

國立交通大學
土木工程學系

博士論文

從專家、風格到創造力的形成過程之認知行為探討

A study on cognitive developments from expert, style, to creativity



博士生：黃英修
指導教授：劉育東

中華民國九十四年七月



國立交通大學

博碩士論文全文電子檔著作權授權書

(提供授權人裝訂於紙本論文書名頁之次頁用)

本授權書所授權之學位論文，為本人於國立交通大學土木工程系所
已 組，93 學年度第 2 學期取得博士學位之論文。

論文題目：從專家、風格到創造力的形成過程之認知行為探討
指導教授：劉育東

■ 同意

本人茲將本著作，以非專屬、無償授權國立交通大學與台灣聯合大學系統圖書館：基於推動讀者間「資源共享、互惠合作」之理念，與回饋社會與學術研究之目的，國立交通大學及台灣聯合大學系統圖書館得不限地域、時間與次數，以紙本、光碟或數位化等各種方法收錄、重製與利用；於著作權法合理使用範圍內，讀者得進行線上檢索、閱覽、下載或列印。

論文全文上載網路公開之範圍及時間：

本校及台灣聯合大學系統區域網路	■ 中華民國 95 年 8 月 29 日公開
校外網際網路	■ 中華民國 95 年 8 月 29 日公開

■ 全文電子檔送交國家圖書館

授權人：黃英修

親筆簽名： 黃英修

中華民國 94 年 8 月 30 日



國立交通大學

博碩士紙本論文著作權授權書

(提供授權人裝訂於全文電子檔授權書之次頁用)

本授權書所授權之學位論文，為本人於國立交通大學土木工程系所
_____已_____組，93 學年度第__2__學期取得博士學位之論文。

論文題目：從專家、風格到創造力的形成過程之認知行為探討
指導教授：劉育東

■ 同意

本人茲將本著作，以非專屬、無償授權國立交通大學，基於推動讀者間「資源共享、互惠合作」之理念，與回饋社會與學術研究之目的，國立交通大學圖書館得以紙本收錄、重製與利用；於著作權法合理使用範圍內，讀者得進行閱覽或列印。



本論文為本人向經濟部智慧局申請專利(未申請者本條款請不予理會)的附件之一，申請文號為：_____，請將論文延至____年____月____日再公開。

授權人：黃英修

親筆簽名：_____ 

中華民國 94 年 8 月 30 日



國家圖書館 博碩士論文電子檔案上網授權書

(提供授權人裝訂於紙本論文本校授權書之後)

ID:GT008916822

本授權書所授權之論文為授權人在國立交通大學土木工程系所 93 學年度
第 2 學期取得博士學位之論文。

論文題目：從專家、風格到創造力的形成過程之認知行為探討

指導教授：劉育東

茲同意將授權人擁有著作權之上列論文全文（含摘要），非專屬、無償
授權國家圖書館，不限地域、時間與次數，以微縮、光碟或其他各種數
位化方式將上列論文重製，並得將數位化之上列論文及論文電子檔以上
載網路方式，提供讀者基於個人非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或
列印。



※ 讀者基於非營利性質之線上檢索、閱覽、下載或列印上列論文，應依著作權法相關
規定辦理。

授權人：黃英修

親筆簽名： 黃英修

民國 94 年 8 月 30 日



中文摘要

設計師的設計行為一直都被視為「黑箱」過程，一些學者嘗試從認知科學的角度，包含視知覺、設計知識及架構、設計策略、設計草圖的過程...等，來解開設計的黑箱之謎。依不同的設計知識及經驗，可將設計師區分成三種設計師：專家設計師、風格設計師、及創造力設計師。專家傾向的設計師，會將這些片斷的設計知識及經驗轉換成連續性的設計知識，在下次遇到類似的問題時，可快速且精準地解決設計問題；而風格傾向的設計師，會以類似元素和特徵來快速地產生設計方案；然而如何形成具有創造力傾向的設計師，則有不同的觀點。**Simon**指出要成為一位設計專家後，才可能成為有創造力傾向的設計師；然而，**Gardner**則提出有創造力的行為是發生在形成專家過程中的前期階段。然而，在設計認知的研究中，前面所提的三種設計師分別具有三種不同的設計特質。而這三種不同的設計特質，可能代表著他們在運用不同的設計知識、或是不同的設計過程、或是草圖行為上不同的能力；因此本論文將以此三類認知的角度，來探討形成創造力傾向設計師的過程，以及分析出創造力傾向設計師的認知因子。

為了解決本研究的問題，本論文可以分成三階段的研究步驟：認知因子分析、生手形成有經驗設計師的認知實驗、及形成專家、風格、及創造力傾向設計師的認知實驗。在第一階段的因子分析中，分別以設計知識及結構、設計策略、及草圖行為等三類認知角度，分析現有的設計認知理論，整合出三種設計師分別擁有的認知因子，來做為認知實驗中判定設計師的因子。第二階段則是一個生手轉變成有經驗設計師的口語分析實驗，以前階段分析出的認知因子，來評定生手是否經過多次的實驗後，漸漸成為有經驗設計師，來做為下一階段的受測者。最後一階段則是形成三種不同設計師傾向的認知實驗，分析受測者因設計知識、或設計策略、或是草圖行為的不同，而形成三種不同傾向的設計師。

本論文經由上述的研究方法，最後的結果提出創造力設計師形成過程，是支持**Gardner**所提創造力的行為可能發生在形成專家的早期；但是本論文的結果，可以更精確地說明，專家及創造力的認知因子是同時發生在設計師形成的過程，設計師有特定專家行為，同時也會有創造力的認知行為，只是不同設計師會發生在不同的認知行為上。進一步分析具有創造力傾向設計師的認知因子，發現本研究中的創造力傾向的設計師，具有最高的“自我獨創的知識”，而“自我獨創的知識”則是此設計師在創造力設計過程中的“發散構想”及“轉換構想”的認知行為，主要知識來源之一；另一個知識來源則是“設計專業知識”。而在草圖行為中的“非預期發現”的認知行為，則和設計知識中的“自我評估知識”及“設計專業知識”有相當大的關係。因此，最後的研究結果說明了具有創造力傾向的設計師，同時也必需具有相當多的專家知識，才能發揮出將創造力的特質表現出來。

關鍵字：專家、風格、創造力、認知行為、口語分析研究



Abstract

Design behavior is regarded as a “black-box” process. Some researchers attempt to understand this process in terms of cognitive science, such as visual perception, design knowledge, design strategy, and the process of sketching...etc. Depending on different cognitive behaviors, designers could be distinguished into three categories: expert, style, or creative designer. Designers who have been considered as expert designers will transform some fractions of design knowledge into a sequential one. By doing so, they could tackle design problem immediately and precisely when they front a similar problem, which they met before. In addition, designers who could generate design solutions by using some distinguishable elements and features will be recognized as style designers. However, there are divergent ways to consider designers as creative ones. Simon purposed that before being recognized a creative designer, people should be considered as an expert designer; on the other hand, Gardner addressed that the creative behaviors could be found during the process of the development of expert designers.

In the aspect of cognitive studies, those designers, expert, style, and creative designers, have three sorts of divergent design characteristics, separately. These characteristics indicate that they utilized dissimilar design knowledge, design process, or ability for sketching to solve problems. Therefore, in terms of three categories of cognitive studies, this doctoral thesis is to investigate the development of creative designers, and to analyze the cognitive factors, which could be found in the design behavior of the creative designers.

In order to investigate the issue, purposed above, there are three steps of methodology in this thesis: the analysis of cognitive factors, the experiment of the development from novice to experienced designer, and the experiment of the development from expert, style, to creativity. In the first step, this thesis will analyze cognitive factors in terms of design knowledge, design strategy, and sketching behavior. To do so, these factors could be the criteria in the experiments. In the second section, there is a cognitive experiment by using protocol analysis, in which some of the novice could be determined as experienced designers, who will be the designers in the next experiment. The final step of this thesis is another cognitive experiment, in which the designers could be distinguished as different kinds of designers, depending on cognitive factors, separately.

Consequently, this thesis proposes the development of creative designers could be formed before they become expert designers. The result supports what Gardner addressed. In addition, the cognitive factors of both expert and creative designers could be found in the development of designers, in which designers have some factors of expert designers, and, simultaneously, they have some creative factors. Furthermore, by analyzing the cognitive factors, the creative designer has the highest frequency of original knowledge, which is one of main knowledge to trigger the divergence of developing ideas and the transformation of ideas; the other is the design domain knowledge. On the other hand, in the sketching behavior, the unexpected discovery depends on the self-evaluate knowledge and design domain knowledge. Therefore, in order to exhibit the tendency of creativity, the designer who possesses more creative factors has to require considerable design knowledge.

Keywords: expert, style, creativity, cognitive behavior, protocol analysis



謝誌

在交大，碩士讀了三年，接著博士又唸了五年，一共花了八年的時間，這八年是我人生中最長也是最重要的一個階段。在這個階段中，讓我從一個大學畢業生，轉變到現在可以來雪梨大學的建築系，加入Prof. Mary Lou Maher的研究團隊，這是我人生中最具戲劇性且最具挑戰性的轉變。在這個轉變的過程中，有太多人要感謝，再多的文字也無法表現我心中的感激，可能還要再做一個口語分析的實驗，才能完全詮釋出我所要表達的。好吧！列入後續研究！

Aleppo和張姐，當然是我最先要感謝的人，沒有你們給我機會讀博士班，以及之後的鼓勵和論文的指導，我就不可能拿到博士學位。

論文審查的委員們，謝謝你們對我論文的用心，讓我可以改進論文中不足或是疏乎的地方，使論文更嚴謹、更完整。

應藝所莊明振老師，謝謝你讓我可以進應藝所讀碩士，以及在應藝所中對我的照顧。其他曾經在課堂上教授過我的老師們，基義老師、君昊老師、登文老師，應藝所的張老師、陳老師，在不同的場合中，讓我學習到不同的知識及處事的態度。

10位受測者們，謝謝你們協助我可以順利進行煩人的口語分析實驗，甚至連颱風天也願意幫我做實驗，真是太令人感動了，我保證下次不會再煩你們了！

Gage和慶輝，是和我一起進博士班的同學，很高興可以和你們在交大當同學，同時也從你們身上學到不同的生活態度。千惠、楚卿、佩玲、勝誠、聖凱、聖智、霹靂、怡成、彥良、及已經畢業、或還沒畢業的學弟妹們，很高興可以在交大認識大家，反正設計圈很小，大家一定會再碰面的！

鄭姐，大家都很熟悉的人，我來交大幾年，就認識鄭姐幾年，謝謝妳在交大從應藝所到建築所對我的照顧及關心。

Peter，大家可能不知道他是誰，但是他在我博士生涯的五年中，佔了相當重要的角色。網球是我最喜歡的運動，在每次和Peter打球的過程中都是一種享受，讓我忘了論文的煩悶；球賽結束後，讓我可以有很愉悅心情，再繼續面對論文的壓力。

女朋友，哈哈，是那一個？Aleppo一定會問，不論是舊的或是新的，感謝妳們在這段時間中對我的包容及照顧。

爸、媽、姐、哥，謝謝你們在精神及經濟上對我的支持，我終於畢業了！！

還有一些在交大來來去去的人，沒有提到的，就自己歸類吧！！



目錄

第一章 緒論	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究問題	2
1.3 研究目的	4
1.4 研究方法及步驟	4
第二章 先前研究	7
2.1 設言知識	7
2.2 設言的過程及策略	14
2.3 草圖的行為	21
第三章 認知模型中的創造力因子分析	27
3.1 創造力知識及結構分析	27
3.2 創造力過程及策略分析	29
3.3 草圖行為中的創造力認知因子分析	32
第四章 生手設言師形成經驗設言師之認知實驗	37
4.1 先前實驗測試	38
4.2 正式實驗	41
4.3 編碼系統的建立	54
4.4 實驗結果及探討	59
第五章 形成專家、風格、及創造力的認知實驗	79
5.1 實驗目的及步驟	79
5.2 編碼系統	84
5.3 分析方法	92
5.4 實驗結果及探討	96
第六章 結論及建議	107
參考文獻	111
附錄 A 個人傳記簡本	
附錄 B 實驗計畫書	
附錄 C 口語分析資料	



目錄

第二章

圖 2.1 社會文化層次的創造力(摘自 Csikszentmihalyi, 1996)	12
圖 2.2 Simon 的形成創造力的過程	13
圖 2.3 Gardner 形成創造力的過程	14
圖 2.4 創造力是一種風格的模型(摘自 Srazalecki, 2000)	19
圖 2.5 創造力的訊息處理模型(摘自 Schmid, 1996)	20
圖 2.6 視覺感知過程(摘自 Palmer et al., 1993)	22
圖 2.7 將記憶中的圖形結構性的描述(摘自 Kosslyn, 1973)	23
圖 2.8 以柱子為例的視覺及文字的編碼系統(Paivio, 1971, 1986)	24

第四章

圖 4.1 整合 Simon 及 Gardner 的形成創造力的過程	37
圖 4.2 設計題目的範例	39
圖 4.3 本研究提供的榨汁機	39
圖 4.4 第一位受測者	40
圖 4.5 第二位受測者	40
圖 4.6 第三位受測者	40
圖 4.7 修改實驗之案例	42
圖 4.8 正式實驗過程	44 - 54
圖 4.9 受測者 A 第一次實驗的分析口語資料	58
圖 4.10 受測者 A 第三次構想實驗的第一張草圖	60
圖 4.11 受測者 A 第三次構想實驗的第二張草圖	61
圖 4.12 受測者 B 第三次構想實驗的草圖	62
圖 4.13 受測者 C 第三次構想實驗的草圖	64
圖 4.14 受測者 D 第三次構想實驗的第一張草圖	65
圖 4.15 受測者 D 第三次構想實驗的第二張草圖	66
圖 4.16 受測者 E 第三次構想實驗的草圖	67
圖 4.17 受測者 F 第三次構想實驗的草圖	68
圖 4.18 受測者 G 第三次構想實驗的草圖	70
圖 4.19 受測者 H 第三次構想實驗的草圖	71
圖 4.20 受測者 I 第三次構想實驗的草圖	73
圖 4.21 受測者 J 第三次構想實驗的草圖	74



第五章

圖 5.1 第五章的實驗過程	80 - 84
圖 5.2 編碼系統及認知因子的關係圖	85
圖 5.3 file maker 所製成的編碼界面	90
圖 5.4 圖形系統編碼說明	91
圖 5.5 發散構想和知識來源的關係圖	102
圖 5.6 轉換構想和知識來源的關係圖	103
圖 5.7 非預期發現和知識來源的關係圖	105

第六章

圖 6.1 第四章四位有經驗的設計師 A, C, D, 及 J	107
圖 6.2 第五章四位不同傾向的受測者 A, C, D, 及 J	108





表目錄

第三章

表 3.1 設計知識的認知因子	29
表 3.2 設計過程及策略的認知因子	32
表 3.3 草圖行為的認知因子	35

第四章

表 4.1 設計知識因子及編碼對照表	55
表 4.2 設計的過程及策略因子及編碼對照表	56
表 4.3 草圖認知行為因子及編碼對照表	57
表 4.4 口語分析編碼之結果	58
表 4.5 口語分析編碼結果之總表	75
表 4.6 口語分析編碼的總合	76
表 4.7 各受測者獲得各類因子前三名的數量	76

第五章

表 5.1 Suwa et al 的認知編碼系統(摘自 Suwa et al., 1998)	85
表 5.2 口語系統	88
表 5.3 圖形系統	89
表 5.4 部份的編碼結果	91
表 5.5 認知因子及編碼系統對照表	95
表 5.6 三類認知因子的次數統計結果	96
表 5.7 三類認知因子的編碼次數的百分比	97
表 5.8 設計知識因子的平均百分比	98
表 5.9 設計過程及策略因子的平均百分比	98
表 5.10 草圖行為因子的平均百分比	99
表 5.11 全部因子的平均百分比	100
表 5.12 獨創性知識的說明例子	101
表 5.13 發散構想的說明例子	102
表 5.14 轉換構想的說明例子	103
表 5.15 非預期發現的說明例子	104





第一章 緒論

在 1970 年代，設計師的設言行為一直都被視為「黑箱」過程，爾後一些學者嘗試從認知科學的視度，包含從視知覺、設言知識及架構、設言策略、設言草圖的過程...等，漸漸地解開設言的黑箱之謎。這些設言認知的研究不但使人們瞭解設言的行為及過程，同時還能應用在設言領域人工智慧的發展。因此藉由設言認知及人工智慧二個不同研究領域的結合來探索設言行為，不但可使人們瞭解設計師是如何思考，同時也可使電腦產生類似設計師的思考行為。

1.1 研究背景

在設言認知相關的研究中，可以清楚地瞭解到設言是一種經驗導向的行為，一個生手設計師必須經過基礎的設言訓練及累積相當的設言知識後，遇到類似的設言問題時，可以精準且有效率地解決，形成了所謂的「設言專家」(Simon, 1975; Akin, 1990; Anderson, 2000)；除此之外，專家對於類似的問題必定會有固定的方式來產生解決方案，而且經常在設言方案中有類似元素及特徵，漸漸形成了具有設言風格的設計師(Chan, 1992, 1993, 1994, 1995)。然而，在形成具有創造力設計師的過程中，許多探討個人創造力的研究指出，設計師必須具備相當多的專家知識，也就是成為一位設言專家後，才能成為有創造力的設計師(Akin, 1990; Csikszentmihalyi, 1996; Simon, 1966, 1975)；但是相反的，有些人提出另一種說法，學生設計師的作品比較具有創造力，例如Gardner (1993)提出較具有創造力的行為是發生在成為專家的早期階段。

Turing 在 1950 年提出的「電腦可以思考嗎(can computer think)?」揭開了人們對於「人工智慧」的探索，積極地從認知科學的視度來瞭解人們是如何思考，進而應用到電腦科學的研究中，產生可模擬人們思考的電腦系統。在設言領域人工智慧的發展過程中，也藉由瞭解設計師的行為，產生可運用設言知識的電腦系統—造形文法(shape grammar)、知識基礎系統(knowledge-based system)、專家系統(expert system)、神經網路(neural network)、甚至創造力電腦系統(Gero and Maher, 1993; Coyne, Newton, and Sudweeks, 1993; Saunders and Gero, 2001; Fischer, 2001)，來模擬設計師產生設言構想的行為及結果。

在創造力電腦系統的發展過程中，初期的研究是從知識基礎系統的視度，以知識呈現(knowledge representation)及設言推理(reasoning)的機制為形成創造力系統的主要因素(Gero and Maher, 1993)，也就是模擬設計師的設言知識與結構，及運用設

計策略的行為；另一方面 Mitchell (1993) 則指出草圖行為的圖形辨識是創造力主要的來源，並提出一個具有創造力的電腦系統，應該先探討設計師的草圖行為，才能形成創造力的電腦系統。由上述的研究得知，創造力的認知思考研究及電腦系統發展已是當今設計領域中相當重要的議題。

1.2 研究問題

依不同的設計知識及經驗，可將設計師區分成三種設計師：專家設計師、風格設計師、及創造力設計師。將這些片斷的設計知識及經驗轉換成連續性的設計知識 (Simon, 1975; Akin, 1990; Anderson, 2000)，在下次遇到類似的問題時，可快速且精準地解決，便形成專家設計師；對於某一類的设计案能以一定程序，及類似元素和特徵來快速地產生設計方案，即是一位具有設計風格的設計師 (Chan, 1992, 1993, 1994, 1995)；然而不論是專家或是風格設計師，如何產生具有創造力的作品，在許多研究中具有不同的觀點。Akin (1990) 指出要成為一個有創造力的設計師，除了必須具備相當多程序性的專家知識外，同時有辨視 (recognition) 及問題重建 (problem restructuring) 的能力，才能產生具有創造力的過程及作品；Simon (1966, 1975, 1999) 也指出要成為一位設計專家後，才可能成為有創造力的設計師。另一方面，Gardner (1993) 則提出較具有創造力的行為是發生在形成專家過程中初期階段，他以作曲家為例說明有創造力的作曲家，通常是在重新寫作一個舊的作品時，就會顯現出來他是否是一個具有創造力的音樂家；然而這樣的現象，需更深入地探討才能了解創造力是發生在形成專家過程中那一個階段，及創造力的過程是如何產生的，同時設計師要具備什麼樣的设计知識及能力，才能產生出創造力的作品。

在另一方面，有些創造力的研究，則是針對社會文化的角度來探討 (Csikszentmihalyi, 1996)。一個藝術家所產生的作品，沒有受到其他藝術家和藝術評論家的認定為具有創造力，其產生的作品則不能稱是有創造力 (Csikszentmihalyi, 1996)。因此，廣義的創造力不僅只是在個人的大腦裏，而是個人的思考、領域的專業知識、及社會文化背景的共同互動之下所產生的；然而，本論文所著重的研究方向，則是針對個人思考行為，來探討設計師的創造力認知行為；而廣義的社會性創造力，則為本研究的研究限制。

在设计認知的研究中，三種設計師 (專家、風格、及創造力) 分別是三種不同的設計行為的表現，可從三類不同的認知程度來探討：設計知識、設計過程及策略、以及設計媒材中的草圖行為。以設計知識及結構而言，專家的經驗要靠來累積相關的知識 (Simon, 1974, 1999)，有了相當多的設計知識後，這些專家知識會在腦內形成特定的知識結構，不論是專家、風格、及創造力的設計師，這三種設計師的知識都已經被程序化，這種「知識程序化」的轉換過程，使得三種設計師都能有效率地應用設計知識來解決問題 (Anderson, 2000)，因此他們也同時具備了定義問題的知識，及設計過程的知識 (Chan, 1993)。此外 Crismond (2001) 也將設計知識區分成操作及程序性知識 (operational and procedural knowledge)、概念上的知識 (conceptual

knowledge)、及分析問題的知識(problem-state knowledge)。然而，這三種設計師分別表現出不串的設計能力，代表著他們在運用不串的設計知識來定義問題及解決問題，因此設計知識種類、或是設計知識的結構、或是運用設計知識的方法，可能決定了三種設計師的設計行為及產生不串的設計作品。

在設計策略的侷度而言，專家是以向前或資料導向的搜尋方式(forward or data-driven search)，設計生手則是以向後或是目標導向的搜尋方式(backward or goal-driven search)在問題空間中找尋解決方案(Larkin, 1981; Anderson, 2000)，除此之外，以經驗為主的啟發性搜尋(heuristic search)是專家更重要的搜尋方式(Simon, 1966; De Groot, 1965)。另外有研究提出，三種因素決定了設計師的設計風格：設計的侷制(design constraints)、選擇的決定(making choices)、及搜尋的順序(search order)(Chan, 1992)；然而，對有創造力的設計師來說，設計的侷制空間及搜尋順序，不單只是用來描述一個特定的解決方案，或是在此空間中尋找解決方案，而是用來探索及發現新構想的未知領域中的一小部份(Cross, 1999)。因此專家、風格、及創造力的設計師在設計的過程中，可能因不串的設計策略，而對於設計的過程及結果產生不串的影響。

以設計媒材的侷度而言，不串的設計媒材代表著不串的設計進行方式，串時也會對於設計的過程產生不串程度的衝擊(Bai and Liu, 1998)。草圖是設計師最熟悉且最易取得的設計媒材，設計師透過草圖來協助設計的進展，包括協助延伸設計者的記憶(Kavakli, Scrivener, and Ball, 1998)、推論、問題的解決、及對問題理解(Suwa and Tversky, 1997)，更重要的是可以提供設計師視覺上的刺激進而產生新構想。擁有不串設計知識及設計策略的設計師，在草圖行為上必然有相異之處，因此不串的草圖能力及行為，可能使三種設計師在設計的過程中，產生不串的設計行為。

然而，有相當多的研究，直接以設計師產生的構想，來分析是否具有風格或創造力；然而，僅以設計構想的結果來分析風格或創造力，則無法探討設計師產生設計構想過程，也就無法了解設計思考的過程。此外，設計師之所以會有創造力行為的發生，和形成設計師的過程有相當大的關係(Simon, 1974)，因此要探討設計師的創造力行為，則必須先瞭解設計生手經過一段時間的設計訓練及設計經驗的累積，三類設計認知因子：設計知識、設計策略、及草圖行為，如何產生相互的作用，而形成具有專家設計師傾向、或風格設計師傾向、或創造力設計師傾向的設計師。

因此，本研究的問題可分成二個不串層次的問題：創造力設計師形成過程為何？以及創造力傾向的設計師有那些認知因子？在第一個層次中，探討設計生手形成創造力設計師的過程為何？是如Simon (1966, 1975, 1999)所提出的必需成為設計專家，可能形成創造力設計師；還是Gardner (1993)所提出有創造力的行為是發生在形成專家過程中。而第二個層次的問題在於，在前面所提的三類認知因子，那些認知因子，會使設計師具有創造力的傾向。

1.3 研究目的

如上所述，不論是以設計認知或是電腦系統的角度而言，創造力的議題尚未被完全定義及瞭解，僅管有大量研究分別針對設計知識結構、設計策略、及設計媒材等認知角度，來分析專家、風格、及創造力設計師的設計行為；然而不具傾向的設計師，因不具的設計知識、及設計過程及策略、及草圖行為，而形成設計師之間的差異，這些相異及相異的因素，可能是形成創造力設計師的過程中主要的關鍵要素。因此，本論文的研究目的在於，以探討三類認知因子的角度，來探討生手形成創造力設計師的過程，以及其認知因子的差異。

1.4 研究方法及步驟

專家、風格、創造力設計師必須具有相當大量的設計專家知識，才有能力產生設計作品(Simon, 1975; Akin, 1990; Anderson, 2000)，三種設計師之間必定存在著共同的特性，也相對地存在一些差異之處；然而設計師會有創造力的行為，和形成設計師的過程有不可分割的關係(Simon, 1974)。為了探討本研究的問題，將整個研究分成以下三個步驟：

認知模型之創造力因子分析

現今相當多的設計認知研究，從不同的角度探討設計師的行為，例如：設計知識、設計搜尋、草圖行為...等。然而不同的角度的研究，會形成不同的評估因子；因此，本研究的第一部份將先分別以設計知識及結構、設計策略、及草圖行為的認知角度，來分析在現有的設計認知理論，整合出一些認知因子，來做為認知實驗中判定專家、風格、及創造力設計師的因子。

生手設計師形成經驗設計師之認知實驗

生手設計師經過一段設計的訓練及學習，漸漸會熟悉某些特定的設計問題，進而成為該設計問題的有經驗設計師。因此本階段的實驗分析出由生手設計師轉變成為有經驗設計師，以前階段分析出的設計知識、設計過程及策略、及草圖行為等認知因子，來評定生手設計師是否經過多次的實驗後，漸漸成為有經驗設計師。因此本階段的實驗步驟如下：

1. **先前實驗測試**：為了掌握一些實驗的因素，例如：在受測者的選擇方面、受測者的草圖能力及專業知識知識、實驗的過程...等，都是本實驗中難以掌控的因素。因此透過先前實驗測試，來確定正式實驗中受測者的選擇及實驗過程，再進行正式實驗。

2. **正式實驗**：經過前階段的先前實驗測試，修改一些受測者及實驗過程上的問題，因此本階段的受測者選擇及實驗步驟修改如下，並開始進行正式實驗。
3. **編碼系統的建立**：在分析正式實驗的下一個階段，需要不串行的編碼系統來分析。本階段以時間為斷句依據，10秒為一個斷句單位，分析出每一次設計構想的實驗中，設計師發生不串行的認知因子的次數，做為判定設計師類型的依據。
4. **實驗結果及探討**：從三個程度的認知因子，來分析 10 位受測者的三次實驗，可以看出受測者在三次實驗過程中運用不串行認知因子的次數，可以分析出某些受測者可能具備有專家特質，另一些有風格的特質，另一些可能有創造力的特質。因此，決定 3-4 位可能為專家、風格、及創造力傾向的設計師，進一步實驗，來探討形成創造力設計師的過程。

形成專家、風格、及創造力的認知實驗

經由上一個認知實驗中可以得知，部份的受測者可以從設計主題中獲得設計知識、分析及定義設計問題、解決設計問題，成為此設計主題的有經驗設計師。在 Simon 一系列的研究提到(Simon, 1966, 1975, 1999)，形成具有創造力的設計師，必須經過三個階段：從生手，專家，到有創造力的設計師，因此以時間的軸向來看，設計師會因設計知識、或設計策略、或是草圖行為上的改變，分別形成不串行的三種設計師(專家、風格、及創造力設計師)。因此，本階段的步驟如下：

1. **實驗目的及步驟**：在本階段的認知實驗目的，將基於 Gruber (1989)所提的設計師發展的程度，以前一階段的設計專家再繼續進行實驗，使受測者漸漸形成三種不串行傾向的設計師，來分析他們在三類認知因子上上的改變以及異串性。
2. **分析方法及編碼系統**：本階段是以前面所提之創造力認知因子，來分析受測者在產生全新的設計構想時，在設計知識與結構、設計策略、及草圖行為上的變化。因此在口語分析方法的选择上採用仍採用“放聲思考”的口語分析法，以此方法除了可以分析受測者在設計知識上的轉變之外，串時可以分析受測者在身體動作、對草圖的感知、及機能上或是概念上的認知活動。
3. **實驗結果及探討**：三種設計師(專家、風格、創造力設計師)除了在設計知識及結構有不串行的創造力因子外，在設計策略及草圖行為也會有不串行的創造力因子。經由此階段來分析設計知識及結構、設計策略、及使用草圖的行為，將可以分析出設計師如何形成不串行傾向的設計師。

在論文的最後則針對本研究提出的問題，及並論文的結論加以說明，串時也提出本研究的限制、可能的後續研究、以及研究貢獻。



第二章 先前研究

在設計認知研究中，大略可區分成三大類：設計知識、設計過程及策略、及草圖行為，本研究著以這三類的序度，來探討專家、風格、及創造力設計師在設計過程或行為中，產生的三種不同形態的認知活動及設計行為。因此先分別針對三類相關的認知研究加以分析及整理，同時比較不同形態的設計師之間的差異。

2.1 設計知識

在心理學的研究中發現，人們會運用過去相關的知識來解決目前所面對的問題，也就是一個能解決問題的人，必須擁有大量的知識及經驗，來幫助他呈現及發現有意義的問題，並產生解決問題的架構，進而以一定的方式來解決類似的問題 (Medin, Ross, and Markman, 2001)。在設計的領域中也有類似的情形，設計師會以相關的設計知識及經驗，解決面臨的設計問題；然而設計師必須具備多少設計的專家知識，要有什麼樣的知識結構，要經過多少時間的經驗累積，及什麼樣的解決問題過程，才能成為一個可解決某一特定設計問題的專家設計師。

早期探討專家行為的研究，都是分析西洋棋專家的下棋行為 (A. de Groot, 1965; Simon and Gilmarin, 1973)，如何使一個生手轉變成一位專家，長久以來都一直從不同序度來爭論的議題，從專家知識的序而言，Simon (1974)指出任一領域的專家所擁有的專家知識大約是 25,000 到 100,000 的記憶單位 (chunks)，這個記憶的數量相當於一個成年人所使用之母語字彙的數量。然而，人們的記憶系統會將相關的知識組織成單一知識單位，A. de Groot (1965)在他的研究中發現，西洋棋的專家會以 4 個或 5 個棋子位置的相關性，來建立一些棋譜，他不會記憶單一棋子的位置，而是記憶那些棋譜；但如果以隨機的方式來排列棋子，專家和生手之間就沒有太大的差異。因此 Simon and Gilmarin (1973)更精確地估計西洋棋大師必須擁有超過 50,000 不同格局的棋譜，才能在下西洋棋的過程中有較好的表現；然而西洋棋的專家所擁有的獨特記憶能力，只能用來記憶他們西洋棋中解決問題的專家知識 (Anderson, 2000)。除了擁有的大量的專家知識外，也要經過 10 年不斷的磨練，一個生手將會成為一個特定領域的專家，這些專家會有優於一般人的特質 (Simon, 1999; Ericsson et al., 1993; Gardner, 1993)。

2.1.1 設計專家知識

相同領域中的相關專家知識如何使他們變成專家？在長期記憶中的知識和專家卓越表現必定存在著一些特定的關係。以西洋棋而言，一個記憶單位的專家知識一棋譜，包含了一步棋的狀態及接下來連續的幾步；因此，西洋棋專家只有效率地分辨目前所面臨的狀態，運用不同的專家知識來解決目前的棋局，專家不需要花太多大腦的資源來想下一步要如何走，因此在西洋棋專家的長期記憶裏，相關的專家知識有二大好處：可避免錯誤發生，及可使專家把主要的大腦資源用於從不同的角度或是運用其他的策略來解決問題(Anderson, 2000)。在設計的領域中，設計師的專家知識和專家的設計行為也有相同的關係，Akin (1990) 也提出，擁有較多建築知識或較富有經驗的設計師，會運用這些設計知識，可以立即考量新的設計情境，並快速地針對關鍵性的議題加以探討。設計專家不但具備辨別設計狀態的能力，及在記憶中找尋關於設計問題的資訊，還能適當地可以解決設計的狀態(Simon, 1999)；因此專家所具備的基本能力包括了一辨別設計狀態的能力、聯想相關的知識、及解決目前所面臨的問題。

Akin (1990)提出了三種設計師的認知能力：圖形辨識(recognition)、問題的重建(problem restructuring)、及程序性的知識(procedural knowledge)。在圖形辨識的能力中，西洋棋的大師應具有效率的視覺或是圖形的辨識記憶，來呈現較抽象的西洋棋格局。這種超人的辨識能力，可過濾多餘無意義，及不相關的資訊，並提供專家一個較窄及較清楚的搜尋解決方案的空間。在問題重建的過程，Akin (1988) 指出專家設計會多次地透過修改最初的限制來重建設計問題，同時定義了正確的設計問題後，也決定了解決方案。在第三種，也是最重要的能力，是指專家的程式性的知識。專家從存在記憶中過去的設計經驗，學習到連續的設計行為，來解決面臨的設計問題。這樣的現象顯示專家所獲取到的專家知識包含了從宣告性的知識(declarative knowledge)轉換成程式性的知識(procedural knowledge) (Akin, 1990; Anderson, 1982, 2000)。舉例來說，在 Anderson (1982) 的研究中指出，學生會將宣告性的知識，如印定的公理，轉換成程式性的知識。這樣轉換的過程稱為「知識程式化(proceduralization)」。這種程式化知識有二個不同的目的：使有效率地應用知識來解決問題，及在一定選擇的自由度下，可以產生解決問題的個人風格。對前者而言，可快速地解決定義良好(well-defined)的問題；而後者則可選擇出一些滿足設計限制的方案，來解決定義(ill-defined)不良的問題(Akin, 1990)。

設計專家的程式化知識是由宣告性的知識轉變而來的(Akin, 1990; Anderson, 1982, 2000)，有相當多的研究提出轉變成「程式化知識」的過程，包含了三個階段—認知階段、聯結階段、及自動化的階段(Fitts and Posner, 1967; Anderson, 1982; Medin, Ross, Markman, 2001)。第一個階段—認知階段，人們對所面臨到的事物加以編碼，而獲得宣告性的知識(declarative knowledge)，再用這些宣告性的知識來解決問題。第二個階段—聯結階段，一些對於之前所誤解的宣告性知識加以修改或去除，同時將一些宣告性知識聯結成程式性的知識，取代一些宣告性知識，以得到較好的效率。在此階段二種形態的知識同時存在，但是程式性的知識決定了表現出來的

效能。第三個階段—自動化的階段，為了處理更複雜狀況並且能更快解決，程式性的知識將會變得更自動化也更快速，但只需要較少的大腦資源來處理。這需要不斷的練習才能進步，同時也成為專家長期記憶中主要的知識。

在設計知識的分類而言，Chan (1993)提出了設計師的設計知識必須包含二大類：定義問題的知識，及設計過程的知識。定義問題的知識主要用來決定設計中所包含的設計知識—業主的背景及意圖、建築的形式，設計議題、基地的資訊，及空間的需求。這些設計的知識通常都呈現在設計的簡報中，同時可以來定義一個設計問題。設計過程的知識包含—設計限制、設計目標、搜尋的方法、及自行預定的解決方案。除此之外，Crismond (2001)也將設計的知識分成三類的知識—操作及程式性知識(operational and procedural knowledge)、概念上的知識(conceptual knowledge)、及分析問題的知識(problem-state knowledge)。相較於設計專家而言，生手有較破碎且較沒有結構性的設計知識；而專家有較豐富的設計知識，同時三者之間也有較多的相互連結。

2.1.2 設計的風格知識

一般而言，設計的風格可以從四的维度來辨別一個人風格(individual style)：在一位設計師產生的作品中存在著一些可識別的特徵；群體風格(group style)：在一群設計師的作品中存在著一些的特徵；地區性的風格(regional style)：從一個區域的設計作品中存在著一些的特徵；時代性的風格(period style)：是一個時代的作品所具有的特徵。在早期是以藝術的维度來研究風格，Ackerman (1963) 提出藝術的風格可由三個维度來定義：傳統手法的造型及圖像、材質、及技法；但Schapiro (1961) 提出另外三種维度來描述風格：元素或目的、元素之間的關係、元素的品質也就是產生元素的過程。在建築設計的領域中，Simon (1975) 提出構成一個風格元素有三個主要的來源：作品的特徵、製造作品的過程、及設計的過程，他指出風格不但可以從作品物件的特徵來辨別，同時還可以從不用的設計過程來區分。Chan (1992) 也提出相同的觀點，風格的形成是來自於產生特徵的過程，或是有重複性的過程，或是在重複性的特徵中有相同的結構。不同的研究領域會以不同的觀點來探討風格的形成，本研究將整合相關的風格研究，將以下列三個维度來分析風格的形成：風格的特徵元素、元素之間的關係、及製造及設計的過程；但本節將只針對前二者來分析，而形成風格的製造及設計過程，將留待 2.2 節的設計策略中再行分析。

針對設計風格的元素而言，一些研究以重複地可被識別的特徵元素來描述風格，Chan (1992) 提出一個風格的浮現是在設計師產生的作品中，發現一組可被重複地識別的特徵。例如Schapiro (1961, page 81) 所說的「風格是指在個人或是群體的藝術作品中，所發現固定不變的形體(固定的元素、品質、及符號)」。這些定義有一個共通的點，就是人造的作品可以重複且可被識別的特徵或是形體來分類。具特徵的物件是作品的一部份，相對而言作品可被視為特徵的集合物；而在此的特徵

是包含了許多具有意義的圖案(細部的手法)、實質的形態(材料及手法)、或是其他特徵(紋理及顏色)；進一步而言，這些有意義的特徵包含了形態之間的功能及幾何關係。

以風格元素之間的關係而言，Smithies (1981)提到風格是經由一定的結構、元素、及呈現方式所組成的一個可被辨識的形態，以知識結構的厚度而言，畫家在他們的腦裏有一定的知識結構(schemata)，這個結構是來自對於物體的概念，而且是由知覺所產生的，例如：畫家在呈現山的過程中，他們會觀察許多山，然後漸漸地學習如何來形成一個抽象概念的山的，這個抽象的概念是由知覺所產生的架構。這樣架構性的組合被認為是藝術家的圖案集，畫家開始繪畫時，先畫出一個架構，然後不斷地修改、連貫整體、及再修改它，直到繪出畫家心中所想像的圖形，因此藝術家是基於他們大腦中所形成，或理解的架構來詮釋這個世界。以視覺心理學的厚度而言，這種結構性的概念是決定於人們看圖形的視覺行為，人們看圖形的過程中，會把完整的圖形分成較小的圖形，對看的人而言，這些小圖形在人們的記憶中是有意義的，同時必須是可片語言來描述，並且分解成結構性的敘述(structural descriptions)(Reed, 1974; Kosslyn, 1973)。

Simon (1975)提出設計師所搜尋的問題空間，並非是一個整體的設計空間，而是由設計元素及部分已完成的设计所形成的問題空間，這些設計元素所呈現出來的是形成一個設計師的設計風格所需要的基本元素。例如：一位畫家會選擇一些元素做為個人風格的基礎，而其餘的部分則較忽略或是不強調。因此，具有設計風格的設計師主要的能力，是在於能結合曾經在以前作品中所使用的設計特徵，產生解決方案來解決目前所面臨的問題。這種特殊的設計能力，是在由這些設計特徵所組成的問題空間中尋找解決方案，而不是重新產生基本的物件來解決。

2.1.3 設計的創造力知識

在認知心理學的領域中，許多研究已經指出所謂有創造力的個人應具備的能力，Guilford (1968)指出創造力的認知行為是一個很獨特的過程，包含二個主要的認知過程：發散構思的能力(divergent production abilities)，及轉換構思的能力(transformation abilities)。發散構思的能力在創造力的過程中是相當重要的，Guilford認為發散構思的能力是具有多樣性，設計師可以對一個設計問題產生多樣的解決方案，或是能對一個字產生許多的聯想，也就是說發散的思考是指設計師從不同的方向來進行思考設計問題。Guilford 對於發散思考下定義：「發散思考的能力是指人們在長期記憶中搜尋可以滿足一些特定條件的解決方案(Guilford, 1968, p. 105)」，一個廣大的搜尋空間及自由無限的搜尋能力，可以增加發散思考的產生，這樣發散思考的能力尤其是對於 Wallas 所提出的創造力過程中的熟慮期(incubation) 更是重要(Wallas, 1926)。Guilford 所提的第二種能力是轉換構思能力，這種能力是將已知的知識轉換或是修改後，放入新的問題環境，在此過程中最重要的是有彈性的辨識及突破舊有的組合，設計師將會重新排序、重新定義、或是

重新詮釋他們所知道的知識，以不侷於一般的方法，產生新的方案來解決問題。

除此之外，Sternberg and Davidson (1982)也提出了三種創造力過程中的認知行為。選擇性的編碼(Selective encoding)－在不相關的資訊中區分出相關可用的資訊；選擇性的組合(Selective combination)－整合獨立且無關係的資訊；選擇性的比較(Selective comparison)－將新的資訊和舊有的資訊加以比較整合。這三種知識形成了創造力過程中的洞察階段(insights)，或許我們可以推測發散性的思考及轉換構想的能力，是來自於這三種基本的機制所形成的洞察能力。

在創造力的相關研究中，早期都只是針對個人的創造力行為，進行探討及分析(Guilford, 1968; Wallas, 1926; Sternberg and Davidson, 1982)，以個人創造力的程度而言，除了上述的基本機制及其所形成的能力外，一個具有創造力的個人必需具備三種基本的知識：第一種是要具有相當大量的專業領域中的知識；第二種則是要具有結合構想的知識；最後，要有相關的知識來評判自己的構想是否可以進一步發展(Csikszentmihalyi, 1996)。此外，Akin則指出創造力的行為是發生在形成專家的過程中，也就是當宣告性的啟發知識逐漸轉換成程式性知識的過程中，因此Akin(1990)也以音樂領域為例，如果Tchaikovsky和Mozart沒有音樂的專家知識，他們也就沒有能力來創造出音樂作品。

個人創造力的發生是由一系列的階段所產生的(Wallas, 1926; Weisberg, 1986; Csikszentmihalyi, 1996)。簡而言之，Weisberg (1986)指出在此過程中，人們會不斷地修改之前的啟發構想，最後找到解決方案。而Wallas (1926)則提出四個形成創造力的階段：準備階段(preparation)、籌劃階段(incubation)、啟發階段(illumination)、及確認階段(verification)，經由這四個階段的順序，最後會產生有創造力的方案；然而這四個階段並非依照一定的順序發生的，而是會反覆地產生，而且階段之間轉移的能力，在整個創造力的過程中是最重要的能力。進一步而言，Csikszentmihalyi (1996)增加了第五個階段－精心製作(elaboration)，除了前面所提的四個階段，有創造力的啟發師時時要花最多的時間及最大的心力，才能形成有創造力的作品。如Edison所說的，創造力是包含了1%的靈感(inspiration)及99%付出的汗水(perspiration)。

近年來除了個人的創造力的研究外，有一些研究則是針對社會文化的創造力來探討(Csikszentmihalyi, 1996; Liu, 2000)。啟發師沒有專業領域中基本的知識，便無法產生有個人創造力的作品；儘管學習到了一些啟發的基本知識及原則，其產生的作品如沒有受到該領域的認定及承認為具有創造力時，也不能稱為是一位有創造力的啟發師。以藝術家為例，一個畫家所產生的作品，沒有受到其他藝術家和藝術評論家的認定，其產生的作品不能稱是有創造力，直到受到社會上他人的評定為有創造力為止(Csikszentmihalyi, 1996)。因此，創造力的產生不是在個人的大腦裏，而是個人的思考、領域的專業知識、及社會文化背景的因素之下所產生的(圖2.1)。

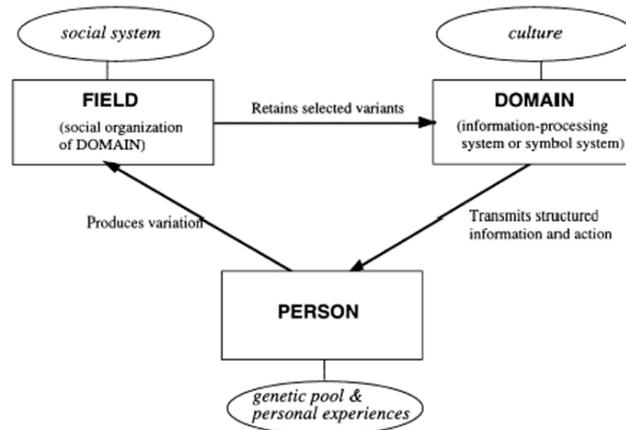


圖 2.1 社會文化層次的創造力(摘自 Csikszentmihalyi, 1996)

2.1.4 設計知識的比較

以設計的領域中，不論是專家、風格、及創造力的設計師，都必備具有解決設計問題的能力，因此從以問題解決理論(problem-solving theory)的序度，三者都必須具備辨別設計狀態的能力，及在記憶中找尋關於設計問題的資訊，還適當地可以解決設計問題；因此這三種設計師的基本能力包括了一辨別設計狀態的能力、聯想相關的知識、及解決目前所面臨的問題。

一個設計作品，包含了基本的元素、元素之間的關係、及設計的過程，如果在設計師一系列的作品發現一組可被重複地識別的特徵，因此這些特徵的物件就是設計師儲存在長期記憶中的專家知識，此設計師也就被認定為具有風格的設計師(Chan, 1992)。而以風格元素之間的關係而言，除了元素本身之外，風格是經由一定的結構及呈現方式所組成的一個可被辨識的形體(Smithies, 1981)。以另一個角度來看設計過程，Simon (1975)所提出設計師所搜尋的問題空間，並非是一個整體的設計空間，而是由設計元素及部分已完成的设计所形成的問題空間，具有設計風格的設計師主要的知識，先要有基本設計元素的知識，加上結合這些設計元素的知識，及最後產生解決方案來解決問題。因此風格設計師的設計能力，是在由這些設計元素所組成的問題空間中尋找解決方案，而不是重新產生基本的物件來解決。相對於具有創造力設計師的能力而言，Guilford (1968) 指出創造力的認知行為包含二個主要的認知過程：發散構思的能力及轉換構思的能力。發散的思考能力是指設計師從不同的方向來進行思考設計問題，也就是說設計師除了在設計元素或是部份已完成的设计所形成的問題空間中，來搜尋解決方案形成有風格的設計師外(Simon, 1975)，一個有創造力的設計師，則必須能使搜尋的空間更廣大，且更自由地搜尋，以增進發散思考的產生，這樣發散思考的能力，在創造力過程中的熟慮期(incubation)為重要(Wallas, 1926)。另一個認知行為則是轉換構思的能力，這種能力是將發散思考後的知識轉換，或是修改成可解決新問題的知識，在此過程

中最重要的是有彈性的辨識及突破舊有的組合，設計師將會重新排序、重新定義、或是重新詮釋他們所知道的知識，以不侷於一般的方法，產生新的方案來解決問題。

以設計過程的序度來分析三種設計師，不論專家、風格、及創造力的設計師，都具備了定義問題的知識及設計過程的知識(Chan, 1993)，然而專家及風格設計師的差異可能在於設計過程中，是否有序相串特徵的設計元素，來形成解決設計問題。而創造力設計師和專家及風格設計師的差異在於，可能是在定義問題及設計過程中，是否具有結合其他構想的知識，及評判自己構想的知識(Csikszentmihalyi, 1996)；此外，如要成為有社會文化的創造力，還必須具備瞭解社會文化背景知識，才能成為有社會文化創造力的設計師(Csikszentmihalyi, 1996; Liu, 2000)。另外，Crismond (2001)也將設計知識分成三類－操作及程序性知識(operational and procedural knowledge)、概念上的知識(conceptual knowledge)、及分析問題的知識(problem-state knowledge)。不論是專家、風格、及創造力的設計師，這三種設計師的知識都已經被程序化，這種「知識程序化(proceduralization)」的轉換過程，使得三種設計師均能有效率地應用設計知識來解決問題，及在一定選擇的自由度下，可以產生解決問題的個人風格；但三種設計知識相互連結的情形，可能決定了設計師表現出來的特質，決定了是那一類的設計師。

在 Simon 一系列的研究提到，形成一個有創造力的設計師，必須經過三個階段：從生手，專家，到有創造力的設計師(圖 2.2)，在生手階段的設計師必須學習基本的設計知識，及累積不串的設計經驗，直到擁有約50,000 個設計相關的知識，以及經過十年的經驗累積，才會形成設計的專家；然而，如要形成一個有創造力的設計師，則此設計專家必須具備下列的條件：運氣(luck)、堅持的態度(persistence)、及優越的自發能力(superior heuristics)。

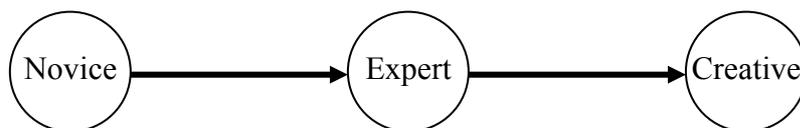


圖 2.2 Simon 的形成創造力的過程

相對而言，Gardner (1993)提出了另外一個觀點，他指出個人創造力的產生，是發生在形成專家過程中的早期(圖 2.3)。他同時舉例年輕的音樂家，通常是以重新編寫一首曲子，來展現自己的天賦或創造力。儘管這些幸運的音樂家是從老師或是前輩所獲得的靈感，然而這種大膽的嘗試，仍被視為一種不順從的行為。

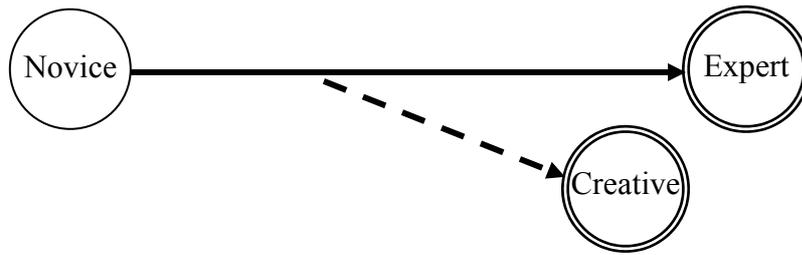


圖 2.3 Gardner 形成創造力的過程

基於現今設計知識的相關研究，無法明確地分析專家、風格、及創造力設計師，在設計知識及結構上的差異，更無法得知一個有創造力設計師的形成過程；因此本研究將會以設計知識及結構的厚度，結合上述之相關理論，區分出三種設計師的差異，以釐清形成創造力設計師的過程。

2.2 設計的過程及策略

在 Simon (1966) 提出了設計是一種解決問題的過程後，有大量的研究試著從解決問題的過程及設計策略來探討生手及專家設計師之間的差異。一些的研究指出搜尋的策略和所學習的經驗之間，有很密切的關係 (Simon, 1975; Anderson et al., 1981; Anderson, 1990; Larkin, 1981)。在當設計師面對如此廣大的搜尋空間時，專家設計師如何比生手更有效率且更精準地找到解決方案？

2.2.1 設計專家的過程及策略

在設計的搜尋策略中，Larkin (1981)指出生手在解決問題的過程中，會採較沒有系統的原則，並且以目標為導向(goal-driven)的搜尋模式，也就是所謂的「後推式的搜尋策略(working-backward search strategy)」；相較於專家而言，專家會從初始的狀態開始，採用資料導向(data-driven)的搜尋模式，也就是「前推式的搜尋策略(working-forward search strategy)」。Ho (2001)進一步指出當一位生手要變成一位專家時，其解決問題的搜尋策略會從「後推式」轉換到「前推式」的策略。除此之外，Anderson (1983)指出生手試圖以宣告式的知識運用深度優先(depth-first)的搜尋模式來解決問題；而專家會以程式性的知識，以廣度優先(breadth-first)的搜尋模式，來建構出整個搜尋空間，再來解決問題。此外 Lloyd and Scott (1994)先從工程設計的厚度瞭解經驗較少的設計師，會傾向用整體的策略(global strategies)來分解並重組設計問題；而設計專家，則會用局部的策略(localized strategies)來解決問題。他們進一步以建築設計的厚度，發現類似的現象(Lloyd and Scott, 1995)。

另一個專家設計師常使用的搜尋策略－啟發性搜尋(heuristics search)，專家會用強大啟發性的能力，用較少的搜尋時間及資源，來產生適當的方案，或是以相關的

搜尋時間及資源，產生比生手更好的方案(Simon, 1966)。以西洋棋為例，A. de Groot (1965) 比較西洋棋大師及一般棋手在比賽中，產生一步好棋的搜尋模式，他發現相較於其他的棋手而言，大師不用太多的搜尋時間，只要靠著超人的爆發性的選擇能力，就能在樹狀結構的知識中，找到更有效且更相關的知識。

Simon (1966)從問題解決理論(problem-solving theory)的序度，指出專家擁有的一些特質，例如：專家在思考的過程會有層級性的組織，及序列執行的知識處理過程，在此過程中專家會以大量啟發式(heuristic)的「嘗試錯誤法(trial-and-error)」搜尋方式，來做為選擇解決方案的方法。他再進一步指出，在以嘗試錯誤法來解決設計問題的過程包含了二個子過程：第一個子過程為不斷地「產生」可能的解決方案，或是解決方案的元素；第二個子過程是「測試」是否這些解決方案能滿足某些設計限制。在所「產生」的解決方案，保證能滿足不帶設計階段的限制；而「測試」的過程，則保證違反其他限制的方案，在搜尋的過程中將會被去除或是修改(Simon, 1975)。設計限制是用來定義一個設計問題，但設計限制本身並無相當大的限制性來指向某一特定的解決方案，因此一個解決方案的產生，必須要滿足所有設計的

限制。

在這種產生及測試的搜尋過程中，包含了決定問題(problem-determined)及自動化(autonomous)的元素，Simon (1975)提出一個設計專家產生設計的過程將決定於下列三個因素：依照一定的次序來考量設計元素，因此在這種由搜尋次序來決定方案的過程中，此搜尋次序將決定不帶的風格；第二種自主性的元素為預期的解決方案，設計師重複地在不同的環境下，會對於一些子問題有預期的解決方案，這種預期的方案，會使設計師較密集地來處理問題，也可減少搜尋的努力，同時預期的方案，也將會成為一種風格的特質。第三種的自動化的元素，是設計中的產生自主性限制，這是屬於較高期望的特質，如果一個設計專家來服務一般的業主，業主將會指望專家可以同時考量到業主所有的需求，因此這種特質在實際設計的過程中是相當重要的，但是無法再進一步地預測業主的想法。

2.2.2 設計風格的過程及策略

風格的定義可以從三個序度來探討：風格的特徵元素、元素之間的關係、及製造及設計的過程，前二個已經在 2.1 節討論過了，本章節將針對製造及設計的過程來討論風格。許多研究都指出產生作品的過程可以視為一種風格，Sparshott (1965) 為風格下了定義—風格是一種產生作品的方法，後來 Gombrich 定義「風格是任何特殊的方式，來執行一種動作，或是產生作品(1968, page 352)」，Simon 對風格也提出相同的定義，一個風格是指從許多替代的方法中，產生一些特定的做事方法(Simon, 1975)。除此之外，Meyer 更進一步定義風格，「風格是一種在人類行為複製的過程中，或是在人類產生物品的複製過程中，基於某些限制之下，經由一系列的選擇所產生的結果(1979, page 3)」。一個行為過程包含了許多子過程，彼此有共同的資訊或是知識，而在單獨的子過程中，也有該過程的特定資訊，而設計的

過程便是許多這種過程的組合。

Schapiro (1961)提出以不同的方式來組合元素，可從元素之間的關係推論出不同的設計過程，進而來定義不同的風格。例如，我們看到一棟有對稱立面的建築物，我們可以合理地確定建築立面的產生是在設計過程中的早期階段；相反地，一些立面不對稱的建築物，我們可以推測這些不對稱的立面是為了迎合內部空間上的需求而產生的。

以設計的搜尋策略而言，有三種基本的因素決定了設計的風格：設計的限制(design constraints)、選擇的決定(making choices)、及搜尋的順序(search order)。在建築設計中，經由設計限制所限定出可以選擇的範疇時，已經決定了在設計問題中可能的解決方案(Simon, 1975)。設計限制是指可以滿足一個設計單元，或是一組設計單元，如果設計限制是關於設計細部的一個設計單元，則是所謂的局部的設計限制(local constraint)；但如果是指一組設計單元，則稱為整體的設計限制。設計限制可用一個架構(schemata)來呈現，而這個架構是在人工智慧領域中一種知識呈現的方式，在這種呈現方式中，設計原則是包含在每一個子架構(schema)中，因此用這種方式來呈現設計限制及設計知識的優勢，可以提供一個機制來探討憑經驗的設計原則；相對地不同的設計限制也會形成不同的設計風格。

第二個影響風格的因素是用設計限制來選擇解決方案，Rapoport (1969) 指出了設計限制和可選擇方案之間的關係，他舉例房屋的外形可以從一些現今存在的形體中來決定，如果現存的可能性很大，則可以選擇的空間也很大，因為用了較少的設計限制，所以標準也較低；但如果有新的建築技術產生了，整個選擇的空間也隨之闢增。依循此概念，Akin (1986) 進一步指出，風格的形成是用來減少替選方案的考量，他指出儘管設計問題是在設計限制之下所形成的，但其可能的替選方案仍是相當廣大的；因此，設計師基於設計風格的選擇之下，會減少可以選擇的數量，而產生可接受的解決方案。

第三因素是搜尋的順序，Simon (1975) 提出了設計師是一組順序來決定設計的元素，或是設計的限制，從那開始而到那裏結束。因為設計是一個不斷滿足設計需求的過程，第一個被考量的元素會滿足一些設計限制，而產生第一個可能的解決方案；任何一個可能的方案將會斷續考量，基於前一個方案，產生滿足另一些限制的方案。因此，這樣產生可能方案的過程，將形成一個影響風格的主要因素，甚至會影響整個形體。這種搜尋的順序也被類比成一種設計思考的過程。

2.2.3 設計創造力的過程及策略

在藝術領域的創造力研究，不但全心投入作品形式的探索，同時也針對創造力的過程來探討，以個人創造力而言，Sparshott (1965) 認為創造力的過程是被定義為任何產生藝術作品的過程。以資訊處理理論的序度，Simon (1966)提出處理過程中包含了熟悉化(familiarization)及選擇性遺忘(selective forgetting)的二個現象。熟悉化(familiarization)－如 George Miller 所指出，短期記憶體(short-term-memory, STM)

是相當有限的，其數量只有 7 正負 2 個記憶單位，一個記憶單位(chunk)可以是一個單一的知識或是物體，但也可以是一組聯結到長期記憶(long-term-memory, LTM)的相關資訊，因此在此所指的熟悉化是指，由 STM 的記憶單元聯結到 LTM 中相關資訊的現象。如果有一些新的複雜形體已經被熟悉化了，他們在資訊處理的過程中就會被編成一個記憶單元。如 Akin (1990) 的觀點，西洋棋大師會產生較抽象的知識單元來呈現棋位，讓他們可以從整個棋局中記憶較多的資訊，同時也可以減少搜尋的空間。選擇性遺忘(selective forgetting)一則是指在搜尋的樹狀結構中，人們的意識會以正常的方式來執行解決問題的過程，但是人們會無意識地在廣大的搜尋空間中，隨機地尋找解決方案，進而形成不預期的創造力。

Simon 提出整個創造力的過程，不單單只是以新奇、異於尋常、持久性、及具爭論性的程度探討問題的形或；並且探索及檢驗更多的替代方案，從中發現具有創造力的解決方案(Simon, 1999)。Weisberg (1986)則認為創造力是另一種解決問題的形式，主要是在於人們對於一個問題狀態的理解程度，他強調問題解決的過程是循序漸進地，很少有跳躍性的觀點或是看法。因此新奇的產品產生是在局部記憶知識中搜尋的結果，這種循序漸進地解決問題的過程，可同時在自然科學及藝術行為中得到證實。除此之外，Cross (1999) 也指出創造力的設計行為是在發現新奇構想，一個有創造力的設計師認為，設計的問題空間不單只是用來描述一個特定的解決方案，或是在空間尋找方案，對他而言問題空間只是他用來探索及發現新構想的未知領域中的一小部份。

Lawson (1979)將產生創造力的策略分成二種：定義問題導向(problem focused)及解決方案導向(solution focused)，並指出以設計問題而言，在解決方案導向策略中所產生的方案較具獨特性，因此解決方案導向的策略將會是設計行為中主要的策略。Kruger and Cross (2001)進一步將設計策略分成四種導向，分別來探討四種策略對於創造力的影響，這四種設計策略分別為：問題導向(problem driven)、資訊導向(information driven)、解決方案導向(solution driven)、及知識導向(knowledge driven)。問題導向的設計策略是著重在問題本身，因此所使用資訊及知識僅僅可用來解決問題；資訊導向的設計策略，則是在於大量地收集相關的資訊，基於這些資訊來產生一個方案；解決方案導向的設計策略，則是著重於產生解決方案的過程，同時會收集相關的資訊來發展方案，相較而言會花較少的時間來定義問題，甚至會重新定義問題來符合已產生的解決方案；知識導向的設計策略，則是使用個人的高度結構化的知識，來產生解決方案。在他們的研究中發現，使用解決方案導向策略的設計師，在創造力的得分較高；而使用問題導向策略的設計師，則在解決方案的品質及創造力上，都有不錯的表現。

在創造力的過程中，Suwa 和 Tversky (2001)提出積極的感知(constructive perception)是一種重要的認知互動來產生新的構想，積極的感知是指設計師對於外在的呈現具有自我察覺(self-awareness)的能力，這種能力可使設計師以積極的態度來重組對外在的感知。當設計師形成一種詮釋時，他很難再察覺到另一種詮釋，

這就是所謂的“定形效應(the fixation effect)” (Howard-Jones, 1998)。設計師和學生之間的差異就是在於，設計師會以較積極的感知能力，形成具有高度產生新詮釋的能力，也就是有較低的“定形效應”，這種積極感知能力的成果是來自設計師過去二種相關的經驗，第一種是建構、修改、及詮釋草圖的經驗；第二種則是針對不同的設計目標產生設計的經驗(Suwa and Tversky, 2001)。除此之外，Bonnardel and Marmeche (2001)也提出在喚起的過程(analogy-making)，包含了使用不同的來源來喚起創造力行為的靈感，來開啓了新構想的探索空間。這種喚起的過程會被二個主要的因素所影響：設計師的專業程度，及所提供可能的刺激靈感的來源，當設計師想要以創新的構想來解決新的問題時，他們會被來自非他們專業領域的類似的事物所刺激，來產生創新的構想；專家設計師在不同的領域的刺激來源環境中，產生較多的構想；而生手則不影響。

Srazalecki (2000)提出的創造力模型是一種較高層的結構，從不同的認知心理學的侷度來綜合分析，創造力是一種風格的模型。以傳統的定義而言，風格被定義成上層的結構，包含了許多認知的操作過程，而且不同的個體在認知、知覺、及個人特質上都會有不同的處。多侷度本質的風格也有類似的概念，因此提出了創造力是一種風格模型的概念(圖 2.4)。此創造力的模型是層級性的結構，創造力是最上層的結構，分別由較低的三層所組成，包括認知(cognitive)、個人特質(personality)、及價值領域(axiological domains)，這三種較低層的結構被依續地呈現著，此模型可以從垂直及水平的侷度來探討之間關係，依著上到下(top-down)的方向，反映著創造力是一種複雜且多侷度的概念，依下到上(down-top)的方向，則是透過綜合不同的關於創造力人們的行為及機能上的機制的心理學資料所產生。在此模型的第二層中，在認知的領域(cognitive domain)包含著獨創性(Originality)，彈性(Flexibility)，流暢(Fluency)，及視覺化(Visualization)，在個人特質的領域中，包含了不墨守成規的(nonconformism)，強大自我意識(strength of Ego)，自然發生及表現(Spontaneity and Expression)，在價值領域中則包含了自我的領悟(self-Realization)和自主的積極(Autonomous motivation)。第三層中，由上述第二層的結構所綜合出較整體的結構：彈性有獨創性及流暢的認知過程(flexibility, originality, and fluency of cognitive processes)，自由且有獨創性的個人特質(freedom and originality of personal expression)，及主動的價值系統(Autonomy of axiologic system)，在最上層則是創造力是一種風格的模型(creativity as a style)。

創造力的主要行為是發生在較高層的“彈性有獨創性及流暢的認知過程”，此過程表示了搜尋的過程中獲得不同的概念來產出巧妙的解決方案，並解脫定形的限制，使用差異相當遠的不同領域來打開應用的可能性，這樣的認知系統可以被解釋為是產生創造力的智力機制。此認知系統還連接到“自由且有獨創性的個人特質”，被視為個人特質系統，此系統以透過自我意識的機能來表示蛻弱，它的強度、彈性、本質的自主性(intrinsic autonomy)，內在限制的缺乏及開闊的新經驗，這種經驗的擴展性增加了重建及轉換真實的可能性，由於可以感受內在的效果，增加了自我評估(self-evaluation)及自我接受(self-acceptance)的層級，這種在心理的

思考上探討創造力有相當長久的傳統。而“主動價值系統”指的是個人的價值觀，允許個體發揮不墨守成規的態度，形成本質上的行為，因而達到較不相關的目標。這種主動價值的角度是創造力的最後一個條件，此價值的概念及其程度，在人類行為中有相當久遠的歷史，特別是在科學、設計、商業、及藝術的領域。然而較精確的心理思考上，對於創造力有較大的影響是在於個人道德發展的階段。因此自我的價值系統具有力量來產生創造性及持久性的動機，此動機會導致於產生足以滿足真實及社會的評判標準，因此可被認定為創造力。

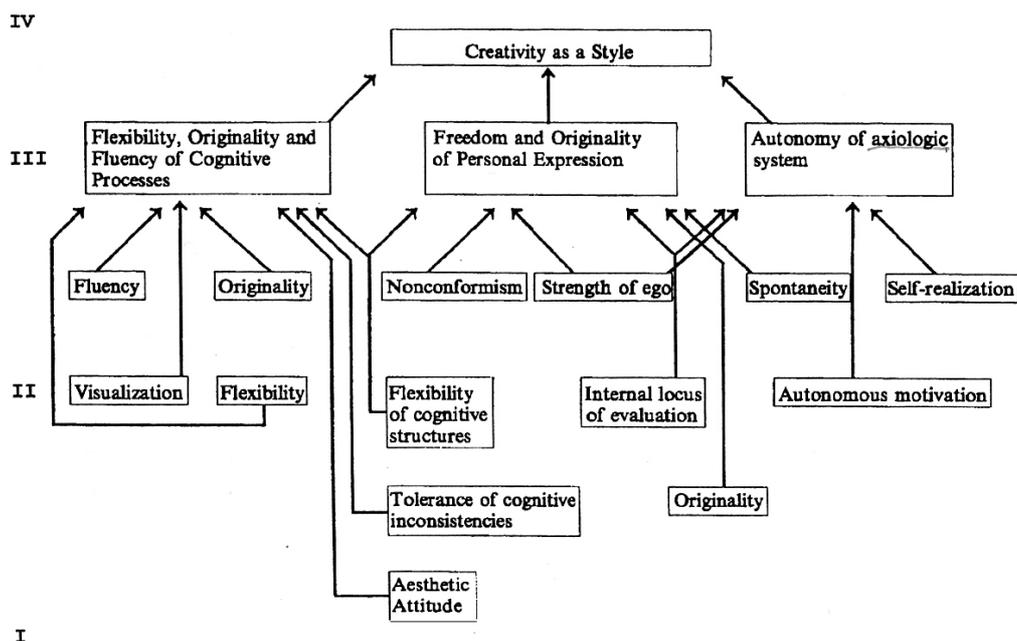


圖 2.4 創造力是一種風格的模型(摘自 Srazalecki, 2000)

除此之外，Schmid (1996)指出現今的創造力過程的心理模型都基於不串行為的觀察，只有指出創造力過程的不串階段，並沒有基於訊息處理過程的理論，來探討創造力，因此他們的研究都只有提出創造力系統需求，並沒有提出這些需求要如何被執行。因此 Schmid 提出了一個強調訊息處理的創造力過程，採用創造力的訊息處理模型(information processing model of creativity, IPC)(圖 2.5)，但著重於知識的組織及操控創造力的過程，進而使 AI 系統也可以試著產生創造力的作品。然而，發展 IPC 模型的目標不是在為了創造力系統所發展出的架構，而是藉由高度的創造力，來提升 AI 系統的創造力，然而 IPC 模型並未被實際應用成電腦系統，它可以說是一種創造力行為的模型。

在認知心理學中，創造力被視為是一種解決問題的形式，然而和原本的解決問題有許多不串的特質，如一開始時要解決的問題是定義不良，辨別問題可以被認為是創造力過程的一部份，在創造力過程中的資訊處理模型是來描述解決的過程。因此 IPC 模型就像是人們解決問題的模式，包含了操作(operators)，記憶(memory)，

及控制(control)。此模型是基於心理學中創造力的階段性模型(Wallas, 1926)：準備階段(preparation)、籌劃階段(incubation)、啓發階段(illumination)、及確認階段(verification)，但是把籌劃階段及啓發階段結合成籌劃階段，此時 IPC 模型有三個假設條件：智力是創造力的先決條件；創造力並非是單一的能力，而是不斷能力產生互動而形成的；籌劃階段是主要發現創造力的過程(Schmid, 1996)。

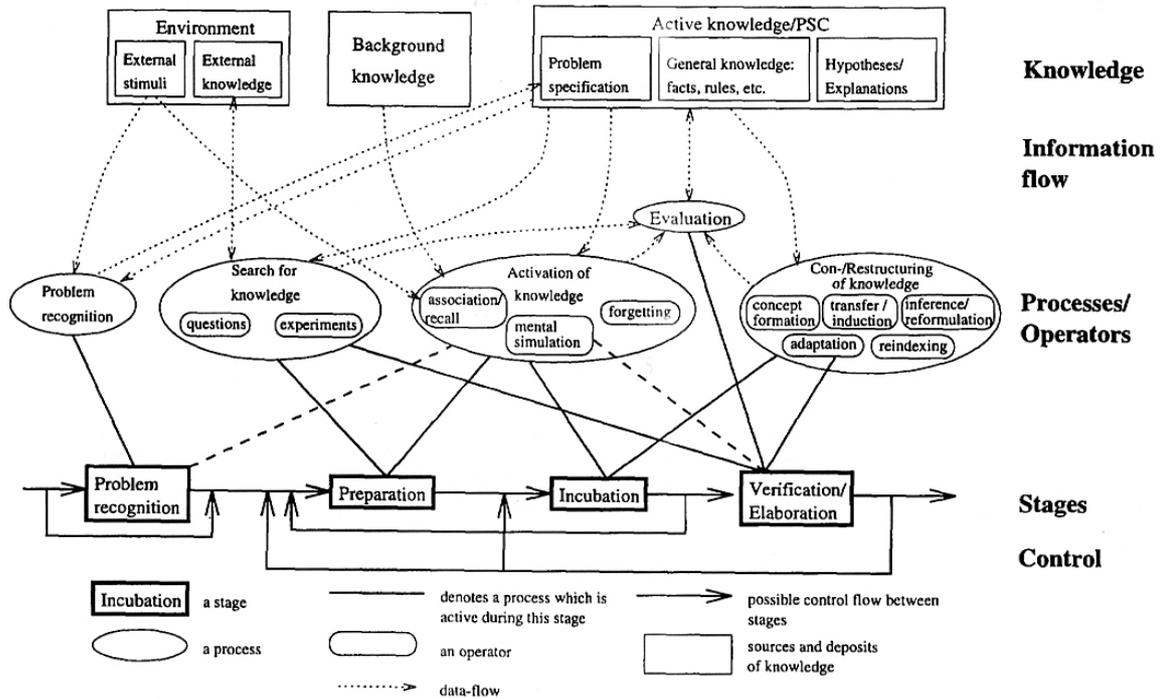


圖 2.5 創造力的訊息處理模型(摘自 Schmid, 1996)

2.2.4 設計過程及策略的比較

不論是專家、風格、及創造力的設計師，在解決設計問題的過程都包含了二個基本的過程：產生及測試(Simon, 1975)，在「產生」的過程中，設計師會不斷地產生可能的解決方案，或是解決方案的元素；而緊接的「測試」過程，則是在測試這些解決方案是否能滿足某些設計限制，如有違反其他限制的解決方案，在搜尋的過程中將會被去除或是修改。

在搜尋的策略中，生手要變成專家的過程中，解決問題的搜尋策略會從「後推式」轉換到「前推式」的策略(Ho, 2001; Larkin, 1981)。除此之外，專家會用強大啓發性(heuristics)的搜尋能力，用較少的搜尋時間及資源，來產生較好的解決方案(Simon, 1966)。以設計搜尋策略而言，有三種基本的因素決定了設計師是否具有設計風格：設計的限制(design constraints)、選擇的決定(making choices)、及搜尋的順序(search order)。由設計限制已經決定了在設計問題中可能的解決方案(Simon, 1975)；相對地不用的設計限制也會形成不同的設計風格；儘管設計問題是在設計

限制之下所形成的，但其可能的替選方案仍是相當廣大的，設計師基於設計風格的選擇之下，會減少可以選擇的數量，而產生可接受的解決方案(Akin, 1986)；在搜尋設計解答的過程中，是一個不斷滿足設計需求的過程，第一個產生的方案會滿足一些設計限制；而接下來的方案，則是基於之前的方案修改後，再滿足另一些限制，這樣產生解決方案的順序，將形成一個影響風格的主要因素，甚至會影響整個形體，同時這種搜尋的順序也被類比成一種設計思考的過程。

創造力的過程是被定義為任何產生藝術作品的過程(Sparshott, 1965)，產生創造力的策略分成定義問題導向(problem focused)及解決方案導向(solution focused)(Lawson, 1979)。Kruger and Cross (2001)進一步將設計策略分成四種導向，分別探討四種策略對於創造力的影響，這四種設計策略分別為：問題導向(problem driven)、資訊導向(information driven)、解決方案導向(solution driven)、及知識導向(knowledge driven)。發現使用解決方案導向策略的設計師，在創造力的得分較高；使用問題導向策略的設計師，則在解決方案的品質及創造力上，都有不錯的表現。

此外創造力可經由知識轉換及圖形重建的搜尋過程所產生(Liu, 1996a)，知識轉換的過程是指由宣告性的設計知識轉換到程式性知識的過程(Akin, 1990)，及在問題搜尋空間探索的行為(Simon, 1999)，二者均被認為是創造力設計行為中相當重要的因素；Liu (2000)進一步提出創造力是一種解決一個相當特殊且具大的定義不全問題的行為，整個行為不但包含了尋找問題(problem-finding)、尋找自發性的解決方式(heuristics-finding)、及尋找且能辨別(recognition)出解決方案(solution-finding)；同時還具備了創造力的刺激來源(motivation)、獨創性(originality)、及異於尋常(unconventionality)的特性。然而，有創造力的設計師，如何在問題搜尋空間中發現新奇的構想，因此設計的問題空間不單只是用來描述一個特定的解決方案，或是在此空間中尋找解決方案，對一個有創造力的設計師而言，問題空間只是他用來探索及發現新構想的未知領域中的一小部份(Cross, 1999)。

2.3 草圖行為

設計被視為是一種「看—行動—看(seeing-moving-seeing)」的過程，在此過程中設計師會針對自己可以辨識的設計資訊進行對話(Schön and Wiggins, 1992)，同時他們強調設計師使用草圖和他們自己或是別人溝通的重要性。許多研究進一步認為草圖行為是發展構想過程中最主要的行為，此階段的重要特徵是大量的虛繪行為及使用草圖來溝通(Purcell and Gero, 1998)，設計師透過和草圖在認知上的互動、描繪構想、檢視草圖、及感知草圖，Suwa et al. (1998)得到一個結論，草圖不但是設計認知過程中的外在具體化的呈現(Suwa and Tversky, 1997)，同時它也提供設計師一個視覺空間線索(Goldschmidt, 1991)，使他們可以聯想到機能上的議題。在試著瞭解這些草圖行為的問題前，視覺認知或是視覺心理學的相關理論將有助於本研究深入的探索。

不論是使用何種設計媒材來呈現設計，其呈現的方式都是以視覺的形式存在，人們或是設計師必需透過自己視覺的認知系統，才能感知或是感受到設計構想；因此，在探討設計媒材如何影響設計行為或結果之前，必須先了解人們的視覺系統是如何感知物體。

在解決一般問題的理論中，Simon (1966)提出問題的解決像是一種搜尋(search)模式，在一個問題空間中尋找解決方法，此時會將定義不良(ill-defined)的問題分解成幾個小問題來解決。同樣的，在視覺認知上也有類似情形，人們看東西時，會把視野範圍內的景物都映在視網膜上，人們能感知到在視網膜上所有的東西，但不能此時對所有的景物進行反應、思考、聯想..等行為，但會在此可見的空間內進行搜尋，人們會有選擇性的注意某件事物，進而對此物進行認知活動。在此看的視覺行為中可以分為『可控制(controlled)』及『自動(automatic)』的兩種過程：『自動』的過程是隨時都會進行；而『可控制』的過程是有次序的，一件事物『看』完後再『看』下一件(Schneider and Shiffrin, 1977)。

因此有研究更進一步指出人們視覺感知的過程是先對刺激物(stimuli)產生預先的注意力(pre-attentive perception)，經由一些自發性的控制(voluntary control)來選擇物體，再進一步將大部份的注意力集中在該物體上，進而產生一些決策及反應(圖 2.6) (Palmer et al., 1993)。

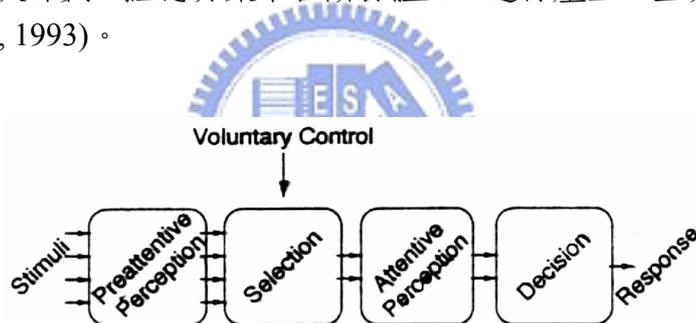


圖 2.6 視覺感知的過程(摘自 Palmer et al., 1993)

人們的視覺行為有這種現象，同樣的在看草圖時，也有類似的現象。人們看一個草圖時，會把完整的圖形分成較小的圖形，而這些較小的圖形必須是人們能用語言描述及在人們的記憶中是有意義的，此時會分解成結構性的敘述(structural descriptions)來記住圖形(Reed, 1974)。在他的研究中還指出，人們通常先看出可以說出名字的形狀，反倒是無法先看出較難說出名字的形狀。此外，Kosslyn 也針對這種現象做了一個實驗，讓受測者看了一艘船後(圖 2.7.a)，讓受測者閉上眼睛，描述所看的圖或部份組件，受測者可以說出像是結構性的敘述(圖 2.7.b)(Kosslyn, 1973)。



圖 2.7.a

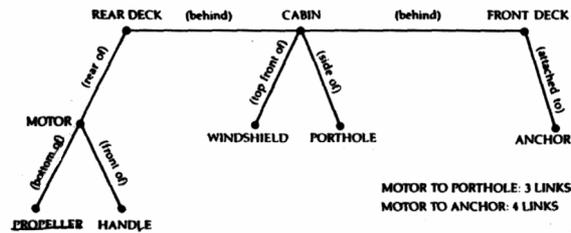


圖 2.7.b 將記憶中的圖形結構性的描述(摘自 Kosslyn, 1973)

之後 Kosslyn 依據這個理論，進而探討每個單元(units) 之間的相關性，指出人們如何分解圖形完全取決存在記憶中的圖形，而這些圖形對於人們會有特別意義。同時指出一個影像可以分別以不同的單元來儲存在記憶中。但並不是所有的單元都可以輕易地儲存，越複雜的單元，可能包含了其他的子單元，因此要花更多的時間來儲存，之後這些分別儲存的圖形可以用來產生新的影像(Kosslyn et al., 1983)。

在人類知覺的相關研究中，儲存在長期記憶中的文字資訊，是從語言中編碼得來的，這種編碼方式不同於從視覺刺激中所得的視覺編碼(Levy, 1971)，視覺編碼的資訊大多是有關於物體的尺寸、方位、顏色、及其他物件屬性，這些視覺的編碼都會被組織成有意義資訊(Neisser, 1967; Reed, 1974)；然而，另一些研究則指出這種儲存在長期記憶中視覺資訊，會連結到相對的文字資訊(Shepard, 1967; Rowe and Rogers, 1975)，Paivio (1971, 1986)則進一步提出了由視覺資訊及文字資訊所形成的雙重編碼的論理(dual-code theory)，在此理論中不論是一個圖形或是一個文字，都會同時有視覺及文字的編碼(圖 2.8)。因此不論圖形或是文字，在長期記憶中有可能是以文字或是圖像的形式存在，如此一來要瞭解人們的設言認知行為，則必須從文字(verbal)及視覺(visual)二種編碼系統同時分析，才能更進一步瞭解設言行為。

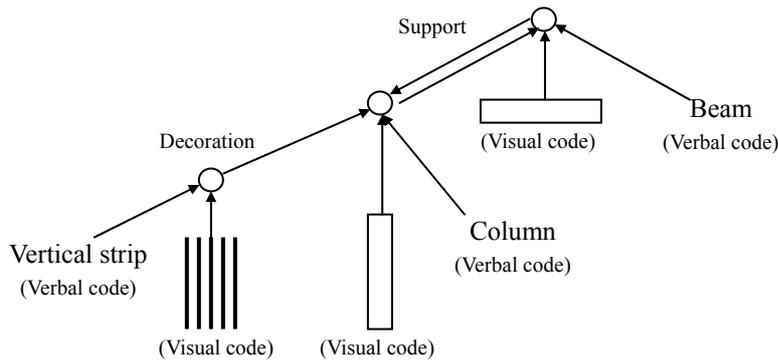


圖 2.8 以柱子為例的視覺及文字的編碼系統(Paivio, 1971, 1986)

2.3.1 設計專家的草圖行為

在產生設計構想階段中，結構不明的草圖(sketch)是指的是設計者在設計初期所畫之自由線條的圖示(freehand drawing)，其功能是用以捕捉存在於設計者腦中隱含不明的形體與空間(Kavakli, Scrivener, and Ball, 1998)。Suwa and Tversky(1997)指出目前有兩方面的角度來加以探討草圖在設計中的角色：研究草圖的特徵和性質，及企圖瞭解設計師與草圖之間的互動關係。前者草圖的特徵反映出設計師的設計知識，這些知識分別來自基本的訓練，及不同設計案例經驗的累積；而後者的設計師與草圖之間的互動關係，可分別以三個子問題來探討：1. 設計師如何看草圖(Goldschmidt, 1991, 1992, 1994)；2. 設計師從草圖中看到什麼(Suwa and Tversky, 1997)；3. 設計師如何畫以及畫些什麼(Van Sommers, 1984)。

在構想草圖中，包含了許多不明確的隱藏子形體，然而設計師如何在草圖中辨識到一些有義意的圖形，進而聯想到其他的圖形，這種能力則是基於他們儲存在長期記憶中的圖形；除了圖形的聯想外，他們也會考量符合機能需求所需的形體，因此在他們經由聯想而產生新的圖形後，會以機能及設計需求的角度來評估新的圖形(Schön and Wiggins, 1992)；然後，他們進一步修改圖形，使圖形能滿足設計的需求。此外，Liu 則進一步對於設計行為中的圖形加以定義，分為四種子形：明顯且封閉、明顯未封閉、隱含且封閉、及隱含未封閉。實驗的結果發現有經驗的設計師比沒有經驗的設計師，容易發現隱含的子形，而後者幾乎沒有發現隱含的子形；而且明顯且封閉的子形最早被發現；同時發現時間越多，受測者會發現更多的子形，而且越複雜的子形，要花更多的時間才能發現(Liu, 1995)。

一般人認為草圖是思考的概念呈現，然而 Goldschmidt 在他的研究指出，在設計過程中的草圖可以用來刺激設計者來產生新的聯想，因此他認為設計的造形認知中，思考是以一種圖式概念(figure-concept)的方式在進行，在設計師在畫草圖時，並非單純的將心中所想像的意象呈現出來，而是透過視覺的展示(visual display)，在畫草圖的過程中引發(trigger)存在於他們心中的影像(images)。在此視覺行為中包含了看成(seeing as)與看到(seeing that)兩種認知行為。在設計師在開始繪圖後，會

透過視覺認知來重新詮釋，或找尋在長期記憶中所儲存的相關圖形，進而出現重新詮釋或引發預期外的設計議題(Goldschmidt, 1991, 1992, 1994)。因此在此互動行為中，會影響草圖結果的因素可能包含了設計師的知覺(perception)和辨識(recognition)能力、過去設計經驗所累積的圖形及相關知識、草圖呈現的能力、及其他知識的聯想能力。

設計草圖過程相關的研究中，Scrivener and Clark (1994) 將繪製草圖的過程錄起來，倒著播放來觀察草圖產生的過程，發現草圖的過程是經由一部份接著一部份(part by part)的過程所產生的。Goel (1995)將草圖的行為分為二種：由一個構想草圖到另一個構想的水平轉變(lateral transformation)，以及由一個構想到更細部設計的垂直轉變(vertical transformation)。水平的轉變主要是在設計構想較不完整的早期構想發展，設計師產生不具構想的草圖；而垂直轉變是發生於較細部的設計階段，針對較細節部份進行設計。之後Kavakli (1998)等人提出在設計師在繪製草圖的過程中，會先將設計題目分解，而且會有產生一定的繪圖順序。同時，有學者提出一個複雜的組合物(complex junctions)，是由相互配合變形的物體所結合而成的，如果一個物體要去配合另一個物體，必須要透過變形才能搭配(Verstijnen et al, 1998)。Liu (1996b)結合了相關的研究提出了草圖的認知行為可以分成二種過程：辨識(recognition)及轉換(transformation)，在辨識的過程中，人們注意力集中在以探照燈的方式，來搜尋他們曾經看過的圖形並加以辨識；在辨識之後，會將所看到的物體編碼，同時放入短期記憶(short-term memory)或是工作記憶體(working memory)中；在轉換的過程中，設計師會依照所辨識的圖形，在長期記憶中找尋轉換的原則，將原來的所辨識的圖形轉換成另一個圖形。

2.3.2 設計風格的草圖行為

以風格元素之間的關係而言，Smithies (1981)提到風格是經由一定的結構、元素、及呈現方式所組成的一個可被辨識的形態，以知識結構的侷限而言，畫家在他們的腦裏有一定的知識結構(schemata)，這個結構是來自對於物體的概念，而且是由知覺所產生的，例如：畫家在呈現山的過程中，他們會觀察許多山，然後漸漸地學習如何來形成一個抽象概念的山，這個抽象的概念是由知覺所產生的架構。這樣架構性的組合被認為是藝術家的圖案集，畫家開始繪畫時，先畫出一個架構，然後不斷地修改、連貫整體、及再修改它，直到繪出畫家心中所想像的圖形，因此藝術家是基於他們大腦中所形成，或理解的架構來詮釋這個世界。如前所述，以視覺心理學的侷限而言，這種結構性的概念是決定於人們看圖形的視覺行為，人們看圖形的過程中，會把完整的圖形分成較小的圖形，對看的人而言，這些小圖形在人們的記憶中是有意義的，同時必須是可用語言來描述，並且分解成結構性的敘述(structural descriptions)(Reed, 1974; Kosslyn, 1973)，就是所謂的有風格的草圖行為。

2.3.3 設計創造力的草圖行為

近年來許多學者發現，構想草圖是設計行為中最重要且最具有創造力的階段，進而探討草圖行為的結構(Verstijnen et al., 1998; Kavakli et al., 1998; McGown et al., 1998; Purcell and Gero, 1998)；申時誠著從設計認知互動的厚度來探討創造力(Tang and Gero, 2001; Suwa and Tversky, 2001)。Suwa and Tversky (2001)提出結構性的感知能力(constructive perception)是產生新構想過程中，相當關鍵的知識。所謂「結構性的感知能力」是指人們能自我發覺對於外在呈現物體的感知模式，這種自覺的行為可以使人們重新組織他們的結構性的感知能力，如果人們對於一個圖形有一種詮釋(interpretation)，通常很難再產生另一種詮釋，這種定形的模式，就是Howard-Jones (1998)所提出的「定形效應(fixation effect)」。從這種「結構性的感知能力」或是「定形效應」的厚度，Suwa and Tversky (2001)來探討專家與生手之間的差異，發現專家有較豐富的詮釋方式及較低的「定形效應」，他們優越的自我感知的能力，是源自於他們的設計經驗。這些設計經驗包含了二種形態，第一種是設計行為的經驗—包括建構草圖、修正草圖、及詮釋的能力；第二種則是不帶設計案例的經驗，前者採用程序性的知識來和草圖對話；後者則由宣告性的構想及技術的知識，來形成新的構想。

Suwa, Gero 與 Purcell(2000)進一步透過瞭解設計者的感知行為來定義草圖中非預期發現的情形(unexpected discovery)。在其研究中指出，設計者在概念階段時的設計行為，是在非預期的發現以及探索(invent)新議題或需求中交互刺激循環的過程。也就是設計師透過感知與草圖之間產生互動的過程中，非預期性的發現會導致新議題或需求的產生；而相對的，議題或需求的產生也是造成另一次非預期發現的機制。

第三章 認知模型的創造力因子分析

電腦系統可以視為人類認知過程的一種理論模型，可用來解釋人類解決問題的行為，同時也是相當重要的電腦系統(Simon and Newell, 1962)。在第二章的文獻回顧中，僅初步地將現今不同角度的認知研究予以歸納，而本階段的分析將針對一些認知理論及模型，予以分析與整合，形成討論創造力行為的認知因子，同時定訂出三類設計師在認知行為上的可能判定的因子，供第四章認知實驗分析使用。

如前所述，現今的研究分別從三種認知角度來探討創造力的行為：設計知識(Simon, 1974, 1999; Csikszentmihalyi, 1996)、設計過程及策略(Simon, 1966; Larkin, 1981; Anderson, 2000)、及包含草圖行為中的創造力因子(Guilford, 1968; Bonnardel and Marmeche, 2001; Suwa and Tversky, 2001)。因此，在此階段的創造力認知理論的分析中，分別找三個不同的創造力認知模型，包含純粹的心理學角度(Srazalecki, 2000)、訊息處理的創造力模型(Schmid, 1996)、及從設計行為的過程(Liu, 1996b)，三種創造力的認知模型，分別以不同的角度來探討創造力，各有其優缺點，經由本階段比較三種模型，從設計知識、設計過程及策略、及草圖行為的創造力認知能力來歸納出一些可以用來評估創造力的認知因子，及產生創造力的過程，可做為下一階段認知實驗中分析設計師的因子，以區分出三種不同的設計師在創造力因子上面的相異及差異。

3.1 創造力知識分析

如先前研究所提及，一個能解決問題的人必須擁有大量的知識及經驗，來幫助他呈現及發現有意義的問題，並產生解決問題的架構，進而以一定的方式來解決類似的問題(Medin, Ross, Markman, 2001)。而在設計的領域也有類似的情形，設計師會以相關的設計知識及經驗，解決面臨的設計問題；然而專家、風格、及創造力設計師在解決設計問題的知識上有那些相異或差異之處，正是本階段分析的重點。

以知識的量而言，Simon (1974)指出任一領域的專家所擁有的專家知識大約是 25,000 到 100,000 的記憶單位(chunks)。然而，所謂的記憶單位並非指的是單一的知識，而是經由人們的記憶系統將相關的知識組織成一個知識單位(A. de Groot, 1965)。以西洋棋大師為例，必須擁有超過 50,000 不同格局的棋譜(Simon and Gilmarin, 1973)；而且他們擁有的獨特記憶能力，只限於用來記憶他們西洋棋中解決問題的專家知識(Anderson, 2000)。除了擁有的大量的專家知識外，也要經過 10 年不斷的磨練，生手將會成為一個特定領域的專家(Simon, 1999; Gardner, 1993)。

在設計的領域中，擁有較多建築知識或較富有經驗的設計師，會運用既有的設計知識，可以立即考量新的設計情境，並快速地針對關鍵性的議題加以探討(Akin, 1990)。設計的專家不但具備辨別設計狀態的能力，及在記憶中找尋關於設計問題的資訊，還能適當地可以解決設計的狀態(Simon, 1999)。Chan (1993)將設計的知識分成定義問題的知識，及設計過程的知識。定義問題的知識主要用來決定設計中所包含的設計知識：業主的背景及意圖、建築的形式、設計議題、基地的資訊、及空間的需求，這些設計的專業知識是用來定義一個設計問題；而設計過程的知識則包含：設計限制、設計目標、搜尋的方法、及自行預定的解決方案。

除此之外，Crismond (2001)也將設計的知識分成三類的知識—操作及程序性知識、概念上的知識、及分析問題的知識。相較於設計專家而言，生手有較破碎且較沒有結構性的設計知識；而專家有較豐富的設計知識，而時三者之間也有較多的相互連結。這種程序性的知識可以使專家，有效率地應用知識來解決問題(Akin, 1990; Anderson, 1982, 2000)，而時在一定選擇的自由度下，可以產生解決問題的個人風格(Akin, 1990)，由此可知風格設計師必定是一位具有上述設計知識的專家。

然而，由具有專家知識的風格設計師，和專家設計師之間的差異為何？可先從風格的定義來探討。在建築設計的領域中，Simon (1975)提出構成一個風格元素有三個主要的來源：作品的特徵、製造作品的過程、及設計的過程。Chan(1992)也提出相應的觀點，風格的形成是來自於產生特徵的過程，或是有重複性的過程，或是在重複性的特徵中有相應的結構。在設計的行為中具有重複性的特定元素，就可以依可被識別的特定元素來描述一個風格(Schapiro, 1961; Chan, 1992)，也就是說人造的作品可以重複且可被識別的特定元素或是形體來分類。因此除了設計特徵元素可以定義風格外，特定的結構也是另一個形成風格的因素(Smithies, 1981)，例如畫家對於一些事物必定有特定的知識結構(schemata)，這個結構是來自於對物體的概念，例如：山、臉、身體，畫家開始繪畫時，先畫出一個架構，然後不斷地修改、連貫整體、及再修改它，直到繪出畫家心中所想像的圖形。

另一方面，在創造力的認知研究中，雖然Srazalecki (2000)從心理學的角度，並未指出具有創造力的人們，具備何種特定的知識，但是在研究中所提出的“彈性有獨創性及流暢的認知過程”中，他們在形成創造力的過程中，透過獲得不串概念來產生巧妙的解決方案，並解放定形的限制，使用不串領域的知識來產生應用的可能性；因此可以推論出一個具有創造力的設計師，除了具備設計的專業知識外，還要擁有不串領域的知識。相應地，Schmid (1996)提出創造力的知識機制，包含了外在的刺激、外部的知識、個人的基本知識、個人設計專業的知識；而外在的刺激及外部的知識是引發創造力的主要因素之一。不串領域的外部知識是提供不串的概念及刺激來源；然而，設計領域的專業知識，則只是將外來的概念轉換成可以用於設計構想的基本知識。

除此之外，Srazalecki (2000)也時時也提出要有“自由且有獨創性的個人特質”，透過自我意識的運作，形成對自主性(intrinsic autonomy)的程度、彈性、及本質，可

以減少內在限制及開闢新經驗的過程，增加了重建及轉換構想的可能性。而另一個形成的“主動的價值系統”的過程，包含了自我評估(self-evaluation)及自我接受(self-acceptance)，允許人們發揮不墨守成規的態度，也是創造力必要的知識或過程，用來產生創造性及持久性的動機。此過程也就是 Csikszentmihalyi (1996)提出所提，具有創造力的個人除了大量的專業領域的知識，及轉換與結合新構想的知識外，要透過相關知識評判的過程，確定自己的構想是否可以進一步發展。

以設計行為的尺度來分析三種設計師，不論專家、風格、及創造力的設計師，都具備了定義問題及解決設計問題的過程(Chan, 1993)。定義問題的過程包含了：辨別設計狀態的知識、分析問題的知識、定義問題的知識、及重建問題的知識；而在解決問題的過程則具備了：解決問題的專業知識、操作及程序性知識、概念上的知識、及其他設計相關的知識。

然而針對風格設計師而言，設計的問題空間，並非是一個整體的設計空間，而是由具有風格的設計元素及部分已完成的设计所形成的問題空間，這些設計元素所呈現出來的形成一個設計師的設計風格所需要的基本元素(Simon, 1975)。因此，專家及風格設計師的差異，在於是否能結合以前作品中所使用的相同特徵的設計元素及架構，來解決目前所面臨的問題。

然而創造力設計師和專家及風格設計師的相同之處在於，可以針對不同的設計狀態，能適當地可以解決設計問題；而之間的差異在於，在定義問題及設計過程中，是否具有結合其他構想的知識、及評判自己的知識來決定構想是否可以進一步發展。因此，創造力的知識，除了專家及風格設計師均有的定義問題的知識及解決問題的知識外，更重要的是新領域的知識、及自我評估的知識。最後則是個人的內在特質的知識，包含獨創性的個人特質以及自我評估及接受的知識，使設計師發揮不墨守成規的態度，並可以評判自己的構想是否具有創造力，而可以進一步發展。

表 3.1 設計知識的認知因子

	設計專業知識	新領域的知識	獨創性知識	自我評估知識	相同設計知識
專家設計師	✓				
風格設計師	✓				✓
創造力設計師	✓	✓	✓	✓	

3.2 創造力過程及策略分析

以 Simon and Newell (1962) 的 search model 而言，知識只是整個搜尋空間的節點，更重要的是節點之間的線段。因此創造力的知識對於創造力的搜尋空間而言，也只是問題空間的節點，而另一形成創造力更重要的因素，則是這些節點之間的線段，也就是創造力的搜尋策略及過程；因此本階段將針對創造力的搜尋策略及過程加以分析及探討。

在設計的搜尋策略中，許多研究在探討設計生手和專家，在解決問題的過程中搜尋模式上的差異，專家會以資料導向(data-driven)的搜尋模式，也就是「前推式的搜尋策略(working-forward search strategy)」；而生手則目標為導向(goal-driven)的搜尋模式，也就是所謂的「後推式的搜尋策略(working-backward search strategy)」(Larkin, 1981)，由此可知當一位生手要變成一位專家時，其解決問題的搜尋策略會從「後推式」轉換到「前推式」的策略(Ho, 2001)。除此之外，生手試圖以宣告式的知識運用深度優先(depth-first)的搜尋模式來解決問題；而專家會以程序性的知識，以廣度優先(breadth-first)的搜尋模式，來建構出整個搜尋空間，再來解決問題(Anderson, 1983)。一般設計師在解決設計問題的過程，都包含了二個最基本的過程：產生及測試(Simon, 1975)，在「產生」的過程中，設計師會不斷地產生可能的解決方案，或是解決方案的元素；而緊接的「測試」過程，則是在測試這些解決方案是否能滿足某些設計限制，如有違反其他限制的解決方案，在搜尋的過程中將會被去除或是修改。在此「產生—測試」的過程中，專家設計師會用強大啟發性(heuristics)的搜尋能力，用較少的搜尋時間及資源，來產生較好的解決方案(Simon, 1966)。

風格除了可以從前一階段所探討的特徵元素及元素之間的關係來定義，設計的過程也可以視為一種風格。Sparshott (1965) 提出了風格是一種產生作品的方法，後來 Gombrich 定義「風格是任何特殊的方式，來執行一種動作，或是產生作品(1968, page 352)」，Simon 對風格也提出相應的定義，一個風格是指從許多替代的方法中，產生一些特定的做事方法(Simon, 1975)。

以設計的搜尋策略而言，有三種基本的因素決定了設計的風格：設計的限制(design constraints)、選擇的決定(making choices)、及搜尋的順序(search order)。在建築設計中，經由設計限制所限定出可以選擇的範圍時，已經決定了在設計問題中可能的解決方案(Simon, 1975)；相對地不時的設計限制也會形成不時的設計風格。第二個影響風格的因素是用設計限制來選擇解決方案，Akin (1986)指出風格的形成是用來減少替選方案的考量，儘管設計問題是在設計限制之下所形成的，但其可能的替選方案仍是相當廣大的；因此，設計師基於設計風格的選擇之下，會減少可以選擇的數量，而產生可接受的解決方案。第三因素是搜尋的順序，設計師經由一組順序來決定設計的限制或是設計元素，從某一個部份開始而到另一個部份結束。因為設計是一個不斷滿足設計需求的過程，第一個被考量的元素會滿足一些

設計限制，而產生第一個可能的解決方案；任何一個可能的方案將會斷續考量，基於前一個方案，產生滿足另一些限制的方案。因此，這樣產生可能方案的過程，將形成一個影響風格的主要因素，甚至會影響整個形體(Simon, 1975)，這種搜尋的順序也被類比成一種設計思考的過程。

在藝術領域的創造力研究，除了投入作品形式的探索外，同時也針對創造力的過程來探討。以個人創造力而言，Sparshott (1965) 認為創造力的過程是被定義為任何產生藝術作品的過程。Guilford (1968)指出創造力的認知行為包含二個主要的認知能力：發散構思的能力(divergent production abilities)，及轉換構思的能力(transformation abilities)。發散構思的能力在創造力的過程中是相當重要的，發散構思的能力是具有多樣性，設計師可以對一個設計問題產生多樣的解決方案，或是能對一個事物產生許多的聯想，也就是說發散的思考是指設計師從不同的方向來進行思考設計問題，進而形成一個廣大的搜尋空間，再透過自由無限的搜尋能力尋找到新的構思。這種發散構思的能力，也就是 Bonnardel and Marmèche (2001) 所提出的喚起過程(analogy-making)，他們指出此喚起過程會被二個因素所影響：設計師的專業程度，及刺激靈感的來源，使用不同的來源來喚起創造力行為的靈感，來開啓了新構思的探索空間。

Guilford 所提的第二種能力是轉換構思的能力，這種能力是將已知的知識轉換或是修改後，放入新的問題環境，此過程中最重要是有彈性的辨識及突破舊有的組合，設計師會重新排序、重新定義、或是重新詮釋他們所知道的知識，以不同的方法，產生新的方案來解決問題。Sternberg and Davidson (1982)則進一步提出此轉換構思能力的認知行為，包含了選擇性的編碼(Selective encoding)－在不相關的資訊中區分出相關可用的資訊；選擇性的組合(Selective combination)－整合獨立且無關係的資訊；選擇性的比較(Selective comparison)－將新的資訊和舊有的資訊加以比較整合，這三種認知過程形成了創造力中的洞察階段(insights)。而 Suwa 和 Tversky (2001)也提出積極的感知能力(constructive perception)，透過認知互動來產生新的構思，設計師會以較積極的感知能力，形成具有高度產生新詮釋的能力，而這種積極感知能力的成果是來自設計師過去二種相關的經驗，第一種是建構、修改、及詮釋草圖的經驗；第二種則是針對不同的設計目標產生設計的經驗。

在 Liu (1996b)所提出了創造力是一種雙重搜尋的模型中，也可以歸納成 Guilford (1968)所提的二種創造力的能力，只是 Liu 是針對草圖行為所提出的創造力認知模型，因此發散構思能力是發生在圖形重建的過程；而 Liu 的知識轉換搜尋過程，也就是 Guilford 的轉換構思能力，則可能發生於草圖或是設計師的大腦中。而 Srazalecki (2000)的創造力模型中，有創造力的設計師必須具有“自由且有獨創性的個人特質”及“主動的價值系統”，才能形成“彈性有獨創性及流暢的認知過程”，因此有創造力的設計師，要具備了獨創性、有彈性、流暢、及視覺化等認知能力，才能在形成創造力的過程中以不同的概念來發散構思，產生巧妙的解決方案來解放定形的限制，以不同的領域的知識透過轉換構思的能力形成應付的可能性。

在設想的過程中，在 Schmid (1996) 提出來的創造力模型中的操作(operators)的機制，可以區分成二類：定義問題過程的機制及產生解決方案的機制。在定義問題的機制中，包含了問題的辨視(problem recognition)，知識的搜尋(search for knowledge)。另一方面，產生解決方案的機制則包含了知識的活化(activation of knowledge)，也就是以即有的知識產生發散性的聯想；而知識的建構與重組(constructing and restructuring of knowledge)，也代表著轉換設想構想的能力。

因此以搜尋的广度而言，設想的過程是同時要在二個空間中搜尋，此二個空間包含了定義設想問題的空間，以及解決方案的空間。前面所提“產生及測試的過程”及“啟發性搜尋”，均是專家在解決方案的空間中產生的行為；而決定風格的三個因素中的“設想的限制”是風格設想師發生在定義設想問題的空間中的行為；而其他二個“選擇的決定”及“搜尋的順序”則是發生在解決方案的空間。

然而創造力的過程則是在定義問題的空間中，設想師必需在大腦中，透過對於“專業設想知識”的搜尋來分析設想問題，同時透過辨視問題的過程產生設想問題(Schmid, 1996)；經由上面的過程可以產生相當多的設想問題，然而產生有創造力的問題，必需再透過“自我評估的知識”的自由且有獨創性的個人特質以及主動的價值系統的知識 (Srazalecki, 2000)，才能辨視出有具有創造性的設想問題。另一方面在解決方案空間中，創造力設想師除了會使用“專業設想知識”來解決在問題空間所形成的問題外，“不相關領域知識”中的外在刺激及新的領域知識，也是產生具有創造力解決方案的知識。三種設想知識會被相互轉換，同時以文字及圖形的呈現方式存在於設想師的大腦、設想問題、及參考的設想案例。當設想師產生符合設想問題的方案時，此方案最後會再透過“自我評估的知識”的獨創性個人特質，以及主動價值系統的知識，整合出一個具有創造性的構想。

Simon 提出整個創造力的過程，不單單只是以新奇、異於尋常、持久性、及具爭論性的广度探討問題的形成；並且探索及檢驗更多的替選方案，從中發現具有創造力的解決方案(Simon, 1999)。Weisberg (1986)則認為創造力是另一種解決問題的形式，主要是在於人們對於一個問題狀態的理解程度，他強調問題解決的過程是循序漸進地，很少有跳躍性的觀點或是看法。因此新奇的產品產生是在局部記憶知識中搜尋的結果，這種循序漸進地解決問題的過程，可同時在自然科學及藝術行為中得到證實。一位具有創造力的設想師，必須在問題搜尋空間中發現新奇的問題，也要同時在解決方案的空間尋找有創造力的解決方案，對此創造力設想師而言，問題及解決方案的空間只是他用來探索及發現新構想的未知領域中的一小部份(Cross, 1999)。

表 3.2 設想過程及策略的認知因子

	定義及 解決 問題	產生及 測試	啟發性 搜尋	發散 構想	轉換 構想	相關設 想限制
專家設想師	✓	✓	✓			
風格設想師	✓	✓	✓			✓
創造力設想師	✓	✓	✓	✓	✓	

3.3 草圖行為中的創造力認知因子分析

在前二階段的創造力知識及過程分析中，創造力是發生在的定義設計問題及產生解決方案的过程；然而，此二個因素所形成的搜尋空間，只是創造力空間的一小部份，對創造力設計師而言，更重要的是探索及發現新的未知搜尋空間；然而，在設計的早期構想發展的过程中，草圖是設計師最常用來呈現構想的設計媒材，也就是設計師的創造力認知能力會表現在草圖的行為上。因此本階段的分析是基於設計師的草圖行為，來探討創造力設計師必須具備那些創造力的認知能力，來拓展未知搜尋空間。

設計被視為是一種「看—行動—看(seeing-moving-seeing)」的过程，不論是使用何種設計媒材來呈現設計，其呈現的方式都是以視覺的形式存在，人們或是設計師必需透過自己視覺的認知系統，才能感知或是感受到設計構想。在此過程中設計師會針對自己可以辨識的設計資訊進行對話(Schön and Wiggins, 1992)，此時他們強調設計師使用草圖和他們自己或是別人溝通的重要性。

許多研究進一步認為草圖行為是發展構想過程中最主要的行為，此階段的重要特徵是大量的描繪行為及使用草圖來溝通(Purcell and Gero, 1998)，設計師透過和草圖在認知上的互動、描繪構想、檢視草圖、及感知草圖，Suwa et al. (1998)得到一個結論，草圖不但是設計認知過程中的外在具體化的呈現(Suwa and Tversky, 1997)，此時它也提供設計師一個視覺空間線索(Goldschmidt, 1991)，使他們可以聯想到機能上的議題。

在設計師看草圖的过程中，會把完整的圖形分成較小的圖形(Reed, 1974)；相對地在設計的过程中，因為設計師的大腦裏有對此物體的知識結構(schemata)，因此以繪制草圖來發展構想的过程，會分解成特定的細部元素，此時也會以一定的順序來產生設計，然後不斷地修改、連貫整體、及再修改它，直到繪出設計師心中所想像的設計構想。

在 Scrivener and Clark (1994)的研究中，發現草圖的过程是經由一部份接著一部份(part by part)的过程所產生的。Goel (1995)則將草圖的行為分為二種：由一個構想草圖到另一個構想的水平轉變(lateral transformation)，以及由一個構想到更細部設計的垂直轉變(vertical transformation)。水平的轉變主要是在設計構想較不完整的早期構想發展，設計師產生不同的構想的草圖；而垂直轉變是發生於較細部的設計階段，針對較細節的部分進行設計。

之後 Kavakli 等人(1998)提出在設計師在繪製草圖的过程中，會先將設計題目分解，而且會有產生一定的繪圖順序。在草圖行為中具有設計風格的設計師的能力，是在於能結合曾經在以前作品中所使用的設計元素，產生解決方案來解決目前所面臨的問題。因此，可以在不同的草圖或是作品中發現相似的設計元素；此外產生特定設計順序也是具風格設計師的特徵。因此風格設計師是在由這些設計元素所組成的問題空間中，以特定順序尋找解決方案，而不是重新產生物件來解決。

在產生設計構想階段中，結構不明的草圖(sketch)的功能是用以捕捉存在於設計師腦中隱含不明的形體與空間(Kavakli, Scrivener, and Ball, 1998)。近年來許多學者發現，構想草圖是設計行為中最重要且最具有創造力的階段，進而探討草圖行為的結構(Verstijnen et al., 1998; Kavakli et al., 1998; McGown et al., 1998; Purcell and Gero, 1998)；同時談著從設計認知互動的尺度來探討創造力(Tang and Gero, 2001; Suwa and Tversky, 2001)。

在構想草圖中，包含了許多不明確的隱藏子形體，然而設計師如何在草圖中辨識到一些有意義的圖形，進而聯想到其他的圖形，這種能力則是基於他們儲存在長期記憶中的圖形；除了圖形的聯想外，他們也會考量符合機能需求所需的形體，因此在他們經由聯想而產生新的圖形後，會以機能及設計需求的尺度來評估新的圖形(Schön and Wiggins, 1992)。一般人認為草圖是思考的概念呈現，然而 Goldschmidt 在他的研究指出，在設計過程中的草圖可以用來刺激設計者來產生新的聯想，因此他認為設計的造形認知中，思考是以一種圖式概念(figure-concept)的方式在進行，在設計師在畫草圖時，並非單純的將心中所想像的意象呈現出來，而是透過視覺的展示(visual display)，在畫草圖的過程中引發(trigger)存在於他們心中的影像(images)。

在此視覺行為中包含了看成(seeing as)與看到(seeing that)兩種認知行為。在設計師在開始繪圖後，會透過視覺認知來重新詮釋，或找尋在長期記憶中所儲存的相關圖形，進而出現重新詮釋或引發預期外的設計議題(Goldschmidt, 1991, 1992, 1994)。因此在此互動行為中，會影響草圖結果的因素可能包含了設計師的知覺(perception)和辨識(recognition)能力、過去設計經驗所累積的圖形及相關知識、草圖呈現的能力、及其他知識的聯想能力。

在 Liu (1996b) 所提出設計的創造力是一種雙重搜尋的模型中，他也提到設計師透過視覺搜尋的行為所看到一些不預期的形體，為主要形成創造力的來源；然而，在知識轉換的搜尋過程，則是運用設計的專業知識，將浮現的形體加以轉換成符合機能上需求的形體；因此在他的創造力模型中，可以推論出設計師的圖形知識及設計專業知識是主要形成創造力的知識。Suwa, Gero 與 Purcell(2000)也進一步透過拆解設計師的感知行為來定義草圖中非預期發現的情形(unexpected discovery)，設計師在概念階段時的设计行為，是在非預期的發現以及探索(invent)新議題或需求中交互刺激循環的過程，也就是設計師透過感知與草圖之間產生互動的過程中，非預期性的發現會導致新議題或需求的產生；而相對的，議題或需求的產生也是造成另一次非預期發現的機制。

因此依據前述的分析，在草圖的過程中，三種設計師均可以產生圖形的聯想以及機能需求的考量；而風格設計師則會有相似的設計元素，及依特定的設計順序產生設計構想；而具有創造力的設計師，則會針對既有的圖形來重建，並發現新子形。而在創造力的認知能力方面，有創造力的設計師會在草圖中有非預期的發現來發散設計構想，同時會結合不同領域的知識，轉換成為合理且完整的設計構想；而專家只會依據自己既有的設計經驗發展新的設計構想。

表 3.3 草圖行為的認知因子

	圖形 聯想	機能 需求	圖形 重建	非預期 的發現	相似設 計元素
專家設計師	✓	✓			
風格設計師	✓	✓			✓
創造力設計師	✓	✓	✓	✓	





第四章 生手設計師形成經驗設計師之認知發展

如Simon (1966, 1975, 1999)所定義的形成創造力設計師的過程(圖 2.2)，生手必須先轉變成設計專家(expert)後，才有可能變成具有創造力(creative)的設計師；然而，Gardner (1993)提出了另外一個觀點(圖 2.3)，指出個人創造力的產生，可能是發生在形成專家過程中早期階段。因此本研究試著將二張圖(圖 2.2 及 2.3)結合，形成圖 4.1。在圖 4.1 中的實線，是 Simon 定義的過程，設計生手經過一段訓練或是設計經驗會成為專家；再經過長時間設計經驗的累積，專家可能轉變成創造力設計師。然而，並非所有的專家都會形成創造力設計師，有些可能會變成有風格(style)的設計師(Chan, 1992, 1993, 1994, 1995)；當然，有些可能仍然是設計專家。相對而言，從生手到專家過程中分支出去的虛線，則是 Gardner (1993)所提創造力的行為可能發生在形成專家的早期。

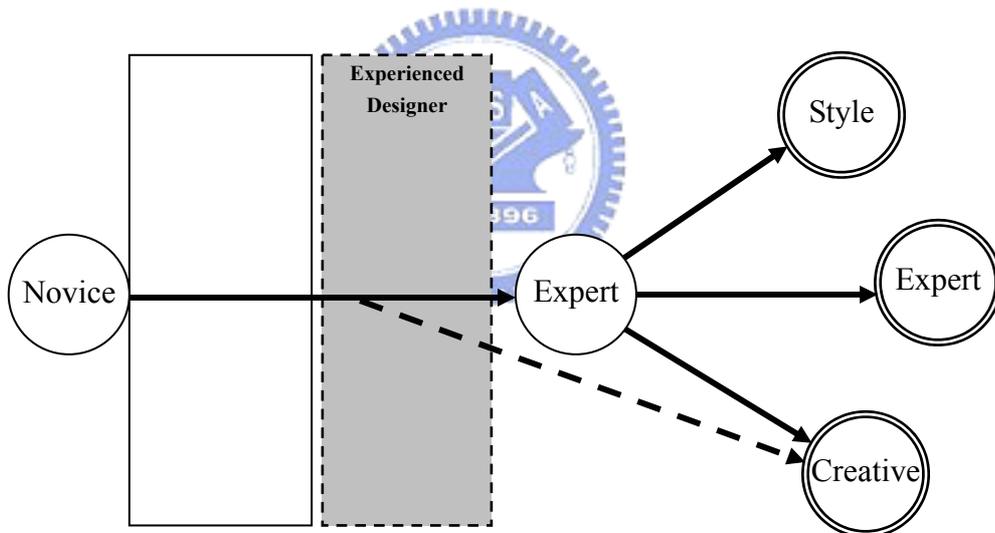


圖 4.1 整合 Simon 及 Gardner 的形成創造力的過程

在一位設計生手變成創造力設計師的過程中，不論是 Simon 或是 Gardner 的定義，必然會經過一段所謂“有經驗設計師(experienced designer)”的過程(圖 4.1 中灰色區域)。然而，這個所謂有經驗的設計師的過程，意指著設計生手經過一段時間的設計訓練，或是吸收設計經驗後，對一個特定主題具有較多的設計知識及經驗。然而，在 Simon 的定義中，“有經驗設計師”還不能稱為是專家；在 Gardner 的定義，也還不是創造力設計師。這些“有經驗設計師”可能再經過幾次的設計訓練及設計經驗的吸收，有可能成為專家、風格、及創造力的設計師。

因此，在本階段的實驗中，試著將不熟悉此設計主題的生手設計師，經由多次的學習及實驗，使生手設計師漸漸地形成“有經驗設計師”；因此，本階段的目的

在於探討設計生手形成“有經驗設計師”的過程，並以前一階段的設計知識、設計策略、及草圖行為等認知因子來評定，最後選定三至五位“有經驗設計師”，再進行下一階段的實驗。基於此研究目的，本階段的實驗可分成下面幾個步驟：

1. **先前實驗測試**：在進行正式實驗前，有一些實驗的因素無法立即掌握，例如：受測者的選擇。因此本研究進行先前實驗測試，來確定受測者的選擇及正式的實驗過程。
2. **正式實驗**：經由先前實驗測試的結果，定訂出正式實驗的受測者選擇及實驗過程進行正式實驗。
3. **編碼系統的建立**：以第三章的認知因子結合口語分析研究的編碼系統，定訂本研究的編碼系統，並將實驗過程加以斷句、編碼、及分析。
4. **實驗結果及探討**：最後分析及探討認知實驗的結果，並決定下階段實驗的候選人。

4.1 先前實驗測試

為了掌握一些實驗的因素，如受測者的選擇，受測者有過多或是太少的專業知識，可能導致設計師無法形成專家，或是需要過長的時間才能形成專家。此外，實驗的過程也是另一項難以掌控的因素，本實驗必須經過一段時間再重複進行相同的實驗，因此在二次實驗之間，實驗者無法控制這段時間受測者會看到那些和設計主題相關的資訊，或是受測者學習到那些新的設計知識。因此先前實驗測試，來確定受測者的選擇、實驗過程、及一些可能發生的問題，進一步修改後再進行正式實驗。

實驗題目

許多工業產品設計為了滿足功能上的需求，在造形上會被機能所限制，因此在本研究的設計題目的選擇一榨汁機，其原因在於此設計只要滿足基本的機能，其他的機能可由受測者自行定義，而且在造形上有很大的發展空間。榨汁機的設計可以從只有機能為主的設計(圖 4.2.a)，到機能及造形兼具的設計(圖 4.2.b)，及 Philippe Starks 的極重造形的榨汁機設計(Juicy Salif) (圖 4.2.c)，因此此設計題目可以讓可能有創造力的受測者發揮創造力，同時也可以使其他受測者成為設計榨汁機の有經驗設計師。本研究提供受測者分析的榨汁機(圖 4.3)，同時此設計題目也是正式實驗之主題。

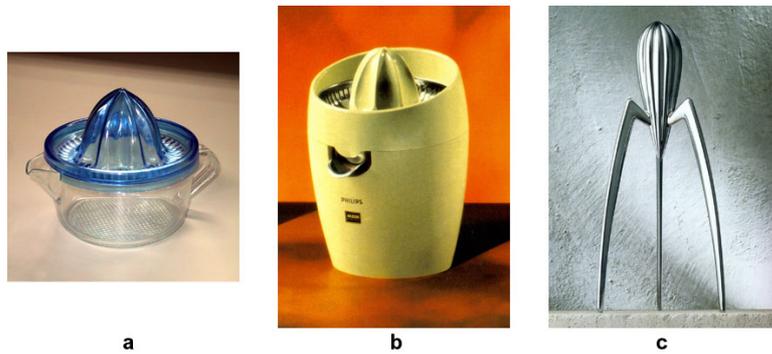


圖 4.2 設計題目的範例



圖 4.3 本研究提供的榨汁機

受測者

為了避免受測者擁有太多的設計題目之知識，在受測者的選擇過程中，則選定對此題目均無設計經驗，因此受測者均是工業設計科系的學生共 3 人，僅受過 3-5 年的基本設計訓練，具有一些設計知識，但未有真正的設計經驗。

實驗步驟

1. 為了獲得受測者對此設計題目的知識，先請受測者針對設計主題進行分析，然而受測者對此產品無設計經驗，甚至無使用經驗，因此本研究提供一個相同功能的產品，供受測者了解設計的議題並進行產品分析(圖 4.3)。在分析的過程中，受測者要針對產品每一部份的功能、造型、材質、機構、及操作性來分析，請受測者以 think aloud 的口語分析方法，將分析的內容說出，同時以 DV 拍攝 think aloud 的口語分析過程。
2. 請受測者針對分析的設計題目，自行以修改部份或是全部的設計，發展二個完整的設計構想，包含機能、造型、材質、機構、操作性的考量，將發展的過程中大腦所想到的事物，以 think aloud 的口語分析方法，用語言描述出來，同時在描圖紙上繪出。整個過程將以 DV 全程拍攝受測者繪圖的過程，及以受測者所說的文字內容，以供實驗者分析用。

先前實驗課題的圖程

三位受測者在每次的實驗均針對設計題目，分析 5-10 分鐘，每次都會發現新的設計元素或是機能，形成新的設計因子。在接下來構想發展實驗中，受測者會針對前圖所分析出的設計題目的知識，來產生新的設計構想，每一個構想平均約 10-15 分鐘，二個構想共 25-30 分鐘。三位受測者分別相隔三個星期，共完成三次認知實驗。實驗的圖程如下：

第一位受測者



圖 4.4.a 第一位受測者分析設計主題



圖 4.4.b 第一位受測者發展設計構想

第二位受測者



圖 4.5.a 第二位受測者分析設計主題



圖 4.5.b 第二位受測者發展設計構想

第三位受測者



圖 4.6.a 第三位受測者分析設計主題

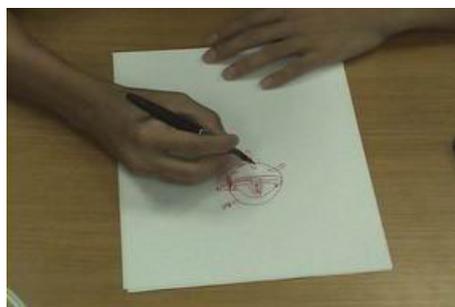


圖 4.6.b 第三位受測者發展設計構想

先前實驗測試的結果

在進行先前實驗測試過程中發現，3 位受測者均無法形成有經驗設計師，可以從三個方面來探討：受測者的草圖能力、設計專業知識、以及每一次實驗之間受測者的學習及回饋。

受測者的草圖能力

在受測者的選擇上，為了選擇較無設計經驗的受測者，相對地受測者的草圖能力也較不足，因此受限於受測者的草圖能力，無法完全表達大腦中的構想，一些想法只是以口語的方式表達。

解決方案：在受測者的選擇方面，必須確定受測者的草圖能力可以完整表現出設計構想，因此在正式實驗前，進行一個熱身實驗，請受測者先對另一個設計題目加以修改，來確定受測者的草圖能力，同時在修改的過程，也請受測者進行發聲思考的口語方法，讓受測者熟悉正式實驗的過程。

設計專業知識

三位受測者中二位為專科三年級的學生，一位為五年級的學生，只有極少的設計知識，以及少量的草圖知識；然而要成為設計的專家，必須擁有 25,000 到 100,000 的記憶單位(Simon, 1974)以及經過 10 年不斷的磨練。在設計知識及草圖知識缺乏的狀況之下，三位受測者均無法完整地表現設計的構想，形成有經驗的設計師。

解決方案：為了避免受測者有太多的設計經驗，會影響實驗的過程；而太少設計經驗的受測者，無法產生成熟度較高的設計構想，因此在受測者的選擇上，則選定有 5 年以上的設計經驗或訓練，但是不能有和設計題目相關的設計經驗的受測者。而草圖知識不足的情形，則在前面的熱身實驗中即可避免。

受測者的學習及回饋

三位受測者在每次做完實驗後，實驗者並未主動給予此題目相關的資料或設計案例，而且受測者也未蒐集相關的資料，因此每相隔三個星期的實驗對受測者而言，都是新的開始，在草圖行為及設計構想上並無進步的趨向。

解決方案：為了解決此問題，在正式的實驗中，在每次實驗結束後，由實驗者發給一些相關的資料或設計案例，供受測者在一週內閱讀，同時可供下次實驗過程中參考用。而相關的資料或設計案例，可以分成相關题目的設計案例、新奇但有些許相關的設計案例、及完全非相關的案例。

4.2 正式實驗

經過前階段的先前實驗測試，修改一些受測者及實驗過程上的問題，因此本階段的受測者選擇及實驗步驟修改如下，並開始進行正式實驗。

受測者

在受測者的選擇工業設計科系的設計師共 10 人，必須要有 5 年以上的設計訓練及必須要有實務的設計經驗，但只要未曾設計過此設計題目即可。

實驗步驟

1. 修改實驗：在進行設計實驗前，先進行一個水壺的修改實驗(圖 4.7)，請受測者修改壺嘴產生一個構想，此目的在於確定受測者的草圖能力，以及讓受測者熟悉放聲思考的實驗方法。



圖 4.7 修改實驗之案例

2. 設計題目分析：在完成熱身實驗之後，確定受測者的草圖能力足以產生設計構想後，開始正式實驗。在正式實驗先請受測者針對實驗題目——榨汁機(圖 4.2)以放聲思考的方法進行 5-10 分鐘的分析，分析的過程以 DV 錄影，供實驗者分析受測者對此設計題目的知識。
3. 發展構想設計：在分析設計題目後，接續進行設計構想發展 15 分鐘，產生一個構想。設計的過程以放聲思考的方法，並以 DV 錄影供實驗者分析。
4. 設計參考案例：在每次做完實驗後，實驗者提供一些既有的設計參考案例(附錄 B.2 及 B.3)，給受測者回饋並使受測者學習新的設計知識，以供下次實驗參考用。
5. 下次實驗：實驗每隔一週進行一次，共進行 3 次，共提供 2 次的設計案例，使受測者可以獲得專家知識。

實驗過程簡述

在每一位受測者的第一次實驗中，進行修改實驗來確定受測者具有表達設計構想的能力及繪制草圖的能力。然而經過先前實驗的測試，正式實驗找的受測者，均是工業設計的專家，因此在修改實驗中，每一位均可很輕易地修改一個設計問題，並接著進行正式實驗。

本階段的實驗共要進行三次，在每次實驗後受測者會獲得一份參考案例，供受測者學習，並在下次實驗時分析其內容。因此，在每次的實驗中，先進行設計分析，再接著進行發展構想。因此，接下來實驗過程簡述，將會針對受測者 A 的三次實驗的三個步驟，來詳細說明本階段的實驗過程。

受測者 A

受測者 A 是一位受過 9 年專業工業設計教育的受測者，他目前的職業是一位技術學院的專任教師，同時也有 10 年以上的產品設計經驗。

實驗 1-1：第一次設計主題分析 (5 分 07 秒)

在分析設計主題的過程中，受測者 A 花了 5 分 7 秒進行分析。他先檢視整個產品的外形，覺得整個產品有點複雜；然後，試著把產品的每一個元素依序拆開，直到他的經驗告訴他某些元素不能拆為止，因此他把馬達的機座和盛接壺視為單一的元件。然後他先針對這個元件仔細地探討該產品是否有一些設計上的問題，同時試著解釋某些設計可能的意圖。在分析的過程中，他也會不斷地模擬真實操作的行為，來測試某些部份的機能是否合理。此外，受測者會依照個人的使用或是設計的經驗給予實驗產品機能，如馬達的機座和盛接壺之間是可以相互旋轉來調整果汁顆粒大小，但是他個人的經驗覺得是來控制速度的。

受測者 A 也會很仔細地分析每一部份，他同時具有相當專業的設計知識，例如榨汁頭和過濾環之間的“彈性卡榫”。同時，他會把分析的知識和自己的知識連結在一起，如他分析榨汁頭時，發現榨汁頭為三大瓣中間各有一小瓣，以他的經驗這個是典型的榨汁頭。此外，他很注重元件與元件之間的關係，如他單獨把榨汁頭組合在馬達機座和盛接壺的元件上(如圖 4.8.01)，探討之間的傳動關係；他也試著單獨把過濾環組合在盛接壺上(如圖 4.8.02)。

在分析的過程中，受測者 A 會著重在產品造形與機能之間的關係，也重視元件及元件之間的關係；同時他會模擬真實在榨汁時的操作性，並以想像柳橙汁如何被榨出及如何收集；以及從清洗考量方向去分析。



圖 4.8.01



圖 4.8.02

實驗 1-2：第一次發展設計構想(7 分 30 秒)

受測者 A 在第一次構想發展的過程中，以他的經驗判定此實驗題目為一個對稱的產品，因此他企圖以非對稱的方向來構思。但是接下來他從榨汁機的壓及榨的功能，讓他聯想到公車司機的剪票鉗(如圖 4.8.03)，接著他將剪票鉗機能及構造套用在榨汁機的設計上，接著發展每一個元件的細部設計。剪票鉗的構想對受測者 A 是一個架構，而在發展細部設計時，他會不斷地模擬真實的操作行為，來探討元件的設計細節，或是元件之間的關係。在繪制完側面圖之後，受測者 A 會再以透視圖來進一步考量細節設計，因為在透視圖發展過程中，是以 3 度空間的维度來思考，相對而言也較困難，例如在關節的設計方面，以平面來思考是很容易的，但是如要以 3 度空間來思考，則需多考量厚度等問題。然而平面圖對於受測者 A 而言，是一個相當重要的圖面，它除了記錄了先前思考過程外，同時受測者也會基於平面圖再深入考量細節的設計(如圖 4.8.04)。

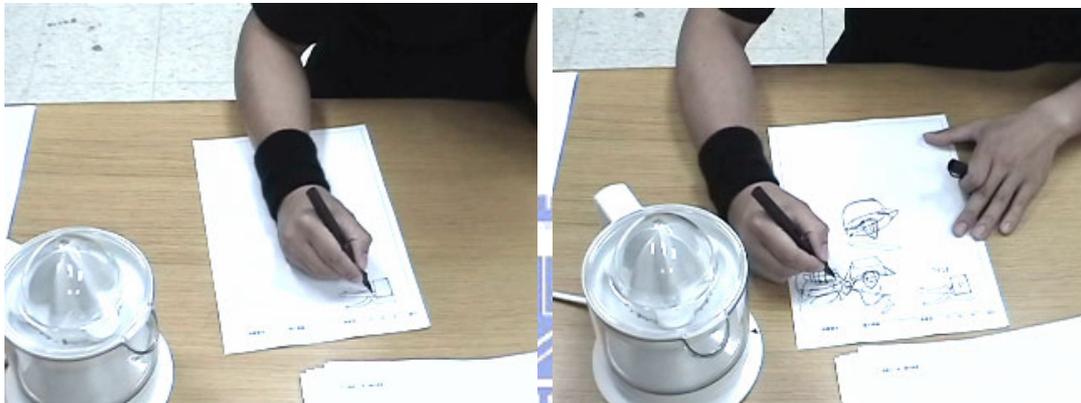


圖 4.8.03

圖 4.8.04

實驗 2-1：第二次設計主題及參考案例分析(4 分 32 秒)

在第二次分析設計主題(參閱 附錄 B.2)的過程中，受測者 A 已經對此產品有初步的了解，因此他開始針對使用的過程，來探討操作過程中可能發生的問題(如圖 4.8.05)；然後，他試著探討每個元件是否絕對必要，來分析出該產品要達到榨汁的最少機能(如圖 4.8.06)。在參考案例分析的過程中，他發現有些產品的產品都針對如何收集果汁來設計，有一些則是以杯子來考量；他同時發現這種榨汁的方式並非 braun 獨有的，而市面上一些產品也有。接下來他的構想是以觸動榨汁機的方式來出發，同時他也分析出榨汁機的最少元件的組合。



圖 4.8.05



圖 4.8.06

實驗 2-2：第二次發展設計構想(9 分 00 秒)

在實驗一開始，受測者 A 以該產品的最少元件開始來發展構想，他試著把該產品立起來使用(如圖 4.8.07)來做為新的構想的架構，他也將此構想設定要掛在冰箱上面的榨汁機。在開始繪制構想時，他先以透視圖繪出榨汁頭立起來的樣子，接著他在另一邊繪出以壁掛為考量之形狀及榨汁頭之方式(如圖 4.8.08)，接著他同時考量盛接的方式並立即畫出其外形，接著就考量如何將果汁倒出，他用龍頭之方式來解決，在整個過程中，受測者 A 以很直覺之方式來解決問題，說對於一個問題他都以自己經驗之預設解決方式，這就是所謂專家之啟發式搜尋(heuristic search)。



圖 4.8.07

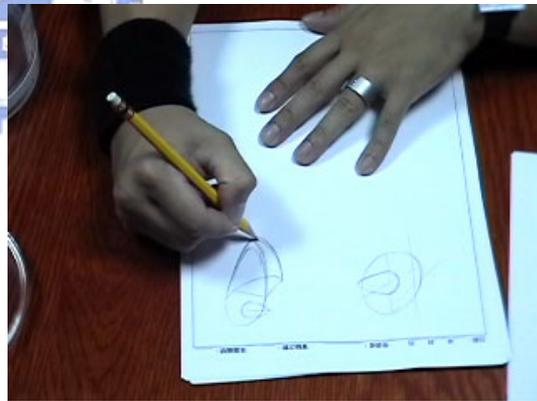


圖 4.8.08

在以透視圖產生初步之構想後，受測者 A 會再試著以側視圖來思考一些細部設計，同時他也會不斷地參考透視圖並加以修改(如圖 4.8.09)。除此之外，他也會畫出柳橙來思考操作過程，以及確定果汁流出之方式是否合理(如圖 4.8.10)，這種行為也是專家設計師之其中一種特質—產生及測試(generate and test)。最後，受測者 A 會再以一个透視組合圖來表現一些元件之細部設計，及一些前面沒有考量到的問題，例如濾網及榨汁頭組合方式之設計，及電源之考慮。

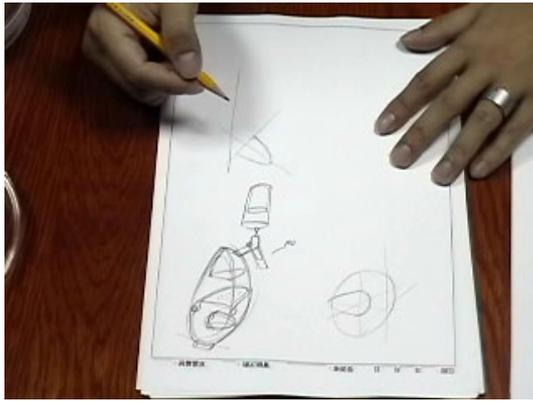


圖4.8.09

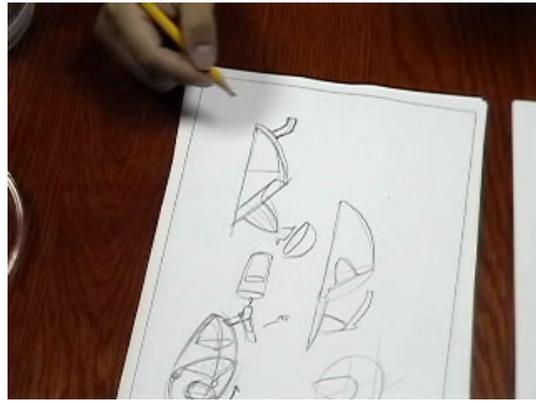


圖4.8.10

實驗 3-1：第三次設計主題及參考案例分析(3 分 07 秒)

在第三次實驗的參考案例分析中，實驗者提供了一篇有關產生創意概念的文章(參閱附錄 B.3)，及另一些榨汁機供受測者分析。在針對此文章而言，他提到了此文章的方法像是一種設計上層的步驟，依這個步驟就可以產生一些可以進一步評估或是發展的構想。在分析參考案例中，他把這次的案例分成施力方式導向，及容器考量導向。在容器考量方向，案例中都是以杯子的方式來盛接果汁；而施力方式則是直接以手的力量來力壓。

實驗 3-2：第三次發展設計構想(11 分 53 秒)

在第三次的構想發展的開始，他先提到一種設計的手法－複製元素，他企圖想要複製某些元素來發展構想。他先回想第二次實驗的構想，並把它繪出(如圖 4.8.11)。他決定把第二次實驗中，站立榨汁頭的元素予以複製，同時以柳橙汁的圖示來探討榨汁的方式及果汁的流動方向(如圖 4.8.12)。經由“複製元素”的方法，受測者 A 產生了一個新的榨汁頭，接著他要試著解決該構想站立及盛接果汁的問題(如圖 4.8.13)。在解決站立的問題時，受測者 A 想到 Philip Starck 的榨汁機，並分析出 Starck 榨汁機支架設計的優點，並試著採用 Starck 的方式來解決(如圖 4.8.14)

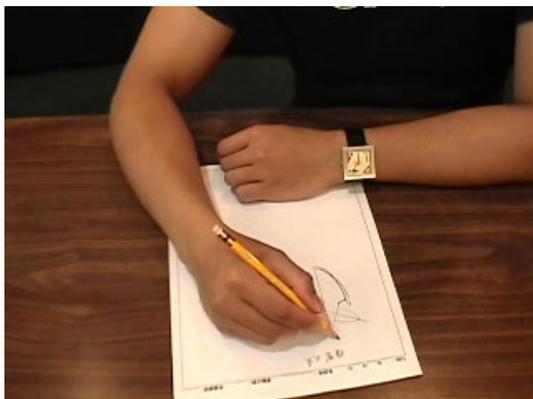


圖4.8.11

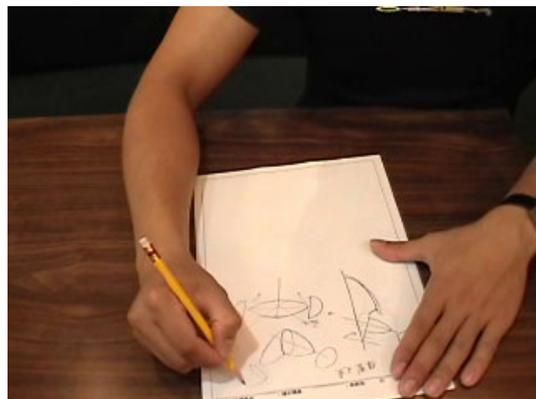


圖4.8.12

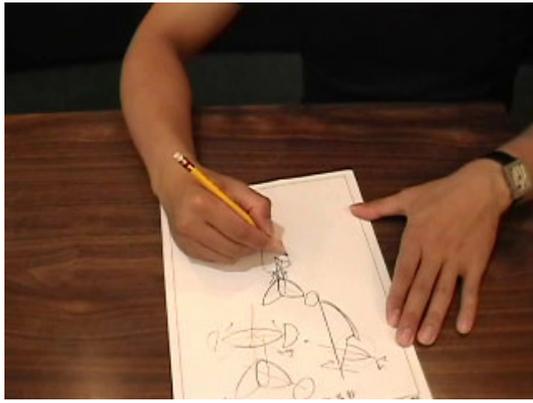


圖 4.8.13

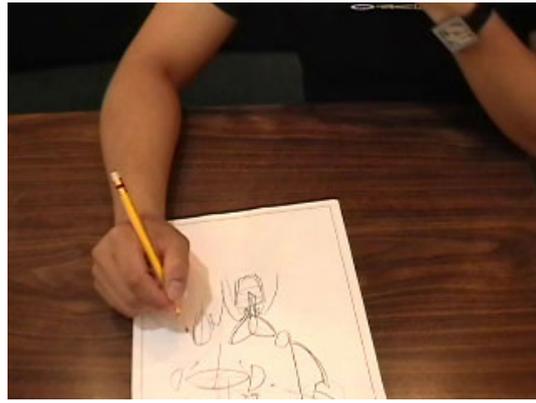


圖 4.8.14

然後，受測者 A 再延伸“複製元素”的方法，將原來尖形的榨汁頭，產生另一個圓球狀的榨汁頭，並且形成另一種擠壓及收集水果的方式(如圖 4.8.15)。最後他依此構想，發展出一個完整的設計，並考量到在瓶中儲存果汁的方式，及以強調該榨汁機外觀上的附加價值(如圖 4.8.16)。

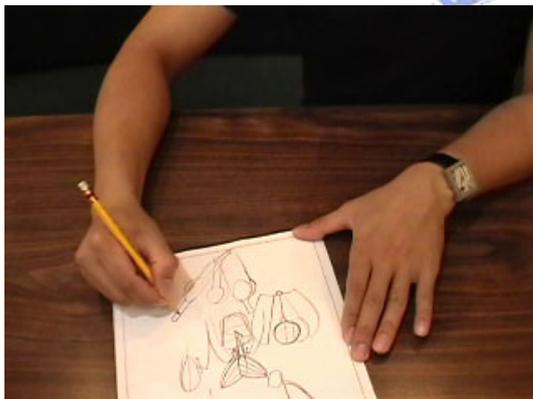


圖 4.8.15

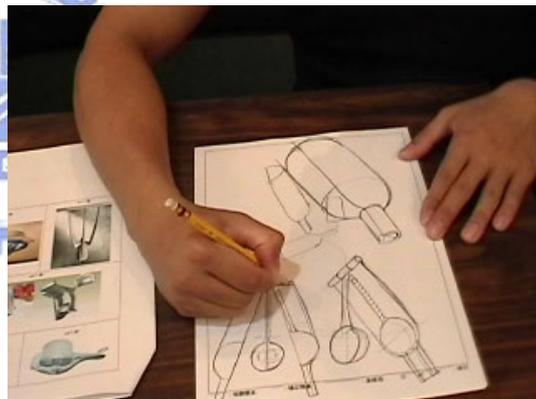


圖 4.8.16

依照受測者 A 的實驗步驟，其餘 9 位受測者也分別進行三次的實驗，每次都先分析了設計主題及參考案例，接著進行構想發展。因此接下來簡述，僅介紹他們的設計背景，以及實驗中發生較不尋常的設計行為。

受測者 B

受測者 B 是一位受過 5 年以上平面設計教育的設計師，對他而言，他產品設計的新手，但是在平面及網頁設計方面，他有 7 年以上的設計實務經驗。他本身對產品設計有極大的興趣，現今在一家知名工業設計公司培訓電腦繪圖的技能，接觸到的設計業務大都為電子類產品的外觀設計。

受測者 B 在第一次的構想發展中，先決定要讓使用者用手轉動來達到榨汁的目的，他直接在大腦中構想一個形體，然後再把它畫出來，在過程中，並沒有嘗試去解

決某些元素的設計問題，因此並沒有專家的定義問題—解決問題的過程(圖 4.8.17)。在第二次的構想中，他先定義榨汁機是廚房的用品，因此他試著把榨汁機的造形，給合廚房的盤子或瓶子來發展。在整個構想的過程中，和第一次相同，他是直接把大腦已經想好的造形繪出(圖 4.8.18)，並沒有定義問題—解決問題的過程。不同之處在於，這次他是使用電動榨汁機的機制，其餘的機構皆與設計主題相似。

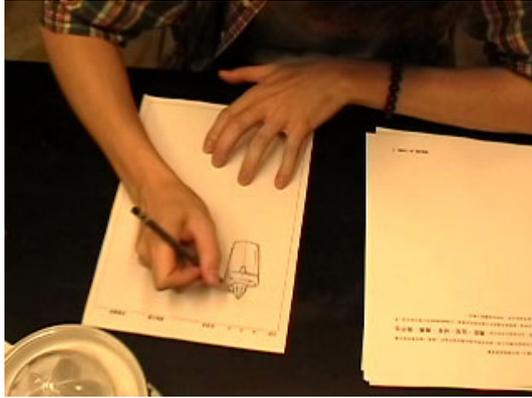


圖 4.8.17

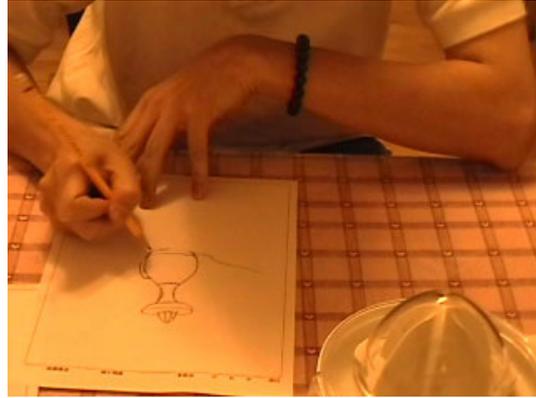


圖 4.8.18

受測者 C

受測者 C 是受過大學及研究所工業設計訓練，現任一家知名生產電腦液晶螢幕的工業設計師，具有 5 年以上的設計經驗，設計的產品大多以電腦相關產品為主。

受測者 C 在第一次分析的過程中，有注意到此產品的品牌，同時也分析此產品造形給使用者的感覺，以及每一個部份在使用上的合理性及可能的潛在問題。他沿續著前面的分析，發現到此產品在操作上不足的地方，例如：沒有指示燈來指示是否有通電、收電線的問題。他把原產品的機能，如榨汁頭修改並轉換到自己的構想；然而在轉換的過程，又會發現轉換之後的其他問題；然後再解決新產生的問題。

在第二次發展設計構想中，他先以自己居住的情境，來定義此構想是一個容易收藏、小的、手動的榨汁機，然後，他參考這次提供的案例做為此構想的出發；但是又因為此案例太大，因此他發展出一個形體相似，但是是一個充電機制的構想，來使整體較小。接著他發現榨完後直接用杯子喝時，榨汁的部份沒有地方收；因此，他接著想了另一個構想，用杯子直接盛接來解決。但是，他不知什麼原因，又改變了出發點，再次從參考案例中，想要朝比較曲線且較柔軟的方向來發展。因此，他畫出了一個自己認為比較曲線的形體，同時也發展了一些細節的設計，如蓋子、榨汁頭、壺嘴、把手。同時，他花了很多時間在探討壺放入冰箱後，榨汁元件及馬達收藏的問題(圖 4.8.19)。在整個過程中，對受測者 C 而言，發展構想的過程，像是一連串的發展問題及解決問題的過程。

在第三次發展設計構想中，他先定義要做一個手動的榨汁機，然後參考案例，以

案例中的形式來發展，但是機構又不要太外露，要包覆一點的造型；然後操作的方式，也是參考某一個案例。然後，他又換另一個方向，試著把壺和手動壓榨的方式結合在一起，然後產生一個手動壓榨果汁頭的裝置。最後再以一個透視圖將之前所考量的設計細部，再次整理在另一張圖面中；並以剖面圖來表達榨汁及果汁流出的方式。在這次實驗的過程中，受測者 C 會議從不用的出發點來重新展構想，並不斷地從自己的構想中發現問題並解決，在這種重複地定義－解決問題的過程中，他可能已經具備了此設計主題的專家資格(圖 4.8.20)。

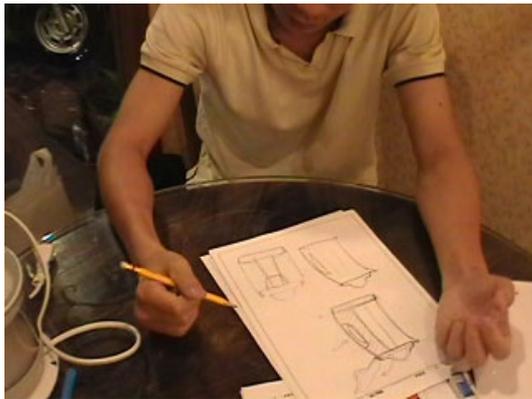


圖 4.8.19



圖 4.8.20

受測者 D

受測者 D 是一位受過大學及研究所工業設計教育的工業設計師，現今在一家國內知名的生產及製造 PDA 及手機的電子產品公司，此受測者除了有豐富的設計經驗外，他也有實際生產製造的經驗。

在第一次發展構想的過程中，受測者 D 會議著針對原來的產品，去做小修改，來符合他在分析過程中所發現的問題。除此之外，他會利用許多小圖形來快速地表現在他解決某些特定部位的結果(圖 4.8.21)。在第二次的實驗中，他會參考設計案例來做為設計構想的出發，先繪出構想的側視圖，再畫出它的透視圖來檢視其造型。如在第一階段的過程，他也利用多個簡單的草圖，來表達部份元件的設計構想，最後再以一個完整的圖面，來重新表現所有的設計構想(圖 4.8.22)。在第三次實驗中，發現他以不用的第二次實驗的出發點，但是最後他竟然產生和第二次實驗相似的設計構想，並再次考量相關的設計問題。

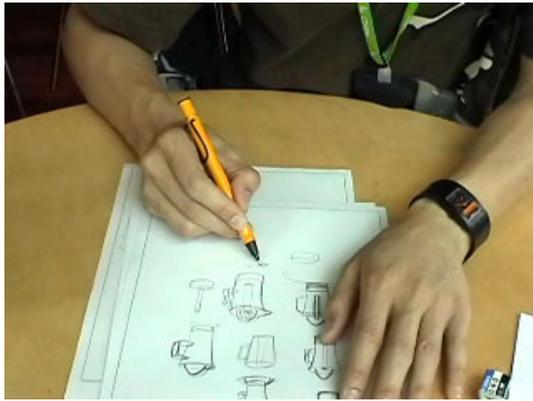


圖 4.8.21

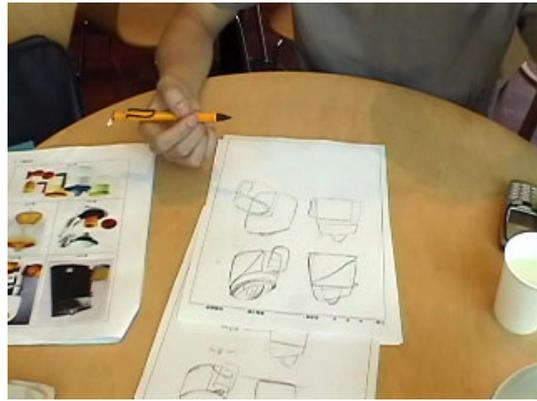


圖 4.8.22

受測者 E

受測者 E 是一位受過大學工業設計訓練的學生，現在正就讀研究所二年級，在大學期間他一直有接單獨的工業設計案的經驗，從事許多產品設計案，但是沒有做過本設計主題。

在第一次的構想發展過程中，他會定義此構想的抽象定義，如乾淨、簡潔，及使用者的感覺。他花了將近一半的時間，以口語說明的方式，把所有概念都設定好之後，他才開始畫出他的構想。在畫的過程中，他很像受測者 B 的過程，他把大腦已經想像好的構想依序畫出，並沒有定義及解決問題的過程。而第二次的實驗的一開始，他並沒有明確想到任何的方向，直到他談著要設計一個電動的榨汁機，去思考電動榨汁機的必要元素為何。最後他將一種咖啡機的造形，轉換成電動的榨汁機，並考量設計主題的元件，如何轉換到新造形(圖 4.8.23)。第三次的實驗，他談著從一種形狀來著手構想，想要給使用者一種這就是榨果汁的感覺，因此就決定了一個柳丁的形狀來發展；最後將柳丁的形狀再結合高腳杯的造形，形成他的設計構想(圖 4.8.24)。此外，他也解釋了此構想的操作過程，及材質上的考量。整體而言，受測者 E 在繪草圖前，會定義好他考量的設計問題，同時在大腦中就已經產生此構想，再以草圖表現，在過程中比較沒有定義及解決問題的專家行為。

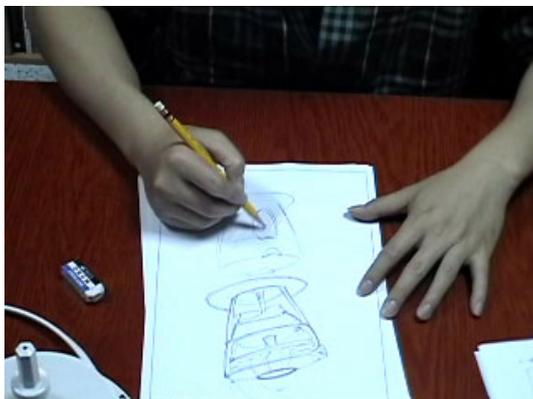


圖 4.8.23

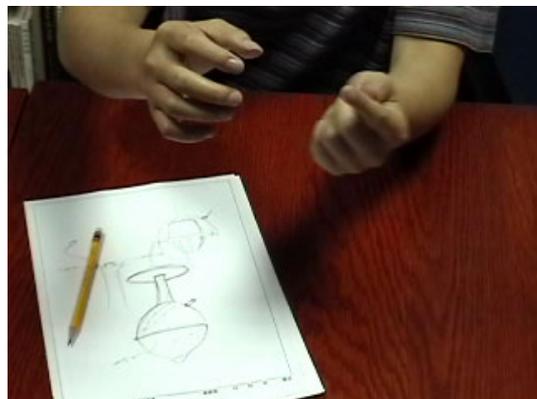


圖 4.8.24

受測者 F

受測者 F 是本研究中唯一的女性受測者，此受測者已經受過大學及研究所的工業設計訓練，目前正在攻讀博士學位。在大學及研究所求學的過程中，她曾自行接獨立的產品設計案，也曾經在某公司的工業設計部門工作，具有相當多的設計經驗。

在第一次的實驗中，她先從榨汁頭開始發想，過程中她不斷地評估設計主題，然後針對評估的問題加以修改並繪出在串一個構想上，許多設計細節的地方，她沒有用草圖表示，而是直接用口語描述的。而第二次的實驗中，她參考設計案例來做為設計的主體，然後再思考原設計主題的元素如何轉換到新構想內(圖 4.8.25)，然而有許多構想，如第一次實驗，也都是用描述的，並沒有以草圖繪出。在第三次的實驗中，她同樣也是基於參考案例來發展構想，評估參考案例可能不足的地方並修改，因此最後的構想很像參考案例(圖 4.8.26)，只是修改了一些細部的設計。



圖 4.8.25



圖 4.8.26

受測者 G

受測者 G 是一位研究所的學生，已經受過大學的工業設計訓練，但是沒有太多的設計實務經驗，但是具有基本的設計能力及草圖能力。

在第一次實驗中，受測者 G 提到很難去構想一個全新的東西，因此它的架構一定會和設計主題一樣，因此他最後產生的構想和設計主題類似，只有一些細部設計是他分析出來比較不好的，並加以修改。在第二次實驗中，受測者 G 試著從參考案例中尋找構想的架構，同時考量他使用族群來定義新構想的方向。最後它產生家庭用的電動榨汁機的構想(圖 4.8.27)，同時考量到設計的細節，如：榨汁頭使用完的放置方式、電源...等。第三次的構想發展，則設計一個使用者可以在學校或是辦公室使用的手動榨汁機(圖 4.8.28)，整個過程中同時也考量到細部設計，以及材質上的需求。

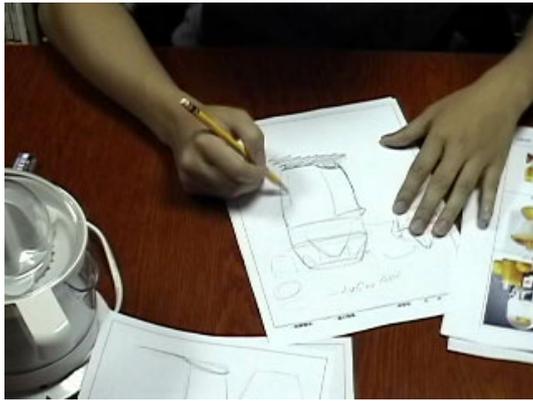


圖 4.8.27

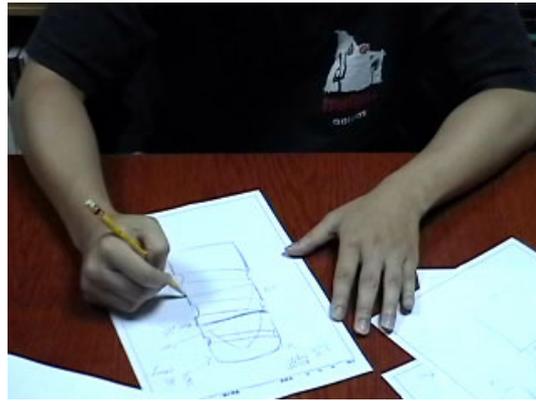


圖 4.8.28

受測者 H

受測者 H 受過國內工業設計專科及大學的專業訓練，有多年設計經驗，現在在一家生產手機螢幕的公司擔任結構工程師，有相當多的生產及製造經驗。

在第一次構想中，受測者 H 試著去發現使用榨汁機可能會有什麼問題，如：清潔、果汁殘留...等，採用一次一杯的方式來盛接果汁；但是在過程中，受測者 H 和受測者 B 和 E 一樣，都是在大腦中先想到一個構想，再以草圖呈現，沒有定義及解決問題的過程。第二次實驗也是以操作的序度去發展構想，結合了參考案例的構想，發展出一個可以單手榨汁的構想(圖 4.8.29)。此受測者有很強的機構能力，因此，他對機構的細節考量地很完整。第三次實驗中，受測者 H 沒有受到參考案例的影響，發展出一個新的構想，相應地，他對機構設計有很深入的探討(圖 4.8.30)。



圖 4.8.29



圖 4.8.30

受測者 I

受測者 I 受過國內工業設計專科及大學的專業訓練，目前在一家設計及生產數位相機的公司擔任主任設計師的職位，具有豐富的設計數位相機，及製造的實務經驗。

在第一次構想中，受測者 I 以很理性的方式，進一步分析每部份元素的機能及必要性，並以最少可達到榨汁機能的元素，來發展構想。因此最後他發展出一個手動，

且只有二個元件的榨汁機，同時他也很考量到一些細節的設計，如：元素之間的結合、把手...等。在第二次實驗的一開始，受測者 I 會先想到上次的設計構想，然後從盛接果汁的杯子來進行分析，並決定果汁出口的高度，在構想的過程中，他會看參考案例，但是又會有自己獨特的想法，最後產生一個類似參考案例，但又有獨特設計的構想(圖 4.8.31)。第三次實驗的開始，受測者 I 又回想前二次的構想，並以草圖畫出，然後他基於第二次的構想加以進一步發展，把第二次的自動下壓的力臂，修改成以蓋子的方式力壓，同時也是電動的驅動方式(圖 4.8.32)；此外，在過程中，他著重在內部機能的合理性。

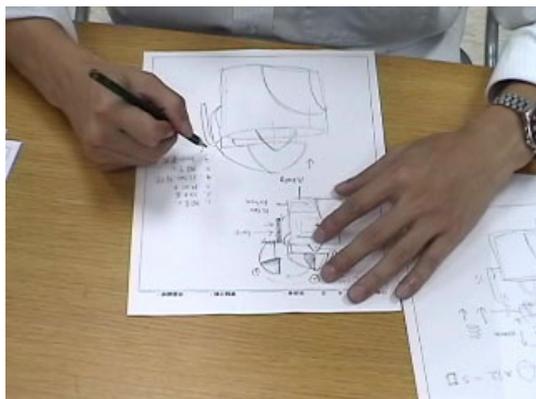


圖 4.8.31



圖 4.8.32

受測者 J

受測者 J 是一位受過大學及研究所的設計師，曾經在國內一家知名的家電公司，從事設計及製造的工作 5 年左右，目前在一家手機的設計及生產的公司從事設計的工作，有相當豐富的設計及製造實務的經驗。

在第一次的實驗中，受測者 J 試著區隔設計主題的造形，因此他以比較抽象的造形，來和此產品區隔。但是除了造形之外，他新構想的機構，完全來自於設計主題，只是加以轉化到新的構想。整個過程中他會不斷發現問題，及評估自己的構想，並加以進一步解決。在第二次實驗的一開始，受測者 J 想到第一次實驗的構想是比較活潑的想法，而這次想要發展一個格調比較高雅的構想。因此，他最後產生一個幾何形的構想(圖 4.8.33)，但是他很著重在材質上的表現及產品的霧面處理，來傳達高格調的概念；此外，他也針對很多細節加以考量，如：隱藏式把手、電源收藏的方式...等。在第三次的實驗中，受測者 J 試著想要以另外的物體，轉移到新的構想中，他試著用城堡及建築的構想來發展，將原來設計主題的元素，轉換到新的構想。最後發展出一個造形像城堡的電動榨汁機(圖 4.8.34)，同時也考量到細節設計，如：外表圖案的設計、不同顏色的市場區隔...等。



圖 4.8.33



圖 4.8.34

4.3 編碼系統的建立

本階段的研究目的主要是在實驗中，以設計師的設言知識、設言策略、及草圖行為等三類認知的面度，分析生手設計師形成“有經驗設計師”的過程。因此，本階段的編碼系統是基於以前一階段三類的認知因子，最後選定3-5位的“有經驗設計師”。接下來將針對三類認知因子加以說明，形成本階段的編碼系統。

4.3.1 設言知識因子

以設言知識而言，在第三章的分析中可以了解到，不同類型的設計師，分別擁有不同的知識因子。因此，所謂“有經驗設計師”可能是具備了專家、風格、及創造力的知識。因此，用來分析“有經驗設計師”的設言知識因子，包括了：三種設計師均都具備設言專業知識；及以創造力的設計師的有新領域的知識 (Csikszentmihalyi, 1996; Schmid, 1996; Srazalecki, 2000)、獨創性知識 (Srazalecki, 2000)、及以自我評估的知識 (Csikszentmihalyi, 1996; Srazalecki, 2000)。因此，接下來將針對這些設言知識加以說明：

設言專業知識— 設計師的專業知識，主要是來自於過去的設言經驗，個人的專業知識，以及在實驗中學習到的經驗，因此在實驗中受測者使用到和本研究提供設言主題相關的知識來進行構想發展，認定為是受測者的設言專業知識。

新領域的知識— 在本實驗的過程中，實驗者提供一些相關設言主題的資料(附錄 B.2, 3)，讓設計師帶回去看，屆時可供下次實驗參考用，在附錄中可能隱含了一些設言相關的知識，因此如果受測者可以感知到這些外來的刺激，運用這些外來或是其他領域的知識來發展構想，可能就形成所謂的創造力設計師的要素之一。

獨創性知識— 創造力設計師具有“自由且有獨創性的個人特質” (Srazalecki, 2000)，實驗中受測者經由比較之後，自我認定要和別人不一樣或

是較具有獨創性的構想或知識，(如因為...，所以我要...，或我不要...)，則表示該受測者具有此獨創性知識。

自我評估知識— 在設計過程中，自我評估知識允許人們發揮不墨守成規的態度，也是創造力必要的知識或過程(Csikszentmihalyi, 1996; Srazalecki, 2000)，因此在實驗中受測者如有自我評估構想知識或是行為，來評估構想、草圖、或事物的好壞，則表示此受測者可能具有創造力。

表 4.1 設計知識因子及編碼對照表

設計知識因子	說明	專家/風格/創造力
設計專業知識 [Kp]	在實驗中受測者使用到和本研究提供設計主題相關的知識來進行構想發展，認定為是受測者的設計專業知識。	專家/風格/創造力
新領域的知識 [Kx]	受測者可以感知到這些外來的刺激，進行運用這些外來或是其他領域的知識來發展構想，可能就形成所謂的創造力設計師的要素之一。	創造力
獨創性知識 [Kn]	受測者經由比較之後，自我認定要和別人不一樣或是較具有獨創性的構想或知識，則表示該受測者具有此獨創性知識。	創造力
自我評估知識 [Ke]	實驗中受測者如有自我評估構想的知識或是行為，來評估構想、草圖、或事物的好壞，則表示此受測者可能具有創造力。	創造力

4.3.2 設計過程及策略因子

在設計過程及策略的分析因子中，包括了三種設計師共有的，以及創造力設計師所有的設計過程及策略。因此，三種設計師都具備了定義—解決問題(Anderson, 1983; Chan, 1993)、產生及測試(Simon, 1975)、以及啟發性搜尋的過程(Simon, 1966);而創造力設計師最重要是具有發展構想的過程，及轉換構想的過程(Guilford, 1968)。接下來將針對不同的設計過程及策略因子予以說明，做為編碼的依據。

定義及解決問題— 在設計過程中，專家設計師常會定義一個設計的問題，並以概念或是草圖來解決。因此在實驗的過程中，受測者有定義或是指出一個設計問題，或是以構想來解決問題，都被認定有定義及解決問題的過程。

產生及測試— 在設計的過程中，草圖不但呈現設計構想，也代表著其背後的機能，設計師常會繪出草圖之後，以輔助的草圖或是動作來測試機能。

- 啓發性搜尋— 以啓發性搜尋的定義而言，設計師會依據自己的設計經驗及知識，以概念或是草圖產生一個可能解決問題的解答，但是不一定是最好的解決方案。因此，當受測者定義或發現一個問題後，接著直覺地產生了一個決定性的解決方案，表示著受測者非啓發性搜尋來解決問題。
- 發散構想— 受測者會針對一個設計問題或想法，產生多個構想或產生不用的草圖，來試著解決問題。
- 轉換構想— 設計師將知覺到外來的刺激所獲得的概念或知識，轉換成可以用於構想並以草圖出。

表 4.2 設計的過程及策略因子及編碼對照表

設計過程及策略因子	說明	專家／風格／創造力
定義及解決問題 [Gd]	受測者會定義一個設計的問題，並以概念或是草圖來解決。	專家／風格／創造力
產生及測試 [Gg]	受測者常會繪出草圖之後，以輔具的草圖或是動作來測試機能。	專家／風格／創造力
啓發性搜尋 [Gh]	受測者會依據自己的設計經驗及知識，以概念或是草圖產生一個可能解決問題的解答，但是不一定是最好的解決方案。	專家／風格／創造力
發散構想 [Gn]	受測者會針對一個設計問題，產生多個構想或產生不用的草圖，來試著解決問題。	創造力
轉換構想 [Gt]	受測者將知覺到外來的刺激所獲得的概念或知識，轉換成可以用於構想並以草圖出。	創造力

4.3.3 草圖行為認知因子

而在草圖行為上，三種設計師也有不同的設計行為。三種設計師最基本的能力是針對產生圖形及解決機能的尋求(Schön and Wiggins, 1992)；而創造力設計師則是會重建圖形(Liu, 1996b)，並產生非預期的發現(Suwa, Gero and Purcell, 2000)。

- 圖形聯想— 設計師在草圖行為中，常常在看到自己繪出的草圖後，再基於此草圖產生一個新的圖形，或是修改草圖來產生圖形的聯想；或是基於修改後草圖，產生新的草圖。
- 機能需求— 當設計師在繪出草圖或是修改草圖時，同時考慮到該圖形的機能；或是在考慮機能時畫出草圖。

圖形重建— 在設計師在產生草圖後，會透過視覺重新詮釋，進而基於草圖重新詮釋而引發新的設計議題，這種圖形重建的認知行為也是成為形成創造力的來源之一。因此在實驗中，當設計師看自己的草圖後，會知覺到問題，再繪出一個新的草圖，則表示在草圖行為中，受測者具有圖形重建的認知行為。

非預期的發現— 設計師在發展構想中，可能會受到外來知識影響，或是直覺地知覺到沒有預期的問題。

表 4.3 草圖認知行為因子及編碼對照表

草圖認知行為因子	說明	專家/風格/創造力
圖形聯想 [Sa]	在草圖行為中，受測者看到自己繪出的草圖後，再基於此草圖產生一個新的圖形，或是修改草圖來產生圖形的聯想；或是基於修改後草圖，產生新的草圖；但是沒有產生新的設計議題。	專家/風格/創造力
機能需求 [Sf]	設計師在繪出草圖或是修改草圖時，同時考慮到該圖形的機能；或是在考慮機能時畫出草圖。	專家/風格/創造力
圖形重建 [Sr]	在實驗中，當設計師看自己的草圖後，會知覺到新的問題，再繪出一個新的草圖，則表示在草圖行為中，受測者具有圖形重建的認知行為。	創造力
非預期的發現 [Sx]	設計師在發展構想中，可能會受到外來知識影響，而知覺到沒有預期的問題。	創造力

4.3.4 編碼結果

本階段的實驗目的在於以三類的認知因子，決定出 3-5 個可能的“有經驗設計師”，因此在分析實驗結果的過程中，將 10 位受測者分別進行的 3 次實驗，共 30 次的口語資料加以編碼，每相隔 10 秒做一個斷句，分別依照三類的認知因子，加以判定是那一種設計知識、策略、及草圖行為(圖 4.9)。在圖 4.9 中，“受測者 A_01”表示受測者 A 的第一次構想發展；而“index_number”則是斷句的編號；“Time”表示實驗進行的時間；“Transcript”則是受測者的口語資料。

在圖 4.9 是受測者 A 的第一次實驗的結果。在設計知識因子判定中，實驗者自行判定該斷句中的口語資料內容為那一種設計知識，並以“V”勾選 1 次；而“SUM”是該受測者使用知識類型的最後總合。例如圖 4.9，受測者 A 的第一次實驗所使用的設計專業知識(Kp)為 28 次；新領域知識(Kx)有 4 次；獨創性知識(Kn)有 6 次；自我評估知識(Ke)則有 7 次。而在設計過程及策略因子中，該斷句可能同時有一種以上的設計過程及策略，因此以“V”勾選 1 或 2 次，而“SUM”也是該設計過程及策略的最後總合。而草圖認知行為中，實驗者可“V”勾選 1 或 2 次，來表示該斷句的草圖行為。

Transcript
主要是施壓在這裏

設計知識因子				設計過程及策略因子				草圖認知行為因子			
	V	SUM	%		V	SUM	%		V	SUM	%
設計專業知識[KD]	V	28	63	定義及解決問題[Gd]	V	27	61	圖形聯想[Sa]	V	32	72
新領域的知識[KX]		4	9	產生及測試[Gz]	V	6	13	機能需求[Sf]	V	16	36
獨創性的知識[KH]		6	13	啟發性搜尋[Gh]		4	9	圖形重建[SR]		1	2
自我評估知識[KE]		7	15	發散構想[Gm]		4	9	非預期發現[SX]		3	6
				轉換構想[GT]		2	4				

圖 4.9 受測者 A 第一次實驗的分析口語資料

表 4.4 口語分析編碼之結果

斷句編號	實驗時間	口語內容	設計知識因子				設計過程因子				草圖行為因子						
			設計專業知識	新領域的知識	獨創性知識	自我評估知識	定義及解決問題	產生及測試	啟發性搜尋	發散構想	轉換構想	圖形聯想	機能需求	圖形重建	非預期的發現		
1	00:00:10	以創造力為目的，我想可能先分析這東西本身的構成，這東西看起來是屬於一個對稱，	V														
2	00:00:20	所以我可能的設計發想是以非對稱的東西先做出發，非對稱的話，這個比較難想。			V	V											
3	00:00:30	過以用樣可以達到一個壓，然後可以擠出東西的機構，	V														
4	00:00:40	讓我聯想起以前公車司機用來剪票的鉗子，		V					V			V					
5	00:00:50	鉗子它的構造可能是像這樣子，然後我覺得在很多用途的部份，		V					V			V					
6	00:01:00	主要它下面這邊有個收納的袋子，一個盒子，然後可以把剪下來的東西收起來，嚴格來講它就是一個打孔機。				V	V					V	V				

在表 4.4 為受測者 A 的第一次實驗部份的編碼資料，在斷句編號 1 的口語資料中，他提到“這個東西是一個對稱”，實驗者判斷這是他個人的“設計專業知識”，因此在圖 4.9 的設計知識因子編碼中，勾選“設計專業知識”；但是設計過程及草圖的行為因子中，並沒有任何的認知行為發生。然而，斷句編號 4 的口語資料中，受測者提到“讓我聯想起以前公車司機用來剪票的鉗子”，這是屬於新領域的知識，用時是他的啟發性搜尋的結果；此外，他用時也在草圖上繪出“剪票的鉗子”，因此是屬於“圖形聯想”。所有受測者的編碼結果，請參閱附錄 C.1。

4.4 實驗結果及探討

10 位受測者 3 次的口語資料，經由 4.3 的編碼系統編碼整理後(附錄 C)，接下來將分成二個方向分析本階段實驗的結果：受測者的思考過程，及口語編碼的結果。在受測者思考過程分析中，將針對每位受測者的第三次實驗來進行分析設計思考的傾向；而口語編碼的結果，則是針對三次實驗的三類認知因子的數量加以分析，最後決定出 3-5 位“有經驗設計師”。

4.4.1 設計師的思考過程

在設計師的思考過程分析中，將選擇每位受測者的第三次實驗進行分析。其原因在於第三次實驗是受測者吸收二次的參考資料，及二次的設計經驗，受測者對此設計主題有相當的熟悉程度，平時也有相當多的外來參考案例可供參考，因此選擇第三次實驗進行分析，最能看出設計思考的傾向；因此接下來將分析每位受測者思考過程的傾向。

受測者 A

從第三次的構想發展來分析受測者 A，在設計思考的過程中，運用三類不同的認知因子的情形。設計知識因子方面，他的“設計專業知識(Simon, 1999; Anderson, 2000)”大多都是在產生構想的元素，共用了 35 次的專業知識。而在“新領域知識(Srazalecki, 2000; Schmid, 1996)”的運用，例如：

“所以像在這邊可能就要，正好跟 STARCK 一樣 會想到一個問題 它利用這個解 它流下來時候 它不會沿著這個解流下來” (A_03, 斷句 15)

當他在思考榨汁頭站立的支架的問題(圖 4.10.c)，他想到 Philip Starck 的 Juicy Salif 榨汁機(圖 4.2.c)解決站立支架的方法；因此他引用外來的知識來解決站立的問題。在整個構想發展的過程中，他運用了 12 次的“新領域知識(Srazalecki, 2000; Schmid, 1996)”，包含了槓桿原理、模具的澆注口、曾經看過的產品...等。而在“獨創性知識”方面，是一種和其他設計與眾不同的想法，例如：

“去思考它可以帶來新的機能 所以是先為了複製而複製” (A_03, 斷句 2)

這種為了複製而複製的想法，就是想和其他設計不同的知識，結果他選擇了榨汁頭為複製的元素(圖 4.10.a)，畫出了一種為了複製而複製的想法(圖 4.10.b)。整個過程中，他運用了 8 次的“獨創性知識(Srazalecki, 2000)”。而在“自我評估知識(Srazalecki, 2000)”方面，這是一種自我評估設計構想的知識，例如他評估自己的構想是否和現有的案例相似，或是評估自己的構想，是否可以再修改或是進一步發展。整個實驗中，他運用了 21 次的自我評估的知識。

在設計過程及策略方面，最常發生就是“定義及解決問題(Simon, 1975; Anderson, 1983; Chan, 1993)”，例如：

“然後，下面支架可能要考慮到關於容器疊放的問題...” (A_03, 斷句 12)

當解決完榨汁頭的問題後，他接著發現了支架及容器疊放的問題；整個過程中有 47 次，這種定義及解決問題認知行為。然而在“產生及測試過程(Simon, 1975)”的認知行為，例如，他在思考果汁的流向時，他畫出柳橙來模擬榨汁的行為，並發現果汁會直接向下流，無法集中收集的問題；接著他畫出另一個角度的榨汁頭，並再次畫出柳橙來測試，最後決定此有角度的榨汁頭(圖 4.10.b)。整個構想中，這種畫完並立即測試的專家解決問題的過程，一共發生了 12 次，也就是說他可能有些專家解決問題的過程。而在“啟發性搜尋(Simon, 1966)”的行為，整個過程中只發生了三次，例如：

“然後比如說，我這邊比如說可能做一個出水的水口，然後這樣子，它就可以把它倒出來” (A_03, 斷句 27)

這是一種直覺的設計行為，受測者很直接地就想出一個方案來解決，同時也沒有再進一步思考。而在創造力的“發散構想”及“轉換構想”的認知行為中，他產生了 5 次的“發散構想(Guilford, 1968)”的行為；例如，他重新以“複製元素”為出發，再度發想一個新的方向，這是屬於一種發散構思的能力(divergent production abilities)，這是創造力的過程中是相當重要的認知行為(Guilford, 1968)，可使設計師針對設計問題產生多樣的解決方案，及產生許多的聯想(圖 4.10.d)。而“轉換構想”的行為則有 3 次，例如，當他繪制第二張草圖(圖 4.11)的過程中，在思考榨汁頭的機制時(圖 4.11.b)，他想到了其他的產品(圖 4.11.c)，並此產品的機制引用新設計中，這就是 Guilford 所提的第二種創造力的能力“轉換構想(Guilford, 1968)”。

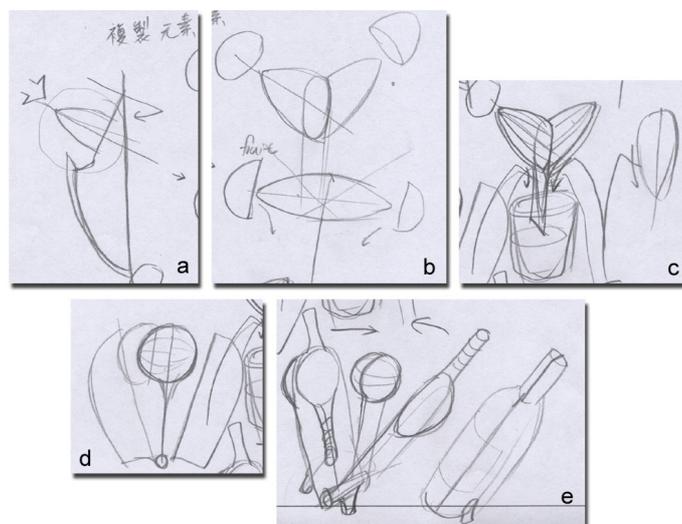


圖 4.10 受測者 A 第三次構想實驗的第一張草圖

在“草圖行為”因子方面，最常發生的二種草圖行為是“圖形聯想”及“機能需求(Schön and Wiggins, 1992)”的行為。整個的過程中，受測者不斷地基於一個圖形畫出另一個圖形，這種行為發生了 57 次斷句；而在受測者在“機能需求”考量方面，只發生了 19 次。而“圖形重建(Liu, 1996b)”則是最少的，只有 3 次，例如：

“所以這應該大概會像是一個這樣的形狀，這邊如果要有軸的話...” (A_03, 斷句 28)

接著他重新繪製了一個新的圖形，而“非預期的發現(unexpected discovery)”的行為則發生了 6 次。例如，受測者 A 原本在繪製圖 4.11.a 時，他是以溝槽的方式，將果汁引流出去；但是在繪製圖 4.11.b 榨汁機的瓶身時，他突然發現整個瓶身可以當成容器，不需要立即引流出果汁，這是一種草圖中非預期的發現(Suwa, Gero, and Purcell, 2000)，來改變設計構想，這種認知行為是創造力的表現。因此從上述受測者 A 設計思考的分析來看，他具備了相當程度的專家及創造力的認知因子，也就是說他可能有專家或是創造力設計師的傾向。

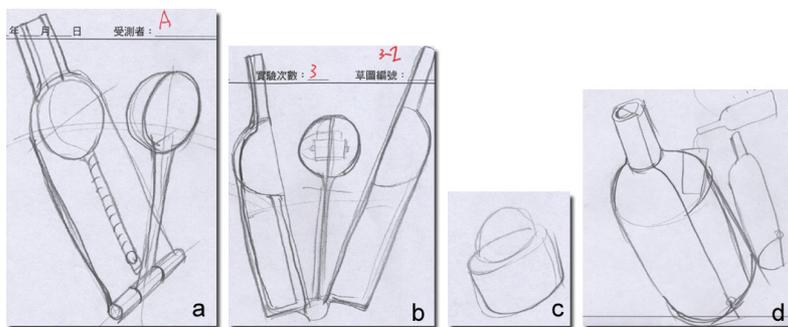


圖 4.11 受測者 A 第三次構想實驗的第二張草圖

受測者 B

在實驗的一開始，受測者 B 企圖想要做一個不一樣的形，他說：

“我這次我想做一個比較不一樣的形，因為想說它是榨汁機嘛” (B_03, 斷句 01)

這是一種“獨創性知識(Srazalecki, 2000)”，企圖想到產生一種不同的造形。他試著從柳丁的剖面來發想(圖 4.12.a)，柳丁剖面的知識是屬於個人的知識，還不算是“外來的專業知識”(Srazalecki, 2000; Schmid, 1996)。但是接下來他試著將柳丁剖面的元素轉換成設計構想(圖 4.12.b)，

“它是榨柳丁汁，那我想說柳丁的剖面下去做一個形的發想” (B_03, 斷句 02)

他將柳丁剖面的形體轉換成構想的形體，這是 Guilford 的第二種創造力“轉換構想”的能力 (Guilford, 1968)；然而他的轉換構想的過程只是沿用之前榨汁機的機構，把它用在新的形體上，並沒有太多創新的構想；而在發展設計細部構想時，他直接把大腦已經想好的構想繪出。在整個實驗的思考過程看來，受測者 B 他可

能具有學習新設計知識及轉換的能力，但是還未能達到專家的程度；另一方面創造力能力，他有一些創造力的特質，但是還需要再多的學習及經驗累積，可能看出他的傾向。

在這次的實驗中，以運用設計知識的程度而言，受測者 B 運用 36 次的“專業知識 (Simon, 1999; Anderson, 2000)”發展出設計構想，但是整個過程中卻完全沒有引用“新領域知識 (Srazalecki, 2000; Schmid, 1996)”；而有 4 次的“獨創性知識 (Srazalecki, 2000)”和 1 次的“自我評估知識 (Srazalecki, 2000)”。

而以設計過程及策略而言，受測者也有 30 次的“定義及解決問題 (Simon, 1975; Anderson, 1983; Chan, 1993)”過程；但是“產生及測試過程 (Simon, 1975)”及“啟發性搜尋 (Simon, 1966)”分別只有 2 次；而創造力的“發散構想 (Guilford, 1968)”及“轉換構想 (Guilford, 1968)”分別只有 1 次。

再從草圖行為來分析，在“圖形聯想”及“機能需求 (Schön and Wiggins, 1992)”方面，分別有 25 次及 12 次的斷句；而完全沒有“圖形重建 (Liu, 1996b)”及“非預期性發現 (Suwa, Gero, and Purcell, 2000)”的行為發生。

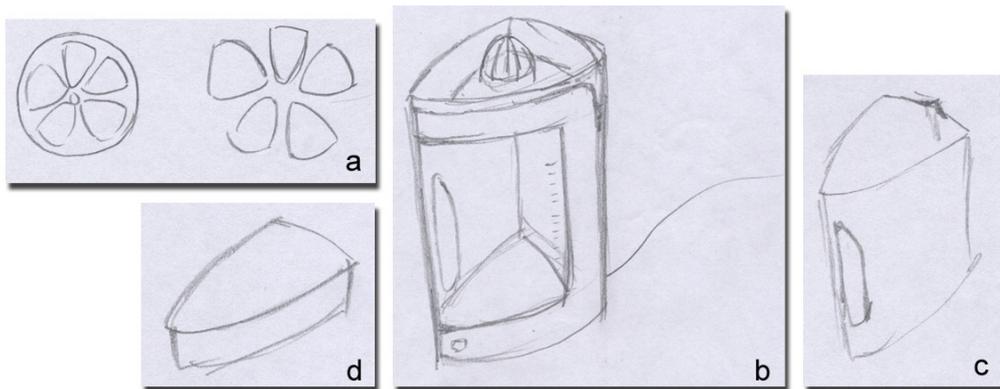


圖 4.12 受測者 B 第三次構想實驗的草圖

受測者 C

實驗一開始，受測者 C 一直在參考案例中找尋構想的出發點，但是他對自己的構想又有一些目標，例如他說：

“嗯 我想一下，(你現在想到什麼?) 嗯 如果可能 還是會以這種形式，直立式的這種形式做出發...”

(C_03, 斷句 09)

他從參考案例中獲得一些外來的知識 (Srazalecki, 2000; Schmid, 1996)，但是又有自己的專家知識的想法，也就是說他可能有創造力的因子，但是同時又有專家的因子。因此，他依照此方向，畫出了一個很像參考案例的構想 (圖 4.13.a)，同時它的操作方式也是引用於參考案例。然後他評估了此構想：

“像我這種機器來講的話，它大概就是只能綁定在桌上使用...” (C_03, 斷句 26)

因此他發揮了自我評估(self-evaluation)的知識(Srazalecki, 2000)來判斷構想，並經由發散構思的能力(Guilford, 1968)

“那有沒有可能就是說，把 和手動壓榨的形式把它連結 那新以它可能 因為是從的概念出發” (C_03, 斷句 29)

從不同的方向來進行思考設計問題，把壺和手動榨汁連結在一起。接著，他先思考設計主題壺的形狀(圖 4.13.b)，但是發現一個問題：

“...然後，但是怎樣把一個壺變成一個手動的壓榨，我在想有沒有一種可能...” (C_03, 斷句 32)

這是專家的基本能力“定義及解決問題”(Simon, 1975; Anderson, 1983; Chan, 1993)。他的解決方式是將手壓榨果汁的動作轉換成用握把來驅動的概念，和壺結合在一起(圖 4.13.c)，這是 Guilford 所謂的第二種創造力的能力“轉換構想”(Guilford, 1968)。確定此構想時，他運用他的設計專業知識來考量壺的外形，握把手的設計，以及使用橡膠的材質防滑(圖 4.13.d)。他也會不斷用自我評估的知識(Srazalecki, 2000)，來判斷草圖是不是符合自己大腦所想的形體。實驗的後半段，他試著以一個立體透視圖來表示一些細部設計，及以材質上的表現(圖 4.13.e)。最後他試著引用了所謂外來知識(Srazalecki, 2000; Schmid, 1996)的機械原理：

“(你的手動是按著，它就會旋轉?) 對對，它是一個連桿的機制，然後去拉動一個...” (C_03, 斷句 72)

“那我按的時候，帶動這個連桿，這個連桿去拉動這個螺旋，讓它產生...” (C_03, 斷句 74)

來思考把手驅動榨汁的機構。由上述的思考過程得知，受測者 C 已經具備了專家知識，同時也有一些創造力的認知行為出現在構想過程中。

以設計知識的因子來看，受測者 C 用了 45 次的“設計專業知識(Simon, 1999; Anderson, 2000)”來發展構想；而“新領域知識(Srazalecki, 2000; Schmid, 1996)”有 8 次，這些新領域的知識是來自參考案例，及以自己其他的知識。在“獨創性知識(Srazalecki, 2000)”方面，他也有 11 次的斷句；而“自我評估知識(Srazalecki, 2000)”也有 26 次的表現。

在設計過程及策略因子方面，他的“定義及解決問題(Simon, 1975; Anderson, 1983; Chan, 1993)”的過程在 90 個斷句中，高達 64 次，表示著設計過程中，他一直不斷地在定義設計問題及解決問題；而“產生及測試過程(Simon, 1975)”也有 16 次。而在專家常有的“啓發性搜尋(Simon, 1966)”只有 5 次，這可能表示著他對此主題沒有太多的預設解決方案。在創造力的“發散構想(Guilford, 1968)”及“轉換構想(Guilford, 1968)”，分別 8 次及 1 次。

在草圖行為的因子方面，他“圖形聯想”及“機能需求(Schön and Wiggins, 1992)”分別有 31 次及 30 次；但是沒有“圖形重建(Liu, 1996b)”的行為發生；而各有 3 次的“非預期的發現(Suwa, Gero, and Purcell, 2000)”。

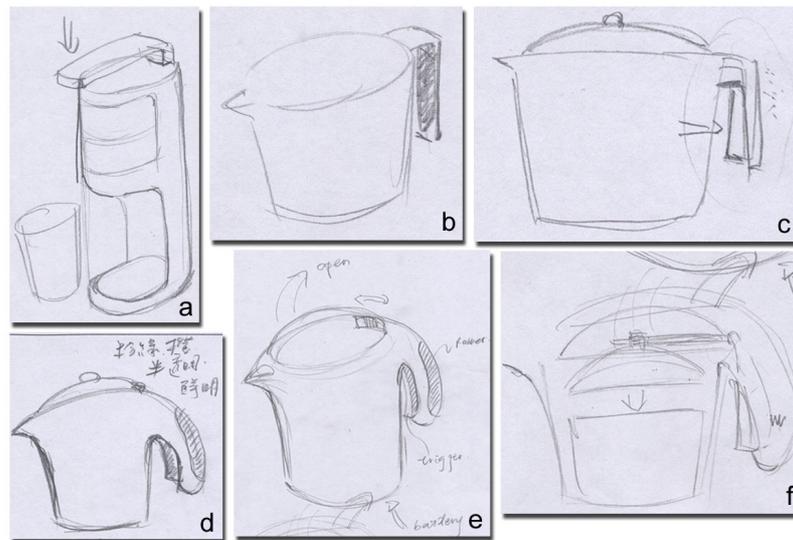


圖 4.13 受測者 C 第三次構想實驗的草圖

受測者 D

首先受測者 D 參考設計案例，想到把構想可以轉換成水龍頭的樣子，他引用了外來知識(Srazalecki, 2000; Schmid, 1996)。當他畫出構想後(圖 4.14.a)，他說：

“這樣的感覺好像在抄他的..”

(D_03, 斷句 06)

他的自我評估的知識(Srazalecki, 2000)讓他覺得此構想是抄襲來的。接著他從草圖中來探討出水口和杯子之間距離的關係，他先畫出了二個突出的出水口(圖 4.14.c)，然後他覺得離主體太遠了；他再定義此問題，畫出一個內凹的造型(圖 4.14.d)；然後又覺得用杯子不太方便，他說：

“假設說今天它的杯，比較大或怎樣 就要靠很近...”

(D_03, 斷句 18)

他又畫出了另一張(圖 4.14.e)用壺的方式來解決，這是所謂的“定義及解決問題”(Simon, 1975; Anderson, 1983; Chan, 1993)；而連續產生了三張草圖，這種針對一個問題產生多個解決方案，是所謂的發散構思的能力(Guilford, 1968)。但是他並非單

獨只討論出水口和杯子的方式，他在重繪圖外形的時候，也同時探討並修改形體，從圖 4.14.c 發現一些問題，再修改成圖 4.14.d，再修改成圖 4.14.e，這種認知行為分別是“非預期的發現(Suwa, Gero and Purcell, 2000)”及“圖形重建(Liu, 1996b)”的草圖過程。接下來的一張草圖(圖 4.14.f, g)，則是他在探討整體造形比例的過程。最後確定圖 4.14.g 的構想，接下來在下一張草圖中，他將從立體圖來探討材質、機構、及操作性。

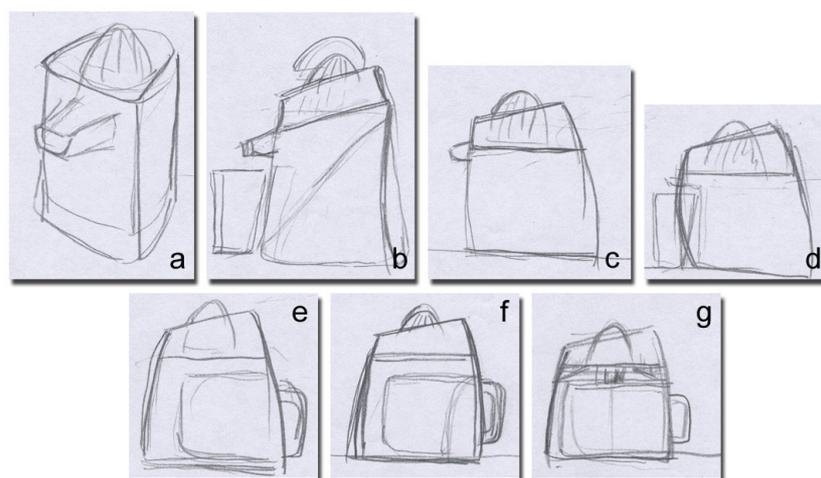


圖 4.14 受測者 D 第三次構想實驗的第一張草圖

在第二張圖中，他先畫出前一張草圖構想的透視圖(圖 4.15.a)，接著考量材質的問題，把上半部設定一種材質；而下半部為另一種材質(圖 4.15.b)，這些都是屬於專業知識。而接下來，他以一個爆炸圖來表示所有的機構及元素(圖 4.15.c)，他已經有了前二次的設計經驗，因此他沒有用太多的時間來探討元件的機能，而是直接運用在新的構想上。由此可看出，受測者 D 可能對此設計題目有一定程度的專業知識，同時也有創造力的認知行為。

以設計知識的广度來分析，受測者 D 運用了 42 次的“設計專業知識(Simon, 1999; Anderson, 2000)”來發展構想；同時他也有 10 次的“新領域知識(Srazalecki, 2000; Schmid, 1996)”大多來自參考案例；但是他的“獨創性知識(Srazalecki, 2000)”只有 2 次，表示他對自己的想法可能沒有自信；但是“自我評估知識(Srazalecki, 2000)”的次數卻有 39 次，可能表示著他要不斷地評估自己的想法，才能確定設計構想。

而在設計過程及策略因子方面，他的設計過程也是一直在“定義及解決問題(Simon, 1975; Anderson, 1983; Chan, 1993)”，共有 51 次；相較而言，“產生及測試過程(Simon, 1975)”只有 5 次；而“啟發性搜尋(Simon, 1966)”也只有 7 次。在創造力的“發散構想(Guilford, 1968)”及“轉換構想(Guilford, 1968)”而言，他有 17 次的發散構想，但是沒有產生任何的轉換構想。

在草圖行為，他在“圖形聯想”及“機能需求(Schön and Wiggins, 1992)”的行為

中，分別有 57 次及 22 次，從過程可看出他一直在畫小小的草圖來表達外形的構想，而對於機能的考量較少。而在“圖形重建(Liu, 1996b)”及“非預期的發現(Suwa, Gero, and Purcell, 2000)”的行為，分別只有 1 次及 3 次，因此草圖對他而言可能只是呈現構想的媒介。

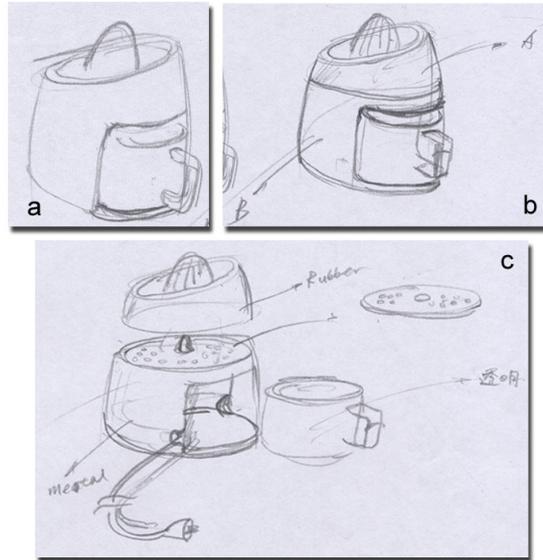


圖 4.15 受測者 D 第三次構想實驗的第二張草圖

受測者 E

首先受測者 E 受到創造力的文章所影響，他一開始企圖從一個形體出發，定義他的概念就是要和水果有關：

“這個東西就是跟水果有關係，因為那種東西，多半是柳丁，不然就是檸檬”

(E_03, 斷句 05)

因此他以柳丁的形狀來發展構想，這是以一種“獨創性知識(Srazalecki, 2000)”來確定發展的方向。接著他畫出一個柳丁的形狀後，他再將高腳杯的構想和柳丁結合在一起(圖 4.16.a)。他發現一個問題

“基本上看到這樣的東西，它可能會想到它是一個水果，那水果要怎麼榨果汁呢”

(E_03, 斷句 14)

因此他直覺地在柳丁下方插一個洞，直接將果汁引流出來，這是一種定義問題反解決問題(Simon, 1975; Anderson, 1983; Chan, 1993)過程。接著他發現用高腳杯來榨時，可能會重心不穩

“當然它底下要有吸盤，不然它可能會站不住，從側面看就是這樣” (E_03, 斷句 21)

因此在杯底下方採用吸盤來固定穩固，並同時考量電源線的問題(圖 4.16.b)。最後，他以前二次的設計經驗來考量榨汁機內部的結構(圖 4.16.c)，表示從設計思考的广度，他可能具有專家的知識，但是比較少有創造力的認知行為。

以設計知識而言，受測者 E 只有 25 次的“設計專業知識(Simon, 1999; Anderson, 2000)”；而“新領域知識(Srazalecki, 2000; Schmid, 1996)”及“自我評估知識(Srazalecki, 2000)”分別只有 2 次；反倒是“獨創性知識(Srazalecki, 2000)”各有 6 次，這可能表示此受測者對於自己的構想是很自信的。

而在設計過程及策略因子方面，他只有 18 次的“定義及解決問題(Simon, 1975; Anderson, 1983; Chan, 1993)”，相較前 4 位受測者而言不算多，從實驗的過程中看出，他只是把已經構思好的構想畫出，因此定義及解決問題的過程就會較少。而他有 5 次的“產生及測試過程(Simon, 1975)”；但是並沒有“啓發性搜尋(Simon, 1966)”。而在創造力的“發散構想(Guilford, 1968)”及“轉換構想(Guilford, 1968)”的行為，他有 5 次的發散構想，但是沒有轉換構想。

而在草圖行為的因子方面，他的“圖形聯想”及“機能需求(Schön and Wiggins, 1992)”行為，分別有 16 次及 19 次；而“圖形重建(Liu, 1996b)”及“非預期的發現(Suwa, Gero, and Purcell, 2000)”分別只有 1 次。

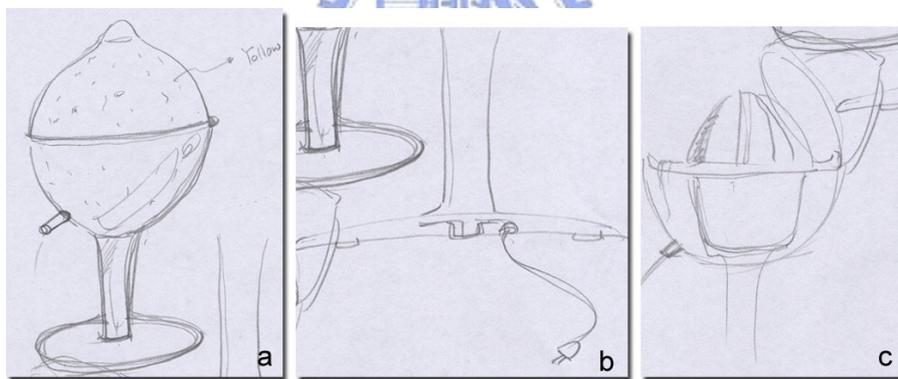


圖 4.16 受測者 E 第三次構想實驗的草圖

受測者 F

受測者 F 在實驗的開始試著從參考案例中，尋找一些現有產品的問題點：

“因為它迴轉半徑只有二分之一圓，所以可能不是很好，我在想說這種，這種那種繞圈的這樣子是不是會比較好呀” (F_03, 斷句 05)

試著去定義一些問題(Simon, 1975; Anderson, 1983; Chan, 1993)，同時她以某一個參考案例為架構，在此架構上解決她所定義的問題(圖 4.17.a)。然而在發展細節的過程中，她以描述的方式來解決問題，並沒有以草圖畫出；可能是她的草圖表現能力不足，未達到專家的草圖能力(Schön and Wiggins, 1992)，但是以她的口語資料

來看，她會有相當多的專家知識。在構想的過程中，她也會評估自己的構想：

“那我會覺得說這樣很不方便清洗，所以我希望這個部份...” (F_03, 斷句 18)

但是沒有發散構思或是轉換構想(Guilford, 1968)的能力出現。從上述的思考過程看來，受測者 F 可能還是此設計主題的設計生手。

以設計知識的因子來分析，受測者 F 只有 18 次的“設計專業知識(Simon, 1999; Anderson, 2000)”；但是他有 7 次的運用參考案例來做為“新領域知識(Srazalecki, 2000; Schmid, 1996)”；但是“獨創性知識(Srazalecki, 2000)”只有 2 次；但是會有 11 次的“自我評估知識(Srazalecki, 2000)”，如受測者 D 表示他對於自己的想法可能比較沒有自信。

而在設計過程及策略因子方面，他有 25 次的“定義及解決問題(Simon, 1975; Anderson, 1983; Chan, 1993)”過程；但是“產生及測試過程(Simon, 1975)”及“啓發性搜尋(Simon, 1966)”，分別只有 2 次及 0 次，也就是說他沒有太多的專家特質。而在創造力的“發散構想(Guilford, 1968)”及“轉換構想(Guilford, 1968)”，也分別只有 2 次及 0 次，也代表著他沒有創造力的特質。

在草圖行為的因子方面，他的“圖形聯想”及“機能需求(Schön and Wiggins, 1992)”的行為，分別只有 7 次及 14 次，圖形聯想比機能需求要來得少，從實驗可看出，他的一些構想都是用口述，而不是用草圖呈現。而在“圖形重建(Liu, 1996b)”及“非預期的發現(Suwa, Gero, and Purcell, 2000)”都為 0 次，完全沒有草圖上的創造力行為。

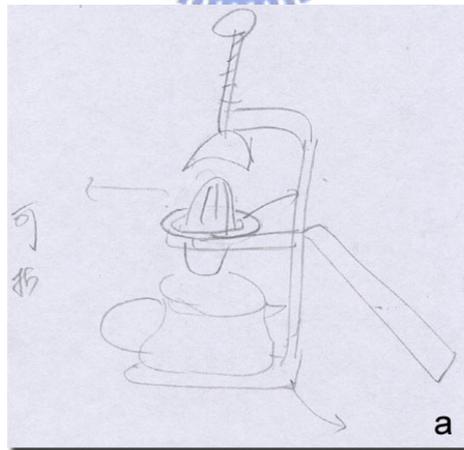


圖 4.17 受測者 F 第三次構想實驗的草圖

受測者 G

受測者 G 先定義榨汁機是以手動的方向來發展，接著他分析榨柳丁汁的過程，從切柳丁的動作開始，他企圖把切柳丁的問題定義清楚，來開始發展構想(圖 4.18.a)；但是他最後放棄了，原因是他解決這個問題的專家知識不足，想不出可以整合的

方式。接著他以他學習過的專家知識，繪出榨汁頭並開始發想，他想到有些產品具有抓住的功能，可以將柳丁抓住；然而，受測者 G 無法很清楚地說明此抓住柳丁的機構為何，因此有可能是他其他領域知識不足的原因。但是對於榨汁機本身結構而言，他可以直覺地畫出元素，他可能已經具備了一些設計主題的知識(圖 4.18.b)。接著他重新整理初步的構想，開始思考構想的外形，過程中他會把外形和機能力以，例如：

“基本上它是一個圓的，因為你要手在這邊施力嘛，所以你的底一定是圓的嘛”

(G_03, 斷句 18)

他具備了 Schön and Wiggins 所提的繪制圖形及解決機能的需求(Schön and Wiggins, 1992)，他的草圖行為已經有專家的特質。當他發展此蓋子的構想後(圖 4.18.d)，他說

“然後，要讓它有旋轉的感覺，所以我在想說，這個溝槽應該是也是有暗示的意味”

(G_03, 斷句 33)

這是一種“獨創性知識(Srazalecki, 2000)”，同時也是“發散構想(Guilford, 1968)”的能力。當他發展完整個構想後(圖 4.18.d)，他再度回來思考“旋轉的問題”，然後在旁邊畫出一個他解決旋轉感覺的示意圖(圖 4.18.e)，

“總是要讓它有那種好握，好抓的感覺，所以接下來 ...”

(G_03, 斷句 37)

並定義了“旋轉的問題”，這是定義及解決問題的能力(Simon, 1975; Anderson, 1983; Chan, 1993)，也是一種發散構思的能力(Guilford, 1968)，並再次修改構想(圖 4.18.f)。在整個實驗中可以看出，受測者 G 都具備一些專家及創造力的特質，但是可能因為設計經驗不足的關係，以致沒有足夠的專家知識來構想細部設計。

從設計知識的因子來分析，受測者 G 有 39 次的“設計專業知識(Simon, 1999; Anderson, 2000)”；但是只有 2 次的“新領域知識(Srazalecki, 2000; Schmid, 1996)”，也就是說他有一些設計主題的專家知識，但是他不會從參考案例中，轉換成自己的構想。但是在“獨創性知識(Srazalecki, 2000)”及“自我評估知識(Srazalecki, 2000)”分別有 10 次及 8 次，這表示他可能有一些創造力的特質。

而從設計過程及策略因子來分析，他有 45 次的“定義及解決問題(Simon, 1975; Anderson, 1983; Chan, 1993)”的過程，但是“產生及測議過程(Simon, 1975)”及“啓發性搜尋(Simon, 1966)”分別只有 7 次及 5 次，可能表示著他專家的特質不明顯。而在創造力的“發散構想(Guilford, 1968)”及“轉換構想(Guilford, 1968)”，分別有 11 次及 0 次，這表示他可能會發散自己的構想，但是無法將參考案例的想法，轉換到自己的構想中。

從草圖行為來看，他的“圖形聯想”及“機能需求(Schön and Wiggins, 1992)”行為，分別有 29 次及 35 次；但是創造力的“圖形重建(Liu, 1996b)”及“非預期的發現(Suwa, Gero, and Purcell, 2000)”各分別只有 2 次及 1 次。這可能表示著草圖對他而言只是呈現構想的媒介，而沒有用來思考設計問題。

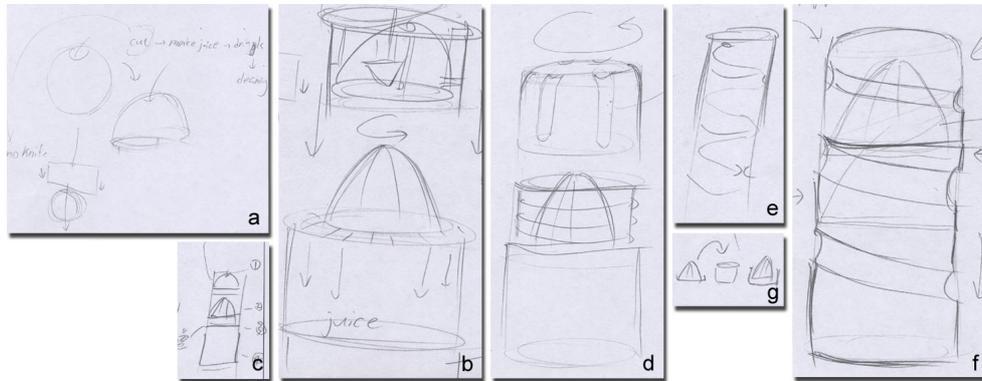


圖 4.18 受測者 G 第三次構想實驗的草圖

受測者 H

實驗一開始，受測者 H 先分析他的專家知識中的槌槓原理，他發現參考案例中的產品都是使用受測者 H 的第二種槌槓原理，而且體積都相當大；因此，試著想其他的方法，來達到同樣的效果(圖 4.19.a)。他結合了他所謂的第二種槌槓原理及參考案例中的圓形旋轉的榨汁機，

“是用旋轉的方式，來取得果汁，那我想是不是將這二者的優點結合起來”

(H_03, 斷句 12)

提出了一些設計的方向。並且很仔細地分析不同的槌槓原理，並決定了以旋轉的槌槓原理來做為構想的架構(圖 4.19.b)。可以看出他具有相當多的外來知識(Srazalecki, 2000; Schmid, 1996)，同時也具備了定義及解決問題的能力(Simon, 1975; Anderson, 1983; Chan, 1993)。接下來，他開始以此方向來發展，以為達到旋轉的機能而言，他啟發性搜尋(Simon, 1966)直覺地找到了專家知識(Akin, 1990; Simon, 1999; Chan, 1993)中的三角形的外形，來達到方便旋轉的機能(圖 4.19.c)；

“因為我希望它能可以旋轉，所以我以三角形為主”

(H_03, 斷句 30)

接下來，他把螺絲的原理轉換成旋轉並向下壓榨的機構，這是外來知識(Srazalecki, 2000; Schmid, 1996)(圖 4.19.d)。

“那這邊是像螺絲一樣的螺紋”

(H_03, 斷句 40)

為了進一步思考機構問題，他接著畫出一個剖面圖來表示構想的結構(圖 4.19.e)，以及產品的爆炸圖來表示(圖 4.19.f)，最後他進一步思考榨汁頭的結構(圖 4.19.g)，

以及蓋子固定柳丁機構的問題(圖 4.19.h)。在發展設計細節時，他思考問題時，他有很強的專家知識，來產生解決方案；相對地，比較少創造力的認知行為出現。

從設計知識的因子來分析，他有 62 次的“設計專業知識(Simon, 1999; Anderson, 2000)”斷句，他的專業知識的表現是很突出的；相較而言，創造力的因子，“新領域知識(Srazalecki, 2000; Schmid, 1996)”、“獨創性知識(Srazalecki, 2000)”及“自我評估知識(Srazalecki, 2000)”，分別只有 6 次、3 次及 11 次，以整個實驗來說是較少的。

而從設計過程及策略因子來分析，他也有 51 次的“定義及解決問題(Simon, 1975; Anderson, 1983; Chan, 1993)”因子，但是“產生及測試過程(Simon, 1975)”及“啟發性搜尋(Simon, 1966)”分別只有 6 次及 2 次；而創造力的因子，“發散構想(Guilford, 1968)”及“轉換構想(Guilford, 1968)”更少，分別只有 2 次及 0 次，意指著此受測者可能具有專家的特質，但是比較沒有創造力的特質。

再從草圖行為的因子來分析，在“圖形聯想”及“機能需求(Schön and Wiggins, 1992)”的行為，分別有 51 次及 26 次，這可能表示著他的草圖，除了來解決機能的問題外，同時可能有造型的思考過程。而在創造力的“圖形重建(Liu, 1996b)”及“非預期的發現(Suwa, Gero, and Purcell, 2000)”分別只有 1 次及 2 次，表示他在草圖行為上，沒有創造力的特質。

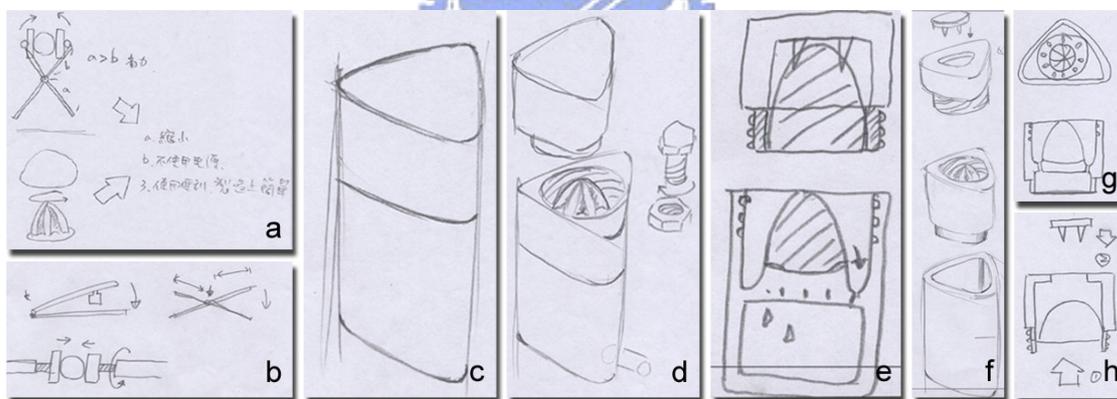


圖 4.19 受測者 H 第三次構想實驗的草圖

受測者 I

受測者 I 在實驗的開始先回想前二次實驗的構想，並以草圖畫出(圖 4.20.a)並且簡單地說明設計概念及原理，這些設計構想已經漸漸地變成他的專家知識。接著他試著給前二次的構想，來做為這次實驗發展的方向，同時他以自我評估的知識(Srazalecki, 2000)來評估第二次實驗，說

“... 但我覺得，這個太..上次這個 B 案的 太過原始”

(I_03, 斷句 18)

因此，他試著去定義外形的問題，在接下來構想中解決(圖 4.20.b)。同時他也構想細節設計，但是在此圖(圖 4.20.b)他用了一些專家知識來描述設計的細節，但是在思考蓋子上彈簧的力道時，他說

“...這個彈簧的力道我是不會算，可能或許是不可行...” (I_03, 斷句 27)

意指他的專家知識中有彈簧力壓的概念，而缺乏機械的其他領域知識，但是不會影響到他的構想發展。接著，他以剖面圖來思考內部機構的原理(圖 4.20.d)，此過程都是以專家知識來思考；相對而言，比較沒有發散構思，或是轉換構想的認知行為(Guilford, 1968)。從受測者 I 的思考過程來看，他具有設計專家的特質，對於一些設計的細節會有清楚的設計；但是，比較少用外來的知識，或是自我評估的知識，來對一個設計問題產生發散的思考，或是從其他的概念轉換到構想的認知行為。因此，受測者 I 可能是此設計主題的專家，但是比較少發現他的創造力認知行為。

以設計知識的因子而言，受測者 I 有 33 次的“設計專業知識(Simon, 1999; Anderson, 2000)”因子，但是“新領域知識(Srazalecki, 2000; Schmid, 1996)”只有 1 次，這表示他有相當多的專業知識，但是較少參考設計案例。而“獨創性知識(Srazalecki, 2000)”及“自我評估知識(Srazalecki, 2000)”分別有 7 次及 5 次，這些都是他個人的設計特質。

而以設計過程及策略因子來分析，他有 26 次的“定義及解決問題(Simon, 1975; Anderson, 1983; Chan, 1993)”及 4 次的“產生及測試過程(Simon, 1975)”，但是完全沒有“啓發性搜尋(Simon, 1966)”；同時也沒有創造力的“發散構想(Guilford, 1968)”及“轉換構想(Guilford, 1968)”。因此從設計過程及策略因子來看，表示他可能具有專家的能力，但是沒有創造力的特質。

再從草圖行為的因子分析，在“圖形聯想”及“機能需求(Schön and Wiggins, 1992)”的行為上，分別有 25 次及 22 次；而創造力的“圖形重建(Liu, 1996b)”及“非預期的發現(Suwa, Gero, and Purcell, 2000)”也都是 0 次，此結果也顯示他在草圖行為上，也是具有專家的行為，但是沒有創造力的特質。

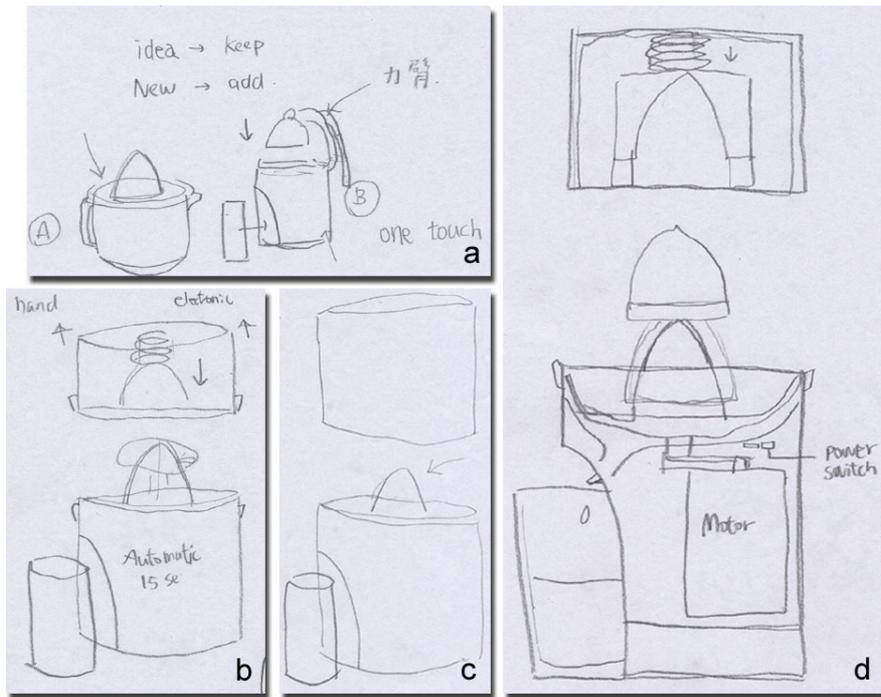


圖 4.20 受測者 I 第三次構想實驗的草圖

受測者 J

受測者 J 在實驗的一開始不知道要如何發展，他說：

“現在用月的物體 轉移到我的概念裏面，我之前有看過人家做果汁機，用城堡...”

(J_03, 斷句 03)

這是一種轉換構想的認知行為(Guilford, 1968)，他之前看過有些果汁機是以城堡或是建築來設計，他以此外來的知識(Srazalecki, 2000; Schmid, 1996)，轉換到構想的概念上。他先畫出一個城堡的外形，再去思考榨汁機的元素如何轉換到城堡的構想上(圖 4.21.a)，例如：

“它會有一個電線收納的地方，那所以我想利用那個，中古時候的那個城堡，不是都會有那個城牆，城牆的概念”

(J_03, 斷句 11)

這個過程也是不斷地進行所謂的定義及解決問題(Simon, 1975; Anderson, 1983; Chan, 1993)。接著他發展初步的構想後，他進一步思考構想的機能性及設計細節，例如：壺口、過濾、榨汁頭...，這是元素知識均是來自於第二次的實驗，只是轉換到不同的構想上(Guilford, 1968)。在轉換的過程中，他會有一些過度的轉換，例如：

“就很像那個養城河，會有馬匹過去的樣子，可是這樣子，生產上一定很麻煩，很不方便”

(J_03, 斷句 28)

“而且這個東西要清洗, 所以我不用這個構想, 所以讓它直接有一個開, 這樣就夠了”

(J_03, 斷句 29)

但是他會以自我評估的知識(Srazalecki, 2000)來否定此想法。此外, 他也具有發散構思的能力(Guilford, 1968), 會對一個問題產生不同的解決方案, 再來進行評估(Srazalecki, 2000), 例如城堡上方的小開窗, 在第一張圖(圖 4.21.a)和第二張圖(圖 4.21.b)的構想不同, 而且在第三張圖(圖 4.21.c)中又再次探討。從整個設計思考的過程來看, 受測者具有相當多的專家知識, 會思考一些設計的細節; 但是他又會對一個問題發展不同的解決方案, 再來進行評估。因此, 他可能同時有專家及創造力設計師的特質。

從設計知識的因子分析, 受測者 J 有 29 次的“設計專業知識(Simon, 1999; Anderson, 2000)”, 但同時也有 7 次引用外來“新領域知識(Srazalecki, 2000; Schmid, 1996)”; 而他的“獨創性知識(Srazalecki, 2000)”及“自我評估知識(Srazalecki, 2000)”也分別有 14 次及 11 次。由此可看出, 他同時有專家及創造力的設計知識。

以設計過程及策略因子而言, 他有 49 次的“定義及解決問題(Simon, 1975; Anderson, 1983; Chan, 1993)”, 可以看出整個實驗過程中, 他一直不斷地在發現問題及解決; 但是他沒有“產生及測試過程(Simon, 1975)”的過程, 可能是他一直在思考構想的造形, 而機能對他而言, 只要可用即可。而他也有 4 次的“啟發性搜尋(Simon, 1966)”直覺地來解決問題。在創造力的“發散構想(Guilford, 1968)”及“轉換構想(Guilford, 1968)”, 他有 15 次的發散構想, 及 9 次的轉換構想。表示他對一個問題, 會產生不同的解決方案, 同時也會將不同的想法轉換到自己的構想中。

再從草圖行為的因子來分析, 他的“圖形聯想”及“機能需求(Schön and Wiggins, 1992)”分別有 30 次及 26 次; 而創造力的“圖形重建(Liu, 1996b)”及“非預期的發現(Suwa, Gero, and Purcell, 2000)”分別只有 0 次及 1 次, 由此可以推測, 草圖對此受測者而言, 可能只是構想的呈現。

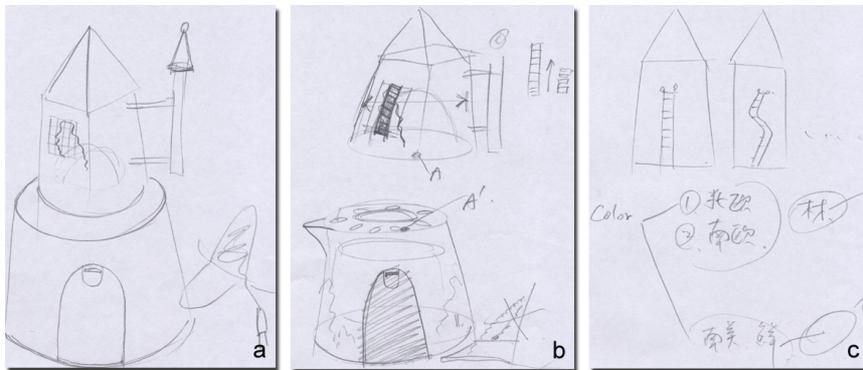


圖 4.21 受測者 J 第三次構想實驗的草圖

4.4.2 小結：口語編碼的結果

將每位受測者各類認知因子出現的次數，可以得到總表 4.5 之結果。在表 4.5 中，三類認知因子分別為設計知識、設計過程及策略的因子、及草圖行為的因子；每類因子分別有不用的專家因子。而第一欄的“受測者及次數”則表示不同的受測者及實驗的次數，每次實驗所使用的因子分別記錄在相對的欄位中；而每位受測者的三次實驗的因子，分別加總在“total”列(以粗體表示)。例如，受測者 A 的三次實驗的因子分別記錄在“A_01”, “A_02”, 及“A_03”, 而三次的加總則在“A_total”。

表 4.5 口語分析編碼結果之總表

受測者及次數	設計知識的因子				設計過程及策略的因子					草圖行為的因子			
	設計專業知識	新領域的知識	獨創性知識	自我評估知識	定義及解決問題	產生及測試	啟發性搜尋	發散構想	轉換構想	圖形聯想	機能需求	圖形重建	非預期的發現
A_01	28	4	6	7	28	6	4	4	2	32	16	1	3
A_02	27	1	10	9	35	7	9	8	0	31	18	3	4
A_03	35	7	8	21	47	12	3	5	3	57	19	3	6
A_total	90	12	24	37	110	25	16	17	5	120	53	7	13
B_01	25	1	4	0	13	6	0	0	0	15	4	0	0
B_02	25	3	1	4	24	4	0	1	0	13	11	0	0
B_03	36	0	4	1	30	2	2	1	1	25	12	0	0
B_total	86	4	9	5	67	12	2	2	1	53	27	0	0
C_01	20	1	6	13	27	9	4	7	0	11	14	3	4
C_02	39	5	13	36	61	8	4	14	2	23	18	4	9
C_03	45	8	11	26	64	16	5	8	1	31	30	0	3
C_total	104	14	30	75	152	33	13	29	3	65	62	7	16
D_01	40	0	10	11	39	1	1	5	0	36	9	2	1
D_02	44	5	4	13	45	3	5	4	0	40	11	1	2
D_03	42	10	2	39	51	5	7	17	0	57	22	1	3
D_total	126	15	16	63	135	9	13	26	0	133	42	4	6
E_01	30	2	7	9	31	5	0	8	0	14	19	0	0
E_02	53	2	7	6	41	6	0	0	0	25	12	1	1
E_03	25	2	6	2	18	5	0	5	0	16	19	1	1
E_total	108	6	20	17	90	16	0	13	0	55	50	2	2
F_01	25	6	5	9	35	3	0	1	0	11	17	0	3
F_02	33	7	9	11	44	4	1	6	0	11	12	0	0
F_03	18	7	2	11	25	2	0	2	0	7	14	0	0
F_total	76	20	16	31	104	9	1	9	0	29	43	0	3
G_01	26	3	8	16	39	2	1	1	2	27	8	0	0
G_02	49	12	15	15	69	7	0	11	2	41	13	1	1
G_03	39	2	10	8	45	7	5	11	0	29	35	2	1
G_total	114	17	33	39	153	16	6	23	4	97	56	3	2

H_01	64	2	7	1	49	2	0	0	0	55	24	0	1
H_02	47	2	9	7	41	5	0	0	0	53	22	0	0
H_03	62	6	3	11	51	6	1	2	0	51	26	1	2
H_total	173	10	19	19	141	13	1	2	0	159	72	1	3
I_01	57	0	12	5	59	9	4	3	0	30	42	0	2
I_02	50	3	2	4	36	16	3	2	0	25	30	0	1
I_03	33	1	7	5	26	4	0	0	0	25	22	0	0
I_total	140	4	21	14	121	29	7	5	0	80	94	0	3
J_01	45	0	6	17	50	1	2	10	0	40	13	1	5
J_02	39	4	14	17	57	4	2	1	1	24	25	0	2
J_03	29	7	14	11	49	0	4	14	9	30	26	0	1
J_total	113	11	34	45	156	5	8	25	10	94	64	1	8

以每一項因子而言，從每位受測者所累加分值，可以比較出每項因子前三名之數量(表 4.6 以方框表示)，例如：“設計專業知識”因子的前三名，分別是 H(173)>I(140)>D(126)。如此一來，可以得知每一項因子的前三名分別是那幾位受測者。整體而言，以每位受測者得到每項因子前三名之數量來分析，可得表 4.7。

表 4.6 口語分析編碼之總合

受測者及次數	設計知識因子				設計過程及策略因子					草圖行為因子			
	設計專業知識	新領域的知識	獨創性知識	自我評估知識	定義及解決問題	產生及洞識	啟發性搜尋	發散構想	轉換構想	圖形聯想	機能需求	圖形重建	非預期的發現
A_total	90	12	24	37	110	25	16	17	5	120	53	7	13
B_total	86	4	9	5	67	12	2	2	1	53	27	0	0
C_total	104	14	30	75	152	33	13	29	3	65	62	7	16
D_total	126	15	16	63	135	9	13	26	0	133	42	4	6
E_total	108	6	20	17	90	16	0	13	0	55	50	2	2
F_total	76	20	16	31	104	9	1	9	0	29	43	0	3
G_total	114	17	33	39	153	16	6	23	4	97	56	3	2
H_total	173	10	19	19	141	13	1	2	0	159	72	1	3
I_total	140	4	21	14	121	29	7	5	0	80	94	0	3
J_total	113	11	34	45	156	5	8	25	10	94	64	1	8

表 4.7 各受測者獲得各類因子前三名之數量

因子	受測者									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Total	6	0	8	7	0	1	4	3	3	7

在表 4.7 中，受測者 C 是最多者共有 8 項，其次是受測者 D 及 J 各有 7 項，接下來則是受測者 A 有 6 項，其他受測者 G 有 4 項，受測者 H、I 則有 3 項，受測者 F 有 1 項，而受測者 B 及 E 則為 0 項。

因此，基於圖 4.1 所表示，本階段的目的在於選出灰色區域的“有經驗設計師”。本階段分析所使用的認知因子共有 13 項，假設受測者在 13 項的認知因子都是前三名，意指者他就是所謂的設計專家；然而，“有經驗設計師”所擁有的認知因子至少要具備一半以上的認知因子，才可能被稱為“有經驗設計師”。

因此，受測者 C 在 13 項認知因子中，具有 8 項因子為前三名；受測者 C 是最有資格成為此設計主題的“有經驗設計師”。而受測者 D 及 J 在 13 項因子中，也有 7 項因子為前三名；因此，受測者 D 及 J 也是可能的“有經驗設計師”。然而受測者 A，有只 6 項前三名的因子，相當接近 13 項因子的一半；因此，也將受測者 A 列為可能的“有經驗設計師”。而受測者 G 只有 4 項為前三名，僅為 13 項的三分之一不到，因此受測者 G 之後的受測者，仍是此設計主題的佳手。因此，本階段實驗的結果，判定受測者 C, D, J 及 A 為此設計主題的“有經驗設計師”，並將成為下一階段的受測者。





第五章 形成專家、風格、及創造力的認知歷程

經由第四章的認知實驗中可以得知，部份的受測者可以從設計主題中，學習到設計新的知識，並分析及定義設計問題、解決設計問題，成為“有經驗的設計師”。在圖 4.1 中整合出 Simon 一系列的研究(Simon, 1966, 1975, 1999)，有經驗的設計師要變成有創造力的設計師，必須經過三個階段：從生手，專家，到有創造力的設計師；另一方面，Gardner (1993)則是提出創造力的行為可能發生在形成專家的早期。不論是 Simon 或是 Gardner 形成創造力的過程，設計師會因不串設計知識、或策略、或是草圖認知能力的特質，分別形成專家、風格、及創造力設計師。

一位設計師的一系列作品，會產生一個相連的作品鏈路，從這些作品鏈路可以看出他們在設計元素、或設計問題解決的漸變過程，Gruber (1989)提出可以從設計師的「演化系統(evolutionary systems)」來探討創造力形成的過程；然而，一個專家或是創造力的設計師至少需要 10 年以上的設計經驗(Simon, 1966, 1975, 1999)，因此無法在本研究中探討完整形形成創造力或是專家的過程，這是本論文的研究限制之一。但是，設計師仍會從不斷的設計過程中，發展出不串的設計特質，而產生三種設計師的傾向；因此，本階段的研究目的將探討在第四章形成的“有經驗的設計師”，再經由不斷的產生相串設計主題的實驗，分析他們在此階段的實驗中，可能形成的專家、風格、或創造力的傾向。

5.1 實驗目的及步驟

基於本階段的研究目的，讓第四章的“有經驗的設計師”再繼續進行二次實驗，使受測者可能具有三種不串傾向的設計師，來分析他們在設計知識、設計過程及策略、草圖行為等三類認知因子上不串性及傾向。

實驗題目及受測者

實驗受測者是在第四章實驗中，最後形成“有經驗的設計師”的受測者，本階段的设计主題，將與第四章的題目相串的手搖榨汁機設計，讓四位“有經驗的設計師”，再產生設計構想，隔一個星期再重複進行實驗，共二次。與第四章的實驗步驟不串的地方在於，實驗者不再提供設計參考及回饋讓受測者學習；但是在設計的過程中，受測者仍可以參考之前的設計案例。

實驗步驟

1. 發展設計構想：本階段的受測者 A, C, D, J 已經是前一個階段的“有經驗的設計師”，他們對設計的主題及口語分析的方法已經相當熟悉；因此不需再進行热身實驗，直接進行設計構想發展，直到產生一個設計構想，整個過程仍是以啟發思考的口語分析方法，構想的過程並以 DV 錄影。
2. 下次實驗：在每次做完實驗後，不提供設計案例供參考，第一次實驗完後，大約再隔一週進行第二次實驗，共進行 2 次。

實驗結果及過程簡述

本階段實驗所以採用的設計主題及實驗方法，也和第四章相同；不同之處在於，在每個實驗之前，不需要再進行設計主題及參考案例的分析，及以實驗與實驗之間不再提供參考案例，供受測者學習。此外，本階段實驗的受測者是第四章實驗中所形成的“有經驗設計師” A, C, D, J，共四人。這四位受測者已經完全熟悉此設計題目及口語分析的實驗方法，因此請四位受測者直接進行約 10-20 分鐘的實驗，直到產生一個設計構想；相隔一週，分別請四位再進行一次實驗，二次實驗的過程均以 DV 攝影機錄製，供口語分析用。

以整個研究而言，在第四章中四位受測者已經分別進行三次的榨汁機實驗，對他們而言，本階段的二次實驗分別是他們在本論文中第四次及第五次實驗；因此為了避免和第四章的三次實驗混淆，本階段二次的實驗分別稱為第四次及第五次的認知實驗。接下來將針對四位受測者的第四次及第五次的實驗過程予以簡述

受測者 A

第四次：發展設計構想(10 分 50 秒)

受測者 A 已經是本設計主題的有經驗設計師，在第 4 次的實驗開始，他仍先從本研究提供的榨汁機開始找尋發想的切入點，產生一個穿入柳橙的想法。有了此想法後，他試著以扁鑽的概念做為參考，使構想造形並藉由 DNA 的螺旋來轉換成刀具的設計。接著他繼續探討刀具本身的展開及收合的結構問題，以及考量在使用過程上可能發生的問題，再修改原來的設計，最後產生一個專用的杯子，來解決使用上的直接用刀具的危險性(圖 5.1.01)。

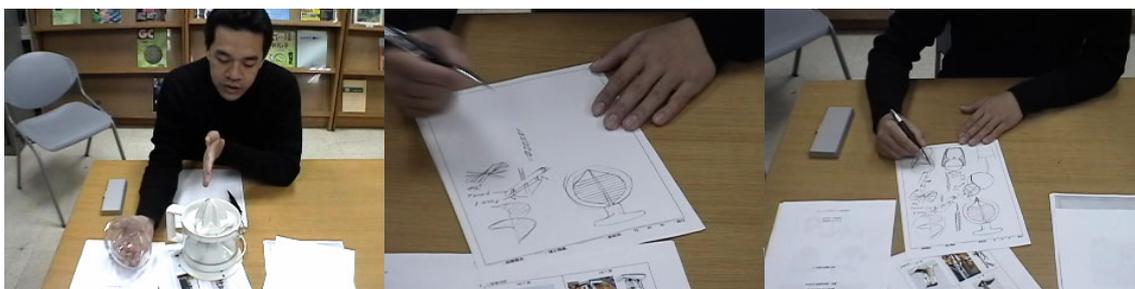


圖 5.1.01 受測者 A 的第四次實驗過程

第五次：發展設計構想(8分56秒)

在受測者 A 第 5 次實驗開始，他先參考第四章實驗所給的參考案例，並從參考案例中的鐵片形狀出水口，聯想到鐵片沖壓的概念為構想的出發。接著畫出一片鐵片可能沖出來形狀，然後以正面視圖來探討細部的設計，及沖壓過程可能的問題。接下來，他再以側視圖來構想其他的細部設計，同時考量使用時果汁可能的流向，及杯子放置的問題，最後則是考量該鐵片展開之後可能的形狀(圖 5.1.02)。



圖 5.1.02 受測者 A 的第五次實驗過程

受測者 C

第四次：發展設計構想(11分44秒)

在實驗的一開始，受測者 C 花了一些時間在尋找發展的方向，先以一個小小的杯子做為出發點，基於此杯子的形體，他將杯子視為榨汁機本身的一部份，產生了一個完整的榨汁機，並以不帶視角的草圖來表達。產生了初步的構想後，他試著再加入考量使用環境的因素，並產生另一個構想；最後，他結合了第一個小榨汁機及第二個和環境融合的概念，產生最後的構想(圖 5.1.03)。



圖 5.1.03 受測者 C 的第四次實驗過程

第五次：發展設計構想(12分49秒)

受測者 C 一開始先想到設計展中的一個有趣的飲水機的設計，並以草圖畫出說明它的機能，他試著想要以此構想出發，用在榨汁機的設計上，但是最後無法轉換；因此，他從另外一個方向思考，畫出一個簡單的榨汁機，並把它看成是盆景之類的设计。接著從一個像盆景之類的榨汁機，受測者 C 改變高度及寬度的比例，並同時考量材質上的改變，而帶來不同的效果，最後他考量到使用時的環境，同時用草圖表示出使用時和環境之間的相互關係及光影的效果(圖 5.1.04)。

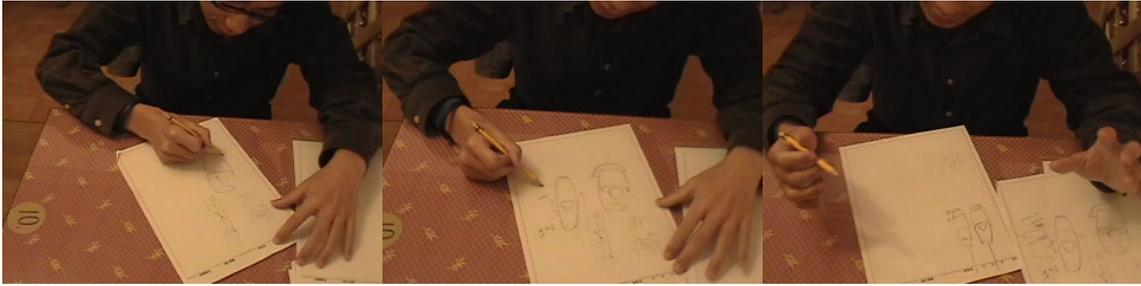


圖 5.1.04 受測者 C 的第五次實驗過程

受測者 D

第四次：發展設計構想(7 分 15 秒)

在這次的實驗中，受測者 D 直覺地探討他最近使用榨汁機的感受，並直接表現出使用方便的汁榨機之要素，例如榨汁頭的設計。在他的使用經驗中發現，榨汁時果汁會亂飛，因此他進一步解決果汁亂飛的問題，用一個有控制開關的蓋子來解決。接著他繼續探討榨汁頭榨汁時阻塞的問題，並以二層榨汁頭的方式來解決，阻塞的問題，最後將所有之前考慮過的問題，整個在一個完整的設計構想中，並考量杯子放置的問題(圖 5.1.05)。



圖 5.1.05 受測者 D 的第四次實驗過程

第五次：發展設計構想(12 分 35 秒)

實驗開始，受測者 D 先回想之前的一個設計構想，主要是以一個傾斜的角度，來做為構想的出發，並將傾斜角度的概念用在設計上，接著他以側面圖來思考蓋子及杯子放置的問題，產生了一個可以調整榨汁機高度的構想，同時也思考用材質來切割整個外部的形體。接著，他另外畫一張草圖，重新來思考除了材質分割外，其他修飾整個形體的細部設計，以螺旋的意象來修飾整個的線條，來表示榨汁過程的擠壓的過程；同時也考量電動操作的過程。最後他以另一個角度來構想設計，來看另一個角度的形體，是否有其他的形體或操作上的問題(圖 5.1.24)。



圖 5.1.06 受測者 D 的第五次實驗過程

受測者 J

第四次：發展設計構想(7 分 05 秒)

受測者 J 在實驗的一開始是參考自己前三次所畫過的草圖，企圖想要畫出一個新的東西。他直接在週圍的環境中找尋可當成構想的鉛筆盒，做為發展的出發點。接著他將鉛筆盒的構想，轉換成較可能成為榨汁機的形體，並試圖把一些和鉛筆盒相關，且有趣的東西帶入設計構想中。有了初步形體之後，他進一步思考榨汁機基本的機能及操作上可能的問題，並用一些縮小的草圖來探討操作性。他進一步考量其他的元素，如杯子的設計、配色、及其他細節，最後完成他的構想(圖 5.1.07)。

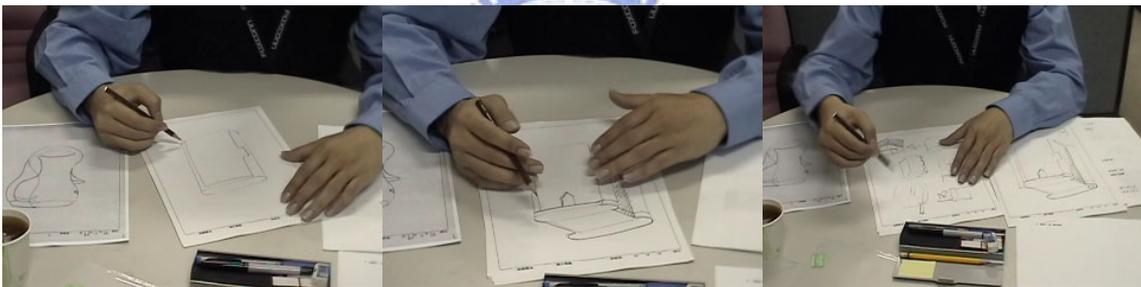


圖 5.1.07 受測者 J 的第四次實驗過程

第五次：發展設計構想(11 分 29 秒)

這次的實驗中，受測者 J 先用圓錐及圓柱，分別代表榨汁頭及存放果汁容器可能佔到的空間，並企圖以一個較自由的形體，來包覆榨汁機可能內部空間。有了內部空間及自由形體的概念，接著他繪制出榨汁機的外形，並同時思考可能使用到的空間，如杯子的空間。然而，受測者 J 自我評估造形後，覺得此形體不夠好不夠簡潔；因此，他重新以包覆的概念，產生另外一個形體，並評估滿意後，再進行細節的設計，如開門、內部空間配置、操作過程、杯子等的設計。最後，他從上視圖來檢視設計構想，並同時發展了二個站立腳的設計細節，完成了最後的設計構想(圖 5.1.08)。

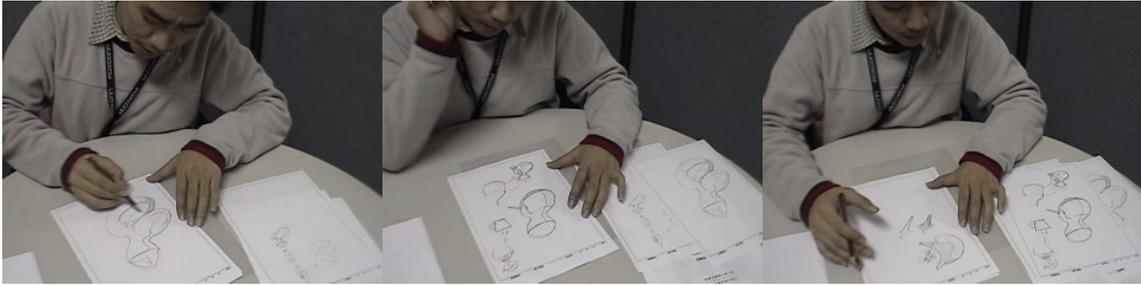


圖 5.1.08 受測者 J 的第五次實驗過程

5.2 編碼系統

在第四章分析過程中，整合第三章的認知因子：設計知識、設計過程及策略、及草圖行為等三類共 13 個因子，共串來做為區分較有經驗的設計師的認知因子；然而，第四章所用的認知因子，除了設計知識是可以被明確地被判斷出來外，其他二類的設計過程及策略，以及草圖行為的因子，都是屬於連續性的認知行為。為了分析連續的認知行為，則必需把認知因子拆解成更細微的行為，再進一步組合成認知因子，再進行分析。此外，在連續的因子中，可能有些細微的行為是相似的，只是使用的知識不同，就會產生不同的認知行為。例如：“定義及解決問題”與“發散構想”，前者屬於專家特質；後者則是創造力的特質。二者相同的地方是以產生構想來解決問題；而不同之處則在於以不同的知識屬性來產生構想，如以第四章的編碼方式，則無法分析出二者之間的相同處。因此，相對於第四章的編碼系統，本章必須使用更精確且更細微的編碼系統來進行編碼，才能更深入地表現認知因子的連續過程。

因此，在經由 5.1 章的實驗步驟，可以獲得受測者的口語及圖形資料(圖 5.2a)；在設計的過程中，這些口語及圖形資料是串時來表達受測者的構想，可進一步以“口語系統”及“圖形系統”分別予以編碼(圖 5.2b)。因此“口語系統”及“圖形系統”是本階段研究串來分解受測者在實驗中認知行為的編碼系統，在本節 5.2 將分別以“口語系統”及“圖形系統”二個部份予以說明系統的內容；而在最後則是呈現二個系統共串編碼的結果。

經由“口語系統”及“圖形系統”共串進行編碼後，可以此二個編碼系統的組合，來表示本研究所提出的三類認知因子(圖 5.2c)。因此將在下一節 5.3 中進一步說明，編碼系統如何組合成認知因子；最後再以串組合後的認知因子，來分析受測者的專家、風格、及創造力的傾向。

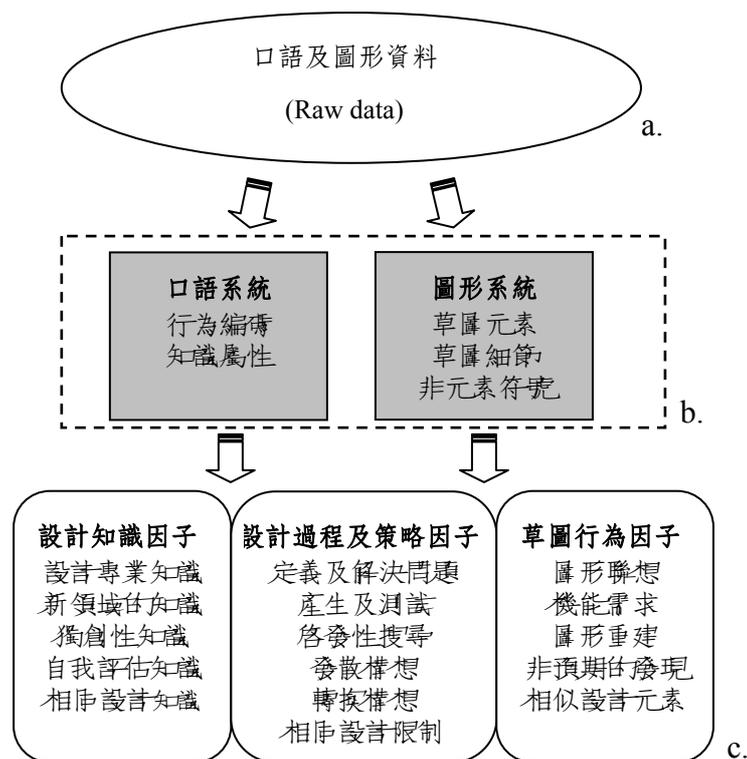


圖 5.2 編碼系統及認知因子的關係圖

5.2.1 口語系統

在口語系統中，可以分成行為編碼及知識屬性二大類。行為編碼是針對受測者在實驗中的細部認知行為加以編碼，基於 Suwa 等人在認知行為的分類中的知覺行為 (perceptual) 及草圖行為 (D_action) (表 5.1) (Suwa et al., 1998)，再加上測試行為，每種行為均可進一步細分成不同的細部行為。在編碼的過程中，行為編碼是做為口語資料斷句的基礎，不同的細部行為中，受測者會使用不同的設計知識來進行構想發展，因此設計知識屬性則是記錄此認知行為中所使用的知識，包含了知識目的、知識來源、及知識類別，接下來針對口語系統的三類編碼加以說明。

表 5.1 Suwa et al 的認知編碼系統(摘自 Suwa et al., 1998)

Category	Name	Description	Example
Physical	D-action	Make depictions	Lines, circles. Arrows, words
	L-action	Look at previous depictions	-
	M-action	Other physical actions	Move a pen, move elements, gesture
Perceptual	P-action	Attend to visual features of elements	Shapes, sizes, textures
		Attend to spatial relations among elements	Proximity, alignment, intersection
		Organize or compare elements	Grouping, similarity, contrast
Functional	F-action	Explore the issues of interactions between artifacts and people/nature	Functions, circulation of people, views, lighting conditions
		Consider psychological reactions of people	Fascination, motivation, cheerfulness
		E-action	Make preferential and aesthetic evaluations
Conceptual	G-action	Set up goals	-
	K-action	Retrieve knowledge	-

行為編碼

基於 Suwa 等人在認知行為上的分類(Suwa et al., 1998)，提出四種認知上的分類：身體行動(physical)，知覺行為(perceptual)，機能上考量(functional)，及設計概念(conceptual)。在身體行動的行為包含了繪圖行為(D-action)、看草圖(L-action)、及其他動作(M-action)；在知覺行為只有一種動作P-action (表 5.1)。本研究將採用 Suwa 等人的研究中知覺行為(P-action)及繪圖行為(D-action)為主要的行為，再新增設計過程中常發生的測試行為(testing action, T-action)；此三個主要的認知行為，可進一步區分成不同的細部行為。

知覺行為(P-action)

在設計的過程中，受測者會不斷地“看”草圖、參考案例、或是其他相關的物體；但是無法在實驗中很明確地知道受測者看的物體，可能只是沒有目標地看，也許受測者也不清楚自己在看什麼，因此“看”的行為在本研究中將不加以編碼。但是受測者會“知覺(P-action)”到看的內容，並以口語來說明；因此受測者“知覺”的內容包含了“元素特徵”、“元素關係”、“問題點”、及“設計限制”。分別以下列四個編碼來表示：

元素特徵(feature)	[Pf]	— 知覺產品元素特徵、細部設計、材質、顏色。
元素關係(relation)	[Pr]	— 知覺到產品元素之間的關係。
問題點(problem)	[Pp]	— 知覺到可能的問題點。
設計限制(constraints)	[Pc]	— 知覺到設計限制。

繪圖行為(D-action)

在設計的過程中，受測者在“知覺”行為之後，可能會直接以繪制草圖的方式來呈現構想，因此繪圖行為可以分成“產生草圖”或是“修改草圖”來表示構想。分別以下列二個編碼來表示：

產生草圖(create)	[Dc]	— 產生草圖物件
修改草圖(modify)	[Dm]	— 因為造形，機能，或是其他元素修改草圖。

測試行為(T-action)

而設計者在發展構想的過程中，當他產生一個構想之後，可能會以草圖或是動作來測試構想是否合理，因此測試行為可以分成“以草圖”或是“以動作手勢”來測試草圖構想。分別以下列二個編碼來表示：

以草圖 (Test by sketch)	[Ts]	— 以草圖的元件來測試機能。
以動作手勢 (Test by action)	[Ta]	— 用動作或手勢來測試機能。

知識屬性

設計知識本身是一種抽象的概念，而此概念是有特定的目的，在設計的過程中可能是一個新的概念，或是用來設定目標(Suwa et al., 1998)...等；然而，Suwa 等人並沒有提及受測者使用何種知識來源為何，但是知識的來源可能和創造力的行為有相當的關係；另一方面，設計知識中時也能具有機能的知識或是非機能的知識屬性。因此在知識屬性的編碼中，可分成知識目的(C_type)、知識來源(K_type)、及知識類別(V_type)等三類屬性，來針對某一特定行為編碼中的知識屬性以編碼。

知識目的(C_type)

而“知覺”及“繪圖”的行為中，設計者可能會以一些概念來“定義問題”、“設定目標”、“解決問題”，這概念可也是“產生新概念”，因此設計知識的概念的目的，以 C_type 來表示。分別以下列四個編碼來表示：

- 產生新概念(new) [Cn] — 受測者對一個問題產生新的概念。
- 設定目標(goal) [Cg] — 受測者產生概念來設定可能的目標。
- 定義問題(define) [Cd] — 受測者產生概念來定義問題。
- 解決問題(solve) [Cs] — 受測者產生概念來說明如何解決問題。

知識來源(K_type)

不論是在知覺的行為，或是草圖的行為，所有的知識來源包含了“自我評估構想的知識”、“自己認為獨創的知識”、“過去的經驗及知識(實驗者沒有提供的)”及“新的外來知識或是參考設計案例”，在編碼的過程中以 K_type 來表示此知識來源的屬性。分別以下列四個編碼來表示：

- 評估構想(evaluative) [Ke] — 自我評估構想。
- 獨創知識(novel) [Kn] — 自己認為獨創的地方。
- 個人知識(personal) [Kp] — 過去的經驗及知識(實驗者沒有提供的)。
- 外來知識(external) [Kx] — 新的外來知識及來自參考的設計案例。

知識的類別(V_type)

在設計過程中，設計師可能會用設計知識分別來解決機能、或是非機能，因此將設計知識類別的屬性，分成機能知識(function)及非機能知識(non-function)，可以顯示出設計師考量機能的情形。分別以下列二個編碼來表示：

- 機能知識(function) [Vf] — 考量機能或是機能的設計知識。
- 非機能知識(non-function) [Vn] — 非考量機能的知識。

以整個口語系統而言，一個行為編碼做為斷句的依據，例如：Pf(元素特徵)，是受測者在發展設計構想中的一個斷句；而在此 Pf 行為編碼中所使用的設計知識，則中時會有上述的三種知識屬性。這二類的口語系統共中整理成表 5.2 的口語系統。

表 5.2 口語系統

行為編碼	名稱	編碼	描述
知識行為 P_action	元素特徵	Pf	給於物件特徵及屬性
	元素關係	Pr	物件之間的關係
	問題點	Pp	發現到問題點
	設計限制	Pc	知識到設計限制
繪圖行為 D_action	產生草圖	Dc	產生草圖物件
	修改草圖	Dm	因為造形，機能，或是其他元素修改草圖
測試行為 T_action	以草圖	Ts	以草圖的元件來測試機能
	以動作手勢	Ta	用動作或手勢來測試機能

知識屬性	名稱	編碼	描述
知識目的C_type	產生新概念	Cn	對一個問題產生新的概念
	設定目標	Cg	產生概念來設定可能的目標
	定義問題	Cd	產生概念來定義問題
	解決問題	Cs	產生概念來說明如何解決問題
知識來源K_type	評估構想	Ke	自我評估構想
	獨自知識	Kn	自己認為獨自的地方
	個人知識	Kp	過去的经验及知識(實驗者沒有提供的)
	外來知識	Kx	新的外來知識或是參考設計案例
知識類別V_type	機能知識	Vf	考量機能或是機能的設計知識。
	非機能知識	Vn	非考量機能的知识。

5.2.2 圖形系統

在設計過程中，受測者的認知行為主要是在受測者的大腦中進行，草圖是一種呈現階段性構想，也是受測者自己內在溝通的媒介(Schön and Wiggins, 1992)；因此，草圖系統主要的目的是用來將受測者在實驗中所繪出的草圖元素加以編碼，然後配合口語系統整合成最後的認知因子。

在受測者所產生的草圖內容中，可能包含了文字、參考線、設計元素、設計細節、及其他符號(例如柳丁、液體)；然而並非所有的草圖內容都必需被編碼，以文字而言，可能只是描述一個概念，而此概念也會用時以口語描述；而參考線只是受測者為了繪出較具透視的圖形所使用的線段。因此，本研究所使用的草圖編碼只包含草圖中的三種元素：草圖元素(elements)、草圖細節(details)、及其他非元素符號(symbols)。

而以時間軸來看繪制草圖的過程，受測者可能會在一次實驗中，繪製首多草圖構想；而以單一個草圖構想中而言，草圖元素的產生也是有順序的。為了表示受測者繪出的草圖元素，是屬於那一個草圖中產生的順序，因此除了上述的三種草圖編碼外，在草圖編碼之前加上一個大寫的英文字，來此受測者在該次實驗中

的草圖構想順序；同時在每個草圖編碼的後面加入一個數字，來表示草圖元素繪出的順序。例如：[A-el-01]，說明了此草圖元素是在第“A”的草圖中第“01”個“草圖元素(el)”。接下來分別說明三種圖形系統的編碼，並整理在表 5.3 的圖形系統。

- 草圖元素[A-el-01] — [A] A 表示 A 草圖
- [el-01]表示受測者畫出的草圖元素，每一個元素在任一個草圖都是單一的，順序則以數字表示
- 草圖細節[A-de-03] — [de-03]受測者畫出元素的細節，順序則以數字表示
- 非元素符號[A-sb-03] — [sb-03]受測者畫出一些非元素的物體，例如柳丁，液體...等，順序則以數字表示

表 5.3 圖形系統

草圖編碼	編碼	描述
草圖元素 (elements)	草圖元素 [A-el-01]	[A] A 表示 A 草圖 [el-01]畫出的草圖元素，每一個元素在任一個草圖都是單一的，順序則以數字表示
草圖細節 (details)	草圖細節 [A-de-03]	[de-03]畫出元素中的細節，順序則以數字表示
非元素符號 (symbols)	非元素符號 [A-sb-03]	[sb-03]畫出一些非元素的物體，例如柳丁，液體...等，順序則以數字表示

5.2.3 編碼過程及結果

以上述的“口語系統”及“圖形系統”，可對 A, C, D, J 四位受測者在本階段的二次構想發展的過程加以編碼；然而，在二次的實驗中，受測者可能因為發展方向的不準，產生不準的難程度度的設言過程，而影響到受測者對不準認知因子的表現。為了避免不準設言方向，對受測者的認知因子產生影響，本階段的編碼同時將第四章的第三次實驗加以編碼。因此本階段編碼的資料，包含了四位受測者在第四章的第三次實驗，以及本階段的二次實驗，以整個研究而言，這三次實驗分別稱為第三次、第四次、及第五次實驗。

在編碼的過程中，以受測者的行為編碼來斷句，如前所述行為編碼包括了知覺、繪圖、及測謊行為；而在知覺及繪圖行為中所使用的設言知識，分別包含前述的不準屬性，包括知識目的、知識來源、及知識類別。圖 5.3 是本階段紀錄口語分析資料的界面，是由 file maker 所製成，在界面中實驗次數編號“受測者 A_03”表示受測者 A 的第三次構想發展；而“segment number”則是斷句的編號；“Transcript”則是受測者的口語資料。而右邊界面的“草圖編號: 3-C”是指第三次實驗的 C 草圖；而“草圖型態”則表示不準的草圖形態。

而抽象程度(level of abstract)的編碼，用來分析受測者的行為或知識的層級(Gero and Neil, 1996)。抽象程度 0 整體概念(L0)，表示受測者在思考設計的庄要概念；抽象程度 1 相互關係(L1)，表示受測者思考元素之間的交互影響的關係；抽象程度 2 元素設計(L2)，受測者思考各元素的設計；而抽象程度 3 細節考量(L3)，受測者思考元素的細部設計問題。

實驗次數編號: A_03
 Segment number 27
 草圖編號 3-C
 草圖型態 Perspective
 Level of Abstract L1

Transcript
 然後，下面支架可能要考慮到關於容器置放的問題，

based-on	Seg no.	P_action	Content	C-type	K-type	V_type
C-el-01&02	15	Pp	考慮到關於容器置放的問題	Cd	Kp	Vf

based-on	Seg no.	D_action	Sketch_Element	C-type	K-type	V_type

based-on	Seg no.	T_action	Content

圖 5.3 file maker 所製成之編碼界面

在此界面中(圖 5.3)，分別記錄了三種認知行為：知覺、繪圖、及測試行為，每個斷句中只有一種認知行為；而斷句中所使用的設計知識分別有知識目的、來源、及類別等三個不同的屬性。以知覺行為(P_action)為例，受測者的一個知覺行為的過程可以區分成二個部份：第一個部份引發受測者知覺行為的物件，可能是某個概念或是草圖，包含了基於的物件(based-on)及斷句編號(seg no.)的資料(圖 5.3 的藍色背景)；另一個部份則是知覺行為的資料，包含了那一種知覺行為，及此知覺行為中所使用知識的目的、來源、及類別(表 5.2)。

例如：在圖 5.3 中，此斷句編號為 27，受測者的口語資料內容為“然後，下面支架可能要考慮到關於容器置放的問題”。在第一個表格中，記錄了斷句是知覺行為，是基於(based-on)斷句編號 15 的“C-el-01&02”草圖元素所發生的；而此知覺行為本身則是發現問題(Pp)；而內容(content)則是“考慮到關於容器置放的問題”；在知識屬性的知識目的(C-type)則是定義問題(Cd)；而設計知識(K-type)則是設計師的專業知識(Kp)；知識的類別(V-type)則是屬於考量機能(Vf)。

而在繪圖行為(D_action)也是以相同方式記錄，不同之處在於內容是以“圖形系統”來表示草圖物件(sketch_element)；而測試行為(T_action)則比較簡單，只有引發受測者測試行為的物件，測試行為的種類，及測試的內容。因此，經由圖 5.3 的介面以“口語系統”及“圖形系統”將實驗的資料編碼後，最後把編碼結果轉換成表格(表 5.4)。

表 5.4 部份的編碼結果

斷句基本資料				知覺行為編碼(P_action)						繪圖行為編碼(D_action)						測試行為編碼(T_action)						
斷句	口語內容	草圖編號	草圖形態	抽象程度	基於的物件	斷句編號	知覺行為	內容	知識目的 (C-type)	設計知識 (K-type)	知識類別 (V-type)	基於的物件	斷句編號	繪圖行為	草圖物件	知識目的 (C-type)	設計知識 (K-type)	知識類別 (V-type)	基於的物件	斷句編號	測試行為	內容
10	然後讓汁液可以流出來,我的想法大概先是這樣子,	None	None	L1	旋轉	7	Pr	讓汁液可以流出來	Cg	Kp	Vf											
11	所以現在應該可能是像一個扁鑽一樣的東西,形狀可能會像扁鑽一樣,	None	None	L0	想法	10	Pf	可能是像一個扁鑽	Cg	Kn	Vn											
12	現在做的是把手的部份,	4-A	Side view	L2								扁鑽	11	Dc	A-el-01	Cs	Kp	Vn				
13	然後現在穿進去以後,我在想它的薄刃的形狀大概也是要類似圓形,	4-A	Side view	L2	A-el-01	12	Pf	薄刃的形狀大概也	Cg	Kp	Vn											
14	然後現在穿進去以後,我在想它的薄刃的形狀大概也是要類似圓形,	4-A	Side view	L2								A-el-01	12	Dc	A-el-02	Cg	Kp	Vn				
15	但是因為它前面穿入的時候需要有一些力量,	4-A	Side view	L2	A-el-02	14	Pp	需要有一些力量	Cd	Kp	Vn											
16	所以犧牲一些榨汁的部份,	4-A	Side view	L2								A-el-02	14	Dm	A-el-03	Cs	Kp	Vn				
17	它這邊是可以直接穿進去的,	4-A	Side view	L3	A-el-03	16	Pf	可以直接穿進去	Cg	Kp	Vf											
18	但是這樣子絞動的範圍太大了	4-A	Side view	L1															A-el-03	16	Ta	絞動

四位受測者的三次實驗都可分別記錄成表 5.4，在表中可分成 4 個部份。第一個部份是斷句的基本資料；第二個部份則是知覺行為的編碼；第三及第四部份，則分別為繪圖及測試行為的編碼。例如：表 5.4 的斷句 13 及 14，受測者可能會先在大腦中思考一些概念後，以口語的方式描述，然後再以草圖繪出。在此情形而言，僅管口語資料相串，但是認知上仍將被區分成知覺及繪圖行為二個斷句。而斷句 12, 14, 16 的圖形編碼，分別為圖 5.4 中的 el-01, el-02 和 el-03；所有的編碼結果，請參照附錄 C.2。

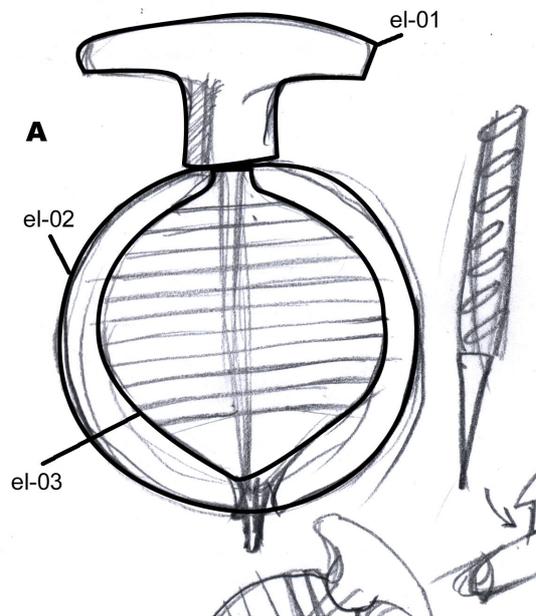


圖 5.4 圖形系統編碼說明

5.3 分析方法

在第三章整理歸納出設計知識、設計過程及策略、及草圖行為等三類認知因子，其中設計知識的因子，是屬於設計過程及策略，或是草圖行為二類連續性的認知行為中會使用到的設計知識；因此，設計知識因子本身，將是屬於知識屬性的一種編碼。而另二類連續性的認知行為，則可以行為編碼及知識屬性組合而成，最後再以組合而成的認知因子來進行專家、或風格、或創造力認知傾向的分析。

因此在本章的分析方法中，基於第三章的認知因子，除了第四章所使用的13個認知因子外，另外再加入3個風格因子，包含了相應的設計知識、相應的設計限制及問題、以及在草圖上相應的元素，來分析設計師的風格傾向。這16個認知因子，可進一步由不同的細部認知行為所組合，也就是5.2章所提出的“口語系統”及“圖形系統”(表5.2, 5.3)來組合。因此，本階段的分析方法，除了認知因子數量的增加外，認知因子經由細部的行為編碼及知識屬性的組合後，可以更深入地表現認知因子的連續過程，並更細確地來呈現受測者三類認知因子的數量及可能的改變。因此接下來分別針對三類的認知因子，分別所代表的編碼系統加以說明。

5.3.1 設計知識因子集編碼系統

設計知識因子是屬於設計過程及策略，及草圖行為中會使用到的設計知識，也就是說它是認知行為中最小的單位。設計師在認知行為中所使用到的設計知識，可能同時包含知識目的(C_type)、知識來源(K_type)、及知識類別(V_type)等三類屬性(表5.2)；然而，本研究在第三章分析出的設計知識因子，則是屬於知識來源的屬性。

三種設計師都具備了設計專業知識；只有風格設計師可能在多次設計的過程中，會使用相應的設計知識；而一個具有創造力的設計師而言，則同時具有新領域的知識、獨創性知識、及以自我評估的知識。因此，將針對這三種設計師的設計知識因子，進一步說明其代表的意義。因此，不同設計知識的因子及其相對的編碼系統如下：

設計專業知識— [Kp]	設計師的專業知識，主要是來自於過去的設計經驗，以及個人的專業知識，因此不論是在知覺或是繪圖行為中，設計專業知識(Kp)數量的總合，可來表示設計師專業知識的多寡。
-----------------	--

新領域的知識— [Kx]	在受測者發展構想的過程中，可以參考前一階段實驗中的參考案例(附錄B.2, 3)，在參考案例中可能包含了一些其他相關的知識，因此受測者如有使用新領域知識時，可能就形成所謂的創造力設計師的要素之一。
-----------------	---

<p>獨創性知識— [Kn]</p>	<p>創造力設計師具有“自由且有獨創性的個人特質”(Srazalecki, 2000)，因此在實驗中可以分析出那一些受測者是較具有獨創性的構想或是知識。</p>
<p>自我評估知識— [Ke]</p>	<p>在設計的過程中，自我評估知識允許人們發揮不墨守成規的態度，也是創造力必要的知識或過程(Csikszentmihalyi, 1996; Srazalecki, 2000)，因此在實驗中受測者如有自我評估構想的知識時，則表示此受測者可能具有創造力。</p>
<p>相串設計知識— [Kp 相串] [Kx 相串] [Kn 相串] [Ke 相串]</p>	<p>在多次的產生設計構想的過程中，設計師可能會使用相串的設計知識來解決問題，這些知識包含所有的知識來源：過去的經驗及知識(Kp)、外來的新領域知識或是參考設計案例(Kx)、獨創的知識(Kn)、及自我評估構想(Ke)，也就是在三次的设计過程中，出現多次相串的知識，就可能形成有風格傾向的設計師。</p>

5.3.2 設計過程及策略因子集編碼系統

以設計的過程及策略的因子而言，三種設計師均具備了定義及解決問題、產生及測試、以及啟發性搜尋的過程；而具創造力的設計師則具有發展構想，及轉換構想的過程；而風格設計師在多次的设计過程中，則會有相串的設計限制及設計問題。接下來將以 5.2 章的編碼系統，來分別表示不同的過程及策略因子。

<p>定義及解決問題— [Pf Pr Pp Pc(Cs)] [Dc Dm(Cs)]</p>	<p>定義及解決問題的過程中，設計師會知覺(P_action)到知識來定義問題(Cd)，及來解決問題(Cs)；另一面則是用草圖(D_action)的行為來定義問題(Cd)，及解決問題(Cs)。然而設計師可能在定義問題後立即解決，也可能在之後的设计過程中解決，因此分析受測者的知覺及繪圖行為中的解決問題(Cs)，就可以分析出受測者產生多少次的“定義及解決問題過程”。</p>
<p>產生及測試— [Pf Pr Pp Pc→Ts Ta] [Dc Dm→Ts Ta]</p>	<p>在设计的过程中，草圖不但呈現設計構想，也代表著其背後的機能，因此設計師常繪出草圖之後，以輔助的草圖或是動作來測試。測試的行為(T_action)又可區分成以草圖來測試(test by sketch, Ts)，或是以動作來測試(test by action, Ta)。在设计的过程中，“產生”的過程一直由感知及繪圖的行為產生，因此只要記錄受測者“測試”的行為，就可以分析出“產生及測試”的認知行為。</p>
<p>啟發性搜尋— [Pf Pr Pp Pc(Cg)→(based_on Pf Pr Pp Pc)Dc Dm(Kp)] [Pf Pr Pp Pc(Cd)→(based_on Pf Pr Pp Pc)Dc Dm(Kp)]</p>	<p>以啟發性搜尋的定義而言，設計師會知覺(P_action)到任何設定目標(Cg)或是定義問題(Cd)的知識；基於前一個知覺到的知識，在自己的設計知識(Kp)中，產生啟發性搜尋，並將結果以草圖(D_action)畫出。</p>

發散構想— [Pf Pr Pp Pc(Cn)] [Dc Dm(Cn)]	在發散構想的認知行為中，受測者會針對一個問題點，或是一個物件，產生新的概念(Cn)，就是所謂的發散構想。因此，在知覺或是草圖行為只要有新的概念(Cn)，可以產生了“發散構想”的過程。
轉換構想— [Pf→ Dc Dm] [Pr→ Dc Dm]	在轉換構想的認知行為中，設計師會知覺到物體的特徵(Pf)、或是物體的關係(Pr)後，而將此概念轉換成設計構想，並以草圖(D_action)畫出，則表示設計師產生“轉換構想”的認知行為。
相斥設計限制— [Pc=Pc] [Pp=Pp]	在設計的過程中，設計師會知覺到可能的設計限制及設計問題，而如果在不相斥的實驗中，受測者知覺到相斥的設計限制(Pc)，或是相斥的設計問題(Pp)，則表示此設計師可能具有設計風格。因此在分析的過程中，比較三次的设计過程，受測者是否使用相斥的設計限制，及設計問題，來決定是否有設計過程及策略的風格傾向。

5.3.3 草圖行為因子集編碼系統

而在草圖行為上，三種設計師最基本的能力是針對產生圖形及解決機能的需求；而風格設計師則可能在草圖上產生相似設計元素；而可能具有創造力的設計師，則是會重建圖形，並產生非預期的發現。接下來將針對草圖認知因子進一步說明：

圖形聯想— [Dc] [Dm]	設計師在草圖行為中，所有的繪制草圖的行為，一定是基於大腦的圖像，或是基於已經繪出的草圖，所有的繪制草圖及修改草圖的行為，皆可以稱之為是圖形的聯想。因此在繪圖行為中，區分成繪制草圖(Dc)及修改草圖(Dm)二個細節行為來分別記錄不相斥的草圖行為，同時以這二個細節行為的總和，表示圖形聯想的認知行為。
機能需求— [Dc(Vf)] [Dm(Vf)]	當設計師在繪出草圖或是修改草圖時，其知識類型的屬性是屬於機能知識(Vf)，表示受測者是以草圖來考量機能的需求。因此，知識類型除了機能知識(Vf)屬性外，另外一個則是非機能知識(Vn)。
圖形重建— [Dm]	在設計過程中，設計師不斷地產生草圖，有時候會進一步基於已經繪出的草圖，產生知覺行為，進而產生修改草圖(Dm)，則表示在草圖行為中，受測者具有圖形重建的認知行為，這種圖形重建的認知行為也是成為形成創造力的來源之一。

非預期的發現—
 [(based_on X) Dc|Dm→
 (based_on X)Pp]
 [(based_on X) Pf|Pr|Pp|Pc→
 (based_on X)Pp]
 [(based_on X)Ts|Ta→
 (based_on X)Pp]

當設計師在發展構想中，設計師會基於前一個動作，可能是繪圖(D_action)、知覺(P_action)、測謫(T_action)；然後在下一個斷句中，知覺到新的設計問題(Pp)，而產生所謂的“非預期的發現”。

相似設計元素—[el=el] 設計師在多次產生構想中，可能會產生相似的元素來解決某些特定的問題，因此如果可以在不同的草圖中，發現相似的設計元素，則表示該受測者可能具有設計風格。

最後將三類認知因子和編碼系統的對照表，整理成表 5.5，經由將編碼系統轉換成認知因子的過程，可以分別統計出受測者在三次實驗過程中，每個認知因子發生的次數，可以從量的程度分析出四位受測者的可能是專家、風格、或是創造力的傾向。

表 5.5 認知因子及編碼系統對照表

	認知行為編碼	口語系統及圖形系統編碼	專家/風格/創造力
設計知識因子	設計專業知識	[Kp]	專家/風格/創造力
	新領域的知識	[Kx]	創造力
	獨創性知識	[Kn]	創造力
	自我評估知識	[Ke]	創造力
	相序設計知識	[Kp 相序] [Kx 相序] [Kn 相序] [Ke 相序]	風格
設計的過程及策略因子	定義及解決問題	[Pf Pr Pp Pc(Cs)] [Dc Dm(Cs)]	專家/風格/創造力
	產生及測謫	[Pf Pr Pp Pc→Ts Ta] [Dc Dm→Ts Ta]	專家/風格/創造力
	啟發性搜尋	[Pf Pr Pp Pc(Cg)→(based_on P_action)Dc Dm(Kp)] [Pf Pr Pp Pc(Cd)→(based_on P_action)Dc Dm(Kp)]	專家/風格/創造力
	發散構想	[Pf Pr Pp Pc (Cn)] [Dc Dm (Cn)]	創造力
	轉換構想	[Pf→Dc Dm] [Pr→Dc Dm]	創造力
	相序設計限制	[Pc=Pc] [Pp=Pp]	風格
草圖認知行為因子	圖形聯想	[Dc] [Dm]	專家/風格/創造力
	機能需求	[Dc(Vf)] [Dm(Vf)]	專家/風格/創造力
	圖形重建	[Dm]	創造力
	非預期的發現	[(based_on X) Dc Dm →(based_on X)Pp] [(based_on X) Pf Pr Pp Pc →(based_on X)Pp] [(based_on X) Ts Ta →(based_on X)Pp]	創造力
	相似設計元素	[el=el]	風格

5.4 實驗結果及探討

經由 5.2 章的編碼系統，對四位受測者依第三次、第四次、及第五次之實驗，共 12 次之實驗進行編碼；再經由 5.3 章的分析方法，將編碼系統轉換成認知因子，可得表 5.6 之結果。在表 5.6 中，每次實驗都分別以三類認知因子共 16 個因子，分別表示受測者在不計次數實驗中，認知因子發生之斷句次數；在表格的左邊有一欄“斷句總數”表示著每次實驗分析受測者設計過程之斷句總數。另一方面，在三類之因子中，有一些因子是用來分析設計風格，例如設計知識因子中的“相斥設計知識”，設計過程因子的“相斥設計問題”，草圖行為因子的“相似設計元素”，這些風格因子必需同時分析三次實驗，才能得到是否有相斥風格因子；因此，這類風格因子的次數，僅在每位受測者第 5 次實驗中表示。

表 5.6 三類認知因子的次數統計結果

單位：斷句次數

受測者及次數	斷句總數	設計知識的因子					設計過程及策略的因子					草圖行為的因子					
		設計專業知識	新領域的知識	獨創性知識	自我評估知識	相斥設計知識	定義及解決問題	產生及測試	啟發性搜尋	發散構想	轉換構想	相斥設計問題	圖形聯想	機能需求	圖形重建	非預期的發現	相似設計元素
A_03	131	76	9	13	17		24	13	15	7	24		59	35	4	5	
A_04	96	51	8	11	17		27	9	10	2	14		25	12	2	7	
A_05	69	42	4	7	13	1	15	2	7	7	10	1	21	4	0	7	0
C_03	106	45	9	14	24		11	13	4	8	12		25	9	3	11	
C_04	80	44	5	18	15		20	3	9	7	11		21	12	1	9	
C_05	88	43	5	20	14	6	6	6	9	11	15	1	18	3	1	4	2
D_03	107	63	4	12	25		32	2	10	4	16		43	3	5	8	
D_04	59	39	3	7	5		14	5	9	3	13		24	9	0	3	
D_05	65	49	4	6	5	7	25	2	10	4	13	3	28	2	3	7	8
J_03	87	45	10	22	8		26	2	12	15	22		28	7	3	8	
J_04	71	40	3	15	12		13	1	8	10	13		23	3	1	9	
J_05	91	59	0	13	19	4	31	1	8	10	18	3	31	5	3	8	0

然而，以表 5.6 中所表示，當受測者的“斷句總數”較多時，其設計過程中的認知因子的比例也相對較多，無法直接以因子的斷句數量比較出四位受測者的差異；因此將受測者每次實驗認知因子的次數，除以該實驗的“斷句總數”，獲得其相對的百分比整理在表 5.7，再進行分析比較。在表 5.7 中，除了每次實驗認知因子的百分比外，同時也將三次的百分比予以平均。然而，在上述所提及的設計風格因子，要同時以三次的實驗才能比較，因此仍以次數來表示。接下來之實驗結果及探討，可以分成二個部份。首先針對三類認知因子的平均值，來探討四位受測者的專家、風格、及創造力的傾向；然後，再針對最具有創造力傾向的受測者，分析他創造力的認知因子是如何產生，同時分析認知因子是來自那些設計知識。

表 5.7 三類認知因子的編碼次數的百分比

單位：%

受測者及次數	設計知識的因子					設計過程及策略的因子						草圖行為的因子				
	設計專業知識	新領域的知識	獨創性知識	自我評估知識	相串設計知識	定義及解決問題	產生及測謔	啓發性搜尋	發散構想	轉換構想	相串設計問題	圖形聯想	機能需求	圖形重建	非預期的發現	相似設計元素
A_03	58.0	6.9	9.9	13.0		18.3	9.9	11.5	5.3	18.3		45.0	26.7	3.1	3.8	
A_04	53.1	8.3	11.5	17.7		28.1	9.4	10.4	2.1	14.6		26.0	12.5	2.1	7.3	
A_05	60.9	5.8	10.1	18.8		21.7	2.9	10.1	10.1	14.5		30.4	5.8	0.0	10.1	
A 平均	57.3	7.0	10.5	16.5	1	22.7	7.4	10.7	5.9	15.8	1	33.8	15.0	1.7	7.1	0
C_03	42.5	8.5	13.2	22.6		10.4	12.3	3.8	7.5	11.3		23.6	8.5	2.8	10.4	
C_04	55.0	6.3	22.5	18.8		25.0	3.8	11.3	8.8	13.8		26.3	15.0	1.3	11.3	
C_05	48.9	5.7	22.7	15.9		6.8	6.8	10.2	12.5	17.0		20.5	3.4	1.1	4.5	
C 平均	48.8	6.8	19.5	19.1	6	14.1	7.6	8.4	9.6	14.0	1	23.4	9.0	1.7	8.7	2
D_03	58.9	3.7	11.2	23.4		29.9	1.9	9.3	3.7	15.0		40.2	2.8	4.7	7.5	
D_04	66.1	5.1	11.9	8.5		23.7	8.5	15.3	5.1	22.0		40.7	15.3	0.0	5.1	
D_05	75.4	6.2	9.2	7.7		38.5	3.1	15.4	6.2	20.0		43.1	3.1	4.6	10.8	
D 平均	66.8	5.0	10.8	13.2	7	30.7	4.5	13.3	5.0	19.0	3	41.3	7.0	3.1	7.8	8
J_03	51.7	11.5	25.3	9.2		29.9	2.3	13.8	17.2	25.3		32.2	8.0	3.4	9.2	
J_04	56.3	4.2	21.1	16.9		18.3	1.4	11.3	14.1	18.3		32.4	4.2	1.4	12.7	
J_05	64.8	0.0	14.3	20.9		34.1	1.1	8.8	11.0	19.8		34.1	5.5	3.3	8.8	
J 平均	57.6	5.2	20.2	15.7	4	27.4	1.6	11.3	14.1	21.1	3	32.9	5.9	2.7	10.2	0

5.4.1 專家、風格、及創造力的傾向分析

在設計師的傾向分析中，主要是針對四位受測者的第三、四、及五次之實驗，分析四位受測者的設計師傾向；然而，在三次之實驗過程中，受測者在發展一個構想，可能會因為開始發想的方向不串，而決定了該次構想的困難度，串時也間接決定了不串之認知因子的數量。因此，為了避免不串之設計方向，對受測者的認知因子產生影響，因此將分析三次實驗之平均百分比，來探討四位受測者可能的設計傾向。

設計知識因子

在設計知識的認知因子中(表 5.8)，先以三個創造力的知識因子來分析。從新領域知識因子的平均百分比來看，受測者 A 有較高的百分比 7.0；依序為 A(7.0)>C(6.8)>J(5.2)>D(5.0)。而以獨創性知識來看，受測者 J 用了較高比例 20.2% 的新領域知識；其次是受測者 C，19.5%，依序為 J(20.2)>C(19.5)>D(10.8)>A(10.5)。而以自我評估知識的因子而言，受測者 C 有最高的百分比 19.1%，而最低則是受測者 D 的 13.2%，依序分別為 C(19.1)>A(16.5)>J(15.7)>D(13.2)。

而以設言專業知識來分析，有最高百分比的是受測者 D，最低百分比的是受測者 C，依序為 D(66.8)>J(57.6)>A(57.3)>C(48.8)。另一方面在風格認知因子中，在三次實驗中，受測者 D 用了 7 個相應的設言知識；而受測者 C 也用了 6 個相應的知識，依序分別為 D(7)>C(6)>J(4)>A(1)。

表 5.8 設言知識因子的平均百分比

單位：%

受測者及次數	設言專業知識	新領域的知識	獨創性知識	自我評估知識	相應設言知識
A 平均	57.3	7.0	10.5	16.5	1(個)
C 平均	48.8	6.8	19.5	19.1	6(個)
D 平均	66.8	5.0	10.8	13.2	7(個)
J 平均	57.6	5.2	20.2	15.7	4(個)

整體而言，設言專業知識是專家最基本的知識，因此單以設言專業知識來看，最具專家傾向的設言師，依序為 D>J>A>C；然而，受測者 D 相應設言知識的風格因子也是最多的；因此，受測者 D 可能是最具專家及風格傾向的設言師。而在創造力的知識因子方面，其餘三位受測者分別有一項創造力知識是最高百分比；因此，無法以設言知識的厚度，來判定三位受測者誰最具有創造力的傾向。

設言過程及策略的因子

在設言過程及策略因子的分析中(表 5.9)，先以“定義及解決問題”的因子來分析，有最高百分比的受測者為受測者 D，依序為 D(30.7)>J(27.4)>A(22.7)>C(14.1)；而“啓發性搜尋”的因子中，受測者 D 也是最高百分比，分別為 D(13.3)>J(11.3)>A(10.7)>C(8.4)；而“產生及測試”的因子中，分別為 C(7.6)>A(7.4)>D(4.5)>J(1.6)，受測者 C 是最高百分比。另一方面創造力的“發散構想”因子，依序為 J(14.1)>C(9.6)>A(5.9)>D(5.0)；而“轉換構想”因子中，依序為 J(21.1)>D(19.0)>A(15.8)>C(14.0)，受測者 J 在這二個創造力因子中，都有最高的百分比。而在“相應設言問題”的風格因子中，受測者 C 和 D 分別有 3 個相應的設言問題，依序為 D(3)=J(3)>A(1)=C(1)。

表 5.9 設言過程及策略因子的平均百分比

單位：%

受測者及次數	定義及解決問題	產生及測試	啓發性搜尋	發散構想	轉換構想	相應設言問題
A 平均	22.7	7.4	10.7	5.9	15.8	1(個)
C 平均	14.1	7.6	8.4	9.6	14.0	1(個)
D 平均	30.7	4.5	13.3	5.0	19.0	3(個)
J 平均	27.4	1.6	11.3	14.1	21.1	3(個)

從所有的設計過程及策略因子來看，受測者 D 有二個專家的因子是最高的；同時他的“相似設計問題”的風格因子也是最多的；因此，如設計知識因子所分析，更可以肯定受測者 D 可能是最具有專家及風格設計師的傾向。而受測者 J 在創造力的二個因子中，都是最高百分比；而他的“相似設計問題”的風格因子也是最多的；因此受測者 J 可能有創造力及風格設計師的傾向。而受測者 C 可能只有專家的傾向；而受測者 A 的傾向可能還不明確。

草圖行為的因子

在草圖行為因子的分析中(表 5.10)，以“圖形聯想”的因子而言，受測者 D 是最高的，分數為 D(41.3)>A(33.8)>J(32.9)>C(23.4)；而“機能需求”而言，則是受測者 A 最高，分數為 A(15.0)>C(9.0)>D(7.0)>J(5.9)。在創造力的“圖形重建”因子中，受測者 D 是最高的，依序為 D(3.1)>J(2.7)>A(1.7)=C(1.7)；而另一個創造力因子“非預期的發現”，則是受測者 J 為最高，依序 J(10.2)>C(8.7)>D(7.8)>A(7.1)。在風格的“相似設計元素”因子中，受測者 D 仍然有多最高的次數 8 個，分數為 D(8)>C(2)>A(0)=J(0)。

表 5.10 草圖行為因子的平均百分比

受測者及次數	圖形聯想	機能需求	圖形重建	非預期的發現	相似設計元素
A 平均	33.8	15.0	1.7	7.1	0(個)
C 平均	23.4	9.0	1.7	8.7	2(個)
D 平均	41.3	7.0	3.1	7.8	8(個)
J 平均	32.9	5.9	2.7	10.2	0(個)

因此以全部的草圖行為因子來看，受測者 D 在“圖形聯想”，“圖形重建”，及“相似設計元素”都有最高百分比的情形。因此以草圖的行為而言，受測者 D 可能有專家、風格、及創造力的傾向；特別的是，在三類的認知因子中，受測者 D 是第一次有較高的創造力因子。而受測者 A 在“機能需求”的因子有最高的百分比，因此可能有專家的傾向；而受測者 J 則有最高“非預期的發現”的因子，因此如前二類的因子，受測者 J 可能最有創造力傾向的受測者。

三類認知因子共角分析

同時以三類共 16 個認知因子來分析(表 5.11)，先以專家的認知因子而言，在 6 個專家因子中，受測者 D 有 4 個專家因子是有最高的百分比，分數是“設計專業知識”、“定義及解決問題”、“啓發性搜尋”、及“圖形聯想”，表示著受測者 D 是最具有專家的特質；而另外二個專家因子“機能需求”及“產生及測試”分數由受測者 A 及 C 得到最高的比例。以風格的因子而言，具有 4 個專家因子的受測者 D，同時在風格的 3 個因子中，分數也有最多的次數，因此可以確定受測者 D，同時具有專家及風格設計師的傾向。

表 5.11 全部因子的平均百分比

單位：%

受測者	設計知識因子					設計過程及策略因子						草圖行為因子				
	設計專業知識	新領域的知識	獨創性知識	自我評估知識	相冊設計知識	定義及解決問題	產生及測試	啟發性搜尋	發散構想	轉換構想	相冊設計問題	圖形聯想	機能需求	圖形重建	非預期的發現	相似設計元素
	專家	創造J	創造J	創造J	風格	專家	專家	專家	創造J	創造J	風格	專家	專家	創造J	創造J	風格
A 平均	57.3	<u>7.0</u>	10.5	16.5	1	22.7	7.4	10.7	5.9	15.8	1	33.8	<u>15.0</u>	1.7	7.1	0
C 平均	48.8	6.8	19.5	<u>19.1</u>	6	14.1	<u>7.6</u>	8.4	9.6	14.0	1	23.4	9.0	1.7	8.7	2
D 平均	<u>66.8</u>	5.0	10.8	13.2	<u>7</u>	<u>30.7</u>	4.5	<u>13.3</u>	5.0	19.0	<u>9</u>	<u>41.3</u>	7.0	<u>3.1</u>	7.8	<u>8</u>
J 平均	<u>57.6</u>	5.2	<u>20.2</u>	15.7	4	<u>27.4</u>	1.6	<u>11.3</u>	<u>14.1</u>	<u>21.1</u>	<u>3</u>	32.9	5.9	2.7	<u>10.2</u>	0

然而，以 7 個創造力因子來看，受測者 J 有 4 個創造力因子是最高的，分別是“新領域的知識”、“發散構想”、“轉換構想”及“非預期的發現”；由此可以判斷，受測者 J 是最具有創造力傾向的設計師。然而在表 5.11 中，受測者 J 並沒有任何一個最高比例的專家因子；但是進一步分析，在“設計專業知識”、“定義及解決問題”、“啟發性搜尋”等三個專家因子，受測者 J 均有第二高的百分比(表 5.11 中畫底線的百分比)；也就是說，具有創造力傾向的受測者 J，也必需擁有相當多的專家因子，才能發揮出其創造力的特質。

另外，其他三位受測者 A, C, D 分別各有一個最高的創造力因子。而受測者 A 和 C，除了有創造力因子外，同時也具有一個最高的專家因子；可能的解釋是設計師在形成專家或是創造力設計師的過程中，專家和創造力因子是同時存在的，也就是說設計專家可能同時會在某些特定的認知行為表現出創造力的特質。

5.4.2 創造力設計師的認知因子分析

如前所提及，在不冊實驗中，因為選擇發展方向的冊難度不冊，可能就會決定了不冊認知行為的冊數，這也是本研究的限制之一；但是，經由 5.4.1 的分析，可以分析出四位受測者階段性的設計傾向。受測者 J 是最具有創造力傾向；受測者 D 是具有風格及專家傾向；而受測者 A 和 C，則是具有專家及創造力傾向。

最具創造力傾向的受測者 J，他在設計知識因子的“獨創性知識”、設計過程及策略因子的“發散構想”及“轉換構想”、以及草圖行為因子的“非預期的發現”(表 5.11)，均有最高的百分比。接下來分析，將針對受測者 J 的三次實驗，來分析他的創造力發生的地方為何。

受測者 J 的獨創性知識

在第三、四、及五次實驗中，受測者 J 分別有 22, 15, 13 次的獨創性知識(表 5.6)，可以隱約看出他有一些想要突破傳統榨汁機設計的自我獨創性知識，例如：第三次實驗的斷句 4, 12, 30, 31, 33 中，他用了城堡、公主、燈光、故事性、鎖鏈、梯子(表 5.12)；第四次中他用了，新造形、鉛筆盒、橡皮擦、筆、造形複製、筆筒...等；而第五次實驗中，他用了，包起來、活潑的東西、造形誇張、比例、分線...等。例如(表 5.12，表中是受測者 J 獨創性知識(Kn)的部份斷句)：

“那好, 我也可以用城堡的概念, 做我的建築的部份。” (J_03, 斷句 4)

在獨創性知識(Kn)是一種自我突破傳統想法的知識來源, 取決於受測者是否有想要使構想和傳統或是別人的設計不同, 而引發自我獨創性知識。

表 5.12 獨創性知識的應用例子

斷句	口語內容	基於的物件	斷句編號	知覺行為	內容	知識目的	設計知識	知識類別	基於的物件	斷句編號	繪圖行為	草圖物件	知識目的	設計知識	知識類別
4	那好, 我也可以用城堡的概念, 做我的建築的部份,	用城堡	3	Pf	用城堡的概念, 做我的建築的部份	Cn	Kn	Vn							
12	所以我要讓它開一點窗戶,	A-el-02	6	Pf	讓它開一點窗戶	Cn	Kn	Vn							
30	那如果說, 我想像說, 如果有睡美人關在裏面的話, 或是公主關在這個裏面的話, 那可能會有一個樂趣吧,	A-all		Pf	公主關在這個裏面的話, 那可能會有一個樂趣吧	Cn	Kn	Vf							
31	那搞不好, 我可以在這個裏面就是有加上燈光的效果,	A-de-01	13	Pr	加上燈光的效果	Cn	Kn	Vf							
33	搞不好它裏面就會有那個一個人影的影像會出現, 搞不好是長髮這樣子, 影像在裏面,	A-de-01	13	Pf	會有那個一個人影的影像會出現	Cg	Kn	Vn							

受測者 J 的發散構想

以發散構想的行為而言，受測者會針對一個問題點，或是一個物件，在知覺或是草圖行為上產生新的概念(Cn)。在表 5.6 中可以看出，受測者 J 三次實驗的發散構想的認知行為分別為 15, 10, 10 次。例如(表 5.13)：

“那所以有了這樣的構想之後, 那可能我嘗試的把故事性的東西, 帶到我的作品裏面,” (J_03, 斷句 35)

表 5.13 發散構想的使用例子

斷句	口語內容	基於的物件	斷句編號	知覺行為	內容	知識目的	設計知識	知識類別	基於的物件	斷句編號	繪圖行為	草圖物件	知識目的	設計知識	知識類別
35	那所以有了這樣的構想之後，那可能我嘗試的把故事性的東西，帶到我的作品裏面。	A-all		Pf	故事性的東西，帶到我的作品裏面	Cn	Kn	Vn							
36	那所以就變成說，一個城堡，王子去救公主，那我們在榨果汁的人就是王子。	A-all		Pf	王子去救公主，那我們在榨果汁的人就是王子	Cn	Kn	Vn							
43	但是因為我加了一些概念上去，那可能我，比方話像門的部份，我會刻意的把它做一個比較明顯的區分，這是一個門，搞不好它會有…	B-el-02	42	Pf	我會刻意的把它做一個比較明顯的區分	Cn	Kn	Vn							
46	搞不好這門下來的時候，是不是要有像吊橋的那個鎖鏈的樣子，就很像那個護城河，會有馬匹過去的樣子。								B-de-01	44	Dc	B-sb-01	Cn	Kn	Vn
67	這邊應該會有一個連動的裝置在某的地方，假如這個是 A，這個應該是對應的點。	B-el-03	57	Pf	連動的裝置在某的地方，	Cn	Kn	Vf							

這種發散構想的認知行為是把將一個新的概念，帶進發展構想的過程，目的是使構想可以發散；而此概念的來源如表 5.2，可能來自設計專業知識、外來的新知識、獨創知識、及自我評估知識。因此，從受測者 J 所以的發散構想行為來看，在三次實驗中共 35 次的發散構想中，知識的來源大多是來自獨創知識(Kn)共有 25 次；另一些來自設計專業知識(Kp)也有 10 次；而自我評估知識(Ke)則只有 2 次；而外來的新知識(Kx)則為 0 次 (圖 5.5)。因此，以受測者 J 而言，獨創知識是引發創造力發散構想的主要知識來源。

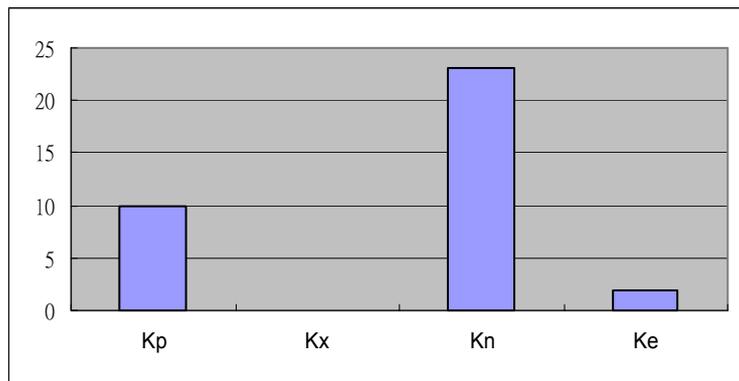


圖 5.5 發散構想和知識來源的關係圖

受測者 J 的轉換構想

受測者 J 在三次實驗中，分別有 22, 13, 18 次的轉換構想(表 5.6)，轉換構想是一個連續性的認知行為，受測者知覺到物體的特徵(Pf)或是物體的關係(Pr)後，而將此概念轉換成設計構想，並以草圖(Dc 或 Dm)畫出。例如：受測者 J 第三次實驗的第 4 個斷句時，他知覺並說到(表 5.14)：

“那好，我也可以用城堡的概念，做我的建築的部份。” (J_03, 斷句 4)

接著他在斷句 5 中，就基於此概念轉換成草圖，並繪出(Dc) “A-el-01” 的城堡。

表 5.14 轉換構想的說明例子

斷句	口語內容	基於的物件	斷句編號	知覺行為	內容	知識目的	設計知識	知識類別	基於的物件	斷句編號	繪圖行為	草圖物件	知識目的	設計知識	知識類別
1	因為剛剛那篇文章是說，用不同的方式	那篇文章		Pf	用不同的方式	Cg	Kx	Vf							
2	剛好我現在碰到一個瓶頸，現在用別的物體，轉移到我的概念裏面。	那篇文章		Pr	用別的物體，轉移到我的概念裏面	Cg	Kx	Vf							
3	我之前有看過人家做果汁機，用城堡，用建築，這是滿有趣的。	None		Pf	人家做果汁機，用城堡，用建築	Cg	Kx	Vn							
4	那好，我也可以用城堡的概念，做我的建築的部份。	用城堡	3	Pf	用城堡的概念，做我的建築的部份	Cn	Kn	Vn							
5	那好，我也可以用城堡的概念，做我的建築的部份。								用城堡	3	Dc	A-el-01	Cs	Kp	Vn

在三次實驗中，一共有 53 次的轉換構想，進一步將所有的轉換構想和知識來源加以分析發現(圖 5.5)，設計專業知識(Kp)有 25 次之多；而獨創知識(Kn)也有 20 次；最少的是外來的新知識(Kx)及自我評估知識(Ke)，分別只有 5 次及 3 次。從此可以看出，創造力的轉換構想行為，主要是來自設計師的專業知識；而獨創知識也占了相當高的比重。在受測者 J 的分析中，轉換構想認知行為的知識來源，是來自設計專業知識及獨創性知識。因此，這二種知識是創造力設計師展現創造力行為不可或缺的知識來源。

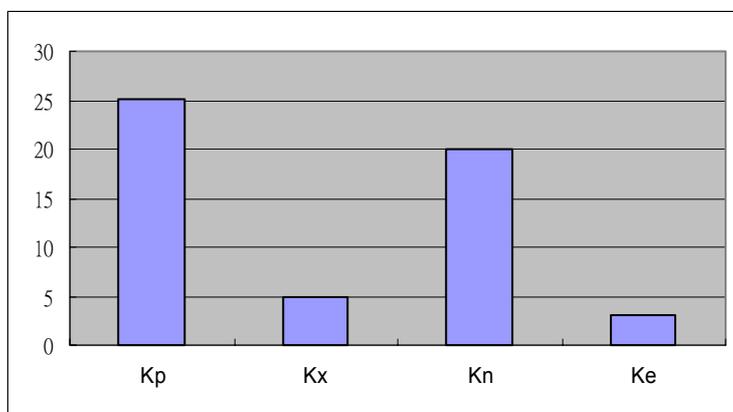


圖 5.6 轉換構想和知識來源的關係圖

受測者 J 的非預期發現

非預期發現是指設計師在發展構想的過程中，基於相應的知識、動作、或是草圖，可能是繪圖、知覺、測讀，然後在下一個斷句中，知覺到新設計問題(Pp)。因此從表 5.6 中得知，受測者 J 在三次實驗中，分別有 8, 9 及 8 次的非預期發現。例如在第四次實驗中的第 4 個斷句中，受測者 J 知覺到(表 5.15)：

“就是說一般的榨汁機都是方方正正的，這一個是比較長方形的，那所以我想說利用這個造形去做一個突破” (J_04, 斷句 4)

但是他下一個斷句中，基於前一個斷句知覺到的物件，他發現了一個問題，

“所以榨汁機應用在這個上面，可能在操作上不是那麼方便” (J_04, 斷句 5)

這二個連續的斷句中，他非預期地發現一個設計問題，接下來他可能因為此問題而改變想法，或是以另一個角度去思考。因此發現問題的知識來源，將會是引發發現問題的認知行為的主要因素。

表 5.15 非預期發現的應用例子

斷句	口語內容	基於的物件	斷句編號	知覺行為	內容	知識目的	設計知識	知識類別	基於的物件	斷句編號	繪圖行為	草圖物件	知識目的	設計知識	知識類別
1	這一次畫，一樣會走一個新的造形。	None	1	Pf	走一個新的造形	Cg	Kn	Vn							
2	那目前的話是剛好我前面是一個鉛筆盒。	None		Pf	前面是一個鉛筆盒	Cg	Kx	Vn							
3	這個倒滿有趣的，為什麼鉛筆盒會引人注意。	鉛筆盒	2	Pp	為什麼鉛筆盒會引人注意	Cd	Ke	Vn							
4	就是說一般的榨汁機都是方方正正的，這一個是比較長方形的，那所以我想說利用這個造形去做一個突破	鉛筆盒	2	Pf	我會想說利用這個造形去做一個突破	Cn	Kn	Vn							
5	所以榨汁機應用在這個上面，可能在操作上不是那麼方便。	鉛筆盒	2	Pp	可能在操作上不是那麼方便	Cd	Ke	Vf							

因此進一步分析受測者 J 在三次實驗中的 25 次非預期發現，發引最多問題的知識來源是自我評估知識(Ke)有 12 次；而設計專業知識(Kp)也有 9 次；而外來的新知識(Kx)及獨創知識(Kn)分別只有 2 次。因此以受測者 J 而言，自我評估知識可能是非預期發現的主要知識來源；但是相對地，設計的專業知識也是產生非預期發現的知識來源之一。

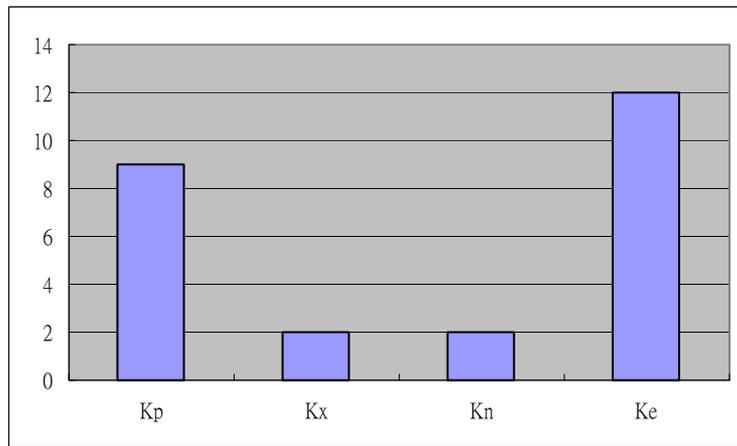


圖 5.7 非預期發現和知識來源的關係圖

上述四個創造力的認知因子，分析出受測者 J 的“自我獨創的知識”，在設計過程及策略中的“發散構想”及“轉換構想”的認知行為中，佔有相當重要的地位；同時也可以看出“設計專業知識”在創造力行為中，也是不可或缺的知識來源。而另一個“非預期發現”的認知行為，和“自我評估知識”及“設計專業知識”有相當大的關係。因此，直接從創造力設計師的認知行為分析結果，也支持 5.4.1 章所分析的，具有創造力傾向的設計師，也同時需要相當程度的專家知識，才能使設計師的創造力發揮出來。





第六章 結論與建議

如第五章分析中所提及，發展構想的過程，可能因為發展一開始就決定了難易程度不同的方向，因此設計的過程中就可能產生不同的認知行為；因此本研究將不以每次實驗的差異來比較認知因子的改變，而把第四章的受測者進行的實驗，當成是第一階段；而第五章的結果為第二階段。在第一個階段中，只決定了四位受測者是較有經驗的設計師，並沒有針對不同的認知因子來分析，因此這四位受測者都是屬於有經驗的設計師(圖 6.1)。

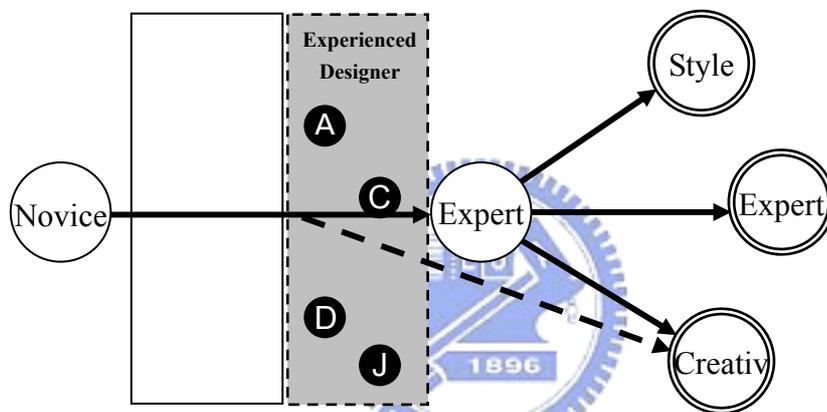


圖 6.1 第四章四位有經驗的設計師 A, C, D, 及 J

而在第二階段的實驗結果分析指出(表 5.11)，受測者 A 有一個專家因子“機能需求”，及一個創造力因子“獨創性知識”；而受測者 C 也分別有一個專家因子“產生及測試”，及一個創造力因子“自我評估知識”。由 A 和 C 二位受測者可以看出，專家和創造力的因子是同時在設計師的認知行為可以被發現，也就是說有經驗的設計師，演變成專家或是創造力設計師的過程中，專家及創造力的認知行為是同時發展的，因此受測者 A 和 C 目前是在圖 6.2 中的位置。

而受測者 J 在表 5.11 中可以看出，他有 4 個最高百分比的創造力認知因子，但是沒有最高百分比的專家因子，由此可以很明確看出他有創造力設計師的傾向；但是，進一步地分析受測者 J，他有 3 個專家因子是第二高的百分比，分別為“設計專業知識”、“定義及解決問題”、及“啟發性搜尋”。由此可推測，如受測者 A 和 C，專家及創造力的認知行為的確是同時發展的；而受測者 J 在第二階段的時，最後成為最有創造力傾向的設計師(圖 6.2)，但是同時也要有專家的認知因子，才能表現出他創造力的傾向。

最後一位受測者 D，由表 5.11 看出，他具有 4 個專家的認知因子，但是在 3 個風格的因子中，他也都有最高的次數。由此可以推測出，受測者 D 的確是由專家轉變成的，最具有風格傾向的設計師(圖 6.2)。但是值得一提的提是，受測者 D 也有一個創造力的認知因子“圖形重建”，也就是說有經驗的設計師，在形成三類設計師的過程中，一定都會有創造力的認知因子產生，可能表現在不同的認知行為上。

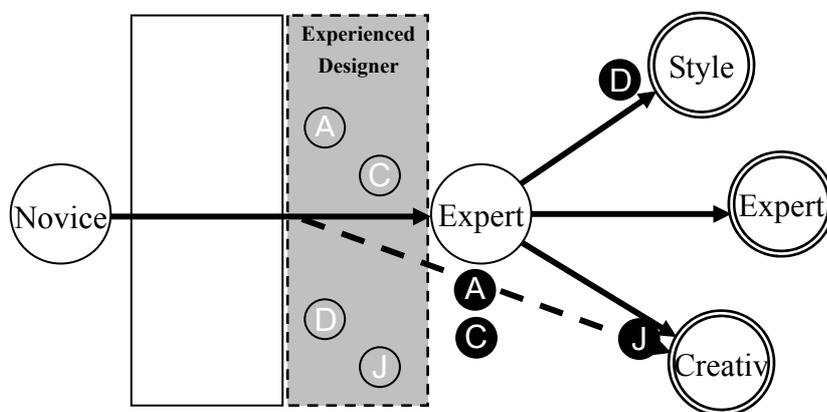


圖 6.2 第五章四位不同傾向的受測者 A, C, D, 及 J

因此基於本研究第一個層次的問題：創造力設計師形成過程，經由本論文的實驗及分析，可以支持 Gardner (1993)所提創造力的行為可能發生在形成專家的早期，但是本論文的結果，可以更精確地說明，專家及創造力的認知因子是同時發生在設計師形成的過程，設計師有特定專家行為，同時也會有創造力的認知行為，只是不同的設計師會發生在不同的認知行為上。另一方面，由專家所形成的風格設計師，也會在特定的行為上有創造力，只是他的風格及專家特質，使它產生的設計師行為是具有風格傾向。

而在第二個層次的問題：什麼樣的認知因子，會使設計師有創造力的傾向。進一步分析具有創造力傾向設計師的認知因子，發現創造力傾向的設計師，具有最高的“自我獨創的知識”，而此“自我獨創的知識”是創造力的“發散構想”及“轉換構想”的認知行為中，主要知識來源之一；另一個知識來源則是“設計專業知識”。而在草圖行為中的“非預期發現”的認知行為，則和設計知識中的“自我評估知識”及“設計專業知識”有相當大的關係。因此，此研究結果說明了具有創造力傾向的設計師，同時也必需具有相當多的專家知識，才能發揮出將創造力的特質表現出來。

研究限制

設計師從生手到“有經驗設計師”，再到專家設計師，必需經過 10 年以上的時間，才能累積足夠的專家知識，來解決設計問題(Simon, 1966, 1974, 1975, 1999)；因此本研究要在一個單一的研究中，來探討創造力形成的過程，有相當多的研究限制，包含了受測者的選擇、設計主題、設計的過程、以及創造力的定義等四個方面。接下來將分成此四部份分別說明：

受測者的選擇

為了探討生手設計師形成創造力的過程，在受測者的選擇過程上，應該要找完全沒有設計訓練及設計經驗的生手；然而，在 4.1 章的先前實驗測試中發現，完全的設計生手是無法產生完整的设计構想，可能要再經過 5 年的專業訓練，才可能將大腦中的構想完整的表現出來。因此，在正式實驗中直接選定，受過 5 年以上的設計訓練，同時必須要有實務的设计經驗，只要沒有設計過此設計題目即可。然而，這些有經驗的受測者原本就會有一些個人的設計特質，在此並不加以討論。

設計主題

在本研究中採用機能及造形方面比較容易操作的工業設計題目，在设计過程中的構想階段所使用的相關設計知識較少；相較於其他不用的設計領域，如建築設計，儘管在只在構想階段，所使用的設計知識不用，其數量也較多、較複雜，可能也會用不用的設計認知行為出現。因此本研究僅針對工業設計的设计行為加以探討。

設計的過程

設計過程方面，在第五章中的受測者皆是第四章中的“有經驗設計師”，這些受測者可能因為多次的實驗，漸漸地在某些認知因子的數量上產生增加或是減少的變化；然而，在不用的實驗中，受測者選擇發展方向的困難度不用，可能就會決定了不用認知行為的多寡。因此，本研究無法直接第三、第四、及第五次實驗中，來分析受測者在認知行為上的改變。

然而如以長期的設計訓練及養成的程度來看，如果要能分析出設計師在某些認知行為上的改變，則可能要請某位設計師每相隔二或三年做一次實驗，才有可能分析出之間的差異。因此，為了避免上述發展方向的困難度不用的問題，本研究僅把第三、四、五次實驗中認知行為的平均值，來當成是受測者在自己設計養成過程中某階段的認知行為；進而分析該階段中，受測者可能的設計師傾向。

創造力的定義

以廣義創造力的定義而言，一個設計師或是一件作品，必須受到社會的評估之後，才能被認定為是否具有創造力(Csikszentmihalyi, 1996; Liu, 2000)；但是本研究僅探討個人的創造力行為，分析具有創造力設計師傾向的認知過程；並不以社會性創造力的程度，來討論設計師的認知行為。

後續研究

本研究基於認知行為的侷度，來探討具有創造力的設計師形成的過程，以及具備了那些認知因子，如前研究限制所說明，仍有相當多不足之處，可繼續被探討。接下來將可以從水平及垂直二個侷度來說明。

水平的侷度而言，以就是基於本研究的架構，去探討其他設計領域的創造力設計師，是否也有相同的形成過程，以及相同的認知因子。另一方面，可以將整個研究的時間放大到 10 年，如前所提到在設計過程的研究限制，完整記錄及分析設計生手從開始接受設計訓練，經過 10 年的時間，一直到成為專家、風格、或創造力設計師，來分析 10 年之間設計師在認知因子上所改變。

此外，現今的電腦已經大量地介入設計的過程，不同的電腦媒材可能會為設計的過程帶來不同程度的創造力，同時也可能限制了設計師發散構想的能力。因此，可基於本研究的架構，再繼續探討不同電腦媒材，在構想發展過程中和創造力的關係，同時比較使用電腦媒材及傳統媒材在認知行為上的差異，及如何影響創造力的產生。

而在垂直的侷度，則是接續本研究的結果再進一步探討，例如：將創造力形成過程，整合出一個創造力的認知模型，並和現有的創造力模型加以分析比較。甚至可以進一步把創造力的認知模型，以電腦系統來模擬，而形成一個較完整的創造力認知與運算模型。



研究貢獻

本研究的結果以較全面的侷度，整合設計知識、設計過程及策略、及草圖行為，分析出形成創造力設計師形成的過程，及必要的認知行為因子。此結果可能使得在設計思考領域的研究，對於形成創造力有進一步的了解。

同時近年來設計認知及設計領域的人工智慧都被相互探討、應用、及驗證，本研究的結果，希望也可以讓現今創造力電腦系統遭遇瓶頸時，可從另外一個侷度探討創造力的來源，使創造力電腦系統的研究能有新的突破。

- Ackerman, J. S. 1963. Style. In J. S. Ackerman and R. Carpenter (Eds.), *Art and Archaeology*: 174-186. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Akin, O. 1986. *Psychology of architectural design*. London: Pion.
- Akin, O. 1988. Expertise of the Architect. In Rychener, M. D. (Ed.), *Expert systems for Engineering design*: 171-196. New York: Academic Press.
- Akin, O. 1990. Necessary condition for expertise and creativity. *Design studies*, 11(2): 107-113.
- Anderson, J. R. 1982. Acquisition of cognitive skill. *Psychological Review*, 89: 369-406.
- Anderson, J. R. 1983. *The architecture of cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Anderson, J. R. 1990. *The adaptive character of thought*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Anderson, J. R. 2000. *Cognitive psychology and its implications* (5th ed.). New York, NY: Worth Publishers.
- Anderson, J. R., Greeno, J. G., Kline, P. J., and Neves, D. M. 1981. Acquisition of problem-solving skill. In J. R. Anderson (Ed.), *Cognitive skills and their Acquisition*: 191-230. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Bai, R. Y. and Liu, Y. T. 1998. Toward a computerized procedure for visual analysis and assessment. *CAADRIA '98*: 67-76.
- Bonnardel, N. and Marmeche, E. 2001. Creative Design Activities: the evocation process and its evolution with regard to expertise. *Computational and cognitive models of creative design V*. pp. 189-204.
- Chan, C.-S. 1992. Exploring individual style in design. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 19: 503-523.
- Chan, C.-S. 1993. How an individual style is generated. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 20: 391-423.
- Chan, C.-S. 1994. Operational definitions of style. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 21: 223-246.
- Chan, C.-S. 1995. A cognitive theory of style. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 22: 461-474.
- Crismond, D. 2001. Learning and Using Science Ideas When Doing Investigate-and-Redesign Tasks: A Study of Naive, Novice, and Expert Designers Doing Constrained and Scaffolded Design Work. *Journal of research in science teaching*, 38(7): 791-820.
- Coyne, R. D., Newton, S., and Sudweeks, F. 1993. A connectionist view of creative design reasoning. In Gero, J. S. and Maher, M. L. (Eds.), *Modelling creativity and knowledge-based creative design*: 177-209. Hillsdale, NJ: Erlbaum Press.

- Cross, N. 1999. Natural intelligence in design. *Design Studies*, 20: 25-39.
- Csikszentmihalyi, M. 1996. *Creativity*. New York: Harper Perennial.
- De Groot, A. D. 1965. *Thought of choice in chess*. the Hague: Mouton.
- Ericsson, K. A., Krampe, R. T., and Tesch-Romer, C. 1993. The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*, 100: 363-406.
- Fischer, G. 2001. External and shareable artifacts as opportunities for social creativity in communities of interest. In *Proceedings of Modelling cognitive strategies in creative design V*: 67-90.
- Fitts, P. M. and Posner, M. I. 1967. *Human performance*. Belmont, CA: Brooks Cole.
- Gardner, H. 1993. *Creating minds*. New York: Basic Books.
- Gero, J. S. and Maher, M. L. 1993. *Modelling creativity and knowledge-based creative design*. Hillsdale, NJ: Erlbaum Press.
- Gero, J. S. and Neill, T. M.: 1998, An approach to the analysis of design protocols, *Design Studies*, 19, 21-61.
- Goel, V. 1995. *Sketches of thought*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Goldschmidt, G. 1991. The dialectics of sketching. *Creativity Research Journal*. 4(2): 123-143.
- Goldschmidt, G. 1992. Serial sketching: visual problem solving in designing. *Cybernetics and System: An International Journal*, 23: 191-219.
- Goldschmidt, G. 1994. On visual design thinking: the vis kids of architecture. *Design studies*, 15: 158-174.
- Gombrich, E. H. 1968. Style. In D. Sills (Ed.), *International Encyclopedia of the Social Sciences*: 352-361. New York: Macmillan.
- Gruber, H. E. 1989. The evolving systems approach to creative work. *Creative people at work*. D. B. Wallace and H. E. Gruber (eds). New York Oxford. Oxford University Press: 3-24.
- Guilford, J. P. 1968. *Intelligence, creativity, and their educational implications*. San Diego: Knapp.
- Ho, C.-H. 2001. Some phenomena of problem decomposition strategy for design thinking: differences between novices and experts. *Design Studies*, 22: 27-45.
- Howard-Jones, P. A. 1998. The variation of ideational productivity over short timescales and the influence of an instructional strategy to defocus attention. In *Proceedings of Twentieth Annual Meeting of the Cognitive Science Society*: 496-501.
- Kavakli, M., Scrivener, S. A. R., and Ball, L. J. 1998. Structure in idea sketching behaviour. *Design studies*, 19(4): 485-517.
- Kosslyn, S. M. 1973. Scanning visual images: some structural implications. *Perception and Psychophysics*, 14: 90-94.
- Kosslyn, S. M., Reiser, B. J., Farah, M. J., and Fliegel, S. L. 1983. Generating Visual Images: Units and Relations. *Journal of Experimental Psychology General*, 112(2): 278-303.
- Kruger, C. and Cross, N. 2001. Some phenomena of creativity in design with computer media. In *Proceedings of Modelling cognitive strategies in creative design V*: 205-226.

- Larkin, J. 1981. Enriching formal knowledge: A model for learning to solve textbook physics problems. In J. R. Anderson (Ed.), *Cognitive Skills and Their Acquisition*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Lawson, B. 1979. Cognitive strategies in architectural design. *Ergonomics*, 22(1): 59-68.
- Levy, B. A. 1971. Role of articulation in auditory and visual short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 10: 123-132.
- Liu, Y.-T. 1995. Some phenomena of seeing shapes in design. *Design studies*, 16: 367-407.
- Liu, Y.-T. 1996a. Restructuring shapes in terms of emergent subshapes: a computational and cognitive model. *Environment and planning B: Planning and Design*, 23: 313-328.
- Liu, Y.-T. 1996b. Is designing one search or two? A model of design thinking involving symbolism and connectionism. *Design studies*, 17(4): 435-449.
- Liu, Y.-T. 2000. Creativity or novelty? *Design Studies*, 21: 261-276.
- Lloyd, P. and Scott, P. 1994. Discovering the design problem. *Design Studies*, 15(2): 125-140.
- Lloyd, P. and Scott, P. 1995. Difference in similarity: interpreting the architectural design process. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 22: 383-406.
- McGown, A., Green, G., and Rodgers, P. A. 1998. Visible ideas: information patterns of conceptual sketch activity. *Design studies*, 19: 431-453.
- Medin, D. L., Ross, B. H., and Markman, A. 2001. Expertise and creativity. In Medin, D. L., Ross, B. H., and Markman, A. (Eds.), *Cognitive Psychology*, 3th ed.: 481-517: Harcourt College Publishers.
- Meyer, L. B. 1979. Toward a theory of style. In B. Lang (Ed.), *The Concept of Style*: 3-44. Philadelphia, PA: University of Philadelphia Press.
- Mitchell, W. J. 1993. A computational view of design creativity. In Gero, J. S. and Maher, M. L. (Eds.), *Modelling creativity and knowledge-based creative design*: 25-42. Hillsdale, NJ: Erlbaum Press.
- Neisser, U. 1967. *Cognitive Psychology*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Paivio, A. 1971. *Imagery and verbal process*. New York: Holt, Rinehart, and Winston.
- Paivio, A. 1986. *Mental representation: A dual coding approach*. New York: Oxford University Press.
- Palmer, J., Ames, C. T., and Lindsey, D. T. 1993. Measuring the effect of attention on simple visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19(1): 108-130.
- Purcell, T. and Gero, J. S. 1998. Drawings and the design process. *Design studies*, 19: 389-430.
- Rapoport, A. 1969. *House form and culture*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Reed, S. K. 1974. Structural descriptions and the limitations of visual images. *Memory & Cognition*, 2(2): 329-336.
- Rowe, E. J. and Rogers, T. B. 1975. Effects of concurrent auditory shadowing on free recall and recognition of pictures and words. *Journal of Experimental Psychology General*, 104: 415-422.

- Saunders, R. and Gero, J. S. 2001. Artificial creativity: a synthetic approach to the study of creative behavior. In *Proceedings of Modelling cognitive strategies in creative design V*: 113-140.
- Scrivener, S. A. R. and Clark., S. M. 1994. Sketching in collaborative design. In L. Macdonald and J. Vince (Eds.), *Interacting Virtual Environment*: 95-118. Chichester: Wiley.
- Simon, H. A. and Newell, A. 1962. Computer simulation of human thinking and problem solving. *Thought in the young child*. W. Kessen and C. Kuhlman (eds). Chicago. the University of Chicago Press: 113-131.
- Simon, H. A. 1966. Scientific discovery and the psychology of problem solving. In Colodny, R. (Ed.), *Mind and Cosmos*: 22-40. Pittsburgh, PA: University of Pittsburgh Press.
- Simon, H. A. 1974. How big is a chunk. *Science*, 183: 482-488.
- Simon, H. A. 1975. Style in design. *Spatial Synthesis in Computer-Aided Building Design*: 287-309.
- Simon, H. A. 1999. *The Sciences of the Artificial* (3rd ed.). Cambridge, MA: MIT Press.
- Simon, H. A. and Gilmarin , K. 1973. A simulation of memory for chess positions. *Cognitive Psychology*, 5: 29-46.
- Schapiro, M. 1961. Style. In M. Philipson (Ed.), *Aesthetics Today*: 81-113. Cleveland, OH: World Publishing.
- Schneider, W. and Shiffrin, R. M. 1977. Controlled and automatic information processing. I: detection search and attention. *Psychological Review*, 84: 1-66.
- Schmid, K. 1996. Making AI systems more creative: the IPC-model. *Knowledge-Based Systems*. 9: 385-397.
- Schön, D. A. and Wiggins, G. 1992. Kinds of seeing and their functions in designing. *Design studies*, 13(2): 135-156.
- Shepard, R. N. 1967. Recognition memory for words, sentences, and pictures. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 6: 156-163.
- Smithies, K. W. 1981. *Principles of Design in Architecture*. New York, NY: Van Nostrand Reinhold.
- Sparshott, F. E. 1965. *The Structure of Aesthetics*. Toronto: University of Toronto Press.
- Srazalecki, A. 2000. Creativity in Design: General model and its verification. *Technological Forecasting and Social Change*. 64: 241-260.
- Sternberg, R. and Davidson, J. 1982. The mind of the puzzler. *Psychology Today*, 16: 37-44.
- Suwa, M. and Tversky, B. 1997. What do architects and students perceive in their design sketches ? A protocol analysis. *Design Studies*, 18: 385-403.
- Suwa, M., Purcell, T., and Gero, J. S. 1998. Macroscopic analysis of design processes based on a scheme for coding designers' cognitive actions. *Design studies*, 19: 455-583.
- Suwa, M., Gero, J. S., and Purcell, T. 2000. Unexpected discoveries and S-invention of design requirements: important vehicles for a design process. *Design Studies*, 21: 539-567.

- Suwa, M. and Tversky, B. 2001. Constructive perception in design. In *Proceedings of Computational and Cognitive Models of Creative Design V*: 227-239.
- Tang, H. H. and Gero, J. S. 2001. S-creativity in the design process. In *Proceedings of Computational and Cognitive Models of Creative Design V-Developing Ideas Sessions*: 45-54.
- Turing, A. M. 1950. Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59: 433-460.
- Van Sommers, P. 1984. *Drawing and cognition*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Verstijnen, I. M., Hennessey, J. M., Leeuwen, C., Hamel, R., and Goldschmidt, G. 1998. Sketching and creative discovery. *Design studies*, 19: 519-546.
- Wallas, G. 1926. *The art of thought*. New York: Harcourt, Brace.
- Weisberg, R. W. 1986. *Creativity: genius and other myths*. New York: Freeman.



