

電腦輔助教學的發展

蔣德勉

國立臺灣教育學院生物系

前 言

本文原係七十二年六月二十七～八日，教育部暨淡江大學合辦電腦輔助教學研討會的專題講稿，經增刪修訂後，提出個人看法，期能拋磚引玉，共襄盛舉，感激不盡。

一、簡 介

當電腦到了民國五十四年以後，也就是採用積體電路製作電腦時，利用電腦來進行輔助教學的研究，就開始了。在十四年以前，本人由當時任教的新竹中學，借調到國科會設立在清華大學的科學儀器及資料中心（即今日「精密儀器中心」的前身），擔任中小學科學儀器發展小組的研究工作時，就曾想到利用清華大學的電腦設備，進行電腦輔助教學的研究，並與哈佛大學的Lawrence M. Stolurow教授取得連繫，設法引進台灣，但因機種不同而作罷論。因為那時本人研究編序教學法，已有七八年的歷史，而編序教學法又是該校B.F. Skinner教授所發展成功的，稍有來往故也。

自從電腦出現後，尤其是當螢光幕（Cathode Ray Tube, CRT）用來作為輸出工具後，教育家們就想採用這個反應神速的利器，作為教學的工具。不久就有很多美國大學，在這一方面力求發展。這多少是受到美國大量生產（Mass production）的哲學所影響。其中最著名的就是伊利諾大學的PLATO（Programmed Logic for Automatic Teaching Operation）系統。本人直到民國65年負笈該校，攻讀教育碩士學位時，才得親身體會。或許全世界都是一樣，凡是新奇的玩意兒，總是具有吸引力的，PALTO系統亦不例外。但是從教學效率的觀點來看，本人不得不採用古希臘的名言：「吾愛吾師，吾尤愛真理」了。

因為 PLATO 系統的教材設計，並不能使我達到滿意的程度。當年本人亦曾再度考慮將電腦輔助教學法引進台灣，結果則是決定放棄。因為那時台灣的電腦系統，供應一般的作業，已經忙不過來，那裏還有餘力能顧到這個耗時冗長的電腦輔助教學呢？三年前本人又再度赴美進修，就讀於北科羅拉圖大學，攻讀教育博士學位。這次的情況，整個改觀，微電腦出現了，1,000 元美金可以購買一台電腦主機，在台灣幾乎可以購買一整套電腦設備。於是本人就憑著鑽研編序教學法，二十多年經驗，來當一名電腦輔助教學的尖兵，並且以此作為博士論文的研究題目。因為這一點微薄的經驗，不得不提出來和大家共同研討，如有不到的地方，敬請指教，感激不盡。閒話表過，且歸正傳。

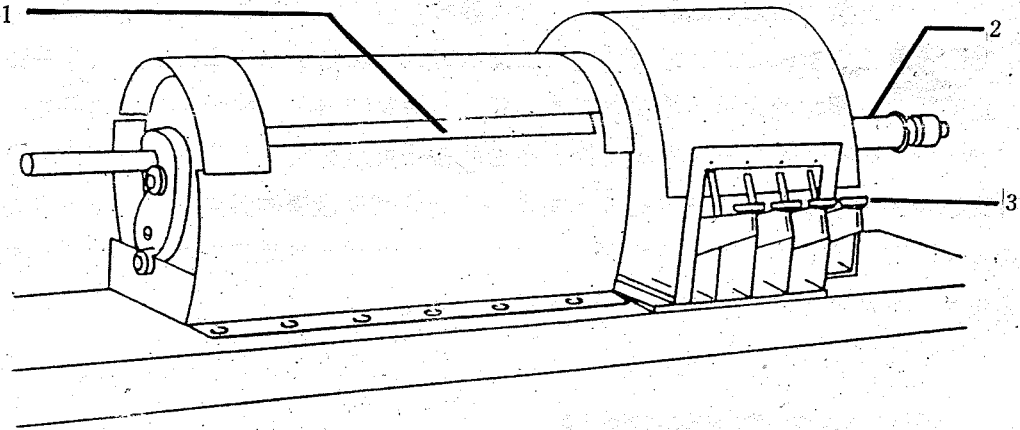
二、電腦輔助教學的簡釋：

電腦輔助教學法，英文是 Computer Assisted Instruction，簡稱 CAI。較早期的名稱是 Computer Based Instruction，意為憑電腦而進行的教學。亦有借用視聽輔助 Audio-visual Aids，而寫為 Computer Aided Instruction，仍縮寫為 CAI，這些都是同義詞。但發展到後來，由於教學性質的不同，另外創立了一個 CMI 的名稱，原文是 Computer Managed Instruction，中文可譯為電腦管理教學法，這是利用電腦來管理學生的學習，因此在英文中，有人主張採用 Computer Managed Learning (CML) 的名稱。在本質上言，CMI 並不是 CAI。詳細的說明，留待後面來討論。

三、電腦輔助教學法的由來及其定義：

電腦輔助教學，既然是一種教學，就得從心理學和教學理論來探討了。在第一次世界大戰前後，美國的產業與財力，漸漸走上了富裕自主的道路。尤其是南北戰爭時期所頒布的莫利爾撥地興學法案 (Morrill Land Grant Act -1862。) 所創辦的大學，已經到了成熟收穫的時候。這是美國教育史上的創舉，當時美國新開發的西南部各州，地廣人稀，教育落後，於是莫利爾議員就向林肯總統建議了這個無中生有的，劃撥荒地作為創校基金的興學法案，一些教育界的拓荒者，就憑著當年開發西部的精神，挺身而出，大幹起來，今日美國的許多有名的州立大學，就是由此而來，如德州的農工大學，科州的 CSU 等，這真是應驗了我國「有人斯有土」的老話。在教育學方面的學術界人士中，亦受到工業的影響，頗思利用機器來進行教學。最有名的就是 Sidney L. Pressey，他在 1920 年代時（民國十幾年），發明了記憶測驗轉動鼓 (Memory drum)，原來是用來測驗學習後的記憶成效，稍後則發展為利用立即回饋 (Immediate feedback)，以增強記憶的一種學習機，如下圖所示。可是

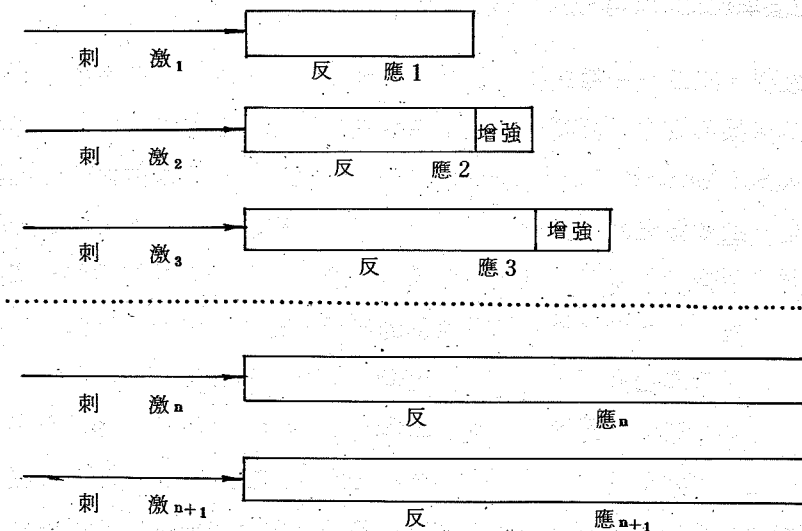
他生不逢辰，碰上了美國經濟史上的不景氣時期，使這一套理論與工具，失去了發展的機會。



Pressey 的記憶測驗轉動鼓

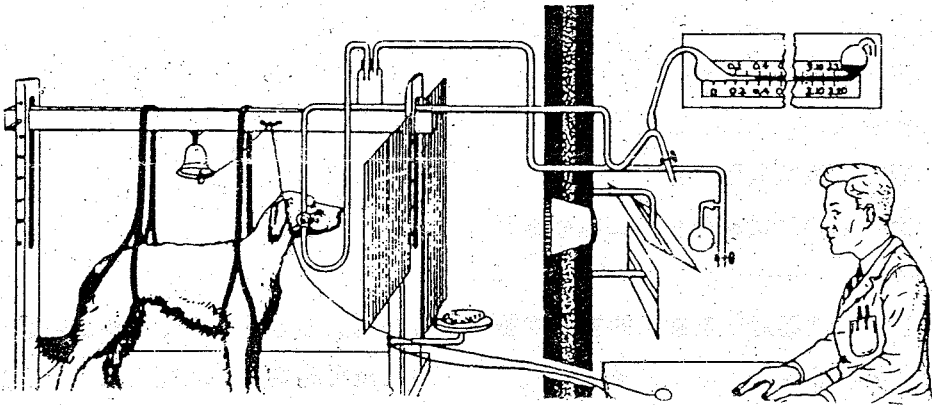
1. 測驗題出現的窗口。
2. 選擇答案，選目的鍵，按住鍵。
3. 搖轉把手，當選擇正確時，把手能夠轉動，窗口的原題目向上轉入而消失，并由下轉進另一新的題目。若選擇錯誤，則把手不能轉動，表示要再另做選擇。

直到第二次世界大戰的末期，在那個自動化系統與電子工業尚未興起的時代裡，美國爲了應付繁重而龐大的戰時需要，就腦筋動到怎樣利用動物，來替代人工，以操作一些非常簡單的工作上面來，譬如接通電路，切斷電路等等。這就使得動物實驗心理學家們，得到一顯身手的機會。最有名的要算是 B.F. Skinner，他能夠把鴿子訓練起來打乒乓球，做做切斷電路之類的簡單工作，當然是游刃有餘的了。Skinner 的心理學，說起來只有三件最基本的



東西：一是刺激，二是反應，三是增強。動物是能夠接受外界刺激的生物，並且能夠根據刺激而做出反應。在開始的時候，同樣的刺激，並不一定能夠產生同樣的反應，但是在第一次反應與第二次反應之間，以至於能夠產生同樣反應的各次反應之間，會出現一種逐漸增強的效應，但至達到學習成效之後，即產生同樣的反應，即不再出現增強的效應，如下圖所示。簡言之，所謂 Skinner 的學習理論，就是怎樣以最小的 n 值，達到圖中的刺激 n 與反應 n 而已。

關於刺激—反應與增強的研究，其中最著名的例子，是帝俄時代，俄羅斯生理學家 Pavlov 所發現的狗唾液實驗，如下面的圖表所示。



狗唾液實驗的裝置

狗 唾 液 實 驗 數 據 表

試 驗 次 數	分 泌 唾 液 的 滴 數	由 刺 激 到 反 應 所 需 的 秒 數
1	0	—
10	6	18
20	20	9
30	60	2
40	62	1
50	59	2

Skinner 將這理論發揚光大，引用到人類的教學上，創立了編序教學法 (Programed Instruction)，仍然受到機器教學的哲學影響，Skinner 也極力提倡教學機 (Teaching machine) 的設計。二十年前，確實也曾風靡一時，幾乎到達編序教學法與教學機，不可分割的地步。實際的演變，則是教學機受到機械設計的限制，不能充份發揮教學上的功能，漸

漸地教學機沒落了，書本型的編序教本，則仍然流行迄今。能夠經歷二十多年，而不被淘汰，必然有他的根本原因。現在請看編序教學法的五大原則：

1. 小步原則（循序地小步推進）
2. 自動反應原則（做出自己的答案）
3. 立即確認原則（立刻告知正確或錯誤）
4. 自定進度原則（自己選擇學習的速度）
5. 教材測驗原則（根據學生的反應而修訂教材）

編序教學法爲了達成上述五項教學原則，又發展了許多教學技巧，茲舉其犖犖大者的幾項如下：

1. 形式提示與意義提示
2. 律例法則與例律法則
3. 矩陣法則與教學序列
4. 直線型編序教材與分支型編序教材
5. ……………（註1）

編序教學家們經過了無數次的教學實驗，最後得到的結論是：編序教學法確能使學生達到既易懂又易做的地步，學習的速度提高了，一般大概可節省普通教室上課，三分之一以上的時間。

事實上，自從電腦採用螢光幕作爲輸出工具以後，編序教學家們就殫精竭慮地，要將電腦成爲真正的教學機，用來進行教學。於是得到了下列的電腦輔助教學法的定義：

電腦輔助教學法：就是將編序教材輸入電腦，使學生與電腦之間，進行刺激與反應的回饋作用，進而產生增強效應，建立起新的行爲習慣，亦即達成學習成效的一種教學方法。

在此，個人不辭冒瀆，再三強調，在人類的文化領域中，任何一項學術的成就，都沒有平步青雲的一回事，電腦輔助教學法也不例外，絕不是電腦問世後，一下子就發展出來的。編序教學法與教學機就是它的先驅者，這就如同機械式計算機和電子學之對於電腦的發展一樣。或許讀者諸君還會發問，心理學的理论何止恆河沙數，學習的理论，也是不勝枚舉，爲什麼一定要在電腦輔助教學法中，專門強調刺激—反應的理论和編序教學法呢？在此，個人只願提出一句話，一般的心理學理论都是以人與人之間的交往行爲作爲基礎，其教學的理论也是以人與人之間的教學作爲研究的對象。但是刺激—反應心理學的理论，則是以人與物之間的交往行爲作爲基礎，其教學的理论也是以人與物之間的教學作爲研究的對象。這就是兩者截然不同的地方。說得更透徹一點，這就如同電腦線路要採用二進位的數學觀念來設計一樣。當然我們也可以採用人類所慣用的十進位數學來設計電腦線路，不但過於繁雜，而效率

大減。同樣的，我們也可以採用人與人之間的教學理論來設計電腦輔助教學的軟體。結果就會出現沒有教師（泛指具有該項知識的人）在旁輔導，學生的學習就會變成索然無味。這是因為機器無法做出像人一樣的有機（organic）反應的緣故。除非你將可能發生的教學過程，事先設計起來，然後輸入電腦。可是這就是編序教學法的哲學基礎。因此，只要你不否認「電腦是機器而不是人」的前提，就可體會出言之不匪也。這不是一個爭論，而是發展電腦輔助教學法的哲學基礎。個人三復斯言的用意在於此，決沒有絲毫強求的意圖。

四、現況簡介

美國自從 PLATO 系統問世以來，很多學校都有 CAI 設施，尤其是微電腦出世以後，更是普遍。但是很多 CAI 軟體（即電腦輔助教學的教材），並不合乎上述的教學原理。由於電腦具有活動畫面與發聲的功能，很多教學專家們就將視聽教育揉合到電腦教學之中，以求創新發展。因為新鮮的玩意兒，其商業價值是偉大的。何況美國又是一個高度發達的工商業社會，其 CAI 軟體的製作也就出現了雨後春筍似的一窩蜂現象。近幾年來，連若干著名的大書店，也都特設 CAI 軟體部門，擠入發行的行列。各電腦公司更是不遺餘力。舉一個具體的例子，幾年前 PLATO 系統由伊利諾大學轉移給 CDC 公司進行全面推廣，CDC 公司即達成與行政院主計室簽訂兩年租約，目前安裝在中興大學電子計算機中心，這就足以說明一切了。國內的情形，除了上述的中興大學以外，淡江大學是 CAI 的先驅者，已有近十年的歷史，師範大學亦在近年，全力推動發展中。這些都是非商業性的機構。至於國內電腦公司方面，據個人所知，目前已有小教授、小神通和統一電腦等三家，一般地說來，他們的教材設計，都是屬於 CMI 的範疇。

五、個人對幾個混淆名詞的簡釋：

1. 電腦科學——Computer Science，這是研究電腦硬體及軟體應用的科學。
2. 資訊教育——Information Education，這是教授如何將電腦利用到各行各業上去。主要是對軟體的設計、發展及應用而言，其中包括 CAI，但不代表 CAI。
3. CAI——Computer Assisted Instruction，這是利用電腦來進行教學，教學的內容則以輸入的教材而異，在我個人的狹義定義，則是將編序教材輸入電腦，以電腦作為教學機而進行的教學。
4. CMI——Computer Managed Instruction，這是利用電腦來管理學習，因此也有稱為 CML（Computer Managed Learning），此處所稱的學習，是一種最簡單的刺激

、反應與回饋，但並沒有按照編序教學法的原理，來提供教材以進行教學。簡單地說，在 CMI 中，電腦並沒有提供有關的知識，但提出問題而要學生來做答案。答案做出後，電腦立即確認答案的正確或錯誤，錯誤時告訴正確答案，或稍微說明正確答案的理由，但沒有進行澈底的討論與說明。假如採心理學的觀點來說明，這只是將電腦作為記憶測驗轉動鼓來應用吧了！並沒有將電腦當做教學機來進行教學。

5. 資訊儲檢——Information storage and retrieval system，這是將資訊 (Information) 通過圖書目錄學的處理手法，儲存到電腦之中，然後隨時檢取利用，因為沒有教學的性質，所以也不算 CAI。

六、個人對電腦輔助教學的看法：

1. 任何教育媒體均受其特性所限制，CAI 亦不例外，也受到電腦和編序教學法的特性所限制。

2. 電腦具有迅速和確實的特性，可提供有利的功能，但是時間與人力的消耗極多，以致價格昂貴，一般要比書本貴出五至十倍左右。

3. 電腦能夠表達動畫與聲音，但是無法取代視聽教育。

4. CAI 教材的閱讀，因受人體工學的限制，要比書本的閱讀，辛苦吃力，難以持久。

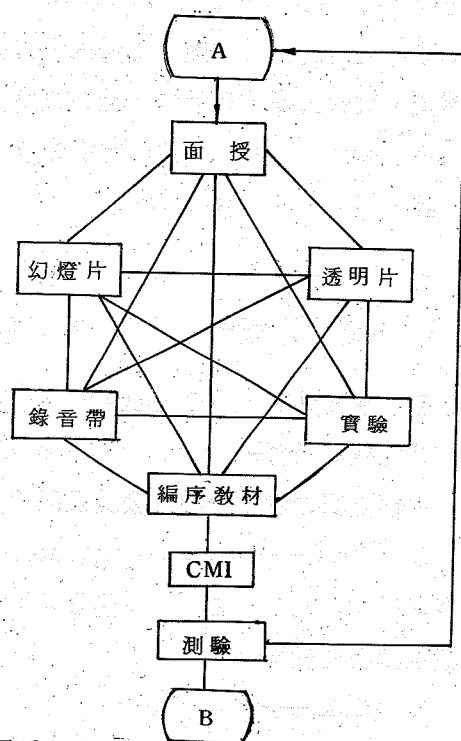
5. 編序教學法方面：①沒有師生面授的感受（應增加討論以補救）；②學得快，忘得也快（應增加練習作業以補救）；③未能完全適應個別差異（這是大量教育，我們的目標是求總和的極大值，不是求個別的極大值）。

6. CMI 具有控制學習的效能，且其教材分析與程式設計均較簡單容易，更可充分發揮電腦在教學上的管理功能。

7. 就目前微電腦的現況而言，硬體供應已有足夠的能力，問題全在軟體的發展上。

8. 時至科學昌明的今日，最理想的教學方法是利用多媒體教學。換言之，我們應當利用各種媒體來進行教學，這是教育工學

Educational Technology 所探究的主題。茲以上圖為例說明。



七、結語

教育是人類社會生活中，一項最大的經濟行為。尤其是我們中國人，受了文化背景的影響，更是重視教育。姑且不論其動機與目的，但是站在教育經濟的觀點來看，我們也應當像商業決策一樣，採用線型代數的技術，來謀求其最大的效益。近年來教育當局，一直強調教學正常化，但始終未見正常化的跡象。近二十年來，教育界一直提倡視聽教育，也一直沒有看見視聽教育落地生根。最近本人閱讀了一篇有關彰化縣國民中學視聽教育現況與展望的研究論文，發現該文所歸納而得的結論是：一、沒有肯定的決策，二、缺乏指導的綱領，三、沒有通盤的發展計畫。舉例言之，各校已具備照相機、錄音機、幻燈機及透明片投影機，但沒有通風、遮光及視線良好的視聽教室，軟體缺乏，教師自製又無獎勵辦法。廠商亦未能充分供應。事實上，我們只能要求教師們具有使用視聽器材的能力，決不能要求教師們自行製作軟體，來供應自己的需要，這是一種封閉式的、自給自足的農業經濟觀念，並不適合今天的工商業經濟模式。在今日，教師若能設計製作一片具有高效率的教學軟體，我們應當發揮其經濟價值（商品價值），廣為推廣才對。或許這就是視聽教育不能發展的根本原因。電腦輔助教學也是一樣，而且更為複雜，我們決不可能要求教師們自製CAI軟體，假如要想憑這個模式，去推動CAI，那就是緣木求魚了。最好的辦法，應當是透過國立編譯館向全國徵稿，決不是公賣局式的設廠製造。因為電腦輔助教學的教材，乃至其他軟體，都是輔助教材，沒有統整劃一的必要。至於徵稿、致酬，乃至獎勵等等，都是技術問題，恕不多贅。

註：見拙著編序教學法乙書，台灣省國民教育輔導叢書，台灣省教育廳第四科編印。