

國小數學速率單元問答自動 回覆系統之研究

蔡進聰* 吳源豐** 湯維玲***

本研究目的是建置國小數學速率單元問答自動回覆系統，學生可提出有關速率單元學習問題的關鍵詞，經由系統自動回覆，幫助學生解決學習問題，獲得即時準確的解答。主要貢獻如下：一、依據蓋聶 (Robert Mills Gagné) 教學理論中，從學生學習能力發展出「學習階層」(Learning Hierarchy)，並開發速率單元的學習階層和問答自動回覆系統的問題文件、關鍵詞與問題解答。二、利用關鍵詞權重法與餘弦向量相似度方法，找出與使用者所輸入之關鍵詞最相近的問題文件；並使用 ASP.NET、Access、與 Flash 工具，開發網際網路版之國小數學速率單元自動問答回覆系統。三、本系統包含「問題關鍵詞輸入機制」、「相似問題文件自動回覆機制」、「問題解答回覆機制」三個模組，利用電腦之瀏覽器即可接受學生提出問題關鍵詞，並自動回覆解答。為進行本系統的實施與評估工作，立意取樣三所小學六年級學生實際測試本系統，並以自編問卷了解學生使用系統的滿意度，大多數接受測試的學生表示：確實可即時獲得系統自動回覆解答，能有效解決速率單元的學習疑問，並提升學生學習興趣。

關鍵字：國小數學領域、速率、自動回覆系統、關鍵詞權重法、餘弦向量相似度。

* 作者現職：國立屏東教育大學資訊科學學系副教授

** 作者現職：高雄市大樹區龍目國民小學教師

*** 作者現職：國立屏東教育大學教育學系副教授

通訊作者：湯維玲，e-mail: tangwl@mail.npue.edu.tw

壹、緒論

一、研究問題背景與動機

行政院國家科學委員會於 2002 年 1 月 15 日通過「數位學習國家型科技計畫」，在五年內投入四十億元進行此項計畫；所謂「數位學習」是指以數位工具，透過有線或無線網路，取得數位教材，進行線上或離線之學習活動；希望藉由數位學習工具（載具及輔具）的研發、數位學習網路環境的建置、數位教材內容的製作、以及數位學習活動的設計等，推動全民數位學習；使得我國成為「學習型社會」（Learning Society），進而營造一個「優質數位化社會」（e-Society）的環境，以提升知識經濟時代的國家整體競爭力（行政院國家科學委員會，2002，2004，2007）。近年來教育部也推動數位學習，積極進行「網路學習發展計畫」與「資訊教育基礎建設計畫」；目前「國民教育九年一貫課程」十大基本能力中，有一項為「運用科技與資訊」，即是希望學生能夠正確、安全和有效地利用科技，來蒐集、分析、研判、整合與運用資訊，提升學習效率與生活品質（教育部，2002）。由於電腦與網路科技的進步，對教育與學習產生重大的改變與影響，提供了學生便利的學習環境，讓學生不受時間與空間的限制，且容易獲得豐富的學習資源。教育當局大力推廣網路數位學習與資訊科技融入教學，應用資訊科技設備，培養學生應用資訊科技的能力，以達到學生自我學習的目的，但是如何提升學生在網際網路的學習動機，並達到學習的效果，則是推動數學學習者值得關切的重點。

為實現上述的目的，數位學習平台應具有吸引學生自行探索與自主學習，且當學生有問題時可自動回覆解答等功能。本研究選擇國小數學作為學習測試與評估的學科，起因於數學能力不好的學生，數學一直是他們心中的夢魘。黃國勳、劉祥通（2003）指出數學科是國小學生最容易引起焦慮的科目；隨著年級的升高，課程的內容越來越抽象化，部分學生的認知發展尚不足以應付，因而產生學習的障礙，自然對數學的學習抱持排斥的態度。當教育當局提倡落實常態分班的政策後，教師的角色隨著時代變遷，已由早期知識的傳遞者，轉變成為教學的引導者，教師更需要關注「學生的學習興趣」課題。而多數的研究者指出「興趣」是學生學習的重要元素，所以教師應該提升學生學習的興趣和激發學生主動學習的意願。正是因為數學教學沒有最好的方法，只有最適合的方法，所以對國小學生而言，遊戲中學習可能是維繫他們學習興趣的重要因素之一。隨著學習工具的轉換與資訊科技融入教學，相信網路數位學習將成為未來重要的學習方式之一。因此，數位學習平台上應考慮到如何吸引國小學生自行探索與自主學習，以提升學生學習數學的動機與興趣。

研究者根據過去多年擔任國民小學高年級教師的教學經驗，發現歷屆學生在數學領域判斷速率的大小時，容易產生迷思，其中最主要的兩種迷思概念：

第一是未考慮距離遠近的因素，而誤以為所花的時間愈長，跑得愈慢；第二是未考慮時間的因素，誤認為跑的距離愈遠，就是跑得愈快。但礙於教師在課堂授課時，存在著教學環境和課程進度等限制，無法讓學生實際體驗速率的感覺，所以對國小學生而言，速率是極為抽象，且很難在教室中以具體的表徵呈現，導致教師和學生在教學及學習上都倍感困難。黃國勳、劉祥通（2003）指出國小五年級學生尚處於具體運思期（Concrete Operational Stage），推理思維能力多限於具體可見的情境，或從熟悉的生活經驗中學習，因此教學前應了解學生的先備知識，而且理解數學問題的題意是成功解題的基本條件，因此教師教學時應該特別加強學生對於題意的了解。為因應資訊科技不斷地進步，加上網際網路與時俱進普及化的學習型社會，應用資訊科技，來輔助加強各個領域知識，已成為不可或缺的方式之一。例如，教育部（2001）公佈的九年一貫課程綱要中，將資訊教育列為六大議題之一，鼓勵教師利用資訊科技融入各領域的教學。資訊教育儼然是教育發展必然的途徑，遂使研究者激發蒐尋或自製資訊融入數學教材與教學的想法。

國內從事資訊融入教學的研究者，如潘毅芳和趙貞怡（2007）探討多媒體融入速率單元學習成效，蒐集設計多媒體教材，發展教學模式，並進行實際教學。研究者也曾以速率單元，參加過教育部有關全國中小學資訊融入教學的創意競賽，發現此類資訊多媒體融入教學，仍須透過教師教學引導學習，即便有留言板、討論區功能，卻無法立即解答，在學生產生疑問時，教師仍需在場，才能夠即時給予解答。大部分的狀況，學生接受資訊融入教學後，未能即時發問或不敢發問，因此認為建置線上自動回覆系統，讓學生能隨時隨地的發問，不受拘束提出問題，且能立即得到解答。因此，欲針對國小數學領域速率單元，建置一套問答自動回覆系統，彌補資訊融入速率教材的不足，用於改善抽象的速率學習，讓學生的迷思概念，透過二十四小時的自動回覆系統，獲得即時改正，也能減少學生個人因素不敢發問而學不會的情形，更減少教師須定時定點和一對多教學時解答疑問的不便。

二、研究目的

為了解決學生在課程學習未能立即發問或不敢發問的問題，本研究有三個研究目的：

- （一）依據 Gagné 的學習階層（Learning Hierarchy）理念，發展問題文件和解答。
- （二）建置國小數學速率單元線上問答自動回覆系統。
- （三）探討速率單元的自動回覆系統準確性和使用者滿意度。

貳、文獻探討

一、資訊融入教學與數位學習介紹

資訊融入教學乃希望資訊科技與學習領域的整合，可以提升學生在該領域的學習成效，同時學生的資訊能力也獲得提升，亦即資訊融入教學具有雙重的目的，提升學生學習領域與資訊科技的能力（邱瓊慧，2002）。因此，資訊科技融入教學是爲了提升學習效果，而非僅是學習電腦技術而已。

Plomp, Nieveen 與 Pelgrum (1996) 認爲「電腦融入教學的意涵」可以包含工具導向和內容導向。「工具導向的融入教學」是把電腦當成教與學的媒介，將資訊科技運用於教學活動中，輔助傳統教學工具的不足；「內容導向的融入教學」是將電腦科技視爲學科的一部分，在各學科的教學內容中適時引入資訊科技的相關議題。根據 Jonassen (2000) 指出資訊科技融入教學對學生在學習上提供了五項功能：（一）輔助知識的建構；（二）輔助知識的探索；（三）提供「做中學」的機會以輔助學習；（四）輔助社群、合作學習；（五）輔助反思學習。

劉世雄 (2000) 認爲資訊科技融入教學，可以分爲六個應用模式等級：（一）單向式的資訊提供傳遞；（二）結合教學引導的訊息傳遞；（三）具教學活動設計理論的應用；（四）學生與教師互動的學習；（五）善用媒體特性，建立教學網頁；（六）善用學習理論，建立學習網站。經由以上相關文獻發現，資訊科技的多元化和即時互動性，能有效幫助教師的教學活動改善，提供安全且模擬化的操作環境，至於不會設計數位教材的教師，則可設計教案提供給能夠設計數位教材的教師，運用資訊科技呈現教學內容，彌補傳統課堂環境的不足。透過和其他教師組成工作團隊，依據教學理論設計教學所需之教材內容，安排適合的教學環境，逐漸讓教師單向授課成爲歷史，增加互動性、即時性與多樣化，以提升學生在學習過程中獨立研究、問題解決的能力，以及學習成效。

大致來說，數位學習乃是利用數位工具，透過有線或無線網路，取得數位教材，進行線上或離線之學習活動。何謂數位教材？在顏春煌 (2008) 提到數位內容 (Digital Content)，即指運用資訊技術來處理與呈現的內容，而數位教材就是用來輔助與引導學習的數位內容。數位學習依照不同目的，可分成非同步數位學習 (Asynchronous) 與同步數位學習 (Synchronous) (Hrastinski, 2008)。近來，更有所謂的無所不在學習 (Ubiquitous Learning) 的出現，透過無線通訊與感測技術發展學習環境，讓學習者不受時空的限制，在任何時間與地點，能與學習環境高度互動，隨時隨地進行學習 (Hwang, Tsai, & Yang, 2008; Yang, 2006; Yang, Zhang, & Chen, 2007)。從定義和特性來說，數位學習具有許多優點，透過數位教材，讓學習者能夠個人化、更便利的學習，且不受時空環境侷限，但在數位學習環境中，互動方面會受到軟硬體環境的情境或突發狀況而影響。在

學習過程中，當學生有所疑問時，雖可透過留言板、討論區、論壇等來尋求教師解答問題或回覆意見，可能增加教師額外的負擔且不具學生學習的時效性。因此，如果能提供自動化問題解答回覆機制，將會使數位學習更能發揮學習功效。

Hwang, Yin, Wang, Tseng 和 Hwang (2008) 所建置的線上環境自動化課業回覆系統，接受修課大學生的發問，並自動回覆答案，且能依據學生反應來調整問題分析機制並自我學習，給予更精確的解答；而 Tseng 和 Hwang (2007) 所提的自動化問答系統，乃是針對客服問答資料，以關鍵詞自動擷取的方法，來取代原本必須使用人工設定關鍵詞的方式，再透過相似度比對後，找出使用者問題和系統中問題最相符的，並將對應到的答案文件回覆給使用者。以上兩個系統即是問答自動回覆系統的應用呈現，但是目前尚未有針對國小學生建置的問答自動回覆系統。

二、自動回覆系統

近年來，隨著資訊科技的快速發展，數位學習系統 (e-Learning System) 已經有效且普遍的運用在各種不同的教育環境。這種自動回覆系統，讓使用者能隨時獲得解答，不再受限人為的因素，透過系統內建資料庫，給予解答疑問或意見回覆。然而，對於一個成功的自動回覆數位學習系統來說，回覆的準確性是非常重要的。自動回覆的準確性則是依據文件的關鍵詞權重值，因此，決定文件的關鍵詞權重值及文件相似度的議題陸續被探討。

在 Salton 和 Buckley (1988) 的研究中，結合關鍵詞在文件 D 中出現的頻率 (Term Frequency, TF) 和文件頻率倒數 (Inverse Document Frequency, IDF) 兩種測量法，而提出關鍵詞權重法 (Term-Weighting Approach)。Horng 和 Yeh (2000) 以 Salton 和 Buckley (1988) 的概念為基礎，提出改良式的 $TF \times IDF$ 計算式。利用上述所提之 $TF \times IDF$ 比對查詢語詞和文件向量，可以求得查詢文件和問題文件相似度，著名的餘弦向量相似度計算式被運用在許多檢索系統中 (Salton & Buckley, 1998; Salton & McGill, 1983)。

Tseng 和 Hwang (2007) 的研究中，當關鍵詞的平均數量顯然很小時， $TF \times IDF$ 計算就變得簡單。此 $TF \times IDF$ 計算方式，則考慮到已定義好的特定問題文件的關鍵詞頻率，以及所有考量問題文件的關鍵詞頻率。可採用內積法 (Inner Product Method) 和歐基里德距離法 (Euclidean Distance Method) 來計算文件相似度。其中內積法的相似度數值是越大越好，然而歐基里德距離法的相似度數值則是越小越好 (最佳的值是 0)。Hwang 與 Yin 等人 (2008) 研究中，透過改良式基因演算法，取得文件關鍵詞的權重值。對於回覆準確度方面，查詢文件的相似度方法重新定義而且不同於上述的方法，為了確保取得問題的最佳解

答，需蒐集一系列訓練樣本來調整出文件關鍵詞的權重值，與蒐集一系列實驗樣本來測試回覆準確度和實用性，且爲了獲得最佳解答，每個訓練樣本或測試樣本是由一個問題和其相對應的最佳解答所組成。

以上技術所建立的自動回覆系統可接受學生發問，並自動回覆解答，不僅可以大幅度地減少教師負擔，並可提供二十四小時的立即服務，減少學生在學習上的挫折，提升學生的信心和學習效率。Tseng 和 Hwang (2007)，以及 Hwang 與 Yin 等人(2008) 的兩個研究，涉及了學習教材的課業問題自動回覆系統的機制，但發現都是以大學生的課程爲實驗對象，對於充滿好奇心、愛發問國小學生，在許多學習領域課程方面，如數學、自然等，學生在課堂學習之後，產生的相關問題，需要由教師給予協助解答，然而教師無法隨時隨地給予立即解答，如能建置一個關於國小學生課業的自動回覆系統，將能即時給予回覆，解決疑惑與提升學習成效。

三、國內外有關國小速率教材與教學的相關研究

Matsuda (1994)主要是針對 4 歲到 7 歲之間的 84 位兒童，研究時間、距離和速率之間關係的認知發展過程；研究過程中教導其時間與距離關係，以及時間與速率的關係；但最後發現兒童大都以直覺來判斷，並非利用時間、距離和速率之間的相對關係來判斷。爾後，Matsuda (2001)擴大研究對象，進一步探討 4 歲到 11 歲之間的 222 位兒童，在時間、距離和速率之間關係的認知發展過程。該研究分爲兩個實驗進行之，第一個實驗研究，教導學生時間、距離和速率兩兩之間的關係，再利用時間、距離和速率之間關係來思考，有一半的 11 歲兒童可理解；第二個實驗研究，請 29 位兒童再重複參加第一個實驗，並在一年內進行了 6-8 次，直到受試者 6 年級爲止，研究結果顯示這些兒童更能理解時間、距離和速率之間的關係。

王幸雯和簡淑真 (2002) 研究國內幼稚園大班、國小二年級與四年級學生的速率概念。研究結果顯示，幼稚園大班兒童以知覺來判斷速率概念；二年級有部分兒童尙不能應用概念解決速率問題；至於四年級兒童在控制等時、等距及等速三種情況下，則可正確觀察判斷、預測概念，不過有些四年級兒童仍需經過提示才能正確回答速率的應用問題，由此可知速率概念的發展已漸趨成熟。

王春奎和鍾靜 (2004) 在兒童速率概念之研究中指出：兒童的速率概念，因兒童生活經驗以及背景知識影響而有所不同；低、中、高不同年齡層的兒童對速率的認識，以及對快慢的判斷，差異性很大。具體而言，該研究發現低年級的學生，速率就是代表快和慢的意思，判斷快慢時，無法綜合時間和空間關聯性，是以具象化、超越現象以及到達終點先後等爲判斷的依據，不能了解時間、距離以及速率三者之間的統合關係。中年級的學生也認爲速率就是表示快

和慢的意思，但應用範圍比低年級學生較廣，對判斷快慢的依據，已注意到兩物相對遠近，影響到運動的快慢。高年級學生則明瞭速率、距離、時間三者之間的相互關係，對距離及時間二者能作全面判斷，也能考慮到二物相對位置、相對距離等其它因素對速率快慢的影響。

陳嘉慧和張麗芬（2008）研究幼稚園、小學一與二年級學生在距離、時間與速率的概念發展，渠等建議引導學生自發性地找出距離、時間與速率三個向度間的關係，進行三者之間概念的統整教學活動，加入如汽車類的比賽遊戲，運用教學策略，使學生增加親自使用操作的機會。

在潘毅芳和趙貞怡（2007）有關多媒體融入國小數學速率單元教學模式的研究中，以系統化教學設計 ASSURE (Analyze learner characteristic; State objectives; Select, modify or design materials; Utilize materials; Require learner response; Evaluation) 模式為研究流程之基礎，再以凱勒 (Keller) 的動機理論為教學策略，將多媒體教材融入教學之中，並探討學生對速率單元之學習成效及學習感受。

從上述國內、外相關研究中可以了解到：幼稚園、國小低年級與中年級學生，對於速率概念的學習，尚未能綜合理解，直至國小高年級，大多數學生已能理解時間、距離與速率之關係。因此，整合性與應用性的速率單元，對於國小六年級學生而言，需要能達成理解速率的概念與應用，認識速率的普遍單位及換算，並處理相關的計算問題等此一能力指標（教育部，2003）。自 2001 年實施九年一貫課程之後，研究數學領域「速率」補救教學者，則以鄭以仁（2006）所提出的學生速率概念的錯誤迷思，可提供本文參考。針對六年級學生對速率定義的理解狀態，有三大迷思：(一) 只考慮距離或時間其中之一的變項；(二) 不清楚速率單位化聚觀念；(三) 雖然了解速率、距離、時間三者之間的相互關係，卻仍不全然理解平均速率的意義。因此，本研究建置的系統使用者，以國小六年級學生為主要對象，具有速率計算能力，能瞭解時間、距離及速率三者之間的關係，也會運用「距離 ÷ 時間 = 速率」來回答問題，並以單位時間內所移動的距離來判斷速率，但在學習時仍會遇到疑惑，所以希望透過本系統給予學生即時的問題答覆，增進學習興趣，同時也希望未來在使用本系統後，能提升速率單元的學習成效。

四、ADDIE 模式和 Gagné 學習階層

本研究的數位化教材設計，運用了 Gagné, Wager, Golas, 與 Keller (2005) 在「學習導向的教學設計原理」乙書中的 ADDIE 系統化設計模式，以及蓋聶的學習階層 (Learning Hierarchy)。因為 ADDIE (Analyze, Design, Develop, Implement, Evaluate) 教學設計模式，包含了分析 (Analyze)、設計 (Design)、

發展 (Develop)、實施 (Implement)、評量 (Evaluate)五項，這個模式較貼近本研究的自動回覆系統，遂將 ADDIE 應用在系統的發展上。

至於學生學習的數位學習內容與評量題目的編制方面，則採用蓋聶的學習階層論 (Learning Hierarchy Theory)。Gagné 1977 年《學習條件》一書中，將教學可能產生的結果分為五類：心智技能、認知策略、語文知識、動作技能、態度，此五類代表學生的學習結果，也可視為教學前的教學目標；而蓋聶學習階層共分爲訊號學習、刺激反應的聯結、連鎖化的反應、語文的聯結、多重辨別、概念學習、原則學習、問題解決的學習等八個階層 (郭聰貴、周伶瑛、鄭麗娟、林麗娟、吳佳蕙譯，2007)。Gagné 提出學生學習活動有其合理次序先後，較複雜學習的先備條件需先學得較簡單的學習，學生不會某種教材，可能因爲他並未具有學習此一教材的先備條件或基礎能力；所以教師教學前，必須先確定教學目標，了解學生的先備知識，並具體顯示學生學習的結果。透過工作分析步驟決定教學目標，即可完成金字塔型的目標分析：「學習階層」。假設達成最終教學目標，學生須具備 A、B、C 三種能力，再以 A、B、C 爲終結目標，工作分析得到想學會 A，學生須具備 D、E 兩種能力；想學會 B，學生須具備 F、G 兩種能力；想學會 C，學習者須具備 H、I 兩種能力；如再以 D、E、F、G、H、I 爲終結目標，分析這六項終結目標，學生所應具備能力，此即爲蓋聶所稱之「學習階層」(如圖 1)。在學習階層中，採取自上而下，依次工作分析的步驟；自下而上的垂直進程表示由低至高的學習階層，同一水平的項目則表示相同階層的相關能力，假設學生已具備較低學習階層能力時，在較高學習階層學習後，容易產生學習遷移 (王秀玲，2005)。由於學習階層是學生學習由簡單而複雜，由低階層到高階層，「由易而難」的方式逐漸建立，學習內容具有循序漸進的知識結構。本研究主要爲心智技能的學習，代表學生學習數學的結果，也輔以態度的學習，了解學生透過線上問答回覆系統，能否增進其學習數學的興趣。

因此，本研究從分析國小數學速率能力指標與各版本的教材，設計編寫學習題目；然後形成教學課程圖 (Instruction Curriculum Map, ICM) (郭聰貴等譯，2007)，使本研究發展出來的單元內容具有階層的邏輯架構，低階層與高一階層之間，表現彼此間的上下位階的關聯。完成教材分析，學習階層建立與課程教學圖後，再運程式語言、資料庫與動畫軟體，如 ASP.NET、Access、與 Flash，設計編寫學習題目，將學習問題與解答置於本研究自行開發的「速率單元自動回覆系統」中，完成數位學習教材的設計。再由教師引導學生，進入問答自動回覆系統，使學生尋找出所欲探討的問題，促進學生主動學習；最後再進行評量，以自編問卷了解學習者的學習結果與興趣，目的是爲了解學生對自動回覆系統的反應，並給予本系統修正之參酌。

Gagné (1985) 曾指出解題是以學生的先備知識爲基礎的創造性活動，將學生先前習得的原理原則加以組合歸納，方能培養出解題能力，完成問題解決

(何仕仁、黃台珠, 2005)。而 Mayer (1992) 和 Gagné (郭聰貴等譯, 2007) 也指出當學生對數學名詞或字彙不甚了解時, 語意知識的不足和錯誤, 會影響他們對問題的轉譯與解碼, 造成解題上的錯誤; 所以清楚的文字訊息對於學生心智技能的學習會有所幫助。基於上述, 本研究所設計的「速率單元自動回覆系統」即是學生解題時, 須先從數學速率的「問題」開始, 學生學習如何提出「問題關鍵詞」, 尋找適切的文字訊息, 組成完整所欲提問之問題後, 系統再針對問題, 以數位化教材解說與展示解答過程與結果。

參、研究方法

本研究與潘毅芳和趙貞怡 (2007) 的研究方法有所不同。潘毅芳和趙貞怡 (2007) 以 ASSURE 研究學生接受多媒體融入教學後, 在「速率先備知識」、「二維分析/關係概念」、「二維分析/單位化聚」、「應用問題」向度方面的表現, 研究結果顯示學生有很大的進步。其學習成就分組中, 中成就組展現最好的學習成效, 學生普遍對多媒體教材給予高度肯定, 但對於聲音部分建議應改善音量, 雖然教師利用多媒體教材教學, 學生會較有興趣學習, 仍然缺乏對數學速率相關問題的興趣。本研究針對國小數學速率數位教材, 建置一個數學速率單元問答自動回覆系統, 以了解系統的適用性, 以及學生使用後的滿意度。以下將逐一介紹所需使用的方法或理論。

一、系統設計架構

本系統採用 ADDIE 系統設計模式, 依據蓋聶學習階層理論來設計國小數學速率學習階層, 並且參考九年一貫課程綱要中速率的能力指標, 再融合康軒、南一與翰林出版社所出版的教科書內容, 作為系統問題文件和解答的參考依據, 以 ASP.NET、Access 與 Flash 等開發工具來發展互動式網頁, 透過使用者實際測試及自編問卷分析修正, 過程描述如下:

(一) 分析

2001 年教育部公布的「九年一貫課程暫行綱要」數學領域中, 針對速率單元, 提出「N-3-16 用平均速率的概念描述一個物體運動的狀態, 並認識速率的普遍單位米/秒、千米/時等, 應用在生活中」以及「N-3-17 能掌握米/秒和千米/時之間的關係, 並利用此關係作化聚」兩項能力指標。而在 2003 年的九年一貫課程綱要數學學習領域, 則修訂有關速率的能力指標, 提出國小學生在學習完速率單元後, 所必須具備的技能, 包括能理解速率的概念與應用, 認識速率的普遍單位及換算, 並處理相關的計算問題學習。由以上的文獻探討得知, 學生在學習中或後, 會產生疑惑或迷思, 可能出現「對速率概念的定義不瞭解」、「忽略速率單位的時間變項」、「對速率單位化聚的觀念不清楚」、「對於平均速

專論

率的意義不瞭解」等問題。因此本問答自動回覆系統，透過整理歸納康軒版、翰林版、南一版三個版本的數學教科書內容，作為問答题庫的參考依據，以便能夠涵括大部分學生的疑問範圍，進而給予解答。透過蓋聶的金字塔型目標分析學習階層概念，整理出速率單元教材學習階層圖，如圖 2 所示。透過學習階層架構的分析與建立，本系統要達成的目標：學生能從速率單元的問答自動回覆系統中，立即學習與獲得回饋，解決速率的相關問題。

(二) 設計

基於以上的學習階層架構，把系統問題文件歸納整理分成：第一關「時間與距離的認識和換算」、第二關「快慢的比較」、第三關「認識時速、分速與秒速」、第四關「距離、時間、速率的關係」、第五關「速率單位的換算」與第六關「速率的應用」等六個主題，以此為系統問題文件發展的基礎。

(三) 發展

本系統採用 ASP.NET、Access 與 Flash 等工具所開發的互動式網頁呈現，並實際發展建置六個關卡。以下舉例第一關的問題文件、關鍵詞和對應解答，詳如表 1 所示。

(四) 實施

採用互動網頁方式，24 小時隨時隨地提供給國小六年級學生發問，由系統自動回覆解答。為考驗系統的效能與使用的通用性，採取立意取樣，兼顧不同地區的學生，並徵詢國小教師意願與配合度，從臺北縣、臺中市、高雄市（原高雄縣）三個地區的國民小學，各取一班六年級學生為實施對象，分別為臺北縣甲國小、臺中市乙國小、高雄市丙國小共 78 人，利用資訊融入教學的電腦課，實際測試使用本速率單元問答自動回覆系統。

(五) 評量

本研究使用經專家效度與折半信度考驗後的自編問卷調查表，實施本問答自動回覆系統的評量，以瞭解學生對問答自動回覆系統的使用感受。

二、問答自動回覆系統的運算機制

經由分析以往研究者所採用的關鍵詞權重法和相似度演算法後，本研究採用 Salton 和 Buckley (1988) 所提出的方法，作為本自動回覆系統的運算機制，說明如下：

(一) 關鍵詞權重法

在 Salton 和 Buckley (1988) 的研究中，結合了 TF 和 IDF 兩種測量法，提出關鍵詞權重法，此方法的優點在於同時考量關鍵詞在文件中出現的頻率 (TF) 與關鍵詞在文件集中的鑑別能力 (IDF)。當關鍵詞在文件中出現的頻率 (TF) 越高，表示此關鍵詞代表文件的能力越強；IDF 表示若一關鍵詞只出現在少數文件時，則此關鍵詞對文件的代表性，應具有較高的關聯性，反之，若一關鍵詞經常出現在每篇文件時，則此關鍵詞對文件則不具代表性。結合了 TF 和 IDF 兩種測量之關鍵詞權重法 WD_j 計算公式如下：

$$W_{D_j} = TF \times IDF = \left(0.5 + 0.5 \frac{n_{D_j}}{n_{D, \max}} \right) \times IDF_j, \quad IDF_j = \log \left(\frac{N}{n_j} \right)$$

其中 n_{D_j} 是文件 D 裡，關鍵詞 j 的出現次數， $n_{D, \max}$ 是文件 D 裡，所有關鍵詞中出現最大值， N 是文件資料的總數量， n_j 是包含關鍵詞 j 出現在所有文件的總和，其中 TF 將介於 0.5 和 1 之間。

由上式可見，關鍵詞出現的次數 (n_{D_j}) 越多， TF 越大，表示關鍵詞 j 代表文件 D 的重要性越大。文件集中出現關鍵詞 j 的文件數 (n_j) 越少， IDF 值越高，表示關鍵詞 j 的鑑別能力越強。兩者相乘，即表示關鍵詞 j 與文件 D 的整體相關程度，若 W_{D_j} 值越大，表示關聯程度越大，由關鍵詞 j 越能找出文件 D 。因此，結合了 TF 和 IDF 兩種測量法，較單獨採用 TF 或 IDF 來的有效。

(二) 餘弦相似度演算法

本研究所提出的問答自動回覆系統，乃結合餘弦向量相似度測量法，找出所欲查詢之關鍵詞和系統問題文件的相似程度，其計算公式為：

$$\text{Similarity}(Q, D) = \frac{\sum_{j=1}^m (w_{Q_j} \times w_{D_j})}{\sqrt{\sum_{j=1}^m (w_{Q_j})^2} \sqrt{\sum_{k=1}^m (w_{D_k})^2}} \quad (2)$$

其中 w_{D_j} 或 (w_{Q_j}) 代表在文件 D (或查詢問題 Q) 中關鍵詞 j 的權重， m 則是文件 D 中關鍵詞的數量。

三、範例說明

本研究以所設計的第一關系統問題文件做系統示範，說明運用關鍵詞權重

法公式 (1)，來計算系統問題文件的權重值，及運用餘弦相似度法公式 (2)，比對查詢問題和系統問題文件的相似度，尋找出相似度較高的系統問題文件，第一關的系統問題文件內容如下，與所相對應之解答如表 1：

- D1 = 「把小時換算成分鐘要怎麼算？」 2 = 「把分鐘換算成秒要怎麼算？」
 D3 = 「把小時換算成秒要怎麼算？」 D4 = 「把公里換算成公尺要怎麼算？」
 D5 = 「把公尺換算成公分要怎麼算？」 D6 = 「把公里換算成公分要怎麼算？」
 D7 = 「一日等於多少小時怎麼算？」 D8 = 「一小時等於多少分鐘怎麼算？」
 D9 = 「一分鐘等於多少秒怎麼算？」 D10 = 「一公里等於多少公尺怎麼算？」
 D11 = 「一公尺等於多少公分怎麼算？」 D12 = 「一公里等於多少公分怎麼算？」

以上十二題的問題文件，其關鍵詞為 $K(D_1) = \{\text{小時、分鐘、換算、怎麼算}\}$ ； $K(D_2) = \{\text{分鐘、秒、換算、怎麼算}\}$ ； $K(D_3) = \{\text{小時、秒、換算、怎麼算}\}$ ； $K(D_4) = \{\text{公里、公尺、換算、怎麼算}\}$ ； $K(D_5) = \{\text{公尺、公分、換算、怎麼算}\}$ ； $K(D_6) = \{\text{公里、公分、換算、怎麼算}\}$ ； $K(D_7) = \{\text{日、等於、小時、怎麼算}\}$ ； $K(D_8) = \{\text{小時、等於、分鐘、怎麼算}\}$ ； $K(D_9) = \{\text{分鐘、等於、秒、怎麼算}\}$ ； $K(D_{10}) = \{\text{公里、等於、公尺、怎麼算}\}$ ； $K(D_{11}) = \{\text{公尺、等於、公分、怎麼算}\}$ ； $K(D_{12}) = \{\text{公里、等於、公分、怎麼算}\}$ 。此十二題的問題文件，共由 10 個關鍵詞組成，整理後的關鍵詞如表 2 所示。表 3 代表這 12 題系統問題文件關鍵詞出現次數；其中 $(D_1, K_1) = 1$ 代表系統問題文件 D_1 含有一次關鍵詞 K_1 ，而 $(D_1, K_3) = 0$ 代表系統問題文件 D_1 不含關鍵詞 K_3 ，而 $(D_1, n_{D_1, max}) = 1$ 代表系統問題文件 D_1 所有關鍵詞中出現的最大值。接著利用關鍵詞權重法公式 (1)，算出系統問題文件的關鍵值權重值，如表 4 所示。例如，先由表 3 取得 $(D_1, K_1) = 1$ 、 $n_{D_1, max} = 1$ 、文件資料庫 $N = 12$ 、包含關鍵詞 K_1 的文件總和 $n_{k_1} = 4$ ，所以 $w(D_1, K_1) = (0.5 + 0.5 \times (1/1)) \times \log(12/4) = 0.48$ 代表在系統問題文件 D_1 中，關鍵詞 K_1 的權重為 0.48，而代表系統問題文件 D_1 中各關鍵詞權重值平方總和後開根號的數值 $\text{SQRT}(D_1, w^2) = \text{SQRT}(0.48^2 + 0.48^2 + 0.3^2 + 0.24^2 + 0.24^2 + 0.24^2 + 0.54^2 + 0.3^2 + 0.15^2 + 0^2) = \text{SQRT}(1.1277) = 1.06$ 。

假設學習者提出 $Q_1 \sim Q_{12}$ 十二個查詢的關鍵詞向量，如表 5 所示。其中 $\text{SQRT}(Q_1, w^2) = \text{SQRT}(1^2 + 1^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 1^2 + 0^2 + 1^2) = \text{SQRT}(4) = 2$ 代表查詢文件 Q_1 中各關鍵詞次數平方總和後開根號的數值。其中 Q_1 為學習者提出的一個查詢，問題文件 $D_1 \sim D_{12}$ 為可能的解答，由表 5 得知 Q_1 關鍵詞向量 = $(1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 1)$ 和 $\text{SQRT}(Q_1, w^2) = 2$ ；由表 4 得知 D_1 系統問題文件關鍵詞權重向量 = $(0.48, 0.48, 0.3, 0.24, 0.24, 0.24, 0.54, 0.3, 0.15, 0)$ 和 $\text{SQRT}(D_1, w^2) = 1.06$ ，透過公式 (2) 之相似度計算 $\text{Similarity}(Q_1, D_1) =$

$(1 \times 0.48 + 1 \times 0.48 + 0 \times 0.3 + 0 \times 0.24 + 0 \times 0.24 + 0 \times 0.24 + 0 \times 0.54 + 1 \times 0.3 + 0 \times 0.15 + 1 \times 0) / (2 \times 1.06) = 0.59$ ， Q_1 與所有文件 $D_1 \sim D_{12}$ 相似度比對結果如表 6 第一列，其中 Similarity (Q_1, D_1) = 0.59 相似度最高，因此系統問題文件 D_1 和學習者想要查詢的問題最接近，因此系統自動回覆系統問題文件 D_1 給學習者。此外亦完成其他查詢文件的相似值和比對結果，由表 6 可驗證本系統可以把與系統問題文件相同之關鍵詞，作為所欲查詢之關鍵詞向量時，可完全比對回到原系統之問題文件，因此本研究採用關鍵詞權重法公式 (1) 和相似度演算法公式 (2)，能夠幫助本系統判斷查詢文件和系統問題文件的相似度，便於尋找出相似度最高的系統問題文件回覆給學生，幫助其重新組合問句，再給予系統問題文件的對應解答。

肆、速率單元問答自動回覆系統之建置

由上述研究方法所提出的系統設計架構和自動回覆系統運算機制，實際建置一個國小六年級數學速率單元問答自動回覆系統，藉由學生提出問題的關鍵詞，系統自動給予解答，進而幫助學生學習解決疑惑。

一、系統開發環境與工具

系統開發環境主要是以 Windows 2003 Server 為作業系統平台，內建 .NET Framework 的支援，網頁服務則是使用微軟的 IIS 7.0 作為系統的網頁伺服器，後端則使用微軟的 Access 來當作系統的資料庫。系統開發工具為 Visual Studio 2008 之 ASP.NET，是微軟公司所開發的一套整合式網頁開發工具，提供開發人員更彈性的跨作業系統和語言的整合方案工具，具有雙向式的直覺化設計環境。動畫設計則採用 Adobe 公司所出版的 Flash 動畫開發軟體。

二、系統設計理念

本系統設計理念，希望國小學生透過提出有關數學速率單元的關鍵詞，經由系統自動分析與回覆，幫助學生瞭解速率單元的觀念。因此在六關中共設計出 49 個關鍵詞，700 多種組合 (第一關有 24 種組合，第二關有 25 種組合，第三關有 32 種組合，第四關有 22 種組合，第五關有 22 種組合，第六關有 591 種組合)，目前可相對至 48 題的題目與解答。系統以資料庫方式開發具擴充性，未來可陸續增加關鍵詞、題目、與解答。

本系統目前未採用開放式的提問方式，因考量國小學生可能會輸入與數學速率單元不相關的關鍵詞，反而找不到適當的答案，將失去使用的意願。因此，本系統蒐集數學速率單元中，國小學生可能提出的問題中所涵蓋的關鍵詞，作為本系統的提問組合方式，希望能明確解決學生的問題。未來在設計系統時，

將同時考量開放式與封閉式並行的關鍵詞輸入機制，提供多方面提問方式，以滿足國小學生多元化的學習。

三、系統功能與系統操作介面

本研究所建置的國小數學速率單元問答自動回覆系統，整個系統包括三個子系統，首先為「問題關鍵詞輸入機制」，其次是「相似問題文件自動回覆機制」，第三則是「問題解答回覆機制」。整個系統的架構圖，如圖 3 所示。

在系統介面規劃設計方面，主要採用瀏覽器作為使用者和自動回覆系統的溝通橋樑，為讓國小學生方便使用，不須帳號即可進入。系統簡介及進入介面如圖 4 所示，使用者不須申請帳號，透過右邊按鈕即可進入系統進行發問。此外，針對系統目的簡介說明，並提醒注意事項。使用者在點選「點此進入」後，會進入到速率單元問題分類介面。本系統把問題分成六大類，藉由虛擬人物「速率博士」提醒，請使用者依照自己的情況選擇進入。問題分類介面如圖 5 所示。本研究中由於有特定的領域知識，因此採用選取關鍵詞的方式，也就是事先設定可能被發問的關鍵詞，如此可避免國小學生不知如何輸入關鍵詞或輸入不相關的關鍵詞，希望可得到較精準的解答。關鍵詞查詢輸入介面如圖 6，點選「操作說明」會有示範的說明，以便讓使用者有初步的操作概念，使用者利用系統分類的選單，輸入想查詢的名詞和動作後，系統便會進行分析與重組，並比對回覆系統內建問題文件。系統將使用者所輸入的查詢關鍵詞，經比對內建系統問題文件庫後，找出「相似值」最大的前三題文件回覆供使用者選擇，並將結果呈現於系統畫面，如圖 7 所示，使用者可選擇其欲查詢之問題。問題解答如圖 8 所示，把使用者所查詢之問題解答呈現於系統畫面，不僅提供文字內容且有動畫示範說明。

伍、測試和分析

為考驗系統的效能與使用的通用性，研究者考慮到教師的配合度，以及問卷的回收率，採取立意取樣，兼顧不同地區的學生，選取臺北縣甲國小、臺中市乙國小、高雄市丙國小，各取一班六年級學生為實施對象，共 78 位學生，實際使用速率單元問答自動回覆系統，進行系統的測試，並使用自編問卷調查（如表 7），來實施本系統評量層面。自編問卷的信、效度方面，問卷第一題至第八題，採取折半信度，經由 SPSS 12 版統計分析，校正後信度高達 0.87；而專家效度方面，則分別由資訊科技、資訊管理，以及課程教學方面的三位專家，認可問卷的架構與文字描述後，進行學生使用系統的滿意度調查。

學生測試方式，由受試班級導師利用資訊融入教學的電腦課，一節課 40 分鐘時間，在導師簡單指導後，學生自行操作，再給予問卷調查使用狀況。學

生測試系統的實作畫面，如圖 9 所示。在試用本系統後，使用問卷調查來了解學生對國小數學速率問自動回覆系統的使用意見，結果分析如下：

一、「我覺得自己在課堂上學速率問題時，學習的結果？」

使用者對自己在課堂上學習速率問題結果的統計，可以發現有 52%的使用者認為自己在速率單元學習上是好的，19%是非常好的，共計 71%的使用者抱持正面態度；另外有 22%對自己學習速率單元時是不好，6%是非常不好的。由此得知，大部分的學生，對於自己在課堂上的速率學習結果認為是好的，但仍有 28%的學生則認為自己在課堂上的速率學習結果是不好或非常不好。

二、「你認為本系統讓你點選的關鍵詞，符合你想要查詢問題的關鍵詞嗎？」

可點選關鍵詞對查詢問題關鍵詞符合程度調查結果，其中 63%的學生認為符合，14%的學生認為非常符合；另外也有 17%的學生認為不符合，6%的學生認為非常不符合。結果表示將近 77%的學生對於系統所提供點選的關鍵詞，認為符合想要查詢問題的關鍵詞。

三、「你認為速率博士幫你重新組合出的查詢句子，符合你想要問的問題嗎？」

自動回覆系統組合出來的查詢句子，對查詢問題符合程度的分布情況，其中 71%的學生認為符合，12%認為非常符合，共 83%的學生認為自動回覆系統組合出的查詢句子符合想查詢的問題。由此可知，大部分的學生認為自動回覆系統組合出的句子符合他們想查詢的問題。

四、「你認為透過自動回覆系統所給的解答，幫助你解決了你的問題嗎？」

自動回覆系統對解決學習的速率問題的助益，從調查結果可以發現 64%學生認為有幫助，17%認為非常有幫助，共計 81%的受試者認為自動回覆系統確實可以幫助學生解決速率的問題。

五、「你認為本系統比老師更快地幫助你解決速率單元學習上的問題嗎？」

自動回覆系統對解決速率單元問題效率的看法，其中有 47%的學生是認為同意，15%的學生是認為非常同意，共計 62%認為自動回覆系統對解決速率單元問題是有效率；另外 17%認為不同意和 21%認為非常不同意。由此可知，大部分學生認為本自動回覆系統能有效率幫助他們解決速率單元問題，但也有將

近 38%的學生認為還是需要尋求教師的協助，才能比較有效率地解決速率學習問題。

六、「使用過這個系統之後，面對有關速率的困難問題時，你有信心解決它嗎？」

自動回覆系統對提升學生速率單元問題解決的信心調查結果，其中有 47%的學生認為有信心，15%的學生認為非常有信心；不過也有 28%的學生認為沒信心，以及 10%的學生認為非常沒信心，共計 38%是沒信心解決速率困難問題的。由此得知，有 62%的學生實際使用自動回覆系統後，自己知覺到對解決速率困難問題的信心，是有所提升的。

七、「你認為本系統提供的自動回覆問題解答功能，幫助你更快找到問題的解答嗎？」

自動回覆系統解答功能是否能更快找到問題解答的調查結果，其中 54%的學生認為有幫助，26%的學生是認為非常有幫助，共計 80%的受試學生認為可以更快找到問題的解答。

八、「你滿意本系統的設計嗎？」

使用者對自動回覆系統設計的滿意度調查，有 63%的學生給予滿意的評價，17%的學生更給予非常滿意。由此可以發現，本自動回覆系統獲得大部分學生（80%）的滿意評價。

九、「依照你的滿意程度，為這個系統打個分數，最低為 1 分，最高為 10 分」

使用者對自動回覆系統的滿意度評分情形，其中有 10%的學生給予 6 分，有 20%的學生給予 7 分，28%的學生給予 8 分，9%的學生給予 9 分，9%的學生給予 10 分，共計 76%的受試學生正面回應使用此一系統的滿意度。由此可知，使用過自動回覆系統的學生，大部分給予 6 分以上的分數，也就是說對自動回覆系統有不錯的評價。其中滿意程度在臺中市乙國小稍低，是否為城鄉學生在使用電腦學習認知，或教師引導使用系統的差異，值得未來研究者進一步的探討。

整體而言，本系統由 78 位使用者實際測試後，大部分使用者給予高度肯定評價；在準確度方面，關鍵詞或者查詢句子符合程度都相當高；系統滿意度方面，從以上分析得知滿意度將近 76%，因此，本系統確實能運作且有助於國小學生之學習。

陸、結論和建議

一、結論

本研究建置國小數學速率單元問答自動回覆系統，針對國小數學領域速率單元，提供一套自動回覆系統，讓學生提出速率單元學習上的問題，藉由本自動回覆系統給予協助，幫助學生解決疑問，獲得即時準確的解答。從數位學習觀點，本系統為非同步數位學習和開放學習的應用，學生可不受時空限制，使用網際網路和資訊科技即可學習。

其次，本研究依據蓋聶聶學習階層理論，發展出速率單元的學習階層與問答自動回覆系統的六道關卡的系統問題文件、關鍵詞、與問題解答。六道關卡分別為：第一關「時間與距離的認識和換算」、第二關「快慢的比較」、第三關「認識時速、分速與秒速」、第四關「距離、時間、速率的關係」、第五關「速率單位的換算」、與第六關「速率的應用」。經問卷分析國小學生使用意見後可以得知，系統文件庫和關鍵詞、問題解答，均符合學過速率單元的學生的需求，有助於實際查詢關鍵詞、問題與解答。

再者，本研究利用關鍵詞權重法與餘弦向量相似度方法，找出與所欲查詢之關鍵詞最相近的問題文件，並使用 ASP.NET、Access 與 Flash 等工具，開發網際網路版之國小數學速率單元自動問答回覆系統。該系統主要包含「問題關鍵詞輸入機制」、「相似問題文件自動回覆機制」與「問題解答機制」三個模組，模組完整可運作。

最後，本系統提供使用者利用瀏覽器即可操作使用，並由北、中、南區的三所小學共 78 位學生測試操作後，由問卷分析可得知，本研究所建置自動回覆系統確實可運作，接受使用者提出問題查詢，並自動回覆解答。在自動回覆系統準確性和滿意度方面，都獲得大部分學生的滿意和肯定，給予不錯評價。透過本系統，學生提出速率單元的學習問題，可即時獲得系統自動回覆和解答，能夠有效解決速率單元的學習疑問，提升學習興趣。

二、建議

首先，本系統提供使用者輸入關鍵詞來查詢問題，若實際運用於課堂教學中，教師應多鼓勵學生嘗試不同的學習方式，避免直接給予解答，並且可以鼓勵學生在家自行使用，增加學生學習的時間，培養學生問題解決能力。

其次，多數學生使用之後，也可透過彼此的討論，讓學習者更能掌握問題的中心概念，找出正確的關鍵字，有助於學生釐清迷思概念。教師應於平常教學時，培養學生自主學習能力，面對學生所提出的問題，應鼓勵學生自己去尋求問題答案，而不是依賴教師直接告知。

專論

再次，學生在使用時，有可能因為找不到想要查詢的關鍵詞而感到挫折。學生找不到正確關鍵詞的原因，可能來自於對題目本身的不了解，導致找不到問題中心概念，因而也找不到關鍵詞。此時，教師應協助學生澄清問題的概念，所以學生使用系統時，教師不應只是旁觀者，而應適時介入處理學生在使用上發生的各種問題。

總之，本系統目的在以 ADDIE 模式，建置「速率」單元的問答自動回覆系統，目前尚未用來測試學生真實的學習成效，但是在實施與評鑑的過程中，運用自編問卷初步了解學生使用系統自動回覆的準確性與滿意度，未來本系統可成為研究速率學習成效之工具。最後，本自動回覆系統，只針對國小數學速率單元建置，建議未來可將本自動回覆系統應用在其他單元或學科領域，搭配數位學習教材和線上測驗評量系統，來測試學生真實的學習成效，並作為本系統的修正方向。

參考文獻

- 王幸雯、簡淑真 (2002)。兒童速度概念發展之研究。國立彰化師範大學主辦：**第十八屆科學教育學術研討會論文集**編，2002年12月7-8日。
- 王秀玲 (2005)。蓋聶的課程思想。輯於黃政傑主編：**課程思想** (頁241-277)。臺北縣：冠學文化出版。
- 王春奎、鍾靜 (2004)。兒童速率概念之初探研究。**師大學報：科學教育類**，**49**(1)，41-64。
- 行政院國家科學委員會 (2002)。**數位學習國家型科技計畫**。2009年6月14日，取自：<http://wiki.teldap.tw/index.php/數位學習國家型科技計畫>
- 行政院國家科學委員會 (2004)。**中華民國科學技術白皮書：科技發展遠景與策略**(。2010年10月23日，取自：<http://web1.nsc.gov.tw/public/data/4714957471.pdf>
- 行政院國家科學委員會 (2007)。**96年度施政績效報告**。2010年10月23日，取自 <http://web1.nsc.gov.tw/public/Data/851416484071.pdf>
- 何仕仁、黃台珠 (2005)。不同教學、知識創造管理模式對國中生數學學習成效之影響研究，**科學教育學刊**，**13**(2)，217-239。
- 邱瓊慧 (2002)。中小學資訊科技融入教學之實踐。**資訊與教育**，**88**，3-9。
- 陳嘉慧、張麗芬 (2008)。幼兒距離、時間與速率概念發展之研究。**教育研究學報**，**42**(1)，33-56。
- 郭聰貴、周伶瑛、鄭麗娟、林麗娟、吳佳蕙譯 (2007)。**學習導向的教學設計原理** (R.M. Gagné, W.W. Wager, K.C. Golas, 和 J. M. Keller 原著：Principles of instructional design)。臺北市：湯普生出版社。
- 教育部 (2001)。**中小學資訊教育總藍圖**。教育部，2009年5月28日，取自 [http://www.edu.tw/files/site_content/b0089/guideline\(9006\).pdf](http://www.edu.tw/files/site_content/b0089/guideline(9006).pdf)
- 教育部 (2002)。**國民中小學九年一貫課程與教學**。2003年8月15日，取自 <http://teach.eje.edu.tw/9CC/discuss2.php>
- 教育部 (2003)。**92課程綱要：數學學習領域課程**。2010年10月23日，取自 http://www.edu.tw/files/site_content/b0056/math.doc
- 黃國勳、劉祥通 (2003)。**國小五年級學童學習因數教材困難之探討**。**科學教育研究與發展**，**30**，52-70。
- 潘毅芳、趙貞怡 (2007)。**多媒體融入國小「速度」單元教學設計與開發**。國立臺北教育大學主辦：**臺灣教育傳播暨科技學會2007年學術研討會論文集 (C06)**，**45**。2007年12月23日。
- 劉世雄 (2000)。**國小教師運用資訊科技融入教學策略之探討**。**資訊與教育**，**78**，60-66。

- 鄭以仁 (2006)。國小六年級學生對速率概念的學習表現與補救教學之研究。國立臺南大學應用數學研究所碩士論文，未出版，臺南市。
- 顏春煌 (2008)。數位教材的製作與實例。空大學訊，394，73-78。
- Gagné, R. M. (1985). *The conditions of learning and theory of instruction*. N.Y.: Holt, Rinehart & Winston.
- Gagné, R. M., Wager, W. W., Golas, K. C., & Keller, J. M. (2005). *Principles of instructional design* (5th ed). Belmont, CA : Thomson / Wadsworth.
- Hrastinski, S. (2008). A study of asynchronous and synchronous e-learning methods discovered that each supports different purposes. *Educause Quarterly*, 4, 51-55.
- Hwang, G. J., Tsai, C. C. ,& Yang, S. J. H. (2008). Criteria, strategies and research issues of context-aware ubiquitous learning. *Educational Technology and Society*, 11 (2), 81-91.
- Hwang, G. J., Yin, P. Y., Wang, T. T., Tseng, J. C. R., & Hwang, G. H. (2008). An enhanced genetic approach to optimizing auto-reply accuracy of an e-learning system. *Computers and Education*, 51(1), 337-353.
- Hornig, J. T., & Yeh, C. C. (2000). Applying genetic algorithms to query optimization in document retrieval. *Information Processing and Management*, 36, 737-759.
- Jonassen, D. H. (2000). *Computers as mindtools for schools*. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Matsuda, F. (1994). Concepts about interrelations among duration, distance, and speed in young children. *International Journal of Behavioral Development*, 17(3), 553-576.
- Matsuda, F. (2001). Development of concepts of interrelationships among duration, distance, and speed. *International Journal of Behavioral Development*, 25, 466-480.
- Mayer, R. E. (1992). *Thinking, problem solving, cognition*. New York: Freeman.
- Plomp, T., Nieveen, N., & Pelgrum, H. (1996). Curricular aspects of computers in education. In T. Plomp, R. E. Anderson, & G. Kontogiannopoulos-Polydorides (Eds.). *Gross national policies and practices on computers in education* (pp. 9-26). Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Salton, G., & Buckley, C. (1988). Term-weighting approaches in automatic text retrieval. *Information Processing and Management*, 24(5), 513-523.

- Salton, G., & McGill, M. J. (1983). *Introduction to modern informational retrieval*. New York: McGraw-Hill.
- Tseng, J. C. R., & Hwang, G. J. (2007). Development of an automatic customer service system on the internet. *Electronic Commerce Research and Application*, 6, 19-28.
- Yang, S. J. H. (2006). Context aware ubiquitous learning environments for peer-to-peer collaborative learning. *Educational Technology and Society*, 9 (1), 188-201.
- Yang, S. J. H., Zhang, J., & Chen, I. Y. L. (2007). Ubiquitous provision of context-aware web services. *International Journal of Web Service Research*, 4 (4), 83-103.

表 1 第一關：時間與距離的認識和換算

編號	問題	關鍵詞	答案
D_1	把小時換算成分鐘要怎麼算？	小時、換算、分鐘、怎麼算	因為 1 小時 = 60 分鐘，把「小時 \times 60」，就可以算出是多少分鐘。
D_2	把分鐘換算成秒要怎麼算？	分鐘、換算、秒、怎麼算	因為 1 分鐘 = 60 秒，把「分鐘 \times 60 秒」，就可以算出是多少秒。
D_3	把小時換算成秒要怎麼算？	小時、換算、秒、怎麼算	因為 1 小時 = 60 分鐘且 1 分鐘 = 60 秒，把「時 \times 60 \times 60」，就可以算出是多少秒。
D_4	把公里換算成公尺要怎麼算？	公里、換算、公尺、怎麼算	因為 1 公里 = 1000 公尺，把「公里 \times 1000」，就可算出是多少公尺。
D_5	把公尺換算成公分要怎麼算？	公尺、換算、公分、怎麼算	因為 1 公尺 = 100 公分，把「公尺 \times 100」，就可以算出是多少公分。
D_6	把公里換算成公分要怎麼算？	公里、換算、公分、怎麼算	因為 1 公里 = 1000 公尺且 1 公尺 = 100 公分，把「公里 \times 1000 \times 100」，就可以算出是多少公分。
D_7	一日等於多少小時怎麼算？	日、等於、小時、怎麼算	一日等於 24 小時
D_8	一小時等於多少分鐘怎麼算？	小時、等於、分鐘、怎麼算	一小時等於 60 分鐘
D_9	一分鐘等於多少秒怎麼算？	分鐘、等於、秒、怎麼算	一分鐘等於 60 秒
D_{10}	一公里等於多少公尺怎麼算？	公里、等於、公尺、怎麼算	一公里等於 1000 公尺
D_{11}	一公尺等於多少公分怎麼算？	公尺、等於、公分、怎麼算	一公尺等於 100 公分
D_{12}	一公里等於多少公分怎麼算？	公里、等於、公分、怎麼算	一公里等於 100000 公分

表 2 關鍵詞編號

K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀
小時	分鐘	秒	公里	公尺	公分	日	換算	等於	怎麼算

表 3 系統問題文件關鍵詞出現次數表

次數 文件	關鍵詞										$n_{D, max}$
	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀	
D_1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1
D_2	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1
D_3	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1
D_4	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1
D_5	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1
D_6	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1
D_7	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
D_8	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
D_9	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1
D_{10}	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1
D_{11}	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1
D_{12}	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1
出現總次數	4	4	3	4	4	4	1	6	6	12	

表 4 系統問題文件關鍵詞權重表

權重 文件	關鍵詞	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8	K_9	K_{10}	$SQRT(D, w^2)$
		D_1	0.48	0.48	0.30	0.24	0.24	0.24	0.54	0.30	0.15	0
D_2	0.24	0.48	0.60	0.24	0.24	0.24	0.54	0.30	0.15	0	1.11	
D_3	0.48	0.24	0.60	0.24	0.24	0.24	0.54	0.30	0.15	0	1.11	
D_4	0.24	0.24	0.30	0.48	0.48	0.24	0.54	0.30	0.15	0	1.06	
D_5	0.24	0.24	0.30	0.24	0.48	0.48	0.54	0.30	0.15	0	1.06	
D_6	0.24	0.24	0.30	0.48	0.24	0.48	0.54	0.30	0.15	0	1.06	
D_7	0.48	0.24	0.30	0.24	0.24	0.24	1.08	0.15	0.30	0	1.35	
D_8	0.48	0.48	0.30	0.24	0.24	0.24	0.54	0.15	0.30	0	1.06	
D_9	0.24	0.48	0.60	0.24	0.24	0.24	0.54	0.15	0.30	0	1.11	
D_{10}	0.24	0.24	0.30	0.48	0.48	0.24	0.54	0.15	0.30	0	1.06	
D_{11}	0.24	0.24	0.30	0.24	0.48	0.48	0.54	0.15	0.30	0	1.06	
D_{12}	0.24	0.24	0.30	0.48	0.24	0.48	0.54	0.15	0.30	0	1.06	

表 5 查詢文件關鍵詞向量表

次數 查詢文件	關鍵詞	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8	K_9	K_{10}	$SQRT(Q, w^2)$
		Q_1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1
Q_2	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	2	
Q_3	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	2	
Q_4	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	2	
Q_5	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	2	
Q_6	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	2	
Q_7	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	2	
Q_8	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	2	
Q_9	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	2	
Q_{10}	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	2	
Q_{11}	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	2	
Q_{12}	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	2	

表 6 所欲查詢之關鍵詞向量和系統問題文件相似值及比對結果

$Q \backslash D$	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	D_8	D_9	D_{10}	D_{11}	D_{12}	最大相似值	回覆文件
Q_1	0.59	0.46	0.46	0.36	0.36	0.36	0.32	0.52	0.39	0.29	0.29	0.29	0.59	D_1
Q_2	0.51	0.62	0.51	0.39	0.39	0.39	0.25	0.43	0.55	0.32	0.32	0.32	0.62	D_2
Q_3	0.51	0.51	0.62	0.39	0.39	0.39	0.34	0.43	0.44	0.32	0.32	0.32	0.62	D_3
Q_4	0.36	0.35	0.35	0.59	0.48	0.48	0.23	0.29	0.28	0.52	0.40	0.40	0.59	D_4
Q_5	0.36	0.35	0.35	0.48	0.59	0.48	0.23	0.29	0.28	0.40	0.52	0.40	0.59	D_5
Q_6	0.36	0.35	0.35	0.48	0.48	0.59	0.23	0.29	0.28	0.40	0.40	0.52	0.59	D_6
Q_7	0.55	0.42	0.52	0.43	0.43	0.43	0.68	0.62	0.48	0.51	0.51	0.51	0.68	D_7
Q_8	0.52	0.39	0.39	0.29	0.29	0.29	0.37	0.59	0.46	0.36	0.36	0.36	0.59	D_8
Q_9	0.43	0.55	0.44	0.32	0.32	0.32	0.31	0.51	0.62	0.39	0.39	0.39	0.62	D_9
Q_{10}	0.29	0.28	0.28	0.52	0.40	0.40	0.28	0.36	0.35	0.59	0.48	0.48	0.59	D_{10}
Q_{11}	0.29	0.28	0.28	0.40	0.52	0.40	0.28	0.36	0.35	0.48	0.59	0.48	0.59	D_{11}
Q_{12}	0.29	0.28	0.28	0.40	0.40	0.52	0.28	0.36	0.35	0.48	0.48	0.59	0.59	D_{12}

專論

表 7 國小數學速率單元問答自動回覆系統使用問卷

小朋友，這個調查表是用來了解你對本自動回覆系統的使用情形。這份問卷不計名，也不打分數；因此，只要忠實的寫出你的看法即可。填寫說明：下面每一個題目都有四個選項，請根據你的看法，圈選出一個最接近自己的情況。

※請問你的性別是？男孩 女孩

題數	內容與選項
一	我覺得自己在課堂上學速率問題時，學習的結果？ (A)非常好 (B)好 (C)不好 (D)非常不好
二	您認為本系統讓你點選的關鍵詞，符合你想要查詢問題的關鍵詞嗎？ (A)非常符合 (B)符合 (C)不符合 (D)非常不符合
三	你認為速率博士幫你重新組合出的查詢句子，符合你想要問的問題嗎？ (A)非常符合 (B)符合 (C)不符合 (D)非常不符合
四	你認為透過自動回覆系統所給的解答，幫助你解決了你的問題嗎？ (A)非常有幫助 (B)有幫助 (C)沒幫助 (D)非常沒幫助
五	你認為本系統比老師更快地幫助你解決速率單元學習上的問題嗎？ (A)非常同意 (B)同意 (C)不同意 (D)非常不同意
六	使用過這個系統之後，面對有關速率的困難問題時，你有信心解決它嗎？ (A)非常有信心 (B)有信心 (C)沒信心 (D)非常沒信心
七	你認為本系統提供的自動回覆問題解答功能，幫助你更快找到問題的解答嗎？ (A)非常有幫助 (B)有幫助 (C)沒幫助 (D)非常沒幫助
八	你滿意本系統的設計嗎？ (A)非常滿意 (B)滿意 (C)不滿意 (D)非常不滿意
九	依照你的滿意程度，為這個系統打個分數，最低為 1 分，最高為 10 分。 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

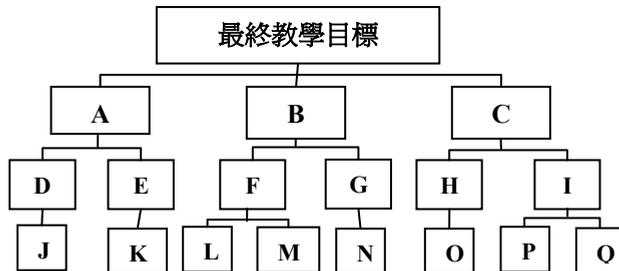


圖 1 學習階層

國小數學速率單元問答自動回覆系統之研究

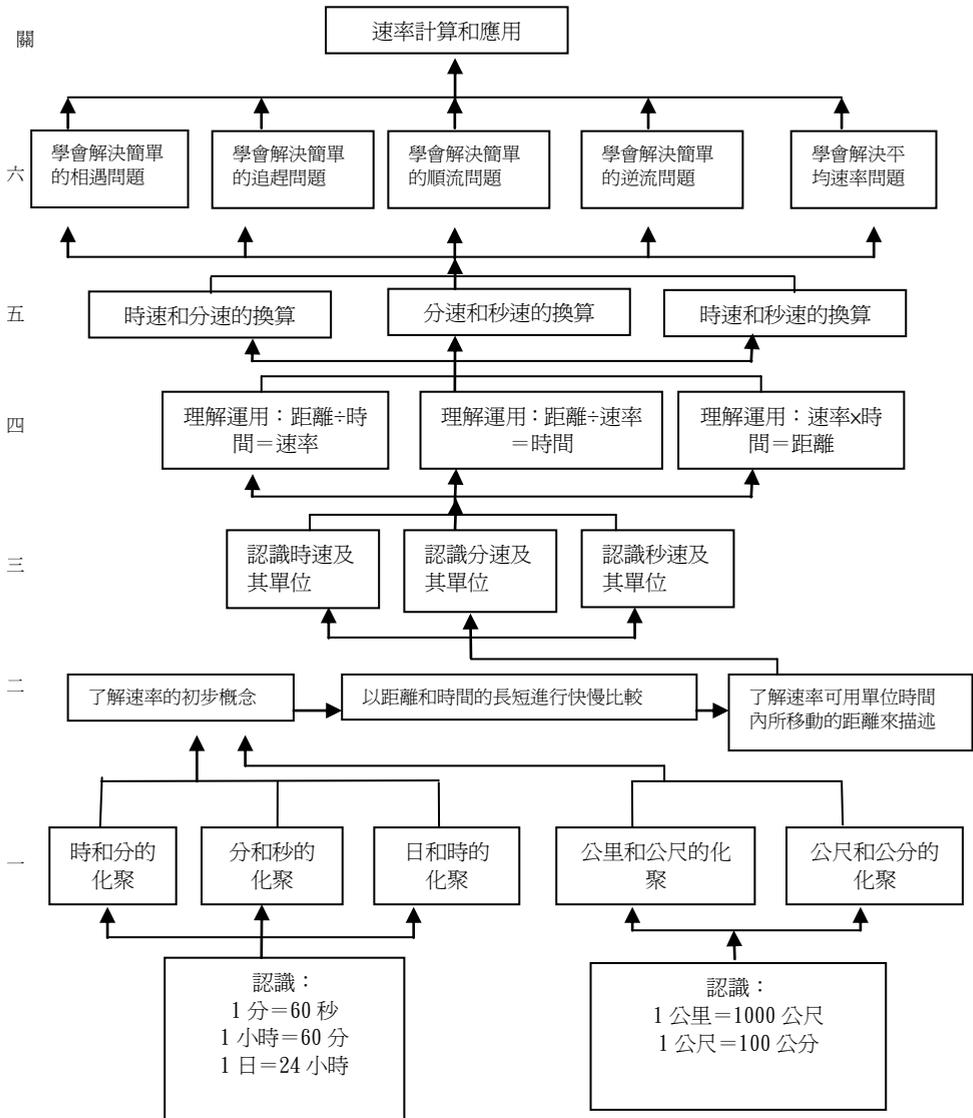


圖2 國小數學「速率」單元的學習階層圖

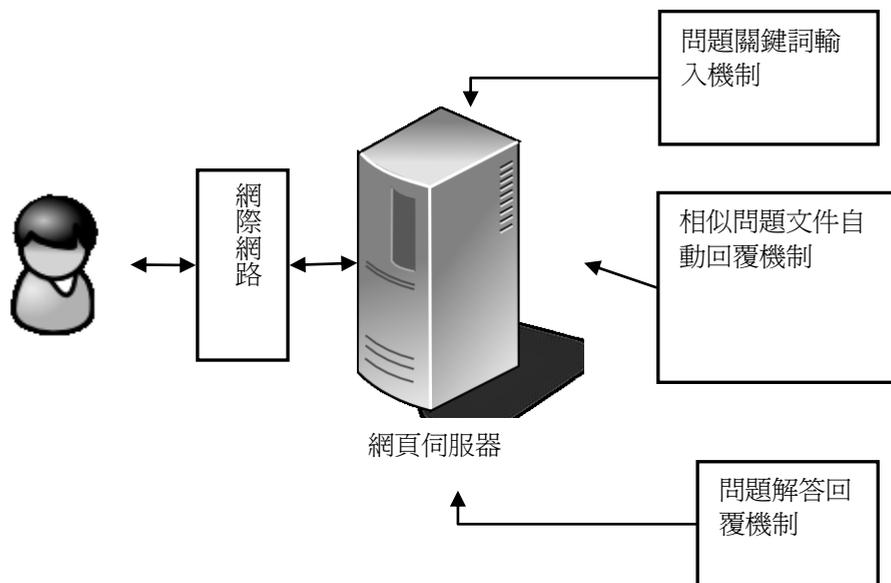


圖 3 速率單元問答自動回覆系統架構圖



圖 4 自動回覆系統進入介面



圖 5 自動回覆系統問題分類介面



圖 6 問題關鍵詞輸入介面



圖 7 自動回覆相似度較高之問題文件介面



圖 8 問題解答介面



圖 9 甲、乙、丙國小學生測試自動回覆系統之實作畫面

Auto-Reply System of Questions and Answers on Mathematic Speed Unit for Elementary School Students

Tsai, Jinn-Tsong* Wu, Yuan-Feng
Tang, Wei-Ling *****

An auto-reply system of questions and answers on mathematic speed unit has been developed for elementary school students. This system can immediately provide accurate answers as students request questions on the speed unit. The major contributions are described as follows. The documents, keywords, and answers are built for the auto-reply system of questions and answers, according to Gagné theory of the learning hierarchy. The term-weighting approach and the cosine similarity measure method are utilized to find the documents that are similar to the keywords that users key in. The ASP.NET, Access, and Flash are used to develop the auto-reply system. It includes mainly three modules, which are keywords input mechanism, auto-reply mechanism of similar documents, and answer mechanism for questions. The sixth grade students in the three elementary schools by purposeful sampling are chosen to test the system performance. After implementation, they fill out the questionnaire designed by researchers. Most students agree that the auto-reply system can effectively solve the questions of the speed unit and improve students' interest in learning.

Keywords: Mathematics, Speed unit, Auto-reply system, Term-weighting, Cosine similarity measure.

* Tsai, Jinn-Tsong , Associate Professor, Department of Computer Science, National Pingtung University of Education.

** Wu, Yuan-Feng, Teacher, Longmu Elementary School, Kaohsiung City.

*** Tang, Wei-Ling, Associate Professor, Department of Education, National Pingtung University of Education.