

國立交通大學

理學院科技與數位學習學程

碩士論文

基植於國小數學分年細目之線上題庫研發

The development of an online item bank based on mathematics annual details in elementary school

研究生：蔡明峰

指導教授：李榮耀 教授

中華民國九十九年七月

基植於國小數學分年細目之線上題庫研發
The development of an online item bank based on mathematics annual details in
elementary school

研究生：蔡明峰

Student : Che-Ching Yang

指導教授：李榮耀

Advisor : Dr. Jong Eao Lee

國立交通大學
理學院科技與數位學習學程
碩士論文



A Thesis
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

June 2010

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十九年七月

基植於國小數學分年細目之線上題庫研發

學生：蔡明峰

指導教授：李榮耀教授

國立交通大學理學院科技與數位學習學程

摘要

學生測驗的結果是老師設計適當教學活動的依據，而根據學生的錯誤類型則可推論其迷思概念何在。另一方面，學生只能透過反覆練習相關的問題來熟練某些數學能力，但這很容易會使學生厭惡數學。在這兩方面，我們試著研發一個可幫助國小老師及學生的線上工具。

本研究擬從國小數學分年細目的分析，來建立一套線上題庫，系統中每個題目的數字可隨機產生，並可自動分析學生的答案，如果學生做錯了，一些可能的迷思概念會自動地回饋給學生，以提供學生進行精熟練習，同時，系統可呈現學生可能的迷思概念之作答情形給老師，以協助老師進行更有效率的評估及引導學生。

目前已在系統中建置「生活中的大單位」以及「分數乘法」這兩個單元的題目，研究結果相當正向，學生成績確實改善了很多。他們同意系統的回饋，不但能改善自己的問題還能協助自我學習，他們希望系統中有更多單元的題目。老師透過系統的功能查看每個學生的學習資訊，可降低教學負荷並提高教學的品質。當然，為使其更加實用，此系統還有很多需要進一步測試以及改進的部份。

關鍵字：分年細目、線上題庫、錯誤類型

The development of an online item bank based on mathematics annual details in elementary school

student : Ming Feng Tsai

Advisors : Dr. Jong Eao Lee

Degree Program of E-Learning
College of Science
National Chiao Tung University

ABSTRACT

In one hand, according to the output of the tests given to students, teachers may design proper instructional activities for students, and, from the types of faults in the tests, teachers may realize the misconceptions students own. On the other hand, for mathematics, students need familiar to some techniques, which can only be achieved by repeated practices of the associated problems, and, unfortunately, this really turns them down. On these aspects, we try to develop a online tool to help both teachers and students of the elementary schools.

In this paper, we analyze the mathematics annual details in elementary school to develop an online item bank. In our system, numbers in each item can be generated randomly, and the output in each item answered by a student can be analyzed automatically, and, if it is incorrect, some possible misconceptions may feedback to the student automatically, which allow the student redo the similar problems correctly. In the mean time, the system provides all the answers with possible misconceptions from the students to the teachers, which allow teachers evaluate and guide students more efficiently.

Two units have been performed under the system, namely, “large units in our life” and “fraction multiplication”. The results seem quite positive. Students do indeed improve their grades a lot. They appreciate the possible misconceptions feedback to them, which, not only improve their study, but also backup their confidence in self-study. They ask more units can be covered in the system. With the help of the system, teachers do reduce the teaching-load, yet improve the teaching quality due to the detailed-output learning information of each individual student. Of course, to be more practical, there are lots to be tested and improved further for the system.

Keyword : annual details, online item bank, type of fault

誌 謝

這份論文得以完成，要感謝許多人的幫忙。首先要感謝指導教授李榮耀教授的指導，在教授熱心的指導及鼓勵下，我才得以完成這份論文，每當寫論文到了一個瓶頸，教授都可以提供很明確的指示，指引我往正確的方向前進，若沒有教授的協助，我想現在我還在摸索著論文的方向，遲遲無法完成這份研究吧！在做研究的路上，教授展現出身為一位學者的風範，在解決問題、思考答案以及研究態度上，都是值得我學習的楷模；在碩士專班兩年的課程，教授擔任我們的導師，亦師亦友，和我們分享了很多生活經驗，和個人的價值觀，讓我在這兩年的學生生涯裡，不僅獲得很多學術方面的知識，亦獲得了很多寶貴的經驗。

另外還要感謝我的牽手，這兩年，我們不只同時進入碩士班就讀，還經歷了結婚、生子等種種人生重要的歷程，尤其在兒子早產的那一個階段，兩人身心俱疲，差一點就可能放棄碩士課程，還好在彼此鼓勵、互相扶持下，還是熬了過來，都順利的完成了碩士論文。

除此之外，還要感謝我的父母，要不是有父母費心照顧我剛出世的兒子，我想我也不可能有時間完成我的論文，父母的支持是我完成論文的一大支柱，讓我能全心全力修完碩士班的課程。

最後，要感謝口試委員—陳明璋教授和黃大原教授，謝謝委員費心審查我的碩士論文，有了委員們的建議和批評，才能讓這本論文更加嚴謹和完美。

回想這兩年在職專班的生活，雖然要在晚上、假日上課，但交通大學實力堅強的師資以及豐富的教學資源，讓我這兩年的學生生活過得充實、愉快。在這論文完成之際，我要對所有一起走過這段歲月的家人、李榮耀教授、專班教授、交通大學、專班同學、個人任教班級學生、職場的同事和朋友們致上最高的謝意，沒有大家的支持、付出和互相配合，我一定無法順利完成這本論文，謝謝你們。

目 錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
誌謝	iii
目錄	iv
圖目錄	vi
表目錄	vii
一、緒論	1
1.1 研究背景與動機	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究步驟	2
二、文獻探討	4
2.1 題庫的內涵	4
2.2 線上評量的種類與其發展現況	4
2.2.1 評量與測驗	4
2.2.2 線上測驗的種類與發展	5
2.2.3 自動造題題庫系統	6
2.2.4 漸進提示動態評量系統	7
2.2.5 電腦化適性測驗	8
2.2.6 線上測驗的優點與缺點	8
2.3 分年細目的詮釋	10
2.3.1 九年一貫概述	10
2.3.2 分年細目的發展	10
2.3.3 分年細目與教學內容	11
2.4 錯誤類型	13
2.4.1 錯誤類型的意義	13
2.4.2 錯誤類型對教學的重要性	14
2.5 精熟學習	14
三、系統的分析與設計	16
3.1 系統開發工具	16
3.1.1 伺服器硬體與作業系統	17
3.1.2 程式撰寫工具	17
3.2 系統功能分析	19
3.2.1 安全的認證機制	19
3.2.2 管理者功能	19
3.2.3 教師功能	20

3.2.4 學生功能	22
3.2.5 試卷測驗及練習功能	22
3.2.6 隨機數字之題目模組	23
3.2.7 錯誤類型模組	24
3.3 分年細目之教學內容及難度分析	25
3.3.1 「生活中常用的大單位」教材分析	25
3.3.2 「生活中常用的大單位」難度分析	28
3.3.3 「分數的乘法」教材分析	30
3.3.4 「分數的乘法」難度分析	33
3.4 學生常犯之錯誤類型分析	35
3.4.1 單位換算之錯誤類型	35
3.4.2 分數乘法之錯誤類型	36
3.5 施測方法及工具	38
四、結果與討論	39
4.1 題庫系統實作成果	39
4.1.1 教師試卷管理及線上組卷操作說明	40
4.1.2 學生試卷練習及線上測驗操作說明	42
4.1.3 教師查看學生作答情形操作說明	43
4.2 題庫系統的施測成果	45
4.2.1 生活中的大單位測驗成果	45
4.2.2 分數乘法測驗成果	46
4.3 題庫系統使用後之問卷結果與討論	46
4.3.1 第一部份：學生上網情形	47
4.3.2 第二部份：題庫平台使用的感覺及適性度	47
4.3.3 第三部份：題庫平台回饋、提示的幫助	48
4.3.4 第四部份：學生對數學學習的態度反應	49
4.3.5 第五部份：使系統更好之意見	49
4.3.6 施測班級老師的回饋	50
4.4 題庫系統的問題	51
4.4.1 隨機數字出題題庫系統之問題討論	51
4.4.2 錯誤類型回饋題庫系統之問題討論	52
五、結論與建議	55
5.1 研究結論	55
5.2 研究限制	55
5.3 後續研究	56
5.4 未來展望	57
參考文獻	58

圖 目 錄

圖 1：研究流程與步驟.....	3
圖 2：與數理科應用題測驗相關的自動造題機制.....	7
圖 3：兩種不同呈現的平行四邊形面積題目.....	12
圖 4：三層式主從遠距測驗系統架構.....	16
圖 5：線上組卷流程.....	21
圖 6：試卷測驗、練習流程.....	23
圖 7：隨機數字之題目模組流程圖.....	24
圖 8：錯誤類型模組.....	25
圖 9：常見學生於小數除以整數，商除到小數之錯誤類型.....	35
圖 10：題庫平台功能架構圖.....	39
圖 11：教師功能-管理試卷之試卷列表.....	40
圖 12：教師功能-依分年細目選擇題目.....	41
圖 13：教師功能-試卷配分.....	41
圖 14：學生功能-練習試卷之作業單列表.....	42
圖 15：學生功能-進行試卷練習.....	43
圖 16：教師功能-查看錯答分析的按鈕.....	43
圖 17：教師功能-查看錯答分析.....	44
圖 18：教師功能-查看學生於某題的錯答紀錄.....	44
圖 19：管理者功能-查看未能判斷錯誤類型之題目及答案.....	52
圖 20：錯答編號 2174 之題目及數字.....	53
圖 21：修正錯誤類型模組後錯答編號 2174 之錯誤類型.....	53
圖 22：錯答編號 2048 之題目及數字.....	53
圖 23：帶分數乘以整數的兩種相同答案之錯誤類型.....	54
圖 24：修正錯誤類型模組後錯答編號 2048 之錯誤類型.....	54

表 目 錄

表 1：分年細目 5-n-16 的詮釋說明	26
表 2：分年細目 5-n-17 的詮釋說明	26
表 3：5-n-16 之教學內容	27
表 4：5-n-17 之教學內容	28
表 5：5-n-16 之教學內容及難度說明	29
表 6：5-n-17 之教學內容及難度說明	30
表 7：分年細目 5-n-08 的詮釋說明節錄	31
表 8：5-n-08 之教學內容	33
表 9：5-n-07 之教學內容及難度說明	34
表 10：單位換算錯誤類型一覽表	36
表 11：分數乘法錯誤類型一覽表	37
表 12：生活中的大單位前後測成績平均數差異之 t 檢定	45
表 13：分數乘法前後測成績平均數差異之 t 檢定	46
表 14：學生上網情形調查分析表	47
表 15：題庫平台使用的感覺及適性度問卷反應結果分析	47
表 16：題庫平台回饋、提示問卷反應結果分析	48
表 17：學生對數學學習的態度問卷反應結果分析	49

一、緒論

1.1 研究背景與動機

教學現場中，老師會採用形成性評量、總結性評量等方法，來判斷學生對學習內容瞭解的程度，接著依各個學生的狀況，採取適當的後續教學活動，或許是將教材再加深加廣，也可能進入下個教學單元；然而也會有學生對於學習內容並不是非常瞭解，老師便會對該生進行補救教學。評量可以反應出學生對學習內容的了解程度，提供教師掌握學生的學習狀況，在教學中是不可或缺的一環 [21]。

然而現行教學現況，有大多數班級仍是大班教學，老師常因為人力有限、授課時間不足的因素，僅只透過評量所得的分數，來判斷學生的程度 [13]，而無法進行深度的分析，採取適當的後續教學活動；加上常態編班下，班上學生程度參差不齊，所以編製的教材就需符合大多數學生的程度；學生尚不足的能力，該透過什麼教材來進行補救，也是老師需要費心的；且近年來教育改革聲浪中，「因材施教」的理念再度被提出來，訴求的是一「把每一位學生帶上來」 [22]，老師也有「不願意放棄任何一個學生」的熱誠，常會忽略程度較好的學生，將教學時間分配給落後、需補救的學生身上。

教學內容的設計，和評量的結果需相輔相成。評量如此重要，是否有適合的評量工具，來協助老師進行評量、分析以及呈現後續加深加廣、補救教學的需求呢？要找到此評量工具就應該先瞭解老師該教些什麼，教育部於 2003 年頒佈「國民中小學九年一貫課程綱要」，以「課程綱要」取代「課程標準」，並以能力指標、分年細目與分年細目詮釋之內容作為教材設計的主要參考依據；並於 2009 年公佈數學領域課程綱要微調，使每個年級所要學習的東西，更符合學生學習能力及時代潮流 [14,15]。因此老師的教學以及評量內容，便有了一套課程綱要為標準，且數學是一門很重視前後概念關係的學科，若學生某數學概念的程度較不足，便可從分年細目去分析該補救的部份。

因此若能以分年細目為架構建置題庫，將傳統的紙筆測驗變成電腦化的測驗，便能利用電腦強大的計算、儲存能力，將學生的測驗歷程、分析結果紀錄下來，供老師存取、查閱。對已通過的學生，可透過系統提供更有挑戰性、難度更高的題目，進行概念的加深加廣；對尚未通過的學生，也可透過系統提供應補救的能力的題目，協助老師進行補救教學。

事實上，教科書廠商在彼此競爭下，均有設計各個年級的題庫光碟供該年級老師使用，在電腦上點點選選後，一張又一張的測驗卷很輕鬆便可產出，但測驗之後的分析、紀錄，仍然需要人力來進行，再加上若需要熟練數學的計算能力，大量的練習題目的編製及批閱，也會耗費大量的時間。

因此便思考，是否能以題庫光碟的概念，建立一套可在線上組卷、線上作答、電腦批閱、分析評量結果的題庫系統，供老師、學生使用，便成為本次研究的動機。

1.2 研究目的

近年來，由於科技的快速發展，電腦輔助教學、電腦測驗等相關議題一再被重視，一些具規模的測驗中心，都已逐漸將電腦化測驗列為正式測驗，例如台灣地區的「托福」測驗（Test of English as a Foreign Language(TOEFL)），自民國 89 年 10 月起改為電腦化測驗（Computer-Based Testing(CBT)） [33]；另外亦有套裝軟體，如 moodle 學習平台，提供簡單的線上題庫套件可供老師安裝、新增題目並讓學生進行測驗，然而學生測驗後僅能得到對與錯的回饋，並未能獲得更多訊息，若學生能從中瞭解自己的錯誤概念並試著改正自己的錯誤，老師便能減少大量的批閱、分析及補救教學的時間，因此建立一套能依照學生的錯誤類型提供適當的回饋的系統，亦為本次研究的目的之一。

而系統亦須提供線上選題、組卷功能，學生在機上作答，電腦亦能批閱並紀錄作答情形，而老師則可以調閱學生解題歷程及其錯誤的概念何在。

另外，除了大量建置題目之外，系統要可以隨機產生題目的數字，以提供學生反覆練習的機制。

根據上述，分析本研究主要目的如下：

1. 建置一套以國中小課程綱要之國小數學分年細目為題目架構，並可隨機自動出數字及組題的線上題庫。
2. 題庫提供老師可線上組卷，學生可線上作答，電腦可自行批閱、分析學生的錯誤概念並回饋給學生，以及紀錄學生作答歷程提供老師調閱查詢等功能。
3. 系統提供能吸引學生上線練習的設計，透過精熟學習的方式達成數學計算能力的熟練。

1.3 研究步驟

依據研究的目的，研究步驟將先從題庫平台的設計需求、學生錯誤類型以及分年細目三方面進行文獻探討；接著分三部份著手設計題庫平台，並將蒐集到的錯誤類型資料、搭配分年細目之題目轉換成電腦程式以及儲存於電腦資料庫中；然後請學生試用及評估題庫平台的可用性；最後分析研究的結果，底下將研究的流程及步驟繪製如圖 1 所示：

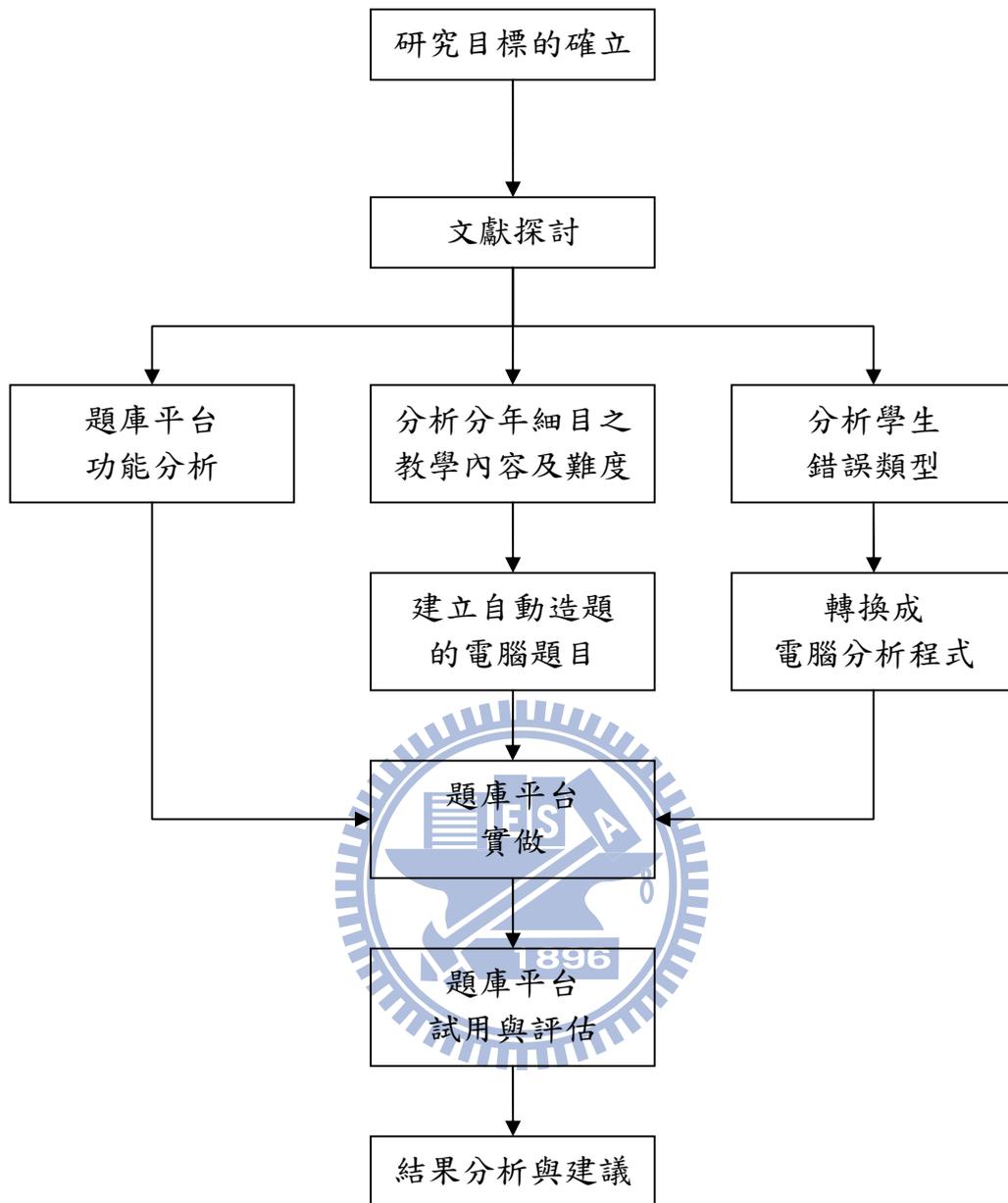


圖 1：研究流程與步驟

二、文獻探討

本研究主要目的，在於建立一套以國小數學領域課程綱要分年細目為題目架構之線上評量題庫系統，可供學生透過網頁瀏覽器，在網路上進行遠距線上作答並得到錯誤類型的回饋，且能於每次出題時更改題目的數字，藉由精熟學習來熟練數學能力。本章節針對研究主題，將題庫的內涵、線上評量的種類與其發展現況、分年細目的詮釋、錯誤類型、精熟學習加以闡述。

2.1 題庫的內涵

各家學者對題庫 (item bank) 的定義相當多元，Millman 及 Arter [6] 從廣義的觀點來看，題庫是一群便於使用的題目之集合，而題庫內題目之數量至少為任何應用場合所需數量的數倍以上 [31]；Booth [1] 提到題庫內的題目都要有品質保證，Lipsey [7] 則嚴謹的認為題庫內題目難度參數必須量尺化。

綜合上述的觀點，可以將題庫界定為：依試題的內容、類別（如單元或學科）或統計特質（如難度、鑑別度參數等）加以整理、分類的試題集合體 [23]。

題庫可透過紙筆的形式儲存題目，為紙筆式題庫 (paper-and-pencil item bank)，隨著科技的發展與輔助，透過數位科技的方式來儲存試題的電腦化題庫 (computerized item bank) 興起，能減少紙筆式題庫在搜尋、篩選以及組成測驗時所需花費的人力及時間 [23]，教科書出版社所提供的題庫光碟便為電腦化題庫。

何榮桂 [23] 亦提出電腦化題庫並非只用於儲存試題而已，如有電腦化題庫管理系統可操作電腦化題庫，對於欲使用紙筆式測驗的使用者（如學校教師），能依其需求，形成其所需要之紙筆式測驗或試卷，才能發揮其功能。

2.2 線上評量的種類與其發展現況

2.2.1 評量與測驗

人的一生中，常需要去了解其個人屬性、特質與行為，便需以評量活動來進行界定，而測驗是最常使用的評量工具，我們常參考測驗的結果，或以此為依據，來判斷個人行為表現 [24]。

在教學現場，教師會實施教學評量，教學評量通常被教師於教學期間使用來評估學生的學習狀況與評鑑教學品質，可再區分成四種評量方式，分別為教學前的安置性評量 (placement evaluation)，可藉此判斷學生於本單元是否已具備應具備的先備經驗，來決定教學的起點活動；在教學過程中，為了確定教學目標的可

行性，或是追蹤學生是否在學習過程發生了某些迷思概念，即可進行教學中的形成性評量（formative evaluation）與診斷性評量（diagnostic evaluation）；教學後的總結性評量（summative evaluation）則用來瞭解教學目標是否確實可行、是否進行了有效的教學方法，以及實現教學目標的程度。接著根據所得的評量資料，可以回饋給教師，了解自己教學上的優缺點，包括選擇的教材與教材的組織是否適宜、是否有調整教學策略或改變教學方法的必要性，以及是否有哪些學生需要進行補救教學等，使教學的品質持續提昇 [2,16]，而此四種評量，幾乎都脫離不了測驗的使用 [33]。

在教學評量方面，一般標準化的成就測驗，已經無法滿足教師在教學上的需求，所以教師往往仍需要隨時以自編測驗，來掌握自己的教學情況，並隨時進行必要的教學調整或補充教學，因此教師依照教學的內容來設計測驗內容，已是教師專業知能的一部分 [33]。

紙筆測驗是傳統的教學評量方式，但卻難以從其評量結果幫助教師有效地掌握每個學生的學習狀況，是因為學生在測驗中所得的分數，其實只能表示考生在該份測驗想要測量之能力上的表現程度，並非由測驗分數之和來表示考生的能力 [30]。

綜合上述，在教學現場，使用紙筆測驗來評量學生對教材瞭解的程度，不僅教師需在自編測驗上下功夫，測後的分析亦需人力及時間，因此結合電腦科技、可協助教師分析測驗結果的電腦化測驗便被積極開發。

2.2.2 線上測驗的種類與發展

電腦科技進入測驗的領域已有二、三十年的時間，一開始以單機作業將電腦應用於測驗活動，是為傳統電腦化測驗（Computer-Based Tests (CBT)），能做到如編擬題目、建立題庫、挑選試題、編製測驗、施測及評分、統計及印製成績單和測驗結果的解釋等 [25]。

接著結合試題反應理論（item response theory）以及次序理論（ordering theory）的電腦化適性測驗（Computerized Adaptive Tests (CAT)）出現，可以針對不同程度的受試者給予不同難易度的試題，且可在減少很多做答題數便可測驗出學生能力；而若透過知識結構作為選題的依據，最後的測驗結果便可以診斷出受試者的錯誤概念 [32]。

近年來網路科技的發達，電腦化測驗與網路的結合，將電腦化測驗從單機進展到線上的領域，是以網路為基礎的電腦化測驗（Web based tests (WBT)），學生僅需透過瀏覽器，便可隨時隨地在網路上進行測驗及練習，將電腦化測驗的功效發揮到最大 [34]。

林明達 [40]將線上測驗依測驗的方式成下列兩類：

1. 傳統測驗：就如同紙筆測驗，應試者在電腦上可看到所有題目，並可自行選擇作答順序，到確定可以交卷時才送出所有的答案。
2. 適性測驗：電腦一次僅呈現一個題目，應試者必須回答才會出現下一題，電腦會依照答案來選擇題目，可以藉此測出其能力而不需做完所有的題目，可以縮短應試的時間，但答錯卻沒有更正的機會。

若與學習環境的搭配，則可分類成下列兩類：

1. 與線上學習環境搭配：此類線上測驗不具備完整的功能和獨立運作的能力，常見於學習教材的測驗篇內。
2. 獨立的系統：可以獨立於於教學教材之外，具備完整的測驗建構、實施和管理分析等功能。

無論是何種線上測驗，其發展應著重在完善的管理系統、方便的人機介面、安全的帳號認證機制、立即的評量回饋、完整的題庫資料及可編輯試題的功能等，並盡可能發展出不同於選擇題形式的題型，以多樣化題型來達到評量效果 [21]。

底下將再針對三個近年來研究之電腦化測驗做功能之探討。

2.2.3 自動造題題庫系統

對教學者而言，題庫中試題的數量愈多愈好，根據 Prosser [8] 對題庫中題目數量的建議指出，每一種觀念的試題至少要有十個題目，每一節課程的內容至少要有五十題 [31]，若要每題每題鍵入資料庫，恐耗費大量時間及人力。

研究者侯好青 [41] 所提出建置題庫題目的方法，可改善傳統逐一鍵入試題以建立題庫的效率，研究中提出三種智慧型自動造題機制：(一) 與數理科測驗相關的自動造題機制；(二) 與數理科應用題測驗相關的自動造題機制；(三) 與非數理科目測驗相關的自動造題機制。

智慧型自動造題機制運用於數理方面，是透過系統產生兩個隨機數字，並結合加減乘除運算子產生題幹，再透過系統取與正確答案近似之值做誘答項，最後產生測驗試題，而應用在應用題的造題機制方面，則會透過姓名庫、名詞庫、運算語意庫、以及運算結果語意庫，隨機的組合成應用問題，舉例說明如下頁圖 2。

研究中指出此方式可應用於與運算有關之測驗及相關應用問題，並能依試題的模式快速的產生試題，同一觀念可產生不同的試題，可避免因試題重複出現而造成學生猜題或作弊等情況的發生。

研究最後提出兩個未來建議方向：(一) 填充題自動造題機制；(二) 發展網路版的自動造題系統。本研究將朝此方向努力，將自動造題機制能嘉惠更多老師及學子。

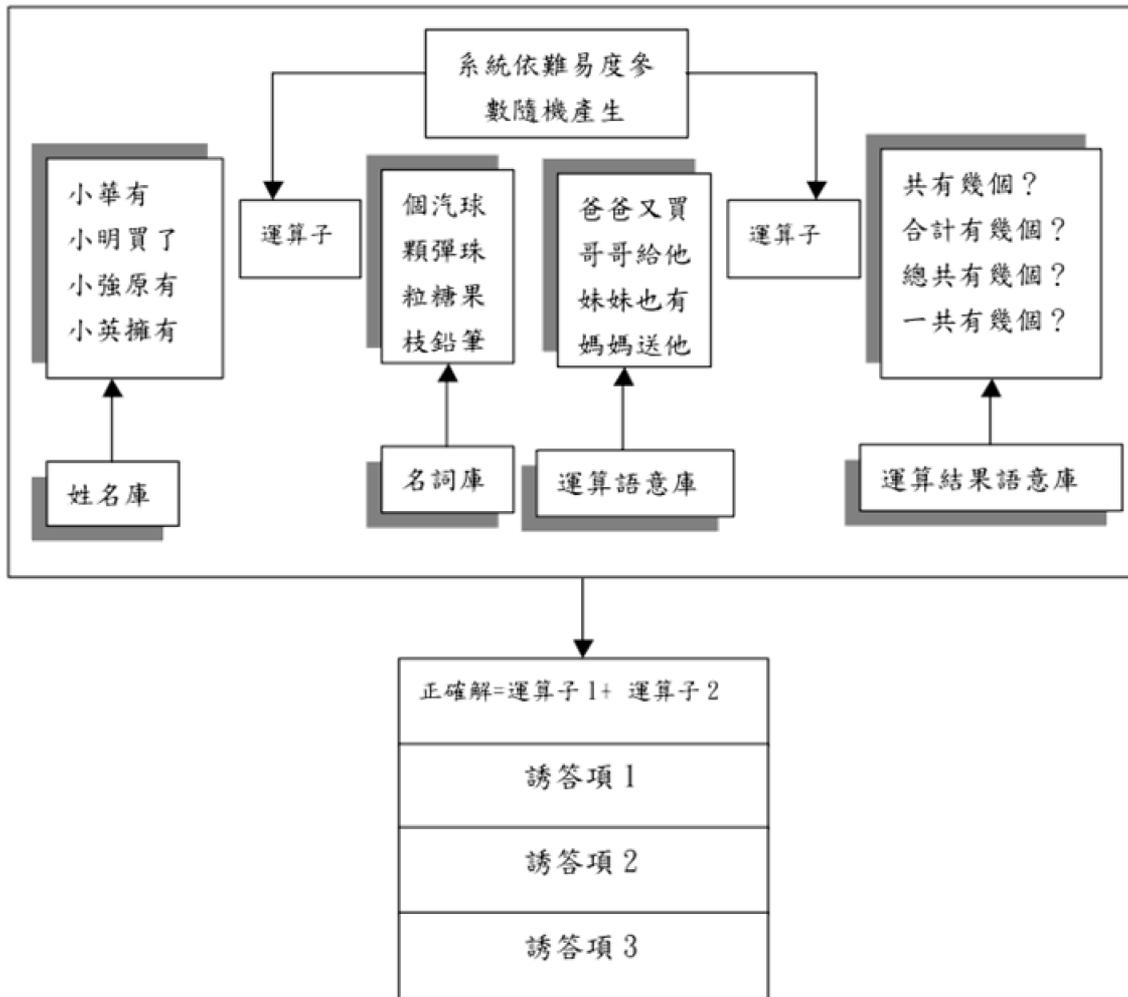


圖 2：與數理科應用題測驗相關的自動造題機制 [41]

2.2.4 漸進提示動態評量系統

九年一貫課程實施後，國小數學領域授課時數減少許多，教師在有限的時間內要趕上教學進度已是相當困難，對學習有困難的學生進行補救教學更是難上加難。研究者彭彥翔 [35] 發現，許多作答錯誤的學生，僅需稍加提示後就可解題，不可與真正不懂的同學歸於同類。

漸進提示動態評量透過「測驗—提示—測驗—提示—測驗」的方式，將提示由抽象、半具體逐漸演變為具體，可提高國小學生在數學學習上的成效。彭彥翔發展之適合國小學生之數學科漸進提示法電腦化動態評量系統，可解決一般的漸進提示動態評量較耗費人力及時間的問題，並發現透過系統反覆進行「出題—作答—提示—作答」的步驟，可有效提昇學生在「整數四則」單元的學習成效，與直接電腦動畫教學相比，學生亦有較好的表現及較多的進步。

本研究將延續此概念，將「提供提示」融入在題庫功能之中，學生在進行練習或測驗時，可透過系統提供提示語協助作答，以增加學生自行練習的可能性。

2.2.5 電腦化適性測驗

電腦化適性測驗與傳統紙筆測驗有很大的不同，其測驗方式是根據學生的能力及作答的結果，選取最適合該受測者的題目，答對了則選擇較困難的題目，答錯了便會選擇較簡單的題目。依據其理論基礎可將電腦化適性測驗分為二大類 [32]：一類是以試題反應理論 (item response theory(IRT)) 為基礎 [5]，另一類則是以知識或試題結構為基礎 [12]。

透過以試題反應理論為基礎的電腦化適性測驗進行施測後，受試者成績為一「能力值」(ability) 或「量尺分數」(scale score)，比較適合用於教育資源分配情境，例如：基本學力測驗、大學入學測驗等。但其所提供的訊息不適用於錯誤類型診斷。

以知識或試題結構為基礎的電腦化適性測驗，則得先透過次序理論 (ordering theory) 來建構學生的知識結構。次序理論中提到，大量受試者進行試題 A 與試題 B 的作答，若答對試題 A 就會答對試題 B，但答對試題 B 則不一定會答對試題 A 時，便可設定試題 A 是試題 B 的上位概念，反之，試題 B 則為試題 A 之下位概念。透過知識或試題為基礎的適性測驗中，學生答對一個題目時，便假設其下位概念都會了，則可省略不進行測驗，而挑選答對題目的上位概念來繼續施測，因此每位學生作答的題目不盡相同，以此方式建構之電腦化適性測驗，則可在節省作答題目的狀況下，有高準度的判斷學生的錯誤概念在哪裡 [42]。

電腦化適性測驗一次僅出一個題目，作答後無更改的機會，且目前的研究均為選擇題的題型，會有猜測的問題；而本研究欲建立之題庫測驗系統，是基於希望學生可自行進行精熟練習為目的，因此本研究將採用傳統測驗之電腦化測驗，並放眼未來能以本系統為基礎建立適性診斷的功能，提供老師在評量分析上更多的幫助。

2.2.6 線上測驗的優點與缺點

日前，教育部推動每校一電子白板、班班有單槍等計畫，打造國中、小 e 化教學環境，透過電腦、媒體科技進行教學已日趨普及，教科書廠商亦提供互動功能豐富的電子教科書供教師使用，其中不乏有與學習環境搭配的電腦化測驗題目，可讓老師於課室中讓學生進行電腦化測驗，因此利用電腦從事線上電腦測驗的活動作為教學的輔助媒介，在現今的教學活動中已逐漸被重視，配合電腦的快速處理能力及網路無遠弗界的特性，更能擴大教學活動的範圍。各家研究者從應用的觀點提出線上測驗所具有的優點，茲將優點從教師、受試者這兩個面向，分別摘述如下： [26,21,24]

從教師的面向來看：

1. 可透過圖片、聲音、影像、動畫等方式將題目呈現於受測者眼前，把試

題表現在一個較為真實的情境中。

2. 能精確的控制實施和計分的程序，測驗標準化的狀況下，便可避免人為情境的干擾。
3. 利用電腦則可控制題目顯示的數目，避免字跡對評量的影響，降低測量誤差。
4. 施測自動化並可減少測驗的時間。根據一些研究顯示，以電腦來實施同一版本的紙筆測驗，前者只需後者之 57% 的施測時間。
5. 節省批閱的人力與時間，提昇工作效率並降低出錯率。
6. 試題可重覆使用，準備試題的時間便可大幅減少。
7. 便於老師蒐集受測反應資訊及測驗資料，並進行分析。
8. 有利適性化測驗的發展。

受試者面向：

1. 電腦可以瞬間給予反應或計算得分，受試者可以得到立即的回饋。
2. 易於引發學習動機。
3. 易於反覆練習。
4. 個人化的測驗，可隨時隨地進行，不受時、地的限制。
5. 較容易建立競爭式的環境，提高學習動機與成效。
6. 提供超越時空、隨選隨測、更彈性的施測環境。

電腦化線上測驗並非全然都是優點，其本身也有一些問題存在。

就測驗的結果而言，大多數線上測驗實施後，僅提供受試者一個總結性的分數，對於學習並無太大的協助，且也大大折損電腦網路線上測驗的能力，網路電腦化測驗應加強即時回饋的內容 [33]。

國內學者林敏芳 [21] 研究表示，目前的電腦化測驗系統，受試者均無法任意選擇答題的順序，答錯了無法更改，題型侷限在選擇題或填充題，無法嘗試一次以上等情形；另外，在電腦教室施測時也常發生學生作弊的狀況。

因此，歸納電腦化線上測驗可能發生的問題如下： [21]

1. 測驗後給予的回饋訊息，對學生及教師是不足夠或是過深的。
2. 電腦化測驗的題型多限於選擇題，會有猜測的問題。
3. 電腦化測驗填充題題型只能以單一正確答案進行判斷，無法部分給分，對學生學習成效的評判並不公平。
4. 無法任意選擇答題的順序。
5. 在測驗實施方面，施測者必須準備足夠的電腦供受試者使用，且必須考慮電腦當機等問題 [36]。
6. 實施網路考試時，透過遠端冒用身份的作弊問題無法獲得有效的控管 [37]。
7. 在電腦教室施測亦很容易發生作弊的情形。

8. 電腦測驗較不適合呈現必須閱讀文字章節的題型，因為螢幕的解析度可能增加閱讀的困難性 [3]；近年來寬螢幕 LCD 盛行，亦會有電腦設定之解析度為非螢幕原生解析度而有圖形變形的問題。
9. 學生必須在草稿紙上抄下題目再計算，可能影響答題的速度 [9]。
10. 電腦化適性測驗的題庫建立不易、估計能力的方法未有定論與計分方式不一致 [27]。

2.3 分年細目的詮釋

2.3.1 九年一貫概述

過去台灣的課程發展，是一套「由上而下」的模式，教育部主導課程標準之修訂，由國立編譯館編寫統一的教科書，老師以及學生則使用一致的課本進行教學。隨著新思維的來臨，因應世界各國教育改革之脈動，開始改變此一套模式，用「課程綱要」代替「課程標準」，並打破國立編譯館對教科書的壟斷，開放給各家出版社開發教科書。民國九十年九月，從國小一年級以及國中一年級開始實施九年一貫新課程，教育部強調要「鬆綁」，就是要將課程決策權下放到學校，由「學校本位」課程取代「知識本位」課程，以建立各校多元化的特色 [28]。

九年一貫有一特色為「能力取代知識」，也就是要培養學生帶得走的能力，因此各學習領域的課程綱要均制定了能力指標，此指標亦為教科書編撰課本的標準。

2.3.2 分年細目的發展

民國九十年九月所推行之九年一貫，是以九年一貫暫行課程綱要為課程基本的架構，數學領域將九年分成四階段，分別為一至三年級第一階段，四至五年級第二階段，六、七年級為第三階段，而八、九年級則為第四階段，因此出版社在編撰教科書時，會發生某版本將某能力指標編於四年級，而另一版本將此能力編於五年級，在階段內換版本、轉學或是升國一時皆會出現銜接的問題，因此分年細目的制定便被提出。

數學的學習是循序累進的邏輯結構，哪些部份該先學、哪些部份後學，有其架構存在，因此教育部便於民國九十二年九月開始推動九年一貫數學正式課程綱要時，將須採分年進階式教學方能達成其教學目標的多數指標進行分析，由階段能力指標演繹出更細緻的分年細目及詮釋，以利分年進階式教學進度目標的明確掌握。綱要之「分年細目詮釋」的內容為教師教學及教科書編輯的主要參考依據，亦可在深度與廣度方面做適度的延伸 [15]。因此老師可以更清楚學生所需學習的能力。

目前我國中小學課程，係依教育階段及分流學制之原則進行課程標準或綱要

的規劃，並於國中小階段、高中階段、高職階段分別訂有「國民中小學九年一貫課程綱要」、「高級中學課程標準」、「職業學校群科課程標準」，唯如此的規劃原則，出現各類課程間缺乏銜接、連貫與統整的現象。

教育部為提升中小學課程之橫向統整與縱向連貫，便開始著手進行國民中小學九年一貫課程綱要之微調工作，希冀蒐集國民中小學九年一貫課程綱要之修訂意見，據以建置完善之中小學一貫課程體系 [43]。

此次修訂將九年的四個階段分為一、二年級為第一階段，三、四年級為第二階段，五、六年級為第三階段，七至九年級為第四階段，便可避免原先第三階段會發生國小升國中後版本更換的銜接問題；並將分年細目進行微調、修訂，或將能力往前一年挪，或將能力往後一年推，以其能於國小內部做橫向統整並與國中、高中做縱向連貫。然而無論如何，此為國中、小數學領域課程之標準，教科書以及老師均需配合其內容進行課程設計及教學。

分年細目採三碼編排，第一碼表示年級，分別以 1、…、9 表示一至九年級；第二碼表示主題，分別以小寫字母 n、s、a、d 表示「數與量」、「幾何」、「代數」和「統計與機率」四個主題；第三碼則是分年細目的流水號，表示該細項下分年細目的序號，如 5-n-18 則是五年級數與量主題中的第十八條分年細目，流水號僅是循序編號，和教學順序並無直接相關 [15]。

2.3.3 分年細目與教學內容

雖然微調後的最新版課程綱要，將在一百學年度才開始實施，但為求前瞻性，本系統將以最新的分年細目為主，分析其中的內容，本研究將從分年細目詮釋、教科書教材、專家效度三個方面下手，分析分年細目之中的教學內容。

國民中小學九年一貫課程綱要數學學習領域的附錄一分年細目詮釋，目的在釐清細目的意義，而教科書的編撰、教師的教學均必須遵循分年細目及其詮釋的內容 [15]；教科書出版社則會依照詮釋的內容，切割出幾個教學活動，通常教學活動大多為由易到難的編序教學，且一個教學單元可能會包含兩、三條分年細目。如針對「5-n-18 能運用切割重組，理解三角形、平行四邊形與梯形的面積公式」，其分年細目詮釋為：

- 從長方形面積出發，以 3-s-06 為前置經驗，運用切割重組與簡單幾何圖形的性質，來推導這些圖形的面積。
- 三角形面積公式 = (底 × 高) ÷ 2
平行四邊形面積公式 = 底 × 高
梯形面積公式 = (上底 + 下底) × 高 ÷ 2

而康軒版 98 學年度數學教科書第十冊的第二單元「面積」，則依照此分年細

目分成四個教學活動，分別是：平行四邊形的面積、三角形的面積、梯形的面積、複合圖形的面積 [17]。其中複合圖形的面積並非詮釋中提到的內容，因此為教材加深的部份。

透過分年細目詮釋以及教科書出版社的教材來分析分年細目已相當足夠，然仍會透過教學專家依照所蒐集到的資料進行探討，本研究所詢問的教學專家為苗栗縣數學輔導團，輔導團內的輔導員大多是第一線的資深教師，對教材的內容瞭解深入，甚至幾乎不使用教科書上課，因此若分年細目詮釋以及教科書教學活動仍有尚未詳盡確實被細分的教學內容，可透過輔導團的專家效度進行修正。

為達到教學內容的教學目標，老師會應用測驗的方式進行評量，然而屬於該教學內容中的題目，亦有難易度的分別，比如平行四邊形的面積，若題目僅提供底和高的數據，以及提供四條邊及高的數據兩種題型，如下圖：

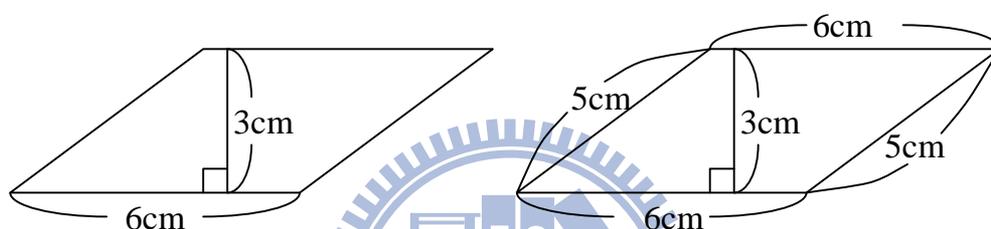


圖 3：兩種不同呈現的平行四邊形面積題目

就教學經驗上來看，右邊的題型將造成錯答的可能性較高，主因可能是因為學生對於底和高的概念並未非常清楚，而將題目給的數字都拿起來乘，此亦為一學生常犯之錯誤類型，答對左邊題型的同學事實上不一定完全瞭解平行四邊形的面積之相關概念。

分年細目是出版社編撰教科書的依據，為了讓使用不同教科書版本的老師都能夠使用本套系統，因此本研究中的題庫題目將以分年細目為分類的依據。

然而分年細目的分類仍然過大，便再透過分年細目詮釋、教科書以及專家效度進行分年細目的教學內容分析，接著再依照教學內容中的教材，分析不同類型的題目，建立難易度的架構表，題目將循著「分年細目-教學內容-難度」的架構表建置及分類。

因此以分年細目做题目的分類及分析，除了做到跨版本外，老師亦可挑選不同難易度的題目，讓不同程度的學生進行練習及測驗。難易度亦會搭配系統的獎勵制度，做對難度較高的題目時會獲得更高的經驗值以及解題獎金。

2.4 錯誤類型

2.4.1 錯誤類型的意義

早期的心理學家認為錯誤有二種：一種是由於不小心做錯而產生，稱為疏忽 (slips)；另一種是由於學習了錯誤的概念或程序而產生的，稱為系統性的錯誤 (systematic errors)。疏忽通常是注意力被分散所導致的，它的產生大多是不規則的，所以沒有引起太大的注意。系統性錯誤被認為是由於某種錯誤知識，或是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，可以加深對整個學習過程的認識 [38]。Brown 和 VanLehn [10] 定義，如果存在一個程序能夠製造這個錯誤答案的話，那麼該錯誤就稱為系統性的錯誤。系統性錯誤便能透過電腦來設計適當的程式計算錯誤答案，藉由錯誤答案來和學生作答的結果做比對，我們就可以使用電腦來判斷學生犯了哪些系統性的錯誤。

針對不同的數學概念會有不同的系統性錯誤，但大致上可以分類成計算上的錯誤以及解題程序上的錯誤。分述如下 [29]：

1. 計算上的錯誤：

- (1)位值錯誤：指對於位置、借位和退位等缺乏正確觀念。
- (2)基本運算錯誤：指不會或不熟基本的加減乘除，如九九乘法沒背熟。
- (3)運用錯誤程序：運用錯誤的數學程序所造成的錯誤，如沒有依先乘除後加減、遇到括號要先算的原則計算。
- (4)由右至左運算的錯誤：採由右至左進行運算。

2. 解題程序上的錯誤

- (1)數學概念不足：對數學的基本概念不清楚，而衍生出來的錯誤，如不知 8 和 18 誰大；做數學題時，不懂數學語言，不知道題目在問什麼；缺少相關概念知識，不知道周長與邊長的關係。
- (2)運算符號意義不了解：由於不了解數學符號和術語，將不同運算符號予以替代。
- (3)無法了解題意：看到數學題目後無法釐清題目中已知數、未知數、條件是什麼。
- (4)擬定解題計畫有問題：無法找出資料和未知數的關聯，迷失於關鍵字中，看到「共」就用加，或隨便找一個運算方法來解題。
- (5)解題執行與回顧能力不足：指執行已擬定的解題計畫並核對、校正答案的能力不足，如忽略題目最後的問題及單位，或沒有寫單位，以及不會檢查自己的運算過程是否有錯誤。

王雪瑜[29]亦提出學生解題錯誤，可能跟學習態度有關連，學生缺乏作答動機或對數學產生焦慮，都可能影響作答的情形。

2.4.2 錯誤類型對教學的重要性

Ashlock [4]、Brown 及 Burton [11] 認為批改學生的數學作業不僅是一個分數而已，更要加以分析，因為導致學生錯誤的原因是錯綜複雜的，即使相同的錯誤，也可能是不同的訊息處理過程所導致。教師藉由這種錯誤的分析知道學生常犯哪些系統性的錯誤，在教學時便能採取適當的教學方法，來盡量避免學生產生迷思概念或錯誤解題策略。

就評量的功效而論，認知學者認為評量也應重視學習者錯誤類型的分析，以幫助學習者進行學習補救。教師所給予的錯誤類型回饋應專注在學習任務上，且必須要定期的、適當的針對特定任務來給回饋 [18]。此外丁信中等人 [19] 的數學解題研究中，認為學生答題時無論答對或答錯均需要收到回饋，並且認為複雜的程式是從簡單的程式開始發展的，所以將學生解題的程式中的錯誤診斷出來，並分析其錯誤組型，將有助於教師進行補救教學 [39]。

然而對於大班教學的教學現況，老師一一分析學生的錯誤類型是需要花很多時間，而每位學生的錯誤類型並不相同，因此後續補救教學動作亦需要個別指導，花上更多時間。研究者發現，事實上有很多學生僅需提供一些提醒，就可以發現自己的錯誤並且修改之，然而熟練的時間不夠多，無法將所有的錯誤一一改進。

因此為了解決老師教學時間不足的問題，此題庫系統需能自動判斷學生的錯誤類型，提醒學生該注意的地方，並讓學生有訂正的機會，以便修正自己的問題，接著可透過系統產生相同概念但不同數字的題目，供學生反覆練習，進而精熟。

2.5 精熟學習

這種教學策略的基本理念是：每個人的學習速度快慢不同。教學時只要列出要求學生精熟的標準，並給予學生足夠的學習時間，則幾乎所有智力正常的學生，都能精熟大部份學習的內容。精熟教學法適用於中、小學團體教學的情境，適用的教材性質兼及認知和動作技能兩種，但涉及的層次不高。布魯姆 (Benjamin S. Bloom) 的精熟教學法最常為人引用，其教學流程如下 [20]：

1. 引導階段：

在此階段，告訴學生精熟教學的實施方法和成績的評定方式，重點如下：

(1)每位學生根據事先訂定的標準評定成績。

(2)凡是達到此一標準的學生即可得 A，人數沒有限制。

(3)不須和其他學生作比較。

(4)在學習過程中要接受一系列的評量，並根據提供的回饋，了解自己學習

困難的所在。

(5)如有學習困難，必須參加補救教學或其他方式的學習。

2. 正式教學階段：

(1)將教材分成若干單元，擬定每一單元的具體目標和精熟的標準。

(2)進行班級教學。

(3)每一單元教學結束後實施第一次測驗，並提供回饋。

(4)未達教師事先訂定精熟標準的學生，要參加補救教學，重新學習原教材，然後再接受該單元的第二次測驗。若有少數學生再次未能通過，則利用課餘時間接受其他學習活動。

(5)至於達到精熟標準的學生，則參加其他充實性的學習活動。

(6)全班共同進行下一單元的教學。教學進度是由教師決定。

從教育部頒定之數學領域分年細目，亦可看出精熟數學能力的重要性，如分年細目中 1-n-05 能熟練基本加減法、3-n-04 能熟練三位數乘以一位數的直式計算、5-n-01 能熟練整數乘、除的直式計算等，均有「熟練」一詞，便是需要精熟這些能力，亦是九年一貫所強調「帶著走」的能力 [15]。

而在熟練的要求下，學生會對某個概念進行反覆的練習，本研究也期望學生能夠精熟基本的數學能力及技巧，任何一個概念都需要具備其先備的數學能力，雖題目一開始擁有其鑑別度，然而在熟練的要求下，每個題目，就算是單純的九九乘法計算問題，都有它存在的價值，也期望精熟之後每個題目的鑑別度都非常低，亦即學生都能確實的通過該題目的考驗，因此本研究將不針對每個題目的鑑別度進行分析。

三、系統的分析與設計

本研究旨在建立一個國小數學線上題庫，以教育部頒定國小數學領域課程綱要之分年細目為試題分類架構；透過隨機數字出題機制，產生不同數字的題目，供學生進行精熟練習；並將學生常犯之錯誤類型設計成電腦判斷程式，透過系統的回饋機制即時呈現學生的錯誤類型，學生可藉此自行修正自己的錯誤；教師透過系統呈現學生的作答情形，亦可在需要老師介入輔導、補救或加深加廣之時提供協助。

本研究先透過文獻探討，瞭解線上測驗題庫平台應提供之功能，以作為系統開發之參考；並將國小數學領域分年細目進行教學內容之分析；以及收集學生常犯之系統性錯誤類型，進行題目與錯誤類型判斷模組之設計。以下以系統開發工具、系統功能分析、分年細目之教學內容及難度分析、學生常犯之錯誤類型分析以及施測方法及工具等五方面加以說明。

3.1 系統開發工具

本系統設計採用三層主從遠距測驗系統架構 (three-tier client/server distance testing system architecture)，如圖 4 所示。Client 端表示的是使用者，當使用者連線至 server 端，亦即伺服器端，伺服器便會依照使用者的指令選用適當的程式，從資料庫端存適當的資料，並呈現給使用者。

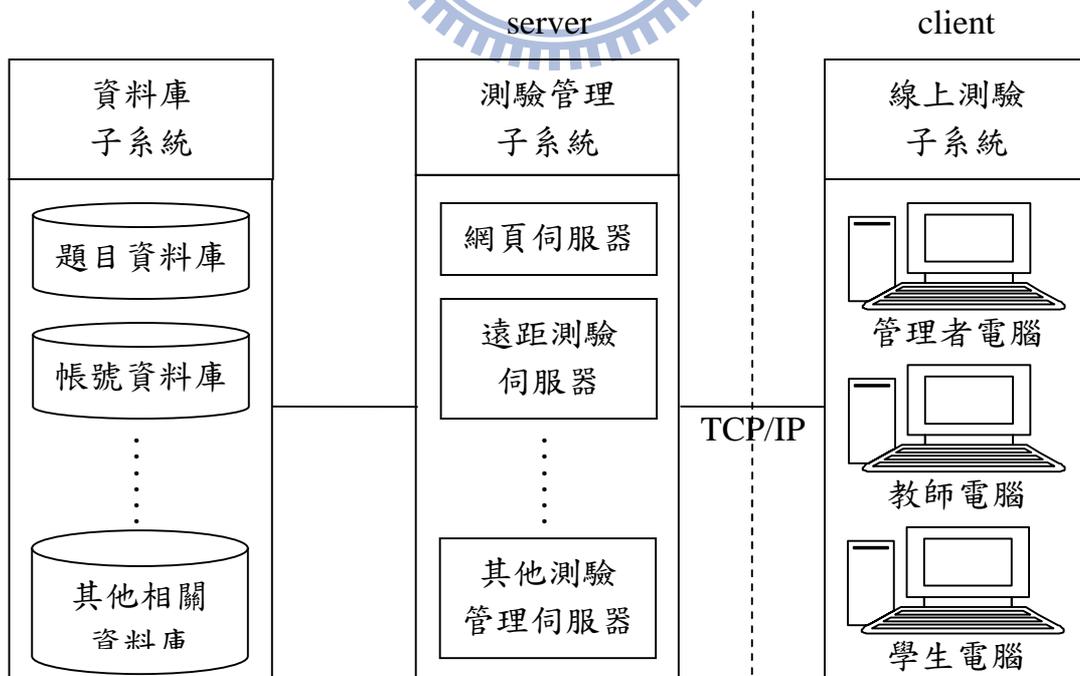


圖 4：三層式主從遠距測驗系統架構 [24]

3.1.1 伺服器硬體與作業系統

受限於研究經費的限制，伺服器硬體設備以目前現有資源方便取得為主，任何一台 IBM PC 相容型電腦即可使用；在作業系統的選用方面，則以穩定性、相容性為主要考量，雀屏中選的系統為台南縣教育局開發之 B2D 中文 Linux 作業系統，B2D 系統的創立原本就是為台南縣各中小學作為網路作業系統之用，所進而研發建立的一個中文作業系統 [44]，由於系統中相當多功能均是以中小學為考量出發點，加上其為完全自由且免費，故選用之。

3.1.2 程式撰寫工具

B2D 作業系統中，內建 Apache 網頁伺服器 (web server)、PHP (Hypertext Preprocessor) 伺服器與 Mysql 資料庫，其快速、穩定的能力亦為題庫系統適用之伺服器端 (server side) 軟體。因此伺服器端將直接選用 Apache 網頁伺服器擔任與使用者溝通的媒介；以 PHP 程式語言撰寫程式，執行資料的呈現、存取等功能；透過 Mysql 資料庫紀錄各項題庫需要的資料，以供使用者調用、查閱。

撰寫程式的方式是透過物件導向程式設計 (Object-oriented programming)，物件導向程式設計是以物件為主的一種觀念，將各種系統所需使用到的功能，封裝成不同的物件，物件為程式的基本單元，可具有繼承、多型等特質，並且比程序性程式設計 (procedural programming) 更容易重複使用程式碼。

透過物件導向則可使用不同的設計模式來設計系統，本系統將透過 CodeIgniter 框架 (framework) 採用 MVC (模型-檢視-控制器，Models-Views-Controllers) 設計模式。

設計一套基於網頁的平台時，有很多基本功能是常被使用的，如資料庫選取、刪除、新增、更新資料，或是資料的顯示等等，而「框架」便是基於將常用工具包裝起來的概念所產生的一種工具組合，我們可以重複使用這些已經建立好的工具程式。大多數人需要使用的工具程式大致上不會相差太遠，因此便有已經設計好的框架，可供程式設計者直接拿來使用，程式設計者亦可自行透過框架提供的功能建立更多屬於自己的工具包，而 CodeIgniter 便是一套能加速開發 PHP 程式，且基於 MVC 開發模式的 Web 應用程式框架 [45]。

MVC 是把程式邏輯從視覺的呈現拆開的一種軟體開發方法。實務上，它允許網頁中包含最少的程式，就是把視覺呈現的部份從 PHP 程式中分離出來，MVC 分別做的事情為： [46]

1. 模型 (Model):

代表的結構是你的資料。通常模型類別包含許多函數可用，可以幫助使用者完取回、新增、更新、刪除資料到資料庫裡頭。

2. 檢視 (View):

用來呈現給使用者的資訊。檢視 (View) 通常是網頁形式，但是在 CodeIgniter 裡頭，檢視 (View) 也可以是網頁的片斷，像是頁面標題或是使用者選單，此網頁片斷功能，則可協助設計者將網頁分開撰寫後，再動態合併之，呈現適當的資料於使用者的面前。

3. 控制器 (Controller)

提供像是中間人的角色 在模型 (Model) 跟檢視 (View) 之間，或者是任何其他的資源需要處理網頁請求 (HTTP request) 以及產生網頁的地方出現。因此使用者送出的資料或想存取的資料，會透過控制器 (Controller) 分析，再調用適當的模型 (Model) 函數完成工作，接著控制器 (Controller) 再呼叫檢視 (View)，將系統回饋的訊息展現出來。

使用者端 (client side) 則可透過網頁瀏覽器，如 IE (Internet explorer) 或火狐 (Firefox) 來執行題庫系統的功能，程式設計者亦可透過 phpMyAdmin 資料庫系統的 web 管理介面來進行 Mysql 資料庫的操作。

而一般使用者如老師或學生，亦須有一條路徑和伺服器進行溝通，傳統的應用方式是透過網頁表單的方式送出資料給伺服器端，每當送出表單時就向伺服器發送一個請求。伺服器接收並處理傳來的表單，然後送回一個新的網頁，但這種作法浪費了許多頻寬，且會影響處理的速度。

與此不同，透過 AJAX (Asynchronous JavaScript and XML) 技術可以不需透過表單送出資料，以非同步的方式與伺服器進行溝通，取回必須的資料，再透過文件物件模型 (Document Object Model (DOM)) 以及 JavaScript 將資料顯示在網頁上 [47]。

JavaScript 是一種可由瀏覽器直接執行的程式，屬直譯式程式語言 [48]，透過網頁內嵌 JavaScript 程式，可進行網頁物件的處理，比如移除頁面上的物件、插入物件文字等，在適當的情況下加入 JavaScript 程式，可在減少伺服器端的負荷下，就能呈現依使用者的操作呈現不同的畫面。DOM 則是提供文件結構的表述 (representation)，所有網頁設計師可操作及建立文件的屬性、方法及事件都以物件來展現，比如一段文字、一個按鈕、一張圖片等，均為網頁內部的物件，JavaScript 可操作的對象便是這些網頁上的物件，DOM 可說是建立網頁與 JavaScript 或程式語言溝通的橋樑 [49]。

然而，AJAX 在跨瀏覽器上有相容性的問題，因此系統設計時將以 jQuery [50] 這套 JavaScript 程式庫來處理 AJAX 的相容性問題，jQuery 是一個快速

又簡潔的 JavaScript 程式庫，可以說是 JavaScript 的框架，其簡化了讓設計者在 HTML 文件裡面尋找 DOM 物件的工作，並可用在各瀏覽器均使用同樣的方法呼叫 AJAX 至伺服器取得必要的資料，解決了跨瀏覽器的問題，簡化了程式撰寫時的諸多困難。

3.2 系統功能分析

一套完整的系統應提供方便的工具、人機介面供使用者使用，系統建置需從分析系統功能之需求開始，而根據研究的目的與文獻探討，本研究欲設計之線上題庫系統，應包含安全的認證機制、管理者功能、教師功能、學生功能、試卷測驗及練習功能、隨機數字之題目模組、錯誤類型模組。

3.2.1 安全的認證機制

本題庫系統需要紀錄每個學生的作答紀錄，老師要能透過系統線上組卷、分配試卷以及查看學生的作答情形，因此必須透過認證機制確認學生和老師的身份，亦須有管理者能管理整個系統的運作，隨時線上處理帳號問題，因此系統需提供安全的認證機制，透過帳號、密碼登入系統，確認使用者的身份，亦須能提供訪客參觀，讓所有來訪的使用者均能試用此系統的測驗功能，以及新帳號申請、老師建立學生帳號等功能，以方便系統推廣。而每個使用者均能隨時在線上修改自己的密碼、姓名、暱稱等個人資料。

3.2.2 管理者功能

管理者登入後，可透過系統管理整個系統的營運，有下面幾點功能：

1. 管理帳號功能：

管理帳號需要能夠對帳號進行身份的確證，並且將該帳號設定為老師身份，以方便該使用者能進行老師權限的相關功能；以及可以直接新增老師帳號或查看學生帳號，並可刪除已不需要的帳號。

2. 管理分年細目功能：

本研究因時間與人力之限制，因此尚未能建立所有的分年細目及其教學內容和難度，為了將來擴充及修訂的方便，管理者需能線上管理分年細目的教學內容及難度說明。

3. 管理題目資訊功能：

本系統的每一題題目都是一個物件導向之程式，資料庫中會紀錄每個题目的相關屬性，比如屬於哪個分年細目、題目來源、檔案名稱等，管理者需能透過系統新增、修改這些题目的資訊，以方便在建立好題目後，迅速將題目資訊紀錄於資料庫中。

4. 系統公告管理功能：

系統的建置將會持續進行，隨時會有新題目、新錯誤模組、新功能提供給使用者使用，題庫平台需透過系統公告欄將系統訊息公告給所有使用者，每一筆公告均是紀錄於資料庫中，因此管理者要能在頁面上以方便的介面新增、修改、刪除系統公告。

5. 查看錯答資訊：

錯誤類型的建置，需從學生的作答情形來觀察，除了研究者在課堂中發現的錯誤類型，以及文獻中研究之錯誤類型外，可能仍會有一些是尚未被發現或建置的錯誤類型，因此管理者要能查閱所有學生的錯答情形，以方便研究學生的答案建立新的錯誤類型，讓系統的判斷能更加精確，學生亦能獲得更精準的回饋，從中獲得最大的益處。

3.2.3 教師功能

使用者可經由管理者更改權限，使帳號具有教師權限的功能，擁有教師權限的使用者，可操作下列功能：

1. 建立學生帳號及修改學生密碼

老師可經由系統建立自己所需要的學生帳號，讓學生透過自己的帳號、密碼登入，並進行測驗及練習。建立帳號之初，學生的密碼與帳號是相同的，學生第一次登入系統後，會被提示要求更改密碼，及輸入個人的姓名，待此兩個要求完成後，才可以使用學生該有的功能。根據研究者的經驗，當帳號密碼需為英文、數字的組合時，國小學生很容易忘記自己的帳號跟密碼，因此老師需要能夠查閱所有自己建立的學生之帳號資料，並直接更改學生的密碼，以解決學生忘記帳號、密碼時的困境。

2. 建立班級及編輯班級學生

試卷的分派是以班級為單位，而某些試卷適合程度好的學生，某些試卷則需要程度較落後的學生加強訓練，因此教師可建立多個班級，並將學生編到適當的班級去，期許透過不同班級的分組，讓學生能加強自己所需要的部份，而教學現場中老師常面臨大班教學、常態編班造成的能力不齊、疏忽高成就學生的困境，將由此功能提供一個解決的方法。

3. 班級公告

老師可透過增、刪、修班級公告，來傳達訊息給上線的學生，如何時進行測驗、有哪份試卷可供練習，或公開表揚練習充分的學生，以激勵同學們能多進行練習。

4. 線上組卷及分派試卷功能

在整個教學過程，教師會透過如形成性評量、總結性評量等方式，進行學生能力之評估，因此教師可經由分析測驗的目的為何，再透過系

統題庫的挑選，於線上建立一張能達成測驗目的以及精熟練習的試卷供學生測驗與練習。

教師在編輯試卷時，要能透過分年細目、教學內容、教學內容之難度、不同的教科書版本、關鍵字搜尋等方法來挑選題目，並隨時可切換不同的方法。

組卷完畢後，將可分派試卷給自己所建立的班級，因此可做到不同程度的學生可能會有不同的測驗題目或練習題目，藉此達到因材施教、因材施測的目的。線上組卷的功能流程圖 5。

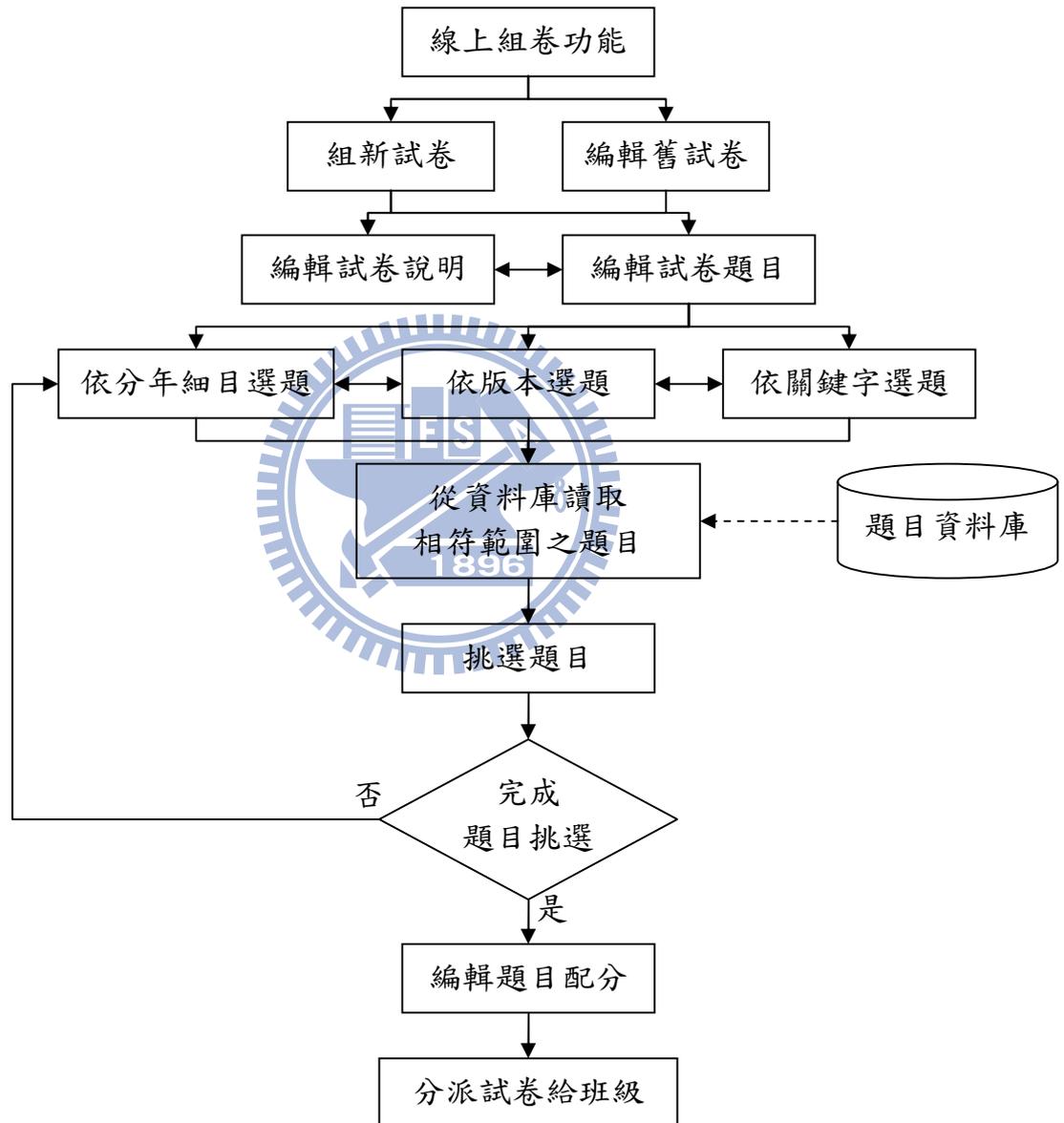


圖 5：線上組卷流程

題庫中的題目是以分年細目做分類，因此建置系統時，須分析不同版本教科書的各個單元，所搭配的分年細目或教學內容為何，並將之寫入資料庫中，以方便程式選取。

5. 試卷相關功能

老師對於自己的試卷，可有編輯試卷基本資料、編輯試卷題目及配分、分派試卷、刪除分派、刪除試卷、複製試卷等功能

老師把試卷做好後，可將試卷分派給自己建立的班級，供學生練習，或分派為測驗卷，相同的卷子可以分派給數個班級，但同一張卷子只能分派同一個班級一次，且卷子一分派出去後，便不能再修改題目以及配分，此時老師僅能對這張試卷做試卷基本資料的編輯、刪除分派或從自己建立的試卷中刪除。若想要以該試卷為基礎修正一些小部份，就可透過複製試卷功能，產生一個一模一樣但尚未分派的試卷，便可依其為基礎進行題目、配分的編輯，減少重複挑選題目的動作。

6. 查閱作答情形

為了瞭解學生的學習狀況，老師可針對某份試卷或某條分年細目、教學內容或難度、題目，查看學生或班級的作答情形，系統將會自動分析題目作答的次數、錯誤類型及犯該錯誤的次數，老師可以看到學生或班級是否在某個概念上，常犯相同的錯誤類型，再予以進行補救教學，或作為修改教學方法的依據。

以上六點為在題庫平台中，擁有老師權限的使用者可以進行的功能，而管理者亦有教師完整的權限。

3.2.4 學生功能

學生的帳號可透過教師建立，學生是測驗的主角，進入本系統後，會先判斷該帳號是否通過認證，亦即是否已經更改預設密碼以及設定自己的中文姓名，接著可查閱系統公告、班級公告，進行線上測驗以及班級試卷練習，學生在每次作答一個題目後，便會在資料庫中進行紀錄，並於答對時增加學生的經驗值與解題獎金。做越多題則經驗值會越高，可供老師進行班級經營獎勵之運用，解題獎金可用來購買題目的提示語。

3.2.5 試卷測驗及練習功能

試卷可提供測驗以及練習，兩者在功能上幾乎毫無差異，僅在試卷的呈現上有所不同，練習時系統將提供購買提示語以及單題對答案等功能；測驗則是在第一次作答時，僅提供交卷的功能，計算整張試卷的得分，接著進行訂正，此時便和練習一樣，可提供購買提示語以及單題對答案等功能。待整張考卷訂正完後，學生亦可重複練習同樣題目的試卷，為了確保學生不以背誦答案的方式作答，系統將會於每次重新練習時以隨機數字自動造題機制更動每個題目的數字，整個測驗及練習的流程如下頁圖 6。

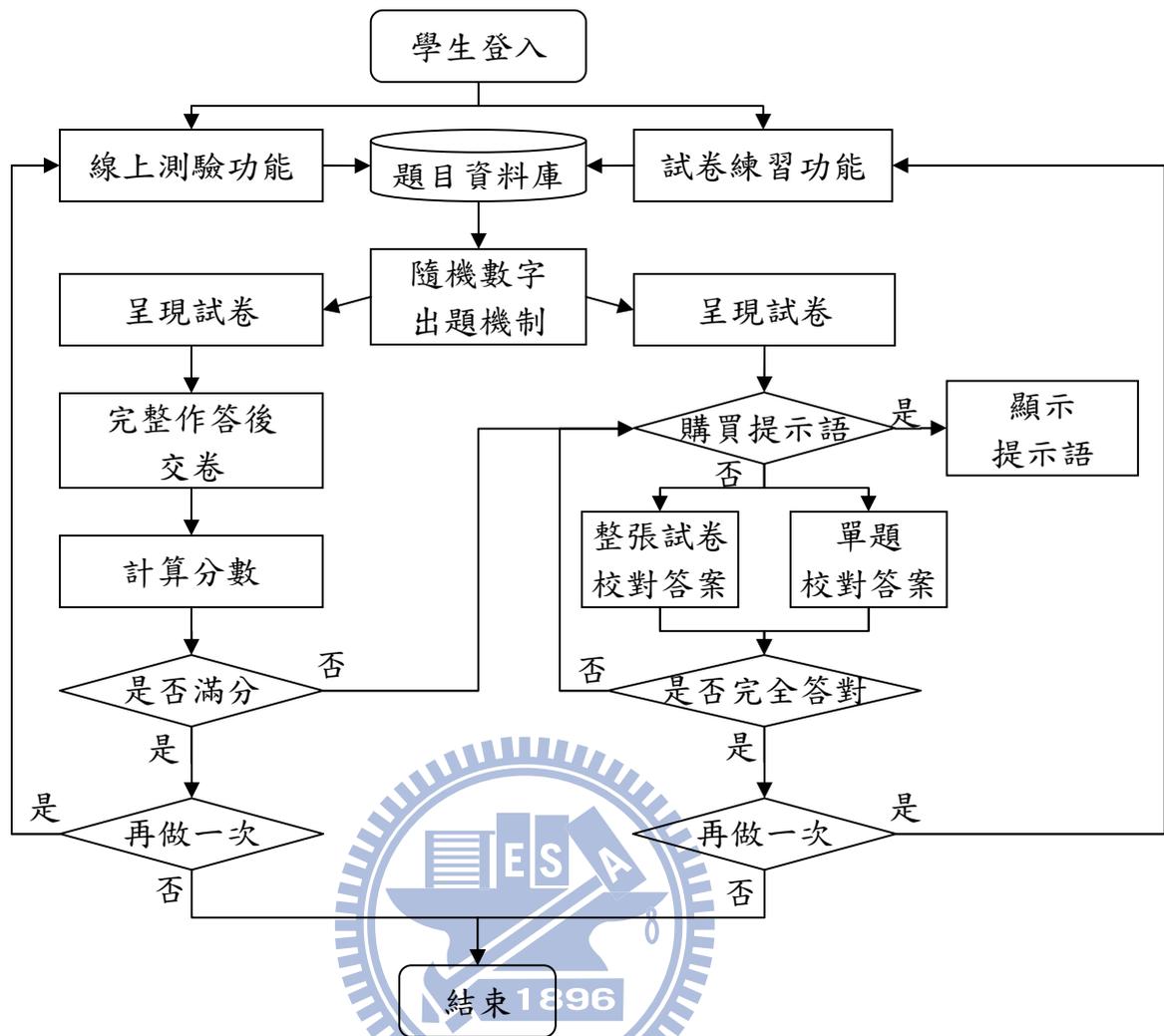


圖 6：試卷測驗、練習流程

3.2.6 隨機數字之題目模組

本系統將設定每個题目的數字部份均可隨機產生，一個题目便可當成多個题目使用，以達成題庫中有足夠數量的题目及減輕建置題庫負擔的目的。然而每個题目的题目數字有其個別化的特性，如飛機時速應不得過小、老師買的鉛筆數不可太多等狀況，或是题目為三年級的除法問題時僅能出整除的题目，不可有除到小數的狀況。

因此針對每題進行隨機數字的部份便需撰寫適當的程式，同樣题目但有不同的數字時，便會有不同的答案，系統應針對题目的數字進行適當的計算以求得正確答案，因此已不能如一般的題庫可將题目的題幹、選項紀錄於資料庫中。本系統將每個题目當成一個物件，為每個题目量身訂做數字產生、題幹產生、答案產生的程式，並紀錄引用何錯答模組及题目相關屬性的設定。

當使用者傳來顯示题目的命令時，系統便會判斷為顯示一道新题目或舊题目，若為顯示新题目，系統則會進入题目數字產生器的函數中，產生一組

數字；若為顯示舊題目則會從資料庫或網頁資訊中尋找該題目的數字，並將題目的數字設定之，此狀況發生在學生讀取曾經做過的題目，或老師、管理者查看學生錯答情形時。不論哪一種狀況，取得題目數字後便會再搭配題幹產生器的函數輸出題目。隨機出數字之題目模組示意圖如下：

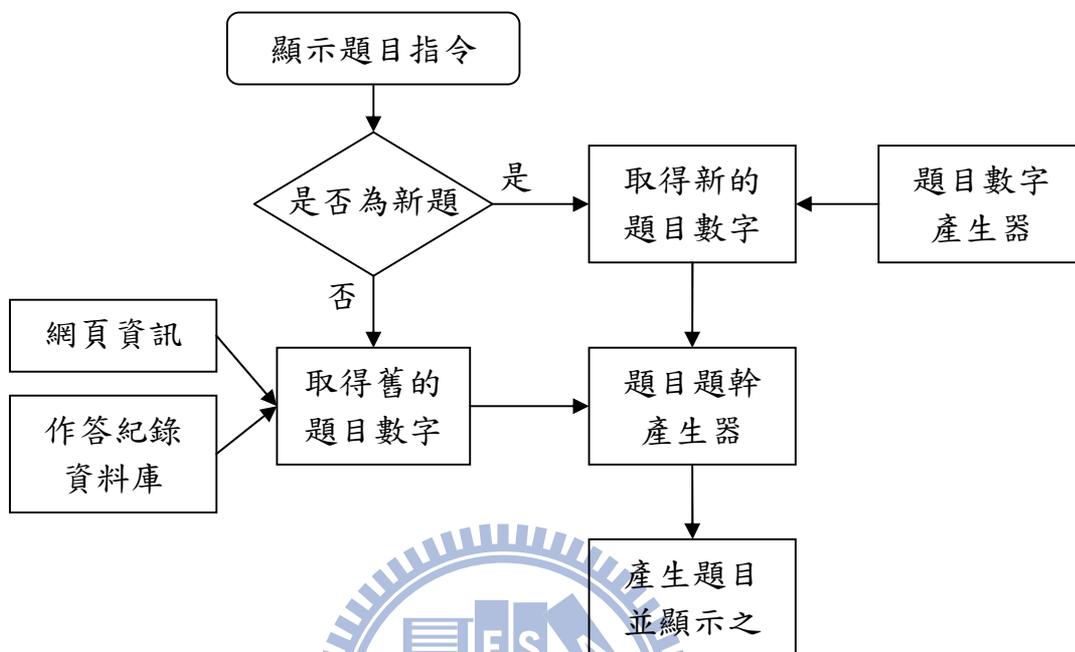


圖 7：隨機數字之題目模組流程圖

由於每個題目均是一道物件導向的程式，需有程式設計背景才有辦法寫出一道題目，因此本研究所研發之系統將不提供老師自行上傳題目的功能。

當使用者傳作答並傳出校對答案的命令時，系統便會進入錯誤類型判斷模組，來進行使用者答案的批改及錯誤類型的回饋。

3.2.7 錯誤類型模組

每個概念均有其系統性的錯誤類型，透過一定的程序便可以計算出該錯誤類型的答案會是如何，再一一判斷學生的答案是否和錯誤答案相符，若相符便可判斷學生犯了該系統性的錯誤。錯誤類型模組的程式流程如下頁圖 8。

此種判斷方式，無法判斷出數字抄錯、題目看錯等疏忽的答錯狀況，因此在無法判斷錯誤類型時，系統預設會呈現「是否數字抄錯或題目看錯？」的訊息，提醒學生再進行檢視，每一題亦可在題目中設定無法判斷錯誤類型的訊息，做更適當的回饋。

錯誤類型相當多變化，或許無法在系統建立之初便窮盡之，因此將學生的錯誤答案紀錄於資料庫中，有助於試後的分析，再將錯誤類型模組做增修，使之更加完善。

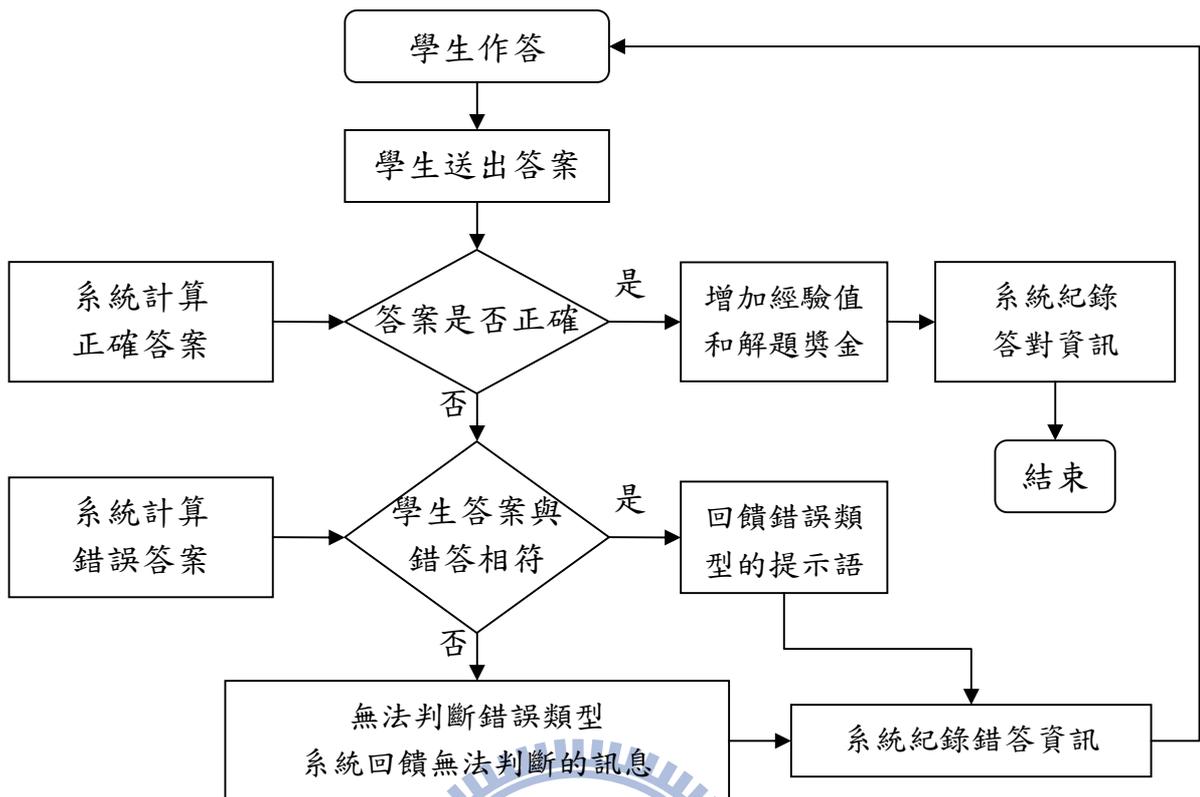


圖 8：錯誤類型模組

3.3 分年細目之教學內容及難度分析

由於時間與人力的限制，本研究將先搭配研究者教學現況，依照康軒版 98 學年度國小五年級下學期教科書第十冊的第七單元「生活中常用的大單位」以及同冊的第一單元「分數的乘法」建置三條分年細目的題目及其錯誤類型，「生活中常用的大單位」為教學進度中剛好教到的單元，「分數的乘法」則是因為在進行單位換算時，學生常常忘記如何計算，另外也為了六年級分數的除法做準備，因此想藉由此系統讓學生進行精熟練習。要建置題目便必須瞭解需教些什麼，以下將針對此兩個單元搭配的分年細目及教材進行教學內容的分析。

3.3.1 「生活中常用的大單位」教材分析

根據康軒版 98 學年度國民小學數學備課用書第十冊指出，第七單元「生活中使用的大單位」對應的分年細目有兩條，分別為 (1) 5-n-14 能認識重量單位「公噸」及「公噸」、「公斤」間的關係，並做相關計算；(2) 5-n-15 能認識面積單位「公畝」、「公頃」、「平方公里」及其關係，並做相關計算。依照教育部規劃之課程綱要實施進程，98 學年度使用的課綱為民國 92 年實施之課程綱要，與民國 100 年實施之課程綱要可能會有所不同。根據比對，這兩條分年細目在最新版本的課程綱要中，僅更改流水號，教學內容並無進行更變，因此底下將直接使用最新版本的課程綱要之分年細目編號，5-n-14 更

變為 5-n-16 能認識重量單位「公噸」及「公噸」、「公斤」間的關係，並做相關計算；而 5-n-15 則更變為 5-n-17 能認識面積單位「公畝」、「公頃」、「平方公里」及其關係，並做相關計算。

此兩條分年細目均是進行「量」的教學，因此在教材的分析上大同小異，底下將一併以此兩條分年細目的詮釋、教材分析、專家效度來做說明：

1. 分年細目詮釋

根據課程綱要對分年細目 5-n-16 的詮釋說明如表 1：

表 1：分年細目 5-n-16 的詮釋說明 [15]

說明：	■ 1 公噸=1000 公斤
	■ 本細目的單位換算與計算可引入分數或小數（但需在本年度之學習範圍內）。

課程綱要對分年細目 5-n-17 的詮釋說明如表 2：

表 2：分年細目 5-n-17 的詮釋說明 [15]

說明：	■ 1 公畝=100 平方公尺；1 公頃=100 公畝；1 平方公里=1000000 平方公尺。
	■ 本細目的計算可引入分數或小數，但由於學生對於多位小數尚不熟悉，教師可以告訴學生 1 平方公尺為 $\frac{1}{1000000}$ 或 0.000001 平方公里，但勿再過度要求，尤其不要做反方向的換算。
	■ 例：1 平方公里=10000 公畝=100 公頃
	■ 例：「若某正方形區域之公園，面積為 1 公畝，請問其邊長為多少公尺？」

從分年細目詮釋中可知，此兩條分年細目的基本內容是公噸的定義和公噸、公斤的單位換算；以及平方公里、公頃、公畝的定義和彼此之間的換算，並且在學習範圍內可進行分、小數的換算，此時已教到分、小數乘法，因此老師應進行如「 $3\frac{1}{2}$ 公噸=(3500)公斤」、「150公畝=(1.5)公頃」等單位換算的教學。

2. 教材分析

康軒出版社將此單元分為兩個教學活動，對應 5-n-16 教學活動為「活動一：公噸」。此教學活動細分成三個教學目標：(1) 認識公噸，並知道 1 公噸=1000 公斤；(2) 能做公噸和公斤的換算(含分數與小數的換算)；(3) 能做公噸和公斤的形式計算。

對應 5-n-17 教學活動為「活動二：公畝、公頃與平方公里」。此教學活動細分成五個教學目標：(1) 認識公畝，並知道 1 公畝=100 平方公尺；(2) 認識公頃，並知道 1 公頃=10000 平方公尺；(3) 認識平方公里；(4) 能做平方公尺、公畝、公頃及平方公里的換算(含分數與小數的換算)；(5) 能解決平方公里相關的應用問題。

與詮釋內容提到的相比，5-n-16 的教材中多出了一條「公噸與公斤的形式計算」的教學內容，生活中有重量加、減、乘、除的情境，在計算方面雖不屬於本分年細目的教學內容，但會有牽涉到單位換算的情形，因此在進行完重量單位換算的教材後，老師應以生活情境對此部份進行教學，讓教學和生活產生連結；對於 5-n-17 則多出了「能解決平方公里相關的應用問題」的教學內容，課程中是安排計算人口密度的內容，此則和分年細目「6-n-11 能理解常用導出量單位的記法，並解決生活中的問題」有關連，因此暫時先不列入在此分年細目的教學內容中。

而從教材中的題目來看，單位換算後的教學，會搭配兩量之間的比較大小，如「3 公噸」和「450 公斤」的大小比較，因此單位換算的教學內容裡應加入兩量之間比較大小的教學。

3. 專家效度

初步分析後，再請教教學專家，專家表示進行「量」的教學時，要強調學生的「量感」，也就是知道該單位到底是多少，這並非知道 1 公噸等於 1000 公斤既可，然而大單位是無法進行具體操作的，所以老師應從各種生活情境，讓學生判斷哪些物體是較常使用公噸來計數其重量，怎樣的範圍大小是較常用公畝來計數其面積，藉此來培養量感。因此在初步認識新的單位時，就必須將量感的教材融入在其中。

經由上述三個角度，可將此兩條分年細目的教學內容分析如表 3 及下頁表 4，分析出來的教學內容已按照難度編排，先認識公噸才可以做單位換算，會單位換算才可以進行含單位換算的應用題。

表 3：5-n-16 之教學內容

5-n-16	能認識重量單位「公噸」及「公噸」、「公斤」間的關係，並做相關計算。
教學內容	1. 認識公噸及其量感
	2. 公噸與公斤的換算及比較
	3. 含公噸與公斤單位的四則計算

表 4：5-n-17 之教學內容

5-n-17	能認識面積單位「公畝」、「公頃」、「平方公里」及其關係，並做相關計算。
教學內容	1.認識公畝、公頃、平方公里及其量感
	2.平方公尺、公畝、公頃、平方公里的換算及比較
	3.含面積單位的四則計算

3.3.2 「生活中常用的大單位」難度分析

教學內容範圍還是很廣，因此必須分析教學內容中更細部的難度，更細緻的分類將有助於老師針對不同的學生給予不同的練習題目，底下將針對每個教學內容的難度進行分析。

1. 認識新單位及其量感之難度分析

可以將此教學內容更細分為「認識新單位及其定義」以及「量感判斷」。認識了單位才能進行量感的教學，因此在系統設定中，量感將會設定比單位定義的難度來得高。

2. 單位換算之難度分析

單位換算從概念上，可細分為兩種，(1) 將大單位換成小單位稱作「化」，其可透過乘法來做換算；(2) 將小單位換成大單位稱作「聚」，可透過以分數或小數倍的乘法，或除法來做換算，難度上「化」會比「聚」簡單。

若從題型來看，基本上單位換算可分為兩種題型，(1) 單階單位和單階單位的換算，如「4.5 平方公里 = () 公頃」，以及 (2) 兩階單聚或化成一階單位，如「3 公噸 40 公斤 = () 公噸」，或反向將一階單位聚或化兩階單位，如「3.4 公畝 = () 公畝 () 平方公尺」。

難度上，整數單位換算會比分、小數單位換算來的容易，含兩階單位的題型和只有一階單位的題型在概念上會有「化」和「聚」的差異，因此將從整、分、小數以及化聚來進行難度的分類。

會了單位換算，才能夠進行不同單位量的比較大小，因此比較大小的難度將設定比單位換算還高。

3. 含單位的相關計算之難度分析

計算上，根據學生學習的順序，加、減較早進行，為比較簡單的概念，而乘、除的難度較高，此外，含單位的相關計算，會牽涉到單位換算的概念，因此在難度設定上將比單位換算來得高。

經由上述分析，可將此兩條分年細目的教學內容分析難度如表 5 及下頁表 6。其中分年細目 5-n-17 中的難度說明，因牽涉到的單位較多，因此以大單位及小單位做區隔，此處的大和小是兩個單位互相比較的大、小關係。

表格中的難度僅依照研究者教學經驗以及學生學習歷程排出順序，難度數字並未能比較難度差異，僅是方便在系統中設定後，進行經驗值及解題獎金的計算。

表 5：5-n-16 之教學內容及難度說明

5-n-16 能認識重量單位「公噸」及「公噸」、「公斤」間的關係，並做相關計算。		
教 學 內 容	難 度 說 明	難 度
1. 認識公噸及其量感	(1) 認識公噸單位及其定義	1
	(2) 公噸單位的量感	2
2. 公噸與公斤的換算及比較	(1) (整數) 公噸化成公斤	2
	(2) 幾公噸幾公斤化成公斤	2
	(3) (小數、分數) 公噸化成公斤	3
	(4) (小數、分數) 公噸化成幾公噸幾公斤	3
	(5) 公斤聚成 (整數) 公噸	3
	(6) 公斤聚成幾公噸幾公斤	3
	(7) 公斤聚成 (小數、分數) 公噸	4
	(8) 幾公噸幾公斤聚成 (小數、分數) 公噸	4
	(9) 混合重量單位之兩個重量比較大小	4
	(10) 混合重量單位之多個重量比較大小	5
3. 含公噸與公斤單位的四則計算	(1) 公噸、公斤混合單位的加、減法計算	4
	(2) 公噸、公斤混合單位的乘、除法計算	5

表 6：5-n-17 之教學內容及難度說明

5-n-17 能認識面積單位「公畝」、「公頃」、「平方公里」及其關係，並做相關計算。		
教學內容	難度說明	難度
1. 認識公畝、公頃、平方公里及其量感	(1) 認識公畝單位及其定義	1
	(2) 認識公頃單位及其定義	1
	(3) 認識平方公里單位及其定義	1
	(4) 面積單位的量感	2
2. 平方公尺、公畝、公頃、平方公里的換算及比較	(1) (整數) 大面積單位化成小面積單位	2
	(2) 兩階面積單位化成一階小面積單位	2
	(3) (小數、分數) 大面積單位化成小面積單位	3
	(4) (小數、分數) 大面積單位化成兩階面積單位	3
	(5) 小面積單位聚成(整數)大面積單位	3
	(6) 小面積單位聚成兩階面積單位	3
	(7) 小面積單位聚成(小數、分數)大面積單位	4
	(8) 兩階面積單位聚成(小數、分數)大面積單位	4
	(9) 混合面積單位之兩個面積比較大小	4
	(10) 混合面積單位之多個面積比較大小	5
3. 含面積單位的四則計算	(1) 面積混合單位的加、減法計算	4
	(2) 面積混合單位的乘、除法計算	5

3.3.3 「分數的乘法」教材分析

根據康軒版 98 學年度國民小學數學備課用書第十冊指出，第一單元「分數的乘法」對應的分年細目為 5-n-07 能理解乘數為分數的意義及計算方法，並解決生活中的問題。民國 100 年實施之課程綱要中，相對應的分年細目為 5-n-08 能理解分數乘法的意義，並熟練其計算，解決生活中的問題。相較之下，最新版本的分年細目直接要求需熟練分數乘法的計算，因此需加入熟練分數乘法這一項教學內容。底下將直接使用最新版本的課程綱要之分年細目

編號做教材分析及難度說明，接著將此分年細目的詮釋、教材分析、專家效度來做教學內容的說明：

1. 分年細目詮釋

課程綱要對分年細目 5-n-08 的詮釋說明有諸多例子，底下僅列出有關概念教學的內容：

表 7：分年細目 5-n-08 的詮釋說明節錄 [15]

- 說明：
- 分數計算的課題，不管是從形式練習面著手，還是從情境說明著手，學童都需要經常練習，兩者俱進，才會熟練。

 - 本細目在教學上應先處理帶分數乘以整數的問題，此時應用分配律的方式來處理，若直接化成假分數來計算，學生經常因計算複雜而犯錯。

 - 本細目的核心是乘數是分數的意義，教學上可先處理整數乘以分數的情況，再處理被乘數為一般分數的情形。

 - 在乘數為分數的教學中，最要注意的錯誤類型，是學童認為「乘積一定比被乘數大」，對於這個基於整數計算經驗的錯誤類推，教師需細心處理。最好在最容易理解的「乘數為單位分數」的情況下，就要開始處理。

 - 乘數為分數的教學宜先從單位分數開始。3-n-11 中談一數的「幾分之一」是本細目的前置經驗，但不完全相同。「分數倍」的理解比較抽象，可讓學童從已經熟練的直覺與運算上，認識其合理性。

由分年細目詮釋中可以看出，本分年細目的教學內容應著重在分數倍的教學上，以及乘積與被乘數的大小關係。其教學流程為帶分數乘以整數、整數乘以分數、分數乘以分數，而分數亦須區分真分數、假分數、帶分數的差異。

2. 教材分析

康軒出版社將此單元分為五個教學活動，分別列舉如下。

(1)活動一：帶分數×整數

此教學活動細分成一個教學目標：解決帶分數乘以整數的乘法問題。

(2)活動二：整數×分數

此教學活動細分成兩個教學目標：(1) 解決整數乘以真分數的乘法問題；(2) 解決整數乘以帶分數的乘法問題。

(3)活動三：分數 \times 分數（一）

此教學活動細分成五個教學目標：(1) 理解分數倍的意義；(2) 透過分割活動，解決單位分數 \times 單位分數的乘法問題；(3) 透過分割活動，解決單位分數 \times 真分數的乘法問題；(4) 透過分割活動，解決真分數 \times 真分數的乘法問題；(5) 會做能約分的真分數 \times 真分數的乘法問題。

(4)活動四：分數 \times 分數（二）

此教學活動細分成三個教學目標：(1) 解決假分數和分數相乘的乘法問題；(2) 解決帶分數 \times 真分數的乘法問題；(3) 解決帶分數 \times 帶分數的乘法問題。

(5)活動五：關係

此教學活動細分成三個教學目標：(1) 當乘數是真分數時，知道所得的積比被乘數小；(2) 當乘數是 1 時，知道所得的積和被乘數相等；(3) 當乘數是帶或假分數時，知道所得的積比被乘數大。

活動三與活動四的最大差異，在於活動四所使用的分數已超過 1，在進行假分數的乘法以及帶分數乘以帶分數時，很難透過畫圖表徵的方式進行解題，因此將之獨立劃分一個活動，以方便教學活動的切割。

而教材中所提及之內容，與分年細目之詮釋並無太大的差異，其中未強調需熟練分數乘法的計算，這是因為熟練分數乘法是於民國 100 年實施之課程綱要才明確要求之；教材中出現可在乘法中透過約分的方式進行計算，在五年級的教材中，約分的目的僅有簡化計算，做到約分成最簡分數的概念是六年級的內容，因此在教學內容上不獨立列一條透過約分計算的內容，預計將此部份加在難度說明中，對於計算較熟練的學生而言，老師可選擇該項目的題目進行約分的熟練，甚至可以試著約分至最簡分數。

3. 專家效度

經由初步分析後，再請教教學專家，專家認為整數的分數倍並未被列於其中，因此需增加整數的真、假、帶分數倍。

經由上述三個角度去思考，可將此分年細目的教學內容分析如下頁表 8：

表 8：5-n-08 之教學內容

5-n-08	能理解分數乘法的意義，並熟練其計算，解決生活中的問題。
教學內容	1.理解帶分數乘以整數的意義並熟練運用之
	2.理解真分數乘以真分數的意義並熟練運用之
	3.理解假分數、整數乘以真、假分數的意義並熟練運用之
	4.理解帶分數乘以真、假分數的意義並熟練運用之
	5.理解帶分數、整數乘以帶分數的意義並熟練運用之
	6.分數乘法中被乘數、乘數與積之間的大小關係

3.3.4 「分數的乘法」難度分析

底下將針對每個教學內容的難度進行分析。

1. 帶分數乘以整數

分數的計算中，進位會是一個比較難處理的部份，當分數部份乘以一整數時，可能會使之超過1，此時就需要像一般乘法做進位的動作，而學生常在此處遺漏帶分數的整數部份，因此題目設計上，需要進位的题目的難度就必須較高。

2. 理解真分數乘以真分數的意義並熟練運用之
3. 理解假分數、整數乘以真、假分數的意義並熟練運用之
4. 理解帶分數乘以真、假分數的意義並熟練運用之
5. 理解帶分數、整數乘以帶分數的意義並熟練運用之

以上四點教學內容的難度，除一般計算外，均要加入約分的因素進題目中，並劃分為不同難度的題目。

6. 分數乘法中被乘數、乘數與積之間的大小關係

分數乘法中，會因乘數和1的大小比較而有被乘數與積大小的關係，然而題目亦會做變化，透過交換律，我們可以得知被乘數和1的大小比較亦可分辨出乘數與積大小的關係，此類题目的難度會較高。

經由上述分析，可將此條分年細目的教學內容分析難度如下頁表9：

表 9：5-n-07 之教學內容及難度說明

教學內容	難度說明	難度
5-n-08 能理解分數乘法的意義，並熟練其計算，解決生活中的問題。		
1.理解帶分數乘以整數的意義並熟練運用之	(1)理解帶分數乘以整數的意義	1
	(2)熟練帶分數乘以整數的計算並運用之	2
2.理解真分數乘以真分數的意義並熟練運用之	(1)理解真分數乘以真分數的意義	1
	(2)熟練真分數乘以真分數的計算並運用之	1
	(3)熟練真分數乘以真分數的計算，需約分至最簡分數	2
3.理解假分數、整數乘以真、假分數的意義並熟練運用之	(1)理解假分數乘以真、假分數的意義	2
	(2)理解整數乘以真、假分數的意義	2
	(3)熟練假分數乘以真、假分數的計算並運用之	2
	(4)熟練整數乘以真、假分數的計算並運用之	2
	(5)熟練假分數乘以真、假分數的計算，需約分至最簡分數	3
	(6)熟練整數乘以真、假分數的計算，需約分至最簡分數	3
4.理解帶分數乘以真、假分數的意義並熟練運用之	(1)理解帶分數乘以真、假分數的意義	3
	(2)熟練帶分數乘以真、假分數的計算並運用之	3
	(3)熟練帶分數乘以真、假分數的計算，需約分至最簡分數	4
5.理解帶分數、整數乘以帶分數的意義並熟練運用之	(1)理解帶分數乘以帶分數的意義	4
	(2)理解整數乘以帶分數的意義	4
	(3)熟練帶分數乘以帶分數的計算並運用之	4
	(4)熟練整數乘以帶分數的計算並運用之	4
	(5)熟練帶分數乘以帶分數的計算，需約分至最簡分數	5
	(6)熟練整數乘以帶分數的計算，需約分至最簡分數	5
6.分數乘法中被乘數、乘數與積之間的大小關係	(1)被乘數和積的關係	4
	(2)乘數和積的關係	4

每條分年細目的第一項教學目標的第一個難度，固定都將難度設定為 1，此處編出的難度，和其他分年細目的難度並無相關，僅為本條分年細目內部難度的前後關係。

3.4 學生常犯之錯誤類型分析

本研究研發之題庫系統，需能在學生作答錯誤時判斷學生的錯誤類型，因此本節將探討有關單位換算以及分數乘法常見的系統化錯誤類型為何，待系統實做時便能將之轉化為電腦程式，以錯誤類型模組進行錯誤類型的判斷。

3.4.1 單位換算之錯誤類型

常見有換算上倍數的錯誤，1 公噸和 1 公斤之間的倍數為 1000 倍，若算成 100 倍，便會產生作答錯誤；另外在計算上，因小單位聚成大單位時，會有小數除以整數的情形，根據研究者的教學經驗，可能會在這裡產生小數點點錯位的問題，如「2.3 公噸 = () 公畝」會有下圖所示之計算錯誤，由於此部份的除法教學在四年級進行過後，就未曾再出現過，因此此一計算錯誤為學生常犯之錯誤類型之一，其原因是因為學生在整數除以整數，若需除到小數時，小數點的對齊是在被除數的最右邊一個位數的右下角，因此在小數除以整數時，商的小數點也會發生點在被除數最右邊一個位數的右下角，如圖 9 所示。

$$\begin{array}{r} 0. \\ 1000 \overline{) 2.3} \end{array} \quad \begin{array}{r} 0.23 \\ 1000 \overline{) 2.30} \\ \underline{200} \\ 300 \\ \underline{300} \\ 0 \end{array}$$

圖 9：常見學生於小數除以整數，商除到小數之錯誤類型

另外，在一階單位化成兩階單位或聚成兩階單位時，學生有的會將題目錯看，把整個一階單位化聚為另外一階單位，如「2.3 公噸 = () 公噸 () 公斤」的答案，會寫成「2.3 公噸 = (2.3) 公噸 (2300) 公斤」。

有些學童在小數或分數的大單位要化作小單位時，會發生如「2.32 公噸 = (232) 公斤」之換算單位的錯誤，就小數換算的例子來看，其錯誤答案會和乘以 100 的錯誤答案一樣，但因為研究者教學經驗上，這樣的錯誤往往是學生不經過計算直接把小數點拿掉就寫出答案，因此在判斷時會以此錯誤類型先行判斷。

此外，分數大單位化成小單位時，學生可能在分數的概念不清楚，便會產生將帶分數的整數及分數間點上一個小數點，並直接抽掉分母而產生一個小數，如「 $2\frac{1}{3}$ 公噸 = 2.1 公噸 = 2100 公斤」。

因此，從實際教學經驗可發現單位換算的錯誤類型有下表所列舉的幾種情形：

表 10：單位換算錯誤類型一覽表

教學內容	錯誤類型
一般性錯誤	聚的題型用乘法換算
	化的題型用除法換算
	換算倍數錯誤
單階大單位化成單階小單位	將分數大單位的分子直接乘以換算倍數
	將帶分數大單位當作小數直接乘以換算倍數
	小數大單位乘以換算倍數後未點小數點
	未計算直接將小數大單位的小數點拿掉
單階大單位化成兩階單位	錯看題目將整個大單位換算成小單位
	將分數大單位的分子直接乘以換算倍數
	將帶分數大單位當作小數直接乘以換算倍數
兩階單位化成單階小單位	直接將兩階單位的數量合併
單階小單位聚成單階大單位	將大單位化成小單位後未加上原本的小單位
單階小單位聚成兩階單位	小數小單位除換算倍數的小數點位置錯誤
兩階單位聚成單階大單位	錯看題目將整個小單位換算成大單位
	將小單位聚成大單位後未加上原本的大單位
	直接用小數點將兩階單位的數量合併

3.4.2 分數乘法之錯誤類型

分數乘法的計算中，常見的錯誤類型發生在分數乘以整數以及帶分數乘以分數。分數乘以整數時，學生常會和擴分混淆，將整數也乘到分母去；而算式中有帶分數的狀況時，會有只計算分數的部份，而忽略了帶分數的整數；若被乘數以及乘數均為帶分數時，則會產生整數乘以整數、分數乘以分數，而未將兩者換成假分數再乘的狀況；學生亦容易和分數加、減法混淆，先通分後再相乘，若此時分母乘以分母、分子乘以分子，則會和正確答案相同，然而分母相同時，學生常會遺忘分數乘法的運算規則，僅做分子相乘的動作，就如同分數加、減法一樣，通分後僅加減分子部份；在學到分數除法後，學生亦有可能會將乘法的計算題用除法的方式來計算，可能是沒注意到符號的問題，也可能是計算規則已經搞混。

因此，依據教學經驗，可將分數乘法的錯誤類型整理如表 11：

表 11：分數乘法錯誤類型一覽表

教學內容	錯誤類型
分數概念	帶分數化成假分數的錯誤
	假分數化成帶分數的錯誤（進位時的錯誤）
	為帶分數形式但分數部份又為假分數
	沒有化為帶分數
帶分數乘以整數 整數乘以帶分數	只做整數部份而忽略分數
	只做分數部份而忽略整數
	未換成假分數便把整數乘到分母
	換成假分數後把整數乘到分母
	未換成假分數便把整數乘到分子和分母
	換成假分數把整數乘到分子和分母
	未換成假分數便僅寫出分子與整數相乘的答案
	換成假分數後僅寫出分子與整數相乘的答案
真、假分數乘以真、假分數	僅分子相乘，分母則任寫一個，常犯於分母相同時
	分子乘以整數，分母也乘以整數
整數乘以真、假分數	僅寫出分子與整數相乘的答案
	整數乘到分母
帶分數乘以真、假分數	分子乘分子，分母乘分母，忽略整數
帶分數乘以帶分數	整數乘以整數、分子乘以分子、分母乘以分母
	化為假分數時，僅分子相乘，分母則任寫一個，常犯於分母相同時
乘法運算子概念錯誤	顛倒相乘
	先通分再計算分子相乘

若題目要求需約分者，也會發生沒有約分到最簡分數的狀況，然而此錯誤類型在這個年級屬於加深加廣的內容，此處應僅針對程度較好的學生進行練習和熟練。

3.5 施測方法及工具

本研究設計、開發一套線上題庫系統後，將請學生上線試用，並進行分數乘法單元的成就紙筆前後測驗，測驗工具為出版社提供之生活中的大單位測驗本及測驗卷、自編分數乘法之測驗卷，期望進行施測能瞭解此系統對學生熟練的幫助。

由於人力及時間的限制，將請研究者任職之學校五年級兩班學生進行系統的試用，共計 42 名學生確實上線使用，並於用前、用後均進行測驗卷紙筆測驗。

並於測後讓學生填寫本研究自編之系統使用後回饋問卷，訪談受測班級老師對此系統的看法及對學生使用後的想法。問卷主要著重於題庫平台各項功能帶給學生的感受以及學生對數學學習的態度，採用李克特式 (Likert) 的五點量表的方式，每個項目讓學生分別從「非常同意」、「同意」、「普通」、「不同意」、「非常不同意」五個選項加以勾選。



四、結果與討論

依據研究的流程，在進行完文獻探討及系統功能分析、教材分析、錯誤類型分析後，便開始著手進行系統的實做及試用、評估，本章將針對題庫系統實作成果、題庫系統的施測成果、題庫系統使用後之問卷結果與討論、題庫系統的問題四個部分加以闡述。

4.1 題庫系統實作成果

本研究將系統主機建置於研究者任教的學校內，可就近管理及處理問題，任何人均可使用瀏覽器透過網路連上此系統，網址為 <http://120.104.230.185/mathquestion>。根據系統功能分析，本研究研發之線上題庫平台，其功能架構如下圖：

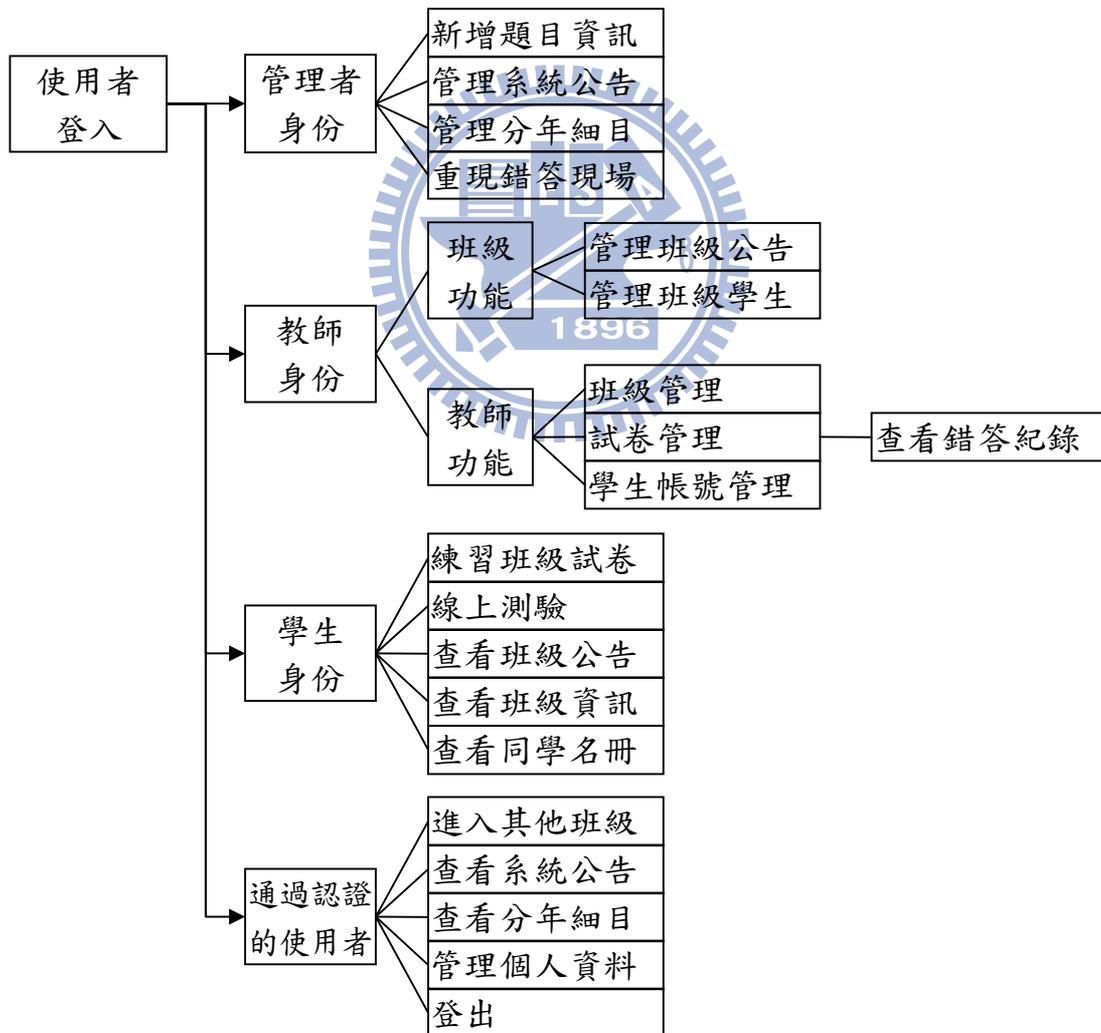


圖 10：題庫平台功能架構圖

题目的建置，已逐步完成分數乘法計算部份以及生活中的大單位中單位換算的部份，並依照學生常錯之錯誤類型編寫錯誤類型判斷模組程式。

經實際試用，各功能均能正常使用，系統設計時已力求人機介面簡單易懂，但仍有一些功能的操作較不直覺，底下分別就教師試卷管理及線上組卷、學生試卷練習及線上測驗、教師查看學生作答情形三方面做實際操作上的說明。

4.1.1 教師試卷管理及線上組卷操作說明

擁有教師身份的使用者，可隨意的新增、編輯、刪除試卷。點選教師功能的試卷管理功能，會先顯示該教師所操作的試卷列表，操作畫面如圖 11。

武數練功房

信德國小五年乙班

jonathan(蔡明峰)所建立的試卷列表

新增一張試卷 5年級

編號	試卷名稱	編輯			指派	功能
35	test	資料	題目x	配分x	請先編輯 題目和配分	刪除 複製
29	分數乘法	資料	題目	配分	成作業 成測驗	刪除 複製
28	面積單位換算	資料	題目	配分	成作業 成測驗	刪除 複製
27	重量單位換算	資料	題目	配分	成作業 成測驗	刪除 複製
26	公噸公斤換算 (二)	資料	題目	配分	成作業 成測驗	刪除 複製
25	公噸公斤換算 (一)	資料	題目	配分	成作業 成測驗	刪除 複製

要選好題配好分才可以指派試卷，指派後便不能再修改題目和配分
複製功能將直接建立一份相同資料、題目、配分的試卷，並為未指派的狀況

管理班級功能

- 管理班級公告
- 管理班級學生
- 管理班級試卷

學生功能

- 練習班級試卷
- 線上測驗
- 本班班級公告
- 本班班級資訊
- 本班同學名冊

教師功能

- 建立班級
- 班級列表
- 試卷管理
- 建立學生帳號
- 批次建立帳號
- 管理學生帳號

圖 11：教師功能-管理試卷之試卷列表

教師一開始必須在試卷列表頁的上方新增一張試卷，才可以對此張試卷進行編輯。編輯資料的功能可以編修試卷的名稱、年級、關鍵字以及描述，名稱和年級是必須設定的內容；關鍵字是為將來搜尋功能做預備；而學生進行試卷練習或測驗時，描述的內容會顯示在班級試卷列表頁上供學生參考，描述的內容可為空白。

教師應先對試卷進行題目以及配分的編輯，尚未進行編輯題目及配分的部份，會在編輯功能的選項後面顯示一「x」符號，提醒老師尚未編輯之，題目以及配分編輯好後才可以進行試卷的指派。

試卷編輯可透過分年細目以及其教學內容、難度進行篩選題目，教師可隨時按下頁面上的「確定」調閱詳細的文字內容，若選取的範圍內已有建置題目，則系統會自動於選擇範圍功能的區塊底下列出題目，如下圖所示：



圖 12：教師功能-依分年細目選擇題目

教師可對題目雙擊滑鼠左鍵後，將題目新增至右方「已選題目」欄位中，雙擊已選的題目便可將之刪除。選擇題目後若老師想調換題目的順序，亦可透過拖曳已選題目後方的灰色區域上下移動滑鼠，進行順序的調換。若已完成或暫時完成時，便可按下儲存題目，將所選的題目儲存在資料庫中。

接著進行分數的編輯，點選「編輯配分」的功能按鈕後，便可進入編輯配分的頁面，系統將列出所選題目，並先為題目進行自動配分：以滿分為 100 分平均進行配分，分數均為整數值，因此無法除盡者會將分數自動分配至順位較後面的題目中。若老師不滿意自動配分，亦可自行於分數欄位中輸入配分，編輯配分之畫面如圖 13。儲存配分後便可進行試卷的指派，若再次進行題目的編輯時，配分將會歸零，老師必須再一次的進行分數的分配。



圖 13：教師功能-試卷配分

指派試卷給班級後，便不能再進行該試卷的題目及配分編輯，編輯功能

中便會將「題目」及「配分」的功能劃上刪除線，若老師希望能再依此試卷為基礎做更改，則可複製該張試卷，便可達成目的。

4.1.2 學生試卷練習及線上測驗操作說明

學生透過帳號、密碼登入系統後，可進行試卷的練習以及線上測驗，點選「班級試卷練習」、「線上測驗」功能，則會顯示班級試卷列表，學生可自行選擇所要練習及測驗的試卷進行挑戰或訂正，如圖 14 畫面中可看到試卷名稱底下的紅色字體，其內容為老師在試卷資料中所編寫的試卷說明。

武數練功房

信德國小五年乙班

管理班級功能

- 管理班級公告
- 管理班級學生
- 管理班級試卷

學生功能

- 練習班級試卷
- 線上測驗
- 本班班級公告
- 本班班級資訊
- 本班同學名冊

「信德國小五年乙班」的班級作業單列表

試卷名稱	第一次得分	最高得分	平均得分	完成次數	滿分次數	功能	看同學寫的情形
公噸公斤換算(一)	55	140	85.63	8	3	挑戰 隱藏	查看
公噸公斤換算(二) <small>公斤換成公噸</small>	100	100	100	2	2	挑戰	查看
重量單位換算 <small>這個混合了各種換算的題型，看看你會不會被混淆了</small>	0	0	0	0	0	訂正	查看
面積單位換算 <small>面積換算比較多單位，要看清楚題目！</small>	0	0	0	1	0	挑戰	查看
分數乘法	100	100	33.33	3	1	挑戰	查看

顯示 未隱藏的作業單

圖 14：學生功能-練習試卷之作業單列表

當學生點選挑戰或訂正的功能按鈕後，便會進入試卷作答的畫面，一般班級試卷練習時，學生可透過單題對答案的按鈕進行單題作答，錯答時則會顯示可能的錯誤類型；學生亦可購買提示協助作答，若答錯，則會強制購買提示供學生參考。線上測驗時會取消單題對答案及購買提示的功能，等到第一次交卷後才會提供此兩項功能。

只要有對答案或交卷後系統便會自動紀錄學生作答的情形，若情況不允許繼續作答下去，可直接關掉網頁瀏覽器，下次則會看到該試卷的功能為「訂正」的按鈕，點選進入後將會顯示上次作答的題目和結果。

每次作答均會有一次分數，每題都對過答案後才會顯示得分，得分與否則是依第一次對答案時的情形，答對才予以給分。本系統的目的之一為讓學生熟練各項基本能力，因此訂正錯答題目便非常重要，學生必須完全訂正完該張試卷後才可以透過系統出不同數字的題目再做一次練習。完全訂正三次後，會出現「隱藏」的功能，避免頁面上試卷數量過多，而造成瀏覽上的困擾。作答的歷程均會被記錄下來，學生可透過「查看」的功能看看其他同學的作答紀錄，期望在互相競爭中可讓學生多做練習。

圖 15 為學生進行試卷練習的操作畫面，正確的題目會有打勾的訊息，錯誤的亦會打叉，並於備註欄中顯示錯誤類型的回饋訊息。

武數練功房			
數學試卷「公噸公斤換算(二)」練習		姓名: jonathan(蔡明峰)	得分:
題號	題目	備註	功能
1	5000 公斤 = <input type="text" value="5"/> 公噸	此題配分10分 • 答對了! 經驗值+3 解題獎金+3	買提示1 (3元)
2	75832 公斤 = <input type="text" value="75"/> 公噸 <input type="text" value="832"/> 公斤	第1格配分10分 第2格配分10分 • 第1格答對了! • 第2格答對了! 經驗值+2 解題獎金+3	買提示1 (3元)
3	472 公斤 = <input type="text" value="472000"/> 公噸 <input type="text" value="1公噸等於1000公斤。"/>	此題配分10分 • 公斤換成公噸，不是乘以1000喔！公斤換成公噸要看有幾個1000公斤！	買提示2 (5元) 訂正
4	1374 公斤 = <input type="text"/> 公噸	此題配分10分	買提示1 (3元)

圖 15：學生功能-進行試卷練習

4.1.3 教師查看學生作答情形操作說明

本系統重要功能之一為分析學生的作答狀況供老師進行教學的參考，教師身份的使用者登入後，可在學生功能的班級試卷練習的試卷列表中，點選試卷名稱進行錯答分析，亦可在查看同學作答紀錄中點選錯答分析的功能，如圖 16 中滑鼠游標所指的位置：

武數練功房		武數練功房																																																																																																																																	
<p>「信德國小五年乙班」的班級作業單列表</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>試卷名稱</th> <th>第一次得分</th> <th>最高得分</th> <th>平均分</th> <th>完成次數</th> <th>滿分次數</th> <th>功能</th> <th>看同學寫的情形</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>公噸公斤換算(一)</td> <td>55</td> <td>140</td> <td>76.11</td> <td>8</td> <td>3</td> <td>訂正 隱藏</td> <td>查看</td> </tr> <tr> <td>公噸公斤換算(二) 公斤換成公噸</td> <td>顯示錯答分析</td> <td>0</td> <td>100</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>挑戰</td> <td>查看</td> </tr> <tr> <td>重量單位換算 這題混合了各種換算的題型，看看你會不會被混了</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>訂正</td> <td>查看</td> </tr> <tr> <td>面積單位換算 面積換算比較多單位，要看清楚題目！</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>挑戰</td> <td>查看</td> </tr> <tr> <td>分數乘法</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>33.33</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>挑戰</td> <td>查看</td> </tr> </tbody> </table> <p>顯示 未隱藏的作業單</p>		試卷名稱	第一次得分	最高得分	平均分	完成次數	滿分次數	功能	看同學寫的情形	公噸公斤換算(一)	55	140	76.11	8	3	訂正 隱藏	查看	公噸公斤換算(二) 公斤換成公噸	顯示錯答分析	0	100	2	2	挑戰	查看	重量單位換算 這題混合了各種換算的題型，看看你會不會被混了	0	0	0	0	0	訂正	查看	面積單位換算 面積換算比較多單位，要看清楚題目！	0	0	0	1	0	挑戰	查看	分數乘法	100	100	33.33	3	1	挑戰	查看	<p>查看「信德國小五年乙班」班級同學高作業單情形</p> <p>作業單名稱：「公噸公斤換算(一)」分析作答狀況</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>帳號</th> <th>中文姓名</th> <th>第一次得分</th> <th>最高得分</th> <th>平均分</th> <th>完成次數</th> <th>滿分次數</th> <th>狀態</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>sd41213</td><td>鄧志梅</td><td>100</td><td>100</td><td>99.81</td><td>105</td><td>103</td><td>全部完成</td></tr> <tr><td>sd41217</td><td>陳耀如</td><td>80</td><td>100</td><td>98.65</td><td>100</td><td>86</td><td>全部完成</td></tr> <tr><td>sd41215</td><td>劉嘉芯</td><td>50</td><td>100</td><td>94.21</td><td>70</td><td>38</td><td>全部完成</td></tr> <tr><td>sd41208</td><td>黃呈豪</td><td>85</td><td>100</td><td>97.4</td><td>52</td><td>41</td><td>全部完成</td></tr> <tr><td>sd41203</td><td>傅亮智</td><td>60</td><td>100</td><td>88.57</td><td>20</td><td>13</td><td>訂正中</td></tr> <tr><td>sd41201</td><td>王永德</td><td>90</td><td>100</td><td>88.33</td><td>17</td><td>9</td><td>訂正中</td></tr> <tr><td>sd41205</td><td>朱家豪</td><td>30</td><td>100</td><td>85.33</td><td>15</td><td>6</td><td>全部完成</td></tr> <tr><td>sd41209</td><td>佳均</td><td>95</td><td>100</td><td>95</td><td>8</td><td>4</td><td>全部完成</td></tr> <tr><td>sd41216</td><td>張睿嵐</td><td>20</td><td>95</td><td>76.43</td><td>7</td><td>0</td><td>全部完成</td></tr> </tbody> </table>		帳號	中文姓名	第一次得分	最高得分	平均分	完成次數	滿分次數	狀態	sd41213	鄧志梅	100	100	99.81	105	103	全部完成	sd41217	陳耀如	80	100	98.65	100	86	全部完成	sd41215	劉嘉芯	50	100	94.21	70	38	全部完成	sd41208	黃呈豪	85	100	97.4	52	41	全部完成	sd41203	傅亮智	60	100	88.57	20	13	訂正中	sd41201	王永德	90	100	88.33	17	9	訂正中	sd41205	朱家豪	30	100	85.33	15	6	全部完成	sd41209	佳均	95	100	95	8	4	全部完成	sd41216	張睿嵐	20	95	76.43	7	0	全部完成
試卷名稱	第一次得分	最高得分	平均分	完成次數	滿分次數	功能	看同學寫的情形																																																																																																																												
公噸公斤換算(一)	55	140	76.11	8	3	訂正 隱藏	查看																																																																																																																												
公噸公斤換算(二) 公斤換成公噸	顯示錯答分析	0	100	2	2	挑戰	查看																																																																																																																												
重量單位換算 這題混合了各種換算的題型，看看你會不會被混了	0	0	0	0	0	訂正	查看																																																																																																																												
面積單位換算 面積換算比較多單位，要看清楚題目！	0	0	0	1	0	挑戰	查看																																																																																																																												
分數乘法	100	100	33.33	3	1	挑戰	查看																																																																																																																												
帳號	中文姓名	第一次得分	最高得分	平均分	完成次數	滿分次數	狀態																																																																																																																												
sd41213	鄧志梅	100	100	99.81	105	103	全部完成																																																																																																																												
sd41217	陳耀如	80	100	98.65	100	86	全部完成																																																																																																																												
sd41215	劉嘉芯	50	100	94.21	70	38	全部完成																																																																																																																												
sd41208	黃呈豪	85	100	97.4	52	41	全部完成																																																																																																																												
sd41203	傅亮智	60	100	88.57	20	13	訂正中																																																																																																																												
sd41201	王永德	90	100	88.33	17	9	訂正中																																																																																																																												
sd41205	朱家豪	30	100	85.33	15	6	全部完成																																																																																																																												
sd41209	佳均	95	100	95	8	4	全部完成																																																																																																																												
sd41216	張睿嵐	20	95	76.43	7	0	全部完成																																																																																																																												

圖 16：教師功能-查看錯答分析的按鈕

系統會呈現該試卷的題目檔名、註解以及班級學生的作答情形，答錯率為錯誤次數除以總作答次數，系統預設會將答錯率在 0.5 以上的部份以紅字呈現，並進行答錯率 0.5 以上的人數及題數總計，協助老師可以清楚看到整

班的作答情形，如圖 17 所示：

武數練功房																											
分析試卷「公噸公斤換算(一)」之作答資料																											
標示答錯率大於0.5的部份																											
錯答次數/總答次數 答錯率	王永德	劉冠霆	傅亮智	何韋杰	朱家華	林祐玄	譚友為	黃星家	佳均	彭智新	陳屏好	簡志樺	徐楓楷	劉嘉芯	張春嵐	陳熾如	簡熾慧	黃郁淇	許志萍	劉向炫	陳季羽	答錯率>0.5 題目合計					
m5n16_2_0002 帶小數公噸化成公斤	1/19 0.05	2/8 0.25	0/24 0.00	0/6 0.00	3/20 0.15	2/10 0.20	1/4 0.25	3/55 0.05	0/15 0.00	2/8 0.25	0/3 0.00	0/111 0.00	6/11 0.55	9/75 0.12	3/10 0.30	4/118 0.03	9/18 0.50	0/7 0.00	3/6 0.50	1/5 0.20	0/1 0.00	3					
m5n16_2_0004 整數公噸化成公斤，數字適中	1/18 0.06	0/5 0.00	0/19 0.00	0/2 0.00	0/14 0.00	0/6 0.00	5/7 0.71	3/54 0.06	0/7 0.00	0/5 0.00	0/1 0.00	1/106 0.01	5/6 0.83	3/69 0.04	0/7 0.00	2/105 0.02	3/10 0.30	0/4 0.00	0/3 0.00	0/3 0.00	0/1 0.00	2					
m5n16_2_0020 帶小數公噸化成整數公斤，小數有零位帶的狀況，易造成混淆	1/19 0.05	0/7 0.00	0/27 0.00	0/6 0.00	0/22 0.00	0/8 0.00	1/4 0.25	0/54 0.00	0/7 0.00	0/5 0.00	0/3 0.00	0/111 0.00	0/5 0.00	1/74 0.01	0/9 0.00	0/111 0.00	0/11 0.00	0/7 0.00	0/5 0.00	0/5 0.00	0/1 0.00	0					
m5n16_2_0008 帶小數公噸化成公斤，有空位帶的狀況	1/18 0.06	3/8 0.38	0/19 0.00	0/2 0.00	5/19 0.26	0/6 0.00	1/3 0.33	0/51 0.00	0/7 0.00	4/9 0.44	0/1 0.00	0/105 0.00	0/1 0.00	2/68 0.03	6/13 0.46	0/103 0.00	1/8 0.13	0/4 0.00	0/3 0.00	0/3 0.00	0/1 0.00	0					
m5n16_2_0003 分數公噸化成公斤	3/20 0.15	2/7 0.29	4/23 0.17	1/3 0.33	12/26 0.46	1/7 0.14	8/9 0.89	4/54 0.07	7/14 0.50	5/10 0.50	4/4 1.00	0/105 0.00	5/6 0.83	13/80 0.16	18/25 0.72	6/109 0.06	5/12 0.42	3/8 0.38	6/9 0.67	0/3 0.00	7/7 1.00	8					
m5n16_2_0010 異分數公噸化成公斤，分母較小	4/21 0.19	2/7 0.29	2/21 0.10	7/9 0.78	11/25 0.44	2/8 0.25	5/6 0.83	2/52 0.04	0/7 0.00	5/10 0.50	4/4 1.00	0/105 0.00	10/10 1.00	9/76 0.12	8/15 0.53	0/101 0.00	0/7 0.00	0/5 0.00	1/4 0.25	0/3 0.00	5/5 1.00	7					
m5n16_2_0015 帶小數公噸化成公斤，題目公斤不到100	1/19 0.05	13/19 0.68	6/29 0.21	6/12 0.50	2/20 0.10	0/8 0.00	2/4 0.50	0/51 0.00	2/17 0.12	1/7 0.14	0/3 0.00	0/111 0.00	10/15 0.67	0/67 0.00	2/9 0.22	1/110 0.01	1/10 0.10	0/8 0.00	0/3 0.00	0/4 0.00	0/1 0.00	4					
m5n16_2_0018 帶小數公噸化成整數公斤，數字難易適中	1/20 0.05	0/5 0.00	0/23 0.00	0/4 0.00	1/19 0.05	0/7 0.00	1/2 0.50	2/57 0.04	0/6 0.00	1/6 0.17	0/1 0.00	0/105 0.00	0/1 0.00	2/84 0.02	2/12 0.17	1/103 0.01	0/9 0.00	0/5 0.00	0/4 0.00	0/3 0.00	0/1 0.00	1					
m5n16_2_0009 帶小數公噸化成公斤，小數有空位帶的狀況	9/26 0.35	0/5 0.00	5/24 0.21	0/2 0.00	2/16 0.13	0/6 0.00	5/6 0.83	1/51 0.02	0/7 0.00	1/6 0.17	0/1 0.00	1/106 0.01	2/3 0.67	3/70 0.04	2/9 0.22	3/105 0.03	10/17 0.59	0/5 0.00	2/5 0.40	2/5 0.40	0/1 0.00	3					
m5n16_2_0022 帶小數公噸化成整數公斤，分母較小	1/23 0.04	0/6 0.00	2/26 0.08	0/7 0.00	1/32 0.03	0/9 0.00	2/19 0.11	2/58 0.03	1/7 0.06	1/9 0.11	0/9 0.00	1/112 0.01	0/9 0.00	3/79 0.04	2/9 0.22	2/118 0.02	2/11 0.18	0/8 0.00	0/7 0.00	0/4 0.00	0/1 0.00	0					
個人合計答錯率>0.5	0	1	0	2	0	0	6	0	1	2	2	0	6	0	2	0	2	0	2	0	2						

圖 17：教師功能-查看錯答分析

答錯率 0.5 為一個關卡，當學生在練習題目時，若第一次作答為錯誤、經系統回饋後才正確作答時，其答錯率便為 0.5，因此設定答錯率 0.5 的關卡，是希望學生至少有一次便答對的狀況，然而每個老師認定的門檻並不相同，因此程式提供老師可動態調整自己所設定的答錯率門檻，以達到更符合老師需求的分析功能。另外為了避免資訊過多產生分析上的困擾，老師可以點選學生姓名的部份，將該生的數據隱藏起來，讓老師的目光聚焦在需提供協助的學生身上，而隱藏的部份在表格下方會提供恢復隱藏的按鈕。

老師亦可點選答錯次數的數字部份的連結，如圖 17 中滑鼠游標所指的地方。系統便會將所有該生、該題的錯答紀錄、錯誤類型等相關資訊呈現出來，供老師查看及分析，如圖 18 所示。

武數練功房		
查看sd41202(劉冠霆)對題目m5n16_2_0008的錯答情形		
錯答編號	題目	回應文字
309	0.103 公噸 = <input type="text" value="1030"/> 公斤 答案：103	• 公噸換成公斤，不是乘以10000喔！1公噸是多少公斤呢？ 錯答模組：t_to_kg 錯答判斷：106_2
295	0.103 公噸 = <input type="text" value="1030"/> 公斤 答案：103	• 公噸換成公斤，不是乘以10000喔！1公噸是多少公斤呢？ 錯答模組：t_to_kg 錯答判斷：106_2
272	0.103 公噸 = <input type="text" value="1030"/> 公斤 答案：103	• 公噸換成公斤，不是乘以10000喔！1公噸是多少公斤呢？ 錯答模組：t_to_kg 錯答判斷：106_2

圖 18：教師功能-查看學生於某題的錯答紀錄

錯答分析可供老師對自己的教學以及學生的程度有所瞭解，進而修正自

己的教學或確定下一步的教學活動設計，如何正確的從學生的錯誤瞭解學生的程度亦為每個老師所需具備的專業能力，透過電腦的統計及呈現，相信可以減輕老師在分析教學評量結果的負擔。

4.2 題庫系統的施測成果

系統大致建置完成後，便請學生進行系統的試用，一方面進行相關單元題目的熟練，一方面進行系統除錯的測試，並依照施測方法進行前後測的測驗。

4.2.1 生活中的大單位測驗成果

為了探究電腦化線上題庫練習對學生「生活中的大單位」單元之學習成效，從使用前測驗出版社提供之測驗本成績以及使用後測驗出版社提供之測驗卷成績做比較，並針對前、後測成績，以 Excel 軟體進行成對母體平均數差異檢定的分析（相依樣本 t 檢定）。施測當日有兩位同學因病請假，觀察值個數為 40 位學生，資料分析結果如表 12。

表 12：生活中的大單位前後測成績平均數差異之 t 檢定

	前測	後測
平均數	78.25	85.05
變異數	404.2436	248.9205
觀察值個數	40	40
皮耳森相關係數	0.046115	
自由度	39	
t 統計	-1.72178	
P 值	0.046516	

表 12 顯示，前測平均為 78.25，後測平均為 85.05，平均進步 6.8 分，P 值為 0.046516 ($P < 0.05$)，表示前、後測成績間有顯著的差異。由此可知，本研究研發之題庫平台系統能有效提昇學生在「生活中的大單位」單元的學習成效。

事實上，題庫中讓學生練習的，僅有「生活中的大單位」一單元中最基本的單位換算問題，並無含單位換算的四則計算問題，但亦能提昇整體的成績，可推測基本能力是非常重要的，如果連第一步驟單位換算都寫錯了，接下來的步驟即便列式正確，亦得不到正確的答案。

4.2.2 分數乘法測驗成果

在「生活中的大單位」實驗中，我與施測班級老師均發現學生對於分數乘法的熟練度不夠，因此在含分數數字的單位換算時，很多同學都表示不會計算。因此便再建立分數乘法的題庫，讓學生進行練習，同時希望能在六年級學分數除法前，將分數乘法的基礎奠定穩固。本研究自編分數乘法計算的前、後測測驗卷，並針對前、後測成績，以 Excel 軟體進行成對母體平均數差異檢定的分析（相依樣本 t 檢定）。資料分析結果如表 13。

表 13：分數乘法前後測成績平均數差異之 t 檢定

	前測	後測
平均數	72.62	81.90
變異數	502.73	245.06
觀察值個數	42	42
皮耳森相關係數	0.430	
自由度	41	
t 統計	-2.8501	
P 值	0.003405	

表 13 顯示，前測平均為 72.62，後測平均為 81.90，平均進步分 9.28，P 值為 0.003405 ($P < 0.05$)，表示前、後測成績間有顯著的差異。由此可知，本研究研發之題庫平台系統能有效提昇學生在「分數乘法」單元的學習成效。

4.3 題庫系統使用後之問卷結果與討論

對於一個系統，使用者的意見是最珍貴的，它提供了程式設計者修改系統的依據，因此對學生所填寫之「題庫系統使用後問卷」加以分析，以瞭解學生在使用題庫系統後的滿意度及態度反應，本問卷發出 42 份，回收 42 份，回收率 100%，有效問卷 42 份。

問卷分為五大部份，第一部份為學生上網情形的調查；第二部份為題庫平台使用的感覺及適性度；第三部份為題庫平台回饋、提示的幫助；第四部份則為學生對數學學習的態度反應，第一至第四部份均是李克特式 (Likert) 的五點量表的勾選題；第五部份則請學生提供讓系統更好的意見，其為開放性問題，學生可依據自己的感覺及經驗將個人意見寫下來。茲將結果分述如下。

4.3.1 第一部份：學生上網情形

接受實驗的學校，為苗栗縣頭份鎮信德國小，是頭份鎮最偏遠的學校，全校 6 個年級共 12 個班，其在家上網情形調查如下頁表 14 所示：

表 14：學生上網情形調查分析表

題目內容	有 (人)	無 (人)
家裡有電腦	38	4
家裡可上網	37	5
每週上網時間	人數 (人)	
小於 5 小時	32	
5~10 小時	7	
10 小時以上	3	

大多數學生家裡是有可上網的電腦，但上網時間均不長，多數家庭限制每天僅能使用 30 分鐘至 1 小時，或僅假日開放使用電腦。

4.3.2 第二部份：題庫平台使用的感覺及適性度

表 15：題庫平台使用的感覺及適性度問卷反應結果分析

題目內容	非常 同意	同意	中立 意見	不同 意	非常 不同意	平均 數
一、我覺得我對這套系統的使用已經很熟悉了，我知道我能使用的各項功能。	17 40.5%	15 35.7%	5 11.9%	3 7.1%	2 4.8%	4.00
二、網路進行練習時，題目的字體顯示夠清楚，對我閱讀不會有影響。	15 35.7%	11 26.2%	12 28.6%	2 4.8%	2 4.8%	3.83
三、我覺得網路練習跟傳統寫考卷練習的方式比較起來，用網路練習會讓我感覺比較容易緊張？	8 19.0%	7 16.7%	12 28.6%	9 21.4%	6 14.3%	3.05
四、我覺得網路練習跟傳統寫考卷練習的方式比較起來，我會更喜歡使用網路練習？	20 47.6%	8 19.0%	8 19.0%	4 9.5%	2 4.8%	3.95
五、這套系統的整體操作方式很簡單，不會讓我有下一步不知道要怎麼使用的感覺？	16 38.1%	14 33.3%	11 26.2%	1 2.4%	0 0.0%	4.07

表 15 為問卷第二部份：題庫平台使用的感覺及適性度反應結果分析，其結果顯示學生對於網路練習的喜歡程度，非常同意者佔了 47.6%，同意佔了 19.0%；對於其他題目的反應，大多數均抱持著認同且正面的態度，因此電腦化線上測驗的確可以提昇學生對學習的興趣。

4.3.3 第三部份：題庫平台回饋、提示的幫助

錯誤類型回饋為本系統一重大功能，但回饋的內容、判斷的正確性，以及提示的方法，是否都能符合學生的狀況，亦為本研究重點之一，問卷及分析結果如下表 16 顯示。

表 16：題庫平台回饋、提示問卷反應結果分析

題目內容	非常同意	同意	中立意見	不同意	非常不同意	平均數
一、進行練習時，能夠每一題每一題對答案，可以協助我時時檢視我的問題，並讓我做得更好？	21 50.0%	15 35.7%	5 11.9%	1 2.4%	0 0.0%	4.33
二、進行練習時，系統顯示的回饋，常常都能準確的讓我瞭解我為什麼錯？	12 28.6%	19 45.2%	10 23.8%	1 2.4%	0 0.0%	4.00
三、我做錯時，系統的回饋對我學習很有幫助？	14 33.3%	19 45.2%	7 16.7%	0 0.0%	2 4.8%	4.02
四、在練習後能看其他同學練習的分數及累積的經驗值，能激勵我作更多次練習？	18 42.9%	16 38.1%	7 16.7%	1 2.4%	0 0.0%	4.21
五、系統提示的內容，能幫助我修正我的錯誤？	14 33.3%	19 45.2%	5 11.9%	3 7.1%	1 2.4%	4.00
六、題目的數字每次做都會不一樣，讓我更熟練練習的內容？	16 38.1%	17 40.5%	3 7.1%	3 7.1%	3 7.1%	3.95

由表格中可以看出：超過四分之三的學生同意單題作答以及數字的改變，對自己的練習是有幫助的；對於回饋的部份，則有 73.8% 的學生同意系統的回饋能讓自己瞭解為什麼錯，並有 78.6% 的學生同意系統回饋以及系統提示對學習以及修改錯誤是有幫助的。

錯誤類型的分析，看學生作答的過程是最精準的，而要透過系統來辨識是一大挑戰，本研究之錯誤答案的產生程序，均是研究者以學生的作答過程以及個人的教學經驗所擬定，在準確性方面已獲得學生的肯定，但仍有許多狀況是無法確實辨別的，因此本章末將探討錯誤類型模組的新增與修正。

另外，作為良性競爭的查看同學作答紀錄功能，亦有 81.0% 的學生認為可以激勵自己進行更多次的練習，實際操作時，學生非常在意這個部份，甚至會一直查看最高經驗值的學生是否被第二名追過，追過時還會歡呼恭喜呢！且反覆練習的狀況下，甚至是平時成績較落後的學生，也能熟練到得到一百分，個人認為，這對學生自信心的建立應有非常大的幫助。

4.3.4 第四部份：學生對數學學習的態度反應

數學一直是很多學生的惡夢，且為了達到熟練的目的，往往都是反覆進行練習，因此也造成學生的反感，而透過電腦化題庫平台的操作，對學生在數學學習態度上是否有所改善，以下針對此部份進行分析。

表 17：學生對數學學習的態度問卷反應結果分析

題目內容	非常同意	同意	中立意見	不同意	非常不同意	平均數
一、我覺得使用這套系統，會讓我比較能夠熟練練習的內容？	18 42.9%	17 40.5%	5 11.9%	1 2.4%	1 2.4%	4.19
二、在家裡我會願意額外花時間進這個系統練習題目？	14 33.3%	15 35.7%	8 19.0%	1 2.4%	4 9.5%	3.81
三、用這套系統練習數學，會讓我更喜歡數學？	20 47.6%	15 35.7%	7 16.7%	0 0.0%	0 0.0%	4.31
四、我希望系統內有更多單元的題目，讓我有更多練習的機會？	28 66.7%	9 21.4%	5 11.9%	0 0.0%	0 0.0%	4.55
五、我希望我可以自己選題，組織自己的練習卷？	18 42.9%	12 28.6%	7 16.7%	3 7.1%	2 4.8%	3.98

表 17 是學生對數學學習的態度問卷反應結果分析表，表中可看到：超過 83% 的學生同意自己經由使用本系統後對練習內容更熟悉；家中有電腦上網的 37 人中，有 29 人願意在家裡額外花時間進本系統練習；且有 83.3% 的學生因使用本系統更喜歡數學，88.1% 的學生希望能有更多單元的題目可供練習，由此可知此套系統對學生學習數學上有非常正面的幫助。

使用的過程中，學生曾開心的表示這好好玩，且下了課亦不捨得離開，總希望老師讓他多做一題題目；在使用中，學生詢問如何計算的機會變多了，這是課堂中很難遇到的狀況，平時學生總是隨便寫寫後交差，老師改了後才想說要訂正或詢問問題，但透過電腦系統的回饋，學生可清楚知道自己是對的還是錯的，若一直無法解出正確答案便會主動尋求幫忙；而同學之間互相指導的現象亦頻繁發生，甚至有學生下課後跟我反應剛剛同學教他的方法很好用，雖然那是一些計算小技巧，對於教育方面，個人是不鼓勵記一堆小技巧，但這對學生是一種很有意義的經驗，事實上該小技巧僅是約分的變化而已，事後我再加以指導學生正確的概念，從最基本的部份去推演小技巧的由來，我想對學生會有相當大的幫助。

4.3.5 第五部份：使系統更好之意見

問卷最後詢問一題開放性問題，學生可提供自己的意見使系統更趨完

善，學生提供之意見相當多元且確實，亦可作為系統更新的參考。茲將學生提供之意見列舉如下：

1. 希望系統不要強迫購買提示，若有需要我會自己購買：
系統測試中曾有學生表示提示需要透過解題獎金購買，因此查看提示的機會和意願並降低，而為了讓系統提示能協助學生解題，便修改程式讓學生答錯後便會強迫購買提示，此舉引起學生很大的爭議，因此有數位學生提供此項意見，便折衷讓解題錯誤三次以上者才會強迫提供系統提示。
2. 小遊戲及聲光效果：
為了提昇樂趣，學生提出自己的要求，事實上對於經驗值以及解題獎金的設計，本來就是為了未來設計小遊戲做準備，但怎樣的小遊戲既能提高學生的學習效果又能吸引學生，仍需深入研究；另外，有學生明確指出在作答正確或錯誤時可提供一些音效或動畫，目前正在研擬如何設計中。
3. 升級制度：
學生舉例說明，經驗值可以設定成升級的模式，如數學平民、數學專家、數學博士等。
4. 線上交流：
有學生指出，可以提供線上問問題的機制，讓學生可以上線解答其他學生的問題，並可提供解答獎金等鼓勵，留言板以及討論區是未來的目標，雖可找到很多已經撰寫好的相關程式，然而如何融入本系統之帳號系統，仍需進一步研究。

事實上，學生的意見在在都讓人驚豔，學生總是能從很純真、自然的想法切入問題，上述學生所建議的部份，在設計過程中都曾經被考慮過，然而本研究所著重的在於系統基本功能的建置，因此較進階的部份都先暫緩著。待建置完畢後，或許可請學生組成專題小組，提供如小遊戲、圖像、聲光效果等方面的設計，讓學生的想法能夠透過本系統來達成，相信亦能提昇學生的成就感以及對系統的認同，進而增加學生上網練習的可能性。

4.3.6 施測班級老師的回饋

透過訪談的方式，在施測後詢問該班老師的意見，老師表示在第一次學生進行單位換算的題目練習時，曾要求學生要透過心算的方式進行解題，這對成績比較後半的學生是一件困難的事情，然而老師卻在放學後看到經特殊教育鑑輔會鑑定為學習障礙的學生，會試著使用心算的方式完成當天單位換算的作業。老師認為對該生而言，這樣的電腦化練習似乎帶給他一點態度上

的改變，這就是一個成長的契機。

在第二次團體使用題庫平台時，為練習分數乘法的題目，對成績較優秀的同學而言，可以透過系統的回饋自行解題，但對較落後的三、四個學生就沒有辦法完全依靠電腦自行解題，學生便會主動詢問老師，老師只需要照顧這些學生既可，其餘學生便可利用這個空檔的時間進行練習，而不像平常在教室中，老師很難拿捏、取捨個別教學的狀況及時間。

該班老師認為，能多一個管道讓學生練習，是一件很不錯的事情，並希望未來可以建置更多的題目，再讓學生上線進行練習。

4.4 題庫系統的問題

經由上述分析可知本題庫系統發揮了應有的功能，然而卻有一些問題浮出檯面，因此必然得為系統進行更新、修正，期能發揮更大的成效以及建置更完整的功能，本節將針對隨機數字出題以及錯誤類型回饋兩方面討論其成效以及應修正的部份。

4.4.1 隨機數字出題題庫系統之問題討論

隨機數字出題功能，可提供學生每次作答時均有不同的數字，管理者建立題庫的題目時亦能減輕大量的負擔。同一題型的題目雖每次作答會有不同的數字，然而其解題的概念及方法都是相同的，因此學生可以在反覆練習中熟練基本的解題方法，甚至在練習中獲得滿分，對學生亦不失為一個增強自信心的機會。

學生若願意反覆練習是一件好事，然而在讓學生回家練習後，發現學生會挑軟柿子吃，比較簡單、熟練的試卷會反覆練習，較困難的試卷就乏人問津。

在不修正系統功能下若欲避免此問題的發生，建議老師必須適時的取消指派較容易的試卷；或是在試卷中放入一些較困難的題目；且儘量不要都是相同類型的題型。

而若要更改系統，可朝兩方面發展，一是設定經驗值的取得有其限制性，系統設定答對每個題目所獲得的經驗值為題目所屬的年級乘上其難度，再除以該生對該題答對的次數，若無法整除者則取無條件進入法，因此題目再怎麼練習都可以獲得一個點數的經驗值，應可設定其為四捨五入法，便會在答對次數超過某個限度時就無法獲得經驗值，但此方法在年級比較低的題目中，會發生練習幾次後就沒有辦法取得經驗值了，可能會降低學生練習的意願。

另一個方法則是提供動態試卷的功能，目前試卷的設定僅能固定試卷中的題目，雖數字可以改變，但是解題的概念卻是固定的，動態試卷的概念則為教師可選定欲出題的範圍，為某個、某數個分年細目，或是某幾條教學內容及難度等，每次學生重新對該張試卷進行作答時，系統便會從這些範圍內挑選題目並自動組卷、配分，也能自動挑選相同難度但題目問法不一樣的題目，以避免學生背題型的問題，也讓出題的模式能更智慧化。

4.4.2 錯誤類型回饋題庫系統之問題討論

系統需能針對學生的作答進行錯誤類型的回饋，對和錯的回饋必然是不相同的，而答錯時系統需能判斷其錯誤類型，雖學生問卷調查中的反應表示系統提供的回饋，大多都能針對自己的問題並協助自己修正自己的錯誤，但根據資料庫內無法判斷錯誤類型的資料判斷，事實上仍有許多系統性錯誤類型尚未寫進判斷模組中，因此便需透過系統查閱無法判斷錯誤類型的錯誤答案，並從中分析學生的問題何在，以便進行錯誤類型的修正或資料庫的更新。

管理者登入後可透過「重現錯答現場」功能，重現無法判斷錯誤類型的題目及答案，操作畫面如下圖所示。

武數練功房			
重現錯答現場-顯示紀錄page.1 <input type="checkbox"/> alert msg?			
顯示全部錯答未能判斷錯誤者		下一頁	
錯答編號	題目	回應文字	功能
1835 uid:67	$1\frac{1}{2} \times 12 = (\quad 16 \quad)$ 答案：18	• 是不是題目、數字看錯了 了呢? f_multi_int 0_2	尚無法判斷 重判 無法判斷 疏忽 亂寫 修正模組
2174 uid:78	$1\frac{2}{6} \times 6 = (\quad 6 \quad)$ 答案：8	• 是不是題目、數字看錯了 了呢? f_multi_int 0_2	尚無法判斷 重判 無法判斷 疏忽 亂寫 修正模組
2034 uid:55	$2\frac{5}{12} \times 18 = (\quad 36 \quad) (\frac{10}{12})$ 答案：43 $\frac{1}{2}$	• 是不是題目、數字看錯了 了呢? f_multi_int 0_2	尚無法判斷 重判 無法判斷 疏忽 亂寫 修正模組
1804 uid:63	$2\frac{1}{3} \times 3 = (\quad 4 \quad)$ 答案：7	• 是不是題目、數字看錯了 了呢? f_multi_int 0_2	尚無法判斷 重判 無法判斷 疏忽 亂寫 修正模組

圖 19：管理者功能-查看未能判斷錯誤類型之題目及答案

從答案中我們可以判斷學生應確實為疏忽或是亂寫的答案，為了避免下

次再顯示出這些資訊，管理者可透過「疏忽」及「亂寫」按鈕更新資料庫中的資料，下次再顯示無法判斷錯誤模組的時候便不會再顯示出來，「無法判斷」按鈕則可恢復「疏忽」及「亂寫」的判定。「重判」的功能則提供管理者修改伺服器端錯誤類型模組後，可直接將該組答案再次送去做檢查，直接以最新的錯誤類型模組做回饋，若確實可透過新的模組判斷出錯誤類型，便可點選「修正模組」按鈕，將更新後的資料寫入資料庫，班級老師便可從試卷分析的功能中看到更新後的錯誤類型。

2174 uid:78	$1\frac{2}{6} \times 6 = (6)$ 答案：8	<ul style="list-style-type: none"> 是不是題目、數字看錯了呢？ f_multi_int 0_2	尚無法判斷 <input type="button" value="重判"/> <input type="button" value="無法判斷"/> <input type="button" value="疏忽"/> <input type="button" value="亂寫"/> <input type="button" value="修正模組"/>
----------------	-----------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

圖 20：錯答編號 2174 之題目及數字

圖 20 中所示錯答編號 2174，該生的答案應為一系統性錯誤，是在計算帶分數乘以整數時，僅計算到整數乘以整數的部份。經由錯誤類型模組的修正後，重判的結果如圖 21，系統已能正確判斷此種錯誤類型。

2174 uid:78	$1\frac{2}{6} \times 6 = (6)$ 答案：8	<ul style="list-style-type: none"> 只有乘到整數部分喔，原本的分數部份呢？ f_multi_int 110_2	尚無法判斷 <input type="button" value="重判"/> <input type="button" value="無法判斷"/> <input type="button" value="疏忽"/> <input type="button" value="亂寫"/> <input type="button" value="修正模組"/>
----------------	-----------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

圖 21：修正錯誤類型模組後錯答編號 2174 之錯誤類型

另外亦發現一種狀況，不同的錯誤類型可能會有相同的結果，如圖 22 中錯答編號 2048，該生的答案亦應為一系統性錯誤。

2048 uid:65	$4\frac{9}{12} \times 20 = (15)$ 答案：95	<ul style="list-style-type: none"> 是不是題目、數字看錯了呢？ f_multi_int 0_2	尚無法判斷 <input type="button" value="重判"/> <input type="button" value="無法判斷"/> <input type="button" value="疏忽"/> <input type="button" value="亂寫"/> <input type="button" value="修正模組"/>
----------------	---------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

圖 22：錯答編號 2048 之題目及數字

此系統性錯誤的可能情形有兩種，一是在計算帶分數乘以整數時，僅計算到分數乘以整數的部份；二則為研究者教學經驗中更常見的情形，學生在將帶分數分開乘以整數後，分數部份已經為需要進位的假分數了，而在計算假分數換成帶分數之後，便遺漏原本的整數值，兩種的計算過程如圖 23 所示。

$$4\frac{9}{12} \times 20 = \frac{180}{12} = 15$$

僅以分數乘以整數

$$4\frac{9}{12} \times 20 = 80\frac{180}{12} = 15$$

假分數換帶分數時
遺漏了原本的整數

圖 23：帶分數乘以整數的兩種相同答案之錯誤類型

兩種錯誤類型的答案均相同時，系統的回饋便產生了問題，究竟應該呈現何種錯誤類型的回饋呢？目前系統的修正則為兩個錯誤類型的回饋文字同時呈現，讓學生自行檢查究竟自己的錯誤何在。經由後台錯誤類型模組修正後，重判的結果如圖 24，系統已能正確判斷此兩種錯誤類型，並同時回饋其錯誤的可能性，避免誤判學生的問題，而造成學生對系統的不信任。

2048 uid:65	$4\frac{9}{12} \times 20 = (15)$ 答案：95	<ul style="list-style-type: none"> 只有乘到分數部分喔，原本的整數部份呢？還是最後的假分數進位時忘記原本的整數呢？ f_multi_int 111_2	尚無法判斷 <input type="button" value="重判"/> <input type="button" value="無法判斷"/> <input type="button" value="疏忽"/> <input type="button" value="亂寫"/> <input type="button" value="修正模組"/>
----------------	---------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

圖 24：修正錯誤類型模組後錯答編號 2048 之錯誤類型

錯誤類型模組的完整性，是系統能否正確回饋相關訊息給學生的關鍵，透過此種方式雖管理者需每題每題去做檢視，但只需要找到一種系統性錯誤，其他相同類型的錯誤也會一併呈現出來，便可一次進行資料庫的修正。



五、結論與建議

本研究旨在研發以分年細目為試題架構並能隨機數字出題及錯誤類型回饋之電腦化線上題庫，及研究其運用於國小學生數學領域學習上的成效。綜合本研究之研究目的及研究結果，本章將做成結論，說明本研究之研究限制，並提出後續研究及未來展望以供參考，茲分四節說明如下：

5.1 研究結論

測驗與評量是教學中相當重要的一環，老師以其結果作為教學設計的依據；且透過線上電腦化的測驗方式，為網路世代很重要的趨勢之一；數學學習相當重視前後邏輯的脈絡以及對數學技巧的熟練。本研究將上述三者融合，建立一套基植於國小數學分年細目之題庫平台，根據本研究所研發之題庫系統及施測結果分析，得到以下結論：

1. 擁有隨機數字出題功能的題庫系統，可提供學生進行精熟練習的管道，並於生活中的大單位以及分數乘法兩個單元中，獲得明顯的進步。
2. 擁有錯誤類型回饋功能的題庫系統，可判斷學生的錯誤類型並提供解題提示，使學生可以透過系統修正自己的迷思概念。
3. 系統提供非選擇題的題型，可避免學生透過猜題的方式解出答案。
4. 透過此系統進行數學題目之練習，可提高學生的學習興趣，並改變學生對數學的態度，更喜歡數學，且希望有更多的題目可供主動練習。
5. 系統可紀錄學生的作答結果，供老師調閱，並可依學生的錯誤類型作為自己教學設計的依據，節省老師分析測驗結果的時間及人力。
6. 調閱尚無法判斷錯誤類型的作答資料，可供管理者進行錯誤類型模組的更新及修正，讓錯誤類型模組可以判斷出更多的系統性錯誤，做出更精確的回饋。

5.2 研究限制

本研究之實驗對象，由於時間及人力的限制，僅對研究者任教學校的兩個五年級班級、共四十二位學生進行系統的使用及前、後測，並無對照組來進行比對，因此學生的進步是因為哪個環節的因素，則需再做更進一步的統計與研究。

目前所建構之題目，僅有三條分年細目底下的內容，對於其他分年細目是否仍有相同的作用，亦不可做過度的推測，不同的分年細目於本題庫中所能獲得的成效，值得進一步驗證。

5.3 後續研究

本研究受限於時間和人力的限制，目前僅針對兩個單元共三條分年細目進行教學內容及難度分析並建置題目，施測對象亦僅有研究者任教之學校的五年級學生，因此針對本研究未來可進行之研究給予以下的建議，茲分述如下：

1. 建立更多分年細目的教學內容以及難度分析，並建置相關題目，提供老師進行測驗及讓學生進行精熟練習。
2. 可依據教學內容及難度分析進行適性化測驗的設計，並整合於系統功能之中。
3. 電腦化線上測驗，其電腦操作的能力有基本的要求，對男、女生，或對在資訊較缺乏的鄉下學校學生以及資訊較發達的城鎮學校學生而言，使用此系統是否有熟練上的差異，在學習方面的成效差異亦是一個值得研究的主题。
4. 使用本系統所獲得的進步此議題中，可針對研究對象的人數以及實驗結果之統計分析的方式，進行更充分且嚴謹的實驗。
5. 不同分年細目所需評量的內容均不同，在運用此系統進行練習時，是否在不同單元上有明顯的成效差異。
6. 目前系統僅提供類似填充題的題型，然而電腦在多媒體的呈現上遠比紙筆測驗來的豐富，希望未來能建置不同類型的題目，發揮電腦化測驗的功能，
7. 系統在練習試卷方面的效果，目前仍較單調，聲光效果的運用亦為電腦化測驗可加強的內容之一。
8. 累積經驗值及解題獎金為提昇學生練習興趣的功能之一，然而後續的運用較為缺乏，是否能有適合的運用方式，如小遊戲、角色的升級制度或線上商店等，提供更多吸引學生的誘因，亦為本研究之重要後續發展。
9. 數學解題並非所有的內容均可透過心算，因此學生需要計算的空間，系統中可嵌入計算區塊，供學生可以僅透過滑鼠、鍵盤便能進行練習，甚至將學生計算的過程透過資料庫紀錄，老師及管理者更能從中瞭解學生的解題概念錯誤何在。
10. 線上互動的功能，如留言板、討論區的建置，不僅提供使用者反應問題，更可讓學生於線上進行討論。
11. 目前系統主機放置的位置為研究者任教學校內，但網路頻寬的影響可能會造成外校連線過慢，或系統負荷過重等困擾，期望未來可將整套系統

打包並撰寫安裝的功能，老師便可自行於校內運用以 Linux 為基礎的作業系統，來安裝、建立本套系統，並需定期連線至主伺服器下載新的題目。

5.4 未來展望

要將線上測驗系統運用於平時課堂之中，可能會有設備準備上的困難，到電腦教室亦須消耗不少時間，且會有電腦教室借用、衝堂的問題發生，機動性仍有待加強。然近年來電子書包的聲浪愈來愈高，未來若能讓學生人手一台平板電腦型 (Tablet PC) 的電子書包，便能於課室中經由老師佈題，學生透過電子書包在線上直接作答並對答案，此時速度較快的同學便能夠自己多做幾次練習，而尚未能解題的同學，老師亦能在網路的另外一端發現，並適時給予指導，且平板電腦提供的觸碰式螢幕更可讓計算區塊的運用更加確實，否則要使用滑鼠寫下計算過程，對大多數使用者均是一道難題。

電腦化線上測驗對學生的學習幫助有其成效，未來將如何更新平台以及讓學生使用，是研究者未來要持續進行的目標，期望學生均能在有興趣的情況下熟練基本的數學能力，使其能因應社會快速變遷的潮流。



參考文獻

- [1] Booth, J. A.G., Computerization of trade examinations: A feasibility study (Tech. Rep. No. B83-1), Canada Employment and Immigration Commission, Training Branch, Ottawa, 1983.
- [2] Gronlund N. E., How to make achievement tests and assessments, 5th ed, Allyn and Bacon, Needham Heights, MA, 1993.
- [3] Mazzeo, J., & Harvey, A. L., The equivalence of scores from automated and conventional education and psychological tests, College Entrance Examination Board, New York, 1988.
- [4] Ashlock, R. D., Error patterns in computation, Macmillan, New York, 1990.
- [5] Wainer, H, Computerized adaptive testing: a primer, 2nd ed, Lawrence Erlbaum Associates Publishers, New Jersey, 2000.
- [6] Millman, J. & Arter, J. A., “Issue in banking”, Journal of Educational Measurement, 21, 4, pp. 315-330, National Council on Measurement in Education, 1984.
- [7] Lippey, G., “Overview. In G. Lippey(ED.)”, Computerassisted test construction, NJ: educational Technology Publications, pp. 1-28, Englewood cliffs, 1974.
- [8] Prosser, F., “Item banking. In G. Lippey(Ed.)”, Computerassisted test construction, NJ: Educational Technology Publications, pp. 29-66, Englewood Cliffs, 1974.
- [9] Ager, T., "Online placement testing in mathematics and chemistry", Journal of Computer-Based Instruction, 20, 2, pp. 52-57, Western Washington University, 1993.
- [10] VanLehn, K. Brown, J., “Repair Theory : A Generative Theory of Bugs in Procedural Skills” , Cognitive Science, 4, pp. 379-426, Cognitive Science Society, 1980.
- [11] Brown, J. S., & Burton, R. R., “Diagnostic models for procedural bugs in basic mathematical skills”, Cognitive Science, 2, pp. 153-192, Cognitive Science Society, 1978.
- [12] Appleby, J., Samuel, P., Treasure-Jones, T., “Diagnosys-A Knowledge-Based Diagnostic Test of Basic Mathematical Skills”, Computers Education, 28, 2, pp. 113-131, 1997.
- [13] 余民寧，有意義的學習：概念構圖之研究，商鼎文化，台北，1997年。
- [14] 教育部，國民中小學九年一貫課程綱要，教育部，臺北市，2003年。

- [15] ———，國民中小學九年一貫課程綱要，教育部，臺北市，2009年。
- [16] 郭生玉，心理與教育測驗，精華書局，台北縣中和市，1998年。
- [17] 康軒文教事業，國小數學備課用書，10，康軒文教事業，臺北縣，2010年2月。
- [18] Richard E. Mayer 著，教育心理學：認知取向，林清山譯，3，遠流出版社，台北市，2003年。
- [19] Joel J.、Mintzes James H. Wandersee Joseph D. Noak 著，促進理解之科學評量：人本建構取向觀點，丁信中等譯，心理出版社，台北市，2004年。
- [20] 張新仁，教育導論，(王家通)，五南書局，台北市，1995年。
- [21] 林敏芳，「線上評量應用於教學上的現狀與發展」，生活科技教育，38卷，1期，臺灣師範大學工業科技教育學系，2005年1月。
- [22] 張新仁，「實施補救教學之課程與教學設計」，教育學刊，17期，85~106頁，國立高雄師範大學教育學系，2001年。
- [23] 何榮桂，「數位化題庫之概念架構」，國家菁英季刊，第一卷，第四期，149~157頁，考選規劃司，2005年12月。
- [24] 何榮桂，「網路環境題庫與測驗之整合系統」，科學發展月刊，第28卷，第7期，534~540頁，1997年。
- [25] 吳裕益，「電腦在測驗上的應用」，教育實習輔導季刊，5，10~13頁，國立彰化師範大學，1995年。
- [26] 陳明星、劉佳灝，「線上測驗系統之需求分析與實作」，建國學報，19期，783~792頁，建國科技大學，2000年。
- [27] 陳志信，「電腦化測驗的優點及可能的問題」，學生輔導通訊，24，72~75頁，教育部，1993年。
- [28] 戴月芳，「迎接新紀元新教改」，光復教育雜誌，5，2~3頁，光復書局，2001年。
- [29] 王雪瑜，「國小數學學障兒童數學解題錯誤類型」，特殊教育叢書，9501，15~29頁，2006年5月。
- [30] 余民寧，「試題反應理論的介紹(六)：能力量尺」，研習資訊，8~12頁，1992年。
- [31] 洪碧霞，「題庫建立時的思考」，題庫專輯，1991年。
- [32] 郭伯臣，「國小數學科電腦化適性診斷測驗(II)」，國科會研究專案報告，NSC-92-2521-S-142-003，2004年。
- [33] 杜建忠，「網路評量系統開發與應用之研究」，彰化師範大學生物學系，碩士

學位，2003 年 6 月。

- [34] 黃朝恭，「國民小學國語科多媒體線上測驗系統建置之相關研究」，臺中師範學院教育測驗統計研究所，碩士學位，2000 年。
- [35] 彭彥翔，「以漸進提示法為基礎之國小數學科電腦化動態評量」，亞洲大學資訊工程學系碩士班，碩士學位，2006 年 6 月。
- [36] 李連順，「國中生活科技線上測驗系統發展研究」，國立高雄師範大學工業科技教育學系，碩士學位，2000 年。
- [37] 林裕集，「適用於電腦教室之網路測驗系統：以國小英語科為例」，臺中師範學院教育測驗統計研究所，碩士學位，2001 年。
- [38] 李青春，「一個針對基礎數學學習者的線上評量與迷思概念導正工具」，靜宜大學資訊碩士在職專班，碩士學位，2008 年。
- [39] 陳文婷，「結合學生問題分析表及試題概念結構圖之個別化回饋對國小數學學習之影響」，淡江大學教育科技學系碩士班，碩士學位，2005 年。
- [40] 林明達，「全球資訊網線上測驗系統之設計與製作」，國立交通大學資訊科學學系，碩士學位，1998 年。
- [41] 侯好青，「智慧型題庫模型建構之探討」，彰化師範大學商業教育學系，碩士學位，2001 年。
- [42] 汪端正，「適性診斷測驗與數位個別指導教材之研發-以國小六年級質數與合數單元為例」，臺中教育大學教育測驗統計研究所，碩士學位，2008 年。
- [43] 國民中小學九年一貫課程綱要研修網站，<http://opinion.naer.edu.tw/gist.html>
- [44] B2D 創立人，B2D 中文 Linux 計畫，<http://b2d.tnc.edu.tw/whodidit.html>
- [45] CodeIgniter 繁體中文，<http://ci.wuboy.twbbs.org>
- [46] 模型-檢視-控制器：CodeIgniter 使用手冊，
http://ci.wuboy.twbbs.org/user_guide/overview/mvc.html
- [47] AJAX，維基百科，<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/AJAX>
- [48] javascript 程式簡介，張逸中的教學網站，<http://ycc.dwu.edu.tw/S1/javascript.htm>
- [49] 關於文件物件模型(DOM)，Mozilla Taiwan 正體中文，
<http://moztw.org/docs/gecko/aboutdom>
- [50] jQuery：寫得少,做得多,JavaScript，<http://jquery.com.tw>