

Web-Based 身心障礙兒童數學輔助學習系統之建置與實驗

張禾坤* 副教授
長庚大學資訊管理學系
桃園縣龜山鄉文化一路 259 號
hkchang@mail.cgu.edu.tw

許芳榮
長庚大學資訊管理學系
桃園縣龜山鄉文化一路 259 號
m9044011@stmail2.cgu.edu.tw

馬成珉 副教授
長庚大學資訊管理學系
桃園縣龜山鄉文化一路 259 號
minma@mail.cgu.edu.tw

柯美如
長庚大學工業設計學系
桃園縣龜山鄉文化一路 259 號
meryl@mail.cgu.edu.tw

摘要

教育界採用電腦輔助教學(CAI)已有多年的經驗,近年來由於網際網路的流行,使得越來越多的教學輔助軟體是以 Web 的型態來呈現。然而到目前為止,少有 CAI 軟體是針對身心障礙兒童而設計。本研究的目標即是在設計一個架構於 Web 上的多媒體 CAI 系統,並結合了多媒體、網際網路與資料庫等三方面的技術,將其應用於身心障礙兒童的數學輔助學習之上。目前我們已經在醫療單位進行初步的臨床實驗,並對於實驗的結果與問題提出討論。

關鍵詞:身心障礙兒童、電腦輔助教學,網際網路,多媒體,資料庫

一、研究背景

隨著人類文明的進步,人性價值與尊嚴的提升,特殊教育的發展不但是世界潮流之所趨,更是衡量一國進步水準的重要指標。越是先進的國家,其特殊教育越發達,而特殊兒童

也越受到重視[2]。也由於資訊時代的來臨,電腦提供快速及大量的訊息,使得學童取得資訊的速度及質量大為提高。研究指出,輕度障礙兒童的缺陷,可藉由電腦來補救,因為電腦較能引起輕度障礙兒童的學習動機,可依照個人的速度學習,並可立即提供回饋[7]。而 Kulik 等學者針對 192 篇 CAI 的研究報告加以整理回顧後,發現使用 CAI 系統之後,學生成績進步了 11%,學習態度提高 32%,綜合的效果則提昇 32%[8]。更有研究指出,使用互動式的多媒體作為教育訓練的工具,可降低訓練成本 64%,且減少 36%的學習時間[10]。因此,學生的學習方式以及學習的工具也將逐漸地往電腦化的腳步前進當中。

然而,過去醫療技術的不足以及社會制度的不公對於身心障礙兒童所產生的各種不平等雖然已經因時代的進步而逐漸淡化,但若是針對電腦輔助學習的環境而言,目前專門為他們所設計的教學軟體與資源較為缺乏或不易取得將會導致資訊化之後的學習權益不平等,故著手研究與建置出一個最適合於他們所需求的 CAI 系統以協助其利用科技進步之利提升其優勢,補救其不足實為當務之急。於是

*Corresponding author.

我們與林口長庚醫院兒童心智科合作，開發出一個專門針對身心障礙兒童數學教育而設計與建置之 Web-Based 學習與評量輔助訓練系統 (Learning and Evaluation Assistant Practice System, LEAPS)，並用於滿足他們在數學教育上輔助學習用途之需求。另一方面，為了要發掘出更多潛在於學童學習之中的 CAI 改善議題而進行之臨床系統實驗，於開發任何一種 CAI 系統階段中是非常重要的步驟，這是由於從實驗階段時期當中可以發現許多系統於分析、設計及建置階段當中所沒有考慮到的關鍵因素與實際問題，而這些因素與問題往往是不容易在這些階段當中兼顧及考慮的。此外，經由參與系統實驗的臨床心理師引導學童進行臨床試教與評量之後所產生的各種回饋，對於強化系統的適用性而言則有更多的幫助。

基於以上這些因素與經驗，我們必須在系統建置完成之前於醫療單位內進行系統的試教與實驗，並且持續地對系統作最適當的調整與修正。此一持續性的實驗結果與經驗於未來將可提供給欲投入特殊教育 CAI 軟體開發之人員一個重要且明確的研究參考。

二、LEAPS 系統介紹

以下我們分別以 LEAPS 系統架構、多媒體教材開發工具、數學教材各單元之內容以及評量題目呈現與作答的方式四部份做一介紹。

(一) LEAPS 系統架構

由於個人電腦 (PC) 製造技術的快速演進，PC 的執行效能已經逐步追上傳統的大型主機或工作站，使得以 PC 建立網路或資料庫伺服器的方式成為一種能兼顧成本與效能的方案之一。而 LEAPS 的主要目的即在於設計出能普及應用與連結網際網路的學習評量系統，故我們採用此一方案為開發系統之原則。另目前應用於 Internet 上的系統開發已逐漸朝

向 3-tiers 架構的方向發展，即使用者端之 Web Browser、處理使用者端要求之 Web Server 以及具有互動式優點，尤其應用於線上教學評量方面上之 Database-backed 技術[11]。其中使用者端之 Web Browser 目前已成為 PC 系統中之標準應用軟體，故可免除安裝使用者端軟體之工作，此為 3-tiers 架構的好處之一。Web Server 內儲存多媒體教學與評量教材網頁，負責提供使用者端學習評量之需求。Database Server 內則儲存有關使用者學習與評量的各種資料模型，用以記錄系統實驗時使用者之學習與評量結果，並提供臨床心理師查詢、分析與判斷該使用者之學習歷程問題所在。

圖 1 為 LEAPS 的系統架構，由使用者、Web Server 及 Database Server 端所構成。於使用者端部份，使用 Web Browser 與 LEAPS 連線。於 Web Server 端部份，我們在 Microsoft Windows 2000 Server 版作業系統上執行 Internet Information Service (IIS) 5.0。於 Database Server 端則以 Microsoft SQL Server 為資料庫管理系統 (DBMS)。在圖 1 中，使用者利用 Web Browser 透過 Internet 與 LEAPS 連線並登入使用者身份後，即可開始讓該使用者分別進行學習評量、學習歷程結果查詢與報告列印，以及系統內之一般管理維護工作。當學童於學習評量主系統內進行多媒體教材學習或評量時，系統流程內部即開始記錄該學習者的學習歷程並傳送至學習歷程資料庫，以做為日後臨床心理師於查詢或分析該兒童之學習成果時的相關資訊。

(二) 多媒體教材開發工具

在多媒體教材的開發工具議題上，由於市面上現有的一些與數學科教學與評量相關之商業套裝軟體大部份是以 DIRECTOR 軟體工具所設計，其中由 DIRECTOR 所設計之軟體在多媒體呈現的效果較佳，但較缺乏紀錄學習歷程之功能。經過評估與討論之後，我們決

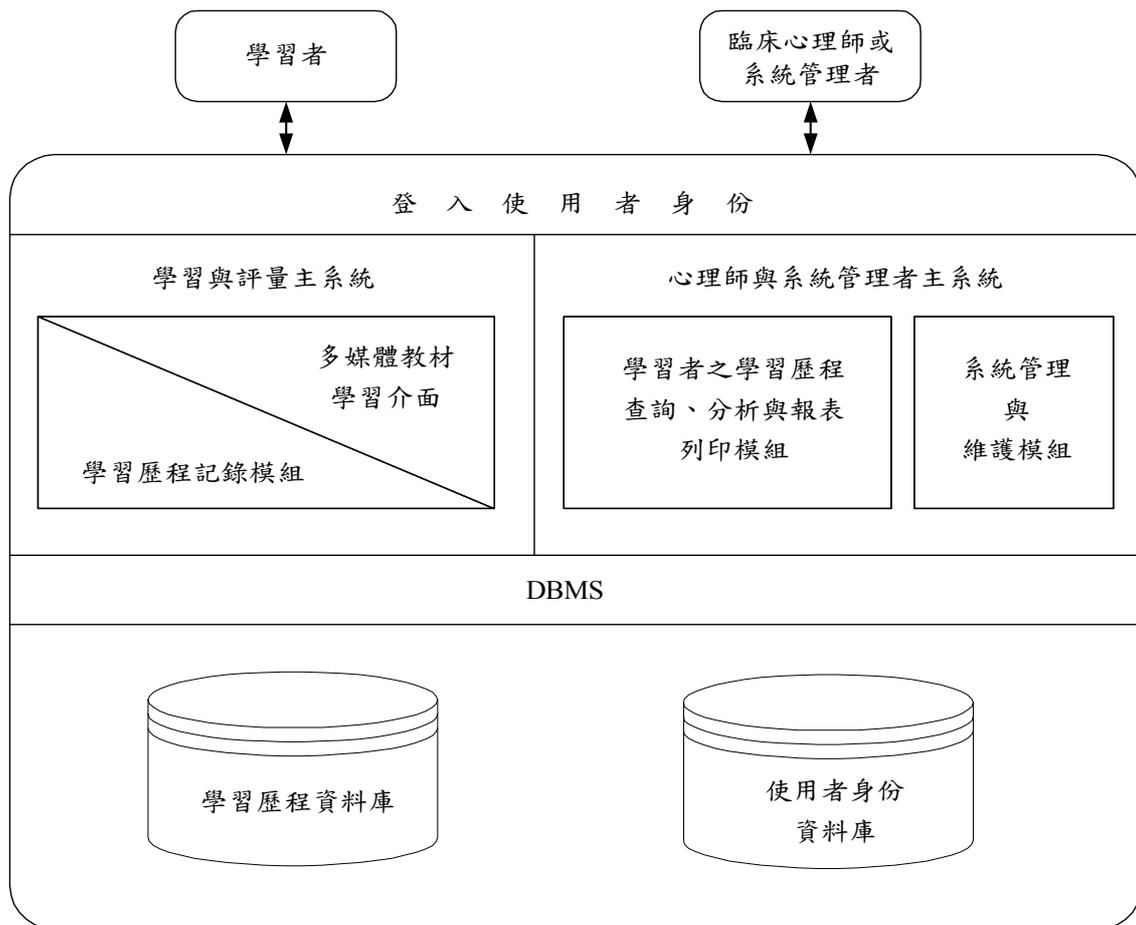


圖 1 · LEAPS 架構。學習者（即身心障礙兒童）、臨床心理師或系統管理者使用 Web Browser 連接 LEAPS 之 Web Server 並登入使用者身份後，即可開始使用各別主系統。

定採用 Internet 與資料庫連結功能較為強大的 Macromedia AUTHORWARE 作為主要的多媒體教材開發工具。除了 AUTHORWARE 這個專門用於開發教學系統的多媒體發展工具之外，近來在網際網路之多媒體網頁動畫開發應用方面上，使用 Macromedia FLASH 所製作出來的網頁多媒體效果呈現亦非常生動活潑，甚至有優於 AUTHORWARE 之處，故為了充分發揮多媒體動畫在電腦輔助學習教材與評量的呈現有更佳的效果，我們亦採用此一工具輔以發展多媒體教材與評量之介面。

(三) 數學教材各單元之內容

為了發展 Web-based 學習工具，我們必須瞭解學童在學習中的步驟與 Web-based 方式本身是如何促進學習的。我們亦必須瞭解適當

的教學理論與適當的教學模式以引導我們設計學習的步驟，以及使教學方法有最佳的組織架構[5]。為了達到更有組織的學習步驟，我們針對目前國民小學數學課程教材之內容，將其分類成八種數學基礎能力單元，第一個為數數單元，教材內容採用 Gellman 與 Gallistel[12]，以及 Wynn[9]的建構數字概念原則，教學目標為協助學童建構 1 到 10 的概念。第二個為序列單元，教學目標為使學童了解“排在第幾個”的概念，例如畫面上出現許多位小朋友正在排隊，但其中有一位小朋友是沒有戴帽子的，故詢問的問題會是：「沒有戴帽子的小朋友從左(或右)邊開始數是第幾位小朋友呢？」第三個為形狀單元，教學目標為加深學童對於物體外表象徵之印象，例如正方形、長方形、三角形與圓型等。第四個為大小單元，教學目

標為加強學童對於辨識物體之間大小關係的能力，例如大球與小球，高樓與平房等。第五、六、七及第八個為加、減、乘、除（整數）法單元，教學目標為利用多媒體動畫呈現出學童較為熟悉之周遭環境事物所構成的情境，來產生出這四種數學能力的問題，例如加法的問題可以是：「一個籃子裡有五顆球，再放入三顆後，共有幾顆球呢？」值得注意的是，當系統唸出題目之聲音時，要放入的三顆球也將同時由籃外放入籃內，達到聽覺與視覺一致的呈現，這也是強化學童教育方法裡較有效果的一種學習方式，另外減、乘與除法單元亦使用此方式建構其概念。

除以上所述之教材方面議題外，於另一方面為了兼顧教學與評量兩個主要系統目標，我們在每一個大單元之中再往下延伸出成兩個子系統，一為學習子系統，一為練習子系統。並且針對這兩個子系統的功能強化上，繼續深入研究如何使其能夠達到根據學習教材的內容、評量的題型種類與學童之特殊的作答類型（或錯誤類型）等因素而自我調整，並自動判斷出相關類型之評量題型及程度是否應由簡而難。另一種判斷方式為參考上一題之作答選項來決定測量相同概念的題目是否要再度出現，此種評量方式，我們一般稱作適性測驗（adaptive testing）[6]。例如子系統中我們可以有一種分類：分成初級、進階及高階三種等級。如此將能使 LEAPS 更適用於學習與吸收能力有著不同程度之學童之上。

（四）評量題目呈現與作答的方式

關於評量的呈現與作答方式設計，我們採用挑選—反應（Select-Response）式做為學習後之評量方式，也就是只需利用滑鼠之操作即可作為選擇作答選項之輸入介面。這是考量到讓學童於系統實驗時能夠免於文字輸入的特殊障礙。另外，為了使學童能學會簡易的滑鼠操作，則可經由一些針對學童於使用電腦時可能產生的操作障礙而特殊設計之滑鼠點擊

軟體訓練後，即可協助其順利進行題目之作答。

評量題目於一開始時，畫面上方出現附有注音符號之中文題幹，配合著畫面中央之多媒體動畫而充分表現出該評量題目所要傳達的問題訊息，接著畫面下方即會出現四個作答選項，讓學童簡易地操作滑鼠點擊作答選項即可完成該題之作答。另一方面，系統將同時透過 AUTHORWARE 之自訂與其內建的各種 CMI（Computer Managed Instruction）變數作為紀錄學者學習歷程媒介，最後，再將學習歷程與結果記錄在學習歷程資料庫內。表 1 列出目前我們與特殊教育專家及臨床心理師初步討論後而決定之學習歷程資料模型（Data Model）。這些模型將以各種方式建立與儲存於學習歷程資料庫內，以供臨床心理師查詢與分析之用，並將於醫療單位持續地實施各種實驗與試教後，再由特教專家及臨床心理師提出專業建議或者一同探討這些模型的適用性以及必須調整或修改的部份。

另必須注意的是，四個作答選項中的三個誘答選項將會是重要的學習歷程記錄關鍵之一。所謂「誘答」就是引誘學童選答，而誘答選項必須對學童而言有著似真性[3]，如果不能發揮誘答的作用則無效。每個誘答選項最好都能反映出學童的迷思或學習困難，如此一來，凡是選擇某個誘答選項代表著某種迷思，也就可以知道學童的學習困難所在[1]。故我們可以蒐集與利用這種訊息來使得臨床心理師可以進一步分析之後，而作為心理治療時的參考依據，而除了正確答案之外的三個誘答選項即可幫助臨床心理師更進一步地分析作答者的錯誤類型，並用於瞭解與判斷該兒童的學習障礙或著驅使該兒童去選擇誘答選項的背後原因。

三、LEAPS 系統之實驗

表 1 · 身心障礙兒童學習歷程之資料模型

學習歷程	說明
答對或答錯	記錄受測者某一數學能力單元共答對及答錯之測驗題目數。
錯誤嘗試之次數	記錄受測者於回答某一測驗題目時所作之錯誤嘗試次數。
題目之作答時間	記錄單元內該題指定之作答時間。
答題時花費的時間	記錄從作答選項顯示開始至作答完後所花費的時間。
剩餘答題時間	記錄下題目限定作答時間後所剩餘的時間。
點擊過之物件	記錄受測者點擊過之物件，以瞭解哪些物件會影響他們作答之注意力。
點擊過之文字	記錄受測者點擊過之文字，以瞭解哪些文字會影響他們作答之注意力。

在實施試教時，我們發現許多於系統分析、設計及建置階段內並沒有考慮到的問題。由於這是一項臨床系統實驗，目的是為了達到系統的可用性與適用性，故我們在此並不對於題目的難易程度、評量的信度或效度等因素施予整體之評估。以下我們將系統欲實驗的項目分成使用者介面、多媒體教材呈現方式、學童使用時之特殊反應以及特教專家與臨床心理師之建議等四個方面，並討論了系統於實驗時所發生的一些情形與應考慮到的重要因素。

(一) 使用者介面

系統介面於實驗時是一個非常容易產生問題的一大項目，其所產生的問題是：學童於題目開始時，並不是非常專心地聽完或著看完題目後再行作答，其發生的情況是，在多媒體評量題目之呈現尚未完成時，他們會先看到原始系統所呈現出畫面的下方存在著一些系統選項按鈕或圖示（如下一題，回主畫面等），而會直覺式地或好奇地點擊這些按鈕或圖示（對於注意力缺陷之過動兒童較易發生）。另外一個產生的問題是：當題目（包含文字多媒體動畫）呈現完成以及作答選項出現後，會因為學童使用滑鼠時並不容易將滑鼠的指標準確地移至該題的正確答案選項上而無法完成該題的作答。經過反覆觀察之後我們瞭解到，會發生這種問題是由於我們所設計出的作答選項圖示過小，以至於讓特殊學童無法像正常

學童一般能夠較準確地點擊。

像以上這種不確定或不穩定的情形發生後，會使得系統正常的作答流程無法順利地進行或者失去控制，甚至讓系統產生異常現象。故我們必須根據臨床心理師施予試教後的各種建議，針對第一個問題的解決方法可以是系統於作答前先讓這些無關評量題目的物件隱藏起來，待受測者作答完畢後再自動出現，這樣使得學童面對系統所呈現出整體畫面時之專注力，能更集中於該题目的作答思考上。另針對第二個問題的解決方法可以是將每一題的作答選項圖示設計再加大，使得他們不必精確地定位滑鼠指標而同樣可完成該題之作答。

(二) 多媒體教材的呈現方式

我們將數學教材以多媒體的方式呈現於畫面之上。所謂多媒體包含了文字、影片、聲音、音樂與動畫等，以動態的方式來呈現出教學的概念，這將會讓學童比較容易瞭解，故那些枯燥的文字呈現毛病也不會再產生[4]。雖然多媒體的教學效果比一般在教室裡的教學效果較為容易瞭解，但在我們的實驗當中發現到，若題目出現時的多媒體的效果過多（特別是動畫部份），將會導致身心障礙學童的注意力分散在畫面上而無法專心作答。例如加法單元中的某一題目為：「畫面中有六個正方形，再加一個正方形之後，則總共有幾個正方形呢？」在原始系統畫面上所設計的正方形是會

轉動與移動的，但對於他們而言並不容易引導其進行數數與加法的思考，故對於多媒體的呈現多寡必須要作適當的調整與修正。

關於多媒體的另一個問題就是題目的答對或答錯的適當之回饋呈現方式。針對題目的回答正確之回饋，我們設計出以題目的情境來作一個適當與合理的延伸，例如數數單元中的某一題目為畫面上出現幾個蘋果，而該題則發問：「小朋友，請問這裡有幾顆蘋果呢？」學童若是數出並選擇出正確答案之後，畫面接著呈現「蘋果被吃掉」的一種有趣的動畫，讓他們感覺到正面的回饋，並使得他們會有著想要繼續地進行下一題的作答動機。

針對回答錯誤之回饋，我們亦採用如上所述之多媒體動畫方式給予適當之訊息。然而我們發現到，回答正確後必須要比回答錯誤後提供更多及更有趣的回饋，這是因為在實驗中，學童回答正確後系統接著給予適當及適量的動畫回饋，但回答錯誤後若是和回答正確後有相同的動畫呈現效果的話，學童將會不在意該題答對或答錯，而造成總是期待回答兩者後對他們感到有趣的回饋，並想要嘗試所有的作答選項，甚至一直重覆選擇錯誤的答案。若是發生這樣的評量現象，不但影響了許多列於表 2 中之學習歷程相關資料（例如答對與答錯、錯誤嘗試之次數、題目的作答時間等），並且失去系統的可用性。故針對這方面的問題，我們必須從反覆實驗以及臨床心理師的試教當中獲得更多相關的問題與建議。

(三) 學童使用時之特殊反應

在系統實驗中，我們發現到許多學童於使用系統時相對於正常作答行為的一些特殊反應。例如我們針對測驗與學習行為進行觀察時，發現到部分受試者會出現一些與工作無關的行為（off-task behaviors）。例如：摸頭髮、揉眼睛、摸鼻子、出怪聲、搖椅子、玩筆、抖腳、趴桌子等行為。另外，相對於有臨床心理

師監督的情境，在無人監督的情境下，大部分的學童會出現離座、漫遊、東摸西摸等行為，對照心理師對於學童的診斷發現，出現這些行為的學童多為混合型或過動型注意力缺陷之學童。這些行為之成因及其對測驗表現，以及學業成就之影響，必須於未來再反覆地進行臨床實驗以及更進一步的研究而加以釐清。

(四) 特教專家與臨床心理師之建議

如同以上所描述的，這種較為特殊而之前並未納入分析思考的系統問題將會很輕易地透過實驗與試教而一一發掘與修正，故對於我們在系統開發的階段當中有莫大的幫助與經驗回饋。此外，我們可吸收臨床心理師於過去的醫療經驗、個案研究與試用 LEAPS 後的一些建議，讓系統的教材呈現方式與評量分析的處理邏輯能更適用於學童的特殊需求。例如專家們會建議或必須注意的事項有：

- (1) 畫面上之視覺刺激過多或過於複雜，有可能會造成視覺的干擾，易導致使用者分心。
- (2) 一旦學童分心呆坐時，若系統之畫面亦停滯不動，將無法主動喚回他們的注意力。
- (3) 若學童衝動地隨意點擊系統圖示而試圖跳過指導語，或隨機地嘗試錯誤時，系統有可能無法制止此種行為。
- (4) 對於學習表現除了記錄結果之外，對於記錄學習歷程（或路徑）及分析錯誤類型而言，則有待反覆實驗以獲得更多有用的資料模型。

經過 LEAPS 之臨床實驗後，我們從特教專家與臨床心理師於系統實驗之後給予的專業建議而瞭解到，這將是系統開發之中非常重要的系統關鍵成功因素（Critical Success Factor），並且能夠使 LEAPS 於未來更能夠逐漸成為最適合於身心障礙兒童數學教育之 CAI 軟體。

四、未來相關研究工作之探討

LEAPS 所面臨的教學與評量對象為身心障礙兒童。但由於早期之系統分析、設計甚至建置階段時期較為缺乏特殊教育理論與臨床個案經驗做為設計上之考量依據。因此，若能達到從系統分析階段開始即能融入比目前更多的特殊教育理論與臨床心理師之回饋，以及所分類出的 LEAPS 八大單元，為多媒體教材編撰之方向，並於試教後再做更進一步的探討與修正後，相信 LEAPS 將逐漸成為最適用於此一領域之系統之一。然而，處於系統發展建置與身心障礙兒童這兩種不同領域之中，我們與臨床心理師在雙方領域性之知識溝通方面並不容易，故必須反覆地由實地試教、評估與臨床心理師的使用經驗回饋中來獲得更多實際的系統修正之依據。另外有關學習歷程資料的記錄方式、評量學習成效與動態調整教材內容功能上亦需由實地試教中逐漸地增強，並隨時做必要的調整。故未來 LEAPS 的發展重心在於學習系統的資料模型、學習歷程資料庫的改良以及學習評量的分析與設計的改良。不過我們可以確定的是，未來在我們的持續研究與努力之下，LEAPS 對於這一特殊且重要的領域將成為兼具特教理論基礎與臨床實務經驗之系統。

五、結論

針對身心障礙兒童的學習能力方面上，我們致力於開發一套適用於他們的數學能力教學與評量練習系統。本系統之目的在於能夠協助他們達成下列學習目標：(1) 能對數學學習產生信心，(2) 學會數學性的溝通，(3) 成為數學問題的解決者，(4) 會做數學推理以及 (5) 數學學習有意義化。我們根據國民小學的數學課程教材將其分類為數數、序列、形

狀、大小、加、減、乘、除法之八大數學單元，配合多媒體的效果呈現出教材與評量於 Web Browser 上。後端資料庫之資料模型能夠記錄他們的學習與評量歷程相關因素與結果，以協助臨床心理師查詢、分析與判斷他們學習障礙所在。此外，透過系統的臨床實驗後，而能夠進一步地得知其未來治療矯正方向與教學輔導改進的重點所在，這也是一個未來我們所要持續努力的研究方向。

誌謝

我們感謝長庚大學工業設計學系許育群老師等參與研究人員以及林口長庚醫院兒童心智科許美雲心理師對於本系統發展之貢獻，我們也感謝國科會對於本系統之研究補助（案號：NSC89-2614-S-182-003 及 NSC89-2614-S-182-004）。

參考文獻

- [1] 王文中、呂金燮、吳毓瑩、張郁雯、張淑慧，“教育測驗與評量—教室學習觀點”，五南，台北，初版三刷，pp132-142，九月，2000。
- [2] 朱經明，“特殊教育與電腦科技”，五南，台北，初版，pp3-12，九月，1997。
- [3] 郭生玉，“心理與教育測驗”，精華，台北，十三版，pp218-226，七月，1999。
- [4] 溫世仁，“教育的未來”，聯經，台北，初版，pp18-26，四月，1999。
- [5] C. Chou, "Developing hypertext-based learning courseware for computer networks: The Macro and Micro stages", IEEE Transactions on education, Vol. 42, No. 1, pp.39-44,1999.
- [6] C. Chou, "Constructing a Computer-Assisted Testing and Evaluation System on

- the World Wide Web—The CATES Experience”, IEEE Transactions on education, Vol. 43, No. 3, pp.266-272, 1999.
- [7] C. M. Lick, & T. H. Little, “Computer and mild handicapped individuals. In J. Lindsey (Ed.)” , Computer and exceptional individuals (2nd ed.), pp.179-200, Austin, TX: Pro-ed, 1987.
- [8] Kulik et. al. “Effectiveness of Computer-based education in college ” , AEDS Journal, pp.81-108, 1992.
- [9] K. Wynn, ”Children’s understanding of counting.”, Cognition, 36, pp.155-193, 1990.
- [10] P. F. Merrill, & K. Hammons, “Computer in education”, (3rd ed.), Simon & Schuster Company,1996.
- [11] R. A. Dennis and S. S. Gambhir, ”Internet Question and Answer(iQ&A): A Web-Based Survey Technology”, IEEE Transactions on information technology in biomedicine, Vol. 4, No. 2, pp.116-124, 2000.
- [12] R. Gelman and C. R. Gallistel, ”The child’s understanding of number”, Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978.