

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（上）

J.R.Hartley 著

勇清 譯

國立臺灣師範大學數學系

摘要：在本文中，我們根據教學模式的架構來評論電腦輔助學習的發展狀況，將這些教學模式與行為控制、發現式學習及透過合理驗證的教學法相對照。此類教學模式乃是將應用電腦的指導法、模擬法、以及解題技巧的教學法等聯繫到教育心理學的研究以及課程設計的技術。它們構成全國電腦輔助學習發展計畫NDPCAL 的主要特色，而表現在各種各樣的課程型態以及科目應用之中。這類教學資料如何併入傳統的教學體系之中、以及如何轉移到其他教育機構使用，這兩方面本文也加以討論。在NDPCAL 這個計畫發展之後，我們已經需要再進一步加強及再作計畫的設計；而進行這些工作時，對研究所得的成果必須更仔細地考慮，同時對學生在使用指令、評語、以及決定原則方面的能力也需要善加利用。

緒言與本評論的大綱

對英國的電腦輔助學習要作任何批評，都必須以全國電腦輔助學習發展計畫（National Development Programme in Computer Assisted Learning，簡記為NDPCAL）的成果為基礎，因為在過去五年來，這個計畫從英國政府得到兩百萬英鎊的補助來推動它的工作。不過，我們不能因此而低估了其他的研究機構，尤其是SSRC（Social Science Research Council），從1968年以來對CAL 計畫的研究工作所提供的大量補助；這些研究補助不僅曾貢獻出經驗與技術，同時更指出了電子計算機在教學上可能的功用以及它在學習活動上所具備的潛在能力（參看Hartley 以及其他，1972，1976）。然而，在方向與作法方面，小型的研究工作與大型的發展計畫之間却有相當大的差異；後者所從事的工作，是要編製足夠的應用電腦之教學資料來克服教學上許多特殊的問題，同時將編製完成的資料統整到各學校部門正在進行的教學活動之中。這項目標乃是普及到全國，而由一個核心的委員會與理事會來負責協調，這就是全國電腦輔助學習發展計畫的工作重點。由於這個發展計畫在最近的1977年底已經結束，對於它的發展成果，現在正是加以評論的時候。

在NDPCAL 這個計畫中，大部分的小計畫——此種小計畫超過二十個——都是針對高等教育中

的數學、物理科學、醫學、以及社會科學。不論其內容為何，NDP 的委員會都強調某些一般原則，這些原則深深地影響了各個小計畫的目標以及實際作業。第一、強調校際間的合作，以使得教學資料的使用範圍能有更高的效益且更合乎經濟原則。第二、CAL 課程必須統整到各單位日常的教學活動之中，所以，各個小計畫都必須擬定適當的方法使它的教學資料能夠作很容易且很有效的融合。第三、當整個計畫在 1977 年結束之時，CAL 必須完成制度而且其所提供的利益必須完全顯現出來，以使各學校願意提供經費讓 CAL 計畫得以繼續發展。此外，逐步籌措經費以配合期中評鑑以及設立獨立的教育評鑑計畫與財務評鑑計畫的主張是很重要的，不過，由於其他的文獻已經對這方面作了足夠的報告（參看 Fielden, 1977；Macdonald 以及其他，1977），本文中將不討論這方面的問題。

任何 CAL 計畫都需要考慮到它的課程在教學上所能發揮的最佳功能。這種功能必須要先對教學目標以及電子計算機做為教學機器時所能表現的性質作一番分析。顯然地，電子計算機在教育上確實有某些有趣的特質，透過可見到的顯現單位以及繪圖終端機，可以提供很生動的畫面，而且因為機器作計算與運算的速度非常快，模擬的課程可以提供其他方法所做不到的解說。此外，在指導式的課程中，學生的學習活動非常地踴躍，電腦可以對學生的反應加以評鑑、提出回饋、同時根據成就狀況並考慮時間因素，可以針對每位學習者作適當的處理。將這兩種型態的課程配合使用而做成一般的教學組套，可以提供大規模的解題技巧之訓練。不過，使用電腦來做為教學機器，也有明顯的缺點，這是因為它的溝通方法受到限制。問題的所在並不是由於在鍵盤上打字來提出反應的速度太慢或太費事，而是由於在許多課程中，其教學資料都需要事先儲存妥當。學生的反應必須在文法上正確無誤，所以，作者都需要事先考慮清楚，這麼一來，教學用的對話就受到限制。此外，在模擬的課程中，必須先設計好一種簡單的命令語言以供學生使用，一般情形中，學生只可利用參數而變更它的值，因此，學生可作反應的範圍也受到限制。

很幸運的是，教師與應用電腦的課程這兩者的長處可以互相配合協助，教師對每個學習單元都有很好的全盤了解，同時也有很容易的方法來與學生溝通；然而，他需要顧及許多的學生，因而無法對每位學生的學習成就作詳細的記錄或作總結。這種詳細的成就記錄却是教學活動不可缺的指引，因此，當教師沒有時間也沒有精力做詳細的解說或進行小組教學時，CAL 就可提供有用的協助。簡單地說，我們需要有一種整合性的機器系統，才能在合理的經費之下對學生的學習提供有效的協助。更進一步地，因為任何發展計畫都需要大規模地來克服各種各樣的教學問題，CAL 的教學資料可以在指導式、模擬式、以及解題技巧的教學方面來努力。

因此，這篇評論的主題就著重在這幾方面：NDPCAL 的一般目標所造成的影響，各個小計畫中電腦所發揮的教學功能及其 CAL 課程資料的設計，以及這些課程資料如何併入各部門的教學活動中使用。對各個小計畫的大概內容我們不作說明，因為這些資料已經在 NDPCAL 委員會的年度報告中作很詳細的敘述。不過，我們需要先建立一個架構，才能把 CAL 的研究工作與相關的心理學、以及全國電腦輔助學習發展計畫這個大規模的計畫聯繫起來。

教學模式與教學功能

要把NDPCAL的所有小計畫作扼要說明並展望其未來，這是很困難的。不過，Nuthall 與 Snook (1973)曾經對一般的教學模式提出一種有用的分類方法，從下一節開始，我們使用這種分類來說明使用電腦的各種教學方法的特色。此外，這些教學模式都與教育心理學上的理論以及教育工學上的技術有關，所以，它們可以指導課程的設計、調整有效的教學方法、以及提供進一步研究的動機。

行為控制模式

根據 Nuthall 與 Snook 的主張，教學的行為控制 (behavioural control) 模式乃是強調對學生行為以及學習狀況的控制，教師乃是要儘可能設法又快速又有效地完成某種特殊目標的經理人。一般來說，這種說法與 Thorndike 及 Skinner (1953) 等人所主張的學習心理學中的聯想觀點有關。根據這種觀點，錯綜複雜的學習行為，可以看成是刺激與反應之連繫所成的一種網路。這種連繫關係乃是靠提供具有再加強作用的刺激所建立的，例如，當學生對某些刺激中的資料提出了積極而正確的反應時，立刻就其反應提出與結果有關的知識。因此，教師應該控制學習內容與活動的選擇與安排，以使得所要求的反應能夠確實被引發出來。同時，他也要控制回饋的型態以及其他具有加強作用的刺激，以便於用來保存與修整所得的結果，同時建立反應之鏈結以形成更複雜的學習行為。

這種加強性模式的心理學根據，乃是源自對動物學習行為的研究，這種模式乃是一種主動的反應、以小程度的努力就可提高成功的可能性、以及將與結果有關的知識立即加以應用來作為再加強的刺激。但當這種原理類似地應用到人類的學習行為情境中時，所得的結果似乎有些不太肯定 (參看 Grundin, 1969)。不過，最近的一些研究却顯示出一種更明確的結果，這是由於目前一般人都認為回饋不應該只被看成是一種加強性的刺激，還應該是一種指示錯誤之處並指導學生如何改正錯誤的資料，因為回饋的意義是指在學習者提出反應之後所要給的信息或綜合說明。(參看 Anderson 以及其他人, 1971, 1972)。對學習序列之控制的重要性也是 Anderson 所主張的，因為當學生在提出反應之前就被強迫地看到正確答案時 (這是一種不誠實的狀況)，他在學後測驗的結果必定比其他人要差得多，甚至比那些根本未得到任何回饋的人還差。在英國的 University of Leeds 所進行的一項 CAL 實驗計畫中有一種類似的結果 (參看 Tait 以及其他人, 1973)，在這個實驗中，十到十一歲的學生利用終端機來進行乘法的練習，他們所得到的回饋有主動及被動兩種型式；被動型式的回饋只是把信息顯現在終端機上，而主動型式的回饋則是把資料寫成仍要學生提出反應的問題之形式；這兩種型式的回饋所顯示的效果也有所不同。對主動式回饋中所提出的問題，如果學生的反應不正確，就給以正確答案同時把問題重複問一次。這種額外的控制使得時間拖得較長，但是，即使當初教學時間相同，這種額外控制的效果却好得多，尤其是對那些 (從學前測驗成績中顯示) 學習能力較差的學生更是如此。這個實驗的結果顯示，分別依各個學習者之能力的不同程度來給以不同型式的回饋，這種方法是有益的。

在一個很不相同的教學狀況中，也得出一個類似的結果；這是一個應用電腦的指導式課程，用來幫助大學二年級的學生來準備及設計物理化學的實驗。在其中一個試驗組的學生中，每個人作過反應

之後，只告訴他反應是否正確。在第二個試驗組中，課程本身會對學生的反應加以評鑑，而且如果有必要的話，還提供資料來指導他如何導出正確答案，不過，學生是否注意到或者了解回饋中所給的訊息，這一點卻沒有作查驗。第三個試驗組與第二個試驗組做法相似，只不過學生需用打字來提出一個滿意的反應，以證明他已經了解了回饋中的評語。試驗完畢後，就舉行設計實驗的口頭測驗以及紙筆測驗，其結果顯示出這個試驗工作的良好結果。就像我們所意料的，第一個試驗組的學習成就最差，不過，所花的時間最短；另外，這一組中那些（依傳統的化學考試成績顯示）能力較強的學生，其學習所得的成就却與其他兩組中同等能力的學生差不多相同。這個試驗結果也說明，分別就學生的適任能力給以不同型的回饋，這種有適應性的決定原則（decision rule）是正確的。

就像證明回饋中資料的角色以及對學習活動之控制的好處一樣地，根據行為的教學模式中第三個研究主題是精通學習（mastery learning），尤其是在內容可以安排成完整體系的課程題材上。決定原則只能容許學習者在證明他對低層次的單元已有足夠能力時，可以進行到較高層次的單元。早在1961年Gagn'e以及Paradise，與1962年Gagn'e以及其他人就提出研究報告指出這種決定原則的價值，所做的實驗是安排在數學這門科目上，其中有一個結果是這樣的：對高層次題材之學習成就的最佳預測計，乃是各個學習者對於課程體系中較低層次部分的精通程度。我們注意到這些研究主題都是在論證決定原則的重要性，而這種決定原則乃是要根據各個學習者的理解程度以及他所能實施的操作來做決定的。因為這個緣故，有適應性的CAL課程應該是對學習活動的有效協助。事實上，這種課程資料被認為具有指導的功能，此種功能可以結合並延伸教科書與課堂講授的早期教學活動。不過，我們應該料想得到，教師會發現將這種有適應性的教學方法整合到正常的教學體系中是很困難的，因為前者強調個別化學習以及教學的適應性，而後者則是偏向適用在學生進行學習活動之情境中變化儘量小的狀況。

在過去二十年來，製作編序教材的技術一直在不斷地進展；這些技術形成一種基本的原理，它提供給作者們如何調整其教學經驗的良好意見。他們強調要對每個特定的實施目標加以說明，同時要作Gagn'e與Briggs(1974)所主張的那種相關的工作分析。這種作法可以讓我們把教學課程區分成由需要學習的概念與技巧所成的許多小組。通常，都是把教學課程依照它的複雜性安排成各種層次而形成一個序列。如此一來，此種資料的設計與使用就有兩個要項。第一是課程題材中各種技巧的分析與安排，第二是在不同層次的課程中學習者必須達到的成就標準。對Gagn'e(1970)來說，這個體系乃是當學生與課程題材進行交互作用時所表現的各種行為間的關係，而這是將學生從分辨差異到歸納出高層次的規則間各種智力技巧的一種分類。在作這種分類時，通常都希望適合每個領域的各種教學策略都能夠有系統地發展，以保證學習目標能夠有效地達成。不過，關於這方面的革新性工作，英國所作的相當少，而且也沒幾個CAL計畫在設計課程時有系統地應用這些技術。在工作分析方面，通常都是偏重在邏輯上而不是在心理學上；在課程設計方面，對個別化方法的處理過份單純；在決定原則的應用方面，都講究實用的方便而很少根據個別差異的正確理論來控制一切。

大抵說來，根據行為控制模式所設計的課程都是以作者語言寫出來的。根據這種模式的傳統習慣，教師／作者可以指示電腦將學習資料在終端機上顯現出來、處理、配合、及以事先決定的方法來評量學生的反應、同時記錄與處理個別的學習成就與時間資料。這種作者語言可以把決定原則併入課程

之中，使它能像前面所列舉的方法來控制學習。

發現式學習模式

雖然名稱或許不是很恰當，“發現式學習”（discovering learning）模式與前面的教學模式確實不相同，它所強調的是要讓學習者自己建立他的知識結構；教師不是主要的資料來源，他的工作乃是要刺激與偵測學習者的學習，以及提供反例來指示學習者在一般化過程中的缺失。一般以為這種教學方法不僅可以讓學生得到一般的結論，同時可以讓他們學到一般化過程本身的技巧。學生可以學著去探討教育上的來龍去脈，而且當他要把規則或一般原理應用到不熟悉的例子時，可以像 Bruner 所說的“超越所給之資料的範圍”（beyond the information given）。

這種教學模式與認知心理學家所提出的觀念沒有很密切的關係；因為這種模式的興趣中心並不在分析刺激與反應間的連結，而是在學習者所發展及使用的心智歷程以及知識結構，而其中感興趣的問題是資料如何儲存、組織、與取回、以及新知識如何併入已有的認知結構之中。對於這些問題所作的更基本研究，已經確立了對工作的表現型態之重要性（例如，視覺／空間性或符號化）（參看 Greeno, 1976）、號碼使用之重要性（例如，心像的使用）（參看 Anderson 與 Hidde, 1971；Erdeli 與 Finkelstein, 1976；Wittrock 與 Goldberg, 1975），以及組織化與結構化之處理的重要性（參看 Genter, 1976；Frederikson, 1975）。

目前，有關記憶過程與組織化的大部分研究，都還沒有被直接地應用到 CAL 課程之中，儘管這些研究中所提的變動因素對於模擬式組套與其他由學習者自行控制的解說性資料的設計都有潛在的重要性，同時這類課程又在 NDP CAL 的成果中佔相當高的比例。其他一些附有直接的實際應用的研究則使用了 Ausubel（1968）所提出的組織體系；Ausubel 認為，對新題材之有意義學習所能達到的程度，跟學生既有的認知結構與新題材的交互作用有關；如果他既有的知識可以用來提供給新題材做為“形成觀念的骨架”（ideational scaffolding）或是停泊地點，那麼，學習就會變得較容易。為要在這方面提供幫助，Ausubel 的主張是在教學活動開始之前，學習者應該先研讀經過組織、且具有更一般性或包容性的相關資料。對於把資料組織化的構想納入應用電腦的教學課程之中這件事，有許多似乎很合理的說法。不僅這種資料組織化可以在教學之前先行提出，同時它還可以做為交談式課程的教學架構。例如，在 Leeds 所做的一個有關 CAL 的基本研究中，有兩種教學課程分別依不同程度的組織化來設計，其目的是要研究課程組織化對於學生在化學實驗之準備的能力方面所產生的效果。在這兩個課程資料中，共有六個不同的化學實驗，而其中的組織化過程，是由一般原則與實驗之準備方法所寫成的三頁資料。在這三頁資料中，指導方法的不同之處，乃是在對學生所提出之問題的一般化程度不同，以及問題本身的組織方法不同。在其中一個課程中，其所組織化的主題，例如變動因素的控制，乃是涵蓋所有的實驗而不是依次分別專注在每一個特殊的實驗；但在第二個課程中，其組織化的細節並沒有說明，而提出的問題則分別針對每個不同的實驗，只是問題的順序可以說未經安排。兩個課程的內容是相同的，而有十八位大學生參與這件研究工作，他們先依過去的化學成績分成兩人一組，然後把各組隨機地分配來使用兩種課程中的一種。在學後測驗中，學習兩種課程的學生都有相當好的學習成就，但是，使用組織化資料的學生，在實驗之準備工作的缺失檢查過程中所顯示的結

果却要好得多。這個結果在設計過的學後測驗中重複地出現，但是兩類學生在資料的保留方面却没有多大差別。再與學生的化學成績作相關分析時，發現學習資料缺乏組織對能力較差的學生不利。一項問卷調查的結果也顯示出兩類學生的不同，使用組織化資料的學生對下面幾項的評價都高得多：他們認為自己所學習到的知識量、對自己設計實驗之能力的信心、對課程的興趣以及繼續學習的意願。

Pask 也提出更進一步的證據，指出資料的組織化是學習活動中一個很重要的變動因素。他把“直線式處理者”(serialist)與“全盤式處理者”(holist)加以區別；直線式處理者在學習、記憶一組資料、以及重述一組資料的重點時，習慣上都是用簡單的連接關係把資料分成許多項目而成為一個序列。但是，全盤式處理者則是使用較整體的作法，利用高層次的關係而把資料分組成複雜的結構。Pask 握有一些證據顯示，在教學時如果資料的安排方式能配合每個人的認知能力之特殊型態，那麼教學就更有效果(Pask 與 Scott, 1972; Pask, 1976a)。

組織化型態之重要性及其在學習上之效果，Mayer 與 Greeno (1972) 曾作更進一步的強調。在一個以機率論為主題的實驗中，他們也設計了兩種教學方法；第一組是強調在事件之間的相互關係，同時專注在公式與量方面的關係；第二組則是嘗試著把課程題材的結構與學生既有的知識結構搭上關係，其教學法是採用主題式的，而強調方法、關係、及其與日常經驗間的附屬關係。在學後測驗中，第二組學生在包含數值計算與需要代數技巧的問題上分數較低，可是，對那些沒有固定答案而又似乎合理之問題的辨識、以及強調機率測定上非計算型式之解釋的其他問題上，則較為優越。

在學習情境中，遷移的問題涉及到提供學生之回饋的型態，而回饋之型態則與學生被指定之工作的型式、他所能獲得的方便與協助、以及他自行決定其學習策略的自由度等有關。不過，在已完成的許多實驗中，却有這麼一種主張，在自由學習環境中的學生對其能力與要求無法作很好的評估，而且也無法作有效的決策。例如，Pask 在作過使用各種追蹤以及概念學習的研究之後，就得到這樣的結論。不過，他也發現在行為控制的課程中，如果容許學生在他認為合理的地方自行作決定，這種折衷策略也可以維持學生的學習動機而且可以獲得同樣良好的結果。在 Leeds 的一個應用電腦來教授大二學生心理學的課程實驗中，也得到類似的結論。

在 CAL 課程的設計中，容許學習者高程度地自行控制，這種技術還沒有良好的進展。關於這一點，Greeno (1976) 已經作了開始，他提出如何確定認知目標的型態。至於如何建立內容敘述與內容透視圖的網路這方面，則有些技術已經發展出來了。例如，Merrill 與 Gibson (1974) 把課程題材組織成許多概念（一組具有相同的一種或數種屬性的符號、物體、或事件）以及運算（對概念作描述、建立關係或變換的方法）。這樣分析所得的結果並不直接代表一個教學序列，而 Merrill (1973) 還主張讓學生知道課程內容之結構而使他發展出自己的實作程序。Merrill 一直在使用一種應用電腦的命令語言，這種語言可以讓學生自己決定學習目標以及自己控制內容順序、表現模式、題目難度與補救學習的型態。不過，在英國，很少有計畫使用到這些技術，或許是因為它們的優點還沒有很清楚地建立起來的緣故。只要預先儲存妥當的資料已經擴展到容許學習者作相當程度的自行控制，那麼學生可以自由使用的命令字彙就成為根本的需要。對某些特殊的科目來說，例如，物理科學，這種字彙的表現方法可以採用含有可控制之參數的一組方程式，而這些方程式可以併入模擬課程之中。如此一來，使用者之反應的範圍就由參數及其可用的數值來決定。就顯示某些方程組的特性來說，這種方

法已經足夠了；不過，使用者的字彙仍然受到限制，它無法讓使用者對使用課程的策略提出問題，或是對課程組套本身重新編碼或訂正。因此，當這類模擬練習的課程要統整到傳統的教學體系之中時，教師本身需要提供另外的一些必要協助。

合理的教學模式

在他們的分類系統中，Nuthall 與 Snook (1973) 認為在合理的教學模式中，當教師與學生在致力於知識的獲得時，需要強調師生間的辯論；在這種辯論過程中，當教師與學生要表達自己的論點，並加以解釋，甚至加以辯護時，語言就變成一個重要的角色。這種觀點的根源主要不是來自心理學，而是來自哲學與語言學的分析，但是也從人工頭腦 (cybernetic) 這種教學觀點中找到一些根據 (參看 Pask, 1975)。事實上，Pask 曾對學習過程中的談話作過分析研究，而提出分析課程內容範圍的方法使它們可作為師生間辯論的基礎。根據 Pask 的看法，教師發表他的論點並對課程主題加以說明，同時提供一份由課程專家分析各個主題及其關係的課程內容透視圖。教師需要引用例子來說明透視圖的正確性，也就是說，要說明每個主題如何由其他主題推衍出來。整個說明應該以一個網狀圖來表示，其中以節 (node) 來代表主題，節與節之間以弧連接來代表可推衍的關係，而兩主題之間若有不同的推衍路線，則以不同的弧 (弧組) 連接 (參看 Pask, 1976 b)。要解說某一個課程單元時，教師可以選擇一個主節，亦即，重要的主題，由此就可得出一個刪除其他枝節的系統圖；以這個結構為基礎，先設計指導式的談話；而以 Pask 的看法，其中決定性的一點是，當教師與學生對推衍關係以及某一主題的解釋都有一致的看法時，就已經達到對知識的了解了。因此，師生間的談話乃是在探討網狀圖中的節、弧、與弧組，而電腦則可以在蒐集資料與測驗了解程度方面來控制與幫助學生。

電腦輔助學習可以看成是一種設計語言的練習，這種語言是要讓使用者與課程能夠進行及討論教育上的工作。根據前面所列出之教學模式所設計的課程都使用作者語言、命令、以及模擬組套。目前已發展出來的一些電腦語言本身就具有教育上的重要性，其中最有趣的是 LOGO 語言，這種語言不僅學童就可以學習，而且對數學課程及其教學方法都能提供有趣的發展 (參看 Papert 與 Solomon, 1972)。利用這種語言，學生可以對寫成電腦課程之形式的問題加以解答，例如，學生可以設計程式在 CRT 終端機上畫幾何圖形，其中一個過程是指示游標 (cursor) 向前移動 n 步，轉動一個角度，然後再遞迴地重複這些指令。只要在指令中標進參數而變動參數的值，學生就可以研究學習所繪出之圖形的形狀。在指令中多加一個步驟，就可產生螺旋狀的圖形。試著改變指令的前後順序，可以使圖形沿著或繞著本身“滾動”。這種課程還可以再擴大與一般化，讓小孩子來發展他對圖形與對稱性的概念。LOGO 的結構提供了表達數學過程的一種方便工具，而且只利用有限幾個指令以及很小一段程序就可以設計課程。因此，學習者必須將整個問題加以分解成許多組成部分、考慮各指令中需輸入什麼以及它們將會輸出些什麼。這種活動以及使用過程本身的結構就是教師與學生間很合適的討論題材，而且還有一種看法是，設計這種程式本身以及改正其中錯誤的練習就已經有助於一般的思考能力。Leeds 的 McGinley 曾使用 LOGO 來教導學生學習整數與分數；在本刊中，Howe 曾撰文說明他使用 LOGO 的經驗以及心得。

整體來說，Nuthall 與 Snook (1973) 所提的分類系統，在考慮教育心理學的理論與教育工學的

技術可以對CAL的應用方面提供支持性的架構時，似乎是很有用的。這些模式同時也顯示如何使用電腦來提供指導式、模擬／解說、與解題方面的教學功能。在下面數節中，我們將引用這些標題來對NDPCAL的一些成果作概括的整理。

指導式課程

在全國電腦輔助學習發展計畫中的一些小計畫（例如，在Edinburgh地方Napier College進行的數學教學、Glasgow University的CAL Maths Project、以及Leeds University的Applied Statistics Project），主要都偏重在基本，甚至是補救的形式，而且通常都是為同校內其他學系提供服務。這種型態的教學先天所帶來的問題是大眾所知的，例如，在應用科學與社會科學中，統計學乃是研讀許多科目時很重要的先修知識，但是主修這類學科的學生以往的數學知識却參差不齊。在這些學系中，統計學課程的班級人數都相當多，以致提供個別化回饋與指導的機會受到了限制。統計學的課程題材又都是很有體系地安排，對某些簡單概念的理解上有所缺失時，往往會導致循環性的問題。更進一步地，統計學上許多主題都很難解說，為了減少繁複的計算，教學時所舉的例子通常都很直接因而無法讓學生接觸到實際的現象。事實上，很容易產生的一種現象是，只強調讓學生會作例行的使用而沒有讓他們了解為什麼要這麼使用。如此一來，傳統的教學方法在目標與效果兩方面都受到了限制，以致於教授這個科目成為大家所不是很感興趣的工作。從許多方面來看，這種教學題材倒是很適合CAL，而且因為選讀這個科目的學生都很多（在Glasgow University的一年級數學課程中，許多教授甚至有750位學生），電腦的使用也可以得到大規模的教學利益。

在全國電腦輔助學習發展計畫中，所有指導式計畫的最初教學都不是由電腦來提供，而是用課堂講授、教科書、或者加上其他教學資料。例如，在Leeds University的Applied Statistics Project中，甚至編製了學生指引。在這種發給學生的補充資料中，有各主題中教學重點的整理、提供了解說以及進一步研讀的參考資料。每一位教師可以用適當的方法來使用這種學生指引，有的做為授課前的課程介紹，有的做為授課後的課程整理。這樣做過之後，CAL課程資料的教學目標重作檢討，並配合學生對各種概念的了解狀況，而使學生能夠從實例的學習中獲得所需的知識。

此外，NDPCAL的各個小計畫在課程設計中都很高度的規格化。Glasgow的CAL Maths Project設計了一系列的單元，其中包含了積分、微分、與三維空間幾何等主題。Napier College的成果則是發展了數學與統計學方法的實驗室。Leeds University的Applied Statistics Project中，每個典型的一學年課程都利用200個測驗／教學單元來涵蓋它的教學目標與技巧，為了要使得教師們能夠依照他們所喜歡的方式來使用這些單元，另外還規劃了控制計畫。這個控制計畫協助著選擇單元與安排單元順序、作必需的決定或是對學生使用情形與時間資料加以控制、以及根據教師的評定結果來連接課程的各部分；如此而設計出一套有條理的課程。

利用電腦來進行指導式教學的另一項優點，是能對學生的學習成就保存記錄。例如，在Applied Statistics Project中，成就資料是採用可以即時提供決定性處理的方式，而且其中還附有評語可以指引學生進行下一階段的工作。這些資料還儲存在教師所擁有的每位學生之檔案中，以使教師可以

使用 EVALUATE 程式來加以分析與記錄。教師可以隨時了解學生的進步狀況、了解課程中發生困難的部分，以及找出那些學生需要做額外的輔導。

前面所提到的幾個小計畫，儘管都是採用指導式方法，但是它們的電腦教學課程却有不同的功能。這種差異乃是因課程設計有不同的表現方法以及對學生之控制的不同型式所產生的必然現象。例如，在 Glasgow 的 CAL Maths Project 中，學生可以有三種不同的模式來處理他的實例；第一種模式在型態上是指導式的，而且依據學生的反應來提供暗示或回饋，另一種模式乃是對數學上的練習作業，學生只需在鍵盤上打上一個基本的反應，然後整個解答的其餘部分就會顯現出來；第三種模式則可以使好學生能嘗試著以一個步驟就回答了問題。一般而言，學生乃是依照課程本身所引用的模式來進行，但是如果他願意，也可能使用其他的模式。在 Leeds 的 Applied Statistics Project 中所設計的課程單元，也同樣提供了即時指導、回饋、以及補救教學的機會；在其系統中，有 HELP 與 DEFINE 兩個特殊的指令，可以在學生提出要求時提供如何解答問題的詳細說明以及印出統計學名詞的定義。此外，這個課程還附帶有 CALCULATION 以及 BROWSE 的模式，後者是要讓學生可以回到課程中前面的部分，而採取另一路線來進行資料的學習。

在教學目標需要從學習者這方面來鑑定的部分，也就是說，需要作臨床性決定的部分，就應該有不同型態的課程。在 NDPCAL 設在 Glasgow 的醫學計畫中，學生可以進行一些個案研究而決定那一種處斷方法最為恰當。事實上，學生都被要求對每個個案加以評定，如果評定結果與課程設計者的說法不合，學生就會得到回饋、更正錯誤，然後個案研究繼續進行。在這種設計轉移到 Leeds 後的型式中，學生也可以被要求透過一種「問題與答案」的方法來評斷自己的決定，被提出這種要求的可能性通常與他的學習成就有關。在 Leeds 的 CALCHEM 計畫，也是使用指導式的方法來考慮與實驗之準備工作有關的決策問題。在某些情況中，都需要有一個基本的測驗／教學課程先確定學生已有足夠的知識與背景理論。在這項預備課程之後，學生就可以對實驗目標加以分析以及討論不同的實驗方法。例如，在一個離子平衡的實驗中，學生需要考慮涉及電導、電動勢、以及分光光度測定等的不同實驗方法。在回答被指定的問題時，學生必須考慮各種方法的優點、它們的適用性、以及應銘記在心的特殊注意事項（參看 Ayscough, 1977）。在傳統的教學中，當理論的詳細說明與實驗程序都是由手冊與印刷資料來提供時，學生就比較不那麼主動了。

很可惜的是，各個小計畫設計其指導式系統與課程的方法很少留下經驗的紀錄；一般來說，事先儲存的教學資料都是以作者語言來編寫，而這類教學資料則是完全地以教學經驗為基礎。不過，課程的設計方法似乎也不斷地在進步之中，此種進步現象主要是依賴語用論（pragmatics）而不是依賴教育工學的技術。Glasgow 的 CAL Maths Project 曾對它的方法作過概略的介紹（參看 Daly 以及其他人，1977），其中包括說明教學目標、對課程內容作系統性的分析、以及說明課程所需的預備知識。設計一組有代表性的題目、而回饋乃是編寫成將解答作逐步詳細說明的形式。這種分析乃是從“邏輯的”層面來進行，而沒有考慮到有關的心理學方法。

概略地說，NDPCAL 的指導式計畫編寫了許多有趣的學習資料，在各種課程計畫中，顯現用的終端機、使用的設計模式、以及控制學習者、課程、與教師的方法等都不相同。從使用的數量來判斷，這些計畫所設計的課程似乎都能合乎它們的目的，而且也引發了其他學校的興趣，因為不斷地有其

他學校把課程資料轉移到它們自己的機器上。儘管如此，這類課程資料往往都沒有很系統地使用那些被證明對學習控制很有效果的原理；學生的學習成就紀錄很缺乏，而且很少有人嘗試著建立其知識與技巧的表現方式。因此，這些課程都是以內容為中心，而不是以適當的學生模式為基礎；這種現象所造成的一個後果是，教學活動在基本上是為了適應個別差異，因為決定原則主要是根據學生的前一個反應。屬於精通層次的判定標準很少使用，學習活動的工作量由教師依學生的喜好來指定，或者是沒有更進一步的資料可使用時乾脆關機。

對話的型式顯示了學習者這方面需要有理解力，但是，回饋通常都得考慮所提之反應的價值，只有少數能引發學生的興趣去作解釋或嘗試著把問題作一般的概念化。反應本身則很少有建設性的反應，通常都是選擇題的答案、數字、或是數量有限的一些指令，學生很少有機會能夠採取主動。當然，這些缺點可以使用通常由教師參與的其他支援方法來克服，但是，却還有另一項困難存在，那就是：使用的作者語言過於簡單，而無法提供給課程設計者足夠的便利來處理反應之配合、整體資料之結構化、使用已儲存之資料、學生之成績記錄與處理等。因此，所能設計出來的課程型態自然受到限制。

前面所作的評論多少有些嚴厲，這只是要使NDPCAL各小計畫所提供的時效與資源其實很有限這一點能記在心頭，其基本的需要只是要編製大量的學習資料並且很快地驗證其可行性。這些目標是已經完成了。在未來，這些成果的優點與缺點（它們應該在研究報告中作完整的說明）將會刺激CAL的更進一步發展。【待續】

取材自：Frontiers of Science 3：

Introduction to Earth Sciences

大氣的潮汐作用

科學界，最近發現環繞地球周圍的大氣之海，也發生潮汐作用，且此一大氣的潮汐，是受到太陽能的影響。人類最初所發現的自然現象，是晝夜的循環和潮水的漲落。



現在大家都已知道，潮汐作用是由于太陽和月亮的引力而發生。然而大氣之海的潮汐作用，則當在尋求解釋之中。

海洋潮汐的說明，由牛頓的引力法則首開端倪，到1773年法國數學家比爾，拉普茲，才正式解明。

大氣潮汐與海洋潮汐的不同（受太陽的影響比月球為大）原因，英國科學家格賓氏，在1882年曾提出下述的理論。

“在推動鞦韆時，如果順著它的動向，配合著用力的時候，則會增大鞦韆的擺幅”。太陽的每12小時週期性作用的步調，較月球每12小時25分週期性作用的步調，更容易配合，所以太陽的作用為大。

根據最近太空衛星觀測上層大氣的結果，使對過去大氣潮汐作用的說法，完全改觀。

地球上大氣潮汐作用發生的原因，並非係于太陽或月球的引力。而肇因于太陽放射的紫外線，被地球吸收所發生的作用。

由于紫外線吸收，高空30~50公里處的臭氧層就和海洋一樣，發生膨脹。

此一臭氧層的膨脹效果和海潮一樣，生成時速為數十公里的週期的“潮汐”。這一發現，對將來超高空飛行器械的設備上，貢獻極大。

——編輯室——