

提高視障觸覺圖形辨識效果 之研究

吳志富* / 涂永祥** / 葉亦庭***

*大同大學工業設計研究所 副教授

**大同大學工業設計學系 講師

***大同公司 工業設計師

A research of advancing the Performance of Recognition of the Tactile Pictures

Chih-Fu Wu^{*} and Yung-Hsiang Tu^{**} and I-Ting Yeh^{***}

^{*}Tatung University, Department of Industrial Design

^{**}Tatung University, Department of Industrial Design

^{***}Tatung Company, Industrial Designer

Abstract

The tactile pictures were designed to translate non-verbal information to the blinds. The task could be failed on the complexity shapes of pictures or the vagueness of the interfaces, and that failure might caused the blinds misunderstanding the message brought from the pictures, never the less, the blinds would be lost on the touch. That brought an important issue of researching better designs for describing the drawing on the tactile pictures.

This work considered the factor of Shape Complexity, which had complex level and simple level, and Scale Proportion, which had upsizing scale and relevance level and downsizing level, and Expression mode, which had Texture type and texture with line drawing type and line drawing type. After the experimental searching, a set of better combination of those factors were found, which support product designers to design more efficiency products for the blinds.

The results showed that different scale of pictures should be employed for different size of objects, and the TP+LD type of expression mode had the better results of recognition. Finally the relativity analysis of the three factors revealed that Shape Complexity related with the Scale Proportion, and the Scale Proportion also related with the factor of Expression mode, which meant tactile pictures for downsizing objects should employ simple line drawing pictures, while upsizing objects should using complex TP+LD type of pictures.

Keywords: *blindness, tactile picture, industrial design, aid design*

提高視障觸覺圖形辨識效果之研究

吳志富* / 涂永祥** / 葉亦庭***

*大同大學工業設計研究所 副教授

**大同大學工業設計學系 講師

***大同公司 工業設計師

摘 要

視障者使用觸覺圖形來了解非語言溝通之資訊，需要運用觸摸式圖形介面，若是形態複雜、艱深難懂，對於視障者而言，非但是資訊傳遞失誤，更易造成視障者在觸摸板上迷失，進而形成時間的浪費。為改善這種缺失，如何以較佳的設計將物體形像轉換成平面的觸覺圖形便成爲一個重要的議題。

本研究考慮以「觸覺圖形的複雜度」(複雜、簡單)、「大小比例」(放大、原寸、縮小)、與「表現模式」(貼圖、貼圖+線條、線條)等變因進行探討，並以實驗驗證方式尋找提高視障者觸摸績效的因素組合，可提供產品設計師在「爲視障者而設計」的產品設計中，設置觸覺圖形的參考準則。

實驗結果顯示，各種不同大小的物體應該以不同的比例呈現於觸覺圖形之中，貼圖+線條(Texture Picture + Line Drawing)的混合表現模式較能被視障者正確地辨識；另對於圖形複雜度、大小比例、以及表現模式三者之間的相關性研究則顯示，圖形複雜度與大小比例兩因素有顯著相關，圖形複雜度以及表現模式則無顯著相關，大小比例以及表現模式亦有顯著相關性。所以，整體而言，物體若是以縮小比例的方式呈現在觸摸圖形上，應該採用簡單的線條表現模式爲設計原則，當物體是以放大比例的方式呈現在觸摸圖形上時，則應該採用複雜的混合表現模式作爲設計原則。

【關鍵字】

視障、觸摸圖形、工業設計、輔具設計

第一章 前言

視覺是人類學習的一個重要管道，視覺障礙者因為資訊來源少了此一個管道，因此在資訊的收集與發展上有一些異於常人之處。然而視覺是可以全面性、連續性、同時性的把握住多種資訊，而觸覺則僅能把握伸手可及之範圍，對形體過大者只能觸摸其部份，因此要組合整體形體是極困難的任務，而過於微小的事物也無法靠觸覺完成認知，因此視障者對於物體形狀大小、遠近、方向、位置等空間特性的知覺，由於概念組合上的困難度，通常使用縮小尺寸的模型來串聯空間知覺。

視覺障礙者由於缺乏視覺的組織能力，無法同時的、整體的辨認物體之整體，只能由部份去了解，以構成整體的印象。然而藉由手部探索及觸摸，這種方法限制了視覺障礙者對物體深度感、整體性與細部描述的知覺，特別是先天盲者在抽象層次的發展上比明眼人差，先天盲的概念多為片斷、簡單且直接，經常直接引用明眼人或弱視者的概念學習，而非發自自身經驗的心理過程，這些片段的學習或者稱為引用，存在著盲點與錯誤的吸收，因為使用的學習介面不同或者引用方式不適當，都會導致視障者不知所謂，常見的情形是解釋一個觀念卻需要引出更多的基本介面概念，自然學習時間需要更為加長。

研究如何讓視障者能夠獲得與一般人一樣的知識，一直是研究者的希望，透過了解設計問題而能盡力求取適切的輔具，幫助視障者成長。在進行視障輔具的設計案例中，經常會將圖形介面引申於產品的特殊區域，透過材質與造形的配合，希望能夠將正確的資訊轉換給使用者，視障者以手部的感官進行觸摸，在仔細觀察下，各式的觸摸介面似乎都解決部分問題，而某些觸摸的盲點卻也仍舊存在。

觸摸圖形卡是常見的視障教育輔助器具，藉由觸摸圖形卡上的圖像，視障者在心中模擬起明眼人用眼睛所見到的物體，這其中有些是巨大物體(如:山、海、雲)，連明眼人都無法用手觸及，但是，一眼望去即可領略其中影像，而盲眼人卻只能以觸摸的方式，逐漸地全盤性的摸索，讓心中模糊的名詞轉化成心理地圖，觸摸圖形轉化資訊的概念，確實能夠將難以用言詞傳達，或者無法描述的遠方物體的概念傳達給視障者知道，但是當觸摸圖形的數量多，或者圖形的複雜度較高時，不良的觸摸績效反而成為視障者進入這種學習方式的最高門檻。

因此，如何從圖形設計的本質來研究觸摸績效的問題，先了解促使觸摸效率提升的因素，而後，整理出從事此類輔具設計的基本原則，再進行更為生活化的輔具概念的構思，如此，將可提升視障輔具之適用性與實用性。本研究之先期研究，可參閱(涂永祥等人，2003)以及(吳志富等人，2005)所發表之文章，本研究的主要貢獻就在於提出較佳的觸摸圖形表現方式，並且研究出提高觸摸辨識績效的方法。

第二章 文獻探討

在過去幾年中，多數研究者均個別針對觸覺圖形的最佳表現模式與認知圖形種類進行研究，其相關文獻整理如下(表一)。但是，從 3D 物體與視覺符號轉換成 2D 觸覺圖形的過程中，使用者對於轉換觸覺圖形的認知、大小比例、視角決定、描述程度、表現模式與材質的利用等都有其相互相關之考量，絕對不是單一因素考量。

表一 本研究之相關文獻

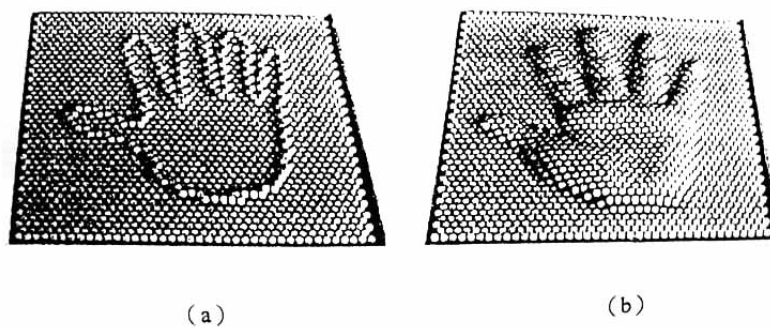
研究者	對象	研究目的與方法	研究結果
Lederman et al. (1990)	矇眼之明眼人 先天盲者	研究先天盲者與明眼人辨認 2D 與 3D 觸覺圖形的表現	結果顯示在物體之 2D 陳述的觸覺圖形之辨認上，明眼人較先天盲受測者來的準確。在平均正確率及平均反應時間上，2D 陳述比 3D 陳述正確率高、反應時間短。
Shimizu,Saida, & Shimura (1993)	早盲者 晚盲者 明眼人	研究的刺激物為 2D 觸覺板（約 1.5mm 輪廓線；3D 高度 10mm），將立體模型轉換為平面圖案刺激物，要求受測者憑觸覺辨認。	研究結果顯示在平面觸覺板上 3D 表現的可識性優於 2D 線條的可識別性，由此可知，3D 深度的知覺有助於克服 2D 圖形的辨認，因為 3D 深度的知覺能和實物產生觸覺聯想，所以對於圖形的辨認上有所幫助。
Shimizu, Shinohara, & Nagaoka (2000)	7 位視障者 5 位明眼人	刺激物為觸覺探針組成的平面觸覺板，研究中使用 4 種模式，分別為外框模式(outline mode)：凸起 2mm 的外框線、凸起之平面模式(plane mode)：凸起 2mm 的平面、凹陷之平面模式(hollowed-plane mode)：凹陷 2mm 的平面、浮雕模式(relief mode)。	研究結果顯示 57% 視障者及 100% 明眼人在浮雕模式下比凹陷之平面模式表現佳；更進一步地，43% 視障者及 60% 明眼人在浮雕模式下表現比外框模式佳；43% 視障者及 40% 明眼人在浮雕模式下表現比凸出之平面模式佳。在這 4 種模式中浮雕模式(relief mode)是最合適的。
陳玟秀(2000)	早盲者 晚盲者 明眼人	研究中以熱印紙製作浮雕圖形表現模式大致分為四種，包含外框形狀、豐富線索、輪廓線條、輪廓面狀，在表現視角方面可分為：直角視點與斜角視點。	結果顯示直角視點輪廓面狀模式的表現績效最好。其綜合了物體細節的輪廓線描述也與浮雕表現模式類似的 3D 深度效果。
Leanne J (2003)	矇眼明眼人	探討 LD 或 TP 觸覺圖形表現手法上的觸覺圖形認知。所有觸覺圖形均產生於 Zytex swell paper 上。	其結果顯示 TP 在圖形的認知辨識上有顯著的比 LD 好，材質的使用使受測圖形整體有突起強調的特性，並且可以幫助觸覺圖形認知與辨識，避免圖地的困惑。

上述的研究中觸覺圖形的大小比例為同一尺寸，因此，對於觸覺圖形的辨識無形中

會造成混淆，舉例而言，若是視障者先觸摸到的觸覺圖形為 A4 大小的雨傘後，再進而觸摸相同大小的草莓時，可能會有認知概念上的混淆不清，另外，在文獻中有研究提及不同的表現模式，如：LD 的表現模式具有簡單快速的辨識優點，但是，線與線之間的空間，卻容易造成視障者對空間細節的混淆，TP 的表現模式卻是可以表現立體物件的細節形狀，但是，由於圖形內容複雜，導致觸摸辨識的時間較長。

Lederman & Klatzky (1987) 認為以觸覺辨認 2D 觸覺圖形是非常困難的，Lederman et al. (1990) 曾研究先天盲者與明眼人在辨認 2D 觸覺圖形的表現，受測者包含矇眼之明眼者和先天盲者。刺激物共有 22 個 2D 觸覺圖形，使用點字筆 (Braille stylus) 繪製於 27.9x29.6 公分的薄片上，每張圖形的大小在 12.7x15.2 公分範圍內。根據是否具有透視的暗示，更進一步被分為 2D 及 3D 陳述。2D 陳述的 2D 觸覺圖形包括毛衣、鉛筆、襪子、電燈泡、梳子、信封、網球拍、螺絲釘、胡蘿蔔、鑰匙、棒球棒；3D 陳述的 2D 觸覺圖形包括碗、蠟燭、螺絲起子、杯子、鐵鎚、插頭、領帶、鎖、書、哨子、和煙灰缸，結果顯示，在辨認 2D 陳述的觸覺圖形上，明眼人較先天盲受測者來的準確，在平均正確率及平均反應時間上，2D 陳述比 3D 陳述正確率高、反應時間短。儘管受測者對於物體有高度的熟悉度，正確率分別為先天盲 10%、明眼人 33%；平均反應時間明眼人 90 秒，先天盲者則選擇提早結束，實驗無法測量。不過，在 Lederman et al. (1990) 的研究結果中，明眼人的表現已高於 Megee & Kennedy (1980) 研究中明眼人 17% 的比例。

Lederman et al. (1990) 認為，實驗中明眼人在觸覺輸入後轉化成視覺影像，運用了視覺轉換的過程，因為 2D 陳述的觸覺圖形（平面視圖）的平均反應時間均少於 3D 陳述的觸覺圖形（透視圖）的平均反應，因此，2D 的識別性及正確性都比 3D 的識別性快且高。同樣地，Shimizu, Saida, & Shimura (1993) (圖一) 等人，研究受測者所熟悉物體的平面觸覺板與 3D 浮雕觸覺圖形的配對辨認，受測者分為早盲者、晚盲者、明眼人等 3 個組別。研究的刺激物為 2D 觸覺板（約 1.5mm 輪廓線；3D 高度 10mm），圖形包含臉、手、魚、剪刀、蘋果等。他們將立體模型轉換為平面圖案當成刺激物，要求受測者憑觸覺辨認。研究結果顯示，在平面觸覺板上 3D 表現的可識性優於 2D 線條，由此可知，3D 深度的知覺有助於克服 2D 圖形的辨認，因為 3D 深度的知覺可以與實物產生觸覺的聯想，所以對於圖形的辨認上有所幫助。

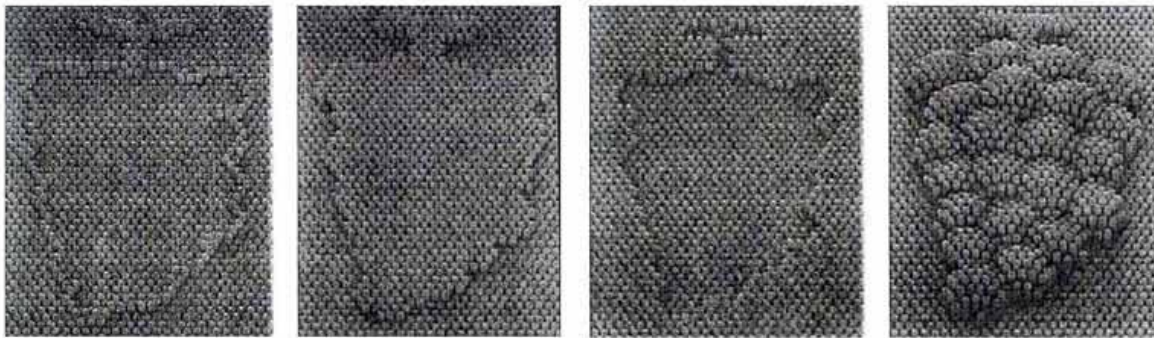


圖一 刺激物描述方式 (a)2D 的觸覺圖形 (b)3D 的觸覺圖形 (Shimizu et al., 1993)

Shimizu, Shinohara, & Nagaoka (2000) (圖二) 延續之前的研究，參與者有 7 位視障

者（平均年齡 21.4 歲）、5 位明眼人（平均年齡 31.0 歲）。刺激物為觸覺探針組成的平面觸覺板，觸覺探針單位以六角形矩陣方式排列，各單位之間的空隙為 2mm。研究中使用 4 種模式，分別為外框模式(outline mode)：凸起 2mm 的外框線、凸起之平面模式(plane mode)：凸起 2mm 的平面、凹陷之平面模式(hollowed-plane mode)：凹陷 2mm 的平面、浮雕模式(relief mode)：包含 3D 描述的物體，其最大的高度是 10mm，圖形包含以下形狀，分別為椅子、貝類、懷錶、黃瓜、櫻桃、電話、湯匙、開罐器、茶杯、左手、靴子、茄子、平底鍋、剪刀、香蕉、手提袋、鐵鎚、一串葡萄、插頭、刀子、有把的大杯子、蘋果、葡萄酒杯。

研究結果顯示，在 t 檢定中，57% 視障者及 100% 明眼人在浮雕模式下比凹陷之平面模式表現佳；43% 視障者及 60% 明眼人在浮雕模式下比外框模式表現佳；43% 視障者及 40% 明眼人在浮雕模式下比凸出之平面模式表現佳；然而，在 4 種模式之間並沒有發現不同，可能與天花板效應(ceiling effect)、觸覺搜索策略(the strategy of tactile exploration)有關。研究者認為，這 4 種模式中浮雕模式(relief mode)是最適合的觸模圖形表現模式。



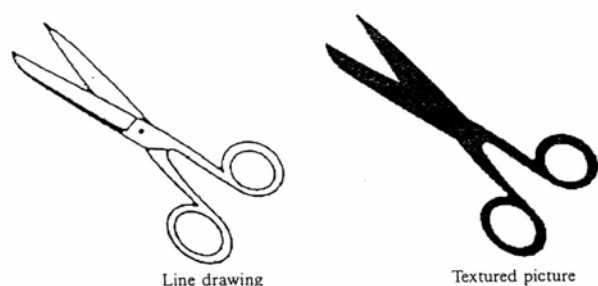
圖二 (a)外框模式、(b)凸出平面模式、(c)凹陷平面模式、(d)浮雕模式 (Shimizu & Nagaoka, 2000)

另外，在陳玟秀 (2000)研究中以熱印紙製作浮雕圖形表現模式，大致分為四種，包含外框形狀、豐富線索、輪廓線條、輪廓面狀，在表現視角方面可分為：直角視點與斜角視點。結果顯示，以直角視點並且使用輪廓面狀模式的表現績效最好，這種模式綜合了物體細節的輪廓線描述也與浮雕表現模式類似的 3D 深度效果（圖三）。



圖三 視點角度與表現模式之 2D 觸覺圖形卡 (陳玟秀, 2002)

最近幾年，Leanne J (2003) 探討矇眼人、明眼人在 LD (Line Drawing)或 TP (Texture Picture)觸覺圖形表現手法上的觸覺圖形認知差異。觸覺圖形均產生於 Zytex swell paper 上，受測物體均為物體單面的表現方式，物體的深度並未表現出(圖四)。實驗的結果顯示，TP 在圖形的認知辨識上顯著性的比 LD 好；而且在影像能力方面和成功的圖形認知辨識上，沒有顯著的交互作用。由此可知，材質使受測圖形整體有突起強調的特性，並且可以幫助觸覺圖形認知與辨識，避免圖地反轉的辨識困惑。



圖四 TP、LD 觸覺圖形表現手法 (Leanne J, 2003)

本研究對於觸覺圖形的表現模式上，將 TP 模式與 LD 模式相互混合應用，取其個別模式的優點來表現，另外，從上述研究學者的實驗中發現，造形簡單並且具有高特徵值的物體，若是使用簡單造形描述的圖形來表達，將能具有快速的辨識結果與反應時間，對於複雜並且不具形狀高特徵值的物體，觸覺圖形則應該採用複雜造形描述，才能提高觸摸辨識的正確率。

第三章 實驗設計

(一) 變數設定

本研究共有三個設計變數，分別為比例大小、表現模式以及圖形複雜程度，其變數相關等級如下：

(1) 比例大小

觸覺圖形大小比例與大小的類別，以視障者日常生活中所接觸的 3D 物體以及 2D 物體為範圍，3D 物體可以從汽車、雨傘、桌椅、吹風機、剪刀、鑰匙一直到圖釘 (圖五)，另外，2D 物體則是汽車的 LOGO 或是錢幣這一類大小的物體 (圖六)，視障者很少有機會接觸到上述大小範圍以外的觸覺圖形。

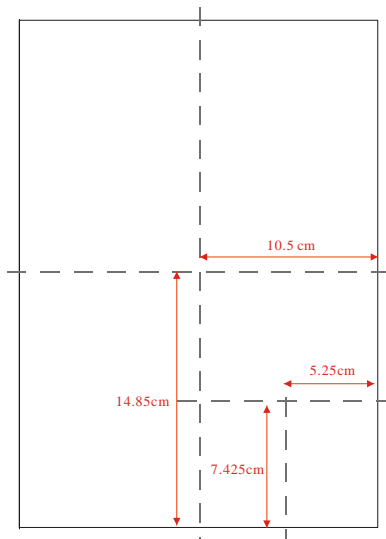


圖五 視障者可能觸摸的 3D 物體



圖六 視障者可能觸摸的 2D 物體

本研究的觸覺圖形大小，界定於汽車 LOGO 大小至錢幣大小範圍內，並且定義其放大以及縮小的比例等級，呈現方法為將 A4 的紙張對摺 2 次的大小 (10.5cm x 14.85cm) 視為放大比例，再對摺 1 次的大小 (7.4cm x 10.5cm) 視為適當比例，再對摺 1 次的大小 (5.25cm x 7.425cm) 視為縮小比例，其對摺之方法如圖七所示，故大小比例的變數上共有 3 個層次。



圖七 觸覺圖形大小比例之設定

表現模式 描述程度	TP	TP+LD	LD
複雜			
簡單			

圖八 觸覺圖形的三種圖形表現

(2) 表現模式

觸覺圖形表現模式的呈現對於視障者的表現績效影響甚大，從先前研究者的建議中，表現模式以直角視點較佳；目前學者所用的圖形表達方法可分為：Line Drawing 與 Texture Picture，目前的研究結果顯示以 Texture Picture 表現的方式比較好；對於 Texture Picture 的表現方式，也有學者使用四種模式：外框模式 (outline mode)：凸起 2mm 的外框線、凸起之平面模式 (plane mode)：凸起 2mm 的平面、凹陷之平面模式 (hollowed-plane mode)：凹陷 2mm 的平面、浮雕模式 (relief mode)，實驗結果顯示：浮雕模式的表現最好。

本研究則思考增加另一種表現模式，其模式是 Texture Picture 和 Line Draw 的混合方式呈現，因為兩種表現模式均有其優缺點以及適用的時機，妥善的將兩個表現模式加以混合，使兩種不同材質所代表的含意區分開來，期望能產生更快速而且正確的觸覺圖形。以剪刀為例，三種表現模式(圖八)，除了 Texture Picture 和 Line Draw 的表現模式之外，增加一種 TP+LD 的模式，其設計的概念是 Texture Picture 的表現模式可以使用在產品操作面介面上 (如：剪刀就是在握把上)，而其它非操作面區域都以 Line Draw 的表現模式呈現，這樣的分配有利於視障者在正確辨識上提供更精緻的操作訊息暗示，當視障者觸摸到操作介面區域時，視障者可以因為 TP 模式獲得物體細節暗示，藉此方式得以區別出整體圖形近似之物體。

(3) 表現複雜程度

第三個變數表現複雜程度的探討，由於觸覺圖形的複雜度，意謂著對 3D 物體描述的多寡而形成圖形複雜度的層次，對於視障者而言，為了促進視障者對物體的深入了解，採用越複雜的表現方式應該較為有利，但是，隨著複雜度的增加，視障者對於觸覺圖形的認知也逐漸混淆，更何況隨著觸覺圖形的大小比例以及表現模式的改變，將有更多元化的適用時機疑慮，本研究將 3D 物體的描述程度僅區分為：簡單描述與複雜描述等兩個層級。因而本節研究共有三個變數分別為比例大小、表現模式及表現複雜程度，其變數相關規定與等級(表二)。

表二 本研究變數表

觸覺圖形	Level 1	Level 2	Level 3
大小比例	放大	適中	縮小
表現模式	TP	TP+LD	LD
複雜程度	複雜	簡單	







(二) 受測者

本實驗視障受測者共 45 位，包含國中生 20 位 (男：12 位；女：8 位) 以及高中生 25 位 (男：20 位；女：5 位)，其中弱視者 37 位、全盲者 8 位，所有受測者大多就學於台北市立啟明學校，所有受測者皆進行問卷調查了解他所熟悉的物品名稱，並且請他們繪出這些物品的圖形，研究者區分相同品名的圖形，了解受測者所熟悉的圖形的一致性。

(三) 受測內容

將問卷調查之結果，選出辨識度最高的 6 個圖形項目 (分別為大物品：雨傘與時鐘；中物品：剪刀與筆；小物品：鑰匙與釘書機)，將其製作成觸覺圖形，分別有 3 個比例大小 (放大、適中、縮小)、3 個表現模式 (LD、TP+LD、TP)，以及 2 種表現複雜程度 (簡單、複雜) 來進行實驗。由於物品圖形的篩選是源自於問卷調查中，視障者所畫出的實驗圖樣，所以視障生能清楚了解物品圖形的類別涵意。觸覺圖形的製作是以電腦繪圖輸入至熱印機，經由列印機製作出實驗圖形，如表三(以雨傘為例)。

表三 本研究所採用之觸覺圖形 (以雨傘為例)

表現模式 描述程度	TP	TP+LD	LD
複雜			
簡單			

(四) 實驗分組

由於本實驗有 3 個變數設定，分別為 3 個比例大小 (放大、適中、縮小)、3 個表現模式 (LD、TP、TP+LD)，並且再配合上 2 種表現複雜程度 (簡單、複雜) 來進行實驗(表四)。所有視障受測者 (45 人)，每位受測者均進行 2 個 condition，每個 condition 共需進行 12 張觸覺圖形之觸摸辨識 {6 個熟悉物體 (包含 Simple & Complex)}。2 個 condition 間需間隔 1 個月避免記憶問題，因而每組 condition 共有 10 組數據。

表四 受測實驗分組狀況表

複雜程度		表現類型		
		TP	TP+LD	LD
放大	簡單圖形	Condition 1	Condition 2	Condition 3
	複雜圖形			
適中	簡單圖形	Condition 4	Condition 5	Condition 6
	複雜圖形			
縮小	簡單圖形	Condition 7	Condition 8	Condition 9
	複雜圖形			

(五) 受測程序

每一位受測者實驗時，會先要求受測者抽籤選擇受測樣本出現之順序，實驗過程中不會給予他們任何指示和建議去摸索觸覺圖形。告知受測者研究的目的，且請他們盡可能越快越正確的辨視出圖形。矇眼受測者坐在桌子前面，觸覺圖形有夾著桌子邊緣，研究員將受測者的雙手放在圖形的邊緣，啟動碼錶，並且請受測者開始。研究員記錄下受測者任何意見或不尋常的動作，相關的計時是用來作稍後的分析，測驗時當 90 秒到了，受測者還不知道答案就要用猜的方式，則實驗結束，在實驗過程中記錄時間與正確率。

第四章 實驗結果

(一) 表現模式與比例大小雙因子變異數分析

針對視障者對於產品大小比例與觸覺圖形大小比例、表現模式之雙因子變異數分析，結果如表五、表六顯示，在確率上比例大小無顯著性差異，但在表現模式上卻有顯著性差異，兩變數交互作用無顯著性差異。在反應時間上，比例大小上無顯著性差異，但在表現模式上有顯著性差異，兩變數交互作用無顯著性差異。

再更進一步進行兩變數之最小顯著性差異檢驗 (LSD) 得知，在比例大小正確率上(圖九)，大的比例 (76.11%) 與中比例 (70.55%) 在正確率的表現上無顯著性差異，而大比例 (76.11%) 顯著的比小比例 (64.44%) 好。

在表現模式正確率上(圖十)，TP+LD (76.94%) 與 LD (73.61%) 在正確率的表現上無顯著性差異，而均顯著的比 TP (60.55%) 好。

表五 比例大小與表現模式之正確率雙因子變異分析

Source	Type III Sum of Squares	自由度	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7653.636a	8	956.705	2.287	0.029
Intercept	445672.914	1	445672.914	1065	0
比例大小	2042.864	2	1021.432	2.441	0.093
表現類型	4501.348	2	2250.674	5.379	0.006*
比例大小*表現類型	1109.425	4	277.356	0.663	0.62
Error	33891.062	81	418.408		
Total	487217.612	90			
Corrected Total	41544.698	89			

表六 比例大小與表現模式之反應時間雙因子變異分析

Source	Type III Sum of Squares	自由度	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	984.229a	8	123.037	2.47	0.019
Intercept	16090.127	1	16090.127	323.6	0
比例大小	155.553	2	77.777	1.56	0.216
表現類型	532.938	2	266.469	5.35	0.007*
比例大小*表現類型	295.808	4	73.952	1.48	0.214
Error	4027.867	81	49.727		
Total	21102.293	90			
Corrected Total	5012.166	89			

大 > 中 > 小
(76.11%) (70.55%) (64.44%)

圖九 比例大小正確率之 LSD

TP+LD > LD > TP
(76.94%) (73.61%) (60.55%)

圖十 表現模式正確率之 LSD

小 > 中 > 大
(15.21s) (12.68s) (12.21s)

圖十一 比例大小反應時間之 LSD

LD > TP+LD > TP
(10.51s) (13.13s) (16.46s)

圖十二 表現模式反應時間之 LSD

在比例大小反應時間上 (圖十一)，小的比例 (15.21 s)、中比例 (12.68 s) 與大比例 (12.21 s) 在反應時間的表現上無顯著性差異。在表現模式反應時間上 (圖十二)，LD

(10.51 s) 與 TP+LD (13.13 s) 在反應時間的表現上無顯著性差異，而 LD (10.51 s) 顯著的比 TP (16.46 s) 好。

在細部單因子與 LSD 分析比較結果 (表七)，在比例大小正確率上，不論是 TP、TP+LD 及 LD 時，大比例與中比例的表現均無顯著性差異，但是在 TP 及 TP+LD 時，小比例都明顯的表現不好，可能因為比例尺寸過小，導致 TP 及 TP+LD 的描述過於細密複雜，因而產生混淆不清的現象。

在反應時間上得知，TP 及 TP+LD 與 LD 的狀況恰好相反，LD 在反應時間上是小比例較好，意思說因為可能是熟悉物品所以以小比例的方式表現可以快速的辨識出其觸覺圖形，但對於 TP 及 TP+LD 反之是以大比例表現最好但均與中比例無顯著性差異。在表現模式正確率上，大比例與中比例時，TP+LD 在正確率的表現上優於 LD 及 TP，但在小比例時，TP+LD 與 TP 無顯著性差異但表現均比 LD 差，在反應時間上得知，不論是大比例、中比例或小比例其反應時間表現能力均以 LD 表現較好。

表七 表現模式與比例大小細部 LSD 分析表

描述程度		表現模式									備註
		TP			TP+LD			LD			
		分數	正確	時間	分數	正確	時間	分數	正確	時間	
比例大小	大	Average	65.00%	13.54	Average	85.00%	11.49	Average	78.33%	11.61	正確率 TP+LD > LD > TP
											反應時間 TP+LD > LD > TP
	中	Average	59.17%	17.73	Average	81.67%	10.329	Average	70.83%	10	正確率 TP+LD > LD > TP
											反應時間 LD > TP+LD > TP
	小	Average	57.50%	18.11	Average	64.17%	17.895	Average	71.67%	9.924	正確率 LD > TP+LD > TP
											反應時間 LD > TP+LD > TP
備註		正確率 大 > 中 > 小			正確率 大 > 中 > 小			正確率 大 > 小 > 中			
		反應時間 大 > 中 > 小			反應時間 大 > 中 > 小			反應時間 小 > 中 > 大			

由以上得知，不同的表現模式適合於不同的大小比例，而不同的大小比例也適合於不同的表現模式，故一個 3D 物體轉換 2D 觸覺圖形時，依其使用之大小或表現模式都有一定的考量此兩個變數的差異性。

(二) 表現模式與描述程度雙因子變異數分析

針對視障者對於產品大小比例與觸覺圖形描述程度、表現模式之雙因子變異數分析，比例大小與表現模式之雙因子變異分析結果如表八、表九，結果顯示在正確率上，描述程度上無顯著性差異，但在表現模式上有顯著性差異，兩變數交互作用無顯著性差異，在反應時間上，在複雜程度上無顯著性差異，但在表現模式上有顯著性差異，兩變數交互作用無顯著性差異。

表八 複雜程度與表現模式之正確率雙因子變異分析

Source	Type III Sum of Squares	自由度	Mean Squarer	F	Sig.
Corrected Model	9619.574	5	1923.915	3.773	0.003
Intercept	888984.372	1	888984.372	1743.36	0.000
複雜程度	395.072	1	395.072	0.775	0.380
表現類型	9057.057	2	4528.529	8.881	0.000
複雜程度*表現類型	167.445	2	83.723	0.164	0.849
Error	88727.278	174	509.927		
Total	987331.224	180			
Corrected Total	98346.852	179			

表九 複雜程度與表現模式之反應時間雙因子變異分析

Source	Type III Sum of Squares	自由度	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1134.287	5	226.857	4.045	0.002
Intercept	32123.319	1	32123.319	572.797	0.000
複雜程度	45.3	1	45.3	0.808	0.370
表現類型	1078.045	2	539.023	9.611	0.000
描述程度*表現類型	10.941	2	5.471	0.098	0.907
Error	9758.174	174	56.081		
Total	43015.78	180			
Corrected Total	10892.461	179			

再更進一步進行 2 變數之最小顯著性差異檢驗 (LSD) 得知，在複雜程度正確率上，簡單與複雜間表現上無顯著性差異。在表現模式正確率上 (圖十三)，TP+LD (76.94%) 與 LD (73.61%) 在正確率的表現上無顯著性差異，而均顯著的比 TP (60.55%) 好。在複雜程度反應時間上，簡單與複雜間表現上無顯著性差異。在表現模式反應時間上 (圖十四)，LD (10.51 s) 與 TP+LD (13.13 s) 在反應時間的表現上無顯著性差異，而 LD (10.51 s) 顯著的比 TP (16.46 s) 好。

$$\text{TP+LD} > \text{LD} > \text{TP}$$

(76.94%) (73.61%) (60.55%)

圖十三 表現模式正確率之 LSD

$$\text{LD} > \text{TP+LD} > \text{TP}$$

(10.51s) (13.13s) (16.46s)

圖十四 表現模式反應時間之 LSD

在細部單因子與 LSD 分析比較，其結果如下(表十)，其結果在複雜程度正確率上，使用 TP 及 LD 時，簡單與複雜描述程度表現上無顯著性差異，但是 TP+LD 時，簡單明顯比複雜好。在複雜程度反應時間上，不論是 TP、TP+LD 及 LD 時，簡單與複雜表現均無顯著性差異。在表現模式的正確率上，不論在簡單與複雜描述程度時，TP+LD 在正確率的表現上優於 TP 與 LD，無顯著性差異。在反應時間上得知，LD 在正確率的

表現上優於 TP 與 TP+LD，無顯著性差異。

由以上得知，表現模式與複雜程度無相互性作用，故一個 3D 物體轉換 2D 觸覺圖形時，不論是哪種表現模式使用簡單或複雜的描述都可，並不會有明顯之影響。

表十 表現模式與複雜程度細部 LSD 分析表

描述程度		表現模式									備註
		TP			TP+LD			LD			
		正確	時間	正確	時間	正確	時間	正確	時間		
複雜	放大	Average	63.33%	13.29	Average	85.00%	11.511	Average	81.67%	11.21	正確率 TP+LD > LD > TP 反應時間 TP+LD > LD > TP
	適中	Average	60.00%	16.87	Average	83.33%	9.768	Average	70.00%	9.69	
	縮小	Average	50.00%	21.25	Average	57.50%	20.159	Average	68.33%	11	
簡單	放大	Average	65.83%	13.79	Average	85.00%	11.47	Average	75.00%	11.81	正確率 TP+LD > LD > TP 反應時間 TP+LD > LD > TP
	適中	Average	58.33%	18.59	Average	80.00%	10.889	Average	71.67%	10.32	
	縮小	Average	65.00%	14.97	Average	70.00%	15.031	Average	75.00%	8.848	
備註		正確率 SIM > COM			正確率 SIM > COM			正確率 SIM > COM			
		反應時間 SIM > COM			反應時間 SIM > COM			反應時間 SIM > COM			

(三) 大小比例與複雜程度雙因子變異數分析

針對視障者對於產品大小比例與觸覺圖形描述程度、大小比例之雙因子變異數分析，比例大小與複雜程度之雙因子變異分析結果(表十一)、(表十二)顯示，在正確率的表現上，複雜程度無顯著性差異，但在大小比例上則有顯著性差異，兩變數交互作用無顯著性差異。在反應時間上，在描述程度與大小比例上無顯著性差異，兩變數交互作用無顯著性差異。

再更進一步進行 2 變數之最小顯著性差異檢驗 (LSD) 得知，在複雜程度正確率上，簡單與複雜間表現上無顯著性差異。在大小比例正確率上 (圖十五)，放大(75.97%)與適中(70.554%) 在正確率的表現上無顯著性差異，而均顯著的優於縮小(64.3%)。

在複雜程度反應時間上，簡單與複雜間表現上無顯著性差異。在大小反應時間上 (圖十六)，LD (10.51 s) 與 TP+LD (13.13 s) 在反應時間的表現上無顯著性差異，而 LD (10.51 s) 顯著的優於 TP (16.46 s)。

表十一 複雜程度與大小比例之正確率雙因子變異分析

Source	Type III Sum of Squares	自由度	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6083.383	5	1216.677	2.295	0.047
Intercept	888985.778	1	888985.778	1676.54	0.000
描述程度	395.101	1	395.101	0.745	0.389
大小比例	4090.181	2	2045.09	3.857	0.023
比例大小*描述程度	1598.102	2	799.051	1.507	0.224
Error	92263.396	174	530.249		
Total	987332.557	180			
Corrected Total	98346.779	179			

表十二 複雜程度與大小比例之反應時間雙因子變異分析

Source	Type III Sum of Squares	自由度	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	644.448	5	128.89	2.188	0.058
Intercept	32123.319	1	32123.319	545.419	0.000
描述程度	45.3	1	45.3	0.769	0.382
大小比例	316.14	2	158.07	2.684	0.071
比例大小*描述程度	283.008	2	141.504	2.403	0.093
Error	10248.013	174	58.897		
Total	43015.78	180			
Corrected Total	10892.461	179			

大 > 中 > 小
(12.21S) (12.68S) (15.21S)

圖十五 大小比例正確率之 LSD

大 > 中 > 小
(76.11%) (70.55%) (64.44%)

圖十六 比例大小反應時間之 LSD

在細部單因子與 LSD 分析比較結果如下(表十三)，其結果在描述程度正確率與反應時間上得知，不論是放大比例及適中比例時，使用簡單或者複雜的圖形，在正確率與反應時間的表現上均無顯著性差異，但是在縮小比例時，簡單的描述程度明顯表現比複雜的表現程度。

在大小比例正確率與反應時間上得知，在複雜圖形時，放大比例與適中比例在正確率與反應時間的表現上優於縮小比例。但在簡單圖形時，放大比例、適中比例與縮小比例均無顯著性差異。

由以上得知，不同的描述程度適合於不同的大小比例，而不同的大小比例也適合於不同的複雜程度，故一個 3D 物體轉換 2D 觸覺圖形時，依其使用之大小比例或複雜

程度都必須考量這兩個變數的差異性。

表十三 大小比例與複雜程度細部 LSD 分析表

複雜程度		表現模式									備註
		放大			適中			縮小			
			正確	時間		正確	時間		正確	時間	
複雜	TP	Average	63.33%	13.29	Average	60.00%	16.872	Average	50.00%	21.25	正確率 大 > 中 > 小
	TP+LD	Average	85.00%	11.51	Average	83.33%	9.77	Average	57.50%	20.16	
	LD	Average	81.67%	11.21	Average	70.00%	9.69	Average	68.33%	11	
簡單	TP	Average	65.83%	13.79	Average	58.33%	18.59	Average	65.00%	14.97	正確率 大 > 中 > 小
	TP+LD	Average	85.00%	11.47	Average	80.00%	10.89	Average	70.00%	15.03	
	LD	Average	75.00%	11.81	Average	71.67%	10.32	Average	75.00%	8.85	
備註		正確率 COM > SIM			正確率 COM > SIM			正確率 SIM > COM			
		反應時間 COM > SIM			反應時間 COM > SIM			反應時間 SIM > COM			

第五章 研究結論

本研究針對觸覺圖形的大小比例、複雜程度與表現模式等變因進行整合性的探討，尋找出讓視障者有較佳之觸摸績效的參數組合，以作為產品設計師於進行設計工作時考慮視障使用者特殊需求的設計原則。

研究結果可以應用於相關的產品觸覺說明書、產品商標之辨識牌、立體地圖、各式產品的操作介面、教學觸覺圖形卡等，讓視障者能快速地建立產品的空間認知，使視障者能更快地體驗出明眼人所觀看的產品世界。本研究的主要結論，細分成下列數項加以說明。

(一) 比例大小辨識因素之分析

以最小顯著性差異檢驗 (LSD) 得知：

- (1) 在正確率上，放大的比例 (76.11%) 與適中比例 (70.55%) 無顯著性差異，而放大比例 (76.11%) 卻明顯比縮小比例 (64.44%) 績效較好；
- (2) 在反應時間上，縮小的比例 (15.21 s)、適中比例 (12.68 s) 與放大比例 (12.21 s) 在反應時間的表現上均無顯著性差異。

此結果顯示，相對比例大小的呈現方式對於不同大小之 3D 物體形態或視覺符號在轉換成 2D 觸覺圖形時是有必要的，有利於視障者在辨識圖形時能相對比較，以增加其正確率。

(二) 表現模式辨識因素之分析

以最小顯著性差異檢驗 (LSD) 得知：

- (1) 在正確率上，TP+LD (76.94%) 與 LD (73.61%) 無顯著性差異，而均明顯比 TP (60.55%) 好；
- (2) 反應時間上，LD (10.51 s) 與 TP+LD (13.13 s) 無顯著性差異，而 LD (10.51 s) 明顯比 TP (16.46 s) 好。

在本實驗研究結果顯示出 TP+LD 的混合表現模式，並不會使視障者產生混合性的困惑，反而可能更有利於視障者在辨識圖形時能相對比較 (TP 表示操作面；LD 表示其它)，以增加其正確率，故本研究所提出之 TP+LD 的混合表現模式是有利用價值的。

(三) 描述程度辨識因素之分析

以最小顯著性差異檢驗 (LSD) 得知：

- (1) 在正確率上，簡單 (71.75%) 與複雜 (68.79%) 間的表現無顯著性差異；
- (2) 在反應時間上，簡單 (11.74s) 與複雜 (13.84s) 間的表現上亦無顯著性差異。

在本實驗結果顯示出，簡單跟複雜的表現，對於同比例同一種表現模式來說沒有差異性，意即這兩種描述程度都可以被視障者接受，因而，如無製作觸覺圖形的特殊因素，建議觸覺圖形能採用本實驗的複雜描述程度。

(四) 表現模式 V.S. 比例大小

將此兩因素作綜合比較，探討不同的表現模式是否適合於不同的大小比例，而不同的大小比例是否也適合於不同的表現模式，其結果顯示如下：

(1) 以表現模式來看

在正確率上，不論是 TP、TP+LD 及 LD 時大比例與中比例表現均無顯著性差異，但是在 TP 及 TP+LD 時，小比例都明顯表現不好，可能因為比例尺寸過小，導致 TP 及 TP+LD 的描述過於細結複雜，因而產生混淆不清的現象。在反應時間上，TP、TP+LD 和 LD 的狀況恰好相反，LD 在反應時間上是小比例較好，其表示因為可能是熟悉物品所以以小比例的方式表現可以快速的辨識出觸覺圖形，但對於 TP 及 TP+LD 反之是以大比例表現最好，但均與中比例無顯著性差異。

(2) 以比例大小來看

正確率上，在大比例與中比例時，TP+LD 在正確率的表現上優於 LD 及 TP。但在小比例時，TP+LD 與 TP 無顯著性差異但表現均比 LD 差。反應時間上，不論是大比例、中比例或小比例其反應時間表現能力均以 LD 表現較好。

由以上得知，不同的表現模式適合於不同的大小比例，而不同的大小比例也適合於不同的表現模式，故 3D 物體型態或視覺符號轉換 2D 觸覺圖形時，依其使用之大小或

表現模式都必須考量此兩個變數之差異性。

(五) 表現模式 V.S. 複雜程度

將此兩因素作綜合比較，探討不同的表現模式是否適合於不同的描述程度，而不同的描述程度也否也適合於不同的表現模式，其結果顯示如下：

(1) 以表現模式來看

正確率上得知，在 TP 及 LD 時，簡單與複雜描述程度表現上無顯著性差異，但是 TP+LD 時，簡單明顯比複雜好。描述程度反應時間得知，不論是 TP、TP+LD 及 LD 時，簡單與複雜表現均無顯著性差異。

(2) 以描述程度來看

正確率上，不論在簡單與複雜描述程度時，TP+LD 在正確率的表現上優於 TP 和 LD 無顯著性差異。在反應時間上得知，LD 在正確率的表現上優於 TP 和 TP+LD 無顯著性差異。

由以上得知，表現模式與描述程度是無相互性作用，故一個 3D 物體型態或視覺符號轉換 2D 觸覺圖形時，不論是任何表現模式使用簡單或複雜的描述程度都可，並不會有明顯之影響。

(六) 大小比例 V.S. 描述程度

將此兩因素作綜合比較，探討不同的大小比例是否適合於不同的描述程度，而不同的描述程度也否也適合於不同的大小比例，其結果顯示如下：

(1) 以比例大小來看

不論是大比例及中比例時，其描述程度簡單與複雜在正確率與反應時間的表現上均無顯著性差異。在小比例時，簡單的描述程度明顯表現比複雜的表現程度好。

(2) 以描述程度來看

在複雜時，大比例與中比例在正確率與反應時間的表現上優於小比例。但在簡單時，大比例、中比例與小比例均無顯著性差異。

由以上得知，不同的描述程度適合於不同的大小比例，而不同的大小比例也適合於不同的描述程度，故一個 3D 物體轉換 2D 觸覺圖形時，依其使用之大小比例或描述程度時都需要考量此兩個變數的差異性。

第六章 研究建議

(一) 視障觸覺圖形之設計原則

由問卷調查與觸摸實驗得知，在將 3D 物體與平面符號轉變至 2D 觸覺圖形時，除了須滿足觸覺符號辨認因素之外，尚且包括：形狀 (Shape)、大小 (Size)、線面 (Outline/solid)、高度 (Elevation) 等問題，(Frascara et al., 1993)發表如(表十四)所說明之設計上應考慮的因素。

表十四 觸覺圖形設計上應考慮之因素(Frascara et al., 1993)

項目	內容
觸覺符號的總類	<ul style="list-style-type: none"> • 點型符號 (point symbol) • 線型符號 (Line symbol) • 區型符號 (area symbol)
形狀 (Shape)	<ul style="list-style-type: none"> • 形狀認知是觸覺行為中最困難的項目之一，但在小尺寸符號的應用上較為簡單 (Blenkhorn, 1994)。
大小 (Size)	<ul style="list-style-type: none"> • 符號應盡可能的使用各種方法加以區分，在大小上至少要有 25% 的差異 (Nolan & Morris, 1971) • 質感型符號的面積至少要有 50.0 x 50.0 mm，盲童才容易辨認 (Nolan & Morris, 1980)
線面 (Outline/solid)	<ul style="list-style-type: none"> • 觸覺的邊界 (edges) 使區別變的容易，而清晰 (Sharpness) 的輪廓亦有助於觸覺的感受 (Schiff, 1966) • 要區分小型的邊界 (outline) 形狀是非常困難的，尤其是其直徑小於 12.0 mm 的符號 (Nolan & Morris, 1971)
高度 (elevation)	<ul style="list-style-type: none"> • Wiedel & Groves (1969) 發現可區分點字的高度是 0.5 mm • Wiedel & Groves (1969) 發現區分點型符號的高度是 1.5 mm • Wiedel & Groves (1969) 發現區分線型符號的高度是 1.0 mm • Wiedel & Groves (1969) 發現區分面型符號的高度是 1.0 mm
其它注意事項	<ul style="list-style-type: none"> • 視覺對比並不能提供良好的觸覺對比 (Nolan & Morris, 1971) • 所使用的符號形態應儘可能地與要表達的資訊配合 (Lambert, 1984) • Schiff (1982) 建議符號間最小的距離為 2.3~3.8 mm • 在圖中加入點字 (Braille) 標示，常常會造成觸覺混亂的問題 (Wiedel & Groves, 1969)

- (1) 物體名字的認知與物體圖形繪畫能力會隨著年齡的增長和生活經驗的增加而有所提升，相對地，在觸摸技巧方面也會變好。而本實驗主要是針對國高中視障生進行研究，若套用於成年的視障者其結果或許會有所出入，這也是值得進一步研究。
- (2) 在本實驗結果中推論物體形狀的相似性與特徵值高時，會影響其觸摸辨識的正確率，有值得增加樣本群以更深入研究探討。
- (3) 在本研究著重探討 3D 具體物體轉換至 2D 觸覺圖形時所存在之物體認知問題點，在未來研究中應利用本研究之方法進行抽象的標示符號等之轉換 2D 觸覺圖形上所

存在的問題點進行了解。

- (4) 本實驗礙於受測者人數過少，且先天盲、後天盲與弱視者人數比例分配不當，因而導致無法進一步將受測者分群比較探討，在未來的研究中可以擴大受測者人數至適當比例進行分析。

(二) 觸覺圖形後續研究

- (1) 本研究提出一種新的表現模式，此模式為 Texture Picture (TP) 和 Line Draw (LD) 之混合方式呈現，在 TP 的表現模式可以意謂使用在產品操作面上 (如：剪刀就是使用在握把上)，而其它非操作面區塊則以 LD 的表現模式呈現，這樣的組合有助於視障者在正確辨識上提供些許的暗示，視障者可以更確定所觸摸圖形為何，進而區別相似之圖形，是否有另外的 TP 與 LD 組合模式，值得進一步探討。
- (2) 本研究結果顯示出小比例適合用 LD 的方式來進行表現，但到中比例時 TP+LD 或 TP 逐漸的比 LD 描述較好，因此當中存在著比例的轉換點，因此在未來研究中可以將小比例與中比例尺寸間加以區隔，尋找出最適當的比例轉換尺寸。
- (3) 本研究指出將視障者在日常生活中所接觸到之所有物品，將其縮小至本實驗所規劃的 3 個尺寸觸覺圖形中，適當比例比不適當比例好，亦即視障者在摸一系列圖形時，大小的變化有助於辨識能力的提升，在未來的研究中可以進行，將日常生活中所接觸到之所有物品縮放至另一組尺寸的規劃上，比較是否仍有此現象產生。
- (4) 本研究著重探討 3D 具體物體轉換至 2D 觸覺圖形上所存在的之表現類型參數組合，在未來研究中應利用本研究之方法進行抽象的標示符號等之轉換 2D 觸覺圖形上所存在的之表現類型參數組合。
- (5) 本實驗礙於受測者人數過少，且先天盲、後天盲與弱視者人數比例分配不當，因而導致無法進一步將受測者分群比較探討之，在未來的研究中可以擴大受測者人數調至適當比例，來進行分析了解不同的視障程度之狀況。
- (6) 本研究所探討之 TP、LD 及 TP+LD 能否混合交叉使用於視障生基本學測上、觸覺圖形上及產品操作介面標示上，在未來須進一步了解混合使用與單一狀況使用之優缺點進行一連串之實驗。
- (7) 本實驗結果可以應用於視障生基本學測上，就現有啓明學校現有之學測內容之觸覺圖形而言，在師生的反應程度均差，其缺點來自於：以明眼人為基礎的觸覺認知圖形、同一比例大小的觸覺表現模式等缺點。但藉由本研究之觸覺圖形之建議，重新建構視障者基本學測卷，探討有助於視障生作答的正確率與反應時間的改善方式。
- (8) 本實驗之結果應用於觸覺符碼及地圖的設置是否有提供幫助來進行探討，地圖的觸覺符號採用本研究之結果，是否真能改善現有觸覺地圖辨識之正確率與反應時間。

第七章 參考文獻

- (1) Blenkhorn, Paul, “Design products that speak: lessons from talking system for blind people” , (1994), *Computing & Control Engineering Journal*, August, pp. 172-176.
- (2) Chih-Fu Wu, Yung-Hsiang Tu, I-Ting Yeh, “A Study on Elements Influencing the Visually Impaired in Recognition of Haptic Pictures Design” , (2005), 2005 the 11th International Conference on Human-Computer Interaction, 1273.
- (3) Frascara, Jorge and Takach, Bonnie Sadler, “The design of tactile map symbols for visually impaired people” , (1993), *Information Design Journal*, pp.67-75.
- (4) Heller, M. A., Calcaterra, J. A., Burson, L. L., & Tyler, L. A., “Production and interpretation of perspective drawings by blind and sighted people” , (1996 b), *Perception*, 25, 321-34.
- (5) Heller MA, Dennen D Brackett, Eric Scroggs, Heather Steffen, Kim Heatherly, & Shana Salik, “Tactile Picture: Viewpoint effect and linear perspective in visually impaired people” , (2002), *Perception*, 31 747-769.
- (6) Heller MA, Deneen D, Brackett, and Eric Scroggs, “Tangible Picture Matching by People Who Are Visually Impaired” , (2002), *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 212-223.
- (7) Kleinman, M. J., “Developmental changes in haptic exploration and matching accuracy” , (1979), *Developmental Psychology*; 15(4), 480-81.
- (8) Lachman, R., Shaffer, J.P., & Hennrikus, D., “Language and cognition: Effects of stimulus codability, name-word frequency, and age of acquisition on lexical reaction time” , (1974), *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 13, pp. 613-625.
- (9) Leanne J Thompson, Edward P Chronicle, Alan F Collins, “The role of pictorial convention in haptic picture perception” , (2003), *Perception*, volume 32, page 887-893.
- (10) Martein, R. , “Norms for name and concept agreement, familiarity, visual complexity and image agreement on a set of 216 pictures” , (1995), *Psychologica Belgica*, 35, pp. 205-225.
- (11) Magee, L. E., & Kennedy, J.M., Contact, kinaesthesia and guidance in recognition of haptic picture” , (1976), Paper presented at the conference of the Canadian Psychological Association, Toronto.
- (12) Nolan, C.Y., and Morris, J.E., “Improvement of Tactual Symbols for Blind Children (Final report, Project 5~0421)” , (1971), Louisville, K.Y.: American Printing House for the blind.
- (13) Snodgrass, JG., & Yuditsky, T, “Naming times for the Snodgrass and Vanderwart pictures” , (1996), *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 28, pp. 516-536.
- (14) Shimizu, Y., Saida, S., & Shimura, H., “Tactile Patterns recognition by graphic display: evaluation of presenting modes” , (1993), *Perception & Psychophysics*, 53, 43-48.
- (15) Shimizu, Y., Shinohara, M., & Nagaoka, H., “Recognition of tactile patterns in a graphic display : evaluation of presenting modes” , (2000), *Journal of Visual Impairment & Blindness*, July 2000.
- (16) Yung-Hsiang Tu, Chih-Fu Wu, I-Ting Yeh, “Evaluation of Recognizing Tactile Pictures in

- Different Size Display in Sighted and Blind People” , (2003), the 6th Asian Design Conference, J38.
- (17) Vitkovitch, M., & Tyrrell, L., “Sources of disagreement in object naming” , (1995), Quarterly Journal of Experimental Psychology, 48A, pp. 22-848.
 - (18) 李怡君,「非視覺感官之空間經驗以一位視障者上學路徑為例」,(2000),淡江大學建築研究所,碩士論文。
 - (19) Kirk, Gallagher 著,林寶貴編譯,「特殊兒童心理與教育新論」,(1986),五男圖書出版社,台北。
 - (20) 林育德,「視障學生的創作指導」,(1996),特教園丁,11(3),第14~17頁。
 - (21) 吳志富、涂永祥、葉亦庭,「物品熟悉度及其代表圖形對於觸覺圖卡辨識績效之影響研究」,(2005),中華民國人因工程研討會論文集,台北科技大學,pp25-31.
 - (22) 佐藤泰正著,陳英三譯,「視覺障礙兒童心理學」,(1983),台灣省視覺障礙兒童混合教育計劃師資訓練班出版。
 - (23) 卓淑玲,「觸覺與系列性視覺之形狀偵測機制研究」,(1986),台灣大學心裡研究所,碩士論文。
 - (24) 涂永祥,「視障兒童之力學概念教具設計」,(2001),國科會,主持人,計劃編號: NSC 90-2218-E-036-002。
 - (25) 徐春江,「台灣視障兒童與青少年在平面上的空間表現發展」,(1999),台灣科技大學工程技術研究所設計技術學程,碩士論文。
 - (26) 張勝成,「國小視覺障礙學生圖形觸覺效果之研究」,(1992),國科會成果研究報告。(報告編號: NSC 80-0301-H018-005)
 - (27) 郭為藩,「特殊兒童心理與教育」,(1993),文景書局,第86~92頁。
 - (28) 陳國龍,「視覺障礙的兒童心裡地圖」,(1988),特殊教育季刊,27.28~31。
 - (29) 陳玟秀著,「再現角度與表現模式對於視障者辨認 3D 物體轉換成 2D 圖形之影響」,(2002),台灣科技大學設計研究所碩士學位論文。
 - (30) 游萬來、陳文誌,「以觸覺符號輔助視障者辨認產品操作功能的研究」,(1998),雲林工業設計研究所,碩士論文。
 - (31) 萬明美,「視覺障礙教育」,(1996),台北,五南圖書出版。
 - (32) 顏杏砮,「視障學生之空間認知與環境行為之初探-以台中啓明學校為例」,(1992),東海大學建築研究所,碩士論文。