

## 第三章 研究方法

本研究主要探討如何設計呈現多重表徵的教學教材，並探究使用平方根數位教材後，學生學習平方根各表徵間連結的影響和學生的學習狀況。

研究者將在本章中，分為研究流程、研究樣本、實驗教學的實施、研究工具、研究材料和設備、資料分析等六節來一一說明。

### 第一節 研究流程

#### 一、準備階段

1. 閱讀文獻、收集相關資訊。
2. 編製平方根的數位教材、編製「平方根先備知識測驗」、「平方根學習成就測驗」、「學生對『資訊融入教學』態度之回饋問卷」，實施「平方根學習成就測驗」的預試。
3. 選定研究對象及安排課程、與學校行政協商電腦教室之借用與調課之事宜。

二、前測階段：選定研究者教授的兩個二年級班級（分別為實驗組和對照組），接受「平方根先備知識測驗」。

三、實驗階段：對照組學生在普通教室共上 5 節課，採用研究者往常的教學法。實驗組學生在電腦教室上三節電腦輔助教學→一節於普通教室上平方根化簡及乘除→一節電腦輔助教學，共五節課。

四、後測階段：實驗教學完成後約一星期後，分別對實驗組及對照組實施「平方根學習成就測驗」，以瞭解學生在學習成就。此外，實驗組學生額外填寫「學生對『資訊融入教學』態度之回饋問卷」。

五、訪談：根據學生在「平方根先備知識測驗」、「平方根學習成就測驗」、「學生對『資訊融入教學』態度之回饋問卷」回答的內容，詢問答題的理由，進一步分析學生的思考模式。

六、資料分析：將研究期間所蒐集之資料加以整理，利用 SPSS 統計軟體進行資料分析，提出研究結果與建議。

研究者將本研究的實驗流程列於圖 3-1-1。

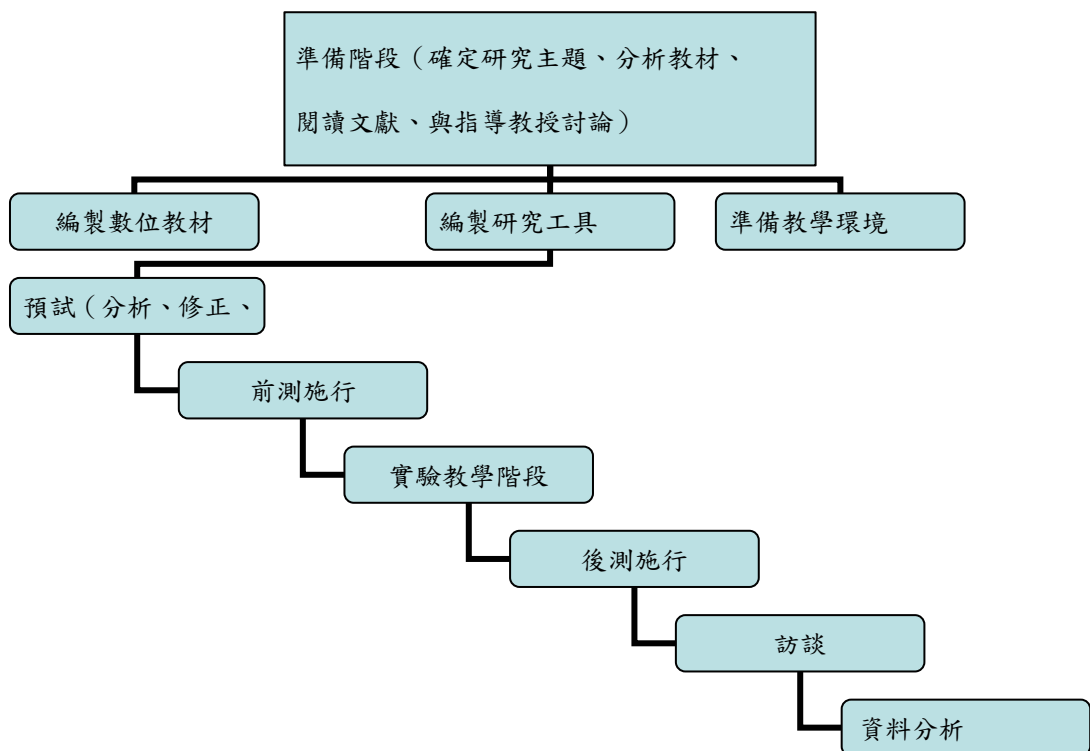


圖 3-1-1 研究實施流程

## 第二節 研究樣本

### 一、預試樣本

選取自研究者任教的台北市立國中三年級的某班學生，共 34 人，接受預試。

### 二、正式樣本

#### 1. 實驗組和對照組之選取

正式樣本選自台北市立國中二年級中的二個班級，分派一班為實驗組，另一班為對照組。兩班皆為研究者的任教班，採用 S 形常態編班兩班學生。實驗組發出 37 份問卷，回收有效問卷 35 份，對照組皆發出 37 份問卷，回收有效問卷 37 份。

#### 2. 樣本的起點行為分析

研究前，先利用 SPSS 軟體分析實驗組和對照組「七下段考數學成績」和「平方根先備知識測驗」的變異數同質性的 Levene 檢定和變異數檢定。

表 3-2-1 實驗組和對照組學生起點行為的比較表

起點行為	實驗組	對照組	Levene 檢定	變異數檢定
七年級下學期 段考	67.3	63.7	F=0.081, p=0.776	T 值為 0.655 (P 值 0.514)
平方根先備知 識測驗	68.6	70.9	F=0.123, p=0.727	T 值為 0.878 (P 值 0.354)

由上表可知，「七下段考數學成績」和「平方根先備知識測驗」的變異數同質性的 Levene 檢定和變異數檢定皆未達顯著(P 值大於 0.05)，表示這兩個樣本的離散情形無明顯差別，在起點行為檢定並無顯著差異。因此在實驗的假設上，兩組的學生為同質的相似樣本。

### 3. 研究樣本的分群

為了觀察「資訊融入教學」對不同層次學生的影響，利用段考數學平均成績將學生加以分群，得到高、中、低三個群組，將資料整理如下表：

表 3-2-2 依學生程度分組的各組人數

	對照組	實驗組
高分組(80 分以上)	11	13
中分組(80~60)	14	11
低分組(未滿 60 分)	12	11

### 4. 訪談對象的選取

分別在實驗組和對照組中，由高、中、低三個群組各自選取 2 人。

## 第三節 實驗教學的實施

本實驗研究為準實驗，其自變項為教學方式，依變項為學生的學習成就。

本實驗設計考量到在真實的教學環境中，無法以隨機抽樣來分配實驗組與對照組，因此配合行政及實際教學上的方便，以不打破原班級的編制為原則，以「準實驗研究法」來進行本次的實驗教學。研究者即為本研究的教師，以研究者任教的班級中，選取一班為實驗組，一班為對照組，並對實驗組進行融入資訊和數學史的教學，對照組則維持研究者以往採用的教學法。本實驗設計圖如下：

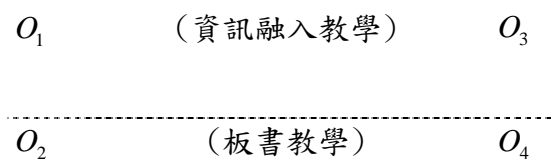


圖 3-3-1 實驗設計圖

實驗設計說明：

1. 實驗組與對照組均進行「平方根先備知識測驗」( $O_1$ 、 $O_2$ )。
2. 實驗組接受「資訊融入教學」的實驗處理，對照組則接受「板書教學」。
3. 實驗組與對照組均進行「平方根學習成就測驗」( $O_3$ 、 $O_4$ )。
4. 實驗組接受「學生對『資訊融入教學』態度之回饋問卷」，對照組則否。

本實驗之控制變項、自變項、依變項如表 3-3-1 所示。

表 3-3-1 實驗之控制變項、自變項、依變項

控制變項	自變項 (教材)	依變項 (學習成效)

1. 起點行為	實驗組	平方根的學習成效
2. 教學時數	(資訊融入教學)	
3. 教學者	對照組	
4. 教學內容	(板書教學)	

實驗之控制變項、自變項、依變項說明如下：

#### 一、控制變項

1. 起點行為：由於本研究依現實的考量無法以「實驗控制」(experimental control)來減少實驗誤差，為了避免起點行為對實驗的干擾，採「統計控制」(statistical control)，意即「共變數分析」(analysis of covariance)來減少實驗誤差。(林清山，1980)。王文科(1990)指出：共變數分析特別適用於無法或不可用實驗控制的無關變項。
2. 教學時數：兩組皆為5節課，其中實驗組引入資訊和數學史的教學時間為4節課，另1節課在原教室上課。
3. 教學者：兩組均為研究者進行教學。教學者為國立台灣師範大學數學系畢業生，目前於國立台灣師範大學數學教學碩士班進修中，為登記合格之中學教師，具有六年之教學經驗。
4. 教學內容：主要分為以下5個單元，(1)平方根的出現；(2)平方根的符號和歷史；(3)平方根的平方；(4)平方根的乘除；(5)平方根的近似值。

#### 二、自變項

1. 實驗組：融入資訊和數學史的教學是指在課程中使用研究者自編以FLSH設

計之平方根教材，及加入平方根的歷史，以進行教學，並輔以一節的時間在原教室進行統整及實際練習；有 4 節課在電腦教室，以電腦輔助教學活動的進行，另外 1 節課在原教室上課，使用講述法教學，教學內容為方根的化簡和乘除，研究者認為此部分的教學內容學生需較多的紙筆練習，故選擇在原教室上課。

2. 對照組：「板書教學」係指研究者依循過去之教法，以傳統利用黑板講述教材、學生聽講的方式教學，有時會在講課之前利用一些時間先讓學生做 4、5 題的小考練習，教學內容也引入平方根數學史，以口頭敘述告知學生；教學活動在原教室進行 5 節課。

### 三、依變項

平方根的學習成效：係指受試者在「平方根學習成就測驗」的得分。

## 第四節 研究工具

本研究共有三種自編之研究工具為「平方根先備知識測驗」、「平方根學習成就測驗」和「學生對『資訊融入教學』態度之回饋問卷」；「平方根先備知識測驗」主要確定研究樣本的起點行為的檢測，確認學生學習平方根的先備知識為何；「平方根學習成就測驗」是參考蔡仲彬（民 89）〈國中生無理數之概念感及情意現象〉所設計的〈國中生對無理數的概念認知及情意問卷〉A、B 兩份問卷，從中選擇並重新編寫而成；「學生對『資訊融入教學』態度之回饋問卷」的設計，是為深入瞭解對實驗組學生使用「資訊融入教學」對此軟體及教材的看法。

以下為三種研究工具的設計說明：

## 一、平方根學習成就測驗

本研究之「平方根學習成就測驗」，本試題乃綜合 1. 研究者在本單元之教學經驗、2. 指導教授之意見、3. 數學課本及教師手冊、4. 蔡仲彬（民 89）〈國中生無理數之概念感及情意現象〉的研究，所編成之預試試題，本試題符合專家效度。本試題共 72 題，將數學概念的發展層次分為概念性知識、程序性知識、解題能力、學習遷移四個面向，題型為概念判斷勾選題及填充題，以實驗學校三年級 34 位學生為預試樣本，本預試之庫李信度（Kuder-Richardson reliability）為 0.9252。

測驗题目的難度指數範圍在 0.0 至 1.0 之間，某題的難度指數若為 0.0，表示沒有一個受試者答對該題。難度指數以在 0.5 左右，最具有鑑別力，惟基於動機上的目標與若干統計上的理由，測驗中的題目之 p 值的範圍，位於 0.2 至 0.8 為宜，在此範圍之外的題目，通常要重以修改或廢棄（王文科、王智弘，2004）。

測驗題鑑別度分析的目的，在於了解各個題目區辨高分組與低分組受試者能力高下的程度。一般來說，鑑別度指數只要達到 0.3 以上，即可接受。

因此，預試試題的難度指數的範圍取 0.8~0.2，鑑別度取 0.3 以上，預試試題中難度指數和鑑別度不適宜的題目，將不列入評量。

本預試之難度及鑑別度分析如下：



表 3-4-1 平方根學習成就測驗預試試題之難度及鑑別度分析表

題號	難度	鑑別度	題號	難度	鑑別度	題號	難度	鑑別度	題目	難度	鑑別度
-1	0.7	0.3	(9)	0.5	0.1	(2)	0.72	0.56	(5)	0.83	0.11
2	0.8	0.3	(10)	0.5	0.6	(3)	0.78	0.22	二1	0.6	0.6
3(1)	0.78	0.4	(11)	0.44	0.7	(4)	0.72	0.11	2	0.6	0.6
(2)	0.67	0.7	(12)	0.5	0.6	(5)	0.83	0.11	3(1)	0.67	0.67
(3)	0.56	0.9	6(1)	0.7	0.6	11(1)	0.67	0.67	(2)	0.67	0.67
(4)	0.5	1	(2)	0.8	0.3	(2)	0.67	0.67	4	0.7	0.7
(5)	0.61	0.8	(3)	0.9	0.2	12(1)	0.89	0.22	5(1)	0.8	0.4
(6)	0.83	0.3	(4)	0.7	0.6	(2)	0.67	0.44	(2)	0.7	0.4
(7)	0.61	-0.1	(5)	0.8	0.3	(3)	0.72	0.56	6	0.9	0.2
4	0.3	0.7	(6)	1	0	(4)	0.67	0.44	7	0.9	0.1
5(1)	0.89	0.2	(7)	0.7	0.7	13(1)	0.72	0.56	8	0.9	0.2
(2)	0.56	-0.2	(8)	1	0	(2)	0.56	0.67	9	0.8	0.4
(3)	0.5	0.6	(9)	0.7	0.7	(3)	0.89	0.22	10	0.6	0.6
(4)	0.5	0.6	7(1)	0.7	0.7	(4)	0.61	0.56	11	0.7	0.4
(5)	0.89	0	(2)	0.4	0.7	14(1)	0.78	0.44	13	0.7	0.6
(6)	0.89	0.2	8	0.4	0.6	(2)	0.72	0.56	14	0.9	0.2
(7)	0.5	0.8	9	0.6	0.6	(3)	0.78	0.22	15	0.4	0.4
(8)	0.56	0.7	10(1)	0.78	0.44	(4)	0.72	0.11	16	0.7	0.3

經由預試篩選過測驗題目後，將每個題目的內容分析如下表：

表 3-4-2 平方根學習成就測驗內容分析之雙向細目表

	題目性質	題號
概念性知識	生活情境	一 1、2
	平方根的存在性	一 3(1)~(6)、11(1)~(2)
	數和符號表徵	一、5(4)、5(8)、5(10)、5(12)、7(2)、10(1)~(2)、13(1)、13(2)、13(4)、 二 3(1)~(2)
	語意表徵	一 7(1)、二 12
	幾何聯結	一 6(1)、6(2)、6(4)、6(5)、
	數線聯結	一 5(3)、(7)、(11)、9
程序性知識	次序大小關係	一 4、
	語意表徵	二 2
	方程表徵	二 5(1)、5(2)
	符號表徵	二 1、4、9、10、11、13
解題能力		一 12(2)、12(3)、12(4) 二 15、16
學習遷移		一 8、6(7)、6(9)

## 二、平方根先備知識測驗

參考國中數學課本、教師手冊和 HPM 通訊第二卷第十二期的〈柏拉圖-米諾中的數學哲學對話〉(陳昭蓉譯)，以教材結構和教材地位分析平方根單元的本質，再輔以研究者個人反思，設計一個先備知識測驗，測試學生的先備知識及是否具備平方根的起源心象，此測驗結果做為比較實驗組和對照組起點行為的依據，題型為填充題及勾選題，本測驗的題目內容分析如下表：

表 3-4-3 「平方根先備知識測驗」題目分析

測驗目的	題型	題號
先備知識	正方形面積和邊長的關係	1、2、3(1)、3(2)
	平方的概念	4、5、6
	方程表徵	8
平方根的相關概念	語意表徵	7
	方程表徵	9

### 三、學生對『資訊融入教學』態度之回饋問卷

為深入瞭解對實驗組學生使用「資訊融入教學」之後，對此軟體及教材的看法，以自編之「學生對『資訊融入教學』態度之回饋問卷」進行調查。

問卷的內容主要是分為學生對「資訊融入教學」使用上的感受(1~3題)、自學能力(第4題)、接受度(第5題)、印象深刻的單元(第6題)、學習的助益性(第7、8題)、喜愛程度(第9題)此問卷題目設計，除了選項的勾選外，並要求學生敘述勾選的理由，希望能更深入了解學生的想法及使用狀況，此問卷是以統計勾選項目的百分比及將「學生的理由」分類討論，將在第四章中分為「數位教材界面的設計」、「資訊教學引入數學史」、「資訊融入教學」三部分來呈呈問卷的分析結果。

## 第五節 研究材料和設備

## 一、研究材料

本研究的主題單元為平方根，在此先分析本單元的教材地位，以表 3-5-1 列出：

表 3-5-1 平方根教材地位分析

先備知識	教材重點	後續發展
1. 正方形面積和邊長的關係式 2. 平方的概念 3. 指數律:如 $2^6 = (2^3)^2$ 4. 因數分解	1. 求出完全平方數(如 4、121…)的平方根。 2. 知道一數的平方根有正和負,且互為相反數。 3. 知道負數沒有平方根。 4. 的引入“ $\sqrt{\quad}$ ”，使用符號表示平方根。 5. 平方根平方的計算。 6. 建立乘、除法規則。 7. 方根的化簡(根號內為正整數或分母為完全平方數)。 8. 求出某數(1000 以下)平方根的近似值至整數位。(不使用計算機)。	1. 方根化簡(分母有理化)。 2. 方根的加減運算。 3. 一元二次方程式的公式解 4. 高次方根的概念。

根據表 3-5-1 製出平方根的概念圖(附錄一),再根據概念圖設計本研究的研

究材料-平方根數位教材(見附錄七)，提供學生較多色彩視覺感受，可操作的探索、動態性畫面，並搭配學習單(見附錄二~五)使用，幫助學生熟悉應用新習得的概念。

研究者設計的 flash 檔案-平方根數位教材分為五單元：(1)平方根的出現；(2)平方根的符號和歷史；(3)平方根的平方；(4)平方根的乘除；(5)平方根的近似值。



圖 3-5-1 數位教材的選單畫面

(1)~(4)單元教材的呈現方式，先由教師操作電腦並講解教材內容，輔以互動式練習題，再以每部分的重點提要作為結尾。第(5)單元的設計以讓學生自己操作為主，將此單元檔案放在研究者個人網頁，學生可搭配學習單上網操作計算平方根的近似值，進而了解十分逼近法的內涵。

## 二、設備

電腦教室中，每位學生一台電腦，教師電腦另配有廣播系統，可將教師或任

一學生的電腦畫面傳送給每位學生的電腦畫面。每台電腦的軟體皆有 flash5，也可連線上網。

## 第六節 資料分析

### 一、量的分析

為降低實驗誤差，主要的方法有「實驗控制」(experimental control)和「統計控制」(statistical control)兩種。由於本研究依現實的考量無法以「實驗控制」來減少實驗誤差，為了避免起點行為對實驗的干擾，採「統計控制」來減少實驗誤差(林清山，1980)。

當資料為非常態分配或小樣本時需用無母數檢定的方法來考驗虛無假設，但由於以下三種因素：1. 無母數考驗效力較低；2. 資料的變異數具有同質性；3. 現今的統計軟體在設計上，共變數分析(ANCOVA)中之F檢定受常態與非常態分配的影響不大。因此基於上述理由，關於數學學習成就測驗的假設檢定，仍設定在常態分配的假設下，利用母數統計考驗方法中的t-test來進行檢定，並設定統計的 $\alpha$ 值(顯著水準)為0.05。

### 二、問卷的分析

「學生對『資訊融入教學』態度之回饋問卷」是實驗組學生在實驗結束後所填寫的半開放式問卷。將每一題選項部分的答案作統計，以答對率百分比作分析，以瞭解學生對此教學課程的意見。另外將問答部分的答案編碼及分類，以作

為意見之分析。

### 三、 訪談紀錄

在教學實驗結束後，除了回饋問卷外，進行開放式訪談，進一步詳細了解實驗組和對照組學生對於平方根的學習感受和成效，分別在實驗組和對照組中，由高、中、低三個群組各自選取 2 人進行訪談，先以錄音詳實紀錄訪談內容，再轉載成文字紀錄。訪談內容以學生在「平方根先備知識測驗」、「平方根學習成就測驗」、「學生對『資訊融入教學』態度之回饋問卷」的回饋問卷為主。