

國小資優學生數學充實課程 電腦教學心得報告

高敬文

壹、前言

自前(七十)年九月起，筆者利用每週三下午，替本校附小參與「分散跳級」實驗的資優學生，進行一些課外的數學輔導。第一次共進行廿六次平均一小時半的輔導，玩過卅幾項數學遊戲。——關於這一年的工作報告，筆者已在去年十月發表於「國教天地」(註一)。第二年的研究計劃，重心是「電腦教學」。早在去(七十一)年五月，筆者已開始實驗「紙上電腦」的教學(註二)。自九月起，利用本校購置的七部宏碁公司「小教授」家用電腦，配合「紙上電腦」構想，試圖探討國小電腦教材與教法的可能發展，本文擬將這一年的工作經過情形與實施結果，作一個扼要的報告。

首先報告研究計劃的有關背景。第一、教學對象：除原來之十七位資優學生(高年級十一人，中年級六人——其中四人未跳級，就讀三年級)外，另外加入九位三年級學生。第二、教室分組：原分中、高年級兩組：至第二學期，逐漸改組為合組上課。第三、使用設備：「小教授」微電腦，在第二學期時增至十一部。下節將報告筆者教學電腦所根據之理論基礎。第三節歸納幾項教學心得，最後一節則是對未來國小電腦教學之展望。

貳、電腦教學之理論依據

電腦科技的發展與應用，是未來社會中重要的一環。吾人在今日所提供之教育，不僅要反映出現實的需要，更應遠瞻未來，未雨綢繆。筆者採取「未來教育學」觀點，作為電腦教學之哲學基礎。具體言之，未來取向的電腦教學，應強調「基本功能」的培養，以適應未來社會變動不居的特性。所謂「基本能力」，包括兩個部分：第

一、「不斷學習」的興趣與習慣的培養。第二、「如何求知」能力的培養。前者指冒險、好奇、進取、自信、創新、變通等態度；後者則強調建構概念、推理、判斷、創造思考等能力。未來取向的電腦教學，還應注意基本心態的改變。未來的社會「需要全新的觀念、推理、分類和概念。我們不能把初生的明日世界硬塞入昨日的老式籠中；而正統的心態和情感也不再適用了。」(註三)「第三波」的衝擊涵蓋了生活型態、價值規範、社會組織，甚至思想方式等各方面。下一世代的人類，需要一個全新的角度，去迎接未來。不論是基本能力的培養，抑或基本心態的改變，國小是重要的奠基時期。國小電腦教學是「第三波」教育的一部分。

至於教學電腦的心理學基礎方面，則以皮亞傑的「建構主義」(constructivism)知識論為依據。皮亞傑派教育論主張：(一)、兒童智慧成長是他與環境不斷交互作用的結果，因此教學者要協助擴展兒童經驗的領域。(二)、「真正的」學習，是認知結構的發展與改變。教學者不應過份注重瑣碎、枝節的學習成果。(三)、兒童親身體驗並操作具體事物，是他建構知識的基礎。教學者要多提供這種經驗，並要注意：兒童的「遊戲」實際涵蘊著重要的思考活動。(四)、兒童學習與發展有其順序。教學者應加以廣、加深的「充實課程」取代「加速」學習。(五)、兒童是學習的主體，是知識的建構者。成人與教學僅需扮演引導、催化學習的角色。

筆者教學電腦時，雖不敢說百分之百符合上述哲學與心理學的理論，但至少是朝那個方向努力以赴。

參、國小電腦教學心得

以下歸納七十一年學度，兩學期教學電腦

的心得。希望這份報告，能引起大家的興趣與重視，而熱烈的參與討論與研究。

(一)、國小電腦教材，應以「電腦繪圖」(Graphics)為中心。

「電腦繪圖」是最好的兒童教材初階。圖形指令易於了解，而且能立即回饋，兒童學習興趣盎然。若配合「紙上電腦」構想，鼓勵兒童自行設計，或根據範圍，打出程式後再執行，效果更好。

電腦繪圖不祇有趣，而且要應用深淺不同的數學，因此深具發展潛力。舉凡畫點、畫線、設計平面及立體圖、畫各種曲線，而至於旋轉、變化比例等，都有數學有關。而且由淺入深，變化無窮(註四)，可以適應不同階段兒童的個別差異。

至於電腦語言之迴圈、輸出、輸入、條件控制等指令，以及變數觀念、算術運算等，都可融入電腦繪圖中來教學。例如利用圖形指令「縱線」、「橫線」及迴圈變化，指導兒童畫不同方向、長短不一的「樓梯圖」，不祇是很好的數學「頭腦體操」，而且可令學生熟悉電腦指令的格式及變數的應用。

(二)、教學速度要緩進，以鼓勵精熟學習與自由探討。一般補習班教學「速成」式的將許多指令——「交代」完畢。這種填鴨式教學，或可教會學生按部就班按鍵抄打程式，也能作完一些指定練習，但這終究是一種「技能」的教學，並未對兒童的思考或創意有所啟發。筆者教學，不趕進度，而且鼓勵兒童根據目前的指令，作種種探討，去啟發各種可能的變化。例如，上述「畫樓梯」單元，實際上是「FOR-NEXT」指令的變化。兒童先寫好一個基本程式，在電腦上顯現出一個樓梯。筆者就問他們「能不能畫另一個方向的樓梯？或倒吊的樓梯？」只要改變程式中某一部份(如「變數」的位置)，即可達成。另外，我也會指示他們，直接改變程式中的某一部分，並且預測(「猜猜看」)會出現什麼樣的圖？

至於「抄襲」別人已寫好的程式，在電腦上顯現，本來是最低層次的學習。可是由於能立即看到「成果」，兒童對此也很感興趣。筆者則要

求他們：光抄不行，要想一想「為什麼」變成這樣？如果稍微改變，又會變成怎麼樣？並且要他們將原來的變數簡化(即變小，如將「從A=0到39」改成「從A=0到10」)，並先在「紙上電腦」上作出來。這是加強反省思考(reflective thinking)的作法。

由於在某一單元中，作精熟的要求，以及作各種變化，因此教學「進度」十分緩慢；再加上兒童自然引發的興趣，時間更是無法控制、把握了。例如，三年級的小朋友學會「畫點」後，迷著「寫字」、「設計圖案」；尤其我用印表機將結果印出來之後，更是人人爭著要一張作紀念。在這種情況下，原來準備的「進度」——畫橫線、縱線，也只好延後了。

隨兒童興趣去發展，並不是無意義的放任或浪費時間。例如在設計圖案的時候，為了寫「一橫」，這些兒童可能「刻苦勞」地用好幾個「畫點」來完成。這種作法並不是「浪費時間」。雖然我們下一次會教到比較簡便的畫線指令，可是他這次所得的經驗，更能幫他體會「橫線」、「縱線」指令的效率。同樣，我也看到一個小孩，連續地畫「橫線」、「縱線」去作所謂「織布」(畫格子)的設計。將來，我會告訴他用迴圈去解這個問題；但現在，我除了受他的主動性與毅力感動外，並不忍過早地取代了他創作的喜悅。相反的，在緊湊的教學、劃一的進度中，那能有「創作」的悠然心情與氣氛呢！本教學試驗中，曾有一個「寫名字」的單元看自己的「姓」終於印出來了，大人或不覺得怎樣，兒童却很樂，因為這是「他」叫電腦畫出來的！(電腦教育家巴柏特的話：「人們要正確認識電腦，必須覺得自己是控制它的主人」(註五)，是否值得吾人三思呢？)

(三)、教學評量應著重思考策略的正確與創意有無

有些人在展示教學成果時，強調兒童已學會設計程式解數學四則運算與運用題，如求面積、本利和等。教授學校數學課程，固然也是引起兒童動機的好辦法，但以能得到「解答」而沾沾自喜，則大可不必。因為把電腦當作計算器，祇利

用了電腦很小的功能。

這時，教師應利用撰寫程式的機會，指導兒童注意思考的策略、程式的流程與程式內的邏輯結構。教授高中以上電腦課程的老師都知道，「排順序」(Sorting)是很好的練習題。因為解題的方法不止一種；而思考策略不同，寫出的程式也不相同。教師在教學本例時，並不注重「標準」答案的提出，而是強調思考策略的解析、程式流程的設計，以及程式的內在邏輯的妥善安排。

另外，讓學生作「求質數和」的練習。在設計完成後，要比較普通的解法與較高明的作法，以引導學生了解思考程序的重要。例如，在判斷某數是否為質數時，不計算偶數，可省下許多時間。

國小學童智慧發展的程度不同，我們要用什麼例子去鼓勵「思考策略」與「程式流程」的分析呢？在圖形設計的教材中，筆者曾要求學生設計層層包圍的長方形圖。設計完後，再報告「我怎麼想」的。分享不同的想法與作法後，再來評鑑程式的高下（用一個迴圈解題，當然比四個迴圈高明）。

又有一次，筆者教「亂數」指令給高年級生。我不進入細節說明，直接教他們如何「應用」這個指令，製造出「1~6」或「0~39」的隨機亂數（註六）。這些學生本已了解迴圈中「變數」的功能，因此馬上應用所學，自行改變原有圖案的顏色、畫點位置、畫線長短與位置……，加上「跳到」等條件指令後，在畫面上不要目眩於漂亮的成果，而應鼓勵學生去想「為什麼」如此，並讚美他們「不同方向」的思考以及在不同部位作修改的嘗試。

當然，除了圖形教材外，其他能發展思考策略與創意的題材非常多。「運用之妙，存乎一心」，只要教學者把握正確方向，強調過程能力之重要，必定能開發出更多、更好的教材。

四、學習電腦的成果是智慧的成長

有些家長買電腦，主要是受商業廣告影響，認為孩子使用益智性、教育性的程式卡帶，可以使功課變好。也有人預見將來電腦科技的普遍，希望他的子弟早作準備，先學好電腦的操作——即

學習電腦語言與撰寫程式等。

這些期待當然沒有錯，但我們以「未來學」與「建構學」的觀點來看，覺得這些目標未免太狹隘，甚且有些不切實際。為「未來」作準備，應該強調的是基本能力——即智慧的成長。任何固定、專技的準備，將來都會落伍。以培基語言來說，即已有許多人批評它的不合時宜，不能反映出目前電腦硬體的突飛猛進。尤其是未來電腦硬體與軟體的發展，必定往「連傻瓜都不會出錯」(foolproof)的方向發展，亦即像今日使用錄影機、微波烤爐、電算器一樣簡單、易操作。兒童光學會撰寫程式，並不能為「未來」作準備。至於號稱「電腦輔助教學」的軟體程式，到目前為止，還是多反覆練習、復習測驗之類，所謂「翻頁式的編序教材」，能否使兒童功課「一劑見效」，實在也很難說。

追根究底，學習電腦的目的並不在這些短期、功利的效果。筆者贊成巴柏特，將電腦看成是一個「思考的工具」(An object to think with)，甚至「玩具」。本節前述各段中，說明教學電腦時，要注意引發兒童的好奇、興趣，指導他們作策略性思考、反省性思考（即要能事先設計構想並預測結果）、鼓勵他們作不同方向的嘗試與改變……，表明了筆者的教學目標是：促進兒童智慧的成長。兒童在遊戲、操弄中，接受各種刺激與挑戰，可以發展學習與創造的潛能。

一些可見的成果是，兒童對座標的認識，比起其他同學要早。有經驗的兒童甚至能用「心象」直接在電腦上畫圖。另外，他們對「變數」也有了直觀的認識與了解——「變數」觀念被認為是小學進入中學教學中，最難理解的項目之一。其次，還可看出高年級兒童，已能駁繁化簡，將一個較長的程式，打碎成幾個較小的單位個別處理，再以邏輯將其統整起來（註七）。

另外還有一個最重要的成果是學習態度的改變。寫電腦程式的人都知道，程式剛寫完，幾乎每個都會有「蟲」。有「蟲」就要抓，即「除錯」或「抓蟲」(debug)。說實在的，「跑電腦」之吸引力，就抓抓蟲的過程，及抓到蟲的剎那！筆者開始教學時發現，碰到「蟲」時，依學生

反應可分兩類（或三類，即加上「不在乎」或糊里糊塗型）。第一類學生會皺起眉頭說：「奇怪，為什麼……」，然後而不捨、反覆嘗試解決。——甚至還拒絕老師的「好意」指導。第二類學生則是將所寫程式清除，另換題目。——尤其當老師走近時，更是動作迅速地清除。筆者將後者比之為郝特(J. Holt)所謂「失敗型」的兒童（註八）。他們因為受了傳統教育的影響，只關心「答案對不對」；而且不能忍受「錯誤」的結果。巴柏特在他的“Mindstorm”一書中，也描述了這種現象，並強調：學習電腦會改變這種求知態度與習慣（註九）。如果教師明瞭這件事情的重要性，必定會在教學時強調「除錯」的正確觀念，他在無形中建立起兒童一生受用無窮的求知方法與態度。

肆、國小電腦教室之展望

一年來的國小電腦教學，雖然有不少收穫，但距離理想還很遠。例如，筆者教學時，仍不免要採取全班教學模式。事實上，學習電腦不應該由教師站在講台上，「一個口令、一個動作」的教。電腦本身即有立即回饋，易與使用者交動的特性。教學者若仍然要控制全場，則與傳統教學無異了。當然，這個理想，還不易達成。首先，我們還沒有像麻省理工學院以兒童學習為主而設計的電腦硬體與軟體。LOGO 是用自然語言（英文）的精神來設計，而且採用皮亞傑派教育觀點，嘗試創造未來的「電腦文化」，全面改革數學與物理課程……（同前註），可說是一個全面的電腦教育改革。可惜，我們的兒童還無福享受。然而，在現在的條件下，還是有許多地方值得去嘗試、改進的。先讓我們來看看，一個理想的電腦教室應該是怎樣的？

前文中說，兒童在此教室中，並不必依賴老師按部就班教學，而是自己在電腦上摸索、操弄、遊戲。在他四週有完備的操作手冊、自學教材、演示錄影帶、通俗與專門的電腦雜誌、各種內容的磁帶、磁碟片等，各人都可隨其興趣、需要、程度……取其所需，自主學習。電腦硬體的設計應該不怕兒童「玩壞」。事實上，若兒童「玩

壞電腦，是電腦設計本身不好，不是兒童的錯。大人若成天擔心把電腦弄壞，怎能期待兒童去探索、發現呢？（今天的電腦實際上已夠「堅強」，能讓兒童在鍵盤上任意操弄。）

除了提供兒童自由探索，進行「遊戲」（也是「思考」）、創作的地方外，還應該提供「互相學習」的機會與氣氛，不必事事仰賴老師解決。應該像一個俱樂部，裏面有生手，也有高手。生手仰賴老手的協助與指導，老手提供模仿學習的榜樣。同層次的人則可彼此討論研究，也可來此「秀」他獨得之秘。教師除準備參考資料、佈置環境、維護電腦——及維持秩序外，他本身也是「互相學習」團體中的一員，他自己也不停的在摸索、嘗試一些「新」的東西，並時常自學生那兒獲得許多啓示——有時候，他們還比他更高明呢！

理想的電腦教室是創造未來電腦文化的前奏。目前筆者嘗試作的是，將中、高年級混合一班上課，儘量鼓勵兒童互相幫忙。同時還採用「卡片」式教材，一面貼圖案，一面貼程式（有時有兩個以上的答案），作為教學教材的一部份（名為「挑戰」題）。另外，還計劃指導屏東師專學生共同設計初級繪圖的程式與電腦繪圖輔導課程。鑑於坊間為中國兒童寫的中文電腦手冊，越來越多，筆者相信不久後，兒童可藉自學教材、軟體程式集等，與電腦作直接的互動。到那時，「理想的」電腦教室才能出現。

（作者為台灣省立屏東師範專科學校副教授）

附註

註一：高敬文，「一年來輔導資優學生數學充實課程的檢討」，國教天地，四九期，七十一年十月。

註二：高敬文，「紙上電腦遊戲」『概說』，國教天地，四八期，七十一年九月。並轉載於教育資料文摘六〇期，七十二年一月。高敬文，「『紙上電腦遊戲』教學紀要」，師友，一八五期，七十一年十一月。

註三：黃明堅譯、第三波、經濟日報社，七十年印行。前言，第三頁。（文轉第48頁）