

我國中等學校電腦輔助教學 「CAI」的發軔

——高中科學教師微電腦輔助教學研習心得——

黃萬居

國立臺灣師範大學化學研究所

今年元月二十七日，來自台灣省立高級中學的三十六位科學教師，齊聚在國立台灣師範大學中等學校教師研習中心，作為期兩週的微電腦輔助教學研習。其中有八位是化學教師，筆者承蒙主辦單位的特許，而得以參與研習，深為感激。目前正值政府大力推行資訊教育，許多電腦廠商紛紛推出電腦輔助教學課程軟體，也有少數學校舉辦過電腦輔助教學展覽，相信近年內會有許多學校跟進。由於開發階段時的方針是否正確，關係將來推展的成敗極大，筆者不揣孤陋，願將這兩週的研習心得介紹給同仁們，並提出幾點淺見就教於先進。更盼望國內熱心教育人士積極參與，希望有朝一日，電腦輔助教學能帶動我國教育的革新，而造福萬千學子。

這兩週研習的內容，大致可分為四大部份：第一部份包括編序教學概說、編序教學目標編訂與研究；第二部份為電腦輔助教學課程設計及作業要點；第三部份為基本 BASIC 語言與程式編寫；第四部份為基本 CAI 程式與編寫技巧。第一週還穿插五個有關電腦輔助教學的專題演講。

壹、編序教學與電腦輔助教學

編序教學 (Programmed Instruction) 是一種針對學生個別差異和需要，而發展的教學方法。其重點在教材的改進，按照程序將教材編成細目 (Frames or small steps)，方便學生從前一細目到後一細目，循序漸進以學習，因此編序教學是一種學生自學的教學方法。其基本觀念是美國心理學家桑戴克 (Edward, L. Thorndike) 在一九一二年提出來的。哈佛大學心理學教授施肯納 (B. F. Skinner) 於一九五三年開始設計「編序教材」，而俄亥俄大學心理學教授普烈西 (S. L. Pressey) 於一九二六年首創教學機，教學機的原理與編序教學是相符合，但是由上列事實而言，教學機是否根據編序教學理論才發展出來，這種說法尚待證實。至於早期的電腦輔助教學 (Computer-Assisted Instruction 即 CAI) 的由來，深受教學機和編序教學法的影響；但是與教學機相比較，有一點很大的區別，那就是電腦為一種智慧型機器。早期 CAI 由於未能發揮電腦智慧型的特性，以致電腦被視為僅是一部昂貴的「電子翻頁機」 (electronic page turning)。現在 CAI 的教學方式有很多的改進與創新，根據歐美先進國家一、二十年研究的結果，發現無法適應大班教學的資優和智能不足的學生，採用 CAI 教學效果非常顯著，對於一般學生也均有效，而且學得更快、更有興趣。

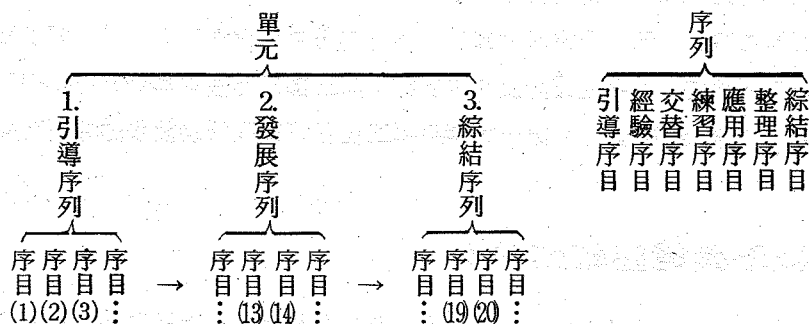
編寫CAI課程軟體(Courseware)的原理與編序教學原理相似，因此針對編序教學的特質和編製介紹如下：

一、編序教學的特質

根據哈佛大學教授施肯納和其他許多討論編序教學原理的意見，歸納起來有下列五點：(一)由細目以學習。把教材分成許多細目或細小步驟，按緊密的邏輯程序排列。如此編序教材的細目，縮短了教材的距離，使學生容易學習。(二)真正積極學習。因為學生必須自己切實閱讀。作答和核對以進行學習，所以編序教學是一種自學的教學法。同時編序教材提供正確反應的優勢，因此也是一種積極的學習。(三)即刻獲得回饋。為方便學生自學，編序教材提供正確的答案，學生可以立即核對學習的結果，獲得回饋的反應。(四)充分適應差異。編序教學提供分支式(Branching)的編序教材，可使程度差的學生獲得補救的機會，也可使程度好的學生繼續直線進行學習。(五)經由學生證驗。編序教學根據學生學習的記錄，以修正和改進教材。

二、編序教材的編製

(一) 教材編序的系統：師大視聽教育館為統一名稱或譯文，曾訂定編序教材編列系統及名稱，以為大家使用的依據。其中有以單元(Unit)為準，也有以一個序列(Sequence)著眼。這些系統和名稱是：



(二) 教材編序的方式：編序教材以要求學生作答的性質而分，有組合(構造反應)答案式和選擇答案式的兩種方式；以進行的作答方式分，則有直線式和分支式。簡述如下：

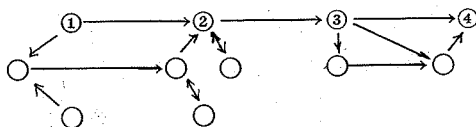
1. 組合答案式(Constructed responses type of program)又稱構造反應式：要求學生自己組合構想以完成答案。一般都採取直線的方式進行，任何學生都從第一題循序做完所有的問題。

直線式(Linear single response)

① → ② → ③ → ④

2. 選擇答案式(Multiple-Choice type of program)：讓學生在許多答案中辨認選擇，著重於再認，多數採用分支式的方式進行。

分支選擇式(Branching, multiple choice)



上圖的序目中，如果學生選擇正確，則可循①至④的序目學習，等於是直線式的學習；如果學生選擇錯誤，則可引入分支路線，多兜圈子，最後還是可以從①到④逐個序目學習完畢。分支編序的理論：學習歷程中錯誤是不能避免的，一個錯誤的反應不一定會阻礙正確反應的學習；反而可以揭露錯誤的觀念及學生弱點之所在，既可以診斷困難，更可以使每一序目的學習切實清晰。因此設計分支編序教材時，要預想學生在何種情境下可能發生何種錯誤，不但錯誤是合理可能的，還要解釋何以是錯誤的，然後再引回到發生錯誤的序目。

貳、CAI課程設計及作業要點

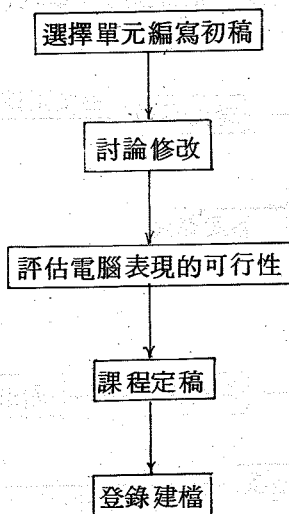
一、基本原則

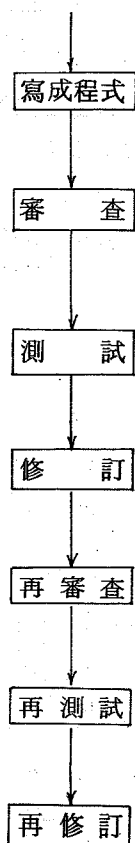
(一) 儘量發揮電腦的功能：如 1.立即回饋：在學習過程中，學生每對一個問題做反應，電腦馬上就會告訴他結果，學生就可知道自己是否學會某一觀念。2.統計功能：可利用電腦的記憶性能，將學生的學習成就存入電腦，以便教師作診斷與補救教學。3.動態功能：使教學更生動有趣。4.模擬功能：許多具有危險性、設備昂貴或操作困難的實驗，可設計一模擬的情境於電腦中，以便學生學習。

(二) 儘量降低機器的缺點：如 1.以機器為師的心理障礙。要排除此類心理障礙，則 CAI 課程設計，應力求其生動有趣，使其擬人化。2.不諳操作易導致錯誤。因此 CAI 課程的設計，應使學生所需的操作減至最低。3.畫面上色彩、光線不良易傷害視力。所以要請有關的專家慎選畫面本身和字、畫的顏色，同時畫面上國字、英文字母、數字的大小和間隔，亦要列入考慮。

二、課程作業程序

可分段如下：



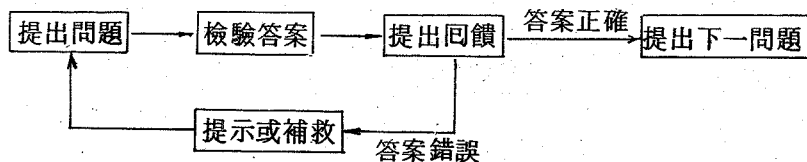


三、課程的表現方法

CAI 課程的編寫不能與教科書的方式相同。其作法經國科會 CAI 研究人員討論結果，提出下列的建議：

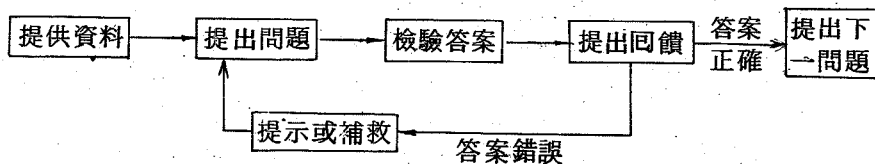
(一) 練習 (drill and practice)、指導 (tutorial)、模擬 (simulation) 三法交互使用。

1. 練習法的流程圖如下所示：



這方法的優點是設計較簡單。

2. 指導法的流程圖如下所示：



指導法的特色是先行提供資料，所以不僅可用於學習成就評量，也可用於學習新題材。

3. 模擬法：將實驗室中無法進行或不易觀察的實驗，在電腦上設計一模擬狀況，以供學生學習。

畫面應以動態圖形為優先，測驗畫面原則上每一畫面呈現一題，題目以選擇題為主。題幹部份盡量避免文字太多，選目部份每行一選目，上下並列，以方便閱讀。

(二) 分支、迴路兩式兼採並用

分支式就是針對學生所給的不同答案，提出不同的反應。例如前面所介紹的練習法中，若答案正確，則提出下一個問題；若答案錯誤，則給予提出或補救。至於更詳盡的分支式，應針對不同選目提出不同的反應。而所謂迴路式，就是當學生答錯某問題時，課程設計者依據診斷分析，提出一連串補救的反應，當學生對每個補救反應都了解之後，再回頭提出原問題。將分支與迴路聯合使用，再配合正確的診斷分析，則每個分支各有其迴路，大迴路中又有小迴路，層層相連，環環互扣；如此，學生在學習過程中可能遭遇的困難，課程設計者都事先予以仔細考慮，並進行補救的工作。

(三) 概念發展的正確引導是課程成功的先決條件

教師的教學過程就是概念發展的引導過程，因此CAI課程，應該按正確的概念發展程序來設計，才能達到預期的學習效果。為使課程能正確地引導概念發展，課程設計者應先就所設計的單元作下列的分析：1. 確定本單元的學習行為目標，及完成各行為目標的先後順序。2. 擬定完成各行為目標的概念發展程序。3. 就概念發展程序中各個概念，設計其表現方式及題組的數目。

參、基本BASIC語言與程式編寫

美國早期編寫CAI課程軟體(Courseware)，所用的編者語言(Author Language)，有機型相依(Machine Dependent)的缺點。在IBM(International Business Machine)機型上，利用COURSEWRITER編者語言所製成的課程軟體，即無法在CDC(Control Data Corporation)的機型上執行；同樣地在CDC機型上，利用TUTOR編者語言所製作出來的課程軟體，也無法在IBM機型上使用。因此，CAI的程式設計者建議：採用通用性的高階語言來製作課程軟體。如此一來，不但課程軟體具有通用性，程式設計者不需再花時間學習編者語言。此次CAI研習班採用BASIC語言來編寫課程軟體，是基於簡單易學及通用性的理由。

原先「基本BASIC語言與程式」這部份安排有十四小時，然而各學校選派來研習的教師，固然有不少對BASIC語言很熟悉；可是也有很多同仁以前沒有使用過BASIC語言，為了使每位學員都能設計BASIC程式，施純協教授犧牲好幾個晚上的休息時間，每晚由七點到九點對初學者再施以額外的補習，令同仁們感動不已。幾天下來大家學會1.操作電腦，2.處理資料：包括(1)數字：整數(I%)和實數(I)，(2)文字：字串(I\$)和陣列(DIM)，(3)圖畫。3.活用指令：(1)IF...THEN，(2)FOR...NEXT，(3)GOSUB...RETURN，(4)READ...DATA...RESTORE，(5)INPUT，(6)LET，(7)ON...GO TO，(8)ON...GOSUB等。

肆、基本CAI程式與編寫技巧

這部份分為四個小單元：

一、指導學員點字、造字、造形、畫圖、畫螺旋、做遊戲、平拋落地、旋轉與放大、中文圖形混合等程式編寫技巧。施教授並以工教系常用的韋恩振盪器、RC振盪電路、多諧振盪電路作例子，使大家對CAI程式的編寫有具體的認識。同時也介紹建碼用程式和建表用程式。

二、由國科會精密儀器發展中心洪脈堂先生介紹電腦輔助教學系統設計和其他輔助軟體之應用。在此簡單摘要地說明如下：

(一) 系統設計介紹

1. 軟體系統設計工作，在過程上通常分為三個階段，即系統分析(System Analysis)、程式撰寫(Programming)、測試及除錯(抓蟲)(Testing & Debugging)，必須經過這三個階段後，軟體系統才能正式推出。

2. CAI系統分析：在學校使用的CAI系統理想上應該包括：(1)各教材單元的主程式，(2)各教材的庫存系統，(3)學生使用教材後的成績記錄及分析。

(二) 主程式分析及設計

一個在國內能使用的CAI主程式應具有下列的條件：

1. 能處理中文畫面且速度要快。
2. 應將說明及測試穿插配合，依學生測試反應配合應有的說明，必要時可以其他輔助教學器材如錄影機等配合。
3. 動態化、趣味化、立即反應。
4. 允許不同測驗方式，以免流於呆板，缺乏變化。至於每一題的程式步驟如下：(1)將題目顯示出來，大致上是以文字串的方式「印」出來。(2)看是否需要動畫輔助，若要則顯示動畫，否則進行下一工作；或者先以動畫呈現，然後再給予文字敘述。(3)等待學生反應而顯示一個問號(要閃動)。(4)答案確定後，則判斷其對錯，並做適當反應(以聲音及文字並行)，然後才跳到下一題。

(三) 中文輸入的介紹

由於國內每一家電腦公司，均有其個別中文輸入系統，各家分歧。所以洪先生僅就各種輸入方式簡單說明。

(四) 二度空間幾何圖案的設計

應用到三角函數及HPLOT的命令，至於複雜的圖案，還要用到所謂「平移」、「旋轉」、「放大」等技巧。

(五) 三度空間幾何圖案的設計

三度空間直角坐標與極坐標的轉換需要熟悉，以二度空間畫面來繪三度空間圖形，需要注意觀測點。

(六) 聲音形成的技巧

聲音的形成是利用軟體去計算一個適當的波，使它的波長在耳朵可感覺的聲頻範圍，約(16~

15000 赫)範圍，其中只有少數個頻率是屬於樂音。各型微電腦中均有其聲音輸出的位址、組件及聲音形成之副程式，如蘋果電腦的聲音位址在CO30H即十進位49200或-16336，其副程式為CALL-1052。

三、由許振聲、施純協兩位教授指導工教系助教，以「BASIC 程式語言」為題目，編寫一個CAI程式，作為講解CAI程式編寫技巧的實例，藉此說明FOR...NEXT，ON...GOTO，SUBROUTINE，PLOT，PEEK...POKE等，在造形(Shape Creation)的用法。

四、施教授將黃費光、原孝怡兩位教授在講授編序教學時所舉的「植樹問題」程式化，講解並在電腦表演。

學習成果(CAI實例)

化學科教師在黃長司教授指導之下，選擇「氫原子光譜與氫原子能階」作為教學單元。經過熱烈地討論，將本單元先作概念分析，再詳列學習行為目標，寫成課程軟體後，又討論是否有不妥當之處，並修改至大家都滿意為止。最後在工教系助教先生的幫助下，將其寫成程式。再經測試及除錯，在結訓前完成可以在微電腦上進行教學的教材單元。大家兩星期的研習，由對CAI不甚瞭解，變成能將教材程式化，進步神速，各個都滿載而歸！

展 望

微電腦是否會真正的影響教育問題的爭論，在一九八一年已經完全銷聲匿迹。世界各地成千上萬的微電腦，已經普遍地在各級學校裏使用著，現在討論的重點集中到需求的規劃問題。雖然我國去年才開始提倡電腦輔助教學，然而外國已有一、二十年發展的歷史，若能好好地把握正確的方針，電腦輔助教學在我國必能發展成功。今天教育上所存在的問題，大多也能迎刃而解。譬如中學生若不實行能力分班，老師教學時確實有困難；但是能力分班的結果，有的學生因為沒分到好班而自暴自棄，心理無法平衡下來。還有許多不適合大班教學的學生，放學後仍然奔波在補習班、家教班的路上，不但影響其身心的正常發展，間接的也影響到交通問題。假如現在已有足夠多的優良課程軟體，學生們在學校或在家裏也就可以按照其個別差異，以他自己的進度隨心所欲的進行學習。如此提供較好的學習方式，將可改善教育品質，提高學生學習興趣與教學效果。

高中化學有很多實驗不是設備昂貴，如質譜儀、核磁共振光譜等，就是操作困難或具危險性，如密立根的油滴實驗(操作困難)、乙酸乙酯的製備(易失火)…。若能以電腦進行模擬實驗再好不過了。這次研習所製作的「氫原子光譜與氫原子能階」，和其他傳統教學法不易教好的單元，若以微電腦作為媒體，相信對教學效果會有所改善。因此展望高中化學電腦輔助教學，乃大有可為，希望熱心化學教育同仁，共同來開發。

建 議

1. 此次兩週的研習，參加的同仁對於 CAI 教材編寫，雖然有相當的認識，並且也有學習成果，但是距離理想尚有一段路程。譬如此次研習成果的程式化，大多由工教系助教先生幫忙。所以類似的研習班，希望能利用寒暑假繼續辦理。
2. 各校應鼓勵師生研習微電腦，以迎接資訊時代的來臨，並且充分利用各校已購置的微電腦。參加 CAI 研習班的學員，宜選派已具有微電腦知識、技能者。
3. 教育行政當局要參考外國發展 CAI 的經驗，注重人才的培育，對於參加研習的教師，宜訂定辦法給予獎勵，如給學分或提敘其薪級。
4. CAI 在外國實行結果，對教學顯示有效。雖然如此，爲了慎重起見，在我國大量推廣之前，筆者認爲應先進行實驗教學。
5. 以後各校購置硬體，功能規格最好能統一，以免師生要學好幾種操作系統。

參考資料

1. 張霄亭著：教育工學研究（教育工學在教學上的應用）。大聖書局印行，民國 66 年。
 2. 趙文敏：國中數理科電腦輔助教學實驗研究報告第一期工作報告。行政院國家科學委員會科學教育發展處印行，民國 71 年，12 頁。
 3. 李進寶等：電腦輔助教學選集。國立台灣師範大學電子計算機中心印行，民國 71 年，2 頁。
 4. 許振聲等：台灣省教育廳七十一學年度高級中學科學教師微電腦輔助教學研習班研習資料。國立台灣師範大學中等學校教師研習中心印行，民國 72 年。
- （作者現任台北市立建國高級中學化學科教師，並在國立台灣師範大學化學研究所在職進修。）