

利用個人用微電腦 作為物理家庭教師

——一個可行的研究——

史提芬·卡姆 原著
國立臺灣教育學院物理系

孫家麟 譯

以下的報導是由一位有經驗的教師，但又是電腦初學者所作，其目標是利用個人用微電腦（personal computer）來處理所教課程中難以學習的單元，而這些單元以教師個人的力量難以讓全班每一位學生都能瞭解，而經個人用微電腦却可達成此目標。

南奧克拉荷馬市立專科學校（South Oklahoma City Junior College）是使用能力本位教學系統，要求學生在單元進行前先瞭解單元目標。在我們所教以微積分為基礎之物理課程中，學生必需完成五十個不同單元目標，且不能有錯，才能得到學分。其基本目標在求學生能應用物理觀念及數學技巧來解某種類型的問題。能力本位系統的一個特色是任何學生在測驗後若不能達成該項目標則要予以“再循環（recycling）”。換句話說，“假若一開始你不能成功，再試一下。”雖然這個方法有效，且能保證學生獲得該課程所有的知識與技能，但它不為教師所歡迎。因為個別指導與再測驗所需的時間實非教師們所能付出。若不借助於程度好的學生，我發現只靠教師自己實不能滿足所有學生的需要。僅要求他們再學習教材並無幫助——通常第一次有障礙的地方第二次還是有困難。若指定額外的習題而不花時

間去詳細複習，則學生不能獲得適當的回饋以確定該生學習困難的所在。在經歷這種情況若干年後，我相信定有某種自動的家庭教師能對“正常”教學後效果不彰的學生給予必要的幫助。不需學生投資於程式教材（programmed texts）或工作書（workbooks），我決定嚐試一個太空時代的解答：個人用電腦，程式規劃引導學生經由該問題的若干例題一步一步學習。

欲使其效果明顯，我認為程式的發展應融合以下各種特色於一體：

1. 程式應存錄在卡式磁帶中，學生在方便的時間，可將程式轉裝載至電腦中，以便研習。
2. 程式要求學生自行決定學習進度，否則，一套附有解答的問題便一一呈現出來。
3. 程式設計應逐漸減少幫助解題之材料，使學習者能自我滿足。
4. 程式之末尾應有問題以作評量，而問題的數據是由電腦隨意產生的。
5. 程式應注重建立一套解問題的方法，並指出問題中的已知數與未知數，以及通常學生易於犯錯的地方。
6. 程式設計不宜讓學生坐在電腦前的時間超過二十五分鐘。

本研究試驗利用個人用電腦程式來個別指導學生解決課程內困難問題之可行性，這些困難問題包含一度空間的等加速運動，移動與轉動均考慮在內。當時所使用的電腦廠牌是Radio Shack TRS-80，它以鍵盤輸入，以電視螢光幕輸出，以卡式錄音機儲存。其特別的觸取模式是Radio Shack系列最價廉的一種：它利用4K RAM（四千個隨意觸取記憶位元組）及一階BASIC語言。對一個程式設計者而言，我熟悉主題材料、表現方式、及FORTRAN IV語言，但是，對交談（interactive）系統及BASIC語言還很陌生。

花在學習BASIC 的時間很短，直接閱讀 Radio Shack手冊就可，任何學科學出身的人若曾與電腦接觸過，則在數小時之內即可寫出合理的好程式。（那些沒有科學背景的人並非不能學，只是慢一點而已）。寫出程式粗略的草稿約需三小時：將完成的程式送入電腦又要五小時。經過生手與專家試驗後，程式乃作以下的修改：增加每一畫面暫停的時間（讓使用者看螢光幕），包含更多使用者控制進度的步驟（例如，“輸入1以進行”），加入更多有力的用語（例如，“做得好！”），及擴充特定走向。這些改變及其他修飾，連同學習程式技巧以減少使用記憶量等又花去五小時。

此項努力的成果是卡式錄音帶上的一個工作程式，它需要10777個位元組（byte）來操作。而TRS-80的4K記憶體（memory）最多工作量只有3583個位元組，因此將程式分成五個部分。學生學習完每一部分後，須清洗記憶體，再把下一部分由錄音帶讀入。這些步驟很容易，但費時。程式的第一部分包含將來解題需要用到的方程式與變量之簡短討論。第二、三及四部分各包含一個例題可幫助學生認清各變量，選擇適當的方程式及算出正確的解答。第五部分包含第四個例題及一個測驗題，該測驗題的數據是隨意產生的，它不給予答案。學生在電腦引導下解出最後一個測驗題。

下一步驟是評估這個程式是否真有幫助。由於本工作是在去年暑假完成的，無法找到具相當水準的物理系學生，因而利用其他的學生及學校某些同事來試驗這個程式，他們的反應是肯定的，因此證實我們應該在下一學期發展更多的程式。為了使這些程式成為良好的指導發展技術，它們必需要讓學生試用，若有必要則應予進一步的訂正，以保證其能達成預期之目標。

我發現個人用電腦程式作為個別指導之用有

以下各種優點：

1. 具有配合個別步調之優點——例如，允許學生在學習快慢及能力之差異。
2. 所有編序教學法之優點——例如，呈現在學生面前的資料是循序漸進的，且允許立即回饋。
3. 一套可用的系統其價格約自600至2,000美元，卡式錄音帶也比書籍或工作袋價廉。
4. Spinoff——介紹學生交談式電腦之結構及應用。
5. 啓發動機——有些學生對使用電腦而不被淹沒在大系統中感到興奮。
6. 準備簡單——任何人都能學習發展程式。
7. 有效果——雖然本研究沒有作充分的試驗，但此法很顯然的充分指導學生如何解題。由於這套系統能把學生學習成果回饋，故其優於單單算幾個例題。

不幸的，這套系統並非所有教師所夢想的萬靈丹！它也存在一些實際問題：

1. 準備的時間——準備任何程式化的資料都是要花時間的，但是寫作程式的技巧純熟以後，所耗時間會明顯減少。
2. 電腦記憶體容量有限——4K RAM（四千位元組的隨意觸取記憶體）實在太小以至不能儲存一個合理的程式。所幸，16K的記憶體現在已能用不太貴的價錢買到。（譯者按：現今64K記憶體的微電腦比比皆是，且能處理中文，價格在50萬新臺幣左右）。同時，具有經驗後，可以曉得改進程式效率的技巧。
3. 畫圖能力有限——要想畫出清晰的圖形是很困難的，例如一個複雜的自由落體圖形就難以畫出，除非能有一個大的記憶體。若不需要清晰圖形的課程，更適於利用個人用電腦來作輔助教學。（譯者按：本文發表在1978年10月，如今微電腦功能大增，而價格大降，一個64K的微

電腦已略有解決此問題之能力)。

4. 能使用的符號有限——例如總和及積分的符號均無法供應，同時， X^2 尚要以 $(X**2)$ 來代替。

5. 程式轉移易生錯誤——將程式由卡式錄音帶移入電腦主機並不是完全可靠的，有時有些不規律的雜訊也會移入。同時，卡式錄音機也會卡住磁帶。(譯者按：可利用磁碟以改善之)。

6. 固定位置使用之不便——目前，大部分學生都在學校使用電腦。但是，當愈來愈多的家庭擁有家用電腦時，則可出借錄音帶或作複製之服務，使學生也可在家使用。

7. 誘導 (Motivation)——有些學生可能無法接受由機器學習，但另一方面，作者的經驗知道所有學生在數分鐘之內就失去他們的“機器過敏症”。

我過去做成功了，你也能夠！特別是過多的教師沒有電腦的知識，應該給他們試一下。它絕不可能取代一位熱心的、合格的、有經驗的教師

，個人用電腦的個別教學只是使我們目前的教法改善一些而已。另外，提供以下之建議：

1. 利用 16K 記憶體之電腦，此程式可不必再分成更小的部分。

2. 使用某種型的印字機可助於發展及修飾學生用的電腦程式。

3. 將每一程式保存在一個主磁帶並為學生的使用複製若干個拷貝。

後記：在本文寫完以後，我有機會使用蘋果牌二號 (Apple II) 個人用電腦，其基本機械對於程式更為複雜，僅使用整數來操作，且價格更貴，但它能顯示彩色及聲音，且能與我們所用的 Radio Shack TRS-80 一樣有效。最後，這二種機器均能加買一個完整的高等 BASIC 語言，它能使此二電腦能力擴展。□

[註] 本文譯自 “The Physics Teacher” Oct. 1978. 原名是 “Using Personal Computers as Physics Tutors-a feasibility study”

編輯室小啓

一、來稿請附添作者簡歷，以便在揭刊時介紹。

二、稿前請附提綱。

三、非特約稿請勿超過 10,000 字。

四、凡來稿具時間性或需提前刊載者請於每期截稿前五日 (次月份於當月 20 日截稿) 寄下。

五、答詢稿件，因須邀聘專家解答，來件請儘量提早，以便即期刊出。

六、歡迎各地科教活動通訊稿，稿酬從優。

七、譯稿請附原文本 (或複印本)，譯名請附原文。