

第 3 章 觸發機制之認知實驗

故本研究企圖以實驗為主，找出設計媒材在概念發展階段的觸發機制，分為以下三個步驟。首先經由實驗前討論，提出假設：當設計者發展概念草模時，使用電腦媒材和一般媒材，它們所提供的觸發機制是不同的。第二步驟以實驗驗證；限定以受測者原來熟悉的電腦媒材來發想概念以及發展設計，即包含草圖和草模的製作。最後由實驗取得的視覺和口語資料進行編碼分析。

3.1 實驗前討論

由於研究問題尚不夠具體到能夠執行實驗的操作。在第二章探討的設計過程與數位媒材的相關研究著重於媒材的觸發行為如何運作，缺乏探討媒材的觸發行為和設計思考的相互關連。因此為求能對媒材的觸發能力與設計思考的認知行為有較明確地想法，故，本節基於過去文獻，整理出理論家對“觸發思考”的例子或想法，觀察結果如下：

觀察(1) 設計條件或設計要求可成為觸發思考的因子。

可能觸發設計者思考的因子極為多樣。作者先就許多研究者討論的“設計因子”來觀察。設計因子包括機能、敷地、構件、空間組織、造型、結構、比例、經費、建築特性、案例、呈現、說明等(Schon, 1992)。這些設計因子，有些能激發設計者的思考，有些則否。然而每一種設計因子皆有機會成為觸發思考的關鍵點，成為設計師發想的源頭。換言之，設計師的經歷，包括生活經驗、案例與設計知識，設計條件，包括機能、敷地、經費等限制，能藉由設計師的感知成為觸發因子。

觀察(2) 設計師利用不同草圖媒材整合當前的經驗和內容，整合他/她的感知能力與想像力。

Daru(1994)研究草圖的角色，將其視為一種形態激活(form activation)的作用。Scrivener (2000)指出透過認知因素、感知理解，或者二者的結合能觸發描繪(drawing)行為的轉換。Tversky(1999)亦表示草圖是一種觸發，作為設計師思考設計問題的觸發媒材、觸發策略。而它所表現的特質包括概念化設計師的想法，以及視覺推演。因此設計師方能藉由草圖將自己內在的想法具象化並且得以記錄下來。

而 Aihara(1998)利用此概念實作 En Passant 2 系統，以手寫板畫草圖並同時記錄到電腦裡。他將傳統紙筆的草圖特性套用到數位媒材的應用，提供設計者回溯記憶與想法的觸發器。另有 Streitz 等人完成的 i-LAND 數位環境，透過設計師“畫草圖”的動作完成與他人的溝通(Streitz, et al., 1999)。另一種電腦媒材介入草圖階段的應用，是運用網路交換兩個或兩個以上的遠端設計者，相互交換資料並輔以文字和圖像的解譯來達到激發設計者的思考。由上述觀察，數位化的草圖媒材與傳統紙筆繪製草圖的經驗差異並不大；而在草圖階段影響設計師思考的元素大多為他/她的記憶、經驗等內在思維。換言之，電腦媒材應用在草圖階段依舊是以設計者為主，媒材的角色為具象想法、記錄想法以及與他人溝通之用。

觀察(3) 不同的數位媒材刺激不同的設計思考，而且對於操作並生成 3D 模型的數位媒材，提供給設計者有較多的、不同的思考選擇。

數位設計媒材的應用，包含以草圖經驗實作的數位媒材以及以電腦媒材完成的 3D 模型。如同上述所提及的草圖應用在數位媒材上與傳統媒材的差異不太大；反觀電腦媒材應用在模型的製作則有相當程度的差異。Tablbott(2004)觀察設計行為，提出設計者因“視覺位置的選擇”成為想法發散的開端，並舉例說明在電腦建模過程中可以運用媒材提供的可動性，設計師任意地移動模型物件成就刺激設計師的想像空間。相對於傳統建模方式，電腦建模不僅僅加快設計師的效率也開啟設計師更多的選擇機會與思考。舉例來說，在 MAX 環境裡，建模的概念包含了多邊形編輯(polygon)以及曲面編輯(nurbs)等不同的建構邏輯可供設計師選擇。除了媒材本身的功能選項，尚有以草圖的空間特徵轉換成 3D 模型完成 CADesk 系統(Bimber et al. 2000)或以虛擬實境、沉浸式經驗完成人對電腦 3D 模型的真實感受(Liu 1996)

假設

根據觀察 1 提及設計條件與設計要求可以成為設計思考觸發的機會，是針對非媒材所提供的觸發因子。另外，上述觀察 2 或觀察 3 更可以發現到不論是草圖媒材抑或是建模媒材，對設計者而言，是透過視覺的影像回饋以達成刺激設計思考之用。因此可以確切地觀察得出設計因子觸發思考是以視覺經驗為主，其他感知經驗為輔。

在文獻探討中發現構想發展中草圖與草模的應用，以草模的變化較大；草圖階段的應用不論在一般媒材亦或是電腦媒材，應用方式都較為類似(Terversky, 1999; 林楚卿, 2002)。即，草圖的應用多是複製傳統紙筆的操作模式。而草模的應用媒材則較能提供不同的、多樣的邏輯。因此，作者大膽假設：電腦媒材在草模階段的應用是最能刺激設計者的。而設計媒材的觸發能力，應是不同的設計媒材可以激發不同的觸發機制。

3.2 實驗規劃

本實驗目的在於探索不同設計媒材的觸發機制，以提供更有效而全面地了解電腦媒材所控制的觸發機制。故，先以實驗前討論，探討過去學術研究中和媒材觸發設計思考的相關應用研究。爾後，進行電腦媒材實驗時方能有所依據。電腦媒材則是指設計過程中，使用電腦軟體或輔助設備來表現 3D 空間思維，包括電腦 3D 建模軟體，快速原型系統等。本節針對實驗各項細節的規劃，依設計題目的設定、受測者的與實驗方法的選擇、實驗時間掌控以及實驗的記錄方式，做一詳細說明。

設計任務的設定

設計題目類型的設定方面，可能觸發設計者思考的因子極為多樣 (Schon, 1992; Liu, 1996)。Schon(1992)將設計因子歸納成兩類：一類是外在的知識，包括設計原則、美感、敷地、空間關係；另一類為內在的經驗，例如匆匆一瞥、生活一景、或是某項案例分析的經驗。然而，內在的設計變因我們無法精確掌握。故設計題目的控制準則在於必需有效地減少受測者內在變因上的差異。因此，作者在設計題目的設計上，設定一種不常見的建築類型。除此之外，作者亦指定設計任務在實驗過程中必需分割成兩階段；階段一實驗是草圖的概念發想階段，階段二實驗是草模的設計發展階段。如此將能減低來自於不同受測者、不同背景的不同設計經驗所產生的不確定因素。而且透過分割實驗的時程能幫助作者釐清受測者在完成設計任務過程中，不同設計階段的觸發行為。這將有助於檢視觸發設計思考的因素為何，是媒材的影響、抑或是知識、經驗的影響。

另外，對於設計題目的設定上，企圖營造多個設計條件相互衝突的設計題目，以及設定此設計題目為一原型 (prototype) 設計。這兩項設計題目的規劃準則，將能誘導設計師以設計媒材的特性、指令或是功能做出回應的設計動作。而受測者的整體設計任務則是應用其所熟悉的媒材以二階段實驗完成一個快速設計。

受測者的選擇

受測者的選擇，此實驗是以研究電腦媒材所提供的觸發機制為目的。因此，受測者需具備兩個條件：專家設計知識以及慣用建模來發展設計。前者，專家設計知識，即受測者需具備很好的構想發展能力，這樣將有效摒除受測者因不善操作設計而產生的設計停頓。後者，建模，是構想發展階段最容易利用媒材特性呈現自己想法的方式。上述兩個條件的限定使得受測者僅僅受制於設計媒材種類的不同。

本研究開始之初，選擇 2 位受過建築教育訓練五年以上設計者擔任受測角色。但由於其中一名受測者在進行放聲思考方式的設計過程中口語資料過少；並且無法有效滿足作者的實驗的設計任務。因此最後決定選擇其中一位滿足本實驗條件設定的受測者作為口語分析的對象。

實驗方法與記錄

由於實驗的設計任務有兩階段，包括(1)草圖的概念發想階段以及(2)草模的設計發展階段。而，不同階段所要了解的元素不盡相同。因此，在實驗方法的選擇上，作者分別針對兩階段的需求，前者選用放聲思考和後者採取影音回溯法。第一階段實驗，草圖之概念發想階段使用放聲思考(think aloud)之口語分析法。受測者在實驗進行時，將被要求放聲思考；他需要以言語表述(verbalize)每一個設計想法。此方法有助於實驗者截取出當下的設計想法，了解發生想法的瞬間為何。在此之前，受測者在此之前必需先完成暖身實驗。另一階段實驗，草模之設計發展階段採用影音回溯(video-audio retrospective)之口語分析法 (Suwa and Tversky, 1997)。這是因為階段二實驗著重探討設計媒材中觸發的關連性，故選擇影音回溯口語分析法。受測者進行實驗當中，能以最不受干擾的方式做設計建模，事後再進行回溯任務。回溯任務是提供給受測者設計過程的記錄影片、視覺資料，以輔助受測者回溯當時的想法。



實驗流程與時間

同一設計題目由不同受測者完成一個快速設計。在流程的掌控上，第一是暖身實驗，讓受測者習慣放聲思考法的練習，約 15 分鐘。第二是進行有關設計任務的部份，受測者被要求以一小時 30 分鐘完成；其中，前 30 分鐘為草圖之概念發想，後一小時為草模之設計發展。第三是進行回溯任務的部份。記錄由實驗者播放受測者的製作草模的過程記錄影片提供受測者回想。全程完成實驗所需花費的時間約二小時半，可依受測者的狀態和完成度保留調整時間的彈性。

3.3 正式實驗過程與記錄

設計題目

湖邊救生站的原型，需考慮救生員 24hr 的執勤需求。詳見附錄一實驗設計任務。

空間需求

- 1 監控區 - 提供救生員一日執勤的與休息空間。且救生站本身需容易被辨識。
- 2 設備 - 提供醫療急救箱、通訊系統、救生器具、小型發電機。每個獨立站點另配備一台水上摩托車供緊急使用。

實驗媒材

硬體媒材 - CPU 2.0G 之桌上型電腦*1；LCD 螢幕*1；攝影機*1；錄音筆*1。

軟體媒材 - 3DS MAX6、Corel Draw9、PhotoShop7.01、Photo Viewer4.0 以及 Word。

實驗過程與環境的設定

整體實驗進行時間約二小時半，包含設計階段、問卷訪談與回溯階段。設計階段受測者被要求在一小時又三十分鐘之內完成一個快速設計，實驗者將其切割成二段時程，區分出第一階段實驗與第二階段實驗。



第一階段實驗【概念發想的草圖階段】

設計說明：請受測者先進行草圖的概念發想。此處，草圖泛指所有種類的圖面，包含玩弄鉛筆、或是任何塗鴉的痕跡。僅限制以電腦媒材，製作關於發想設計的圖面。

記錄方式：受測者被要求在設計過程中以言語表述每一個設計想法，全程錄影記錄。

花費時間：共 50 分 20 秒。

過程簡述如下：

受測者先就設計題目文字部份作解讀，並以數位照片了解整個基地的概況。爾後，受測者將基地圖中的剖面線自 Word 檔複製出來，在 Corel Draw 貼上並匯出成靜態影像壓縮標準之檔案格式。如此，方能取得三條剖面線之圖檔，準備工作即告完成。

接下來，進入 MAX 進行 3D 基地模的製作。一開始先做描圖的動作。將三條剖面線做完描圖後，需再以基地圖比對這三條剖面線的相對位置。第一次匯入基地圖……比例跑掉了，需重新匯入。第二次，換另一種指令(match)。調整完相對關係後，要做的是進入曲線編輯模式，把描好的圖轉成 3D。第一次，失敗……事後發現每一條剖面線的點數不同，無法製成 3D。故決定重來。第二次，失敗。因剖面圖的白底和 MAX 線條顏色太過相近使受測者不易辨識。故需要

先進 **Photoshop** 進行轉檔，把它轉成負片效果。又因第一次失敗的緣故，受測者小心地用原先畫好的第一條線作複製來控制每一條剖面線的點數，再以調整線段節點的方式修正每一條剖面線的斜率。第三次，發現失敗。開始找失敗的原因……首先修正各個剖面線的空間關係，但是沒有用；再來開始隨便點選旁邊有的選項或按鍵，持續約一分半鐘，之後受測者決定先放棄試誤，先作備存，打算重新跑一次流程，看看那裡有錯（見圖 3-1）。突然間，受測者開始很快地在旁邊繪製一條新獨立線段，複製第二條，建立雲形線，並檢視之。終於找到失敗的原因，原來媒材的限制是進行曲面編輯的時候需要單一圓弧線段，而受測者之前畫的線段是多點線段連結，所以才無法製作地形面。

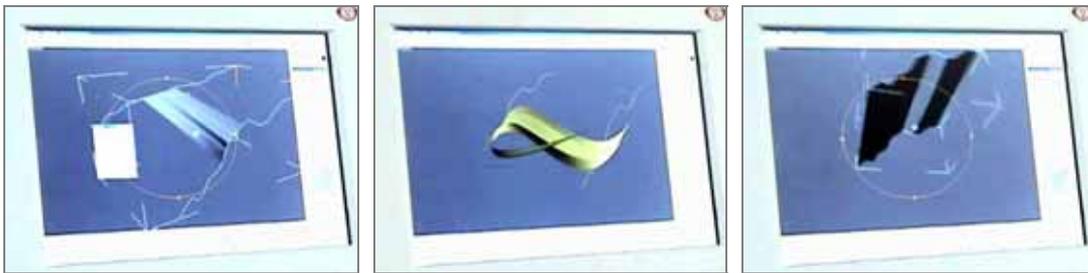


圖 3-1：有關基地 3D 模之多次測試失敗成果。(左) 第一次失敗 (中) 第二次失敗 (右) 第三次失敗。

全部重來。先進 **Photoshop** 將圖檔轉成負片效果，再進 **MAX** 作描圖動作。描圖時，除注意控制各個線段的節點數需一致外，還需執行使其平滑(smooth)的指令。這樣子才能確實達到建立 **nurbs** 面的需求。然後，再次確認各個剖面線的高度、平面位置、相對關係作最後確認並進行轉換。成功建出 **nurbs** 面之後，先透過剛剛已經看過基地照片的印象，進行基地的地形修正。第一次調整，草地那邊的基地還是有點不像，小調一下。第二次調整，有關 **bb'**剖面線可能還得再調高一點。……嗯，看起來好像還是差蠻多的。因此，受測者發現這樣的方式建模是不可行的，應該要用等高線去建地形高度才對，所以決定先放棄調整基地，打算先把它當作一個抽象的地形輔助自己想像就好了。抽象地形成果如圖 3-2。

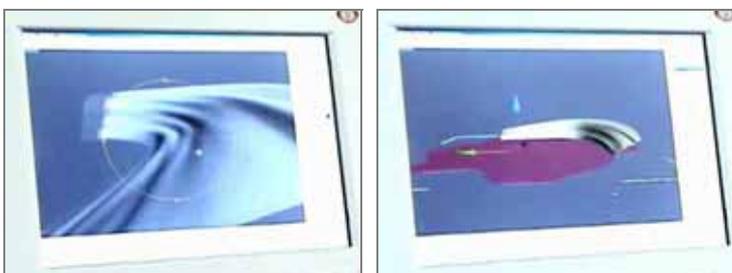


圖 3-2：(左) 抽象基地 3D 模地形曲面。(右) 建立一水面，完成整個抽象基地 3D 模。

再來，受測者先分別把兩張有關基地的圖片備妥，開始進入 **Corel Draw** 準備從基地切入思考，

看看救生站與基地的關係為何。首先，先評估基地環境的狀況。由於基地範圍很大，本身具有三個不同特色的區域：其一是自然的、人煙罕至的草地區；其一是人口密集的碼頭、聚落區；其一是為樹木林立的、具有天然屏障的陡坡。因此，受測者先假設救生站會是一個單元性站體。又，受測者考慮整個基地範圍內“人口最多出現的地方”安排救生站的巡邏點、動線以及擺放位置（如圖 3-3 左）。再來，考慮到救生站本身應該是機動性單元的原型。因此，受測者先從機能下手，思考組合的方式。第一是看通訊系統、第二是看醫療救生的部份、第三是看機制的發電機、第四是有關交通部份的水上摩托車，這四個是屬於硬體設備的部份。接下來便是去思考救生員的執勤空間，稱作生活空間(life space)。以上五項是受測者畫泡泡圖所建立之空間關係，再用顏色深淺和大小去區分或強化它們重要的程度，畫出第一張完整的圖解 (diagram) (如圖 3-3 中)。

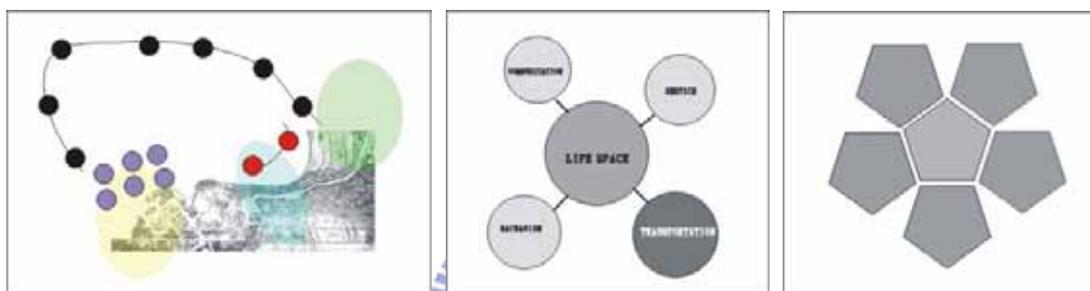


圖 3-3：(左) 關於救生站站體之動線安排 (中) 機能分析之泡泡圖，和 (右) 救生站原型之形式規劃

接下來，受測者就五個泡泡的關係就它直接轉化成五角形，並思考它單個個體與其它單元的聯結方法。就在此時，受測者發現這些五角形可以創造一個地景 (landscape) 的關係。他將五角形多元組合，同時向基地和水岸延伸 (如圖 3-4 左) …並且繼續發展將各個不同的單元給予不同的屬性 (如圖 3-4 右)。例如，利用救生站在非工作時間的時候可以組合成一個有營利性質或有觀光性質的地景。如此一來，救生站則有機會創造出新的機能、景點或地景。最後，整理一下在 Corel Draw 畫的想法：第一件是“看基地”；第二件是“思考救生站的機能”；第三件是去“思考救生站的型式”；最後一件是“看看救生站有沒有其他的可能性”。詳見附錄二，草圖階段之口語資料。

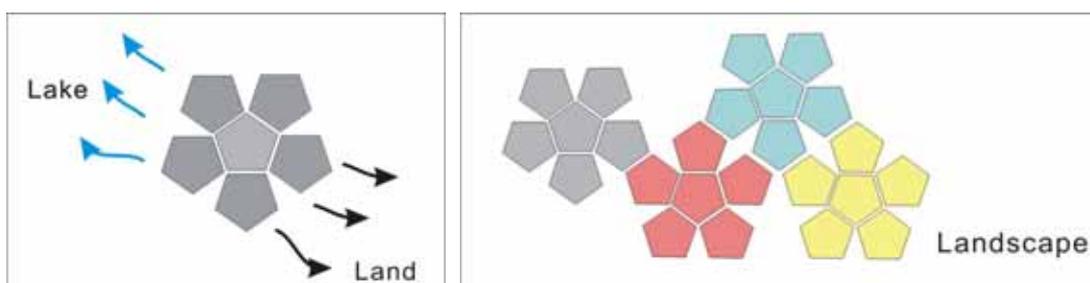


圖 3-4：(左) 救生站原型，以五邊形向基地延伸的關係 (右) 救生站的單元屬性與地景配置之組合方式。

第二階段實驗【設計發展的草模階段】

設計說明：請繼續發展這個設計任務，此階段以建製 3D 模型為主。受測者可取用第一階段的概念想法以任意一種 3D 建模軟體繼續發展。

記錄方式：受測者以最自然、最接近原來做設計的經驗完成設計，無需在設計過程中口述設計想法。此階段以全程錄影記錄作為事後回溯之用。

實驗花費時間：共 33 分 43 秒。

過程簡述如下：

受測者先從基地模與基地圖去看，藉此思考求生站本身的原型(prototype)會是什麼形式。一開始，受測者決定先以剛剛在草圖階段所畫的五邊形作為救生站的原型。第一次要繪製五邊形卻不小心畫成六邊形。接下來陸續調整大小、尺度、厚度與相對位置。之後，即把整個 3D 基地模隱藏起來，並打算對比較細節的部份作研究。因此，先把隨意繪製的五邊形調整成“正五邊形”。就在此時，受測者突然發現剛剛所畫的原型是六邊形而不是五邊形。所以，把剛剛繪製好的物件全部刪除，重做。關於此點，受測者有稍做說明：其實剛剛的圖形是不是正五邊形並不是那麼地重要。只是因為受到時間的限制而且也是為了方便，才會使得受測者如此地堅持是“正五邊形”。

爾後，全部刪掉後，重新建製新的圖形。先以連續線段點出五個點組成一任意的五邊形，再調整各個節點去做修正（如圖 3-5 左）。修正完後，開始將繪製好的“面”長高以增加厚度；並以此為單位開始在此物件的前後左右作複製、平移的動作（如圖 3-5 中）。過程中，受測者一度發現五邊形並沒有很“正”，不過，後來決定先不管它。只要那五邊形的雛形依稀可見即可。最後可組合出同一水平面有五個單位的五邊形群組，疊出三層（如圖 3-5 右）。



圖 3-5：受測者於草模階段對救生站站體之配置與建模研究。

然後，受測者就他原先設定好的機能：中間的生活空間是一個瞭望台的功能，至於外圍的量體則像是漂浮在水面上，開始對此三層物件做刪減的動作。然後，透過重複算圖…不斷地嚐試研

究救生站的形式以及空間關係。

完成上一段救生站原型之型式的研究後，開始對實虛關係、室內外的區隔作為研究的主題。首先，由於媒材的限制（max5 可以做到，但是 max6 卻是受測者不熟悉的版本）使得受測者無法很快地製作出透明的、有框架的牆面，受測者決定改用其他替代方案來解決：先建立一個薄型立方體（見圖 3-6 左），再把它轉成框架的結構（見圖 3-6 中），然後調整厚度、半徑並給予材質、彩現。一開始，受測者先試一個複製(clone)的指令，在原地複製另一個框架來製作框架玻璃。然後試材質，給予牆面透明材質。如此，總算是完成一面；接下來在五個向度上做複製。但是，由於原來的五邊形並不是五邊等長，所以需要逐一修正，程序比較繁複。除了調整位置之外還需要調整牆面大小，加上經過評估後每個面需調整兩次，所以總共需要調整八次才算完成細部調整。然後，再將全部的玻璃面以及框架選取起來，一起調整長度；順便再把框架與玻璃群組起來，方便以後的調整。打一盞燈。透過算圖，來看看牆面的透明度以及透光的效果（見圖 3-6 右）。又因光線不夠強，再打一盞燈補光，重新算圖。這樣子，重複算圖後，受測者終於達到他心中所想的感覺。也因為如此，受測者覺得這樣的救生站的形式或是機能大致發展完成。



圖 3-6：(左) 受測者開始建立新的牆面以界定救生站實虛關係，(中) 建立框架式牆面，以及 (右) 彩現的成果，發展救生站本身的空間關係。

開始看一些基地的照片。找一些當地基地的、涵構的照片準備合成影像。在看了許多基地相關的照片後，受測者大致把它們歸類為跟水相關的產業或運輸工具。從中挑選出一張照片作為場景。先把此場景照片匯入 max6 作底圖，並繼續調整救生站的原型。調整完後，則開始複製第二個救生站單元。前後移動…希望此二個救生站的型是不一樣的。除了前後移動外，另外複製出一些五邊形單元的浮板放在前景的這個救生站，以此來形塑一個地景。重複算圖，調整，算圖，以此方式來看最後呈現影像的效果。先存個檔。再繼續調整，包括燈光、製作一個新的水面、以及修正燈光的明暗。接下來，繼續複製更多五邊形單元的浮板…這時候想著水上摩托車該如何停靠以及相關的機能如何安排…不知不覺中就形成一個馬蹄形的碼頭。而畫面看起來也更有張力。另外，有關材料的部份尚未決定，一開始受測者是打算將五邊形單元的浮板選起來貼材質並算圖。不過受測者突然想法一轉，覺得一開始就把五邊形單元的浮板設定成木頭材質

實在是太呆板了；因此決定以原色的方式呈現，保留最大的可能性。接下來，調整畫面的長寬比。使整個畫面的效果看起來是呈現橫向發展，以水平向度為主。做最後的算圖並存檔。

開始準備製作平面上的圖像拚貼（collage）。首先，先處理救生員的照片。選定圖片後，先進入 Photoshop 作去背，調高彩度和明度，並將其拖曳至剛剛最後彩現的圖檔。於底圖相互比對，調整救生員的尺度，調整救生員圖層的色盤以及顏色，使整張影像看起來融合而不突兀。再複製一個救生員出來，製作影像深遠的感覺。第二個合成的物件是捕漁船。一樣，選定圖片，框選去背、調整尺寸、大小和位置之後再調整漁船圖層的調性，讓它有點偏藍綠色。

再來，受測者還是覺得整個圖像拚貼上的各個物件格格不入，所以再次微調底圖、加些深色影子。讓它們相互之間能有一些立體的關係。再來，受測者還是覺得圖像拚貼畫面的深度感不足，所以再多加一艘捕漁船，利用前後關係製造出相同效果。在此，大致完成，先存個檔。再繼續看一些基地的相關照片，發現了另一艘競技船。受測者直覺這競技船應該是相當休閒性的物件。由於此基地的觀光性很強，因此這種競技船出現在此，並不為過。於是受測者將第三物件競技船也放進圖像拚貼裡面。總而言之，受測者在做影像處理的圖像拚貼時，最主要思考的就是把 (1)當地的產業“捕漁船”以及(2)當地的經濟活動“水上摩托車”或休閒產業“競技船”以及(3)維持水上活動的機具“維修設備、救生用水上摩托車”三種不同使用者同時運用這塊基地的情形表現出來。詳見附錄三草模階段之口語資料。



3.4 編碼系統

斷句

分析資料來源以口語資料為主，設計過程的記錄影片為輔。作者先把受測者的口語資料切割成較小的單位，稱之為“斷句”（segmentation）。斷句的定義取自 Goldschmidt 的建議，設計的前進（design move），是一種表現對設計議題的一致性所推演的動作。受測者意圖上的改變、或是他們想法內容的改變、或是他們動作的改變，即是一個新斷句的開始，因此一個斷句可能由單一句子或是多個句子所組成。（Goldschmidt 1991）。

動作範疇

針對每一個斷句，作者將設計者的認知行以 Suwa, Purcell 和 Gero(1998)定義的四個動作範疇：身體動作、感知動作、機能動作、概念動作。表 3-1 表示 Suwa, Purcell 和 Gero 最原先

設計的動作範疇。前四項動作範疇的層次是一致的，並且將身體動作與概念動作細分。若是以人處理資訊的順序來看，過去的文獻支持設計行為先是設計者感官知覺的身體動作，再來是腦中知覺的感知動作，最後才是經由語義所傳達出來的機能性和概念性動作。

表 3-1：原始動作範疇分類方式及細項舉例（Suwa, Purcell 和 Gero 1998 pp.460）

Category	Names	Descriptions	Examples
Physical 身體動作	D-action	make depictions,	lines, circles, arrow, words
	L-action	look at previous depictions,	-----
	M-action	other physical action.	move a pen, move elements, gesture
Perceptual 感知動作	P-action	attend to visual features of elements	Shapes, sizes, texture
		attend to spatial relations among elements	Proximity, alignment, intersection
		Organize or compare elements	Grouping, similarity, contrast
Functional 機能動作	F-action	explore the issue of interaction between artifacts and people/nature	Function, circulations of people, views, lighting conditions
		Consider physiological relations of people	Fascination, motivation, cheerfulness
Conceptual 概念動作	E-action	make preferential and aesthetic evolutions	Like-dislike, good-bad, beautiful-ugly
	G-action	Set up goals	-----
	K-action	Retrieve knowledge	-----

作者保留以上分類項目的架構，包括四項範疇以及次分類的動作名稱。另外，由於上述四項動作範疇無法具體記錄觸發狀態的改變，作者增加一項“轉移動作範疇”，合計共五項範疇作為改良版動作編碼系統。故，從 Suwa, Purcell 和 Gero 所建立的龐大動作識別碼群，抽取出合適的部份。以及依照表 3-1 第三欄動作描述的意義，為此實驗量身建立合用的動作識別碼，完成此編碼系統，如下：

身體動作 (*physical-action*)：

設計師身體的動作，此動作和草圖內容直接相關。本研究沿用其三種編碼架構，包括畫 (*Drawing-action*)、看 (*Looking-action*)、動 (*Moving-action*)。又，由於其設計之動作識別碼相當地龐大。且多是針對草圖之設計行為所設計的。因此，作者將對各個動作識別碼重新作新的描述，特別是以電腦媒材操作設計的觀點切入。說明如下：

- (1) 畫 (*Drawing-action*, 簡稱 *D-action*)，設計師在草圖上作出“描繪”的行為，包括畫插圖、標符號、寫註解、記備忘、甚至是寫下完整的句子。此範疇之動作識別碼

雖然是設計者操作電腦媒材，但其動作描述可以使用紙筆媒材完成。包括 Dc、Dco、Drf、Dsy 四項識別碼。

Dc 建立一個新的圖形描述，必需是“無中生有”才可。

Dco 複製之前繪製好的物件、圖形，並貼上它。

Drf 修改之前繪製好的圖形特徵，包括形狀、大小、顏色、亮度等的調整。

Dsy 使用符號、箭頭、線段，強化設計師看影像後所辨識出來的空間關係。

(2) 看 (Looking-action, 簡稱 L-action), 設計師“看”的行為，包括 Lw、Ldt。

Lw 看設計作品，不論是二維圖面或是三維物件。亦即所有在螢幕裡的旋轉模型、切換視角、以及鏡頭的縮放。

Ldt 看設計題目，包括文字資料、圖面資料、以及基地照片等等。

(3) 動 (Moving-action, 簡稱 M-action), 此範疇著重於“操作媒材”所表現的設計行為。凡紙筆媒材能夠獨立完成之動作除外，其他設計師應用電腦媒材所作之繪製動作、移動動作、切換動作等。其動作識別碼設計如下：

Mo 甩動鉛筆、滑動游標、滾動捲軸等，以及在草圖的空白處或是已經畫好的草圖上無目的、或不確定的動作，包括甩筆或是手勢。

Ma 運用媒材提供的操作性功能作為解決設計問題的操作手法，例如利用圖層疊圖、或是利用鏡射、群組、爆炸等操作手法及功能選項。

Mut 泛指藉由使用多種媒材所完成的設計動作，例如彩現、匯入、匯出、鍵盤的快速鍵、以及應用兩種媒材以上的切換等等。

感知動作 (*perceptual-action*) :

Suwa, Purcell 和 Gero 對感知動作所設計的動作識別碼，大致可分為感知空間特徵、感知兩元素之間的關係。但是，觀察設計過程的操作，設計師另有一些無法具體說明的感知經驗，包括洞察力以及判斷力。因此，作者整合以上三種感知動作，設計動作識別碼如下：

Pf 注意到元素的視覺特徵，包括形狀、大小、材質、比例、顏色等等。

Pr 注意到元素間空間關係、組織關係或相互比較。

Pi 感知心像。設計師有感覺卻無法具體說明，亦可稱為設計師的洞察力。它可能建立於設計師過去的生活體驗、案例分析等的專業訓練等等。

機能動作 (functional-action) :

設計師作非視覺資訊的構想動作，稱為機能性動作。因 Suwa, Purcell 和 Gero 設計的機能動作識別碼相當多。作者將其簡化，依設計過程將此動作分為(1)定義、(2)實作、及(3)重新定義，動作識別碼依序如下：

Fn 附予圖形新的空間意義或屬性，包括思考建築物與基地環境的關係、建築物與使用者的互動、以及使用者的心理。

Fi 落實或實踐一個早先透過圖形、特徵或空間關係而探索到的機能。

Fre-i 重新詮釋機能。

概念動作 (conceptual-action) :

概念動作屬於認知層面的動作，是較為上層的動作，依照 Suwa, Purcell 和 Gero 的架構，其分類為(1)評價 (evaluation-action, 簡稱 E-action)、(2)設計目標 (goal-action, 簡稱 G-action)、和(3)設計知識 (knowledge-action, 簡稱 K-action)，三種次分類。以此分類，作者設計動作識別碼如下：

CE 評價是設計師對感知動作和機能動作的好惡、美感和評價。

CG 目標設定又分兩種，其一受到感知動作和機能動作所刺激的一種由下而上的目標設定，屬於抽象的想法；其二由上而下的解決過程中，設計師將大問題細分而產生新的子目標，具體的目標。

CK 設計知識指透過建築專業訓練和設計師本身記憶所擁有的設計思考或是設計問題的解決策略。

轉移動作 (shifting-action) :

此動作是提供作者具體記錄設計過程中觸發行為，而另外增設的動作範疇。設計師出現設計想法的意圖轉變、或設計動作的切換，皆是轉移動作記錄事項。其動作識別碼設計如下：

Sp 藉由設計師對不同媒材有意識地作切換動作。

Sa 設計師察覺問題或是專注地看設計作品而發現的“不對勁”，引發其對設計想法的改變，以及受到設計條件和媒材的限制所做的決定。

Sc 設計師對所察覺的問題進一步地探討背後的原因，透過研究而得知的原因，包括設計題目條件上的限制以及設計媒材操作上的限制。

根據上述五種動作範疇及其動作識別碼，整理出表 3-2 改良版動作編碼系統。

表 3-2：改良版動作編碼系統

Category	Names	ID	Clarification/ Description
Shifting-action 轉移動作	S-action	Sp	切換軟體
		Sa	發現問題
		Sc	找到問題的原因或限制
Physical-action 身體動作	D-action	Dc	繪製新的圖形
		Dco	複製圖形
		Drf	修改之前所畫的圖形特徵
		Dsy	標示符號、箭頭、線段
	L-action	Lw	看設計作品
		Ldt	看設計題目
	M-action	Mo	甩筆、比手勢等
		Ma	描圖、鏡射等
		Mut	使用多種媒材切換
	Perceptual-action 感知動作	P-action	Pf
Pr			關注於空間關係和組織
Pi			設計師感知
Functional-action 機能動作	F-action	Fn	建立屬性
		Fi	落實、實現已經定義好的機能
		Fre-i	重新詮釋機能
Conceptual-action 概念動作	E-action	CE	設計師的美感和評價
	G-action	CG	長程設計目標以及短期問題解決目標。
	K-action	CK	過去經驗、專業訓練之設計知識