

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

網路中學數學學習館－計劃六： 建構式網路學習環境之研究

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC89-2511-S-009-024-

執行期間：89年8月1日至90年7月31日

計畫主持人：孫春在教授

共同主持人：袁賢銘教授

林珊如副教授

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：國立交通大學資訊科學系

中 華 民 國 90 年 10 月 16 日

國科會科教處八十九年度整合型計畫：網路中學數學學習館
子計劃六：建構式網路學習之研究
計畫編號：NSC89-2511-S-009-024-

國立交通大學資訊科學系 孫春在
國立交通大學資訊科學系 袁賢銘
國立交通大學教育研究所 林珊如

關鍵詞：建構主義、學習策略、適性化網路教材、適性化學習

一、摘要

本研究之特色在於提出簡易的適性化教材發展機制，能夠整合內容導向與存取導向的調適技術，以支援網路高中數學學習館的建立。在內容導向方面，學生可依據自己的學習狀況，選擇教材的瀏覽模式，增加使用者的學習效率。在存取導向方面，本研究從建構主義的觀點出發，針對學生的學習狀況給予適性化的學習路徑。以觀念為中心的學習方式，可強化學生觀念的建立，達到補救式教學的目標。

Abstract

This study is to provide a user-friendly mechanism for developing adaptive courseware for a web-based learning site for mathematics, which integrates content-based and access-based adaptation technologies. In the content-based aspect, it enables students to change the learning mode to improve their learning efficiency according to their learning status. In the access-based aspect, this study takes the viewpoint from constructivism to suggest adaptive learning paths to students according to their learning processes. The concept-centered learning style supported by this system can strengthen the establishment of concepts for students. It helps to achieve the goal of remedy learning.

二、緒論

1. 研究背景

在 1960 年代，美國伊利諾大學發展出 PLATO (Programmed Logic for Automatic

Teaching Operation)系統，首度將電腦應用帶入教育，開啟了電腦輔助教學(Computer Assisted Instruction, CAI)的發展，一直持續到目前的網路時代。近年來建構主義(Constructivism, Yakimovicz & Murphy, 1995)興起，認為在與外在環境的互動過程中，個體會根據其已具有的知識來理解週遭的環境，使得以教師為主體的電腦輔助教學漸漸走向為以學生為主體的電腦輔助學習(Computer Assisted Learning, CAL)。在網路非同步自訂進度學習的時代，這項特質更為明顯。

1991 年美國 MIT 發展出第一套網路 CAI 系統：Athena，開啟了網路教學的紀元。近年來網路技術的發達，全球資訊網(World Wide Web, WWW)成為新世紀的媒體寵兒。美國電腦教育家 Bork 當時預測在西元 2000 年，各級學校課程的主要學習方式，將是透過與電腦的互動來進行。而國內外各項研究也都顯示出傳統的教學方式應可經由電腦與網路輔助教學與學習所強化(Ausserhofer, 1999)。然而，經過十年來的發展，許多問題也漸次浮現，需要新的思維、新的技術加以解決，才能在網路的普及性及便利性之外，達到「有效學習」的目標。

2. 研究動機

學生透過 WWW 瀏覽網路教材時，由於 WWW 是由一群網頁靠著彼此錯綜複雜的超鏈結(Hyperlinks)連在一起，所以學生很容易會有迷失於超空間中(Lost in Hyperspace)，以及不易獲得整體資訊的概觀等問題發生(Kristina, 1998)，而過多的鏈結結構也會給學生帶來很大的負擔(Calvi

& Bra, 1998)。Conklin 曾指出迷失方向 (Disorientation) 和 認知負荷 (Cognitive Overhead) 是閱讀超媒體文件主要的兩大問題 (Wang, 1996), 這在學習方面的影響尤其顯著。

為了解決迷失的問題, 教學網站就必須提供各種導引工具, 最好能夠提供適性化 (Adaptive) 的網路教材, 並給予學習者適時的輔助。Perkowitz 指出所謂適性化網站就是網站能夠依據使用者瀏覽的行為自動地改進網站的組織結構和呈現方式 (Perkowitz & Etzioni, 1997), 達到個人化的調整目標。

測驗在學習中扮演一個很重要的角色, 近年來更有多個測驗網站問世。然而一般電腦輔助學習系統並未將測驗與學習有效結合。例如不能在測驗學生之後, 主動認知與瞭解學生的學習障礙, 進而給予適切的幫助, 反而必須由學生自己尋找出學習上有困難的地方。因此本研究認為電腦及網路輔助學習應該在以下兩種形式上加以補強: 調適 (Adaptation) 與補救 (Remedy)。

本研究提出一套電腦網路輔助學習的系統模型, 以實現調適和補救的目標。本整合計畫以高中數學為共同內容, 而數學本身重視思考及概念連結的特質, 也是建構主義所強調的特質。因此本研究以高中數學為學習內容, 發展適性與補救網站。

3. 現況與問題描述

翁秉仁 (2000) 評論目前在台灣所成立的許多數學教學網站, 歸納出數個現象, 其中他認為: (1) 從資訊供應者的角度來看, 份量、規模都嚴重不足。(2) 網站經營過份重視外觀炫麗的效果, 反而更突出內容的貧乏。(3) 相當多網站的資料網頁都是直接將文字檔擺到網路上, 與一般直接閱讀無異。整體而言, 無論在內容的充實或是教法的設計上, 都有待加強。

在學習網站的設計方面, 我們可參考 Andreas 提出的幾個問題 (Ausserhofer, 1999): 學習的複雜性 (Complexity of Learning)、互動性 (Interaction)、註解

(Annotations)、發問 (Asking Questions)、討論 (Discussing)、以及個別性 (Individuality)。本研究將一一探討, 尋求適合研究目標的解決途徑, 尤其以個別性為探索重點。

Tom Creed 和 Kathryn Plank 則認為好的教育網站不僅要有吸引學生進來學習的特質, 還需要使學生覺得網站值得他們付出時間與努力, 使他們願意繼續使用。因此針對如何建立好的教育網站, Creed & Plank (1998) 提出了設計教育網站的七個原則: (1) 網頁的下載速度要快、(2) 網站要能容易地瀏覽、(3) 網站要能提供最新資訊、(4) 網站要能容易識別、(5) 網站要鼓勵學生持續使用、(6) 網站要能幫助學生自我學習、(7) 網站要可供列印教材內容。

除了以上的一般性問題, 本研究承續以往發展網路教材 (Courseware) 與學習策略 (Learning Strategy) 的經驗, 將各要素加以整合, 提出一個建構式的網路學習環境, 期望能有效達到下列幾個目標: 具適性化的學習環境、學習歷程的註解、智慧型的學習輔助系統、具彈性的網路教材、以及有效的學習策略。

三、文獻探討

建構主義已成為數理教育改革的重要依據, 民國八十二年公布的國小數學科課程標準, 更是直接依據建構主義的教學理念。在建構主義的主張中, 有三項主要觀點: (1) 個體知識的形成是認知個體主動的產生, 而非被動的接受。(2) 個體知識是個人經驗的合理解釋, 並非代表真理的呈現。(3) 個體知識並非一成不變, 而是會不斷地擴展和演化。

認知主義探索人類心理層面的思考過程, 以及邏輯的推理, 因此適合運用在較高程度認知的科學課程上。建構主義雖同意認知主義的觀點, 但強調知識是個體主動的建構, 因此在教學上必須以學生為主體。在傳統課堂中, 依賴教師個人的力量實施建構主義教學有其相當困難度。因此本研究希望從認知主義與個人建構主義的觀點出發, 利用電腦網路輔助學習的優

勢，使認知主義與個人建構主義的教學特色在電腦網路輔助學習的環境中得以實現。

Collins 與 Quillian 探討人類的認知結構，發現知識的概念會彼此互相聯繫，按照不同層次構成一種網狀的語意網路結構 (Semantic Networks, Zeiliger, 1996)，因此需要由有層次且呈網路結構的概念彼此聯繫，才能建構出優質化的認知結構。而數學即包含著許許多多不同層次的概念，從建構主義的觀點來看，學習者需要先從低層的基礎概念開始建構自己所能接受的合理解釋，再來學習更高深的觀念。因此，本研究也將以觀念的建立為出發點，營造出具個別化、適性化與補救式的電腦網路輔助學習環境。

Perkowitz 等指出所謂適性化網站就是網站能夠依據使用者瀏覽的行為能夠自動地改進網站的組織結構和呈現方式 (Perkowitz & Etzioni, 1997)。他們認為網站需要調適有四個原因：(1) 不同的使用者有不同的瀏覽目標。(2) 即使同一個使用者在不同的時間點上也會有不同的需求。(3) 網站隨著時間的成長與演變，其原先的網站設計可能會變得不適當。(4) 網站可能是針對某個目的而設計的，然而使用者並不依循這個目的而使用該網站。

針對網站內容的多樣性以及網站需要調適的四個原因，Mike Perkowitz 提出設計適性化網站考量的四個方向 (Perkowitz & Etzioni, 1999)：調適的類型 (Types of adaptation)、個人化與轉換 (Customization vs. Transformation)、內容導向與存取導向 (Content-based vs. Access-based)、自動調適的程度 (Degree of automation)。

在 Brusilovsky (1996) 的研究中，他將內容導向式的調適稱作內容呈現的調適 (Adaptive Presentation)，並提出兩種調適的技術，而存取導向式的調適他稱作導覽支援的調適 (Adaptive Navigation Support)，同時他也提出五種調適的技術：直接導覽 (Direct Guidance)、鏈結適性化排序 (Adaptive sorting of links)、適性化隱藏鏈結 (Adaptive hiding of links)、鏈結適性化註

解 (Adaptive annotation of links)、導覽圖調適 (Map adaptation)。

本研究實作一個適性化學習系統，將針對高中數學教材中的所有觀念，建立出先修關係，並針對這個先修關係，結合知識結構與學生在觀念上的學習狀況，進而提供教材學習的建議路徑。在導覽調適的五種技術中，本計畫應用隱藏鏈結、提供鏈結註解與導覽圖調適三種技術，建構出適性化的高中數學學習環境。

四、系統架構

1. 適性化網路教材

適性化教材適合於教材前後單元之間呼應關係明顯的學科，例如數學的許多單元都需要應用到先前所學過的知識，並加以融會貫通才能學好後面的單元。在傳統教學中，學生遭遇到困難可以請教老師，但是網路學習的環境則必須由系統主動瞭解學生的學習狀況，進而給予調適和補救的教材，必可減少學生網路學習上的挫折感。

然而學習網站要達到適性化並不容易，在過去適性化學習網站的研究中，許多研究都顯示網路教材的編輯是最棘手的問題 (Brusilovsky, 1998)。為了實現適性化的網路學習環境，首先必須調整現有網路教材的呈現方式。

本研究以定義、公式、解說及例子為適性化網路教材內容組成的主要元件。然而由現有網路教材的文件格式 HTML 來看，這些元件的類別並無法在 HTML 標準的語法中呈現出來，因此我們需要在 HTML 的上層架構一個處理文件內容意義資訊的機制。

為了能夠將元件類別的資訊嵌入 HTML 的文件格式中，本研究定義特殊的文件標籤來代表元件的類別資訊，也就是在網路教材的文件中，根據教材的元件屬性分別加上 <definition>、<formula>、<content> 和 <example> 等標籤，分別表示為定義、公式、解說和例子，再以 </definition>、</formula>、</content> 和

</example>表示元件的結尾，這種處理方式對於數學學科內容是適當的，其他學科內容則可就其特性加以調整。

本研究採用 XML (eXtensible Markup Language, 可延伸式標注語言) 自訂標籤的精神，使教學系統能夠理解網路教材的元件類別，透過分析網路教材的類別標籤，將類別的屬性記錄在資料庫中，作為往後教材變化的參考依據。若本系統將來要利用 XML 做標準化，與其它系統結合，則原先採用的自訂標籤將可順利銜接到 XML 的標準格式。

透過這種由使用者自訂的方式，配合採用 XML 自訂標籤形式的網路教材，可實現以內容為導向的適性化學習環境。以下再介紹以存取為導向的適性化學習環境，並且採用軌跡法，由系統蒐集學習者的學習歷程，依據學習者的學習狀況，給予適性化的學習路徑。

2. 網路教材觀念間的鏈結關係

對於學習網站來說，由於教材之間具有順序上的關係，一般會依照由淺入深或由基礎到進階的難易程度來安排。因此鏈結結構需要考量到每個單元的先修關係。過去電腦輔助學習所提供的個別化教學通常是依據學生的學習能力而給予不同程度的教材，這種『因材施教』的教學模式，雖然針對不同的學生提供個別化的學習環境，但是在無形中卻也限制了學生學習彈性。

觀念(Concepts)不僅是認知結構中最重要基礎元件，也是建構主義所強調的知識單元，在獲取知識的過程中觀念的形成扮演著重要的角色。因此，本研究所發展的適性化學習系統，也以觀念的形成做為學習的重點，強化學生觀念的建立。

單一觀念可能涵蓋在眾多教材當中。而單一教材也可能隱含著眾多的觀念。按照觀念的先修順序，它們彼此相互聯繫，進而構成知識的語意網路結構。然而一般教學網站的網路教材並沒有特別強調每個教材所隱含的觀念單元，以及期間的關連性。因此學生在學習的過程中，需要由自

己從教材的內容當中找出該教材所隱含的觀念，進而建立起自己的知識。但是當學生企圖從一堆鏈結結構中想找出與目前學生所看的教材具有相關觀念或先修觀念的其它教材時，又往往會陷入或迷失在超空間中。

由於本研究的主題在於適應型的教學網站，所以在作法上與 Brusilovsky 所提出的 InterBook 有相似之處，即在於都採用以觀念為主的學習策略(Concept-based Learning)，系統依據學生所點選的學習目標，給予合適的推薦學習路徑。而相異之處在於本系統沿用上節實作適性化網路教材所採用的 XML 自訂標籤的方式，透過自訂標籤使每一份網路教材都能記錄該教材所具備的觀念是哪些，又各需要什麼樣的先修觀念。分析教材觀念、先後資訊即能夠將所有在觀念上有關連性的教材都串連起來，使學生在學習每一個教材時，都能獲得該教材所有的相關資訊。

在觀念組織之外，接下來可以再結合測驗系統，透過測驗得以瞭解學生在每一個觀念上的理解程度，根據學生已學得的知識，調整學生的個人化學習路徑。而系統依據學生的學習狀況所給予的推薦學習路徑，也能間接的減少學生的認知負荷。這種結合測驗系統，依據學生的學習歷程給予量身訂作的學習路徑，也是與 InterBook 最大的差別所在。

3. 學習路徑之適性化模式

導覽類型與新聞資訊類型的網站鏈結，其結構性較弱，因此可由使用者主動的調整，或由系統依據使用者瀏覽的行為被動地調整，達到適應型的目的。然而以教育為主的教學網站，尤其是數理方面的學科，在鏈結結構上與一般類型的網站並不一樣，屬於具順序性的星狀拓撲結構。因此在實作適性化教學網站上，比較適合由教學系統來調整鏈結結構，以避免產生錯誤的瀏覽順序。

目前大部分的教學網站仍呈現點或線的學習方式，欠缺針對某一觀念的完整結構。針對此一缺點，我們認為先修教材的

設計可使學生的學習可以以觀念為中心，呈現前後相關概念，而達到一個面的學習方式。因此本系統就以教材所需的先修觀念及教材本身所具備的觀念為基礎，依據學生的學習狀況來調整學習的鏈結結構，也就是本系統所推薦的學習路徑。

因此當學生點選某教材，透過這樣的推薦流程之後，學生可以得到一個為他量身訂做的學習路徑。在這個學習路徑裡，學生可以針對他所點選的這個教材，以該教材的觀念為中心，做一個全面的學習，時時強化概念之間的聯繫，而非只是超文件閱讀的點線式學習。一方面，當學生在教材內容有疑義時，不需要自己從一堆教材鏈結中去尋找可能與該教材相關的教材鏈結，也可避免發生迷失於超空間的狀況。另一方面，即使缺乏教師的輔助，學生也可以從學習路徑所推薦的教材鏈結做課程上的複習或預習，以培養學生獨立思考的能力。

4. 系統網站的實作

由於 Linux 在網路伺服器上具有很好的穩定性，因此本系統是以 Linux 做為網站的開發環境，採用 Apache Software Foundation 所開發的 Apache 1.3.12 為網站伺服器，使用 PHP 開發整個系統所需要的程式，GD 則是繪製學生學習歷程的繪圖函式。而記錄教材觀念與學生的學習歷程的後端資料庫則是採用 MySQL 3.22.23b。

雖然本系統的所有教材內容都是 HTML 格式的檔案，但為了提供適性化的學習環境，仍然需要存取一些教材資訊與學生個人學習歷程的紀錄，因而需要資料庫的配合。然而使用資料庫，最重要的是定義所需要的表格欄位，好的表格定義能夠減少查詢資料的次數，又能提供系統所需要的資訊。為了實作適性化高中數學學習系統，本研究定義了十個表格，分別用來儲存教材資訊與學生個人學習歷程的紀錄。

五、結論

適性化網路學習的相關研究已經進行了一段時間，各種適性化模式與相關技術也已發展成熟，許多研究也都證實適性化學習的確能夠提升學習效率或增加使用者學習的興趣(Bra, Brusilovsky, & Houben, 1999)。然而目前眾多的教學網站，仍以非適性化學習為多。其中最主要的關鍵仍在於適性化教材編輯的複雜度，另一個因素則在於調適的可靠性與系統回饋的時間。

本研究提出適性化學習環境，從建構主義的學習觀點，使學生在學習的過程中，以所學的觀念為學習中心，透過先修觀念的複習與後續觀念的預習，使學生能強化觀念的建立，奠定其基本實力，進而應付更深入的課程內容。

本網路教學系統的主要貢獻在於使用了參考自 XML 自訂標籤的概念，簡化適性化教材的編輯程序，透過教材元件類別的切割，使系統很容易就可提供學生各種不同學習模式所需要的教材內容。

本系統並且可快速地為所有網路教材，以知識的觀念結構為主，建構出完整的教材鏈結結構。並且透過自訂標籤的定義，使教學系統可以快速認知教材文件的內容組織，簡化適性化教材的編輯程序。如此可減少教材共同編輯者之間的教材編輯協定，以及減少教材維護所需花費的時間，結合了內容調適與導覽調適的兩種適性化技術，莫立一個適性化學習網站的新模式。

就調適的技術而言，在以內容導向為主的調適方面，本系統採用使用者自訂的方式，透過教材元件類別的切割，過濾掉使用者不需要的資訊內容，增加使用者的學習效率。在以存取導向為主的調適方面，則採用主動式的系統調適，運用導覽調適的三種關鍵技術：適性化隱藏鏈結、適性化鏈結註解、提供適性化學習路徑的導覽圖調適。

六、未來展望

1. 納入更多的教育資源

本系統在內容導向的調適上，利用 XML 自訂標籤的方式，將網路教材切割為四個元件類別，提供使用者不同的學習模式，但仍顯得不夠多樣性，主要是受到目前教材內容不足的限制。由於本系統採用的教材取自一般學習模式的教材，因此可供變化的方式並不够多。若能增加使用者其它的學習風格，定義更多的自訂標籤，透過這些自訂的標籤，都可以將所有的教材內容包含於同一個網頁上，依據使用者的喜好設定或系統調適，決定該給使用者什麼樣的教材元件，以增加網路教材的彈性與多樣性。

2. 多媒體教材的調適技術

目前在內容導向的調適技術上，仍然以文字內容的調適最為廣泛，但這樣卻可能忽略超媒體文件能提供多媒體教材的優勢，因此在多媒體教材的調適技術上還有一段努力的空間。XML 的技術目前也只針對文字內容，對於多媒體內容仍無法運用 XML 自訂標籤的機制。因此若能將 XML 的機制嵌入多媒體文件中，那麼多媒體教材也能輕易地提供使用者更多的彈性與互動性。

3. 建立適性化網站的標準模式

建立適性化網站的標準模式是相當重要的，因為網路最重要的優勢即在於資料的分享。由於每個適性化網站都有其適性化的教材資源與使用者模式，因此對於各個同類型或不同類型的網站，應該建立一套適性化網站的標準模式，使各地的網站都能彼此交換教材資源。而教材資源的分享，更可以讓每個適性化網站能彼此相互支援所需要的適性化教材，降低每個網站教材編輯者的負擔。

4. 網站本身也需調適

未來可引入智慧型的演算法，使網站本身也可以不斷地學習，讓網站自己能產生出更多調適的模式，使每一個不同的使用者都能對應到適合自己的調適方式，如此就更可避免調適錯誤的機會發生。

5. 引用智慧型代理人機制

引用智慧型代理人的機制，可讓調適的機制從伺服器端轉到客戶端。由智慧型代理人在客戶端詳實記錄使用者的相關資訊，並依照所得到的資料建立使用者模式，根據使用者模式再從伺服器端下載相對應的適性化教材或下載完整的教材再由代理人進行教材的調適。不同的代理人之間也可以做訊息的交換，使建立的使用者模式可以更加完整。每個使用者也可以透過代理人找到學習上的同伴，減少網路學習產生的孤獨感。而對伺服器端來說，利用代理人的機制，可使系統負擔大大降低，避免使用者因為系統負擔過大而增加等待系統回應的時間，因而失去學習的興趣。

七、參考文獻

- 翁秉仁, (2000). 從台灣數學網站談起. http://www.math.ntu.edu.tw/library/web/site/web_00_05_19.htm
- Ausserhofer, A. (1999). Web-Based Teaching and Learning: A Panacea? IEEE Communications Magazin, 92-96.
- Bra, P. D., Brusilovsky, P., & Houben, G. J. (1999). Adaptive Hypermedia: From Systems to Framework. ACM Computing Surveys, 31(4).
- Brusilovsky, P. (1996). Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia. User Modeling and User-Adapted Interaction, 6, 87-129.
- Brusilovsky, P. (1998). Web-based education for all: a tool for development adaptive courseware. Computer Networks and ISDN Systems, 30, 291-300.
- Calvi, L. & Bra, P. D. (1998). A flexible hypertext courseware on the Web based on a dynamic. Interacting with Computers 10, 143-154.

- Creed, T. & Plank, K. (1998). Seven Principles for Good Course Web Site Design. The National Teaching & Learning Forum, 7, 8-10.
- Kristina. (1998). Evaluating the utility and usability of an adaptive hypermedia system. Knowledge-Based Systems, 10.
- Perkowitz, M. & Etzioni, O. (1997). Adaptive Web Sites: an AI Challenge. In Proceedings of the 15th International Joint Conference on Artificial Intelligence, 16-23.
- Perkowitz, M. & Etzioni, O. (1999). Towards Adaptive Web Sites: Conceptual Framework and Case Study. <http://www8.org/w8-papers/2b-customizing/towards/towards.html>
- Wang, T. S. (1996). Navigation Guidance Design and Analysis in Educational Hypermedia. National Chiao Tung University.
- Zeiliger, R. (1996). Concept-Map Based Navigation in Educational Hypermedia : a Case Study. <http://www.irpeacs.fr/~zeiliger/ARTEM96.htm>