

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

Protocol Analysis 在一般媒材、電腦媒材與網路環境下的比較研究 A Comparative Study of Protocol Analysis in Traditional Media, Computer Media and Network Environment

計畫編號：NSC 90-2211-E-009-047-

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：劉育東 交通大學建築研究所

中文摘要

此篇報告藉由檢視涉及虛擬空間感的創造口語與視覺元素，討論虛擬空間的本質外，並探討口語分析是不適用於電腦環境及網路環境。我們呈現所有透過我們的實驗與訪談所發現的虛擬空間的口語與視覺元素，透過量化與質化的分析過程指出口語分析的方法學適用問題並進一步提出修正方式。此外，我們也探就了口語上與視覺上所建立的空間之間的比較，以及實際與虛擬空間之間的比較。

Keywords. Protocol Analysis、Think-aloud、Computer Media、Network Environment、Methodology

一、序論

口語分析 (Protocol Analysis) 發軔自認知心理學與認知科學，原用以探究人類思考的心智歷程 (mental process)。直至 70 年代，Eastman(1970)以 Protocol Analysis 進行直觀式設計過程的研究，正式引領設計學科進入方法學研究的時代；而 80 年代起，Protocol Analysis 也陸續應用於其他如工程設計、軟體設計或工業設計學科之研究(Cross et al. 1996)。之後，探討設計過程與設計師認知活動的研究大量產生，而 Protocol Analysis 也成為此學門之主要方法學(Akin, 1978, 1993, 1995; Schon & Wiggins, 1992; Lloyd & Scott, 1995; Gero & Neil, 1996; Cross et al, 1996; Oxman, 2001)。Gero(1996)整合了編碼系統，以強化口語分析，這些研究基於一般媒材的特性，在研究設計活動的資料收集階段，承襲自心理學的放聲思考法(think-aloud)，但卻無法避免設計過程受干擾的限制。基於此 Suwa and Tversky(1997)提出影音回溯(video/audio retrospection)的口語報告(verbalization)方式，提供設計過程的影像資料輔助設計者進行回溯，彌補回溯法(retrospection)短期記憶限制之不足，同時避免同步放聲報告影響知覺的侷限。因此放聲思考與影音回溯便成為口語分析最主要的資料收集方式(Gero & McNeill, 1998; Purcell and Gero, 1998; Tang & Gero, 2001)。

繪圖行為以及觀看這些圖形所引發的知識與記憶 (長期記憶與短期記憶的互動) 等「知覺性」的行為，向來是設計思考過程中極重要的關鍵 (Schon and Wiggins 1992; Liu, 1995; 1996)。在設計過程之初，設計者們衍生出許多概念。而此過程一般來說是草圖繪製，一連串的草圖可以馬上被衍生，修正，潤飾，以及隨著概念發展一致地合併。草圖如同是設計者們的思考工具(Schon, 1983; Goldschmidt, 1994)。Goldschmidt (1994)所觀察到的，草圖提供設計者，感知上的允許未察覺的特徵探知提示。典型例子是空間關係的探知，譬如，鄰近或是空間特徵、形狀，那是草圖繪製裡未意想不到的副產品。從認知心理學的領域來看，學者提出人類對空間的概念是來自一種認知架構的建立(Harvey, 1989)。空間的概念事實上是來自一連串經驗的累積，並經由一些自我驗證及整理的過程，在每個人心中認知出個人不同的“空間”。從人類心智的角度來看，這個由新媒體和

新介面所產生的空間，確實提供了一種截然不同的空間經驗，並經由人類的感知和認知成爲實體空間之延伸（Anders, 1998）。

近年來，電腦介入設計，引發了電腦輔助系統的迅速發展(Elsas & Vergeest, 1998)，以及使用電腦媒材從事構想發展的認知研究(Wong, 2000; Chen, 2001)，也因此發現目前的口語分析應用於電腦媒材的研究時，其資料的不足，所以口語分析必須因應電腦媒材特性有所修正，在 Gross et al(2001)也試圖解決口語分析記錄上的問題。

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。然而，網路方面的研究雖然才剛起步，但若方法學之研究無法同步更新配合，則對於在網路環境下的設計活動之探討亦將遭遇瓶頸，必須因應媒材特性而有所修正，因而本研究的問題是比較在傳統媒材、電腦媒材與網路環境下使用口語分析爲研究方法時的差異，而何種口語分析是否適用於電腦媒材，那在網路環境下能否應用口語分析進行研究？

在認知的角度上，真實世界裡人們與設計者透過感官體驗空間。人類感知是同時由視覺與口語代碼所組成。特別是不同媒材下所呈現的空間，既然設計知識再現主要透過口語與視覺再現(Mitchell, 1990)，本研究也著重在空間探討的口語分析與視覺角度上。因而本研究的目的是在於探討電腦媒材與網路環境的本質後，基於傳統口語分析的方法步驟，提出針對電腦媒材與網路環境適用的口語分析方法，並比較三種環境下的思考與認知的差異。

二、研究方法與步驟

Methodology and Steps

在 Liu(2001)的研究指出建築設計處理的媒介使用有所相關。爲了表示設計者思考裡的空間概念，在設計期間，照慣例，設計者們使用傳統媒介(草圖、手稿、以及實際模型)，來表示同等系統裡的傳統空間元素。在這不同的媒材呈現下，我們可知的是不斷在我們的腦中影響我們的思考，所以本研究基於 Schon & Wiggins (1992)所引用的設計素材(紙筆草圖)爲基礎(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。

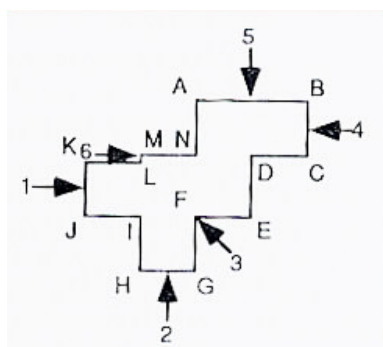


Figure 1. Figure title

爲比較在一般媒材(GM)、電腦媒材(CM)與網路環境(NE)下，使用 Protocol Analysis 爲研究方法時，其差異所在；並提出修正之 Protocol Analysis 方法，以適用於電腦媒材 (CMPA) 或網路環境 (NEPA)，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）下各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，爲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，以此爲分析基礎，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 Protocol Analysis 方法與及步驟。

Experiment Process

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

Coding Scheme System

本研究的實驗過程是以受測者構想的放生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。

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(Suva 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。

Comparison and Analysis of the Cases

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尺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。

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。

三、研究方法上的深入分析

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)。

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

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，在可見訊息與不可見訊息上資料也顯的較短缺。

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。

四、結論與建議

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耐用但需要克服操作上的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。

References

- Akin, ö.: 1978, How do architects design? In Artificial intelligence and Pattern recognition in computer-aided design, ed. J. C. Latombe, pp. 65-104. New York: North Holland.
- Akin, ö.:1993. Architects' reasoning with structures and functions. Environment and Planning B: Planning and Design 20: 273-294.
- Akin, O. and Lin, C. C. 1995. Design protocol data and novel design decision. Design Studies 16, no. 2: 221-236.
- Anders, Peter(1998)"Envisioning cyberspace:the design of on-line communities", New Jersey:The virtual dimension pp.219-233 edit by Burroughs, William S, Deleuze, Gilles and Guattari, Felix.
- Chang, Y. Y. ;1999, It's so crowded here!' Creating a sense of telepresence in a virtual chatroom. Paper presented at the 12th World Congress of Applied Linguistics (AILA, 1999). Japan, Tokyo.
- Chen, S. C.: 2001, Analysis of the use of computer media by expert and novice designers. In Proceedings of the Sixth Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Conference, Australia: University of Sydney, pp.71-80.
- Cross, N., H. christiaans & K. Dorst.: 1996, introduction: the delft Protocols Workshop. In Analysing Design Activity. Cross N. et al.(ed.) John Wiley & Sons, London. pp.1-16.

- Eastman, C. M.: 1970, On the analysis of intuitive design processes. In *Emerging methods in environmental design and planning*, ed. G. T. Moore, 21-37. Cambridge, MA: MIT Press.
- Goldschmidt, G.: 1994, On visual design thinking: the vis kids of architecture. *Design Studies* 15(2), pp. 158-174.
- Gero, J. S.: 1996, creativity, emergence and evolution in design *Knowledge-Based Systems*. 9. pp. 435-448.
- Gero and Neil.: 1996, An approach to the analysis of design protocols. Technical report of the Key Center of Design Computing, University of Sydney.
- Gero, J. S. & McNeill, T.: 1998, An approach to the analysis of design protocols. *Design Studies* 19(2), pp. 21-61.
- Goel, V.: 1995, *Sketches of thought*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Gabriel, G and Maher, M. L.: 2000, Analysis of design communication with and without computer mediation, *Proceedings of Co-designing 2000*, pp. 329-337.
- Li, F. and Maher, M. L. : 2000, Representing virtual places: A design model for metaphorical design, *Proceedings of ACADIA 2000*, Catholic University, Washington, p103-112.
- Liu, Y. T.: 1995. Some phenomena of seeing shapes in design. *Design Studies* 16, no. 3: 367-385.
- Liu, Y. T.: 1996. Is designing one search or two searches? A model of design thinking involving symbolism and connectionism. *Design Studies* 17, no 4: 435-449.
- Liu, Y. T.: 2001, *Spatial Representation of Design Thinking in Virtual Space, Visual and Spatial Reasoning in Design II*, Key Centre OF design Computing and Cognition, University of Sydney, Australia, pp. 25-40.
- Lloyd, P.& Scott, P.: 1995, Difference in similarity: Interpreting the architectural design process. *Environment and Planning B: Planning and Design* 22, pp.383-406.
- Mitchell, W. J.: 1999, Replacing place. In Peter Lunenfeld (ed.), *The Digital Dialect: New Essays on New Media*, pp 112-128.
- Maher, M. L. : 1999, Design the virtual campus as a virtual world, *Proceedings of CSCL 99*, Standard University, p376-382.
- Oxman, R.: 2001, *The Mind in Design: A Conceptual Framework for Cognition in Design Education*. In *Design Knowing and Learning: Cognition in Design Education*. Elsevier Press, pp. 269-314.
- Purcell, A. T. and J. S. Gero.: 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), pp.389-430.
- Schon, D. A.: 1983, *The reflective practitioner: How professional think in action*. New York: Basic Books.
- Schon, D. A. and Wiggins G.: 1992, Kinds of seeing and their functions in designing. *Design Studies* 13(2), pp.135-156.
- Suwa, M. & Tversky, B.: 1997, What do architects and students perceive in their design sketches? A protocol analysis. *Design Studies*, 18(4), 385-403.
- Wong , C.H.: 2000, Some phenomena of design thinking in the concept generation stage using computer media. In *Proceedings of the Fifth Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Conference*, eds. B. K. Tan, M. Tan, and Y. C. Wong, pp. 255-264. Singapore: Nation University of Singapore.