

歐美各國電腦輔助教學概況摘介(一)

壹、現階段美國電腦輔助學習發展狀況概觀

本文選譯自 Programmed Learning & Educational
Technology 1978年五月號

Karl L. Zinn著

勇清 譯

國立臺灣師範大學數學系

摘要：在本文中，作者把美國電腦輔助學習計畫現階段的發展狀況以及未來的方向作了說明，以提供給外國人士作為現階段狀況及未來之可能性的資料；所選擇的題材特別著重在未來的新方向，這種新方向乃是由技術上的戲劇性改變、有關的趨勢、以及未來的可能狀況所引導出來的。對電腦輔助學習計畫的範圍，本文中把它作廣義的解釋，包括「關於電腦的學習」、「使用電腦的學習」、以及「透過電腦的學習」。例如，「關於電腦的學習」（使用電腦所需的一般素養）對於要進行「使用電腦的學習」（模擬、遊戲、解題、及創造性活動）是有幫助的。在對未來的趨勢作過簡短的說明後，作者把美國人在學習方面如何使用電腦的方法作了整理，然後，再對各種不同領域中的應用加以評論。最後，作者指出在技術上還有那些方面需要再進一步地發展以及還有那些方面可以應用電腦，由此而對未來的狀況加以預估。

緒 言

這篇概觀的目的，乃是要對美國電腦輔助學習計畫（computer-assisted learning，簡記為CAL）現階段的發展狀況以及未來的方向加以說明，所提供參考的對象包括那些對CAL的現階段狀況及未來之可能性有興趣的外國人士，因為本文的內容對他們本身、他們的機構及他們的國家在進行CAL計畫時是有幫助的。對CAL計畫作很仔細的調查是一件很不實際甚至是沒有用的工作，因為在美國的CAL計畫中，曾經發生的事多得不勝枚舉，而作仔細的探究時，談到電腦用途的變化多端，反而會使一般人無法掌握。因此，在美國的CAL計畫設計者以及局外的觀察者，都應該把注意力集中在未來的新方向上，這種新方向乃是由現階段的發展狀況、觀察出來的趨勢、以及未來的許多可能狀況所引導出來的。本文所提出來的，乃是關於電腦輔助學習的一般原則，這些原則對目前的規劃以及未來的展望可能都很有用。不過，其中所強調的，可能會受到作者所經歷的特殊經驗的影響，特別是過去幾年來，技術方面的急速改變以及電腦在教育領域中的使用情形。

對於電腦輔助學習計畫的範圍，本文中把它作廣義的解釋，包括「關於電腦的學習」（learning

about the computer)、「使用電腦的學習」(learning with the computer)、以及「透過電腦的學習」(learning through the computer)等三方面。在全國電腦輔助學習使用者協會 (National Association of Users of Computer Aids to Learning , 簡記為 NAUCAL) 上一次的會議 (1977) 中, 規劃委員會使用的單元標題是這樣的:

1. 關於電腦的學習

- (a) 電腦素養
- (b) 資料處理
- (c) 電腦科學
- (d) 專業發展
- (e) 在職訓練
- (f) 個人電腦

2. 透過電腦的學習

- (a) 練習法
- (b) 診斷性測驗
- (c) 指導法

3. 使用電腦的學習

- (a) 模擬與遊戲
- (b) 解決問題
- (c) 創造性活動

4. 學習支援系統

- (a) 電腦管理教學
- (b) 資訊管理
- (c) 輔導
- (d) 資料產生

在這些用語中, 電腦管理學習 (computer-managed learning , 簡記為 CML) 改成為學習支援系統 (learning support system); 這個名稱的改變, 乃是要擴大一般人的看法, 使之了解學習支援系統的範圍應該包含資訊的組織整理、師生之間的個別輔導、以及借助於電腦來編製教學上的各種資料。同樣地, 所謂電腦輔助學習 (CAL), 則應該包括關於電腦的學習、透過電腦的學習以及使用電腦的學習。

在對電腦輔助學習的趨勢作過簡短的說明之後, 本文的中段將把美國人在學習方面如何使用電腦的方法加以整理, 並對各種不同領域中的應用情形加以評論。在另外一節中所作的另一些說明, 是在指出技術上還有那些方面需要再進一步地發展以及還有那些方面可以應用電腦; 而最後的一小節, 則是要對未來的狀況加以預估。

計算、通信與教育場所的趨勢

計算與通信的技術上所發生的許多改變，以及教育與社會的許多改變，已經提高了將電腦使用在教育與學這一方面的專業興趣（參看 Harrison 與 Stolurow，1974）。由於贊同這種方式的人士愈來愈多，目前 CAL 與 CML 的使用，已經分佈到所有程度的教育以及幾乎所有的科目上。

微電腦的低廉價格以及容易使用提供了高度的交談式的計算方法，包括許多人及許多計畫中所使用的繪圖功能（參看 Dwyer，1977）。像微電腦所連接的影碟機（video-disc player）這類影像技術，更使得教學用電腦加強了繪圖功能以及低廉的資料儲存（參看 Bork，Luehrmann，與 Schneider，付印中）。加諸於教育機構的經濟與社會壓力，迫使州政府、聯邦政府、以及私人機構下定決心來支持這種科技成果的另一項應用。

費用不高的通信技術已經由衛星轉接及光束電話線所達成，另一方面，教育用的分時系統的價格更為低廉而且儲存記憶的能力更高。當這些技術都發展完成之後，集中式教育用電腦系統的費用將會很顯著地下降。

在目前的美國，教育用電腦的商業型態正開始顯現，因為組套（package）式的作法變得非常的實用，而這種情況使得教育的市場與電腦的其他用途緊密地連接在一起。例如，個人或家用電腦中的消遣性題材對那些年幼的使用者就具有教育的作用，而成年人在職業上使用的電腦也能提供學習的機會。這種提供訓練與繼續教育的新市場已經開始集中注意力來改善有關教育題材的設計。

對美國境內從事於教育用電腦這件工作的許多人來說，個人電腦的戲劇性發展最能吸引他們的興趣。有一大部分的教育是在家中進行的，有趣的是，目前花費在電腦遊戲、家中教育的資料與設備等的金錢比直接撥付學校教育的經費還要多。可以確定的是，在未來的十年中，電腦在教育與訓練方面的許多用途，必定都是透過那些價格不高但功能相當好的機器，直接在家裏或辦公室中進行。

對於美國電腦輔助學習計畫的現階段發展狀況，絕不是本期中分配給美國 CAL 的短短篇幅所能包容的，不過，這篇文章以及後面所附的參考資料將可使讀者對美國教育上電腦的使用情形有更多的了解，由此而對這個內容豐富但隨時在急速改變的領域能保持接觸。

各種使用方法

關於電腦的學習

關於電腦的學習這一支，乃是電腦輔助學習計畫中成長最為快速的一部分；由於電腦已經被引入社會上的各個部門，甚至被直接帶進家庭，使得關於電腦的學習這個分支非常自然地被用在 CAL 計畫之中（參看 White，1977）。在一群學習者中，如果使用電腦的經驗已經是每個人所共有的能力，那麼，教育工作者就可以把電腦及其方法用來做為處理問題以及創作等的引證（參看 Bunderson，1970）。關於電腦的教育可以提供給其他學習活動作為一項有用的工具。下面的各段中，我們就電腦素養、專業發展、教育工作者的在職訓練、以及個人電腦等幾方面加以說明。

對每位學生培育其電腦素養的工作，目前已在某些學校中進行（參看 Bukowski，1974；

Korotkin 與 Bukowski , 1975)。最典型的作法是,將電腦程式設計列入數學課程中供所有學生學習,然後,把學得的技巧在後面的數學及科學課程中使用。就全美國來說,培育電腦素養的範圍仍然不大,不過,由於電腦設備的費用不高,而有關電腦的活動在學生之間益趨普遍,所以,在未來幾年內,培育電腦素養的範圍必會有顯著的擴大(參看Dwyer, 1975)。

關於電腦之使用的專業發展,在許多行業中已很普遍;像會計師、銀行業者、工程師、以及其他職業活動需依賴自動計算及資料處理的人,經常都在更新他們的技巧或學習新的技巧。其他的行業也發現電腦的幫助是不可缺少的,有關這方面的資料可以從一些特別的課程以及建築、法律、醫學等的理論或原理中找到。

當公共的教育要趕上科技的急速發展時,教師的在職訓練是必須的。這種在職訓練可以由各個機構、學校利用學年或暑假期間來提供技術性的訓練。一個新的 CAL 計畫要在學校中實施成功,對於電腦在教育上的功用採取建設性的態度且有健全的資料也是必須的(參看Lunetta, 1975)。

在美國,個人電腦的大量生產,將是對關於電腦的學習這件工作的最大衝擊。現在,三家公司每個月可生產數千部個人電腦;而到1978年底,預料至少有三家公司將加入個人電腦的市場。到那個時候,差不多五十萬個家庭及辦公室都會使用個人電腦,其中的大部分可能只是使用組套式的應用程式,就像那種預先設計好的電腦遊戲程式,不過,這種個人電腦的結構也可以設計新程式,同時也有供給使用者儲存其所設計之新程式的簡單而方便的記憶體。

透過電腦的學習

過去, CAL 活動的核心乃是反覆練習、診斷性測驗,以及一問一答式的指導學習。現在,這些內容仍然是美國各個實施中的 CAL 系統的主要學習模式(例如, Illinois 大學與 Control Data Corporation 的 PLATO 系統、Computer Curriculum Corporation 系統、Hewlett-Packard and Digital Equipment 分時系統、以及 Univac 系統)。儘管這些模式在往後的一段時間內,將會被「關於電腦的學習」與「使用電腦的學習」這兩方面戲劇性的進展所掩蓋而失色,但是他們永遠都是電腦之應用的主要實例,因為這些模式不拘泥形式而且易於設計、價格適中、而且整個系統使用方便,這些特色使他們隨時會被接受。

使用電腦的學習

利用電腦來幫助學習以及做為學習者的輔助工具,這些作法在電腦的價格不高而且輕便可攜帶的時候,更顯出新的重要性。在實驗室、教室、以及研究室所使用的手提式電算器已經具備了電腦的特點:如內部儲存的程式、程式庫、週邊設備、列表機、繪圖、等等。當這種最便宜的計算設備已經具備這許多特色時,那些一般用途的電腦只好降低價格來迎合電算器的價格,而這類電腦的實際使用則是表現在模擬、遊戲、解題、以及創造性活動等方面。

模擬與遊戲一直都是教師與學生所熟知的。現在,這種使人愉快的活動更在理論很完美的教科書以及實驗室資料中出現了(參看Dorn, 1975)。

解題的活動曾經一度需要有程式設計的知識,除非這個解題活動已經很巧妙地隱藏在一個指導

式的系列之中，而這個指導系列又能在適當時刻讓使用者得出參數、方程式、或所需的各種概念。現在，在可設計程式的電算器上，使用一種解題專用的語言以及容易接受的解答指導系列，學習者可以從其中獲得解題的經驗；在 CAL 系統（或者是手提式電算器）上，學生可以使用這種解題的設計來作某些計算或是進行建立數學模型的活動。

利用電腦來協助進行創造性的活動，效果是非常好的，至少在實驗方面確實如此。在這方面的應用中，最動人的可能是 Alan Kay 與他的同僚所發展出來的 Dynabook 的第一次嘗試（1977），在其中，年青的小孩子可以寫生、畫卡通、作曲、將單字組合成詩的形式、以及其他許多創造性的活動，這些活動原來都只有受過專門訓練，且精通電腦的使用者才能辦到的。

學習支援系統

電腦管理學習的制度在美國使用的非常普遍，雖然它一直是沒沒無聞，甚至經常有人沒注意到其中電腦所扮演的角色。目前的美國，利用電腦系統來協助教室管理的學校所佔的百分比相當地高。

資訊管理是比教學管理更進一步的，它除了幫助學生之外，還幫助那些需要處理資料的教師。輔導制度目前已經變得非常普遍，甚至包含了教育測驗中心（Educational Testing Service）的 SIGI 在內（參看 Katz，1976）。

利用電腦來進行學習資料與測驗資料的自動編製，這種活動在不久的未來將會變得非常普遍，其中有些工具現在已經很多人使用了，特別像電腦輔助測驗編製系統（computer-assisted testing generation）（參看 Lippey，1974）。

關於美國現階段工作狀況已在本文加以說明了，對於實際狀況想進一步了解的讀者可參看各種年度會議紀錄的報告：NAUCAL（1977）、ADCIS（1977）、CCUC（1977）、以及 ACM（1977），另外則是 Human Resources Research Organisation 的評論計畫（參看 Hunter 以及其他人士，1975；Seidel 以及其他人士，1977）等等。下一節中，我們將介紹各種應用及計畫的例子。

應用的結果

電腦在協助教與學的使用方面有許多不同的特色，本節所要作的簡短介紹只是選擇出來說明應用的範圍及其形式的多彩多姿而已，並不是要把目前最常見或最受歡迎的應用方式作總整理。關於電腦輔助學習之實例的最豐富來源可以參看參考資料中的索引（例如，Hoye 與 Wang，1973；或 Brigham，Kamp，與 Cross，1975）、指引（例如，ENTELEK，1977；Hunter 以及其他人士，1975；Zinn，1970）、以及會議紀錄（例如，CCUC，1977；以及 Blum，1971）。其他的資料來源都列在 Zinn（1977a）之中。

教學對象的年齡階段

在美國，電腦輔助學習的使用對象遍及所有年齡的人，因為它可以適應各種不同的目的而使用不

同的溝通模式，這種可以彈性運用的特色使它能替所有人帶來相當的方便。對唸小學的小孩子（五歲到十二歲）及尚未上學的小孩子（三歲到五歲）來說，可以讓他們就電腦所顯示出來的某些部分來與機器進行交談，讓他們觀察螢光幕上顯現的結果或是聆聽專門用來發出聲音的裝置所說的話（參看 Papert 與 Solomon，1972）。在許多小學中，電腦被用來讓學生有機會對數學及語言能力作反覆練習（參看 CCC，1977）。有些更具創新性的計畫中，甚至可以讓學生試探著在電腦上編製模擬的狀況或是在電腦上譜出音樂（參看 Kay 與 Goldberg，1977）。

儘管中等學校的學生（十二歲到十八歲）對電腦的使用主要都是在數學與科學課程中進行模擬與解題的活動，但是電腦的自動處理資料的功能也可以用來支援像歷史這種科目的教學，因為電腦上可以設計出一些遊戲來模擬過去的時間以及當時的情況。教育工作者對於計算與資料處理方面的電腦素養益趨重視，這種現象對於「將電腦用在公共教育中所有科目之教學」這個目標是有幫助的。

在中等學校以上的階段中，電腦在教育上的應用就可以全力發揮了，這裏所謂中等學校以上的階段，包括軍事訓練、職業訓練、以及學院與大學教育。此外，電腦輔助學習的作法也透過各種展覽、沒有學分的課程、以及圖書館與博物館的特殊服務等而被引進社區教育之中。

教學的範圍

要了解電腦輔助學習計畫使用範圍之廣，我們可以就六個教學領域中，選出一些比較不可能使用電腦的例子來作說明，這六個教學領域是：數學、科學、社會科學、藝術與人文學科、語言與溝通、以及職業。下面所學的一些例子，只是整個電腦輔助學習課程資料中的一小部分而已：

在初級中學（十二歲到十四歲）的數學課程中，學生可以使用一種簡單的電腦語言（LOGO），由最基本的概念來建立一個數學系統（參看 Feurzeig，1972）。

在化學的實驗室課程中，對於滴定實驗設備之使用的準備工作，PLATO系統乃是利用電腦的卡通繪圖功能，很經濟地讓每位學生先獲得概念上的經驗之後，再讓他進入實驗室（參看 Smith，1971）。

在大學的心理學課程中，可以設計一個模擬的實驗室來提供給學生作研究的經驗，這其中電腦還扮演供給資料的角色。這種模擬的效果如何，要看教室中進行研究活動的情況以及教師所扮演的顧問角色是否稱職來決定（參看 Main，1976）。

在藝術與人文學科方面，電腦可以扮演溝通媒介的角色（參看 Van Dam，1975），也可以作為學習過程中創造性工作中的一項工具。目前，在人文學科的教學過程中，電腦最有趣的用途可能是讓學生能從事學識性的工作，攻讀文學的研究生利用事先已將程式設計好的應用組套，來試著決定文章的出處或是分析文章的體裁，而小學生則可以從電腦所給出的詩歌或故事中，去探索語言中的各種規則。

在語言的學習中，技巧方面的實際協助一向都是電腦應用中最主要的一種。儘管一般人對電腦輔助學習的看法是發展課程的大筆經費應該分配在多數學生身上，可是 Stanford 大學的兩位教授的作法却略有不同，他們利用電腦的協助設計了十多門特殊科目的電腦輔助學習課程，可惜選課的學生太少，最後連斯拉夫語言學系都無法再聘請他們；後來，這兩位教授計畫要再借助電腦的功能（指導、

練習、以及實作），把科目的類別大量增加以吸引更多的學生（參看 Suppes，1975）。

在專業性工作的人才培育方面，利用電腦來進行教育與訓練活動的情況與其他方面同樣多。例如，在企業管理與天然資源方面，利用一些與管理有關的遊戲來輔助是很普遍的；在法律與醫學方面，則經常使用模擬的狀況（參看Kamp與Brigham, 1973）；工程與建築方面，利用電腦的協助來進行設計的練習也是很常見的。一種很有創新性的應用是在電腦的協助下，從不同的研究所中邀約一群研究生來舉行書報討論，以討論同一主題（例如，節約能源，區域規劃，或科技評價），每一位參加者都使用電腦對來自許多不同的甚至不熟悉的領域中的資料加以組織整理、利用電腦在面對面的聚會中與參加書報討論的其他人交換意見、利用電腦來記下小組討論所得的結果；這種書報討論的主持人負責使小組的討論集中在所訂的主題上而不忽略重要的背景資料，以及拜訪那些擁有豐富資料但可能無暇親自出席的人，因為這種電腦輔助會議的方式可以讓他們在任何有空的時間對問題提出反應，而且他們所提的反應只要經由終端機直接傳送到主持該項會議的電腦就可以了（參看 Zinn，1977b）。

課程設計的五項觀點

1. 透過人工智慧、自然語言的處理、聲音的辨別、可改進的程式語言等等這些概念的應用，電腦與資訊科學對於電腦在教學上的使用確實有很大的貢獻（參看 Bobro 以及其他，1977；Koffman 與 Perry，1976）。當然地，資訊科學家較感興趣的是基本的研究專題，而不是教育上的技術與實行，不過，他們所提供的工具確實非常有用。更進一步地，電腦科學的研究，其本身就是教學策略、資料結構、知識之表現、人類學習與解題之基本過程等模式的一種不間斷的來源。

在資訊科學的研究過程中，能由原設計者之實驗成果而被多數人所接受並採用而成爲一種系統者，爲數並不多。目前，像人工智慧這種高深研究所引導出來的技術與資料的發展，對電腦科學這個領域以外的人來說，經費實在太高而且也太浪費時間，像這種應用實在太貴而無法變得很實用。雖然如此，目前一些很重要的課程資料，却是從資訊科學觀點所得成果中採擇較爲實際的部分而設計的（參看 Nievergelt，1975；Van Dam，1976；Brown 以及其他，1974）。

2. 從工程的觀點來看，設計一種對學生及老師都有幫助的技術，通常都需要從許多不同的來源中擷取：電腦科學、教育工學、以及常識。這種從工程觀點來考慮的一項長處可以從像 PLATO 這種計畫中看出來（參看 Alpert 與 Bitzer，1970），它反應了作者與使用這個系統的學生所觀察及表現出來的需要。從工程的觀點來考慮，通常都可以完成一些有用的系統，因為整個作業系統所需之功能的經濟因素，已經由於事先調整好的策略能夠具有讓使用者得以作彈性運用的便利所平衡了。

對工程觀點所設計的課程很難有一致的評論，因為其中許多缺點都被一些附帶的利益所彌補而平衡了，而一些建議改進的事項也都在考慮之中或是即將加進系統之中。一個可稱爲是缺點的共同特色是，由工程觀點所設計出來的系統，都缺乏由於善加利用心理學或電腦科學中某些重要概念因而形成的推動力，亦即，它的基礎都沒有集中在應考慮心理學與電腦科學這種一貫方法上。

3. 心理學及其他行爲科學在某些 CBL 計畫中扮演了很重要的角色。這種從行爲科學觀點所設計的課程，其長處是在理論的基礎、學習資料的分析、以及建立學習的數學模型等方面。對教學活動

的仔細研究確實為教學資料的設計引進了新的技巧；在課程設計方面，過去編製課程時那種耗費時間的嘗試錯誤，在目前這種時效下，應該可以由某些可設計有效果之學習資料的規則來代替（參看Bunderson, 1974）。心理學的原理已經應用到各種基本的學習活動上，因為教與學的模型都需要某些有限制的假設，就像在所要學習的基本概念間應該有著認知發展的連繫存在（參看Atkinson, 1975）。

一般而言，心理學家所持的理論與觀點，還沒有足夠的發展可用來解釋應用電腦的各種學習情況，有些課程資料中對於學生的學習以及人與機器間的交互作用缺乏一種長遠的計畫。事實上，到目前為止電腦在教學上的許多使用成果中，讓人失望的主要一點，乃是因為許多計畫及學習資料的設計者不會明白地指示機器在每個時刻它應該替學習者做那些事，以及不會替學習者保留他或她所可以做的事。

4. 教育工學一直都是使用電腦的課程設計活動的主要來源。從教育工學的觀點設計出來的課程，大都是把編序教材的教科書以及幻燈片與錄音帶這種授課方式來做為使用電腦之課程的範例。這種觀點所設計出來的課程有兩個重要的長處，其一是具有各種不同的媒體互相組合、互相協助地把資料傳授給學習者；其二是事先已規劃好標準的表現策略，設計者只是在各個適當的地方加進問題、預期中的答案以及反覆練習的基本概念而已。

從教育工學的觀點所設計出來的課程，有一個主要的問題是，限制了學生使之無法接近到教學活動的實質內容。因為這種作法只是把大批的資料經由電腦所控制的媒體傳送給學生，這麼一來，幾年之後就會發現，只用來詳述學習資料的話，電腦未免是一種很昂貴的媒體。更進一步地，教育工學所鼓勵使用的指導式學習方法用在電腦時，設計者却面臨一項困難，因為很難訂出一些規則使得電腦能了解學生從文字資料所獲得的知識以及從圖形中所獲得的空間關係。要設計出一位自動化的教師，其最終目標總是要設計者能明白地指出如何確實了解反應者的真義，那怕反應者只是用口頭上的說明而已。

5. 從學科的觀點來設計課程，強調了學科本身的特有技術，這種觀點從1970年起透過大學課程中之電腦的年度會議（annual Conference on Computers in the Undergraduate Curricula）而被許多人所認可（參看CCUC, 1977）。不久之後，許多中學與學院就把這種觀點使用到電腦教學上，不過，却有一段時間沒有使用電腦輔助學習這個名稱（參看Nevison, 1976）。地區性的電腦服務、會議、以及新聞專欄（例如，CONDUIT, 1977）紛紛設立，以提供地區性與全國性各機構之需要。教師與課程設計者擔任了學科專業人員的主要角色來設計課程資料並決定它們的用途（參看Morton與Luehrmann, 1975）；在學生對電腦的使用上，特別偏重於把電腦做為模擬狀況、建立模型、與解題時的一種輔助工具（參看Luehrmann, 1972）。從學生對電腦所作的學習用途以及教授對電腦所作的研究用途兩者之間的交互作用看來，大學中的電腦教學應該採用學科觀點這種作法是受到支持的（參看Zinn, 1974）。

從學科觀點來設計課程的作法，把下面這許多工作留給了每位老師與學生：發展有關電腦之使用的理論基礎、電腦工具在適當內容的應用、電腦的相關活動與其他學習活動之間的整合。許多很好的構想都只有教師在教室中進行教學活動時才能設想出來，在這種情況下，如何將這些構想付諸實施並為多數人所用就成為一個主要的問題；要將教育上所用的一個電腦提出與流傳，需要由有能力的

學生及教師設計妥當，再由程式師改寫以便在其他電腦上使用（參看 CONDUIT，1973）。目前，經濟上與學術上所能提供的獎勵都不足以刺激這類課程以及有關資料的編製及推廣。這件工作只靠出版界的合作是不夠的，因為與電腦有關的課程比起傳統的印刷資料，在審查以及確定可行性的工作上，不僅需要更高的費用而且要困難得多（參看 Hunter 以及其他，1975）。

需要再發展的技術

需要與爭議

在美國，電腦輔助學習計畫的再進一步發展，將會面臨一些涉及技術方面以及教育應用上的需要與爭議，下面我們來說明其中的三個爭論點：

近年來，由於價格急速下降而用途又不斷地擴大，微電子科技的發展，使製造商不得不在教育方面乃至於整個社會極力開闢電腦與其相關科技的新市場（參看 Ramo，1976）。要把電腦適當地應用到教育上，必須就技術方面的配合以及如何引進教育活動與教育機關這兩方面，審慎地規劃與設計。目前的美國，個人電腦的市場已相當好，而在未來的幾年內定會有更多的人購買個人電腦來作為娛樂或小型的商業用途。但是，工業界在個人電腦市場投資大量金錢所製造出來的機器，如果沒有特別在教育用途的設計方面多加考慮，是不能在教育應用上獲得良好成果的（參看 Dwyer，1977）。

目前，任何階段的教育都面臨經費、教法、可靠性、等等方面的嚴重問題；在這些問題之中，有的可以在適當的技術應用之下獲得部分的紓解，當然，這還需要有足夠的財源在時間、地點上配合，以供研究、發展、評鑑、示範、推廣、以及施行之用（參看 Levien，1972）。否則，這個可以協助所有學習者，特別是協助那些學習較困難的、生理有障礙的、資賦優異的、以及較孤立的學習者的良好機會就會失去了。

當科技的急速成長使得當前的“資訊社會”已在形成時，我們的社會若要因應這次革命的需要，那麼，有關電腦與資訊系統的一般素養是所有人都必須要有的，不論是顧客或商人，雇員與老闆，學生或教師等都不能缺乏這種素養。電腦素養的培育，可以像一些實驗計畫所說明地從小學開始，甚至還可以提前（參看 Goldberg 與 Kay，1977）。當這些早期的實驗與示範結果經過分析之後，就可以把這些成果適當地推廣到全國。不過，由於電腦科技引進各種行業的速度實在太快了，這種電腦素養的訓練也應該在各種職業學校、各種資格檢定、在職訓練、社區教育中實施，同時應該透過大眾傳播引進家庭之中。

除了前面所說明的三項爭議之外，自然還可能有一些至少同樣重要的其他爭議存在。不過，這裏所作的整理已可以顯示美國電腦輔助學習計畫現階段的狀況了。

各種可能的功用

對於電腦輔助學習計畫，目前亟需進行的全國性措施是全盤規劃與經費籌措的協調與合作。許多重要的問題，如目的、標準、與可靠性等，都需要在全國性的討論與行動下才能完成，而實施這項計畫所需的經費也不能再由不同的機構零星地贊助。電腦科技要作有效的應用以及對教育要有良好的貢

獻，必須要由上級機關來帶頭推動。教育上與社會上所引用的資訊系統可以區分為許多領域：研究、發展、殘障者、資優者、小學、以及職業學校。對這些方面，過去超過十五年的經驗所累積下來的有用資料以及良好的意見，分別有建議由國家經營者（參看 National Academy of Sciences, 1966 ; PSAC, 1967 ; Commission on Instructional Technology, 1970 ; Carnegie Commission, 1972）、由專業機構負責者（例如，CBMS, 1972）、以及評論性計畫（參看 Zinn, 1970 ; Anastasio 與 Morgan, 1972 ; Hamblen, 1972 ; Levien, 1972 ; Mosmann, 1976）。現在，可以根據早期努力所得的建議，成立一個新的專責組織，審度當前的技術狀況與學校結構，而採取一種謹慎的措施。這種措施自然需要因應目前所遭受的困難與問題；更進一步地，在目前微電子科技與遠距離通信技術應用所需之經費的戲劇性改善狀況下，這種措施所能獲致的利益是很容易驗證的。

在足夠經費支助下成立一些研究中心以提供良好訓練、研究與發展的場所。對電腦有潛力的使用者最為迫切需要的是最新的資料、最好的訓練、以及提供研究發展的最佳環境。居留在固定環境下工作，可以使每個人免除那些重新開始一件新工作所需的例行負擔。把那些有創造力的人集合在一起，並提供必需的財源以及各種各樣的學習環境，將會使研究的機會大大地增多。對技術方面的突破以及學習上基本概念的大型探討會因此而變得實際可行，不同的 CAL 系統以及課程的各種觀點也都可以同樣環境下加以比較。

電腦在教育上的應用並非只是資料處理而已，如果能夠早日採取措施使這個觀念能被一般人所認同，對於能以較低的價格購得合乎教育目的的電腦裝備這項需要的達成是有幫助的。這方面的例子包括公立教育以及軍事訓練，還有州政府、地方政府、以及聯邦政府所支助的各類計畫。

電腦與資料處理是基礎教育中很重要的一部分，如果能夠早日採取措施使這個觀念能被一般人所了解，對於為迎接資訊時代在課程方面必須配合改變的修訂工作之推動是有幫助的。幾年後，公立學校中所有學生大概在第八年時（在美國，是指十二至十四歲）就會熟悉電腦、程式設計、以及應用了。

因為電腦在教育上的應用乃是一種嶄新的嘗試，它還未曾經過試驗，而且對課程設計者以及推動者都還缺乏適當的獎勵，所以，就目前來說，CAL 課程的設計是一件需要特別費神的工作。我們不能期望營利性的出版商肯冒太大的風險，何況，如果電腦商人直接提供了課程資料，出版商也可能會因此落後一步。對這件工作來說，應該是大學及學院所需要貢獻人力的，因為目前的教科書大多數是那裏編寫出來的。個人的設計則應該為他們的辛勞考慮職位上及經濟上的獎勵。此外，地方上的學校也應該在這件工作上扮演一個角色。

資訊與自動化處理方面的戲劇性改變對於社會所造成的影響，也是需要注意的（參看 Joseph, 1977）。每一種精心設計的筆記夾或裝訂物都附有一個放置特殊電算器的小袋子。每一種參考書或使用手冊都在封面內附上其內容題材的資料處理法。每一種桌上型的百科全書都附有音響部分以及卡通部分，還有一部微處理機用來幫助讀者從全套書籍中查閱資料、或是從目錄、索引、前後對照表選出讀者所需的部份。各種計畫的規劃人都必須考慮到使用機器來表現與交換資料這種新模式所引起的改變、學習、解題與創造性活動等方面的新技巧、教師與管理人員的新角色、在家裏、在工作崗位上

、在社區中進行學習的新情況。行政人員在規劃各種系統時，都必須使它在利用機器作資料處理、計畫評鑑、以及資料修正時不能引起任何不便。

使用者與機器之間如何進行交換也是需要注意的一項（參看 Seidel 以及其他人，1975）。只要學生（或是其他的偶而使用者）需要在鍵盤上打字或是從螢光幕上觀察一段資料、一些數據、或一些簡單圖形時，機器就必須能在教育與訓練上提供適當的應用。但是，當使用者可以與機器進行交談，而且從機器所獲得的反應不僅是印出的資料、還有說出來的話以及其他聲音，同時可以看到他或她所給的像圖形或卡通玩具等的指令在機器上所顯示的結果，那麼，電腦在學習活動所能應用的範圍就大得多了。

除了前面所說明的八項之外，電腦還有許多至少同樣重要的功用。例如，透過電腦，資賦優異學生可以有特殊的機會來滿足他們的需要。生理殘障者的學習與溝通方面也有了戲劇性的改善：Kurzweil 閱讀機、Telsensory 可交談電算器、由 Braille 的盲人點字技術而發展出來的輸出設備、以及為聾者所設計的類似特殊裝置等。

電腦科技的其他方面還可以在聲音的產生、處理問題的知識、以及在學習與操作上建立個人的技巧等方面，提供不少幫助。

未 來

表現方法與通信方法的新模式

電腦科技的未來發展將會使學習者與機器之間的可能通信模式有相當的進步。說話以及其他聲音不僅是從機器輸出也可以傳進機器，手勢與其他動作也可以作有效的解釋。這些發展，對那些缺乏某些正常感官機能或不能使用一般之通信方法的人來說，乃是一件立即可見的福祉，例如，電腦輔助通信（computer-assisted communication）將會對 Braille 為盲人設計的點字技術大加改進，對於聽覺及其他各種特殊聲音方面也會提供良好的表現方法。微電腦現在已有的一項應用是使那些不幸因為意外或大腦性癱瘓而無法說話的人可以再發出聲音。生理學上的方法也將會輸入電腦來使用，為那些缺乏打字或說話所需之機械控制能力的人打開一條新的管道。

利用各種網路及其他資料結構，資訊的表現也將會使用更進步的繪圖功能與聽覺技術。知識的探討將會在學習者對結構的運用、組織、與生動的交談中可直接地完成。在資料處理技術的協助下，學生將可以個別化地在完整的資料庫中有效地進行學習。當然，這些發展還需仰賴在電腦之使用上所需的較高素養才能達成。

學習、解題與創造性活動的新技巧

依靠電腦的輔助，學習者對於資料以及圖形都可安排出多重的觀察。將資料中各章節前後對照並隨時比較，也有助於速讀技巧的加強。繪圖功能所能提供的優點遠比目前所使用的多媒體要多得多。在這種情況下，教科書與參考資料的編者都面臨新的挑戰，因為他們需要使用這類技術使使用者能如預期地改善各方面的技巧。

解題的技巧也可預期地在許多方面都能有所改進。歸納原理可以利用交談式的電腦化演繹過程來協同介紹。讓學生在電腦的協助下證明四色定理，這只是解題技巧之改進的一個開始，在工程學中許多創新性的求解問題上，電腦化方法更顯得有效。

藝術方面的創作，也同樣可以在電腦的訓練下超出我們目前所能理解與鑑賞的能力範圍。年輕的藝術家將會發現電腦可以提供給他們許多新的機會，同時，藝術創作的天地，也將為那些原本因生理殘障而被摒諸於外的人打開大門。

在學習與操作上，許多過去未曾使用的方法現在都可以使用了。在一個讓學生自己思考與探討的電腦化實驗室中，對於像左腦與右腦間的溝通以及回憶、樣式辨別之機械結構這類題材的探討，都是有幫助的。如果讓一個使用者與不同的電腦系統配合，這種合作的發展可能提供的優點乃是過去未曾預料到而且有點戲劇性的，至於各種大小團體間之溝通的加強，則更是電腦所能提供的最卓越之處了。

在電腦輔助學習這個領域中，美國並不是推動這種革命性計畫的唯一一個國家，讀者可以參看本刊本期中其他文章，或是參看報導世界各地電腦輔助學習計畫之發展狀況的其他文獻。總之，目前的電腦輔助學習計畫，在未來的發展中，加強溝通技術、知識的系統處理、以及培養個人與人際間的各類技巧等都是其中的重要內容。

參考資料

1. ACM (1977) *Annual Conference Proceedings*. Association for Computing Machinery, New York.
2. ADCIS (1977) *New Directions in Educational Computing: Proceedings of the 1977 Winter Conference*. Association for Development of Computer-based Instructional Systems.
3. Alpert, D. and Bitzer, D. L. (1970) Advances in computer-based education. *Science*. 20 March, 1582-1590.
4. Anastasio, E. J. and Morgan, J. S. (1972) *Factors Inhibiting the Use of Computers in Instruction*. Educom, Princeton, New Jersey.
5. Atkinson, R. C. (1975) Adaptive instructional systems: some attempts to optimise the learning process. In Klahr, D. (ed.) *Cognition and Instruction*. Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey.
6. Blum, R. (ed.) (1971) *Computers in Undergraduate Science Education*. Conference Proceedings. Commission on College Physics, College Park, Maryland.
7. Bobro, D. G., Kaplan, R. M., Kay, M., Norman, D. A., Thompson, H. and Winograd, T. (1977) GUS, a frame-driven dialog system. *Artificial Intelligence*, 8, 155-173.
8. Bork, A. M., Luehrmann, A. W. and Schneider, E. *Report of a Conference on Intelligent Videodiscs*. University of California, Irvine, California (in press).
9. Brigham, C. R., Kamp, M. and Cross, K. J. (1975) *Index of CAI Medical Education*. Lister Hill Center, National Library of Medicine, Bethesda, Maryland.

10. Brown, J. S., Bell, A. G. and Burton, R. R. (1974) *Sophisticated Instructional Environment for Teaching Electronic Troubleshooting*. Technical Report, Lowry Air Force Base, Colorado.
11. Bukowski, W. J. (1974) *A Survey of Computing Activities in Secondary Schools (CASE)*. The American Institutes for Research, Washington, DC.
12. Bunderson, V. C. (1970) The computer and instructional design. In Holtzman, W. H. (ed.) *Computer-Assisted Instruction, Testing, and Guidance*. Harper & Row, New York.
13. Bunderson, V. C. (1974) Team production of learner-controlled courseware: a progress report. In Zinn, K. L., Refice, M. and Romaro, A. (eds.) *Computers in the Instructional Process: Report of an International School*. Extend Publications, Ann Arbor, Michigan.
14. Carnegie Commission on Higher Education (1972) *The Fourth Revolution: Instructional Technology in Higher Education*. McGraw-Hill, New York.
15. CBMS (1972) *Recommendations Regarding Computers in High School Education*. Conference Board of the Mathematical Sciences, Washington, DC.
16. CCC (1977) *Curriculum for Elementary Mathematics and Reading*. Computer Curriculum Corporation, Palo Alto, California.
17. CCUC (1977) *Proceedings of the 1977 Conference on Computers in the Undergraduate Curricula*, Michigan State University. CCUC, Iowa City, Iowa.
18. Commission on Instructional Technology (1970) *To Improve Learning: An Evaluation of Instructional Technology*. R. R. Bowker, New York.
19. CONDUIT (1973) *Documentation Guidelines*. Iowa City, Iowa.
20. CONDUIT (1977) *Pipeline*. Iowa City, Iowa.
21. Dorn, W. S. (1975) Simulation versus models: which one and when? *Journal of Research in Science Teaching*, 12, 371-377.
22. Dwyer, T. A. (1975) Soloworks: computer-based laboratories for high school mathematics. *School Science and Mathematics*, 93-99.
23. Dwyer, T. A. (1977) Personal computing and education: a time for pioneers. *Proceedings of the First Computer Fair*, 161-162.
24. ENTELEK (1965-1977) *Computer-Assisted Instruction, Computer-Managed Instruction, CAI/CMI Information Exchange*. ENTELEK Inc., Newburyport, Massachusetts.
25. Feurzeig, W. et al. (1969) *Programming-Languages as a Conceptual Framework for Teaching Mathematics*. Volumes I to IV. Bolt Beranek and Newman, Cambridge, Massachusetts.
26. Goldberg, A. and Kay, A. (1977) *Teaching Small-talk*. Xerox Palo Alto Research Center, Palo Alto, California.
27. Hamblen, J. (1972) *Inventory of Computers in US Higher Education 1969-70*. US Government Printing Office, Washington, DC.
28. Harrison, S. A. and Stolurów, L. M. (eds.) (1974) *Educational Technologies: Productivity in Higher Education*. State University of New York, Stony Brook, New York.

29. Hicks, B. (1977) *Computers for the Whole School*. Peoples Computer Company, Menlo Park, California.
30. Hoye, R. E. and Wang, A. C. (1973) *Index to Computer-Based Learning*. Educational Technology Publications, Englewood Cliffs, New Jersey.
31. Hunter, B., Kastner, C. S., Rubin, M. L. and Seidel, R. J. (1975) *Learning Alternatives in US Education: Where Student and Computer Meet*. Educational Technology Publications, Englewood Cliffs, New Jersey.
32. Joseph, E. C. (1977) Future computer systems: beyond the next five years. In *Future Systems*. INFOTECH State-of-the-Art Report.
33. Kamp, M. and Brigham, C. (eds.) (1973) Special issue of *Computers in Biology and Medicine*.
34. Katz, M. (1975) *An Evaluation of Computer Assistance in Guidance*. Educational Testing Service, Princeton, New Jersey.
35. Kay, A. and Goldberg, A. (1977) Personal dynamic media. *Computer*, 10, 3, 31-41.
36. Koffman, E. B. and Perry, J. M. (1976) A model for generative CAI and concept selection. *International Journal of Man-Machine Studies*, 8, 397-410.
37. Korotkin, A. L. and Bukowski, W. J. (1975) Computer applications in secondary education. In Lecarme, O. and Lewis, R. (eds.) *IFIP Second World Conference on Computers in Education, Part 1*. North Holland, Amsterdam.
38. Levien, R. E. (1972) *The Emerging Technology: Instructional Uses of the Computer in Higher Education*. A Carnegie Commission on Higher Education and Rand Corporation Study, McGraw-Hill, New York.
39. Lippey, G. (ed.) (1974) *Computer-assisted Test Construction*. Educational Technology Publications, Englewood Cliffs, New Jersey.
40. Luehrmann, A. W. (1972) Should the computer teach the student or vice versa? *Proceedings of the Spring Joint Computer Conference*. AFIPS Press, Montvale, New Jersey.
41. Lunette, V. N. (1975) Computer in the classroom: a unit in teacher education. *Journal of Educational Technology Systems*, 3, 293-302.
42. Main, D. B. (1976) Experiment simulation (EXPER SIM): the development of a future-oriented pedagogy. In Bailey, D. (ed.) *Computer Science in the Behavioral and Social Sciences*. University of Colorado, Boulder, Colorado.
43. Morton, A. K. and Luehrmann, A. W. Jr (1975) Project Compute: a mechanism for producing and distributing instructional material. In Lecarme, O. and Lewis, R. (eds.) *Computers in Education*, 993-997. North Holland, Amsterdam.
44. Mosmann, C. (1976) *Evaluating Instructional Computing: Measuring Needs and Resources for Computing in Higher Education*. University of California, Irvine, California.
45. National Academy of Sciences (1966) *Digital Computer Needs in Universities and Colleges, A Report of the Committee on Uses of Computers*. National Research Council, Washington, DC.
46. NAUCAL (1977) *The Many Facets of Educational Computing: Proceedings of the*

- 1977 Annual Conference. National Association of Users of Computer Aids to Learning.
47. Nevison, J. M. (1976) Computing in the liberal arts college. *Science*, 194, 396-402.
 48. Nievergelt, J. (1975) Interactive systems for education: the new look of CAI. *Proceedings of the IFIP 2nd World Conference on Computer Education*. North Holland, Amsterdam.
 49. Papert, S. and Solomon, C. (1972) Twenty things to do with a computer. *Educational Technology*, April.
 50. PSAC (1967) *Computers in Higher Education*. President's Science Advisory Committee, US Government Printing Office, Washington, DC.
 51. Ramo, S. (1976) The future role of engineering. *Computers and People*, 25, 7-17.
 52. Seidel, R. J. (ed.) (1975) *Proceedings of the Ten-Year Forecast for Computers and Communications*. Human Resources Research Organization, Alexandria, Virginia.
 53. Seidel, R. J. and Hunter, B. C. (1977) *Academic Computing Directory: A Search for Exemplary Institutions Using Computers for Learning and Teaching*. Human Resources Research Organization, Alexandria, Virginia.
 54. Smith, G. (1970) The use of computers in the teaching of organic chemistry. *Journal of Chemical Education*, 47, 608-611.
 55. Suppes, P. (1975) Impact of computers on curriculum in the schools and universities. In Lecarme, O. and Lewis, R. (eds.) *IFIP Second World Conference on Computers in Education, Part 1*, 173-179. North Holland, Amsterdam.
 56. Suppes, P., Smith, R. and Beard, M. (1977) University-level computer-assisted instruction at Stanford: 1975. *Instructional Science*, 6, 151-185.
 57. Van Dam, A. (1976) *Computers in Teaching: An Application of Hypertext*. Final Report to National Endowment for the Humanities. Brown University, Providence, Rhode Island.
 58. White, J. (1977) *Your Home Computer*. DYMAX, Menlo Park, California.
 59. Zinn, K. L. (1970) *An Evaluative Review of Uses of Computers in Instruction (Project CLUE: Computer Learning under Evaluation)*. Final Report USOE Number OEC-5-9-32-509-0032. University of Michigan, Ann Arbor, Michigan.
 60. Zinn, K. L. (1972) Programming support and faculty development: a view from an instructional computing consulting service. *Proceedings of a Symposium on Small College Computing Centers*, 157-167. ACM, New York.
 61. Zinn, K. L. (1977a) *Free and Inexpensive Materials on Computing in Teaching and Learning Activities: An Informal Appraisal*. Center for Research on Learning and Teaching, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan.
 62. Zinn, K. L. (1977b) Computer facilitation of communication within professional communities. *Behavioral Research Methods and Instrumentation*, 9, 2, 96-107.