90003-5
- Sweller, J. (2004). Instructional design consequences of an analogy between evolution by natural selection and human cognitive architecture. *Instructional Science*, 32(1), 9-31. doi: 10.1023/B:TRUC.0000021808.72598.4d
- Sweller, J. (2010). Element Interactivity and Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Educational Psychology Review*, 22(2), 123-138. doi: 10.1007/s10648-010-9128-5
- 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. doi: 10.1023/A:1022193728205
- van Merriënboer, J. J. G., & Sweller, J. (2005). Cognitive load theory and complex learning: Recent developments and future directions. *Educational Psychology Review*, 17(2), 147-177. doi: 10.1007/s10648-005-3951-0

## 中文文獻

- 古明峰.(1997). 加減法應用題語文知識對問題難度之影響暨動態評量在應用問題之學習與遷移歷程上研究. 博士論文, 國立台灣師範大學, 台北.
- 吳明隆.(2007). SPSS 統計應用學習實務:問卷分析與應用統計. 台北縣: 知城圖書.
- 宋曜廷.(2000). 先前知識文章結構和多媒體呈現對文章學習的影響. 博士論文, 臺灣師範大學, 台北市.
- 林清山.(1990). 教育心理學—認知取向. 台北市: 遠流.
- 林進財.(1999). 教學研究與發展. 台北市: 五南書局.
- 邱俊仁.(2003). 高雄地區國一學生數學焦慮與數學成就之相關研究. 碩士論文, 國立高雄師範大學, 高雄.
- 張春興.(1996). 教育心理學. 台北市: 東華.
- 張景媛.(1994). 國中生數學學習歷程統整模式的驗證及應用: 學生建構數學概念的分析及數學文字題教學策略的研究. 博士論文, 國立臺灣師範大學, 台北.
- 郭秀緞.(2006). 以認知負荷理論探討數學問題設計與後設認知策略教學對國小高年級學生數學解題之影響. 博士論文, 國立高雄師範大學, 高雄市.
- 陳巧莉.(2008). 探討國二學生代數文字題列式表現及波利亞表列法的教學成效之研究-以二元一次聯立方程式為例. 台灣師範大學, 台北市.
- 葉子榕.(2010). 激發式動態教學對學習成效與認知負荷影響之研究. 碩士, 國立交通大學, 新竹市.
- 戴文賓.(1998). 國一學生由算術領域轉入代數領域呈現的學習現象與特徵. 彰化師範大學, 彰化.
- 謝東育.(2009). 激發式動態呈現教學設計之研究—以代數為例. 碩士論文, 國立交通大學, 新竹市.
- 羅榮福.(2003). 國民中學學習障礙學生與普通學生解一元一次方程式問題之比較研究. 彰化師範大學, 彰化.

# 附錄一：實驗教材

第一題													
<b>對照組</b> (串流式教材)	<b>實驗組 1</b> (代數教材設計原則)												
<p><b>例1</b> 班羅國中天文社社員共有88人，已知女生比男生多了14人，設女生有<math>x</math>人，男生有<math>y</math>人，請依題意列出<math>x</math>和<math>y</math>的關係式？</p> <p><b>解</b></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td></td><td>女生</td><td>男生</td></tr> <tr><td>人數</td><td><math>x</math></td><td><math>y</math></td></tr> </table> $\begin{cases} x + y = 88 \\ x - y = 14 \end{cases}$		女生	男生	人數	$x$	$y$	<p><b>例1</b> 班羅國中天文社社員共有88人， 已知女生比男生多了14人， 設女生有<math>x</math>人，男生有<math>y</math>人， 請依題意列出<math>x</math>和<math>y</math>的關係式？</p> <p><b>解</b></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td></td><td>女生</td><td>男生</td></tr> <tr><td>人數</td><td><math>x</math></td><td><math>y</math></td></tr> </table> $\begin{cases} x + y = 88 \\ x - y = 14 \end{cases}$		女生	男生	人數	$x$	$y$
	女生	男生											
人數	$x$	$y$											
	女生	男生											
人數	$x$	$y$											
<b>實驗組 2</b> (動態圖像表徵)	<b>實驗組 3</b> (代數教材設計原則輔以動態圖像表徵)												
<p><b>例1</b> 班羅國中天文社社員共有88人，已知女生比男生多了14人，設女生有<math>x</math>人，男生有<math>y</math>人，請依題意列出<math>x</math>和<math>y</math>的關係式？</p> <p><b>解</b></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td></td><td>女生</td><td>男生</td></tr> <tr><td>人數</td><td><math>x</math></td><td><math>y</math></td></tr> </table> $\begin{cases} x + y = 88 \\ x - y = 14 \end{cases}$		女生	男生	人數	$x$	$y$	<p><b>例1</b> 班羅國中天文社社員共有88人， 已知女生比男生多了14人， 設女生有<math>x</math>人，男生有<math>y</math>人， 請依題意列出<math>x</math>和<math>y</math>的關係式？</p> <p><b>解</b></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td></td><td>女生</td><td>男生</td></tr> <tr><td>人數</td><td><math>x</math></td><td><math>y</math></td></tr> </table> $\begin{cases} x + y = 88 \\ x - y = 14 \end{cases}$		女生	男生	人數	$x$	$y$
	女生	男生											
人數	$x$	$y$											
	女生	男生											
人數	$x$	$y$											
第二題													
<b>對照組</b> (串流式教材)	<b>實驗組 1</b> (代數教材設計原則)												
<p><b>例2</b> 丁丁與小波參加八八水災的捐款活動，已知丁丁的捐款比小波的多50元，如果兩人的捐款共為1310元，設丁丁捐<math>x</math>元，小波捐<math>y</math>元，請依題意列出<math>x</math>和<math>y</math>的關係式？</p> <p><b>解</b></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td></td><td>丁丁</td><td>小波</td></tr> <tr><td>捐款</td><td><math>x</math></td><td><math>y</math></td></tr> </table> $\begin{cases} x - 2y = 50 \\ x + y = 1310 \end{cases}$		丁丁	小波	捐款	$x$	$y$	<p><b>例2</b> 丁丁與小波參加八八水災的捐款活動， 已知丁丁的捐款比小波的多50元， 如果兩人的捐款共為1310元， 設丁丁捐<math>x</math>元，小波捐<math>y</math>元， 請依題意列出<math>x</math>和<math>y</math>的關係式？</p> <p><b>解</b></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td></td><td>丁丁</td><td>小波</td></tr> <tr><td>捐款</td><td><math>x</math></td><td><math>y</math></td></tr> </table> $\begin{cases} x - 2y = 50 \\ x + y = 1310 \end{cases}$		丁丁	小波	捐款	$x$	$y$
	丁丁	小波											
捐款	$x$	$y$											
	丁丁	小波											
捐款	$x$	$y$											
<b>實驗組 2</b> (動態圖像表徵)	<b>實驗組 3</b> (代數教材設計原則輔以動態圖像表徵)												
<p><b>例2</b> 丁丁與小波參加八八水災的捐款活動，已知丁丁的捐款比小波的多50元，如果兩人的捐款共為1310元，設丁丁捐<math>x</math>元，小波捐<math>y</math>元，請依題意列出<math>x</math>和<math>y</math>的關係式？</p> <p><b>解</b></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td></td><td>丁丁</td><td>小波</td></tr> <tr><td>捐款</td><td><math>x</math></td><td><math>y</math></td></tr> </table> $\begin{cases} x - 2y = 50 \\ x + y = 1310 \end{cases}$		丁丁	小波	捐款	$x$	$y$	<p><b>例2</b> 丁丁與小波參加八八水災的捐款活動， 已知丁丁的捐款比小波的多50元， 如果兩人的捐款共為1310元， 設丁丁捐<math>x</math>元，小波捐<math>y</math>元， 請依題意列出<math>x</math>和<math>y</math>的關係式？</p> <p><b>解</b></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td></td><td>丁丁</td><td>小波</td></tr> <tr><td>捐款</td><td><math>x</math></td><td><math>y</math></td></tr> </table> $\begin{cases} x - 2y = 50 \\ x + y = 1310 \end{cases}$		丁丁	小波	捐款	$x$	$y$
	丁丁	小波											
捐款	$x$	$y$											
	丁丁	小波											
捐款	$x$	$y$											

### 第三題

#### 對照組 (串流式教材)

例3  
有一周長為50公分的長方形，已知它的長比寬的3倍少3公分，求長與寬。

解

	長	寬
公分	x	y

$$\begin{cases} 2x + 2y = 50 \\ x - 3y = -3 \end{cases}$$

#### 實驗組 1 (代數教材設計原則)

例3

	長	寬
公分	x	y

有一周長為50公分的長方形。

$$2x + 2y = 50$$

已知它的長比寬的3倍少3公分。

$$x - 3y = -3$$

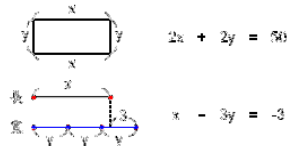
設長為x公分，寬為y公分。

請依題意列出x與y的關係式？

#### 實驗組 2 (動態圖像表徵)

例3  
有一周長為50公分的長方形，已知它的長比寬的3倍少3公分，求長與寬。

	長	寬
公分	x	y



#### 實驗組 3 (代數教材設計原則輔以動態圖像表徵)

例3

	長	寬
公分	x	y

有一周長為50公分的長方形。



$$2x + 2y = 50$$

已知它的長比寬的3倍少3公分。



$$x - 3y = -3$$

設長為x公分，寬為y公分。

請依題意列出x與y的關係式？

### 第四題

#### 對照組 (串流式教材)

例4  
已知組長每人共有1215元，若組員每人領15元後，組員的總錢是組長的錢的3倍少3元，求組長原有x元，組員原有y元，請依題意列出x與y的關係式？

解

	組長	組員
原有	x	y
領給15元	x-15	y+15

$$\begin{cases} x + y = 1215 \\ x-15 = (y+15) \cdot 3 - 3 \end{cases}$$

#### 實驗組 1 (代數教材設計原則)

例4

	組長	組員
原有	x	y
領給15元	x-15	y+15

已知組長每人共有1215元。

$$x + y = 1215$$

若組員領給15元後。

組員的總錢是組長的總錢的3倍少3元。

$$x-15 = (y+15) \cdot 3 - 3$$

設組長原有x元，組員原有y元。

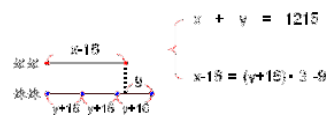
請依題意列出x與y的關係式？

#### 實驗組 2 (動態圖像表徵)

例4  
已知組長每人共有1215元，若組員每人領15元後，組員的總錢是組長的錢的3倍少3元，求組長原有x元，組員原有y元，請依題意列出x與y的關係式？

解

	組長	組員
原有	x	y
領給15元	x-15	y+15



#### 實驗組 3 (代數教材設計原則輔以動態圖像表徵)

例4

	組長	組員
原有	x	y
領給15元	x-15	y+15

已知組長每人共有1215元。

$$x + y = 1215$$

若組員領給15元後。

組員的總錢是組長的總錢的3倍少3元。

$$x-15 = (y+15) \cdot 3 - 3$$

設組長原有x元，組員原有y元。

請依題意列出x與y的關係式？

第五題

對照組  
(串流式教材)

例5  
哥哥與弟弟共有數張紀念卡，已知弟弟給哥哥10張後，哥哥的張數是弟弟的2倍，若哥哥給弟弟10張，兩人的張數就一樣多，假若哥哥有x張，弟弟原有y張，請依題意列出x和y的算式？

解

	哥哥	弟弟
原有	x	y
弟弟給哥哥10張	x+10	y-10
哥哥給弟弟10張	x-10	y+10

$$\begin{cases} x+10 = (y-10) \cdot 2 \\ x-10 = y+10 \end{cases}$$

實驗組 1  
(代數教材設計原則)

例5  
哥哥與弟弟共有數張紀念卡，

	哥哥	弟弟
原有	x	y
弟弟給哥哥10張	x+10	y-10
哥哥給弟弟10張	x-10	y+10

已知弟弟給哥哥10張後，  
哥哥的張數是弟弟的2倍，  
若哥哥給弟弟10張，  
兩人的張數就一樣多，  
假若哥哥原有x張，弟弟原有y張，  
請依題意列出x和y的算式？

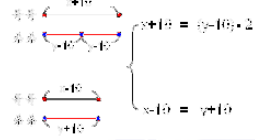
$$\begin{cases} x+10 = (y-10) \cdot 2 \\ x-10 = y+10 \end{cases}$$

實驗組 2  
(動態圖像表徵)

例5  
哥哥與弟弟共有數張紀念卡，已知弟弟給哥哥10張後，哥哥的張數是弟弟的2倍，若哥哥給弟弟10張，兩人的張數就一樣多，假若哥哥有x張，弟弟原有y張，請依題意列出x和y的算式？

解

	哥哥	弟弟
原有	x	y
弟弟給哥哥10張	x+10	y-10
哥哥給弟弟10張	x-10	y+10



實驗組 3  
(代數教材設計原則輔以動態圖像表徵)

例5  
哥哥與弟弟共有數張紀念卡，

	哥哥	弟弟
原有	x	y
弟弟給哥哥10張	x+10	y-10
哥哥給弟弟10張	x-10	y+10

已知弟弟給哥哥10張後，  
哥哥的張數是弟弟的2倍，  
若哥哥給弟弟10張，  
兩人的張數就一樣多，  
假若哥哥原有x張，弟弟原有y張，  
請依題意列出x和y的算式？

$$\begin{cases} x+10 = (y-10) \cdot 2 \\ x-10 = y+10 \end{cases}$$

第六題

對照組  
(串流式教材)

例5  
父子兩人現在的年齡總和為59歲，已知七年前，父親的年齡是兒子的8倍，現在父親多少歲，兒子多少歲，請依題意列出x和y的算式？

解

	父親	兒子
現在	x	y
七年前	x-7	y-7

$$\begin{cases} x + y = 59 \\ x-7 = (y-7) \cdot 8 \end{cases}$$

實驗組 1  
(代數教材設計原則)

例5  
父子兩人現在的年齡總和為59歲，  
已知七年前，  
父親的年齡是兒子的8倍，  
現在父親多少歲，兒子多少歲，  
請依題意列出x和y的算式？

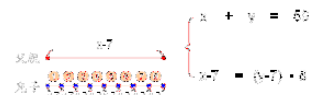
	父親	兒子
現在	x	y
七年前	x-7	y-7

$$\begin{cases} x + y = 59 \\ x-7 = (y-7) \cdot 8 \end{cases}$$

實驗組 2  
(動態圖像表徵)

例5  
父子兩人現在的年齡總和為59歲，已知七年前，父親的年齡是兒子的8倍，現在父親多少歲，兒子多少歲，請依題意列出x和y的算式？

	父親	兒子
現在	x	y
七年前	x-7	y-7



實驗組 3  
(代數教材設計原則輔以動態圖像表徵)

例5  
父子兩人現在的年齡總和為59歲，  
已知七年前，  
父親的年齡是兒子的8倍，  
現在父親多少歲，兒子多少歲，  
請依題意列出x和y的算式？

	父親	兒子
現在	x	y
七年前	x-7	y-7

$$\begin{cases} x + y = 59 \\ x-7 = (y-7) \cdot 8 \end{cases}$$



第七題

對照組  
(串流式教材)

例7  
有一兩位數，它的個位數字比十位數字多1，把個位數字與十位數字對調後，所得的新數比原數多7，設十位數字為x，個位數字為y，請你寫出x,y的關係式？

解

	十位	個位	值	
原數	x	y	$10x+y$	$55 = 10 \cdot 5 + 5$
新數	y	x	$10y+x$	

$$\begin{cases} 2y - 5x = 1 \\ 10y+x - (10x+y) \cdot 2 = 7 \end{cases}$$

實驗組 1  
(代數教材設計原則)

例7  
有一兩位數，它的  
個位數字比十位數字多1，  
把個位數字與十位數字對調後，  
所得的新數比原數多7，  
設十位數字為x，個位數字為y，  
請你寫出x,y的關係式？

	十位	個位	值
原數	x	y	$10x+y$
例: 55	5	5	$10 \cdot 5 + 5$
新數	y	x	$10y+x$

$$\begin{cases} 2y - 5x = 1 \\ 10y+x - (10x+y) \cdot 2 = 7 \end{cases}$$

實驗組 2  
(動態圖像表徵)

例7  
有一兩位數，它的個位數字比十位數字多1，把個位數字與十位數字對調後，所得的新數比原數多7，設十位數字為x，個位數字為y，請你寫出x,y的關係式？

	十位	個位	值
原數	x	y	$10x+y$
例: 55	5	5	$10 \cdot 5 + 5$
新數	y	x	$10y+x$

$$\begin{cases} 2y - 5x = 1 \\ 10y+x - (10x+y) \cdot 2 = 7 \end{cases}$$

實驗組 3  
(代數教材設計原則輔以動態圖像表徵)

例7  
有一兩位數，它的  
個位數字比十位數字多1，  
把個位數字與十位數字對調後，  
所得的新數比原數多7，  
設十位數字為x，個位數字為y，  
請你寫出x,y的關係式？

	十位	個位	值
原數	x	y	$10x+y$
例: 55	5	5	$10 \cdot 5 + 5$
新數	y	x	$10y+x$

$$\begin{cases} 2y - 5x = 1 \\ 10y+x - (10x+y) \cdot 2 = 7 \end{cases}$$

第八題

對照組  
(串流式教材)

例8  
三年一班有男生a人，女生b人，已知男生比女生多3人，男生的平均體重為58公斤，女生的平均體重為50公斤，若全班的平均體重是55公斤，請你寫出a,b的關係式。

解

	男生	女生	全班
人數	a	b	$a+b$
平均體重	58	50	55
總重量	$58a$	$50b$	$55(a+b)$

$$\begin{cases} a - b = 3 \\ 58a + 50b = 55(a+b) \end{cases}$$

實驗組 1  
(代數教材設計原則)

例8  
三年一班有男生a人，女生b人，  
已知男生比女生多3人，  
男生的平均體重為58公斤，  
女生的平均體重為50公斤，  
若全班的平均體重是55公斤，  
請你寫出a,b的關係式。

	男生	女生	全班
人數	a	b	$a+b$
平均體重	58	50	55
總重量	$58a$	$50b$	$55(a+b)$

$$\begin{cases} a - b = 3 \\ 58a + 50b = 55(a+b) \end{cases}$$

實驗組 2  
(動態圖像表徵)

例8  
三年一班有男生a人，女生b人，已知男生比女生多3人，男生的平均體重為58公斤，女生的平均體重為50公斤，若全班的平均體重是55公斤，請你寫出a,b的關係式。

	男生	女生	全班
人數	a	b	$a+b$
平均體重	58	50	55

$$\begin{cases} a - b = 3 \\ 58a + 50b = 55(a+b) \end{cases}$$

實驗組 3  
(代數教材設計原則輔以動態圖像表徵)

例8  
三年一班有男生a人，女生b人，  
已知男生比女生多3人，  
男生的平均體重為58公斤，  
女生的平均體重為50公斤，  
若全班的平均體重是55公斤，  
請你寫出a,b的關係式。

	男生	女生
人數	a	b

$$\begin{cases} a - b = 3 \\ 58a + 50b = 55(a+b) \end{cases}$$

第九題

對照組  
(串流式教材)

例9  
師說對流教材說：「我在你這個年齡時，你只有5歲，當你到我這個年齡時，我已53歲了。」請你根據以上敘述，設你現在x歲，我現在y歲，請寫出x與y的關係式？

解

現在	幾年	相差
x	y	x-y
y	5	y-5
53	x	53-x

$$\begin{cases} x-y = y-5 \\ y-5 = 53-x \end{cases}$$

實驗組 1  
(代數教材設計原則)

例9

師說對流教材說：

「我在你這個年齡時，你只有5歲，當你到我這個年齡時，我已53歲了。」

設你現在x歲，我現在y歲，

請你寫出x與y的關係式？

解

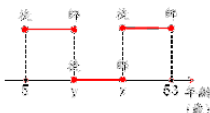
現在	幾年	相差
x	y	x-y
y	5	y-5
53	x	53-x

$$\begin{cases} x-y = y-5 \\ y-5 = 53-x \end{cases}$$

實驗組 2  
(動態圖像表徵)

例9  
師說對流教材說：「我在你這個年齡時，你只有5歲，當你到我這個年齡時，我已53歲了。」設你現在x歲，我現在y歲，請寫出x與y的關係式？

	師	徒
年齡	x	y



$$\begin{cases} y-5 = x-y \\ x-y = 53-x \end{cases}$$

實驗組 3  
(代數教材設計原則輔以動態圖像表徵)

例9

師說對流教材說：

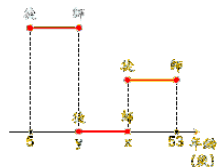
「我在你這個年齡時，你只有5歲，當你到我這個年齡時，我已53歲了。」

設你現在x歲，我現在y歲，

請你寫出x與y的關係式？

解

	師	徒
年齡	x	y



$$\begin{cases} y-5 = x-y \\ x-y = 53-x \end{cases}$$

第十題

對照組  
(串流式教材)

例10  
爸爸原來月薪為a元，媽媽原來月薪為b元，已知爸爸的月薪比媽媽多2000元，若下個月開始，爸爸加薪2%，媽媽加薪5%，每個月兩人共加薪4200元，請寫出關於a和b的關係式？

解

	爸爸	媽媽
月薪	a	b
加薪	2%	5%

$$\begin{cases} a-b = 2000 \\ a \cdot 2\% + b \cdot 5\% = 4200 \end{cases}$$

實驗組 1  
(代數教材設計原則)

例10

爸爸原來月薪為a元，媽媽原來月薪為b元，

已知爸爸的月薪比媽媽多2000元，

若下個月開始，爸爸加薪2%，媽媽加薪5%，

每個月兩人共加薪4200元，

請你寫出a和b的關係式？

	爸爸	媽媽
月薪	a	b
加薪	2%	5%

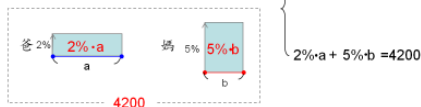
$$\begin{cases} a-b = 2000 \\ a \cdot 2\% + b \cdot 5\% = 4200 \end{cases}$$

實驗組 2  
(動態圖像表徵)

例10  
爸爸原來月薪為a元，媽媽原來月薪為b元，已知爸爸的月薪比媽媽多2000元，若下個月開始，爸爸加薪2%，媽媽加薪5%，每個月兩人共加薪4200元，請寫出關於a和b的關係式？

	爸爸	媽媽
月薪	a	b
加薪	2%	5%

$$\begin{cases} a-b = 2000 \\ 2\% \cdot a + 5\% \cdot b = 4200 \end{cases}$$



實驗組 3  
(代數教材設計原則輔以動態圖像表徵)

例10

爸爸原來月薪為a元，媽媽原來月薪為b元，

已知爸爸的月薪比媽媽多2000元，

若下個月開始，

爸爸加薪2%，

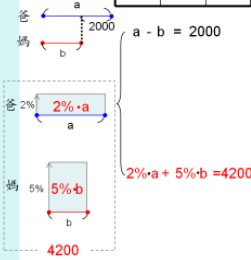
媽媽加薪5%，

每個月兩人共加薪4200元，

請你寫出a和b的關係式？

解

	爸爸	媽媽
月薪	a	b



$$\begin{cases} a-b = 2000 \\ 2\% \cdot a + 5\% \cdot b = 4200 \end{cases}$$

## 附錄二：前測題目

1. 洋洋國中天文社社員共有 86 人，已知女生比男生多了 14 人，設女生有  $x$  人，男生有  $y$  人，請依題意列出  $x$  和  $y$  的關係式？
2. 丁丁與小波參加八八水災的捐款活動，已知丁丁的捐款比小波的兩倍多 50 元；如果兩人的捐款共為 1310 元，設丁丁捐  $x$  元，小波捐  $y$  元，請依題意列出  $x$  和  $y$  的關係式？
3. 有一周長為 50 公分的長方形，已知它的長比寬的 3 倍少 3 公分，設長為  $x$  公分，寬為  $y$  公分，請依題意列出  $x$  和  $y$  的關係式？
4. 已知姐妹兩人共有 1215 元，若姐姐給妹妹 16 元後，姐姐的錢是妹妹的錢的 3 倍少 9 元，設姐姐原有  $x$  元，妹妹原有  $y$  元，請依題意列出  $x$  和  $y$  的關係式？
5. 哥哥與弟弟各有數張紀念卡，已知弟弟給哥哥 10 張後，哥哥的張數是弟弟的 2 倍，若哥哥給弟弟 10 張，兩人的張數就一樣多，設哥哥原有  $x$  張，弟弟原有  $y$  張，請依題意列出  $x$  和  $y$  的關係式？
6. 父子兩人現在的年齡總和為 59 歲，已知七年前，父親的年齡是兒子的 8 倍，設父親現年  $x$  歲，兒子現年  $y$  歲，請依題意列出  $x$  和  $y$  的關係式？
7. 有一個二位數，它的個位數字的 2 倍比十位數字的 5 倍多 1，把個位數字與十位數字對調後，所得的新數比原數的 2 倍多 7，設十位數字為  $x$ ，個位數字為  $y$ ，請依題意列出  $x$  和  $y$  的關係式？
8. 三年一班有男生  $a$  人、女生  $b$  人，已知男生比女生多 3 人，男生的平均體重為 58 公斤，女生的平均體重為 50 公斤，若全班的平均體重是 55 公斤，請依題意列出  $a$  和  $b$  的關係式。
9. 師父對徒弟說：「我在你這個年齡時，你只有 5 歲，等你到我這個年齡時，我已經 53 歲了。」設師父現年  $x$  歲，徒弟現年  $y$  歲，請問依題意列出  $x$  和  $y$  的關係式？
10. 爸爸原來月薪為  $a$  元，媽媽原來月薪為  $b$  元，已知爸爸的月薪比媽媽多 2000 元，若下個月開始，爸爸加薪 2%，媽媽加薪 5%，每個月兩人共加薪 4200 元，請問依題意列出  $a$  和  $b$  的關係式？

### 附錄三：後測題目

1. 新科國中骨牌社社員共有 38 人，已知女生比男生多了 13 人，設女生有  $x$  人，男生有  $y$  人，請依題意列出  $x$  和  $y$  的關係式？
2. 小哈與美美參加紐西蘭強震的捐款活動，已知小哈的捐款比美美的三倍多 20 元；如果兩人的捐款共為 2020 元，設小哈捐  $x$  元，美美捐  $y$  元，請依題意列出  $x$  和  $y$  的關係式？
3. 有一周長為 76 公分的長方形，已知它的長比寬的 3 倍少 2 公分，設長為  $x$  公分，寬為  $y$  公分，請依題意列出  $x$  和  $y$  的關係式？
4. 已知兄弟兩人共有 184 元，若哥哥給弟弟 13 元後，哥哥的錢是弟弟的錢的 2 倍少 5 元，設哥哥原有  $x$  元，弟弟原有  $y$  元，請依題意列出  $x$  和  $y$  的關係式？
5. 姐姐與妹妹各有數顆金莎巧克力，已知妹妹給姐姐 8 顆後，姐姐的顆數是妹妹的 2 倍，若姐姐給妹妹 8 顆，兩人的顆數就一樣多，設姐姐原有  $x$  顆，妹妹原有  $y$  顆，請依題意列出  $x$  和  $y$  的關係式？
6. 父子兩人現在的年齡總和為 84 歲，已知九年前，父親的年齡是兒子的 5 倍，設父親現年  $x$  歲，兒子現年  $y$  歲，請依題意列出  $x$  和  $y$  的關係式？
7. 有一個二位數，它的個位數字的 3 倍比十位數字的 8 倍多 5，把個位數字與十位數字對調後，所得的新數比原數的 2 倍多 18，設十位數字為  $x$ ，個位數字為  $y$ ，請依題意列出  $x$  和  $y$  的關係式？
8. 七年八班有男生  $a$  人、女生  $b$  人，已知男生比女生多 3 人，男生的平均體重為 66 公斤，女生的平均體重為 55 公斤，若全班的平均體重是 61 公斤，請依題意列出  $a$  和  $b$  的關係式。
9. 師父對徒弟說：「我在你這個年齡時，你只有 13 歲，等你到我這個年齡時，我已經 91 歲了。」設師父現年  $x$  歲，徒弟現年  $y$  歲，請問依題意列出  $x$  和  $y$  的關係式？
10. 哥哥原來月薪為  $a$  元，姊姊原來月薪為  $b$  元，已知哥哥的月薪比姊姊多 1500 元，若下個月開始，哥哥加薪 3%，姊姊加薪 7%，每個月兩人共加薪 5895 元，請問依題意列出  $a$  和  $b$  的關係式？

## 附錄四：認知負荷問卷

### 【認知負荷量表】

※請根據心中對「二元一次方程式的列式」這課堂的真實感受，圈選下列各題的數字。

※請注意：每題只能圈選一個數字，每個人感受不同，並沒有標準答案。

感受問題 \ 感受程度	非常不同意	不同意	有點不同意	普通	還算同意	同意	非常同意
1. 在學習之前，我認為「二元一次方程式的列式」在學習上是容易的	1	2	3	4	5	6	7
2. 在學習過程中，我實際上用了很少心力……	1	2	3	4	5	6	7
3. 聽完老師講解後，我覺得「二元一次方程式的列式」的難易度是簡單的	1	2	3	4	5	6	7
4. 在老師的引導、講解過程中，找到相關訊息是容易的……	1	2	3	4	5	6	7
5. 在老師的引導、講解過程中，我有足夠的時間思考……	1	2	3	4	5	6	7
6. 在這堂課的學習過程中，我覺得是順暢的……	1	2	3	4	5	6	7
7. 這堂課的學習過程中，我覺得沒有壓力……	1	2	3	4	5	6	7
8. 上這堂課後我覺得我對學好「二元一次方程式的列式」有信心……	1	2	3	4	5	6	7
9. 這堂課的學習過程中，我覺得有成就感……	1	2	3	4	5	6	7
10. 我覺得學習過程中，必須同時處理很多訊息……	1	2	3	4	5	6	7