

國立中央大學

數學研究所

碩士論文

一個物件導向的數學概念學習與診斷工具

指導教授：單維彰

研究生：陳鵬昌

中華民國八十九年六月



國立中央大學圖書館

碩博士論文授權書

本授權書所授權之論文全文與電子檔，為本人於國立中央大學，撰寫之碩/博士學位論文。(以下請擇一勾選)

(☐) 同意 (立即開放)

(☐) 同意 (一年後開放)，原因是：_____

(☐) 同意 (二年後開放)，原因是：_____

(☐) 不同意，原因是：_____

授與國立中央大學圖書館，基於推動讀者間「資源共享、互惠合作」之理念，於回饋社會與學術研究之目的，得不限地域、時間與次數，以紙本、光碟、網路或其它各種方法收錄、重製、與發行，或再授權他人以各種方法重製與利用。

研究生簽名：_____

論文名稱：_____

指導教授姓名：_____

系所：_____所 ☐ 博士 ☐ 碩士 班

學號：_____

日期：民國_____年_____月_____日

備註：

1. 本授權書親筆填寫後（電子檔論文可用電腦打字），請影印裝訂於紙本論文書名頁之次頁，未附本授權書，圖書館將不予驗收。
2. 上述同意與不同意之欄位若未勾選，本人同意視同授權立即開放。

摘要

數學能力如同閱讀及寫作能力一樣，都是我們文化生活中基本必要的技能。數學概念對數學能力的發展具有決定性的影響。數學概念與問題解決是數學教育的兩個重要課題。觀察學習者解題歷程及其使用的策略，可診斷出迷思概念及瞭解先備知識的組織品質。基於以上動機，我們計畫設計一套電腦軟體系統，一方面協助學生學習數學概念，另一方面也協助教師整理學生的解題歷程，以便作為診斷其迷思概念的輔助資料。

我們應用物件導向的觀念和技術，設計一套網路程式，提供數學概念工具箱、文字題與題目中的關鍵量詞物件，請學習者依據這些材料來解題。這套程式將解題過程中的程序性計算步驟全部隱藏在物件之內，促使學習者專注在數學概念的組合、和關鍵量詞的相對關係上。所有的操作都以滑鼠的點選和拖放完成，而且這套程式不預設一定的解題步驟或方法。解題過程中的所有動作，都依序儲存在伺服器內，以便做後續的分析、診斷或重播。

此軟體系統，期望能提供數學教師與學生，一套針對概念來學習的輔助工具。它將能夠使得學生專注在數量與數量之間的關係、專注在概念與概念之間的銜接，而可以暫時避免數值數字的干擾、暫時避免計算程序的負擔。

Abstract

Like reading and writing, mathematics is a basic required skill to live in today's world. The math ability is largely determined by the understanding of math concepts. Nowadays math-concept and problem-solving are the two important themes in math education. By observing the actions of a student's problem-solving procedure, instructors have a chance to identify the possible misconception and the quality of prerequisites. Thus, we are motivated to design a new kind of computer software that can on the one hand enforce the math concepts for students, and on the other hand collect the problem-solving steps in order to help instructors diagnose the misconceptions.

With the application of concepts and techniques of object-oriented programming, we design a network program that provides toolbox of mathematical concepts, word problems and the associated key quantity objects. The program invites people (problem solvers) to solve the word problems by the provided materials. By doing so, all arithmetic procedures are encapsulated inside the objects, and the problem solvers are lead to concentrate on the relations among mathematical concepts and key quantities, they are temporarily released from the burden of calculations. All operations are done with click-and-choose and drag-and-drop by a pointing device. The program does not presume any procedure for the solution of a problem. All actions are sequentially recorded on a remote server as raw data. Later on, one can analyze the raw data for further studies, or they can be used to replay the actions of a solver.

The software system is expected to provide students and instructors an assistant tool for learning and teaching math concepts. The tool can enforce students to focus on the relationship between quantity and quantity, and to focus on the connections between concept and concept. It temporarily relieves students from the distraction of numerical values and the burden of arithmetic procedures.

目錄

第一章 緒論	6
1.1 背景	6
1.2 動機與目的	8
 第二章 文獻探討.....	 11
2.1 數學概念與學習理論.....	11
2.2 問題解決與歷程	14
2.3 電腦科技、物件導向與教育.....	16
 第三章 系統設計的原則與方法	 19
3.1 數學概念方面	19
3.2 電腦技術方面	19
 第四章 系統設計的概念與實作	 21
4.1 文字應用題	21
4.1.1 數學概念與數量思維的物件化	22
4.1.2 問題解決歷程、概念組合與計算程序	24
4.1.3 電子資訊媒體應容許更高的互動自由	28
4.1.4 圖形操作介面與物件導向設計，原本是為了教育	30
4.2 基本概念題	31

4.3 記錄查詢介面	34
第五章 結論與未來工作	37
5.1 結論	37
5.2 未來工作	38
參考文獻.....	40
附錄	43

圖表目錄

圖 2-1 訊息處理理論的學習與記憶模式	12
圖 4-1 系統主畫面	22
圖 4-2 數量物件	23
圖 4-3 數學概念箱	25
圖 4-4 比例欄內的概念選項.....	25
圖 4-5 比值概念的模板	26
圖 4-6 產生新的數量物件(打擊率).....	27
圖 4-7 利用通分模板比較兩分數的大小	27
圖 4-8 因應多樣答案的回饋訊息	29
圖 4-9 題目直接提供計算商數及餘數的工具	32
圖 4-10 判斷因、倍數關係的結果	32
圖 4-11 找尋整數的正因數.....	33
圖 4-12 判別質數	33
圖 4-13 找尋兩整數的公因數.....	34
圖 4-14 找尋兩整數的最小公倍數	34
圖 4-15 記錄查詢畫面.....	35
圖 4-16 依學號及題目篩選後的結果.....	36

第一章 緒論

1.1 背景

數學能力如同閱讀及寫作能力一樣，都是我們文化生活中基本必要的技能。社會中的各行各業，有些需要基本演算的知識、有些需要統計的知識、諸此不等。一般而言，我們本身有關數量及空間的知識（即數學知識），普遍影響我們在社會中運作的功能是否良好，以及我們可以得到的機會是否豐富等等〔Gagné, C. W. Yekovich, F. R. Yekovich, 1993〕。而數學能力、數學知識的培養與獲得，須從基礎的數學概念來建構：能正確理解數學概念，才能掌握數學知識。

教與學過程中有訊息的傳遞。但此過程不是簡單的訊息傳遞過程，學習者並不是簡單地把輸入的訊息記錄下來。依認知心理學的訊息處理模式及 Piaget (1896—1980) 學派理論：學習者理解和形成數學概念時，是一種主動的認知歷程。他們對新內容、新訊息的解讀，將以當時的知識及瞭解去建構概念，而他們也會有一種利用舊經驗的觀點來看待新訊息的傾向。所以，當新訊息的出現，學習者會將它納入已有的經驗系統，或按自己的方式理解新的東西——同化 (assimilation)，或者改造自己原有經驗而形成新經驗——順化 (accommodation)，經由這些過程使個體的認知結構獲得適應 (adaptation) 的平衡 (equilibrium)。

在學習者剛開始學習一個新數學課題時，教師不容易分辨：學習者是真正瞭解數學概念，或只是學會數值或符號的處理？而且教師由紙筆測驗中所能看到的學習者反應，一般以數值的計算步驟為主，無法看到學習者的心智

理性活動，有時也很難判斷由學習者自己所建構的概念是否正確？是不是真的理解數學概念？可用的判斷方法是監看學習者解題歷程及使用的策略，如果學習者表現出的能力只是機械式的模仿，不能產生適應力，教師即可從中診斷迷思概念的來源，並可據此修正教學方法或安排更適當的學習環境。

問題解決 (problem solving) 是數學教育的另一個重要課題。尤其對此時代的人們而言，為應付未來生活及職業的需求，往往需要更多面對問題與解決問題的能力。美國數學教師協會 (National Council of Teachers of Mathematics) 自從 1980 年即倡導數學問題解決為數學教育的重心。問題解決已成過去幾年來國內外數學教學與研究的焦點之一，國內教育改革的新課程目標中，即以培養「獨立思考與解決問題的能力」做為現代國民應具有的基本能力〔教育部，民 90〕。以廣義的角度思考，數學與真實世界的聯結與溝通，乃是透過「問題解決」之歷程〔楊錦潭，民 85〕。意即從學習者問題解決之歷程中，可觀察學習者運用數學觀念與真實世界溝通之情形，並促使學習者瞭解數學與生活及其他學科是息息相關的，也可獲知學習者是否掌握正確的概念，並學得必備的基本技能，而非一大堆對學習者而言毫無意義的符號操作，及一大堆學習者需要反覆記憶的公式規則。

數學概念的建構及問題解決的歷程，皆可利用電腦科技來達成。例如 1980 年代頗具影響力的 Papert，主張利用 LOGO 程式語言實施幾何教學。他建議的做法是，利用電腦呈現一個模擬的情境，使學習者操弄情境中的某些變因，並觀察運作結果，做為修正的依據，進而從這些探索的過程中，發展出有關如何依程序解決問題的能力並建構知識。意即可透過電腦科技、電腦軟體的功能，利用文字、圖形來呈現數學知識，由學習者操弄，化抽象知識為具體經驗，協助學習者建構數學概念。所以，可把電腦當作學習數學的工具，讓學習者利用此工具從探索中理解數學觀念。電腦科技之功能，在於提供知識表達的另一種媒體，激發學習者回憶既有知識或輔助學習者內化知識，將新知識建立於既有知識之上。此外，電腦學習環境中，學習者參與

發現知識的過程，與以往學習環境大不相同，若在適當的設計下，將有不可預期之發展。

電腦科技的日新月異，影響了教育的變革，逐漸成為教學媒體的主流。電腦使用的普及，除了硬體設備價格下降外，軟體設計皆朝向人性化的圖形操作介面及物件導向設計。圖形操作介面是結合了認知心理學的研究成果——人類對於感官所能接觸、看見、聽到的具體事物（如圖形），比抽象的文字、符號之認知能力高過許多。它的發展關鍵除了圖形的使用外，還包括了物件導向觀念的突破：使電腦模擬成對應真實世界的事物，如桌面、視窗、按鈕等。為了使軟體與使用者交談、互動，需要新的軟體發展方式，使程式能處理這些物件，因而引發了物件導向程式設計的研究。物件導向既是一種程式設計的方法，同時也是一種程式設計的概念：將資料與相對應動作的程序結合成物件，物件間有適當的關係，彼此以訊息溝通。物件導向與圖形操作介面的結合，產生了更方便、更好用的物件導向式環境〔賀元，賴明宗，劉燈，民 84〕。

1.2 動機與目的

數學知識是學習科學知能所必備的，若能培養基本數學概念的嚴密基礎，學習者才能在這基礎上建立將來所需的知識。日常生活即一連串問題解決的過程，問題解決能力的培養也是現今數學教育的重點之一。觀察學習者解題歷程及其使用的策略，可診斷出迷思概念及瞭解先備知識的組織品質。近來電腦科技的進步，網際網路的發展，我們想利用這些科技，以物件導向的觀念設計一個能幫助數學概念學習且能記錄解題歷程的輔助工具。它將能夠使得學生專注在數量與數量之間的關係、專注在概念與概念之間的銜接，而可以暫時避免數值數字的干擾、暫時避免計算程序的負擔。教師也能從這些記錄的分析中，了解學生學習狀況與所遭遇的困難，並可做為修改教學策略、課

程設計的參考。

基於以上的理念描述，這一套軟體系統的設計，有以下幾項主要的目標：

- 1、概念工具：將每個數學概念，以工具選單的表徵呈現，讓學習者將數學概念當做解決問題的工具。而引發概念工具的動作，會在螢幕上顯示此概念的符號運算形式（模板），幫助學習者熟悉概念與符號的聯結。此外，相關概念工具以群組方式出現，使學習者能將相關的概念做適當的聯結並能加以整合運用。
- 2、題目物件：在問題解決歷程中，將可能運用到的已知數、未知數等數量，以圖示物件呈現，做為解題的提示。可用滑鼠拖放這些圖示物件，若將圖示物件放置於不合法的位置，會自動移回原位。若放置錯誤，可以拖到垃圾桶丟棄；或雙按該圖示物件，即可自動移至垃圾桶。
- 3、介面簡單：整個軟體的操作只需透過滑鼠選按按鈕、選單或拖放圖示物件。減少操作的複雜度，使學習者能專心地學習。
- 4、自動計算：概念學習為主要目的，只要圖示物件配合正確的概念工具，計算過程將自動呈現於螢幕上。暫時避免計算程序干擾，使學習者專注於解題標的，不至於失去耐心。
- 5、歷程記錄：在解題過程中，將使用者曾選用的概念工具及圖示物件擺放位置，依照時間順序記錄成電子檔案。此記錄檔案，可透過 WWW 瀏覽器觀看，並做簡單的排序、篩選及過濾工作。將來並可依此記錄，製作學習者行為模式的統計資料，也可以作為診斷的輔助資料。此外，還

可以按照這些記錄重播學習者的解題歷程，作為教師觀察、或其他學習者仿效之用。

- 6、網頁呈現：使用 WWW 瀏覽器即可執行，不需額外安裝其他軟體。讓使用者只需具有上網能力，就可以進行操作、使用。

第二章 文獻探討

2.1 數學概念與學習理論

人們認知一件事物時，常用以往經驗過的事物進行比較、分類。從多次的經驗中，了解、抽象出各種周圍環境經驗之間的相似性、共通性與不變性，並利用此結果來認知新經驗：此即概念的形成過程。

數學概念的來源，一般認為有兩個方面。其一直接從客觀事物的數量關係和空間形式反映而得，另一是在抽象的數學理論基礎上經過多級抽象而得。所以數學概念既有抽象性，也有它的具體內容〔楊弢亮，民 84〕。意即數學概念是感官對外在經驗的活動或運思，經由抽象之後所得到的數、量、形的性質，或者是歷代數學家把前代的概念結果更加抽象化、一般化而得來的。所以，形成數學概念的過程需要運用分析、綜合、抽象、概括等各種基本的邏輯思維方法，來認識事物的最根本、最重要的屬性。從此過程中，可發現數學概念的重要特性：「階級」——由肌肉、感官對外在世界經驗後而得的概念，稱為初級概念 (primary concept)，由數個概念再抽象之後得到概念，稱為二級概念 (secondary concept)〔Skemp, 1987〕。這表示學習者在學習新概念之前，必先學習這概念所用到的先前概念。如果在連續抽象過程中某一步驟錯失了，將導致以後學習的困難。例如：了解算術運算的基本原則是學習代數運算的必備要件。

Gagné 在 1960 年代初期提出學習階層 (learning hierarchy) 的觀念，他指出學習活動有其合理的次序存在，較簡單的學習為較複雜學習的先備條件〔黃光雄，民 83〕。數學概念、原理原則及運算技巧等的學習，均有一定的

先後排列及學習階層順序。而不同的學習階層間所形成的學習歷程，Gagné 認為「訊息處理理論」(information-processing theory) 最適合用來瞭解人類學習的內在歷程。基本上，訊息處理理論是將個體從受刺激到表現出反應的內在心理活動，視為一個訊息處理的過程。企圖應用電腦資訊處理流程的方式，來解釋個體在環境中，如何經由感官覺察、注意、辨識、轉換、記憶等內在心理活動，以吸收並運用知識的歷程〔黃政傑，民 86〕。數學概念的來源，即從環境中得到之數、量、形的訊息，數學的教與學即是研究人類如何處理、運用這些數、量、形的訊息，所以以訊息處理模式應用於數學學習時的認知過程，是認知理論中的一個重要方法。

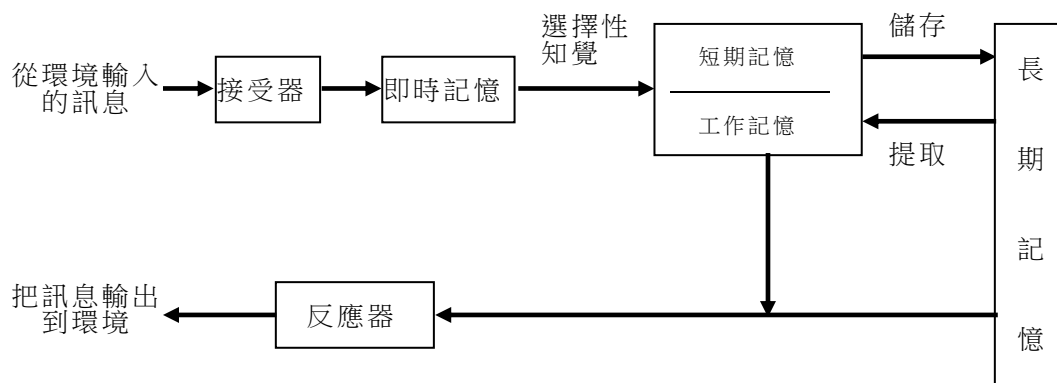


圖 2-1 訊息處理理論的學習與記憶模式

(Gagné 等, 1993, 引自岳修平, 民 87)

圖 2-1 是 Gagné 根據資訊處理理論所提出的「學習與記憶模式」，以下依其看法說明模式中各個過程：學習者的「接受器」(receptor)，從環境中接收訊息，隨即把信號傳送到大腦。之後，這些由接受器傳來的神經刺激會被送到中央神經系統，並在那裡登錄於即時記憶(immediate memory)。訊息在此結構裏存留非常短的時間，而且只有那些能引起學習者注意的部份訊息，經由「選擇性知覺」(selective perception) 的歷程，才能被轉存在「短期

記憶」(short-term memory)。訊息在短期記憶區中作短暫停留，以供我們使用與處理，所以一般又稱「工作記憶」(working memory)。短期記憶的容量有限，如果學習者能覆誦 (rehearsal) 這些經過注意的訊息，將使訊息在意識中保持活躍，否則將會被新訊息所取代。進一步地，學習者可將短期記憶區中訊息加以編碼 (encoding) 並與舊有的相關知識相結合，儲存於「長期記憶」(long-term memory) 區。在編碼的歷程中，來自短期記憶的知覺形式訊息被轉錄成為概念的或有意義的形式。長期記憶中的訊息能保持較長的時間，而訊息的遺忘是因為受到新舊學習的干擾，或是一時找不到有效的回憶線索所導致。

提取 (retrieval) 指的乃是把儲存在長期記憶中的訊息轉換送到當前可以運作狀態中的過程。有兩種方式：其一是藉助某種回憶線索，檢索提取出相關的資料，送回短期記憶，然後進行分析、整合等工作，隨後送至「反應器」(effector)；另一則發生在自動化的反應或十分熟練的學習，此時，有關的訊息自長期記憶檢索出後，直接送至反應器。最後，學習者對外界環境輸出反應，表現出可觀察的行為，即可看出他是否學會了新訊息，達成了預定的目標。

學習是一種內在的歷程，任一學習皆會經歷一連串訊息的處理過程。工作記憶是我們大部分心智作業完成地方，在其中訊息的運用情形，會影響學習者的學習。長期記憶中知識的組織品質，會影響解題時知識的檢索，進而影響解題的結果。

在此所設計的軟體，提供概念工具供學習者選用，學習者只需組合概念，暫不必顧及運算程序，不因所需的基本成份技能而使工作記憶的容量完全被佔用，藉此減輕短期記憶的負擔，強化數學概念的學習；借助電腦科技的功能，記錄學習者運用長期記憶中知識的狀況，用來瞭解先前知識的品質及解題策略的運用情形。

2.2 問題解決與歷程

數學家 Polya (1887-1985) 是最早提出「問題解決」(problem solving)概念的人。他認為數學非只是重視結果，問題解決的過程中所運用的思考及創意才是數學教育的精髓。他在「如何解題」[Polya, 1945]一書中，提出解決問題的四步驟：

- 1、了解問題 (Understanding the problem)：解題者必須了解句子的意義並看出什麼是已知的、什麼是未知的、和了解它們之間的關係及哪些先前知識可供使用。
- 2、想出計畫 (Devising a plan)：解題者必須認清題目各條件的關係，利用已有的知識與過去的經驗，獲得解決問題的想法，並擬定計劃。構想出解題計畫的思路乃是問題解決的主要部分。
- 3、執行計畫 (Carrying out the plan)：解題者經由計畫的思路，進行充實細節並耐心地檢查每一步驟，執行解題過程中各種計算和其他必須的操作。
- 4、回頭檢驗 (Looking back)：解題者檢視答案，並重新仔細看過自己所經歷的過程，試著看出這個經驗如何能夠有助於其他問題的解決，或進一步思考是否有另一解題路徑。透過此一步驟，學習者可以鞏固他們的知識和發展他們解題的能力。

這四步驟並非階段分明的。若發現計畫無法執行或檢驗發現錯誤，需檢討是否了解題意的每項提示，再重擬計畫、執行計畫。此乃強調學習者學習

解決問題時，要集中注意於歷程，而不是成果。Blum & Niss [1991, 引自楊錦堂，民 85] 指出問題解決之歷程是培養綜合能力之合適方法，可使學生獨立觀察判斷，進而 (1) 瞭解並評估數學實用範例、(2) 聯結數學與其他學科、(3) 體認數學屬於社會與文化活動之一部份、(4) 提昇本身的數學觀念及方法。即重視整合與應用的數學解題，才能讓學習者自行運用數學原理於日常生活中。除此之外，Polya 認為：學生應被要求去解決問題，和去觀察別人解決問題，透過仿效教師與其他學習者之策略，或思考彼此間想法之差異，增進自己對概念的認識及解題技能。

數學的問題解決牽涉到四個主要的成份 [Mayer, 1987]：問題轉譯、問題整合、解題計劃及監控、解題執行。問題轉譯是將問題的每一個陳述句轉化為某種內在表徵 (internal representation)，如重述問題的已知條件、目標或用圖示與圖畫表示問題。這一步驟學習者需要擁有了解句子意義的「語言知識」及知道問題中所需要的某些特定知識，即「事實知識」(如正方形的四邊等長)。問題整合是將問題中的訊息放在一起使形成連貫一致的表徵，此整合過程，學習者需具有能夠認識問題類型的知識，即「基模知識」(如比率問題、面積問題等)，同時能區分與解答有關、無關的資料。當學習者表徵問題時，要能進行問題轉譯和問題整合，即 Polya 解題方法的第一步驟「了解問題」。

想出及監控解題計劃這個歷程，需要用到「策略知識」(如將問題分成較小的次目標、逆向工作等)，同時需要能監控自己正在做的事情，確認自己所採用的步驟是有意義的。接下來就是解題執行，需要「程序性知識」來進行正確的及自動化的執行算術及代數程序。上述過程就是 Polya 解題方法的第二及第三步驟「想出計畫」與「執行計畫」。此外，Mayer 還強調須讓學習者知道解題可能會有一種以上的正確方法，也必須讓學習者了解數學不是只在學習得到正確答案而已，更要重視問題解決及推理的歷程。此與 Polya 解題方法中第四步驟「回頭檢驗」的目的相同。

我們所設計的軟體，本質上的想法就是希望讓學習者在電腦上「做數

學」，讓學習者運用自己習得的知識，使用所提供的工具進行解題作業，將他的解題想法、步驟一一地呈現在電腦畫面上並且能夠記錄他的解題過程。

2.3 電腦科技、物件導向與教育

依認知學派的理論，學習是學習者將新的資訊與先備知識加以組織、建構其間之關聯性，產生有意義的連結的過程。並鼓勵學習者在學習環境中主動探索現象、操弄事物，從中發現、建構自己的知識，進而以此結果解決所遭遇的問題。這些教育的新趨勢在科技發達的今日，克服了過去傳統式教學環境中所無法滿足的學習需求，利用科學技術所提供的創新設計技巧來整合到教學環境中，將可呈現與以往不同的風貌與效果。

電腦科技不斷創新、進步，硬體快速更迭、軟體人性化的設計，再加上電腦網路與多媒體技術的成熟，呈現出多樣迷人的風貌，不僅改變了人們以往的生活，也縮短了時空距離。由於電腦擁有龐大的記憶容量、快速處理資料的能力以及具有雙向溝通的特色，帶動了教育的變革。美國數學教師協會〔NCTM, 1998〕在「學校數學的原則與標準」中，將電腦科技列入其六項原則之一，強調善用科技安排在課程中來幫助學生瞭解及使用數學。國內教育改革的重點之一即是「資訊融入各科教學」，以培養學生運用科技的能力、主動探索與研究的精神，並讓學生獨立思考與解決問題，使電腦科技成為良好的學習工具〔教育部，民 90〕。而教學理論的創新，社會多元的發展，促使教師的教學方式需做多元化的變革。再者，情境認知、建構主義等認知學習理論者，咸認為電腦科技融入教學對學生的學習與解題能力培養是有幫助的〔張國恩，民 88；徐新逸，民 85〕，所以電腦科技結合教學已是時勢所驅。

電腦科技之所以能漸漸取代傳統的教學媒體，成為新一代教學媒體的主流，乃因其具有其他教學媒體所沒有的互動特性。但人機互動並不如人與人的互動來的直接了當，必須根據需求，經過適當的設計與安排，才能達成。

適當、直觀的使用者介面可減輕學習者短期記憶的負擔，提供更有效率的操作方式，過於複雜與不具親和力設計的介面設計，反而讓學習者浪費時間於介面的操作，增加學習者認知的困難〔Steinberg, 1993〕。所以，操作介面的直覺性很重要，盡可能地讓介面物件可以直接被使用者操作。能在電腦上直接操縱具體的物體，學習者更能夠把一些一般性的原理原則與更熟悉的事物相關連在一起〔Mayer, 1987〕。

為了達成讓人類直接操弄的目地，在電腦軟體工程界引發了變革。1970年代有人提出利用電腦的儲存及計算功能來創造可攜式的電子書，具有讓使用者從事寫作、創作並能與使用者互動等功能，用來取代傳統教科書上死板的文字¹。進一步地，在設想如何使用這本書的過程中，導致過去「人類配合電腦」想法的轉變，以人的需求為導向，透過人類的思考模式，讓「電腦配合人類」。而要在螢幕上顯示具體的事物，圖形就扮演著連結抽象知識與真實物體的角色；要在電腦上操作這些實物（圖形），誘導了輸入裝置的研發，致使滑鼠應運而生；為了人們能直觀地使用軟體，使操作難度降低，採取將真實生活中的物件，對映到電腦裡面的方式，用螢幕上的圖形做比喻（如桌面、視窗、按鈕等），產生了圖形操作介面（Graphics User Interface, GUI）。GUI是一種對電腦的新認知，及新的機器操作方式，並解除了人類與電腦之間的隔閡〔賀元，賴明宗，劉燈，民84〕。

使用軟體的方式與目標的改變，也改變了軟體的製作方法。使用者與軟體間的互動、交談要達到便利與彈性，用以往結構化的方法：資料和操作程序分開，會造成製作上的困難。因此推動了軟體發展的新概念——物件導向，視真實世界為一件件物件的組合，將資料與對應的操作程序封裝成物件，物件之間以訊息互相溝通，讓電腦模擬真實世界的物件，使電腦與真實世界有更良好的對應〔Campione & Walrth, 1998〕。在程式中設計的每個物件，定義

¹ 提出此想法者為出生於矽谷 Palo Alto 社區的 Alan Kay。於第 4.1.4 節有對他的粗略介紹。

這些物件的基本屬性、狀態以及相互間互動的行為程序，而使用者本身也是一個物件，和所有螢幕上物件都有直接的互動，螢幕上的圖形物件再和系統內的物件有適當的互動，改變系統內物件或圖形物件的狀態是使用者任何一個操作的目的。另外這些互動的過程都是藉由所謂的訊息傳遞來達成的，如螢幕上的圖形物件會帶給使用者一些文字的訊息，使用者也會用鍵盤或是滑鼠等輸入裝置給系統物件或圖形物件一些操作的訊息〔丁培毅，民 88〕。讓模擬的物件依照真實世界中的關係一樣運作，可以如同在日常生活上，使用相同的邏輯思維模式進行思考。

在一個科技融入教學的環境中，教師與電腦科技的關係應是相輔相成。科技提供工具，支援學習者進行探索、實驗，也提供互動及反思的情境，幫助學習者建構知識。教師不再只是單向傳授知識，而是促進學習者學習的催化劑 (facilitator)，扮演著輔助、諮商的角色〔Watson, 1972〕。教師的任務應是引導學習者如何去擷取 (access) 及應用 (apply) 知識，如何思考、判斷與解決問題〔Barger, 1983, 引自王立行，民 84〕。

近年來，由於科技融入教學潮流的趨使下，在校園內硬體設備已逐步在充實中，但教學軟體的研發設計與應用，仍不普遍。本文提出我們對教學軟體設計的想法，運用物件導向的觀念，結合時下的電腦技術，配合中學教材的內容，實作出我們理想中的軟體系統的雛型，以提供讀者一些設計上以及製作技術上的經驗。

第三章 系統設計的原則與方法

欲達成上述的主要目標，整個系統的設計考量，除了電腦技術的抉擇、畫面的安排、回饋訊息的呈現等細節外，還須顧及數學知識的脈絡，以下分兩方面略述此系統設計的原則與方法：

3.1 數學概念方面

這套軟體系統以國中數學為標的，將國中數學教材中行之多年的基本概念題型，設法設計成適合本系統執行，或設計適合本系統理念的新題型。我們參考已有的數學概念分類研究成果，在概念脈絡中，決定何處應當作必備的預備概念或知識，以利後續的設計。一般而言，解題的方法眾多，而我們的系統，在理想上應該完全不能設限（但可以拒絕學習者選取實在太不相關的概念），且必須預先考慮所有可能的方法，讓學習者可以嘗試用不同的方式來解決問題。藉此訓練學習者多樣的思維方法，提高分析問題、解決問題的能力。

關於概念模板的設計，我們相信，國中數學老師本來就有一套在黑板上演示的概念模板。我們盡量比照這些模板，將它們從黑板移植到電腦軟體。這樣作還有一個必然的好處，就是如果學習者在課後使用本系統輔助學習，則他們看到的概念模板，就和課堂上老師在黑板上寫的一樣，所以更熟悉。

3.2 電腦技術方面

WWW 瀏覽器操作簡易及功能強大的特性，是促使 WWW 快速成長的原因

之一，使得上網已是每位電腦使用者的基本能力。所以學習者經由瀏覽器的操作經驗，對 Web-Title (WWW 環境課程軟體的泛稱) 的操作應是簡單、容易上手的。本著美國教育學者 Dewey 所提的「做中學」概念，再提供適當的互動架構及簡單的介面，讓學習者能夠參與學習環境的操作，以獲得具體的概念，達到學習的目標。於是我們採用主從架構² (Client-Server)，利用網路傳輸的功能，Client 端可將 Web-Title 的內容 (HTML、CSS、JavaScript、Java Applet 等) 下載於 Client 端執行，如此可減輕 Server 端的負擔，提昇網路的效能。透過 CGI 將 Client 端的回傳資料 (學習者執行過的步驟、日期、時間等) 儲存於 Server 端，教師可將這些資料分析處理，做有效的利用，不像以往每次都必須仔細閱讀幾十份的紙筆測驗卷，減輕教師的負擔。

然而 HTML 是一種動態的文件排版格式，不管畫面解析度的設定、瀏覽器使用多大的字體及瀏覽器的視窗有多大，文字、圖片都可以重新在視窗內編排位置，因此設計網頁、進行架構在瀏覽器上設計的軟體，都不能夠預設某一段文字或圖片應該出現在畫面的某個地方。為了避免上述的困擾，設計此軟體時，我們採用全螢幕的方式呈現，物件擺放位置以畫面解析度大小比例計算，使不同解析度的螢幕能顯現同樣的內容，不致發生移位的情形。

² 網路相關名詞解釋可參考：

<http://www.math.ncu.edu.tw/lab/bcc16/B/html/lesson3.html>

此為單維彰教授的計算機概論講義中的一份教材。這一套計概教材不同於坊間的計概書籍，是本內容紮實且實用的電子書。

第四章 系統設計的概念與實作

這個系統的目的，就是要提供數學教師與學生，一套融合圖形操作介面、物件導向設計、網路通訊功能的軟體系統，使它成為學習數學概念的輔助工具。以下，分成三節來介紹這套軟體系統的設計。在第一節中，敘述設計此軟體的主要概念，我們首先列舉一些相關的背景知識，再配合若干實驗題目的範例，來描述我們的原型軟體之設計。在第二節中，介紹基本概念題的範例，針對只需觀察學習者對於某些單一概念的了解，進行診斷測驗。第三節介紹記錄查詢介面，將學習者操作的步驟，以表格的方式列出，供教師查詢。

4.1 文字應用題

當使用者以瀏覽器³連結進入本系統的登錄畫面後，輸入學號即進入主畫面(圖 4-1)，畫面分為三個區域，左上方顯示使用者的學號及單元與問題的選單，左下方為工具選單、離開按鈕及顯示現在時間，右方為作答區，最初呈現系統的簡略使用說明，此區為使用者解題過程的顯示區域，我們設計時盡量使這個區域有較大的活動空間。一開始進入系統時，只有單元選單可供選擇，當使用者選擇了某單元之後，作答區即會載入此單元的第一個問題，且工具選單在此時即可作用 (enabled)，提供目前系統內已建構好的概念模組工具供使用者選用。此節中的實驗題目範例以國中一年級的「比與比例式」單元為標的。

³ 請以微軟 IE 為瀏覽器，而且版本需是 5.0 以上。目前 Netscape 第 6 版可能已經可以支援程式中用到的某些 Java Script，但我們還沒做完整的測試。



圖 4-1 系統主畫面

4.1.1 數學概念與數量思維的物件化

數學概念對數學能力的發展具有決定性的影響，概念的理解在問題解決與學習情境中都扮演了相當重要的角色。概念的建構，是基於學習者原有的知識、概念，與接收到的訊息統整運作達到個體認知結構的適應平衡。在此整合過程中，學習者所建立的概念有無偏差？認知結果能否取得大眾的共識？這些是數學教育工作者所重視、而且想要探討的課題之一。

P. Thompson〔1993〕強調數量 (quantity) 與數值 (numerical value) 之不同，提倡數學教育應該盡量引導學習者進行數量思維 (quantitative reasoning)，而不是數值思維。讓學習者以數量以及數量與數量之間的關係 (quantitative relationships) 等觀點來找出情境中的意義，這樣才能夠比較有效地直指數學概念的學習，而不是數字的操弄。但是 Thompson 也知道，實

際情況下，無論課堂講解，或是練習材料，都難以及在語言或符號上明確地、或說強制性地，分割數量與數值。尤其是對於尚未充分掌握代數形式之抽象思維方法的初級學生，要在教學時分割數量與數值，雖然不是不能辦到，卻總是較為煩瑣，而且有賴於較高的教學技巧。

我們的目的，就是要設計一套軟體系統，使得教師和學生，都可以在一個很自然的環境中，區分數量與數值，而且很自然地被引導以數量來思考。Thompson 所謂的數量，在我們的軟體系統中，就是物件 (object)，而物件都是以圖標 (icon) 來呈現。學生藉由滑鼠拖移這些圖標，來安排物件與物件之間的關係，這也就是數量思維了。這種思維模式，強調數量與數量之間的關係；而這種關係，就是數學概念的本質。因此我們相信，因操作數量物件而進行的數量思維，有助於數學概念的成形。

【例】在圖 4-2 的問題 2 中，有幾個關鍵數量，它們都被包裝成物件，並且以圖標顯示。在游標呈現手指狀處的圖標，即指示此圖標為可拖移的物件；當游標暫停於圖標上時，若此圖標有提示，即會浮現出此圖標的提示符號。在此例中的數量包括：創創打擊數、創創安打數、守守打擊數、守守安打數。學生被引導去處理這些數量，而不是它們的數值。

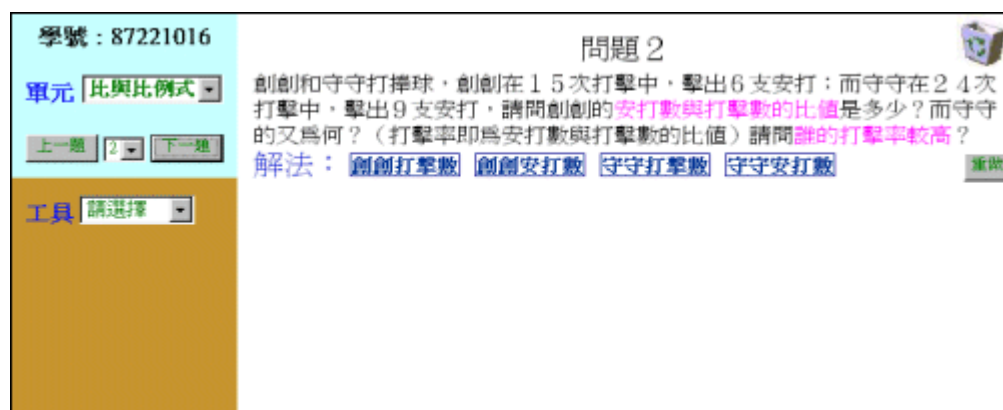


圖 4-2 數量物件

4.1.2 問題解決歷程、概念組合與計算程序

Polya 所提問題解決的四個步驟：了解問題、想出計畫、執行計畫、回頭檢驗，其重視學習者思考的過程與解題的歷程。數學解題可視為解題者想要到達某一目標，而通往目標的路徑受到阻礙，於是產生了問題，在尋求答案的過程中，數學扮演著推理驗證之工具，有效的運用數學概念、原理與方法，將幫助解題者完成工作。

【例】本系統並不能直接探究學生是否「了解問題」，也不能直接看到他們「想出計畫」的過程。但是因為學生在本系統中「執行計畫」的方式，乃是以概念模組和數量物件來操作，所以比較容易從其解題歷程中觀察他們是否了解問題，還有他們的計畫是什麼。

在本系統的畫面左邊，有一個數學概念箱（如圖 4-3）。在原型系統中，目前有四大類的概念：比例、比較大小、周長、四則運算。每一類當中又有若干概念選項，例如〔比例〕欄內，有比、比值、比例式、連比、連比例式（如圖 4-4）。學生必須從概念箱之中挑選適合題意的概念出來解題。對於某些問題，可能會有超過一組的合適概念可以用來解題。我們的系統會盡量給予學生這種自由度。例如在本題中要比較打擊率大小的時候，學生可以選擇通分，也可以選擇化成小數。以後的例題，還有更複雜的多樣概念組合之可能性，就不在此贅述了。

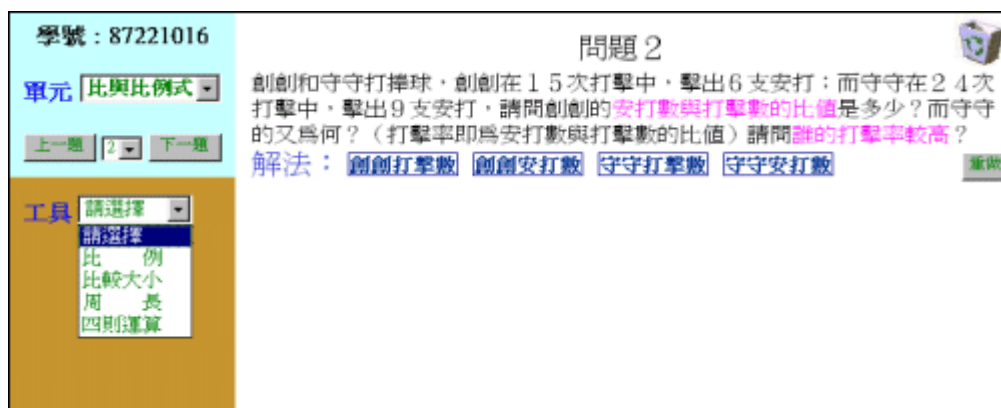


圖 4-3 數學概念箱

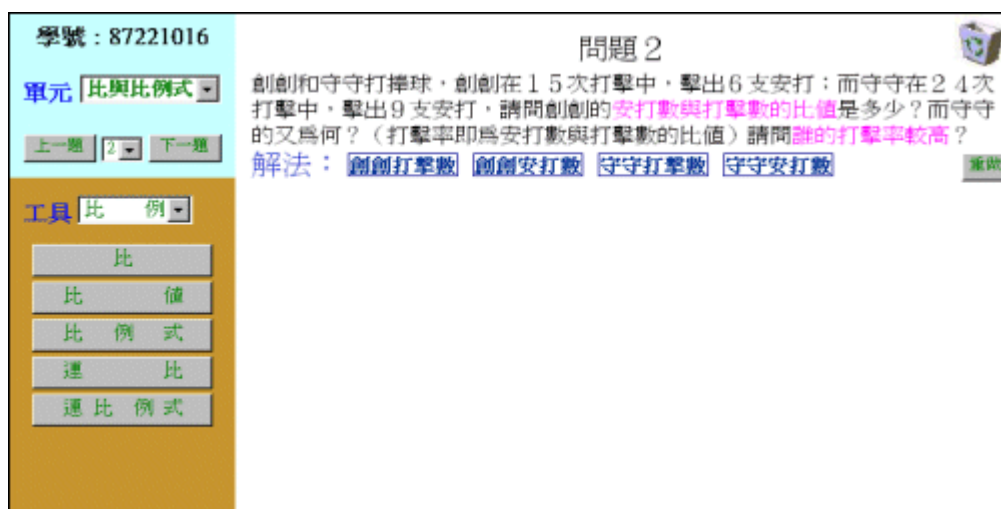


圖 4-4 比例欄內的概念選項

每選擇一個概念，就會呈現這個概念的模板。在上述例題中，學生應該會選擇「比值」概念。那麼，在模板上就看到兩個空格要填（如圖 4-5）。系統不接受學生直接填入任何數據，而是必須拖移數量物件進入空格。由此，可以觀察學生是否瞭解概念與數量之間的關係。

至於「回頭檢驗」則很自然，因為解題中的每個步驟都保留在螢幕上，而且還增加了計算步驟，可以讓學生審視。在解題過程中，

學生可以取消概念模板，也可以將放置錯誤的物件拖移到垃圾桶，表示丟棄。而「仿效其他學生的策略」也是很重要的一環。由於我們記錄了每個學生的解題歷程，將來可以重播整個歷程。

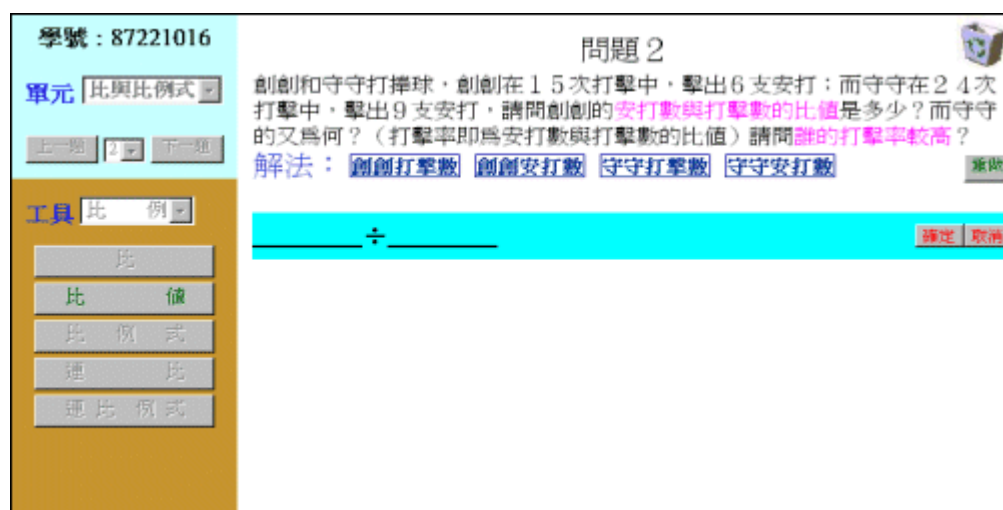


圖 4-5 比值概念的模板

從以往的數學教學及數學成就測驗的內容，可發現其十分重視程序性知識：即要求學習者反覆練習運算程序。但程序性知識只是整個解題的一個成份步驟，未必成為數學思維的核心活動。況且如今資訊工具普及，小型計算機、電腦處處可見、人人可及，可將繁瑣的計算步驟交由資訊工具處理，所以應該強調數學不是只在學習得到正確答案而已，而應重視解題歷程、概念的發展、深層的理解〔Thompson, Philipp, Thompson 1994〕。

這個系統，就是本質性地利用了電腦的數值計算能力。我們**讓電腦作它該作的事：計算，讓人作人該作的事：組合概念**。學生只要專注在概念的選擇和組合，以及物件的正確關係；他們可以暫時避免數值計算程序的干擾，也可以免於計算錯誤的憂慮。

在此必須強調，我們**並非不重視運算程序**，而是在此系統中暫時免除學習者的計算負擔，使其能夠完全專注於概念的學習。運算的程序性知識與

技能，仍需動手實際演練，才能達到得心應手的程度。但這方面的學習，並非本系統之所長，應藉由其他學習工具或學習方法來輔助。

【例】在問題 2 中，學生利用〔比值〕概念模板，正確地拖移數量物件之後，就能產生新的數量物件：創創的打擊率、守守的打擊率(如圖 4-6)。然後就要比較大小。系統提供兩種模板：通分、化成小數。兩者皆可，任由學生選擇。而選擇之後，只要將剛才產生的兩個數量物件拖進去，電腦就執行計算了。看到答案之後，學生就要回答誰比較大的問題，而這應該是最基本的數的概念了(如圖 4-7)。

學號：87221016

問題 2

創創和守守打棒球，創創在 15 次打擊中，擊出 6 支安打；而守守在 24 次打擊中，擊出 9 支安打，請問創創的安打數與打擊數的比值是多少？而守守的又為何？（打擊率即為安打數與打擊數的比值）請問誰的打擊率較高？

解法：創創打擊數 創創安打數 守守打擊數 守守安打數

守守安打數 ÷ 守守打擊數 = $\frac{9}{24} = \frac{3}{8}$ = 守守打擊率

創創安打數 ÷ 創創打擊數 = $\frac{6}{15} = \frac{2}{5}$ = 創創打擊率

圖 4-6 產生新的數量物件(打擊率)

學號：87221016

問題 2

創創和守守打棒球，創創在 15 次打擊中，擊出 6 支安打；而守守在 24 次打擊中，擊出 9 支安打，請問創創的安打數與打擊數的比值是多少？而守守的又為何？（打擊率即為安打數與打擊數的比值）請問誰的打擊率較高？

解法：創創打擊數 創創安打數 守守打擊數 守守安打數

守守安打數 ÷ 守守打擊數 = $\frac{9}{24} = \frac{3}{8}$ = 守守打擊率

創創安打數 ÷ 創創打擊數 = $\frac{6}{15} = \frac{2}{5}$ = 創創打擊率

通分 ⇒ ① 守守打擊率 = $\frac{15}{40}$ ② 創創打擊率 = $\frac{16}{40}$

所以 創創打擊率 > 守守打擊率

圖 4-7 利用通分模板比較兩分數的大小

4.1.3 電子資訊媒體應容許更高的互動自由

電腦科技之所以成為眾所青睞的教學媒體，乃因其不但具有其他媒體展示的功能，還能配合軟體的人機互動介面設計 (human-computer interaction interface design)，以表現出電腦獨特的交談式或互動式功能。所謂「互動」是指因使用者不同的動作而產生不同的反應，具有接受使用者指揮的反應能力，可以根據使用者的要求執行不同的工作。如此，可以滿足人非常基本的操弄需求，顯示出使用者為電腦主人之感覺。這與認知派的學者強調學習控制 (learner control) 相吻合。現在，除了計算能力和互動功能之外，我們想要開發電腦的另一項輔助學習的功能：概念之組合。相對於計算的程序性：必須按照一定的順序與步驟，概念是組合性的：可以根據計畫來實施各分項，再將各分項兜在一起。

早期的教育軟體是以程序性 (procedural) 概念的程式語言所撰寫，以呈現資訊給學習者，引導學習者照既定的程序做出反應，整個流程在事先已做了安排。物件導向概念的引入，使程式設計技術完全改觀，將之應用於教學軟體的設計，可發現與認知心理學的學習理論相符合——在學習者與學習環境的互動上，只有在學習者動作產生時，環境才有對應的反應發生，可讓學習者觀察他所採取的行動後，學習環境的回應，並了解彼此之間的關係。Winn [1999] 亦說明了這個觀點：經過設計的物件，具有動作的方式，在開放的系統中，在任何時候，會根據使用者的意願採取行動後，做出適當的回應。如以滑鼠點按(click)、拖放(drag and drop)某物件時，會有特定的行為產生且事件發生的順序並非事先就規劃好的。若能提供學習者適當的控制權去操控，將能增強學習效益。

【例】在例題中，當然要先有創創和守守的打擊率，才能比大小。但是，兩人的打擊率，哪個先算，哪個後算，卻無差別；在比較大小時，可選擇通分或化成小數的模板等，凡是有這些情況發生的時候，本系統都容許學習者作選擇的自由度。將來，我們希望更提高這種自由度。

而自由度的提高，會使得學習者的答案有多樣的組合，除了正確與不正確外，尚有合理但對該題實無幫助的式子產生。此時，回饋訊息的設計就必須注意到，不應讓學習者誤解、不誤導學習者產生偏差觀念。例如在問題 3 中（圖 4-8），若學習者選用了「比例式」這個概念模板，在四個空格中，他可以填入任何在該題中所提供的物件，如果在蘋果個數已求出的情況下，填入「蘋果個數：水果總數 = 蘋果個數：水果總數」，按確定鈕判別答案時，回饋訊息應告知學習者，這是一個恆等式，在式子中無可求的未知數。諸如此類，自由度的提高，在軟體設計時，必須要有較周延的考量。

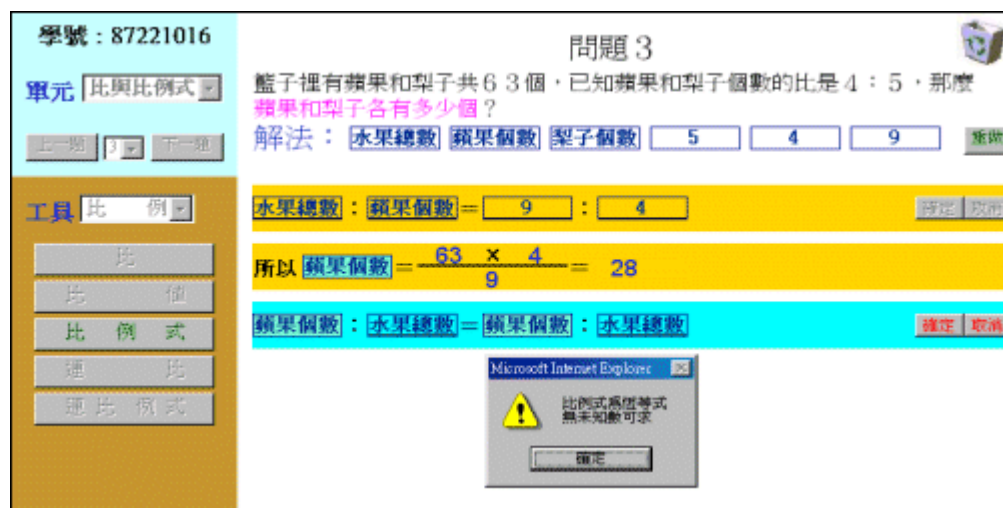


圖 4-8 因應多樣答案的回饋訊息

4.1.4 圖形操作介面與物件導向設計，原本是為了教育

自從 1984 年 Apple 公司推出 Macintosh 個人電腦，並且獲致市場的成功以來，配合滑鼠操作的圖形人機介面受到廣泛的接受。如今，除了少數系統軟體仍沿用文字操作介面之外，電腦軟體皆已進入圖形操作介面的時代。廣大的電腦軟體使用者，在直觀的圖形介面下，透過指掌之間的滑鼠，避免難以記憶的文字指令，容易地操控電腦，加速了電腦使用的普及。

事實上，GUI 的創造，乃至於滑鼠的發明，全部源自於 1970 年代初期在 Xerox PARC 實驗室中，由 Alan Kay 所領導的研究團體。而 Kay 之所以要創造這些工具，在他的心裡有一個更崇高的理想：教育。Kay 在 1967 年首度接觸到當時在實驗當中的「個人電腦」。雖然當時那台 FLEX 有一百多公斤重，需要一輛小貨卡來載運，但是 Kay 根據 Moore 定律估計，在 1990 年初期就應該會出現筆記型電腦。充滿理想的 Kay，首先想到的是，這樣的小型資訊工具，最適合學童用來當作學習的伴侶。但是當時的電腦操作介面，就連一般的工程師都需要認真學習才能掌握，更何況兒童呢？為此，Kay 研讀 Piaget 的認知心理學理論，並且親自到日內瓦拜訪了這位大師 [Shasha and Lazere, 1995]。在創造了 GUI 的操作雛形之後，Kay 著手開發適合兒童自己動手設計的程式語言。他們創造了一種新的程式語言，叫做 Smalltalk，同時他為此新語言的設計理念命名，就是 **Object-Oriented：物件導向**。所以，早在 1970 年代初期，Kay 創造出物件導向和圖形操作介面的整個背景目的，就是**為了教育**。這個崇高而理想的目的，竟然在三十年的時光裡，被商業的價值所淹沒。Kay 領導設計的商品，從來未曾在市場上成功過。他在 1980 年被迫離開 Xerox 公司加入 Atari，後來 Atari 也倒閉了，他又去 Apple，現在則在華德狄斯奈公司擔任電腦動畫卡通影片事業的顧問。

數學的思維本來就是物件導向的。如今，一般的計算機科學家都同意，

程序導向的程式語言，比較靠近電腦的「思考」模式；而物件導向的程式語言，比較靠近人類的思考模式。而它之所以靠近人類的思考模式，正是因為它更貼切地反應了人們的數學與邏輯思維。因此我們認為，要提高電腦輔助教材的人性，必須按照物件導向的概念來設計。

【例】在原型系統中，已經可以看到整個圖形操作介面的設計。而經過前面的解釋，也已經可以看到我們在物件導向設計上所花的心思和作法。

4.2 基本概念題

在這一節中，我們針對基本概念的診斷，設計了幾題的範例。於題目中直接提供輔助工具，學習者可以不透過輔助工具直接作答，回答這類型的題目只需從設計好的介面中，經判斷後選擇適當的答即可。在原型系統中，我們以「因數與倍數」單元做為這類題型的實驗範本。

【例】在圖 4-9 的問題 1 中，欲判別兩給定數的因、倍數關係，題目上即有一個可計算商數與餘數的除法工具，此工具可將學習者選擇過的運算式記錄於其下方的方框內，除了讓自己知道已計算過的數字外，亦可供教師檢視。當然，學習者可以不用透過此工具，若學習者可以心算判別是否整除，即可直接作答。提供工具的另一目的，乃提醒學習者欲判別兩整數的因、倍數關係，須知兩者是否有整除的關係。圖 4-10 為此題的結果。

學號：87221016

問題1

單元 因數與倍數

說明 2 3 與 3 2 2 的因數、倍數關係。

解法： 23 322

上一題 1 下一題

工具 請選擇

1 ÷ 1 = 餘

所以 是 的 因數

確定

圖 4-9 題目直接提供計算商數及餘數的工具

學號：87221016

問題1

單元 因數與倍數

說明 2 3 與 3 2 2 的因數、倍數關係。

解法： 23 322

上一題 1 下一題

工具 請選擇

322 ÷ 23 = 14 餘 0

$322 \div 23 = 14 \cdots 0$ $322 \div 322 = 1 \cdots 0$ $23 \div 322 = 0 \cdots 23$ $23 \div 1 = 23 \cdots 0$

所以 23 是 322 的 因數

確定

圖 4-10 判斷因、倍數關係的結果

同樣地，尋求整數的正因數（圖 4-11）與質數判別（圖 4-12），我們亦提供計算商數與餘數的工具，幫助學習者從事判斷的工作。

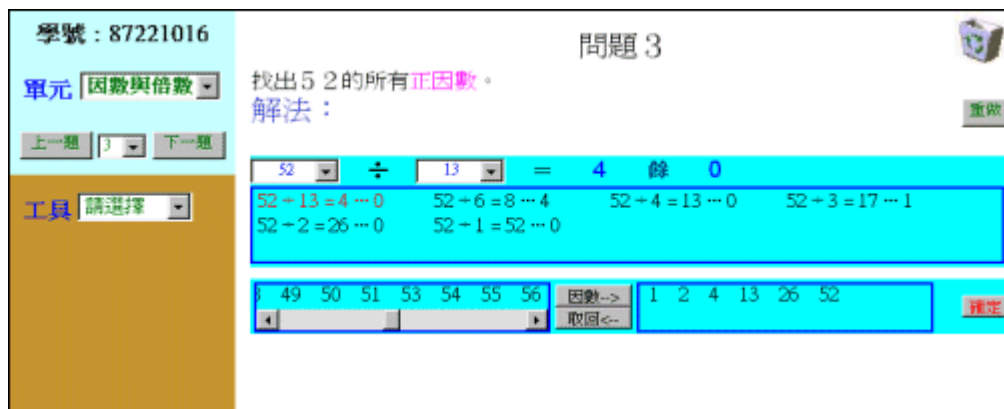


圖 4-11 找尋整數的正因數



圖 4-12 判別質數

還有一種題型，題目中並不提供輔助工具，學習者只需透過設計好的介面，從題目所提供的資訊，依自己的判斷來挑選出答案。如圖 4-13 與圖 4-14 所示。

在以上所描述的範例中，學習者的判斷選擇過程，同樣會記錄於伺服器內，提供教師用來診斷的資訊。



圖 4-13 找尋兩整數的公因數

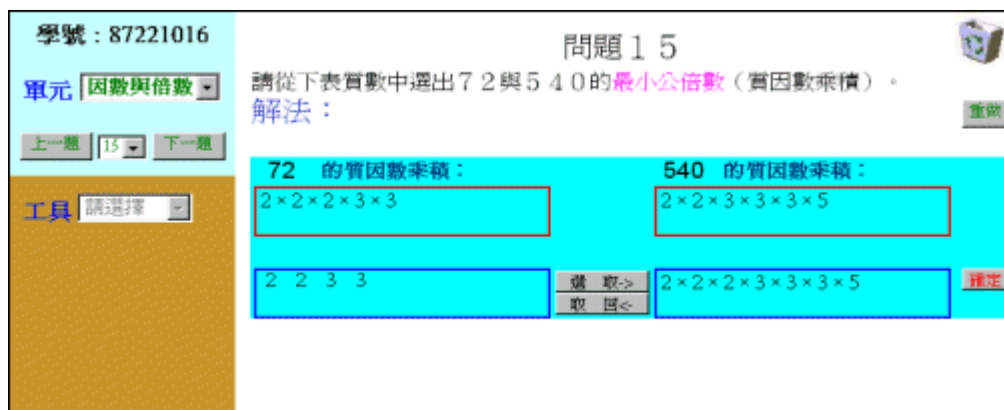


圖 4-14 找尋兩整數的最小公倍數

4.3 記錄查詢介面

除了以上對此系統的描述介紹外，學習者操作此軟體時，於概念模版上選按〔確定〕鈕後，不論答案正確與否，軟體皆會馬上提供回饋訊息。若回答錯誤，學習者可根據回饋的訊息，思考錯誤的原因，進而修正答案。這些操作動作的資訊皆會由 Client 端傳回 Server 端，並儲存成電子檔案。這記錄過

程與認知心理學方法中，對於解決數學問題時所常用的「展示你的工作」(showing your work) 之練習相當。但紙筆操作的記錄過程常因學習者的塗抹，散失了许多重要的訊息。相對地，電腦對學習者的操作記錄比較完整。我們亦實作了一個簡單的瀏覽介面，用來觀看此記錄檔案 (如圖 4-15)。

日期	時間	學號	單元	題目	工具	訊息
2001/03/12	22:48:38	1234567	無	無	無	進入系統
2001/03/12	22:50:49	1234567	比與比例式	比例1	周長(三角形)	重做
2001/03/12	22:51:50	1234567	比與比例式	比例1	比例(比)	前後項倒置(15:6)
2001/03/12	22:52:01	1234567	比與比例式	比例1	比例(比)	正確(6:15)
2001/03/12	22:52:06	1234567	比與比例式	比例1	比例(比)	選取不適合工具
2001/03/12	22:52:25	1234567	比與比例式	比例1	比例(比)	正確(9:24)
2001/03/12	22:52:27	1234567	比與比例式	比例1	比例(比)	比例1完成
2001/03/12	22:53:21	1234567	比與比例式	比例3	比例(比)	選取不適合工具
2001/03/12	22:54:10	1234567	比與比例式	比例3	比例(比)	選取不適合工具
2001/03/13	22:54:07	123	無	無	無	進入系統
2001/03/13	22:56:40	123	比與比例式	比例1	比例(比)	正確(6:15)
2001/03/13	22:57:07	123	比與比例式	比例1	比例(比)	比例1完成

圖 4-15 記錄查詢畫面

此網頁中呈現了七項欄位的表格 (藍色字體): 日期、時間、學號、單元、題目、工具、訊息。可在日期或時間的字體上以滑鼠點按，表格即會依日期或時間由小至大排序。表格上方有四項提供篩選、過濾功能的項目: 日期、學號、單元、題目。在想要篩選的項目方框中勾選或在該字體上點按，下拉式選單即可作用，可從中選擇所要察看的特定選項。篩選項目可多重選擇，例如: 勾選了學號與題目兩個項目，即代表選擇了某位學習者與某道題目，在表格上將呈現此一學習者在解決所選問題的所有操作資訊 (如圖 4-16)。

記錄查詢 - Microsoft Internet Explorer

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 我的最愛(A) 工具(T) 說明(H)

地址(D) <http://www.math.ncu.edu.tw/~cheng/MyProject/record.htm>

日期: 全部 學號: 11111 單元: 全部 題目: 比例2

日期	時間	學號	單元	題目	工具	訊息
2001/03/21	18:42:21	11111	比與比例式	比例2	比例(比值)	前後項相同(15:15)
2001/03/21	18:42:29	11111	比與比例式	比例2	比例(比值)	前後項倒置(15:6)
2001/03/21	18:42:35	11111	比與比例式	比例2	比例(比值)	創創比值正確
2001/03/21	18:42:44	11111	比與比例式	比例2	比例(比值)	守守比值正確
2001/03/21	18:43:11	11111	比與比例式	比例2	比較大小(化成小數)	錯誤(0.375>0.4)
2001/03/21	18:43:19	11111	比與比例式	比例2	比較大小(化成小數)	比例二完成
2001/03/21	18:43:22	11111	比與比例式	比例2	比較大小(化成小數)	離開系統

圖 4-16 依學號及題目篩選後的結果

表格開始所顯示的是記錄檔案的所有資訊，經由上述的排序、篩選及過濾後，教師可針對某位學習者的解題歷程做分析判斷，瞭解其發生困難之處，診斷其錯誤的概念、想法，進而實行補救措施；或可針對某問題的記錄，瞭解學習者在遭遇此類問題時，運用數學概念的情形，從中分析統整，若發現大部分學習者對某些概念的運用有混淆不清的情況，此時教師即可改變教學策略或提供另一學習環境，協助學習者建構清楚、正確的概念。此外，這些記錄將來可用於製作學習者行為模式的統計資料，也可用於重播學習者的解題歷程，讓其他學習者觀摩。瞭解同儕的解法與自己的異同，或能指出他人錯誤之處，這也是一種學習方式。

第五章 結論與未來工作

5.1 結論

運用電腦科技的優點來協助數學概念的學習與問題解決能力的培養，是此研究的主要理念。讓電腦處理它的專長項目：計算，讓人們處理他們該作的事：組合概念來解決問題。我們期望這套軟體系統可以在課堂上幫助教師對學習者的先備知識做評估且能以數量思維的方式講解，進而比較有效地引導學習者建構其概念；也可以幫助學習者專注在數量與數量之間的關係、專注在概念與概念之間的銜接，而暫時不受數值計算程序的干擾，減少挫折感，增強其信心。經過統計的學習者解題歷程，可作為學習者行為模式的分類、診斷研究的輔助資料。解題歷程的重播，有助教師觀察及學習者間的觀摩和仿效。

綜合以上的介紹，這套軟體系統具備以下幾項特點：

- (1) 架構在網際網路之上的網路程式。透過瀏覽器即可執行。
- (2) 應用物件導向的觀念與技術，將解題過程中的程序性計算步驟全部隱藏在物件之後。
- (3) 採用一般人已經習慣的圖形操作介面，全部都以滑鼠、選單和圖標來操作。學習者閱讀文字題之後，要從工具箱內，以選單的方式挑選適合的數學概念。每個數學概念提供一個模板。學習者將題目內的代表數量的關鍵詞，以物件的方式拖移到模板的適當位置上。解題的歷程，就是挑選恰當的模板、並將關鍵量拖入恰當位置的過程。
- (4) 學習者的所有動作，都依序被傳送回伺服器，當作原始資料保存。這些

資料在後續有許多分析與應用的可能，例如用以劃分學習者行為模組，或作為診斷迷思概念之輔助資料，或經整理作為其他學習者觀摩與倣仿之用。

此軟體系統使用的時機，除了搭配在課堂上實施形成性評量來對於個別數學概念的學習診斷之外，在單元教學後的總結性評量中亦可使用；或於新單元教學前，做為先備知識的評估。除此之外，教學展示、學習者自我練習均可利用。

5.2 未來工作

在未來工作上，如何評斷這套系統對於學習有效？我們打算用以下方法進行研究。挑選適齡的學習者，先進行系統中文字題的紙筆測驗，亦即學習者必須自己從事所有的計算步驟。然後給予電腦，讓他們利用本系統解題。以此對照結果，評斷「暫時避免計算的干擾」設計理念，是否有助於解題的成功？或是差別不顯著？此後，再以類似但不相同的文字題，測試於實驗組以及另一組對照組（做過系統中文字題的紙筆測驗，但是沒有經驗過本系統的學習者），看看經過物件導向概念學習的學習者，是否真的因為概念比較清楚，而有比較好的表現？

然而，實際經驗也很重要。我們相信一個有經驗的教師，以其本身的長期接觸學生與教材的個人經驗，就能給我們寶貴的意見。我們希望能邀請較為資深的國中數學教師，嘗試將此系統帶入教室，並且訪談其看法。而物件導向的概念學習系統，還是一個新的實驗。未來是否能夠有更為創新的做法，尚未可知。我們也期望這套實驗系統，可以先作一些嘗試，提供其他研究者一些設計上以及技術上的經驗。

在診斷功能方面，保守的做法，最起碼可以對學習者解題歷程的原始資

料，作統計分析以及模組分類。而且我們相信，這些分析出來的資料，在將來應該有助於診斷研究，不論是否採用本系統來輔助教學，都可以受惠於這些統計資料。問題是，要找到足夠多的學習者來實際操作，這樣的統計結果才有意義。這也是我們要努力的地方。

在電腦技術上，要實際創造出理想的系統，我們仍有一些困難有待克服。以下是一些已經預料，但是尚未在原型程式中實驗的課題。

- (1) 試題編製系統的製作，將模組化的概念模板，依試題的需求，自動地加入。教師製題時，只需輸入題目文字及選擇所需的模板。
- (2) 解題步驟之重播，能否自動化？
- (3) 解題歷程回傳的原始資料，應該有一套自動的程序將它們以資料庫的形式存檔。
- (4) 數學概念組合的先後順序，還要更自由。
- (5) 目前此軟體僅在 Microsoft Internet Explorer 5.0 (IE) 中測驗過，由於 Netscape Navigator 與 IE 支援的功能有些不同，目前還無法於 Netscape Navigator 上執行，無跨瀏覽器的能力。期待 Netscape Navigator 新版本可提供支援此軟體需要之功能，再將其改版，以期達到跨平台、跨瀏覽器的一件 Web-Title。

參考文獻

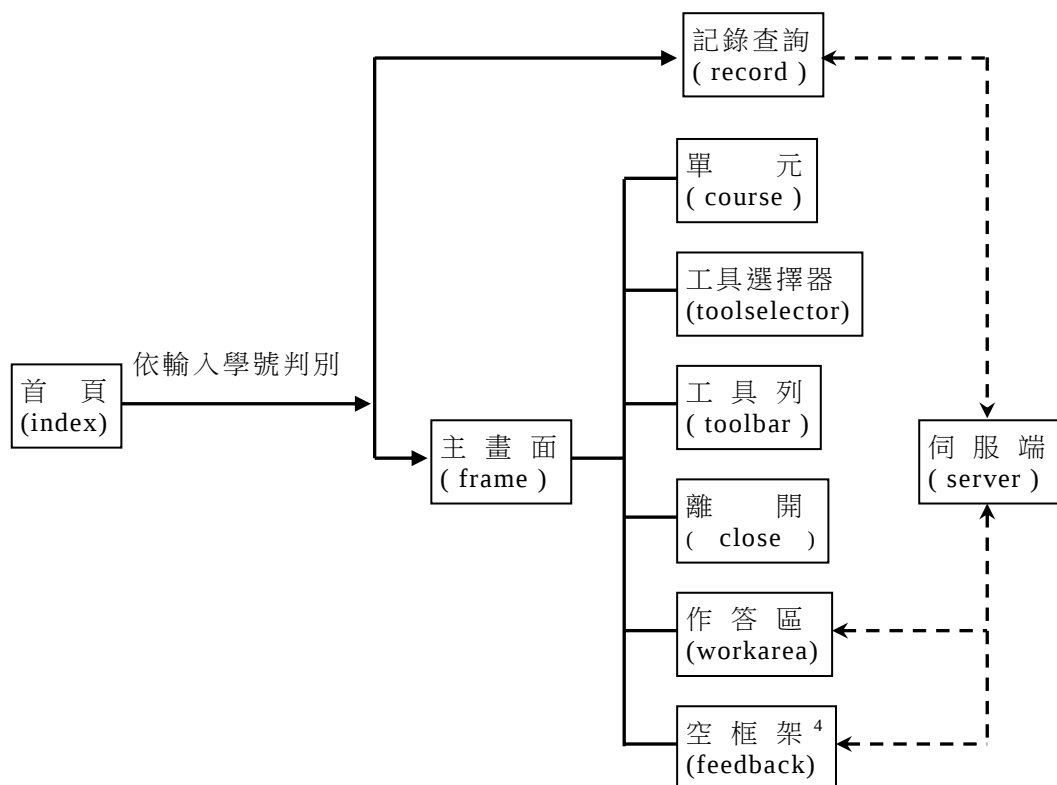
- [1] R. N. Barger, “The computer as a humanizing influence in education”, T.H.E. Journal, May, pp 109-111, (1983).
- [2] W. Blum and M. Niss, “Applied mathematical problem solving, Modeling, application, and links to subjects-state, trends, and issues in mathematics education instruction”, Educational Studies in Mathematics, 22(1), pp 37-68, (1991).
- [3] M. Campione and K. Walrath, *The Java Tutorial: Object-Oriented Programming for the Internet*, Addison Wesley, 2nd Edition, (1998).
- [4] E. D. Gagne, C. W. Yekovich, & F. R. Yekovich, 岳修平譯, *教學心理學－學習的認知基礎*, 遠流出版公司, (民 87).
- [5] N. Heinle, *Designing Dynamic Web Pages with Javascript*, O'REILLY, (1998).
- [6] S. Isaacs, *Inside Dynamic HTML*, Microsoft Press, (1997).
- [7] R. E. Mayer, 林清山譯, *教育心理學－認知取向*, 遠流出版公司, (民 81).
- [8] G. Polya, *How to Solve It*, Princeton, New Jersey: Princeton University Press, (1945).
- [9] E. M. Schurman and W. J. Pardi, 成東陞編譯, 何凡齊、范史惕校閱, *實戰 Dynamic HTML 網站技術*, Microsoft Press, (民 88).
- [10] D. Shasha and C. Lazere, *Out of Their Minds: the lives and discoveries of 15 great computer scientists*, Springer-Verlag, (1995).

- [11] R. R. Skemp, 陳澤民譯, *數學學習心理學*, 九章出版社, (民 84).
- [12] E. R. Steinberg, 余清華譯, *電腦輔助教學－理論與實踐*, 松崗, (民 83)
- [13] A. G. Thompson, R. A. Philipp and T. W. Thompson, "Calculational and Conceptual Orientations in Teaching Mathematics", in 1994 Yearbook of the NCTM, A. Coxford (ed), pp 79-92, (1994).
- [14] P. W. Thompson, "Quantitative Reasoning, Complexity, and Additive Structures", *Educational Studies in Mathematics*, 25(3), pp 165-208, (1993).
- [15] P. G. Watson, "Using the computer in education", Englewood Cliffs, NJ: Education Technology, (1972).
- [16] W. Winn, 單文經翻譯, 邱貴發校閱, "Learning in Virtual Environments: A Theoretical Framework and Consideration for Design", "虛擬環境中學習：理論架構與設計考慮", *教學科技與媒體*, 47, pp 24-32, (1999).
- [17] 丁培毅, "人機介面設計", 海洋大學電算中心, (民 88).
- [18] 王立行, "電腦輔助教學的理論與實務探討", *電腦輔助教學(二)*, 資訊與教育雜誌社, pp 30-53, (民 84).
- [19] 徐新逸, "情境學習在數學教育上之應用", *教學科技與媒體*, 29, pp 13-22, (1996).
- [20] 張國恩, "資訊融入各科教學之內涵與實施", *資訊與教育雜誌*, 72, pp 2-9, (1999).
- [21] 賀元, 賴明宗, 劉燈, *世紀末軟體革命－C++, GUI 與物件導向理論*, 傳徵股份有限公司, (民 84).
- [22] 黃光雄, *教學原理*, 師大書苑, (民 83).
- [23] 黃政傑, *教學原理*, 師大書苑, (民 86).

- [24] 楊弢亮，*中學數學教學法通論*，九章出版社，(民 74).
- [25] 楊錦潭，"媒體教學與數學教育"，*教學科技與媒體*，27, pp 3-9, (1996).
- [26] 教育部，"國民中小學九年一貫課程暫行綱要－數學學習領域"，(民 90).
- [27] National Council of Teachers of Mathematics, Principles and Standards for School Mathematics: Discussion Draft, 1998, <http://www.ntcm.org>
- [28] D. Steinman, The Dynamic Duo Cross-Browser Dynamic HTML, 1998, <http://www.dansteinman.com/dynduo>
- [29] 單維彰，*計算機概論十六講－排版工具 (HTML 教材)*, 2000, <http://www.math.ncu.edu.tw/lab/bcc16/B/html/lesson3.html>

附錄

此軟體系統的建製，利用了所謂的動態網頁 (Dynamic HTML) 的技術，即結合 HTML、腳本程式 (Script)、文件物件模型 (Document Object Model, DOM)、階層樣式表 (Cascading Style Sheets, CSS) 及資料連結 (Data Binding) 等技術，搭配符合 DOM 規範的瀏覽器，使得用戶端的内容可以動態地改變，更使得 HTML 文件可與使用者達到真正的互動。以下簡述執行流程及部分程式碼的解說：



⁴ 空框架的目地是用來接收伺服器端回傳至用戶端的空白網頁。

數量物件建構元 (constructor) :

```
function MathBlock(id,numerator,denominator,quantity) {
  //properties
  this.id = id; //物件識別碼
  this.enableTarget = true; //標註是否可於上方置物
  this.onTop = new Object(); //上方物件
  this.onBottom = new Object(); //下方物件
  this.posX = this.element.offsetLeft; //物件 x 座標
  this.posY = this.element.offsetTop; //物件 y 座標
  this.bkwidth = this.element.offsetWidth; //物件寬度
  this.bkheight = this.element.offsetHeight; //物件高度
  this.centerX = this.posX+Math.round(this.bkwidth/2); //中心 x 座標
  this.centerY = this.posY+Math.round(this.bkheight/2); //中心 y 座標
  this.numerator = (numerator) ? numerator : 0; //數值的分子
  this.denominator = (denominator) ? denominator : 1; //數值的分母
  this.value = this.numerator/this.denominator;
  this.quantity = (quantity) ? quantity : ""; //數量名稱
  ...
  //methods
  this.snapTo = MathBlockSnapTo; //移動至某處
  this.snapBack = MathBlockSnapBack; //移回原處
  this.glide = MathBlockGlide; //滑動
  ...
}

function MathBlockSnapTo(x,y) {
  //重設物件 x,y 座標及中心 x,y 座標
}

function MathBlockSnapBack(preX,preY,action) {
  //將物件滑動至座標(preX,preY)處後執行 action 的動作
}

function MathBlockGlide(incX,incY,preX,preY,count,initnum,action) {
  //以(incX,incY)的增加量滑動至(preX,preY)的位置。initnum++ >count 為終止條件。
  //終止後執行 action 的動作。
}
```

拖放物件建構元 (程式設計技巧參考〔Steinman, 1998〕):

```
function DragDrop() {
  //properties
  this.workObject = null; //正在拖動的物件
  this.dragObjects = new Array(); //可拖移物件的陣列
  this.dropTargets = new Array(); //可置放物件的陣列
  ...
  //methods
  this.addDrag = DragDropAddDrag; //將某物件加入可拖移物件陣列中
  this.addTarget = DragDropAddTarget; //將某物件加入可置放物件陣列中
  this.resetTarget = DragDropResetTarget; //重設可置物件陣列
  this.removeDrag = DragDropRemoveDrag; //將某物件從可拖移物件陣列中移除
}
```

```

        this.removeTarget = DragDropRemoveTarget; //將某物件從可置放物件陣列中移除
        this.mouseDown = DragDropMouseDown;
        this.mouseMove = DragDropMouseMove;
        this.mouseUp = DragDropMouseUp;
    }
    //滑鼠動作時的事件處理器
    ...
}

function DragDropMouseDown(x,y) {
    for (var i=this.dragObjects.length-1;i>=0;i--) {
        var blk = this.dragObjects[i];
        if (inBlock(x,y,blk)) { //滑鼠按下時的游標位於某個可拖移物件的範圍內
            this.workObject = this.dragObjects[i]; //設定此物件為正在拖動的物件
            ...
            break;
        }
    }
}

function DragDropMouseMove(x,y) {
    //將目前拖動中的物件跟隨游標移動
}

function DragDropMouseUp(x,y) {
    //滑鼠放開時，呼叫 DragDropResetTarget()
}

function DragDropResetTarget() { //判斷滑鼠放開後拖動中的物件放置的位置
    for (i in this.dropTargets) {
        var blk = this.dropTargets[i] //某可置放物件
        if (blk.enableTarget) { //可置放物件的上方若無物件的情況下，執行下列程式
            if (Math.pow((blk.centerX-this.workObject.centerX),2) +
                Math.pow((blk.centerY-this.workObject.centerY),2)<625) {
                //處理中的物件與可置放物件中心相距 25 pixels 內，處理下列程序
                this.workObject.onBottom.enableTarget = true;
                this.workObject.onBottom.onTop = null;
                blk.onTop = this.workObject;
                blk.enableTarget = false
                this.workObject.onBottom = blk
                var centerX = Math.round(0.5*(blk.bkwidth-this.workObject.bkwidth));
                var centerY = Math.round(0.5*(blk.bkheight-this.workObject.bkheight));
                this.workObject.snapTo(blk.posX+centerX,blk.posY+centerY);
                //將拖動中的物件移動至可置放物件正上方
                return true;
            }
        }
    }
    return false
}

var dnd = new DragDrop(); //實作 Drag and Drop 物件，此物件以後利用

```

事件處理器 (event handler) :

```
document.onmousedown = downHandler;
document.onmousemove = moveHandler;
document.onmouseup = upHandler;
document.ondblclick = dblclickHandler;

function downHandler() { //偵測滑鼠按下時游標的位置
    var x = event.x+document.body.scrollLeft;
    var y = event.y+document.body.scrollTop;
    if (dnd.mouseDown(x,y)) return false;
    else return MathBlockDown(x,y);
}

function moveHandler() { //偵測滑鼠移動時游標的位置
    var x = event.x+document.body.scrollLeft;
    var y = event.y+document.body.scrollTop;
    if (dnd.mouseMove(x,y)) return false;
    else return true;
}

function upHandler() { //偵測滑鼠放開時游標的位置
    var x = event.x+document.body.scrollLeft;
    var y = event.y+document.body.scrollTop;
    if (dnd.mouseUp()) return MathBlockUp(x,y);
    else return true;
}

function dblclickHandler() { //若滑鼠雙按在可拖移的物件時，將此物件移至垃圾筒
    if (inBlock(event.clientX,event.clientY,dnd.workObject)) {
        dnd.workObject.snapBack(garbage.posX,garbage.posY,"dropToGarbage("+
            dnd.workObject.object+"");
        return false;
    }
    return true;
}
```

概念模板：

```
var ansBlockCount = 0; //在作答區模板的計數器
var ansBlockY = 0; //記錄模板放置的 y 座標
var rvalueCount = 0; //"比值"概念模板的記數器

function rvalue() {
    //模板中的各變數
    var sw = parseInt(winWidth*0.033); //符號寬度 (winWidth 為視窗寬度)
    var w = objWidth; //空格圖樣的寬度
    var h = objHeight; //空格圖樣的高度
    var bx = ansLeft; //模板的x座標
    var by = ansBlockY ? ansBlockY+parseInt(winWidth*0.017):ansTop+h;//模板的y座標
    var bh = 2*h; //模板的高度
    var bw = winWidth-bx-w*2-sw-butWidth*2; //空格與確定鈕間的距離
    var x = bx+w*2+sw; //按確定鈕後結果呈現的x座標
    var y = by+h/2; //按確定鈕後結果呈現的y座標
    var butX=winWidth-bx-butWidth*2; //按鈕在模板中的x座標
```

```

var butY=h/2; //按鈕在模板中的y座標
var ansblkY = by+bh; //記錄模板底部的位置

rvalueCount+=1; //比值模板計數器+1
//比值模板以 名稱+編號+id 命名，座標(bx,by)，寬為winWidth-bx，高為bh
addBlock('rvalue'+rvalueCount+'id',bx,by,winWidth-bx,bh,
'<FORM NAME="rvalue'+rvalueCount+'Form">'+
    ⋮
    '<DIV STYLE="position:absolute;left:'+butX+';top:'+butY+';
width:'+(butWidth*2)+';height:'+h+'">'+
    '<INPUT TYPE="button" NAME="ok" VALUE="確定"
STYLE="height:'+h+';color:red"
ONCLICK="confirm(\'rvalue\',rvalueCount,\'x+\',\'by+\',
+w+\',\'h+',null,\'+ansblkY+\')">'+
    '<INPUT TYPE="button" NAME="nok" VALUE="取消"
STYLE="height:'+h+';color:red"
ONCLICK="cancel(\'rvalue\',rvalueCount)"></DIV></FORM>','aqua');
//產生模板物件
eval('rvalue'+rvalueCount+' = new MathBlock("rvalue'+rvalueCount+'id")');
ansBlockCount+=1; //模板計數器+1
//產生兩個空格物件
addBlock('rvalueAnsA'+rvalueCount+'id',bx,y,w,h);
eval('rvalueAnsA'+rvalueCount+'=new MathBlock("rvalueAnsA'+rvalueCount+'id")');
addBlock('rvalueAnsB'+rvalueCount+'id',bx+w+20,y,w,h);
eval('rvalueAnsB'+rvalueCount+'=new MathBlock("rvalueAnsB'+rvalueCount+'id")');
//將此兩物件設成可置放物件
dnd.addTarget(eval('rvalueAnsA'+rvalueCount),eval('rvalueAnsB'+rvalueCount));
}

//模板中確定鈕的處理器，confirm(模板名稱,編號,x座標,y座標,寬,高,樣式,底y座標)
function confirm(str,num,x,y,w,h,type,ansblkY) {
    var t = type ? type : null;
    //呼叫判斷函數，將結果存回變數target
    eval('var target=do'+str+'('+str+',','+num+',','+x+',','+y+',','+w+',','+h+',','+t+')');
    if (target) { //若結果正確，改變ansBlockY值，將各按鈕恢復功能(enabled)
        ansBlockY = ansblkY ? ansblkY : y;
        ⋮
    }
}

//模板中取消鈕的處理器，cancel(模板名稱,編號)
function cancel(str,num) {
    var target = new Array(); //儲存模板中可置放物件
    var numstr = null; //可置放物件的編號
    for (i in dnd.dropTargets) { //尋找模板中的可置放物件
        var targetid = dnd.dropTargets[i].id;
        //若模板中有可置放物件，將其上方的物件清除，且將它儲存在target陣列中
        ⋮
    }
    if (numstr != null && parseInt(numstr) == num) {
        var l = target.length;
        target[l] = dnd.dropTargets[i];
        if (target[l].onTop != null) {
            if (target[l].onTop.id) {
                var blk = target[l].onTop;

```

模板內的空格及按鈕

```

        dnd.removeDrag(blk);
        delBlock(blk.id);
        eval('delete '+blk.id.substr(0,blk.id.length-2));
    }
}
}
//移除可置放物件
for (i in target) {
    dnd.removeTarget(target[i]);
    delBlock(target[i].id);
    eval('delete '+target[i].id.substr(0,target[i].id.length-2));
}
//移除模板
if (num!=null) {
    var blkid = str+num+'id';
    delBlock(blkid);
    eval('delete '+blkid.substr(0,blkid.length-2));
    ansBlockCount-=1;
}
//將各按鈕恢復功能(enabled)
...
if (num!=null)
    eval(str+'Count--'); //模板計數-1
}

var rvnum = 0; //比值物件計數器
//比值模板判斷函數，dorvalue(模板名稱,編號,x座標,y座標,寬度,高度)
function dorvalue(str,num,x,y,w,h) {
    var sw = parseInt(winWidth*0.033); //符號寬度
    var rw = parseInt(winWidth*0.081); //結果數字呈現的寬度
    y = y+(h/2); //結果呈現的y座標
    //呼叫題目中的驗答函數，結果回存target陣列，target[0]為前項，target[1]為後項
    eval('var target = checkAnswer('+str+', '+num+')');
    if (target) { //答案正確
        //改變模板底色
        ...
        //依前、後項數字的情況，呈現出最簡分數的比值
        ...
        var v0 = target[0].onTop.value;
        var v1 = target[1].onTop.value;
        /*若target[2]存在，代表題目中有提供特定的圖樣，如題二的打擊率，否則以內
        定的比值一、比值二等呈現*/
        if (!target[2]) {
            for (var i=1; i<=num; i++) { //判斷作答區中，有無已出現的比值物件
                var obj,img;
                if (obj=eval('icon["+v0+'d'+v1+'d'+i+"]')) {
                    img=obj.text; //若已存在此比值物件，以同樣的物件呈現
                    break;
                }
            }
            if (i==num) //否則以下一個比值物件呈現
                img='<IMG SRC="images/ratval'+(++rvnum)+'>';
        }
    }
}

```

```

else { //呈現題目提供的特定圖樣
    var img='<IMG SRC="images/'+pagename+'/icon'+v0+'d'+v1+'.gif">';
}

addBlock('icon'+v0+'d'+v1+'d'+num+'id',ratvalX+sw,y,w,h,img,blockColor);
eval('icon["'+v0+'d'+v1+'d'+num+'"] = //產生此比值物件
    new MathBlock("icon'+v0+'d'+v1+'d'+num+'id",'+v0+', '+v1+')');
eval('icon["'+v0+'d'+v1+'d'+num+'"].cssStyle.cursor = "hand");

//游標移至比值物件上時，呈現的提示字元
if (v0%v1!=0) //分數
    eval('icon["'+v0+'d'+v1+'d'+num+'"].element.title = "
        '+v0/gcd(v0,v1)+'/'+v1/gcd(v0,v1)+'  "');
else //整數
    eval('icon["'+v0+'d'+v1+'d'+num+'"].element.title = "    '+v0/v1+'  "');

for (var i=0; i<2; i++) { //移除前、後項物件的可拖移性及可置放性
    target[i].onTop.cssStyle.cursor = "default";
    dnd.removeDrag(target[i].onTop);
    dnd.removeTarget(target[i]);
}
return true;
}
else return false;
}

```

回傳訊息：

```

var GN = top.GN; //取得首頁輸入的學號
//利用<FORM>標籤的功能，回傳資訊至伺服器端，以 parsecgi.cgi 程式處理回傳值
var recSerStr = '<FORM NAME="recordForm" TARGET="feedback" METHOD="post"
    ACTION="../parsecgi.cgi">\n';
var recFormStr = '<INPUT TYPE="hidden" NAME="date">\n'+
    '<INPUT TYPE="hidden" NAME="time">\n'+
    '<INPUT TYPE="hidden" NAME="grad">\n'+
    '<INPUT TYPE="hidden" NAME="cour">\n'+
    '<INPUT TYPE="hidden" NAME="ques">\n'+
    '<INPUT TYPE="hidden" NAME="tool">\n'+
    '<INPUT TYPE="hidden" NAME="info">\n'+
    '</FORM>\n';
var recStr = recSerStr+recFormStr;
document.write(recStr);

function doRecSubmit(info) { //info為欲顯示的訊息文字
    //取得日期、時間、學號、單元、題目及工具名稱
    var now = new Date();
    var month = ((now.getMonth()+1)<10) ? '0'+(now.getMonth()+1) : now.getMonth()+1;
    var date = (now.getDate()<10) ? '0'+now.getDate() : now.getDate();
    var hour = (now.getHours()<10) ? '0'+now.getHours() : now.getHours();
    var minute = (now.getMinutes()<10) ? '0'+now.getMinutes() : now.getMinutes();
    :
    :
    document.recordForm.info.value=info;
    document.recordForm.submit(); //執行回傳的動作
}

```

/*從標準輸入讀取資料，將十六進制的ASCII碼轉換成位元組的字元，
例如 %2F → /，%3A → : （單維彰老師提供）*/

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int c, d;
    while ((c = getchar()) != EOF) {
        if (c == '%') {
            c = getchar();
            d = getchar();
            if (isxdigit(c) && isxdigit(d)) {
                c = toupper(c) - '0';
                c -= (c > 9 ? 7 : 0);
                c *= 16;
                d = toupper(d) - '0';
                d -= (d > 9 ? 7 : 0);
                c += d;
                putchar(c);
            }
            else {
                putchar('%');
                putchar(c);
                putchar(d);
            }
        }
        else
            putchar(c);
    }
}
```

實例（以「比與比例式」單元中問題二為範例）：

```
<HTML>
<HEAD>
<TITLE>比例2</TITLE>
<!--含括所需的檔案-->
...
<SCRIPT LANGUAGE="JavaScript">
<!--
var icon = new Array(); //數量物件陣列
var result = false; //是否完成此題的標記
var iconCount = 0; //複製數量物件的記數器
var frontTerm = new Array(); //前項
var backTerm = new Array(); //後項

function init() { //當瀏覽器載入此文件後，即呼叫此函數，進行初始化工作
    //初始化數量物件
    icon["15d1"] = new MathBlock("icon15d1id",15,1,"創創打擊數");
    icon["6d1"] = new MathBlock("icon6d1id",6,1,"創創安打數");
    icon["24d1"] = new MathBlock("icon24d1id",24,1,"守守打擊數");
    icon["9d1"] = new MathBlock("icon9d1id",9,1,"守守安打數");
```

```

//設定比值正確答案
frontTerm = [icon["6d1"].quantity,icon["9d1"].quantity];
backTerm = [icon["15d1"].quantity,icon["24d1"].quantity];

initilize(); //初始化數量物件、垃圾筒及重做按鈕的位置
}

function MathBlockDown(x,y) {
//當滑鼠按下時，若游標位於某數量物件的範圍內即複製此物件，並設定成可拖移
for (i in icon) {
    if (inBound(x,y,icon[i].posX,icon[i].posXW,icon[i].posY,icon[i].posYH)) {
        iconCount +=1;
        ...
    }
}
return true;
}

function canUse(str) {
//設定可使用的工具，此例為「比值」、「通分」、「化成小數」
}
//檢驗答案，依所選工具，呼叫判斷函數
function checkAnswer(str,num,x,y,w,h) {
    var target = checkBlank(str,num); //檢查空格上是否有置放物件
    if (!target) return false;
    ...
    return target;
}
//比值判斷函數，並將判斷結果記錄於伺服器端
function checkRvalue(target,frontTerm,backTerm) {
    ...
    for (var i=0; i<frontTerm.length; i++) {
        if (quantity0==backTerm[i] && quantity1==frontTerm[i]) {
            alert('前後項倒置');
            doRecSubmit('前後項倒置'+('v0'+v1+')); //回傳訊息
            ...
        }
        if (quantity0.indexOf("創創")!=-1)
            target[target.length] = "創創打擊率"; //此題產生新的數量物件，將其數量名稱
        else //存在target陣列尾端
            target[target.length] = "守守打擊率";
        return target;
    }
    ...
}

//-->
</SCRIPT>
...
</HEAD>

<BODY BGCOLOR="#FFFFFF" ONLOAD="init()">
<SCRIPT LANGUAGE="JavaScript">loading()</SCRIPT>

```

```

<!--題目區塊-->
<DIV ID="questionid">
<TABLE>
  <TR>
    <TD ALIGN="center"><FONT SIZE="5">問題 2 </FONT></TD>
  </TR>
  <TR>
    <TD>
      <P><FONT SIZE="4">創創和守守打棒球，創創在 1 5 次打擊中，擊出 6 支安打；而守守在 2 4 次打擊中，擊出 9 支安打，請問創創的<SPAN>安打數與打擊數的比值</SPAN>是多少？而守守的又為何？（打擊率即為安打數與打擊數的比值）請問<SPAN>誰的打擊率較高</SPAN>？</FONT><BR>
      <FONT SIZE="5" COLOR="#3333CC">解法：</FONT></P>
    </TD>
  </TR>
</TABLE>
</DIV>
      ⋮
</BODY>
</HTML>

```