

美日兩國電腦輔助教學考察報告

郭重吉

國立臺灣教育學院物理系

今年暑假期間，承行政院國家科學委員會之邀請，配合教育部舉辦之「七十四年度高級中學科學教師及科學教育行政人員出國專題研究考察計畫」，前往美國和日本研究考察電腦輔助教學的最新發展，並參觀訪問美、日兩國許多與科學教育有關的學術機構和學者、專家。對於國科會和教育部的支持與協助，在此謹致謝意。

此次出國研習活動可概分為三個階段。第一個月（7月2日到8月2日）在 UCI (University of California, Irvine) 的教育工學中心，向 Dr. Alfred Bork 請教發展電腦輔助教學的教材軟體 (courseware) 的原理和方法，同時也觀摩他們所發展出來的一些教材軟體。在此期間，除利用圖書館查閱有關文獻資料之外，並選修一門暑期中為中學教師所開授關於電腦在教育上的應用的課程。此外在7月28日至8月2日期間前往 Norfolk, Virginia，參加1985年電腦在教育上的應用的世界會議 (World Conference on Computers in Education, WCCE-85)。其次，第二個月（8月2日至8月25日）在馬利蘭州和華盛頓特區定點研習，一方面在 George Washington University 修課，一方面利用美國國會圖書館和馬利蘭大學之圖書館繼續搜集有關研究資料。最後，第三個月（8月26日至9月29日）的主要活動包括在華盛頓特區、紐約、波士頓、芝加哥、舊金山、東京、大阪等各大都市及其附近地區的參觀訪問，對象包括中學、大學、研究所、博物館、科學館以及其他有關的教育機構（如 NSF, NSTA, NIE 等等），內容則普遍地着重在推展科學教育有關的許多問題。

以下是研習過程中和電腦輔助教學有關的一些心得報告。

一、在UCI 的研習心得：

Bork 教授致力於電腦輔助教學的工作已有二十餘年的經驗，他對電腦在教育上的應用之遠景持樂觀的態度，不斷地著書為文大力鼓吹，（其最新出版之專書為 *Personal Computers for Education*）對於教材軟體的發展，亦有許多獨特的見解。例如，他強調軟體的發展應脫離“家庭工業”式的作法，要有計畫、有組織地建立較長遠的機構或研究發展小組；在發展教材軟體時，應考慮到被大規模採用的可能性，並且考慮到微電腦未來在性能方面可能的改進；他認為微電腦在教育上最大的特點是一方面能讓學生和電腦互相溝通，一方面電腦能由學生得到回饋，因而可以提供適合學生個別需求的教學。他也很早就注意到微電腦與雷射影碟結合應用的潛力，並且將其取名為智慧型的影碟。在他的論述中有很多地方提到設計智慧型影碟的一些原理和技術。不過由於受到經費來源的限制，對於未能實際從事這方面教材軟體的開發，他似乎感到頗為懊惱。

Bork 教授在暑假期間照樣是異常忙碌，有很多單位邀請他演講，從世界各地慕名前來拜訪的學者，也陸續不斷，再加上與其他單位訂的合約需要如期完成，因此他邀請筆者立即加入和他們一起審查和修改幾個初步完成的教材軟體單元。Bork

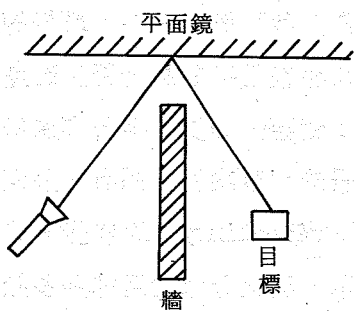
教授和他的少數幾位助手對於電腦輔助教學教材軟體的發展，所採取的方式是另外邀請少數幾位教師，大家先交換意見，就所擬發展的單元先訂出主要目標和重點，然後擬出主要的流程，再由一位教師或助手執筆完成腳本的撰寫，交由熟悉 Pascal 的大學生寫成程式，另請工讀生將其輸入電腦並初步地試用和偵錯。初步完成的教材，需經 Bork 教授及其助手審訂修改之後才算完成。有時也送請外面專家審查。

審訂修改的過程，是一方面審查呈現在螢光幕上的教材內容、畫面安排、以及用字措辭等等，另一方面將需要刪除之處以及其它修訂意見，利用另一終端機輸入 Vax 之主機，這樣一方面可隨後利用雷射印表機將這些意見印出，交給設計程式的學生或是利用電子郵遞 (electronic mail) 送給原先撰寫腳本的教師，另一方面留下記錄，以後可隨時調出參閱。除了要求內容正確、具有教育價值之外，最後的審訂重點是放在檢查用字措辭是否正確達意、簡明扼要；刪除不必要的字句和過份強調、過份誇張的形容詞（他們有一些幫助檢查可讀性 (readability) 的軟體，其中含有一個清單，建議避免使用那些多餘的字眼）；盡量將意義銜接在一起的文字聚集在同一行或同一段；以及檢查電腦是否接受學生所可能輸入的合理的用字或單位，例如 Km/s, Kilometer/sec 等等。

除了參與上述的審訂和修改工作之外，筆者並仔細地觀摩他們以往所發展的一些教材軟體，其中有些物理方面的教材，Bork 等人在其他文獻中已有報導，在此僅介紹他們原先為在圖書館和博物館使用而設計的一個科學思考專輯 (Scientific Reasoning Series)，其重點在於強調思考是科學研究的一個重要過程 (process)，利用微電腦一步一步地幫助學習者發展模型或理論來成功地預測一些新的結果。此專輯包含四個大單元，每一大單元再分成數個小單元。茲將其重要內容和個人心得報告如下：

(1) 光的反射：

在螢幕上模擬光線自手電筒射出而由一鏡面反射，讓學習者找出如何瞄準才能射中目標的法則。學習者可以控制手電筒的位置和方向，然後按鍵射出一道光線。在幾次嚐試之後，對於如下圖所示的情形

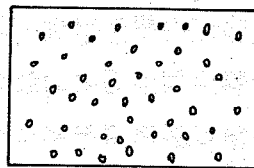


，學習者很可能會想到是不是把光照射在牆的頂端，則反射之後即能命中目標。為了驗證此一假設，現將目標位置移動，則

將發現利用上述法則，並不能擊中目標，由此引進探討什麼是有關的變因和控制變因的技巧，最後再引導學生發現一個比較好的法則，即入射角等於反射角。因為此一教材主要是為了沒有學過幾何光學的學習者而設計的，因此對於已學過幾何光學的中學生可能顯得過份囉嗦，如果在教材設計方面能考慮到這點，對於已經知道反射定律的學生，其實還可以設計一些更具有挑戰性的教材，例如追問或探討反射定律的來由和應用等等。

(2) 觀察與推論：

此單元之目的在於澄清直接觀察和間接推論之間的差別及其關聯。主要的活動內容乃是如圖所示在螢光幕上呈現出一長



方形的草地，到處有許許多多的蚱蜢，不斷地在跳動，問題是要學生估計此一草地上到底有多少蚱蜢。學生可以自行決定第一步他需要知道什麼（例如草地的面積），接著第二步是什麼（例如觀察每一平方公尺的草地上有多少蚱蜢）等等，最後提出他的估計，並要能指出此一估計究竟是觀察還是推論。

平心而論，此一單元的設計並不見得十分高明。若要介紹觀察和推論之間的差

別及其相互之間的關係，在物理上可以找到許多很好的例子，例如行星運動的三大定律和牛頓的萬有引力。本單元所真正強調的其實比較偏重於介紹一個估計或統計的方法，但是對於如何合理地抽樣或統計才能比較可靠地測出單位面積的蚱蜢數，並沒有進一步的交待。當然，其成功的地方是透過有趣的活動讓學生有機會仔細觀察、思考，以求回答一個無法直接找到答案的問題。

(3) 圖形的探討：

本單元的主要內容在於對圖形的分類，尤以三角形為研討的重點，學者可以利用一些簡單的按鍵，令一三角形上下左右移動、旋轉，以及沿一邊鏡面反射，而將此一三角形移到和畫面上另一完全一樣的三角形重疊。雖然平移、旋轉和鏡面反射是一些重要的幾何上的運作，但此一單元的內容除了強調分類的過程之外，其餘大部份的活動似乎和科學思考過程相去甚遠。

(4) 熱和溫度：

此單元之目的在於強調凡是在建立一新的模型或理論時，引進新的概念是一個重要的步驟。例如“熱”和“溫度”這些名詞的引進，乃是基於實驗的觀察和一些嘗試性的理論。

二、參加WCCE-85 的觀感：

今年 WCCE 在美國維琴尼亞州的

Norfolk開會，自7月29日起至8月2日止為期五天，與會者來自世界各地，發表演文者極為踴躍，大會印出的Proceedings有兩大本。大會期間並有許多電腦廠商和教材軟體供應公司在會場上展示其產品。以下僅就與會中所接觸到與電腦輔助教學有關的一些新發展，擇要報告如下。

(一) 和英、法、日、加拿大、挪威等國一樣，在美國也有越來越多的州正致力於中、小學階段電腦輔助教學的推廣。

(二) 雖然微電腦在中、小學的使用仍未十分普遍，但各校增購及使用微電腦的情況已明顯地日益增多。

(三) 配合微電腦的教材軟體正迅速地增加；其中不乏品質相當優秀者。

(四) 在學校的教學中，為免因為利用微電腦而減少同學相互之間或師生之間的來往與連繫，很多教師趨向於發展或採用一些與正常教學活動配合的微電腦教材單元。在此情況下，學生的學習並不完全利用微電腦，教師和學生僅僅利用微電腦的一些特徵——尤其是其它教學媒體所不能提供的，來做為整個教學活動中的一個重要部分。例如，教師在上完教科書上關於阿基米德原理的單元之後，可能指定學生討論一些問題和解一些計算題，這其中有部分是利用紙和筆即可完成，但有少數幾題則透過微電腦，提供一些問題或是模擬的情境，學生分成小組輪流利用微電腦來進行學習。這種方式既能配合許多學科（

如語文、社會和自然學科)一般的教學活動,又能減少每班對於微電腦在數量上的需求,極為值得引進參考。這些教材軟體在設計和使用方面,都盡量考慮到留給教師在使用此教材時的控制權(例如學習內容、方式、數據等),並提供機會使教師可以很方便地修改和補充此教材軟體。目前國外有許多書商出版的中小學教科書,即附有磁碟片提供配合教學使用的教材軟體。

(五) 許多單位或研究小組對於發展教材軟體在設計技巧上已由摸索嘗試轉變成漸臻成熟的階段。許多書商、電腦公司和教育機構,都在致力於電腦輔助教學教材軟體的開發、試用、評鑑與推廣。品質優良的教材軟體,不但基本上具有教育上的價值,而且在畫面的安排與教學活動的配合等各方面,都具很好的水準。當然,品質較差的教材軟體還是充斥市面,不過目前大多數人的看法是,由於產品之間的相互比較和競爭,加上市場的擴大,慢慢地這些教材軟體供應來源自然會注意到提高其產品的素質;他們建議所有學校和教師在購買有關之教材軟體時,應要求廠商先給予試用,並提供有關機構之評審結果以做參考;他們也鼓勵老師們彼此交換心得,彼此交換拷貝未具版權之教材軟體。有些地方教育機構設有電腦輔助教材軟體的中心,搜集各主要廠商之產品,教師們可前往選擇和試用他們所想購買的軟體。

三、訪問學校和有關教育機構的心得:

各個中小學對於電腦輔助教學的推展,有很大幅度的不同。有的學校因為有熱衷於電腦方面的師資,因此特別重視電腦輔助教學,有些學校則仍持保留和觀望的態度,不願意在此時投入太多的人力和財力。由於研習期間正值暑假,因此在美國時沒能多參觀以在電腦輔助教學方面著稱的學校。在日本方面,東京的小山台高級中等學校,特別致力於物理科的電腦輔助教學,他們和東京都教育研究所,一起發展和採用的卡片式電腦輔助教學很值得一提。所謂卡片式的電腦輔助教學是把一些問題(通常是選擇題)寫在卡片上,學生人手一冊,當學生把某一題之答案輸入電腦時,電腦可以視其對錯情形給學生合適的指示,例如繼續做那一題。此種方式的好處在於教師可以很方便地閱覽教材內容,並做合適的修改;尤其是就使用漢字而言,對於整個教材軟體之程式設計以及製作過程,可以簡化許多。在經費運用和師資訓練等方面也有其顯而易見的益處。

在華盛頓特區曾到過一家製作智慧型影碟的公司去參觀。其製作過程是先請教師在有關的專家、學者指導之下完成脚本之編寫,經多次試用與修訂認為滿意之後再拍成錄影帶,然後交給雷射影碟公司製作成影碟。由於智慧型影碟目前尚在開始

萌芽的階段，故只有少數單位在從事研究或開發的工作。

四、參觀圖書館、博物館和科學館的觀感：

在大學的圖書館中利用電腦查詢研究資料，雖然已具有較為長久的歷史，但在中小學及其它公共圖書館或稱為媒體中心裏設置微電腦，以供學生乃至於社會大眾之用，還是近年來才有的事情，當然目前更有日益增加的趨勢。部分科學館和博物館也利用微電腦對於部分的展示加以說明。在波士頓的電腦博物館中除了陳列一些與電腦演進有關的實品和圖片之外，還展示了許多微電腦，分別介紹電腦在繪圖、影像處理、計算、模擬和教學等各方面的功能，更值得一提的是一些以電腦及其對人類生活和社會文明的影響為主題的畫展，以及一些由電子零件（如電線、電阻等）所拼成的藝術作品，例如野牛、人物等等，做得唯妙唯肖，除了新奇好玩之外，似乎還隱藏著更深一層而耐人尋味的用意。在芝加哥的科學技術博物館也有很多展示是結合圖表、文字說明、實物模型、以及微電腦而成為一多媒體的單元，例如在介紹相對論的主要結果時，即是由一些簡明的圖表和文字舉例說明當兩觀測者在不同的相對速度下做等速運動，他們對於長度、質量和時間的測量的結果會有什麼樣的

差別。配合這些說明，另有一模型，讓學習者可以調整一圓柱體之轉速，圓柱體上的火車經一光學系統將其影像投在一小螢幕上，使學習者可以看到當火車進行速度越來越快時，火車的長度會明顯地縮短。除此之外，另有一套使用微電腦的教材軟體可讓學習者練習回答一些相關的問題。在舊金山另有一間聞名全國的 Exploratorium，館內陳列了上百個可讓學生仔細觀察和親自動手做實驗的項目。其中和電腦應用比較有關的是一套特殊系統，可讓學生在一攝影機前跳躍或舞動全身，而將其經過電腦處理過後分成不同色彩的影子投在學生面前的一巨大布幕。由於所見的影子是由多重影像彼此疊加，逐步緩緩地消失，對於學生的舉動和姿態予以美妙地誇張，令人留下相當深刻的印象。這項活動不但能寓教於樂，且讓學生有表現自己、欣賞自己的機會，可以說是相當引人入勝。

五、閱讀文獻資料的心得報告：

透過 ERIC 出版之 RIE (Resources in Education) 以及 CIJE (Current Index to Journals in Education) 可以查閱和電腦輔助教學有關的論文及研究報告。在研習期間，到 UCI 的圖書館和華盛頓的國會圖書館，也都可利用電腦免費地

查詢有關電腦輔助教學方面的書籍。由於受到時間的限制，只能就個人研究興趣搜集一些比較特定的主題——包括電腦輔助教學成效的評估，電腦輔助教學教材軟體的設計與評鑑，以及從教育心理學方面探討發展教材軟體的理論基礎。由於受到時間的限制，加以絕大部分資料係郵寄回國，目前仍未運到，故這方面進一步的研究報告只有留待來日另文報導。目前值得一提的是，近年來在國外有許多關於學生學習風格 (learning styles) 的研究，不過其研究結果尚未普遍受到課程改革及設計者的重視，在國內也較少有所聽聞。簡單說來，這方面的研究結果顯示場地獨立 (field independent) 的學生擅於有條不紊地逐步分析、自動自發，比較不受別人批評或鼓勵的影響，在學習概念時係利用假設與驗證交相運用的方法；對於場地依賴 (field dependent) 的學生，他們擅於整體的考慮，需要外來的鼓勵，別人的批評對他們可以產生很大的影響，對於概念的學習則是以旁觀者的方式來學習。到底場地獨立和場地依賴的學生，那一類型的比

較聰明，或是比較具有潛力呢？實際上這並不是一個具有明確答案的問題。最好的學習者是能交互運用場地獨立和場地依賴兩方面的特長，最差的學習者是兩方面的特長皆未充分發展。由此看來，教材的風格或是教師教學的風格對於程度中等或較差的學生，應該儘量與學生的學習風格配合，對於程度較好的學生則無妨偶爾改用不同的風格，以培養他們擅用此兩類型之特長。類似這樣的研究結果，對於電腦輔助教學教材軟體之設計實在具有極為重大的意義。這也是筆者此次出國研習收穫最大的地方。有人猜想不同的學習風格可能和左右腦發展的程度有關，不過目前尚無直接的證據。筆者曾在紐約大學訪問物理系的 Samuel J. Williamson 教授，他和心理系的教授們合作，正在利用極為靈敏的超導體磁性偵測儀 (真正的名字是 SQ-UID, Superconducting Quantum Interference Device) 研究人腦對於外來刺激的反應，類似這方面的研究對於學習理論的發展當能提供非常有利的幫助。