

國立交通大學

理學院科技與數位學習學程

碩士論文

以知識地圖為基礎的作答歷程分析之研究

-以等差數列為例

An Analysis of the Students' Answering Behavior Based on Knowledge Map

-Take Arithmetic Sequence as an Example

研究生：葉宜昌

指導教授：陳登吉 博士



中華民國一百零一年六月

以知識地圖為基礎的作答歷程分析之研究 -以等差數列為例

An Analysis of the Students' Answering Behavior Based on Knowledge Map

-Take Arithmetic Sequence as an Example

研究生：葉宜昌

Student：Yi-Chang Yeh

指導教授：陳登吉 博士

Advisor：Dr. Deng-Jyi Chen



中華民國一百零一年六月

以知識地圖為基礎的作答歷程分析之研究 -以等差數列為例

學生：葉宜昌

指導教授：陳登吉 博士

理學院科技與數位學習學程

摘要

知識地圖可將抽象概念的關係具體呈現，協助學生學習，診斷其錯誤概念。學生在中學階段，正處於具體操作期和形式運思期的過渡期，知識地圖的特性，正好可以輔助學生轉化過程的困難。由學生作答歷程分析了解學生的學習，提供教師診斷學生的錯誤概念。然而，傳統的線上測驗題型，不易測出學生的真實能力；再加上工具和方法的限制，使得不易自動分析學生的作答歷程。本研究根據知識地圖的架構分析學生的作答行為歷程，發現學生概念錯誤所在，提供日後教學者教學參考。

本研究採用準實驗設計法，實驗對象為國二學生 349 人。由系統記錄的學生的互動式題目作答歷程，來分析學生的作答類型，並根據錯誤類型，找出其在知識地圖的對應位置。研究結果顯示「互動式測驗」可提高學習成效，而中、低成就組在線上測驗表現較好，而高成就組則是紙筆測驗較佳。依線上測驗時學生的作答對錯、更改答案的次數、題目要求的次序將學生的作答行為分類。再從不同的學生作答行為風格中發現，在只有線上測驗答對情形下，摸索答對型多於熟練型；而四種題型中的排序、配合、分類題型中，摸索答對型與熟練型學生成績有顯著差異，表示在操作式題型中，學生可藉操作此三種題型來提昇學習成效。

關鍵詞：知識地圖、作答歷程分析、作答類型、等差數列

An Analysis of the Students' Answering Behavior Based on Knowledge Map

-Take Arithmetic Sequence as an Example

Student : Yi-Chang Yeh

Advisor : Dr. Deng-Jyi Chen

Degree Program of E-Learning

College of Science

National Chiao Tung University

Abstract

Knowledge map can present the relationship of abstract concepts concretely, help students learn, and diagnose students' misconceptions. For 13-15 year- old students, they are in a specific operating period and the formal operations of the transition period. Characteristics of the knowledge map can assist students realizing the difficulties of the process. By students' answering behavior, it could analysis students' learning, and also provide teachers the opportunity to diagnose students' misconceptions.

However, it's not easy to measure the students' true ability by question's types of the online test, with the limitations of the tools and methods, it make difficult to automatically analyze students' answering behavior. In this study, the knowledge map framework for analysis of students to answer behavior, find out students' error concept, to provide reference for future educators teaching.

The subjects are 349 students in 8th grade from two junior high schools in middle Taiwan. These students have studied the Arithmetic Sequence. The pre-test was executed before the online examination, two weeks after the online examination, then the paper-and-pencil examination was performed. After carrying on measured, the collection

empirical data, carries on the research analysis. According to the student's answering behavior, I identify the corresponding position in the knowledge map by analyzing of students' answer type, and the type of error behavior.

The results show that「ITIS」(Interactive Test Item System) can improve the effectiveness of learning, then students will be divided into three groups according to their achievement. I find that the low group in the Arithmetic Sequence is superior to the other groups in the online examination. The high group in the Arithmetic Sequence is superior to the other groups in the paper-and-pencil examination. I then classify students' answering behavior by the right or wrong answer, frequency of changing the answer and the order requested according to online examination scores. From different students' answer behavior, we find that only in the situation of the right online quiz answer, the type of grope is much more than the type of proficiency. In the type of Solitaire, match, classify, the type of grope is superior to the type of proficiency. As a result, it means that students learn to use the type help to improve the learning outcomes.

Keywords : Knowledge Map, Analysis of the Students' Answering Behavior, Type of the Students' Answering Quiz, Arithmetic Sequence

誌謝

研究所兩年的日子一眨眼即將結束，就要卸下學生的身份，想想真有些捨不得。回想這段時間，學到了很多，也得到了很多。雖然，從彰化往返新竹，每週近五百公里的距離，考驗著我的毅力，但很高興我還是能通過這個磨練，完成自己的夢想。

在這段時間，要感謝陳登吉教授。老師身有不適，但仍認真的指導我們，不管在做事處事或是求學問上，總是時時提點我們，每次和老師談話，都覺得獲益良多。而本論文的完成，首先要感謝孔崇旭教授，兩年來每週不辭辛苦的指導我們，撰寫論文時提供建議，每個重要環節也都細心地引導我們通過，尤其還犧牲假日指點我們突破論文寫作時的瓶頸，使我們得以順利完成本論文。另外，班導師李榮耀教授在論文研討上也多次給予指導，點出論文疏漏的地方；口委黃世昆教授在口試時不吝提供的建議與指導，也使本論文能更加完善。

感謝同事粘憲昌老師、施瀚皓老師、王俐文老師，在研究設計時給予協助。同實驗室的夥伴立安和智傑，同學慧菁、素惠等，和你們的一同努力，互相扶持，也是讓我完成論文提供很大的動力；還有國立台中教育大學資訊科技所軟體工程實驗室的學弟郁翔等，有你們的協助，實驗才得以順利完成。

最後，我要感謝我的家人，有你們的包容，使我無後顧之憂，得以全力完成此論文。這段時間，所有指導過我的專班教授，協助過我的朋友，我都十分感激。謹以本論文獻給所有幫助我、支持我、關心我的人，衷心感謝。

葉宜昌謹誌

中華民國一百零一年六月

目錄

摘要	i
Abstract.....	ii
誌謝	iv
目錄	v
表目錄	vii
圖目錄	viii
一、緒論	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究動機	3
1.3 研究目的	4
1.4 研究問題	5
1.5 名詞解釋	5
1.5.1 學習成就	5
1.5.2 作答行為歷程	5
1.5.3 作答行為風格	6
1.6 研究範圍與限制	6
二、文獻探討	7
2.1 概念圖與知識地圖	7
2.1.1 概念圖	7
2.1.2 知識地圖的意義	8
2.1.3 知識地圖的特性	8
2.1.4 知識地圖與概念圖的差異	9
2.1.5 知識地圖輔助學習的相關研究	10
2.2 等差數列	12
2.2.1 樣式規律的意義	12
2.2.2 樣式規律在代數學習上的重要性	12
2.2.3 等差數列的相關研究	13
2.3 作答歷程與錯誤類型研究	15
2.3.1 作答歷程	15
2.3.2 錯誤類型	16
三、系統設計與實作	19
3.1 系統作答模型	19

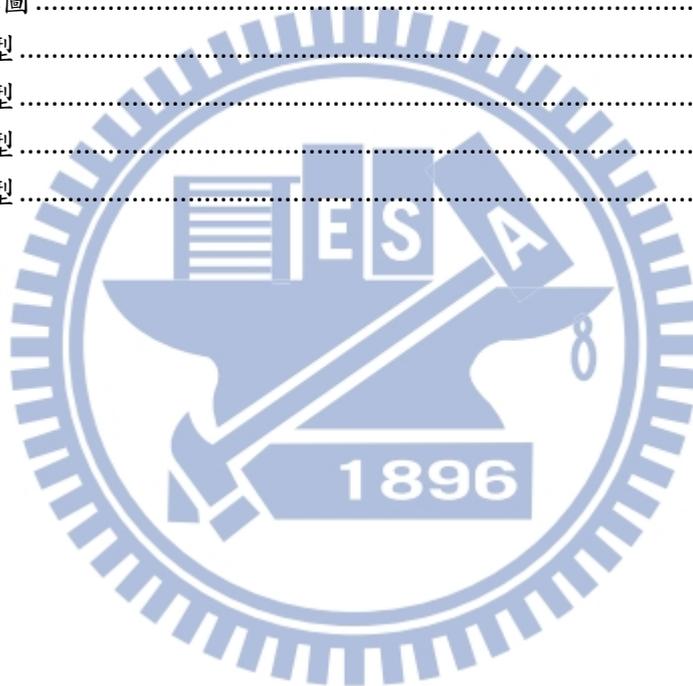
3.2 作答行為判別參數	20
3.3 作為行為類型	21
3.4 知識地圖	23
四、實驗設計	25
4.1 研究流程與架構	25
4.1.1 研究流程	25
4.1.2 研究架構	25
4.2 研究設計	26
4.2.1 實驗步驟	26
4.2.2 實驗設計	27
4.2.3 實驗對象	28
4.2.4 資料處理	28
4.3 研究工具	29
4.3.1 互動式多媒體測驗系統	29
4.3.2 互動式多媒體試題及紙筆測驗	31
4.4 實驗結果	33
4.4.1 線上測驗與紙筆測驗的學習成效分析	33
4.4.2 線上答對紙筆答錯的學生行為風格與學習成效	36
4.4.3 線上測驗各題型學生作答行為分析	42
五、結論與建議	52
5.1 結論	52
5.1.1 透過「互動式評量系統」測驗，可提昇學習成效	52
5.1.2 歸納學生的作答行為類型	52
5.1.3 學生的作答行為風格與學習成效	53
5.2 建議	54
5.2.1 擴展研究地區及人數	54
5.2.2 擴展多媒體試題其餘題型的研究	54
5.2.3 發展判別學生作答類型的系統：	54
參考文獻	55
附錄：	64
附錄一 等差數列線上測驗試題	64
附錄二 等差數列紙筆測驗	68

表目錄

表 1 知識地圖在協助學習方面的相關研究表.....	10
表 2 國內外等差數列相關文獻.....	14
表 4 實驗對象分組.....	28
表 5 互動式多媒體測驗題目作答方式表.....	30
表 6 專家教學資料表.....	31
表 7 試卷信度分析表.....	31
表 8 等差數列試卷難度與鑑別度.....	32
表 9 學生前測成績變異數同質性檢定.....	33
表 10 學生前測成績之單因子變異數分析.....	33
表 11 線上測驗和紙筆測驗之相關檢定.....	34
表 12 線上測驗和紙筆測驗成對樣本 t 檢定摘要表.....	34
表 13 線上測驗和紙筆測驗的統計量.....	34
表 14 線上測驗減紙筆測驗分數與學業成就之變異數分析.....	35
表 15 線上減去紙筆測驗分數和學習成就之事後檢定分析.....	35
表 16 線上減去紙筆測驗總分和學業成就分組描述性統計.....	36
表 17 排序題型線上減去紙筆測驗成績與作答行為風格之單因子變異數分析.....	37
表 18 排序題型線上減去紙筆測驗成績與作答行為風格之事後檢定分析.....	37
表 19 排序題型線上減去紙筆測驗成績與作答行為風格之描述性統計.....	38
表 20 配對題型線上減去紙筆測驗成績與作答行為風格之單因子變異數分析.....	38
表 21 配對題型線上減去紙筆測驗成績與作答行為風格之事後檢定分析.....	39
表 22 配對題型線上減去紙筆測驗成績與作答行為風格之描述性統計.....	39
表 23 分類題型線上減去紙筆測驗成績與作答行為風格之單因子變異數分析.....	40
表 24 分類題型線上減去紙筆測驗成績與作答行為風格之事後檢定分析.....	40
表 25 分類題型線上減去紙筆測驗成績與作答行為風格之描述性統計.....	41
表 26 連線題型線上減去紙筆測驗成績與作答行為風格之單因子變異數分析.....	41
表 27 連線題型線上減去紙筆測驗成績與作答行為風格之描述性統計.....	42

圖目錄

圖 1 知識地圖特性.....	9
圖 2 作答行為模型.....	19
圖 3 作答行為類型.....	21
圖 4 等差數列知識地圖.....	23
圖 5 錯誤概念對照知識地圖其所在位置圖.....	24
圖 6 研究流程圖.....	25
圖 7 研究架構圖.....	26
圖 8 實驗步驟圖.....	27
圖 9 系統架構圖.....	29
圖 10 排序題型.....	43
圖 11 配對題型.....	45
圖 12 分類題型.....	47
圖 13 連線題型.....	49



一、緒論

1.1 研究背景

知識地圖可呈現知識架構、概念階層與概念基模(Rita, Chang, Dong & Yang, 2002)，它結合心理學的知識表徵理論(knowledge representation)(Anderson, 1983)，知識建構論(knowledge construction)(Duffy et al, 1993)和有意義的學習(meaning learning)(Ausubel, 1968)。以一種類似心理訊息處理論方式呈現知識，更能將不易以文字表達的知識呈現出來，即所謂的外化(externalization)(林建昇，2001)，以簡單的圖示中呈現多樣的關聯與結構性(Chmielewski & Dansereau 1998)。也是一個組織知識的良好工具，可協助學習者組織、整合知識(Beyerbach, 1990)，並可幫助學習者了解目前學習的知識位於學習領域的所在位置。學者研究發現：知識地圖(Knowledge Maps)對於學習者之學習是有其正面的效果(Newbern & Dansereau, 1995)。而 Holsapple(2002)也認為以圖形化呈現的方式來建立知識地圖，可讓使用者更加了解知識，並且更進一步利用知識來源於學習上。知識地圖的特質適合應用於教育情境中，在教學和學習中扮演結構化知識呈現的支援角色，可作為認知輔助或評量應用(岳修平&鄧雅婷，2008)。藉由知識地圖的呈現，可擴展概念於命題脈絡中，使學習者在有意義的情境下進行完整面向的學習(余民寧，1997)。經由知識地圖結合與資訊系統，即可依據概念難度、學習時間與概念錯誤比率等，來幫助學習者學習，診斷其學習知識的概念錯誤或迷思，並建立補救教學與學習輔導機制(王肇邦 & 許有真，2004)。

學生在中學階段，尋找抽象化的規律性較困難。所謂尋找規律性，就是將一系列有規律性的「數量」以代數抽象化的形式呈現。此階段，心智發展正值由具體操作期進入到形式運思期(piaget, 1952)，對具象思考轉化為以抽象思考較困難。13-15歲的學生其思維特徵正處在算術思想與代數思維的過渡期(趙曉燕，2010)，以算術為基礎的課程轉化為以抽象代數想法或理解為重心的學習過程裡，學生普遍感到困難

(Booth, 1988; Greenes & Findell, 1999)。對學生而言，從小學的簡單算術到國中代數邏輯的學習，是一個重要且困難的過程 (Warren, 2003)。而等差數列正屬於這類的知識，所以學生在中學階段，在學習等差數列上表現不佳。探討一系列圖形間或數字間的關係時，學生由具象操作抽離到抽象計算的能力較弱(陳勝楠，2003)。在學習等差數列此單元，中學生將問題內的變數關係或情境用代數式呈現普遍存在困難，且學生也無法理解代數符號的意義(Kuchemann, 1981)。MacGregor & Stacey(1992, 1993)對數形規律(number sequences)研究發現：學生對於「察覺出數形規律內數量關係與規律用代數式表示」是有困難的。國內也有研究發現：學生無法將數列關係用代數一般化呈現，且在歸納樣式會出現障礙(李美蓮，2004；馬秀蘭，2008)。另外，吳勇賜(2005)研究發現多數學生在處理數、形規律等問題時，未能將圖形、物件的排列規律抽象成數字的型態；或是能找出規律，但無法使用代數計算。由這些研究發現，等差數列對中學生來說，學習上是不易的。而知識地圖的特性，正好可以輔助學生在轉化過程的困難。因為知識地圖可將概念圖形化呈現，並標示概念間的關係，且用圖形具體化表示。

作答歷程主要可提供教師診斷學生及調整施教方式，以提昇學生學習成效(Burch, 1999)。作答歷程可讓學生反思，學生從作答歷程分析結果得知本身學習狀況，察覺自己作答的錯誤所在，針對自己錯誤或不足處加強，反省自己既有的概念、澄清自己的迷思，思考及解決問題，並提昇自己的知識成就 (Paulson, 1991；Arter, 1995；林碧珍，2001)。王子華等(2004)指出，作答歷程可以讓學習者適切地掌握自我的學習狀況，幫助學習者成為主動、負責的獨立個體，激勵其發揮自我導向的潛能，監控自我的學習。然而，傳統測驗作答結果只反應學生對錯的題數和作答成績，無法完整呈現學生是否有效學習該科知識和技能；甚至誤認得分相同的受測者，能力必定相近的謬論(Wright, 1977)。而且，學生「答案的對錯」並不能絕對代表其是否具備相關基本能力。學生答對可能是他不小心猜對。學生答錯可能是看錯或不小心寫錯 (謝典佑 & 郭伯臣，2008)。從作答歷程中可讓教師了解學生學習情形，因為作答歷程分析可明瞭學生的思考過程，藉此可知道學生的真正學習狀況，而不是只知道學生最後答案結果。透過分析學生的作答歷程，可以了解學生真正的錯誤類型所在(陳宗楹，2009)。學者研究指出：

利用工具去視覺化呈現學習者的答題策略的資料特色，可以讓教師監控學生的學習行為，讓其發現先前未知的學習者行為模式和特殊行為，作為改進教學的參考依據

(C. Gennaro, 2009)。而數學解題思考歷程之探討，就是協助教師了解學生認知發展和認知結構的最佳方式(謝淡宜，1998)。老師若能對學生之數學解題歷程加以分析，將有助於診斷學生之數學解題問題，並針對學生之問題對症下藥，提供教學輔導(劉貞宜，2000)。本研究擬將學生在等差數列互動式試題上的作答歷程，予以分析並歸納其類型，提供日後教學者參考，以提高學生學習成就，增進教師教學效益。

1.2 研究動機

因為傳統的線上測驗大多為選擇題型的限制，根據答題結果無法得知學生的作答情形。學習者可能會以隨機的方式猜測題目答案，使教師無法依據作答的結果，來了解學生的在測驗中的作答情形(陳宗楹，2009)。而且作答歷程不易記錄，先前許多研究，找出學生錯誤概念較常見的研究方法是結合紙筆測驗，再輔以訪談方式了解學生的作答錯誤概念，了解學生的認知歷程(Mayer, 1987)，此方法即為放聲思考法(thinking aloud)。這種評估方法以學生個人為分析基礎，需花費大量的時間人工作業(陳嘉甄&陳慶彥，2009)。也因其不易記錄，且放聲思考對某些兒童是相常不自然的，可能會扭曲真實的面貌(Krutetskii, 1976)。Kantowski(1981)發現：放聲思考法會使口語報告解題與沉默解題的不同。而 Treagust(1986)指出，晤談法不適合教師在實務教學中使用，也不適合大樣本的調查研究。由於上述方法能採用的樣本少以及記錄的形式，導致不易自動分析。再加上一般受測者在傳統題型內的作答過程中的操作行為甚少，能蒐集到的作答歷程有限，導致無法從中找出受測者在學習上的迷思(黃文信，2010)。而如果使用紙張、錄音或錄影的方式來儲存與記錄學習者的學習歷程，則不便觀看和理解其內容，並且學習歷程的資料會累積，在管理和搜尋上很耗費時間和精神，更不論教學者還要理解歷程並提供回饋(陳得利，2002)。

在現今資訊科技的時代，線上測驗十分盛行，但是先前許多線上測驗採用選擇題形式。選擇題型，只能針對學生最後的答案，予以計分，無法確認學生是猜對的或是真正

學到正確的概念(莊峰魁, 2010)。而學生對於試題不了解, 他還是有 50%(是非題)或 25%(選擇題)的機率來猜對相關試題之答案。為了避免這種情形及觀察學生的作答歷程, 研究者採用國立台中教育大學軟體工程實驗室所開發出的「互動式題目分享創作及評量系統」(ITIS), 此系統可以真實呈現學生作答的操作過程, 也避免學生使用猜測的方式完成作答。在施測完畢之後, 可以記錄學生的答題結果, 給予學生即時回饋, 也將學生作答歷程記錄下來, 透過分析學生的作答歷程, 可以了解學生真正的錯誤類型所在。

教師在學生的學習過程中, 除教導學生新的知識及概念之外, 更重要的是了解學生的學習狀況, 如此才能適時糾正學生在學習過程中產生的錯誤, 並引導學生建立正確的數學概念(祝仰濤, 2003)。綜合以上, 本研究依據研究者所建構的等差數列知識地圖, 使用「互動式題目分享創作及評量系統」(ITIS)設計等差數列單元題目, 來分析學生的作答歷程, 其錯誤的作答是哪一個概念不清楚所導致, 是欠缺等差數列知識地圖的哪一節點概念。本研究分析學生在學習等差數列的作答歷程, 希望能使本研究提供給日後教學者在等差數列教學時之參考。

1.3 研究目的

基於上述背景與動機, 本研究的目的主要在探討學生在等差數列單元的作答歷程及其類型。以期可提供給國中數學教師在教授等差數列單元時的相關參考。

主要研究目的有以下三點: 主要研究目的有下列:

- 一、分析及歸納學生在等差數列單元互動式測驗時作答的行為歷程。
 1. 分析行為的作答種類。
 2. 找出特殊的作答行為。
- 二、探討學生作答錯誤概念與知識地圖的關聯。
- 三、研究「互動式評量系統」題型與學生作答行為風格的關係。

1.4 研究問題

針對研究目的所提出的待答問題如下：

- 一、藉由互動式題目分享創作及評量系統，學生是否可以在作答中找出正確答案？
 1. 哪一種學習成就學生較能在作答中找到正確答案？
 2. 學業成就高、中、低三組，其在線上測驗和紙筆測驗的表現差異為何？
- 二、學生作答行為歷程的類型？
 1. 答對有哪些類型？
 2. 部份答對有哪些類型？
 3. 答錯有哪些類型？
- 三、藉由學生作答歷程分析，從學生的答題錯誤行為，可否從知識地圖中，找出其錯誤概念所在？

1.5 名詞解釋

1.5.1 學習成就

學習成就係指學生在學科學習之後所做的測驗之成果表現。

本研究的學習成效是指學生在研究者自編的「等差數列線上測驗」、「等差數列紙筆測驗」其線上測驗與紙筆測驗的成績表現，線上測驗分數減去紙筆測驗分數得分越高者代表學習成效越佳。

1.5.2 作答行為歷程

學生在線上測驗作答時，解題的行為過程。

1.5.3 作答行為風格

本研究主要根據學生線上在測驗中答對的行為方式，依其更改答案次數、是否依題意要求次序作答，其表現視為其作答行為風格。可分為四型：摸索型、熟練型、猶豫型、深思型。

1.6 研究範圍與限制

本研究以國二數學「等差數列」作為測驗的內容，希望將本研究的結果作為協助教師在等差數列單元教學時，了解學生錯誤概念的參考依據，但因限於時間、人力及經費等問題，使得本研究結果運用受到以下幾點的限制：

1. 本研究的實驗設計採方便取樣的方式，以中部某兩所國中二年級學生為實驗對象，故本研究的結果無法對其他群體做過度的延伸及推論。
2. 本研究所採用之教材內容為南一版國二數學「等差數列」單元，所得之結果僅能推論國二數學「等差數列」單元之學生錯誤概念的參考，對於其他的教學單元，無法做過度的推論。

二、文獻探討

2.1 概念圖與知識地圖

2.1.1 概念圖

在 1968 年 Ausubel 提出了學習理論，學習者可將學得的新知和他既有的概念知識做連結，形成有意義的命題，這就產生一個有意義的學習過程，也就是所謂「有意義的學習」。Novak 和 Gowin(1984)兩人依據 Ausubel 的學習理論，發展了一套教學方法來做為評量工具，稱之為概念圖。它是用來表示知識觀念、顯示各概念間如何被連結，是一種容易幫助學習者認知概念內容的技術(Novak & Gowin, 1984; Novak & Musonda, 1991)。

概念是指可被某些名稱或符號表示出來的事件或物件之共同性(Novak, 1979)。以某種特殊的方式，將兩個或多個概念聯結起來，便可以構成一道命題(propositions)。「命題」可能是有意義的，也可能是無意義。命題是有意義時，它即是一道有效的命題，有效的命題即是人們學習的重點；相反的，當命題無意義時，它便是一道無效的命題，這是學習錯誤與干擾的來源，人們應盡力避免它們。

概念圖是由命題(propositions)所組成，每一個命題包含兩個以上的概念節點(concept nodes)以及這些概念之間的連結語(relation link)。概念在概念圖中以階層(hierarchy)的方式呈現，一般性、概括性的概念排於概念圖中的上層，較特定、具體的概念則排在概念圖中的下層，最下層的往往是最具體的範例(陳淑芬 & 張國恩, 1997)

概念圖主要是用來描述一個人的概念性知識，其表現出某種主張裡的一組相關概念。而這些概念則代表著某一事物或事件的常規，概念與概念之間則由一些文字所連結，其中包括了概念的確認與一般性的概念與特定概念的重組，而後形成一個主張，且由聯結線、層次、交錯聯結以及類舉，來做有機性的組成。

由上述可知，概念圖對學習的優點為下列：視覺的符號迅速而易於瞭解。減少文字運用，使其易於審視一個字、句子或是一般的構想。將概念以視覺呈現，使得以發展出單純文字所無法傳遞的全面完整意念的理解。

2.1.2 知識地圖的意義

知識地圖、概念圖與語意網路 (Semantic Network) 皆是視覺化概念、知識與關連之表達方式 (McCagg & Dansereau, 1991)。知識地圖是一種視覺化表達知識來源與關係的工具 (Kang et al. 2003)，也是一種視覺化的指引、指南，提供可以按圖索驥的優點 (Davenport & Prusak, 1998)。

在網際網路的年代，因為資訊資源太豐富、關聯太複雜，促使能清楚表達知識元件間關聯之知識地圖成為重要的研究議題 (Wang 2002)。

知識地圖是由 Dansereau 在德州基督教大學任教時，所發展出的學習輔助技術，這套技術稱為知識構圖 (Knowledge Mapping)，繪製的圖就稱為知識地圖 (McCagg & Dansereau, 1991)。知識地圖可以定義為一個二維的混合「節點與連結 (Node & Link)」空間性排列之顯示方式，以表達指定的知識領域之概念性、關聯性 (Newbern & Dansereau, 1995)。並在各概念節點之間，再以連結線、箭頭方向與連結線關係詞等成份元素，呈現概念間的關係，稱為標示連結 (labeled links)，進而形成知識地圖的結構與組織。

2.1.3 知識地圖的特性

1989 年 Dansereau 提出知識圖的連結系統，將知識地圖連結依概念內容組織方式加以分類 (McCagg & Dansereau, 1991)，其特殊的連結方式也成為知識地圖的特色。他們將連結分為三類，每個連結都包括一個箭頭，以顯示出連結關係的方向性，並在連結上加入代表連結關係內容的英文字母縮寫，簡單而清楚地標示概念間的關係。第一類為敘述性關係 (靜態連結)，用以解釋概念間一種靜態的結構關係。第二為動態連結，表示連結概念之間一種變動與改變的關係。第三則是結論性關係，主要為擴展延伸概念的資訊。此三類連結的詳細說明與範例請參見圖 1

	屬性名稱	代表符號
敘述性的關係 Descriptive Relationships	屬性 (characteristic)	—C→
	包含 (part)	—p→
	類型 (type)	—T→
動態關係 Dynamic Relationships	影響 (influences)	—I→
	導致 (leads to)	—L→
	接續 (next)	—N→
結論性關係 Instructional Relationships	類似 (analogy)	—A→
	註解 (side remark)	—S→
	範例 (example)	—E→

資料來源：D. Newbern and D.F. Dansereau(1995). Knowledge Maps for Knowledge Management. In Wiig, KM. (eds.) Knowledge Management Methods. Texas:Schema Press, 1995.)

圖 1 知識地圖特性

2.1.4 知識地圖與概念圖的差異

知識地圖與概念圖的差異如下：

1. 知識地圖中的連結有固定幾種名稱，概念構圖則無固定規則。
2. 知識地圖比概念圖強調連結 (Chain) 與群集 (Cluster) 的關係，因此知識地圖較能表現複雜的關聯(Crampes et al. 2006)。
3. 知識地圖在協助溝通與學習方面有其助益，知識地圖可以簡單的圖示中呈現多樣的關聯與結構性 (Chmielewski & Dansereau 1998)。
4. 知識地圖比概念圖更容易顯示知識內概念間複雜的關係(Crampes et al., 2006)。

綜合以上差異，故本研究擬採用知識地圖來建構等差數列單元概念，以期能提供學生指南，迅速了解複雜概念間的關聯，從而具備本單元相關的知識。

2.1.5 知識地圖輔助學習的相關研究

由以下文獻可知，運用知識地圖於輔助學習上的確有相當良好的教學成效，但其成效多為使用在輔助教學上，少有探討學生作答歷程與知識地圖之間的關係，故本研究擬探討知識地圖補足學生作答時概念缺失，以做為教師設計教材及教學時的參考。國內外知識地圖輔助學習的相關文獻與研究結果整理如表 1。

表 1 知識地圖在協助學習方面的相關研究表

研究者 / 年份	研究對象	研究內容	研究結論
Tzone-I. Wang 2011	小學教師及學生	教材內容：自然科 實驗內容：分兩階段實行，第一階段未用知識地圖輔助教學，第二階段使用知識地圖輔助教學。 評量：線上記錄、問卷、訪談。	使用知識地圖輔助系統，視覺化呈現相關知識，使其易讓學生了解，幫助學生清楚其所忽略的知識。
盧信彰 2010	高、國中及國小學生	教材內容：數學 實驗組：社會臨場感因素融入平台社會互動設計情境模組，結合動態幾何知識地圖的科技工具，探討數學概念學習的學習模式。 評量：網路測驗(選擇題)，現場電腦測驗、筆試	運用動態幾何知識地圖的科技工具可提高學習思維。
謝明釗 2009	大學生	教材內容：ADO.NET 實驗組：使用知識地圖上課。 控制組：未使用知識地圖上課。 評量：電腦測驗(選擇題)	知識地圖能有效的提高學習成效，增加學生學習過程中對知識的了解。
黃天鴻 2003	大學生	教材內容：資料庫應用 實驗內容：將教材經分析為具知識化的網路教材，了解學生在進行學習時可能產生的迷思概念，並建構一系統給予協助。 評量：電腦測驗(選擇題)	將知識地圖應用在適性化學習，改善傳統迷思概念的學習診斷方法，有效地進行學習回饋，提升學生的學習成效。

續表 1

研究者 / 年份	研究對象	研究內容	研究結論
Hall et al. 1999	大學生	<p>教材內容：描述交感神經副交感神經系統間關係之知識地圖</p> <p>實驗組：閱讀完指定之知識地圖教材後進行彙整摘要</p> <p>控制組：當實驗組進行彙總摘要時，持續閱讀指定之知識地圖教材</p> <p>評量：自由回憶測驗</p>	有配合學習後活動之實驗組比一直進行閱讀之控制組較能記憶較多的資訊。
Chmielowski & Dansereau 1998	大學生	<p>教材內容：(1)古柯鹼歷史、描述與治療法等文章段落</p> <p>(2)交感神經組系統文章段落</p> <p>實驗組：學習指定教材前先施以知識構圖訓練</p> <p>控制組：直接閱讀指定教材</p> <p>評量：自由回憶測驗</p>	實驗組在巨觀的回憶程度優於控制組的受測者
Gardner & Monaghan 1996	大學生	<p>教材內容：醫療課程</p> <p>實驗組：一組使用知識地圖上胃腸道課程，用傳統教學上心血管課程。</p> <p>一組使用知識地圖上心血管課程，用傳統教學上胃腸道課程。</p> <p>評量：likert-scale</p>	使用知識地圖比傳統教學更易學習。使用知識地圖易於描述概念間的互動關係。
Hall & O'Donnell 1996	大學生	<p>教材內容：基本心理學</p> <p>實驗組：以知識地圖表現自律神經系統之教材。</p> <p>控制組：以傳統文字表現自律神經系統之教材。</p> <p>評量：自由回憶、主題專注度、學習動機</p>	實驗組在自由回憶、主題專注度、學習動機等的表現比控制組好。
Scevak et al. 1993	高中生	<p>教材內容：歷史課文</p> <p>實驗組：學習將重要資訊在圖中顯示，並製圖。</p> <p>控制組：閱讀與討論指定教材，並寫一篇短文。</p> <p>評量：選擇題、探測性回憶測驗、自由回憶測驗</p>	實驗組比控制組成績表現較優異。

資料來源：謝明釗(2004)，研究者補充整理

從上表中，可發現知識地圖在輔助學習成效如下：

1. 知識地圖比文字式教材的呈現方式對於主要觀念記憶方面，有較佳的學習效果。
2. 對於低言語能力或低先備知識之學習者，以知識地圖的教材呈現方式，有較佳的學習效果。
3. 學習者以知識地圖為學習輔助工具比文字式之學習效果較佳。

另外由上表中，發現大部份知識地圖都使用在教學時的輔助，很少用於測驗時指引學生的錯誤概念。且實驗對象大多為大學生，用於國中生學習的研究少。評量方式皆為選擇題，無法完整呈現其作答歷程。所以，研究者運用本互動式評量系統，想了解學生在作答時，知識地圖是否也可指引其錯誤概念所在，提昇學生的學習成效。

2.2 等差數列

2.2.1 樣式規律的意義

什麼是「規律」呢？曹亮吉(2003)根據「pattern」數學的獨特性質與諧音，稱之為「胚騰」，意思就是「其來有自的表現」，代表任何一個看似或特別的現象，背後都隱含著某種依據或規律。我們的日常生活中的事物莫不隱藏著數和形，所以尋找數和形的規律及過程是學習數學的目的所在。黃敏晃(2000)強調對中小學生而言，每一個規律的察覺，都會讓學生擁有「找到了」的成就感，並不是只有被動的學習就可得到，自己必須付出努力，才能有所發現，此種成就感會使學生在學習數學上產生強烈的動力。能提升學生在數學學習上的成就感，就能提高學生的學習興趣。所以，尋找規律在數學學習上佔有極重要的地位。

Steen(1990)提到，學生必須大量接觸與他們生活相關的適切的豐富樣式規律題材，從中察覺樣式規律的多樣性、規律性及相互關聯性，才能獲得數學性的成長。

2.2.2 樣式規律在代數學習上的重要性

Steen(1988)指出人類的數學語言就是用來描述樣式規律(pattern)的。樣式規律

(pattern)、關係(relationship)和函數(functions)三者被稱為代數思維(algebra thinking)的重要想法(Howden, 1989)。

國內九年一貫的數學課程在代數領域提到，代數的學習應從學生生活經驗中的數量關係開始，培養每位國民觀察數量關係，展現數量關係的數學結構之能力。從中使學生透過合理的推論，提升思考的層次，發展代數的思維(李美蓮，2004)。Jennifer(2001)提到代數能力的達成是從認識和延伸規律的探索開始。而 NCTM(1989, 2000)也提出：代數教學必須將數的領域與持續發展視為一門規律與序列的科學。從不同形式中辨識相同的規律，運用規律來預測，最後才引入代數符號的學習。

從 NCTM(2000)所列的課程標準，自小學到高中階段，數形規律都是代數課程中重要的內容，所以，讓學生懂得如何去發現規律，在理解後利用代數式推廣一般化並預測之，是學生學習數學的主要任務之一，也是一種必備的基本能力。

National Research Council(1990)和 NCTM(2000)認為歸納數字情境可在以數與計算為要素的數學內容與代數之間作很強的連結。以學生既有的數與計算能力為基礎而設計的歸納活動，可以引導學生發展更多元及獨特的思考，使他們對代數的符號表示有更深層的認識。NCTM 也指出透過探討數量關係規律性的學習活動，學生可以表示，分析數學情境，發展數學模式，在問題情境之下分析變數的性質。

綜合上述，可以得知規律在代數學習上扮演著不可或缺的角色，在國二階段，樣式規律其相關教材即為等差數列。學生如具備有觀察規律，尋找規律，進而將規律關係代數表示的能力，則學生在代數學習上必能事半功倍。

2.2.3 等差數列的相關研究

學生學習等差數列實為代數思維的基礎，研究者參考近年來學者的相關研究，整理如下表 2

表 2 國內外等差數列相關文獻

研究者 /年份	研究主題/篇名	研究對象	研究結論與建議
謝宇笙 2011	運用互動式電子白板系統於國小六年級數學學習成效之研究-以數列與圖形序列單元作為補充教材教學為例	小六學生 10人	<ol style="list-style-type: none"> 1. 探討學童於解決數形規律問題時其解題能力。 2. 使用電子白板的實驗組學生，在形數規律問題及形數規律情境問題上有較佳表現；在後測與前測中，實驗組的低成就學生進步最多。
葉晉佳 2009	二年七年級資優生在數形規律的解題表現之研究	國一學生 2人	<ol style="list-style-type: none"> 1. 探討資優生在數形規律的解題表現。 2. 發現學生善用先備知識擬定其解題計畫，並運用除法原理發展一階等差數列的解題策略。
余庭璋 2007	國二學生在數形關係與等差數列之錯誤類型分析研究	國二學生 360人	<ol style="list-style-type: none"> 1. 分析學生在學習此單元時所表現的數學概念及解題表現，找出學生常犯的錯誤類型及錯誤的原因。 2. 學生對新舊經驗的連結能力不足，解題時缺乏有效的解題策略。教師可多引導學生使用各種解題策略，讓學生多做不同題型練習。
陳亮君 2006	國中小學生數學胚騰覺察能力發展概況之探討	小六學生 329人及 國一學生 303人	<ol style="list-style-type: none"> 1. 研發電腦化數學胚騰覺察測驗，以小六及國一學生為常模樣本，描述學生學習胚騰察覺能力。 2. 在電腦學習輔具介入後，使用輔具的實驗組其胚騰覺察能力優於未使用的控制組。
李美蓮 2004	一位國二學生在等差數列解題表現之研究	國二學生 1人	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在研究對象解題時，適時介入並提供學習鷹架支持，探究教學前後的解題表現。 2. 研究問題可設計較具體的情境，有利學生學習。
洪明賢 2003	國中生察覺數形規律的現象初探	國二學生 1969人	<ol style="list-style-type: none"> 1. 探討國中生對不同結構的數形規律之察覺情形。探討的規律結構：重複、對稱、旋轉、屬性、數列五大類。 2. 教師選擇適當的教材教學，善加培養學生的察覺能力，對數學學習有助益。

研究者整理

由上列研究可發現探討學生的概念迷思多採用放聲思考法，受限於記錄不易，所以樣本數少，代表性不足。而採用電腦輔具的研究，試題主要為選擇題型，由於題型限制，

只能由學生的答案判別是否具有相關的概念，無法更深入了解學生的真實思考過程。如能透過本研究所採用的系統分析學生作答歷程，對教學者瞭解學生的錯誤概念，可以提供更多的助益。

2.3 作答歷程與錯誤類型研究

數學教育的研究，開始在 1970 年代後期到 1980 年代漸漸轉向以歷程為導向的質的研究。謝淡宜(1998)提出由學生作答錯誤類型的研究分析，可瞭解學習者的解題歷程。觀察學習者的作答過程，就可了解其錯誤成因，與其認知能力和相關概念間的關係，更可以由學習者觀看自己的作答過程，使其反思並建構自己的概念。

2.3.1 作答歷程

學習者在解題的時候遭遇到困難，會利用自己現有的知識主動建構出新的知識，如學習者在學習時原本就存有錯誤的概念，便會因此產生錯誤。此種屬於知識重整而引發出來的錯誤，如不能即時加以引導修正，一旦深化為學習者的固有認知，就不容易改正(邱琬婷，2002)。

Hauff & Fogarty(1996)發現成功的解題者，在解題歷程中出現較多的監控行為。是否能對自己的解題歷程作自我評估是影響解題成敗的相關因素之一(梁新正，1996)。不同數學能力的學生，在整體解題歷程表現上有顯著差異(蔡佳錚，1997)。許多研究指出高數學能力者在解題歷程中，具有較佳的問題轉譯、解題監控，及回顧解答等表現；也具有較佳的檢查、監控與修正能力，較能找出解題過程中錯誤之處。而中、低解題能力者則較少主動回顧解答(楊瑞智，1993；劉國芬，1996；郭美如，1998；林奕宏，2000)。

Kilpatrick(1985)指出想要成功解出一道複雜的數學題目，解題者須具備三種能力：擁有豐富且系統化的數學知識、能表徵並轉換問題的處理能力以及有控制系統能導引及挑選出有用的知識與過程。Mayer(1985)提到解題方面時，強調數學學習不只是在求得正確答案解，更應該重視問題解決的歷程。否則，學生只會解決問題，但對數學的理解只是局部的，無法獲得完整的數學能力。

綜上所述，學習者要成功解題，必須能瞭解及分析題意，從數學概念中辨別並決定應該使用的解決方法。高數學能力者大多會有自我修正、監控的能力，中、低數學能力者相關能力較差。如果能提供學生操作學習的機會，學生是否會能提昇自我修正的能力，值得我們去研究探討。

2.3.2 錯誤類型

錯誤是學習過程的重要一環，不論教師在教課時再怎樣用心，學生在解題時仍會出現錯誤(梁淑坤，1996)。Schwarzenberger(1984)提到：錯誤在數學中和正確答案一樣重要，錯誤可以幫助我們了解數學的來龍去脈，是教學中最重要的助力。然而，錯誤雖有其存在的價值，但是並非每一個學生都能修正自我的錯誤觀念。學生存有的錯誤想法如果沒有修正，將會干擾學生之後的學習，並影響到以後的學習效果(Hewson, 1982)。所以，幫助學生改正其錯誤的概念是教師在教學時必須要注意的。

早期的心理學家認為錯誤有兩種情形：一種是由於不小心做錯而產生，稱為疏忽(slips)；另一種是由於學習錯誤的觀念或程序而產生的，稱為系統性錯誤(systematic errors)。由於疏忽是由於注意力被分散所導致的(Anderson & Jeffries, 1985)，它的產生被認為是不規則的，所以並沒有引起太大的注意。而另一方面，系統性錯誤則被認為是由於某種錯誤知識，或是由於缺乏某些必須知識而引起的，因此較受到研究者的重視。通過對系統性錯誤的研究，可以加深對學習過程的認識，由此認識，又可以用來診斷學生的錯誤，以減少重覆犯錯的可能性(李芳樂，1993)。

錯誤類型分析的前提在於「錯誤」可以反映出學習者心智模型(mental model)與正確類型之間的差異，是了解學習者作答行為本質的最佳工具之一(黃慕萱，1997)。而心智模型是指個體對其所接觸的人、事、物，在心中所形成的知識架構，根據此架構來解釋各種事物及預測可能發生的結果(吳文鴻，2002)。

下列的研究都指出瞭解數學概念錯誤的原因，對於促進學習成效有助益。

張景媛(1994)提到：數學教育心理學研究的是知識與錯誤概念之間的關係，本研究也希望透過統整其錯誤類型，探討分析學生的作答歷程及犯錯原因，冀望能提供學生有

效的回饋，了解其概念迷思所在，提高其學習成效。

黃敏晃(1998)認為，小孩的行為(包含不是由不小心而引起的錯誤在內)都是學習而來。而教育研究者的責任之一，就是找出小孩子錯誤行為背後的原因。因此，當學生犯錯時，應該找出其錯誤原因，再加以適當的引導。而郭丁熒(1992)在有關學生錯誤的二十個問題中，也認為將學生在科學學習中所產生的錯誤予以特徵化，做出學生錯誤性質及類型之分析，將有助於解決其迷思概念。

以下將就學生在解題過程中所產生的錯誤類型探討國內外學者的看法：

1. Mayer(1985)將學生的解題錯誤分成三類：

(1)遺漏的錯誤(omission error)乃因對命題不能完整回憶的結果。

(2)細節的錯誤(specification error)是指在陳述句中，一個變數轉換到另外一個變數的能力不足所致，如公升改成公合。

(3)轉換的錯誤(conversion error)無法將關係句的形式轉換為陳述句的形式。

2. 九章出版社(1995)在「錯解辨析」一書中將學生的錯誤類型分為：

(1)由於概念不清產生的錯誤：包含概念實質模糊、混淆相似概念及循環定義概念等產生的錯誤。

(2)由於推理無據產生的錯誤：包含臆造定理、濫用法則、循環論證、論證不足及方法不對等產生的錯誤。

(3)由於忽視條件所產生的錯誤：包含忽視概念中的隱含條件、忽視所使用的定理、公式、法則的適用條件、忽視取值範圍的變化、忽視約束條件中的隱含條件、忽視條件的充分性與必要性、錯誤理解條件、遺漏或濫加條件、忽視結論特徵中的隱含條件、把給定的一般條件特殊化等產生的錯誤。

(4)由於考慮不周產生的錯誤：包含審題馬虎、形式套用、顧此失彼、忽視特例、以偏概全及檢驗不當等產生的錯誤。

而在數列規律方面，余庭瑋(2008)將數列規律的錯誤類型分成下列：

(1)基本公式的熟練度不足。

(2)項數的錯誤觀念或推算到錯誤的項數。

- (3) 計算能力不足；粗心大意。
- (4) 公差的錯誤觀念。
- (5) 等差數列公式與等差級數公式的誤用或混用。
- (6) 無法利用等差中項的性質解題或是缺乏等差中項的概念。
- (7) 無法有效利用正確的公式解等差數列的應用問題。
- (8) 誤解題意。

綜上所述，了解學生的錯誤成因及類型對於教師是很有助益的。因為教師了解學生的概念錯誤所在，就可採取適當的教學策略；而學生因為教師能了解其成因，迅速找到自己錯誤之所在，減少彼此的摸索，促進學生的學習。因此，協助學生改正錯誤的概念是教師在教學時非常重要的工作。



三、系統設計與實作

本研究依據學習者在使用「互動式測驗」狀態下受測時的操作行為，進行作答行為分析，提出一個操作題型的作答行為模型，以此模型將學習者作答時的操作行為進行步驟拆解；並找出學習者作答時的操作行為的特性，予以歸納且分類，藉此了解學習者的學習狀況，以提昇學習者的學習成效

3.1 系統作答模型

將學習者在作答時的行為歷程，依其作答次數、答題次序、作答結果，得出學習者的作答行為模型如下圖 2：

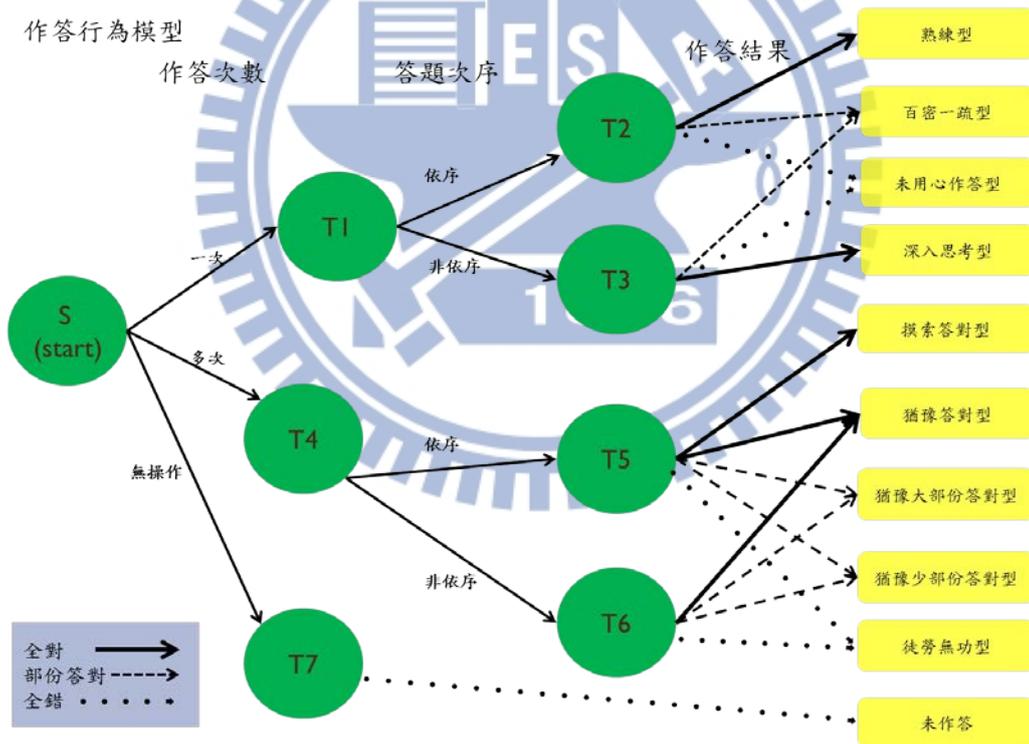


圖 2 作答行為模型

學習者在開始使用「互動式評量系統」狀態下測驗，進入題目作答時，依據其題目的子項目更改答案次數，可分為一次、多次以及無操作三種情形。

在作答一次(子項目答案作答後未再更改答案)情況下，行為模型中記為(T1)。再依答題次序(依照題目要求次序)區分為依序(T2)及非依序(T3)兩種形態；在(T2)情形下，

依作答結果分成熟練型、百密一疏型、未用心作答型；在(T3)情形下，依作答結果分成百密一疏型、未用心作答型、深入思考型。

在作答多次(子項目答案作答後還更改答案)情況下，行為模型中記為(T4)。再依答題次序(依照題目要求次序)區分為依序(T5)及非依序(T6)兩種形態。在(T5)情形下，依作答結果分成摸索答對型、猶豫答對型、猶豫大部份答對型、猶豫少部份答對型、徒勞無功型。在(T6)情形下，依作答結果分成猶豫答對型、猶豫大部份答對型、猶豫少部份答對型、徒勞無功型。

在未操作或已操作但又取消答案的情況下，行為模型中記為(T7)，該題沒有得分。

3.2 作答行為判別參數

本行為模型為學生單題作答時的模式，判別的參數共有下列 5 種，分別如下：

1. 作答的次數(一次、多次及無操作)

一次：每個子項目只操作一次(只作答一次)。

多次：每個子項目不只操作一次(作答多次)。

無操作：子項目未操作。

2. 答題的次序(依序及非依序)

依序：依題目或要求的正常作答順序。

非依序：未依題目或要求的正常作答順序。

3. 該題答案項目更改的次數(未更改及作答之後再更改)

未更改：作答時，該題的子項目在作答之後不再更改。

作答之後再更改：作答時，該題的子項目在作答後還再更改。

4. 是否答對後再更改答案(未更改答案及答對後再更改答案)

答對後未更改答案：作答時，該題的子項目作答一開始是答錯的，經多次更改後(更改的內容皆錯的)，最後答案項目答對後，且未再更改答案。

答對後再更改答案：作答時，該題的子項目作答一開始是答對或答錯的，經多次更改(更改的內容可能為對的或者是錯的)，最後答案項目可能是答對

或答錯的，而就結束作答，且未再更改答案。

5. 最後答案的正確性(全對、部份答對、全錯、未作答)

全對：該題最後作答結束時，每個子項目都答對。

部份答對：該題最後作答結束時，子項目至少答錯一個。

全錯：該題從開始作答到作答結束，全部的子項目都答錯；或者只做部份子項目，但這些子項目都答錯。

未作答：該題從開始作答到作答結束，皆未選取子項目，放棄作答；或者是操作過該題的子項目，但最後作答結束，全部子項目呈現沒有作答。

3.3 作為行為類型

本研究將學習者在使用「互動式測驗」狀態下受測時的操作行為，進行作答行為分析。在單題作答時，依據學習者答題時答案最後的對錯、作答該題的答案更改次數、答題是否依題目要求的先後次序，得到下列的作答行為類型。如圖 3

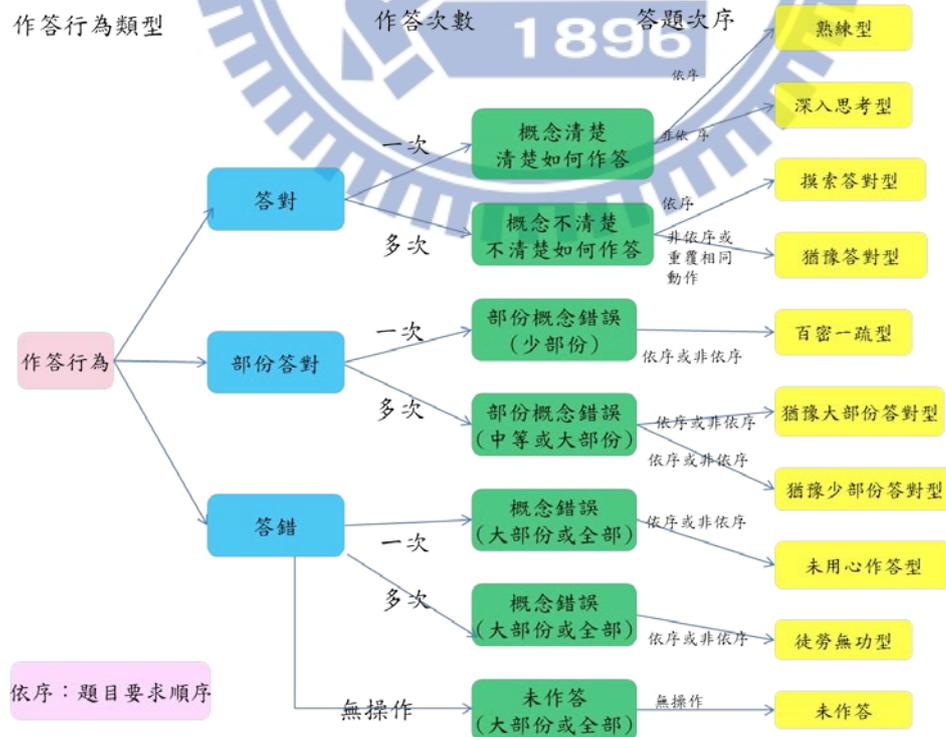


圖 3 作答行為類型

1. 熟練型：在該題作答時，每個子項目皆按照題目要求的次序作答，且作答之後便未再更改答案，最後該題答題結果全部正確。
2. 深入思考型：在該題作答時，每個子項目未按照題目要求的次序作答。先選難度較高的子項目作答，再完成難度較低的子項目，代表學習者對該題已完全掌握。學習者在作答之後未再更改答案，最後該題答題結果全部正確。
3. 摸索答對型：在該題作答時，每個子項目皆按照題目要求的次序作答，但一開始某個子項目是作答錯誤，經更改答案後才答對，且在該子項目答對後便未再更改答案，最後該題答題結果全部正確。
4. 猶豫答對型：在該題作答時，不一定按照題目要求的次序作答。在某個子項目作答後，發現有誤，在答案對錯之間猶豫不決，更改答案多次，最後該子項目答對後便未再更改答案，該題答題結果全部正確。
5. 百密一疏型：在該題作答時，每個子項目皆按照題目要求的次序作答，且作答之後便未再更改答案，最後該題答題結果為一個子項目答錯。原因可能是粗心，操作疏忽或者是該子項目的概念有誤。
6. 猶豫大部份答對型：在該題作答時，不一定按照題目要求的次序完成該題的每個子項目，經由操作中找到大部份正確的答案，最後該題答題結果為一個子項目答錯。學習者在子項目中經由操作找出的答案，正確的表示其概念不清；至於答錯的部份，則代表部份概念錯誤。
7. 猶豫少部份答對型：在該題作答時，學習者不一定按照題目要求的次序完成該題的每個子項目，經由操作中找到少部份正確的答案，最後該題答題結果為至少兩個子項目(含)答錯。學習者在子項目中經由操作找出的答案，正確的表示其概念不清；至於答錯的部份，則代表部份概念錯誤。
8. 未用心作答型：在該題作答時，學習者迅速地作答，作答之後未再更改答案，最後該題答題結果是全部子項目都答錯，表示學習者對該題的大部份或全部概念錯誤，且作答草率，敷衍了事。
9. 徒勞無功型：在該題作答時，學習者作答中一直更改答案，希望藉由嘗試錯誤

中找出答案。多次更改後，才完成該題，最後該題答題結果是全部子項目都答錯，代表學習者想努力找出答案，可惜未具備解題所需的觀念。

10. 未作答：學習者在該題作答時，想試著操作找出答案，但最後將答案都取消；或者是只看題目，但未操作去找答案，最後該題答題結果未作答。表示學習者未具備該題解題所需的觀念，所以學習者放棄。

3.4 知識地圖

研究者根據南一版國中二年級數學教材「等差數列」單元內容，結合知識地圖的特性，繪製了「等差數列」知識地圖。學習者在使用本系統作答後，根據研究者題目設計中的相關概念，將學生作答錯誤的地方，研究者將其指引到知識地圖中對應的觀念，使教學者能迅速了解學習者概念錯誤所在，以期能提高教學成效。「等差數列」知識地圖如圖 4

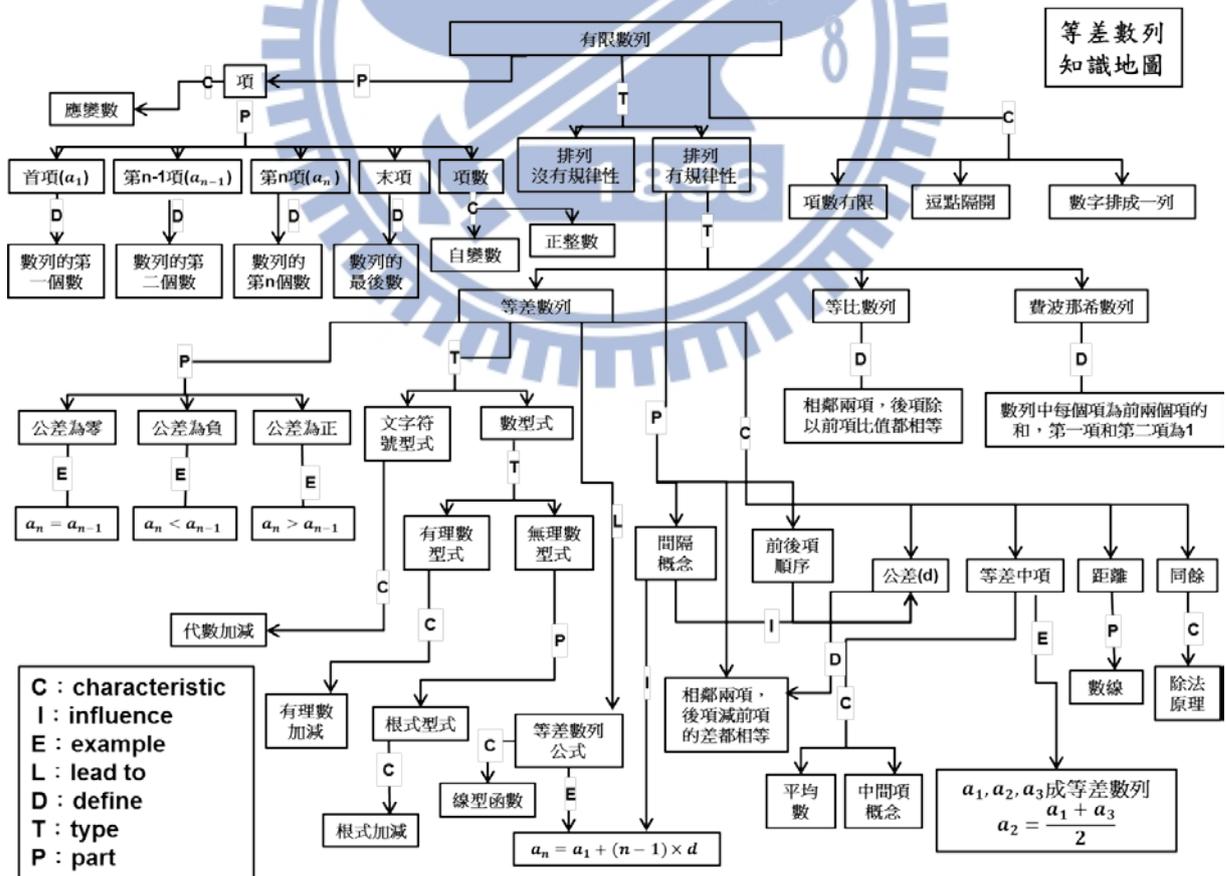


圖 4 等差數列知識地圖

下圖 5 顯示將學生作答時的錯誤概念導引至知識地圖所在位置，教學者由此可即時找出學生所需加強的概念，學習者也可得知自己概念缺失處。例如單一概念錯誤，則給予單一概念補救即可；單題不會作答，則給予該題相關概念及其聯結，使學習者對該觀念能更清楚了解。

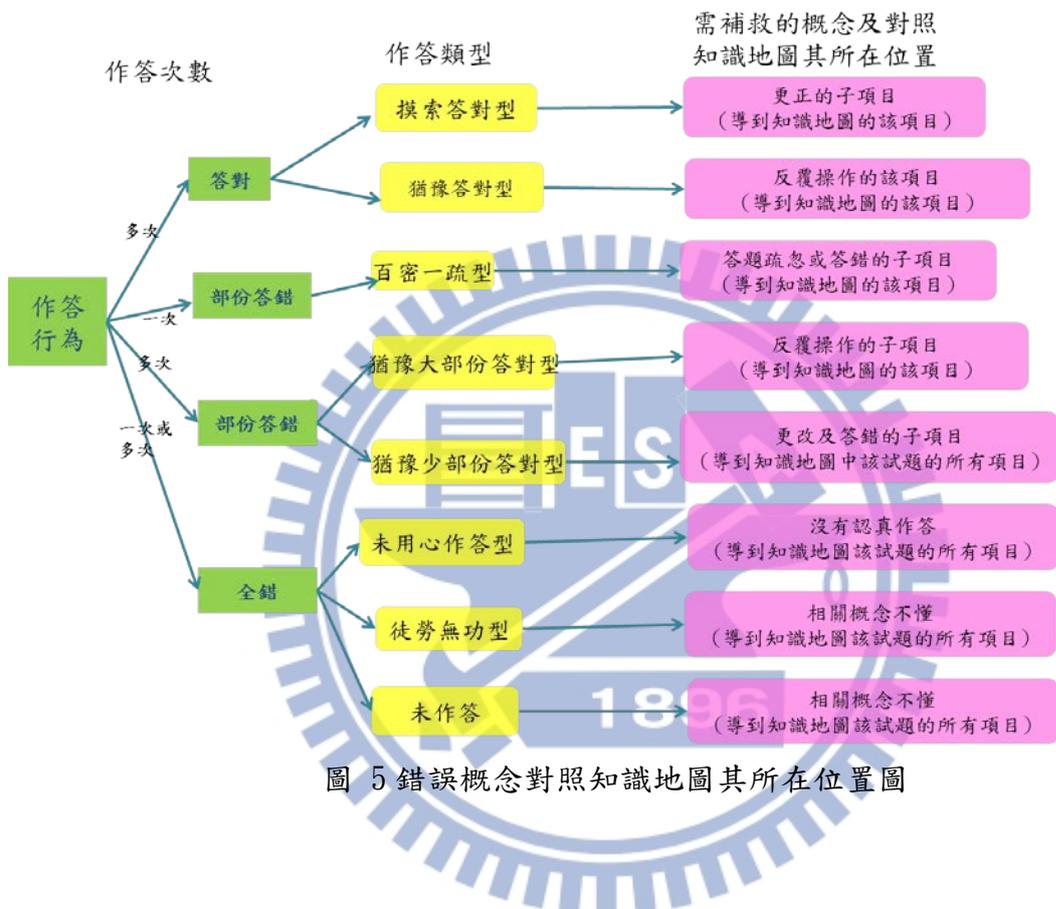


圖 5 錯誤概念對照知識地圖其所在位置圖

四、實驗設計

4.1 研究流程與架構

依據研究目的收集相關文獻資料後，將資料予以彙整，並根據所要探討的研究問題方向訂定出研究的流程及確立本研究相關變數間的研究架構。

4.1.1 研究流程

本研究先確認研究主題，根據研究背景與動機，發展出研究目的。在了解研究問題與目的之後，開始著手蒐集相關文獻進行探討。根據文獻探討去界定研究範圍，提出研究架構，並研究需要設計等差數列試卷及測量工具，依研究設計進行實驗及收集數據，再經 SPSS 軟體分析數據後得出研究結果，最後根據研究結果提出建議及未來發展之方向。本研究之研究流程如圖 6

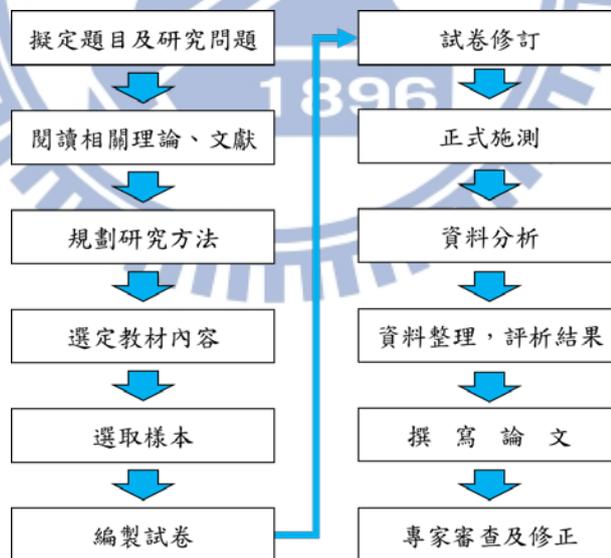


圖 6 研究流程圖

4.1.2 研究架構

本研究採準實驗研究法，藉由準實驗設計，了解不同學習成就及不同作答行為風格

的國二學生對於互動式測驗與紙筆測驗的學習成就差異。研究架構如圖 7

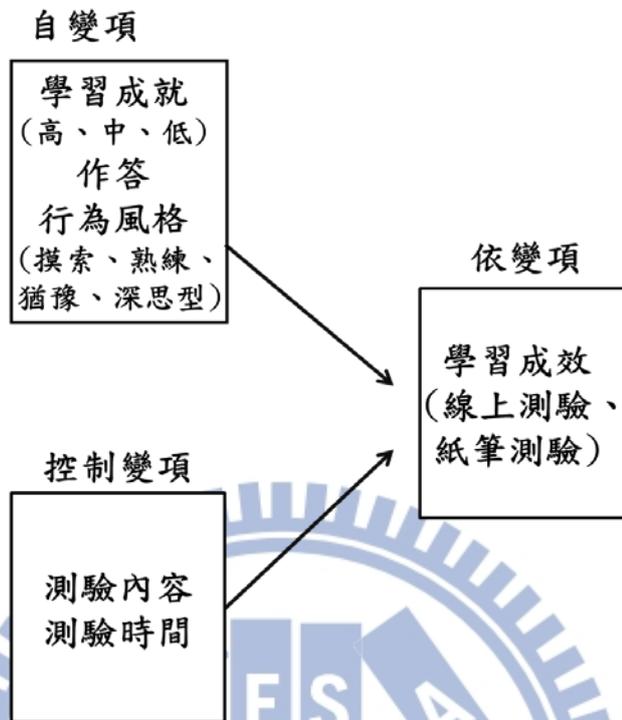


圖 7 研究架構圖

4.2 研究設計

本實驗研究採用準實驗研究法，依據本研究目的，需進行實驗研究以探討自變項與依變項之關係。以下依實驗步驟、實驗設計、實驗對象、資料處理進行說明。

4.2.1 實驗步驟

本研究的實驗步驟如圖 8，首先選定教材為國二下數學科的等差數列單元，設計線上測驗試題，先請兩個國二班級學生預試。修訂題目後，選定中部的某兩所國中的國二學生施測。於各班等差數列單元教學結束一週後，進行正式施測(線上測驗)。施測地點為兩校的電腦教室，實施測驗時間為 40 分鐘，於一週內完成兩校線上測驗施測。最後，在線上測驗結束兩週後，進行等差數列單元的紙筆測驗，各班測驗的時間，皆在段考前一週。因此，本研究有兩個測驗成績，分別為線上測驗成績，紙筆測驗延宕後測成績，將實驗結果所得的數據以 SPSS 軟體進行資料分析，並歸納出學生的作答類型。

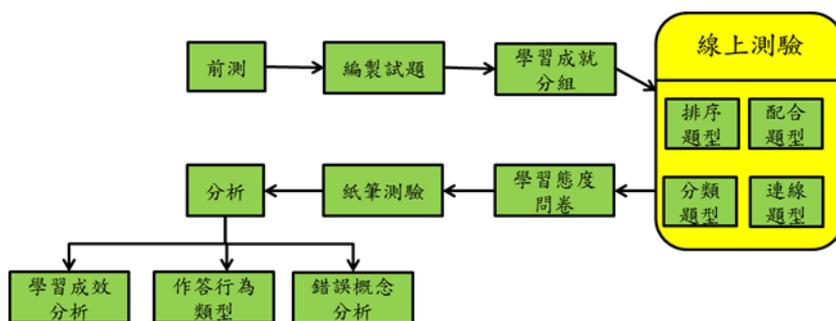


圖 8 實驗步驟圖

4.2.2 實驗設計

本研究欲控制和測量的變項分為兩類，分述如下：

一、自變項：

不同的學習成就：依照「一百學年度上學期國民中學二年級第三次評量數學科」成績將受試學生分為高、中、低三個學習成就組。

不同的作答行為風格：依照學習者在「互動式測驗」的作答行為，將學習者分為摸索答對型、熟練型、猶豫答對型、深入思考型。

二、依變項：

本研究的依變項為依據國二下數學科等差數列單元「互動式測驗」的線上測驗、等差數列單元的紙筆測驗，來檢定學生的表現。

三、控制變項：

為了減低自變項以外的其他變項對實驗效果產生影響，本研究在實驗過程中盡量掌控除了自變項之外的其餘條件，並使其盡可能相同。在實驗進行前，研究者先講解「互動式測驗」的題型操作，共有四種題型(排序、配對、分類、連線)，並予以示範，計五分鐘，測驗時間為 40 分鐘，測驗內容為國二下數學科等差數列單元，並於各班任課教師在該單元教學結束一週後施測，且於各班線上施測之後兩週，進行該單元紙筆測驗延宕後測。

4.2.3 實驗對象

本研究國中二年級學生為研究對象，線上測驗預試以中部某國中兩個二年級班級學生為對象，受試者共 64 人，將測驗結果進行試題難度與鑑別度分析，作為刪除或修正試題的依據。

正式實驗對象為中部某兩所國中二年級學生，計有 11 個班，349 位學生。

本研究在實驗前，將受測學生依其一百學年度上學期第三次段考成績分組，採 27%、46%、27% 三個比例分成高成就組、中成就組、低成就三組，各組的人數分布如表 3

表 3 實驗對象分組

實驗對象	低成就組	中成就組	高成就組	合計
國中二年級學生	98	149	102	349

4.2.4 資料處理

研究中所搜集之實驗數據，以 SPSS 為主要統計工具，於實驗後，彙整學生的相關測驗成績與學習態度問卷進行量化分析，針對學習成效採單因子變異數分析，而學習態度問卷則以描述性統計進行分析，分析步驟如下，細項如所示：

1. 變異數同質性檢定

均先以 Levene 法進行變異數同質性 (homogeneity of variance) 檢定，未達顯著水準，故不違背假設，接著進行變異數分析。

2. 相依樣本 T 檢定

探討學生對線上測驗與紙筆測驗的學習成效。分析結果如達顯著水準，表示兩者有顯著差異，再進行各組學生的比較。

3. 單因子變異數分析

主要探討不同作答行為，對線上測驗與紙筆測驗的影響，分析。分析結果如達顯著水準，表至少一組有顯著差異，則再繼續進行事後比較。

4. 事後比較分析

以 Scheffe 法進行事後比較分析，主要用以瞭解各組之間學生學習成效的差異情形。

4.3 研究工具

本研究使用的研究工具包括 4.3.1 互動式多媒體測驗系統、4.3.2 互動式多媒體試題及紙筆測驗，各工具內涵詳述如下：

4.3.1 互動式多媒體測驗系統

本研究所製作的線上測驗題目，使用由國立台中教育大學孔崇旭博士軟體工程暨數位學習實驗室所開發的「互動式多媒體題目分享創作及評量系統」為試題編製工具。

ITIS(Interactive Test Item System)「互動式多媒體題目分享創作及評量系統」，簡稱為「互動式測驗」或「互動式評量系統」。此為 ITCBean 題型樣板的軟體元件軟體介面規格，此規格是架構在 JavaBean 底下開發完成的題型樣版元件，並發展了相對應的 ITCBean 編輯器，此編輯器是以視覺化的方式來編輯題目，可修改樣版的屬性或新增加一些樣版元素，所以可以方便又快速的編輯互動式多媒體測驗試題，使一般不懂程式語言的教師，也可以很容易地開發出具互動式效果的多媒體試題。

本系統主要分為 3 個模組，如圖 9 所示：

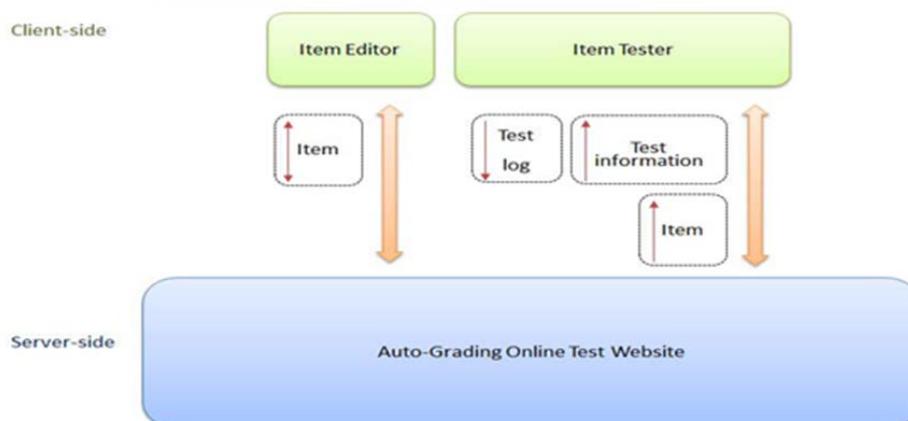


圖 9 系統架構圖

1. 試題編輯器(Item Editor)：本系統提供了 14 種不同於傳統試題的題型樣版在編輯器中提供出題者選擇，透過動態載入題型樣板 ITCBean，利用視覺化操作，配合多媒體素材和簡單的參數設定編輯出試卷，透過網路上傳試卷到自動評分線上測驗網站 (Koong& Wu, 2011)。本研究取其中四種題型樣版來編製題目，此四種題型皆使用滑鼠操作，下列為選用題型的作答方式如表 4：

表 4 互動式多媒體測驗題目作答方式表

題型	作答方式
排序	使用拖拉方式，讓演員(圖片)相互接觸，兩個演員(圖片)便會相吸，拖拉的演員會接在原本演員的後面。
配對	利用拖拉方式，將答案(演員)移到正確的位置(演員)，兩者會吸附在一起。
分類	利用拖拉方式，將同類型的演員(圖片)放在同一個作答區中。
連線	利用連線方式，將相關的演員(圖片、文字)連結在一起。

2. 題目測驗器(Item Tester)：

完成試題編輯後，出題者將試卷上傳至「互動式多媒體題目分享創作及評量系統」伺服器，指定受測班級及時間，受測者從網站接收試卷的 jnlp 檔，再透過 Java Web Start 的技術開啟題目測驗器，測驗器載入所需試卷檔，呈現多媒體試卷，進行線上測驗的同時，紀錄測驗者的操作行為。在測驗結束後，系統會自動結算分數，統計總分及答題結果，並給予受測班級全部成績排序。

3. 自動評分線上測驗網站(Auto-Grading Online Test Website)：

採用 PHP 與 My SQL 的技術建構而成，接收題目測驗器的資料和參數以儲存成績和行為歷程紀錄檔，並且管理學生帳號、上傳/下載/分享試題、進行線上測驗等(江承翰，2011)。

使用本系統進行測驗，除了教師易於編製試題，並能給予受測者即時回饋，自動計分，提高測驗的效率；再加上本系統由 JavaBean 開發，不管在哪一個作業系統皆可執行，所以本系統為一個實用的線上評量系統。

4.3.2 互動式多媒體試題及紙筆測驗

研究者依據南一版國中二年級數學教材，「等差數列」單元內容編定互動式多媒體試題(線上測驗)和紙筆測驗各一份(附錄一、二)，兩份試卷各有二十題。線上測驗試題皆為多媒體試題，紙筆測驗為十題是非題、十八題填充題。

測驗題目編製完成後，請研究者同校的三位專家(如表 5)的建議作細部修正和調整，具有專家效度。

表 5 專家教學資料表

	學歷	教學年資
A 專家	國立彰化師大科學教育所	二十年
B 專家	國立嘉義大學數理教育所	十五年
C 專家	國立彰化師大科學教育所	十二年

再找國中二年級已學過本單元的班級，二個班學生共 65 人擔任兩份試卷預試，內部一致性信度 Cronbach' s α 值分別為 0.803、0.880，皆大於 0.7，顯示有良好的信度，如下表 6。

表 6 試卷信度分析表

	Cronbach' s α 值	項目的個數
線上測驗	0.803	20
紙筆測驗	0.880	20

等差數列線上測驗試題難度與鑑別度如表 7，數據顯示難度平均為 0.546>0.5，表示測驗題目難度適中，而鑑別度平均有 0.434>0.40，表示試題有良好的鑑別度。

而紙筆測驗試題難度與鑑別度如表 7，數據顯示測驗題目平均難度為 0.513>0.5，表示紙筆測驗難度也適中，而鑑別度平均有 0.604>0.40，表示試題有良好的鑑別度。

表 7 等差數列試卷難度與鑑別度

線上測驗試卷			紙筆測驗試卷		
題號	難度 (P)	鑑別度 (D)	題號	難度 (P)	鑑別度 (D)
1	0.264	0.307	1	0.784	0.204
2	0.488	0.326	2	0.542	0.740
3	0.726	0.253	3	0.806	0.113
4	0.729	0.389	4	0.458	0.710
5	0.470	0.476	5	0.542	0.762
6	0.753	0.451	6	0.656	0.577
7	0.577	0.305	7	0.425	0.666
8	0.572	0.390	8	0.569	0.817
9	0.671	0.469	9	0.659	0.476
10	0.678	0.578	10	0.308	0.548
11	0.812	0.328	11	0.520	0.696
12	0.596	0.496	12	0.478	0.473
13	0.420	0.527	13	0.499	0.607
14	0.544	0.469	14	0.565	0.739
15	0.537	0.688	15	0.505	0.858
16	0.393	0.349	16	0.282	0.426
17	0.379	0.459	17	0.315	0.597
18	0.429	0.359	18	0.625	0.698
19	0.545	0.625	19	0.408	0.793
20	0.269	0.434	20	0.320	0.586
平均	0.543	0.434	平均	0.513	0.604

4.4 實驗結果

本節主要是將實驗所收集到的數據資料進行統計分析，本研究以 SPSS 軟體分析各個依變項與自變項之間的關係，了解自變項是否會對依變項產生影響，針對四個不同的題型進行實驗數據分析與討論，目的是要從各個分析結果了解變項之間的變化，最後也將針對整個實驗的結果進行一些原因的探究。

4.4.1 線上測驗與紙筆測驗的學習成效分析

在正式實驗前，先以每班學生之上學期第三次數學段考成績做為前測成績，進行同質性分析。

表 8 學生前測成績變異數同質性檢定
Test of Homogeneity of Variances

前測總分				
Levene				
Statistic	df1	df2	Sig.	
2.486	1	347	.116	

由上表 8 以 Levene 法進行變異同質性檢定，檢定值為 2.486，可看出兩校學生能力可視為相同； $P=0.116 > 0.05$ ，未達顯著水準，符合變異數同質性假設。

表 9 學生前測成績之單因子變異數分析

ANOVA

前測總分					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	27.291	1	27.291	.049	.825
Within Groups	193345.024	347	557.190		
Total	193372.315	348			

* $p < .05$

由上表 9 變異數分析，F 值為 0.49， $p = 0.825 > 0.05$ ，未達顯著水準。表示兩校學生程度並無顯著差異。

為了要瞭解學習者在線上測驗和紙筆測驗的差異，以全體學習者的線上測驗與紙筆測驗成績為變數，做成對樣本T檢定。在進行成對相依樣本 t 檢定之前，先進行線上測驗與紙筆測驗成績的相關檢定。由表 10可知，相關係數為.694， $p=0.000 < 0.01$ 達到顯著水準，表示線上測驗與紙筆測驗成績呈顯著正相關，可以作為成對樣本，繼續進行成對樣本t檢定。

表 10 線上測驗和紙筆測驗之相關檢定

Paired Samples Correlations				
		N	Correlation	Sig.
Pair 1	線上測驗總分 & 紙筆測驗總分	329	.694	.000

* $p < .05$

在成對樣本 t 檢定結果如表 11， $p=0.005 < 0.01$ 可知受測的全體學生之線上測驗、紙筆測驗成績有顯著差異。

表 11 線上測驗和紙筆測驗成對樣本 t 檢定摘要表

Paired Samples Test									
Paired Differences									
95% Confidence Interval									
		Std.	Std.	of the Difference					Sig.
		Mean	Deviation	Mean	Lower	Upper	t	df	(2-tailed)
Pair 1	線上測驗總分 - 紙筆測驗總分	2.878	18.288	1.008	.895	4.862	2.855	328	.005

* $p < .05$

再由表 12，可知線上測驗平均比紙筆測驗平均高 2.88 分。由統計分析可知經由「互動式評量系統」測驗，有助於提昇學生在等差數列單元的學習成效。

表 12 線上測驗和紙筆測驗的統計量

Paired Samples Statistics					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	線上測驗總分	55.27	329	17.628	.972
	紙筆測驗總分	52.39	329	25.414	1.401

再依上學期第三次段考成績，將全部學生分成學業成就高、中、低三組，使用單因

子變異數分析來探討學業成就各組和線上與紙筆測驗之關係。

表 13 線上測驗減紙筆測驗分數與學業成就之變異數分析

ANOVA

線上測驗總分減去紙筆測驗總分					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	16149.132	2	8074.566	29.070	.000
Within Groups	90550.090	326	277.761		
Total	106699.222	328			

*p<.05

由表 13 的變異數分析，F 值為 29.070， $p = 0.000 < 0.01$ ，已達顯著水準。表示各組學生有顯著差異，需再作事後檢定分析。

表 14 線上減去紙筆測驗分數和學習成就之事後檢定分析

Multiple Comparisons

線上減去紙筆測驗分數						
Scheffe						
(I) 組別	(J) 組別	Mean			95% Confidence Interval	
		Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
高成就組	中成就組	-6.671	2.199	.011	-12.08	-1.26
	低成就組	-18.907	2.515	.000	-25.09	-12.72
中成就組	高成就組	6.671	2.199	.011	1.26	12.08
	低成就組	-12.236	2.263	.000	-17.80	-6.67
低成就組	高成就組	18.907	2.515	.000	12.72	25.09
	中成就組	12.236	2.263	.000	6.67	17.80

*p<.05

因為學習成就三組學生人數並不相同，所以事後檢定採用 Scheffe 法，從表 14 中，可發現到在這三組間，兩兩都有顯著差異， $p < 0.05$ 。低成就組對中成就組，以及低成就組對高成就組， $p = 0.000 < 0.01$ ，代表有顯著差異。而中成就組對高成就組，

$p = 0.011 < 0.05$ ，表示中成就組對高成就組也有顯著差異。

表 15 線上減去紙筆測驗總分和學業成就分組描述性統計

Descriptives

線上減去紙筆測驗總分

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
高成就組	92	-4.98	15.049	1.569	-8.09	-1.86	-38	43
中成就組	153	1.69	16.742	1.354	-.98	4.37	-41	43
低成就組	84	13.93	18.149	1.980	9.99	17.87	-48	49
Total	329	2.95	18.036	.994	1.00	4.91	-48	49

由表 15，可發現高成就組學生紙筆測驗比線上測驗平均分數高，而中成就組及低成就組，反而線上測驗比紙筆測驗平均分數高，尤以低成就組最明顯，線上測驗比紙筆平均分數高 13.93 分；而中成就組平均分數也高了 1.69 分。

綜合以上，由實驗結果可知，學生在使用「互動式評量系統」測驗較傳統的紙筆測驗，測驗成績提昇。高成就組線上測驗表現較紙筆測驗差，而中、低成就組則是線上測驗表現較紙筆測驗佳。

4.4.2 線上答對紙筆答錯的學生行為風格與學習成效

由前一節中，發現到許多學生在線上測驗考試表現較紙筆測驗佳，探究其原因為何？故研究者從學習者在「互動式評量系統」的作答歷程，依其答對題目的作答操作行為，將其分為摸索答對型、熟練型、猶豫答對型、深入思考型等四類行為風格，了解這四類行為風格學生其在四種題型，線上測驗答對，紙筆測驗答錯的情形下，是否其行為風格會影響其作答結果。

在排序題型中，線上測驗答對，紙筆測驗答錯的學生共計有 256 人，依照其作答排序題型的行為模式，分為摸索答對型(204 人)、熟練型(85 人)、猶豫答對型(2 人)三種

作答行為風格，使用單因子變異數分析，了解在排序題型中，學生的作答行為風格和其學習成效有無關聯，哪一種類型學生的線上測驗成績會較紙筆測驗佳。

表 16 排序題型線上減去紙筆測驗成績與作答行為風格之單因子變異數分析

線上減去紙筆					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4625.912	2	2312.956	9.731	.000
Within Groups	68451.057	288	237.677		
Total	73076.969	290			

*p<.01

由表 16 中，發現 $p = 0.000 < 0.01$ ，代表作答行為風格與學習成效有顯著。需再進行事後檢定分析，探討是何種作答行為風格在學習成效上有明顯的影響，事後檢定採用 Scheffe 法。

表 17 排序題型線上減去紙筆測驗成績與作答行為風格之事後檢定分析

線上減去紙筆						
Scheffe						
(I) 排序類型(4)	(J) 排序類型(4)	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
摸索答對型	熟練型	8.243 [*]	1.990	.000	3.35	13.14
	猶豫型	19.049	10.955	.222	-7.91	46.00
熟練型	摸索答對型	-8.243 [*]	1.990	.000	-13.14	-3.35
	猶豫型	10.806	11.029	.619	-16.33	37.94
猶豫答對型	摸索答對型	-19.049	10.955	.222	-46.00	7.91
	熟練型	-10.806	11.029	.619	-37.94	16.33

*p<.01

由表 17 可知，摸索答對型對熟練型 $P = 0.000 < 0.01$ ，表示摸索答對型比起熟練型在學習上有顯著差異。因為這兩種作答行為風格有差異，再從表 18 描述性統計中可看出，在排序題型，作答行為風格摸索答對型和熟練型的學生，線上測驗表現比紙筆測驗

佳。摸索答對型進步了 11.55 分，而熟練型進步 3.31 分，摸索答對型進步程度大於熟練型，而人數也是摸索答對型多於熟練型。

表 18 排序題型線上減去紙筆測驗成績與作答行為風格之描述性統計

Descriptives

線上減去紙筆

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
摸索答對型	204	11.55	16.422	1.150	9.28	13.82	-47	43
熟練型	85	3.31	12.754	1.383	.55	6.06	-35	24
猶豫答對型	2	-7.50	6.364	4.500	-64.68	49.68	-12	-3
Total	291	9.01	15.874	.931	7.18	10.84	-47	43

在配對題型中，線上測驗答對，紙筆測驗答錯的學生共計有 81 人，依照其作答排序題型的行為模式，分為摸索答對型(48 人)、熟練型(27 人)、猶豫答對型(3 人)、深思型(3 人)四種作答行為風格，使用單因子變異數分析，了解在配對題型中，學生的作答行為風格和其學習成效有無關聯，哪一種類型學生的線上測驗成績會較紙筆測驗佳。

表 19 配對題型線上減去紙筆測驗成績與作答行為風格之單因子變異數分析

ANOVA

線上減去紙筆

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6334.784	3	2111.595	7.142	.000
Within Groups	22764.648	77	295.645		
Total	29099.432	80			

*p<.01

由表 19 中，發現 $p = 0.000 < 0.01$ ，代表作答行為風格與學習成效有顯著。需再進行事後檢定分析，探討是何種作答行為風格在學習成效上有明顯的影響，事後檢定採用 Scheffe 法。

表 20 配對題型線上減去紙筆測驗成績與作答行為風格之事後檢定分析

Multiple Comparisons

線上減去紙筆

Scheffe

(I) 配對題型(7)	(J) 配對題型 (7)	Mean			95% Confidence Interval	
		(I-J)	Std. Error	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
摸索答對型	熟練型	16.217	4.203	.003	4.20	28.23
	猶豫答對型	9.005	8.956	.799	-16.59	34.60
	深思型	28.255	8.956	.024	2.66	53.85
熟練型	摸索答對型	-16.217	4.203	.003	-28.23	-4.20
	猶豫答對型	-7.212	9.235	.894	-33.61	19.18
	深思型	12.038	9.235	.639	-14.36	38.43
猶豫答對型	摸索答對型	-9.005	8.956	.799	-34.60	16.59
	熟練型	7.212	9.235	.894	-19.18	33.61
	深思型	19.250	12.158	.478	-15.50	54.00
深思型	摸索答對型	-28.255	8.956	.024	-53.85	-2.66
	熟練型	-12.038	9.235	.639	-38.43	14.36
	猶豫答對型	-19.250	12.158	.478	-54.00	15.50

*p<.05

由表 20 可知，摸索答對型對熟練型， $P=0.003 < 0.01$ ，表示摸索答對型比起熟練型在線上測驗成績上有顯著差異。熟練型對深思型， $P=0.024 < 0.05$ ，所以熟練型起深思型在線上測驗成績上也有顯著差異。

表 21 配對題型線上減去紙筆測驗成績與作答行為風格之描述性統計

Descriptives

線上減去紙筆

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
摸索答對型	47	19.26	16.697	2.436	14.35	24.16	-24	49
熟練型	26	3.04	16.212	3.179	-3.51	9.59	-22	38
猶豫答對型	4	10.25	33.260	16.630	-42.67	63.17	-21	39
深思型	4	-9.00	4.082	2.041	-15.50	-2.50	-13	-5
Total	81	12.21	19.072	2.119	7.99	16.43	-24	49

再從表 21 描述性統計中可看出，在配對題型，進步程度為摸索答對型大於熟練型，摸索答對型也大於深思型；人數也是摸索答對型多於熟練型，摸索答對型多於深思型。

在分類題型中，線上測驗答對，紙筆測驗答錯的學生共計有 62 人，依照其作答排序題型的行為模式，分為摸索答對型(32 人)、熟練型(28 人)、猶豫答對型(2 人)等三種作答行為風格，使用單因子變異數分析，了解在分類題型中，學生的作答行為風格和其學習成效有無關聯，哪一種類型學生的線上測驗成績會較紙筆測驗佳。

表 22 分類題型線上減去紙筆測驗成績與作答行為風格之單因子變異數分析

ANOVA

線上減去紙筆

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6446.442	2	3223.221	11.546	.000
Within Groups	16470.735	59	279.165		
Total	22917.177	61			

*p<.01

由表 22 中，發現 $p = 0.000 < 0.01$ ，代表作答行為風格與學習成效有顯著。需再進行事後檢定分析，探討是何種作答行為風格在學習成效上有明顯的影響，事後檢定採用 Scheffe 法。

表 23 分類題型線上減去紙筆測驗成績與作答行為風格之事後檢定分析

Multiple Comparisons

線上減去紙筆

Scheffe

(I) 分類題型	(J) 分類題型	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
(11)	(11)				Lower Bound	Upper Bound
摸索答對型	熟練型	19.412	4.353	.000	8.48	30.34
	猶豫答對型	29.912	12.157	.056	-.62	60.44
熟練型	摸索答對型	-19.412	4.353	.000	-30.34	-8.48
	猶豫答對型	10.500	12.260	.695	-20.29	41.29
猶豫答對型	摸索答對型	-29.912	12.157	.056	-60.44	.62
	熟練型	-10.500	12.260	.695	-41.29	20.29

*p<.01

由表 23 可知，摸索答對型對熟練型， $P = 0.000 < 0.01$ ，表示摸索答對型比起熟練

型在線上測驗成績上有顯著差異。

表 24 分類題型線上減去紙筆測驗成績與作答行為風格之描述性統計

Descriptives								
線上減去紙筆								
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval			
					Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
摸索答對型	34	22.41	13.760	2.360	17.61	27.21	-11	43
熟練型	26	3.00	19.801	3.883	-5.00	11.00	-26	39
猶豫答對型	2	-7.50	20.506	14.500	-191.74	176.74	-22	7
Total	62	13.31	19.383	2.462	8.38	18.23	-26	43

再從表 24 中可看出，在分類題型，進步程度為摸索答對型大於熟練型的學生；而摸索答對型的人數也多於熟練型。

在連線題型中，線上測驗答對，紙筆測驗答錯的學生共計有 42 人，依照其作答排序題型的行為模式，分為摸索答對型(34 人)、熟練型(9 人)等兩種作答行為風格，使用單因子變異數分析，了解在連線題型中，學生的作答行為風格和其學習成效有無關聯，哪一種類型學生的線上測驗成績會較紙筆測驗佳。

表 25 連線題型線上減去紙筆測驗成績與作答行為風格之單因子變異數分析

ANOVA					
線上減去紙筆					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	123.353	1	123.353	.565	.456
Within Groups	8945.438	41	218.181		
Total	9068.791	42			

*p<.05

由上表中，發現 $p = 0.456 > 0.05$ ，代表作答行為風格與學習成效間沒有顯著關係。

表 26 連線題型線上減去紙筆測驗成績與作答行為風格之描述性統計

Descriptives

線上減去紙筆

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval		Minimum	Maximum
					for Mean			
摸索型	34	17.94	13.394	2.297	13.27	22.61	-13	40
熟練型	9	13.78	19.447	6.482	-1.17	28.73	-18	43
Total	43	17.07	14.694	2.241	12.55	21.59	-18	43

再從表 26 中可看出，因為樣本數不足，只有 43 人，再加上兩者間沒有顯著差異，所以不能分辨哪一種作答行為風格的學生進步較多。

由上述結果，在各題線上測驗答對，紙筆測驗答錯的學生中，依四種題型分析，得到有下列結論。

1. 在排序題型中，分數進步程度為摸索答對型 > 熟練型。
2. 在配對題型中，分數進步程度為摸索答對型 > 熟練型
摸索答對型 > 深思型。
3. 在分類題型中，分數進步程度為摸索答對型 > 熟練型。
4. 在連線題型中，各組沒有顯著差異。

4.4.3 線上測驗各題型學生作答行為分析

根據學生在「互動式評量系統」等差數列單元測驗時，四種題型答題時的作答行為來分析，發現學生的答題特性，及了解學生答對題目，代表其是否已具備題目所要測出的能力，以及學生為何會答錯，並找出概念錯誤之處，知識地圖的概念所在位置。

1. 排序題型

4. 請將下方圖片拖拉至作答區，按滑鼠左鍵拖放。
在下方六個圖形中，取四個圖形，使其形成一個
等差數列。由左至右，從小到大排列。

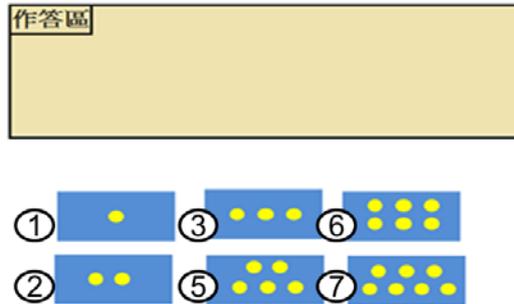


圖 10 排序題型

在此題中，依照學生的最後作答結果，分成全部答對、部份答對、全部答錯三類型。

(1) 全部答對者，再依其作答行為分為下列四型：

熟練型。學生的作答行為如下：

先拉①，依序拉③，⑤，最後拉⑦至作答區內。

深入思考型。學生的作答行為如下：

先拉③，再拉①放在③的左邊，最後拉⑤，⑦。

先拉⑤，再拉③放在⑤的左邊，拉①放在③的左邊，最後拉⑦放在⑤的左邊。

摸索答對型。學生的作答行為如下：

先拉①、②、③，將②拉離作答區，然後再將⑤、⑦，依序拉入作答區。

先拉①、③、⑤、⑥，將⑥拉走，拉⑦至作答區。

猶豫答對型。學生的作答行為如下：

先拉①，③，將③拉離作答區，依序拉②，③進作答區，再將②拉離作答區，然後再將⑤、⑦依序拉入作答區。

先拉①，依序拉②、③，再把②，③拉離作答區，然後再將③、⑤、⑦依序拉入作答區。

(2) 部份答對者，依其更改答案次數、答錯個數分成下列三型：

百密一疏型。學生的作答行為如下：

先拉①、③，最後拉⑤、⑥。

先拉②、③，最後拉⑤、⑦。

以上作答行為，非作答者該題概念有錯，應屬於作答疏忽。

猶豫大部份答對型。學生的作答行為如下：

先拉①，③，將③拉離作答區，依序拉②，③進作答區，再將②拉離作答區，然後再將⑤、⑥依序拉入作答區。

上列作答行為，屬於等差數列知識地圖中的排列有規律性概念有誤。

猶豫少部份答對型。學生的作答行為如下：

先拉②、③，最後拉⑤，⑥。

先拉①、②、③，最後拉⑤。

拉①、②、③、⑤、⑥、⑦。

上列作答行為，屬於等差數列知識地圖中的公差概念有誤。

(3)全部答錯者，依其更改答案次數分成下列三型：

未用心作答型。

拉⑦、⑤、③、②，最後拉①。

拉⑦、⑤、①。

上列學生作答，未更改答案，迅速作答完成，屬於未用心作答，本題所需的觀念大部份或完全不會。

徒勞無功型。

拉⑦、⑤、⑥，最後拉②

上列學生作答，持續更改答案，希望從答案選項中找出正確的答案，最後作答個數如題目要求，但答案全錯，表示該題所需的觀念大部份或全部不會。

未作答。

學習者在該題作答時，想試著透過操作來找出答案，但最後將答案都取消，或者是只看題目，但未操作去找答案，最後該題答題結果未作答。表示學習者

未具備該題解題所需的觀念，所以學習者放棄作答。

以上三型學生所需概念為知識地圖中從排列有規律性、等差數到公差間的概念。

2. 配對題型

19. 吸附題 請將下列相關的圖片拖放至作答區中對應的空格上，並使其吸附

小明拿了一堆棋子玩排列遊戲
第一次:放了289顆棋子，排出一個正方形，如圖一；
第二次:放了225顆棋子，排出一個正方形，如圖二；
第三次:放了169顆棋子，排出一個正方形，如圖三；
⋮
依此規則，每一次排出的正方形，其每邊的棋子數都比前一次少兩顆，請問第六次比第七次多了幾顆？

圖一 289顆 圖二 225顆 圖三 169顆

作答區

圖六 圖七

① 8^2 ② 7^2 ③ 6^2 ④ 5^2 ⑤ 3^2

圖 11 配對題型

在此題中，依照學生的最後作答結果，分成全部答對、部份答對、全部答錯三類型。

(1)全部答對者再依其作答行為分為下列四型：

熟練型。學生的作答行為如下：

先拉②至圖六，再拉④至圖七。

深入思考型。學生的作答行為如下：

先拉④至圖七，再拉②至圖六。

摸索答對型。學生的作答行為如下：

先拉②至圖六，③至圖七，發現不對，將③拉離作答區，再拉④至圖七。

概念不清部份為等差數列知識地圖中的公差概念及其定義。

猶豫答對型。學生的作答行為如下：

先拉②至圖六，再拉④至圖七，拉④離開，拉⑤至圖七，再拉走，在④

和⑤間猶豫不決，最後才決定拉④至圖七。

概念不清部份為等差數列知識地圖中的公差概念及其定義。

(2)部份答對者在本題中依其更改答案次數、答錯個數，為作答行為的猶豫部份答

對型，再分成第二個選項答錯和第一個選項答錯兩類：

第二個選項答錯。學生的作答行為如下：

先拉②至圖六，再拉③至圖七。

先拉②至圖六，再拉⑤至圖七。

上列學生作答，屬於等差數列知識地圖中的排列有規律性到公差的概念有誤。

先拉②至圖六，再拉①至圖七。

上列學生作答，屬於等差數列知識地圖中的排列有規律性到公差為負的概念有誤。

第一個選項答錯。學生的作答行為如下：

先拉①至圖六，再拉④至圖七。

先拉③至圖六，再拉④至圖七。

上列學生作答，屬於等差數列知識地圖中的等差數列到有理數加減的概念有誤。

先拉⑤至圖六，再拉④至圖七。

上列學生作答，屬於等差數列知識地圖中的等差數列、有理數加減、公差為負的概念有誤。

(3)全部答錯者依其更改答案次數分成下列型：

未用心作答型。

只拉錯的選項至圖六。

只拉錯的選項至圖七。

上列學生作答，未更改答案，迅速作答完成，屬於未用心作答，本題所需的觀念大部份或完全不會。

徒勞無功型。

拉③至圖六，②至圖七。

拉④至圖六，再拉⑤至圖七。

上列學生作答，持續更改答案，希望從答案選項中找出正確的答案，最後作答個數如題目要求，但答案全錯，表示該題所需的觀念大部份或全部不會未作答。

未作答。

學習者在該題作答時，想試著透過操作來找出答案，但最後將答案都取消，或者是只看題目，但未操作去找答案，最後該題答題結果未作答。表示學習者未具備該題解題所需的觀念，所以學習者放棄作答。

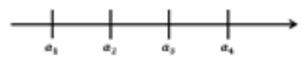
以上三型學生，所需觀念為知識地圖中的等差數列、有理數加減、公差為負的觀念。

3. 分類題型

3. 請將下列符合等差數列的圖形，拖放至綠色空格內
 分類題：按滑鼠左鍵將圖形拖拉至上方綠色空格
 欲取消已選取圖片，按滑鼠將該圖形拉出綠色空格



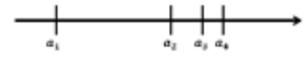
①



③



②



④

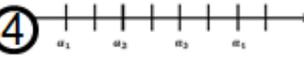


圖 12 分類題型

在此題中，依照學生的最後作答結果，分成全部答對、部份答對、全部答錯三類型。

(1)全部答對者再依其作答行為分為下列四型：

熟練型。學生的作答行為如下：

先拉①再拉④至作答區。

深入思考型。學生的作答行為如下：

先拉④再拉①至作答區。

摸索答對型。學生的作答行為如下：

先拉①，拉③至作答區，發現不對，將③拉離作答區，再拉④至圖七。

上列學生作答，屬於等差數列知識地圖中的排列有規律性到公差的概念有誤。

猶豫答對型。學生的作答行為如下：

先拉①，拉③至作答區，將③拉離作答區，再拉④至圖七，再拉③至作答區，重覆取放③，最後決定不選取③。

上列學生作答，屬於等差數列知識地圖中的排列有規律性到公差的概念有誤。

(2)部份答對者依其更改答案次數、答錯個數分成下列三型：

百密一疏型。學生的作答行為如下：

先拉①，再拉③，最後拉④。

先拉①，再拉②，最後拉④。

上列學生作答，屬於等差數列知識地圖中的公差的概念有誤。

猶豫大部份答對型。學生的作答行為如下：

先拉①，拉③至作答區，將③拉離作答區，再拉④至圖七，再拉③至作答區。

上列學生作答，屬於等差數列知識地圖中的排列有規律性的概念有誤。

猶豫少部份答對型。學生的作答行為如下：

拉①，③

拉①，②

拉①，②，③

拉②，③，④

上列學生作答，屬於等差數列知識地圖中的排列有規律性到等差數列的概念有誤。

(3)全部答錯者依其更改答案次數分成下列三型：

未用心作答型。

只拉②或③拉到作答區。

徒勞無功型。

將②和③拉到作答區。

未作答。

學習者在該題作答時，想試著透過操作來找出答案，但最後將答案都取消，或者是只看題目，但未操作去找答案，最後該題答題結果未作答。表示學習者未具備該題解題所需的觀念，所以學習者放棄作答。

上列三型學生，所需的觀念為等差數列知識地圖中的排列有規律性、等差數列和公差的觀念。

4. 連線題型

15.請將下列的問題和答案利用連線連一起。

有一班公車，其路線共停三十九站，且每一站與站距離都相等，小明在第三站，里程指標2800公尺處上車，他坐在車上，過了幾站，剛好看到第八站的里程指標是6800公尺，請問每一站與站間的距離？
他預計要坐到終點站，請問終點站的里程指標是多少？
(公車起點里程指標≠0)

① 800公尺

② 500公尺

③ 825公尺

每一站與站間的距離

終點站的里程指標

④ 24800公尺

⑤ 31200公尺

⑥ 31600公尺

圖 13 連線題型

在此題中，依照學生的最後作答結果，分成全部答對、部份答對、全部答錯三類型。

(1)全部答對者再依其作答行為分為下列四型：

熟練型。學生的作答行為如下：

先拉①到每一站與站間的距離，再拉⑥到終點站的里程指標。

深入思考型。學生的作答行為如下：

先拉⑥到終點站的里程指標，再拉①到每一站與站間的距離。

摸索答對型。學生的作答行為如下：

先拉②到每一站與站間的距離，發現有誤，取消，再拉①到每一站與站間的距離，最後再拉⑥到終點站的里程指標。

上列學生作答，屬於等差數列知識地圖中的項和公差的概念有誤。

猶豫答對型。學生的作答行為如下：

先拉①到每一站與站間的距離，拉⑥到終點站的里程指標，再將⑥拉離，連⑤，在⑤和⑥間操作多次，最後再決定拉⑥。

上列學生作答，屬於等差數列知識地圖中的有理數的加減和等差數列的概念有誤。

(2)部份答對者依其更改答案次數、答錯個數分成下列兩型：

百密一疏型。學生的作答行為如下：

先拉②或③到每一站與站間的距離，最後拉⑥到終點站的里程指標。

上列學生作答，屬於等差數列知識地圖中的間隔概念、前後項次序和公差的概念有誤。

先拉①到每一站與站間的距離，再拉④或⑤到終點站的里程指標。

上列學生作答，屬於等差數列知識地圖中的有理數加減、等差數列公式概念有誤。

猶豫部份答對型。學生的作答行為可再分成第二個選項答錯和第一個選項答

錯兩類如下：

第二個選項答錯(只對每一站與站間的距離)

拉②或③到每一站與站間的距離，再改①到每一站與站間的距離，拉④或⑤到終點站的里程指標。

上列學生作答，屬於等差數列知識地圖中的有理數加減、等差數列公式概念有誤。

第一個選項答錯(只對終點站的里程指標)

先拉①，再改拉②或③到每一站與站間的距離，再拉⑥到終點站的里程指標。

上列學生作答，屬於等差數列知識地圖中的間隔概念、前後項次序和公差的概念有誤。

(3)全部答錯者依其更改答案次數分成下列三型：

未用心作答型。

每一站與站間的距離拉至少二個選項。

終點站的里程指標拉至少二個選項。

全部選項都拉選。

上列學生作答，未更改答案，迅速作答完成，屬於未用心作答，本題所需的概念大部份或完全不會。

徒勞無功型。

將②拉到每一站與站間的距離= $(6800-2800)/8$ 。公差概念

將③拉到每一站與站間的距離= $6800/8$ 。間隔概念

將④拉到終點站的里程指標= $800*31$ 。

將⑤拉到終點站的里程指標= $800*39$ 。等差數列公式

未作答。

學習者在該題作答時，想試著透過操作來找出答案，但最後將答案都取消，或者是只看題目，但未操作去找答案，最後該題答題結果未作答。表示學習者未具備該題解題所需的概念，所以學習者放棄作答。

上列三型學生，都需要等差數列知識地圖中的間隔概念、前後項次序、公差、有理數加減的概念。

五、結論與建議

本研究的目的是在分析受測者在等差數列單元互動式測驗時，不同能力的學生的成績表現，受測者作答的行為歷程，且歸納學生的作答行為類型，了解受測者的錯誤概念所在，並建構等差數列知識地圖，提供教學者找到學習者概念錯誤位置，以提昇教學成效。

5.1 結論

5.1.1 透過「互動式評量系統」測驗，可提昇學習成效

由實驗結果得知，學生使用「互動式評量系統」進行線上測驗，與兩週後的紙筆測驗延宕後測相比，整體成績都獲得提昇。再依學習成就，將學生分成三組，有低成就組、中成就組及高成就組。高成就組學生的線上測驗表現比紙筆測驗退步，原因推測，紙筆測驗時在段考前後，高成就組學生學習意願較強，對於受測單元更熟練，紙筆測驗時準備更充份。再加上高成就組部份同學對於本系統較不熟練，影響其線上測驗成績。至於中、低成就者，許多研究發現，中、低成就者在作答過程較少主動回顧解答(郭美如，1998；劉國芬，1996；楊瑞智，1993；林奕宏，2000)。然而，中成就組和低成就組在線上測驗中較佳；而 Cheng et al. (2008)研究也發現：使用多媒體的創新題型可改進試題的表面效度和互動性，協助學生在測驗時更易了解題意。而也有研究發現：「互動式測驗」可讓受試者更了解題意，不會因文字能力而影響作答，對於學習低成就的學生有幫助(孔崇旭、吳芝瑩、馮士丞，2007)。所以，可見對於中成就組、低成就組的學生，使用本系統是可以有效提高學習成效。在本研究中，低成就組的表現最為明顯，學生藉由互動式題型操作，從摸索中找答案，在這個過程中，學生也了建構其自己的相關概念。

5.1.2 歸納學生的作答行為類型

利用「互動式評量系統」，教學者可完整看到所有受測者在作答時的行為歷程，從

其中將受測者的作答行為依其作答對錯，更改答案次數、題目要求次序與否分為下列各型：

1. 熟練型
2. 深入思考型
3. 摸索答對型
4. 猶豫答對型
5. 百密一疏型
6. 猶豫大部份答對型
7. 猶豫少部份答對型
8. 未用心作答型
9. 徒勞無功型
10. 未作答

從上列學生的作答類型中，發現學習者的概念不清或錯誤所在，對照到知識地圖相關的概念及命題，以補其概念不足處，增強其學習效果。

5.1.3 學生的作答行為風格與學習成效

在本研究採用的「互動式評量系統」四種題型，排序、配對、分類、連線題型中，排序題是屬於作答方式較複雜的題型(Parshall et al. 2000)，但本研究中學生排序題作答正確的最多，代表學生藉由測驗時的操作可找到答案，即使如排序題是更深層的考試題型，學生只在連線題型表現不明顯。而藉由本系統而答對的學生中，其作答行為風格以摸索答對型居多，次之為熟練型，最少的是深入思考型。觀察學生的作答行為，發現深入思考型都為高成就組，這類學生在線上測驗與紙筆測驗答對成功有其一致性，少有透過題目操作才找出答案，他們對本研究單元的相關概念已十分清楚，對於利用操作來找出答案需求較少。換句話說，他們已進入皮亞傑的認知心理學中的形式運思期了，屬於更高層次，可以透過抽象思考找出答案，而不需經由實際的具體操作來解決問題。

5.2 建議

5.2.1 擴展研究地區及人數

未來可以擴展研究地區及人數，就不同區域、不同求學階段等問題來探討。後續可以針對數學領域作縱向加深和其它概念橫向加廣，增加結果的信度和效度，也可當作其他領域開發互動式評量題目的參考。

5.2.2 擴展多媒體試題其餘題型的研究

本研究只採用「互動式評量系統」四種題型，排序、配對、分類、連線題型。如能擴展本系統的其他題型於數學科的命題或是其他學科上，探討其對學生的學習成效是否有助益，可作為日後的研究方向。

5.2.3 發展判別學生作答類型的系統：

本研究的判別學生作答類型，只能透過研究者觀察學生的作答行為，再做事後的行為類型判斷。若能開發適當的判別學生作答類型的系統，當學生在線上測驗時，系統一發現學生在操作時的動作是屬於作答錯誤類型，便能找出其概念錯誤之處，並即時提供該題目的知識地圖相關概念，相信對於提昇學生的學習成效必有相當大的助益。

參考文獻

一、中文部份

九章出版社 (1995)。錯解辨析。台北：九章出版社。

王肇邦、許有真 (2004)。應用概念圖於網路教學系統之學習成效診斷。教學科技與媒體，第 69 期，4-19。

王子華、王國華、王瑋龍、黃世傑(2004)。不同形成性評量模式對國中生網路學習之效益評估。科學教育學刊，第 12 卷第 4 期，469-490。

孔崇旭、吳芝瑩、馮士丞(2007)。互動式多媒體測驗與傳統紙筆測驗在國小社會領域之分析比較。TANET2007 臺灣網際網絡研討會。台北：國立台灣大學。

江承翰(2011)。操作型題型測驗之作答歷程行為分析。國立台中教育大學資訊科學系碩士論文。

余民寧(1997)。有意義的學習-構念構圖之研究。台北市；商鼎文化。

余庭瑋(2007)。國二學生在數形關係與等差數列之錯誤類型分析研究。國立高雄師範大學數學系碩士論文。

李芳樂(2003)。數學錯誤成因之探討。香港中文大學初等教育學報，第 4 卷第 1 期，77-82。

李美蓮(2004)。一位國二學生在等差數列解題表現之研究。國立嘉義大學數理教育研究所碩士論文。

林建昇(2001)。以知識構圖呈現知識之實證研究。國立中正大學資訊管理研究所碩士論文。

林奕宏(2000)。「多元智能與問題解決整合型教學模式」對國小學生數學學習表現之影響。國立台灣師範大學教育心理與輔導研究所碩士論文。

林碧珍(2001)。協助教師實踐學生數學學習歷程檔案之行動研究。新竹師院學報，第 14 期，163-213。

- 林麗華(2006)。國小數學不同成就學生對數學文字題的閱讀理解能力之探討。國立台南大學特教所碩士論文。
- 吳文鴻(2002)。概念模型之呈現對程式語言控制結構學習之影響。國立臺灣師範大學資訊教育研究所碩士論文。
- 吳勇賜(2005)。台北地區國一學生數、形規律單元錯誤類型之分析研究。國立高雄師範大學數學系碩士論文。
- 邱琬婷(2002)。國民中學數學低成就與國文低成就學生數學解題歷程與錯誤類型之分析。國立彰化師範大學特殊教育學系在職進修專班碩士論文。
- 周台傑、陳麗玲(1995)。國小數學學習障礙學生計算錯誤類型分析之研究，特殊教育學報，第 10 期，125-172。
- 周凡淇、賴阿福(2006)。不同學習風格學童在學習歷程檔案系統之網路行為探討—以國小藝術與人文領域主題學習為例。科學教育研究與發展季刊，第 44 期，78-114。
- 邱琬婷(2002)。國民中學數學低成就與國文低成就學生數學解題歷程與錯誤類型之分析，國立彰化師範大學特殊教育學系在職進修專班碩士論文。
- 岳修平、鄧雅婷(2008)。應用知識圖於教學與學習之策略探討。中等教育季刊，第 60 卷第 2 期，128-140。
- 洪明賢(2003)。國中生察覺數形規律的現象初探。國立臺灣師範大學數學研究所碩士論文。
- 馬秀蘭(2008)。國小高年級學童解樣式題之代數思考：以線性圖形樣式題為例。科學發展與研究季刊，第 50 期，35-52。
- 祝仰濤(2003)。高職生數學解題歷程運算錯誤類型之研究—以圓為例。國立高雄師範大學數學研究所碩士論文。
- 梁新正(1996)。高雄地區高二學生數學解題之基模知識與歷程之分析研究。國立高雄師範大學數學教育研究所碩士論文。
- 梁淑坤(1996)。研究與教學合一：以分析『一元二次方程式』的錯誤為一個例子。嘉義師範學院學報，第 10 期，456—472 頁。

- 陳宗楹(2009)。電腦化建構反應題型與自動計分模式之研發—以「長方體和正方體」單元為例。亞洲大學資訊工程所碩士論文。
- 陳亮君(2006)。國中學生數學胚騰覺察能力發展概況之探討。國立台南大學測驗統計研究所碩士論文。
- 陳得利(2002)。網路化歷程檔案系統之設計與實作。國立中山大學資訊管理學系研究所。
- 陳淑芬、張國恩(1997)。概念構圖式學習系統。國立臺灣師範大學資訊教育研究所碩士論文。
- 陳慧珍(2001)。南投縣國一男女生對文字符號概念與代數文字題之解題研究。國立高雄師範大學數學系碩士論文。
- 陳勝楠(2003)。國一學生關於樣式解題歷程之分析研究。國立高雄師範大學數學系碩士論文。
- 陳嘉甄、陳慶彥(2009)。以模糊聚類方法分析數學錯誤概念組型。教育研究與發展期刊，第4期第5卷，159-186。
- 曹亮吉(2003)。阿草的數學聖杯。台北：天下遠見。
- 黃文信(2010)。自然科「簡單電路」單元之建構反應題及診斷測驗系統。國立臺中教育大學教育測驗統計研究所。
- 黃天鴻(2003)。以知識地圖為基礎發展的網路全迴路學習。中原大學資訊工程研究所碩士論文
- 黃敏晃(1998)。數學年夜飯。國立政治大學教育學系，國教研究雙月刊，第12期，24~29。
- 黃敏晃(2000)。規律的尋求。台北：心理。
- 黃慕萱(1997)。錯誤行為分析-以國立台灣大學之終端使用者為例。大學圖書館，第1卷第2期，95-110。
- 張景媛(1994)。數學文字題錯誤概念分析及學生建構數學概念的研究，教育心理學報，第27期，175-200。
- 楊瑞智(1994)。國小學童數學解題過程研究。國立台灣師範大學科學教育研究所博士論

文。

莊峰魁(2010)。「光」單元之選擇題與建構反應試題之線上測驗研發。亞洲大學資訊工程所碩士論文。

郭丁瑩(1992)。追根究底談錯誤—有關學生錯誤的二十個問題。

郭美如(1998)。後設認知的教學成效及其相關變數之分析—以小六及國一數學資優生為對象。國立台灣師範大學科學教育研究所碩士論文。

劉貞宜(2000)。數學資優生的解題歷程分析—以建中三位不同能力的數學資優生為例。國立台灣師範大學特殊教育研究所碩士論文。

劉國芬(1996)。高雄地區高一學生高低數學成就之解題後設認知行為分析研究。國立高雄師範大學數學教育研究所碩士論文。

蔡佳錚(1997)。國小學生工作記憶與數學解題歷程關係之研究。國立台南師範學院國民教育研究所碩士論文。

趙曉燕(2010)。數形規律教學對國小六年級學生代數學習影響之研究。國立臺北教育大學數學教育研究所碩士論文。

謝宇笙(2011)。運用互動式電子白板系統於國小六年級數學學習成效之研究—以數列與圖形序列單元作為補充教材教學為例。

謝明釗(2009)。運用知識地圖於數位學習教材設計之研究。資訊管理學報，第16卷第1期，163-180。

謝淡宜(1998)。小學五年級數學資優生與普通生數學解題時思考歷程之比較。台南師院學報，第31期，225-268。

謝典佑，郭伯臣(2008)。結合順序理論與貝氏網路之學生概念診斷模型，國立台南大學「理工研究學報」，第42卷第2期，1-14。

葉晉佳(2009)。二位七年級資優生在數形規律的解題表現之研究。國立嘉義大學數理教育研究所碩士論文。

盧信彰(2010)。社會臨場感知及動態幾何知識地圖導向之競賽式電腦中介學習研究。國立高雄師範大學工業科技與教育研究所碩士論文。

二、英文部份

- J. A. Arter, V. Spandel and R. Culham.(1995). Portfolios for Assessment and Instruction, ERIC Digest : EDO-CG-95-10.
- Anderson, J. R. (1995). Cognitive Psychology and It's Implication. New York: Freeman and company.
- Ausubel, D. P.(1968). Educational Psychology: A Cognitive View. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Booth, L. R.(1988).Children's difficulties in beginning algebra. In A. F.Coxford & A. P. Shulte (Eds.), The ideals of algebra,20-32. Reston, VA:National Council of Teacher of Mathematics.
- Burch, C. B. (1999).Inside the Proffolio Experience : The Student Perspective, English Education, 32(1), 34-49.
- Borko, P. H. Michalee, M. Timmons, and J. Siddle.(1997). Student Teaching Portfolios : A Tool for Promoting Reflective Practice, Journal of Teacher Education, 48(5), 345-356.
- Cheng, I Shen, R, & Basu, A.(2008).An Algorithm for Automatic Difficulty Level Estimation of Multimedia mathematical Test Items. Paper presented at the Eighth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies.
- Chmielewski, T. L., Dansereau, D. F., & Moreland, J. L.(1998).Using common region in node-link displays: The role of field dependence/independence. Journal of Experimental Education, 66, 197-207.
- Crampes, M. et al. (2006).Concept Maps for Designing Adaptive Knowledge Maps, Information Visualization, 5(3), 211-224.
- Davenport, T. & Prusak, L.(1998). Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know, Harvard Business School Press,
- Duffy, T. M., & Jonassen, D. H.(1991).Designing Environment for Constructive

- learning.NATO ASI series. New York: Springer-Verlag.
- Felder & Silverman(1988). Learning Styles and Teaching Styles in Engineering Education, *Engr. Education*, 78(7), 674-681.
- George, C.E.(2000). Evaluating a pedagogic innovation : Execution Models & Program Construction Ability. Proceedings of the First Annual Conference of the LTSN Centre for Information and Computer Sciences. Heriot Watt University, Scotland, UK, August 23rd-25th, 98-103.
- C. Gennaro.(2009).Monitoring Online Tests through Data Visualization, *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 21, 773-784.
- Greenes, C., & Findell, C.(1999).Developing Students' Algebraic Reasoning Ability. In L. V. Stiff & F. R. Curcio (Eds.), *Developing Mathematical Reasoning in Grades K-12*, 127-137.National Council of Teachers of Mathematics, Reston, Virginia.
- Hauff,H.M., & Fogarty, G.J.(1996). Analysing problem solving behavior of successful and unsuccessful statistics students. *Instructional Science*,24,379-409.
- Herbert, K., & Brown, R. H.(1997).Patterns as tools for algebraic reasoning, *Teaching Children Mathematics*, 3(6), 340-344.
- Hewson, P.W. (1982).A Case study of Conceptual Change in special Relativity, *The Influence of Prior Knowledge in Learning. European Journal of Science Education*, 4(1), 61–78 .
- Hiebert,J., Carpenter,T.P., Fennema,E., Fuson,K., Human,P., Murray,H. ,Oliver,A., & Wearne,D.(1996). Problem solving as a Basis for Reform in Curriculum and Instruction: The Case of Mathematics. *Educational Researcher*,25(4), 12-21.
- Holsapple, C.W., & Joshi, K. DS. (2002). knowledge management: a threefold framework. *The Information Society*, 18, 47-64.
- Howden, H.(1989).Teaching number sense. *Arithmetic Teacher*, 36 (6), 6-11.
- Jennifer, M. B.(2001).What Is Algebra in Elementary School, *Teaching Children Mathematics*, 196-200.

- Kilpatrick, J.(1985).A retrospective account of the past 25 year of research on teaching Mathematical Problem Solving. In Silver, E. A. (Ed.), Teaching and Learning Mathematical Problem Solving: Multiple Research Perspectives.
- Kantowski, M.G.(1981).Problem solving. In E Fennema(Ed.). Mathematics education research: Implications for the 80's Alexandria.VA: American Society for curriculum Development.
- Koong, C. S. & Wu, C. Y. (2011).The applicability of interactive item templates in varied knowledge types.Computers & Education, 56, 781-801.
- Krutetskii, V.A.(1976).The Psychology of Mathematical Abilities in Schoolchildren. Chicago: University of Chicago Press.
- Kuchemann, D. (1981). Algebra. In K. M. Hart, M. L. Brown, D. E. Kuchemann, D.Kerslake, G. Ruddock & M. McCartney (Eds.), Children's Understanding of Mathematics:11-16, 102-119. London: John Murrary.
- Lee, S. J.(2007). Exploring students' understanding concerning batteries? Theories and practices. International Journal of Science Education, 29(4), 497-516.
- Liu, T. C., Lin, Y. C., & Tsai, C. C.(2009).Identifying misconceptions about statistical correlation and their possible causes among high school students: An exploratory study using concept mapping with interviews. International Journal of Science and Mathematics Education, 7(4), 791-820.
- Mayer ,R. E.(1987).Educational Psychology : A cognitive approach .Boston: little, Brown and Company.
- MacGregor,M., & Stacey,K.(1993). Cognitive models ungerlying student's formulation of simple linear equations. Journal for Research in Mathematics Education, 24, 217-232.
- National Council of Teacher Mathematics(2000).The principles and standards from Mathematics. Reston, VA : NCTM.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B.(1984).Learning how to learn. New York: Cambridge University

Press.

- Novak, J. D. (1990) Concept maps and Vee Diagrams: Two metacognitive tools to facilitate meaningful learning. *Instructional Science*, 19, 29-52.
- Novak, J. D., & Musonda, D (1991).A twelve-year longitudinal study of science concept learning. *American Education Research Journal*, 28(1), 117-153.
- Odom, A. L., & Barrow, L. H.(1995).Development and application of a two-tier diagnostic test measuring college biology students' understanding of diffusion and osmosis after a course of instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(1), 45-61.
- Orten, A., & Orten, J.(1999).Pattern and the approach to algebra.In A. Orten (Ed.), *Pattern in the Teaching and Learning of Mathematics*. 104-120. London: Cassell.
- Orten, J., Orten, A., & Roper, T.(1999).Pictorial and practical contexts and the perception of pattern.In A. Orten (Ed.), *Pattern in the Teaching and Learning of Mathematics*.121-136. London: Cassell.
- Osborne, R. J., & Gilbert, J. K.(1980).A technique for exploring students' view of the world. *The Institute of Physics*, 15(6), 376-379.
- Parshall, C. G.(1992).Computer testing vs. paper-and-pencil testing: An analysis of examinee characteristics associated with mode effects on the GRE general test.
- Paulson, F.L., Meyer, C. A. & Paulson, P.R.(1991). What makes a portfolio a portfolio? In J. Noblitt (Ed.), *Students portfolios: A collection of articles*, 83-88. Arlington Height, Illinois: IRI/Skylight Training and Publishing, Inc.
- Peterson, R., Treagust, D., & Garnett, P.(1986). Identification of secondary students' misconceptions of covalent bonding and structure concepts using a diagnostic instrument. *Research in Science Education*, 16(1), 40-48.
- Piaget, J.(1952).*The child's conception of number*. New York : The Norton Library. W. W. Norton & Company.
- Rita, Chang, Dong & Yang.(2002).*Applying Knowledge Map to Intelligent Agents in Problem*

- Solving Systems. In P. Barker & S. Rebelsky (Eds.), Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2002, 1053-1054. Chesapeake, VA: AACE.
- Schwarzenberger, R. (1984). The importance of mistakes. The 1984 presidential address. The Mathematical Gazette, 68(445), 159-173.
- Stacey, K. (1989). Finding and using patterns in linear generalizing problems. Educational Studies in Mathematics, 20, 147-164.
- Steen, L. A. (1988). The Science of Patterns. Science 240.
- T. Davenport, L. Prusak. Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know, Harvard Business School Press, Boston, 1998.
- Treagust, D. F. (1986). Evaluating students' misconception by means of diagnostic multiple choice items. Research in Science Education, 16(1), 199-207.
- Wang, S. (2002). Knowledge Maps for Managing Web-based Business, Industrial Management & Data Systems, 14(1), 2002, 357-364.
- Warren, E. (2003). Young children's understanding of equals: A longitudinal study. In N. Pateman, G. Dougherty, J. Zilliox (Eds.), Proceedings of the 27th conference of the international group for the psychology of mathematics education and the 25th conference of psychology of mathematics education North America, 4, 379-387. College of Education: University of Hawaii.
- Wright, B. D. (1977). Solving measurement problems with the Rasch model. Journal of Educational Measurement, 14, 97-166.
- Wang, Tzone-I. (2011) Accumulating and visualising tacit knowledge of teachers on educational assessments, Computers & Education, 57(4), 2213-2223.

附錄：

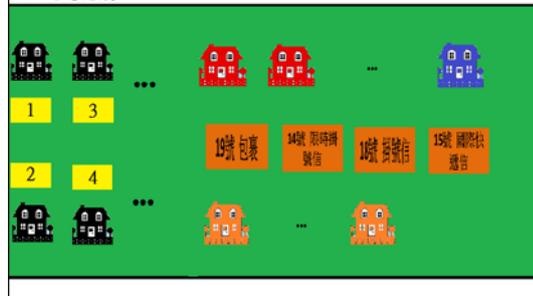
附錄一 等差數列線上測驗試題

線上測驗題目

1. 辨別右列數列，請將右列數列依其特性拖拉至左列對應的綠色空格處分類題，按滑鼠左鍵將右列數圖片拖拉至左列綠色空格
如要取消已選取圖片，按滑鼠左鍵將欲取消圖片拖拉離開綠色區域

等差數列	729, 243, 81, 27, 9
	$\sqrt{1}, \sqrt{4}, \sqrt{9}, \sqrt{16}, \sqrt{25}$
	$\sqrt{1}, 2\sqrt{2}, 3\sqrt{3}, 4\sqrt{4}, 5\sqrt{5}$
等比數列	$\frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}, 1, 2$
	2, 3, 5, 8, 13
	$-2a+b, a-2b, 4a-5b, 7a-8b$

2. 請將四個橘色物件拖放至其對應的房子上，並使其吸附在一起。門牌號碼採同個單號，另一個雙號為原則，兩個房子對稱。
有一郵差負責送和美鎮西園路的郵件，這天他剛好有14號、15號、18號及19號的郵件或包裹，其內容分別如下，請你幫他迅速完成。



3. 請將下列符合等差數列的圖形，拖放至綠色空格內分類題：按滑鼠左鍵將圖形拖拉至上方綠色空格
欲取消已選取圖片，按滑鼠將該圖形拉出綠色空格

等差數列

4. 請將下方圖片拖拉至作答區，按滑鼠左鍵拖放。
在下方六個圖形中，取四個圖形，使其形成一個等差數列。由左至右，從小到大排列。

作答區

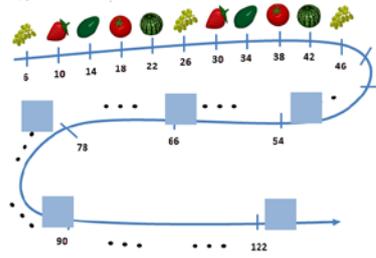
5. 排列題：將下列圖形按規律拖放至作答區，請依順序排列
已知圖一有1個藍球和11個橘色方塊，請從下列五個圖形，選取適當的圖形，放至作答區中，使其依序排成一個有規律的圖形關係。

圖一

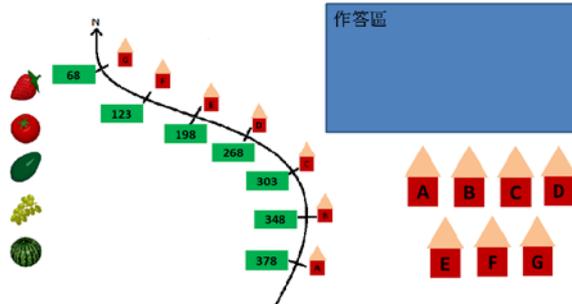
作答區

6. 排列題：請依其次序排列。
珠子共有87顆，依其顏色剛好有一規律，並可串成一串，請依序排出最後4顆珠子。將下方4顆珠子依其次序排列好，按滑鼠左鍵把下方珠子拖放至其對應的位子上。

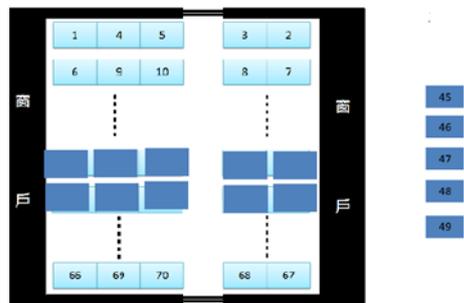
7. 請將下列相關的水果圖片和其對應的空格吸附在一起。
有五個人到A鎮去看農產品展覽，某甲發現這些水果攤的排列有規律，從起點6公尺開始，每隔4公尺就有一個不同的水果攤，請問，按此規則，下列各空格該如何完成？



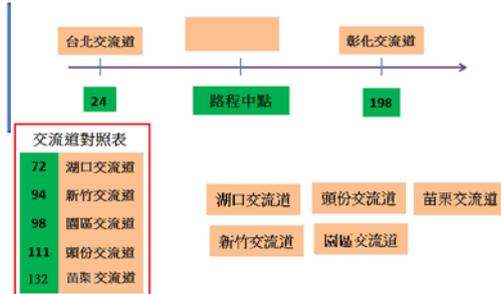
8. 分類題：將下方車站圖片按題意，將符合的圖片拖放至作答區。
某一國內有一條縱貫鐵路，北為里程起點，南為終點。一列火車，從里程378公里處A車站向北發車，每隔15公里就停靠一站，請問下列車站是此班火車會停靠的？請將其拉至上方作答區。（不一定每站停靠）



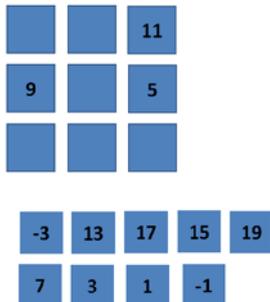
9. 分類題：請將右列圖片拖放至對應的座位上。
承上題，此列火車每個車廂都有一條縱向走道，每一橫排左側有兩個座位，右側有三個座位，如下圖所示，一個車廂共有七十個位子。有五位朋友依同搭此班火車，買到的車票是6車45、46、47、48、49號，請幫忙找他們的座位。



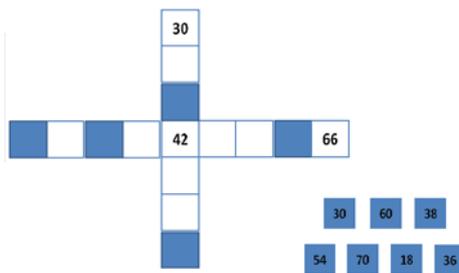
10. 吸附題：請將下列的圖片和對應的空格吸附在一起。
小強在今年春節想開車到鹿港觀看元宵花燈，已知他從台北交流道24公里處上高速公路，預定在198公里處下彰化交流道，開到路程一半想上廁所，請問這時他在何處下高速公路？



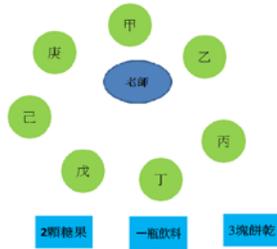
11. 分類題 請將下列的數字方塊拖放至對應的空格
下列九宮格中，橫的三數、直的三數、斜的三數都是等差數列，請將下方的數字方塊填入適當的空格中，完成下列表格。



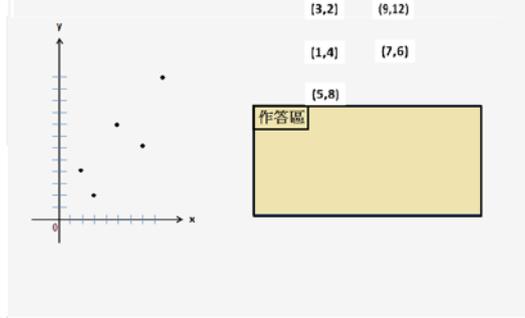
12. 分類題 請將下列相關的數字圖片拖放至對應的答案上
如圖，橫列有9個方格，直列有7個方格。若將每個方格內都填入一個數字，使得橫列方格內的數字由左到右成等差數列，直列方格內的數字由上到下也成等差數列。已知共同方格內的數字是42，請完成藍色空格。



13. 吸附題：請將下列相關的圖片換放至對底的小朋友上，並使其吸附在一起。
小朋友，如圖圍坐一圈，繞著老師按順時針方向數數，每一個人都要報數，甲說：「3」，乙說：「6」…庚說「21」，甲說：「24」依此規則前進，周而復始，老師說：「誰數到60，就發2顆糖果。數到135，就發3塊餅乾。數到213，就發一瓶飲料」，請將幸運兒和其得到的獎品吸附在一起。



14. 排序題：將上方數對拖放至作答區，並依其次序排列。
在下列的平面座標系上，有些點到X軸的距離呈遞增的等差數列，請將符合的點，依照各點到X軸的距離由小到大，從左到右排列。



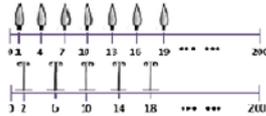
15. 請將下列的問題和答案利用連線連一起。
有一班公車，其路線共停三十九站，且每一站與站距離都相等，小明在第三站，里程指標2800公尺處上車，他坐在車上，過了幾站，剛好看到第八站的里程指標是6800公尺，請問每一站與站間的距離？
他預計要坐到終點站，請問終點站的里程指標是多少？
(公車起點里程指標≠0)

800公尺	每一站與站間的距離	24800公尺
500公尺	終點站的里程指標	31200公尺
825公尺		31600公尺

16. 連線題：請將搭車距離和其可能的答案利用連線連一起。
有一班公車，其路線共停三十九站，且每一站與站距離都相等，小明在第三站，里程指標2800公尺處上車。他坐在車上，過了幾站，剛好看到第八站的里程指標是6800公尺，搭車的人上下車頻繁，請問這些搭車的旅客搭車的距離可能是多少公尺？
(公車起點里程指標≠0)
(複選題，不見得只搭五站)

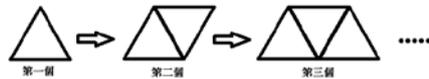
搭車距離	32800公尺
	5000公尺
	6400公尺
	12800公尺
	16000公尺

17. 連線題：請將下列問題和其對應的答案利用連線連一起。
有一條長200公尺的道路，從起點1公尺處，每隔3公尺種一株樹；另外，從起點2公尺處，每隔4公尺立一盞路燈。已知在第10公尺處，同時有樹和路燈。請問在這條路上，每隔多少公尺就同時有樹和路燈？同時有樹和路燈的地方有幾處？
在這條路上最後同時有樹和路燈的地方是離起點幾公尺處？



10公尺	每隔幾公尺同時有樹和路燈	15處
12公尺	同時有樹和路燈的地方共有	16處
	最後同時有樹和路燈的地方	190公尺
		192公尺
		198公尺

18. 連線題：請將下列相關的圖形和其對應的答案利用連線連一起。
用等長的吸管依次向右排出相連的三角形，則排第五個圖形需要幾根吸管？第十個圖形？第N個圖形？



11根吸管	第五個圖形	33根吸管
13根吸管	第十五個圖形	2N+1根吸管
29根吸管	第N個圖形	3N根吸管
31根吸管		3+2(N-1)根吸管

19. 吸附題 請將下列相關的圖片拖放至作答區中對應的空格上，並使其吸附

小明拿了一堆棋子玩排列遊戲

第一次：放了289顆棋子，排出一個正方形，如圖一；

第二次：放了225顆棋子，排出一個正方形，如圖二；

第三次：放了169顆棋子，排出一個正方形，如圖三；

⋮

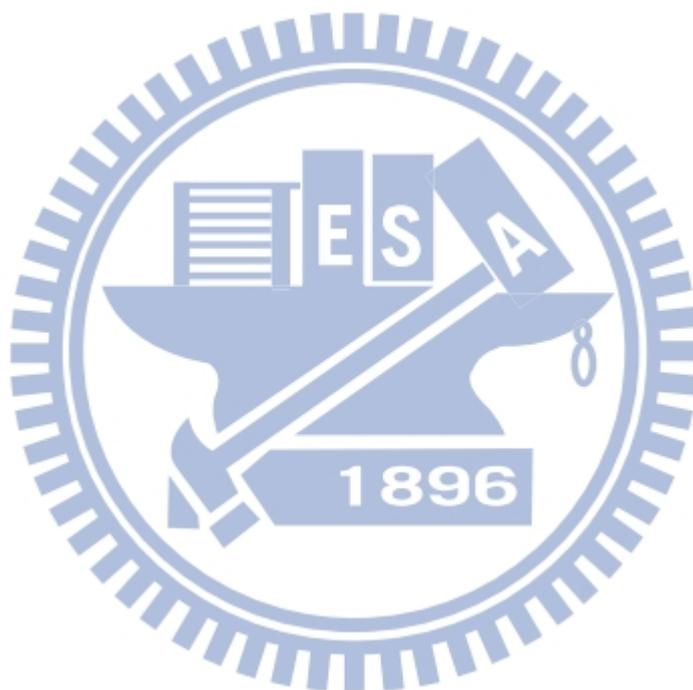
依此規則，每一次排出的正方形，其每邊的棋子數都比前一次少兩顆，請問第六次比第七次多了幾顆？

- 8^2
- 7^2
- 6^2
- 5^2
- 3^2

20. 分類題：請將下列硬幣拖放至適合的綠色區域內，取消請按滑鼠左鍵脫離綠色區域。

小明有1元硬幣六個，5元硬幣一個，10元硬幣二個，50元硬幣一個，共有81元；他現在想把所有錢分成三堆，使這三堆金額各自的總和形成一個遞增的等差數列，請你幫他完成。

(第三堆需三個銅板，全部銅板須用完)



附錄二 等差數列紙筆測驗

1-1 等差數列測驗

一、是非題(十分，每格 1 分)

1. 判別下列數列是否為等差數列?

是的請畫○，否請畫 X

() 5, 8, 13, 21, 34

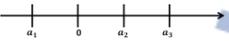
() $\sqrt{2}, \sqrt{4}, \sqrt{6}, \sqrt{8}, \sqrt{10}$

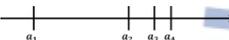
() -1, -1, -1, -1, -1

() $a-2b, -a+b, -3a+4b, -5a+7b, -7a+9b$

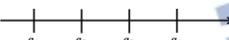
() 12, 9, 6, 3, 0

() 4, 8, 16, 32, 64

() 

() 

() 

() 

二、填充題:(全對才給分，每格 5 分)

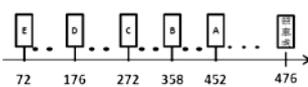
1. 現有珠子 139 顆，按其顏色剛好有一規律，並可串成一串，請將最後四顆珠子顏色按排列次序列出。



$$a_{136} a_{137} a_{138} a_{139}$$

答:。

2. 有一條橫貫鐵路，東為里程起點，終點在西方。現有一列火車，從里程 476 公里處由西往東出發，每隔 12 公里就停靠一站，請將此列火車會停靠的車站列出?



答:

3. 小明和哥哥想到苗栗縣西湖鄉欣賞油桐花，他

座號: 姓名:

們從屏東經台 1 線由南往北開。已知屏東的里程指標為 397 公里，西湖的里程指標是 117 公里。兄弟兩人預計在路程中點換人開車，請問該在里程指標多少公里處換手?

答:。

4. 在平面座標系上，有些點到 Y 軸的距離呈遞減的等差數列。請將符合的點，依照各點到 Y 軸的距離由大到小，從左到右排列，並填上代號

A(-1, 3), B(-5, 6), C(3, 9), D(-7, 0)

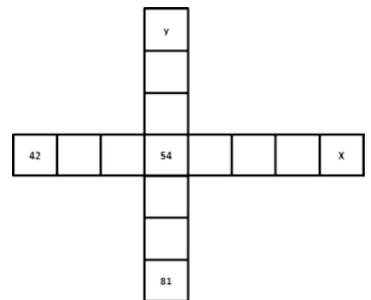
答:。

5. 在下列九宮格中，橫的、直的、斜的三數都是等差數列，請算出 $a+b+c$

31	a	
16		10
	c	b

答:。

6. 如右下圖，有一十字格子，若將每個方格內都填入一個數字，使得橫列方格內的數字由左到右成等差數列，直列方格內的數字由上到下也成等差數列。已知共同方格為 54，請算出 X-Y 的值。



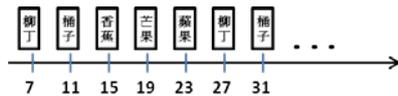
答:。

7. $a+3b, 9a+17b, 5a+10b, 11a+5b, 13a+24b$ 這五個數去除一個數，可形成一個等差數列，需去除的數是哪一個。

答:。

8. 某甲去參觀水果特展，

發現水果攤的擺設有規律，



每隔 4 公尺就有一間水果

攤，請問第 259 公尺是展示哪種水果?

答:。

9. 有七個小朋友，如右圖圍坐一圈，繞著老師按順時針方向數數，每一個



