

# 創意視覺化--建築設計教育中數位媒材的思考

陳聖智\*

## 摘要

設計教育從過去強調觀察描寫到基礎造型訓練為根本，到研發系統方法設計程序進而轉向資訊數位多媒體的跨學科整合，在設計方法的置入期能達到創意思考的目的。本研究試圖以實驗為分析基礎，透過量化的觀點歸納評量的可能性，以瞭解設計過程中思考的關係性，並輔以質化之演繹建構提出的教學策略。在探討設計教育電腦媒材的使用及創造力，主要結合認知科學及教育心理學來分析專家與生手在使用數位媒材的認知現象，並對電腦媒材與創造力的關係加以討論，經由實驗分析，從其設計過程中分析電腦媒材對專家設計師的影響，與生手設計者的比較可得出一些現象與差異，作為設計與教育結合以對電腦輔助建築設計提供未來參考意見。

**關鍵字：**數位媒材、設計創造力、電腦輔助設計、視覺思考

---

\* 國立嘉義大學美術系含視覺藝術研究所專任助理教授

# Visualizing Creativity

## --Reflections on the Use of Digital Media in Architectural Design Education

Sheng-Chih Chen\*

### Abstract

Design education in the past emphasized observation and description and was based on the fundamentals of sculpting training. It has since evolved, producing systematical design procedures and ultimately a cross-disciplinary integration of information and digital multimedia. And this integration facilitates creative thinking during the placement phase of design methods. This study uses experiments as the basis for analysis. With the possibility for evaluation from quantified viewpoints, the connections between various thoughts generated during the design procedure can be understood, coupled with teaching strategies constructed from qualified deductions. This study discusses the use of design media and design creativity in design education. By combining the findings of cognitive sciences with educational psychology, the study analyzes the cognitive processes involved in the use of digital media by experts and novices. From experiment analysis, the study compares the effects of the computer on the design processes of both subjects. This comparison illuminates the phenomena and differences between these two subjects, which can be used in future reference for computer-aided design media as well as creative thinking.

**Keywords :** Digital Media, Design Creativity, Computer-aided Design, Visual Thinking

---

\* Assistant Professor, Graduate Institute of Visual Arts, National Chia-Yi University.

# 創意視覺化--建築設計教育中數位媒材的思考

## 壹、緒論

數位媒體正在改變現代設計實務與教學。當代設計發展越來越仰賴科技媒介的發展，其軟性的穿透性及傳播性在這訊息年代的涉入更為明顯。設計理論、設計運算與數位設計之間有著深切的淵源，運算科技的設計潛力和網路的傳播革命均有了戲劇性的發展。電腦科技在設計中的角色重要性大增，數位媒材化設計（digital-mediated design）的演進，電腦進一步成為思考與呈現設計意念與施作方式的媒材（media），現已成了「電腦媒介視覺設計」（totally computer-mediated visual design）影像潮流。數位媒材成為設計的新工具，並直接衝擊設計師的思考模式，數位媒體的出現，對傳統設計產生了多方的衝擊(Mitchell and Malcolm, 1995)，過去的研究探討使用電腦從事設計的可行性（Verstijnen et al. , 1998 ; Manolya et al. , 1998）與發展電腦輔助設計系統(Gross,1996; Elsas & Vergeest, 1998)的有效性。設計也由於「電腦數位化媒材」的加入，引發了更多樣性的發展，我們熟悉的設計基本元素—機能、形式、量體、空間，均有機會被重新定義(Liu, 2001)。也因而設計研究之領域從傳統電腦輔助設計(computer-aided design)的時代，推進至以電腦為媒材(computer-mediated-design)的數位世代。

電腦媒材興起後，電腦輔助設計系統的發展與電腦對設計過程所產生的衝擊，結果顯示電腦可被應用於設計早期來從事構想發展。在設計思考的領域中，草圖在設計中的重要性以及設計者與圖形之間的互動關係，逐漸突顯出設計早期的構想發展階段的重要，此階段的重要特徵是大量的畫圖行為(drawing)與草圖(sketch)的使用(Purcell and Gero, 1998)，原因乃是草圖能夠幫助設計構想具體化(Suwa and Tversky, 1997)。Akin(1990)提出設計創造力與專家知識經常是同時存在的，Schenk(1991)指出設計中的繪圖行為有助於刺激與發展設計創造力，而Goldschmidt(1994)證明構想草圖在設計過程中可刺激設計者的思考，產生新的創意。Purcell and Gero(1998)也舉出模糊而不具結構性的草圖被視為影響設計創造力的關鍵因素。而Liu(2000)以Simon的觀察及電腦方面的研究，和Csikszentmihalyi理論為主要回顧重點，詳細的分析，典型的創造設計行為(modeling creative design behavior)與電腦系統的關連。並將設計創意作一個概括描述，其中包含個人設計創造及測試的過程和社會文化的設計層面，且從創意認知及電腦的研究關連之中，設計師的初始創意起點及啟發創意的功能能夠以資料型態獲得，那麼很有可能可以成為程式系統的一部份。電腦輔助創造性思考的議題開始被發展，試圖去探討電腦從事創造性活動的可能性，因此電腦這個數位媒材不單只是能進一步運用在構想發展階段，更可能引發創造力(Gero, 2000)。

創造力的探究早期多於心理學領域(Torrance, 1965; Guilford, 1967)。劉豐榮(2001)就現代思想中設計要素與原理層面，也指出現代主義者對藝術教學實務的影響之一是將設計要素與原理的介紹做為藝術創作與批評的基礎，對於原創性與

自我表現的高度重視開始於心理學專業興起的期間。在設計歷史與教育的發展來看，近現代整體設計教育的發展階段至今講究科學方法融合人文思考的課程內容，也因而在設計與藝術領域探討視覺創意思考時，跨領域的研究結合電腦認知科學領域心理學理論與設計教育是本研究的理論核心。Chen(2001)提出在早期構想階段使用電腦媒材能引發專家與生手的創造力，Chen (2002)分析了專家與生手設計師使用電腦媒材的一般認知思考模式，Lin, Wu and Yang (2005)嘗試將創造力融入藝術與設計領域之學習與教學建構出課程架構。然而，迄今尚未討論專家與生手的創造力有哪些不同的特性？在本研究中要繼續討論的是，專家與生手激發出創造力的時機（timing）是否有不同？是否會產生不同的創造力特質？以及關於創造力理論模型是否能解釋這相關現象。基於這些問題，本研究之目標在於探討以電腦媒材來從事構想發展，透過專家設計師與生手設計者使用電腦媒材操作設計案的過程中，企圖瞭解其認知模式與創造力及電腦媒材之間的關係，以供生手設計者轉換為專家設計師的一些助益，並進一步能對設計思考教育提供一方向與建議。

## 貳、認知、媒材與創造力

創意是一種思維性的活動，其特質為創新、創始，也是一種創造與發現。人類生活方式的變化與進步，主要源自思考與創意。從 Parnes(1976)提出利用系統化思考方法來解決問題的思考策略，CPS 模式（Creative Problem-Solving Model）。Archer(1984)的系統設計方法（systematic method）到 Jones（1984）針對設計研究方法認為設計流程乃是提供設計師透過構想發展的分析與創造力的互動。設計思考的認知模式與策略向來是設計教育研究上的範疇。Zeisel(1984)指出：設計包含有三項無法測度的因素：直覺、思考、創造。直覺與人的經驗法則累積有關。思考來自於內心對事物的解構，而重建出自己的思維架構，創造就是此架構透過專業的溝通與表達而形諸於外的。Gero(1996; 2000)提出了創意設計過程有結合(combination)、轉換(transformation)、類比(analogy)、浮現(emergence)及第一原則(first principles)五種方法。而 Baden(1998)將創造力分類為三種有結合性、探索性及轉化性。先前許多的研究都從思考路徑去探討，提出思考與創造力之間的關係(Maher et al., 1995; Liu, 2000; Gero, 2000)。

設計是一種複雜的思考方式，在早期常被視為解決問題的方法，目的在創造出適合人類使用的產品（林崇宏，2000）<sup>1</sup>。Casakin 與 Goldschmidt(1999)以實證研究證明，生手與專家皆可藉視覺類比改進設計解答。成功的設計問題解答是深層的視覺類比，不成功的設計解答是表面的視覺類比。生手不需要被教導如何使用視覺類比，他們本身已經擁有這項認知能力，他們需要的是揭露如何運用這項能力，在成功的設計問題解決上，而這視覺類比也會影響到創造力。Kokotovich

---

<sup>1</sup>林崇宏（2000）對於設計思考在產品設計流程的模式分析與探討一文中，指出設計模式架構的每一細節，在於提出解決問題的方法，可以相互動與回饋，才能給予設計師在思考過程中發揮其想像力。

and Purcell(2000)的實驗指出設計師在面對需要整體創意激發的難題時，會比生手更具創造力，且發展研究方法，以針對心智整合與繪圖在設計過程和設計創造力所扮演的角色的實驗更為嚴謹。一般所認知的設計創意已被呈現，創造力本身顯然是整個創意過程中最上層的結構。創意被部分認為是屬於不同的領域，但背後的知性過程，啓發式的方式(heuristic rules)對於解決設計中變異或稱為優化的替選方案可說是成功的推手。

設計是由抽象概念發展至具體可實施的架構，由抽象而能表徵於外者，必須要有專業的媒介，通常使用的就是圖面，如草圖、構想圖、組立圖。而另一種媒介就是模型，製作的精度與要求，依發展的階段而不同，而電腦媒材則兼具兩種媒介的特性而成為電腦媒材化設計(computer-mediated-design)。Verstijnen, Hennessey and Goidschmidt (1998)的研究顯示出，有兩個心智過程(mental process)顯示出為創意思考的中心：重建與組合。這兩個過程依次的影響了專家的草圖行為及個人創意。這個過程中，概念上的創意可能一閃而出，並產生新的架構，因此，電腦媒材可以提供特別的形式，如輸入、或是在輸入後的創造時，能有多種架構的轉換(switch)空間。

Shneiderman(1999)提出當設計師可以充分了解創造力的過程時，人機互動研究者與使用介面設計師便能夠建構一個足以支援創造力開發的資訊技術。在電腦快速發展的同時，初步被認為不單只是對設計邏輯有所影響，並有助於創造力(Hanna and Barber, 2001)。Hanna and Barber (2001)研究以電腦媒材為設計工具時，對於草圖(sketching)、設計創意(design creativity)、及電腦輔助設計(computer-aided design)上，以統計分析的結果證實使用電腦媒材設計對設計過程的變因有獨特得統計數字上的差異。而根據 Bentley(1999)的研究指出，新發展的CAD 工具能夠激發設計者的創造力，以富有變化的解答來面對問題，並克服了傳統設計工具的限制。陳辰洧 (2005)的研究歸納出科技的方法運用系統化的思考模式，嚴謹的運作流程可確保在創意設計的過程中不易出錯。

## 參、研究方法與步驟

本研究方法上採影音回溯方式(video/audio protocols)與深度訪談來進行，實驗分為兩個部分，第一部份是專家與生手使用電腦媒材從事構想發展的認知實驗；第二部分則根據實驗收集的資料進行編碼與分析。在實驗進行中全程錄音、錄影，之後將口語報告及圖面轉譯為文字資料與視覺資料，以進行分析。

### 一、實驗說明

數位環境的設計平台要能彰顯設計的意念外，更重要能充分達到設計者與設計呈現的內涵是數位設計教育中最為重要的課題。建築構想以數位呈現的新型態出現，資訊轉化成數位視覺化，計畫案演變成為數位構築(fabrication)。本實驗就設計的操作過程給予分析，討論著重在幾個向度：一、對設計主題的抽象想法及概念，設計意圖的決定。二、對整體或局部的動線或考量，依循或尋求整體環境

所提供的實質關係及線索進行關注、操作及檢討。三、對自身元素及空間之間的關係進行關注、操作及檢討，及使用者在心裡層面的感受。四、不同空間之間的連結關係，對機能的配置及考量，與自然物的關係與對結構及材料的考量。

實驗題目擬定上，設計問題的層次有許多等級，依據欲達成之目標之不同，而有不一樣的問題定位。由於概念式設計排除了生產、製造、成本、市場等等因素考量，設計者較易掌握，設計過程的重點著重在如何將一個概念或想法，透過形的轉換而具體呈現，具有較完整的視覺思考特性，符合本研究欲探討的重點，因而將實驗題目定義在這類概念式設計的範疇下。因本研究期望能對設計教育以及建築教育提供一些助益，因而本研究的認知實驗設計題目設定以建築題目為實驗內容。

正式實驗之前先進行暖身實驗，構想發展時間不限定，專家設計師與生手設計者各發展了三個構想，在經由訪問由其選出其自認為最有創造力的一個設計案，實驗題目是設計數位美術館，基地面積 15000 M<sup>2</sup>，建築設計的問題，在本質上是定義不清(ill-defined)，但是為了獲取有效的實驗資料以及比較專家與生手的行為，因而在給予受測者基地圖(圖 1)、定性、定量圖(scale 是 1:1000)上，基地、機能、設備、結構等...加以控制條件。而空間機能的分配依序為參訪入口空間、一般藝術展示空間、數位藝術展示空間、演講與教育空間、商店與研究中心空間、餐飲服務與建築附屬空間、管理與行政空間及展覽附屬空間(圖 2)。

在受測者部分，本研究所謂的專家，是指在建築設計專業上具備豐富經驗與專業知識者，因此本實驗以具有建築師資格及豐富實務經驗的設計者為專家人選，具有 15 年以上經驗。本研究的生手，是指在建築設計方面的初學者，普遍缺乏設計經驗與知識，因此以「具備二年建築設計經驗」的建築所學生做為生手人選。

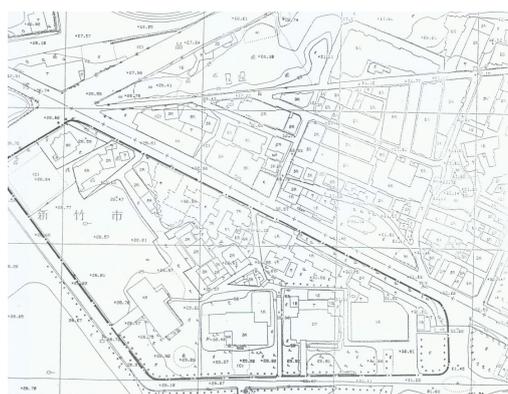


圖 1 基地圖

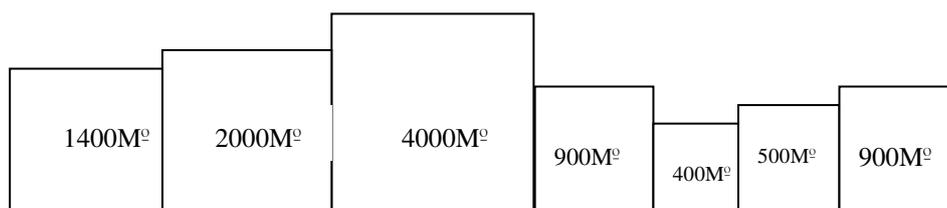


圖 2 空間機能分配圖(定性、定量圖)



圈，剛剛是東西還沒有放上去，現在是東西放上去了，然後開始先調整到適當的比例，因為那樣好像太小了。然後開始利用類似一個飛機的角度，去看看說我的建築物在這個方位還有跟周圍鄰近建築的關係如何)。

生手的過程中是先以電腦媒材作概念草圖發展，然後將 2D 草圖置入 3D 電腦軟體，藉以輔助模型的建構，最後才將發展主體置入所要建構的基地圖內(圖 4)。

## (二) 專家實驗過程

專家一開始事先考量基地整體的空間位置(開始是先針對博愛校區的一些在基地附近的既有建築物先作一個軌跡的描述)(圖 5)，並花些時間在建立整體的 scale，而接著藉由周邊景物、方位、及建物亮體的造型中，去展開構想(所以我先對既有的先描述.. 嗯.. 先描述下來，那再來的話把它既有的建築物的位置 trace，那調整到空地那個方向，那企圖在舊有的建築跟新的 figure 建立一些連接的程式關係)，當確立了建物的大小後，開始發展每個空間的銜接，並接著考慮動線，即由整體的流動空間方向去配置每個空間(那現在描的那個是.. 嗯.. 學校的一個邊界線，那一樣在新舊的建築之間，還有新.. 嗯.. 舊的軸線平移成新的建築的一個走廊，或者動線、或地下通道，將這些建築物連接在一起)。

最後考慮的是地景關係(地景的層次一樣在利用校園建築跟建築之間的開放空間，以及綠地的一些軌跡，再描.. 再重新描繪到.. 嗯.. 新的建築裡的區域裡面)，這些完成後，專家設計師又重新整理所有建築的次序，確立了建築跟地景、動線、實空間虛空間及新和舊的關係後，開始將各物體建構 3D 在建構的過程中不斷考慮空間與空間彼此之間，以及材料的關係，使結果對尺度、形體和位置更為具體(電腦很容易給我們三度很清楚的量體關係，好，這個是舊有建築複製、平移、旋轉，然後在二度的關係之後，嗯.. 再建立新舊之間連接的一個總體的空間，那當然很多.. 嗯.. 卡扣的空間用不聯運算電腦裡面的布林運算來操作是非常方便)。

專家在 2D 草圖確立後，開始發展 3D 圖面，整體的空間關係、地景關係、動向空間都確立後，再顯示出整體環境的基地圖(圖 6)。

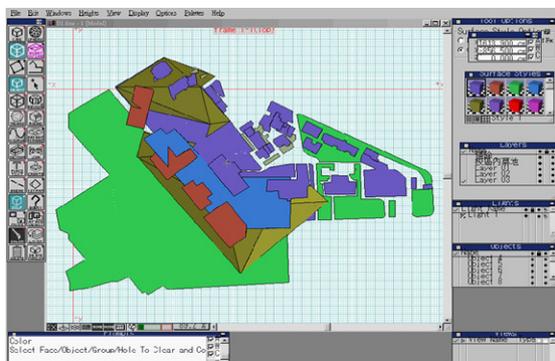


圖 5 專家開始先決定整體空間位置

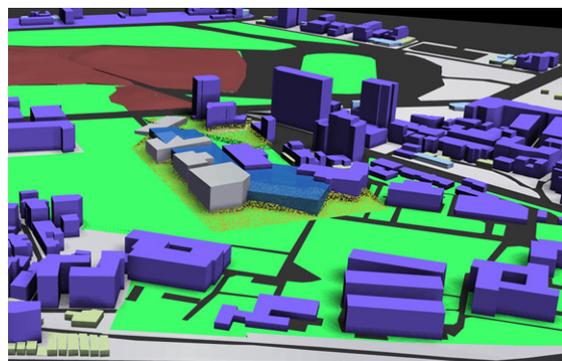


圖 6 專家設計：空間整體規劃並行

### 三、編碼系統建立

#### (一) 編碼系統

在本文採用兩組不同的編碼系統(coding scheme)，第一組是以 Chen(2002)提出的四個範疇<sup>2</sup>：概念(conceptual, C)，操作(operational, O)，知覺(perceptual, P)，評鑑(evaluation, E)。編碼系統是以 Suwa, Percsll & Gero(1998)所提出的編碼系統 physical, perceptual, functional, conceptual 為架構，原編碼系統乃是根據使用傳統媒材（即紙、筆）進行設計而建立，而本研究所探討是使用電腦媒材的情況，因此，在編碼項目的定義上略有差異（表 1）。

表 1 第一組編碼系統

Category	Sub-category	Definition	Example
Conceptual	G-action	Set up goals and decide	Decide the design
	K-action	the design Recall the knowledge of designing	Recall or consult reference
Operational	D-action	Draw various elements	Lines, circles and logs
	L-action	Look at previous drawings	Shades, change the size and perspectives
	I-action	Features of computer operation	Combination, define standard features, correction (re-doing and erasing) and mark the size automatically
Perceptual	V-action	Visual features of the elements	Shape, size, texture
	S-action	The spatial relationship between the elements	symmetry, cut even
Evaluation	F-action	Relationship between	Function and cost
	A-action	people/nature and designs Aesthetic concerns	Good-bad, like-dislike

<sup>2</sup>Chen(2002)於 Analysis of the use of computer media by expert and novice designers 一文中，加入因應電腦媒材的考量來建立了九個子細項，在四個大範疇下所衍生的行為透過這九個因子來加以更精準的定義。而這九細項中在操作範疇中，在電腦媒材的及時顯現給予設計者及時的視覺上回饋，因此加入整合(I-action)細項，在評鑑中功能(F-action)及美感(A-action)的考量亦是重要的向度。

使用電腦媒材與傳統媒材的特性不同，因而從概念上會因其領域不同亦會有所不同，加上因應電腦的操作特性，所以操作的向度是在使用電腦媒材的獨特因子，而視覺的向度上，知覺的重要性是草圖行為中十分重要的，而因應電腦軟體 3D 繪圖的特性，可馬上顯現完整的形體，提供設計師立即進行評估，故建立評鑑的向度。

第二組編碼系統是 Terrance 提出的 T.T.C.T (Torrance's Tests of Creative Thinking)四個向度：流暢力(flucency, F)、變通力(flexibility, FI)、獨創力(originality, Or)、精進力(elaboration, EI) (Chen, 2001)<sup>3</sup> (表 2)。編碼工作，採用 Gero and Neill(1997)所提出的二次編碼程序。而斷句方式是採 Goldschmidt (1991)所提出的分割單位，她將之稱為「設計轉折」(design move)。由於本研究資料量頗大及排除不適合之資料，因此採專家與生手各一構想，每構想由開始設計 30 分鐘為編碼資料來進行分析。

表 2 第二組編碼系統

Category	Definition	Example
Flucency	The total number of concepts produced in the process. Design time.	The total number of concepts produced in the entire design. The time taken to complete the design.
Flexibility	The number of analog categories used in the concepts produced.	The number of analog categories used in the concepts produced.
Originality	The number of unusual, distinctive concepts.	The number of concepts which other testees do not use or do not develop fully.
Elaboration	Refinement of appearance and structural components.	The level of refinement in the completed design, and in each component element.

解決問題是一種思考的心理歷程，也是一種能力，創造可能是解決問題的一種方法，也可能是一種結果。換言之，為解決問題，可用創造此一思考方式來尋求答案，而如果解決問題的答案具有獨創性或精進性，其過程也表現了流暢性與

<sup>3</sup>流暢力包含過程中產生發想概念的總數以及設計所需的時間，例如設計中產生的概念總數、完成概念設計所用的時間。變通力包含概念發想中所應用的類比種類數目，例如產生類比種類的數目。原創力包含獨特的概念，例如其他受測者(其他設計案例)所沒有或較少發展的概念總數。精進力則包含造型、構件語細部的精緻程度，例如每個物件的細緻程度。此表依照(Chen, 2001)The role of design creativity in computer media: a case study on expert and novice designers 編碼的定義與舉例。

變通性，則其結果及代表了創造。依流暢、變通、獨特是創造力在行為表現上的特徵，創造力越高者，在此三項的特徵越顯著。因此此三項成爲評量創造力的三項指標(Guilford, 1967)。另 Torrence(1965,1989)補充了精進性，作爲創造力的第四項指標。

抽象的空間類推，透過視覺將記憶重複而能產生知識轉移，因而探討短期記憶的與否則是相關於設計知識的引用。功能與形式是在空間認知中最被易關注的兩個基本元素，也是判斷思考的最純粹的兩個因子。針對被描述的元素、元素之特徵屬性、及空間關係及功能的思考(functional thoughts)與設計知識等作分析，不可見訊息則包括了功能的思考(functional thoughts)與設計知識。包括對圖形進行視覺上的理解(visual apprehension)，對設計品質進行鑑賞性的判斷以及對空間型態的理解。

## (二) 編碼細項說明

實驗方法上採影音回溯方式(video/audio protocols)與深度訪談來進行，步驟分爲兩個部分，第一部份是專家與生手使用電腦媒材從事構想發展的認知實驗；第二部分則根據實驗收集的資料進行編碼與分析。在實驗進行中全程錄音、錄影，之後將口語報告及圖面轉譯爲文字資料與視覺資料，以進行分析。

**概念 (C)：**指設計師的認知活動，這些認知活動無法直接由元素的繪製操作或元素間的視覺、空間關係而來。概念範疇共包含下列二種活動型態。

### **G-action：**

設定目標。指整體設計概念的描述或設定子目標，以及設計過程中的重要設計決定等。

「企圖在舊有的建築跟新的 figure 建立一些連接的程式關係，所以新的建築的空間應該是在舊有的形體.. 嗯.. 的軌跡下所延伸出來的。」  
(專家影音回溯 move3)

「這一個部分我大概是想要先從一個球體作發想，」(生手影音回溯 move1)

### **K-action：**

回溯設計知識。

「那麼我想基本的.. 基本的建築實空間，新舊之間的實空間，還有要連接新舊的虛空間，」(專家影音回溯 move17)

「我希望說它能夠層狀有做出比較複雜的層次，因為我覺得這樣的模型看起來會大一點，那我覺得這樣子的方式感覺有在機場之類建築看過是屬於比較大的那種建築的處理方式，」(生手影音回溯 move53)

**操作 (O)：**指直接與操作電腦、繪製元素有關的動作包含三種型態，以下分別條列說明並列舉口語資料之實例。

**D-action：**

繪製各種元素。如畫直線、圓、弧等各種視覺元素。

「那現在描的那個是.. 嗯.. 學校的一個邊界線，」(專家影音回溯 move10)

「我開始把帶狀作更大角度的展開，像扇子一樣，」(生手影音回溯 move9)

**L-action：**

觀看先前繪製之元素。使用電腦功能如縮放、轉換視角等來觀看。

「這個玻璃盒跟這個建築是從這個矮 wall 往後面延伸越來越高，所以從入口的部分跟地表在一起，到尾端是慢慢拉深的」(專家影音回溯 move25)

「我現在畫的就是說，球體可能在中央，然後我可能繞一圈，所以現在我想到這個已經可能會跟原來脫離了，」(生手影音回溯 move5)

**I-action：**

因電腦或軟體特性而衍生出來的快速修正動作及整合，如重做、刪除、標尺寸。

「這一段資料太複雜我要選那幾個 building 要像我所做的動作一樣，把四棟建築物 copy 過來移到空間裡面來作這些操作，」(專家影音回溯 move31)

「我試著說再去回頭改變圓球體它的形狀，來配合我這新的展開的方式，那我現在在右側部分我是又把球體跟帶狀又完全分開來畫，」(生手影音回溯 move7)

**知覺 (P)：**意指注意所繪製的元素之間，視覺、空間的特徵關係之相關活動。

**V-action：**

注意元素的視覺特徵、比較元素。

「那再來就 render 各種不同的角度，當作設計參考的一些視覺模擬資料」(專家影音回溯 move46)

「球體可能在中央，然後我可能繞一圈，所以現在我想到這個已經可能會跟原來脫離了，我把帶狀的部分，已經把它變成一個在周圍兩邊了，像子屋子葉的樣子，中間本來原來的球狀已經跑到中間了，」(生手影音回溯 move13)

### **S-action :**

注意元素間的空間關係、組織。

「那在原有校園的這個綠地也同樣被轉置到一個角度，所以跟原有的交集部分變成新的景觀」(專家影音回溯 move51)

「所以我現在大概有看出幾個動線，就是從中間那一個葉子形狀的部分往兩邊跑，那兩邊的部分可能就是數位美術跟一般傳統美術展場的部分，」(生手影音回溯 move22)

**評估 (E):** 設計者衡量對所繪製的元素好惡或感覺及人/自然與設計物之關係、心理層面考量。

### **F-action :**

由已繪製的元素或元素間的功能關係所引發。包括設計物與使用者，或設計物與周遭自然環境等關係的考量。

「在電腦很就容易用比較宏觀地去看整個空間的關係，我們新的建築跟整個環境的關係，那接下來都是在調整個空間」(專家影音回溯 move56)

「因為我覺得如果把它整個作落地窗的話，可能可以增加採光，所以我又用從不同的透視角，來檢討整個結構怎麼樣開始可以完成，」(生手影音回溯 move38)

### **A-action :**

造型美感的考量。

「比方說是玻璃盒把它調整成玻璃的透明百分之七八十，所以空間內部的程式可以被看得見那地景的部分，」(專家影音回溯 move62)

「我開始想要再重新從上視圖去美化它的造型，所以我會在兩個視圖之間跳躍，」(生手影音回溯 move44)

## **肆、分析與討論**

### **(一) 生手的設計創造力**

電腦媒材對於生手提供了各角度變化的圖示，供較沒設計經驗的生手參考其真實的感覺，當生手描繪一個新圖形或形狀，透過評估表現出視覺刺激，若是一個物件的視覺特徵與他們的空間排列所產生的模式變動時，這改變能鼓勵設計者從他們的視覺特徵外去進行下一個圖形，而以未預料的方式產生可能的認知。(圖7)

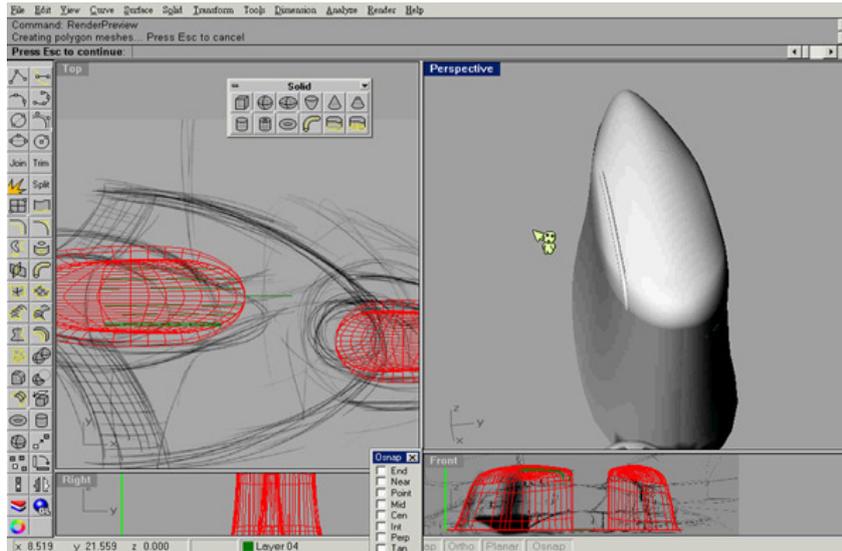


圖 7 生手細部發展過程

而生手在輸入指令後，經由視覺化的呈現及多視窗的比較，激發其新的概念（圖 8），亦即是指令按下後，加上視覺的評鑑決定了創意的可能性。生手傾向於有概念後透過電腦媒材的操作及圖面視覺的評鑑，在操作知覺及評鑑上循環較多。

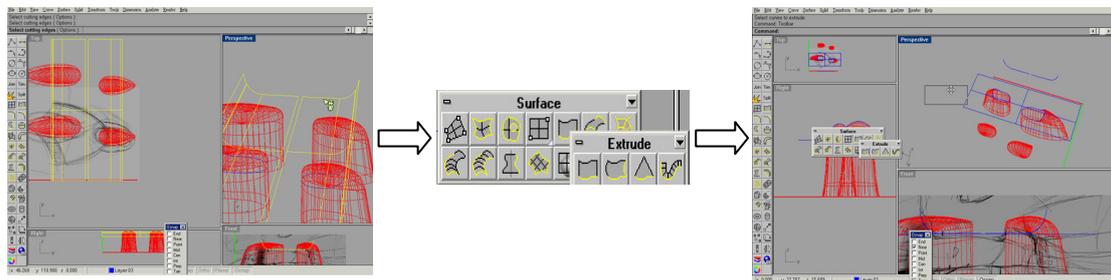


圖 8 生手的創意產生出現於操作與知覺之間，電腦的操作指令激發出造型創意

生手在產生概念，透過電腦媒材操作後，透過知覺及評鑑，引發生手作進一步的發想，有時會產生新概念，接著再重新操作。有時會因為知覺的評估，不斷去執行操作，而在操作、知覺、評估上成一個循環步驟。

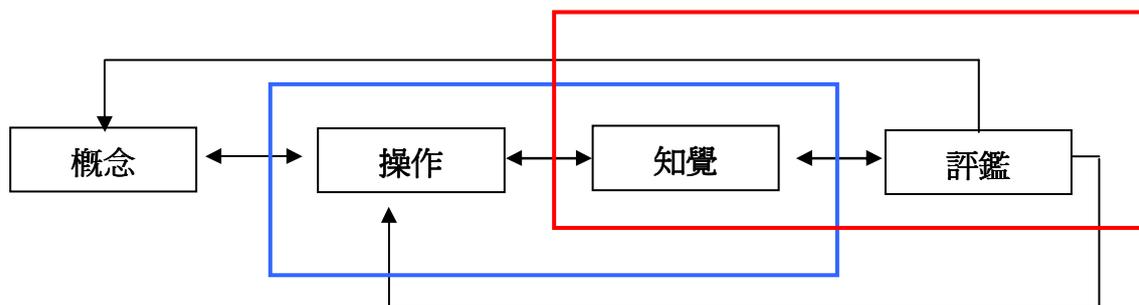


圖 9 生手使用電腦媒材的認知模式，框線代表突發的想法(創意性)來源

生手的創造力是透過操作與知覺、知覺與評鑑的關係下產生，因此在生手方面使用電腦媒材發展構想，激發其創造力，知覺上的視覺思考是佔重要因子，而這伴隨著指令的操作及評估的雙重作用下引起(圖 9)。

## (二) 專家的設計創造力

對於專家則是透過各空間的關係更能去模擬接合點的問題，也就是說能藉由圖面去考慮功能的可行性，專家設計師著眼圖面後，可以從記憶中提出許多事先已儲存的設計資訊，專家所依賴的構想草圖，記錄的成分比輔助思考的成分多，因為在專家的基模(schema)中已經存有以前解決問題所累積的經驗，較不需外在的記憶來輔助思考。(圖 10)

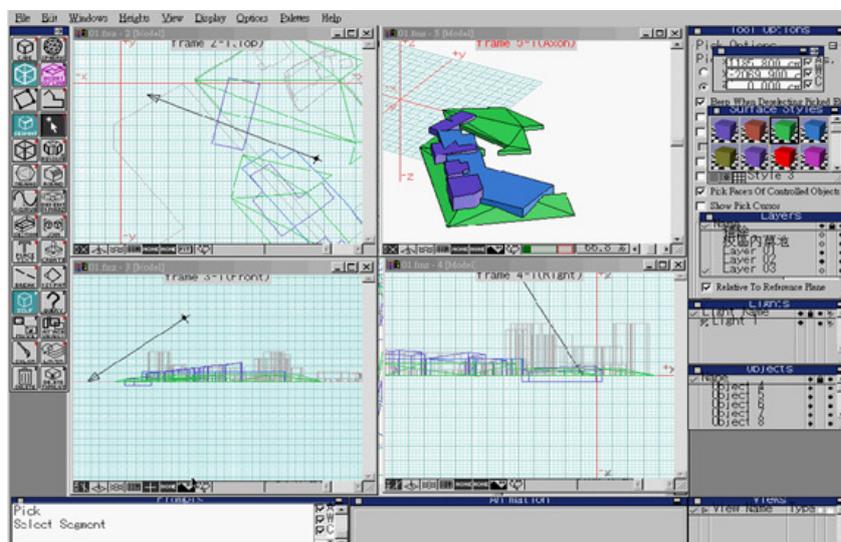


圖 10 專家的空間發展是跳躍性的思考

因為電腦軟體特性的關係，設計者常常需要輸入明確的數字來執行指令操作，而結果與設計者心中預期便可能產生差異，當差異產生時，設計者可能一再地嘗試正確的數值，直至與心中預期之意象相符；但是另一種情況是，這樣的差異卻引發設計者發現新的形象，而形成一個新的設計想法。專家則是在產生概念後，透過電腦的操作，這時引發出新的概念想法(圖 11)。

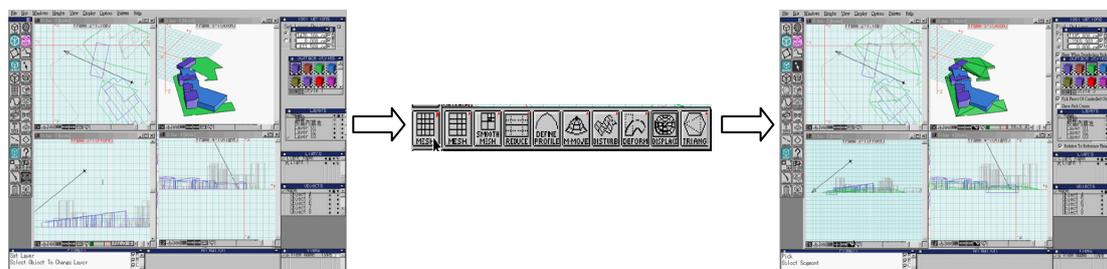


圖 11 專家的創意產生往往出現於概念操作評鑑的三個循環

專家在產生概念後，馬上進行評估及操作來確認概念的可行性，而當這個構想概念評鑑後，在執行操作，知覺、在評鑑的循環過程中。專家使用電腦媒材的認知模式評鑑伴隨操作，並激發產生新概念。專家在概念評估時會有創造力產生，也在知覺的評鑑中產生創造力，而這當中皆與操作指令有密切相關（圖 12）。

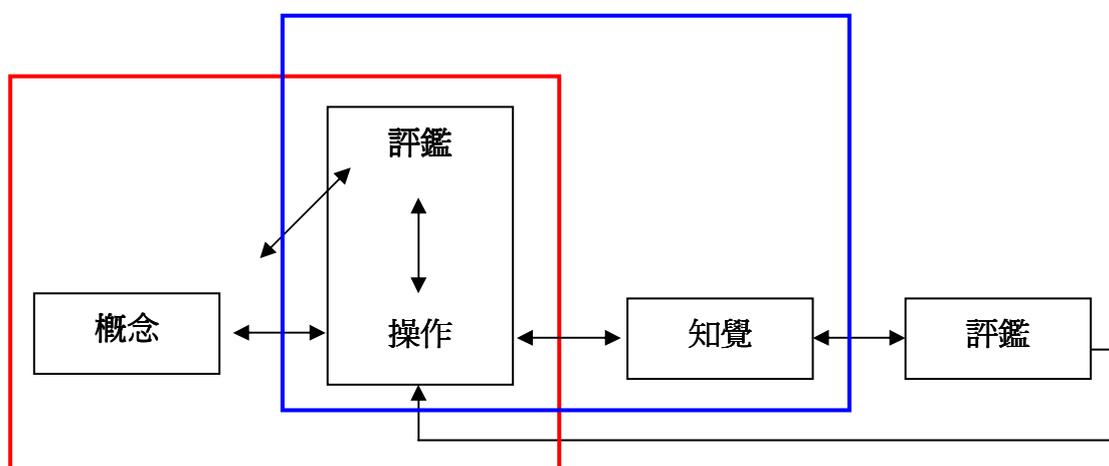


圖 12 專家使用電腦媒材的認知模式，框線代表突發的想法(創意性)來源

### (三) 小結

本研究以影音回溯方式取得分析資料，並輔以深度訪談釐清其設計的內容與構想發展的關鍵點。在結果分析的階段中，發現了一個現象：無論專家或生手在使用電腦媒材作構想發展草圖時，在創造思考的四個評估項目均有顯著的交互作用。生手在創造思考的原創性及彈性上比較明顯，而專家在思考的流暢性、原創性以及精巧性上比較明顯。因此經驗越豐富，則創造思考的流暢性原創性以及精巧性會越來越好，但是對創造思考的彈性幫助不大。思考的原創性以及彈性與水平思考有關，而思考的流暢性以及精巧性與垂直思考有較大的關係（表 3）。使用電腦媒材圖面的資訊有助於設計的垂直思考，而指令輸入因參數改變產生的變化有助於設計的水平思考。在生手而言，在垂直思考表現較佳，電腦媒材所扮演的角色乃是作為記錄的媒體，輔助思考的工具，而使生手能夠修訂(revise)與精鍊(refine)及一個初始(initial presentation)的機會。在專家而言，電腦媒材所扮演的角色是創造空間的另一個形式，有別於專家本身先前使用傳統媒材的經驗。

表 3 編碼資料比對

	Protocol data	F	FL	O	E	Total
Expert	V/A protocols	23	12	21	28	84
Novice	V/A protocols	13	22	16	17	68

由於實驗題目屬建築設計，空間是建築的基本構成，空間也是我們與自己、環境及他人溝通的媒介，空間的知覺（*perception*）與認知（*cognition*）也是視覺感之中重要的元素。設計上對於空間的知覺與認知的訓練亦是必要，因此關於設計教育上的意義是相關的。本研究分析顯示對設計問題結構過程，有經驗的設計者會針對給定條件，把問題重構多次，然後定義真正的問題，再給一個正確的解答，這種技巧在生手設計者身上是看不見的。專家在產生新概念總數及產生較獨特構想的能力高過於生手，而生手在產生不同類別及將構想精緻化的能力高過於專家。也就是專家的設計思考的原創性及順暢性高於生手，生手的彈性及精巧度包括停頓在專注一個細部發展動作的時間高於專家。而概念可能是操作、視覺、評估而引發，創造力的產生可說是操作、視覺、評估交互作用下激發出創造力。因而產生這一個循環交互作用的模式（圖 13），也因此電腦媒材不但有助於構想發展，也能引發設計者的創造力，這也回應了 Chen and Lee (2001) 針對於工業設計的創意思考模式所提出的理論模型。另 Christiaans (2002) 的研究也顯示出對設計作品的品質和設計者而言，創意是主要主導的因素之一，在功能標準上，有創意的產品通常被期望是具有原創性的，並可展現設計的價值，且指出評估產品的創意可依照產品的原創性加以評估。

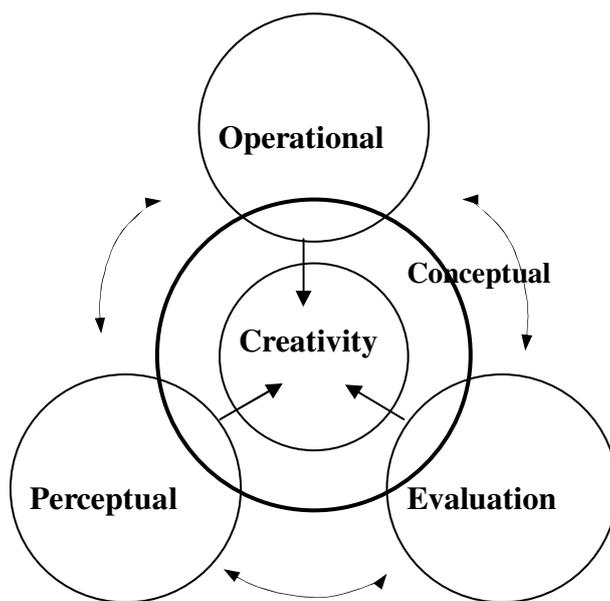


圖 13 使用電腦媒材引發創造力的循環模式

如何直接透過電腦產生概念與想法？量體產生方式，可說是伴隨著地景、動線及機能空間等的配置在三度空間（3D）操作中而生，並在尺度與真實空間感的拿捏向度中，透過媒材可同時呈現不同視窗與角度的 3D 模擬下可清楚的驗證腦中的設計概念與視覺空間。以此架構做機能、動線的配置後，再反之來修正量體的形式。透過各空間的關係更能去模擬接合點的問題，也就是說能藉由圖面去考慮功能的可行性，建築師在看一眼不同圖面後，可以從記憶中提出許多事先已儲存的設計資訊，另外在置入性的技術與真實感方面，轉換不同的設計媒材也可

說是不同的軟體工具，可實際模擬真實景象。我們的研究藉由在所有發展過程：獲得、modeling、和實行、整合策略跟標準來呈現這些面向。因而使用數位媒材來操作設計案的可行性評估的機制可一同建立。因此，本研究的目標是要指出最重要的觀察種類就是在設計過程所下決定的動態過程。

## 伍、結論與建議

新的數位媒體的出現，設計的實務與教學也不斷的變化，這股科技造成的改變其實也反映了社會的改變 (Do et al., 2000; 陳秋瑾, 2000)。本研究透過實驗方式針對電腦輔助設計教育中關於創造力的探討去做分析，目的在於達到電腦輔助建築設計與數位化整合的教學目標，並強化電腦輔助建築設計教學，期能善用數位科技傳達設計理念。數位媒體正在改變設計實務與教學，電腦提供了描繪設計資訊的新方法。這當然牽涉到設計認知的觀點，Chuck Eastman 指出設計認知橫跨了兩門研究領域：一是改進對充滿創新與創意的設計的客觀性評量及定義。第二是要發展研究創意設計行為的方法。這對於現今面臨數位化的設計教育是必須擁有的概念。要理解數位設計思考，意味著要理解設計產品和其在數位媒體中被感知和製造的方式之共生關係。因而 Oxman(2004)提出一設計工作坊(workshop)的目的在定義數位設計、訂出對認知與運算的研究計畫，並聚集有興趣者共同建立一個研究網絡。研究中重新思考目前認知與運算研究所做的根本假設，並決定其與設計典範概念化和數位設計的認知內容的關連性。數位設計理論的出現，加上新設計典範的開發與產生，其實是對哲學、文化與理論發展所作的回應，因為設計師了解並運用運算科技和數位媒體。

電腦媒材的 2D 圖面可說是探索性的抽象草圖，而 3D 圖面部分，可說是決定性的具體草圖。在 2D 圖面特性是快速的、不精緻的、整體的。而 3D 圖面是謹慎的、仔細的、有細節的以及有序列的，因此在構想發展階段，電腦媒材不但可使構想具體化，亦可幫助思考。電腦是一種工具，它開啓了創造力的可能性，透過電腦的輔助，傳統的草圖所繪製的是已知的內容，藉由模糊不定的草圖也可得到一些新的想像，而若將所知道的指令程序輸入電腦，電腦可能會提供一些未預期的結果。因此透過電腦的輔助，給予適當的資訊，便可發現一些令人驚奇的視覺想像。而且，這些視覺化的呈現往往是創新的構想來源，而在構想發展的嘗試階段，或許有些構想是比較普通不夠創意的，而持續嘗試可能發展為自我滿足且比較具有創造力的構想。跟設計學習，和在視覺和概念內容間互動的探索有關的模式之中，就是表述一再表述此模式。此模式很重要，因為它指出學習是表述的延續，在有意識的經過知識結構出現前，它變的更容易操縱以及有彈性。數位化的設計便提供這樣結果最直接的視覺經驗與回饋。

電腦媒材快速呈現構想的能力，因應電腦的操作特性，以及不預期的參數輸入變化，產生了具有創造力的可能性增大，電腦媒材的影響是傳統媒材所意想不到的，電腦媒材可幫助設計者以自己的思考用立體的方式來作設計。而且具體的視覺化有助於生手激發創造力。由專家與生手使用電腦媒材的過程中，創造力是

指令與視覺化的過程，指令操作後，參數值所引發的不預期改變，加上視覺的評鑑，決定了創意的可能性。再一次佐證，電腦媒材可以啟發思考，且有助於創造力思考。

本研究的目的主要是透過理論上及概念上的觀點，以實際的案例來操作一個設計案，觀察運用數位媒材的設計過程，並歸納及整合出在使用數位媒材在建築設計上所遇到的問題及如何以設計教育與教學(digital pedagogy)能夠結合。透過數位媒材建構的過程來展示設計知識的衍生，數位化的環境提供設計學習的一個媒介。透過實驗過程的觀察，我們指出一些現象，像是在發展技巧中對議題了解的深度，以及在呈現表述的效率性。在表述複雜度的增加，對於相關概念深入了解和在設計思考中之支配他們的互動性；以及對數位媒材運用整合的熟練性跟在複雜結構中實行概念都可被視為一個超越認知見解的獲得，也說在設計策略中獲得較高層次的相關互動知識。

本研究的貢獻在於進一步的提出以數位媒材為設計主軸下所面臨環境、空間模擬的解決方法，並針對細部及空間營造，數位媒材如何介入及適切地輔助。然而，對於設計教育中生手如何演變到專家，專家如何再延伸成為有創造力的專家，將其過程模型化後的分析比較所得到實驗資料的龐大下，僅取一個構想分析是為本研究限制。電腦媒材的指令，參數參考值，引發了不同的創意。另外在實驗題目的範疇選取是以建築設計為主題非能涵蓋所有設計行為亦是本研究的限制之一。題目選定本實驗以建築設計出發考量的因素為建築及設計間交互想的重要性，設計和建築可以藉由比較其成果，而共同從屬於同一層的課題，例如功能的問題及它和人之交互關係，設計可以像建築一樣，將形體的構造當成主題來處理，設計可以原用各種建築學上的動機，亦即設計可以模仿建築。而透過編碼系統的分析得出一些現象，可說是代表著創造性思考過程中電腦媒材操作下所扮演的角色，電腦媒材是指令重組還是輔助思考是值得深思，可作為後續研究的發展，以及關於設計領域中的視覺傳達設計、工業設計等也將列為後續發展的研究方向。

## 參考文獻

- 林崇宏(2000)。〈產品設計流程的模式分析與探討〉，《2000年科技與管理學術研討會論文集》，頁67-73。
- 陳秋瑾(2000)。〈視覺藝術表現媒材的遞嬗：媒體課程的興起〉，《現代教育論壇學術研討會：視覺藝術與數位文化》，國立教育資料館，頁5-12。
- 陳辰洧(2005)。〈創意、設計與科技〉，《生活科技教育月刊》，三十八卷，第八期，頁57-72。
- 劉豐榮(2001)。〈當代藝術教育論題之評析〉，《視覺藝術》，4，頁59-96。
- Akin, ö. (1990). Necessary conditions for design expertise and creativity. *Design Studies*, 11(2), 107-113.

- Archer, L. B. (1984) . 'Systematic Method for Designers', in Cross, N. (ed.) *Developments in Design Methodology*, John Wiley & Sons Ltd.
- Bentley, P. (ed) (1999). *Evolutionary Design by Computers*. Morgan Kaufmann, San Francisco, CA.
- Boden, M.A. (1998). Creativity and Artificial Intelligence. *Artificial Intelligence*, 103. 347-356.
- Casakin, H. & Goudschmidt, G. (1999). Expertise and the use of visual analogy: implications for design education. *Design Studies*, 20(2), 153-175.
- Chen, S. C. (2001). The role of design creativity in computer media: a case study on expert and novice designers, In Proceedings of the 19th Conference on *Education in Computer Aided Architectural Design* in Europe, Helsinki, 226-231.
- Chen, S. C. and Lee, J. Y. (2001). A preliminary model of design thinking and creativity, *Strategic Knowledge and Concept Formation III '01*, Edited by John S Gero and Koichi Hori. Key Centre of Design Computing and Cognition University of Sydney, 227-246.
- Chen, S. C. (2002). Analysis of the use of computer media by expert and novice designers. *The International Journal of Design Computing*, 3.
- Christiaans, H. C. M. (2002) . Creativity as a design criterion. *Creativity Research Journal*, 14 (1) , 41-54.
- Cross, N. (1999). Natural intelligence in design, *Design Studies*, 20, 25-39.
- Do, E Yi-L; Gross, M. D.; Neiman, B; Zimring, C. (2000). Intentions in and relations among design drawings. *Design Studies*, 21(5), 483-503.
- Elsas, P. A. & Vergeest, J. S. M. (1998). New functionality for computer-aided conceptual design: the displacement feature. *Design Studies*, 19 (1), 81-102.
- Gero, J. S. (1996). Creativity, emergence and evolution in design: concepts and framework, *Knowledge-Based Systems*, 9(7), 435-448.
- Gero, J. S. (2000). Computational models of innovative and creative design processes. *Technological Forecasting and Social Change*, 64, 183-196.
- Gero, J. S. & McNeill, T. (1998). An approach to the analysis of design protocols. *Design Studies*, 19(2) , 21-61.
- Goldschmidt, G. (1991). The dialectics of sketching. *Creativity Research Journal*, 4 (2), 123-143.
- Goldschmidt, G. (1994). On visual design thinking: the vis kids of architecture. *Design Studies* 15(2), 158-174.
- Gross, M. D. (1996). The electronic Cocktail napkin-a computational environment for working with design diagrams. *Design Studies*, 17 (1), 53-69.
- Guilford, J. P. (1967). *The nature of human intelligence*, New York: McGraw-Hill.

- Hanna, R. & Barber, T. (2001). An inquiry into computers in design: attitude before-attitudes after. *Design Studies*, 22(3), 255-281.
- Jones, J. C. (1984). A Method of Systematic Design, in Cross, N.(ed.) *Developments in Design Methodology*, John Wiley & Sons Ltd., Chichester.
- Kokotovich, V and Purcell, T. (2000). Mental synthesis and creativity in design: an experimental examination. *Design Studies*, 21(5), 437-449.
- Lin, J. C., Wu, S. W., and Yang, F. J. (2005). A study of course planning in creativity in the field of art for pre-service teachers. In proceedings of 2005 international symposium on *Empirical Aesthetics: culture, arts and education*. National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan. pp. 372-389.
- Liu, Y. T. (2000). Creativity or novelty?: Cognitive-computational versus social-cultural. *Design Studies*, 21( 3), pp. 261-276.
- Liu, Y. T. (2001). *Defining Digital Architecture: The 2000 FEIDAD Award*, Taipei: Dialogue.
- Maher, M. L., Boulanger, S., Poon, J., and Gómez de Silva Garza, A. (1995). Exploration and transformation in computational methods for creative design processes, in J. S. Gero, M. L. Maher and F. Sudweeks (eds), Preprints Third International Round-Table Conference on *Computational Models of Creative Design*, Key Centre of Design Computing, University of Sydney, Australia, 233-265.
- Manolya, K., Stephen, A. R., and Linden, J. (1998). Structure in idea sketching behaviour. *Design Studies*, 19(4), 485-517.
- Mitchell, W. J. and Malcolm M. (1995). *Digital Design Media*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Oxman, R. (2000). Design media for the cognitive designer, *Automation in Construction*, 9(4), 337-346.
- Oxman, R. (2004). Think-maps: teaching design thinking in design education, *Design Studies*, 25 (1) , pp. 63-91.
- Parnes, S. J.(1976).Idea-stimulation techniques, *Journal of Creative Behavior*, 18(1), 62-66.
- Purcell, A. T. and Gero, J. S. (1998). Drawings and the design process: A review of protocol studies in design and other disciplines and related research in cognitive psychology. *Design Studies*, 19(4), 389-430.
- Schenk, P. (1991). The role of drawing in the graphic design process. *Design Studies*, 12(3), 168-181.
- Shneiderman, B. (1999). Supporting creativity with with advanced information-abundant user interfaces, *HCIL Technical Report* , No.99-16.

- Suwa, M. & Tversky, B. (1997). What do architects and students perceive in their design sketches? A protocol analysis. *Design Studies*, 18(4), 385-403.
- Suwa, M. Purcell, T. and Gero, J. (1998). Macroscopic analysis of design processes based on a scheme for coding designer's cognitive actions. *Design Studies*, 19(4), 455-483.
- Torrance, E. P. (1965). *Rewarding creative behavior*. New York, Prentice-Hall.
- Torrance, E. P. & Safter, H. T. (1989). The long range predictive validity of The Just Suppose Test. *Journal of Creative Behavior*, 23, 219-23.
- Verstijnen, I. M., Hennessey, J., M. Leeuwen, C., Hamel, R., and Goldschmidt, G. (1998). Sketching and creative discovery. *Design Studies*, 19(4), 519-546.
- Zeisel, J. (1984). *Inquiry by design: Tools for environment-behaviour research*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.