

電腦與資優教育

王振漣 譯

電腦提供一高度智慧及交互作用的學習環境。在教育上，從長期需要的評估，電腦也許可能替代紙與筆。電腦是解決問題的通用的工具，是進入資訊世界的窗戶，是一複雜事件及過程的模擬者，是作圖及視覺資料的展示器，是提供邏輯思考的小天地，在資訊的社會中是人們可信賴的伙伴。

電腦幫助人們解決問題，也幫助人們學習。電腦能夠利用程式設計來解決許多問題，其教育上的應用，唯一的限制是缺乏想像力。電腦的效能在它能提供一有反應的環境，它能與學習者交互溝通。

如運用其他的新工具一樣，人們首先要學習如何使用電腦。要與電腦溝通，必須使用電腦語言（computer language）。電腦系統係由硬體與軟體所構成。懂得電腦語言的人，就能有效的利用電腦。

運用電腦在資優兒童教育，將是一件令人興奮的新領域。電腦提供一具有挑戰性的學習環境。電腦程式設計需要計畫、組織、問題解決、邏輯、對細節的注意力，這些能力往往在一般課程中被忽略了。資優兒童會程式設計，就會教電腦如何解決問題，在與電腦的交互反應中，電腦提供了有價值的回饋，以對他們自己的思考過程有較深刻的領悟。本文將介紹電腦應用在資優兒童教育的一些例子，包括下列七項：

- 1 程式設計作為邏輯思考的結構；
- 2 Logo 電腦語言在資優兒童的運用；
- 3 文字處理（word processing）與作文；
- 4 電腦模擬（simulation）；
- 5 電腦藝術與影像；
- 6 資訊與溝通網路；
- 7 運用電腦解決問題。

■程式設計作為邏輯思考的結構

我們生活在逐漸增進的資訊社會，電腦語言同時提供了控制及與電腦溝通的方法，也提供了新的、有效能的描述性語言以利思考。成功地與電腦溝通的要件在於程式設計（programming）。電腦程式是由一組具有邏輯次序的指令所構成，可由電腦理解並執行，這些指令必須符合語法電腦才能理解。主要的高階語言有BASIC、FORTRAN、COBOL、Pascal等，其他如PLC、APL、RPG亦是。這些語言係由電腦製造公司、大學、電腦協會等所發展設計而成，其主要的目的在便利使用者，及讓學生可以在短期內學習程式設計。

BASIC 是在微電腦運用最普遍的電腦語言，國小三、四年級的學生就能夠學習。它是一種交互反應的語言，可以立即地與電腦相溝通。此一語言運用在資優學生的優點是：

- 1 大部分價格較便宜的微電腦都可以使用BASIC語言。
- 2 BASIC 語言中最困難的層次及概念，在初級代數即已學到。
- 3 BASIC 是一友善的語言，其指令簡易，如要電腦印出一些資料，其指令就是「PRINT」。
- 4 BASIC 是最容易的電腦語言之一，通常在有系統的教學之下，數週即可學會。

然而運用BASIC 教導資優兒童也有一些缺點：

- 1 雖然BASIC 程式設計的資料流程及邏輯結構可用若干表示法加以組織，但在程式中分支的能力，往往使程式混淆不易瞭解。
- 2 變數的名稱限於一個或兩個字元，運用多

個變數時，便不容易解釋或改變。

- 3 可能由於語言結構本身或是教學模式的關係，BASIC 成功地運用在年紀較小的學童，尚未獲得證實，倒是 Logo 語言已被證實可運用於學前兒童。

教導資優學生電腦語言的理由是兒童可以經由電腦語言來控制電腦。當電腦普及於學校及家庭環境，懂得電腦語言的兒童可以控制電腦，而不懂電腦語言的，反將被電腦控制，這種現象將越為明顯。

在過去幾年，我們積極地在增進教育人員、行政人員及學生的電腦素養。其焦點主要在對電腦的知識，電腦在教育上的應用及專門術語等，而甚少有系統的教導電腦語言。雖然使用電腦並不必要熟練一種電腦語言，但如果能熟練電腦語言，則可與電腦溝通，電腦乃成爲其思考的延伸，程式設計本身是個人解決問題的工具，有助於邏輯及形式思考。故電腦語言教學可促進資優兒童科學的探索、資訊的獲取及對環境的控制能力。

■ Logo 電腦語言在資優兒童的運用

此一語言係由麻省理工學院人工智慧實驗室的巴柏特 (S. Papert) 及其同僚所設計，最初運用於德州儀器公司的 TI 99/4A 型的電腦上，至少經過十二年的試驗與改良，目前已可使用在如 Apple II 的微電腦。Logo 是以「發現學習」爲導向的電腦語言，兒童可以在探索、嚐試錯誤及發現的活動中進行學習。其重點是兒童能主動的參與學習的過程，在教導電腦如何思考時，兒童必須對自身如何思考有所探索與了解。

兒童利用 Logo 可以畫幾何圖，在電腦顯示器上設計圖案、試驗線條比率、設計動畫圖形如飛機、坦克、火箭、球、盒子等。學生可以創造圖形並附加顏色、方向及速度。

在紐約科學學院的支持下，Logo 語言曾在紐約市立學校及德州達拉斯的 Limplighter 小學進行實驗。三歲大的兒童，亦可以用簡化的指令及按鍵來畫圖。在這個層次，教導 Logo，應儘可能介紹數目與空間的關係、做決斷的過程、解決問題的策略。這些技能像疊積木一般，可增

進資優學生的複雜的思考過程，並導向形式的思考。

Logo 的指導手冊，以小學四年級的閱讀程度編寫，指導初學者運用該語言的基本步驟。Logo 語言的主要內涵是烏龜作圖，又稱「烏龜幾何學」。在電腦顯示器中央有一小三角形叫做「Turtle」，它能向任何方向轉動，並可沿着其指向前進、後退的移動。兒童可以模擬小烏龜，並學會與小烏龜溝通的指令來指揮它移動。兒童透過烏龜作圖能激發許多奇妙的概念如變數的符號指稱、幾何、自發的策略、分化的指令、運動的法則。Logo 提供了一個讓兒童探索的新園地，雖然年幼的兒童尚無法完全的應用發現學習，但其狂熱的興趣，則從其學習活動中顯而易見。

■ 文字處理與作文

文字處理程式是教導作文最有效的工具。通常學生可利用鍵盤、電腦顯示器、印表機來創作一些打字的文件如一段文章、一篇論文、一則短篇故事、一封信或教科書上的材料。文件資料的長度，短則一小段，長則好幾頁。並可利用一個或兩個字鍵的指令來修改或編輯。當學生完成後，可儲存於錄音帶或磁碟片，並可透過印表機而獲得一份的書面資料。

文字處理比用手寫作文的優點有三：(1)學生可以學習打字，用打字寫作文比用手寫作文快而且字體清晰易讀；(2)文字處理可利用簡易的字鍵來移動、消除或插入字句、段落，所以在修改作文時方便得多，此外尚可以將文章內容安排在預定的格式；(3)當學生學習利用電腦來作文時，電腦顯示器便成爲學生思考過程的擴延，思考湧現時立即可輸入電腦顯示器，並可隨時修改，直到最滿意的程度。

有了文字處理程式，寫作便進入一個極活潑而有彈性的層次，因爲打字及修改容易，學生在作文方面可以刻畫入微而有較好的品質，學生作業可用印表機印出，易讀且便於評分。這樣將使寫作更豐富，描述更清晰明白，思想更充分的發展，老師可以要求學生較多的作業，或根據教師的評語再加修改。資優兒童運用電腦文字處理程式來寫作，將又快又簡便，並可反應其思考的品

之間並沒有明顯的差異。

6. 概念精熟 (concept mastery)、推理能力及非語文的創造力方面，男女之間並沒有明顯的差異，但是，語文創造力方面，女生從7歲以後就開始優於男生。

綜合上述結論，發現在語文、數量及空間等能力所存在的性別差異，並沒有一致的結果，可能因為不同的受試群而得到不同的結果。麥可比和傑克林的研究是以普通學生為研究對象，也有學者以資賦優異者為研究對象，來探討智力與性別的關係。如推孟 (Terman) 在一般資優學生中發現數量能力確有性別差異；而福克斯 (Fox) 發現數學資優的男女生在視覺空間能力並沒有顯著的差異存在。喜屈菲兒特 (Hitchfield, 1973) 調查語文資優兒童，發現男女生在語文能力上並沒有顯著差異，而推孟在一般資優學生中，却發現女生的語文能力優於男生。除了不同的受試群會造成結果不同，在麥氏等人的研究中，也可發現不同年齡階段也會影響男女生能力差異的結果。從這點可了解，即使男女在這些能力上有差異，但這些差異並不是與生俱來的性別特質，而是在某一發展階段才顯現出來的特質。所以，男女在能力上的差異並非如一般人的刻板印象，並且，也不是天生就具有的差異。因此，智力因素會影響男女成就上的差異，但絕不是造成差異的先變項，可能只是其間的中介變項，而且還伴有其他變項的影響。

(二) 人格特質之差異與成就

雖然能力的差異可解釋男女之間成就上的差異，人格因素對男女成就差異亦有影響，而且和能力可能是交互作用的影響著成就。凱勒翰分別從成就動機、內外控、性別角色及興趣等人格特質，來探討男女成就差異的問題。

1. 成就動機

麥可比和傑克林曾以學齡兒童為對象，研究男女生的成就動機，結果發現二者並沒有明顯的差異，但是，在直接能力競賽的情況中，男生比女生較容易被激起參與的動機；隨著年齡的增長，男女生的成就動機差異就愈來愈大，很多女性甚至有「成功恐懼」(fear of success) 的現

象。另外有學者以高成就的資優女性和低成就的資優女性二者比較，發現成就動機是影響資優女性成就高低的主要因素。雖然沒有研究直接證實資優男生和女生之成就動機對成就之影響，由於上述研究，可發現成就動機對資優女性之影響，也因此造成資優男生和女生在成就上的差異。

2. 內外控

麥可比和傑克林研究指出男女生，從小學到高中都覺得自己可以控制自己的命運，在內外控特質上並沒有明顯的差別。但是到了大學，男生就比女生表現得較內控，而且對自己能力也比女性有信心。另外，比較高成就和低成就的資優大學女生，結果發現前者的自信心和自我強度 (ego strength) 均高於後者，而且其較具獨立判斷力，較能拒絕外來的影響力。因此外控傾向、自信心低等特質對資優女性的成就發展是相當不利的。

3. 性別角色及興趣

所謂性別角色 (sex role) 是指個體透過自我的行為表現以明示自己所歸屬的性別 (李美枝, 民73) 每個個體都是透過性別認同 (gender identity) 的過程發展出性別角色。根據心理分析理論，女性性別角色發展過程中，認同母親是一件重要的任務，因此，女性性別認同的對象是以母親為主。有些研究以家庭背景為變項來研究資優女性的人格發展，其中發現數學資優、高創造性或高成就的女生，都較一般女生男性化，而且其認同的過程中，父親扮演重要的角色。由此可知，較具男性特質的資優女生在其性別角色發展過程，並不只是認同單一的性別角色，因此在其身上可發現男、女兩性的特質。國內呂勝瑛博士 (民71) 也發現國內資優班女生較普通班女生男性化 (如具有剛強、獨立、主動、有雄心等特質)。另外，國外學者研究結果，發現資優女生和一般女生在興趣項目上亦有差異，前者在男性化興趣項目選擇比後者多，但是前者對女性化興趣項目也不低於後者。因此，這些男性化的特質或興趣雖有助於資優女生發展個人成就，但也帶給資優女生在社會適應與個人自我抉擇上極大的衝突。

質，故是一新的、令人興奮的方式，以增進其思考的建構。

運用文字處理的先決條件是打字技能，兒童若沒有熟練的打字技能，往往專注於找尋字鍵而不能用心寫作。巴伯特（S. Papert）深信電腦將可以豐富兒童的思考，使其形式思考的發展提前。以文字處理來寫作，可使兒童覺得自己像個真正的作家，兒童可以思考、表現得像成人一般，並使語文能力更加熟練。

■電腦模擬

電腦模擬是模擬現實中重要的部分，以尋求管理、控制或解決，最後獲得最好的解決問題的方法。電腦模擬在有限的時間和資源下，容許我們主動的、重複的試探且不發生危險。目前電腦模擬主要包括四大方面：(1)實驗的模擬；(2)複雜過程的模擬；(3)複雜事件的模擬；(4)模擬遊戲。學生可以單獨的或一組的利用電腦模擬，最常見的模擬遊戲，往往兩個人以上參與，以進行比賽。

電腦模擬作為教學工具，其優點是讓學生以自己的能力控制影響結果的變項。模擬可激發學生嚐試不同的方法來解決問題、控制過程或管理事件，研究其所造成的結果，應用習得的經驗，而獲得新的、較好的解決策略。

學生與電腦的交互反應中，將運用許多重要的智力過程包括：發現因果關係、獲取技術性的資料、做評斷性的決定、團隊合作、發展具有創造性的解決問題的策略，這些過程將激發創造力的發展。模擬通常是複雜的，涉及許多的變項，故沒有唯一的解答答案，而是讓學生在嚐試錯誤的學習中，形成因果關係的模式。

利用作圖來表現模擬的情境效果更佳，因為可以從視覺方面看出結果的驗證。有一個叫「SCRAM」的程式，模擬核子發電廠，學生從電腦螢幕上可以觀察反應器、冷卻槽、控制活門、抽水機、氣溫表等，由核子反應器起動到完全的運作，並在隨機的機械故障或自然災害下維持其運作，學生必須控制許多變項。從 SCRAM 模擬程式及指導手冊中，學生可了解核子發電廠係由三大系統所構成，其一是反應冷卻系統，其二是

主要供水系統，其三是水的循環系統。此外尚有支援反應冷卻系統的高壓注入系統及輔助供水系統。顯然地，學生經由此一模擬程式，將對核子能的控制有所認識，並對隨機、機率的概念有正確的看法。從活動中學生可發展蒐集資料與解決問題的策略，激發學生客觀、邏輯的思考、分析因果的關係。像 SCRAM 這樣的模擬程式，對傳統的教育工具與技能，是一甚佳的補充活動。除了提供較不尋常的主題材料，模擬的方式鼓勵學生主動的獲取知識，發展研究的策略，並可讓學生在各種變項中處理在實驗、事件及過程的重要因素。

運用電腦模擬在資優學生，尚有下列的好處：(1)對所決定的結果立即回饋，而更可見到其因果關係；(2)電腦可模擬複雜的情境，却可用簡單的方式表現；(3)模擬可以加速或緩慢實驗，以便於觀察結果或過程；(4)電腦可模擬在教室中實施較為昂貴或危險的實驗；(5)模擬程式可教導學生較特殊的問題或領域，學習新的科技知識；(6)學生可建立、運用模式（model）；(7)學生可以驗證某一模式所根據的假設，及其在真實世界所代表的事件；(8)可發展、改進學生有系統的研究問題、事件及過程的能力。

電腦模擬可運用在許多的領域如：生態學、生物學、科學實驗、建築、能源、運動、音樂、工廠製造、有機化學、商業、市場、人口、財政、歷史、政治及戰爭。

■電腦藝術及影像

電腦可以製圖程式、顯示器及印表機等來創作藝術作品。電腦的繪圖指令如筆和墨水一般的，可以畫線和點，可以製圖表地圖、變化色彩。印表機可以印出一行行的字母，以構成圖畫如史奴比（Snoopy），利用緊密的字母排列可以顯示圖畫的陰影。

在電腦顯示器上展現作圖是最有彈性和變化的一種藝術。電腦藝術的創作技術包括畫點、線及圖形的特殊程式、光筆及製圖表格。電腦可以製作特殊效果的圖案或動畫，典型的動畫可以在三度空間的坐標上界定點的位置。如學生可以先在作圖紙上畫太空船，再把圖案上的點在電腦顯

示器上定位，聯絡點與點之間的線而構成圖形。當太空船完成之後，可以加上色彩的指令來上色或賦予變數，如此便可放大或縮小，甚而旋轉。這種三度空間的圖形動畫，對所有的資優學生都是非常引人入勝的經驗。但電腦藝術與影像尚包括一些特殊效果的繪圖，如電腦輔助設計、建築。

運用電腦藝術及影像在教室中的理由是作圖表徵是人類的一種溝通的形式。人們通常透過視覺與聽覺來接受資訊，在溝通時，無論是口語或視覺的資料皆有曲解的現象。作圖或圖表，則可簡化資訊的內容而減少不必要的曲解。對工程師而言，一張機械的構圖遠比任何口語或文字更為有效的溝通工具；對企業人員而言，圖表資料是提供做決定的中間步驟；對軍人而言，地形圖是完成任務的重要工具；對天文學家而言，電腦輔助影像是探尋宇宙的新方法。故電腦作圖是一種溝通的方式及許多專業、科技的工具，學生必須學習電腦作圖，不僅是資訊的傳遞，亦可減少資訊的曲解。

電腦作圖的效能及應用甚廣，幾乎所有的電腦都可以做低解析度的作圖，而且容易學習。高解析度的作圖較為精細，通常須要學習機器語言或組合語言。最近電腦在作圖效能的改進，可利用操縱桿、光筆、作圖板、字鍵等輸入點及線條，界定圖形將更為便捷。作圖程式最大的好處是學生與電腦間的交互反應簡易，例如 Logo 語言的作圖程式甚至可運用在學前兒童，其他的電腦語言如 BASIC、Pascal，亦有很好的作圖效能。在學校課程中，可利用下列的方式實施電腦藝術與作圖的數學：(1)將一些資料化為圖表；(2)創作兩度空間的圖形；(3)創作三度空間的圖形，並由不同的角度觀察；(4)將代數式化為圖形，並觀察其變數改變的變化；(5)運用 Logo、BASIC 作圖及動畫。

■資訊與溝通網路

電腦也常被作為溝通的工具，以獲取廣泛的資訊，經由電話系統，學校的電腦可以和地區性的大電腦聯絡，這些電腦網路，以資料庫儲存大量的資訊，並隨時可以加上最新的資料。使用者

撥個電話，等待一個訊號出現（表示已接上電腦網路），再輸入自己的密碼（password），即可從目錄表上檢索選擇自己所需要的資料。使用者可在電腦顯示器上閱讀，或透過印表機印出，亦可以儲存在磁碟機。所花的費用係根據使用時間的長短來計價。

電子媒體優於傳統印刷媒體之處，在於隨時可以附加新的資料。資訊檢索的方式是利用電腦、溝通軟體、解調器（modem）、電話線、電腦網路系統的會員。目前在美國有若干大型的商業電腦網路系統如：Dow Jones Retrieval Service, Compu Serve, Tymnet 等提供數以百計的主題及目錄，以供檢索。除了商業的之外，尚有許多專業的電腦網路系統包括醫學、法律及科學。

電腦作為溝通的工具，將使資訊的革命普及於一般人，並可把外面的世界帶入學校教室。資優學生教導電腦溝通及資訊檢索技能的理由，與教導圖書館蒐集資料的理由一樣。過去，圖書館是知識與資訊的主要資源，當這些資源轉移到電子媒體，則資訊檢索技能將益顯其重要。

■運用電腦解決問題

教育的一主要職責在幫助學生學習應付複雜的現實及未來的世界。當前的課程改革，亦強調問題解決的技能、策略及過程。美國數學教師學會亦曾發表建議書呼籲注重問題解決的教學。

電腦是一解決問題的通用性（general-purpose）工具，我們可以利用它設計程式（一組指令），做邏輯的判斷、分析摘要、儲存和檢索資訊，並依既定的格式展現資料，這些功能，使電腦成為一極為神效的解決問題的工具。每一專業，皆可以利用電腦來處理問題，但我們在利用電腦之前應熟練其方法。電腦科學家認為設計解決問題的電腦程式應包括五個基本的步驟：(一)了解問題；(二)選擇或發展一解決的策略；(三)寫程式；(四)輸入、除錯、驗證程式；(五)編寫程式文件。

●瞭解問題是最難的一步，因為大部分的問題皆未清晰的界定。瞭解問題有助於辨認輸入、輸出及可能的程序，而能發展解題的策略，並由

不同的角度來看問題。

• 解題策略是處理問題的模式，就如閱讀與經驗可以增進一般知識，擴充學生解題模式的能量，將是增進學生解決問題技能的基石。將問題分成若干個較小而具體可解決的小單元，運用副程式加以解決，往往是一有效的策略。這種逐步精進的目標乃在將原來的問題分成可處理的小單元，但當運用這種方式有困難時，最好重新再界定問題。另外一個成功的策略是轉移重點到其他的要素。此外，各種電腦程式語言及硬體在解決問題時，亦各有優劣。如 COBOL、PLC 較適合處理商業的問題，而 FORTRAN、APL 則較適合數學與統計。至於機器本身 Apple、Atari 長於彩色作圖，Commodore 則較長於文字資料。

• 寫程式通常要根據問題的綱要與步驟，初學者最好先擬好程式，再利用電腦去驗證，以免浪費寶貴的電腦使用時間。因此教師應先核對一下學生的問題綱要、程式的邏輯性與完整性，再讓學生上機。

• 輸入、除錯與程式的驗證：因為打字是使用電腦的必備技能，將來在小學階段加入打字課是需要的。讓學生邊打邊找字鍵，會干擾其打字技能的學習。將程式輸入電腦時，最好備有一本參考手冊，以便查尋正確的語法（syntax）。為了避免因為電源中斷或干擾而損毀在電腦記憶體的程式，可定期的將部分完成的程式儲存在磁帶或是磁碟片上。良好的程式設計應減少分支、標示程式的每一部分，並能分辨所有的變數。初學者最好多利用間隔來分別每一個陳述（statement），而不要在一行內包含多個陳述，且要標明行號（如 10、20、30），以便於修改或插入。除錯（debugging）包括辨認及更正錯誤——程式的錯誤與邏輯的錯誤。程式的錯誤當執行時，很容易查對出來，因為一有錯誤電腦立即停止執行，並顯示錯誤的行號。邏輯的錯誤往往不易辨認，因為他不影響程式的執行，通常可與預知的結果核對。驗證程式需要從各種可能的情境（輸入）加以研判，有時很難確定整個程式沒有問題。有時修改程式的某一部分，會影響另一部分

，資料的驗證常須要視覺的檢核。

• 文件編製（program documentation）：程式的文件編製包括問題的描述、解決問題的綱要、程式表列（program listing）、程式執行的樣本及如何運用該程式的指導語。這些指導語最好能印成書面的文件，且簡明易懂。程式表列則應明確的標示所有的變數、程式的文件編製是教導技術性的編寫能力的最佳機會，有時我們可由文件編製的品質來判斷程式的品質。

• 問題解決的歷程：運用問題解決的歷程，對所有的學科都有很大的助益，電腦是一很好的工具，以發展問題解決的技能，以下五方面是我們的建議：

- 1 建構問題情境模式，並利用電腦程式解決；
- 2 參與有關事件、歷程或實驗的電腦模擬；
- 3 從電腦網路系統獲取資訊，以為做決定的依據；
- 4 探索電腦控制的情境如感覺器、機器人；
- 5 研究與問題解決相關的電腦語言結構。

■ 結語

在科技的社會中，由於認知的需要而應發展問題解決的技能（對資優學生尤然）。我們不可能教導所有的新科技，但我們可以教導兒童新的工具與策略，以解決未來所面臨的問題。

註：本文節譯自 Trifiletti, J.J. (1985).

Using Computers to Teach the Gifted.
in R.H Swassing(ed.) Teaching Gifted Children & Adolescents, Columbus : C. E. Merrill, 1985.

（本文作者係台北市立師專講師）

台北市立師專為適應北市未來資優班教師需求，特辦理為期四個月的訓練，時間自七十四年二月廿四日至七十四年六月卅日止。為提高師資素質，及賦予個人從事特教的榮譽感與使命感，此次職前訓練採用公開甄選方式，甄試包括筆試與口試，在公開、公平、公正之下，經甄選試務委員決定依成績高、低共錄四十四位教師參加受訓。