

## 第一章 緒論

自從 1950 年代晚期起，開始有人致力於嘗試將建築與電腦科學結合在一起，大部份這些先驅的努力都是發生在學校，例如在當時主宰電腦學界的問題解決導向 (problem-solving) 以及系統化的方法 (systematic method) (Simon 1969)。到了 1970 年代與 1980 年代初期，大部份的電腦輔助設計研究都是著重在使設計過程自動化的問題以及建築物視覺化與幾何塑型與概念塑型等問題上面 (Jones 1970; Mitchell 1977; Turner 1988; Stiny 1989)。而電腦化則於 70 年代中期以後開始起飛，然後在 70 年代晚期與 80 年代初期開始以較便宜的個人電腦型態急遽成長，較特別的是商業用的 CAD (Computer-Aided Design) 亦在此時出現 (Mitchell 1986a)。一直到了 1980 年代晚期，CAD 課程才能被廣泛地接受，並被納入建築教育的核心課程之中。到了 1990 年代，CAD 終於從原本處於建築教育的外來者角色進展到位居主流地位，網際網路的出現使個人與個人之間的資料與資訊的交換大量增加 (Schmit 2001)，電子設計工作室 (Electronic Design Studio) 暗示著 Mitchell 對於結合 CAD 與網路技術以提供使用者各種互動模式與工製品交換的想法 (Mitchell, McCullough & Purcell 1990)；到了 1990 末期，致力於研究發展數位媒材的數位建築領域不僅獲得大量的追隨者，現在還有很多建築學校為此開設新科系與成立學位課程。

### 1.1 研究背景

建築教育正在以其獨特的方式面對與回應數位科技的進步發展，學校業已成為創造新的設計應用軟、硬體、新建築理論、材料處理、建造方式等的實驗室了，並且進一步將建築領域延伸至網路空間 (Andia 2002)。有一些建築系所則對於科技的發展有更積極的回應，進一步使用數位科技來重新建構專業知識的範疇，他們在價值、媒材、研究方法、以及專業執行的轉型背景中演化，數位科技顯然已經改變了建築業以及學生所需的知識與技能 (De Paoli and Leglise 2002)。不論是在一門獨立的課程中介紹該項科技，亦或是在將電腦與設計密集整合的研究及設計課程中介紹該科技，數位設計教育課程的基本結構均一直持續地被研究著，以便充份瞭解電腦科技所提供給設計領域的新機會與變化的觀點 (Mark, Martens and Oxman 2001)。

在教育科技的領域裡，數位資訊時代的興起正有助於重塑人們的學習模式，有了先進的科技，我們未來的學習環境將主要受到兩項現代科技的影響－第一項是網際網路與寬頻網路科技，另一項則是新興的既輕量且手攜式的運算發明，例如筆記型電腦、桌上型電腦、手機、以及個人數位助理 (Kraidy 2002)。除了硬體之外，大量的新學習理論與網路學習模型也一直在進展中，雖然大部份的這些新學習模型的效力仍應該被進一步地辨識、實驗、與驗證，但是這些都將本質上地改變我們學習的方

式，甚至是我們對學校的印象(Chan et al. 2001)。而且，就是在這個背景中，很多像是比電腦更早的教育媒材早已經影響知識的傳播有好幾個世紀了，而教育科技現在正在對教育以及對學生的學習過程有很大的衝擊(Rosalind 2004)。

這是長久以來科技進步首次超越教學理論，儘管如此，能利用合作學習的、個別學習的、以及互動學習的教育科技的新教學發展現在已經出現了。當然，在過去，教育科技的領域十分強調科技的進步，並且重視教學授課技巧的過程與方法論(Gentry 1991; Heinich 1984)，這類教學授課技巧的焦點係針對「設計以清楚的、結構完整的、且有效率的方式來教授內容與技能的教育體系」(Collins 1996, p.347)。然而，最近新興的學習理論與過去的觀念有很大的不同，例如情境式的學習(Brown, Collins and Duguid 1989; Lave and Wenger 1991)與認知師徒制(Collins, Brown and Newman 1989)，均已相當程度地導致教育科技觀點的改變，這些改變使教育體系的設計從教轉變成學、從教育目標轉變成提供便利設施的環境，而這些改變也對以科技為主的學習環境的設計有巨大的影響(Glaser, Ferguson and Vosniadou 1996)。

大部份的建築科系都一直在嘗試提昇其電腦科技，並瞭解這些科技將如何有助於教育過程亦或相反地衝擊其教育過程(Schodek 1987)，因為電腦有可能徹底改變設計教育的基本組成因素，而這種改變顯然清楚說明了設計教育課程方面一定程度的改變(Akin 1990)。除了學術界，在業界的建築師也早已經不同程度地將 CAAD (Computer-Aided Architectural Design)整合於其日常工作中(Achten 2003)。現今有許多觀念領先全球的事務所，包括已經正在以創新方式使用數位媒材的小型事務所，例如 Gehry, Eisenman, Lynn, Franken, NOX, 以及 Kolatan and MacDonald (Zellner 1999; Lootsma 2000; Steele 2001)都積極整合數位媒材於專業實踐中。可以說，建築業界與設計教育界都同時以十分熱忱的態度，在探索使用與數位媒材相關的設計新方式。

## 1.2 研究問題與目的

自從 1990 年代起，世界各地的建築學院的教育學者便開始挹注許許多的努力在整合數位媒材與設計課，對今日的設計教育者與研究者的挑戰之一就是如何教育出關心未來數位發展的設計師，讓他們都是有能能力能夠實現設計概念並藉由電腦輔助設計工具的協助將這些概念付諸實行。因此，各種有關運用進步的數位概念以促進設計過程的想法日益被提出，並且也迅速地被加以實驗，舉例來說，暗喻 (metaphor) 一直是受到設計課老師歡迎的一種教學方式之一，因為它可以是一個用來幫助學生瞭解設計核心的有力象徵，尤其是關於遊戲的暗喻更被設計教育者普遍地運用在詮釋設計的本質；因為遊戲和設計就其本身的性質而言都是處於十分專注

於某種行動的狀態，它們都是由帶有獨特且短暫結果的自由活動所構成的。Snodgrass and Coyne (1991), Radford (1997), Neiman and Bermudez (1997), Neiman and Do (1999), Coyne (1998; 2003), Cheng (1999), Woodbury, Shannon and Radford (2001), Burry, Dawson and Woodbury (2001), Wu (2003a)等人，均曾經應用遊戲的暗喻在建築教育的數位媒材中，以做為培養學生在空間塑型、設計構圖與形式創造方面的自信與能力的一種手段，這些實驗雖然建立了某種程度的架構，但是仍舊缺少一個周全的教育典範。因此，在設計課程中電腦輔助設計的重要特色，例如：學生如何在運用數位媒材解決設計問題、學生和老師之間如何互動、學生如何獲得知識與技能、學生面臨的問題與困難是什麼等，都不得而知，所以這種新的實驗教學法的效度是無法獲得證明的。對於那些對科技和對人類學習的潛在衝擊有興趣的人而言，這些的確是關鍵時刻，Salomon (1993)曾提出說這是科技進步的速度超越教學法理論與心理學理論的現象。而這在建築領域中亦有類似情形，但卻更戲劇性，只有少數新方法與理論已經被發展以整合數位媒材與設計工作室教育(Sanders 1996)。

任何一種教學法的設計都必須有學習理論做基礎以證實這種過程的學習效力(Damarin 1996)，舉例而言，在Tripp (1996)的自然課中，他使用情境式學習來做為理論基礎，讓學生沉浸在一系列如發生在真實世界般可靠的科學活動中；透過學習架構的協助，他能夠瞭解到學生是如何表現與解決問題、他們是如何與同儕互動、他們是如何獲得知識、以及他們遇到什麼樣的阻礙等等。誠如Lave and Wenger (1991)所指出的，將學習情境化意味著將想法與行動置放在一個特定的地點與時間，亦意味著將其他學習者、環境與活動一併納入，以創造意義，同時也是意味著在特別的背景環境中，找出專家所用以完成知識與技能任務的思考過程和動手做的過程。而建築設計工作室體系與情境式學習的本質非常類似，建築學門素有師徒制的悠久傳統，該師徒制係強調實作經驗以及在專家培養學生認知技能與過程的指導之下對於設計問題的解決能力(Wright and Parks 1990)，因此，教師與助教在設計工作室裡扮演著協助者或是訓練者的角色，他們提供學習者認知鷹架輔導模式，以便為了學習者能使自己融入學習中。

除了那些運用暗喻來教導上述提及的數位設計的實驗研究和課程之外，有愈來愈多的數位設計課程被納入正式的學科課程，並且成為一些建築系所會定期開設的課程，例如英國建築學院(Architectural Association School of Architecture)的新興科技暨設計課程(Emergent Technologies + Design Program)、英國倫敦大學巴特雷建築學院(the Bartlett School of Architecture of University College London)、哥倫比亞大學(Columbia University)的進階建築設計課程(Advanced Architecture Studio)等，這項趨勢已經使學校老師有機會更進一步地設計他們的數位設計學科課程，並且持續性地累積經驗。那些新發展出的數位設計課程(Digital Design Studio)可以主要的以其對媒材的不同態度分成兩類，第一類是混合運用類比媒材和數位媒材，例如斯圖加大學(Stuttgart University)開設的建築師的數位年度(the Digital Year for Architects)，在這一年當中探索將傳統工具與數位工具結合的最多可能性；另一類則是揚棄所有的

類比媒材，而專注於純粹用數位工具設計的經驗，例如加州柏克來大學(University of California at Berkeley)開設的數位設計課程(Digital Design Studio)。

以第一類型的數位設計工作室課程為例，斯圖加大學自 1997 年起就已開設以建築師的數位年度為名的課程，三學期的課程加上一項設計計劃，再佐以使用大約一打的套裝軟體，構成了課程架構。理想上來說，媒材使用的每一個步驟應該都是可以很容易的互相被轉換至不同的平台，例如手繪一張草圖之後，可以由掃描器將之數位化進電腦中，再由電腦軟體編修成 3D 電腦模型，然後經由雷射切割機將數位模型輸出成實體模型等。該課程的目標是獲得用手和數位媒材所結合成的工作流程最大自由度，該課程的指導者 Kieferle and Herzberger (2003, p.100)宣稱結果是令人滿意的，他們說：「我們相信這個方法已經被證實是有效的，因為學生已將焦點由原本主要對學習很多軟體的興趣，進一步轉變成以創新方式來使用這些軟體。」即使 Kieferle & Herzberger 對其教學實驗雖有明確目標，但是並無完整的課程架構，而且只聚焦在媒材的使用上，對於設計課程其他重要的元素例如設計議題、設計過程探索、師生的互動等毫無著墨，因此就教育的觀點來看，無法提供對這套方法有興趣的研究者或設計者進一步應用或發展。

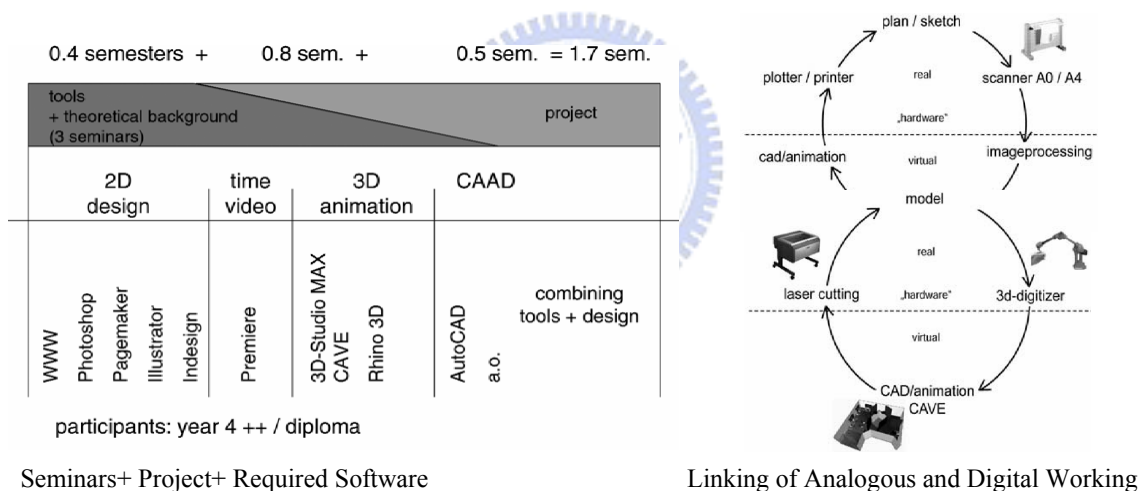


圖 1.1 建築師的數位年度課程中媒材的整合(Kieferle and Herzberger 2003)

相較之下，另一種數位設計課程的類型完全地揚棄傳統媒材，並且將焦點擺在如何有創意的使用數位媒材來做設計。在加州大學柏克來分校，他們從 1996 年起就已經開發出一種名為數位設計的課程來教授數位設計的過程。該課程遵循著兩部分的結構：學期的前半段介紹數位設計的過程，後半段則研究影像和形式創作。該課程的指導者 Marx (2000)提出聲明說他認為以電腦為基礎的設計過程是較符合現代設計師所渴望的形式，因為從二十世紀初期以來的現代建築在本質上已經變得越來越立體；例如從 1920 年的 Mendelsohn 的愛因斯坦天文臺(Einstein Tower)到 1950 年的 Le Corbusier 的廊香教堂(Ronchamp Chapel)，再一直到 1997 年 Frank Gehry 的畢

爾包古根漢美術館(Guggenheim Museum, Bilbao)。因此，Marx 提議在設計更早的階段就應該深入地巧妙運用立體，並「在螢幕上」為整個過程做設計。最後，Marx 使用來自學生對於課程的評鑑來證明課程的成功：「在一個平均五學期、滿分是 7 的基礎下，學生給予該課程 6.27 以及指導者 6.07 的分數。」在建築系裡，超過 5.8 的分數是相當罕有的，因為全系課程平均分數是 5.6 (Marx 2000, p.31)。雖然該數字的确顯示出學生喜歡該課程和指導者，但卻很無法證明學生的確學習到了 Marx 所在意的數位設計的精髓，因為他的評量系統完全與數位設計的特質無關，因此這種評量太籠統，對數位設計課程本身的價值不大。

由以上的論述中可看見在整合設計課與數位媒材方面已經有很多學校和學者做了許多努力，然而，卻仍未在實驗研究或已開設的課程中找到較周全的數位設計課程架構。因此，本研究的問題主要有兩個層次，第一個層次的問題是設計課的基本組成元素是什麼？雖然媒材對於設計相當重要，但是從教育的觀點來看，設計教育中的重要議題不應只有媒材，那麼設計課程到底還包含了哪些重要的構成元素呢？第二個層次的問題是數位設計流程的特質是什麼？因為必需瞭解了數位設計流程的特質，才能在設計課程架構以及評估學習成效時時有所依據。

因此，本研究的目的是在建構一個數位設計課程的學習架構。透過探討設計課的構成元素以及數位設計流程的特質，建立出一個數位設計課程的先期理論模型，對於有心投入數位設計課程發展的學者與設計者來說，這樣的理論模型除了可以讓他們更有效的瞭解數位設計課程之外，也可以被當作是他們在設計課程時的一個參考依據。

### 1.3 研究方法與步驟

本研究的宗旨是獲得設計課程的構成元素以及數位設計課程的特質，爲了要達成這個目標，相關資料的蒐集必需包含在數位設計課程中，學生如何獲得設計知識與技能、學生如何使用媒材、學生如何解決設計問題、學生對數位設計流程的看法、學生如何與老師互動等，這些都是數位設計教育中研究者想要瞭解的重要議題。

因此，評估本研究可能使用的方法包括個案研究、原型分析、認知實驗、訪談、問卷、參與式觀察法等。個案研究法通常是經由廣泛的使用訪談、文件分析以及檔案記錄的方式來研究一至二個特定的個案(Yin 1994; Stake 1994)，研究者的角色比較像調查者，有時會進行實地訪查，但實地訪查並非本方法的必要活動；所以使用這個方法便無法得到部分本研究所需的重要資料，例如課程中受測者的互動，因此不予採用。而原型分析的方法則需仰賴一個特定受測者的多次回溯，而這種回溯是無法捕捉到在研究現場裡的課程進行過程與團體互動的情況，因此也不納入考慮。至

於認知實驗的方法，主要是用在心理學領域，針對 30 到 100 名實驗對象做實驗，以瞭解潛意識或腦袋底下的想法；那些技巧在資料分析的階段確實能有所助益，然而，設計課是小班教學，設計討論又是一對一的模式，因此也不適合透過此方法獲得資料。此外，本研究也不採用訪談以及問卷等兩種方法，因為這兩種皆是在活動結束後所取得的資料，而本研究需要的則是活動正在進行中的資料，因此那些方法也不能當作是本研究的主要方法。根據 Lofland (1984)的說明，經由參與式觀察法，我們可以對發生的事件、參與事件的人或物、事件發生的歷程等進行描述，是一種為獲得對某一特定團體的瞭解所做的實地觀察或是直接觀察的科學方法；所以本研究所提出的重要議題與目標是能夠透過這個方法來獲得的。

因此，本研究採用了參與式觀察法來進行實驗。該方法有賴於研究者在實地中大量的觀察以獲得那些對本研究有重要性的資料，而那也是參與式觀察法的最重要特色之一。研究者必須和該目標團體建立並維持一段多重且長久的關係，以便利於研究的進行，因為大部份的人類團體都不容易敞開心胸來示範說明他們的行為意義，除非你是他們其中的一份子(Jorgensen 1979)；再者，研究者應該嘗試將從外界的介入與入侵感降到最低，而參與其中則提供了一個不會引人注意的觀察方式。然而，並不是所有的研究者都能成功地進入研究現場進行他們的研究；因此在本研究中，研究者小心翼翼的選擇了與自己同一所學校所開設的數位設計課程為觀察對象，並且以該課程助教的身份掌握了適切融入研究現場的途徑。研究的步驟如下：

### **1. 參與式觀察設計與資料蒐集：**

這個階段除了準備實驗的大綱之外，對於資料蒐集的方式與種類也要有所計畫。雖然直接觀察並做實地筆記是蒐集資訊的主要方法，但同時也準備使用輔助方法，例如口語資料的蒐集會使用錄音和錄影的方式紀錄，圖文資料則用相機拍照以即刻後蒐集作業和作品級的方式來進行。

### **2. 分析架構發展：**

在參與是觀察的過程中會蒐集到大量的資料，當資料蒐集的同時，研究者便開始注意是否有經常出現的詞語、行為或其他重複出現的現象，這些關鍵性的模式稍後被擷取出來當作資料編碼或分類的依據。

### **3. 討論與結論：**

從被分類與分析的資料中，開始有一些現象與系統會浮現出來，此時本研究目標所要獲得的設計課構成元素以及數位設計流程的特質便可以從中去討論，並且發展出數位設計課程的先期理論模型。

在本論文的最後會針對問題與結論加以說明，同時也提出本研究的限制、可能的後續研究以及本研究貢獻。

### 2.1 電腦與建築設計教育

#### 2.1.1 電腦輔助建築設計史

為瞭解目前數位媒材在建築設計教育裡的架構，我們必須追溯到先驅者們所倡導的原創概念。Andia (2002)將電腦在建築學術界所發展出的五種趨勢區分成設計方法、CAAD 視覺化、無紙張的建築、資訊建築、以及虛擬工作室。本研究按年代順序地將電腦輔助建築設計史做一個回顧檢視如下：

##### 2.1.1.1 電腦未發明前的時期：從包浩斯起

18 和 19 世紀時期，在巴黎藝術學院(the Ecole des Beaux-Arts in Paris)的設計工作室裡，秉持的教學方針是一個注重形式化的工作流程步驟(Egber 1980)，一連串的教學步驟具有精緻與複雜的風格，且以平面圖、剖面圖和立面圖的方式作詳細的呈現。自始如一的，設計活動的每一個階段都被仔細的監視與控制(Rowe 1987)，系統化的教學法完全遵循著包浩斯(Bauhaus)對於工藝與視覺感受原則的傳統。

第一所美國專業建築學院於 1865 年時創立於麻省理工學院(MIT)，在本校的前半世紀，布雜藝術式的(Beaux-Arts)與哥德式的復古教學法對當時的美國學校有非常大的影響力。布雜藝術式的教育強調裝飾細部、特定比例與合成背景(Wright & Parks 1990)，針對設計的系統教學法與其對古典傳統的景仰暗示著更多階級式教學法的趨勢。

從 1920 年代開始，在很多設計學院，特別是在加州柏克來大學裡，學生們積極的引領一個生氣蓬勃的活動，也就是一門根據於現代主義主要原則而創的學科課程來取代布雜藝術教學法(Beaux-Arts teaching methods) (Littmann 2000)。學生很快地開始將現代主義設計的形式元素與其計劃做結合，學院內對於繁複裝飾的強調很快的被俐落線條、明確平面與光滑表面的現代風格所取代。現代主義的實行者學會觀看量體、結構與系統，並學會透過建築的形式、技術面與其意義來瞭解建築(Long 2001)。在現代主義運動中將古典時期的建築物定義成純粹是某種量體，而在被建造後，這些建築物一直被當作是放大的物件，而非是建築物。建築物被轉化變成物件，隨後比例也逐漸消失在電腦建模的過程中。

在二次世界大戰之後，出現了我們現在所稱的批判性的重新詮釋，特色是將建築導向更理論的議題，探索過去具有某些建築問題的類似例子，而非探索歷史來源

(Wright and Parks 1990)。戰後的批判歷史學家教導學生去抽離出建築物的情緒本質、動態特性以及與都市背景或地方背景有關的部份。當美國人接受來自世界各地的設計委託案時，這些劃時代的事件亦向學生介紹了有關非西方的建築傳統。

### 2.1.1.2 1980 年代前的 CAAD

自從 1950 年代晚期起，就有人一直嘗試將建築與電腦學結合在一起。大部份這些先驅的努力都是發生在學校，例如在當時主宰電腦學界的問題解決導向與系統化的方法(Simon 1969)。具體的來說，以 Douglas Engelbart 這份具影響力的報告「增強的人類智力：一個概念性的架構」(Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework)而言，該報告於 1962 年 10 月出版，是一份向空軍科學研究辦事處(the Air Force Office of Scientific Research)所作的研究報告，在這份報告中，他描述了電腦是如何幫助一個團隊解決問題並且更有效率地做出決定。在他的介紹中，他概述了一些學科，其中包括可能可以從科技增強獲益的設計課程。

在 1963 年的春季聯合電腦會議(the Spring Joint Computer Conference )中，Ivan Sutherland 介紹了素描板(Sketchpad)，這是一種由麻省理工學院林肯實驗室(MIT's Lincoln Laboratory)所開發出一種在 TX-2 電腦上運轉的原型。他也製作了一段難忘的影片，該影片顯示一位設計師(他自己)靈巧地用一枝光筆操縱著一個互動的平面設計展示 (Mitchell 1986b)。在劍橋大學(Cambridge University)裡，Newman 更進一步地開發具有建築風格且像素描板般的系統，他用了一種系統容許建築師從一個工業化的組成建築系統中選擇並組裝元素。除此之外，在 60 年代和 70 年代時，建築學術界也忙著對建築設計的電腦能力作其他的密集研究。

接著出現的是設計方法的運動。其中最著名的包括：Alexander 的不當變數、Asimow (1962)的設計元素、Jones (1970)的因素、Archer 的潛在問題、Cross (1977)的自動化建築師、以及 Rittle 的以議題為主的資訊。然而，只有一些設計方法理論隱藏在建築學院的少量課程中，且僥倖地被保存下來並成為部份第一代商業電腦輔助設計(CAD)系統的基礎。

### 2.1.1.3 1980 年代與 1990 年代初期的 CAAD

在 1970 年代和 1980 年代初期，大部份的電腦輔助設計研究都是著重在使設計過程自動化以及建築物的視覺化與幾何塑型和概念塑型等問題上面 (Jones 1970; Mitchell 1977; Turner 1988; Stiny 1989)。電腦化於 70 年代中期開始起飛，然後在 70 年代晚期與 80 年代初期以較便宜的個人電腦型態急遽成長，而商業用的 CAD 亦在此時出現(Mitchell 1986a)，然而，雖然電腦證實了個人運算的構想，但是 1980 年代初期的電腦動力少到不足以執行任何有用的 CAAD 功能。一直到 1980 年代中期，IBM 個人電腦和蘋果麥金塔電腦(Macintosh)展示了更快的速度與更多的記憶容量以提供繪圖表現的更高品質，這套電腦系統方才被廣泛接受。麥金塔電腦亦將滑鼠視



窗的互動型式介紹給大眾(Mitchell 1990)。

增加生產力是當電腦進入新領域時的第一個目的。在這段時期，CAAD 被證實是將計劃文件化與視覺化的一項重要工具。儘管如此，建築與電腦科學學術界均對商業用的 CAAD 有意見，尤其是在其過度簡單的本質予以譴責。設計運算(design computing)的研究者認為商業用的 CAAD 是一種膚淺的工具，一種忽視軟體設計的資訊潛力的工具，而許多設計課的老師也禁止在他們的設計工作室裡使用商業用的 CAAD，因為他們擔心學生會學不到傳統的打草稿與設計技巧(Andia 2002)。不像理工領域一樣，在 1980 年代時期，大部份的建築系所並未在他們的課程裡強調數位科技，以及那些著重在高品質的研究與軟體開發而非實用的應用軟體(Sanders 1996)。在當時，電腦偶爾被用來支援補強課程，舉例來說，像是在能源分析或是設計經濟學的課程裡，當時電腦既未被當作是一個全新的媒材來使用，對於設計也完全沒有本質上的影響 (Flemming, Akin and Woodbury 1985)。

一直到 1980 年代晚期，CAAD 課程方才被廣泛地接受，並被納入建築教育的核心課程裡，舉例來說，哈佛設計學院(the Harvard Graduate School of Design)自 1987 年起，就投注大量心力發展 CAAD 網路以支援建築、景觀建築與都市設計規劃等方面的教學與研究。一但這些數位工具可被取得時，它們就開始產生更深刻的衝擊 (Flemming, Akin and Woodbury 1985)，建築學院的老師們開始討論電腦科技對於設計教學方式的衝擊(Schodek 1987)。

#### 2.1.1.4 1990 年代中期以後的 CAAD

CAAD 從原本擔任建築教育的外來者角色進展到 1990 年代轉變成位居主流地位。1990 年代初期由哥倫比亞建築學院(the School of Architecture at Columbia)領軍，設計工作室開始刪除傳統的設計過程並開始用無紙張的格式創作。哥倫比亞無紙張工作室的特色是儘可能地刪除用手畫的設計並且養成對高品質軟體的強烈倚賴 (Cramer and Guiney 2000)。軟體創造特效的能力被用在研究建築物的循環流通、機動性、與程式的變異性，「軟體很快地獲得證實是比表現工具更有用；它開始知會並改變設計過程。」這些使用無紙張的學術界人士觀察到許多被用來描述建築概念的學術合理化或語言因數位媒材而行將過時，視覺化的效果可立刻被測試，並且當場就可做出決定。

網際網路的出現使個人與個人之間的資料與資訊的交換大量增加(Schmit 2001)。在 1995 年，Jerzy Wojtowicz 編纂了一個新的課程叫作「虛擬設計工作室」，該工作室包括省思以「電腦支援合作設計系統的省思」(Reflections on Computer-Supported Cooperative Design Systems)的距離來進行設計工作室主題的論文(Wojtowicz 1995)。該手稿亦包含由哈佛大學(Harvard University)、英屬哥倫比亞大學(University of British Columbia)、麻省理工學院(MIT)、以及香港大學(the University

of Hong Kong)所共同進行的「虛擬村工作室計劃」(VVS)的資料考證。至今該計劃仍是合作設計工作室中最大的原型落實(prototypical implementations)之一。「電子設計工作室」(the Electronic Design Studio) (Mitchell, McCullough and Purcell 1990)一詞的靈感來自於 Marvin Minsky 的「1985 心靈社會」(1985 society of mind)，該工作室暗示著 Mitchell 對於結合 CAD 與網路技術以提供使用者各種互動模式與工製品交換的想法。然而 William Mitchell 於 1996 年以印刷方式出版和網路發行的「位元城市」(City of Bits)一書被認為是一本對一個相互聯結的世界的本質與潛力極具影響力的書，在該相互聯結的世界中，過程曾經是需要真實空間的，現卻被虛擬空間裡的對照物所取代 (Mitchell 1996)。

起初，資訊科技在 1990 年代的長達一學期的課程暨工作室的期間變得受歡迎。該學科不僅獲得追隨者，現在還使學校為此開設新科系與學位課程。其中包括了：瑞士蘇黎士聯邦技術學院(the Swiss Federal Institute of Technology Zurich，簡稱 ETHZ)的電腦輔助建築設計(CAAD)研究所課程(Engeli 2001)、威瑪包浩斯學院(Bauhaus-Weimar)的 infARC 課程(the infARC program)、加泰隆尼亞國際大學的新電腦控制設計課程(the New Cybernetic Design program at Universidad Internacional de Catalunya)、以及衡思勒技術學院(Rensselaer Polytechnic Institute)的資訊建築課程(Informatics Architecture program)。威瑪包浩斯學院(Weimar)和瑞士蘇黎士聯邦技術學院(ETHZ)所開設的科系已經在這領域裡完成了五年的工作，現在並被定位為資訊建築模範的「學術來源」<sup>14</sup>。建築學院裡的作品引發了重要的問題。建築師能在物質世界與數位世界裡成為好的設計師嗎？有可能在這兩種世界中變得具有科技能力嗎？雖然此時下結論還太快，但是在威瑪包浩斯學院和瑞士蘇黎士聯邦技術學院的初步結果卻是非凡的(Andia 2002)。用在電腦輔助建築設計軟體(CAAD)的工具和技巧已經成為建築資訊和溝通科技(Information and Communication Technology，簡稱 ICT)環境的組成元素。對大多數的歐洲建築學校的學生來說，運算和新媒体材也已經成為主要的工具了(Pentillä 2003)。

## 2.1.2 數位設計課程

設計工作室(the Design Studio)這一門課的精神一直是著重在設計的內容和過程。「設計工作室」主要的責任就是內容的創作。因此，對設計師而言，數位科技的批判理解是比科技本身的發展來得重要。這裡所描述的設計工作室這一門課係指以設計的發展為中心主題、以數位為基礎的工作室，而設計的發展可再被區分成「混合設計課程(Hybrid Design Studio)與數位設計課程(Digital Design Studio)。

### 2.1.2.1 混合設計課程

混合設計工作室課程(Hybrid Design Studio)焦點擺在數位媒材和物質材料如何能夠在設計的環境被交互地當作工具使用。這類型的工作室課程的典型例子就是斯圖加大學自 1997 年起就已開設的建築師數位年度的課程，該課程是開給建築研究所學

生的整合課程(Kieferle and Herzberger 2003)。它的概念就是將傳統的設計教學與用電腦工作兩者連結在一起。「應該有用手或用數位媒材所結合成的最大工作自由度。理想地來說，每一個步驟都應該是以任何可得的方式可能且容易移轉成其它的其中一種背景。為達到這個目標，並降低運用平面與立體裡的數位媒材和類似媒材之間的邊界和摩擦，一個整合的輪廓被發展出並被提供合適的發明裝置。素描和平面繪圖在一大比例的掃描器上掃描，然後用影像處理軟體來分析。之後將影像向量化(也就是說，從像素資訊轉成向量資訊)。然後就可用 CAD 或動畫軟體產生出影像，最後再次製作出圖面，以繼續該循環。類似地，立體模型用立體數位器予以數位化，在 CAVE 環境中用 CAD 或動畫軟體產生出立體模型圖，然後再次地將它轉成硬體輸出，但這次是用雷射切割器。」Kieferle & Herzberger 解釋著(2003)。

當在為有想像力的計劃做準備時，焦點已移轉到形態學、理論工作與討論等方面。因為概念是基於這三項，所以變化只影響教學的方式，而非課程的概念。然而，人們可以說因為不是只有教導學生(沒有時間)僅會處理一特定軟體，而是要學會一般的手法，在他們未來的職業裡，他們顯得更加有準備，且對學習額外的新套裝軟體會更有自信。幾年下來，學生現在已將焦點由主要對學習很多軟體的興趣轉變成以創新方式來使用這些軟體。

當筆者 1996 年於科羅拉多大學(University of Colorado)當研究生時，該校研究所的設計工作室課程入門之一的爵士工作室(Jazz Studio)是一門結合設計工作室課程與數位媒材課程的課。指導者是 Bennette Neiman，他運用了類比媒材和數位媒材，如圖 2.1 所示。這門混合設計工作室課程所謂的類比是指設計的材料使用和物質表現，例如：草圖紙、墨水、鉛筆、繪圖、素描、以及各種材料的製作與模型的材料。數位指的是使用電腦資訊科技，像是掃描、映像捕捉、影像處理與建模。整個學期的計劃是由一連串的練習所組合而成的，這些練習是針對獨立的形式設計概念，以企圖從一首爵士曲子建立起基本組織的字彙並形成排序策略，然後結合設計練習的課程並將它們應用在一個更複雜且更多細節的問題上面。所有的電腦技術問題都在數位媒材課裡討論並解決，而設計工作室課程的中心卻是設計內容的開發與數位媒材的應用以創造更有創新的設計(Wu 2003a)。

整學期的課程使學生當他們在物質媒材和數位媒材之間創作時，能熟悉數位工具並明白優點和缺點。繼「爵士工作室」課程之後，Neiman and Bermudez (1997)指導另一個混合設計工作坊，該工作坊係由卡爾頓大學(Carleton University)和猷他大學(University of Utah)兩校的建築系合辦的三天課程。該工作坊探索建築空間是如何地正被媒材和知識份子通知訊息，並正製造與其相關的過程。整個流程和「爵士工作室」課程極為相似，但這次沒有引進爵士樂，取而代之的是玩和詮釋。在 1999 年，Neiman 持續和來自華盛頓大學(University of Washington)的 Ellen Do 帶領工作坊(Neiman & Do 1999)，他們使用遵循著包浩斯的工藝與視覺感受原則的傳統的系

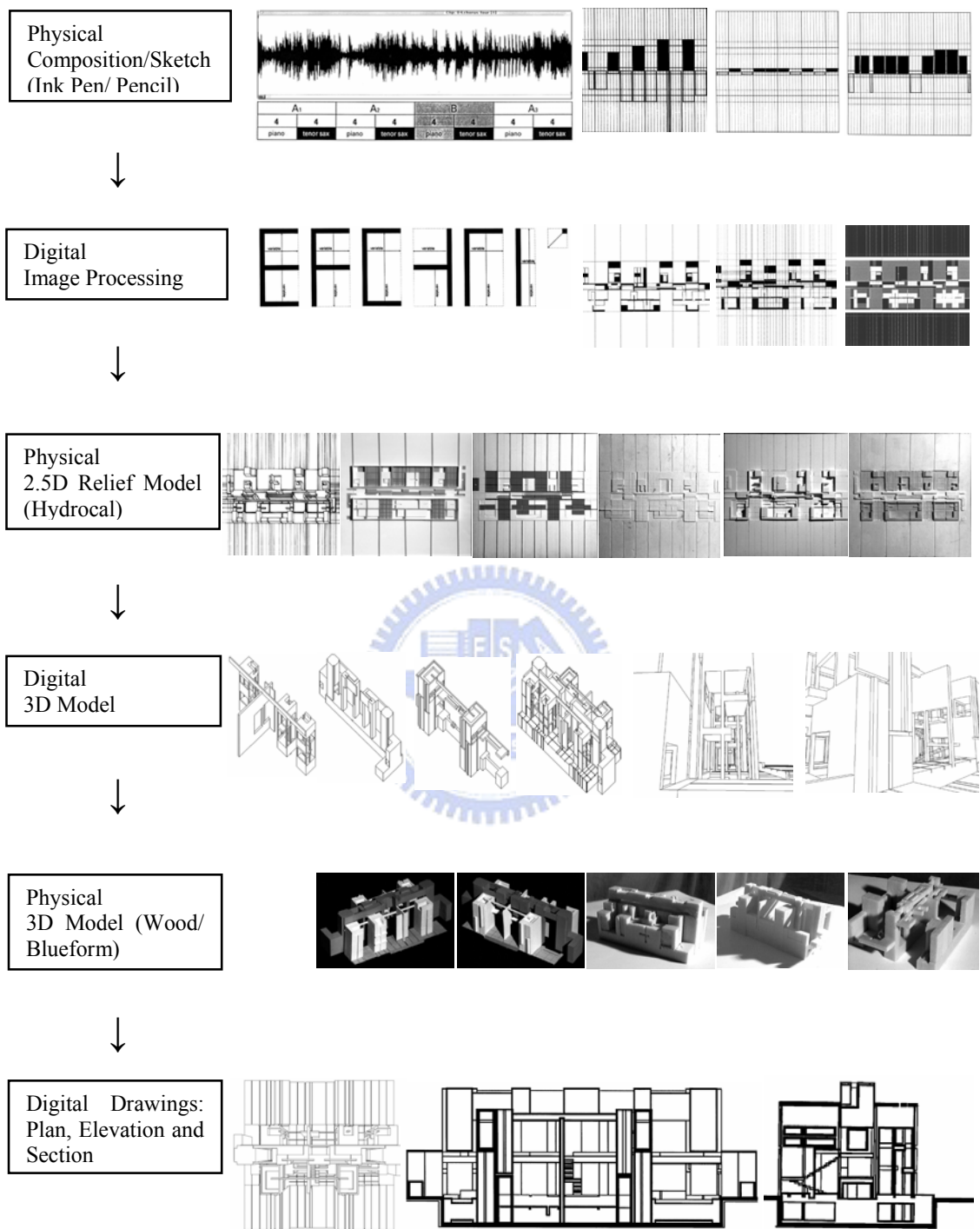


圖 2.1 實體和數位媒材的混雜使用過程 (Wu 2003a)

統教學法。從視覺藝術裡的光的使用、色彩和質地來找到前例，像是 Albers and Moholy-Nagy 的無相機式的剪影照片的玻璃拼貼組合等等。參考資料亦可從 Kandinsky 對靜物畫繪圖的圖表分析以及 Kepes 對視覺語言的點子中獲得。這方法的教學意圖很有名並且被認為是大約在 1955-57 年的德州大學(University of Texas)的教職員所為。尤其是，使用不連續元素和指定元素來製作形式的技巧以「零件組」(kit of parts)教學法而為人所熟知，並且已被許多設計教育者採用以當作是建立一個強有力的設計技巧基礎的一個有效的方法(Friedman 1989)。

### 2.1.2.2 數位設計課程

有一些工作室採極端路線而將物質媒材的使用排除在外。1990 年代初期由哥倫比亞建築學院領軍，設計工作室開始刪除傳統的設計過程並開始用無紙張的格式創作。哥倫比亞無紙張工作室的特色是儘可能地刪除用手畫的設計並且養成對高品質軟體的強烈倚賴(Cramer and Guiney 2000)。

John Marx 在加州柏克來大學所主持的數位設計課程(Digital Design Studio)(2000)宣稱立體設計環境事實上更適合現代建築師的設計習慣。大部份的數位工具的立體本質誘使設計師能用比以前用想像的程度還要更大地立體方式去思考和行動，且較不用倚賴建築師不熟練的立體想像力。從 20 世紀初期的現代建築在本質上已日益變得越來越立體；從 1920 年的孟德爾松(Mendelsohn)的愛因斯坦天文臺(Einstein Tower)到 1950 年的柯比意(Corbusier)的廊香教堂(Ronchamp Chapel)，再一直到 1997 年的法蘭克蓋瑞(Frank Gehry)的畢爾包古根漢美術館(Guggenheim Museum, Bilbao)。想像一下試圖只用平面圖和立視圖去瞭解這些結構。我們現在會發現我們自己正居於一個創造工具已不再適切地符合設計模式的處境中。

今日可取得的硬體和軟體有速度和直覺式的介面，這兩種使直接在「螢幕上」設計建築物不僅是可能而且是較傳統方法更受到偏好。數位設計解決了所有傳統過程的主要限制之一，在這過程中，所有的元素都是可以編輯修訂的。從簡單的初步大塊模型到最後的表現，所有的元素皆能被輕易地更改與巧妙地操縱。使用傳統方法更改設計的話是需要重建模型或是重繪透視圖。但在數位設計過程中，更改可以取消並重做、儲存、然後修改、然後再儲存一次，只要回到最初的點子即可。這數位設計過程的本質就是電腦是被當作一種設計工具。

該課程的結構分成兩部份：前半學期介紹數位設計的過程，後半學期則研究影像創作，兩者皆就單一影像的表現與光線的明暗，以及運用平面圖解法的觀點來看。上課方式分兩種：一堂課是聽老師講課，每週約有兩小時，全班一起參加，另外就是兩堂實驗課，每週四小時，一堂是由教師帶，另一堂則是由助教來帶。聽課部份涵蓋數位設計的使用與適切的理論概念，以及特定軟體應用的示範說明。立體塑型可用各種好用的建築立體塑型程式來教，然而，在這門課裡，卻是選用 Form Z 軟

體，因為從直覺式的「在螢幕上」設計的觀點來看，這套軟體是最建築導向的，而且是最有效的介面。Form Z 軟體並沒有動畫功能，但它卻有可表現陰影以及追蹤射線的功能。就這方面來看，靜止影像表現的能力是十分符合設計師對品質的要求。立體塑型對設計過程是重要的，在這過程中，以程式所創造出的物體表現地就像人們可能在實際經驗中直覺式地「感受」到一樣。相較之下，表面塑型程式或許是最有效的，但儘管如此卻不是直覺的。

在蘇黎士聯邦技術學院開設的數位設計課程指出建築的客觀化是電腦表現與現代建築之間的比較物之一。Madrazo (2000)亦注意到：「按步就班的過程是運用電腦設計的本質，在某種方法論與理論架構中創作是重要的，就是透過這個方法我們才能成功地達到設計師與機器之間的對話。」

工作室的理論內容是構圖、建造、空間、物體、類型、系統、方法與表現。每一個關鍵字代表著一個概念範例，以此範例去分析歐洲本世紀初期的現代藝術與建築的一些美學原則。有了現代藝術，他們明白了表現是藝術創作的關鍵議題。而這亦是用電腦創作的關鍵議題。這些議題會在相關的講課中提及，並提供理論背景給學生去做練習。練習的目的不是要將現代藝術與建築的相關作品重畫或重新塑型。而是期望學生能想出他們對具體表現在這些作品的原則的特別詮釋，並且將這些詮釋應用在創作新作品上面(Madrazo 2000)。

在阿得雷德大學(the University of Adelaide)的數位設計課程架構裡主要有七大項。它們是目標、任務、資源、交件規定、自我評估、專業評估、與延伸任務。以下是名為「以 Frank Gehry 的語言雕刻量體」(sculpting solids in Frank Gehry's Language)的例子。

- 目標：探索另一個建築語言的例子並發展使用布林操作系統軟體(boolean operations)的技巧。造訪下列網站以探索蓋瑞(Gehry)的作品並在巴爾·史密斯圖書館(the Barr Smith Library)館藏的期刊書籍裡研究他的想法。網站是 [www.frank-gehry.com](http://www.frank-gehry.com)。
- 任務：選用法蘭克·蓋瑞當作建築語言的例子是很特別的，因為沒有使用立體電腦塑型的話，他的許多建築物是不可能完成的。他執著地將傳統 2D 平面建築法的範圍推成 3D 立體，以創造出 20 世紀晚期建築部份最壯觀的形式。雕塑完模型之後，用 200 字簡述有關你相信的蓋瑞建築語言精髓是什麼。在你的討論報告中，敘述你用 Form Z 軟體在創造你的形式時的任何發現或困難。
- 資源：下載檔名sculpt.zip的資源檔案。解壓縮檔並儲存在 f 槽底下名為 sculpt 的資料夾裡。提供 forms.html 這個暫存檔在虛擬畫廊上展示你的作品。在本練習中，提供了範例檔案 cube.fmz。

- 交件規定：用檔名為 `explode.zip` 的壓縮檔提交你的作品。200 字的敘述說明需置放於虛擬畫廊展覽的“主體”區域。將你的作品提交到虛擬畫廊「第四課：雕刻形式」(Tutorial 4: Sculpting forms)。
- 自我評估：你已在你的形式裡掌握到畢爾包(Bilbao)的有機本質與其它的例子嗎？你考慮過材質和色彩嗎？你有信心使用布林操作系統軟體嗎？你曾嘗試其他操縱你的形式的方式嗎？你瞭解什麼是形式不良的物體以及該如何避免嗎？你曾討論過你認為的蓋瑞建築語言精髓是什麼嗎？你曾討論過你的形式產生的發現和困難嗎？
- 專業評估：在形式裡有掌握到蓋瑞建築語言的有機本質嗎？材質和色彩的選擇是選自蓋瑞的調色盤嗎？形式製作有專業地說明了布林軟體與其他形狀操作器的使用嗎？創造這個物體有形式完整嗎？文字內容傳達了學生對蓋瑞建築語言的理解嗎？
- 延伸任務：作為一個延伸，嘗試去創造一些網孔，並且用嵌入而非合併的方式將它們加到你的形式。這裡所謂的嵌入你的形式意味著形狀實際上並不是被加入形式裡，而只是攔截形式罷了，以產生在表現時是全部當中的一部份的印象。當你在處理複雜的形狀時或是當你想要使物體保持分離狀態而非將整個合併在一起時，這方法是非常有用的。

### 2.1.2.3 虛擬設計課程

建築師和研究者不僅開始著手形式的議題，並且還思考人類活動是如何橫跨真實世界和虛擬世界。他們提出有關實施建築數位媒材的另類點子，並宣稱建築應該是和設計類比空間和數位空間有關(Mitchell 1995)。虛擬距離工作室課程係學生在許多以真實距離間隔很遠的地點用網際網路的方式通力合作同步進行的課程。當這些工作室課程展開時，憑藉 Wojtowicz 等人的先驅努力，已著重在強調發展合作技能，而非設計方法論。事實上，設計計劃超越一棟房子的複雜性是罕有的，而且全部學生共同為相同的計劃通力合作亦是罕有的。我們懷疑會這樣是因為合作者之間在溝通設計意圖的細微議題時所產生的困難所致，特別是當合作者來自不同文化時。因此在 Danahy and Dave 的工作室裡，學生彼此通力合作，以瞭解他們正在設計的外國地點的背景，但是他們在設計方面並不合作。

在數位溝通方面的進步已經促進一個新的賦予特別權利的科技的成長，該科技使位居各地的每一位皆有互動的機會(Cornell 2002)。當合作學習的科技演變並且成為大眾可獲得的科技時，使用遠距離電訊科技與網際網路的合作學習工作室開始探索如何將電腦施行在學術界。英屬哥倫比亞大學和麻省理工學院在工作室練習中測試遠距離合作學習的非同步與同步的技巧。佛羅里達國際大學(Florida International University)和德州農工大學(Texas A & M)共同促進了建築學院的國際聯合協會(Andia 2001)。加州柏克來大學和史丹福大學的整合設備工程中心(CIFE at Stanford University)對建築、工程、與營造土木等科系的學生進行多項跨科系的努力(Kalay

1995)。

### 2.1.3 數位媒材課

建築領域的數位媒材課主要是有關透過操縱設計主題的方式來探索數位媒材的應用與開發。然而，重點是擺在數位媒材本身，而非設計的內容。

#### 2.1.3.1 資訊建築

資訊建築的領域是在 1990 年代晚期出現並成爲一個受歡迎的科目。它甚至使學校爲此開設新科系和課程，例如瑞士蘇黎士聯邦技術學院(the Swiss Federal Institute of Technology Zurich)的電腦輔助建築設計(CAAD)研究所課程(Engeli 2001)、威瑪包浩斯學院(Bauhaus-Weimar)的 infARC 課程(the infARC program)、加泰隆尼亞國際大學的新電腦控制設計課程(the New Cybernetic Design program at Universidad Internacional de Catalunya)、以及衡思勒技術學院(Rensselaer Polytechnic Institute)的資訊建築課程(Informatics Architecture program) (Andia 2002)。

結果是運算現在已經是建築系的大學部課程裡的一個整合部份。大部份的主要工作室都充分地配備網路，而且一間配備有各式各樣的工作站環境、立體掃描、快速射出成型(prototyping)、影像編輯、與其它功能的多媒材工作室正開始影響著整個工作室的環境。學校也有一個新的資訊建築(Informatics in Architecture)的在職專班碩士學位：它所支援的實驗工作將有助於使採用新媒材的教學法變得清楚明白。這個課程的目標是發展有關科技的敏感性以及有關其在設計方法裡的角色概念化。在持續挑戰內含在計算工具中的偏見的同時，該課程亦使學生沉浸在科技中。

#### 2.1.3.2 CAAD 課程

在香港大學裡，Kolarevic (1998)開設一門實驗性的 CAAD 課程，以提供理論介紹與透過密集的實用工作來發展技能，其主要目標在於培養學生使用電腦科技表達想法、分析資料、探索和呈現設計概念的能力，以及使用電子設備溝通和收集資訊的能力。修完這些課程的學生對使用各種電腦工具與立即應用在設計工作室和其它課程的技巧有基本的知識和足夠的實用技能。

在第一門必修課 CAAD I 裡，透過涵蓋理論概念與實用技能建立練習的傳統講課方式介紹繪圖、打草稿、影像處理、立體塑型與視覺化、頁面排版與網際網路發佈等等的應用軟體。在第二門課 CAAD II 裡，有關塑型、視覺化、資料考證、與呈現設計等的技巧，連同基本原則一同做深入研究。該課程係根據一套強調使用電子媒材來收集、散發、呈現、轉變、詮釋、與抽離資訊的練習。其中主要的目標之一就是使學生能夠從事對形狀、形式、與影像等的抽象探索。



在課程的一開始，每位學生都會被要求挑選一個自己有興趣的物體，並且上網找相關資訊，例如是文字和影像。學生挑選的物體範圍是很廣泛的：喜劇卡通人物(米老鼠、卡文)、運動明星、汽車、樂器、飛機、流行樂團等等。令他們十分驚訝的是，沒有一位學生挑選和建築有關的物體。第二項練習則針對收集來的資訊的呈現。學生用文書處理軟體使用在第一步驟所收集到的資訊來簡短描述所挑選的物體以創造為數一頁的版面。就在前兩項的練習焦點擺在相關資訊的收集與其用電子媒材的呈現，緊接著的練習焦點是擺在透過詮釋來將所找到的資訊轉型以及萃取新資訊。在新的練習裡，學生必須重新構圖形狀並用轉換、旋轉、調整比例、投影、與複製變形等方式來創造不同的構圖。接下來的練習組就更抽象了。每位學生會被要求挑選之前所創作的平面構圖並用它當作一個基底的繪圖，以創作出兩種不同的立體模型，一種是用壓模成型的方式，另一種則是將現有的平面形狀旋轉的方式。



圖 2.2 從重新構圖形狀到用使平面形狀壓模成型的方式來創造一個立體物體

在接下來的練習中，學生將兩種立體模型結合成一種，並要求他們創造出一個抽象的立體物體－「空間實體」。在接下來的練習組中，學生從抽象轉到具體。他們必須「建立」為已創造的立體形式建立根據，並把已創造出的「空間實體」分類為具有某些材質屬性的物體。接下來，他們用試算表軟體(spreadsheet software)來計算已製造出的物體的某些屬性(體積、成本、表面積等)。在最後兩個練習中，學生用桌上型個人電腦與網路發佈程式來呈現這個學期努力的過程和結果。

Wu (2004)在中華大學指導的「進階電腦輔助建築設計」(Advanced CAAD)課程是為將數位工具和設計做整合而發展出一個課程。該課程目標是為要讓學生明白何時以及什麼樣的數位媒材可使用，以改善設計過程的對等活動，更重要地是，讓學生明白整合一大範圍的數位媒材的益處。鼓勵學生將他們現有的工作室計劃當作本 CAAD 課程研究內容的一部份，而作業流程和工具則由指導者提供，課程大綱如表 2.1 所示。

表 2.1 進階電腦輔助設計課程規劃表 (Wu 2004)

CAAD Process	Context	Digital Tool	Rule
1. Information Collection	Meeting Digital Eisenman	WWW Digital Camera Scanner Dreamweaver Flash	Explore how to search and share information on the digital environment.
2. Data Analysis	Interpreting Eisenman's Language	Photoshop Illustrator	Use digital photo processing (pixel-information) and graphic techniques (vector-information) to decompose images and compose collage.
3. Concept Generation	Transforming Eisenman's Language	Photoshop Illustrator Form Z 3DS Max	Generate ideas from 2D and 3D shape and form making tools.
4. Design Development	Sculpting Your House with the Transformed Language	Form Z 3DS Max	Experiment with manipulating tools provided by Form Z, 3DS Max, Maya or other 3d modeling tools.
5. Detail Design	Designing the House	3DS Max AutoCAD	Manipulate the model more and apply color, light and texture to it.
6. Design Representation	Visualizing the Aesthetics	Premiere After Effect Power Point Pagemaker	Integrate the design to sophisticated digital presentation including static images and dynamic animations.

## 2.2 教育科技

儘管學校教育已在人類活動中實施了好幾千年，儘管教育一直都是歷代傳承文化的主要方法，但是也許只除了由中國人在西元第二世紀發明的用墨版印刷的印刷機之外，教育或學習並未從人類發明的工藝品中獲得好處(Chan et al. 2001)。在過去人類活動的 5000 年中，能辨認出一些人類的發明，這些發明對教育有重大影響。第一項發明是大約 500 年前由德國的古騰堡(Gutenberg)重新發明的印刷機。這項發明導致印刷作品的快速增加，並使西方的知識傳播變得容易(Cornell 2002)。第二和第三項發明是電腦和網際網路，這兩項分別是在 1950 年代和 1990 年代發明出來的。電腦和網際網路的發明不僅增加知識產生的速度，而且亦改變知識是如何傳送給每一個人的方式。

### 2.2.1 教育科技史

我們專業的祖先始於洞穴人時代。然而，為快速的原型學習發展而使用的科技發生於第二次世界大戰期間(Cornell 2002)。學習專家、行為心理學家與視聽產品的創意藝術家被徵召來訓練數百萬的退伍人員。這樣的訓練必須是有效率且有效力的，因此，16 mm 膠卷底片被採用，看圖器(實物投影機)被發明，並且訓練器具也被改

良。並發展模擬科目，使軍事人員能夠在實際上戰場前，有戰術上的戰爭比賽。軍方利用媒材設計來研發方法以加速學習，而結果是成功的。

在 1960 年代及以後，運算能力以閃電般的速度由為政府單位設計的單一用途轉到為個別用途與多重應用的設計。當衛星漫遊於天空時，電視被運用以克服長距離，為世界架起橋樑(Fletcher 2003)。就在同時，無人操縱的火箭被改良，結果卻只是為了將那些載著珍貴的人類的火箭送往高處。最後，太空計劃因眾多的國際伙伴一起為共同目標努力而變成是全球性的計劃。太空計劃的快速進步也看見了很快就開始載著乘客飛越海洋的現代噴射機的發展與使用(McLuhan 1964)。這世界開始縮小。

1980 年代因更多的創新事物而現曙光，而且桌上型電腦開拓了數百萬人的視野，並使數十億的人無用武之地(Laurillard 1993)。科技的不公平開始被看見。

在 1990 年代到來之時，世界各地的人發現網際網路(Kristof and Satran 1995)。出現觸角延伸至每個國家的單一科技組織。亞洲的僧侶和古歐洲修道院的修道士一同上線，如同太空人、蘇聯太空人、及其子孫一樣一起上網。祖父母也發現了網際網路。這方面的訓練在美國和對世界各地三十億的人口而言，變成是一項價值數十億的企業。為控制我們學習者的心靈的比賽速度加快了，並且競爭激烈的程度幾乎是無人能想像得到(Cornell 2002)。焦點擺在建立針對不同通訊載波的指導系統、以電腦為基的虛擬教室系統、以及多媒材課程教材(Wei and Su 1997)。許多的網際網路教育計劃透過使用視聽與電腦科技，像是 A/V 設施、影像處理、回音處理、教室設計、以及其它相關裝備等方式來使用一個多媒材環境，以創造一個優秀的教育活動(Tu and Twu 2002)。

網際網路與數位廣播的出現在我們的環境裡以指數般地增加資訊量，而我們接收資訊的形式已從印刷媒材轉變到包括影像的電子媒材。此外，資訊本身的形式正經歷重大的多樣化，從大眾媒材來源，像是報紙和廣播，到個人媒材，像是網際網路；同時，有一定量的交叉，因為舊有的大眾媒材亦在網際網路上提供資訊。從資訊發送者的人數遠比接收者的人數少很多的事實來看，儘管個人媒材的擴散普及，大眾媒材應該考慮社會價值的多樣性，並且應該設定更高的標準；而一般百姓則應該積極參與媒體社會，並主動知道有關的議題和科技。

在過去三年，線上學習已被認為是一種終生學習的工具。一般咸信這項由網際網路支援的學習新方法使學生能夠在任何地方、任何地點學習，促進積極且獨立的學習、並支援專家與新手之間的對話(Lim 2001)。教育機構被期望能取得並整合線上學習系統，以便為了涵化學生成為終生學習者；知道如何尋找出新資訊的學習者是批判性地思考，並且顯現出主動迎接變化快速的世界的挑戰的精神。這項事實正在

改變我們的社會並轉變我們的教育典範(Leh 2002)。

在 1960 年代晚期，一群群的研究者開始探索「以資訊結構導向的」(information structure-oriented)教學法的更大潛力，以表現人類認知與學習(Carbonell 1970)。根生於早期人工智慧的研究，研究人類如何學習、精通技能，與界定科目範疇的研究終究導致一個現稱為「智慧指導系統」(Intelligent Tutoring System，簡稱 ITS)的新發展。「智慧」在智慧指導系統的內容中，係指特定的功能實用性，該功能實用性是智慧指導系統發展的目標。這些功能實用性與在舊有的電腦指導教學法(Computer-Based Instruction，簡稱 CBI)中所找到的功能實用性不同。它們需要智慧指導系統來：

- 即時地與隨時地產生指導，當個別學習者要求時，並且
- 支援混合的主動對話，容許科技與學生或使用者之間不拘泥形式地討論。

在過去幾項因素阻礙了「智慧指導系統」科技的發展(Sleeman & Brown 1982)。第一，人類認知科學在運算的早期仍相當不成熟—特別是從電腦塑型的觀點來看。第二，複雜的塑型與以規則為主的系統需要(當時和現在)相當多的運算能力。後續在電腦科技與認知科學的進步已經提供「智慧指導系統」科技發展的基礎(Woolf & Regian 2000)。「智慧指導系統」的發展將被更進一步地予以輔助，當學習內容以指導物體的形式變得普遍受到歡迎時。當這些物體被創造，尤其是當這些重複使用的資源的收集範圍擴展時，它們可即時地為後續的發現、選擇與組合而分類。

## 2.2.2 學習理論

教育科技表示對各種支援學習的科技的研究與施行。除了將焦點擺在資訊與溝通科技對教育的衝擊之外，有關如何、什麼、何人、何時、何地、以及為什麼要學習之外，值得注意的理論的產生與支持持久研究的結果也是重要的(Chan et al. 2001)。

這是科技進步的速度較教學理論與心理學理論快速的現象；儘管如此，能利用合作學習的、個別學習的、以及互動學習的教育科技的新心理學發展現在已經出現了。當然，在過去，教育科技的領域十分強調科技的進步，包括教學授課技巧的過程與方法論(Kozma 1993)。

這項教學授課技巧的焦點係針對「設計以清楚的、結構完整的、且有效率的方式來教授內容與技能的教育體系」(Kraidy 2002)。然而，最近新興的學習理論，例如情境式的學習(Lave & Wenger 1991)與認知師徒制(Collins, Brown & Newman 1989)，均已相當程度地導致對教育科技觀點的改變。這些改變使教育體系的設計從教轉變成學、從教育目標轉變成提供便利設施的環境。這些改變也對以科技為主的學習環

境的设计有巨大的影响(Heinich 1984)。

### 2.2.2.1 建構主義的理論

建構主義(constructivism)的學習理論暗示教育是一種具創造力的人類活動，而且其學問主張亦非絕對的(Driver and Oldham 1986)。建構主義者企圖將以老師為主的指導主義(instructionism)、與傳統的說教式教育模式，連結到由學生所帶領的發現學習、漸進式的教育模式。Driver and Oldham 將建構主義式的教學描述成以許多步驟為特色，例如是定向輔導(orientation)、誘發、與想法的重新建造。建構主義式的方法強調學生在學習過程中的參與以及新學習的先前知識或概念化的重要性(Kerka 1997)。

Schon 對「行動中的反省」(reflection-in-action)的觀念暗示建構主義式的學習過程，特別是在像建築方面的專業學科的教學方面有效(Datta, Morison and Roberts 2001)。行動變成臆測的工具，且學習在反思演練中產生。這樣的夾帶行動與反省的過程構成了反省式的製造「更高階」(higher-order)的過程。

所提出的範例是一種允許學生更充分參與在學習過程的方法，這過程將影響他們對概念的理解。這個教學法的根本理論是由 Kozma (1993), Salomon (1993) 與 Salomon 等人(Salomon, Perkins and Globerson 1991) 所倡導的「媒材理論」(media theory)。根據這項理論，媒材與學習之間有一個偶然關係。每一種媒材都有個偶然機制，當學生與媒材的功能互動時，認知過程和社會過程會受到這個機制的影響。根據這項架構，我們相信藉由將電腦整合入設計工作室裡，不僅製成品(也就是：設計的解答)將被提昇，而且當作是一種認知過程的設計過程也會改變。就提昇產品的觀點來看，我們預測將可得到一個空間豐富且精密複雜的計劃。就提昇過程的觀點來看，我們認為學生將採用不同設計的決定策略。如果科技工具能被適當地思考和執行的話，那麼科技工具應該啟動認知的決定策略與形而上的認知決定策略。它們都是補充和延伸心靈的以運算為主的工具。

### 2.2.2.2 情境式學習的理論

情境學習主義(situationism)，或是情境式學習的理論，是包含在建構主義裡的。它是根據建構主義的特色，大意是說學習是因參與真實活動而引起。換句話說，學習有賴於學生在「真實世界」中遇到的活動或問題。缺少環境背景的活動是欠缺與學習者真實生活的有意義的、真實的連結。藉由這些真實活動，「知識在情境環境裡獲得，並僅轉移到相似的情境」(Stein 1998, p. 1)。因此，情境學習主義強調知識與技能是在有環境背景的情況下學到的，透過這些環境背景創造出意義。情境學習主義主要針對學習教材與學習者的需求和關注的事之間的關係。學生所學習到的知識是和真實生活的情境有關(Lankard, 1995)。誠如 Lave and Wenger(1991)所指出的，將學習情境化意味著將想法和行動置放在一個特定的地點和時間，亦意味著將其他

學習者、環境、與活動一併納入，以創造意義，同時也是意味著在特別的環境中，找出專家所用以完成知識與技能任務的思考過程和動手做的過程。

從它的名稱，情境學習主義暗示著學習「情境」或學習的環境背景。然而，情境學習主義並不單指這項特色。除此之外，Kristof and Satran (1995)亦指出其他的情境學習主義的特色，這些特色被列在下列的表 2.2，理論根據列在特色的後面。

表 2.2 情境學習主義的特色與理論根據 (Kristof and Satran 1995)

特色	理論根據
散佈智力	知識存在於學習者身上、日常生活、媒材、文化等等。知識是散佈在我們的四周。知識是透過與環境的互動而獲得的。
真實的學習活動	如果學習是發生在真實的環境背景中，那麼學習將是有意義的。透過真實的學習活動，學習者將創造出意義。學習者不僅僅是接收到和他們真實生活不相關的事實。
專業認知師徒制	在情境學習主義裡，老師和程度高的同儕扮演協助者或訓練者的角色。他們提供學習者認知鷹架輔導模式，以便為了學習者能使自己融入學習中。
連續性的評估	在情境學習主義裡，學習與評估是一體兩面。評估通常是結合真實活動，像是解決問題、檔案評量、報告等等的活動。
協力的社交互動與參與	認知是一種複雜現象。知識源自於專家與學習者之間的互動。情境式學習鼓勵學習者之間的合作且協力的學習。因此，唯有在團體或團隊中才能達到社會互動。
教師的協助角色	教師不僅知識的唯一來源。隨著教學法的改變，今日的教師是扮演鼓勵者、以身作則者、訓練者、與輔導者等角色。他們鼓勵學生積極參與活動並提供他們適當的協助。

將情境學習主義應用在教室裡，情境學習主義整合了內容、環境背景、社區與參與，茲就這幾項說明如下：

- 內容：情境學習主義強調環境是充滿智力的。這些智力(或是真實內容)就在學習者的真實生活中。因此，日常生活的交易提供學習者接近環境與探索問題情境的機會(Stein 1998)。
- 環境背景：透過真實活動來創造知識與協商意義。也就是說，在真實的環境背景中習得的知識將反映出知識是如何用在真實的情境中(Lankard 1995)。如果學習者在適當的背景中體驗真實的事件，那麼他們將會應用該知識於相似的情境中。

- 練習的社群：在提供學生真實活動的環境背景裡，學生彼此在學習社群裡互動著。與強調互動的建構主義類似，互動在情境學習主義裡亦扮演重要的角色。藉由在學習社群裡的社交互動，學習者能夠協商意義並建構知識，以便為了與學習社群裡的參與者分享知識。歸結地說，社群提供互動的機會。
- 參與：具不同知識背景的學習者能夠透過參與彼此分享他們的經驗。“參與描述想法的交換、對問題解決的嘗試、以及學習者積極主動的融入彼此與指導材料 (Stein 1998)。”藉由與其他人互動的方式，知識在學習者之間被建立起來。

以網路輔助語言學習(Network-Assisted Language Learning, 簡稱 NALL)課程為例，情境學習主義在線上討論裡被實際應用。第一，在線上討論裡，他們在討論版上張貼真實的問題。該問題是「美國為何攻打伊拉克？」在他們的心裡，這一次，美國並沒有合法的理由去攻打伊拉克。在這些情境下，不管世界其它國家的否決，美國為何仍然要攻打伊拉克？因此，根據情境學習主義，這是一個由真實世界所演繹出的問題(也就是：內容)。第二，線上討論版提供我擴大與豐富我對這問題的觀點的機會。藉由討論版，他們能夠從同學身上得到很多的看法。每一位同學對美國和伊拉克之間的戰爭各有不同的觀點。全部同學彼此就相同的主題從不同觀點互動。因此，學習社群的互動在線上討論裡是生效的。第三，透過協力合作學習、同學們之間的互動與參與，意義被創造或協商。換言之，同學們針對問題的主題的觀點擴大了我的知識體系。他們不僅是被我侷限在我的思考裡，他們現在改編他們的思考，然後，建構一個多面相的知識體系。第四，同學在主題討論中擔任協助者的角色。每一個人致力於主題的討論並充份地思考主題。在討論版裡的社交互動不僅協助他們積極地和我的同學合作，而且還提供我認知鷹架輔導模式。透過討論、互動與協力合作學習、意義的協商等等，知識體系被擴大與增廣。

### 2.2.2.3 認知師徒制理論

認知師徒制是由傳統的師徒制所得到的靈感，並且創造一個有意義的社會環境背景，在這環境背景中，學生被給予很多機會去觀察並學習專業經驗。藉由透過活動與互動來涵化學習者以融入真實經驗裡的方式，學習者能夠發展出執業人士的認知技能(Collins 1996)。根據 Collins, Brown and Newman (1989)，認知師徒制強調在專業輔導之下，解決真實世界的問題，該專業輔導助長認知技能與過程以及形而上的認知技能與過程。為實際應用認知師徒制，Collins 等人(1989)提供了六項的認知師徒制的指導方法－示範(modeling)、訓練(coaching)、鷹架(scaffolding)、闡明(articulation)、反思(reflection)、與探索(exploration)。根據 Tharp(1993)以及 Tharp and Gallimore (1988)與協助學習過程有關的創新著作，Bonk and Kim (1998)最近詳述並擴展認知師徒制的理論架構，以在適當時機，涵蓋質問(questioning)、建造學習活動(task structuring)、表現回饋或管理(performance feedback or management)與直接教學(direct instruction)。重要的是，這個修訂過的架構是為成人學習環境而設計的，茲於表 2.3 摘述原始的六個方法。

表 2.3 認知師徒制的六種指導方法 (Collings, Brown and Newman 1989 )

方法	說明
示範	提供學生機會去觀察專家的經驗。學習情境必須涵蓋專家是如何執行其學習活動的樣本。
訓練	以提示、鷹架、回饋、示範、目標設定與提醒物的形式協助學生，當他們在進行學習活動時。
鷹架	由老師提供暫時的協助給那些在進行部份學習活動有困難的學生。支援能夠採取建議或直接協助的形式。「淡去」(fading)包括逐漸移除這項支援，一直到學生可自行完成學習活動為止。
闡明	需要學生清楚表達他們對自己正在解決的問題或主題的知識、推論過程、或解決問題的過程。「闡明」可讓學生有機會進行對話，說出自己的想法，或是在合作學習的活動裡擔任監督者或評論者的角色。
反思	提供學生一個機制去將他們形而上的認知過程外在化，因此，開放過程以供評量。「反思」使學生能夠把它們自己解決問題的過程和專家、同儕的問題做比較。
探索	邀請學生獨立解決問題。一般而言，指導者設定一般目標並教導探索策略。然後鼓勵學生在學習活動中，去針對特別的次要目標，或是甚至修訂一般目標以便為了想出他們自己的解決方法。

認知師徒制裡的輔導經驗的概念符合 Vygotsky (1978)介紹的「趨近發展區域」(the zone of proximal development, 簡稱 ZPD)裡的輔導與合作學習的概念，這是由獨立解決問題而決定的實際發展程度與由透過成年人的輔導或是與更多有能力的同儕合作學習而決定的潛在發展程度之間的距離。

從這觀點來看，「趨近發展區域」是在一個特定的社會體系裡，透過專家以及更多有能力的同儕的協助而發展的。在一個社會層面上，曝露於策略、技能、和其他人的想法，是能夠被個別地佔用並內化成獨立的解決問題的技能。這是暗示說，爲了要學的更好，學習者必須處於社會的和實用的環境背景中，且這背景需含有學習技能與知識。在這份報告中，以個案爲主的學習工具和特色是依據 Vygotsky 的社會文化觀點來描述。



## 2.2.3 電腦輔助學習

### 2.2.3.1 學習科技

隨著先進科技，我們未來的學習環境將受到兩種現代科技的影響。一種是逐漸顯現的無線寬頻網路科技(Tu and Twu 2002)。透過這些網路，學生能即時地得到學習教材並接受學習輔導。同時，學生能觀察他們的學習環境並透過各種監督設備，像是可能透過無線或寬頻網路連結的照相機與線上網路軟體等等，來和他們的同儕溝通。另一種現代科技是新興的既輕量且手攜式的運算發明，例如筆記型電腦、桌上型電腦、WAP 手機、以及個人數位助理(PDA)。學生能夠透過這些發明而隨身「攜帶」學習教材。他們可以隨時隨地儲存、抓取、觀賞、並使用學習教材。

無線技術與網路技術的進步將改善學習者的觀點，使學習社群的組織化變得容易，提高學習同伴與教師之間的互動的量與質，並且延展知識轉移的機會(Druckrey 1999)。輕量且手攜式的運算發明的進步將改善學習教材的可得性。因此，學生能夠隨時隨地學習。不論何時何地，當學生想要的時候，他們都能夠便利地藉由從學習網路去抓取以及藉由從學習體系中被推出等兩種方式來取得學習教材。同時，學生能夠不受時空限制地要求輔導。為達到以上的目的，學生的學習行為能被儲存在資料庫裡。而且，學習與教學策略亦能被追蹤與儲存在資料庫裡。因此，教師能夠隨時隨地透過網路瞭解學生的學習表現。

已經在目前的教室裡大量的研究與實驗以上的學習科技應用軟體，以改善學習表現。舉例來說，在台北南湖國小(Nanhu elementary school, Taipei)裡，由學校指導者與研究者組成的數位團隊針對學習環境裡的新科技如何能改善學習表現而做實驗。「我們用電子書包(e-bag)或是 PDA 來取代以紙張印刷的教科書。教師能夠在教室使用電腦互動課程軟體來授課，並且迫使學生適應用電子書包小考。教師能夠利用學習中心裡的學生表現分析程式的幫助來線上收集學生的學習狀態。另一方面，他們可被用來建構新的學習環境。」主要計劃召集 Yang (2001)解釋著。他舉了一項作業為例：「教師能要求學生去研究環境是如何影響水質，教師能指派各組的學生到沿著河流的不同地方。每一組學生能收集資料、與其它組交換想法與資料、並用他們的電子書包寫報告。同時，教師能根據學生的要求將學習教材放到學生的電子書包裡。」

### 2.2.3.2 進階分散式的個別學習(Advanced Distributed Learning, 簡稱 ADL)

與教育與政府、學術界與企業裡的訓練趨勢相結合並受其影響的電子學習裡的發展激勵「進階分散式的個別學習」(ADL)的率先開始。使用科技來提昇學習的驅動力開始於研究人們是如何學習，特定地說，他們是如何最有效力地且最有效率地學習。學習研究已被進行多年，且常常發現有效地使用資訊科技能提昇學習經驗，同時又能改善效率並降低成本。使用資訊科技在教學方面能解決這個問題，因為它即

時、隨時因應要求的適應能力能在可負擔的成本範圍裡提供個別化的教學，並應用一致性的教材內容，該內容可靠地導致可客觀地測量學習結果。因此，經驗主義式的研究已引發對於運用教育與訓練科技的興趣，其中這些科技是基於資訊科技日增的力量、容易取得與負擔得起的特性。

與課堂上的學習相比較，這些研究已經發現資訊科技能夠調整教學的步調、因果關聯、內容與方法，以更加適合每位學生的學習風格、興趣與目標(Fletcher 2003)。然而，即便是透過時下最通用的資訊科技的使用---像是網路教學、互動多媒材教學與「智慧指導系統」等，以此來實現改善學習效率的承諾仍然得依賴這些科技的能力，以足夠地為個別需求量身打造優質合適的教學。簡言之，與一對多的課堂上的學習相比較，一對一個別化的科技教學為主的能力可能可以趨近、也許還能超越一對一指導的效力(Wei and Su 1997)。

資料轉換到網路學習內容的前面幾個階段是直接將現有的產品從光碟片授課方式改編成線上授課方式。網路最初一開始只不過是用來當作一個替代的散佈媒材。內容依然是單一的(也就是說，是被當成一個連續整體而設計，以用來處理一套特定的學習目標，並且不容易被分解成具有意義的重複使用潛力的構件)。在某些方面來說，網路內容依舊專屬於其有前後關係的環境與發展環境。為表現內容，使用者被要求下載獨家專有的瀏覽隨插即用裝置以處理不連續的內容顯示格式。就其在重複使用是有價值的環境裡的彈性變通能力而言，早期的以網路為主的學習內容仍是脆弱的，仍有賴於獨家專有的時間排序與網路導航的解決方法，這些解決方法未必一致性地適用在多重環境中(Gibbons and Fairweather 2000)。

第二代以網路為主的「編著系統」(authoring systems)開始更充份地有分離內容的想法以及控制內容顯示與呈現的邏輯，當以伺服器為主的堅強學習管理系統(Learning Management Systems)的潛力變得明顯時，主流的學習社群的「編著工具」(authoring tool)的研發人員便開始與「智慧指導系統」社群的「編著工具」的研發人員有類似的概念。可重複使用、可分享的學習物體與有適應性的學習策略在不同的學習社群之間變得有共同點。

### 2.2.3.3 可分享的課程物件參考範例(Sharable Course Object Reference Model，簡稱 SCORM)

「進階分散式的個別學習」(ADL)的建築師很早就體認到在分散式的個別學習法裡，是需要詳述學習內容及其分類、儲存、與呈現的參考範例。「可分享的課程物件參考範例」(SCORM)代表一個想給電子學習一堆能被普遍接受與廣泛施行的標準練習的對等範例(Navarro and Shoemaker 2000)。

SCORM 幫助確立以網路為主的學習環境的技術基礎，在其最簡單的情況下，它是

參考一套爲了迎合對學習內容與系統的高程度要求所設計的互有相關的技術標準、規格與指導方針的範例。SCORM 針對學習物件而解說一個「內容集合體範例」(Content Aggregation Model)與「電腦運轉時的虛擬機器狀態」(Run-Time Environment)，以支援根據學習者目標、偏好、表現與其它因素(像是教學技巧)的具有適應性的教學。SCORM 也針對根據學習者需求的動態呈現而解說一個「時間排序與網路導航」的範例。

許多的機構組織都已經在從事不同但密切相關的電子學習科技(e-learning technology)，這些機構組織已在他們各自的領域中突飛猛進，但是他們彼此並未連接得很好。他們有些規格是一般通用的，期待由各種使用者社群所做的各式各樣的實施，例如施行於網路、光碟、互動多媒材教學或是其它授課的方式，而其他的規格則是根生於更早的練習並且需要適應新的新興教學法。

學習管理系統 (Learning Management System, 簡稱 LMS)這個名詞在整個這份文件和 SCORM 裡是一個總括性的字，它是指一套爲講授、追蹤、報告與管理學習內容、學習者進度與學習者互動所設計的功能。「學習管理系統」這個名詞能夠應用在非常簡單的課程管理系統，或是極度複雜地遍布各企業的分散式環境。一個顯示「學習管理系統」的可能構件或服務的高度普遍化的範例顯示許多在學習科技標準發展的參與者現在使用「學習管理系統」來涵蓋與 CMI 系統並無歷史關聯的新功能與能力。在其他服務裡，尚包括精密複雜的追蹤與報告學生活動與表現、与其它資訊系統的後端連接(back-end connection)、集中式的登錄、線上合作學習與具有適應性的內容授課技巧等，所有的服務都是針對追蹤與管理學習者進度(Rosenberg 2001)。

正當網路變得無所不在，且政府、學術界、企業與其它的社會單位把它當成是有效率的分散式個別學習的潛力，SCORM 的標準化作業以一個 ADL 的關鍵構件加入了這個局勢。SCORM 借自於其它規格與標準活動的先前作業，像是那些稍早提及的作業，SCORM 將創造與部署電子學習的範例放在一起，其假設強有力的、伺服器介面(server-side)、LMS 爲主的學習內容分佈的存在。