

歐美各國電腦輔助教學概況簡介(三)

叁、英國電腦輔助學習計畫之評估 (下)

J.R.Hartley 著

勇清 譯

國立臺灣師範大學數學系

用於解說與模擬的課程

NDPCAL 的最主要特色之一是發展了各種各樣的模擬課程，用在物理科學、工程、數學、醫學、以及社會科學。這些學科中，有許多概念很難加以解說；有的是因為在教室中無法把資料準備妥當，有的因為概念本身及其相互間的關係都是以形式化或符號化的詞彙來表現，而看起來與日常生活經驗相隔非常遙遠。但是，在應用電腦的課程中，使用這類方程式或量化的資料庫來提供所需系統的一個“模型”，可以幫助學生建立他的知識結構。一般來說，使用者無法對課程本身進行編譯或修正的工作，但是，他却可以輸入參數的值，然後觀察它對輸出的顯像有什麼影響。利用這種方法，他對其中所含之原理的性質就會有所認識。學習者可以再將他的假設與想法加以試驗，而因此完成他的了解。

關於這方面的成果中，一個例子是在Glasgow的醫學計畫中由Taylor與Scott(1975)所完成的急診病患模擬課程。在這個課程中，病人在每個時刻的情況都以一組與生命有關的數值來表示，像體溫、脈搏次數、呼吸、昏睡、蒼白等與診斷有關的現象，另外有一些與這些數值有關的函數來顯示這些數值如何隨時間而改變。當學生坐在終端機前面時，病人的情況都很詳細地印出在螢光幕上，例如，病人是在車禍中受傷，有骨折現象與呼吸困難，學生可以要求做檢查與試驗，然後實施治療。一般而言，檢驗不會對病人有直接的影響，但是，其中却需要考慮時間的因素，因為在檢驗的期間內，病人的情況可能會惡化。學生可以觀察病人的變化情形、以及各種與生命有關的數值的變化率，而把這些結果以圖形來顯示。為了改善病人的情況，學生可以提出各種治療的方法，每作一次治療，就有一段時間的增量來表示治療的時間；這段時間之後，所施行之治療所產生的作用就開始改變病人的各種有關數值；如果治療所用的時間超出某個限度，病人就會死亡。治療的方法可以加以分類，例如，在某個時間會有生命危險的方法，以及在短時間與長時間內會有好或壞效果產生的方法。當然

，治療的目的是要儘快改善病人的狀況，使能穩定下來，而在治療過程中，學生所能得到的回饋只有一種，那就是病人的情況的變化。

這個課程的學習目標，乃是要讓學生體驗到仔細地觀察病人的狀況以及要了解許多可能的治療方法這兩件事的重要。（例如，在前面所提到的特殊情況中，可體松（cortisone，一種荷爾蒙）就可以解決血壓下降的問題，但是，除非呼吸困難的現象得以改善，病人的蒼白現象就已是致命的）。學生還應該學習對各種治療方法加以評鑑（例如，儘管乙苯基丙二醯脲（phenobarbital，一種鎮靜、安眠劑）對呼吸、昏睡、蒼白等方面有不良的效果，但是在長時間中，却對脈搏的正常化有幫助）。

這個課程具備了模擬法被認為可用於教學的許多特色。第一、學習者可以在一個比面臨的實際情況簡單的系統中作治療的練習；他對整個情況有更大的控制力，因此，他比較容易了解其中的各種關係，亦即，病人的需要與治療的效果。第二、學生可以了解他所作之決定的效果而不會有任何不利的後果；同時，由於在實際狀況中時間都很緊迫，所以在一段很短的時間內學生就可以作許多次的練習。

工程學是很適合使用模擬法的另一個領域，特別是其中那些過於昂貴或太危險而無法向學生示範的系統，例如，原子爐。在NDPCAL的計畫中，有一個包含許多大學在內的工程科學計畫乃是由London的Queen Mary College為發展中心，這個計畫設計了超過70個課程組套，其中包含了電機工程、核子工程、航空工程、以及機械工程（參看Smith, 1977）。差不多每個以科學為內容的模擬課程都是把輸出的資料變成可見到的顯像，使學生可以很容易地看到他修正了參數之值後的結果。在NDPCAL的計畫中，有一個是電腦在大學科學課程之應用（Computers in the Undergraduate Science Curriculum），這個計畫在London的Chelsea and University Colleges與University of Surrey合作之下，曾設計了數十個模擬課程與計算課程來提供使用，在其中一個課程組套中，當學生指定了原子軌道、原子核的電荷、以及尺度之後，就會顯現出原子軌道的示範圖。關於這個計畫的成果，其他作品已作過介紹（參看McKenzie, 1977）。

另一個不大相同的例子是NDPCAL設立在London Business School的Management Decision Project，其中的模擬課程設計了企業管理中的品質鑑定。這些技巧乃是以“遊戲”的方式應用電腦的回饋練習來訓練；透過這種訓練，使用者可以學著去了解自己以及其他人的看法。有一個簡單的例子是這樣的，在一個“對員工應參加工會之態度”的小組討論中，先列出了五種可能的態度，從最積極到最不積極。當小組在一起就這個主題作一般性討論之後，每一位參加者就五種態度在終端機上打上他的贊成等級；有一位推選出來的代表，他參加過小組討論，但卻沒見到每位參加者所評定的等級，他開始對所得的共同看法加以評鑑，然後對小組成員的等級加以估計。電腦再分析他的判斷，並把結果以圖形顯示出來，所

得的資料又可做為討論的題材。它可以讓這位代表檢討他對小組成員的了解程度，以及他對小組成員之意見的重視程度；小組的成員則可以檢討他們是否把自己的看法灌輸給其他的參加者，以及他們自己的看法與獲致的共同看法間的相關狀況。所以，這種練習可以繼續進行。許多不同型的問題都可以使用這種方法，電腦的功用是由提供等級的回饋來幫助模擬課程的進行，如此可使經理人員了解在他們對問題的展望中有些什麼態度與判斷。

NDPCAL 曾經設計了各種各樣有趣的模擬組套，但是，儘管模擬訓練在教學上的優點是有目共睹的，要使學生能從其中獲得最大的利益却還有些困難存在。只要記住模擬課程需要使用者具有創新的能力，就可知道學生從模擬組套的使用所能獲得的洞察力，與他的準備情況與背景知識有著強烈的關係。在前面所學的醫學計畫中，除非所作的檢驗與治療方法能配合學生的知識，使他從這些方法對病人之情況變化的可能效果能做出假設，他是不可能作出任何有系統的決定的，也因此不可能對這個模擬練習提出任何合理的解釋。此外，學生所能使用的對話也有限制（只有簡單的指令與數字），而這些對話只能在檢驗與治療的樹狀圖中運作。學生只能選擇檢驗方法與治療方法，他無法把他的決定提出討論，也無法問出這些治療方法為什麼會產生它們的不同效果或是如何產生這些效果。在這個課程中，既沒有討論這種急診病患之情況的處理方法，也沒有直接提供任何學習上的指導。更進一步地，學習者的處斷細節沒有留下記錄，所以，這個課程就無法在以後的模擬練習中能具有適應性。當然，這些教學上的支援有一部分可以用其他方法來提供，例如，在這個課程轉移到 Leeds 後的型式中，學生可以“留下”他的對話記錄，這些記錄在學習完畢後印出來，使他可以與教師討論他所作的決定。

前面所作的評語差不多可以用在英國的每一個 CAL 模擬課程。爲了要增強對話功能，課程本身必須能夠處理各種模擬的方式，然後才能對學生所提的問題給以反應，例如，學生所提的關於使用方法的問題。這種技術目前已經在人工智慧（artificial intelligence）方面開始發展，而在美國，Brown 以及其他（1974）則使用這種技術設計了一個教授在電氣回路（circuitry）中尋找錯誤的課程。

不過，NDPCAL 目前在模擬課程的一般設計方面更受到限制，電腦所扮演的角色主要都在計算與顯像方面。在較複雜的組套中，指令（這是學生從所使用之模型中獲得知識的工具）以及支援性資料應該從那些從事觀察、質疑、與測驗學生的概念化能力等的評鑑性研究中來發展。很少有幾個計畫曾經在這類工作上能夠有所成就，同時也沒有一個計畫能夠把研究重點與前面“發現式學習模式”一節中所列舉的心理學研究連接在一起。

解題技巧的教學

“解題”(problem-solving) 這個名詞，比起“模擬”這個名詞，其定義較為模糊而且也較為濫用。在本文中，我們不準備給以一個專門性的定義，但是，却希望從引述的特殊內容中能把它的解釋表達得清楚。從本質上看來，對學生而言，解題是一種新奇的狀況；它具有必要的知識與技巧來解決一個問題，可是他却需要把他的推理加以條理化並發展啓發式的能力，才能使他由最初條件達到最後目的。從過程中各種相關工作的表達，學生可以學到如何選出其中的特性，以使問題的解決方法能夠合乎經濟原則。

應用電腦來教授這種解題技巧，使用過的方法有兩種。有些計畫使它們的模擬課程能夠只使用作者語言，而其他的計畫則把模擬課程擴展到能具有對話的能力，或者是發展了各種型式的程式語言，使學生能利用這種語言來設計、除錯、與執行自己的電腦程式，而由此來表達與證明他們的解答。

使用作者語言的第一種方法中，有一個例子是 Leeds University 的 CALCHEM 計畫。問題的內容是關於核子磁共振(NMR)的光譜分析；學生先知道一個分子式以及它的光譜圖，而要進行的工作是決定這個分子的結構。首先，學生需要觀察光譜圖，以便確定光譜線的位置、每條光譜線的次數、及其積分強度，亦即，曲線下面的面積。在這個課程中，根據學生反應的需要，提供了指導式的學習指引以及回饋。做過觀察之後，學生必須提出可以說明光譜之某一部分的一些化學分子。爲了要根據光譜線位置、次數、與強度來評定學生所提的分子，課程中開始對學生所提的分子之光譜與已知之光譜的特性加以比較。在這段回饋之後，學生如果認為有需要，可以修正他的反應。整個練習就這樣繼續下去，直到得出完整的構造式爲止(參看 Ayscough, 1977)。Leeds University 的 Sleeman (1974) 採用同樣的內容而設計了一個課程，在課程中，學生可以對下面這些問題提出看法：那一群與那一條光譜線構成分子的起頭部分、那一群是在第二部分、以及分子的結構。此外，在課程中學生有 SUMMARY, HELP, 與 EXPLAIN 等特殊指令可以使用。SUMMARY 乃是把學生針對問題所蒐集到的資料加以整理；HELP 是對如何進行來解決問題給以提示，這類提示依學生所得的資料之不同而有不同的內容。EXPLAIN 乃是要說明不正確的看法爲什麼不能被接受。像這樣的課程是不能預先儲存的，因爲它需要預測學生可能提出的看法而給以反應。這種課程的內容必須很豐富，使它的處理過程就可以解釋 NMR 光譜。關於設計這種內容豐富之教學系統的重要性以及設計這種課程的一些技術，在其他作品中已作了報告(參看 Hartley 與 Sleeman, 1973; Sleeman, 1977)。

CALCHEM 還設計了一些課程來教授如何解決化學反應的問題。這些教學資料並沒有直接教導有關的技巧，而與傳統的方法不同的是，學生沒有得到要獲致解答所需的足夠原始

資料，他必須決定那些資料是必須的，然後從電腦課程中去取得這些資料；電腦會為他解釋這些資料，並且說明這些資料的那些不同組合就足夠獲得問題的解答。當學生打上他的答案時，電腦所作的檢查不是只針對答案的正確與否，同時還檢查所蒐集之資料是否足夠與是否過多。這種從電腦中取得資料的記錄就可以指出學生之學習過程是否合乎經濟原則。在 Leeds University 的 Applied Statistics Project 中，有一個例子是這樣的：在這個例子中，模擬單元都是在那些以作者語言寫成的對話課程之中，內容主題是關於心理學中的實驗設計。首先，從研究成果中提出一份簡短的報告，而較有經驗的學生就需要擬定一個妥善的實驗計畫；在這個實驗計畫中，必須確定變動因素、作出適當的假設、決定測定的方法、以及提出資料分析的方法。在研究成果中所含的全部資料都已儲存在模擬課程之中，學生可以進行抽樣並作資料處理，然後來評斷他的決定。如果有一群學生分別作了這個課程的練習，他們還可以舉辦一個有趣的討論會。有關這個例子的一些細節，在其他作品中已作了說明（參看 Abbat 與 Hartley，1974）。

儘管這些發展曾經編出許多課程，使得教育目標的領域開展了許多；但是，在教學工作的一般認識、學生的知識、以及一般的教學策略等方面，這些課程本身仍然受到限制。如果教學工作能有一種代表性的作法，使得課程本身就可以將問題加以組合並進行求解，那麼它所能提供的好處就很多了。當課程具有這種功能時，學生就可以創造他自己的方法，而由課程本身來加以分析（在預先儲存的學習資料中，學生只能採取特定的小步驟來解決問題，回答問題的方式也需要使用事先擬定並儲存的那類方法）。對內容豐富的教學課程之第二項要求是學生的表現。這不僅要包含相對價值，亦即，對學生的適任能力所作的假設，同時還要包含能夠在相當程度內模仿學生之資料處理的電腦課程。第三種需要則是這種課程要具有對教學工作的一般認識；關於這一點，最好的可能是把它表現成行為控制式的課程，因為這種課程是將狀況活動之說明依一定順序組合而成的。其中所謂的狀況，與課程的特性以及設計學生之學習活動與學習方法的程序都有關係。教學的活動應考慮教學模式、課程之複雜性、輔助的方法、以及回饋的型式，由這些考慮所得的教學狀況來決定應採用那一種教學活動。

教授解題技巧的另一種方法，乃是讓學生可以把他的解答寫成電腦程式之形式；這種方法是某些發展計畫所使用的。在 NDPCAL 設立在 University of Surrey 的計算性物理計畫中，乃是利用 BASIC 語言來這麼做；這個計畫認為讓學生利用演算的方式來求解一個問題這種作法是有好處的，因為這種作法要求學生對於所需的資料很清楚地了解，同時把求解過程很細心地逐步寫出來。在有關放射性元素的衰變以及帶電線路所產生的磁場這兩個主題上，就採用了這種解題的練習。經驗顯示，儘管這種程式活動比起傳統的演習課程需要花費更多的時間，但是，這種方法確實對學生有幫助而且也深受學生喜歡。

顯然地，這種計算方法的教學，使用得最廣泛也最完整的是 University of Cambridge

的應用數學與理論物理學系 (Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics)。早在全國電腦輔助學習發展計畫開始之前，這種方法就已開始使用，而且它的發展也與 NDPICAL 無關；其作法是利用 FOCAL 語言來介紹給學生如何以數值方法來處理應用數學上有關解題的技巧 (參看 Harding , 1975)。在其他地方，APL 語言也曾被用來作類似的教育目的。這種語言的敘述與函數的概念頗為相似，所以，在科學與數學課程中，使用者不僅可以使用電腦語言來表達這些課程中有關計算的過程，同時也可以用來表現概念性的結構。這種特性以及 APL 在教學上可以使用的�方法，使它與教學生使用像 BASIC 這種語言來做計算工具所能產生的教育效果不相同。Berry 以及其他 (1973) 曾經設計了一些例子來使用 APL 教授力學以及電腦科學上的一些主題。不過，到目前為止，使用這類技巧的經驗還沒有深入地發展，同時它們的效果也很少加以評鑑。我們希望在這類語言更為普及之時，它們在教育上的潛能可以更清楚地顯現出來。

應用電腦的教學資料併入傳統的教學系統

經驗顯示，電腦所能提供的所有教學功能 (指導、模擬、與解題技巧的教學)，其課程資料的有效使用都深深地仰賴使用單位所提供的教學支援，兩者之間的連繫乃是透過課堂講授、作業、學生指引、以及演習課；但是，對於一位習慣於使用有限幾種教學模式的教師來說，要他重新開始使用一種講究個別化學習的新技術並不容易。此外，由於 CAL 課程資料是在不同的學系，甚至不同的學校中使用，這種課程就需要有適應性，不僅要適應學生在學習成就上的差異，還要適應每位教師的需要與愛好。對一個 CAL 教學實驗室來說，儘可能合乎經濟原則也是需要的。最理想的情況是，學生可以不必監督就可以處理有關終端機以及課程方面的使用問題。

在 Leeds University 的 Applied Statistics Project，包含了三所大學共十二個學系中的數百位學生，對於前面所述的困難提供了很好的例子，而也指出了可能的解決方法。在這個計畫中，指導式單元的設計，乃是利用一些學習者指令、當學生提出反應後給以回饋、指示、補救教學、以及根據學習時間與學習成就資料提出決定原則等作法來適應不同的學生。不過，把這類課程資料併入各學系的教學活動之中，則要仰賴教師能夠很容易且很有效地使用這些課程單元才能辦到。我們所要做的，並不是要提供“定案的”指導式課程讓教師不必經任何修正就可以使用，根據經驗，我們有必要設計一些資料，讓教師可以，甚至要求教師加以補充與修整以適合他自己的目的。爲了要達到這種彈性應用，一種簡單的高階語言GAL被設計出來配合這個目標。在課程中，有一組指令容許使用者選擇單元並排定其順序、用自己的銜接說明來介紹各單元並加以連接、根據使用各單元的確實日期、時間、與成就資料、

學生的喜好、或這些標準的組合等指定有關的決定原則(容許使用者決定使用的確實日期,其目的是要讓教師把這些課程資料與他原有的授課時間表配合)。當 GAL 系統利用作者語言來編製教學資料時,前面所需的高階控制程式都可以指定而且可以在終端機上很快打出來。在以後的任何時間,新的部分都可以加進原有的控制程式中或者加以修改,因此,教師可以不斷地發展他的課程。

爲了要幫助教學人員規劃他們的控制程式,每個教學單元都編寫了一個快速的印出方法(亦即,印出整個學習資料,其中每個反應都是正確的),這是提醒教師與作者有關課程之基本內容的最簡便方法。如果他們需要有關回饋與補救教學的更詳細內容,那麼利用 BROWSE 的指令就可以讓他們在終端機上對整個單元加以探查了。

教師也可以決定把學生的學習成就資料加以儲存;當學生完成了一個教學單元時,計算成績的設備就對他的學習成就加以評價。對這種記錄設備,教師還可以指定某些特殊的功能;將這些記錄,連同學生學習的時間資料以及他所涵蓋的內容範圍,就可以做為全班成績的根據。電腦每一星期對這些資料作一次分析;如果教師願意的話,也可以自己分析,因此,對於學生之學習時間、學習成就、以及進步狀況,可以建立一個不中斷的記錄檔案。

只利用最低限度的訓練,將教學實驗室讓使用者自行管理而不必有專門的監管人員,這是有必要的。在 Leeds 的系統中,每一位學生都有他自己的識別證(這是由電腦自動指定的),同時他也知道他的控制程式的名字。只要在終端機上把兩項資料都打進去,電腦程式就可以找到儲存在他的名字之下的學習成就與時間資料,同時也可以正確地指出他在整個教學課程中的位置,因此,學生可以依照自己的選擇在任何時間進行學習;即時訓練只要使用電傳打字機(teletype)就可以進行;教學課程與計算的協助設備都已經編寫妥當,同時資料說明也都隨時準備以供使用;還有一個留言程式可以讓學生打上他的意見或是向教學人員請求協助;當學生有緊急的困難或疑問時,則另有直通的電話線可供聯絡。

即使是以模擬課程爲主的計畫也都面臨類似的困難。適當的預先教學是非常重要的,而對模擬方法之提供監聽工作與學習後之討論的困難情形,前面都已經列舉過了。許多計畫都很意外地發現,大部分的課程都需要有證明用的資料以及提供手冊或活動記錄簿。

應用電腦的教學資料必須要統整到各學系的教學體系之中,但是,如果它要配合學生學習的差異,課程就需要作教學上的調整,而不能只把它看成原有課程的附屬品。意思是說,當教師要把應用電腦的課程納入教學活動之中時,他的角色需要作某些改變。因爲我們並不是要在傳統方法保持不變的情況下把應用電腦的課程納入,而是教學活動需要重新設計的一種調整。我們應該以謹慎的態度來體認這件事實:在新的方法能完全發揮它的效果之前,可能需要花掉好幾年的時間。

課程轉移的可行性

所謂課程資料的轉移，並不是只將教學資料加以安排，使它在不同的學校中使用而已，在作業上可能有些困難存在。將課程轉移，其目標應該是把課程資料、實施方法與經驗都一起轉移，使 CAL 能在新的學校中牢固地生根。要達到這個目標，就應該把課程統整到各學系的教學活動之中，而不必仰賴更多的經費以及外來的協助。

達到這個目標後有許多好處。首先，有更多的學生使用這些課程資料，其潛在意義就是更合乎經濟原則，因為發展這些課程的經費可以更廣泛地分散到多數人身上。此外，由於使用到更多人身上，由此而獲得更多的批評與建議，這對課程本身是有好處的。課程資料應該不斷地加以補充與修訂，包含更多教學人員在內的使用者可以在不需大量經費的原則下進行這件工作。另外一項好處是，新的學校也許可以對課程本身提供新穎的想法及增加其原動力。在 CAL 計畫中，很可能產生的一種現象是，課程的型態與教學方法都停留在靜止狀態而參與者還自覺滿意；但是，其中可能產生某些問題。許多計畫對於其他學校或學系有關課程轉移的要求，都是沒有差別待遇地有求必應，如果提出要求的學校或學系設備不足而有興趣的教師人數太少，那麼，結果必定很令人失望，如使用次數太少，甚至提供課程轉移的學校還需要提供很多協助，這種是不合經濟原則的。此外，當一些擁有不同的電腦與終端機系統的學校互相合作時，課程的設計很可能會只努力於適應彼此的差異；這種作法固然可以保證每個課程都可以在任何學校使用，但是課程資料卻會因過份單純而使其教學效果受到限制。在這種情況下，與其拒絕其他學校的廣泛應用，較好的作法可能是設計不同層次的課程，且附有補充用的部分或組套來做為基本課程的充實資料。

對那些以模擬課程為主的計畫來說，課程轉移的困難可能更為明顯。課程組套通常是以廣泛使用的語言如 FORTRAN IV 或是 BASIC 所寫成的，儘管這類語言也會碰到不同的用法，但是 NDPCAL 計畫所發展出來的小型課程，都可以在使用這類語言的各型機器上應用，而沒有重大的困難。這種課程最主要的困難可能來自它們所使用的不同繪圖終端機，不過，各計畫都事先發現這項困難，而在課程設計與未來推廣方面特別謹慎。例如，NDPCAL 的工程計畫採用三種階段的發展型式，最基本的一種課程完全沒有繪圖與會話的輸出；其次的一種課程含有會話的輸出而沒有繪圖；最後的一種才包含了完整的繪圖。如此，每個學校可以採用最適合於其設備的一種；此外，與模擬練習相連貫的事先教學與事後教學資料也都需要編製得合乎課程轉移之用。這種服務所能提供的效果是相當大的。

對於課程資料的推廣，NDPCAL 一直採取積極鼓勵的方式。目前，轉移後之課程的使用數量參差不齊，而要對這方面作完整的評估也需要幾年的時間。不過，在 1977 年底時，設立在 London 的 Queen Mary College 的工程科學計畫已經轉移了大約 53 種課程到 28

所學校去，因此很自然地使其使用數字增加了一倍，在 1976/77 學年度中的記錄是 10000 學生一小時，這個數字比前一年增加了百分之六十。NDPCAL 的 Geographical Package Exchange Project (GAPE) 接到了許多以 BASIC 寫成的課程，這些課程都能夠達到程式設計與推廣普及的特定標準，同時能夠幫助各學校在他們擁有的電腦上使用。從索引上看來，這些資料涵蓋許許多多的課程。例如，其中有一個是要從市鎮與交通線所成的交織網中計算出設立工廠的最佳地點；另一個組套則模擬了沙石堆積的成長現象；另外有一個遊戲則可以讓使用者作決定在非洲開闢一個農場而且發展出降低風險的策略。超過了 70 所學校從其中訂購了 270 個組套，而其中大約有三分之一把這些資料引進了教學活動之中。不過，由於 BASIC 編譯器之間缺乏一致性，特別是在字串處理 (string handling) 方面，以致於課程往往需要重寫，或是可以使用這些課程的電腦受到了限制。

NDPCAL 還設置了一個物理科學課程交換的轉移計畫，它的目的是要把課程的預約者集中在一起，同時要蒐集各種可以轉移給參加學校使用的應用電腦之課程資料。此外，在前面“解題技巧之教學”一節中所提到的 Cambridge University 之應用數學課程資料，也設置了一個轉移計畫。

當教學資料是以作者語言寫成時，其轉移的方法依其作者語言處理系統本身之轉移方法的不同而有所不同。這種處理系統乃是當學生正在終端機上進行學習時負責作資料管理的程式 (它是依作者語言的語法與指令所設計的)。在 Leeds University 中，有關統計、化學、與醫學等的課程資料都是以作者語言寫成的，所以，任何學校只要轉移了處理系統，就可以使用所有的課程。當然，也可以把電腦、它的終端機與作業系統、作者語言、以及教學資料等全部當成一個主體，讓有興趣的學校購買或租借。在美國 University of Illinois 所創設而主要是使用大型 CDC 電腦的 PLATO 系統，就是採用這種方法來作轉移的。不過，購買這種系統都需要相當高的費用。

一種更方便的轉移方法是 Leeds University 的 CALCHEM 計畫所採用的方法。這個計畫指定了一種作者語言，而把它的處理系統用 BASIC 與 FORTRAN 語言來設計。儘管這些語言在不同的電腦系統上使用時的不同型式仍然各有其特色，CALCHEM 的教學資料已經轉移到英國及其他國家的十幾所大學中使用。關於這方面經驗的說明在 CALCHEM 提交 NDPCAL 的期終報告中已作了整理 (參看 Ayscough, 1977b)。

Leeds 的 Computer Based Learning Project 則又採用另一種方法。這個系統中有一個語法的分析／翻譯器程式與一個使用時間控制器。當作者把課程打進電腦來做為本文檔案時，分析／翻譯器就加以檢查，以確定其中的語法、教學程序、與資料編號等都沒有含混不清且都合乎語言的規則；在作過必要的改正之後，分析／翻譯器就把這些資料翻譯成讓學生使用起來很方便的型式 (例如，資料中作者所定的位址都改成磁碟上的位址)。因此，使用

時間控制器只是一個佔用了有限記憶體的小程式，它的目的是要減少反應所需的時間。如果某個學校要使用這些教學資料，而不增加新的內容，那麼，只要把控制器轉移就可以了。爲了要在轉移課程的學校間保持同一種系統，語法的分析器與控制器都是利用 MINIMAL 寫成的，而翻譯器程式則是利用 MINIMAL 與各種電腦系統中的組合語言來寫，這些電腦系統包括 ICL 1900 系列以及 DEC system-10 機器。

爲了要加強課程資料的推廣，全國電腦輔助學習發展計畫曾作了相當的努力，首先是採用校際間合作計畫的方式，後來則是採用包含其他電腦系統在內的轉移計畫。

在 1977 年十二月 NDPCAL 結束之後，教育工學協會（CET）就籌措了經費來作爲所有課程資料的交換中心。任何學校只要對 CAL 確實感興趣，就可以從 CET 獲得有關課程的介紹以了解已發展出來的課程，還可以與曾經使用這些課程的計畫保持接觸以作爲轉移課程的幫助。如果這種延續性計畫能繼續存在，而且原來合作的學校也一直保持合作，又能誠懇地幫助其他可能使用的學校，那將會是一件很好的事。

制度化與再發展

當 1977 年底這個計畫的外來資金停止之後，如果學校要使應用電腦的教學工作繼續維持，那就得自己負擔所需的經費。這目標早在 NDPCAL 開始之時就已經規劃清楚，所以，一直都鼓勵各學校不斷地增加他們在全部經費中分攤的比例。目前，CAL 應該看成是教育預算的額外經費（參看 Fielden，1977），所以，各學校提供財力來負擔電腦與終端機的設備、維護所需的定期費用、以及負責教學課程管理的工作人員經費。爲了要發揮 CAL 在教育上的貢獻，許多計畫都已作過課程轉移，使得它們可以在學校中許多科目上使用。例如，Leeds 的 Computer Based Learning Project 目前維持著應用統計學、化學、醫學、與數學課程。不過，像這麼大的計畫，需要有一小部分工作人員能夠把全部時間都投入 CAL 的工作上。現在，許多大學與技術學院，例如，Leeds，London，Surrey，Glasgow，與 Ulster 等大學，都已經成立了永久性的計畫。簡單地說，在 NDPCAL 原有的小計畫中，至少有三分之二目前都還維持得很好，而且將會以制度化的形式繼續存在。

全國電腦輔助學習發展計畫到底有些什麼成就呢？它使得電腦被認定是一種教學工具，同時編製了大量的課程資料，以提供數量不斷增加的大批學生作爲日常學習之用。（例如，Leeds 的 Computer Based Learning Project 就有好幾百位學生固定地使用 CAL 課程，教學上使用的記錄一年超過 10000 終端機小時）。此外，對課程資料的取材也達到令人滿意的標準，而教育工學協會（CET）對課程的推廣出力甚多。NDPCAL 曾經提議要有一段團結合作的時間，來培育使用 CAL 課程的經驗，以配合 1980 年代的再進一步發展。不過

，這却需要透過同一種科目之學系間的合作、很有經驗的學校提供科目間之連接狀況、以及每個地區要有專門負責機構協助新參與者建立 CAL 技術等方面，才能維持這種動力。

本文中所列舉的發展只是花了四年的時間，所以，對課程的設計與它缺乏實施效果的評鑑資料這兩方面加以批評，可以說是不公平的。不過，其中有許多課程都過份簡化，而且沒有對影響學習的因素作有系統的考慮。課程資料的發展技術是比較特別的，所以，這類經驗很難加以推廣。由於這些理由，以及為未來的發展作準備，成立研究計畫是很重要的。為了要享受電腦技術進步的成果，也應該對高度的交談系統加以探討，以使它能配合解題、模擬、與指導式課程的不同需要。有關教育用程式語言與編者語言、以及利用小量的記憶而能更有效地使用繪圖終端機的教學系統之設計，都是應該再加以改進的。對學習者使用課程資料的方法、以及不同型式的課程對學習者的概念建立有何影響，這種評鑑性的研究也是需要的，這些資料中有些可以由已經編寫完畢的課程來蒐集。

在更基本的層次上，再改進課程的型態，使學生的決策能更為主動而且對話的範圍更廣，也是很重要的。如此，對於提出的問題以及由特定參數值所得的輸出，除了只給以答案之外，還可以提供方法以及解釋。在課程中作這樣的教學對話需要對學生、他的知識、以及使用的方法等有更多的了解。所以，所作的研究必須包含認知心理學以及人工智慧的探討（像本文前面略作介紹的那種型式），這樣才能設計出內容更豐富的教學課程。要促成這種研究的產生，CAL 的發展必須要不斷地進步，其對學生學習的貢獻之範圍與重要性也需要不斷地增加。

參考資料

1. Abbatt, F. R. and Hartley, J. R. (1974) Teaching planning skills by computer. *International Journal of Mathematics Education in Science and Technology*, 5, 665-676.
2. Anderson, R. C. and Hidde, J. (1971) Imagery and sentence learning. *Journal of Educational Psychology*, 62, 526-530.
3. Anderson, R. C., Kulhavy, R. W. and Andre, T. (1971) Feedback procedures in programmed instruction. *Journal of Educational Psychology*, 62, 148-156.
4. Anderson, R. C., Kulhavy, R. W. and Andre, T. (1972) Conditions under which feedback facilitates learning from programmed lessons. *Journal of Educational Psychology*, 63, 186-188.
5. Ausubel, D. P. (1968) *Educational Psychology: A Cognitive View*. Holt,

Rinehart & Winston.

6. Ayscough, P. B. (1977a) *CALCHEMistry*. *British Journal of Educational Technology*, 8,201-213.
7. Ayscough, P. B. (1977b) *CALCHEM: Final Report to CET*. Department of Physical Chemistry, Leeds University.
8. Berry, P. C., Bartoli, G., Del'Aquila, C. and Spadavecchia, V. (1973) *APL and Insight : The Use of Programs to Represent Concepts in Teaching*. IBM Bari Scientific Centre Technical Report, Number CRB-002 / 513-5302. Italy.
9. Brown, J. S., Burton, R. R. and Bell, A. G. (1974) *A Sophisticated Instructional Environment for Teaching Electronic Trouble-shooting*. Report 2790, Bolt Beranek and Newman Inc, Cambridge, Massachusetts.
10. Daly, D. W., Dunn, W. and Hunter, J. (1977) The computer-assisted learning (CAL) project in mathematics at the University of Glasgow. *International Journal of Mathematics Education in Science and Technology*, 8,145-156.
11. Erdeli, M. H. and Finkelstein, S. (1976) Coding modality v input modality in hypermnesia : is a rose a rose a rose ? *Cognition*, 4,311-319.
12. Fielden, J. (1977) The financial evaluation of NDPICAL. *British Journal of Educational Technology*, 8,190-200.
13. Frederikson, C. H. (1975) Acquisition of semantic information from discourse : effects of repeated exposures. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14,158-169.
14. Gagné, R. M. (1970) *The Conditions of Learning* (2nd edition). Holt, Rinehart & Winston.
15. Gagné, R. M. and Briggs, L. J. (1974) *Principles of Instructional Design*. Holt, Rinehart & Winston.
16. Gagné, R. M., Mayer, J. R., Garstens, H. L. and Paradise, N. E. (1962) Factors in acquiring knowledge of a mathematics task. *Psychological Monographs* Number 526.
17. Gagné, R. M. and Paradise, N. E. (1961) Abilities and learning sets in knowledge acquisition. *Psychological Monographs* Number 518.
18. Gentner, D. R. (1976) The structure and recall of narrative prose. *Journal*

- of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 15,411-418.
19. Greeno, J. G. (1976) Cognitive objectives of instruction: theory of knowledge for solving problems and answering questions. In Klahr, D. (ed.) *Cognition and Instruction*. Erlbaum.
 20. Grundin, H. V. (1969) Response mode and information about correct answers in programmed instruction: a discussion of experimental evidence and educational decisions. In Mann, A. P. and Brunstrom, C. K. (eds.) *Aspects of Educational Technology III*, 65-71.
 21. Harding, R. D. (1975) The CATAM project. In Hooper, R. and Toye, I. (eds.) *Computer Assisted Learning in the UK—Some Case Studies*. Council for Educational Technology, London.
 22. Hartley, J. R., Lovell, K. and Sleeman, D. H. (1972) *The Development and Evaluation of a Computer Assisted Learning System*. Final Report to SSRC. Computer Based Learning Project, University of Leeds.
 23. Hartley, J. R., Lovell, K. and Sleeman, D. H. (1976) *The Use of the Computer as an Adaptive Teaching System*. Final Report to SSRC. Computer Based Learning Project, University of Leeds.
 24. Hartley, J. R. and Sleeman, D. H. (1973) Towards more intelligent teaching systems. *International Journal of Man-Machine Studies*, 5,215-235.
 25. Macdonald, B., Atkin, R., Jenkins, D. and Kemmis, S. (1977) Computer assisted learning: its educational potential. In Hooper, R. *The National Development Programme in Computer Assisted Learning: Final Report of the Director*. Council for Educational Technology, London.
 26. Mayer, R. E. and Greeno, J. G. (1972) Structural differences between learning outcomes produced by different instructional methods. *Journal of Educational Psychology*, 63,165-173.
 27. McKenzie, J. (1977) Computers in the teaching of undergraduate science. *British Journal of Educational Technology*, 8,214-224.
 28. Merrill, D. M. (1973) *Premises, Propositions and Research Underlying the Design of a Learner-Controlled Computer-Assisted Instruction System: A Summary of the TICCIT System*. Working Paper Number 44. Division of Instructional Sciences, Brigham Young University, Provo, Utah.

29. Merrill, D. M. and Gibbons, A. S. (1974) Heterarchies and their relationship to behavioural hierarchies for sequencing content in instruction. In Scandura, J. M. *et al.* (eds.) *Proceedings of the Fifth Conference on Structural Learning*, 140-152. MERGE Research Institute, Pennsylvania.
30. Nuthall, G. and Snook, I. (1973) Contemporary models of teaching. In Travers, R. M. W. (ed.) *Second Handbook of Research on Teaching*. Rand McNally, Chicago.
31. Papert, S. and Solomon, C. (1972) Twenty things to do with a computer. *Educational Technology*, 12, 9-18.
32. Pask, G. (1975) *The Cybernetics of Human Learning and Performance*. Hutchinson, New York.
33. Pask, G. (1976a) Styles and strategies of learning. *British Journal of Educational Psychology*, 46, 128-148.
34. Pask, G. (1976b) Conversational techniques in the study and practice of education. *British Journal of Educational Psychology*, 46, 12-25.
35. Pask, G. and Scott, B. C. E. (1972) Learning strategies and individual competence. *International Journal of Man-Machine Studies*, 4, 217-253.
36. Skinner, B. F. (1953) *Science and Human Behaviour*. Macmillan, London.
37. Sleeman, D. H. (1974) A problem-solving monitor for a deductive-reasoning task. *International Journal of Man-Machine Studies*, 7, 183-211.
38. Sleeman, D. H. (1977) A system which allows students to explore algorithms. In Reddy, R. (ed.) *Proceedings of the International Joint Conference on Artificial Intelligence*, 780-786. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts.
39. Smith, P. (1977) A UK project in computer assisted learning in engineering science. *Computing and Graphics*, 2, 151-154.
40. Tait, K., Hartley, J. R. and Anderson, R. C. (1973) Feedback procedures in computer-assisted arithmetic instruction. *British Journal of Educational Psychology*, 43, 161-171.
41. Taylor, T. R. and Scott, B. (1975) *Emergency Patient Simulation Program*. Internal report. Department of Computing Science, University of Glasgow.
42. Wittrock, M. C. and Goldberg, S. I. (1975) Imagery and meaningfulness in free recall : word attributes and instructional sets. *Journal of General Psychology*, 92, 132-151.