

放聲思考實驗中單人與合作式團隊運用傳統和數位草圖所展現的差異

The Difference of Using Traditional and Digital Sketches on Collaborative and Individual Conceptual Design in Thinking Aloud Experiment.

周建瑋* 唐玄輝**
Chien-Wei Chou Hsien-Hui Tang

*長庚大學工業設計研究所 研究生
**長庚大學工業設計系助理教授 教授

摘要

因應時代的改變，設計與創意的領域在產業競爭下成為新的商業價值，地球村、國際化和跨領域的型態，設計者工作不再是個人化，科技的革新，使設計的工具添加了新的數位模式。本研究以傳統與數位草圖當作工具，從概念發想為實驗階段，交叉運用在個人設計與合作式雙人團隊，來觀察討論過程中的現象。因此本研究透過口語分析，對具學習工業設計 3-5 年背景之受測者，以個人和團隊的組合，用影片拍攝和訪談，記錄設計任務流程，並從實驗組數中抽取兩組做個案現象分析比對。本研究之目標是希望透過口語的紀錄，分析單雙人與傳統和數位操作的設計差異性後，能夠發現此領域新的問題點與方向，對設計思考與設計活動本質能有進一步的探究空間。在本研究初步探索結果發現，單人處理設計任務在時間掌握優於合作式，但在互動間相對少於合作式，而傳統與數位草圖使用面，多數受測者對數位草圖抱持樂觀且正向的態度，因此未來將所呈現的問題方向將會呈現單雙人與設計成果之間和使用兩媒材間的效率與優劣，除了觀看數位草圖是否能接替傳統草圖在設計的定位外，更求設計領域中能夠有較好且具效率的設計模式。

關鍵詞：傳統與數位草圖、口語分析、合作式設計與個人設計

一、前言

在設計過程的研究當中，不同的學者，不同的單位議題，會採用不同的角度切入，而設計思考便是其中之一，設計思考主要是以認知心理的角度，探討設計師的思考過程與內容，並分析設計師在解決設計問題時，內在的思考邏輯以及決策的過程 (Rowe, 1987)，透過設計師在設計活動中與草圖之間的互動，進而了解整體設計的過程差異。

這些年來，產業的競爭不再僅僅是削價與成本資本的掌控，新的價值提升以建立在所謂的創意創新知識的活用，因此設計與創意這塊大餅成為新的經濟目標，迎接這樣世代的來臨，過往的設計模式使否仍然適用，或是該如何改變增進設計與各項領域間的結合，如何活用所謂的設計來創造高經濟的成效，不僅是產業界的課題，在學界也引起更多的關注與討論。

在設計的認知與活動中，有兩大方向隨著時

代的潮流受到了影響，首先在設計者的角色上，從過往的較個人化的工作行為模式受到了改變，跨領域的結合與應用使得個人設計師必須形成一個團隊的合作模式，透過不同的專業知識整合和管理，進而使設計更加延伸且落實 (Stumpf & McDonnell, 2002)，以期望能在現今快速經濟的時代，準時達成一項複雜的設計任務，因此，面對全球化的競爭，以及跨國企業合作模式的關係下，合作式設計儼然成為新的工作選擇模式。

在另一方面，傳統的設計作業中所運用的草圖描繪，也因為時代的進步有了更多選擇，電腦輔助設計不僅可呈現 3D 的模擬，在設計概念發展的過程中是否也可運用數位媒材達到協助，設計師對於傳統紙筆的作業方式和電腦輔助之間的互動產生了新的變化。

因此本研究所探討的議題是從這兩大方向衍伸，以個人與合作式設計和傳統與電腦媒材草圖四個面向，觀察這四項運用模式對於設計概念活

動中的現象，比較相互之間產生的差異性，以此為基礎探討其設計過程，對設計本質有進一步的了解，也對媒材運用可能性作討論。

二、文獻探討

1. 設計思考

由於設計思考由認知心理出發，設計思考使用之研究方法，傾向於質性研究。研究方法的選用取決於研究進行的目的，不同的研究方法的使用能協助研究者獲得不同面向的分析資料。近年來討論設計思考本質的研究方法，主要是以下五類 (Cross, 1999)：

訪談設計師、觀察與案例研究、口語分析、理論探討、模擬實驗。

2. 口語分析

在設計思考與運算研究中，最常被使用來了解設計師如何解決設計問題、設計活動如何進行的研究方法就是口語分析 (protocol analysis)，口語分析是基於心理學的資訊處理理論 (information processing) 而來的研究方法 (Simon, 1983; Newell & Simon, 1972)，資訊處理理論指出思考是人類資訊處理的過程和產物。

口語分析的出現成為研究人類解決問題機制的新方法 (Newell, 1972)，由於此研究方式可以提供人類解決問題過程中所包含的較完整的資訊，所以設計過程的研究多採用此方法。

圖 1 為近二十年在設計思考領域上，使用口語分析為研究方法的相關研究。由於人類的思考過程十分複雜以及快速，在這些過程中有些動作與反應連受測者也無法自覺。口語分析能藉由重新編碼與解碼的動作分析受測者資料，能夠得到連受測者都無法查覺的資料，也就是口語中蘊含的意義。因此分析結果具有相當程度的客觀性。但相對的，由於口語分析需要耗費大量的時間，因此受測者人數並不多；且研究者在編碼過程中，也容易因為個人主觀意見影響分析結果。即便如此，口語分析仍是目前最適宜研究設計思考的研究方法。

YEAR	ARCHITECTURE	INDUSTRIAL DESIGN	MECHANICAL ENGINEERING	ELECTRONIC ENGINEERING	SOFTWARE DESIGN	VARIOUS/ OTHER
1970	Eastman					
1973	Foz					
1978	Akin					
1979	Lawson					
1981					Jeffries	Thomas
1983	Schön					
1985					Adelson	
1987		Baluy	Stauter			
1988	Eckersley		Ullman			
1988			Raschke			
1990	Chan		Tang		Guindon	
1990			Visser			
1991	Goldschmidt		Jarvason	Colgan		
1991			Purcell			
1992		Christians	Ehrenspiel			Davies Olson Goff
1993			Fricke			
1994			Lloyd	Ball		
1995						
1997	Suwa	Dorst				
1997		Valkenburg				Güler Smith
1998				McNeill		
1999			Altman			

圖 1 近二十來關於設計思考研究的重要研究 (Charles M. Eastman et. Al, 2001)

目前口語分析法可分為兩大類，放聲思考法與影音回溯法。

2-1 放聲思考法與影音回溯法

口語分析起源於認知心理學與認知科學，藉由受測者口述其思考過程與內容，研究者得以了解其存於短期記憶體中的思考過程。目前已發展兩種口語分析的方式，分別為放聲思考與影音回溯。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。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 (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, 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，若欲觀察設計認知內容的研究，會使用影音回溯。因為影音回溯中，設計者能對較多除了動作以外的感知，機能，及概念範疇中的因子有較多的描述。雖然放聲思考較多描述動作，但有些研究認為這種方法對設計行為會造成影響 (Lolyd, 1995)。此外，Suwa (1998) 在其研究限制中提到利用圖表。影音回溯法的缺點是無法從影片中的視覺暗示記憶當時的感知動作。但 Gero & Tang (2001) 在比較放聲思考與影音回溯的研究中，發現兩者提供了資訊是相似的，並認為放聲思考不會影響設計過程的進行。

3 合作式設計

Cross & Clayburn (1996) 認為團體成員間彼此分享知識有助於做出重要決策與影響是否成為一個成功的合作式設計。另外當專案面臨決策關鍵時，團體相較於個人會被視為是較好的決策單位，這種對團體的偏好，乃因團體能比單獨一個人能有更多機會使用到較多的訊息。而設計過程中，由於多數問題都是複雜難解的，因此 Cross (1995) 提倡設計師團隊合作觀念的重要性。此外在合作式成員組成，近五十年之研究經驗累積得知，團隊設計活動中溝通 (social) 的元素成為合作式 (collaborating groups) 創造力發展的一種約束。這樣的結果發現設計團隊無法發揮他所能發揮的全部，對於設計過程造成了極大的影響 (Warr & O'Niell, 2006)。因此本研究在合作式成員組成的部分，讓受測者以自由報名的方式，來搭配與自己溝通默契上最為熟識的對象，而不是將參與的成員先透過實驗者硬性的調整，本研究透過此方式，抑制溝通行為對成員的創造力可能產生的阻礙這現象發生的可能。

4. 傳統媒材與數位媒材

設計草圖被視為一項非常重要的設計認知研究議題 (Suwa, Purcell, & Gero, 1998)，普遍相信設

計草圖可以影響設計過程與品質，在草圖特性的相關研究中，它所提供的模糊性與不確定性使草圖成爲未預期之發現(unexpected discovery)與重新詮釋(re-interpretation)的重要媒材 (Suwa, et al., 1998)。

目前的數位媒材中包含數位手繪系統與 3D 繪圖系統兩種。電腦運用數位媒材介入設計後，對於設計產生多方面的衝擊，此外 Stacy (1996)認爲一個成功的電腦輔助構想設計系統 (computer-aided conceptual design, CACD)必須讓設計者在作設計中不受任何與系統有關的侷限，可以自然的把想法發揮出來，因此 CACD 系統的數位工具或介面問題都重新被探討及發展。

三、研究方法步驟與分析

本研究方法建構於設計思考之下，採用口語分析方法中的放聲思考實驗，並在實驗後進行口語訪談，本實驗主要分爲四個部分，分別是：個人傳統實驗部分、個人數位媒材部分、合作式傳統和合作式數位媒材。

個人傳統媒材	個人數位媒材
合作式傳統媒材	合作式數位媒材

實驗中，受測者均會依據研究者所設定的設計題目，按步驟的完成實驗流程，在過程中受測者不僅需要思考和描繪其設計概念，同時間也要求受測者透過語言的描述，闡述現在的思考過程。

3-1 受測者

本研究的目的是要比較觀察了解工業設計中設計思考的現象，因此所有受測者必須具有產品設計背景，並熟悉相關設計知識，了解概念設計階段的階段性目標，在這部分我們選取了擁有學習設計課程三到五年的學生，合作式的部分則由學生中兩兩一組參加。

3-2 實驗配備

實驗室設定在一般的辦公室中，架設兩台攝影機，一台拍攝受測者的圖面運用影音紀錄受測者繪圖過程，另一台則拍攝整體試驗過程，紀錄環境與受測者動作和反應。在這部分爲了避免器材造成受測者的壓力，桌上圖面錄影的拍攝器我們使用隔版架在受測者的工作地點之上。

此外根據所使用媒材的差異，傳統草圖提供了紙筆等繪畫工具，而在數位媒材的應用上，特別在合作式的環境，我們設定爲同時不同地的合作方式，因此另外架設了視訊設備，透過 MSN 連線啟動即時影像，運用 WACOM Interactive Pen Display 以及桌面分享和 Alias Sketchbook software 軟體進行設計任務。如表一。

在實驗中將提供設計主題『隨身碟』相關資料讓受測者參考，但由於避免過多的相關資訊限制了設計者的發揮，因此並未提供其他附加條件的相

關的資料卡。資料卡形式如圖 2 所示，雖然提供給所有受測者的相關資料完全相同，但受測者看到相同的資料後，會產生不同的聯想與反應。如圖二。

表一 實驗配備與環境配置

傳統媒材實驗室	數位媒材實驗室
兩台攝影機 紙筆 設計任務參考資料	兩台攝影機 視訊一台 手繪螢幕版 觸控光筆 Alias Sketchbook software 軟體 設計任務參考資料
個人	個人
	
合作式	合作式
	



圖二 隨身碟相關資料

環境的限制上，在實驗期間，要求受測者將電話關機，約定的時間儘可能挑選受測者較爲空暇的時間，種種的考量，是爲了確保實驗的品質以及受測者的專心程度。

3-3 正式實驗

正式實驗包含三部份：實驗流程說明、熱身實驗、設計實驗。實驗流程說明目的在使受測者了解實驗的目的與流程，以及實驗必須配合的部份。熱身實驗則細分兩小項分別針對個人放聲思考的練習與受測者對數位媒材運用的熟悉度。

在放聲思考的熱身中，爲了讓受測者在後面實驗能夠習慣清楚的將他腦中的思考轉換成話語作爲紀錄，會進行兩個暖身實驗

暖身實驗一：心算題目 24x34

這個問題要求受測者必須使用心算，並且強調我們需要受測者的思考過程。故意將心算題目

設定為非整數，是避免受測者容易產生直覺性的回答，這個暖身實驗能讓受測者練習如何邊想邊說。

暖身實驗二：積木的堆疊遊戲

以彩色積木的直線堆疊遊戲做最後的熱身，在這個題目中有數個線索(如表 2)，受測者使用紙筆輔助思考並以邏輯做出推論，此一實驗推理過程有一個很簡單的結構，當條件加上條件時成為可能答案的假設，因此在檢視受測者的口語資料推理結構時，可由此發現受測者對於其思考的口語化是否完整。並在過程中練習如何邊想邊說，邊說邊做，熟悉整個實驗的模式。在此部分僅限對單人的工作，因為雙人合作式設計，雙方都會透過話語交談他們所思考的內容，所以省去這練習。

表 2 熱身實驗二

01	有一個小朋友將彩色積木一個接著一個的直線堆疊在一起。
02	將黑色積木堆疊在紅色積木和綠色積木的中間。
03	而黃色積木堆疊在紅色積木的上方。
04	綠色積木則在倒數第二塊的位置。
05	藍色積木在黃色積木的下面一塊。
06	白色積木位在黑色積木的下方。
07	請問藍色積木的下面那塊是什麼顏色的積木？

數位媒體的熱身中，我們希望無論是單人還是合作式都能對軟體能夠熟悉，先透過一定的步驟帶領受測者認識功能，進一步設定一簡單的趣味主題『壞事作盡的歹徒』(圖 3)作為發想，此部分的練習除了可以讓受測者有更多的時間熟悉軟體，另一個重要目的，便是讓合作式受測者能適應遠距之溝通模式，受測者透過網際網路連線的方式討論待完成的主題，待確定受測者有足夠的訓練後，才開始進行正式的設計實驗。在熱身實驗的過程中，實驗者全程在一旁觀察但不主動發言，若過程中有因為媒材使用的疑慮產生障礙，將會即時的予以提醒。



圖三 數位熱身實驗

正式的設計任務實驗，請受測者假設這是即將對設計主管提出之設計提案，設計題目說明包

含：設計產品概述、產品設計特點、外觀造型要求、功能需求與消費者目標。受測者在閱讀完設計題目後，隨即開始進行構想的發展。在 60 分鐘的限制之下，受測者可以自由發揮，透過我們給予的資料卡進行發想，並在繪圖結束後作一個產品概念的發表。

實驗完成後，研究者將即時的進行口語訪談，根據不同組別的狀況加以提問，提問的重點包含各組別設計過程中，是否因為媒材或媒介致使溝通產生窒礙，放聲思考的方式對於設計概念產生的感覺，或請受測者簡單的敘述設計進行的方式，以及使用不同媒材對於團隊運作上之差異，使用不同媒材在編輯與討論上簡單的心得。

四、實例驗證與討論

本實驗的討論僅針對在設計概念產出的過程中，運用媒材的差異性，以及個人和合作式思考的模式差異，進行比較和討論，對於產出結果的發表內容在暫時不加以評論。在本次研究探討中，將抽取實驗組別中的二到三組進行比對，屬於個案式的觀察探討，其後的分析內容，從事後的影帶以及口語訪談中了解實驗者的意見與想法。

受測人數：

個人：二人 (作傳統與數位)

團隊：十組 (一組二人)(作傳統與數位)

設計任務：(相類似)

■ 個人：傳統：女性喜愛的 MP3 隨身碟
數位：富有童趣 MP3 隨身碟。

■ 團隊：傳統：防身隨身碟
數位：叫我起床隨身碟。

4-1 結果

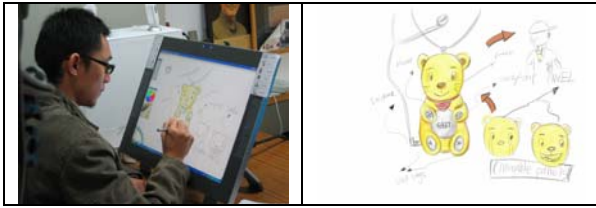
單人實驗：傳統成果



單人-傳統媒材 (流程)

開始 (透過草圖進行發想) -> 8:00 畫完一張構想發展 -> 10:41-開始篩選概念 (三個) --觀看二個圖面 (草圖) -> 12:00-細部構思與繪製考量 -> 17:18-開始繪製第四張 -> 30:45-中途提到戴在耳朵內是否不舒適呢? -> 40:00-結束設計階段

單人實驗：數位成果



單人-數位媒材 (流程)

開始發想 (空想) -> 開始繪製草圖 -> 6:57-小熊 (草圖) -> 16:50-正式繪製圖面 -> 50:00 結束繪製程序

團隊實驗：傳統



雙人-傳統媒材 (流程)

開始 -> 3:43-一方開始進行溝通 -> 7:45-一方提出關鍵詞 (哨子) -> 19:00-仍繼續畫圖 -> 22:50-開始溝通 -> 26:00-細部規劃 -> 44:00-又交給另一個成員繪製 (接力) -> 60:00-完成整體構想。

團隊實驗：數位



雙人-數位媒材 (流程)

開始溝通 -> 05:00-一方開始繪製 -> 8:00-換一方開始繪製 -> 16:00-又換另一個繪製 -> 24:00-換一方開始繪製 (補充) -> 28:00-又開始溝通 -> 30:00-開始正式繪製概念 -> 60:00-結束。

4-2 綜合分析討論

個人傳統 VS 個人數位、合作式傳統 VS 合作式數位、個人傳統 VS 合作式傳統、個人數位 VS 合作式數位。在這四項交叉比對的過程觀察中得到以下論點：

在概念發想階段中，實驗透過傳統與數位實驗順序替換，對於受測者有差異性。例如：先傳統後數位的話，觀察數位佔優勢。(資料來源：透過訪談)。實驗時間的運用，結果發現個人在傳統與數位實驗中，均未滿 60 分鐘就完成任務。反觀團隊都超過預定時間，是否說明團隊在溝通上的成果優於個人，還是因為在數位存檔上面雙人版讀取和校閱較為困難，在這部分是需要更多的組數觀察。

從以上的成果中得知，個人在傳統與數位實驗的過程中，發現有顯著差異性，都沒有有一個既定模式可依循。反觀，合作式設計過程中，兩次的媒材運用，雙方合作的過程步驟，並無顯著性改變，也就是說團隊的合作模式有可能是延續的。

在發想階段中，個人與團隊在傳統實驗中，都會先運用「草圖」輔助思考。反觀在數位媒材工具上，大多數組別反而會先透過溝通，個人則先進行自我對談，再進行草圖，因此發現草圖在不同媒材之間在設計操弄得順序上扮演不同角色。

而在搜尋「最終概念」時間：個人花較少時間就已經訂立最終概念目標；反觀團隊則相反，他們會提出更多的提案來討論，在時間點進行至後半段，才會決定出一個依循的方向。甚至於在決策的過程中，個人的模式，Aha! moments 靈光一現的創意概念較無法透過語言表達出來。相反的團隊中，Aha! moments 靈光一現的創意概念容易透過錄影中的對話明顯觀察得到。

最終表版呈現的內容，發現個人傾向型態與造型面色彩面的增加與描述；團隊則注重設計內容的延伸。簡單說，團隊的造型來自於內容導向的延伸是比較明顯的。

在設計過程的探討中，我們的確可以發現個人與團隊設計在發言時有所差距，團隊設計的過程中雙方對於同一個主題將自己的背景知識，透過了交談經驗的累積之下，用自己的方法詮釋出來，並且在過程中隨著不同的情勢逐漸產生改變，但在個人的設計中相對之下的缺乏了上述的過程，有時更是無意義的呢喃話語，或是僅在描述現在的動作情形而非思考。

但個人的設計過程並非完全的沒有優勢所在，並沒有人可以確認，在意見被否決的過程，對於概念的捨棄、退讓與妥協的同時，沒有將一個值得開發值得被探索的想法給否定了，但這樣的現象也唯有隨著一次又一次設計經驗的累積之下，讓彼此的背景知識拉近，且提升對於概念價值的敏銳度。

口語分析的過程之中，由於常常是一邊畫圖一邊要發言，但這樣的行為並非所有人都習慣的，並且要一邊的進行發言與繪圖的動作，在繪圖的同時就必須要消耗部分精神在說話，相對的難度提高。因此可能產生說話中斷或是繪圖中斷的現象，並且還要穿插著較複雜性的思考過程，讓整個過程難度提升。

從受測者的過程中可以發現，在傳統媒材的設計中其花費了超過三分之二的時間再進行構想，但是在數位媒材的過程當中，只有將近十分鐘的時間是用在思考設計方向與概念，因此比較上傳統媒材的概念上結構可能相對的較為完整。但套用在合作式的組別比較似乎也不是如此，因此，在

此部分傳統和數位媒材運用在概念結構完整的比較，仍需要更多的實驗組數來證明其差異性的存在。

另外我們也不排除因為實驗設定上，在口語分析進行的過程之中，受測者爲了讓實驗順利的進行，必須要提高說話的分貝，並且同時要進行畫圖的動作，這樣提高分貝說話的動作，並沒有對話溝通目標，也沒有回饋自己的對象，可能對於思考與詮釋之間產生變因。

五、結論

在本研究初步透過影帶與訪談的過程顯示，在比較二媒材的運用情形，單就過程現象而言，使用兩種草圖討論的方向與模式，基本上並無特別顯著的差異或障礙。

從訪談可得知，實驗者對於數位媒材的使用情形是正向且樂觀的，他們也提出在使用上由於軟體與受限電腦桌面的大小，在設計發想的過程中，數位模式無法同時將所有的概念圖，攤放在桌上進行重複觀看與同時比較的動作，必須在指令上的步驟，重複的開關舊檔，一張張顯示。

但是數位的部份，提供了強大的顏色資料庫與筆刷選擇的運用，對設計者來說是相當便利的，他們有更大的自由去描繪所預想的色彩變化和材質，另外功能中“回覆上一步”的指令，讓受測者不怕犯錯，可快速的擦拭，相比傳統紙筆的修改，能更加迅速且有效。

而在個人與合作式設計的實驗過程結果顯示，在初步了解的概念繪圖階段，最明顯的差異呈現在完成任務的時間，在個人資料中受測者的思考話語密集程度也不若合作式來的頻繁，但是否就評斷了合作式是好的模式，但相對會延遲進度時間這樣的假設，還需要更進一步的探究與更多實驗組數的驗證，現階段只能說從過程的反應，合作式團隊與設計案之間的互動是大於個人的。

在未來，研究者將進一步對這次的口語資料進行切割編碼，並對這次的設計成果進行評估，加入更多的實驗組數，從中了解本次實驗組真正互動的內容與使用媒材間確切的關連，透過未來編碼我們可以觀察個人與合作式對任務概念的產量以及執行的完成度，也可以比較兩媒材使用對設計成果好壞的影響。

本實驗透過分析比較，爲此領域找尋新的問題點與方向，提供設計思考與設計活動本質的研究能有進一步的探索空間，進一步的能夠期望，探討電腦媒材落實設計前期階段的可能性，並提

供電腦軟體修改的參考，同時比較設計工作模式上團隊與個人的評估，以求設計領域中能夠有更好也更切合的設計模式。

六、參考文獻

- Cross, N and Clayburn-Cross, A. (1996) Observations of teamwork and social processes in design. In Cross N., Christiaans H. and Dorst K. (eds) *Analysing design activity* J. Wiley and Sons (pp.291-317), Wiley, Chichester, UK
- Cross, N. (1999) Natural intelligence in design, *Design Studies*, **20** (1), pp.25-39
- Gero, J. S., Tang, H.-H., (2001) The differences between retrospective and concurrent protocols in revealing the process-oriented aspects of the design process, *Design Studies*, **22** (3), pp.283-295
- Newell, M., Simon, H. A., (1972) *Human problem solving*, Englewood Cliffs, New York: Prentice Hall
- Rowe, P. G., (1987) *Design Thinking*, The MIT Press, Cambridge
- Simon, H. A., (1983) Search and reasoning in problem solving, *Artificial Intelligence*, **21**, pp.7-29
- Stumpf, SC and McDonnell, JT (2002) Talking about team framing: using argumentation to analyse and support experiential learning in early design episodes, *Design Studies*, **23**, 5-23.
- Suwa, M., Gero, J., and Purcell, T., (2000) Unexpected discoveries of design requirements: important vehicles for a design process, *Design Studies*, **21**, pp.689-708
- Suwa, M., Purcell, T., Gero, J., (1998) Macroscopic analysis of design processes based on a scheme for coding designers' cognitive actions, *Design Studies*, **19** (4), pp.455-483
- Suwa, M., Tversky, B., (1997) What do architects and students perceive in their design sketches? A protocol analysis, *Design Studies*, **18** (4), pp.385-403
- Warr, A., & O'Neill, E. (2006). The effect of group composition on divergent thinking in an interaction design activity. *Proceedings of the 6th ACM conference on Designing Interactive systems* (pp. 122-131). University Park, PA, USA ACM Press, New York, USA

誌謝

本研究由國科會計畫 95-2221-E-182-024-補助，特此感謝。