

# 以 U-learning 為基礎之數學步道設計-以五年級體積與表面積單元為例

施淑娟

國立台中教育大學

數學教育學系

副教授

[ssc@mail.ntcu.edu.tw](mailto:ssc@mail.ntcu.edu.tw)

葉晉源

台中市北屯國小教師

[allen6098@gmail.com](mailto:allen6098@gmail.com)

劉育隆

亞洲大學

資訊工程系博士生

[liu720402@yahoo.com.tw](mailto:liu720402@yahoo.com.tw)

郭伯臣

國立台中教育大學

教育測驗統計研究所

教授

[kbc@mail.ntcu.edu.tw](mailto:kbc@mail.ntcu.edu.tw)

## 摘要

本研究目的旨將 ubiquitous computing 及行動學習載具之行動學習模式結合本研究團隊已開發之「以知識結構為基礎的電腦適性學習系統」(簡稱 KSAT)(郭伯臣, 2003, 2004, 2005; 郭伯臣、謝友振、張峻豪、蔡坤穎, 2005), 針對國小五年級數學領域「體積與表面積」單元, 透過 KSAT 適性測驗與 U-learning 環境所紀錄的個人化學習歷程, 讓學生學習後可立即獲得學習的回饋, 並針對自己的認知缺失即時進行適性補救教學, 更能發揮「因材施教」及「因材施教」的學習優勢。本論文研究結果發現:

- 一、U-learning 適性補救教學系統讓實驗組的學生經過 U-learning 適性化補救教學後與對照組的成績利用共變數分析, 成績比較達顯著差異。因此利用 U-learning 為基礎的電腦適性化補救教學, 確實發揮「因材施教」及「因材施教」的功效。
- 二、學生在回饋問卷中, 非負向的意見中有九成七的學生對於本活動相當有興趣, 有九成三的學生希望進行這種學習方式, 更有九成五的學生認為這樣的學習方式對思考與解決數學有很大幫助。

**關鍵詞:** 無所不在的學習、電腦適性學習系統、知識結構、KSAT 適性測驗、適性補救教學

## Abstract

Research this purpose purport is it study action that have to study ubiquitous computing way combine that group develop already research this year to take action ' are based on knowledge structure Computer the right study system ' last KSAT (Guo BoChen, 2003, 2004, 2005; Guo BoChen, Xie YouZhen, Zhang JuHao, Cai KunYing, 2005) ,To the fifth grade primary

school mathematics domain ' volume and surface area ' unit, personal chemistry noted down through KSAT right test and U-learning environment practises the course, let student can get feedback of study immediately after the study, is it carry on to one's own cognition getting right to remedy teaching immediately to lack, it can have given play to even more ' construct because material not examining ' and ' teach students in accordance with their aptitude ' study advantage.

This result of study of thesis is found:

- 1.U-learning group remedies the tutoring system and lets students of the experiment group utilize analysis of the parameter altogether with the achievement which contrasts the group s rightly after U-learning remedies teaching rightly, the achievement relatively reaches the difference of showing. So remedy computer right when it base on U-learning by teaching, it give play to ' because construct not examining material ' really and ' teach students in accordance with their aptitude ' efficiency.
2. Student in feedbacking at questionnaire,it shoulder to suggestion in have 97% student who is the getting more interested quite for activity, 93% of the students hope to carry on this kind of study way, 95% of the students think even more such study way is to thinking and solving mathematics to help greatly.

**Keywords:** ubiquitous computing、Computer right study system, knowledge structure, right test of KSAT, remedying teaching rightly,

## 1. 前言

隨著 ubiquitous computing 及行動學習載具 (包括 Tablet PC、Pocket PC、PDA、電子書包、行動電話或是任何可以裝載數位資訊內容的輔具或裝置) 技術發展的日新月異, 影響所及,

教育領域亦開始經歷一場教學環境與教學策略上的重大變革(邱瓊慧、謝秀月, 2005; Carlson, 2002; Dede & Ketehault, 2003; Soloway, Norris, Curtis, Krajcik, Marx, Fishman, & Blumenfeld, 2001), 就如同Crawford (2005) 所言: 「未來十年, 甚至更快, ubiquitous computing將對學校造成廣泛的影響」。因此, 近年來開始有許多的學術研究或業界的人員積極投入 ubiquitous computing 融入教育情境的相關研究, 使得無所不在地學習 (ubiquitous learning, U-learning) 的構想逐漸成為一種可行並且受到重視的新學習方式。

無所不在地學習是指藉由具感應功能且可交替運作的無線傳輸元件, 這些元件能夠隱藏在各種器具中, 並隨時隨地感知學習者的情境, 並允許在情境變化中提供無間斷地個人化服務與互動的一種學習趨勢。相較於數位學習 (E-learning), 無所不在學習兼具數位學習與可移動的優勢, 在U-learning環境中, 學生只要攜帶任何具有無線網路科技的裝置即可連接網路, 並可以隨時隨地利用周圍的任何內建電腦。此外, U-learning環境中的內建感應裝置也可以辨別學生的狀態及環境參數, 並依據學生的狀態、行動裝置的功能、網路頻寬等, 提供各樣的測驗、評量、學習歷程紀錄、以及個人化輔導(黃國禎, 2005a)。因此, 顯然U-learning比E-learning更能突破傳統教學的限制, 無線地存取幾乎不限時間、不限地點的各式各樣的資源, 並且可以為合作或個別化提供更多的機會, 達到在適當地方(right place)及適當時間(right time)進行適當學習(right learning)的理想(Pownell & Bailey, 2001)。

然而, 在U-learning的學習環境中, 除了規劃新的教學策略、新的教學活動設計、新的管理策略、新的教材製作與教學物件管理技術之外, 如何在U-learning的環境中進行測驗, 並依據更多樣化的實境學習歷程資料進行評量, 也是一個值得深入探討的重要問題(黃國禎, 2005b)。在U-learning的環境中, 測驗與評量的模式應可延伸至課堂外, 與傳統的紙筆測驗或單純線上測驗截然不同, 同時在完成測驗及評量後, 系統也可以根據學生的學習缺失隨時提供補救教材, 如此便能透過ubiquitous科技提供更精緻的個人化測驗與評量, 使U-learning更能發揮強大的學習能量。

基於以上的概念, 本研究擬以先前開發之「以知識結構為基礎的電腦適性學習系統」為基礎, 結合 U-learning、數學步道(情境式學

習)與網路互動式解題討論, 建置一「適性U-learning 數學步道系統」, 此系統應用於教學過程中, U-learning 將支援數學步道各學習區的活動以及互動式的解題討論, 利用行動學習裝置的高攜帶與可儲存再利用的特性, 協助學習者做解題的互動討論, 訓練學生在問題解決的過程中主動建構數學知識, 藉由語言溝通澄清對數學知識的理解, 並重新建構相關的數學知識, 使數學的學習能在真實情境與即時的互動解題辯證中獲得意義, 並在完成所有真實情境的學習活動後即時適性測驗, 讓學生當下獲得學習的成就感, 之後學生可利用系統所回饋的適性測驗結果立即作適性 U-learning 補救教學, 如此, 學數學除了能加入生活化的連結不再只是抽象的思考之外, 更能使數學學習達到「因材施教」及「因材施教」的目的。而在系統建置完成之後, 本研究將實際在學校環境中進行試用評估, 進一步探討此種適性 U-learning 數學步道的教學模式對於數學學習成效所產生的影響。

## 2. 文獻探討

為了達到本研究的目的, 本篇論文將針對下列主題之相關資料進行蒐集:

- 一、學習形式之發展趨勢
- 二、數學學習步道之探討
- 三、網路互動式解題討論之探討
- 四、開發之以知識結構為基礎的電腦適性學習系統

透過目前國內外有關 U-learning、數學步道、網路互動式解題討論及以知識結構為基礎的電腦適性學習系統之相關研究, 整理分析並歸納出可應用於數學領域的適性 U-learning 設計, 以期本研究之理論與實務基礎更加完備。以下便針對說明目前本研究 U-learning 的相關文獻。

### 2.1 學習形式之發展趨勢

學習形式從傳統學習逐漸演進至今, 已有數位學習(E-learning)、行動學習(M-learning)及無所不在的學習(U-learning)三個發展階段, 詳如圖 1 與表 1 所示:

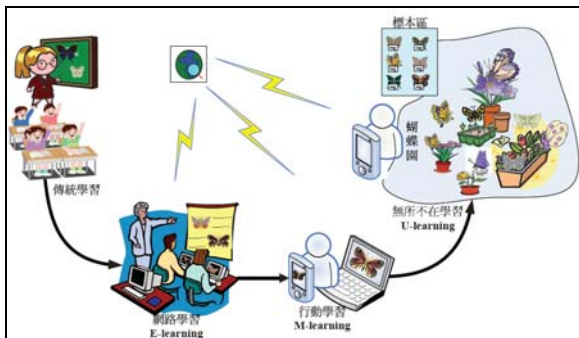


圖1 學習模式演進圖 (資料來源：黃國禎、黃淑賢、吳婷婷、楊子奇(2007)，情境感知無所不在學習環境之動態評量模式)

表 1 學習模式比較表

學習	傳統學習	網路學習 (E-learning)	行動學習 (M-learning)	情境感知無所不在學習 (Context-Aware U-learning)
內容				
教學方式	教師一對多教學	系統扮演教師角色一對一教學	系統扮演教師角色一對一教學	系統扮演教師角色一對一教學
教學平台	課堂紙本教學	個人電腦	可攜式裝置 (PDA、筆記型電腦等)	可攜式裝置 (PDA、筆記型電腦等)
教材提供	教師提供學習教材	依照學習者需求，系統被動式提供學習教材	依照學習者需求，系統被動式提供學習教材	系統主動式提供目前環境的學習教材
教材呈現	教師操作示範，課本指引教學	文字、圖片、影片、聲音等多媒體教材呈現	文字、圖片、影片、聲音等多媒體教材呈現	文字、圖片、影片、聲音等多媒體教材呈現
學習	以老師	以學生	以學生	以學生

主體	為中心	為中心	為中心	為中心
學習型態	1. 同步學習 2. 受時空限制 3. 制式單調學習	1. 同步、非同步學習 2. 不受時空限制 3. 學習活潑生動	1. 同步、非同步學習 2. 不受時空限制 3. 學習活潑生動 4. 可攜式學習	1. 同步、非同步學習 2. 不受時空限制 3. 學習活潑生動 4. 可攜式學習 5. 情境式教學 6. 體驗式學習
學習路徑	單一的學習路徑	學習路徑多樣化	學習路徑多樣化	學習路徑多樣化
學習範圍	局限於課堂知識傳授	學習範圍廣，學習者可接觸的層面	學習範圍廣，學習者可裝置能接觸的層面	學習範圍廣，強調學習者透過可攜式裝置於實境中接觸的層面
學習評量	靜態式著重結果的評量	著重學習歷程的評量	著重學習歷程的評量	著重學習歷程的動態評量
認知迷失	單一學習路徑，不易迷失方向	超本文互相參考，易造成學習者迷失方向	超本文互相參考，易造成學習者迷失方向	系統主動式提供內容，不易迷失方向
能力培養	1. 社群互動	1. 資料蒐集 2. 自主式學習	1. 社群互動 2. 資料蒐集 3. 自主	1. 社群互動 2. 資料蒐集 3. 自主

			式學習	式學習 4. 觀察能力在實際的教學環境中。
--	--	--	-----	--------------------------

資料來源：黃國禎等(2007)，情境感知無所不在學習環境之動態評量模式

在過去的數位學習環境中，對於許多實務的學習(如觀察昆蟲、分析地質、解剖動物、參觀及討論等)，學生在真實的學習情境中雖然可以進行真實的演練，卻不易記錄完整的學習歷程，因而無法分析其學習狀態及困難。唯有在實境學習與數位學習整合的全方位學習環境，並結合新的教學策略，才會產生巨大的學習能量。因此，未來必須研究出良好的ubiquitous 技術整合實境學習與數位學習的應用工具及策略，以達到下列的學習情境與功能(楊子奇、蔡佩珊、黃國禎，2006)：

1. 記錄學生在實境學習環境中的學習歷程，以分析學生即時解決實境問題的能力，並規劃個人化的學習進度及實境學習活動。
2. 提供實境與數位學習整合環境中完整的教學及活動設計策略，以協助教師在真實學習情境中充分運用數位學習環境的優勢，提高學生實境探索、分析、解決問題的能力，並促成同儕合作。
3. 提供學生在實境學習環境中，透過學習社群進行課程內容的討論及問題的求助。對於無人回答的問題，必須透過資訊技術，建立在討論區中提示問題解決方向或給予正確解答資料的機制，並記錄學生在實境學習環境中的討論及解決問題的過程。
4. 提供整合環境中教學元件及學習歷程之標準規範與管理策略。由於實境學習與數位學習的整合將產生更複雜的學習行為描述及學習參數的記錄；因此，必須擴充原有的教學元件與學習歷程標準，以達到未來資源共享與再利用的目標。

U-learning的特點(Cheng et al., 2005)分述如下：

1. 具備學習者情境感知(context-aware)與位置感知(location-aware)的能力，即學習者個人的情況與周圍環境的狀況可被感應。
2. 可主動在正確的時間與地點提供正確的

個人化協助，其分析的資料內容包括真實世界中個人與環境的狀況、學習者的基本資料 (profile) 與學習歷程 (learning portfolio)。

3. 使學習無間隙，即學習者不會因為位置上的移動而中斷學習。
4. 具備自行調整以適應不同裝置改變的功能。

是故，E-learning、M-learning與U-learning三者演進過程，更是扮演著相輔相成的角色。本研究針對計畫中所提出「無所不在的學習」的理念，創造出可以隨時隨地學習的多元化行動學習環境，更結合無線校園的建置，幫助學生超越傳統的教室學習，更可輔助或增強語言學習所需要的環境，增加更多學習機會，為資訊與通訊科技帶來更多的可能性。

## 2.2 數學學習步道之探討

### 2.2.1 數學步道的基本理念

所謂數學步道是指利用校內或社區的環境，包含球場、樹、校門等設計成充滿創意及思考性的日常生活數學問題，使校園成為隨手可得的教學題材，並且使數學的學習脫離了呆板的數字和公式計算(蔡寶桂，2000)。此種學習方式最大特色就是利用學生每天接觸的校園環境景觀，引導學生主動用數學的眼光來思考情境，並讓孩子發揮創意，亦即帶學生走出教室外，從真實的生活環境中進行數學學習，與評量結合則為真實性評量。

### 2.2.2 數學步道的目標

數學步道期望達成下列學習目標：

1. 擺脫以往紙上作業教(考)數學的枯燥方式，使教學與評量打破時間與空間的限制，校園(社區)裡處處可學習，學生也會覺得數學更生活化、更有趣，而且充滿驚喜。
2. 配合九年一貫數學課程的目標，加強學生連結與統整跨領域知識的能力，使學生能更順利進行學習遷移。
3. 使數學的學習活動更加生動活潑，更能讓學生瞭解到數學在日常生活中的意義，進而提高學生的學習興趣而主動學習。
4. 可成為激發孩童數學潛能的最佳課外教學活動。

### 2.2.3 數學步道設計

#### (一) 設計原則

1. 數學步道的設計應依環境的特性結合數學教學的單元目標活動為主軸。
2. 數學步道的設計不應只有活動單的設計，應包含活動說明、活動內容、評分標準及學習者的想法與作法的記錄等部分來設計活動。
3. 數學步道的設計中的活動說明應闡示學習者應具有的能力、與單元內容相符的解題策略和應注意的事項，以利活動的進行。
4. 數學步道的設計中的每個單元，可包含不同類別的活動，如計算與非計算等。如此，可使活動的進行更多元化、更生動活潑，避免枯燥乏味，甚至可和遊戲互相結合。
5. 數學步道的實施中，學生的解題策略可行或不可行，教師可藉由學生的發表，開發其思維的盲點，而使其豁然開朗。
6. 數學步道的設計，應視單元的內容和環境的特性，除了使用相關測量等工具之外，並配合天候、時間來進行。

(二) 前置作業

1. 規劃數學步道活動範圍—校園內或校園外(社區、機構)
2. 規劃方式
  - a. 有形步道：設計符合數學單元的學習路徑可供教學或評量行走(須配合硬體規劃與設計)
  - b. 無形步道：在開放的環境裡，依教學所需虛擬活動路線並自行訂定學習站。

(三) 數學步道的活動設計步驟

1. 勘查校園地形----先仔細的逛校園一圈，決定各分站主題並觀察地形地物，找出可發揮的點。水溝蓋、樓梯、一棵樹、圍牆、水池等等。
2. 查閱能力指標----查閱小學五年級的數學課本及課程綱要，看看五年級的學生應該學些什麼，先備知識學到什麼樣的地步。再依照各單元的活動項目為設計各分站的參考，各分站的題目設計再依各區的特性進行教學(評量)活動的子題設計。
3. 佈題要怎樣佈得恰當、佈得有趣，讓孩子們喜歡來做。除了課本的內容，一些生活化的、類似「動動腦」、「趣味數學遊戲」、有關邏輯推理的東西，也是適合的題目。
4. 分工設計活動:從環境中取材,再加以布題,問題可以要求學生描述,觀察或測量並記錄,述說感覺,解題與討論。

5. 設計學習步道手冊：內容包括目錄、地圖、使用說明、活動單與活動說明等項目。活動說明則包括活動目標、學生可能的解題策略、評分標準、實施注意事項四項。
6. 過關獎勵:每過一關就可蓋一個章,利用學習手冊(學習護照)增加學生學習樂趣。

2.3 網路互動式解題討論之探討

在本研究U-learning的環境中，網路正好提供了不同以往的互動方式，透過E-mail、即時通訊、交換檔案、電子白板、語音交談、遠端登入、尋求遠端協助、應用程式共用、留言版、討論區、電子佈告欄(BBS)、線上會議等，這些工具增加了師生與學生之間的互動並且能支援學習及傳送教學，讓學習可以隨時產生，是學生進行互動式解題討論的理想工具。為了瞭解如何適當地運用網路互動式解題討論於本研究之適性U-learning數學步道系統，以下便針對合作學習的類型進行比較。

1. 合作學習

Slavin(1985)認為合作學習是一種有結構、有系統的教學策略，在學習中教師將不同能力、性別、種族背景的學生，分配到四至六人的異質性分組中一起學習，同一小組學生共同分享經驗，接受肯定與獎賞。此種教學法可適用於大部分的學科及各個不同的年級，而且合作學習的進行會因程序、預期結果及獎賞方式的不同，而有不同的學習方法(引自簡妙娟，2003；林靜萍、楊坤原，2004)。

學者 Sharan 和 Shauklov (1990)指出：合作學習較一般教學活動更能增加學習動機。而引發學習動機如下：1.提出明確而又適度的期望和要求；2.給予清楚而即時的回饋；3.注意評估、反饋和獎勵的頻率；4.了解學生對獎勵的估價；5.使所有的學生都有得到獎勵的可能。

2. 合作學習的類型

為了便於分析比較，研究者歸納整理成表 3：

表 3 合作學習的類型的比較

類型	學生小組成就區分法	共同學習法	小組遊戲競賽法	團體探究法
分組方式	異質分組	異質分組	異質分組	興趣分組
學習方式	共同學習	共同學習	共同學習	小組研究
評量	經常性	合力接	學科遊	發表小

方式	小考	受一份測驗	戲競賽	組成果
成績計算方式	成員進步成績的總和	合力接受一份測驗的成績	能力系統競賽成績的總和。	品相表告他體報其團組與的小質關現
工作分配與分享	共同研讀與共同分享個別努力的成果	共同研讀與分享團體努力的成果	共同研讀與分享個別努力的成果	分工合作，共同分享團體努力的成果
特色	以進步分數替代小組測驗絕對分數鼓勵學習	促進互賴關係，重視各人績效責任的成績	公平競爭，育學於競賽樂趣之中	學生中心，多元學習、多向溝通、增進高層次的認知能力

綜合相關文獻，本研究擬以合作學習中的小組遊戲競賽方式為主，來進行U-learning數學步道中之網路互動解題討論活動。

## 2.4 開發之以知識結構為基礎的電腦適性學習系統

### 1. KSAT 理論基礎

KSAT為「以知識結構為基礎之適性測驗」(knowledge structure based adaptive testing)的簡稱，能精確的診斷出學習上的迷思概念，並且節省施測時間(郭伯臣, 2003、2004、2005)，在KSAT系統建置時，用到以下三種知識結構：

#### (一)專家知識結構

編製診斷測驗試題所依據的專家知識結構，是由專業國小教師群及專家依據教學學理以利教學經驗，分析教材內容及教學目標，找出單元內重要的學習概念，再根據教學流程學生的概念發展順序及概念的關係，繪製出單元的專家知識結構，而依照知識結構來出題。專家知識結構中，最上層的概念為此單元較晚學到的概念，下層則為最先學到的基礎概念。

#### (二)學生知識結構

學生知識結構由學生紙筆評量作答情形估計而得，依學生作答反應情況，根據試題結構演算法所得出的概念發展順序及其概念間上下位關係的一結構關係。所以，在學生知識結構中，最上層的概念為此單元的最難概念，下層則為其基礎概念。

根據郭伯臣(2003、2004、2005)的國科會研究「國小數學科電腦化適性診斷測驗」可知，使用良好的試題結構，可有效降低施測題數，該研究中比較了三種估計試題結構方法，「順序理論」(ordering theory, OT)、「試題關聯結構分析法」(item relationship structure analysis, IRS)及Diagnosys，研究結果顯示，使用OT結構之適性測驗選題策略，所需訓練樣本較少與可節省較多施測題數，優於IRS與Diagnosys，故KSAT採用OT及IRS這兩種順序理論技術來估計試題結構，並用於適性測驗流程之建立。

#### (三)補救教學結構

學生在第一次學習是採用專家結構做教學，但學生學習後會依生活經驗組成自己的學生知識結構，如果再使用專家知識結構做教學，並不合適且效果較差，所以結合專家知識結構、學生知識結構組合而成補救教學結構，以學生知識結構為基礎再融合專家知識結構的邏輯，能夠比專家認定的結構更貼近學生實際學習後的結果，也比學生知識結構更有系統的進行補救教學。

KSAT 根據學生知識結構設計適性施測流程，可依不同受試者的作答情形而給予適當的試題，藉此節省大量的試題，並可對學生的剖面圖得到精確的估計，目前已有相關之研究發現中，以KSAT進行測驗，在預設之預測精準度下能節省大量施測題數。黃珮璇、王暄博、郭伯臣、劉湘川(2006)、楊智為、張雅媛、郭伯臣、許天維(2006)以試題結構理論為基礎的適性測驗演算法分析康軒版和南一版數學各單元施測資料，結果顯示在預測精準度為0.95時，康軒版和南一版各單元平均節省50%以上的施測題目；在預測精準度為0.90時，康軒版與南一版各單元平均節省76%以上的施測題目，證實以知識結構理論為基礎之適性測驗強韌性(robustness)佳。

綜合上述，KSAT的優點如下：

(一)強韌性佳、適性化的測驗可達到「因材

施測」的目的。

(二)對受試者而言,可節省大量的測驗時間,留予補救教學之用。

(三)對教學者而言,可詳細診斷學習者的錯誤概念,達到「因材施教」的目標。

(四)「評量」、「診斷」與「補救教學」皆適性化、個別化,達到「因材施教」、「因材施教」的目的。

## 2. KSAT系統實作成果

### (一)進行適性化測驗

點選參加測驗後,會進入選擇施測單元的畫面(圖 2),頁面上有基本的使用說明,詳盡的使用說明,可引導學生順利完成測驗。測驗選擇皆為下拉式選單,依序版本、領域、冊別、單元名稱、卷別來做選擇,選好了之後,按下「參加測驗」的按鈕,就進入測驗畫面(圖 9)。

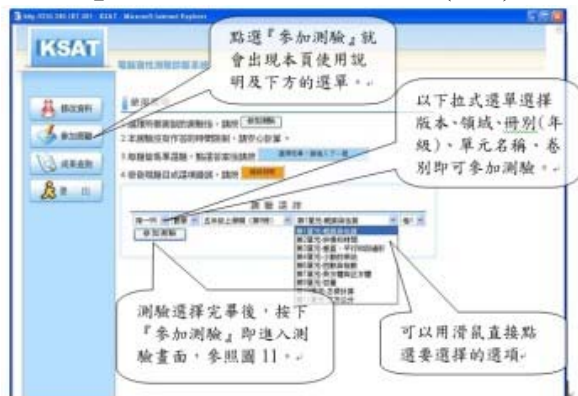


圖 2 測驗選擇畫面

進入測驗後(施測畫面以圖 3 為例),右上角列出正在測驗的單元,左上角的題號代表目前測驗的題數。目前系統題目設計皆為單選題,有四個選項,選擇作答其中一個選項後,點選「進入下一題」的按鈕,若沒有選擇其中一個選項,則系統不會跳出下一題。若發現題目有任何錯誤,在右下角可以點選「問題回報」,將此問題回報給管理者處理。



圖 3 進行測驗

### (二)學習診斷報告

在學生以系統進行完測驗之後,系統會顯示一份學習診斷報告書(如圖 4、圖 5),



圖 4 為診斷報告書的上半部份

說明如下:

基本資料:包含了學生在電腦中的基本資料,包含施測地點、學號(身分證字號)、姓名、性別、就讀縣市、學校、年級、班級。

本次測驗結果:顯示當次的測驗結果,包含單元、成績、百分等級、施測日期、施測時間、施測題數、施測總題數,當單元相同則施測總題數相同,其中施測題數將因人而異,依照該單元的知識結構、學生不同的迷思概念,決定施測題數的多寡,會精準的幫您找到迷思概念,並節省掉不需要的試題及施測的時間。

百分等級圖:表示學生的測驗分數(或考試成績)在其所屬團體中相對位置的統計量數;假設甲生的分數為97分,百分等級為99,表示甲生的考試分數勝過百分之九十九的同學。用百分等級表示分數結果的高下,不只可以知道其勝過人數的百分比,而且可以知道其所不如的人數百分比。

本單元學習紀錄:用來記錄同單元中每一次的施測結果,可從成績、百分等級中看出在同學之間進步的變化,讓學生及師長了解學習狀況的改變,以方便做更進一步的教學。



圖 5 為診斷報告書的下半部份

概念診斷報告會列出該單元的所有重點，重點順序即為補救教學的順序，提供學生有系統的補救教學模式。概念列表會列出所測單元的所有概念，每個概念皆會於後方顯示診斷結果，若診斷結果為○的，表示通過該概念，若診斷結果為×，則表示未通過該概念。系統將每個知識節點切割非常細，能精確的測量出學生的迷思概念，老師再針對學生錯誤概念進行教學，可以使教學更有效率。

線上學習欄的教材，連結到教學動畫，提供學生即時的補救，增強學生的學習效果。畫面下方提供「列印」的按鈕，方便列印本次測驗的診斷報告。

### (三)錯誤題型解說

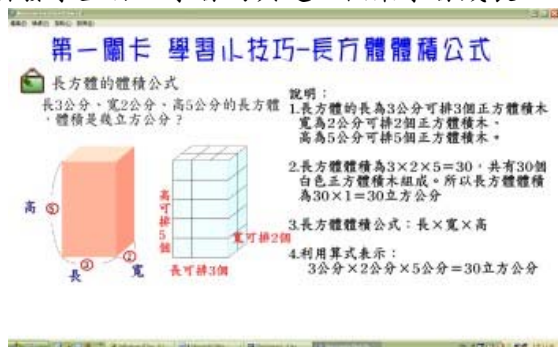
若想查看錯誤的題目，可以點選學習診斷報告中的『查詢』，就會跳出錯誤題目解說(如圖 6)，上方會顯示試卷名稱及需補救概念，讓學生了解自己是錯哪一類型的題目。畫面上會列出錯誤題目及選項，也會列出學生的答案及正確答案，供學生做比較。



圖 6 錯誤類型解說

### (四)多媒體補救教材

點選學習診斷報告(如圖 5)中的『教材』即可進入補救教學動畫(如圖 7 所示)，各單元的重點皆有對應到教學動畫，可提供學生完成測驗後，能有最完整的適性補救教學，讓學習也達到最好的效果。藉由生動活潑的教學動畫，引發學生自主學習的興趣，快樂學習成長。



### 圖 7 多媒體補救教材

### (五)查詢歷來測驗成果

點選『成果查詢』，即可進入測驗成果查詢，各個單元在畫面上一目瞭然，可了解自己的學習紀錄，也可以用滑鼠點選單元名稱觀看之前的診斷報告，方便進入學習之前迷思概念的補救教學。

畫面直接列出成績與百分等級，可清楚學生在各單元的進步情形。也提供列印圖示，方便使用者列印當次的診斷報告，點選後選擇開啟檔案，直接列印即可。



圖 8 歷來測驗成果查詢

## 3. 研究設計與方法

### 3.1 研究架構

根據圖 9、圖 10 之研究架構，本論文之研究重點分述如下：

1. 設計與發展系統：首先收集 U-learning、數學步道、系統建置、補救教學相關文獻，一方面分析與設計以知識結構為基礎結合網路互動式解題討論之適性 U-learning 數學步道系統，另一方面將選定五年級下學期體積與表面積單元設計數學步道活動、室內紙本教學教案與戶外 U-learning 教案以及各項評量工具(電腦化數學成就測驗、多元評量回饋量表)之編製與預試，而後進行數學步道行動學習系統建置，完成系統整合與初步測試。

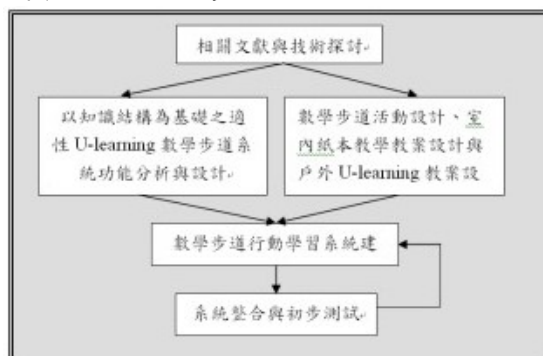




圖 9 設計與發展系統

2.教學實驗：依據圖 17 進行教學實驗，實驗所研發之系統與相關教案之成效，分為實驗組與對照組進行，首先利用所有學生期中考數學成績為起點行為測驗，實驗組之後利用無線網路以戶外 U-learning 數學步道系統進行教學，再進行第一次電腦適性測驗，依據第一次電腦適性測驗結果進行適性 U-learning 補救，最後進行第二次電腦適性測驗；對照組以室內紙本數學步道進行教學，再進行第一次電腦化適性測驗，依據第一次電腦化適性測驗結果進行室內紙本補救，最後進行第二次電腦化適性測驗。教學單元之實驗完成後進行分析資料，評估其實驗成效，依據實驗結果修正系統撰寫研究報告。

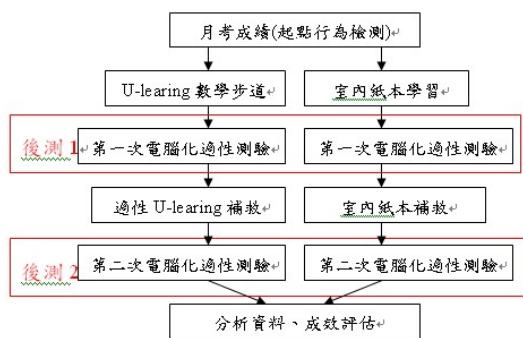


圖 10 教學實驗

3.2 研究目的

1. 以「體積與表面積」單元為例，建置一可結合行動化數學情境學習、網路互動式解題討論以及適性測驗、教學動畫與適性補救學習的「適性U-learning數學步道系統」。
2. 以知識結構為基礎，利用「體積與表面積」單元為例，設計與編製適合「適性U-learning數學步道系統」使用的教材以及教學與評量活動設計。
3. 探討U-learning數學步道與傳統室內紙本數學步道的學習方式對學生數學學習成就的影響。
4. 分析以適性U-learning數學步道進行適性補救學習對學生數學學習成就的影響。
5. 分析國小學童對於U-learning校園數學學習步道學習之心得問卷之成效。

3.3 研究對象

本研究以台中市北屯國小五年級學生為主要研究對象，學校以班別取樣選取四班學生，以班級為單位，兩班為實驗組34位，另外兩班

為對照組48位。實驗組實施「適性U-learning數學步道學習活動」，對照組實施「傳統室內紙本數學步道學習活動」。

3.4 教學設計與實驗設計

本論文將選定五年級第 10 冊數學體積與表面積單元進行適性 U-learning 數學步道教學活動。此單元在設計數學步道活動時皆是採用多點式戶外校園數學步道來進行教學設計，而 U-learning 活動進行的規劃，亦皆採用二人為一小組，3 小組為一群組的方式，每一小組操作一台平板電腦的戶外小組 U-learning 活動模式，以下以五年級「體積與表面積」單元為例，說明本研究適性 U-learning 數學步道教學設計方式。

(一) 教學設計方式

1.單元對應能力指標，如表 4

表 4 體積與表面積單元對應能力指標

A-2-4 能使用中文簡記式(簡字式)描述長方形、長方體之長度、面積、體積等幾何量
N-2-11 能理解生活中，各種量的測量工具上刻度間的結構，進而對以同單位表達的量作形式計算
N-2-12 能知道同類量中二階單位之間的關係及使用二階單位作描述，並利用此關係作整數化聚
N-2-13 能以個別單位的方式(利用等物合成複製後)描述面積、體積，並能用乘法簡化長方形面積、長方體體積之點算
S-2-2 能依基本形體的組成要素之間的關係比較兩形體的異同

2.進行教材單元知識結構的分析，如圖 11

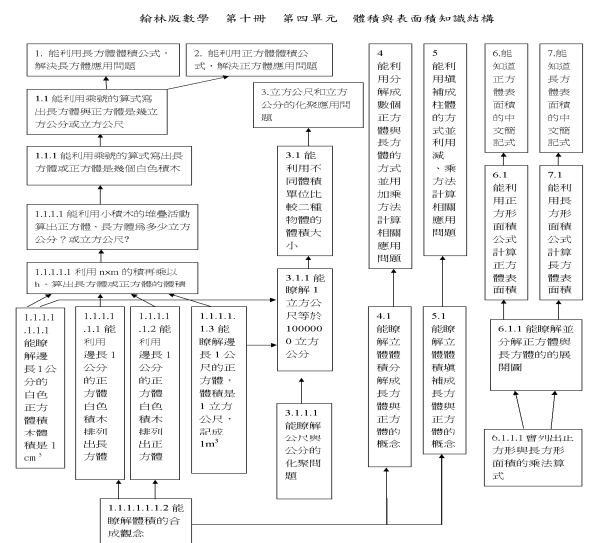


圖 11 單元知識結構

- 根據圖 11 之知識結構對應到校園環境特色，找出可供設計每一（幾）個知識節點的環境素材，例如操場、中庭恰好有長方體、複合體積可作為體積與表面積的布題材料。
- 根據選定的環境素材，設計本單元之數學步道關卡活動。
- 規劃本單元完整的適性 U-learning 數學步道教學活動流程如表 5 所示：

表 5 本研究各單元之適性 U-learning 數學步道教學活動流程

教學單元	主要活動	教學資源	教學節數	學習模式
體積與表面積單元	<ol style="list-style-type: none"> <li>以學生月考成績為起點行為前測結果</li> <li>集合學生進行活動解說                             <ol style="list-style-type: none"> <li>如何登入適性 U-learning 數學步道系統</li> <li>教師示範如何使用適性 U-learning 數學步道系統</li> </ol> </li> <li>二~三人一組分組依系統指定動線開始數學步道關卡</li> <li>數學步道進行情境布題，並提供小組成員點選此關卡所涉及的數學概念之多媒體教材以進行解題所需的重要數學概念之初步學習</li> <li>要求小組成員個別解題並在手寫區紀錄解題過程</li> <li>小組成員各自傳送自己的解法至系統中</li> <li>小組線上互動討論</li> <li>小組彙整解題方</li> </ol>	適性 U-learning 數學步道系統  多媒體教材  手寫區  網路互動式題論系統  電子白板	3 節 (120min)	情境學習  個別化學習  網路合作學習

法上傳 9. 小組間互相評鑑解題方法並進行討論 10. 老師說明最佳的解題方法 11. 小組票選最佳解題方法 12. 師生共同線上統整本單元重要數學概念及澄清錯誤概念				
13. 第一次後測 14. 適性補救教學 15. 第二次後測	KSA T 多媒體補救教材	1 節 1 節 1 節	以知識結構為基礎的適性學習	

(二) 實驗設計

本論文在教學實驗部分將採用準實驗研究中的「不相等對照組設計」來進行教學實驗，各單元以 4 個班進行實驗，兩班為實驗組、兩班為對照組，使用圖 12 的實驗設計流程進行實驗：



圖 12 實驗設計流程

### 3.4 研究工具

1. MATLAB：MATLAB7.1 是一高階科學運算語言、可分析資料與發展演算法和應用之互動式環境。本研究撰寫 MATLAB 程式來評估目的的選題策略之成效，也用來評估系統正式施測之成效。
2. 作業系統：CentOS 5。CentOS 是「Caos Linux」獨立計畫的一個分支，CentOS 是以知名的 RedHat 平台為基礎，有一定的穩定性與安全性。
3. HTTP Server：Apache 2。除了主機、作業系統與使用者所製作的網頁外，我們還需要安裝一套能將網頁放到網路上讓其它人來存取的軟體，也就是所謂的 Web Server。
4. 資料庫：MySQL 5。MySQL 資料庫也是免費的程式，在資料庫中必須依權限的設定才能進入資料表，提高了安全性。
5. Web 語言：PHP 5。它是個被廣泛運用在網頁程式撰寫的語言，目的是為了能使網站開發者可以快速地撰寫動態網頁。
6. Namo WebEditor 6 是一種「所見即所得」的網頁編輯工具，使用者只要在編輯區域中編輯網頁，則可以在瀏覽器中預覽網頁，達到網頁編排上的靈活度與便利性。
7. 本論文所編製之「體積與表面積」單元的數學步道活動及測驗試題、評分規準、教學動畫與補救教學動畫等工具。
8. SPSS 軟體：SPSS 統計套裝軟體，是為「社會科學」所常用之統計分析軟體，因此只要熟悉 SPSS 的操作，便能迅速進行資料的處理以及分析。

## 4. 研究結果

### 4.1 建置「適性 U-learning 數學步道系統」

1. 「適性 U-learning 數學步道系統」的內容如圖 13 所展示的登入畫面，左側為學生登入帳號與密碼。



圖 13 系統登入畫面

2. 學生登入後，先確認班級與姓名，左側的按鍵為闖關說明區、測驗區、成績查詢區，如圖 14。



圖 14 登入畫面

3. 點選闖關說明後，學生可瀏覽說明內容。瀏覽結束後，點選觀看闖關地圖（如圖 15），開始進入 U-learning 適性數學步道。

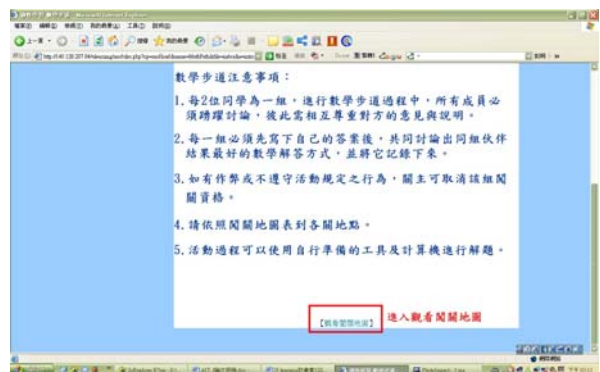


圖 15 觀看闖關地圖

4. 進入闖關地圖後，系統會設定闖關流程，學生必須依照闖關順序，先從進入第一關開始。學生進入畫面三後，點選畫面下方的觀看闖關技巧（如圖 16）。



圖 16 闖關順序畫面

5. 如圖 17 說明學生進入觀看闖關技巧後，依照畫面的教學動畫內容學習該關卡的闖關技巧，看完全部的教學動畫後，點選畫面下方的挑戰關卡，進入校園數學學習

步道的挑戰關卡說明。

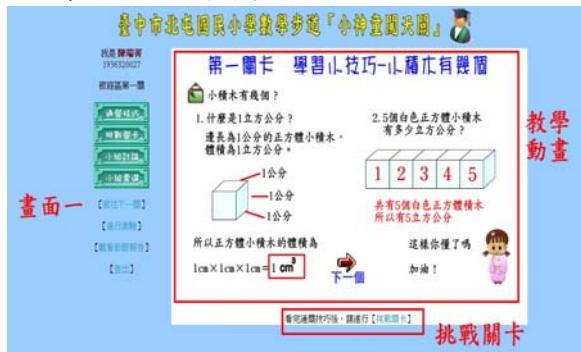


圖 17 教學動畫與挑戰關卡

6. 如圖 17 進入挑戰關卡後，點選上方檔案中的開啟題目，出現關卡題目後(畫面二)，則學生可使用平板電腦在題目下面的空白區紀錄相關作答內容後(如圖 18)。完成該關卡後，需點選上方檔案中的線上存檔，將記錄的答案傳至 U-learning 系統中。



圖 18 學生闖關題目與作答區

7. 學生完成一關後可以點選左側小組討論按鈕(如圖 19)，觀看其他各組的解題方式與解答。

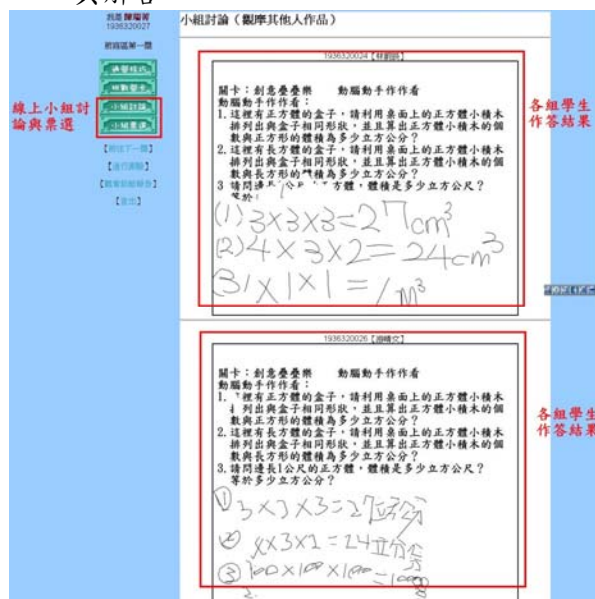


圖 19 小組討論

8. 如圖 20 中，當學生討論各組答案後，點選小組票選按鈕進入(畫面一)，選擇各群

組中的最佳答案(畫面二)。

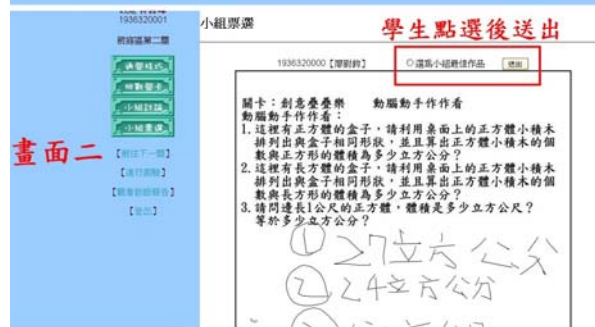


圖 20 學生票選各組最佳解答

9. 如圖 21，學生完成一關後，即可點選前往下一關進入另一關卡。

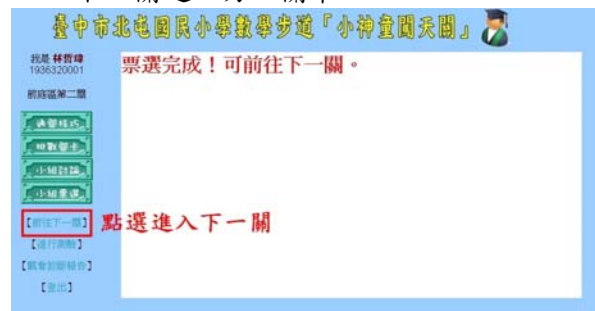


圖 21 點選進入下一關

10. 系統在學生完成所有關卡後，可點選測驗進入 KSAT 適性電腦測驗系統，如圖 22。



圖 22 進行線上測驗

11. 學生進入適性測驗的畫面，如圖 23

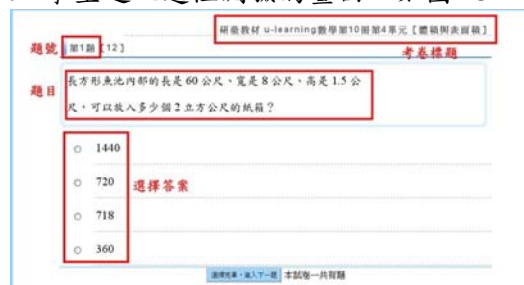


圖 23 線上測驗畫面

12. 測驗結束後，出現學生的測驗診斷報告書，報告書上半部的內容包含歷來測驗單元與成績、學生測驗報告說明、學生基本資料(如圖 24)。下半部的內容有本單元測驗的學習紀錄、測驗日期、測驗時間、分數、測驗題數與作答記錄等，另外概念診斷報告中有列出單元學習概念、診斷結果、線上教材。(如圖 25)



圖 24 診斷報告書上半部



圖 25 診斷報告書下半部

13. 點選診斷報告書中錯誤答案的查詢 X 按鈕，可以觀看學生自己錯誤题目的解說，內容包含試卷名稱、需補救的概念、正確解答與學生錯誤答案。(如圖 26)

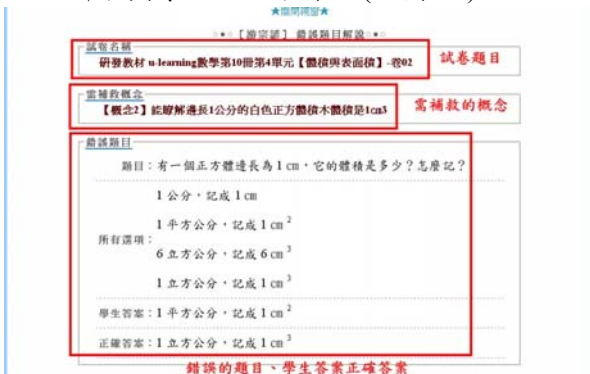


圖 26 查詢學生錯誤概念

14. 點選診斷報告書中線上學習的教材，是依照教學單元概念所製作的補救教學動畫。學生可以點選教材按鍵(如圖 27)，觀

看錯誤概念的補救教學動畫，再重複做概念複習與觀念的釐清。(如圖 28)。



圖 27 動畫補救教材

第一關卡 學習小技巧-小積木有幾個



圖 28 補救教學動畫

4.2 以知識結構為基礎，編製教學教材、評量活動及設計補救動畫。

1. 結合專家教授與資深教師等專家知識結構編製「體積與表面積單元」的專家知識結構圖，如圖 29。在圖的下方的知識概念為本單元最先學到的概念知識，上方的知識概念為最晚學到的概念知識。

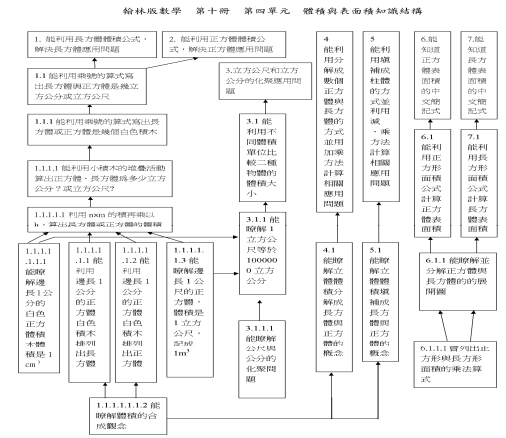


圖 29 「體積與表面積」單元的專家知識結構圖

2. 在利用圖 29 的單元知識結構圖，編製具專家知識結構的測驗試題。試題本身依照單元知識結構中的每一概念編製一份正本試題、二份副本試題，以利適性測驗所需的試題範本。編製後的試題經北屯國小六年級共 10 班學生約 301 位學生的預試，並將紙筆測驗後的學生作答結果，利用 SPSS 軟體標準化後，試卷信度的 Cronbach's Alpha 值到達.857，(如表 7)表 7 試卷信度

Cronbach's Alpha 值	以標準化項目為準的 Cronbach's Alpha 值	項目的個數
.854	.857	31

1. 編製校園數學學習步道學習網站(如圖 30)、包含闖關地圖(如圖 31)、情境題目(如圖 32)、闖關技巧教學動畫(如圖 33)。



圖 30 校園數學學習網站

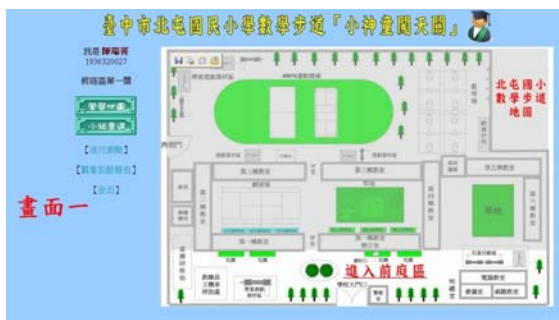


圖 31 闖關地圖

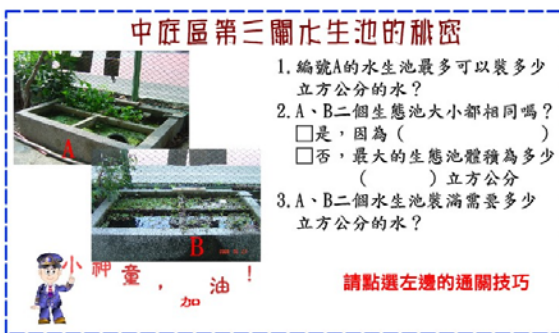
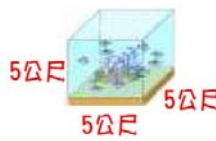


圖 32 情境題目

### 第三關卡 學習小技巧-體積公式應用

海洋生物館有一個正方體水族箱，箱子裡面的邊長5公尺，最多可裝幾立方公尺的水？



- 說明：
1. 箱子裡面邊長為5公尺的正方體
  2. 每邊可以放入5個1立方公尺的正方體
  3. 正方體體積公式：邊長×邊長×邊長
  4. 正方體體積=5×5×5=125個1立方公尺的正方體=125立方公尺

正方體邊長為5公尺，利用正方體體積公式=邊長×邊長×邊長

下一關

圖 33 闖關技巧教學動畫

2. 編寫校園數學學習步道教學手冊，提供教師教學參考使用，並編製紙本學習單，提供對照組使用。

### 4.3 探討 U-learning 數學學習步道與傳統室內紙本數學學習步道的學習方式對學生數學學習成就的影響

1. 本研究依據學習方式分成二組，分別為：實驗組：適性U-learning教學模式，對照組：傳統教學模式。將期中月考的成績作為共變量，分組作為固定因子，第一次測驗的成績作為依變數，顯著水準設為0.05。比較適性U-learning教學模式與傳統教學模式，對學生的學習成效是否具有顯著差異，分析結果如表8、表9所示。

表8 適性U-learning教學模式與傳統教學模式平均數的比較

依變數：第一次			
組別	平均數	標準差	個數
實驗組	50.1765	15.75085	34
對照組	47.1042	15.81844	48
總和	48.3780	15.76654	82

表9 共變數分析摘要表

依變數：第一次				
來源	型 III 平方和	自由度	F 檢定	顯著性
校正後的模式	6663.212 (b)	2	19.536	.000
截距	236.330	1	1.386	.243
月考	6475.352	1	37.971	.000
組別	6.273	1	.037	.848
誤差	13472.069	79		

總和	212051.000	82	
校正後的總數	20135.280	81	

2. 由表9可得知不同分組間的平均數沒有顯著差異( $P=0.848>0.05$ ), 表示此期中月考成績與第一次測驗在二種教學模式的教學成效沒有差異。

#### 4.4 分析以適性U-learning數學步道進行適性補救學習對學生數學學習成就的影響。

1. 將第一次測驗的成績作為共變量, 分組作為固定因子, 第二次測驗的成績作為依變數, 顯著水準設為0.05。比較適性U-learning教學模式與傳統教學模式, 對學生的學習成效是否具有顯著差異, 分析結果如表10、表11所示。

表10 敘述統計

依變數: 第二次			
組別	平均數	標準差	個數
實驗組	65.1765	13.94029	34
對照組	58.9167	11.86598	48
總和	61.5122	13.05756	82

表11 共變數分析摘要表

依變數: 第二次				
來源	型 III 平方和	自由度	F 檢定	顯著性
校正後的模式	7848.482(b)	2	51.998	.000
截距	8348.651	1	110.624	.000
第一次	7068.602	1	93.663	.000
組別	387.099	1	5.129	.026
誤差	5962.006	79		
總和	324078.000	82		
校正後的總數	13810.488	81		

2. 由表11得知, 不同分組間的平均數有顯著差異( $P=0.026<0.05$ ), 表示此實驗組的適性U-learning數學步道進行適性補救學習與對照的一般傳統的補救教學成效有所不同, 繼續檢視成對的比較結果如表12。

表12 成對的比較

依變數: 第二次						
(I) 組別	(J) 組別	平均數差異 (I-J)	標準誤	顯著性 (a)	差異的 95% 信賴區間(a)	
					下限	上限
1.0	2.0	4.431(*)	1.956	.026	.537	8.325
2.0	1.0	-4.431(*)	1.956	.026	-8.325	-.537

3. 由表12可知實驗組的適性U-learning數學步道進行適性補救學習與對照組的一般傳統的補救教學, 兩者之間有顯著的差異。

#### 4.5 瞭解國小學童對於U-learning校園數學學習步道學習之心得問卷

1. 本研究自編「學生對Ulearning校園數學學習步道學習心得問卷」, 本研究問卷在瞭解學生對於適性U-learning數學步道學習活動的接受度與滿意度, 問卷內容採「非負向意見」面向統計學生的滿意度接受度與滿意度如附錄二。

2. 問卷的統計中以非負向意見的學生人數為討論重點, 依據所分析相關數據, 得知有97%的學生喜歡這樣的校園數學闖關活動方式; 有95%的學生覺得這種數學闖關活動方式能真正測出自己的數學能力; 有95%的學生認為這種數學闖關活動方式, 對於思考或解決數學問題有幫助; 有98%的學生認為經過這種數學闖關活動, 對於體積與表面積的了解有增加; 有93%的同學還會想再進行這種數學闖關的方式; 有93%的同學認為分組討論發表的評量活動, 讓自己更想主動學習; 有98%的同學認為這種數學闖關方式, 可以讓自己能有機會對自己的學習做回顧; 有78%的學生認為這種數學闖關活動的過程中, 不會影響學習數學的方法。所以整體而言, 學生對於本研究實驗的活動大都保持正向與高度的學習興趣。

3. 問卷中紙筆回答的部分, 整理後大約分成幾種類型, 如表13。

表13 學生回答類型與人數

編號	學生回答類型	人數/總人數
1	這次活動很好玩、很有趣	23/58

2	小組討論的方式可以學習到更多東西	12/58
3	能再辦一次嗎？	13/58
4	喜歡用這種的學習方式，讓我學到不少東西	10/58

## 5. 結論與建議

本研究將無所不在的行動學習模式結合本研究團隊已開發之「以知識結構為基礎的電腦適性學習系統」，針對國小五年級數學領域「體積與表面積」的單元，透過KSAT適性測驗與適性U-learning數學步道補救教學系統，得到以下結論：

1. 以教學模式而言，利用U-learning數學步道與傳統室內紙本數學步道的學習方式，在月考成績與第一次測驗成績的共變數分析上雖然為同質性但是並無太大的差異，顯示學生在不同的教學模式中，月考成績與第一次測驗成績並沒顯著差異。
2. 以補救教學模式而言，利用適性U-learning數學步道補救教學與傳統室內紙本補救教學的學習方式，在成績上有明顯的進步，顯示補救教學方式適性U-learning數學步道補救教學方式優於傳統室內紙本補救教學的學習方式。
3. 學生在U-learning校園數學學習步道學習之心得結果中，顯示學生對於數學領域利用這種學習方式，讓數學與生活情境結合，除了更能提高學生的學習興趣外，情境中的實際操作，也能增加學習數學的樂趣。

本研究進行後欲提出下列幾點建議：

1. 研究對象的月考數學成績不宜當成起點行為測驗的分數，因為月考試學生精熟學習後的學習表現，而與本實驗的學習表現並無太大的關係。
2. 學生對於操作平板電腦等資訊設備需要有練習操作的時間，以免因操作不順而影響學生學習時的情緒。
3. 數學步道的關卡內容不宜過多，以2~3個知識節點設計題目為主，讓學生有較多的討論與作答時間。
4. 本研究結果顯示利用適性U-learning數學步道補救教學有明顯的進步，因此可以推廣至學校設置相關數學學習步道，有助學生將生活情境與學習能力連結，以符合九

年一貫的教育理念。

## 參考文獻

- [1] 王文科 (1996)。課程與教學論。台北市：五南圖書出版公司。
- [2] 王文科 (1991)。教育研究法。台北：五南圖書出版公司。
- [3] 王佩蓮 (1996)。校園環境步道在開放教育中的實施。臺灣教育，35，13-15。
- [4] 王金國、張新仁 (2003)。國小六年級教師實施國語科合作學習之研究。國立高雄師範大學教育學系，教育學刊，21，頁53-78。
- [5] 朱則剛 (1994)。建構主義知識論與情境認知對教育科技的意義。視聽教育雙月刊，208期，頁1-15。
- [6] 朱則剛 (1994)。建構主義知識論的起源與近代哲學知識論的趨勢。教育工學的發展與派典演化，173-219。台北：師大書院。
- [7] 朱柔若 (譯) (2000)。W. L. Neuman 著。社會研究方法：質化與量化取向。台北市：揚智。
- [8] 吳明隆 (1997)。班級經營與教學新趨勢。台北：五南。
- [9] 吳鈴蓉 (2005)。行動學習環境下的數學步道及互動解題討論系統之建置與應用。
- [10] 吳清山 (2001)。知識經濟時代的教師多元進修。教師天地，115，4-13。
- [11] 吳鐵雄、林奇賢 (1998)。電腦網路在中小學教育之應用研究。國科會八十七年專案成果發表會
- [12] 沈佳萍 (2006)。行動學習應用於數學步道之研究。國立臺灣師範大學工業科技教育學系。
- [13] 林月芳 (2002)。數學步道發現之旅。國教天地，150，頁54-60。
- [14] 林世懿 (2007)。透析國內通訊市場消費需求—2006 台灣地區行動通訊設備調查。
- [15] 林生傳 (2003)。教育研究法：全方位的統整與分析。台北市：心理。
- [16] 林靜萍、楊坤原 (2004)。自然與生活科技領域教學經驗談—小組合作學習之成



- 效。國立編譯館館刊, 32 (1) 78-84。
- [17] 邱瓊慧、謝秀月 (2005)。實境與數位學習整合環境中學習活動模式之研究。國立臺南大學技術報告。
- [18] 張世忠 (2000)。建構教學——理論與應用。台北：五南。
- [19] 張怡貞、簡淑貞 (1998)。校園數學步道在啟蒙數學教育上的應用。教育研究雙月刊。64 10-24
- [20] 張金淑 (2005)。合作學習之理念與應用。教育研究月刊, 131, 頁 45-60。
- [21] 張春興 (1995)。教育心理學：三化取向的理論與實踐。台北市：東華書局。
- [22] 張逸婷 (2002)。電腦學習網站輔助國小學生數學學習之學習成就、數學態度及電腦態度之相關研究。
- [23] 張淑萍 (2000)。建構式教學策略在國小自然科網路學習之設計與應用。台灣淡江大學教育科技研究所碩士論文。
- [24] 郭伯臣 (2003)。國小數學科電腦化適性診斷測驗 (I)。行政院國家科學委員會專題研究計畫報告 (NSC-91-2520-S-142-001)。
- [25] 郭伯臣 (2004)。國小數學科電腦化適性診斷測驗 (II)。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告, 計畫編號: NSC-92-2521-S-142-003。
- [26] 郭伯臣 (2005)。電腦化適性診斷測驗之研究 (III)。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告 (NSC-93-2521-S-142-004)。
- [27] 郭伯臣、謝友振、張峻豪、蔡坤穎 (2005)。以結構理論為基礎之適性測驗與適性補救教學線上系統。台灣數位學習發展研討會, 2005 年 5 月 6-7 日, 國立台灣師範大學。
- [28] 郭惠茹 (2002)。高職數學教師試行合作學習之行動研究。國立彰化師範大學科學教育研究所在職進修專班碩士論文。
- [29] 陳厚吉 (2003)。數學步道對國中生數學學習的成效研究。國立高雄師範大學數學所未出版碩士論文。
- [30] 陳美玉, (1997)。教師專業-教學理念與實踐。高雄：麗文圖書公司。
- [31] 陳慧娟 (1991)。情境學習理論的理想與現實[線上資料]。來源：  
<http://www.socialwork.com.hk/artical/education/gz12.htm> [2006 July 4]。
- [32] 陳慧娟, (2001)。情境學習理論的理想與現實。  
<http://www.nmh.gov.tw/edu/basis3/25/gz12.htm>
- [33] 游自達 (1995)。情境學習論之要義。國立台中師院初等教育研究所簡訊, 11, 4。
- [34] 黃政傑、林佩璇 (2004)。合作學習。台北市：五南圖書。
- [35] 黃珮璇、王暄博、郭伯臣、劉湘川 (2006)。國小數學科電腦化適性診斷測驗強韌性探究。電腦與網路科技在教育上的應用研討會, 2006 年 3 月 24~25 日, 國立新竹教育大學。
- [36] 黃國禎 (2005a)。U-Learning 時代的來臨與挑戰。  
<http://www.elearn.org.tw/KMC/ExpertForum/default.aspx>。
- [37] 黃國禎 (2005b)。有了 U Learning 可隨時隨地感覺數位的存在。  
<http://www.elearn.org.tw/KMC/ExpertForum/default.aspx>。
- [38] 黃國禎、黃淑賢、吳婷婷、楊子奇 (2007)。情境感知無所不在學習環境之動態評量模式。2007 行動與無所不在數位學習研討會。2007 年 5 月 3-4 日, 國立台灣師範大學。
- [39] 楊家興 (1995)。情境教學理論與超媒體學習環境。教學科技與媒體, 22, 40-48。
- [40] 楊智為、張雅媛、郭伯臣、許天維 (2006)。以試題結構理論為基礎之適性測驗選題策略強韌性探究。2006 數位科技與創新管理國際研討會, 2006 年 4 月 1 日, 華梵大學。
- [41] 鄒景平 (2005)。美國學習科技應用的新趨勢與啟示。台大教與學期刊電子報。
- [42] 劉秋木 (2002)。國小數學科教學研究。台北：東華書局。
- [43] 劉晁溢、江明涓 (2004)。Mobile e-Learning 實行技術研究與產業應用案例探討。2004

- 台灣商管與資訊研討會。
- [44] 劉嘉榮 (1990)。錨式情境教學法的理論基礎及其應用。教師之友, 41(4), 6-13。
- [45] 蔡寶桂 (2000)。透過 web-bbs 進行「數學步道」之溝通、解題。竹縣文教, 22, 6-11。
- [46] 鄭晉昌 (1993)。自「情境學習」的認知觀點探討電腦輔助中教材內容的設計—從幾個教學系統談起。教學科技與媒體雙月刊, 12, 3-14。McLellan, 1996
- [47] 鄭富仁、李雅萍 (2006)。我國產業 e 化能力穩定中求進步, 創新資訊應用蔚為風尚。2007 年 2 月 1 日。資策會 ACI-IDEA-FIND/經濟部技術處創新資訊應用研究計畫。
- [48] 盧美貴 (1991)。開放式幼兒活動設計。台北: 心理出版社。
- [49] 謝豪華 (2003)。運用主動性學習教學策略之合作行動研究——以國中英語教學為例。
- [50] 韓善民、葉晉華 (2006)。「行動學習示範、應用及推廣方案」韓國行動學習參訪計畫。教育部電子計算機中心考察報告。
- [51] 簡妙娟 (2003)。合作學習理論與教學應用。
- [52] Abowd, G. D.(1999). Classroom 2000: An Experiment with the Instrumentation of a Living Educational Environment. *IBM Systems Journal*, 38(4), 508-530.
- [53] Airasian, P.W., & Bart, W. M. (1973). Ordering theory: A new and useful measurement model. *Educational Technology*, May, 56-60.
- [54] Appleby, J., Samules, P., & Treasure-Jones, T.(1997). Diagnosing a knowledge-based diagnostic test of basic mathematical skills. *Computer Education*, Vol.28, No.2, pp.113-131.
- [55] Beigl, M., Gellersen, H.-W., & Schmidt, A.(2001). MediaCups: *Experience with Design and Use of Computer-Augmented Everyday Objects*, *Computer Networks*, vol. 35, no. 4, Mar. 2001, pp. 401-409.
- [56] Brown, J. S. Collins, A., & Duguid, P.(1989). Situated Cognition and the Culture of Learning. *Educational Researcher*, 18,1, 32-42.
- [57] Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognitive and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18, 32-42.
- [58] Brusilovsky, P., Eklund, J., & Schwarz, E. (1998). Web-based education for all: A tool for developing adaptive courseware. *Computer Networks and ISDN Systems*, 30 (1-7), 291-300
- [59] Brusilovsky, P., Schwarz, E., and Weber, G. (1996). ELM-ART: An intelligent tutoring system on World Wide Web. In: Frasson, C., Gauthier, G. and Lesgold, A. (eds.) *Intelligent Tutoring Systems. Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 1086. Springer Verlag, Berlin, 261-269.
- [60] Carlson, S. (2002). Are personal digital assistants the next must-have tool? *The Chronicle of Higher Education*, 49(7), A33.
- [61] Chabra, T., & Figueiredo, J.(2001). How To Design and Deploy Handheld Learning.
- [62] Chen G., & Kotz. D.(2000). A survey of context-aware mobile computing research. Technical Report TR2000-381, Dept. of Computer Science, Dartmouth College.
- [63] Cheng, L. & Marsic, I.(2002). Piecewise Network Awareness Service for Wireless/Mobile Pervasive Computing, *Mobile Networks and Applications(MONET)*, Vol. 7, No. 4, pp. 269-278.
- [64] Cheng, Z., Sun, S., Kansen, M., Huang, T. J., & He, A. G. (2005). *A personalized ubiquitous education support environment by comparing learning instructional requirement with learner's behavior*. Proceedings of The 19th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications, 567-573.
- [65] Collins, A.(1994). Goal-based scenarios and the problem of situated learning. A commentary on Andersen's consulting design of goal-based scenarios.
- [66] Crawford, C. M. (2005). Leadership and change: the integration of information technologies into learning environments. In SITE 2005 Proceedings (Preface), AZ: Phoenix.

- [67] De Bra, P., Calvi, L. (1998). AHA! An open Adaptive Hypermedia Architecture. *The New Review of Hypermedia and Multimedia*, 4, 115-139.
- [68] Dede, C., & Ketelhut, D. (2003). Motivation, usability, and learning outcomes in a prototype museum-based multi-user virtual environment. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, Chicago, IL, April 2003.
- [69] Derntl, M., & Hummel, K. A. (2005). *Modeling context-aware e-learning scenarios*. Proceedings of The 3rd IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops, 337-342.
- [70] Dey, A. K., & Abowd, G.D.(2000). Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness. In CHI 2000 Workshop on the What, Who, Where, When, and How of Context-Awareness.
- [71] Dey, A. K., Abowd G. D., & Salber D.(1999). A Context-Based Infrastructure for Smart Environments. presented at the 1st International Workshop on Managing Interactions in Smart Environments(MANSE '99). Dublin: Ireland.
- [72] Duffy, T. M., Lowyck, J., & Jonassen, D. (1993). Designing environment for constructive learning”, Heidelberg: Springer-Verlag.
- [73] Erickson. T. (2002). Some problems with the notion of context-aware computing. *Communications of the ACM*, 45,2:102–104, ACM Press.
- [74] Hiroaki, O., Yoneo, Y.(2004).Context-Aware Support for Computer-Supported Ubiquitous Learning. The 2nd IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education.
- [75] Huberman, A. M. and Miles, M. B. (1994) Data management and analysis methods. In: Denzin, N. K. and Lincoln, Y. S. (eds.) *Handbook of Qualitative Research, London: Sage*, 428-444.
- [76] Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Smith, K. A. (1998). *Cooperative learning returns to college*. *Change*, 30(4), 26-35. Abstract from EBSCOhost : AN869070.
- [77] Johnson, D.W.& Johnson, R. T.(1993).Circles of learning cooperation in the classroom. Minnesota Interaction Book Company
- [78] Kindberg, T., & Fox, A.(2002). System software for ubiquitous computing. *Pervasive Computing Magazine*.
- [79] Kravcik, M., Kaibel, A., Specht, M., & Terrenghi, L.(2004). Mobile Collector for Field Trips. *Journal Educational Technology Systems*, 7(2) 25-33.
- [80] Lave J., & Wenger. E.(1991). Situated learning: Legitimate peripheral participation. Cambridge: Cambridge University Press.
- [81] Ma, J., Yang, L. T., Apduhan, B. O., Huang, R., Barolli, L., & Takizawa, M.(2005). Towards a Smart World and Ubiquitous Intelligence: A Walkthrough from Smart Things to Smart Hyperspaces and UbiKids, *International Journal of Pervasive Comp. and Comm.*, 1(1).
- [82] Maller, J. B. (1929). Cooperation and competition: An Experimental Study in Motivation. New York: Macmillan.
- [83] Montague W. E., & Knirk F. G.(1993). What works in adult instruction: the management, design and delivery of instruction? *International journal of educational research*, 19, pp.329-331.
- [84] National Council of Teachers of Mathematics(NCTM)(1998). NCATE PROGRAM STANDARDS: Program for Initial Preparation of K-4 Teachers with an Emphasis in Mathematics, 5-8 Mathematics Teachers, 7-12 Mathematics Teachers. National Council of Teachers of Mathematics.
- [85] Palinscar, A. S., & Brown, A.(1989). Guide , cooperative learning and individual
- [86] Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, V.L.L. (1985), “A Conceptual Model of Service Quality and Its Implications for Future Research”, *Journal of Marketing*, Vol.49, pp.44.
- [87] Park Y. T.(2004). Contexts in Ubiquitous Computing. *workshop on ubiquitous computing*, 151-172.
- [88] Pinkwart, N. Hoppe, U., Milrad, M., &

- Perez, J. (2003). Educational scenarios for cooperative use of personal digital assistants. *Journal of Computer Assisted Learning*, 19(3), 383–391.
- [89] Ponnokanti, S.R., Lee, B., Fox, A., Hanrahan, P., & Winograd, T.,(2001). ICrafter: A Service Framework for Ubiquitous Computing Environments, Proc. of Ubiquitous Computing, Sep.
- [90] Pownell & Bailey(2001). Getting a handle on handhelds. *American School Board Journal*, 188(6) 18–21.
- [91] Relan, A. & Gillani, B. B. (1997). Web-based instruction and the traditional classroom: similarities and differences. Web-based instruction. Englewood Cliffs, NJ: *Educational Technology Publications*. p. 41-46.
- [92] Romiszowski, A. J. (1997). Web based distance learning and teaching: revolution or reaction to necessity? In B. H. Khan (Ed.), Web-based instruction. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology.
- [93] Schmidt & Beigl. M.(1998). There is more to context than location: Environment sensing technologies for adaptive mobile user interfaces. In Workshop on Interactive Applications of Mobile Computing IMC'98.
- [94] Schmidt & Van Laerhoven. K.(2001). How to build smart appliances. *IEEE Personal Communications*. 66-71.
- [95] Schmidt. A.(2002). Ubiquitous Computing – Computing in Context. PhD thesis, Lancaster University.
- [96] Scribner, S. 1984. Studying Working Intelligence. In B. Rogoff & J. Lave (e d s .), *Everyday Cognition : Its Development in Social Context*. pp.9~40. Cambridge, MA : Harvard University Press.
- [97] Slavin, R. E.(1985). An instruction to cooperative learning research. In Slavin, R., et al.(Eds.) *Learning to cooperative, cooperating to learn*.5-16.
- [98] Slavin, R. E.(1996).Cooperative learning in middle and secondary schools. *Clearing House*, 69(4)200-204, Abstract from EBSCOhost : AN9605304059.
- [99] Soloway, E., Norris, C., Curtis, M., Krajeick, J., Marx, R., Fishman, B., & Blumenfeld, P. (2001, April). Making palm-size computers the PC of choice for K-12. *Learning and Leading with Technology*, 28 (7), 32-57.
- [100]Suchman, L. A.(1987). Plans and situated actions: The problem of human-machine communications. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- [101]Takeya(1991). New item structure theorem. Tokyo: Waseda University.
- [102] Tatar, D., Roschelle, J., Vahey, P., & R.Penuel W.(2003). “Handhelds go to school: lessons learned”, *IEEE Computer Magazine*, Vol. 36, No.9, pp. 30-37, Sep. 2003.