

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

設計草圖與知識在一般媒材與數位媒材設計過程中的比較

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2211-E-009-053-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立交通大學建築研究所

計畫主持人：劉育東

計畫參與人員：陳聖智、翁千惠

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 11 月 3 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫
成果報告

(計畫名稱)

設計草圖與知識在一般媒材與數位媒材設計過程中的比較

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC 91-2211-E-009-053

執行期間：2002 年 8 月 1 日至 2003 年 7 月 31 日

計畫主持人：劉育東

共同主持人：

計畫參與人員：陳聖智、翁千惠

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)：精簡報告

執行單位：交通大學建築研究所

中 華 民 國 2003 年 10 月 31 日

計畫中文摘要

關鍵字：數位建築與一般建築，設計認知，設計草圖與知識

設計認知研究發軔於認知心理學，認知科學與設計學科的跨領域結合，用以探究設計師思考與解決設計問題的過程與方法，其目的為提供改進設計方法與工具的認知基礎，進而改善設計品質與人類生活。口語分析是研究設計思考的主要研究方法，透過其基本假設，研究者可以觀察設計師的認知過程，包含長期與短期記憶的使用，平面與空間的視覺能力，繪製草圖時的肢體運用，及各層次認知行為的互相影響。

設計草圖為設計認知研究中的核心議題，它的重要性源自於三個原因，草圖於設計史與設計方法的歷史角色，於提供創新與創造力的靈感啟發，於增進設計師不同認知能力的協調輔助。另一個重要的認知研究議題為設計知識，藉由設計知識的累積，設計新手逐漸成為資深設計師，它提供了設計教育與設計方法的準則，也實現了電腦輔助專家系統的基本概念。目前的設計認知研究趨勢，是將設計知識與設計草圖視為輔相成的互動體，研究其對於設計行為與創造力的影響。

在設計實務界，數位建築的浮現已成為世紀轉換間最重要的課題，新一代國際建築師，競相以數位媒材為 21 世紀的人類，提供新的居住與空間使用的概念。反觀設計認知研究領域，雖然電腦輔助設計逐漸成為熱門課題，但是以數位建築為基礎的認知研究卻尚未萌芽，進而影響到我們對於一般建築與數位建築異同的了解，無法完全發揮數位媒材於設計方法與過程中。

由當代數位設計建築師的訪談中，此研究了解到許多數位建築師並沒有使用草圖，設計過程也不遵循，由模糊的平面概念逐漸形成精確三度空間的傳統概念，這問題建立了本專題的研究方向。本研究將探討在數位建築中設計草圖與設計知識的角色，重新探討與定義數位設計草圖，探索與分類數位設計知識。研究將以口語分析為研究方法，探索傳統設計與數位設計的差異，數位設計草圖與知識的互動，以及他們對創造力的影響。

本研究試圖建立此新的研究領域，以數位建築設計為主軸，從事數位認知的重新探索，連接一般設計認知研究，提供數位設計的認知與理論基礎，進而試探建立新一代設計方法與過程的可能性。

計畫英文摘要

Keywords: digital design and general design, design cognition, design sketches and knowledge

Design cognition research emerged from the multi-discipline cooperation between design science, cognitive science, and cognitive psychology in an attempt to explore the design process. The ultimate goal of design cognition was to provide cognitive foundations for establishment and modification of design methodology and tools. The quality of human life was in turn improved by better design results. Protocol analysis is one of the major research methods used in design cognition research. Under its assumptions, researchers could observe the cognitive processes of designing, including the use of long-term and short-term memory, the perception of visuo-spatial relationship, the physical aspects of sketching, and the interlinked interaction between different cognitive levels.

Design sketches research has been one of the most important issues in design cognitive research. Its importance comes from three aspects: the historical roles in design methodology, providing inspirations for innovation and creativity, and enhancing designers' cognitive abilities. Another important issue is design knowledge. The rich accumulation of design knowledge distinguishes design experts from novices. Design knowledge provides principles for design methodology and education, and also realizes the idea of expert system in aiding design. The emerging research topic is to explore the interaction between design sketches and knowledge, understanding their roles in creativity.

In design practice, the emergence of digital architecture has been the most interesting and important issue in the turn of this century. A new generation of architects have passionately started to utilize digital media to explore new concepts for spaces and living. Digital media, however, has not yet become a research topic in design cognition research although computer-aided design has been an important research area. The absence of digital media study impairs our understanding of the differences between general design and digital design, so we cannot fully utilize the power of digital media in the design process.

From the interviews of architects using digital media, we realized they did not obey the general beliefs in design methodology. Without drawing sketches, they started from precise three-dimensional computer models toward the end of design. This ubiquitous characteristic of digital architects inspires this research to explore the roles of design sketches and knowledge in general design process and digital process. This study intends to explore the roles digital sketches and knowledge using protocol analysis. The differences between general and digital design process, the interaction between digital sketches and knowledge, and their roles in creativity will be revealed.

This research intends to establish the cognitive digital design studies. Based on digital architecture, we examine the cognition in digital design to connect the theories and knowledge in general and digital design. The results can provide the cognitive foundations for digital design and examine the possibilities of new design method and process.

1.1 設計草圖研究 (Design Sketches Studies)

過去十年中,設計草圖被視為一項非常重要的設計認知研究議題,(Goldschmidt, 1991; Schön & Wiggins, 1992; Goel, 1995; Suwa, et al., 1998)。傳統設計教育中,設計草圖被視為設計師一項重要的技術,普遍相信設計草圖可以影響設計過程與品質,它所提供的模糊性與不確定性使草圖成為未預期之發現(unexpected discovery)與重新詮釋(re-interpretation)的重要媒材。從資訊處理(information-processing)典範中(Simon, 1992),不同的設計媒材代表不同分析問題的方法,在不同設計理論典範中,設計媒材的重要性已被研究者強調且指出。Schön & Wiggins (1992) 證明了設計媒材中草圖的重要性,藉此說明設計是設計媒材與設計師視覺感官的對話,設計師因此倚賴設計草圖來推竟設計過程,好幾種在設計中發生的視覺感官類型已被發現,包含視覺符號的基本認知,視覺品質的評價與視覺空間的浮現與整合。

設計草圖在設計過程中並非單純的再呈現設計的圖像結果,同時也表現了抽象概念,功能需求與設計義涵。當設計師重新檢視它的草圖時,可能會導向發現新的視覺元素與組合,此發現稱為未預期之發現(Schön & Wiggins,1992),而 Goel (1995) 命名為橫向型變(lateral transformation)。另一種可能性為發現新的相關的抽象概念,功能需求與設計義涵,這種發現則被稱為重新詮釋,(Goldschmidt, 1991; 1994; 2001)在她的建築研究中將此命名為“視如”(seeing-as),設計師依賴此二特性來解決困難的設計問題與重新闡述設計。關於設計草圖的重要文獻,都與認知心理學相關。在一篇由 Purcell & Gero (1998)所提出的研究中,設計草圖研究與認知心理學的關係被充分的討論,其中工作記憶體(working memory),影像重新詮釋(imagery reinterpretation)與心理視覺重組(mental synthesis),被視為最有潛力的跨領域研究合作,而這些認知行為都與設計知識有密切的關係。Suwa, Purcell & Gero (1998) 利用設計行為編碼系統,利用四種行為認知層次分析設計片段,包含肢體層次(physical),視覺層次(perceptual),功能層次(functional)與概念層次(conceptual)。其結果發現設計草圖的三個重要角色,第一設計草圖為思考結果的圖像再呈現,提供重新檢視的機會,第二設計草圖提供連結設計功能意義的視覺/空間線索,第三設計師依靠與設計草圖的互動決定何時與如何思考功能意義,因此設計考圖可視為思考快速與未預測建構的物理環境。

1.2 設計知識研究 (Design Knowledge Studies)

設計知識對於設計思考,設計教育與電腦輔助設計有明顯的影響,許多不同種類的設計知識已被提出與討論。在認知研究中,設計知識產生了有別於科學類與藝術類的特殊知識,Cross (1982)稱為設計者的獲知方式(designerly ways of knowing),設計者有其特殊的知識背景,特殊的獲知方法與特殊的求知方式,這些是有別於科學與藝術行為的。設計中的不同學系都是充滿了各種不同的知識,這種豐富性不只是知識體本身的龐大,更導因於知識本身的互動與共構,一個明顯的例子就是,設計常是牽一髮而動全身,當設計師修改一小部份的設計單元,常引出更多相對應的問題,設計師的工作因此變成整合多樣與互相矛盾的設計知識,進而形成一個完整的設計解決方案。

當設計行為被視為單純的資料處理的過程時，研究者相信設計知識是固定不變且預存於設計師的腦中，研究者提出設計知識是群化的知識單位，相關的設計單元與使用方式都包含在其中(Akin, 1979)，設計過程就是由這些被動式設計知識(Passive design knowledge)所主導，在設計空間中由設計問題走向設計解答，設計因此被視為理性的問題解決過程。然而設計知識很明顯的不是完全被動，有些設計知識產生於整合設計中的矛盾於不同，將設計中的不同面向轉化為協調與有意義的組合(Darke, 1979)，他們可以稱之為主動式設計知識(active design knowledge)。對於設計知識的二分法，Schön (1995) 也提出相對應的研究，指出設計師求取知識的兩種途徑，一為有系統式研究方法的分析設計問題，被動的獲取相關的知識，一為主動的直覺的在經驗中，獲取相關的知識，這些知識需要設計師實地的接觸設計問題來獲得(Cross, 1982)。

Heylighen et al (1999) 利用設計工作室內的情況，來比較主動式與被動式設計知識，結果顯示主動式知識與設計行為互相影響，形成獲知的行為。因此設計知識的主要角色，應不是被動的推進設計過程，而是在過程中主動求知，設計過程因此變成兩種知識的動態平衡。Tang(2001)研究在這平衡中設計草圖與知識的互動性，指出大部分的設計行為與視覺感受與功能意義相關，顯示出不同認知層次間的緊密結合，設計知識與設計草圖扮演居中協調的角色，為設計過程進展的主要動力。

1.3 數位設計草圖與知識 (digital design sketches and knowledge)

以上所詳述的研究背景都是以一般設計過程(general design process)為觀察對象，很少有針對正在發展的數位設計進行研究。對於數位設計草圖與知識，我們卻尚無初步的了解。另一方面，網際空間(cyber space)的興起，除引發探究網路空間本身的特質外，透過網路技術的成熟，造就另一種全新的溝通模式(Chang, 1999; Maher, 1999; Gabriel and Maher, 2000)，這個議題不只引發建築領域或設計領域的關注(Mitchell, 1999)，Liu(2001)也提出在網路環境(Network Environment)下空間的思考模式。根據 Liu, Eisenman, et al(2001)對數位建築浮現的討論與探究，數位設計過程(digital design process)和一般設計過程並不相同，有些數位建築師並不遵循一般設計方法，他們不使用平面草圖而是由空間量體著手，不著眼於模糊的手繪線條而是從準確的多線條(wire frame)發展概念，其中設計草圖與知識的定義與角色與一般設計中的草圖與知識並不相同。

2 研究問題與目的

綜合以上所述，面對數位建築設計的浮現與新一代設計方法的萌芽，設計認知研究並沒有提供相對應的研究，了解電腦媒材對於一般建築設計的衝擊，分析數位環境對設計過程的影響，因此我們可以看到國際間數位建築實務與數位建築認知研究間的落差，在擁抱數位革命上後者已落後。但可預見的是電腦媒材與數位環境將在建築設計佔有更重要的地位，此落後的情形已變為認知研究的隱憂，因為在數位建築中，設計草圖，設計知識，乃至於創造力都有不同表現與定義。更重要的問題是到底數位媒材與一般媒材的異同為何，這樣的差異是否意味著新一代的設計方法與設計過程，進而達到新的設計成果。

本研究針對這個問題，在數位建築設計中重新檢視認知研究中的重要議題，包含設計草圖，設計知識與創造力，試圖檢視他們在數位設計中所扮演的角色，比較他們在數位建築設計與一般建築設計中的差異，分析設計草圖與設計知識對於設計創造力的影響，了解數位媒材與一般媒材的差異，進而開啟數位設計認知研究的方向，為新的設計方法與過程做準備。因而本研究的目的是在於探討設計草圖與知識在一般媒材與數位媒材設計過程中的比較，基於口語分析的方法步驟，提出在不同設計環境下的思考與認知的差異。

3.1 研究方法

為檢視數位建築中設計草圖，設計知識與創造力的角色，本研究採用目前設計認知研究中最廣泛使用的口語分析放聲思考法(protocol analysis/ think aloud)(Ericsson & Simon, 1993; van Someren, et al., 1994; Cross, et al., 1996)，來研究設計草圖與知識。關於設計草圖與知識對創造力的影響之研究，本研究則採用設計品質評估(design quality measurement)，配合統計方法 alphas-coefficient 以增加其可靠性，以兼顧質與量的觀點分析。

口語分析發軔於認知心理學與認知科學，透過受測者口述其思考，研究者得以了解其存於短期記憶體中的思考過程 (Ericsson & Simon, 1993; van Someren, et al., 1994; Cross, et al., 1996)。認知研究已發展出兩種口語分析的方式，分別為放聲思考與影音回溯(Dorst & Dijkhuis, 1995)。在放聲思考中，受測者必須設計且同時口述其思考，早期的口語分析研究大多是此類型(Eastman, 1970; Akin, 1979; Akin, 1984)，之後隨著放聲思考的廣泛被使用，各種不同的設計放聲思考研究紛紛出現，包含機械設計(Stauffer & Ullman, 1991)，軟體設計(Guindon, 1990)，電子設計(Gero & McNeill, 1998)，工業設計(Cross, et al., 1996)，建築設計(Akin, 1984; Akin, 1986; Akin, 1993)與室內設計(Eckersley, 1988)。

但是，放聲思考對於設計活動的干擾，以及複雜認知行為對於口語分析的影響，卻是一直有爭議而無定案的(Lloyd, et al., 1995; Gero & Tang, 2001)，在此同時有研究者開始採用影音回溯法，一方面避開爭議，一方面可以使受測者針對草圖進行較詳細的述說(Suwa & Tversky, 1997; Suwa, et al., 1998; Suwa, et al., 2000; Tang & Gero, 2001d)，此方式的特點在於分離設計與口述思考，利用錄影機紀錄巨觀與微觀的設計過程，受測者根據錄影帶回述其設計過程，而不至於影響設計過程，目前已被廣的使用(kavakli & Gero, 1999; Tang, 2001; Tang & Gero, 2001)。一般而言，期望觀察設計過程的認知研究，會採用放聲思考法，而欲觀察設計認知內容的研究，會使用影音回溯。

3.2 研究步驟

本研究採取的研究步驟為以下四項：

- A. 口語分析實驗：口語分析採用放聲式思考法，受測者設計且同時口語文字化(verbalize)他/她的想法，研究者全程錄影受測者的肢體動作與言語述說，實驗結束時設計師將發

表五分鐘的設計概念說明，以利於設計品質評估，最後研究者訪問受測者，詢問關於實驗與設計過程的議題。

受測者：受測者將受邀參加此研究，一為以傳統工具從事草圖設計的口語分析，一為以電腦媒材為工具從事草圖設計的口語分析，一為以網路環境下從事草圖設計的口語分析。

設計案：本研究基於 Schon & Wiggins (1992)所引用的設計素材(紙筆草圖)為基礎 (Figure 1)，進一步去比較傳統媒材、電腦媒材及網路環境下設計者的設計思考。

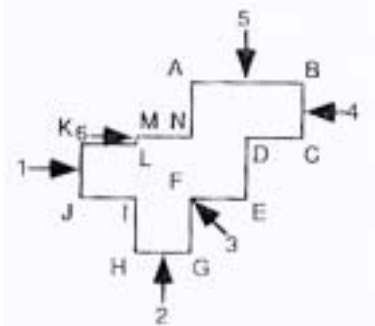


Figure 1. Schon & Wiggins (1992)

實驗所得：實驗結束將獲得三份設計過程錄影帶，傳統媒材、電腦媒材與網路環境設計專訪。

- B.實驗資料整理與設計品質評估：在資料整理階段，錄影帶中的聲音部分被紀錄成文字，而得到設計過程思考敘述與設計概念敘述。設計師的設計草圖與設計概念將是設計品質評估的基礎，六位設計專家將受要為評審，評審的結果會透過統計測試其可靠性。
- C.口語編碼：設計過程思考敘述，設計草圖與錄影帶都將作為口語分析的資料，判定設計師的設計思考過程。此研究將使與兩位編碼者，遵循 delta 方式以確保編碼的可靠性。
- D.比較分析：本研究的實驗過程是以受測者構想的放聲思考資料作為分析的主要資料，另外，為了避免不足之處，因而亦採口語輔助視覺的方式，即是在實驗進行結束後，受測者能對奇設計過程保有記憶時，訪問受測者一些細節問題，以作為輔助性的口語資料分析。

4.1 實驗內容與步驟

為比較在一般媒材(GM)、電腦媒材(CM)與網路環境(NE)下，設計草圖與知識在一般媒材與數位媒材設計過程中的比較，本研究採取四個階段的研究步驟：首先進行口語實驗：在三組環境，傳統媒材（實體模型）、電腦媒材（模型(modeling)、虛擬實境(VR)等）以及網路環境（透過網站進行設計活動）下選擇一位具有設計經驗的受測者，透過放聲思考(think-aloud)方式紀錄實驗，受測者在 15 分鐘內完成圖書館入口配置的設計分析，為避免三

個實驗的干擾，再受測的間隔時間採五天進行一次實驗，實驗完畢後進行訪談。第二，分析與修正：取得實驗之資料後，第二階段進行斷句與編碼工作，以此為分析基礎，以得到修正後的 CMPA 與 NEPA。第三，驗證實驗：應用所得到的研究方法，分別在電腦環境與網路環境下進行驗證。最後，綜合分析驗證實驗所獲得的資料，最後推論出詳細與明確的 CMPA 與 NEPA 之口語分析方法與及步驟，並從中探討設計草圖與知識在一般媒材與數位媒材設計過程中的差異。

4.2 實驗過程

根據 Schon & Wiggins (1992)提出探索設計中的看見並描述他們不同的作用。在很多不同層面而言，設計是一種 making and seeing，從事和發現 doing and discovering。Liu(2001)提及所有受測者皆指出，動作、互動以及音效，對他們來說都是空間感的主要元素，不是建築師所預期的正式的體積形式的元素。所有受測者皆指出，動作、互動以及音效，對他們來說都是空間感的主要元素，不是建築師所預期的正式的體積形式的元素。因而本研究將設計認知過程的變數減低至最小，亦即是以基本構建組合，不增加材質，且應應媒材的特性去設計實驗樣本，以求三種實驗的題材的基本變因相近已達有效之樣本(Figure 2)。以設計表達而言，電腦的 rendering，以及定義表面材料都屬於細部設計，本研究盡可能排除此電腦的優勢以利實驗的相等性。



Figure 2. 三種環境下的實驗過程

4.3 編碼系統

本研究採用量化與質性的分析系統，在量化的分析系統中分為主要四個項目，透過口語量的總數去編碼分析出四個子項目。第一組是(ST-SA)子系統，表示受測者在進行構想會產生的看到(seeing that)及看成像(seeing as)。第二組子系統是(S-NS)系統，代表受測者在構想時的短期記憶思考。第三組子系統是(FU-FO)系統，主要是探討受測者在功能及形式上對空間涉入程度的影響。第四組子系統是(VI-NVI)系統，設計生產過程所呈現與操作的元素多半屬於可見訊息，然而不可見訊息有助於設計的思考與決策。在質性的部分，主要以觀察者的角度分析，以及訪談的資料綜合分析。

Schon and Wiggins(1992)提出設計是由看-移動-看(seeing-moving-seeing)的組成狀態，其中看又可分幾種類型，包括對紙上的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。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。可見訊息(visual information)及不可見訊息(non-visual information)二種認知過程由(Suwa and Tversky, 1996)所提出，並由此推論模式可探討描繪草圖行為，並可針對被描述的元素、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。

5.1 設計環境的異質性(Heterogeneity of actors)

在提出口語分析適用於哪個環境下的課題時，首先簡要的去比較三種環境上的差異，在第一組傳統媒材的模型中，可發現在時間與移動的次數上，受測者觀看平面的移動次數隨著時間的增加而減少，而觀看立面的移動次數隨著時間的增加而成正比，也就是說在模型中的立面移動有助於空間的辨識與認知，移動的角度衍生的子型空間能增加受測者的判斷。

因為從5 來看的話，5 走進去裡面，面對的是一面牆，然後那個就是你看到的只是一面牆，不是一個完整的空間。我現在覺得1 之所以好，是因為它可以安排，空間可以安排，它的序列應該是沒有什麼問題。5 這個序列有點太簡短，如果你只去看長方型這個部分的序列的話，就只有三段而已。可是你如果從 1 這個地方來看，它就有4 段，4 段的空間的安排，而且剛好是進來的之後就由大到小，比較像一般看到的空間的安排的方式。

第二組電腦模型的實驗中，互動的機制與觀看者的距離遠近，引發著空間趕與鄰接感，在電腦模型中受測者要觀看角度的移動需透過滑鼠與檢盤的前進後退去改變視點，當然我們已經屏除受測者操作的熟練程度所產生的操作變因，因為受測者具有熟稔的電腦操作能力，在電腦模型中可清楚的看出空間感的判斷與史度的判斷需要更遠的距離，涉而需要上試圖的判斷整體空間的規模，而互動的機制也就是移動的過程中幫助實驗者可比較牆面與牆面的鄰接性，以更精準的判斷空間的配置規劃。

我剛剛轉到 2 這個角度的時候，感覺 2 這個角度很適合作路口，因為剛好一個、一個人進來之後就是一個空間的中線，進來之後，他可能可以經過一個就是管制的地方之後，就進入一個整個圖書館的大廳，然後這個大廳可以左邊變成閱覽室或是什麼的，右邊開始是借書，然後借書、閱書人通常會比較多人，排一下應該還可以排分類。可是 1 的話，它現在看到的是一個，這個空間進來看到的是一個對稱的中線，可是往前走會突出一個空間，蠻奇怪的。所以我現在覺得 2 比較適合當路口。

第三組網路環境下的實驗中，網路環境是以電腦為主，避免傳統文件線性的方式，將資料儲存在網狀結構的節點(node)上讓使用者透過鏈結(link)的方式，自由的遊歷(navigate)於知識庫中。瀏覽是網路環境中觀看的方式，受測者的移動是靠連結而產生，也就是說系統如何呈現資料的程序，他所建構的路徑是系統提供給使用者的預設路徑，透過連結的方式例面的需求大於平面，但若以時間點看，平面的地圖市受測者在建構這個網路地圖的最需要的資訊。

所以基本上 6 還是不可能，因為它怎麼看都知道它只是一個小小的角，其實視覺上它看起來沒有那麼糟糕，可是因為我舊有的經驗知道，實際上的這個6 不適合做一個路口，實際上的6，雖然它在影像上、視覺上看起來比較沒有那麼尖銳。不過 3 就讓我有點錯亂，就是這個東西跟這個東西會讓我做比較，因為畢竟

實際上看起來應該是這個樣子，而只是個平面，可是因為這個平面媒體，它所產生的效果，讓我覺得這個 3，它這個尖角實際上沒有那麼尖銳，有可能是一個路口。

5.2 設計草圖與設計知識的層次(Sophistication of seeing)

在本研究也提到視覺上所看見的線視為一種空間圖案，最主要是透過設計者的本身聯想所產生的圖像空間，聯想原為心理學術語，在語言學中它指詞與詞之間的聯想，語言學家從不同角度來敘述，有的從形式或意義方面進行研究提出關聯詞場(association field)理論，根據這個理論聯想可分為詞的形式聯想和詞的意義聯想(Related Association)兩種。在本研究分析所得到的的是意義聯想重於形式聯想。模型，就像是所有的圖表，由安排在空間裡的彼此相關元素所組成，以及成為參考資料框架以及層面。詮釋一個模型是指群組或排除某些元素，如同指定一個參考框架或層面。更動任一這些關係，那麼，可以導致空間的重新詮釋，促使新的設計概念。

早期設計是傾向更為模稜兩可的，有著下列因素：當概念更為清晰時，模稜兩可就消失了。模稜兩可在重新詮釋裡扮演一個有趣的角色：草圖如果更為模稜兩可，重新詮釋就變得更為簡易(Goel, 1995)；不過，草圖如果更為模稜兩可，指定任何一個詮釋也就更為困難。但模型中更可證明心像的使用，而不需藉助紙筆草圖才能表達跟詮釋。模型是將設計思想轉換成具體的藝術形象，不單是設計的表述，建築模型是建築表現的重要手段即使有今日電腦技術的建築表現更臻完善，建築模型能仍以獨特的美學品質以及實體和空間的塑造力，為設計師感知並作為 2D 圖形表述的一種補充，模型在量體，位置給設計者更直觀的感受，不但可以在一固定視點靜觀，也能多方位的漫遊。

5.3 研究方法上的深入分析

5.3.1 量化分析

由表中可看出口語資料的總數以網路環境下為多，先從短期記憶與非短期記憶這組子系統來看，透過資料量的統計，在 TMPA 中短期記憶的口語報告多於非短期記憶的口語報告，我們可知在實體模型的口語中，由於移動快速且能恣意改變視角，因而在短期記憶的運用上高於非短期記憶。以意謂著實體模型可強化短期記憶的使用，因而能快速地決定方案。在功能與形式上看，透過實體模型可以產生較多的功能思考，以意謂著放聲思考的方式在傳統媒材中功能上的探討比較多。在可見訊息與不可見訊息上看來，傳統媒材的放聲思考能顯現不可見訊息的，主要原因是干擾少，受測者比較能多關注在不可見訊息的議題上。

在 CMPA 上，短期記憶的資料量大於非短期記憶的口語資料量，從電腦裡面，我們不太能夠判斷的就是它的高跟它的長是不是一樣，長跟寬是不是一樣高，只能判斷出它是一個矩形，但是不太能確定它是一個正方形。因而受測者需要試著用剛剛得到的那些資料去找它的路程，比較適合的路口。以功能和形式看由於多在尋找判斷模型可能的尺寸大小，因而在形式上的關注也多，相對的用放聲思考的口語分析方式變較需要修正這功能上資料不足的弱點。在可見與不可見訊息上所顯現出由於電腦媒材的特性優於可見訊息的呈現，然而放聲思考方式雖然容易表達受測者的內在思考脈絡，但因限於操作方式的干擾限制因而在

這方面的資料量不如 TMPA 所呈現的資料量。從 NEPA 看，在 STM 與非 STM 的資料量顯示，網路的多方面同時呈現圖面減少了短期記憶的使用，在功能與形式上，功能的探討就更少了，在可見訊息與不可件訊息上資料也顯的較短缺。

5.3.2 質化分析

以質的分析而言，分為觀察者與訪談的結果作譯碼的分析，在 TMPA，以觀察者的角度言，導引形式屬於感知性，能不受限制的自由移動視點。訪談的結果顯示受測者認為實體模型最易於幫助思考。在 CMPA，導引形式屬於明喻方式，滑鼠的特性及游標的指示性，某種程度近似於筆的功能，為互動的過程放聲思考無法有效紀錄。訪談的主要指出，無法立即轉換之前所看到的角度，互動機制有時會造成干擾。在 NEPA，導引形式屬於暗喻，藉由跟隨鏈結(link following)的瀏覽方式，當受測者按了來源節點(source node)上的錨點(anchor)時，便可跳至目的節點(destination node)上。以受測者的角度而言，預設的路徑有些是限制，並非是受測者所要的角度或是資訊，因而限制太多。

在下表中(table 1)本研究將傳統媒材，電腦媒材與網路環境透過量的分析與質的分析來檢視口語分析的研究方法適用於哪一個媒材環境。在傳統媒材的口語分析以下簡稱(TMPA)。在電腦媒材的口語分析以下簡稱(CMPA)。在網路環境口語分析以下簡稱(NEPA)。

6 結論

透過三種環境的檢視與視覺、文字的評估，研究結果顯示，在傳統媒材放聲思考的研究方法是無庸置疑的且適用的、而在電腦媒材的研究方法尚可留用但需要克服操作上移動所產生的串聯導引：包含空間的可及性和視覺的可及性。網路環境下放聲思考的研究方法並不適用，原因在於圖解的瀏覽方式是網路環境中最有效力的瀏覽方式，但是必須解決的是遇到太複雜的網絡情形時，圖解的瀏覽方式會增加使用者的操作負擔，允許使用者根據自己的需求，任意讀取知識庫中所含的知識片段，建構個別的知識體系（空間架構），然而如何發揮網路的優點及特性，是在設計過程中的潛在問題。

本研究最大的可能困難，在於若要獲得修正後可行的、有效的 CMPA 與 NEPA，其分析樣本必須足夠且具代表性，但實際操作執行有其困難，包括實驗設備與技術的支援，與合格受測者的選擇等；而初步獲得的結果，也可能需要不只一次地檢驗證明與重複修正，因此上述研究方法與步驟的設計需依實際狀況進行增刪與修正，即使如此，透過上述步驟我們仍能夠獲得階段性的結果。透過網路特性及原則下所建構的網頁，在路徑的選擇上已經被操控，因而受測者在使用上不能隨心所欲，雖是限制但能符合網路環境中所面臨到的使用者與設計者之間的認知，本研究經過專家的討論與建議所訂下的原則仍可視為有效樣本。

本研究結果可為目前正跨領域、跨學科發展之電腦媒材，提供適切而完整的研究方法，不但對電腦媒材本身的發展或相關的研究發展，亦對媒材的研究提供個依循的研究方法。本

研究所探討的方法學上的應用，可將設計研究的領域從傳統電腦輔助設計的時代，推進至以電腦為媒材以及虛擬設計下網路環境的新世代。透過本研究所探討的主題，更可將認知研究領域的重要議題，包含設計草圖，設計知識與創造力，推至以數位建築與媒材為主的新領域，使得建築實務與認知理論在數位時代有更緊密的結合，此研究結果並可測試新的設計方法與過程的可能性。

Table 1. 量化與質化的分析

		傳統媒材	電腦媒材	網路環境
量化分析	VERBAL 的總字數	2796	3432	3515
	STM vs. Non-STM	1600 vs. 973	1646 vs. 850	653 vs. 2464
	Function vs. Form	534 vs. 449	224 vs. 630	210 vs. 705
	VI vs. NVI	816 vs. 1757	1621 vs. 500	790 vs. 420
	無效資料	223	434	399
質化分析	觀察者	導引形式屬於感知性，能不受限制的自由移動視點。	導引形式屬於明喻方式，滑鼠的特性及游標的指示性，某種程度近似於筆的功能，為互動的過程放聲思考無法有效紀錄。	導引形式屬於暗喻，藉由跟隨鏈結(link following)的瀏覽方式，當受測者按了來源節點(source node)上的錨點(anchor)時，便可跳至目的節點(destination node)上。
	訪談	實體模型容易幫助思考	無法立即轉換之前所看到的角度，互動機制有時會造成干擾。	預設的路徑有些是限制，並非是受測者所要的角度或是資訊，因而限制太多。
建議		可	可留用，但須修正	不適用

參考文獻

- Akin, Ö. (1979). Models of Architectural Knowledge: An Information Processing View of Architectural Design, Ann Arbor, Mich., University Microfilms International.
- Akin, Ö. (1986). Psychology of Architectural Design, Pion, London.
- Akin, Ö. (1993). Architects' reasoning with structures and functions, Environment and Planning B: Planning and Design, 20, 273-294.
- Anderson, J. R. (2000). Cognitive Psychology and Its Implications, Worth Publishers, New York.
- Cross, N. (1982). Designerly ways of knowing, Design Studies, 3, 221-227.

- Cross, N., Christiaans, H. & Dorst, K. (eds). (1996). *Analysing Design Activity*, John Wiley, Chichester.
- Darke, J. (1979). The primary generator and the design process, *Design Studies*, 1, 36-44.
- Dorst, K. & Dijkhuis, J. (1995). Comparing paradigms for describing design activity, *Design Studies*, 16, 261-274.
- Eastman, C. M. (1970). On the analysis of intuitive design process, in Moore, G. (ed), *Emerging Methods in Environmental Design and Planning*, Cambridge, Mass, The MIT Press, pp 21-37.
- Eckersley, M. (1988). The form of design process: a protocol analysis study, *Design Studies*, 16, 86-94.
- Ericsson, K. A. & Simon, H. A. (1993). *Protocol Analysis: Verbal Reports as Data* MA, MIT Press, Cambridge, Mass.
- Gero, J. S. & McNeill, T. (1998). An approach to the analysis of design protocols, *Design Studies*, 19, 21-61.
- Gero, J. & Tang, H.-H. (2001). Differences between retrospective and concurrent protocols in revealing the process-oriented aspects of the design process, *Design Studies*, 21, 283-295.
- Goel, V. (1995). *Sketches of Thought*, MIT Press, Cambridge, Mass.
- Goldschmidt, G. (1991). The dialectics of sketching, *Creativity Research Journal*, 4, 123-143.
- Goldschmidt, G. (1994). On visual design thinking: the vis kids of architecture, *Design Studies*, 15, 158-174.
- Goldschmidt, G. (2001). Is a figure-concept binary argumentation pattern inherent in visual design reasoning? , in Gero, J. S., Tversky, B. & Purcell, T. (eds), *Visual and Spatial Reasoning in Design II*, Key Centre of Design Computing and Cognition, Sydney, Australia, pp 177-205.
- Heylighen, A., Neuckermans, H. & Belgium, J. E. (1999). Walking on a thin line--between passive knowledge and active knowing of components and concepts in architectural design, *Design Studies*, 20, 211-235.
- James, W. (1971). *The Meaning of Truth: a Sequel to Pragmatism*, Westpoint CT, Greenwood Press.
- Kant, I. (1966). *Critique of the Pure Reason*, Garden City NY, Doubleday.
- Kavakli, M. & Gero, J. S. (1999). Sketching as mental imagery processing, *Design Studies*, 22, 347-364.
- Larkin, J. & Simon, H. A. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words?, *Cognitive Science*, 11, 65-99.
- Liu, Y.-T., Eisenman, P., 林政緣, 王昭仁, 成淑君, 李潔奇, & 吳銘輝. (2001) *Emergence of Digital Architecture*, 胡氏出版社, 台灣.
- Lloyd, P., Lawson, B. & Scott, P. (1995). Can concurrent verbalization reveal design cognition?, *Design Studies*, 16, 237-259.
- Paige, G. & Simon, H. A. (1966). Cognitive processes in solving algebra word problem, in Kleinmuntz, B. (ed), *Problem Solving*, Wiley, New York.
- Polanyi, M. (1967). *The Tacit Dimension*, Doubleday Books, Garden City, NY.

- Purcell, A. T. & Gero, J. S. (1998). Drawings and the design process, *Design Studies*, 19, 389-430.
- Schön, D. A. (1995). *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*, Arena, London.
- Schön, D. A. & Wiggins, G. (1992). Kind of seeing and their functions in designing, *Design Studies*, 13, 135-156.
- Simon, H. A. (1992a). *Sciences of the Artificial*, MIT Press, Cambridge, Mass.
- Stauffer, L. A. & Ullman, D. G. (1991). Fundamental Processes of Mechanical Designers Based on Empirical Data, *Journal of Engineering Design*, 2, 113-125.
- Suwa, M. (1998). Content-oriented Protocol Analysis Coding Scheme. Key Centre of Design Computing and Cognition, Sydney, Australia.
- Suwa, M., Gero, J. S. & Purcell, T. (2000). Unexpected discoveries and s-invention of design requirements: important vehicles for a design process, *Design Studies*, 21, 539-567.
- Suwa, M., Purcell, T. & Gero, J. (1998). Macroscopic analysis of design processes based on a scheme for coding designers' cognitive actions, *Design Studies*, 19, 455-483.
- Tang, H.-H. & Gero, J. (2001a). Roles of knowledge while designing and implications for CAAD system, in Gero, J. S., Chase, S. & Rosenman, M. (eds), *CAADRIA'01*, Key Centre of Design Computing and Cognition, Sydney, Australia, pp 81-89.
- Tang, H.-H. & Gero, J. S. (2000). Content-oriented coding scheme for protocol analysis and computer-aided architectural design, in Tang, B.-K., Tan, M. & Wong, Y.-C. (eds), *CAADRIA 2000*, Singapore, CASA, pp 265-275.
- Tang, H.-H. & Gero, J. S. (2001b). Cognition-based CAAD, in Vries, B. d., Leeuwen, J. P. v. & Achten, H. H. (eds), *CAADFuture 2001*, Kluwer, Dordrecht, pp 521-531.
- Tang, H.-H. & Gero, J. S. (2001c). S-creativity in the design process, *Developing Ideas in Computational and Cognitive Models of Creative Design IV*, Key Centre of Design Computing and Cognition, Sydney, Australia, (to appear).
- Tang, H.-H. & Gero, J. S. (2001d). Sketches as affordances of meanings in the design process, in Gero, J., Tversky, B. & Purcell, T. (eds), *Visual and Spatial Reasoning in Design II*, Key Centre of Design Computing and Cognition, Sydney, Australia, pp 271-282.
- Tang, H.-H. (2001e). Exploring the Roles of Sketches and Knowledge in the Interlinked and Multimode Design Process Using Protocol Analysis, Ph.D Thesis, The University of Sydney, Australia.
- van Someren, M. W., Barnard, Y. F. & Sandberg, J. A. C. (1994). *The Think Aloud Method: a Practical Guide to Modelling Cognitive Processes*, Academic Press Limited, London, .