

# 不同學習背景工業設計所研究生 概念發展階段之能力差異

## The Capacity Variance in Concept Development Stage between Industrial Design Graduate Students with Different Learning Backgrounds

\*洪秀燕 Hsiu-Yen Hung

\*\*朱柏穎 Po-Ying Chu

\*\*\*吳志富 Chih-Fu Wu

\*\*\*\*劉又榕 Yu-Jung Liu

\*華夏科技大學數位媒體設計系 講師

\*Lecturer / Department of Digital Media Design, Hwa Hsia University of  
Technology

\*\*大同大學工業設計學系 助理教授

\*\*Assistant Professor / Graduate School of Design Science, Tatung University

\*\*\*大同大學設計科學研究所 教授

\*\*\*Professor / Graduate School of Design Science, Tatung University

\*\*\*\*大同大學工業設計學系 研究生

\*\*\*\*Graduate / Department of Industrial Design, Tatung University

有關本文的意見，請聯繫通訊作者朱柏穎

For correspondence concerning this paper, please contact Po-Ying Chu

Email: juby@ttu.edu.tw

## 摘要

目前臺灣工業設計相關研究所招收非本科系學生的人數日益增加，如何改善因學習背景不同所形成的專業能力差異，是工業設計教育須面對的課題。本研究以工業設計研究所本科系學生與非本科系學生進行抄圖實驗、設計實驗和動作分析，進行多變量分析，以了解不同學習背景研究生於概念發展階段的能力差異。研究結果顯示：本科系學生的電腦繪圖抄圖能力顯著較高；非本科系學生於概念草繪到模型製作階段的差異程度最大，其將構想實體化的能力較弱；就讀研究所期間有參與設計競賽者，其電腦繪圖與 3D 建構能力顯著較高；動作分析方面，非本科系學生或因缺乏實作經驗，在模型製作與電腦繪圖階段與本科系學生有顯著差異。根據研究結果，本研究提出建議：非本科系學生宜能補修大學設計實務課程並增強電腦繪圖能力，以提升就業競爭力。期望本研究結果能提供工業設計研究所課程規劃與非本科系學生職涯規劃之參考。

關鍵詞：工業設計教育、草繪、電腦繪圖、模型製作

## Abstract

Due to the rising number of non-ID majors admitted by ID-related graduate schools, minimizing the students' professional skill differences caused by their varying learning backgrounds should be addressed in the ID education. In this study, image-copying experiments, design experiments, and motion analyses were performed by two kinds of graduate students - ID majored and non-ID majors, to explore the capacity variance in concept development stage between the students from the two groups. The results are as follows: (1) ID majored students demonstrated significantly higher computer graphics image-copying skills than the other group; (2) between the "concept sketching" and the "model making" stages, non-ID majors exhibited the greatest difference in skill - weaker ability to materialize abstract concepts; and (3) graduate students participating in design competitions displayed significantly higher computer graphics and 3D model-making abilities than those who do not. The motion analysis showed that non-ID majors lacked hands-on experience, resulting in significant skill differences between themselves and the other group during the "model making" and "computer graphics" stages. Therefore, they are recommended to take design practice-related curriculum and improve computer graphics abilities to elevate their employment competitiveness. The study may be used as reference by ID graduate schools for course-planning and by non-ID majors planning career in the ID field.

**Keywords: industrial design education, sketch, computer graphics, model-making**

# airiti

## 壹、前言

臺灣因高等教育普及並在政府大力推動創意與設計產業的推波助瀾下，近年來工業設計研究所的招生吸引很多非本科系學生報考。根據調查，各大學工業設計碩士班招收非本科系學生的人數日益增加（張智銘，2012）。以大同大學工業設計研究所為例，2013 年該所入學考試報名的考生中，有 38% 的考生是大學設計相關科系畢業生，而非設計相關科系畢業的考生則佔 62%（大同大學設計頻道，2013）。本研究整理 2013 年國內設計相關研究所錄取之非本科系學生比例，有部分學校也已超過本科系學生（如圖 1 所示）。

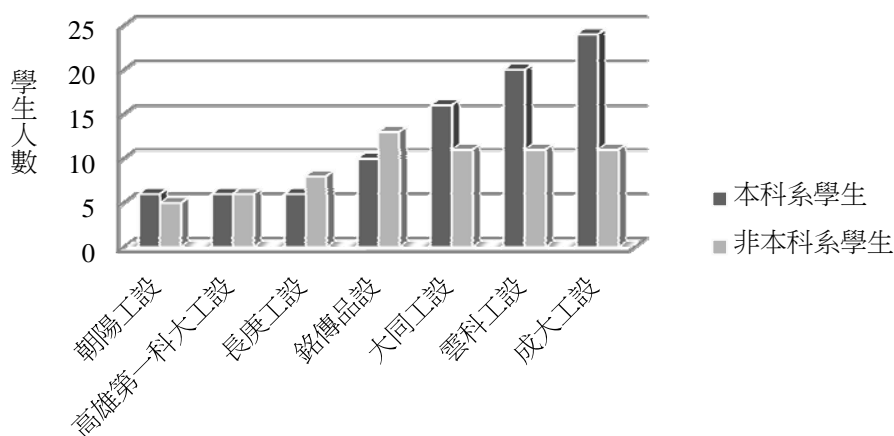


圖 1 2013 年工業設計相關研究所錄取之本科系學生與非本科系學生概況

資料來源：整理自各校與研究所補習班網站

鑒於近年來英、美等國的工業設計人才已供過於求，就業競爭激烈（Evans、Wormald，2005），臺灣在工業設計人才的培育需及早因應此一現象。而如何改善非本科系學生因學習背景不同而可能造成之專業能力不足的現象（洪凌威，2008），進而提升其專業能力與競爭力，是目前工業設計教育須面對的重要課題。

以工業設計研究所為例，一般非本科系學生大多有補習設計考科的經驗，坊間的補習班針對研究所考試將專業科目分為設計概論與設計實務兩類。然而，由於碩士班入學考試不包含電腦輔助繪圖考科，而非本科系學生因學習背景不同，使其電腦繪圖的能力不一，更遑論須實務操作的模型製作能力。根據洪凌威（2008）的研究發現，大學非本科系畢業之學生較缺乏電腦繪圖軟體操作能力及設計實務訓練，且非本科系學生畢業後擔任工業設計師之比例偏低。工業設計本身需兼顧理論與實作，而研究所教育則較偏重研究與理論，往往將實作的核心課程減少甚至省略，對非本科系學生而言，若沒有自行補強實作能力，相較於本科系學生將會有明顯落差，畢業後可能會因此降低競爭力。

本研究藉由抄圖實驗及設計實驗的專家評分與動作分析，比較工業設計日間部碩士班大學非本科系畢業的學生，在缺乏大學階段實作核心課程的訓練下，從概念草繪、模型製作到 3D 電腦繪圖階段，與大學為本科系畢業之碩班生在各階段中的能力差異，並探討其影響因素。期望本研究結果可提供工業設計研究所進行課程規劃之參考，也提供對工業設計領域有興趣之非本科系學生就讀時之參考。本研究分為五部分，前言部分說明研究動機與目的；第二部分為文獻回顧，包含工業設計師專業能力、國內工業設計教育課程與設計概念發展過程等相關文獻；第三部分為研究方法與步驟，界定研究對象、實驗設備，以及任務設計、專家評分與動作分析等；第四部分為研究結果與討論，將各專家之評分結果與動作分析進行分析比較，最後為結論與建議。

## 貳、文獻探討

### 一、工業設計師的專業能力

一般傳統產業的工業設計師其工作內容廣泛，包含設計開發、企劃、概念研究與設計、細節設計、3D 建模、介面、管理或推廣等，其所具備的技能因工作需求不同而有所差異（楊敏英、游萬來、林盛宏，2003；楊敏英、游萬來、郭純妤，2010；Yang、You、Chen，2005）。美國工業設計師協會（Industrial Designers Society of America）定義工業設計是創造與概念發展的專業服務，工業設計師能將產品的功能、價值、造型與系統充分運用，讓使用者與製造商共同獲利，並須了解產品的生產過程與技術，且能分析行銷時機與調查市場銷售情形和售後服務等（Industrial Designers Society of America，2010）。

陸定邦、林群超（2005）提出工業設計師應具備的能力為（1）專業知識：包含美學、工學、商學和法規；（2）技術能力：包含基本工具操作、傳達、溝通和資訊運用；（3）團隊合作能力：包含整合協調、跨領域溝通與學習、操守、職業道德和人格特質；（4）問題解決能力：包含問題觀察、創造與實踐等。許言、張文智、楊耿賢（2007）參考王鴻祥、邊守仁（2003）的研究，也提出工業設計師的能力指標為產品造型、徒手草圖、設計創意、人格特質、美學素養、產品企劃、工程製造、電腦應用、人因工程和掌握時程等十項。張智銘、游萬來（2012）整理國內外相關文獻更提出工業設計師應具備產品企畫與開發、市場相關、設計人文、美學與造型、工學相關、人因工程、手繪表達、電腦輔助設計等八項領域的專業知識與能力，並須具備創意與創造、溝通與表達、分析與問題解決、團隊精神、負責自信和獨立作業等能力之人格特質。但根據 Naveiro、De Souza Pereira（2008）的調查，業界普遍認為工業設計系的畢業生在工程、法規與管理等相關專業知識和 2D、3D 等電腦繪圖專業能力仍然不足。

近年來由於科技迅速發展及數位媒體的運用，改變了工業設計師的傳統專業技能結構（楊敏英、游萬來、郭純好，2010）。尤其現今的設計專案日趨複雜，工業設計師需解決的問題也更加多元化（Brown，2009 / 2010）。所以除了專業能力外，工業設計師尚需具備因應未來改變趨勢的能力（Cartier，2011）。由於傳統的專業技能已無法滿足新科技與新設計的專業訴求，因此學校教育須能因應新的轉變而調整課程內容以提升學生的專業能力，並期待能培育學生具備因應未來改變趨勢的能力。

## 二、工業設計課程的內涵

工業設計教育的主要目的是培養具專業實務設計能力的設計師，課程內容包含工業設計師所需具備的各項專業知識與實務能力。陳文誌、游萬來（2004）依據課程特性將工業設計課程分為專業知識、技術工具與核心課程等三類，其中以核心課程為主軸，首要訓練學生的設計實務能力。陳盈慈（2005）將設計能力歸納為創意、技能、知識與問題解決等四項，並將對應的課程分為設計創意課程、設計技能課程、設計知識課程與設計實務課程等四大構面。李書辰（2008）調查國內 12 所工業設計相關學系，也將課程分為手繪技巧類、設計理論與創意類、人因與人機介面類、工學類、美學類、電腦輔助設計與應用類、專題與產品設計類、商學管理類等八大類，並發現產品與專題設計類課程的比重最高。

工業設計實務課程源自於包浩斯（Bauhaus）將藝術與技術結合的設計教育理念（Alexandra，2007），其學習成效關鍵在於師生間持續的互動，不但能使學生體驗概念的產生、評估方案、細部設計與結果溝通等設計過程，並能增進相關知識與累積經驗（Brusasco、Caneparo、Carrara、Fioravanti、Novembri、Zorgno，2000；Eger、Lutters、Van Houten，2004；Lewis、Bonollo，2002）。根據陸定邦、呂佳珍（2012）的研究，基礎課程能有效預測實務課程的學習成效，且實務課程對於整合邏輯思考與策略是非常重要的知識。

工業設計課程的規劃應充分利用企業資源、產學合作與掌握科技發展的脈動，使課程兼具實用性與前瞻性。然而，目前大學院校之工業設計實務教學，普遍仍以設計核心課程為主，一般實務課程則是以專案方式進行，主要以概念發展階段為主（Tang、Chu，2005）。非本科系學生在缺乏基礎與實務等核心課程的訓練下，於設計概念發想階段與本科系學生之差異是本研究主要探討的目標。

## 三、設計概念的發展過程

工業設計是一種程序導向的創造活動（陳文印，1997）。Lewis、Bonollo（2002）將設計流程分為產品計畫、任務定義、概念發展、評估與修改、細部設計、結果傳達及準備

生產等七個階段。莊明振、吳昆家（2008）認為在訂定產品目標與範圍後，設計流程應包含問題定義與分析、構想發展、概念評估與篩選、細部設計與修改、定案發表等程序。Reid、Sanders（2010）也將產品設計流程分為創意發想、產品評估與分析、初始設計與測試修正、完成產品等階段。一般工業設計師在概念發展過程中，會藉由 2D、3D 圖面或模型將構想視覺化以表達設計概念（陳文龍，2003）。本研究參考上述文獻中設計師最重要的概念發展階段，將設計實驗分為概念草繪、模型製作及電腦繪圖等三個階段。

### （一）概念草繪

在整個設計流程中，概念發想是設計思考最活躍的階段，由於概念發展階段隨時可能轉換目標且具有不確定性（McGown、Green、Rodgers，1998），所以設計師經常以手繪草圖傳達設計構想。草圖可分為思考用草圖、說明用草圖及溝通用草圖三類（Ferguson，1992），並具有視覺表現、視覺理解及視覺思考三種功能（Tovey、Porter、Newman，2003）。草圖與創意和創造力有關（Purcell、Gero，1998），不但能激發創意思考並能呈現造型特質，也可作為溝通協調的工具，是概念發想階段中重要且不可或缺的部分（Cross，2008；Tseng、Ball，2011）。因此，本研究之設計實驗第一階段為概念草繪。

### （二）模型製作

模型製作是設計活動的一環，也是設計師作為溝通與傳達設計構想的最佳工具。Lucci、Orlandini（1990 / 1992）認為模型是非常重要的設計輔助工具，能避免產品造型僅限於抽象性的描述。且模型可做為溝通、傳達、檢討、改進與審定的依據並能促進產品設計之評估效能（梁榮進，2005）。葉耀宗（2004）將模型分為研究模型、概念模型、草模、外觀模型、數位虛擬模型、動態模型、物件模型、功能模型、原型、展示模型、空殼模型和比例模型等 12 種，並將模型依產品開發過程分為產品策略企畫、概念發展、設計發展、產品試用及量產上市等五個階段。本研究之模型製作是參考上述文獻以概念發展階段之概念模型為主。

### （三）電腦繪圖

電腦輔助設計大多應用於設計過程之後期並以表達設計成果為主，直到 1990 年代電腦輔助概念設計（Computer Aided Conceptual Design，簡稱 CACD）才被應用於設計概念發展階段的草圖行為（Van Dijk，1995）。雖然 Van Elsas、Vergeest（1998）認為設計前期使用電腦輔助設計有諸多優勢，但 Verstijnen、Van Leeuwen、Goldschmidt、Hamel、Hennessey（1998）認為以電腦繪製草圖無法激發設計時的創造力，設計師仍以手繪草圖作為設計思考的主要媒介。然而無論電腦繪圖的應用時機為何，它都是產品設計過程中不可或缺的一

部分，也是現今工業設計教育重要的一環，更是工業設計師必備的專業能力（許言、張文智、楊耿賢，2007；張智銘、游萬來，2012；Naveiro、De Souza Pereira，2008）。根據洪凌威(2008)對工業設計碩士班非本科學生求職之建議，排名第一即為加強軟體操作能力。電腦輔助工業設計更是具碩士學歷者須具備的專業能力之一（楊敏英、游萬來、郭純好，2010），故本研究將電腦繪圖納入實驗中以探討不同學習背景的差異。

## 四、口語分析法

口語分析法是描述特定時間內所從事活動內容的一種資料擷取方式，源自於認知心理學及認知科學，是設計認知領域中最有成效且廣被使用的方法（Cross，1999；Ericsson、Simon，1993；Schön，1983）。主要分為同步式與回溯式（Dorst、Dijkhuis，1996），兩者說明如下：

### （一）同步式

又稱為放聲思考法，受測者在實驗進行中，即時以口語敘述當時的設計思考過程，之後再將口語資料作斷句與編碼分析等處理。其優點是可大量擷取完整且細微的設計內容，但缺點為可能干擾設計的和決策並產生重複敘述等現象（Simon，1997）。

### （二）回溯式

分為口語回溯法與影音回溯法兩種：

#### 1. 口語回溯法

受測者在實驗結束後，回想受測流程並用口語敘述，優點為對設計過程的影響較小，但有記憶不完整的缺點。

#### 2. 影音回溯法

在實驗進行中同步攝影並於結束後請受測者藉由影像資料的輔助，口述其思考過程，可改善口語回溯法的缺點和避免回憶不足及回憶次序顛倒的情形（Suwa、Tversky，1997）。

相較於放聲思考法，影音回溯法雖可能夾雜較多無效的資料，但也較能蒐集到更多的資料，兩者在有效資料的擷取能力與設計內容的呈現並無太大的差異（Gero、Tang，2001）。參考以上文獻並為避免干擾設計思考，本研究採用影音回溯法作為後續編碼分析的依據。

## 參、研究設計與實施

### 一、研究範圍與限制

本研究主要探討工業設計碩士班學生在不同學習背景下於設計概念發展階段之能力差異。主要實驗對象為北部某大學工業設計系研究所日間部碩士班學生，在職碩士班學生則不在本研究範圍內。本科系學生與非本科系學生之界定，係將大學為工業設計學系、產品設計學系或商品設計學系畢業之學生定義為本科系學生，而非本科系學生則為上述學系之外畢業的學生。為了避免學習干擾並能客觀評估本科系學生與非本科系學生於設計概念發展階段的能力差異，碩一學生是以開學後一週內完成學習背景調查，第二週完成受測者資料彙整工作，第三週進行實驗測試。

進行實驗測試時，選定日常生活用品如烤麵包機和簡易造型喇叭等作為實驗受測題目，因此類產品在構造、規定及製造等要求門檻較低，創意發想較不受限制。設計實驗之模型製作限用本研究所提供之工具及可快速磨製成型之 PU 泡棉為媒材。

### 二、研究步驟

#### 1. 問卷調查

於實驗前先調查受測者之學習背景。

#### 2. 抄圖實驗

分為草繪抄圖及電繪抄圖兩項任務，以了解受測者對產品設計的基本表達能力。

#### 3. 設計實驗

分為概念草繪、模型製作及電腦繪圖三階段，為本研究之主要實驗。

#### 4. 專家評分與動作分析

依專家評分結果及動作分析編碼，進行資料分析與結果討論。

### 三、實驗對象

首先以問卷方式調查北部某大學工業設計系日間部碩士班學生之大學畢業科系，再以隨機方式抽出本科系學生與非本科系學生各八位，其中非本科系學生大學有修讀設計相關課程者有四人，為考研究所參加補習者有七人；研究所有補修大學部基礎課程者有七人，但並無補修電腦繪圖課程。非本科系學生有兩人是初次使用電腦繪圖軟體，研究所期間參與產學合作計畫有四人，參加設計競賽者有五人，其電腦繪圖大多是自學。受測者資料如



表 1 所示。

表 1  
受測者資料

調查項目	本科系學生8(人)	非本科系學生8(人)
男/女	4/4	6/2
碩一/碩二	3/5	4/4
大學修讀設計相關課程	有/無	8/0
為考研究所參加補習	有/無	0/8
研究所補修大學部基礎課程	有/無	0/8
研究所參與產學合作計畫	有/無	7/1
研究所參與設計競賽	有/無	6/2
	工業設計(5)、 商品設計(3)	教育系(1)、經濟系(1)、資訊 工程系(1)、物理系(1)、機械 系(2)、電子系(1)、生物科技 系(1)

## 四、實驗設備與環境規劃

### (一) 實驗環境規劃

受測者的前方和側方有遮蔽隔板以減少環境干擾因素，左前方架設全景攝影機以記錄所有行為，右後上方架設動作/圖面攝影機以紀錄繪圖動作與圖面繪製情形，如圖 2 所示。模型製作實驗地點為北部某大學工業設計系工廠，攝影機之架設以可觀看受測者工作區域為主。

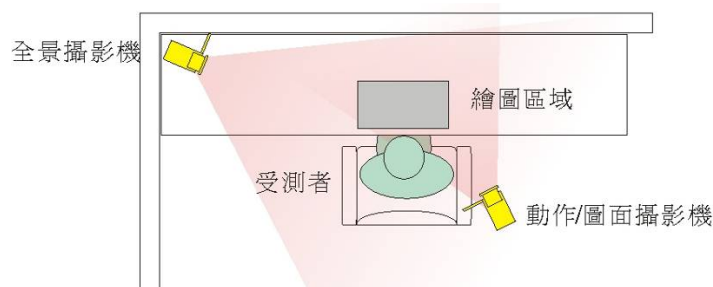


圖 2 受測場景示意圖

### (二) 實驗媒材說明

#### 1. 徒手草繪

鉛筆數支、代針筆(0.3、0.5、0.8 三種規格各一支)、72 色麥克筆一盒、48 色彩一盒、紙膠、刀片、圓規、削鉛筆機、硬橡皮擦、直尺、A4 紙數張。

## 2. 模型製作

20 公分立方之 PU 泡棉一塊、刀片、鋸條、砂紙數張、助磨磚、銼刀兩組(一大一小)、鉛筆、黑色奇異筆、紙膠、保利龍膠、牙籤一盒、全身工作服及口罩等。

## 3. 電腦繪圖

3D 建模與彩現軟體由受測者自行選定如 Rhino、Pro-E、Alias、HyperShot、Cinema4D、3ds Max 等軟體。

# 五、實驗任務設計

本研究之實驗任務分為抄圖實驗與設計實驗兩部分，各階段任務須於一小時內完成，且須休息至少一小時以上才能進行下一階段實驗。實驗過程中以全程錄影記錄，並於實驗結束後請受測者進行事後影音回溯，以做為動作分析編碼之依據。同時，為能客觀評估實驗結果，另亦對受測者進行實驗心得與感想訪談。

## (一) 抄圖實驗

抄圖實驗主要目的為測試受測者運用繪圖工具之能力，分為以下兩部分：

### 1. 草繪抄圖

提供 Dualit 烤麵包機圖片一張，受測者須完整描繪產品造型並彩現圖面於 A4 紙上。

### 2. 電繪抄圖

提供六張不同角度的烤麵包機做為參考圖片，受測者須以 3D 建模並彩現圖面。

## (二) 設計實驗

設計實驗分為以下三個階段：

### 1. 概念草繪

以徒手草繪方式快速設計一個簡易造型喇叭，必需考量使用環境、使用方式與產品尺寸，但不限制設計數量並可上網搜尋資料，最後需要完成一張定案草圖，本階段主要測試受測者在概念發想過程的圖面表達與產品三視圖的描繪能力。

### 2. 模型製作

以所提供之 PU 泡棉將定案草圖製作成實體模型，受測者可先用帶鋸機將 PU 泡棉裁切為約產品大小之方塊，實驗過程中僅能使用本研究所提供之工具。

### 3. 電腦繪圖

受測者將所設計的喇叭，以自身熟悉之 3D 繪圖軟體建構模型並彩現圖面，彩現不限張數，以可以表達設計概念為主，並允許在模型製作或電腦繪圖階段修改設計。

## 六、專家評分

本研究邀請任教工業設計核心課程五年以上的教師進行專家評分。核心課程泛指基本設計、產品設計、產品開發和專題設計等（蔡志欣，2012）。六位專家的教學經驗及開授之核心課程如表 2 所示。

表 2  
專家背景資料

專家	實務經驗(年)	教學經驗(年)	開授課程
專家A	2	18	產品設計、產品開發
專家B	4	15	設計基礎、產品開發
專家C	5	16	產品設計
專家D	4	13	產品設計、專題設計
專家E	16	15	產品開發、專題設計
專家F	25	7	產品設計、專題設計

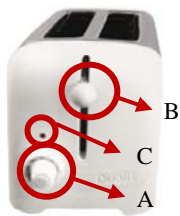
專家評分是以七等級李克特量表作為評比，作品程度越好分數越高，每階段的外型變更差異程度越大分數也越高，並採亂數方式訂定評分順序以減少干擾。抄圖實驗與設計實驗之專家評分項目說明如下：

### （一）抄圖實驗

草繪抄圖部分係參考歐照仁（2009）的研究以產品造型傳達和草圖表現技法，並考量整體完成度作為抄圖實驗之專家評量的主要項目。電繪抄圖的評量項目則以物件模型、彩現及整體完成度為主，抄圖實驗專家評分項目說明如表 3 所示。

表 3  
抄圖實驗專家評量－評分項目與說明

階段	評量項目	說明
草繪抄圖	產品造型傳達	形狀表達、色彩表達、材質表達
	草圖表現技法	透視正確性、透視技法選擇、不同視角呈現、比例正確性、明暗對比、輪廓線、中心線、筆觸粗細濃淡
	整體完程度	—
電繪抄圖	物件模型	*物件模型比例
		*旋鈕A
		*控制鈕B
彩現 (render)	立體擬真度、色彩、材質、光影的呈現（若無彩現則評分為：1）	*操作燈C
		*字 (Dualit)
		*物件模型細緻度
整體完程度	—	



## (二) 設計實驗

設計實驗三階段的評分項目係參考陳盈慈（2005）所提出之設計知識、設計技能、設計概念 / 創意、設計整合等四大構面，並與專家共同分類彙整出相對應之課程，透過評分項目可對照並提供非本科系學生作為加強基礎課程之參考，如表 4 所示。各階段產品外型的變更差異程度評比分為：（1）概念草繪至模型製作之差異；（2）模型製作至電腦繪圖之差異；（3）概念草繪至電腦繪圖之差異等三項。

表 4

設計實驗專家評量：評分項目與對應課程

評量項目	對應課程	解釋與說明	
設計知識	美學	設計美學、造型設計、時尚品牌美學、包裝設計、視覺語言基礎、美學、造型原理、色彩學	造型美感
	人因	人因工程、人因設計、人因工程特論	是否有考慮人因程度
	生產製造	材料與加工、製造程序、機構學、機構設計	考慮可行性
設計技能	草圖描繪能力	工程圖學、素描、透視基礎、設計素描、工程畫、透視應用、設計表現技法、表現技法、設計繪畫、幾何圖學	透視正確性、形狀表達、色彩表達、材質表達
	模型製作能力	工廠實習、模型製作、草模製作、模型製作實務	尺寸精度、表面粗糙度、美工線、稜線及曲面變化之整體精緻度
	3D電腦繪圖能力 (含彩現render)	電腦繪圖、電腦繪圖進階、CAD / CAM 整合概論、CAD / CAM 整合實務、攝影學、商業攝影、色彩學	物件模型比例、物件造型協調性、物件造型美感、物件模型細緻度、立體擬真度、色彩配色材質表現
設計概念 / 創意	產品創新設計、文化型產品創意設計、3D電腦繪圖能力 (含彩現render)	概念創意	
設計整合能力	設計基礎、產品設計、產品開發、基本室內設計、職場實習、多媒體整合設計、產學設計實務、專題設計、產學專案設計、工業設計實務	產品成熟度	
總評	細節設計	—	產品精細程度
	作品完整性	—	作品完成度及完整性

在評分任務中，每位專家獨立作業，根據上述各評分項目對設計產出作品進行個別評分。研究者再將評分結果進行多變量分析，比較本科系學生與非本科系學生在各階段之差異。同時，探討不同學習背景如：（1）目前碩班年級（碩一 / 碩二）；（2）大學有無修讀設計課程；（3）為考研究所有無參加補習班；（4）研究所有無補修大學部基礎課程；（5）研究所有無參與產學合作計畫；（6）研究所有無參與設計競賽等因素對專家評分結果之影響。

## 七、動作分析

動作分析編碼係參考 McKim (1980) 的研究將設計思考行為分為：轉移、操控、具體化、抽象化、修改和檢視等六類，各動作編碼如表 5 所示。於實驗進行中將受測者在各階段的動作予以錄影記錄，並於實驗任務結束後請受測者進行事後影音回溯，口述其思考行為並同步錄音，彙整各動作編碼並以 15 秒為單位統計各動作出現的頻率，再以多變量分析本科系學生與非本科系學生於各階段之設計思考行為差異。

表 5  
動作分析編碼

類別	編碼	情況分類	說明
轉移 (transform)	t	思考 搜尋	轉變對問題和解答的認識、尋找類似物。
操控 (manipulate)	p	擦拭 解構 重置物件	再次安排問題或解答元素、拆解、重新組合、減少 / 添加、替代 / 結合、移位 / 重疊、反轉 / 旋轉 / 展現、剖面透視、組織系統化。
具體化 (concretize)	c	物件造型 輪廓線	收斂性思考 / 集中在一個解答上、發展細部、使用具象的圖形語言。
抽象化 (abstract)	a	描述特點 意象文字 示意線條	概略化、尋找整體圖式、從特殊性中找出準則、象徵性、使用圖 / 表 / 概略圖、從不同角度思考、視問題為系統的一部分 / 看問題的背景。
修改 (modify)	m	強調圖面 修改物件特性 細部發展	改造問題或解答的元素、誇大 / 強調 / 變形、修改 / 細微化 / 精緻化、修改非視覺的特質，例如更軟、更輕、釐清、改變比例。
檢視 (timescan)	s	視察圖面	取回 / 過去可以幫助思考者什麼、觀察 / 現在可以幫助思考者什麼、預想目標 / 計劃、預視結果 / 預測。

## 肆、研究結果與討論

### 一、抄圖實驗分析與討論

以多變量分析草繪抄圖實驗結果，本科系學生與非本科系學生並無顯著差異（如表 6 所示）。經調查受測的八位非本科系學生有七人參加考研究所補習，學過表現技法（六人）、設計素描（四人）和造型原理（五人）等課程。且多數受訪學生表示因有補習設計考科，所以草繪抄圖實驗比較能發揮實力，因此推論非本科系學生的草繪抄圖能力有一定水準。

表 6  
草繪抄圖之單因子多變量分析結果

來源	依變數	本科系學生		非本科系學生		型III 平方和	R平方	F	p
		M	SD	M	SD				
是否為本 科系學生	產品造型	4.46	0.47	4.15	1.08	.39	.04	.57	.465
	表現技法	4.17	0.72	3.71	0.75	.84	.10	1.55	.234
	整體完成	4.38	0.60	4.04	0.68	.44	.07	1.08	.316

電繪抄圖之多變量分析結果顯示，本科系學生與非本科系學生之間有所差異，尤其在物件模型， $F(1, 14) = 6.37, p = .024 < .05$ ，與整體完成度， $F(1, 14) = 8.05, p = .013 < .05$ 上皆有顯著差異，顯示本科系學生的電腦繪圖能力顯著優於非本科系學生（如表 7 所示）。

表 7  
電繪抄圖之單因子多變量分析結果

來源	依變數	本科系學生		非本科系學生		型III 平方和	R平方	F	p
		M	SD	M	SD				
是否為本 科系學生	物件模型	4.71	0.97	3.35	1.17	7.34	.31	6.37*	.024
	彩現	2.69	2.33	1.54	1.53	5.25	.09	1.35	.264
	整體完成	4.65	1.13	2.98	1.22	11.11	.37	8.05*	.013

\*  $p < .05$

由於電繪抄圖時間限制為一小時，大部分受測者未能完成任務導致平均分數較低，經實驗觀察與訪談受測者，歸納其影響因素為本科系學生因久未操作而不熟練，而非本科系學生雖有兩人大學曾修過電腦繪圖課程，但也是因為很少練習以致成效不彰，甚至有部分是初次使用電腦繪圖軟體所致。

再以多因子多變量分析電繪抄圖中本科系學生與非本科系學生在不同學習背景因素下之影響，結果顯示，當影響因素為（1）目前碩班年級，本科系學生與非本科系學生在物件模型， $F(1, 12) = 4.92, p = .047 < .05$ ，與整體完成度， $F(1, 12) = 6.31, p = .027 < .05$ ，有顯著差異；（2）大學修讀設計課程，本科系學生與非本科系學生在整體完成度  $F(1, 12) = 5.95, p = .030 < .05$ ，有顯著差異；（3）研究所參加設計競賽，本科系學生與非本科系學生在整體完成度， $F(1, 12) = 5.34, p = .039 < .05$ ，有顯著差異，顯示本科系學生電繪抄圖的整體完成度優於非本科系學生（如表 8 所示）。

表 8  
電繪抄圖之多因子多變量分析結果

因素	物件模型		彩現 (render)		整體完成度	
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
☆是否為本科系學生	4.92*	.047	1.10	.315	6.31*	.027
★目前碩班年級	0.67	.428	0.43	.525	0.25	.628
交互作用☆×★	0.80	.388	0.14	.717	0.19	.674
☆是否為本科系學生	4.32	.058	1.90	.192	5.95*	.030
★大學修讀設計課程	0.03	.876	0.59	.458	0.12	.739
交互作用☆×★	-	-	-	-	-	-
☆是否為本科系學生	3.89	.072	0.42	.528	5.34*	.039
★參加設計競賽	1.90	.193	2.14	.169	1.60	.230
交互作用☆×★	0.17	.685	0.42	.528	0.05	.825

註：☆×★表示受兩項因素交互影響而產生之交互作用

\*  $p < .05$

## 二、設計實驗分析與討論

設計實驗在概念草繪、模型製作與電腦繪圖三階段之專家評分，以多變量分析結果皆無顯著差異（如表 9 所示）。

表 9  
設計實驗各階段之單因子多變量分析結果

階段	來源	依變數	本科系學生		非本科系學生		型III平方和	R平方	<i>F</i>	<i>p</i>
			<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>				
概念草繪	是否為本科系學生	設計知識	4.05	0.38	4.29	0.39	0.23	.10	1.55	.234
		設計技能	4.38	0.93	4.58	0.75	0.17	.02	0.25	.628
		設計創意	4.44	0.56	4.40	0.81	0.01	.00	0.01	.907
		整合能力	3.85	0.61	4.27	0.44	0.69	.15	2.42	.142
		總評	4.00	0.63	4.19	0.49	0.14	.03	0.43	.521
模型製作	是否為本科系學生	設計知識	4.04	0.49	4.14	0.44	0.04	.01	0.20	.665
		設計技能	4.02	1.07	3.92	0.90	0.04	.00	0.05	.836
		設計創意	4.33	0.89	4.15	0.54	0.14	.02	0.26	.618
		整合能力	3.98	0.71	3.98	0.45	0.00	.00	0.00	1.000
		總評	3.82	0.89	3.95	0.59	0.07	.01	0.13	.729
電腦繪圖	是否為本科系學生	設計知識	4.13	0.56	4.243	0.32	0.04	.02	0.21	.653
		設計技能	4.73	1.08	4.50	0.87	0.21	.02	0.21	.648
		設計創意	4.40	0.91	4.29	0.53	0.04	.01	0.08	.784
		整合能力	4.21	0.77	4.06	0.50	0.09	.01	0.20	.659
		總評	4.36	0.98	4.22	0.91	0.07	.01	0.08	.777

再以多因子多變量分析探討本科系學生與非本科系學生在不同學習背景因素下之影響，分析結果如表 10 所示，各階段說明如下：

表 10  
設計實驗多因子多變量分析結果

影響因素	設計知識		設計技能		設計概念 / 創意		設計整合能力		總評		
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	
模型製作	☆是否為本科系學生	1.32	.273	0.70	.420	0.31	.588	1.50	.244	1.10	.314
	★目前碩班年級	0.04	.852	0.43	.523	7.90*	.016	1.73	.212	0.51	.487
	交互作用☆×★	15.78*	.002	17.26	.001*	13.20*	.003	13.80*	.003	14.28*	.003
	◇是否為本科系學生	1.83	.202	0.90	.362	0.47	.506	1.30	.277	1.61	.229
	◆參加設計競賽	0.09	.768	0.16	.700	1.44	.253	0.34	.572	0.24	.633
	交互作用◇×◆	5.20*	.042	3.89	.072	3.48	.087	3.03	.107	5.06*	.044
電腦繪圖	☆是否為本科系學生	0.92	.356	0.02	.880	0.02	.897	0.02	.882	0.00	.978
	★目前碩班年級	3.86	.073	2.23	.161	5.90*	.032	2.91	.114	1.19	.297
	交互作用☆×★	2.40	.148	1.32	.274	1.33	.271	0.61	.450	2.25	.159
	◇是否為本科系學生	1.01	.334	0.02	.897	0.29	.601	0.03	.868	0.02	.888
	◆參加設計競賽	5.47*	.038	5.54*	.036	10.50*	.007	7.00*	.021	4.09	.066
	交互作用◇×◆	0.40	.539	0.74	.406	1.47	.249	0.72	.412	0.21	.654

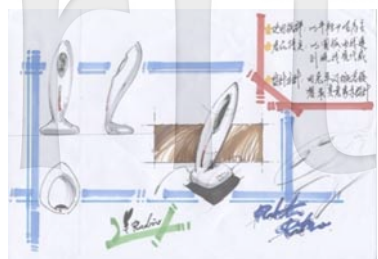
註：符號☆×★與◇×◆分別表示受兩項因素交互影響而產生之交互作用

\* $p < .05$

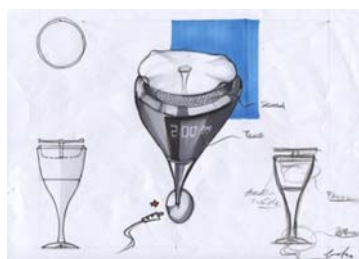
### (一) 概念草繪階段

設計草圖的質與量很難定奪，常有資淺設計師的草圖產出量比資深設計師多，但內容與可行性則是資深設計師較為優秀 (Suwa、Gero、Purcell, 1999)。為求評分客觀起見，本研究以六位專家分五大類共十項評量項目加以評定 (如前述表 4)，實驗成果舉例如圖 3 所示。經以多因子多變量分析結果顯示並無顯著差異，由於非本科系學生大多有考前補習的經驗 (如表 1 所示，八位學生中有七位)，其基本手繪能力有一定的水準，再加上少有設計實務經驗以致束縛較少，反而有不錯的設計構想產生，因此與本科系學生在本階段實驗的能力差異不大。





本科系學生作品



非本科系學生作品

圖 3 設計實驗—概念草繪階段案例

## (二) 模型製作階段

以多因子多變量分析結果顯示，當影響因素為 (1) 目前碩班年級，於設計創意 / 概念評分項目有顯著差異， $F(1, 12) = 7.90$ ， $p = .016 < .05$ ，當碩班年級與是否為本科系學生交互作用時，各評分項目皆有達顯著差異水準；(2) 研究所參加設計競賽與是否為本科系學生交互作用時，其設計知識， $F(1, 12) = 5.20$ ， $p = .042 < 0.05$ ，與總評， $F(1, 12) = 5.06$ ， $p = .044 < .05$ ，雖有達差異水準但不顯著，由於參加設計競賽不需繳交實體模型作品，因此對本階段的影響較小。雖然因非本科系學生缺乏專業基礎訓練與實務經驗以致與本科系學生在能力上有顯著差異 (如圖 4 所示)，但碩二之非本科系學生有補修大學部課程者 (產品設計、模型製作)，其分數高於碩一與未補修之非本科系學生，顯見補修大學基礎實作課程，可提升非本科系學生的模型製作能力。



本科系學生作品

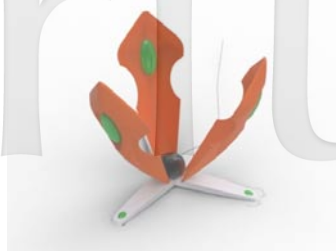


非本科系學生作品

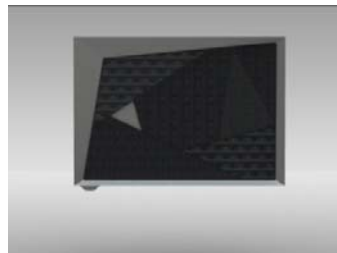
圖 4 設計實驗—模型製作階段案例

## (三) 電腦繪圖階段

以多因子多變量分析結果顯示，當影響因素為 (1) 目前碩班年級，於設計概念 / 創意評分項目有顯著差異， $F(1, 12) = 5.90$ ， $p = .032 < .05$ ；(2) 參加設計競賽，在設計知識、設計技能、設計概念 / 創意與設計整合能力等項目皆有達到顯著差異水準。由於產品設計類競賽須建構 3D 電腦模型，而本實驗結果顯示 (如圖 5 所示)，有參加設計競賽者分數高於未參加者，因此推論參加設計競賽與電腦繪圖能力的提升有關。



有參加設計競賽學生作品



無參加設計競賽學生作品

圖 5 設計實驗—電腦繪圖階段案例

本實驗除了分析上述三階段之差異外，並比較（1）概念草繪到模型製作；（2）模型製作到電腦繪圖；（3）概念草繪到電腦繪圖等過程的外型差異程度。經以獨立樣本  $t$  檢定與多因子單變量分析後，研究結果顯示，本科系學生與非本科系學生在各階段間的外型差異程度雖無顯著差異，但是非本科系學生在各階段之差異程度皆比本科系學生大，尤其是概念草繪到模型製作階段（如圖 6 所示）。雖然非本科系學生的手繪能力與設計構想在概念草繪階段與本科系學生差異不大，但因缺乏設計實務經驗，以致很難將構想轉換成實體模型，因此由概念草繪到模型製作階段的修改程度較大。而本科系學生差異程度較小，大多為商品化而修改，其設計概念主軸仍然不變。

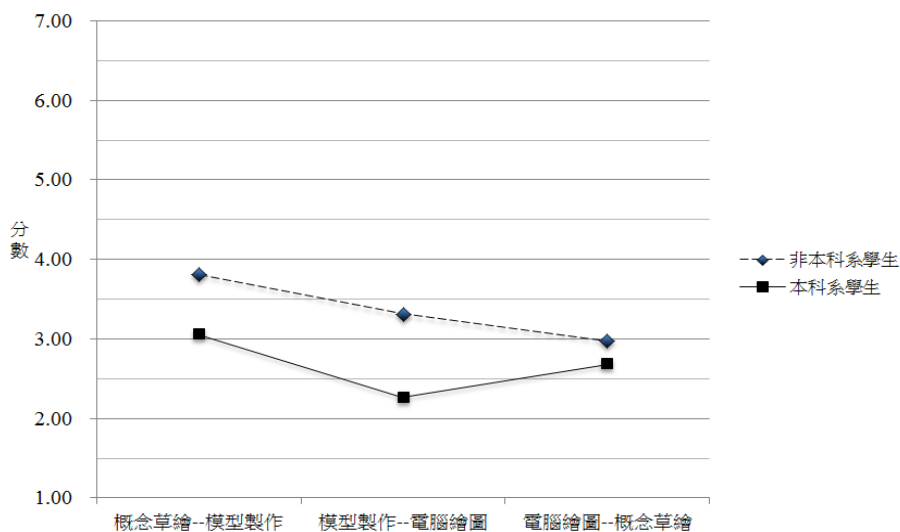


圖 6 本科系學生與非本科系學生差異程度分析圖

### 三、動作之分析與討論

動作分析係將每位受測者於各階段中之動作加以編碼並計算各動作出現的頻率，再以多變量分析本科系學生與非本科系學生之差異，分析結果如表 11 所示。

表 11  
設計實驗動作分析之多變量分析結果

階段	來源	依變數	本科系學生		非本科系學生		型III平方和	R平方	F	p
			M	SD	M	SD				
概念草繪	是否為本科系學生	t	16.66	6.63	19.53	10.85	32.78	.03	0.41	.535
		p	29.16	16.64	24.61	9.12	82.81	.03	0.46	.509
		c	33.53	16.96	35.96	12.90	23.77	.01	0.11	.751
		a	16.94	23.32	15.38	6.32	9.77	.00	0.03	.857
		m	35.61	15.82	33.23	16.31	22.80	.01	0.09	.771
		s	13.08	6.93	11.79	10.77	6.63	.01	0.08	.780
模型製作	是否為本科系學生	t	13.88	2.51	17.93	4.04	68.48	.30	6.06	.027*
		p	20.99	5.37	21.60	6.27	1.50	.00	0.04	.837
		c	30.54	9.78	12.01	7.17	1372.70	.57	18.67	.001*
		a	0.05	0.14	0.10	0.28	0.01	.01	0.20	.662
		m	56.84	11.08	59.34	9.76	25.00	.02	0.23	.639
		s	24.80	9.03	20.54	10.11	72.68	.05	0.79	.389
電腦繪圖	是否為本科系學生	t	21.44	2.47	28.26	5.12	186.32	.45	11.55	.004*
		p	12.94	3.02	15.33	5.58	22.80	.08	1.13	.305
		c	18.66	3.08	18.46	6.29	0.16	.00	0.01	.937
		a	0.63	1.09	0.48	0.89	0.09	.01	0.09	.767
		m	31.18	9.43	30.53	13.24	1.69	.00	0.01	.912
		s	33.39	3.97	37.71	13.78	74.82	.05	0.73	.408

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$

在概念草繪階段雖無顯著差異，但非本科系學生因少有設計實務訓練，以致束縛較少，與本科系學生相較其修改（m）動作頻率低於具體化（c）行爲。而模型製作階段之動作編碼 t 有顯著差異， $F(1, 14) = 6.06$ ， $p = .027 < .05$ ，尤其動作編碼 c 有非常顯著的差異， $F(1, 14) = 18.67$ ， $p = .001 < .01$ ，由於非本科系學生欠缺模型製作經驗，以致在製作模型時，思考（t）動作比本科系學生多，且重置物件（p）與視察圖面（s）等動作增加甚至超過具體化（c）行爲，而不論本科系學生或非本科系學生在模型製作過程中均有大量的修改動作以致動作編碼 m 的出現頻率最高。

此外，電腦繪圖階段之動作編碼 t 有顯著差異， $F(1, 14) = 11.55$ ， $p = .004 < .05$ ，顯示非本科系學生因對電腦繪圖不熟練，以致思考與搜尋動作比本科系學生多，然而，兩者的動作排序卻是相同的，顯示電腦繪圖的動作頻率排序與學習背景無關，各階段動作頻率排序如表 12 所示。

表 12

各階段動作排序與完成任務時間表

設計實驗	受測者	視覺動作編碼排序
概念草繪	本科系學生	m>c>p>a>t>s
	非本科系學生	c>m>p>t>a>s
模型製作	本科系學生	m>c>s>p>t>a
	非本科系學生	m>p>s>t>c>a
電腦繪圖	本科系學生	s>m>t>c>p>a
	非本科系學生	s>m>t>c>p>a

## 伍、結論與建議

### 一、結論

為探討學習背景不同之工業設計研究所學生於概念發展階段的能力差異，本研究對本科系與非本科系學生進行抄圖實驗與設計實驗，並進行多變量分析。研究結果顯示，手繪抄圖部分因大多數非本科系學生皆有補習手繪考科的經驗，可能具備一定程度的手繪能力，因此與本科系學生並無顯著差異（表 6）。電繪抄圖部分因實驗時間限制為一小時，故大部分的學生並未完成彩現部分，以致平均分數略低，但本科系學生在物件模型與整體完成度方面仍與非本科系學生有顯著差異（表 7）。而受到目前碩班年級、大學修讀設計課程與研究所參加設計競賽等因素影響，本科系學生在整體完成度方面明顯優於非本科系學生（表 8），也印證洪凌威（2008）的研究結果，建議非本科系學生宜加強電腦繪圖操作能力。

設計實驗結果顯示（表 9），在概念草繪階段因非本科系學生大多有參加設計相關考科的補習經驗，故具有一定程度的手繪能力與設計知識，其與本科系學生相較並無顯著差異，再加上非本科系學生缺乏設計實務經驗而少有設計束縛，反而有較佳的創意構想產生。而模型製作階段兩者並無顯著差異，但當碩班年級與是否為本科系學生交互影響時則有顯著差異，碩二本科系學生分數明顯高於碩一。雖然參加設計競賽與是否為本科系學生交互影響時，在設計知識與總評項目有達到差異水準但並不很顯著（表 10），因設計競賽多半只需繳交表板作品，而不須繳交實際成品模型，因此推論參加設計競賽與模型製作階段的關聯性較低。此外，經由實驗觀察，非本科系學生有補修大學基礎實作課程者其模型製作能力較沒有補修者高，此現象印證張智銘（2012）之研究，修讀設計實習與產品設計等核心課程對專業能力的提升有所幫助。電腦繪圖階段兩者亦無顯著差異，但影響因素為碩班年級時在設計概念 / 創意方面有顯著差異，就讀研究所期間有參與設計競賽者在設計知識、

技能、創意與整合能力上與未參加者相較也有顯著差異（表 10）。因產品類設計競賽須運用 3D 電腦繪圖軟體來建構模型，因此推論參加設計競賽對電腦繪圖與 3D 建模能力的提升有正相關。

非本科系學生在設計實驗各階段的差異程度均大於本科系學生，尤其在概念草繪到模型製作階段的差異程度最大（圖 6）。推論非本科系學生因缺少設計實作練習與實務經驗，導致將構想實體化的表達能力較本科系學生弱，而本科系學生則是設計概念不變，僅為商品化而做修改，故其差異程度不大。根據動作分析結果（表 11），在概念草繪階段本科系學生與非本科系學生並無顯著差異。而模型製作階段，非本科系學生因缺乏模型實作經驗，導致思考（t）動作增加而與本科系學生有顯著差異情形，更因不熟練而造成其他動作增加，以致降低了實際操作模型的具體化（c）行為，因此與本科系學生有非常顯著的差異。於電腦繪圖階段，因非本科系學生對電腦繪圖軟體操作不熟練，以致在思考與搜尋繪圖指令的動作（t）比本科系學生多而有顯著差異，分析結果也顯示電腦繪圖的動作頻率排序與學習背景無關。

## 二、建議

目前臺灣工業設計研究所的教學仍較偏重研究與理論，往往將實作的核心課程減少甚至省略，而非本科系學生雖可能有補習設計相關考科，但仍因學習背景不同和缺乏專業實務課程的訓練，而導致將構想實體化的能力較弱。因此，建議非本科系學生能補修大學設計實務課程以增加實作經驗並提升自我的專業能力。

在設計專案日趨複雜的今日，工業設計師除了專業能力外尚須具備因應未來改變趨勢的能力（Cartier，2011）。而現今科技發展蓬勃，新設計媒材的運用更是推陳出新，雖然有學者認為數位媒材因制式化而缺乏獨創性（Chen、Chen、Tseng，2013）。但也有學者認為電腦輔助概念設計可輔助與提升設計師的創意思考與互動效果（Tang、Lee、Gero，2011）。然而業界仍普遍認為工業設計師的 2D 與 3D 電腦繪圖能力不足（Naveiro、De Souza Pereira，2008）。楊敏英、游萬來、郭純妤（2010）也認為電腦輔助工業設計是碩士應具備的專業能力，但目前工業設計相關研究所的招生考試並無電腦繪圖考科，在招收非本科系學生人數日益增加的情況下，如何提升非本科系學生的電腦繪圖能力是研究所教育需重視的課題。建議學校能調整課程內容，或建議非本科生能補修電腦繪圖相關課程並增加設計競賽參賽經驗，以增進電腦繪圖的專業能力，進而提升未來就業之競爭力。

本實驗受測樣本均來自同一學校，期望後續研究可擴大受測樣本至其他學校，或增加受測樣本數以增加實驗之準確性。在設計實驗中的電腦繪圖階段，受測者只需建構出產品外觀模型，無須考慮如拆件、分模線等後端製造流程，希望未來實驗設計能延伸至後端製

airiti  
洪秀燕、朱柏穎、吳志富、劉又榕

造以深化研究成效。如何改善因學習背景不同所造成的能力差異是工業設計教育須重視的課題，期望本研究結果能提供工業設計研究所課程規劃之參考。

\* 本文作者洪秀燕目前亦為大同大學設計科學研究所博士生。

## 引用文獻

### 中文部分：

Brown, T. (2010)。《設計思考改造世界》(吳莉君譯)。臺北市：聯經。(原著出版於 2009 年)

Brown, T. (2010). *Change by design: How design thinking transforms organizations and inspires innovation* (Wu, Li-Jun Trans.). Taipei: Linking. (Original work published 2009)

Lucci, R., & Orlandini, P. (1992)。《產品設計模型》(張悟非譯)。臺北市：六合。(原著出版於 1990)

Lucci, R., & Orlandini, P. (1992) *Product design models* (Chang, Wu-Fay, Trans.). Taipei: Liuho. (Original work published 1990)

大同大學設計頻道 (2013 年 3 月)。2013 年大同大學工業設計研究所考試入學報名情況。取自 <http://ttu-design.blogspot.tw/2013/03/2013.html>

Tatung University Design Channel. (2013, March). *2013 Tatung University Department of Industrial Design Admission exam enrollment*. Retrieved from <http://ttu-design.blogspot.tw/2013/03/2013.html>

王鴻祥、邊守仁 (2003)。《工業設計專業能力指標之建立》。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告 (NSC 91-MOE-S-027-002-X3)。

Wang, Hung-Siang, & Bien, Shou-Jen (2003). *The establishment of professional competence indices for industrial design*. Report for research project supported by National Science Council (NSC 91-MOE-S-027-002-X3).

李書辰 (2008)。《工業設計教育課程規劃研究》(未出版碩士論文)。銘傳大學設計管理研究所，桃園。

Li, Shu-Chen (2008). *A study of the curriculum planning of industrial design education* (Unpublished master's thesis). Master Program of Design Management, Ming Chuan University, Taoyuan.

洪凌威 (2008)。《學前非本科系工業設計碩士班學生所學與就職之關係》(未出版碩士論文)。大同大學工業設計研究所，臺北市。

Hung, Ling-Wei (2008). *The relationship between education and employment of non-industrial design-originated students with master degree of industrial design* (Unpublished master's thesis). Department of Industrial Design, Tatung University, Taipei.

張智銘 (2012)。《學士後工業設計碩士班課程規劃研究》(未出版碩士論文)。國立雲林科技大學工業設計研究所，雲林。

Chang, Chin-Ming (2012). *A study on industrial design postgraduate curriculum for students from non-ID backgrounds* (Unpublished master's thesis). Department of Industrial Design, National Yunlin University of Science and Technology, Yunlin.

張智銘、游萬來 (2012)。《工業設計師應具備之能力：國內外文獻回顧》。《工業設計》，126，20-25。

Chang, Chin-Ming, & You, Man-Lai (2012). The required capabilities of the industrial designers: Domestic and foreign literature review. *Industrial Design*, 126, 20-25.

梁榮進 (2005)。《產品模型之設計運用與評估研究：以旋轉成型為例》(未出版碩士論文)。國立雲林科技大學工業設計研究所，雲林。

Liang, Jung-Chin (2005). *A research on design application and assessment of product model-use rotomolding as an example* (Unpublished master's thesis). Department of Industrial Design, National Yunlin University of Science and Technology, Yunlin.

莊明振、吳昆家 (2008年5月10日)。《初次遇見·工業設計》。取自：<http://blog.yam.com/NobodyNobody/article/15090084>

Chuang, Ming-Chen, & Wu, Kun-Chia (2008, May 10). *Initial contact: Industrial design*. Retrieved from <http://blog.yam.com/NobodyNobody/article/15090084>

許言、張文智、楊耿賢 (2007)。新進設計師招募方式與工作表現對設計教育的意涵。《國際藝術教育學刊》，5(1)，93-109。

Hsu, Yen, Chang, Wen-Chih, & Yang, Vic (2007). A study on the recruitment and job performance of newly recruited product designers and their implications in design education. *The International Journal of Arts Education*, 5(1), 93-109.

陳文印 (1997)。《設計解讀：工業設計專業知能之探索》。臺北市：亞太。

Chen, Wen-Yin (1997). *Design literacy: Toward a new discourse*. Taipei: Asia Pacific.

陳文誌、游萬來 (2004)。《線上設計學習環境的發展架構研究：以工業設計課程為例》。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告 (NSC 92-2520-S-182-002)。

Chen, Wen-Zhi, & You, Man-Lai. (2004). *The framework for the development of online learning environment for use in industrial design education*. Report for research project supported by National Science Council (NSC 92-2520-S-182-002).

陳文龍 (2003年2月18日)。《設計論壇：產品設計流程實例說明》。《設計專欄》。取自：[http://www.designrepublic.org.tw/news/column.php?show\\_n\\_id=581&archive](http://www.designrepublic.org.tw/news/column.php?show_n_id=581&archive)

Chen, Wen-Long (2003, February 18). Design forum: Product design process examples. *Design column*. Retrieved from [http://www.designrepublic.org.tw/news/column.php?show\\_n\\_id=581&archive](http://www.designrepublic.org.tw/news/column.php?show_n_id=581&archive)

陳盈慈 (2005)。《工業設計系學生學習風格之研究》(未出版碩士論文)。國立雲林科技大學工業設計研究所，雲林。

Chen, Yin-Yzu (2005). *A study on learning style of industrial design department students* (Unpublished master's thesis). Department of Industrial Design, National Yunlin University of Science and Technology, Yunlin.

陸定邦、呂佳珍 (2012)。《工業設計課程規劃之分析：以成功大學工業設計系為例》。《設計學研究》，15(1)，25-38。

Luh, Ding-Bang, & Lu, Chia-Chen (2012). Case study analysis of curriculum planning in industrial design. *Journal of Design Science*, 15(1), 25-38.

陸定邦、林群超 (2005)。《臺灣設計和應用藝術教育於專業知識與技能之供需調查及研究》。《設計學報》，10(2)，89-104。



- Luh, Ding-Bang, & Lin, Chyun-Chau (2005). Supply and demand of professional knowledge and skills in design and applied arts education in Taiwan. *Journal of Design*, 10(2), 89-104.
- 楊敏英、游萬來、林盛宏 (2003)。工業設計系學生學習狀況及生涯相關議題研究的初探。《設計學報》，8 (3)，75-90。
- Yang, Ming-Ying, You, Man-Lai, & Lin, Sheng-Hong (2003). Preliminary study of learning situations and career issues for university ID students. *Journal of Design*, 8(3), 75-90.
- 楊敏英、游萬來、郭純妤 (2010)。臺灣工業設計畢業生就業情形之初探。《設計學報》，15 (2)，73-94。
- Yang, Ming-Ying, You, Man-Lai, & Guo, Chun-Yu. (2010). A preliminary study on industrial design graduates' employment in Taiwan. *Journal of Design*, 15(2), 73-94.
- 葉耀宗 (2004)。《產品模型製作在跨領域開發中角色之研究》(未出版碩士論文)。國立臺北科技大學創新設計研究所，臺北市。
- Yeh, Yao-Tsung (2004). *A study of the role of modeling in product inter-disciplinary development* (Unpublished master's thesis). Graduate Institute of Innovation and Design, National Taipei University of Technology, Taipei.
- 蔡志欣 (2012)。《臺灣工業設計大學教育的發展脈絡及其課程特色之研究》(未出版碩士論文)。國立雲林科技大學工業設計研究所，雲林。
- Tsai, Chih-Hsin (2012). *The study on development context and curriculum characteristics of industrial design education in undergraduate level in Taiwan* (Unpublished master's thesis). Department of Industrial Design, National Yunlin University of Science and Technology, Yunlin.
- 歐照仁 (2009)。《構想發展階段設計提案草圖之研究》(未出版碩士論文)。國立臺北科技大學創新設計研究所，臺北市。
- Ou, Chao-Jen (2009). *A study on industrial design final sketches in the phase of developing ideas* (Unpublished master's thesis). Graduate Institute of Innovation and Design, National Taipei University of Technology, Taipei.

## 外文部分：

- Alexandra, G. W. (2007). The Bauhaus, 1919-1933. *Heilbrunn timeline of art history*. Retrieved from [http://www.metmuseum.org/toah/hd/bauh/hd\\_bauh.htm](http://www.metmuseum.org/toah/hd/bauh/hd_bauh.htm)
- Brusasco, P. L., Caneparo, L., Carrara, G., Fioravanti, A., Novembri, G., & Zorgno, A. M. (2000). Computer supported design studio. *Automation in Construction*, 9(4), 393-408.
- Cartier, P. (2011). Most valuable aspects of educational expectations of the students in design education. *Social and Behavioral Sciences*, 15, 2187-2191.
- Chen, L. C., Chen, Z. H., & Tseng, S. C. (2013). The influences of traditional and digital drawing mediums on creative thinking of visual arts. *Journal of National Taiwan University of Arts*, 93, 185-198.
- Cross, N. (1999). Natural intelligence in design. *Design Studies*, 20(1), 25-39.

- Cross, N. (2008). *Engineering design methods: Strategies for product design* (4th ed.). Chichester, UK: John Wiley & Sons.
- Dorst, D., & Dijkhuis, J. (1996). Comparing paradigms for describing design activity. In N. Cross, H. Christiaans & K. Dorst (Eds.), *Analyzing design activity* (pp. 253-270). Chichester, UK: John Wiley & Sons.
- Eger, A. O., Lutters, D., & Van Houten, F. J. A. M. (2004). 'Create the future': An environment for excellence in teaching future-oriented industrial design engineering. In *Proceedings of the 7th International Conference on Engineering and Product Design Education* (pp. 43-50). Retrieved from <http://doc.utwente.nl/60561/1/Eger04create.pdf>
- Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1993). *Protocol analysis: Verbal reports as data*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Evans, M., & Wormald, P. (2005). *Knowledge transfer and industrial design: A program for post-qualification collaboration between universities and commerce in the UK*. Retrieved from [http://www.idsa.org/webmodules/articles/articlefiles/NEC05-M-Evans\\_P-Wormald.pdf](http://www.idsa.org/webmodules/articles/articlefiles/NEC05-M-Evans_P-Wormald.pdf)
- Ferguson, E. S. (1992). *Engineering and the mind's eye*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Gero, J. S., & Tang, H. H. (2001). The differences between retrospective and concurrent protocols in revealing the process-oriented aspects of the design process. *Design Studies*, 22(3), 283-295.
- Industrial Designers Society of America. (2010). *What is industrial design?* Retrieved from <http://www.idsa.org/education/what-is-industrial-design>
- Lewis, W. P., & Bonollo, E. (2002). An analysis of professional skills in design: Implications for education and research. *Design Studies*, 23(4), 385-406.
- McGown, A., Green, G., & Rodgers, P. (1998). Visible ideas: Information patterns of conceptual sketch activity. *Design Studies*, 19(4), 431-453.
- McKim, R. H. (1980). *Thinking visually: A strategy manual for problem solving*. Belmont, CA: Lifetime Learning.
- Naveiro, R. M., & De Souza Pereira, R. C. (2008). Design education in Brazil. *Design Studies*, 29(3), 304-312.
- Purcell, T., & Gero, J. S. (1998). Drawings and the design process: A review of protocol studies in design and other disciplines and related research in cognitive psychology. *Design Studies*, 19(4), 389-430.
- Reid, R. D., & Sanders, N. R. (2010). *Operation management: An integrated approach* (3rd ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. London, UK: Temple Smith.
- Simon, H. A. (1997). *The sciences of the artificial* (3rd ed.). Cambridge, MA: MIT Press.
- Suwa, M., & Tversky, B. (1997). What do architects and students perceive in their design sketches? A protocol analysis. *Design Studies*, 18(4), 385-403.

- Suwa, M., Gero, J. S., & Purcell, T. (1999). Unexpected discoveries and s-invention of design requirements: A key to creative designs. In J. S. Gero & M. L. Maher (Eds.), *Computational models of creative design IV, key centre of design computing and cognition* (pp. 297-320). Sydney, AU: University of Sydney.
- Tang, H. H., & Chu, H. R. (2005). *The role of instructional communication in design studio. Proceedings of IDC'05* [CD-ROM]. Yunlin, Taiwan: LASDR.
- Tang, H. H., Lee, Y. Y., & Gero, J. S. (2011). Comparing collaborative co-located and distributed design processes in digital and traditional sketching environments: A protocol study using the function-behaviour-structure coding scheme. *Design Studies*, 32(1), 1-29.
- Tovey, M., Porter, S., & Newman, R. (2003). Sketching concept development and automotive design. *Design Studies*, 24(2), 135-153.
- Tseng, W. S. W., & Ball, L. J. (2011). How uncertainty helps sketch interpretation in a design task. In T. Toshiharu & N. Yukari (Eds.), *Design creativity 2010* (pp. 257-264). London, UK: Springer.
- Van Dijk, C. G. C. (1995). New insights in computer-aided design. *Design Studies*, 16(1), 62-80.
- Van Elsas, P. A., & Vergeest, J. S. M. (1998). New functionality for computer aided conceptual design: The displacement feature. *Design Studies*, 19(1), 81-102.
- Verstijnen, I. M., Van Leeuwen, C., Goldschmidt, G., Hamel, R., & Hennessey, J. M. (1998). Sketching and creative discovery. *Design Studies*, 19(4), 519-546.
- Yang, M. Y., You, M., & Chen, F. C. (2005). Competencies and qualifications for industrial design jobs: Implications for design practice, education, and student career guidance. *Design Studies*, 26(2), 155-189.