

東 海 大 學

工業設計學系碩士班

碩士論文

多感官創新設計於視障者輔具之研究

**A Study on the Innovative Design of
Multi-Sensory for Blind Assistive Device**

研 究 生：陳佳慧

指 導 教 授：柯耀宗

中 華 民 國 一 零 五 年 七 月

碩士學位論文口試委員會審定書

工業設計研究所 陳佳慧 君所提供之論文

多感官創新設計於視障者輔具之研究

經本委員會審定通過，特此證明。

論文口試委員會

委員：

鄭孟淳 陳明石
柯維亨

指導教授：

柯維亨

中華民國 105 年 6 月 15 日

摘要

視覺障礙者要有好的生活品質，重要的是必須能自己做選擇或掌握自己的生活，過去視覺障礙者往往由於缺乏機會去選擇和控制他們生活中的許多事情，持續變得無助，往往必須倚賴別人(Bryant, 2003)。獨立自主是視覺障礙者的終極目標，設立支持系統以提高獨立自主生活技能及能力，讓其自己做選擇，便為刻不容緩之事情。獨立自主生活為「基於可接受最少依賴別人做決定和呈現每天的生活活動的選擇下控制個人的生活」，包含了行動能力，日常生活技能(飲食、穿衣等)、溝通、個人協助等。

本研究依據文獻回顧與統計資料分析結果得知，若要提出設計白手杖的研究方向除了要能夠保護視覺障礙者腰部以下以免碰撞障礙物及提供相關有效資訊外，也要能夠降低腰部以上碰撞障礙物的機會與保護腰部以上的安全。因此，本研究所提出白手杖之多感官創新設計方向，首先針對資料分析結果所提供欲解決問題的方向，將之結合 TRIZ 39 項工程參數(39 Engineering Parameters)、40 創新原則(40 Inventive Principles)、形態分析法(Morphological Analysis)及普弗概念選擇法(Pugh concept selection)等設計方法，萃取出多感官白手杖之穿戴式創新設計方案，繼而提出視覺障礙者多感官白手杖之穿戴式創新設計方案供其使用。

關鍵字：白手杖、穿戴式裝置、TRIZ、形態分析法、普弗概念選擇法

Abstract

For people with visual impairment, in order to live with a good quality, the most important thing is that they can make choices or handle the life by their own. In the past, based on lacking of opportunities to choose or control many things in their lives, they become feeling helpless and have to rely on others. Independence is the terminal goal for people with visual impairment. Set up a support system to increase their independent skills and abilities is a immediate staff. A independent life is “based on that they can handle their lifes with rely on other’s decision as few as possible”, which include capacity for action, life skills, communication, self-assistance and so on.

In accordance with references and analysis of statistical data, the guide for the design of white canes not only provides people with visual impairment useful information to protect them from running into obstacles beyond the waist, but also reduces chances of running into obstacles above the waist to make sure the safety. Therefore, the multi-sensory innovation design of white canes focus on problems that analysis of statistical data points to . We combine with “TRIZ 39 Engineering Parameters”, “40 Inventive Principles”, “Morphological Analysis”, and ”Pugh concept selection”, in order to conclude with the innovation design of multi-sensory for wearable white canes, and further provide people with visual impairment to use the method of the wearable innovation design of multi-sensory for wearable white canes.

Keyword : White cane 、Wearable 、TRIZ 、Morphological Analysis 、Pugh concept selection

誌謝

本篇論文之完成要感謝指導教授 柯耀宗博士之悉心指導與諄諄教誨，在學習論文寫作過程中，承蒙柯教授的辛勤教導與觀念釐清，讓我深刻體認到研究寫作時，所需注意各種細節事項與研究重心使得本研究如期完成，並且順利付梓。

本論文得以在不斷的討論與修正中完成，首先要感謝所有支援協助的學者專家們，感謝您們在百忙中撥空協助、提供寶貴的專業建議；同時，口試委員陳明石老師與鄭孟淙老師在口試時，所提供的寶貴建議與指正，亦使本論文更臻完整，在此，謹致上最深的謝意。

最後，要感謝父母和家族成員們能給我扶持與鼓勵，全力幫助並伴隨我走過學習與成長的路途，讓我得以完成研究所學業。願這份榮耀能與您們一同分享。

陳佳慧 謹誌於

東海大學工業設計學系研究所

中華民國一百零五年七月

目錄

中文摘要	I
Abstract	II
誌謝	III
目錄	IV
表目錄	IX
圖目錄	XI
第一章 緒論	1
1-1 研究背景與動機	1
1-2 研究目的	2
1-3 研究流程架構圖	3
1-4 研究範圍與限制	4
第二章 文獻回顧	5
2-1 視覺障礙者的定義	5
2-2 定向與行動	7
2-2-1 多感官功能訓練	8
2-2-2 定向行動的定義	10
2-3 定向與外出行動對視障者之重要性	11
2-4 行動輔具	12
2-4-1 白手杖的國際發展背景	14
2-4-2 白手杖的國內外相關文獻	14

2-4-3 電子手杖的國內外相關文獻.....	15
2-5 穿戴式移動科技時代.....	19
2-6 微機電 (MEMS) 科技概述.....	23
2-7 設計思考 (Design Thinking)	25
2-8 設計草圖.....	27
2-9 設計力創新 (Design-Driven Innovation).	28
2-10 創造力與創新設計.....	30
2-10-1 歐美創意團隊的創新設計手法.....	32
2-11 TRIZ 法的發展背景.....	35
2-11-1 TRIZ 的理論基礎.....	36
2-11-2 TRIZ 法國內外相關的應用.....	37
2-12 文獻小結.....	39
第三章 研究方法.....	40
3-1 創新設計研究方法流程圖.....	40
3-2 研究假設.....	42
3-3 研究對象.....	42
3-4 研究工具.....	43
3-4-1 德非法 (Delphi Method).....	44
3-4-2 TRIZ 主要解決方法與工具.....	45
3-4-3 形態分析法 (Morphological Analysis).....	46
3-4-4 普弗概念選擇法 (Pugh Concept Selection).....	47
3-5 資料整理與分析	48

3-5-1 統計方法.....	48
第四章 分析與討論.....	50
4-1 整體受訪者描述性統計量分析.....	50
4-1-1 視覺障礙者背景因素.....	50
4-1-2 白手杖的使用功能調查.....	53
4-1-3 在戶外使用白手杖的日常行為.....	56
4-1-4 小結.....	62
4-2 整體受訪者 t 分配.....	63
4-2-1 視障程度不同對白手杖的操作使用經驗.....	63
4-2-2 視障程度不同對使用白手杖碰撞到戶外障礙物的經驗..	65
4-2-3 視障程度不同對使用白手杖在戶外街道路口的經驗....	66
4-2-4 小結.....	67
第五章 產品創新設計方案.....	68
5-1 TRIZ 矩陣.....	68
5-2 形態分析矩陣.....	83
5-3 創新設計構想方案__多樣化佩戴感測式白手杖.....	84
5-3-1 創新設計構想草圖__多樣化佩戴感測式白手杖.....	86
5-3-2 普弗矩陣(Pugh Matrix)__多樣化佩戴感測式白手杖.	89
5-3-3 多樣化配戴感測裝置白手杖 3D 創新設計提案.....	91
5-4 創新設計構想方案__穿戴式臂帶感測式白手杖.....	92
5-4-1 創新設計構想草圖__穿戴式臂帶感測式白手杖.....	94

5-4-2 普弗矩陣(Pugh Matrix)__穿戴式臂帶感測式白手杖	97
5-4-3 穿戴式臂帶感測裝置白手杖 3D 創新設計提案.....	99
5-5 創新設計構想方案__伸縮耳塞式電子感應白手杖.....	100
5-5-1 創新設計構想草圖__伸縮耳塞式電子感應白手杖.....	102
5-5-2 普弗矩陣(Pugh Matrix)__伸縮耳塞式電子感應白手杖.....	105
5-5-3 伸縮耳塞式電子感應白手杖 3D 創新設計提案.....	107
5-6 創新設計構想方案__Open Eyes 智慧感測裝置白手...杖..	108
5-6-1 創新設計構想草圖__Open Eyes 智慧感測裝置白手杖.....	110
5-6-2 普弗矩陣(Pugh Matrix)__Open Eyes 智慧感測裝置白手杖..	113
5-6-3 Open Eyes 智慧感測裝置白手杖 3D 創新設計提案白手杖...	115
第六章 結論與未來研究方向.....	116
6-1 結論.....	116
6-2 建議.....	117
參考文獻.....	118
英文文獻.....	118
日文文獻.....	122
中文文獻.....	123
附錄.....	128
附錄一、正式問卷.....	128
附錄二、專家意見彙整表.....	133
附錄三、39x39 個工程參數.....	141

附錄四、40 個 TRIZ 創新法則 143

表目錄

表2-1. 各國對視覺障礙者的定義.....	6
表2-2. 電子式與傳統式白手杖的比較表	17
表2-3. 歐美設計公司的創新設計手法	32
表2-4. TRIZ發明創新的層級.....	37
表3-1. 本研究受訪者基本資料.....	43
表4-1. 視覺障礙者背景因素現況表.....	51
表4-2. 視障者對白手杖的使用功能調查現況表.....	54
表4-3. 視障者在戶外使用白手杖的日常行為現況表.....	59
表4-4. 「視覺障礙程度不同對白手杖的操作使用經驗」T-test摘要表.....	64
表4-5. 「視障程度不同對手杖碰撞戶外障礙物的經驗」T-test摘要表....	65
表4-6. 「視障程度不同對白手杖在戶外街道路口經驗」T-test摘要表...66	
表5-1. 視障者多感官白手杖之穿戴式創新設計TRIZ矛盾矩陣表 .69	
表5-2. 視障者多感官白手杖之穿戴式創新設計TRIZ矩陣40原則之建議項目表.....	82
表5-3. 白手杖需求項目的獨立要素編號表.....	83
表5-4. 多樣化佩戴感測式白手杖之TRIZ方案之形態分析矩陣.....	84
表5-5. 多樣化佩戴感測式白手杖之創新設計構想	85
表5-6. 多樣化佩戴感測式白手杖之創新設計構想Pugh矩陣.....	90
表5-7. 穿戴式臂帶感測式白手杖之TRIZ方案之形態分析矩.....	92

表 5-8. 穿戴式臂帶感測式白手杖之創新設計構想.....	93
表 5-9. 穿戴式臂帶感測式白手杖之創新設計構想 Pugh 矩陣.....	98
表 5-10. 伸縮耳塞式電子感應白手杖之 TRIZ 方案之形態分析矩陣.....	100
表 5-11. 伸縮耳塞式電子感應白手杖之創新設計構想.....	101
表 5-12. 伸縮耳塞式電子感應白手杖之創新設計構想 Pugh 矩陣.....	106
表 5-13. Open Eyes 智慧感測裝置白手杖之 TRIZ 方案之形態分析矩陣..	108
表 5-14. Open Eyes 智慧感測裝置白手杖之創新設計構想.....	109
表 5-15. Open Eyes 智慧感測裝置白手杖之創新設計構想 Pugh 矩陣.....	114

圖目錄

圖 1-3. 研究流程架構圖	3
圖 2-1. 感覺訓練	10
圖 2-2. 移動科技裝置的關鍵事件年表	20
圖 2-3. 穿戴式裝置外觀型態	21
圖 2-4. 2014-2020 年 MEMS 市場預測.....	24
圖 2-5. 3I 創新 3 空間.....	26
圖 2-6. 技術推力與設計力創新彼此的交互作用.....	30
圖 3-1. 本研究創新設計研究方法流程圖.....	41
圖 5-1. 需求 1.取消折數矛盾矩陣表.....	70
圖 5-2. 需求 2.容易拆收矛盾矩陣表.....	71
圖 5-3. 需求 3.體積變小矛盾矩陣表.....	72
圖 5-4. 需求 4.加強尼龍繩堅固矛盾矩陣表.....	73
圖 5-5. 需求 5.增加懸吊功能矛盾矩陣表.....	74
圖 5-6. 需求 6.增加可清楚辨識導盲磚位置提醒矛盾矩陣表.....	75
圖 5-7. 需求 7.提高可判斷戶外障礙物的提醒矛盾矩陣表.....	76
圖 5-8. 需求 8.提高杖頭的耐用度矛盾矩陣表.....	77
圖 5-9. 需求 9.延長杖頭的壽命矛盾矩陣表.....	78
圖 5-10. 需求 10.提高杖頭辨識障礙物的能力矛盾矩陣表.....	79
圖 5-11. 需求 11.增加保護腰部以上的部位矛盾矩陣表.....	80
圖 5-12. 需求 12.在戶外街道行走時可使用 GPS 定位矛盾矩陣表.....	81

圖 5-13 多樣化佩戴感測式白手杖設計草圖 A 為本研究所繪製.....	86
圖 5-14 多樣化佩戴感測式白手杖設計草圖 B 為本研究所繪製.....	87
圖 5-15 多樣化佩戴感測式白手杖設計草圖 C 為本研究所繪製.....	88
圖 5-16 多樣化佩戴感測式白手杖設計 3D 圖為本研究所繪製.....	91
圖 5-17 穿戴式臂帶感測式白手杖設計草圖 D 為本研究所繪製.....	94
圖 5-18 穿戴式臂帶感測式白手杖設計草圖 E 為本研究所繪製.....	95
圖 5-19 穿戴式臂帶感測式白手杖設計草圖 F 為本研究所繪製.....	96
圖 5-20 穿戴式臂帶感測式白手杖設計 3D 圖為本研究所繪製.....	99
圖 5-21 伸縮式智慧感測白手杖設計草圖 G 為本研究所繪製.....	102
圖 5-22 伸縮式智慧感測白手杖設計草圖 H 為本研究所繪製.....	103
圖 5-23 伸縮式智慧感測白手杖設計草圖 I 為本研究所繪製.....	104
圖 5-24 伸縮式智慧感測白手杖設計 3D 圖為本研究所繪製.....	107
圖 5-25 Open Eyes 智慧感測裝置白手杖設計草圖 J 為本研究所繪製...	110
圖 5-26 Open Eyes 智慧感測裝置白手杖設計草圖 K 為本研究所繪...	111
圖 5-27 Open Eyes 智慧感測裝置白手杖設計草圖 L 為本研究所繪製.	112
圖 5-28 Open Eyes 智慧感測裝置白手杖設計 3D 為本研究所繪製.....	115

第一章 緒論

1-1 研究背景與動機

國際設計公司 Aruliden 的設計師群永遠都關注著世紀正發生什麼。更重要的是即將發生什麼：思考如何改變使用者的習慣，透過現在的設計，創造未來的文化。提到未來趨勢，Aruliden 國際設計團隊會觀察未來 3-5 年內設計轉變的方向，也就是設計焦點會放在如何把產品和服務簡單化，而在另一方面的產品功能和品質增加具有加值的感受，強化使用者的體驗。

社會人口結構上的變化，形成了對設計及工商業界新的機會及需求。以往，設計者多半針對研究的是產品本身週期的變化與縮短推出新產品上市時間，期望帶來可觀的經濟效益，鮮少有設計者去關心並調查產品和使用者相互關係的變化若能在設計過程中，除了對一般人進行研究，更進一步將使用者界定在視覺障礙者時，所設計出的產品，會因使用者的清楚定義，將其考慮層面會更加完整，進而設計出更加合適的產品。觸覺和視覺是人類日常生活中，進行物體與形狀認知時，為最常使用的訊息處理能力，也是最具效益的能力。然而，觸覺與視覺不同之處，是觸覺的運作過程中，有視覺所無法取代的感覺，觸覺會對不同材質進行區辨，並於觸摸過程中，思考如何操作以進行手部功能的運用。觸覺與視覺訊息處理能力的比較，當物品可以讓人用手自由探索時，觸覺對於熟悉的 3D 日常用品的辨認，有與視覺一樣的正確度與速度 (Homa, Kahol, Tripathi, Bratton, & Pachanathan, 2009 ; Janssen, Knoors, Verhoeven, Vervloed, & Withagen, 2010)。EOOS 說在設計中處理人們的情緒，產品就會獲得大眾的共鳴。此外，多感官的使用，會更讓盲生建立強而有力的感覺、知覺記憶，對彼等的學習，有舉足輕重的影響力，因此，盲生透過各種感官知覺的善用，學習外界的萬事萬物，即可經由與明眼人一般的學習歷程：觀察、驚嘆、學得牢不可破的事理 (曾怡惇, 2012)。Tools Design 設計師認為設計是無法速成，也不是變魔術，認真花時間做市場研究與調查，才能真正了解產品對於使用者的最佳功能運用。

再者，從內政部社會司身心障礙福利的身心障礙人數統計表，得知這十年間從西元 2005 年到 2015 年第一季的不分性別的視覺障礙者人數由 49,677 人增加到 57,054 人，從數字看來，視覺障礙者人數每年都有逐步提升的現象。在身心障礙者服務資訊網站上所提供無障礙環境規劃的文章中，提到無障礙環境規劃，除了硬體建築的規劃需適合個別身心障礙者，輔具的設計也需要加以研究及開發。藉著這些輔具的協助，的確可以增進障礙者的工作能力及生產量。基於上述緣由，行動輔具是非常值得研究及開發。

本研究將以上的觀點作為研究的設計核心，再加以結合 TRIZ 創新設計方法、形態分析法(Morphological Analysis)、普弗概念選擇法(Pugh concept selection)等設計方法運用。最後，期望可達成為視覺障礙者所重新規劃並設計出一款符合現在生活上所需要的日常生活輔具。

1-2 研究目的

基於上述之研究背景與動機，本研究主要目的有，本文即利用問卷調查方法擬出視覺障礙者的白手杖設計特點及方向，並研讀及搜集相關論文彙整後作為前期調查研究的資料庫，逐將資料整理分析後，運用調查資料並針對視覺障礙者所使用的白手杖來擬定設計特點及方向，再加以結合 TRIZ 創新設計方法、形態分析法(Morphological Analysis)、普弗概念選擇法(Pugh concept selection)等設計方法運用，提出符合現今白手杖所需要的輔具設計特點。期盼能將本研究之研究結果與發現可作為未來新式樣白手杖的輔具設計參考。

1-3 研究流程架構圖

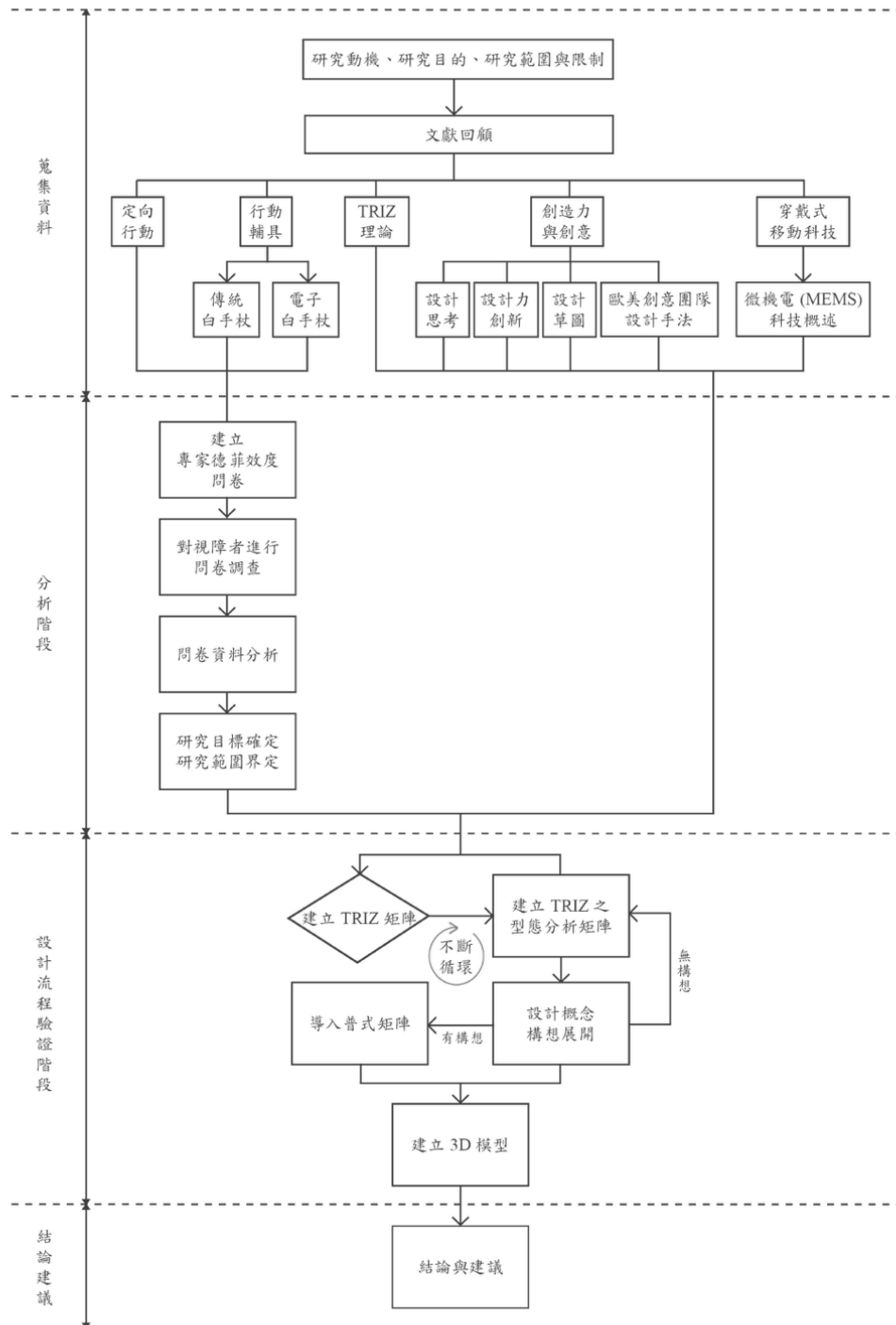


圖1-1 本研究流程架構圖

1-4 研究範圍與限制

根據中華民國專利法第 21 條規定，發明，指利用自然法則之技術思想之創作。第 93 條規定，新型，指利用自然法則之技術思想，對物品之形狀、構造或裝置之創作。第 109 條規定，新式樣，指對物品之形狀、花紋、色彩或其結合，透過視覺訴求之創作。聯合新式樣，指同一人因襲其原新式樣之創作且構成近似者。有鑒於此，將採用合適於本研究的第 109 條作為白手杖之創新設計研究範圍。

本研究在資料分析的過程中，因人力、時間、物力，受訪資料等諸多因素所限，並未蒐集到全台灣的視覺障礙者之意見，使得無法完全得知全台灣所有視覺障礙者的建議，茲將本研究所要探討研究問題之限制說明如下：

1. 區域性的限制：為了達到有效的研究方向，故本研究將調查對象的區域限制在台灣地區的台中市為主。
2. 樣本的限制：能願意接受問卷調查的視覺障礙者不多。因此，不限性別、年齡、視覺因素、視覺種類、視覺程度等視覺障礙因素。
3. 產品的限制：因研究經費的有限，故本研究將提出 3D 設計產品模型做為最終新式樣產品的設計概念呈現。

第二章 文獻回顧

本研究依序以視覺障礙者的定義、定向與行動、定向與外出行動對視障者之重要性、行動輔具、穿戴式移動科技時代 (Wearable Technology)、微機電 (MEMS) 科技概述、設計思考 (Design Thinking)、設計草圖、設計力創新 (Design-Driven Innovation)、創造力與創新設計、歐美創意團隊的創新設計手法及 TRIZ 創新設計方法進行文獻回顧，重新觀看行動定位 (定向) 輔具與視覺障礙者之間的關係，以探究視覺障礙者在台灣台中市街道環境中使用行動定位 (定向) 輔具的使用及移動經驗，來作為前期研究的探討。

2-1 視覺障礙者的定義

世界各國因國情不同因而對視覺障礙者的定義各提出不同的定義，如表 2-1。世界衛生組織 (WHO) 對視覺障礙定義是根據《國際疾病分類—第十版》(2006 年更新和修訂)，視力的好壞可分為四個層級：正常視力、中度視力損害、嚴重視力損害、盲症。中度視力損害和嚴重視力損害屬於“弱視”類別：弱視併發盲症代表著各種視力損害。根據美國醫療協會對視覺障礙之定義為，法定盲人係指矯正後優眼視覺敏銳度 20 度至 200 度以下、或視野角度 20 度以下之視覺障礙者，雖各州之規定有其差異，但在美國的公法裡是將之定義為兩個層級：盲 (Blind)、低視力 (Partially Seeing)。

我國衛生署於西元 2002 年修定之「身心障礙等級」，將視覺障礙定義為：係指由於先天或後天原因，導致視覺器官(眼球視覺神經、大腦視覺中心)之構造或機能發生部分或全部之障礙，經治療仍對外界事物無法 (或甚難) 作視覺之辨識而言。以萬國式視力檢查表得知不同視力值區分如下：輕度視障是指「1.兩眼視力優眼在 0.1 (含) 至 0.2 (含) 者；2.兩眼視野各為 20 度以內者。3.優眼自動視野計中心 30 度程式檢查，平均缺損大於 10DB(不含)者；4.單眼全盲(無光覺)而另眼視力在 0.2(含) 至 0.4(不含)者。」中度視障是指「1.兩眼視力優眼在 0.1(不含)以下者；2.優眼自動視野計中心 30 度程式檢查，平均缺損大於 15DB (不含)者；3.單眼全盲(無光覺)而另

眼視力 0.2 以下(不含)者」。重度視障則為「1.兩眼視力優眼在 0.01(不含)以下者；2.優眼自動視野計中心 30 度程式檢查，平均缺損大於 20DB(不含)者。身心障礙之核定標準，視力以矯正視力為準，經治療而無法恢復者」(中華民國 91 年 2 月 7 日行政院衛生署醫字第 0910014799 號公告 <http://web.it.nctu.edu.tw/~hcsci/service/shp441.htm>)。

表 2-1. 各國對視覺障礙者的定義

世界衛生組織 (WHO)				美國醫療協會		萬國式視力檢查表		
四個層級				矯正後優眼視覺敏銳度 20 度至 200 度以下	視野角度 20 度以下	輕度視障	中度視障	重度視障
正常視力	中度視力損害	嚴重視力損害	盲症					

此資料為本研究所繪製

有鑒於各國定義不同，在適應體育導論之視覺障礙類中特別指出，盲、弱視及各種程度的視覺不便均以障礙來包含。茲將視覺障礙的觀念分四點說明，即 1. 盲並不是完全看不見：根據不同的目的有「醫學盲」(medical blindness)，「法定盲」(legal blindness)，「職業盲」(occupational blindness) 及「教育盲」(educational blindness)；2. 盲並不造成特殊化：應使視障者知道不要依賴自己的殘廢而希望獲得別人的偏愛與同情；3. 盲人並沒有額外的感官能力：盲人必須不斷保持注意，勤於練習殘餘的感官，增廣學習機會，才有特殊能力，因此盲人的觸覺特別靈敏，其實是練習的結果；4. 盲並不是罪的懲罰：眼盲是因為疾病、遺傳或意外事件等原因而發生的，不可與罪惡相提並論。另外，萬明美 (2001) 指出在探討視覺障礙者的定義時，常涉及四個相關名詞，即 1. 視覺失調 (visual disorder)；2. 視覺損害 (visual impairment)；

3. 視覺傷殘 (visual disability); 4. 視覺障礙 (visual handicap)。若是一個視覺損害者，經過適當的服務，如使用光學輔助器、獨走技能訓練，而能參加特定的活動，則在此領域已不再是視覺障礙者。目前美國相關期刊已很少稱是一個 visual handicapped，而改稱是一個具有 visual impairment 的人，例如 student with visual impairment。

2-2 定向與行動

正式的 O&M 課程始於第二次世界大戰之後，因應盲退伍軍人復健技能訓練之需求，美國陸軍在四所醫院設立復健課程。西元 1229 年美國田納西州嚮導犬訓練學校 (The Seeing Eye) 首先提供盲人有系統的 O&M 訓練課程 (Whistock, 1980)。西元 1940 年，眼科醫生兼復健計劃負責人 Richard E. Hoover，為賓州霍洛村陸軍醫院 (Valley Forge Army Hospital) 中因第二次世界大戰戰役而失明的退伍軍人研發一套利用手杖步行 (Foot travel) 的訓練計畫，稱為胡佛技能 (The Hoover Techniques)。胡佛的訓練方法及手杖技巧於西元 1950 年被伊利諾州漢斯退伍軍人醫院 (Hines Veteran's Hospital) 的退伍軍人試用並加以改良 (Hill, 1986)。

西元 1960 年初期美國波斯頓學院和西密西根大學開始為後天失明的成人盲者儲訓 O&M 指導員，課程內容包括感覺訓練活動和正式的定向與行動技能。在 1960 年晚期，其他大學漸漸將師資培訓重點由成人盲者擴充為視障兒童，而概念發展亦成為 O&M 統整課程內容的一部份 (Blash, Wiener, & Welsh, 1997)。至西元 1970 年，提供低視者 O&M 服務為眾所關注的焦點；功能的遠距視力之診斷與訓練，以及低視輔助器之使用成為 O&M 專家的重要課題，在此之前低視者通常是蒙眼罩接受 O&M 訓練。1970 年晚期至 1980 年，學前視障兒童和多重障礙者的 O&M 服務漸受重視。在 1980 年晚期至 1990 年，年老盲者基於經濟、健康、社會等因素，對 O&M 服務亦有強烈的需求 (Straw et al., 1991)。

在西元 1990 年晚期至 2000 年，除了 O&M 課程外，復健教學課程備受重視，學習所缺損的技能，包括使用適合的設備及方法重新學習職業和日常生活的技能。早期美國海外盲人基金會遠東區辦事處主任 Dr. S. E. Bourgeault 亦曾於 1969 年協助台灣教育部為「臺灣省盲生就讀國校計劃師資訓練班」規劃定向與行動訓練課程，

培訓不少優秀的視障輔導員，繼續推動定向與行動的工作。由於視覺障礙者的行動受到限制，因此讓視覺障礙者學習如何建構心理地圖，瞭解方向與方位、空間概念等能力，讓視覺障礙者可以隨時知道自己身在何處，所欲前往的目的地，並且能夠獨立且安全地到達目的地(財團法人愛盲基金會)。

Johnson (2001)指出，獨立行動對於視障者為非常艱鉅之任務，嚴重影響其生活獨立性，進而影響其工作、教育、休閒活動層面；Mauduchi 與 Coughlan (2008)也提到，無法獨立旅行及與社會環境互動是視覺障礙者最顯著的困難，雖然有些視覺障礙者可使用公共運輸交通工具及運用定向策略等方式繞過其視覺障礙物，以達成獨立行動的目的，但仍有 30%的視覺障礙者無法自行外出。因此，定向行動一直是視覺障礙者非常迫切需要的一環，杞昭安(2001)亦指出，視覺障礙者定向行動輔助工具對視覺障礙者的生活而言有迫切需要。

2-2-1 多感官功能訓練

萬明美在 2001 年時，提到定向行動訓練(O&M)除了手杖教學外，更包含其它感官功能訓練。定向和感官能力的發展能有助於視覺障礙者獨立行走。感覺訓練包括七種主要感官知覺—視覺、觸覺、聽覺、本體感受器系統和前庭系統、嗅覺和味覺之訓練，如圖 2-1。其實多數視覺障礙者(除醫學盲外)都存留有一些可用的殘餘視覺，程度差距很大，有的僅存光覺或物體知覺；有的視覺敏銳度正常但視野缺損。觸覺亦涉及物體相對位置和移動的偵測，以手指和手偵測物體的相對位置。經由觸知覺(Tactile perception)，視障兒童對外界事物產生可靠且恆久的最初印象。明眼兒童在出生第一年即可理解物體恆久性(Object constancy) —「物體即使不能被觸及，它依然存在」；視障兒童學到相同的原理—「物體即使不能被看見，它依然存在」(Scholl, 1986)。白手杖可讓視覺障礙者產生延伸超過其手臂的觸覺，而察覺質地、坡度、上傾路面、障礙物的位置和範圍、道路的開口等，是一項有用的知覺輔助工具。

回聲定位(Echolocation)能協助視覺障礙者避免大的障礙物和定位沿牆的開口或其他表面也就是在碰觸障礙物之前的意思。若物體本身不發聲，如草、碎石和混

凝土，可藉由腳步聲或手杖敲擊、滑動而辨別。因此，視覺障礙者在行走時經常自製一些聲響，藉著環境中所產生的回聲以判定障礙物的存在及了解周圍物體的空間關係。學者（Kohler, 1964；Bassett & Eastmond, 1964；Arias, 1993）認為回聲定位是頻率（Frequency）和強度（Intensity）的差異結果；學著（Carlson Smith & Wiener, 1996）指出回聲定位可能基於反射聲音在強度和頻率極小量的差異。低頻聲音線索對於回聲定位尤其重要。這是由於環境的噪音、腳步聲、手杖敲擊聲所得到的聽覺線索都是複雜的聲音。多數視覺障礙者的聽力正常，他們敏銳度即足夠在低頻偵測到有關障礙物和出口的小頻率及強度改變。

本體感受器系統（Proprioceptive sensory system）位於身體的肌肉、肌腱和關節。它們提供各時刻身體靜態位置的察覺，連續的本體感受輸入提供移動的察覺（Rosen, 1997）。本體感受能力在其他的動作功能領域也扮演重要的角色。它提供身體察覺的一個基礎，進而發展側面（Laterality）、方向（Directionality）和空間知覺（Spatial awareness），它也是觸知覺（Haptic Perception）主要因素。觸知覺是能由大小、形狀和感覺區別物體的能力，它是由觸覺的（Tactile）和本體感受的（Proprioceptive）輸入之統和，且是盲人區別和操作環境中物體的方法。嗅覺對於在環境中定位極有幫助，環境來源所散發出的氣味，均是最佳的定向陸標（Landmark）、線索（Clue）。其他有用的知覺輸入來源，包括風的感覺，可測知風向而判定所面臨的方向；溫度的改變；陽光的照射，可判斷太陽方位。

培養多重感官的敏感度可提高 O&M 的能力。感覺動作技能（Sensorimotor integration）是日常生活功能的基礎，對 O&M 尤其重要，感覺動作統合包括感覺輸入和動作輸出，形成感覺回饋環。運動知覺（Kinesthetic awareness）和本體感受器對視覺障礙者的移動扮演很重要的角色。運動知覺是觸覺、本體感受器和前庭系統輸入的交互，提供身體在空間移動的察覺。因為所有移動都操作在回饋系統，視覺的或是本體感受，所以運動知覺是提供視覺障礙者鑑定精確協調移動唯一的途徑。

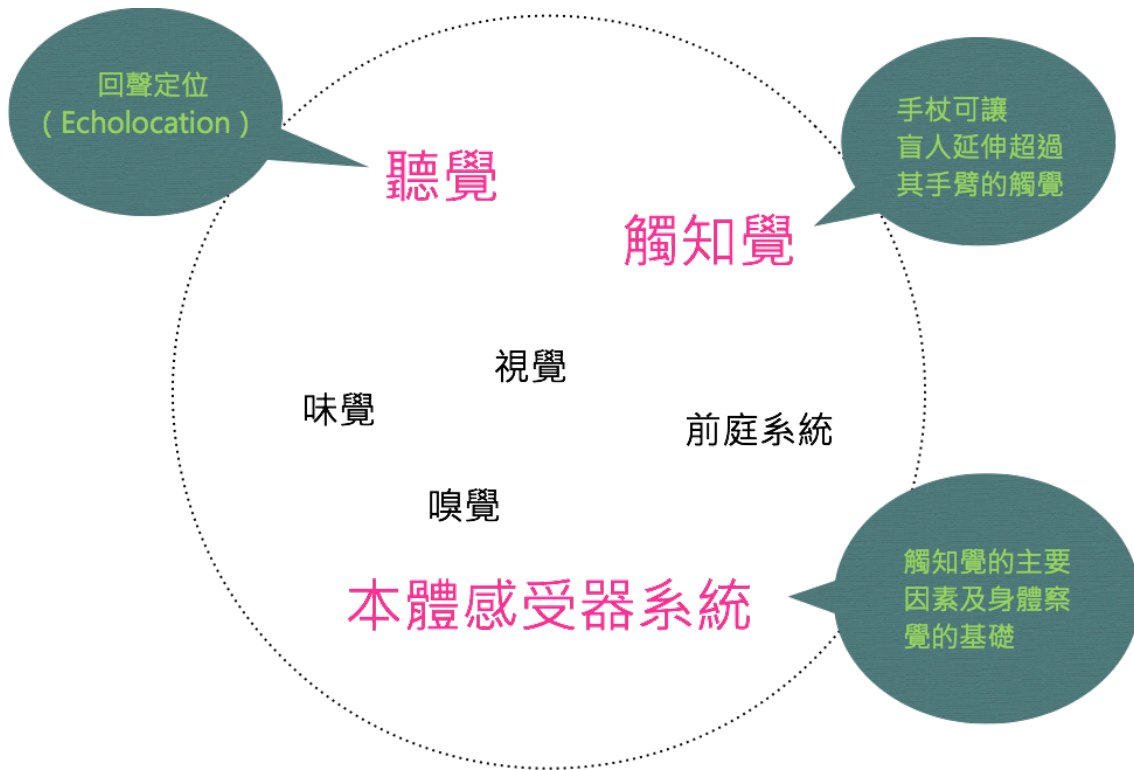


圖 2-1. 感覺訓練 (本研究所繪製)

2-2-2 定向行動的定義

1. 定向(Orientation)：意旨在行動中運用其他感官知覺以及線索(Clue)和陸標(Landmark)以決定其所在的位置，並認知周圍的環境。本研究所指視覺障礙者本身和周遭環境或物體的關係及位置之能力。利用各種的感覺器官所吸收之資訊，瞭解自己和環境中的物體之相對位置；並能夠組職環境與本身之相對位置的訊息，在心裡面形成一種心理地圖，能夠運用各種陸標(Landmark)與線索(Clue)去判斷自己所在的位置，作為行動的依據。

2. 行動(Mobility)：意旨視覺障礙者應用其他的感覺和輔助的工具，如響導員、手杖、導盲犬等，從一處走到另一處。本研究所指稱的行動是指視覺障礙者有能力處在自己週遭環境中，運用手杖技能、行動輔具依循各種陸標(Landmark)、線索(Clue)，安全、有效率的行走另外一地之能力。

3. 定向與行動(Orientation and Mobility；簡稱O&M)：意旨教導視覺障礙者行走的概念與技能，使其在任何環境及各種情境狀況下均能安全、有效且優雅地行

走。本研究所指稱的定向與行動是指視覺障礙者對定向行動的技能、心理地圖的建立及各項手杖的使用技能，接受本研究者所設計問卷調查。

2-3 定向與外出行動對視障者之重要性

身心障礙者要有好的生活品質，重要的是必須能自己做選擇或掌握自己的生活，過去身心障礙者往往由於缺乏機會去選擇和控制他們生活中的許多事情，持續變得無助，往往必須倚賴別人(Bryant, 2003)。獨立自主是身心障礙者的終極目標，設立支持系統以提高獨立自主生活技能及能力，讓其自己做選擇，便為刻不容緩之事情。獨立自主生活為「基於可接受最少依賴別人做決定和呈現每天的生活活動的選擇下控制個人的生活」，包含了行動能力，日常生活技能(飲食、穿衣等)、溝通、個人協助等(Frieden, Richards, Cole & Bailey as cited in Nosek, 1992)。魏國峰(2003)與曾怡惇(2009)則認為透過定向行動訓練，可以增進個人學習認知的機會、幫助學生建立完整且正確的認知。可見，定向行動能力可以幫助視覺障礙者克服因障礙所導致的限制。

徐秀維(2013)以「行」不得也:障礙者外出移動之困境與經驗—以嘉義地區為例的研究發現，障礙者外出社會參與的移動能力，涉及二個部分：1.外出的意願(想不想出門)；2.外出的資源(交通工具、陪伴者的有無)，障礙者的外出意願除受到自我認同混淆、身體失禁顧慮而消弱以外人文態度、物理環境的不友善，更是左右障礙者外出意願的主要因素。魏國峰(2003)認為定向行動能力可以維持盲人和社會的互動，獲得適應社會生活的知識和經驗;明確知道自己在社會中所扮演的角色，建立個人正確價值觀。劉信雄(2001)表示一個成功的盲人，在接受定向行動訓練後，不僅可以在熟悉的環境中自由安全之行走，同時在不熟悉的環境裡，亦可輕易地到達目的地，可以搭乘任何交通工具而不致迷失。障礙者想要參與各種社會事務，無論就學、就醫、就業、就考、休閒活動、訪友、購物、投票等，都需要使用交通工具，而且不同障礙類型之障礙者對於資訊提供方式、物理環境的需要亦有差異。鄭鳳齡(2005)研究台中縣障礙者的社會網絡與生活狀況時指出，外出行動能力佳不

需他人輔助者，且在情感性網絡規模上優於無法外出行動者。若個人有高度的外出意願，憑藉輔具和陪伴者的協助，亦可外出擴展社交網絡，但外出意願也會受到環境阻礙而消滅。郭孟瑜（2006）以一位全盲成人的經驗剖析阻礙視覺障礙者休閒的研究，發現其阻礙休閒因素包括個人(如視力限制、身體不適與人際衝突)、家庭(如家人反對與經濟壓力)、社會環境(如交通不便與缺乏無障礙設備)等三大層面。蘇怡帆、黃國晏，畢恆達（2012）進一步指出造成視覺障礙者取得空間訊息的困境是來自公共空間環境的限制，原因在於空間訊息是以視覺為主；而社會的對應與控管策略，未能體察視障者的身心處境與個體差異，也為視障者在空間中移動帶而困難。

從以上的研究資料得知，視覺障礙者的社會參與是從步出家門就開始面臨各種考驗，若有良好完善的行動輔具，可協助視覺障礙者行走於目前的街道環境，讓原本是被動角色可因此成為生活上的主動角色，亦可幫助擴展視覺障礙者的社交網絡。

2-4 行動輔具

根據衛生福利部社會及家庭署多功能輔具資源整合推廣中心（ICF）表示，輔具以廣義來說，輔具是用來輔助人類功能的工具，也就是只要能夠「幫助人類達到活動及各種功能目的」的輔助器具、工具都叫做輔具。以狹義來說，輔具是指「可以用來增加、維持或促進失能者功能之經商業銷售商品或經過改裝的任何物件、裝置、配件或產品系統」（美國失能者科技相關輔助法案之定義），所以狹義來說輔具的確是給身體不方便的人使用的，所以像是改裝的三輪機車、助聽器、擴視機以及輪椅，都是輔具。

當輔助器具的諮詢評估、檢測、維修、回收和租借已經不再只是一種例行性的工作業務，而是要有它從一般共通的輔具需求到特殊身障族群的個別需求。輔具的提供從公共照顧的去商品化交錯到市場消費的商品化。我國經濟部標準檢驗局，為將中華民國國家標準之輔具分類與國際標準調和，特將 ISO 9999：2007(E)轉譯，並經技術委員會和國家標準審查委員會審議通過，於民國 99 年 9 月 30 日公告成為中

華民國國家標準 CNS 15390《身心障礙者輔具-分類與術語》，將輔具分成 11 大類，包含有<04 個人醫療輔具(Assistive products for personal medical treatment)>、<05 技能訓練輔具(Assistive products for training in skills)>、<06 矯具與義具(Orthoses and prostheses)>、<09 個人照顧與保護輔具(Assistive products for personal care and protection)>、<12 個人行動輔具 (Assistive products for personal mobility)>、<15 居家生活輔具(Assistive products for housekeeping)>、<18 住家及其他場所之家具與改裝組件(Furnishings and adaptations to homes and other premises)>、<22 溝通與資訊輔具(Assistive products for communication and information)>、<24 物品與裝置處理輔具(Assistive products for handling objects and devices)>、<27 工具、機器與環境改善輔具(Assistive products for environmental improvement, tools and machines)> 與<30 休閒輔具(Assistive products for recreation)>。目前法國社會福利的輔具補助與服務也是採 ISO9999 的分類系統。

實際上，國際標準組織強調，ISO9999 國際輔助科技分類系統，自從第三版(2002 年版本)起，此分類系統即是依據世界衛生組織所公告的國際健康功能與身心障礙分類系統所發展的輔具分類與術語；並在 2003 年被正式納入世界衛生組織的國際分類家族(WHO Family of International Classification, WHO-FIC)。此分類系統依據產品與科技之「使用功能」分類。因此視障者用的白手杖，主要是用於視障朋友在行動時的定位，因此被歸類在「個人行動輔具類」之次分類「定位輔具」，而非「個人行動輔具類」之次分類「步行輔具」。根據杞昭安(2001)研究結果顯示，急需且可行的手杖技能輔具共十一種：長杖、摺疊式手杖、伸縮式手杖、變形手杖(橢圓形、長方形、圓形、梯形)、輪子手杖、雷射手杖、盲用導盲器、手杖指南針、手杖求助器、光源探測手杖、擺幅練習器。

2-4-1 白手杖的國際發展背景

西元1921年，有一名來自英國布里斯托的攝影師因為事故而導致失明，由於家裡附近的交通狀況讓他感到不自在。因此，為了在外出時更容易被看見，他將他的手杖塗上白色的顏色。西元1930年美國伊利諾州的皮奧里亞獅子會會長George A. Bonham提出在白色手杖貼上紅色帶子作為視覺障礙者可獨立移動的想法。皮奧里亞市議會首先通過此想法並制訂白杖法，讓持白手杖者優先(right-of-way)穿越馬路，防止交通事故，並能獲得路人的協助。同時，法國巴黎在1931年的2月7號，由一位名叫Guilly d'Herbemont的女性為視覺障礙者推動白手杖運動並捐出5000支手杖給視覺障礙者。

美國政府為了讓更多人知道並保障視覺障礙者的道路安全權利，在1964年的10月6日通過一項決議：在每年的10月15日是「全國白手杖安全日(National White Cane Safety Day)」。The National Federation of the Blind (NFB)公認每年五月的第三週是「白色手杖週(White Cane Week)」。在日本道路交通安全法第十四條亦規定「失明者於道路行走時，應按規定攜帶白杖或嚮導犬」。

2-4-2 白手杖國內外相關文獻

不管是明眼人或是視覺障礙者皆在使用任何輔具工具時都有一套學習系統，視覺障礙者專用的白手杖也不另外。白手杖在使用時需搭配定向系統(Orientation and Mobility)，用以協助視障者能夠有「定向行動」的能力，逐在自我的腦海中建構一幅清晰的心理地圖(mental map)。循著此心理地圖來決定所在位置、即將前往的目的地在哪裡以及我要如何才能到達目的地。孫中麒(2005)、林彥廷(2007)分別在研究發現中指出目前視覺障礙者最普遍所使用的導盲工具是白手杖(white cane)，以之去觸碰地面或是物體以確認前方是否可以行走以及障礙物的位置，而手杖不可及的地方則一概無從得知。而輔具本身非主動偵測並告知視覺障礙者行走的相關資訊，於是視覺障礙者只有在面臨障礙物時才被輔具所引導閃避，並沒有自主選擇行走路徑的能力。

因此，白手杖在作定向行動時，僅能點狀式的接觸以偵測障礙物，無法探索側面與上方死角的突出物，容易造成視覺障礙者上半身的碰撞。梁譽瀨（2007）也提出全盲者或重度視障者幾乎都使用白手杖做為行動輔具，並且接受定向行動的訓練，以提升其感知能力。然而傳統白手杖卻無法顧及到視覺障礙者上半身之安全的觀點。杜明叡（2009）調查發現視覺障礙者們外出時最常使用的輔助工具為白手杖(92%)，視覺障礙者們的外出比率非常的高，他們的生活作息與一般人類似，工作的地方通常與自己所居住的地方有段距離，最常行走在各街道路口。然而，萬明美（2001）指出白手杖(white cane)是視覺障礙者最常使用、最簡便也最經濟及應用最廣並極具獨立性的輔走工具亦可成為手的延伸，藉以探索環境中的相關資訊；在功能面有探索、保護、識別等三項功能，但還是無法偵測到所有的障礙物狀況，尤其是上半身的部分。

綜合以上的文獻回顧資料可知，在白手杖的過往文獻及相關研究中，很明顯地指出手杖本身的功能中具有一項從未真正解決的問題，即是無法保護視覺障礙者腰部以上的部位。有鑒於此，本研究提出設計白手杖的研究方向，除了要能夠保護視覺障礙者腰部以下以免碰撞障礙物及提供相關有效資訊外，也要能夠降低腰部以上碰撞障礙物的機會與保護腰部以上安全的研究方向。

2-4-3 電子式手杖國內外相關文獻

近年來有關於電子式手杖的設計，已不僅輔助高齡者或行動不便的使用者在行走上的需求，有部分的電子式手杖在功能的設計上還增加其它的輔助功能。舉凡在國內的專利部份，大多數的手杖則是結合警示或照明（遇榮家，2005），較少是結合偵測跟感應障礙物的功能。從使用心理的角度而言，手杖的使用需增進使用者對於環境控制能力，並增加個人與環境之間的互動，同時維護身心障礙者的自尊心及減低照護者的心理負擔（謝文泰，2004）。




科技的應用對於新式輔具的發展而言，確實是具有很大的助力，可彌補舊式輔具在操作使用及功能的不足。Sung Yeon Kim, Kwangsu Cho (2013)，研究顯示智能

手杖透過超音波感測器可得知物體的位置與距離，比傳統式的白手杖更有效率檢測障礙物的位置及範圍。游章雄，邱御庭，丁家威，曾敏鈞（2013）以視障者外出活動時，所遇到之導航問題及需求，來進行輔具之開發。研究包括導航手杖及導航主機，導航手杖係以超音波測距方式來進行障礙物之感測，並以振動馬達方式來進行障礙物感測結果之警示（有別於一般蜂鳴聲警示亦受外在環境聲音的干擾及影響）；導航主機係以盲人導航技術來指引行走路線，其藉由語音輸入、辨識、GPS定位、行人地圖，來自動規劃適合之行走路線（有別於一般之行車路線）及語音導航。阮業春，王美崑，謝明臻（2013）根據高齡者日常生活與工作環境需求，發展出符合其需求之客製化高齡者手杖，將能提升其居家或外出時之安全性、方便性與實用性。繩守廷（2013）提出一個基於無線網路發展具情境感知遠距照護與定位救援手杖，此手杖是應用無線傳輸裝置將使用者的心跳率、呼吸、體溫等生醫資訊傳送到手杖內的控制機制，並透過手杖內3G傳送生醫資訊到伺服器端，提高救援機會。

陳致維（2011）利用六足機器人、類分子神經系統、智慧型手機和三軸加速度感應器來設計並實現客製化智慧型手杖。李源讚（2014）將黏性物質的可靠性再提高並將之轉化成可以協助視障者行走及辨認空間位置的輔具，以腳底觸覺來為視障者多增加一種定位及行動的利器。蔡政旻，陳宏達，陳真奕，陳柏瑋，楊巧玲（2015）提出採用多層式收納機構的單手操作伸縮之手杖設計，將各節管內設計自由落體卡榫，同時可依其使用者改變手杖之方進行手杖輔具之快速伸長與收合，以達符合於各場域使用上的便利性。

表2-2. 電子式與傳統式手杖的比較表

智能手杖	高齡者手杖設計雛型	單手操作伸縮之手杖
		
<p>特點：</p> <p>此白手杖在靠近手把處設有感應器可檢測障礙物，在每一個折疊處裝設反光裝置，讓他人可以清楚看見使用者的位置。</p>	<p>特點：</p> <p>研究者主提出具有止滑及握穩的效果、照明燈、定位系統、可調式設計、娛樂功能及掛勾等功能。</p>	<p>特點：</p> <p>研究者依據高齡者使用觀察與評估，提出可單手進行伸縮或收納功能之手杖輔具設計方法與機構雛型。</p>
盲人導航裝置	傳統白手杖	雙持白手杖
		
<p>特點：</p> <p>研究者以語音作為視障者的操作介面外，其特點主要在於建構行人地圖，以規劃適合之行走路線。</p>	<p>特點：</p> <p>此白手杖隸屬較為傳統型的手杖，此杖身具有可折疊功能，最前端第一節處有紅色警示貼紙，作為讓他人可清楚辨識。</p>	<p>特點：</p> <p>此白手杖可雙手握持並可感測左右兩下方的障礙物，隸屬於變通型的行動輔助器，適用對象多半為多重障礙者。</p>

觸控導航的白手杖	設有攝影機的導航白手杖	智能電子白手杖
		
<p>特點：</p> <p>研究者提出在手指會接觸到的把手處有觸覺啟動裝置，可將資料傳送到背包裡的筆電裡。</p>	<p>特點：</p> <p>研究者提出，在把手設有攝影鏡頭可偵測前方障礙物的情況，將資料傳送到背包裡的電腦裡。</p>	<p>特點：</p> <p>研究者提出纏繞在手指和手腕的腕帶，會隨著偵測到障礙物時，透過震動方式通知使用者。</p>

此資料為本研究所整理

由表2-2可得知，目前手杖樣式繁多，各有特點及優缺點。其優缺點為，傳統式的白手杖的功能較為簡單，例如折疊、探索、保護、識別等；使用方式是採用直接敲擊作為避開障礙物，卻也因如此讓白手杖的淘汰率高，杖頭磨損率高。電子式白手杖比傳統式白手杖較具有多重輔助功能，例如：感測器，紅外線指示燈、指示蜂鳴聲、導航等，但使用方式卻比較不容易上手也較笨重，顯得十分累贅。李源讚的研究發現對視覺障礙者以作為空間定位黏性物質提供的線索足夠，但指涉方向性的功能不足需由聲音的提醒來作為補償，複合線索較佳。由此可見，若是僅只用震動傳導的方式作為提醒通知視覺障礙者，所即將面對到前方障礙物的位置，此在資訊立即有效的傳達上還是略顯不足。因此，若在進行白手杖的設計上多在此功能方面加以調整，修正功能不足之處，加強資訊有效傳達的功能面及科技面，即可替視覺障礙者提出符合現今的白手杖之創新輔具設計。

2-5 穿戴式移動科技時代

在 1980 年代，學界便已開始研發具有電子功能的智慧型服裝，只不過當時電子零組件體積仍然偏大，並不適合穿戴在身上，故此時的智慧穿戴式裝置僅止於學術研究而已，之後技術不斷演進，2004 年微軟提出 SPOT(Smart Personal Objects Technology, 智慧型個人用品)平台，並與國際手錶大廠 Fossil、Sunnto、Tissot 與 Swatch 等合作，推出搭載 SPOT 平台的智慧手錶，可說是智慧穿戴式裝置發展上一個重大里程碑。「穿戴式科技」顧名思義就是應用現有的科技開發出微型輕便化的裝置，使其可以穿戴在人的身上以擷取如生理資訊等的相關資訊，然後經由有線或無線通訊的方式把資料傳遞到雲端運算，雲端再把結果反饋到個人行動裝置上，讓使用者可以得到所需要的資訊。目前智慧型穿戴式裝置的發展相當多元，主要可分成 2 大類：一般消費者使用與特定產業應用，其中促成智慧型穿戴式裝置發展的核心元素包含：半導體技術成熟化 — 這技術是多重感測器整合晶片的封裝技術，不但有效縮小了智慧型穿戴裝置所採用晶片的尺寸，更保留或提升了晶片的運算能力。低耗能傳輸技術 — 如 Bluetooth low energy，這技術能有效降低通訊時的功率消耗，使智慧型裝置可以採用較小容量(體積)的電池，也有效降低了裝置的體積。

科技市調機構 Gartner 在 2013 年後 IT 部門與 IT 用戶趨勢預測中便指出，智慧穿戴式裝置將改變人們目前依賴手持裝置的習慣，未來將結合資訊、醫療、健康等應用繼續成長，預估 2016 年市場產值將超過百億美元。IHS 全球透視分析師沃克 (Shane Walker) 則預測，智慧穿戴式裝置的市場規模在 2018 年以前，就有希望成長至 300 億美元。台灣研究機構 MIC 也認為，智慧穿戴式裝置的年複合成長率高達 81.9%，市場規模預計從 2014 年的 31 億美元，擴增至 2018 年的 341 億美元。本研究將移動科技裝置的關鍵事件製表，如圖 2-2 所示。



圖2-2. 移動科技裝置的關鍵事件年表（本研究整理繪製）

拓璞產業研究所消費電子產業中心研究員蔡卓劭在2013年表示，在未來的1~3年間，穿戴式產品就會開始出現在市場上，而產品可大致分為兩大類型，一是以特定專業領域應用為主的穿戴式產品，包括生理監測、健康規劃、運動管理等，為現階段主要應用類型，占65%；另一則是透過與手機的聯接，進行各種功能，提供便利使用的價值。拓璞表示，智慧穿戴式裝置的定義為：1. 能穿戴在使用者身上，2. 具備一個運算處理核心，3. 可以執行各種功能的軟體系統，4. 具備有線、無線連接網路或其他裝置，5. 具備不同目的感應器。拓璞指出，智慧穿戴式裝置六大產品開發關鍵要素包括裝置穿戴方式與位置、系統整合技術、人機介面、顯示器技術、電力來源、生活防水、防衝擊技術等。拓璞表示，穿戴式裝置的發展是必然的，只是短期間不應給予過高期望，而放眼長期，產品型態不應侷限於手錶或眼鏡，可能是任何個人隨身穿戴的物品，將之整合各種功能與服務。

根據工研院IEK產業分析師陳右怡在2014年的研究調查指出，不論何種穿戴式裝置最常被使用者考量五大需求分別是：容不容易操作、該操作方式是否能快速上手、其所顯示的文字或影像是否清晰又易於理解、資訊接收或回饋是否能即時且正確、穿戴時會不會妨礙使用者原本日常動作或習慣等等。其中人機介面的易用性與功能性，可預知將主導智慧穿戴式裝置未來的發展。鄧美虹在2015年的調查發現，消費者在面對穿戴式裝置的選擇決策時大都較重視裝置的相對優勢以及相容性兩項屬性，而自願性為導致程度較高的屬性，其次為可試用性，因此建議可先由此兩項屬性著手改善可有助於提高創新產品構面中其他影響消費者採用之屬性，進而提高消費者對穿戴式裝置的採用意願。另外，消費者最偏好的裝置形態為手戴式。而在手戴式裝置形態中，又以手錶的形式最為大眾所偏好，其次為手環。除手戴式裝置形態外，部分消費族群也偏好頭頸式與身著式裝置形態。在頭頸式裝置形態中較受消費者所偏好的形式有眼鏡、項鍊與耳機；在身著式的裝置形態中最受消費者所喜愛的方式為上衣。但以整體而言手戴式的裝置形態不論是對於整體消費者或各群體的消費者皆為最偏好的裝置形態。



圖2-3 穿戴式裝置外觀型態（本研究重新整理繪製）

侯鈞元在2014年的研究報告中，認為穿戴裝置在外觀、功能、應用、目標市場等都有許多可行選項，因此可以排列組合出數十種甚至上百種類型。依外觀型態可分為五類，包括眼鏡式、手錶型、穿著式、配戴式(包含手環)與貼附式等，如圖2-3。依市場區隔則可分為五大領域，分別為：1.資訊與娛樂、2.運動與健身、3.醫療與照護、4.安全與保全、5.專業與特殊。不論是何種外觀型態或目標市場，基本上都由四個基本核心功能所構成，分別是：1.附掛裝置、2.環境感測、3.動作感測、4.生理感測。附掛裝置為將電子裝置穿戴，或稱附掛於身體上，因此可以將該電子裝置隨身攜帶且不需雙手手持。環境感測以對外感測的方式，感知環境狀態，如溫溼度、紫外線、一氧化碳、有毒氣體等。動作感測利用慣性感測器量測穿戴使用者之各種「動作」。生理感測則是穿戴裝置最基本且無法取代的核心功能。透過生理感測器量測人類各種生理數據，如體溫、心律、血壓、心電、出汗、血糖等。利用生理感測器，能夠讓人類的生理狀況量化、視覺化，便於分析、統計以提供適當回饋，進而達到維護健康之訴求。例如火場上的智慧眼鏡、軍隊用的戰鬥頭盔、盲人用的智慧眼鏡、病人用的穿戴診斷器材等。

MIC分析師黃偉正在2013年報告中指出穿戴式產品演化趨勢與開發策略思維分析中，將穿戴的意義與定義做一個說明，他認為穿戴產品是固定掛配於身上，提供方便自由連續使用的隨身產品。用廣義定義來描述穿戴產品與設計，成為「凡搭配特殊設計之配件與掛件，將3C產品或電子功固定掛配於身上，提供更方便自由連續性使用的隨身應用產品」。如此我們就解讀為符合穿戴式設計或為一穿戴式產品。或句話說，穿戴於身旁連續發揮功用，可使身體自由工作不間斷貼近眼、耳、口、手、等身體器官的產品設計，就是所謂的穿戴設計。因此，「穿戴設計」宜能表達將功能裝置固著於身上，隨時或連續發揮功用，又能使其他工作或動作不間斷，不影響身體的自由活動。亦即要比目前我們常討論的行動應用，更上層樓(更方便、高頻度使用)的應用。

2-6 微機電 (MEMS) 科技概述

根據工研院南分院微系統中心特別助理陳弘仁在2014年研究調查指出微機電 (MEMS) 是微小化的科技, 可使產品實現輕薄無感的穿戴體驗。微機電 (MEMS) 技術主要是利用成熟的半導體製程作為基礎, 透過各種不同材料及各領域多元化技術應用, 將具有電子或機械功能的各式元件或系統進行適當整合、並使其達到微小化之新興科技。迄今已成功商品化的產品包括壓力感測器、加速計、陀螺儀、噴墨晶片、微麥克風及一些重要光通訊和射頻元件等。

目前有許多的個人隨身裝置如手機、筆記型電腦、數位相機等, 皆已大幅採用微機電 (MEMS) 元件於系統中, 以獲得更良好的操控性能和創新功能。而隨著微機電 (MEMS) 技術應用風潮的快速崛起, 也使得輕薄及微小化變成目前消費性電子產品全面追求的時尚新趨勢。在2009年以前, 由於相關系統元件及電池等的微小化技術皆尚未成熟, 並且市場上也仍未有知名廠商引領投入探索此領域, 因此當時大多還是以發展應用於軍事、工業、貨運及醫療保健等特定用途、以需求功能為導向的智慧穿戴裝置為主。而近年來隨著手持式行動裝置的應用風潮崛起, 快速推動了使系統輕薄微小化的各項重要技術演進, 特別是微機電系統 (MEMS) 成功地在消費性電子市場中獲得普及應用後, 才使得穿戴行動裝置商品化的技術門檻大幅降低。微機電 (MEMS) 在穿戴行動裝置上的應用訴求, 主要是使系統實現微小化、低功耗、高性能及多功能整合為目的, 而最關鍵的需求則是在於「感測」與「無線通訊」兩大功能項目。2012年年初時谷歌 (Google) 公司在市場上正式發表一款概念性智慧眼鏡 Google Glass, 正式帶動了全球智慧穿戴行動裝置的發展熱潮, 也同時為 MEMS 產業開啟另一波龐大市場商機。

陳弘仁在2014年的調查報告中, 也特別提到未來真正具有無窮的市場發展機會者, 主要還是在「人」的穿戴裝置應用上。根據聯合國公布的最新資料, 全球人口預估將由2013年的72億人增加至2050年達96億人。此市場規模不僅在產品種類及功能上可能發展出的不同應用樣貌, 更是隨著人類想像空間無止盡擴展而充

滿無限可能。市場研究機構 ABI Research 預估，全球穿戴行動裝置產品 2018 年時總產值將超過 80 億美元，而出貨量將達到 4.85 億個，以及根據市調公司 Yole Développement 表示，隨著電子產品邁向消費化，將原本以企業運算為導向的半導體產業帶到目前為行動裝置供應元件的位置，並進一步促成了電子產品以及我們的生活邁向感測化(Sensorization)。Yole的統計資料中顯示，2014年全球 MEMS 感測器市場產值約111億美元；該公司並預測，這一市場將在2020年時達到300億台的出貨量，市場規模約有200億美元，如圖2-4。Yole所預期的成長預計將來自於人們生活中的穿戴裝置、物聯網(IoT)、醫療電子產品以及將自動駕駛車作為目標的汽車產業等應用邁向感測化。

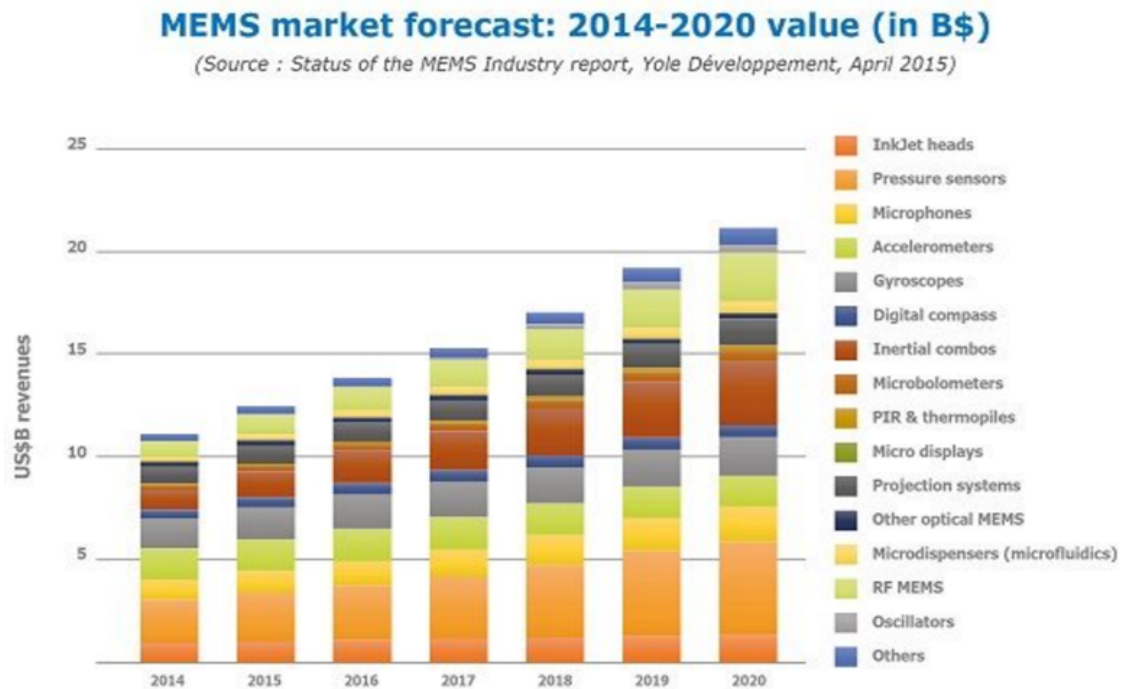


圖2-4. 2014-2020年MEMS市場預測（資料來源：Yole Développement）

2-7 設計思考 (Design Thinking)

設計思考這個概念是源自 2009 年由 IDEO 的執行長 Tim Brown 所撰寫的《Change by Design》中所提出，Tim Brown 認為，設計思考的本質是嘗試和實驗，因此靈活有彈性正是設計思考成功的關鍵；設計思考是一種創新方法，其創新方法的源頭，不是科技的進步，而是回歸到「以人為中心」的思考，以設計師的敏感度和方法，運用可行的科技，以及能轉化成顧客價值和市場機會的有效商業策略，來滿足人們的需求。

把創新的過程想像成一系列彼此重疊的空間，而不是一連串井然有序的動作，設計思考本身就一個探索的過程，如圖2-5，我們可以用「3I」空間來思考這個過程：發想 (Inspiration)、構思 (Ideation)、執行 (Implementation)。發想指的是刺激你尋找解決方案的機會與需求；構思指的是想法的催生、發展和驗證；執行指的是從研究室通往市場的步驟。這種交互影響、非直線的走法，並不是因為設計思考沒有組織、缺乏紀律，而是因為設計基本上就是一種探索的過程。我們也可以將設計思考視為一套思辨的方法，不只是要學會工具，也要學會工具後面的策略思維，更要學會如何思辨問題。需求往往是創新之母，正如IDEO創辦人 David M. Kelley常掛在嘴邊的：「創新始於眼睛」，好的設計思考家始終喜愛觀察。設計思考的看當然是把產品的使用者放在對焦處，要將使用者的需要化為需求。

設計思考流程分為5個步驟：(1.)同理心、(2.)定義需求、(3.)創新動腦、(4.)原型製作、(5.)測試。此過程中不可以否決任何一個點子，一旦模型效果不如預期，就回到第一個步驟重新開始，過程中需要不斷反覆修正、動態進行。因此，設計思考是一種綜合性的思考能力。其思辨的關鍵在於「解決問題」這個概念，要如何解決問題？首先要知道問題是什麼。為了讓過程順利，設計思考者必須習慣探索議題，設法找到新事物，或是從不同的觀點切入事情。

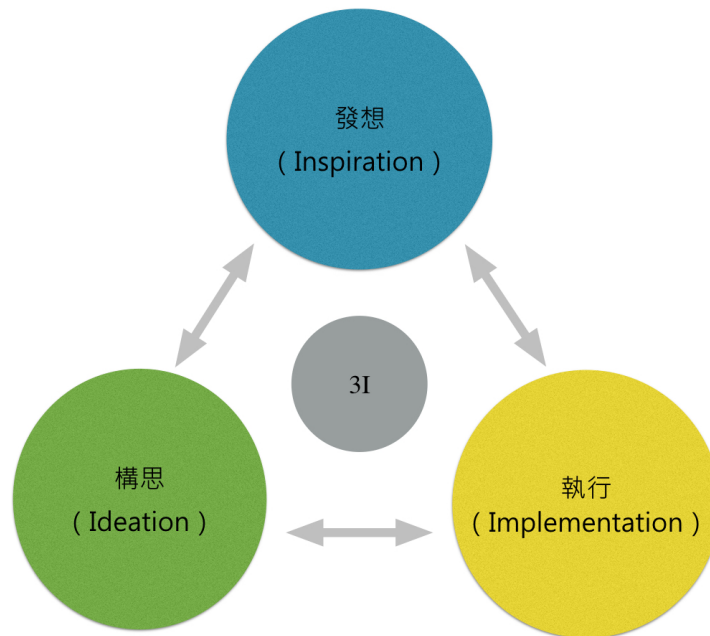


圖2-5. 3I創新3空間(本研究所繪製)

杜拉克的名言，設計師的工作是「化需要為需求」。因此，Brown認為我們應該把人重新放在故事的中心，我們得學習：把人放在第一位。目標是，幫助人們說出錢藏在心裡、甚至自己也沒察覺到的需求，設計思考的三項彼此強化的要素稱為：洞見(insign)、觀察(observation)和同理心(empathy)可將之達到目標。洞見(insign)是設計思考的關鍵根源之一，起點是走進世界，看人們如何應對生活中的點點滴滴，在他人的生活學習，從中觸發想法。設計是創造產品，進化到設計思考，進化到分析人和產品的關係，並進而推展到分析人和人之間的關係；觀察(observation)是看人們不做的、聽人們不說的。我們看他們做(和不做)什麼，聽他們說(和不說)什麼。有時還朝邊緣前進，朝向以不同的方式生活、思考和消費極端的使用者前進觀察；同理心(empathy)是設身處地、感同身受。透過同理心將洞見串聯起來，將觀察轉譯成洞見，進而轉化成可以改善生活的產品和服務。

2-8 設計草圖

對於設計草圖為設計構想之概念化工具與視覺資訊影響設計思考的觀點，在許多相關研究中多以設計草圖與設計刺激來源為主題作為探究設計思考的取徑。盧麗淑，管倖生(2008)認為設計構想發展的過程，是設計者藉由觀看的視覺思考活動與繪圖思考活動之間的互動，然後不斷地做自我溝通與表達，並形成一種觀看的視覺思考與繪圖思考之間的緊密與循環關係。設計思考的過程是一種不斷自我溝通與傳達的歷程，也是設計師將概念視覺化與表達的一種過程。

設計者如何進行設計的思考過程？以及如何創意性的完成設計問題之解決？就設計專業表現而言，草圖在整體的設計構想發展過程中扮演著極其重要的角色。從「Design Studies」期刊，近幾年來的相關論文中，得知構想草圖階段是設計初期創意發展之重要工作，無論在功能上或意義上，一直不斷的探討設計師的思考與草圖之間的互動模式，重新架構構想草圖在設計初期概念產生之意義(Kokotovich and Purcell, 2000; Suwa, Gero and Purcell, 2000; Zafer, Gero, and Purcell, 2006)。從設計構想發展的溝通與傳達過程而言，設計者通常會以草圖方式進行思考活動與繪圖的紀錄與呈現，此過程應是設計者本身不斷自我溝通，以及設計者的思考與圖像之間的互動過程。基於上述，有關設計者利用草圖來發展設計構想，可視為設計者本身的自我思考與溝通方式。

認為設計構想過程可以被視為是想法衍生、發展和溝通的過程，而且這些想法可能是視覺化、具象的或是抽象的，它是設計過程中不可或缺的部分，(Jonson, 2005)。且在設計初期的聯想階段，設計者多以手繪草圖來進行概念發想，使得多數學者普遍認為手繪草圖是一個核心的概念化工具。正如 Segers 等人(2005)提到設計作品會經由一系列的草圖繪製、圖像、標記等逐步的發展，而設計表現即是由這些草稿所構築而成，且這些草圖通常都是不確定、概略的和個人化的。鄭需絨，陳力豪(2007)研究發現，設計思考則主要探討設計師執行設計時，其設計思考進

行的模式為從主要的研究素材及主要設計活動的過程與設計作品進行，即多以設計草圖與設計刺激來源為主題作為探究設計思考的取徑。

設計活動除了視覺資訊的接收之外，設計構想過程與設計表達在設計活動中也是重要的設計行為。Smith and Gero (2005)則把設計的思考行為和模式比擬成辯證的過程。其中包括主題、對立與辯證綜合的過程。主題是目標構想；對立則是目標構想中尋找錯誤或是缺陷；而辯證綜合則是介於目標構想與錯誤找尋間，一種隨時需要採取行動的過程。亦即，設計的行為與思考模式，就是由任務中不斷的反思與辯證所構成。

2-9 設計力創新 (Design-Driven Innovation)

2011年由《產品創新管理學報》(Journal of Product Innovation Management)編輯委員與波士頓設計管理研究中心顧問委員暨米蘭理工大學的創新管理教授，領導「管理、設計、創新實驗室」(MaDe In Lab)的羅伯托·維甘提(Roberto Verganti)所撰寫的《設計力創新》中文版中所提出，Roberto Verganti (2011)認為，尋找最有價值的意義，是設計力創新策略利器。設計力創新的重點，正是如何創造更有意義的產品與服務，而新技術也為此目標帶來更多機會。設計所扮演的關鍵角色，不光是等技術自然發展後當作最後一道創造差異的花招，將成熟的技術裝進漂亮的盒子裡；設計可在突破性的技術機會浮現時，即發揮其策略性的角色。

設計真正的獨特之處，亦即真正與其他創新形式不同之處，在於能改變消費大眾原本會賦予產品的意義，進而促成意義創新。在他二十多年的研究生涯中，Roberto Verganti調查了超過百家公司的創新流程，包括微軟、沃達豐(Vodafone)、義大利Alessi與日本任天堂。他的研究融合策略、設計、科技管理，並於《管理科學》(Management Science)與《哈佛商業評論》等雜誌發表。穆雷利曾帶領意法半導體進行MEMS研究，期間歷經許多慘淡的年頭，所幸有最高管理層的支持作為後盾，終於在2000年代初期等到商業應用蓬勃發展。他們終究能成功，並非只靠著專注於更強、更整合的技術，而是致力想像出有意義的新應用。他們向產業客戶提出這些

應用，即便這些客戶根本沒採用最先進的技術。而他們能引起任天堂的興趣，重點在於加速度感測計帶來的新意義；性能與成本是之後才考量的事。客戶要求的不再只是單存的突破性技術，而是整套的技術與意義；亦即對於產業客戶所面對的顧客來說，有何更具意義的應用方式。為此，致力想像出有意義的應用，遠比技術突破來得重要。

設計力創新，意指設計需進入使用者的生活脈絡，向他們的生活提案，提出一種願景，讓設計為事物賦予意義。Roberto Verganti 提出一套不同於主流的設計思考的設計創新流程方法，在他所提出的創新策略架構，如圖2-6，可看出設計思考與設計力創新的方法與流程的不同，設計思考提供漸進式（incremental）創新；設計力創新提供的是激進式（radical）創新。

羅伯托·維甘提（Roberto Verganti）認為以使用者為中心的創新，可以視為一種市場拉力的創新，較傳統市場拉力的創新方式有效，也更有利強化現有的社會文化體制，所以落在漸進式創新的範圍。技術推力創新是許多研究的焦點，原因是技術突破對於產業有斷裂式衝擊，能帶來長期的競爭優勢，這類創新向來被稱為激進、破壞式、不連續、能力破壞、新典範、新週期等名稱，亦稱為新軌跡。在意義的激進式創新稱為設計力創新，或是設計推力創新，因為他的動力來自公司對於突破性的意義與產品語言有何想像。在創新策略圖的右上角是技術推力的創新與設計力的創新重疊之處，這兩項策略可以互補，因為技術與社會文化模式是緊密交織，會透過小型（漸進式）與大型（激進式）兩種創新週期而共同演進。在許多不同的產業中，設計力創新與技術推力創新彼此交互作用，這正是大獲好評產品的核心所在，也就是技術的意義現身（technology epiphany）。

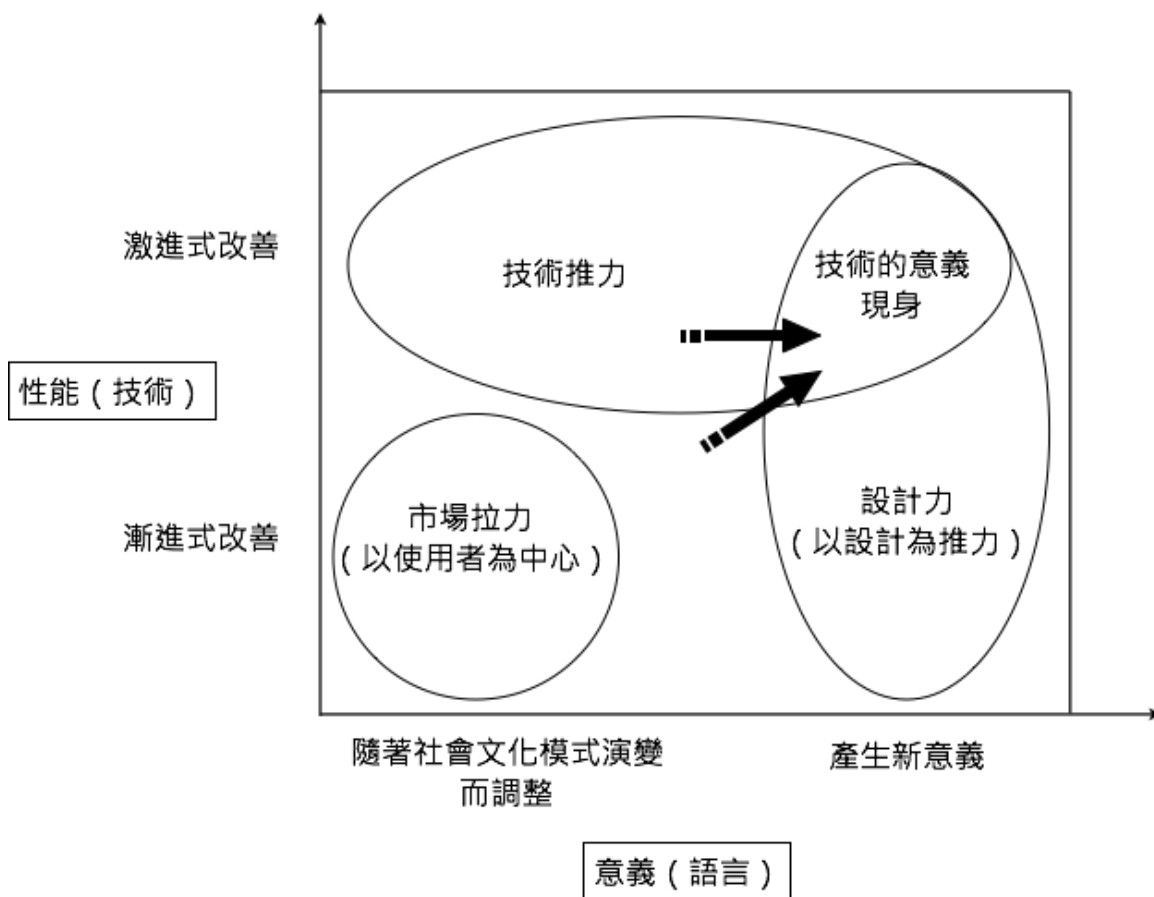


圖2-6 技術推力與設計力創新彼此的交互作用

資料來源：設計力創新（2011），本研究重新繪製。

2-10 創造力與創新設計

邊守仁（2003）說到產品創新的主要核心在於「創新」，亦為人類最寶貴的異於其他動物之能力。認為創造的程序必要有問題的存在及解決問題的經驗與知識才會產生解決的靈感。Guilford（1971）提出創造力為人類認知的能力，視為擴散性思考 (divergent thinking) 的一種，是由敏覺力 (sensitivity)、流暢力 (fluency)、變通力 (flexibility)、獨創力 (originality) 及精進力 (elaboration) 所構成。此外，創造力也是一種解決問題的歷程，包括準備、醞釀、豁朗及驗證四個階段；同時，創造還涉及了

人格、產品、環境、壓力以及說服力共六個不同的層面，這六個層面各有其不同的特質。有此得知，創造力是由各種不同的能力及層面所組成。

最早提出創新概念的可算是經濟學家Joseph Alois Schumpeter，他以經濟學的觀點定義創新為「運用發明與發現，促使經濟發展的概念」。Barron（1969）主張創造乃是賦予存在的說法，因而認為創造力乃是賦予某些新事物存在的能力。Higgins(1995)認為創新是對個人、團體、組織、產業和社會產生極大的價值之發明過程。而Zaltman、Duncan、Holbek(1973)則把創新定義指向企業層次，他們認為在創意、運作或實體加工方面，若認知到新觀念皆可視為創新。Amabilel（1988）從「產品」的角度來定義創造力，指出產品的創意是透過環境脈絡的襯托才得以突顯，一項有創意的產品必須是新奇的、適切的、有用的、正確的和有價值的。

更進一步說明，現代的產品創新模式不同於以往，若僅以如發明家愛迪生班，以百多次的嘗試與錯誤研發產品，都不可能發生。因為，市場需求是多變。再者，中川昌彥（2001）對創造力的定義為是可以產生一些新價值、新效用，或是增加作用的感覺和能力。有此得知創新是一種可帶來價值的概念或過程。潘裕豐（2007）卻認為創意是對傳統或文化的再詮釋；是舊元素的新組合、新元素的再進化；是對標準或定義的再超越。然而，蔡淑君（2010）解釋創造力通常會涉及創造出具有新穎性並且是可以被實際使用的「產品」。所謂的「產品」範圍相當廣泛，可以是一種觀念、符號、行為、結構與物品等抽象或具體的產品。創意雖為一種問題解決的思考過程，但其具體的表現與存在卻是以「產品」的形態出現。若把解決問題視為創造的目的，則創造本身可以視為一種問題解決的過程，包括運用各種經驗與知識來正確解釋問題的重點，接著進一步針對問題進行思考，蒐集各種可能或可行之解決方案，接著提出最佳解決方案並運用此方案來解決問題。

2-10-1 歐美創意團隊的創新設計手法

設計要怎麼做才有效？Know How為何？是否有一套參考座標？台灣創意設計中心總顧問張光民認為站在巨人的肩膀上瞭望設計，或許可以避免走錯路、繞遠路。MUJI無印良品創意總監原研哉先生曾說過：設計重要的不是形狀也不是顏色，而是思考人會如何去感覺。深澤直人先生認為，與物體產生最流暢互動時，往往是在無意識時，這就是他一直強調的：無意識的意識。設計師最重要的工作並非把造型表現出來，人思考的東西都很抽象，但設計師具有接受抽象思想後能具體化、視覺化的能力。因為設計的最高境界就是純粹從生活者的生活本質去看、去思考所需設計、為生活者之快樂與幸福而設計。中華民國對外貿易發展協會董事長王志剛提到，邁入21世紀，經濟發展的趨勢更加入設計創新與美學等要素，各國競爭力取決於創新力與美力。沒有創新意識的企業，無法在瞬息萬變的國際市場中立足；沒有經過設計的產品，更難以在市場中生存。設計能創造有價值的差異，讓產品更有風格與魅力，進而提高市場占有率和感動消費者的心靈。歐美工業先進國從20世紀初期就開始發展工業設計，直到現今，歐美設計公司仍持續定義設計服務的內涵，擴張服務的範疇，從有形產品到無形服務。每個設計團隊都會有獨到的設計手法，以下為本研究所整理歐美設計公司的創新設計手法，如表2-3。

表2-3. 歐美設計公司的創新設計手法

國家	設計公司	成立年份	創新設計的手法
美國	Teague	1926	「創意」就是 Teague 的核心價值。提出「簡單信念」理解使用者，設計出吸引他們的物件，如果這剛好又很創新，我們就認同創新。
美國	Frog Design	1969	對好設計的一套價值標準為：商業收益、情感回應、社會價值。多年經驗歸納出一種簡單而強大的三步驟工作法，來解決客戶所面臨的挑戰，即是 1.研究 2.設計 3.交付。
德國	Sieger Design	1974	好設計是能為這個星球增加感性產品，形成有貢獻的文化。好，意味著適當功能、

			可靠品質，還有獨特美感，讓使用者產生連結的情感。如果一個產品可以吸引廣大、不同同標的消費族群，同時是可負擔的價格，就是相當有潛力的商品。成功的產品，包括創新、品質、好的包裝、美好的故事、正確的宣傳銷售管道。
美國	Ziba	1984	自有一套獨特的方法稱之為 proprietary method，也可稱為 Crave Model，探求消費者感知、貫徹品牌精神、提供創新的服務。做法包括：1.瞭解目標消費者的喜好和意見 2.理解客戶品牌的 DNA 3.定義使用者情境與經驗狀態 4.找出影響使用者經驗的大趨勢 5.把整合性的概念放到這些經驗的創造之上 6.定義消費者經驗策略。
德國	Phoenix Design	1987	Phoenix Design 認為很多時候，使用習慣跟文化有關，但人類更多是仰賴直覺，所以會找出最本質的使用行為再作微調。此外，設計時也會考慮使用產品的環境，再找出環境與行為的相互關係。
丹麥	Tools Design	1989	「問題點就是我們靈感來源所在」，意思是即使是過去使用上千次的小東西也可能存在著讓人持續感到困擾之處。每個產品都要有創新點，創造讓客戶微笑的設計。
美國	IDEO	1991	提供創新設計服務的最大關鍵在於：「以人為本」，尋求「用戶需求性、商業可行性、科技可能性」三者間的最佳結合點。進而解決問題，提出創新，形塑嶄新服務的方法—「Design Thinking」。IDEO 強調創意並不是什麼抽象的靈感，也不需要仰賴天才，它有邏輯方法。
德國	Naumann Design	1991	Peter Naumann 將自己視為說故事的人，並且要說一個與別人不同的獨特故事，他認為獨特就能創造市場的新興機會。市場上太多類似產品，你需要建立特殊、有個性的設計哲學讓你的設計為產品說話，讓它更與眾不同。
瑞士	Studio Hannes Wettstein	1991	好設計必須要能持續，認為「設計就是解決人們日常生活中所發生的問題」，尋找

			持續性、基礎性以及誠實可靠的答案，才是所要追求的境界。
美國	Carbon Design Group	1993	彙整出實用設計心法，歸納出四個設計原則：內容、清晰、細節、扭轉。簡單清晰是源自人類的生理本能，設計才能獲得使用者關注。
奧地利	EOOS	1995	創新是 EOOS 催生大部分產品的動力。看待好設計，有耐人尋味的獨到見解：他們認為，一個有意義的產品設計，使用者和物件關係是開放的。EOOS 認為若能夠把設計從物件中「解放」出來，讓它的功能特質更自由，就是一個好設計；當消費者可以在設計中，看見自己的夢想與恐懼的解答時，它就會是暢銷的產品。
美國	NewDeal Design	2000	設計是解決問題，要設計出功能完整的產品，讓生活方便。設計核心價值為「清楚」、「簡單」和「風格」這三種元素。在設計產品時，創造具有明確定義的產品，讓使用者可以清楚的使用；因為產品定義清楚，所以設計上也變得簡單；產品能有簡單的設計，讓使用者容易使用，它的風格自然就會散發出來。
義大利	deepdesign	2000	給予創新更寬廣的定義，它是能綻放在語言、意涵、功能、人因行為或是文化面等等。很多時候創新是發生在看見別人使用不同的物件，或是因行為產生變化所帶來的改變。
法國	Eliumstudio	2000	成功的產品一定要包含三要素：創新、品質、熱情。而創新更是產品、專案或者企業成功最重要的因素，但是凡要創新之前，必須針對科技、市場行銷、社會環境調查過後，再提出行動。
英國	Industrial Facility	2002	Sam Hech 說，「許多人把創新誤以為創造，創造是永遠都想尋照差異與獨特的方式。但我認為，設計師的工作是去改善已經存在的事物。」
美國	Mike and Maaike	2005	獨到特色為在設計流程中，實驗佔了很重要的比重，透過研究與實作，探索各種設計形式，檢視設計問題，以發現新機會和方法，創造新產品市場的模式。在經歷設

			計與製造的過程中，如何掌握最核心的創意，不讓它在作業流程中流失，保持當初創意的完整性是最困難的。
美國	Aruliden	2006	「產品化」(Producting)，是更專注於創造好的產品，相信好商品本身就是最有效的溝通策略。運用設計重新思考品牌，讓產品成為符合市場的終極形式。

此資料為本研究所整理

2-11 TRIZ的發展背景

TRIZ為俄文Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch之縮寫，英文譯為Theory of Inventive Problem Solving(TIPS)，其意義為「創新發明問題解決理論」，是已故的蘇聯發明家兼工程師Genrish Squlovich Altshuller(1926 ~1998)與他的團隊，從專利文件的分析，所發展而成的一套方法(Altshuller, 1999)。1926 年十月出生於前蘇聯的G. Altshuller於1946年在Caspian Sea海軍專利局工作之後開始研究並且從事發明，也與團隊研讀各領域的眾多專利，將具有代表性的專利及其所解決的問題，歸納成共通的問題。他們進一步發現，這些共通的問題，其解決的方法亦相當類似，那麼將來各領域發生相似的問題時，其解決的方法也應該類似並有跡可循，G. Altshuller進而認為：「存在一些萬用發明原則，可作為發明創新高級新技術的基礎，假使這些發明原則，能加以確認與整理，並用來教導從事發明者，則其發明過程更可預期」。

1956年，G. Altshuller寫了第一篇關於TRIZ的論文與一系列的著作，而逐漸形成了TRIZ法，在閱讀了超過200,000個專利後，他斷定約有1,500個矛盾衝突，可以很容易藉由一些適合的基本原則來加以解決，G. Altshuller在1988年說：「你要等上100年而得到啟發，或者你要用這些原則在15分鐘內解決問題」。冷戰結束後，一批TRIZ專家分別移民進入了歐洲、美國，西方國家開始得以學習TRIZ。1991年，第一篇TRIZ文章於美國正式發表後的隔年，克萊斯勒公司、福特公司、通用公司、全錄等公司即著手開始進行TRIZ相關的諮詢與軟體開發工作，例如：IWB、TechOptimizer等，

協助工程師應用TRIZ開發產品。(鄭稱德, 2003)。1997年, TRIZ正式引入日本, 東京大學專門成立了TRIZ研究團體。1998年, 大阪關西學院架了「TRIZ Home in Japan」網站。2001年, 歐洲TRIZ協會(ETRIZA)成立, 旨在推動TRIZ法於歐洲的研究與發展。2008年, 台灣新竹中華系統性創新學會The Society of Systematic Innovation成立, 2010年台灣新竹中華萃思學會Taiwan TRIZ Association正式成為俄國MATRIZ(The International TRIZ Association)會員。除了美、日、歐以外, 台灣、韓國、保加利亞、印度等十餘個國家, 也相繼有科學家或團體, 開始對TRIZ展開後續研究。

2-11-1 TRIZ的理論基礎

經過60年以上的研究與實際應用後, TRIZ已發展成為發明與解決不同複雜度的技術問題的一套強有力的實用工具。TRIZ的理論基礎分為五個部分: 1.科技系統、2.創新等級、3.理想化原理、4.矛盾、5.科技系統的演進。所有可執行功能的東西稱為科技系統。科技系統階層從最簡單只有兩元件的系統到最複雜多個相互作用的系統。當科技系統產生有害作用或作用不完善, 系統就需要改良。這時需運用想像力將之簡化; 在TRIZ理論中, 最簡單的系統包含兩個元件, 能量由一元件傳向另一元件。G. Altshuller 從為數眾多的專利中審閱其中二十萬件專利, 發現只有四萬件的專利是真正具有原創性或開創性發明(Pioneering Inventions), 可見並不是每一個發明都具有相同的發明價值。

因此, G. Altshuller 將創新程度區分五個創新等級, 如表2-4。即1.Level 1: 簡單的改良、2. Level 2: 改善、3. Level 3: 本質內的發明、4. Level 4: 本質外(跨產業)的發明、5. Level 5: 新發現。理想化法則說明, 任一科技系統在其生命進程中傾向於越可靠、越簡單、越有效—亦即更理想化。當我們有個初步想法產生時, 卻不清楚此構想是否可行, 這時可以用理想性來加以評估。在矛盾的部分, 當我們想要改善科技系統中某一特性、某一變量時, 會引起系統中另一特性或變量的惡化, 此時矛盾就會發生。所以當我們在解決技術問題時, 系統中的多種特性能有助於確

定問題中包含的技術矛盾。另一種矛盾稱為物理矛盾。意指當對系統本身或系統中的某一部分產生互為相反的要求時，就會產生物理矛盾。G. Altshuller 針對科技系統的演進提出八種演進模式，即1.生命週期、2.動態化、3.復合增加、4.從巨關層次轉向微觀層次、5.同步發展、6.尺度放大或縮小、7.元件不一致的發展速度、8.代替人力（自動化）。

表2-4. TRIZ發明創新的層級

TRIZ層級	層級說明	百分比
Level 5	新的系統。新的物理現象。在專利申請上屬於「發明」的範疇。	1%
Level 4	新的技術，在專利申請上屬於「發明」的範疇。	4%
Level 3	實質的改變，解決物理矛盾，在專利申請上屬於「發明」或「新型」的範疇。	18%
Level 2	一種降低現有系統的矛盾，解決技術矛盾。已存系統的少許改善在專利申請上屬於「新型」（小發明、小改善）或「新式樣」的範疇。	45%
Level 1	屬於外觀上的解決方案，技術上並無創新，也無解決矛盾問題，屬於妥協式的設計（或是例行的參數設計問題）。顯而易見，眾所周知，屬於外觀上的創作，技術上無功能的創新，在專利上屬於「新式樣」的範疇。	32%

資料來源：TRIZ萃智系統性創新理論與應用（2010），本研究重新繪製。

2-11-2 TRIZ法國內外相關的應用

中川徹在2013年時，提出對TRIZ研究發展的觀點，指出我們必須試圖克服當前尚未被成功解決的問題作為創新的課題，即使那些問題已被用其他的方法暫時解決。若能透過TRIZ導入解決問題新思維，可提出具有創造性的解決問題方法並實現對問題的創新挑戰。王豐勝（2014）認為TRIZ具有系統性解決創新發明問題的特性，透過系統性的方法及步驟，可以迅速的找到問題的核心，並進而以其創新性的工具去解決問題，同時能讓發明人降低時間成本與提高產出效能。

當我們要解決問題時，一定要將問題定義清楚，然而在各種創新及解決問題的方法當中，腦力激盪（Brain Storming）方法大都採用試誤法，容易原地打轉不容易找到答案。實驗設計法的方式則是容易耗用資源，雖然研究者很努力找出答案，卻往往事倍功半。TRIZ系統性的創新思考模式，則是將特定問題轉換成一般性問題，接著再從一般性問題找到解決方式。不過，TRIZ方法還是可與其它方法共存並用，如產品開發流程之設計階段，從初步概念、顧客意見與自我技術能力等，預測出發時可能會出現的問題，即透過TRIZ法分析彙整出問題的解答，去除矛盾問題。再依照TRIZ所提供的改善法則進行產品設計，即利於後續產品測試與生產評估，得以進入實驗與分析產品的量產規劃。

洪崧翔(2015)認為TRIZ對整體研發工作有顯著益處，TRIZ有助於研發工作的提案階段，將各處所蒐羅之意見、需求、目標予以系統化，TRIZ矛盾矩陣的好處，就是替研發團隊建構較清晰、具邏輯性的思考圖像，而TRIZ創新原則可作為未來研發方向，供開發者抉擇。李旻芳(2014)藉由TRIZ理論篩選專利驗證對象，作為瞭解了解當前正在使用的技術，分析應當解決的問題，透過TRIZ，將特定問題轉換為標準問題，像是針對先前專利技術作一系列問題描述，擬出需要改善的缺點，如結構不穩定、電力不足等待補強之處，各別轉換成TRIZ標準問題，再轉為工程參數後，建立矛盾矩陣後取得發明原則，便能採用合適的發明原則作為設計方向。王建芳(2013)使用TRIZ方法於省紙作業的改善，從傳統的行政文件審核及簽署作業模式中，導入TRIZ方法的質一場分析與IFR最終理想結果構築問題的形態與要素，以在不產生紙張的目標下，於法規內進行改善措施。並針對各個問題使用76個標準解、物理矛盾分離策略與矛盾矩陣法後，再進行可行性評估，雖然在法規上如機密性、特殊性之公文無法以電子公文進行作業，但其餘都能進行各種改善措施，經效益評估於2012年導入改善之作業模式，較未實施的2009年作業模式，降低約30%得用紙量。

因此，當確定新產品開發需求後，要導入產品設計階段時，首要解決是設計問題所產生的矛盾，這時可利用TRIZ提供的法則來作為解決矛盾的問題，進而利用顧客需求與系統設計條件來篩選TRIZ的改善法則。

透過TRIZ法則的建議方法，將之轉換成設計方法或技術來解決矛盾問題，最後針對欲開發之產品功能規格作明確說明，以方便後續產品設計之。Leon(2003)曾把TRIZ的概念運用到產品設計，認為利用此方法不僅可以讓設計者有創新的想法，還能減少發展上所花費的時間。許哲瑋(2008)研究發現產品造形設計一直是工業設計師於新產品設計創新過程中最重要的工作之一，且在此階段工作最大的動力來源為創意與創新。工業設計師的核心價值在於產品形態設計與創新之能力，且現有之創意發想法應用於形態發想之數量明顯偏少，實具有價值進行研究。TRIZ法內的創新原則屬於擴散思考內的強制聯想法，其在新產品開發初期的概念發展，可強化思考者的多元思考，激盪出大量的創意結果。宋明弘(2012)指出TRIZ過去已經被證明是個創新發明的有效方法，透過系統化的問題轉化，可以很快得到觸發解(trigger)來提供滿足顧客需求的方向。

2-12 文獻小結

綜上所述，設計師需要去探究的是創新設計產生的方式、創新設計提出可能的問題為出發點，以及想要準確傳達的訊息，合理的根據產品本身問題提出了解決方案。Victor Papanek《為真實世界設計》中一書提到，為病患與殘障人士設計，已經成為一個受人尊敬的行為。此外，書中第9章更具體的列出6個設計方向，其中2項分別為「為弱智、肢障、或失能的教學或訓練器具而設計」、「為突破性的概念設計」，與本研究的設計核心想法符合。Victor Papanek建議設計專業人員可以選擇此方向，並要做一個有價值的工作，這些都是設計能、也必須去做的。尤其是『為突破性的概念設計』的部分提到針對基本問題重新加以分析，並發展出全新的創意解答，這與TRIZ提出的創新理論不謀而合。因此，本研究整理分析設計思考、設計力創新等相關設計理論作為研究深度的理論架構；TRIZ創新設計理論、創造力與創新設計、歐美創新設計手法等相關設計方法作為研究廣度的設計方法。逐將兩個面相結合，再加以針對研究對象的背景探討，可使得整個研究的整體架構更加以完整。

第三章 研究方法

本章旨在說明本研究屬實務應用之探索性研究，藉由第二章文獻回顧探討發展研究問卷調查。為達成本研究目標，採用德菲法邀請五位專家為研究問卷建立專家效度，再對10位視覺障礙者做一對一口述方式，進行參與研究問卷調查。透過描述性統計及t分配 (Student's t Distribution) 統計方法說明所欲研究樣本與資料調查的統計內容，根據統計資料擬定白手杖設計方向。本章節包含本研究創新流程架構的建立、研究假設、研究對象、研究工具、德非法 (Delphi Method)、TRIZ的主要解決方法與工具、形態分析法 (Morphological Analysis)、普弗概念選擇法 (Pugh Concept Selection) 及統計分析方法。

3-1 創新設計研究方法流程圖

本研究的創新設計研究方法主要在於靈活運用系統性創新設計方法，首先將調查資料整理、彙整分析後，逐一針對視覺障礙者所使用的傳統白手杖提出欲要解決的問題將之列表，應用操作TRIZ方法工具之39項工程參數逐步將問題題項，一一解出各問題題項的40項發明原則，從中分析、歸納篩選出適合本研究的發明原則作為概念設計發想，再運用TRIZ 40項發明原則之形態分析法矩陣 (Morphological Analysis)，將問題題項轉成形態分析法的要素項目，解出一連串的40項發明原則作為其一目標的系統化創新設計手法，進一步將目標概念想法轉換成圖像式設計草圖，最後使用普氏矩陣法 (Pugh Concept Selection) 中的權重評分表，得出最佳設計目標方案。

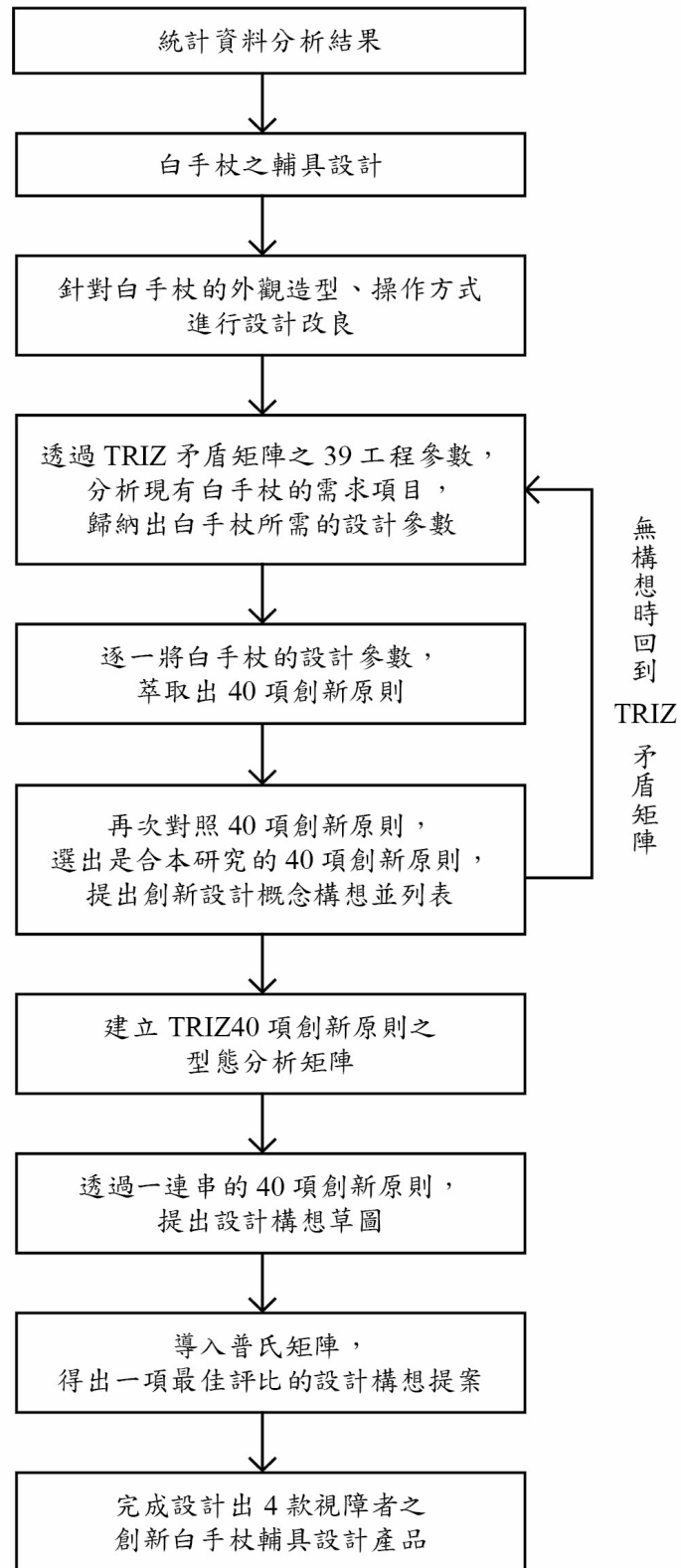


圖3-1. 本研究創新設計研究方法流程圖

3-2 研究假設

為了探求出視覺障礙者對於白手杖之產品功能、形態及日常使用經驗之重視程度，本研究在此章節依文獻回顧探討作一命題假設，再以合適的統計方法分析假設。本研究之相關命題依照文獻回顧探討形成，研究命題逐一說明如下：

- (1) 視覺障礙者背景因素對白手杖之產品功能有/無顯著差異。
- (2) 視覺障礙者背景因素對於白手杖在戶外的日常使用經驗之重視程度有/無顯著差異。
- (3) 白手杖之產品需求對於在戶外的日常使用經驗之重視程度有/無顯著差異。

3-3 研究對象

本研究是經由台中地區財團法人愛盲基金會、台灣盲人福利協進會全國總會及惠明盲校推薦尋找到願意接受調查之視覺障礙受訪者。受訪地點由受訪者指定，多為在基金會、學校與自宅等地點，訪談採一對一方式進行，受訪時間為2-3小時。由研究者口述方式將問卷題項念給受訪者聽。調查對象為男性5位，女性5位，共有10位視覺障礙者接受問卷調查。在資料收集可近性與研究經費限制等因素，研究者將研究區域限定為台中地區。受訪者基本資料，如表3-1所示。

表 3-1. 「本研究受訪者基本資料」現況表(N=10)

性別	年齡	教育程度	視覺障礙因素	視覺障礙種類	視覺障礙程度	接受定向行動訓練	使用手杖時間	使用白手杖的種類	使用白手杖的技巧
男	46-55	大學	先天	全盲	極重	有	36 到 40 年	折疊	兩點式
男	36-45	高中(職)	後天	全盲	極重	有	16 到 20 年	折疊	兩點式
男	16-25	大學	先天	全盲	極重	有	1 到 5 年	折疊	兩點式
女	16-25	研究所	後天	全盲	重度	有	6 到 10 年	折疊	兩點式
女	56-65	國中	後天	弱視	重度	有	1 到 5 年	折疊	兩點式
女	46-55	高中(職)	後天	全盲	重度	有	1 到 5 年	折疊	滑拖式
女	36-45	高中(職)	先天	全盲	重度	有	1 到 5 年	折疊	滑拖式
男	15 歲以下	國中	後天	全盲	重度	有	1 到 5 年	折疊	兩點式
女	15 歲以下	國中	後天	弱視	重度	有	1 到 5 年	折疊	其他
男	46-55	研究所	後天	全盲	極重	有	36 到 40 年	伸縮	兩點式

此資料為本研究所製表

3-4 研究工具

本研究將第二章文獻回顧探討資料做整理分析後，編擬為問卷初稿，再敦請視障教育學者、定向專家、台灣盲人福利協進會全國總會理事長等專家學者審閱本研究問卷初稿並提供修正建議，研究者依據專家學者的建議將本研究問卷做統整修正後進行調查。

本問卷內容分為四個部分，第一部分為基本資料及視覺障礙程度；第二部分為白手杖之產品形態功能及日常使用經驗；第三部分為白手杖之使用調查；第四部分為意見與回饋。

3-4-1 德非法(Delphi Method)

為使本研究問卷具內容效度，本研究採專家集體決策技術——德非法(Delphi)。根據Murry & Hammons(1995)指出，德菲法為一採取過程匿名式的專家集體決策技術，除保有專家團體決策的優點，也能避免成員面對面時的溝通干擾。換句話說，此設計研究方法是一種匿名式的專家集體決策技術，針對某一主題，詢問相關人員意見，經由一系列精心設計的問卷，並伴隨相關摘要資訊與回應意見的提供，以系統化的方式整合群體專家的專長和意見，獲得複雜問題之答案(陳麗珠，1999)。關於人選挑選及人數決定之部分，各成員間必須具有高異質性。傳統上採取小樣本，最少須有5人；若同質性偏高，則不應少於10人，而大於30人的專家群對研究貢獻則是極為有限(Brooks, 1979; Parente & Anderson-Parente, 1987)。從上述對德菲法的定義中，可以看出德菲法運用於研究過程，具有兩項特質：一致性(consensus)與匿名性(anonymity)。就目的而言，德菲法最主要的目的，就是透過一系列的問卷回應或互動過程中，獲得可信賴的專家一致性的意見(Gupta & Clarke, 1996)。

綜上所述，本研究問卷初稿編制完成後，依照研究題目特性及需要，敦請國內對視障教育具有專精研究的學者三位，對定向教學有實務經驗的定向老師一位及台灣盲人福利協進會全國總會理事長，共計五位。針對問卷內容各題項之面向的廣度、題目的適用性、語句適切性等提出建議，研究者再依據專家學者的建議予以修改。

專家學者就本研究問卷的題項部分，從中提出諸多建議，例如：慧明盲校老師與台灣盲人福利協進會全國總會理事長在視覺障礙的特性部分提出觀念上的澄清，建議分別為視覺障礙種類、視覺障礙因素及視覺障礙程度。在「目前使用白手杖的種類為以下哪一種？」一題，台灣盲人福利協進會全國總會理事長建議取消台灣視障者從未用過的種類；惠明盲校老師進一步建議取消手杖求助器與擺幅練習器的選

項。在語句的適切性部分，惠明盲校老師建議「請問你現在所使用的白手杖的杖頭是會因經常碰撞障礙物而容易損壞嗎？」一題中的「損壞」調整為「磨損」。

彙整專家學者所提的修正建議後，研究者將之整理為「專家學者意見彙整表」(見附錄二)，並對問卷題項做調整修改，形成一份具有專家效度的問卷調查。

3-4-2 TRIZ的主要解決方法與工具

TRIZ所提出創新發明解決問題的工具包含：39項工程參數(39 engineering parameters)、40項發明原則(40 inventive principles)、矛盾(contradiction)、物質-場分析(substance-field Analysis)、76項標準解決方法 (76 standard solutions)與發明問題解決演算法(ARIZ)等，以下分別對這六種方法做簡要說明。

(1) 39項工程參數(39 engineering parameters)

G. Altshuller 透過專利分析中，發現某些參數會形成技術矛盾，便將矛盾特徵列成一個矛盾矩陣並歸納出與工程問題相關的39項工程參數(39 engineering parameters)。

(2) 40項發明原則(40 inventive principles)

為了解決技術矛盾，G. Altshuller 總結出40項發明原則(40 inventive principles)，分別針對每一個矛盾衝突給予建議原則及方向。

(3) 矛盾(contradiction)

G. Altshuller 發現每一個具有創意的專利，基本上都是在解決「創意性問題」，其中包含著「需求衝突」的問題，也就是所謂的矛盾。而產生矛盾最鮮明的例子裡會出現企圖改善機器某項特性的同時會帶來別項特性的衝突。

(4) 物質-場分析(substance-field Analysis)

TRIZ 大師 G. Altshuller 提出一套運用於分類創新問題與運算子的系統，此理論為物質-場方法(substance-field Analysis)。物質-場分析是 TRIZ 對於現有技術系統相關問題，建立模式的重要工具，是為解決問題的有效模型。

(5) 76項標準解決方法(76 standard solutions)

若一系統有欠缺或有害或過多或不足的效應時，就可以使用 76 項標準解決方法 (76 standard solutions)，來處理問題以得到解題的方向。在目前的 TRIZ 軟體中，標準解決方法已經超過 200 個，而且每個方法都有數個來自不同領域的技術和專利舉例，在 IMC 的軟體 “TechOptimizer 3.0” 中，稱為「標準數據庫」或「預測數據庫」(鄭稱德，2002)。

(6) 發明問題解決演算法(ARIZ)

ARIZ 的第一個版本是在 1968 年研發出來，是 TRIZ 的核心分析工具。它提出具體的順序步驟來解決創意性問題。歷經多年的修改與演進，ARIZ 變成解決各式各樣技術難題的工具，同時也出現多個版本。版本的差異在於設計步驟數目不同。不過，G. Altshuller 提醒初學者，ARIZ 是個複雜困難的工具，若沒有受過至少 80 小時的課程訓練，不要將之運用在解決新的問題上。

3-4-3 形態分析法(Morphological Analysis)

形態分析法是根據形態學來分析事物的方法。簡單的說，即是由固有的產品之中，以解構的手法，對解構後的設計要素，進行重新組合的造形設計方法。此一方法主要優點，為程序明確易於了解，其特點是把研究對象或問題，分為一些基本組成部分，然後對某一個基本組成部分單獨進行處理，分別提供各種解決問題的辦法或方案，最後形成解決整個問題的總方案，此方法是設計師最容易理解，且最常使

用之方法。本研究收集形態分析法相關文獻資料，將王兆華，2006、連瓊玫，2009、施宏霖，2002、林永禎，2011等文獻資料，將之歸納分析並整理出形態分析法主要施行步驟如下：

- (1) 首先將提出欲解決的問題，將之列舉出目標問題的獨立要素。
- (2) 列舉出各獨立要素的可變參數，即把要素分解成若干個基本組成部分，每個要素都有明確的定義及特性。
- (3) 建立一個包含所有基本組成部分的形態分析矩陣(Morphological chart)，在這個矩陣中應包含所有可能的解決方案。
- (4) 在這個矩陣中仔細研究形態分析表中的所有組合，分析與評估每個組合進行構思創意的方法是否可行，即將可變參數相互連結，並加以分析和評價，形成許多新概念。
- (5) 重複搭配組合，組合出許多可行的構想方案進行比較，進一步選出一個最佳的構想。

3-4-4 普弗概念選擇法(Pugh Concept Selection)

Pugh於1990年提出一種概念篩選法 (Pugh concept selection)。其最重要的特點是控制整合 (controlled convergence) 的觀點，即概念篩選不只是由所產生的概念之中挑選最佳概念而已，有許多的創意可以加入，或是合併幾個概念的特點，甚至於進一步產生新的概念。本研究整理 (Stuart Burge, 2009；許棟樑，2012) 等普弗概念選擇法(Pugh Concept Selection)相關文獻資料，將其概念篩選步驟說明如下：

- (1) 擇一創新設計產品作為比較基準；此產品是作為選擇基準來與其他創新產品進行比較。
- (2) 使用簡單的代號 (++代表「最好」，+代表「較好」，S代表「一樣」，—代表「較差」，——代表「很差」) 將所有創新設計產品與基準創新設計產品

作一比較，若其他創新設計產品比基準創新設計產品更好，則記「++」；若其他創新設計產品比基準創新設計產品好，則記「+」；其他創新設計產品比基準創新設計產品一樣，則記「S」；其他創新設計產品比基準創新設計產品差，則記「-」；其他創新設計產品比基準創新設計產品更差，則記「--」。

- (3) 所有創新設計產品都完成評分後，加總所有「較好」，「最好」，「一樣」，「較差」，「很差」的數目，接著在矩陣的每一類列填入總和，即透過將「較好」，「最好」減去「較差」，「很差」的數目，來計算出「++」、「+」、「-」、「--」的總數。
- (4) 加入重要性權重的項目，評分方式通常以使用者主觀的角度決定權重，將評分各項分數與權重計算加總後得總分，依總分排序作為創新設計產品之優先順序，最後，透過普弗概念選擇法矩陣選出一項產品，作為創新設計產品的發展基礎。

張惠敏、許棟樑（2012）認為在進行普弗概念選擇法(Pugh Concept Selection)時有一些注意事項，當每個階段結束後，對於不做進一步考慮而加以刪除的創新機會，最好還是再度檢視一下。若發現捨棄的機會比留下來的好的，就應該重新釐清不一致的原因，檢視是否遺漏某項重要基準，或加權方式及應用基準不一致而造成的結果，以避免錯失更佳的創新產品。

3-5 資料整理與分析

本研究問卷回收後，將以統計套裝軟體SPSS 22中文版本進行資料處理與統計分析，茲將本研究問卷之統計方法分述如下：

3-5-1 統計方法

從統計方法之觀點，研究者選擇描述性統計(Descriptive Statistics)、t分配(Student's t Distribution)作為本研究所適用的資料分析。所採行統計方法逐一分述如下：

(1) 描述性統計(Descriptive Statistics)：

瞭解有效樣本的次數分配(Frequency Distribution)、百分比 (Percentage)等統計數值，以呈現「視覺障礙者背景因素」、「對白手杖的功能需求」及「在戶外使用白手杖的日常行為」之現況。

(2) t 分配 (Student's t Distribution)：

由英國人威廉·戈塞特 (Willam S. Gosset) 於1908年首先發表，當時他還在愛爾蘭都柏林的吉尼斯 (Guinness) 啤酒釀酒廠工作。酒廠雖然禁止員工發表一切與釀酒研究有關的成果，但允許他在不提到釀酒的前提下，以筆名發表 t 分布的發現，所以論文使用了「學生」 (Student) 這一筆名。之後 t 分配以及相關理論經由羅納德·費雪 (Sir Ronald Aylmer Fisher) 的發揚光大。

為了感謝戈塞特的功勞，費雪將此分布命名為學生 t 分布 (Student's t)。學生 T 分布 (Student's t) 改進了 Z 檢定 (Z -test)，因為 Z 檢定以母體標準差已知為前提。雖然在樣本數量大 (超過30個) 時，可以應用 Z 檢定來求得近似值，但 Z 檢定用在小樣本會產生很大的誤差，因此必須改用學生 t 分布 (Student's t) 以求準確。也就是說這個統計方法非常適用於小樣本的推論，並且改善推論的可信度。

本研究採用此統計方法分析「白手杖的操作使用經驗」、「使用白手杖碰撞到戶外障礙物的經驗」與「使用白手杖在戶外街道路口的經驗」等三個面向之內容探究有無顯著差異。

第四章 分析與討論

本章旨在說明適用於本研究統計方法之描述性統計量分析(Descriptive Statistics)、t 分配 (Student's t Distribution) 的資料分析結果作為本研究創新設計之基礎依據。

4-1 整體受訪者描述性統計量分析

4-1-1 視覺障礙者背景因素

考量研究資源及經費因素，本研究將正式問卷實施以台中地區為主。(見附錄) 實施對象為正在使用白手杖的視覺障礙者。表 4-1 為受訪者「視覺障礙者背景因素」現況表，內容說明如下：

- (1) 「性別」方面，受訪者性別方面，男性共計 5 位，占 50%；女性共計 5 位，占 50%。其性別方面分佈是平均。
- (2) 「年齡」方面，受訪者年齡以 46~55 歲居多，共計 3 位，占 30%；其次為 36~45 歲共計 2 位、16~25 歲共計 2 位，15 歲以下共計 2 位各占 20%，56~65 歲共計 1 位占 10%。
- (3) 「教育程度」方面，國中(含)以下共計 3 位，占 30%；高中(職)共計 3 位，占 30%；大學(專)共計 2 位，占 20%；研究所(含)以上共計 2 位，占 20%。
- (4) 「職業」方面，職業方面以學生居多，共計 4 位，占 40%；其次為按摩服務業共計 2 位，占 20%；學術教育界共計 1 位，占 10%；公職行政人員共計 1 位，占 10%；銷售服務共計 1 位，占 10%；其他共計 1 位，占 10%。
- (5) 「每月平均收入」方面，受訪者以每月 10,000 元以內居多，共計 4 位，占 40%；其次為 20,000~30,000 元共計 3 位，占 30%；無收入 2 位，占 20%；30,000~40,000 元共計 1 位，占 10%。
- (6) 「視覺障礙因素」方面，受訪者的視覺障礙因素以後天因素造成居多，共計 7 位，占 70%；先天因素共計 3 位，占 30%。

- (7) 「視覺障礙種類」方面，受訪者的視覺障礙種類以全盲居多，共計 8 位，占 80%；具弱視者共計 2 位，占 20%。
- (8) 「視覺障礙程度」方面，受訪者的視覺障礙程度以重度居多，共計 6 位，占 60%；其次是極重度，共計 4 位，占 40%。
- (9) 「對光知覺反應」方面，受訪者對光知覺有反應共計 6 位，占 60%；對光知覺無反應共計 4 位，占 40%。
- (10) 「迷途經驗」方面，受訪者擁有迷途經驗共計 7 位，占 70%；沒有迷途經驗共計 3 位，占 30%。
- (11) 「點字觸覺經驗」方面，受訪者擁有點字觸覺經驗共計 7 位，占 70%；沒有點字觸覺經驗共計 3 位，占 30%。
- (12) 「接受定向行動訓練」方面，受訪者具有接受定向行動訓練者共計 10 位，占 100%。
- (13) 「與導盲犬一起接受定向行動訓練」方面，受訪者沒有與導盲犬一起接受定向行動訓練共計 10 位，占 100%。
- (14) 「使用白手杖的經驗」方面，受訪者具有使用白手杖的經驗共計 10 位，占 100%。

表 4-1. 「視覺障礙者背景因素」現況表(N=10)

背景類別		次數	百分比 (%)
性別	男	5	50
	女	5	50
年齡	46~55 歲	3	30%
	36~45 歲	2	20%
	16~25 歲	2	20%
	15 歲以下	2	20%
	56~65 歲	1	10%
教育程度	國中(含)以下	3	30%
	高中(職)	3	30%
	大學(專)	2	20%
	研究所(含)以上	2	20%

職業	學生	4	40%
	按摩服務業	2	20%
	學術教育界	1	10%
	公職行政人員	1	10%
	銷售服務	1	10%
	其他	1	10%
每月平均 收入	10,000 元以內	4	40%
	20,000~30,000 元	3	30%
	無收入	2	20%
	30,000~40,000 元	1	10%
視覺障礙 因素	後天	7	70%
	先天	3	30%
視覺障礙 種類	全盲	8	80%
	弱視	2	20%
視覺障礙 程度	重度	6	60%
	極重度	4	40%
對光知覺 反應	有反應	6	60%
	無反應	4	40%
迷途經驗	有	7	70%
	無	3	30%
點字觸覺 經驗	有	7	70%
	無	3	30%
接受定向行 動訓練	有	10	100%
	無	0	0%
與導盲犬一 起接受定向 行動訓練	有	0	0%
	無	10	100%
使用白手杖 經驗	有	10	100%
	無	0	0%

此資料為本研究所整理

綜合上述資料，在本研究所欲探討視覺障礙者背景因素的方向裡，受訪者在性別分佈上是平均，男女各占 50%；視覺障礙因素以後天居多占 70%；視覺障礙種類以全盲居多占 80%；視覺障礙程度以重度居多占 60%；對光知覺反應有反應居多占 60%；有迷途經驗者占 70%；有點字觸覺經驗者占 70%；受訪者全數都有接受定向行動訓練有；受訪者全數都沒有與導盲犬一起接受定向行動訓練者；受訪者全數都有使用白手杖經驗。

4-1-2 白手杖的使用功能調查

根據第二章文獻回顧提供的資料規劃出視覺障礙者對白手杖的功能需求的問卷題項，表 4-2 為受訪者「視障者對白手杖的使用功能調查」現況表，內容說明如下：

- (1) 「使用白手杖的杖身折數」方面，白手杖的杖身折數以 4 折居多，共計 8 位，占 80%；其次是 5 折，共計 1 位，占 10%；最後是 7 折，共計 1 位，占 10%。
- (2) 「使用的白手杖在收起來的時候是不好拆收嗎」方面，受訪者認為否的共計 7 位，占 70%；認為是的共計 3 位，占 30%。
- (3) 「使用的白手杖在攤開放的時候是不好使用的嗎」方面，受訪者認為否的共計 9 位，占 90%；認為是的共計 1 位，占 10%。
- (4) 「使用的白手杖杖身的折節處是容易鬆動的嗎」方面，受訪者認為否的共計有 9 位，占 90%；認為是的共計 1 位，占 10%。
- (5) 「使用的白手杖杖身的折節處是容易卡住的嗎」方面，受訪者認為否的共計 6 位，60%；認為是的共計 4 位，占 40%。
- (6) 「使用的白手杖是會很容易收納到外出的小型包包裡嗎」方面，受訪者認為否的共計 4 位，40%；認為是的共計 6 位，占 60%。
- (7) 「以下哪些情境會讓你想要將白手杖收到外出的包包裡」方面，與家人出去共計 3 位，占 30%；其次是人潮多的公共場所及正在搭乘大眾交通運輸工具，各占 20%；正在參與休閒活動中共計 1 位，占 10%；正在運動中共計 1 位，占 10%；選擇其他的選項共 1 位，占 10%。
- (8) 「所使用的白手杖裡的尼龍繩是會斷掉嗎」方面，受訪者認為否的共計 7 位，70%；認為是的共計 3 位，占 30%。
- (9) 「所使用的白手杖是可懸掛椅背的嗎」方面，受訪者認為否的共計 9 位，90%；認為是的共計 1 位，占 10%。
- (10) 「使用的白手杖是可懸吊椅背的嗎」方面，受訪者認為否的共計 8 位，80%；認為是的共計 2 位，占 20%。
- (11) 「使用的白手杖的材質為以下哪一種」方面，鋁合金的共計 9 位，90%；玻璃纖維共計有 1 位，占 10%。

- (12) 「承上題，此材質是可以為你提高辨識戶外障礙物的屬性嗎」方面，受訪者認為否的共計 1 位，10%；認為是的共計 9 位，占 90%。
- (13) 「承上題，此材質是會幫助你提高判斷戶外障礙物的屬性嗎」方面，受訪者認為否的共計 2 位，20%；認為是的共計有 8 位，占 80%。
- (14) 「所使用的白手杖的重量是覺得夠輕巧嗎」方面，受訪者認為認為是的共計有 10 位，占 100%。
- (15) 「換過白手杖次數」方面，換過 1 支共計 4 位，占 40%；換過 3 支共計 2 位，占 20%；換過次數已不記得共計 2 位，占 20%；換過 2 支共計 1 位，占 10%；換過 4 支共計 1 位，占 10%。
- (16) 「使用白手杖時間」方面，使用白手杖時間為 1~5 年共計 6 位，占 60%；時間為 36~40 年共計 2 位，占 20%；時間為 6~10 年共計 1 位，占 10%；時間為 16~20 年共計 1 位，占 10%。
- (17) 「使用白手杖種類」方面，白手杖種類為折疊式手杖共計 9 位，占 90%；伸縮式手杖共計 1 位，占 10%。
- (18) 「使用白手杖技巧」方面，白手杖技巧為兩點式共計 7 位，占 70%；滑拖式共計 2 位，占 20%；其他共計 1 位，占 10%。
- (19) 「使用白手杖杖頭種類」方面，白手杖杖頭種類為蘑菇式共計 6 位，占 60%；自製共計 2 位，占 20%；鉛筆式共計 1 位，占 10%；其他共計 1 位，占 10%。

表 4-2. 「視障者對白手杖的使用功能調查」現況表(N=10)

類別	次數	百分比 (%)	
白手杖的杖身折數	4 折	8	80%
	5 折	1	10%
	7 折	1	10%
白手杖在收起來的時候是不好拆收嗎	否	7	70%
	是	3	30%
白手杖在攤開放的時候是不好使用嗎	否	9	90%
	是	1	10%
白手杖杖身的折節	否	9	90%

處容易鬆動的嗎	是	1	10%
白手杖杖身的折節處是容易卡住的嗎	否	6	60%
	是	4	40%
使用的白手杖是會很容易收納到外出的小型包包裡嗎	否	4	40%
	是	6	60%
以下哪些情境會讓你想要將白手杖收到外出的包包裡	與家人出去	3	30%
	人潮多的公共場所	2	20%
	正在搭乘大眾交通工具	2	20%
	正在參與休閒活動	1	10%
	正在運動中	1	10%
	其他	1	10%
白手杖裡的尼龍繩是會斷掉嗎	否	7	70%
	是	3	30%
白手杖是可懸掛椅背的嗎	否	9	90%
	是	1	10%
白手杖是可懸吊椅背的嗎	否	8	80%
	是	2	20%
白手杖的材質為以下哪一種	鋁合金	9	90%
	玻璃纖維	1	10%
承上題，此材質是可能為你提高辨識戶外障礙物的屬性嗎	否	1	10%
	是	9	90%
承上題，此材質是會幫助你提高判斷戶外障礙物的屬性嗎	否	2	20%
	是	8	80%
所使用的白手杖的重量覺得夠輕巧嗎	否	0	0%
	是	10	100%
換過白手杖次數	換過 1 支	4	40%
	換過 3 支	2	20%
	換過次數已不記得	2	20%
	換過 2 支	1	10%
	換過 4 支	1	10%
使用白手杖時間	1~5 年	6	60%
	36~40 年	2	20%
	6~10 年	1	10%
	16~20 年	1	10%
使用白手杖種類	折疊式手杖	9	90%

	伸縮式手杖	1	10%
使用白手杖技巧	兩點式	7	70%
	滑拖式	2	20%
	其他	1	10%
	蘑菇式	6	60%
使用白手杖杖頭種類	自製	2	20%
	鉛筆式	1	10%
	其他	1	10%

此資料為本研究所整理

綜合上述資料，在本研究所欲探討對白手杖的功能需求的方向裡，受訪者在白手杖的杖身折數選擇上以4折居多占80%；使用的白手杖杖身的折節處是容易卡住的嗎以否的選擇居多占60%；使用的白手杖是會很容易收納到外出的小型包包裡嗎以是的選擇居多占60%；哪些情境會讓你想要將白手杖收到外出的包包裡的選擇以與家人出去居多占30%；使用的白手杖是可懸掛椅背的嗎以否的選擇居多占90%；使用的白手杖是可懸吊椅背的嗎以否的選擇居多占80%；使用的白手杖的材質為鋁合金居多占90%；認為鋁合金此材質是可以提高辨識戶外障礙物的屬性居多占90%；認為鋁合金此材質是會幫助提高判斷戶外障礙物的屬性居多占80%；認為所使用的白手杖的重量是覺得夠輕巧的占100%；換過白手杖次數以換過1支居多占40%；使用白手杖時間以1~5年居多占60%；使用白手杖種類為折疊式手杖居多占90%；使用白手杖技巧以兩點式居多占70%；使用白手杖杖頭種類的選擇為蘑菇式居多占60%。

4-1-3 在戶外使用白手杖的日常行為

根據第二章文獻回顧提供的資料規劃出視覺障礙者對使用白手杖的日常行為的問卷題項，表4-3為受訪者「視障者在戶外使用白手杖的日常行為」現況表，內容說明如下：

- (1) 「白手杖的杖身是會因經常碰撞障礙物而容易損壞嗎」方面，受訪者認為是的共計3位，占30%；認為否的共計有7位，占70%。
- (2) 「白手杖的杖身前端第一節是會因經常碰撞障礙物而容易損壞嗎」方面，受訪

者認為是的共計 2 位，占 20%；認為否的共計有 8 位，占 80%。

- (3) 「白手杖的杖頭種類為哪一種」方面，白手杖的杖頭種類以蘑菇式為居多共計 6 位，占 60%；其次是滾輪式共計有 2 位，占 20%。鉛筆式共計 1 位，占 10%，其他為 1 位，占 10%。
- (4) 「白手杖的杖頭是會因經常碰撞障礙物而容易磨損嗎」方面，受訪者認為是的共計 8 位，占 80%；認為否的共計有 2 位，占 20%。
- (5) 「能光靠白手杖的杖頭就可以清楚辨識戶外周遭的障礙物的屬性嗎？例如：人行道上的磚頭、柏油路面等」方面，受訪者認為是的共計 9 位，占 90%；認為否的共計有 1 位，占 10%。
- (6) 「能光靠白手杖的杖頭可以清楚辨識戶外周遭的障礙物嗎？例如：人行道上的腳踏車、花圃等」方面，受訪者認為是的共計 7 位，占 70%；認為否的共計有 3 位，占 30%。
- (7) 「所使用的白手杖在戶外可以輕鬆走騎樓嗎」方面，受訪者認為是的共計 8 位，占 80%；認為否的共計有 2 位，占 20%。
- (8) 「騎樓路面的高低不一是否會成為阻礙你行進的障礙物」方面，受訪者認為是的共計 7 位，占 70%；認為否的共計有 3 位，占 30%。
- (9) 「所使用的白手杖是能保護自身腰部以下的部位而不撞到騎樓下的障礙物」方面，受訪者認為是的共計 9 位，占 90%；認為否的共計有 1 位，占 10%。
- (10) 「所使用的白手杖是能保護自身腰部以上的部位而不撞到騎樓下的障礙物例：住家的信箱、騎樓柱的廣告招牌、廣告布條等」方面，受訪者認為認為否的共計有 10 位，占 100%。
- (11) 「所使用的白手杖在騎樓下是否有容易遭遇到的問題經驗」方面，受訪者認為是的共計 5 位，占 50%；認為否的共計有 5 位，占 50%。
- (12) 「所使用的白手杖在戶外是否可以輕鬆走人行道」方面，受訪者認為是的共計 5 位，占 50%；認為否的共計有 5 位，占 50%。
- (13) 「所使用的白手杖是能保護自身腰部以上的部位而不撞到人行道上的障礙物」方面，受訪者認為是的共計 1 位，占 10%；認為否的共計有 9 位，占 90%。

- (14) 「所使用的白手杖是能保護自身腰部以下的部位而不撞到人行道上的障礙物？例如：變電箱、公車站牌、機車、腳踏車、公共座椅」方面，受訪者認為是的共計 10 位，占 100%。
- (15) 「所使用的白手杖在戶外的人行道上是否有容易遭遇到的問題」方面，受訪者認為是的共計 7 位，占 70%；認為否的共計有 3 位，占 30%。
- (16) 「所使用的白手杖在戶外的街道路口是否有無法解決的困擾？例如：路口交會處斜坡的提醒不見等」方面，受訪者認為是的共計 2 位，占 20%；認為否的共計有 8 位，占 80%。
- (17) 「所使用的白手杖在戶外的街道路口是否有容易遭遇到的問題？例如：常行走的路線突然的道路施工等」方面，受訪者認為是的共計 7 位，占 70%；認為否的共計有 3 位，占 30%。
- (18) 「以目前台灣的街道環境，對你而言，會優先選擇行走的環境為以下哪一種」方面，受訪者選擇人行道居多，共計 5 位，占 50%；其次是平面道路旁共計 3 位，占 30%；騎樓下與天橋各共計 1 位，占 10%。
- (19) 「所使用的白手杖在戶外可以輕鬆辨識（每條）路口交會處的斜坡提醒嗎」方面，受訪者認為是的共計 6 位，占 60%；認為否的共計有 4 位，占 40%。
- (20) 「所使用的白手杖在街道是可以輕鬆過馬路嗎」方面，受訪者認為是的共計 6 位，占 60%；認為否的共計有 4 位，占 40%。
- (21) 「所使用的白手杖是否可以協助你提高過馬路的安全嗎」方面，受訪者認為是的共計 10 位，占 100%。
- (22) 「所使用的白手杖在戶外是否可以清楚分辨導盲磚的位置嗎」方面，受訪者認為是的共計 7 位，占 70%；認為否的共計有 3 位，占 30%。
- (23) 「所使用的白手杖在戶外是否可以清楚分辨導盲磚的動線嗎」方面，受訪者認為是的共計 6 位，占 60%；認為否的共計有 4 位，占 40%。
- (24) 「所使用的白手杖是否可以協助你辨識紅路燈的號誌變換嗎」方面，受訪者認為否的共計有 10 位，占 100%。
- (25) 「所使用的白手杖是否可以協助你分辨車流的方向嗎」方面，受訪者認為是的

共計 1 位，占 10%；認為否的共計有 9 位，占 90%。

- (26) 「所使用的白手杖是否可以協助你不會錯搭公車嗎」方面，受訪者認為否的共計有 10 位，占 100%。
- (27) 「所使用的白手杖是否可以協助你順利搭乘所要搭乘的公車嗎」方面，受訪者認為否的共計有 10 位，占 100%。
- (28) 「攜帶白手杖參加休閒團康活動」方面，受訪者會攜帶白手杖參加休閒團康活動共計 10 位，占 100%。
- (29) 「攜帶白手杖參加休閒團康活動的頻率」方面，受訪者在攜帶白手杖參加休閒團康活動的頻率為不定時居多，共計 5 位，占 50%；其次是一月一次的頻率共計 3 位，占 30%；一週一次的頻率共計 2 位，占 20%。
- (30) 「對白手杖此輔具的功能是有無未來的期盼」方面，受訪者認為是的共計 10 位，占 100%。

表 4-3. 「視障者在戶外使用白手杖的日常行為」現況表(N=10)

類別		次數	百分比 (%)
白手杖的杖身是會因經常碰撞障礙物而容易損壞	否	7	70%
	是	3	30%
白手杖的杖身前端第一節是會因經常碰撞障礙物而容易損壞	否	8	80%
	是	2	20%
白手杖的杖頭種類為哪一種	蘑菇式	6	60%
	滾輪式	2	20%
	鉛筆式	1	10%
	其他	1	10%
白手杖的杖頭是會因經常碰撞障礙物而容易磨損	否	2	20%
	是	8	80%
能光靠白手杖的杖頭就可以清楚辨識戶外周遭的障礙物的屬性嗎？例如：人	否	1	10%
	是	9	90%

行道上的磚頭、柏油路面等				
能光靠白手杖的杖頭可以清楚辨識戶外周遭的障礙物嗎？例如：人行道上 的腳踏車、花圃等	否 是	3 7	30% 70%	
所使用的白手杖在戶外可以輕鬆走騎樓嗎	否 是	2 8	20% 80%	
騎樓路面的高低不一是否會成為阻礙你行進的障礙物	否 是	3 7	30% 70%	
所使用的白手杖是能保護自身腰部以下的部位而不撞到騎樓下的障礙物	否 是	1 9	10% 90%	
所使用的白手杖是能保護自身腰部以上的部位而不撞到騎樓下的障礙物？ 例：住家的信箱、騎樓柱的廣告招牌、廣告布條等	否	10	100%	
所使用的白手杖在騎樓下是否有容易遭遇到的問題經驗	否 是	5 5	50% 50%	
所使用的白手杖在戶外是否可以輕鬆走人行道	否 是	5 5	50% 50%	
所使用的白手杖是能保護自身腰部以上的部位而不撞到人行道上的障礙物	否 是	9 1	90% 10%	
所使用的白手杖是能保護自身腰部以下的部位而不撞到人行道上的障礙物 例如：變電箱、公車站牌、機車、腳踏	是	10	100%	

車、公共座椅			
所使用的白手杖			
在戶外的人行道	否	3	30%
上是否有容易遭	是	7	70%
遇到的問題			
所使用的白手杖			
在戶外的街道路			
口是否有無法解	否	8	80%
決的困擾例如：路	是	2	20%
口交會處斜坡的			
提醒不見等			
所使用的白手杖			
在戶外的街道路			
口是否有容易遭	否	3	30%
遇到的問題？例	是	7	70%
如：常行走的路線			
突然的道路施工			
等			
以目前台灣的街道	人行道	5	50%
環境，對你而言，會	平面道路旁	3	30%
優先選擇行走的環	騎樓下	1	10%
境為以下哪一種	天橋	1	10%
所使用的白手杖在			
戶外可以輕鬆辨識	否	4	40%
(每條)路口交會處	是	6	60%
的斜坡提醒			
所使用的白手杖在			
街道是可以輕鬆過	否	4	40%
馬路	是	6	60%
所使用的白手杖是			
否可以協助你提高	是	10	100%
過馬路的安全			
所使用的白手杖在			
戶外是否可以清楚	否	3	30%
分辨導盲磚的位置	是	7	70%
所使用的白手杖在			
戶外是否可以清楚	否	4	40%
分辨導盲磚的動線	是	6	60%
所使用的白手杖是			
否可以協助你辨識	否	10	100%

紅路燈的號誌變換			
所使用的白手杖是否 可以協助你分辨 車流的方向	否	9	90%
	是	1	10%
所使用的白手杖是否 可以協助你不會 錯搭公車			
	否	10	100%
所使用的白手杖是否 可以協助你順利 搭乘所要搭乘的公 車			
	否	10	100%
攜帶白手杖參加休 閑團康活動			
	是	10	100%
攜帶白手杖參加休 閑團康活動的頻率			
	不定時	5	50%
	一月一次	3	30%
	一週一次	2	20%
對白手杖此輔具的 功能是有無未來的 期盼			
	是	10	100%

此資料為本研究所整理

4-1-4 小結

綜合上述資料，在本研究所欲探討在戶外使用白手杖的日常行為的方向裡，可知白手杖的杖身是會因經常碰撞障礙物而容易損壞的部分以否的選擇居多占 70%；白手杖的杖身前端第一節是會因經常碰撞障礙物而容易損壞以否的選擇居多占 80%；白手杖的杖頭種類為蘑菇式居多占 60%；白手杖的杖頭是會因經常碰撞障礙物而容易磨損已是居多占 80%；能光靠白手杖的杖頭就可以清楚辨識戶外周遭的障礙物的屬性已是居多占 90%；能光靠白手杖的杖頭可以清楚辨識戶外周遭的障礙物已是居多占 70%；所使用的白手杖在戶外可以輕鬆走騎樓已是居多占 80%；騎樓路面的高低不一是否會成為阻礙你行進的障礙物已是居多占 70%；所使用的白手杖是能保護自身腰部以下的部位而不撞到騎樓下的障礙物已是居多占 90%；所使用的白手杖是能保護自身腰部以上的部位而不撞到騎樓下的障礙物以否居多占 100%；所使用的白手杖在騎樓下是否有容易遭遇到的問題經驗的分佈是平均；所使用的白手杖在戶

外是否可以輕鬆走人行道的分佈是平均；所使用的白手杖是能保護自身腰部以上的部位而不撞到人行道上的障礙物已否居多占 90%；所使用的白手杖是能保護自身腰部以下的部位而不撞到人行道上的障礙物以是居多占 100%；所使用的白手杖在戶外的人行道上是否有容易遭遇到的問題以是居多占 70%；所使用的白手杖在戶外的街道路口是否有無法解決的困擾已否居多占 80%；使用的白手杖在戶外的街道路口是否有容易遭遇到的問題已是居多占 70%；以目前台灣的街道環境會優先選擇行走的環境為人行道居多占 50%；所使用的白手杖在戶外可以輕鬆辨識（每條）路口交會處的斜坡提醒已是居多占 60%；所使用的白手杖在街道是可以輕鬆過馬路已否居多占 60%；所使用的白手杖是否可以協助你提高過馬路的安全以是居多占 100%；所使用的白手杖在戶外是否可以清楚分辨導盲磚的位置已是居多占 70%；所使用的白手杖在戶外是否可以清楚分辨導盲磚的動線已是居多占 60%；所使用的白手杖是否可以協助你辨識紅路燈的號誌變換以否居多占 100%；所使用的白手杖是否可以協助你分辨車流的方向以否居多占 90%；所使用的白手杖是否可以協助你不會錯搭公車以否居多占 100%；所使用的白手杖是否可以協助你順利搭乘所要搭乘的公車以否居多占 100%；攜帶白手杖參加休閒團康活動以是居多占 100%；攜帶白手杖參加休閒團康活動的頻率已不定時居多占 50%；本研究的受訪者對白手杖此輔具的功能是有未來的期盼占 100%。

4-2 整體受訪者 t 分配

本研究分別在「視覺障礙程度不同對白手杖的操作使用經驗」、「視覺障礙程度不同對使用白手杖碰撞到戶外障礙物的經驗」與「視覺障礙程度不同對使用白手杖在戶外街道路口的經驗」等三個面向做資料分析探究有無顯著差異，再進一步對因視覺障礙程度不同而達到顯著性的變項做程度的比較。為了讓統計資料能夠清楚明瞭，在題項的部分，本研究將所有的題項編號，以利製表。

4-2-1 視覺障礙程度不同對白手杖的操作使用經驗

從表 4-4 的資料得知，不同視覺障礙程度的視障者在題項 A6:白手杖的收納功能、

題項 A8:尼龍繩的堅固強度等變項有達到顯著差異;題項 A10:在白手杖的懸吊功能、題項 A13:判斷戶外障礙物的屬性等變項也有達到顯著差異。進一步看效果大小值,在達到顯著水準的變項中,從平均數得知:重度程度的視障者對白手杖的收納功能、尼龍繩的堅固強度高於極重度程度的視障者;重度程度的視障者對白手杖的懸吊功能高於極重度程度的視障者;極重度程度的視障者對白手杖判斷戶外障礙物屬性的功能高於重度程度的視障者者。

表 4-4. 「視覺障礙程度不同對白手杖的操作使用經驗」 T-test 摘要表(N=10)

題項	視覺障礙程度	平均數	標準差	T 值	顯著性 (雙尾)
A1	重度	1.000	.0000	- 1.789	.111
	極重度	2.000	1.4142		
A2	重度	1.500	.5477	- 1.789	.111
	極重度	2.000	.0000		
A3	重度	1.833	.4082	- 0.800	.447
	極重度	2.000	.0000		
A4	重度	1.833	.4082	- 0.800	.447
	極重度	2.000	.0000		
A5	重度	1.500	.5477	- .730	.486
	極重度	1.750	.5000		
A6	重度	1.667	.5164	2.530	.035*
	極重度	1.000	.0000		
A7	重度	3.833	2.5626	.251	.808
	極重度	3.500	.5774		
A8	重度	2.000	.0000	3.795	.005*
	極重度	1.250	.5000		
A9	重度	2.000	.0000	1.265	.242
	極重度	1.750	.5000		
A10	重度	2.000	.0000	2.191	.050*
	極重度	1.500	.5774		
A11	重度	2.000	.0000	-1.265	.242
	極重度	2.250	.5000		

A12	重度	1.000	.0000	-1.265	.242
	極重度	1.250	.5000		
A13	重度	1.000	.0000	-2.191	.050*
	極重度	1.500	.5774		

*p<.05

4-2-2 視覺障礙程度不同對使用白手杖碰撞到戶外障礙物的經驗

從表 4-5 的資料得知，不同視覺障礙程度的視障者在題項 A19:碰撞到戶外障礙物的經驗之光靠白手杖的杖頭即可清楚辨識戶外障礙物的屬性、題項 A21:持白手杖能輕鬆走騎樓、題項 A23:白手杖能保護腰部以下而不撞到障礙物等變項有達到顯著差異。進一步看效果大小值，在達到顯著水準的變項中，從平均數得知：極重度程度的視障者對光靠白手杖的杖頭即可清楚辨識戶外障礙物的屬性高於重度程度的視障者，重度程度的視障者對持白手杖能輕鬆走騎樓高於極重度程度的視障者，極重度程度的視障者對白手杖能保護腰部以下而不撞到障礙物高於重度程度的視障者。

表 4-5. 「視障程度不同對手杖碰撞戶外障礙物的經驗」 T-test 摘要表(N=10)

題項	視覺障礙程度	平均數	標準差	T 值	顯著性(雙尾)
A15	重度	1.833	.4082	1.079	.148
	極重度	1.500	.5477		
A16	重度	1.833	.4082	.290	.584
	極重度	1.750	.5000		
A17	重度	1.677	1.0328	-.637	.305
	極重度	2.250	1.8930		
A18	重度	1.333	.5164	-.478	.545
	極重度	1.500	.5774		
A19	重度	1.000	.0000	-1.265	.005*
	極重度	1.250	.5000		
A20	重度	1.500	.5477	1.789	.111
	極重度	1.000	.0000		
A21	重度	1.333	.5164	1.265	.001*

	極重度	1.000	.0000		
A22	重度	1.333	.5164	.253	.614
	極重度	1.250	.5000		
A23	重度	1.000	.0000	-1.265	.005*
	極重度	1.250	.5000		
A25	重度	1.333	.5164	-1.265	.614
	極重度	1.750	.5000		
A26	重度	1.500	.5477	.000	.111
	極重度	1.500	.5774		
A27	重度	1.833	.4082	-.800	.081
	極重度	2.000	.0000		
A29	重度	1.167	.4082	-1.079	.148
	極重度	1.500	.5774		

*p<.05

4-2-3 視覺障礙程度不同對使用白手杖在戶外街道路口的經驗

從表 4-6 的資料得知，不同視覺障礙程度的視障者在題項 A30:在戶外街道路口的經驗之使用白手杖在戶外街道路口無法解決困擾的變項有達到顯著差異。進一步看效果大小值，在達到顯著水準的變項中，從平均數得知：極重度程度的視障者對使用白手杖在戶外街道路口無法解決的困擾高於重度程度的視障者。

表 4-6. 「視障程度不同對白手杖在戶外街道路口經驗」 T-test 摘要表(N=10)

題項	視覺障礙程度	平均數	標準差	T 值	顯著性(雙尾)
A30	重度	1.667	.5164	-1.265	.001*
	極重度	2.000	.0000		
A31	重度	1.333	.5164	.253	.614
	極重度	1.250	.5000		
A32	重度	2.167	.7528	-1.083	.504
	極重度	2.750	.9574		
A33	重度	1.500	.5477	.730	.242
	極重度	1.250	.5000		

A34	重度	1.333	.5164	-.478	.545
	極重度	1.500	.5774		
A36	重度	1.500	.5477	1.789	.111
	極重度	1.000	.0000		
A37	重度	1.500	.5477	.730	.242
	極重度	1.250	.5000		
A39	重度	1.833	.4082	-.800	.081
	極重度	2.000	.0000		

*p<.05

4-2-4 小結

在「白手杖的操作使用經驗」、「使用白手杖碰撞到戶外障礙物的經驗」與「使用白手杖在戶外街道路口的經驗」等三個面向資料數據，茲將做進一步的說明，分述如下：

1. 白手杖的操作使用經驗之面向：重度程度的視障者對白手杖的收納功能、尼龍繩的堅固強度、懸吊功能的操作使用方面高於極重度程度的視障者；極重度程度的視障者對白手杖能判斷戶外障礙物屬性的回饋功能高於重度程度的視障者。
2. 使用白手杖碰撞到戶外障礙物的經驗之面向：重度程度的視障者對持白手杖能輕鬆走騎樓的回饋功能高於極重度程度的視障者；極重度程度的視障者對光靠白手杖的杖頭即可清楚辨識戶外障礙物的屬性、白手杖能保護腰部以下而不撞到障礙物的回饋功能高於重度程度的視障者。
3. 使用白手杖在戶外街道路口的經驗之面向：極重度程度的視障者對使用白手杖在戶外街道路口無法解決的困擾問題高於重度程度的視障者。

第五章 產品創新設計方案

本章旨在說明本研究依據 spss 統計資料分析結果，提出白手杖之多感官創新設計目標方案，即針對 spss 統計資料分析結果所提供欲解決白手杖現有產品使用問題的方向，將之結合 TRIZ 39 項工程參數 (39 Engineering Parameters)、40 創新原則 (40 Inventive Principles)、形態分析法 (Morphological Analysis) 及普弗概念選擇法 (Pugh concept selection) 等設計方法，萃取出多感官白手杖之穿戴式創新設計方案，繼而提出 4 款視覺障礙者多感官白手杖之穿戴式創新設計方案供其使用。

5-1 TRIZ 矩陣

從第 4 章的統計資料分析結果可知，重度程度的視覺障礙者比極重度程度的視覺障礙者更容易將產品損壞，較不清楚戶外障礙物的屬性，也較不熟悉戶外街道的環境。有鑒於此，本研究將針對重度程度的視覺障礙者在白手杖的折數數量、拆收功能、收納功能、尼龍繩的堅固強度、懸吊功能、判斷戶外障礙物的屬性、容易損壞程度、挑選杖頭種類、挑選杖頭功能、保護腰部以上的部位、對騎樓的行走環境（輕鬆走騎樓的回饋功能）、在騎樓遭遇的問題、在人行道上遭遇的問題及困擾、在戶外街道路口遭遇的問題、清楚分辨導盲磚的位置等 12 項問題，來作為視障者多感官白手杖之穿戴式創新設計需求法則，同時利用 TRIZ 矛盾矩陣之 40 創新原則建議，作為後續創新設計目標之參考基礎，本研究將之整理如表 5-1，再將所有的需求項目導入 TRIZ 矩陣的解題過程逐一加以說明。

表 5-1. 視障者多感官白手杖之穿戴式創新設計 TRIZ 矛盾矩陣表

需求	欲改善屬性	避免惡化屬性	TRIZ 矩陣方案
取消折數	#12.形狀	#36.裝置複雜性	16、29、01、28
容易拆收	#33.使用方便性	#27.可靠度	17、27、08、40
體積變小	#08.固定件體積	#23.物質流失	10、39、35、34
加強尼龍繩堅固	#14.強度	#31.系統產生副作用	15、35、22、02
增加懸吊功能	#35.適應性	#37.控制複雜度	01
增加可清楚辨識 導盲磚位置提醒	#38.自動化程度	#37.控制複雜度	34、27、25
提高可判斷戶外 障礙物的提醒	#38.自動化程度	#37.控制複雜度	34、27、25
提高杖頭的耐用 度	#14.強度	#20.固定件消耗能量	35
延長杖頭的壽命	#12.形狀	#23.物質浪費	35、29、03、05
提高杖頭辨識障 礙物的能力	#27.可靠度	#23.物質的耗損	10、35、29、39
增加保護腰部以 上的部位	#38.自動化程度	#36.裝置複雜度	15、24、10
在戶外街道行走 時可使用 GPS 定 位導航	#38.自動化程度	#37.控制複雜度	34、27、25

此資料由本研究整理

需求 1：取消折數

本研究設計白手杖時，根據視覺障礙者的使用者的使用經驗，所產生當持白手杖搭乘大眾交通運輸工具時，需做收納動作的當下，將折疊處欲做拔取時動作時，會因上下的接合處過於相互咬合太緊，影響收納應具有的方便性降低收納上的容易度。杖身經常性打撞障礙物，有時會卡到障礙物導致變形無法使用，也因如此有出現立即斷掉的情形，無法及時換新使用。

因應使用時機需求，逐提出將傳統直杖式白手杖折數的功能上做一個設計上的改善。從技術矛盾中可得到，當試著改善“#12.形狀”這個參數時，“#36.裝置複雜性”這個參數會出現反效果。對於這樣的矛盾產生，“#12.形狀”與“#36.裝置複雜性”，經由矛盾矩陣查表找出兩兩相互矛盾屬性交叉方格中所產生的4個創新原則：#16.部分或過度的動作原理、#29. 氣動或液壓原理、#01. 分割原理、#28. 取代機械系統原理，如圖 5-1。

A	B	C	D	E	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO		
	Worsening Feature				Weight of moving object	Weight of stationary object	Length of moving object	Ease of operation	Ease of repair	Adaptability or versatility	Device complexity	Difficulty of detecting and measuring	Extent of au'
	Improving Feature												
		1	2	3	33	34	35	36	37	38	39		
1	Weight of moving object	+		15, 8, 29, 34	35, 3, 2, 24	2, 27, 28, 11	29, 5, 15, 8	26, 30, 36, 34	28, 29, 26, 32	26, 35, 18, 19	35, 3, 24, 37		
2	Weight of stationary object		+		6, 13, 1, 32	2, 27, 28, 11	19, 15, 29	1, 10, 26, 39	25, 28, 17, 15	2, 26, 35	1, 28, 15, 35		
3	Length of moving object	8, 15, 29, 34		+	15, 29, 35, 4	1, 28, 10	14, 15, 1, 16	1, 9, 26, 24	35, 1, 26, 24	17, 24, 26, 16	14, 4, 28, 29		
4	Length of stationary object		35, 28, 40, 29		2, 25	3	1, 35	1, 6	26		30, 14, 7, 26		
5	Area of moving object	2, 17, 29, 4		14, 15, 18, 4	15, 17, 13, 16	15, 13, 10, 1	15, 30	14, 1, 13	2, 36, 26, 18	14, 30, 28, 23	10, 26, 34, 2		
6	Area of stationary object		30, 2, 14, 18		16, 4	16	15, 16	1, 18, 3	2, 35, 30, 18	23	10, 15, 17, 7		
7	Volume of moving object	2, 26, 29, 40		1, 7, 4, 35	15, 13, 30, 12	10	15, 29	26, 1	29, 26, 4	35, 34, 16, 24	10, 6, 2, 34		
8	Volume of stationary object		35, 10, 19, 14	19, 14		1		1, 1	2, 17, 26		35, 37, 10, 2		
9	Speed	2, 28, 13, 38		13, 14, 8	32, 28, 13, 12	34, 2, 28, 27	15, 10, 26	10, 28, 4, 4	3, 34, 27, 16	10, 18			
10	Force (Intensity)	8, 1, 37, 18	18, 13, 1, 28	17, 19, 9, 36	1, 28, 3, 25	15, 1, 11	15, 17, 18, 20	26, 35, 10, 18	36, 37, 10, 19	2, 35	3, 28, 35, 37		
11	Stress or pressure	10, 36, 37, 40	13, 29, 10, 18	35, 10, 36	11	2	35	19, 1, 3	2, 36, 37	35, 24	10, 14, 35, 37		
12	Shape	8, 10, 29, 40	15, 10, 26, 3	29, 34, 5, 4	32, 15, 26	2, 13, 1	1, 15, 29	16, 29, 1, 28	15, 13, 39	15, 1, 32	17, 26, 34, 10		
13	Stability of the object's composition	21, 35, 2, 39	26, 39, 1, 40	13, 15, 1, 28	32, 35, 30	2, 35, 10, 16	35, 30, 34, 2	2, 35, 22, 26	35, 22, 39, 23	1, 8, 35	23, 35, 40, 3		
14	Strength	1, 8, 40, 15	40, 26, 27, 1	1, 15, 8, 35	32, 40, 25, 2	27, 11, 3	15, 3, 32	2, 13, 25, 28	27, 3, 15, 40	15	29, 35, 10, 14		

圖 5-1. 需求 1，取消折數矛盾矩陣表，本研究所繪製

需求 2：容易拆收

本研究設計白手杖時，根據視覺障礙者的使用者的使用經驗，所產生當白手杖在做拆收動作的當下，將折疊處欲做拔取時動作時，會因尼龍繩的彈性因素，導致拆收變得比較具有難度也容易卡住，尤其是打到障礙物時，更會因如此提高增加卡住障礙物的機會。白手杖折節處會因太常打到障礙物，導致會有拉不開、斷掉、變形的情況出現。

因應使用時機需求，逐提出將傳統直杖式白手杖的折收功能上做一個設計上的改善。從技術矛盾中可得到，當試著改善“#33.使用方便性”這個參數時，“#27.可靠度”這個參數會出現反效果。對於這樣的矛盾產生，“#33.使用方便性”與“#27.可靠度”，經由矛盾矩陣查表找出兩兩相互矛盾屬性交叉方格中所產生的 4 個創新原則：#17.轉換到另一個維度原理、#27.可拋棄原理、#08.平衡力原理、#40.複合材料原理，如圖 5-2。

A	B	C	D	E	F	G	H	I	AC	AD	AE	AF	AG
	Worsening Feature												
	Improving Feature												
		Weight of moving object	Weight of stationary object	Length of moving object	Length of stationary object	Area of moving object	Area of stationary object	Volume of moving object	Reliability	Measurement accuracy	Manufacturing precision	Object-affected r	Objec
		1	2	3	4	5	6	7	27	28	29	30	31
1	Weight of moving object	+		15, 8, 29, 34		29, 17, 38, 34		29, 2, 40, 28	1, 3, 11, 2	28, 27, 35, 26	28, 35, 26, 18	22, 21, 18, 27	22, 35, 31, 39
2	Weight of stationary object		+		10, 1, 29, 35		35, 30, 13, 2		10, 28, 8, 3	18, 26, 28	10, 1, 35, 17	2, 19, 22, 37	35, 22, 1, 39
3	Length of moving object	8, 15, 29, 34		+		15, 17, 4		7, 17, 4, 35	10, 14, 29, 40	28, 32, 4	10, 28, 29, 37	1, 15, 17, 24	17, 15
4	Length of stationary object		35, 28, 40, 29		+		17, 7, 10, 40		15, 29, 2	32, 28, 3	2, 32, 10	1, 18	
33	Ease of operation	25, 2, 13, 15	8, 13, 1, 25	1, 17, 13, 12		1, 17, 13, 16	18, 16, 15, 39	1, 16, 35, 15	17, 27, 8, 40	25, 13, 2, 34	1, 32, 35, 23	2, 25, 28, 39	
34	Ease of repair	2, 27, 35, 11	2, 27, 35, 11	1, 28, 10, 25	3, 18, 31	15, 13, 32	16, 25	25, 2, 35, 11	11, 10, 1, 16	10, 2, 13	25, 10	35, 10, 2, 16	
35	Adaptability or versatility	1, 6, 15, 8	19, 15, 29, 16	35, 1, 29, 2	1, 35, 16	35, 30, 29, 7	15, 16	15, 35, 29	35, 13, 8, 24	35, 5, 1, 10		35, 11, 32, 31	
36	Device complexity	26, 30, 34, 36	2, 26, 35, 39	1, 19, 26, 24	26	14, 1, 13, 16	6, 36	34, 26, 6	13, 35, 1	2, 26, 10, 34	26, 24, 32	22, 19, 29, 40	19, 1
37	Difficulty of detecting and measuring	27, 26, 28, 13	8, 13, 28, 1	16, 17, 26, 24	26	2, 13, 18, 17	2, 39, 30, 16	29, 1, 4, 16	27, 40, 28, 8	26, 24, 32, 28		22, 19, 29, 28	2, 21
38	Extent of automation	28, 26, 18, 35	28, 26, 35, 10	14, 13, 17, 28	23	17, 14, 13		35, 13, 16	11, 27, 32	28, 26, 10, 34	28, 26, 18, 23	2, 33	2
39	Productivity	35, 26, 24, 37	28, 27, 15, 3	18, 4, 28, 38	30, 7, 14, 26	10, 26, 34, 31	10, 35, 17, 7	2, 6, 34, 10	1, 35, 10, 38	1, 10, 34, 28	18, 10, 32, 1	22, 35, 13, 24	35, 22, 18, 39

圖 5-2. 需求 2，容易拆收矛盾矩陣表，本研究所繪製

需求 3：體積變小

本研究設計白手杖時，根據視覺障礙者的使用者的使用經驗，所產生當要將白手杖收納在包包的當下，會礙於原本傳統直式白手杖的尺寸規格大小因素，不容易找到適合的包包可以將白手杖收納進去。搭乘大眾交通運輸工具時，深怕白手杖會遺失不見；在戶外使用時會因使用的方式，有時不慎會碰觸到街道上的骯髒物體。

因應使用時機需求時，逐提出將傳統直杖式白手杖的體積上做一個設計上的改善。技術矛盾中可得到，當試著改善“# 08.固定件體積”這個參數時，“#23.物質的損耗”這個參數會出現反效果。對於這樣的矛盾產生，“# 08.固定件體積”與“#23.物質的損耗”，經由矛盾矩陣查表找出兩兩相互矛盾屬性交叉方格中所產生的 4 個創新原則：#10. 預先行動原理、#39. 鈍性環境原理、#35. 性質轉變原理、#34. 拋棄與再生元件原理，如圖 5-3。

		<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; transform: rotate(-45deg);">Worsening Feature</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; transform: rotate(45deg);">Improving Feature</div> </div>										
		1	2	3	4	5	6	23	24	25	26	
		Weight of moving object	Weight of stationary object	Length of moving object	Length of stationary object	Area of moving object	Area of stationary object	Loss of Substance	Loss of Information	Loss of Information	Loss of Information	
1	Weight of moving object	+		15, 8, 29, 34		29, 17, 38, 34		5, 36, 3, 31	10, 24, 35	10, 35, 20, 28	3, 26, 18, 31	
2	Weight of stationary object		+		10, 1, 29, 35		35, 30, 13, 2	5, 8, 13, 30	10, 15, 35	10, 20, 35, 26	19, 6, 18, 26	
3	Length of moving object	8, 15, 29, 34		+		15, 17, 4		4, 29, 23, 10	1, 24	15, 2, 29	29, 35	
4	Length of stationary object		35, 28, 40, 29		+		17, 7, 10, 40	10, 28, 24, 35	24, 26,	30, 29, 14		
5	Area of moving object	2, 17, 29, 4		14, 15, 18, 4		+		10, 35, 2, 39	30, 26	26, 4	29, 30, 6, 13	
6	Area of stationary object		30, 2, 14, 18		26, 7, 9, 39		+	10, 14, 18, 39	30, 16	10, 35, 4, 18	2, 18, 40, 4	
7	Volume of moving object	2, 26, 29, 40		1, 7, 4, 35		1, 7, 4, 17		36, 39, 34, 40	2, 22	2, 6, 34, 10	29, 30, 7	
8	Volume of stationary object		35, 10, 19, 14	19, 14	35, 8, 2, 14			10, 39, 35, 34		35, 16, 32, 18	35, 3	
9	Speed	2, 28, 13, 38		13, 14, 8		29, 30, 34		10, 13, 28, 38	13, 26		10, 19, 29, 38	
10	Force (Intensity)	8, 1, 37, 18	18, 13, 1, 28	17, 19, 9, 36	28, 10	19, 10, 15	1, 18, 36, 37	8, 35, 40, 5		10, 37, 36	14, 29, 18, 36	
11	Stress or pressure	10, 36, 37, 40	13, 29, 10, 18	35, 10, 36	35, 1, 14, 16	10, 15, 36, 28	10, 15, 36, 37	10, 36, 3, 37		37, 36, 4	10, 14, 36	

圖 5-3. 需求 3，體積變小矛盾矩陣表，本研究所繪製

需求 4：加強尼龍繩堅固

本研究設計白手杖時，根據視覺障礙者的使用者的使用經驗，當使用白手杖的次數頻率高時，尤其是折疊式白手杖太經常用拉的使用動作，以及在拉的動作當下施力有時會因卡住而過大變得很難以使用。在戶外街道上使用白手杖時，會發生尼龍繩臨時斷掉的情況，無法及時換新，以至於當下無法使用白手杖。

因應使用時機需求時，逐提出將傳統直杖式白手杖的尼龍繩做一個設計上的改善。技術矛盾中可得到，當試著改善“#14.強度”這個參數時，“#31.系統產生副作用”這個參數會出現反效果。對於這樣的矛盾產生，“#14.強度”與“#31.系統產生副作用”，經由矛盾矩陣查表找出兩兩相互矛盾屬性交叉方格中的4個創新原則：#15. 動態化原理、#35. 性質轉變原理、#22. 改變有害成為有用原理、#02. 分離原理，如圖 5-4。

A	B	C	D	E	F	G	H	AG	AH	AI	AJ
	Worsening Feature										
	Improving Feature										
		Weight of moving object	Weight of stationary object	Length of moving object	Length of stationary object	Area of moving object	Area of stationary object	Object-generated harmful factors	Ease of manufacture	Ease of op	
		1	2	3	4	5	6	31	32	33	34
1	Weight of moving object	+		15, 8, 29, 34		29, 17, 38, 34		22, 35, 31, 39	27, 28, 1, 36	35, 3, 2, 24	2, 27, 28, 11
2	Weight of stationary object		+		10, 1, 29, 35		35, 30, 13, 2	35, 22, 1, 39	28, 1, 9	6, 13, 1, 32	2, 27, 28, 11
3	Length of moving object	8, 15, 29, 34		+		15, 17, 4		17, 15	1, 29, 17	15, 29, 35, 4	1, 28, 10
4	Length of stationary object		35, 28, 40, 29		+		17, 7, 10, 40		15, 17, 27	2, 25	3
5	Area of moving object	2, 17, 29, 4		14, 15, 18, 4		+		17, 2, 18, 39	13, 1, 26, 24	15, 17, 13, 16	15, 13, 10, 1
14	Strength	1, 8, 40, 15	40, 26, 27, 1	1, 15, 8, 35	15, 14, 26, 26	3, 34, 40, 29	9, 40, 26	15, 35, 22, 2	11, 3, 10, 32	32, 40, 25, 2	27, 11, 3
15	Duration of action of moving object	19, 5, 34, 31		2, 19, 9		3, 17, 19		21, 39, 16, 22	27, 1, 4	12, 27	29, 10, 27
16	Duration of action by stationary object		6, 27, 19, 16		1, 40, 35			22	35, 10	1	1
17	Temperature	36, 22, 6, 38	22, 35, 32	15, 19, 9	15, 19, 9	3, 35, 39, 18	35, 38	22, 35, 2, 24	26, 27	26, 27	4, 10, 16

圖 5-4. 需求 4，加強尼龍繩堅固矛盾矩陣表，本研究所繪製

需求 5：增加懸吊功能

本研究設計白手杖時，根據需求 3 視覺障礙者的使用者的使用經驗，所產生搭乘大眾交通運輸工具時，深怕白手杖會遺失不見。在戶外使用時會因使用的方式，有時不慎會碰觸到街道上的骯髒物體。

因應使用時機需求時，逐提出將白手杖增加一個懸吊功能的設計。技術矛盾中可得到，當試著改善“# 35.適應性”這個參數時，“#37.控制複雜度”這個參數會出現反效果。對於這樣的矛盾產生，“# 35.適應性”與“#37.控制複雜度”，經由矛盾矩陣查表找出兩兩相互矛盾屬性交叉方格中的 1 個創新原則：#01. 分割原理，如圖 5-5。

A	B	C	D	E	F	G	H	AM	AN	AO	AP
	Worsening Feature										
	Improving Feature										
		Weight of moving object	Weight of stationary object	Length of moving object	Length of stationary object	Area of moving object	Area of stationary object	Difficulty of detecting and measuring	Extent of automation	Productivity	
		1	2	3	4	5	6	37	38	39	
1	Weight of moving object	+		15, 8, 29, 34		29, 17, 38, 34		28, 29, 26, 32	26, 35, 18, 19	35, 3, 24, 37	
2	Weight of stationary object		+		10, 1, 29, 35		35, 30, 13, 2	25, 28, 17, 15	2, 26, 35	1, 28, 15, 35	
3	Length of moving object	8, 15, 29, 34		+		15, 17, 4		35, 1, 26, 24	17, 24, 26, 16	14, 4, 28, 29	
4	Length of stationary object		35, 28, 40, 29		+		17, 7, 10, 40	29		30, 14, 7, 26	
5	Area of moving object	2, 17, 29, 4		14, 15, 18, 4		+		2, 36, 26, 18	14, 30, 28, 23	10, 26, 34, 2	
6	Area of stationary object		30, 2, 14, 18		26, 7, 9, 39		+	2, 35, 30, 18	23	10, 15, 17, 7	
35	Adaptability or versatility	1, 6, 15, 8	19, 15, 29, 16	35, 1, 29, 2	1, 35, 16	35, 30, 29, 7	15, 16	1	27, 34, 35	35, 28, 6, 37	
36	Device complexity	26, 30, 34, 36	2, 26, 35, 39	1, 19, 26, 24	26	14, 1, 13, 16	6, 36	15, 10, 37, 28	15, 1, 24	12, 17, 28	
37	Difficulty of detecting and measuring	27, 26, 28, 13	6, 13, 28, 1	16, 17, 26, 24	26	2, 13, 18, 17	2, 39, 30, 16	+	34, 21	35, 18	
38	Extent of automation	28, 26, 18, 35	28, 26, 35, 10	14, 13, 17, 28	23	17, 14, 13		34, 27, 25	+	5, 12, 35, 26	
39	Productivity	35, 26, 24, 37	28, 27, 15, 3	18, 4, 28, 38	30, 7, 14, 26	10, 26, 34, 31	10, 35, 17, 7	35, 18, 27, 2	5, 12, 35, 26	+	

圖 5-5. 需求 5，增加懸吊功能矛盾矩陣表，本研究所繪製

需求 6：增加可清楚辨識導盲磚位置提醒

本研究設計白手杖時，根據視覺障礙者的使用者，所產生白手杖無法可清楚辨識導盲磚的位置，從白手杖探測到導盲磚時會因手杖的杖身本身傳導性不佳，無法清楚分辨物件的屬性，搞不清楚打撞到的物件是否就是導盲磚，有時會用腳再去做一個確認的動作，認為街道上的導盲磚指引不佳太靠近圍牆，容易讓上半身碰撞到圍牆或其他街道上物件。

因應使用時機需求時，逐提出將白手杖增加增加可清楚辨識導盲磚位置提醒的設計。技術矛盾中可得到，當試著改善“#38.自動化程度”這個參數時，“#37.控制複雜度”這個參數會出現反效果。對於這樣的矛盾產生，“#38.自動化程度”與“#37.控制複雜度”，經由矛盾矩陣查表找出兩兩相互矛盾屬性交叉方格中的 3 個創新原則：#34. 拋棄與再生元件原理、#27. 可拋棄原理、#25. 自助原理，如圖 5-6。

A	B	C	D	E	F	G	H	AM	AN	AO	AP
	Worsening Feature										
	Improving Feature										
		Weight of moving object	Weight of stationary object	Length of moving object	Length of stationary object	Area of moving object	Area of stationary object	Difficulty of detecting and measuring	Extent of automation	Productivity	
		1	2	3	4	5	6	37	38	39	
1	Weight of moving object	+		15, 8, 29, 34		29, 17, 38, 34		28, 29, 26, 32	26, 35, 18, 19	35, 3, 24, 37	
2	Weight of stationary object		+		10, 1, 29, 35		35, 30, 13, 2	25, 28, 17, 15	2, 26, 35	1, 28, 15, 35	
3	Length of moving object	8, 15, 29, 34		+		15, 17, 4		35, 1, 26, 24	17, 24, 26, 16	14, 4, 28, 29	
4	Length of stationary object		35, 28, 40, 29		+		17, 7, 10, 40	25		30, 14, 7, 26	
5	Area of moving object	2, 17, 29, 4		14, 15, 18, 4		+		2, 36, 26, 18	14, 30, 28, 23	10, 26, 34, 2	
6	Area of stationary object		30, 2, 14, 18		26, 7, 9, 39		+	2, 35, 30, 18	23	10, 15, 17, 7	
35	Adaptability or versatility	1, 6, 15, 8	19, 15, 29, 16	35, 1, 29, 2	1, 35, 16	35, 30, 29, 7	15, 16		27, 34, 35	35, 28, 6, 37	
36	Device complexity	26, 30, 34, 36	2, 26, 35, 39	1, 19, 26, 24	26	14, 1, 13, 16	6, 36	15, 10, 37, 28	15, 1, 24	12, 17, 28	
37	Difficulty of detecting and measuring	27, 26, 28, 13	6, 13, 28, 1	16, 17, 26, 24	26	2, 13, 18, 17	2, 39, 30, 16		34, 21	35, 18	
38	Extent of automation	28, 26, 18, 35	28, 26, 35, 10	14, 13, 17, 28	23	17, 14, 13		34, 27, 25	+	5, 12, 35, 26	
39	Productivity	35, 26, 24, 37	28, 27, 15, 3	18, 4, 28, 38	30, 7, 14, 26	10, 26, 34, 31	10, 35, 17, 7	35, 18, 27, 2	5, 12, 35, 26	+	

圖 5-6. 需求 6，增加可清楚辨識導盲磚位置提醒矛盾矩陣表，本研究所繪製

需求 7：提高可判斷戶外障礙物的提醒

本研究設計白手杖時，根據視覺障礙者的使用者，所產生從白手杖探測到戶外障礙物時，會因傳統白手杖的杖身本身傳導性不佳，無法清楚分辨物件的屬性，搞不清楚打撞到的物件為何。當跨越障礙物時，也會害怕馬上面臨到沒有探測到的障礙物跟坑洞，導致受傷。有時會使用聽覺，讓物件聲音的立即回饋及自身的記憶去辨別障礙物的物件為何，但若是在陌生的環境中就無法做此辨別。

因應使用時機需求時，逐提出將白手杖提高可判斷戶外障礙物的提醒的設計。技術矛盾中可得到，當試著改善“#38.自動化程度”這個參數時，“#37.控制複雜度”這個參數會出現反效果。對於這樣的矛盾產生，“#38.自動化程度”與“#37.控制複雜度”，經由矛盾矩陣查表找出兩兩相互矛盾屬性交叉方格中的 3 個創新原則：#34. 拋棄與再生元件原理、#27. 可拋棄原理、#25. 自助原理，如圖 5-7。

A	B	C	D	E	F	G	H	AM	AN	AO	AP
	Worsening Feature										
	Improving Feature										
		Weight of moving object	Weight of stationary object	Length of moving object	Length of stationary object	Area of moving object	Area of stationary object	Difficulty of detecting and measuring	Extent of automation	Productivity	
		1	2	3	4	5	6	37	38	39	
1	Weight of moving object	+		15, 8, 29, 34		29, 17, 38, 34		28, 29, 26, 32	26, 35, 18, 19	35, 3, 24, 37	
2	Weight of stationary object		+		10, 1, 29, 35		35, 30, 13, 2	25, 28, 17, 15	2, 26, 35	1, 28, 15, 35	
3	Length of moving object	8, 15, 29, 34		+		15, 17, 4		35, 1, 26, 24	17, 24, 26, 16	14, 4, 28, 29	
4	Length of stationary object		35, 28, 40, 29		+		17, 7, 10, 40	25		30, 14, 7, 26	
5	Area of moving object	2, 17, 29, 4		14, 15, 18, 4		+		2, 36, 26, 18	14, 30, 28, 23	10, 26, 34, 2	
6	Area of stationary object		30, 2, 14, 18		26, 7, 9, 39		+	2, 35, 30, 18	23	10, 15, 17, 7	
35	Adaptability or versatility	1, 6, 15, 8	19, 15, 29, 16	35, 1, 29, 2	1, 35, 16	35, 30, 29, 7	15, 16		27, 34, 35	35, 28, 6, 37	
36	Device complexity	26, 30, 34, 36	2, 26, 35, 39	1, 19, 26, 24	26	14, 1, 13, 16	6, 36	15, 10, 37, 28	15, 1, 24	12, 17, 28	
37	Difficulty of detecting and measuring	27, 26, 28, 13	6, 13, 28, 1	16, 17, 26, 24	26	2, 13, 18, 17	2, 39, 30, 16		34, 21	35, 18	
38	Extent of automation	28, 26, 18, 35	28, 26, 35, 10	14, 13, 17, 28	23	17, 14, 13		34, 27, 25	+	5, 12, 35, 26	
39	Productivity	35, 26, 24, 37	28, 27, 15, 3	18, 4, 28, 38	30, 7, 14, 26	10, 26, 34, 31	10, 35, 17, 7	35, 18, 27, 2	5, 12, 35, 26	+	

圖 5-7. 需求 7，提高可判斷戶外障礙物的提醒矛盾矩陣表，本研究所繪製

需求 8：提高杖頭的耐用度

本研究設計白手杖時，根據視覺障礙者的使用者，所產生杖頭會因經常性的使用而磨損，卡到道路上的坑洞導致杖頭磨損壞掉無法使用。杖頭太容易磨損會影響白手杖的探測功能，讓探測功能失靈，無法作用。在戶外街道上使用白手杖時，會發生杖頭臨時斷掉或是磨損過於嚴重的情況，無法及時換新，以至於當下無法使用白手杖。

因應使用時機需求時，逐提出將白手杖提高杖頭的耐用度的設計。技術矛盾中可得到，當試著改善“# 14.強度”這個參數時，“#23. 20.固定件消耗能量”這個參數會出現反效果。對於這樣的矛盾產生，“# 14.強度”與“#20.固定件消耗能量”，經由矛盾矩陣查表找出兩兩相互矛盾屬性交叉方格中的 1 個創新原則：#35. 性質轉變，如圖 5-8。

A	B	C	D	E	F	G	H	V	W	X	Y	Z
	Worsening Feature											
	Improving Feature											
		Weight of moving object	Weight of stationary object	Length of moving object	Length of stationary object	Area of moving object	Area of stationary object	Use of energy by stationary object	Power	Loss of Energy	Loss of Sub	
		1	2	3	4	5	6	20	21	22	23	24
1	Weight of moving object	+		15, 8, 29, 34		29, 17, 38, 34			12, 36, 18, 31	6, 2, 34, 19	5, 35, 3, 31	10, 24, 35
2	Weight of stationary object		+		10, 1, 29, 35		35, 30, 13, 2	18, 19, 28, 1	15, 19, 18, 22	18, 19, 28, 15	5, 8, 13, 30	10, 15, 35
3	Length of moving object	8, 15, 29, 34		+		15, 17, 4			1, 35	7, 2, 35, 39	4, 29, 23, 10	1, 24
4	Length of stationary object		35, 28, 40, 29		+		17, 7, 10, 40		12, 8	6, 28	10, 28, 24, 35	24, 26,
5	Area of moving object	2, 17, 29, 4		14, 15, 18, 4		+			19, 10, 32, 18	15, 17, 30, 26	10, 35, 2, 39	30, 26
6	Area of stationary object		30, 2, 14, 18		26, 7, 9, 39		+		17, 32	17, 7, 30	10, 14, 18, 39	30, 16
14	Strength	1, 8, 40, 15	40, 26, 27, 1	1, 15, 8, 35	15, 14, 28, 26	3, 34, 40, 29	9, 40, 28	35	10, 26, 35, 28	35	35, 28, 31, 40	
15	Duration of action of moving object	19, 5, 34, 31		2, 19, 9		3, 17, 19			19, 10, 35, 38		28, 27, 3, 18	10
16	Duration of action by stationary object		6, 27, 19, 16		1, 40, 35				16		27, 16, 18, 38	10
17	Temperature	36, 22, 6, 38	22, 35, 32	15, 19, 9	15, 19, 9	3, 35, 39, 18	35, 38		2, 14, 17, 25	21, 17, 35, 38	21, 36, 29, 31	
18	Illumination intensity	19, 1, 32	2, 35, 32	19, 32, 16		19, 32, 26		32, 35, 1, 15	32	13, 16, 1, 6	13, 1	1, 6
19	Use of energy by moving object	12, 18, 2, 8, 31		12, 28		15, 19, 25		-	6, 19, 37, 18	12, 22, 15, 24	35, 24, 18, 5	

圖 5-8. 需求 8，提高杖頭的耐用度矛盾矩陣表，本研究所繪製

需求 10：提高杖頭辨識障礙物的能力

本研究設計白手杖時，根據視覺障礙者的使用者，所產生杖頭會因經常性的使用而磨損，卡到道路上的坑洞導致杖頭磨損壞掉無法使用。杖頭太容易磨損會影響白手杖的探測功能，讓探測功能失靈，無法作用。在戶外街道上使用白手杖時，會發生杖頭臨時斷掉或是磨損過於嚴重的情況，無法及時換新，以至於當下無法使用白手杖。在人行道上使用杖頭探測障礙物時，容易卡住路面上的小坑洞、水溝蓋。

因應使用時機需求時，逐提出將白手杖提高杖頭辨識障礙物的能力的設計。技術矛盾中可得到，當試著改善“#27.可靠度”這個參數時，“#23.物質的耗損”這個參數會出現反效果。對於這樣的矛盾產生，“#27.可靠度”與“#23.物質的損耗”，經由矛盾矩陣查表找出兩兩相互矛盾屬性交叉方格中的 4 個創新原則：#10. 預先行動原理、#35. 性質轉變、#29. 氣動或液壓原理、#39. 鈍性環境原理，如圖 5-10。

A	B	C	D	E	F	G	H	Y	Z	AA	AB
	Worsening Feature										
	Improving Feature										
		1	2	3	4	5	6	23	24	25	26
1	Weight of moving object	+		15, 8, 29, 34		29, 17, 38, 34		5, 35, 3, 31	10, 24, 35	10, 35, 20, 28	3, 26, 18, 31
2	Weight of stationary object		+		10, 1, 29, 35		35, 30, 13, 2	5, 8, 13, 30	10, 15, 35	10, 20, 35, 26	19, 6, 18, 26
3	Length of moving object	8, 15, 29, 34		+		15, 17, 4		4, 29, 23, 10	1, 24	15, 2, 29	29, 35
4	Length of stationary object		35, 28, 40, 29		+		17, 7, 10, 40	10, 28, 24, 35	24, 26	30, 29, 14	
5	Area of moving object	2, 17, 29, 4		14, 15, 18, 4		+		10, 35, 2, 39	30, 26	26, 4	29, 30, 6, 13
6	Area of stationary object		30, 2, 14, 18		26, 7, 9, 39		+	10, 14, 18, 39	30, 16	10, 35, 4, 18	2, 18, 40, 4
27	Reliability	3, 8, 10, 40	3, 10, 8, 28	15, 9, 14, 4	15, 29, 28, 11	17, 10, 14, 16	32, 35, 40, 4	10, 35, 29, 39	10, 28	10, 30, 4	21, 28, 40, 3
28	Measurement accuracy	32, 35, 26, 28	28, 35, 25, 26	28, 26, 5, 16	32, 28, 3, 16	26, 28, 32, 3	26, 28, 32, 3	10, 16, 31, 28		24, 34, 28, 32	2, 6, 32
29	Manufacturing precision	28, 32, 13, 18	28, 35, 27, 9	10, 28, 29, 37	2, 32, 29, 32	28, 33, 29, 32	2, 29, 18, 36	35, 31, 10, 24		32, 26, 28, 18	32, 30
30	Object-affected harmful factors	22, 21, 27, 39	2, 22, 13, 24	17, 1, 39, 4	1, 18	22, 1, 33, 28	27, 2, 39, 35	33, 22, 19, 40	22, 10, 2	35, 18, 34	35, 33, 29, 31
31	Object-generated harmful factors	19, 22, 15, 39	35, 22, 1, 39	17, 15, 16, 22		17, 2, 18, 39	22, 1, 40	10, 1, 34	10, 21, 29	1, 22	3, 24, 39, 1

圖 5-10. 需求 10，提高杖頭辨識障礙物的能力矛盾矩陣表，本研究所繪製

需求 12：在戶外街道行走時可使用 GPS 定位

本研究設計白手杖時，根據視覺障礙者的使用者，所產生當在熟悉的街道上行走時，突然遇到臨時的道路施工，而無法馬上立即變換可以行走的安全路徑，以致於無法順利到達所要到達的目的地。現有的電子式白手杖沒有自動引導功能，無法因應臨時的換路徑需求，去達到立即迫切需要到達的目的地。

因應使用時機需求時，逐提出將白手杖增加在戶外街道行走時可使用 GPS 定位導航裝置設計。技術矛盾中可得到，當試著改善“#38.自動化程度”這個參數時，“#37.控制複雜度”這個參數會出現反效果。對於這樣的矛盾產生，“#38.自動化程度”與“#37.控制複雜度”，經由矛盾矩陣查表找出兩兩相互矛盾屬性交叉方格中的3個創新原則：#34. 拋棄與再生元件原理、#27. 可拋棄原理、#25. 自助原理，如圖 5-12。

A	B	C	D	E	F	G	H	AL	AM	AN	AO
	Worsening Feature										
	Improving Feature										
		Weight of moving object	Weight of stationary object	Length of moving object	Length of stationary object	Area of moving object	Area of stationary object	Device complexity	Difficulty of detecting and measuring	Extent of automation	Productivity
		1	2	3	4	5	6	36	37	38	39
1	Weight of moving object	+		15, 8, 29, 34		29, 17, 38, 34		26, 30, 36, 34	28, 29, 26, 32	26, 35, 18, 19	35, 3, 24, 37
2	Weight of stationary object		+		10, 1, 29, 35		35, 30, 13, 2	1, 10, 26, 39	25, 28, 17, 15	2, 26, 35	1, 28, 15, 35
3	Length of moving object	8, 15, 29, 34		+		15, 17, 4		1, 19, 26, 24	35, 1, 26, 24	17, 24, 26, 16	14, 4, 28, 29
4	Length of stationary object		35, 28, 40, 29		+		17, 7, 10, 40	1, 26	26		30, 14, 7, 26
5	Area of moving object	2, 17, 29, 4		14, 15, 18, 4		+		14, 1, 13	2, 36, 26, 18	14, 30, 28, 23	10, 26, 34, 2
6	Area of stationary object		30, 2, 14, 18		26, 7, 9, 39		+	1, 18, 36	2, 35, 30, 18	23	10, 15, 17, 7
38	Extent of automation	28, 26, 18, 35	28, 26, 35, 10	14, 13, 17, 28	23	17, 14, 13	15, 24, 10	34, 27, 25		+	5, 12, 35, 26
39	Productivity	35, 26, 24, 37	28, 27, 15, 3	18, 4, 28, 38	30, 7, 14, 26	10, 26, 34, 31	10, 35, 17, 7	12, 17, 28, 24	35, 18, 27, 2	5, 12, 35, 26	+

圖 5-12. 需求 12，在戶外街道行走時可使用 GPS 定位矛盾矩陣表，本研究所繪製

統整上列視障者多感官白手杖之穿戴式創新設計 TRIZ 矛盾矩陣後，本研究得到下列 TRIZ 矩陣 40 創新原則之建議，如表 5-2，將此建議作為提出視障者多感官白手杖之穿戴式創新設計參考依據。

表 5-2. 視障者多感官白手杖之穿戴式創新設計 TRIZ 矩陣 40 原則之建議項目表

#16.	#29.	#01.	#28.	#17.	#27.	#08.
部分或過度的動作原理	氣動或液壓原理	分割原理	取代機械系統原理	轉換到另一個維度原理	可拋棄原理	平衡力原理
#40.	#10.	#39.	#35.	#34.	#15.	#22.
複合材料原理	預先行動原理	鈍性環境原理	性質轉變原理	拋棄與再生元件原理	動態化原理	改變有害成為有用原理
#02.	#25.	#03.	#05.	#24.	#23.	
分離原理	自助原理	改進局部性質原理	合併原理	中介物質原理	物質的損耗	

此資料由本研究整理

5-2 形態分析矩陣

本階段彙整問卷結果與 TRIZ 矩陣方案得出的 40 創新原則項目建議，建立穿戴式種類項目其對應多感官白手杖之穿戴式創新設計需求項目 TRIZ 矩陣方案之形態分析矩陣，作為視障者多感官白手杖之穿戴式新式樣設計樣本之依據。

本研究首先將需求項目的獨立要素編號，以利製表，如表 5-3：

表 5-3. 白手杖需求項目的獨立要素編號表

需求項目	獨立要素編號
取消折數	A
容易拆收	B
體積變小	C
加強尼龍繩堅固	D
增加懸吊功能	E
增加可清楚辨識導盲磚位置提醒	F
提高可判斷戶外障礙物的提醒	G
提高杖頭的耐用度	H
延長杖頭的壽命	I
提高杖頭辨識障礙物的能力	J
增加保護腰部以上的部位	K
在戶外街道行走時可使用 GPS 定位	L

資料由本研究整理

再將穿戴式種類作為可變因素項目，分別為：頭戴顯示式、手錶型、穿著式、配戴式、生物電子。形態分析矩陣製表完後，進一步分析歸納萃取得出適合本研究的 40 創新原則項目，並得出多感官白手杖之穿戴式創新設計構想的 4 個創新設計方案目標，分別如下：

5-3 創新設計構想方案__多樣化佩戴感測式白手杖

將穿戴式種類項目其對應白手杖的需求項目 TRIZ 矩陣方案之形態分析矩陣，如表 5-4 中，得到的一連串 TRIZ 之 40 創新原則項目，轉換成創新設計構想方案__多樣化佩戴感測式白手杖，如表 5-5。

表 5-4. 多樣化佩戴感測式白手杖之 TRIZ 方案之形態分析矩陣

獨立要素	穿戴式種類	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
可變因素	頭戴顯示式	#16	#17	#10	#15	#01	#34	#34	#35	#35	#10	#15	#34
	手錶型	#29	#27	#39	#35		#27	#27		#29	#35	#24	#27
	穿著式	#01	#08	#35	#22		#25	#25		#03	#29	#10	#25
	配戴式	#28	#40	#34	#02					#05	#39		
	生物電子												

此資料由本研究所編製

表 5-5. 多樣化佩戴感測式白手杖之創新設計構想

需求項目	本設計所採用的 TRIZ 矩陣建議方案	創新設計構想
取消折數	# 28：取代機械系統原理	將傳統的直杖設計成設置具有科技功能的白手杖
容易拆收	# 40：複合材料原理	將傳統的直杖設計成具有多種配戴功能的白手杖
體積變小	# 34：拋棄與再生元件原理	設計為配戴式，當視障者需要時再配戴，不需要時可以收起來
加強尼龍繩堅固	# 35：性質轉變原理	轉換為配戴式的設計，取代掉原本的尼龍繩
增加懸吊功能	# 01：分割原理	結合鍊子、皮帶，將之組合成為多樣化的使用方式
增加可清楚辨識導盲磚位置提醒	# 34：拋棄與再生元件原理	搭配藍牙耳機，當偵測到障礙物時可藍牙傳輸訊息提醒視障者
提高可判斷戶外障礙物的提醒	# 34：拋棄與再生元件原理	裝設 MEMS 微機電避障偵測器系統，提醒視障者
提高杖頭的耐用度	# 35：性質轉變原理	將傳統的直杖設計成具有多種配戴功能的白手杖
延長杖頭的壽命	# 05：合併原理	將杖頭與杖身整合為一體
提高杖頭辨識障礙物的能力	# 10：預先行動原理	在杖頭部位裝設 MEMS 微機電避障偵測器系統，提醒視障者
增加保護腰部以上的部位	# 24：中介物質原理	將配戴方式轉換成項鍊及與皮帶結合感測腰部上方的障礙物
在戶外街道行走時可使用 GPS 定位	# 34：拋棄與再生元件原理	裝設 MEMS 微機電系統 GPS 導航，透過藍牙傳輸訊息通知視障者

此資料由本研究所編製

5-3-1 創新設計構想草圖__多樣化佩戴感測式白手杖

結合以上創新設計構想，本研究的設計概念在圖面之間持續發展各種造型形態，有許多構想方案由設計速寫（Sketch）圖推演設計概念，逐次將心中的產品形象推敲定型，提出 3 款多樣化佩戴感測式白手杖構想草圖，如圖 5-13，圖 5-14，圖 5-15。

設計構想草圖方案 A

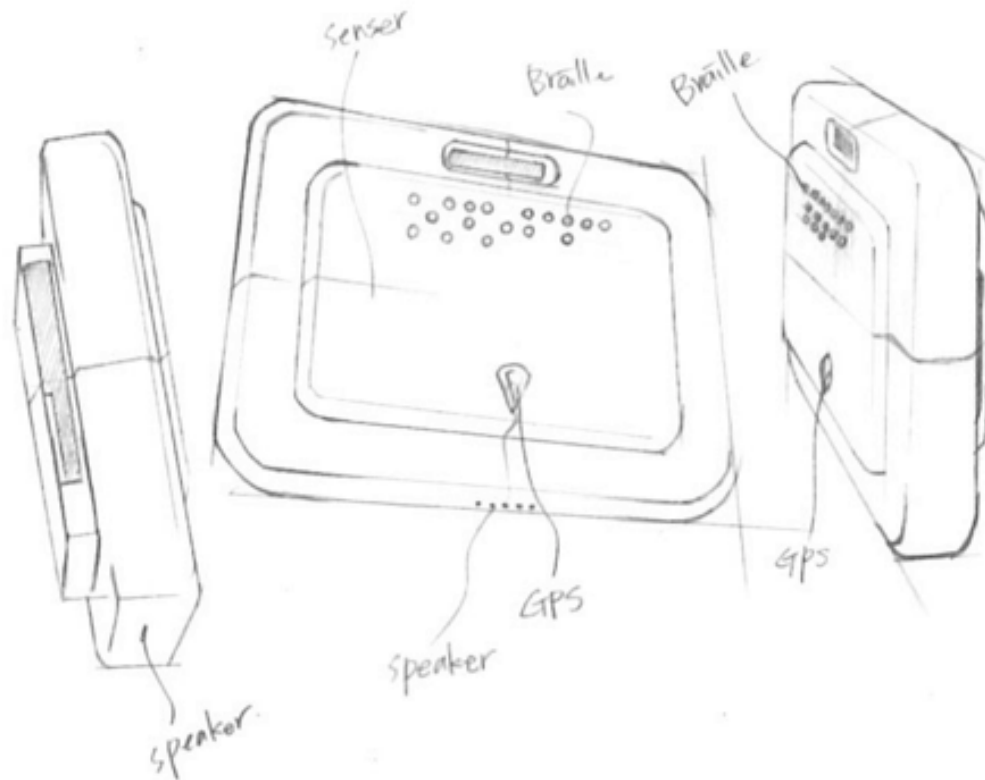


圖 5-13 設計草圖為本研究所繪製

設計概念：

將白手杖的使用方式轉變為穿戴裝置，穿戴的方式有可掛在前胸及繫在腰帶上或者綁在手臂上等。產品設有 MEMS 微型避障感應器可偵測前 100cm 以內的障礙物。提醒方式是透過前上方的藍芽傳輸將偵測到的訊息傳遞到視障者的藍芽耳機，介面設計採用點字系統，作為產品關關介面的操作。前下方有 GPS 導航系統識別按鈕，當需要時只要按下就會啟動 GPS 導航系統，當不使用藍芽時可切換使用出聲孔發出聲音訊息通知視障者。

設計構想草圖方案 B

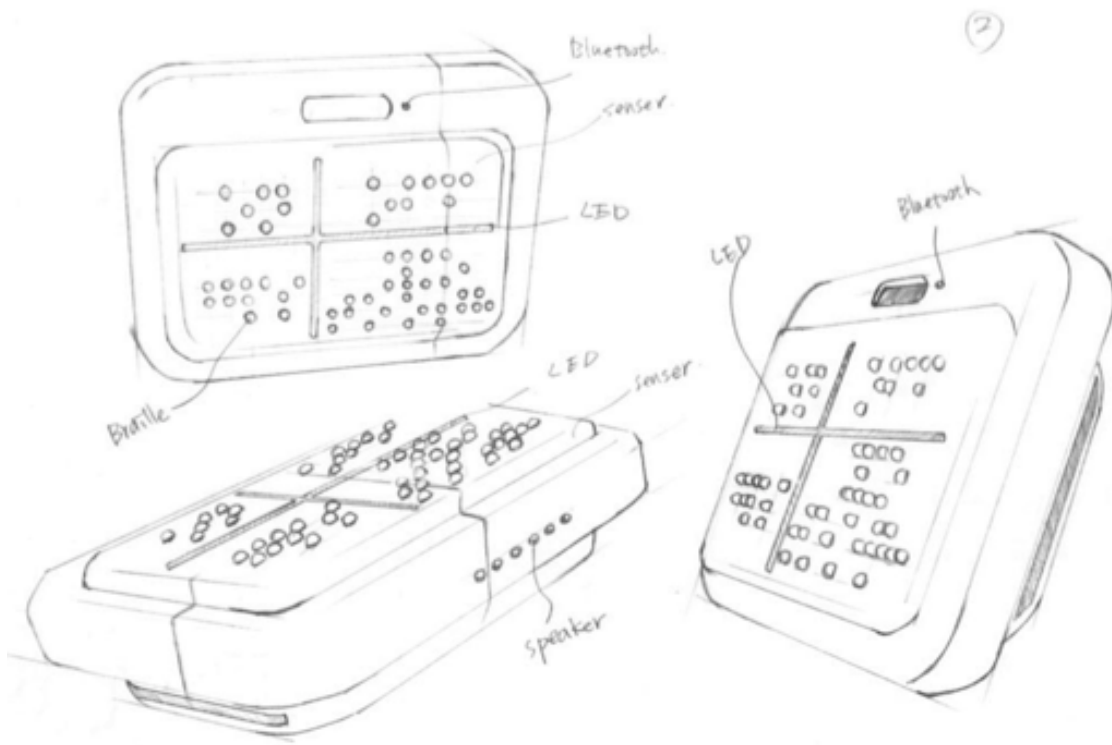


圖 5-14 設計草圖為本研究所繪製

設計概念：

將白手杖的使用方式轉變為穿戴裝置，穿戴的方式有可掛在前胸及繫在腰帶上或者綁在手臂上等。產品設有 MEMS 微型避障感應器可偵測前 100cm 以內的障礙物。提醒方式是透過前上方的藍芽傳輸將偵測到的訊息傳遞到視障者的藍芽耳機，介面設計採用點字系統，分別為產品啟動關關、藍芽啟動、GPS 導航系統開關等介面操作。當不使用藍芽時可切換使用出聲孔發出聲音訊息通知視障者，前方有十字型的 LED 警示識別，讓他人可清楚看見視障者的位置做為提高夜晚行走及外出的安全。

設計構想草圖方案 C

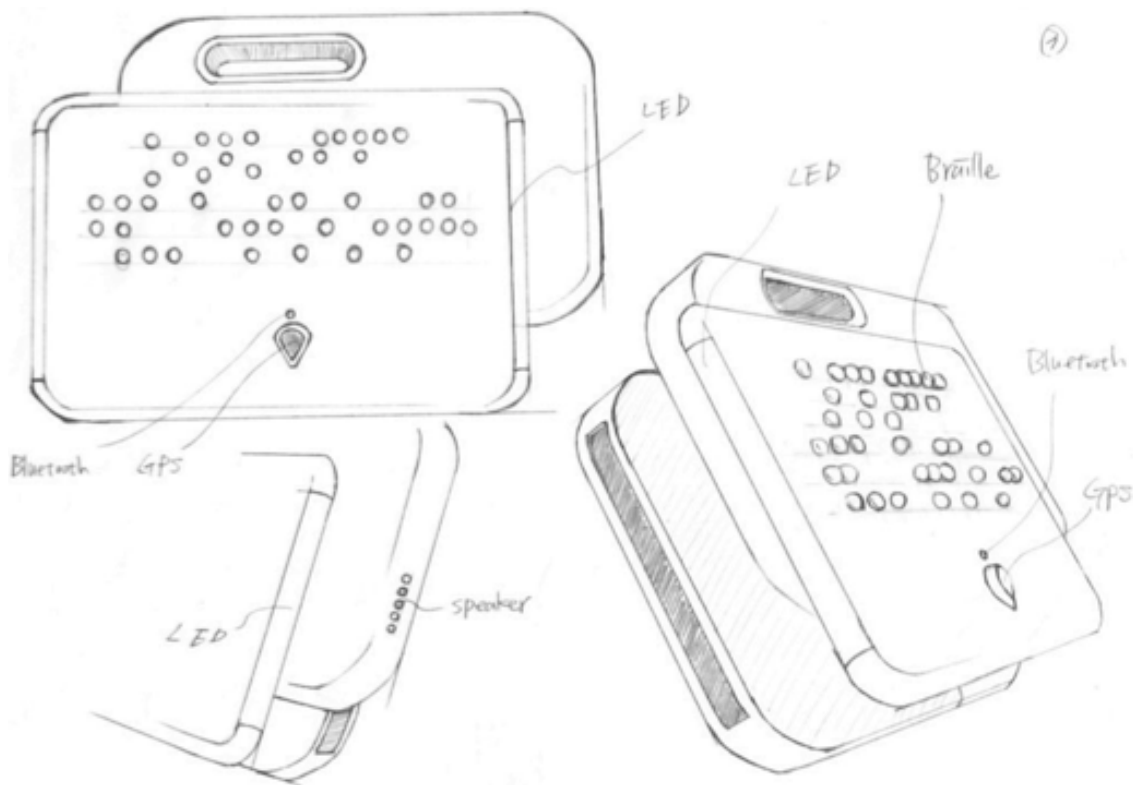


圖 5-15 設計草圖為本研究所繪製

設計概念：


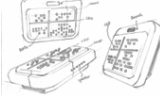
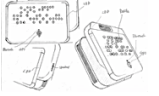
除了穿戴的方式有可掛在前胸及繫在腰帶上或者綁在手臂上等。白手杖還設有 MEMS 微型避障感應器可偵測前 100cm 以內的障礙物。介面設計採用點字系統，作為產品啟動、藍芽開關等操作介面，產品啟動除了使用點字系統外還可以用推動的方式開啟。前下方有 GPS 導航系統識別按鈕，當需要時只要按下就會啟動 GPS 導航系統。提醒方式是透過藍芽傳輸，將偵測到的訊息傳遞到視障者的藍芽耳機，當不使用藍芽時可切換使用出聲孔發出聲音訊息通知視障者。將 LED 警示識別分別設置在兩邊，讓他人可清楚看見視障者的位置做為提高夜晚行走及外出的安全。

5-3-2 普弗矩陣(Pugh Matrix)___多樣化佩戴感測式白手杖

再進一步對多樣化佩戴感測式白手杖之創新設計構想 3 個創新設計目標，進行普弗概念選擇法(Pugh concept selection)矩陣，在普弗矩陣左邊欄的產品設計屬性，依據文獻資料，將之分為五個設計屬性方向，分別為：外型設計、介面設計、通訊系統、操作方式、科技功能。在外型設計這個設計屬性方向，再依序分下一層的設計屬性子項，分別為造型設計、外殼材質。在介面設計這個設計屬性方向，再依序分下一層的設計屬性子項，為點字系統。此部份只單選一個點字系統是由於使用目標對象是視覺障礙者。在通訊系統這個設計屬性方向，再依序分下一層的設計屬性子項，分別為無線傳輸、通話系統。在操作方式這個設計屬性方向，再依序分下一層的設計屬性子項，分別為磁扣設計、按鍵設計。在科技功能這個設計屬性方向，再依序分下一層的設計屬性子項，為 MEMS 系統。

在普弗矩陣最上方欄的位置也就是設計概念，將方案 B 設為其餘準則設計構想目標的參考基準與其他設計構想目標進行比較，並計算個別設計目標之分數與排名；準則權重方面，由上至下的準則權重分別為：15%、25%、15%、20%、25%，在計算出加權分數，將其所統計總分與排名的最高分作為此創新設計方案目標最終的 3D 創新設計之白手杖產品。以下為多樣化佩戴感測式白手杖之創新設計構想 PUGH 概念選擇矩陣，如表 5-6.：

表 5-6. 多樣化佩戴感測式白手杖之創新設計構想 Pugh Matrix

				設計概念		
				方案 A. 	方案 B. 	方案 C. 
PUGH MATRIX		權重	評分	評分	評分	
產品設計屬性	外型設計	造型設計 外殼材質	15%	S	S	S
	介面設計	點字系統	25%	-	++	S
	通訊系統	無線傳輸 通話系統	15%	S	S	S
	操作方式	磁扣設計 按鍵設計	20%	-	S	++
	科技功能	MEMS 系統	25%	S	S	S
		TOTAL +		0	2	2
		TOTAL -		2	0	0
		TOTAL SCORE		-2	2	2
		WEIGHTED TOTAL +		0	0.5	0.4
		WEIGHTED TOTAL -		0.45	0	0
		WEIGHTED TOTAL SCORE		-0.45	0.5	0.4
		排序		3	1	2

此資料由本研究所編製

5-3-3 多樣化配戴感測裝置白手杖 3D 創新設計提案

將上述多樣化配戴感測式白手杖之創新設計構想矩陣 (Pugh Matrix) 中統計總分與排名的最高分做為此創新設計方案目標，最終的 3D 創新設計之白手杖產品，本研究將產品命名為「多樣化配戴感測式白手杖」，其產品設計概念描述如下：

將白手杖的使用方式轉變為穿戴裝置，穿戴的方式有可掛在前胸及繫在腰帶上或者綁在手臂上。產品設有 MEMS 微型避障感應器可偵測前 100cm 以內的障礙物。提醒方式是透過前上方的藍芽傳輸將偵測到的訊息傳遞到視障者的藍芽耳機，介面設計採用點字系統，分別為產品啟動關關、藍芽啟動、GPS 導航系統開關等介面操作。當不使用藍芽時可切換使用出聲孔發出聲音訊息通知視障者，前方有十字型的 LED 警示識別，讓他人可清楚看見視障者的位置做為提高夜晚行走及外出的安全。



圖 5-16 此 3D 圖為本研究所繪製

5-4 創新設計構想方案__穿戴式臂帶感測白手杖

將穿戴式種類項目其對應白手杖的需求項目 TRIZ 矩陣方案之形態分析矩陣，如表 5-7 中，得到的一連串 TRIZ 之 40 創新原則項目，轉換成創新設計構想方案__穿戴式臂帶感測白手杖，如表 5-8。

表 5-7. 穿戴式臂帶感測白手杖之 TRIZ 方案之形態分析矩陣

獨立要素	穿戴式種類	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
可變因素	頭戴顯示式	#16	#17	#10	#15	#01	#34	#34	#35	#35	#10	#15	#34
	手錶型	#29	#27	#39	#35		#27	#27		#29	#35	#24	#27
	穿著式	#01	#08	#35	#22		#25	#25		#03	#29	#10	#25
	配戴式	#28	#40	#34	#02					#05	#39		
	生物電子												

此資料由本研究所編製

表 5-8.穿戴式臂帶感測白手杖之創新設計構想

需求項目	本設計所採用的 TRIZ 矩陣建議方案	創新設計構想
取消折數	# 28：取代機械系統原理	將傳統的直杖設計成具有穿戴性的感測白手杖
容易拆收	# 40：複合材料原理	設計成兩端設有磁性的臂帶式感測白手杖
體積變小	# 35：性質轉變原理	將傳統的直杖設計成臂帶式
加強尼龍繩堅固	# 15：動態性原理	將原本的尼龍繩設計成具有伸縮性的臂帶式白手杖
增加懸吊功能	# 01：分割原理	改變使用方式，轉變為將白手杖繫在手臂背上
增加可清楚辨識導盲磚位置提醒	# 34：拋棄與再生元件原理	搭配藍牙耳機，當偵測到障礙物時可藍牙傳輸訊息提醒視障者
提高可判斷戶外障礙物的提醒	# 34：拋棄與再生元件原理	裝設 MEMS 微機電避障偵測器系統，提醒視障者
提高杖頭的耐用度	# 35：性質轉變原理	改變參數將之設計成臂帶式感測白手杖
延長杖頭的壽命	# 05：合併原理	將杖頭與杖身整合為一體
提高杖頭辨識障礙物的能力	# 10：預先行動原理	在臂帶上裝設 MEMS 微機電避障偵測器系統，提醒視障者
增加保護腰部以上的部位	# 24：中介物質原理	臂帶上裝設 MEMS 微機電避障偵測器系統感測腰部上方的障礙物
在戶外街道行走時可使用 GPS 定位	# 34：拋棄與再生元件原理	裝設 MEMS 微機電系統 GPS 導航，透過藍牙傳輸訊息通知視障者

此資料由本研究所編製

5-4-1 創新設計構想草圖__穿戴式臂帶感測式白手杖

結合以上創新設計構想，本研究的設計概念在圖面之間持續發展各種造型形態，有許多構想方案由設計速寫（Sketch）圖推演設計概念，逐次將心中的產品形象推敲定型，提出 3 款穿戴式臂帶感測白手杖構想草圖，如圖 5-17，圖 5-18，圖 5-19。

設計構想草圖方案 D

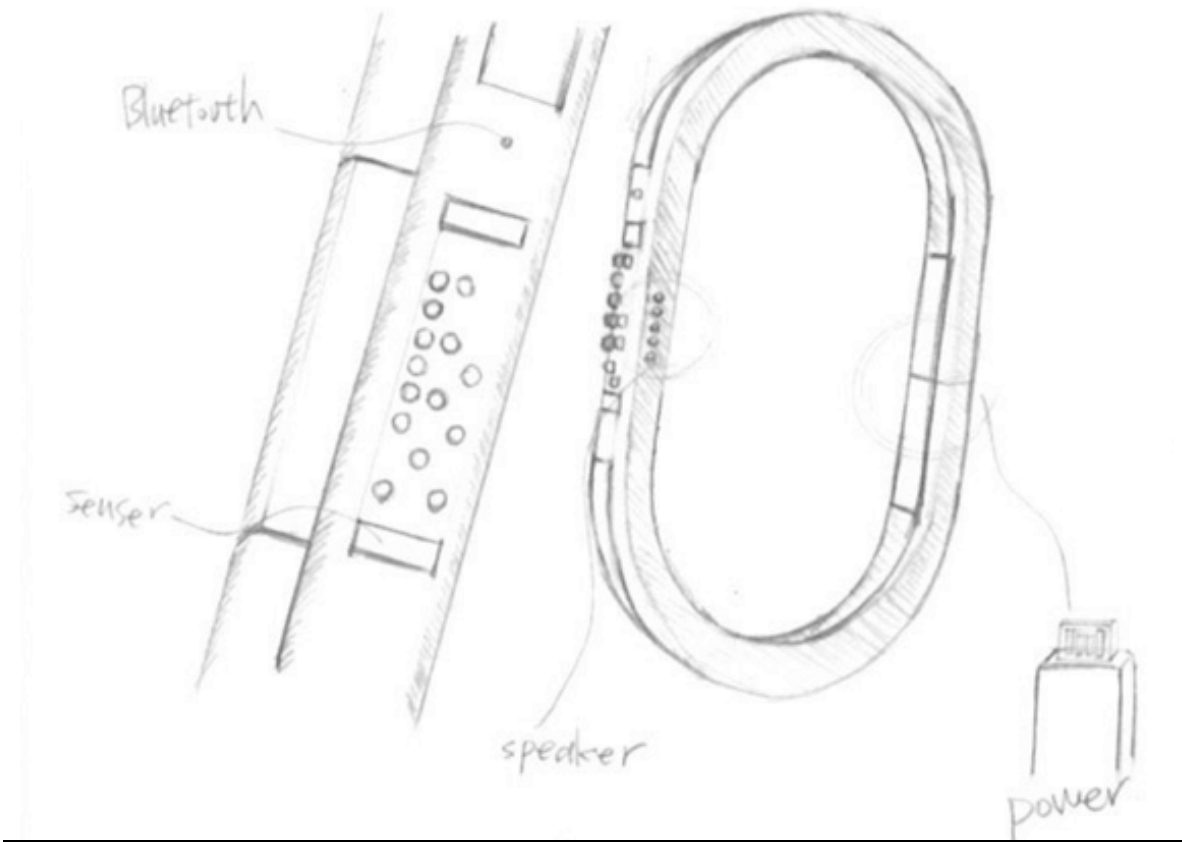


圖 5-17 此設計草圖為本研究所繪製

設計概念：

將白手杖的使用方式轉變為繫在臂上。臂帶的前上方及前下方各安裝 MEMS 感應器，可偵測腰部上方的障礙物，透過震動提醒視障者以及藍芽傳輸訊息到視障者的藍芽耳機。臂戴上有點字系統介面作為開關功能。臂帶兩端採用磁吸方式作為連結固定臂帶並設 USB 充電孔讓視障者可方便穿脫和充電。臂帶上裝設 LED 燈，可提高夜間行走安全。

設計構想草圖方案 E

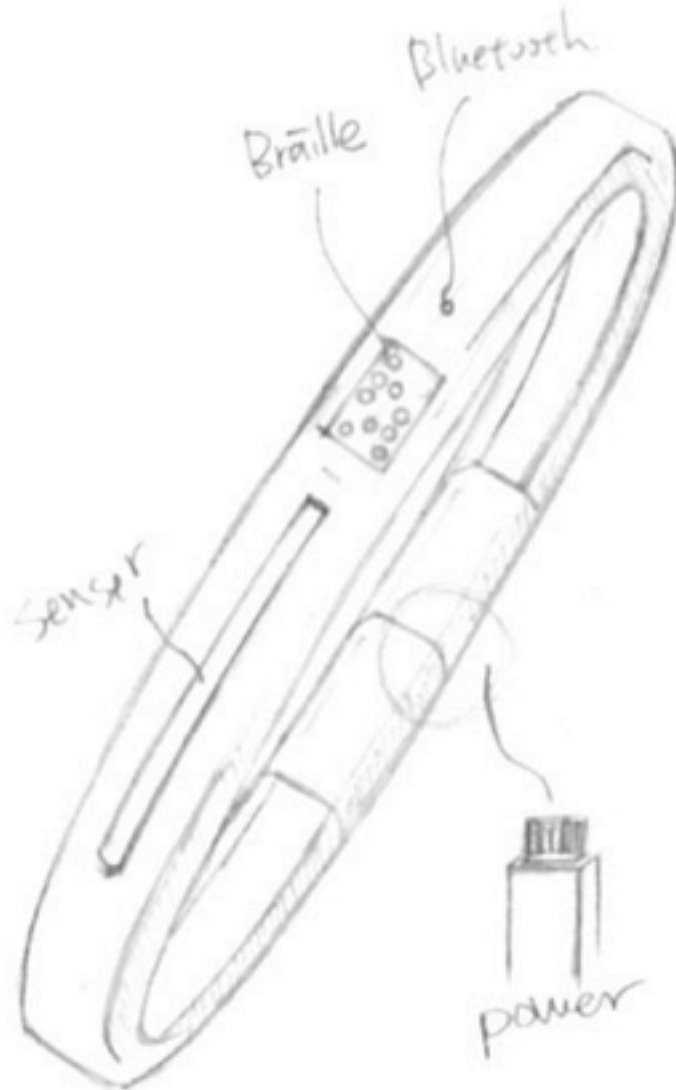


圖 5-18 此設計草圖為本研究所繪製

設計概念：

將白手杖的使用方式轉變成繫在臂上。臂帶的前下方安裝長型 MEMS 感應器，可偵測腰部上方的障礙物，透過藍芽傳輸訊息到視障者的藍芽耳機。臂帶前方設有點字系統作為開關功能介面。臂帶兩端採用磁吸方式作為連結固定臂帶並設 USB 充電孔讓視障者可方便穿脫和充電。臂帶上裝設 LED 燈，可提高夜間行走安全。

設計構想草圖方案 F

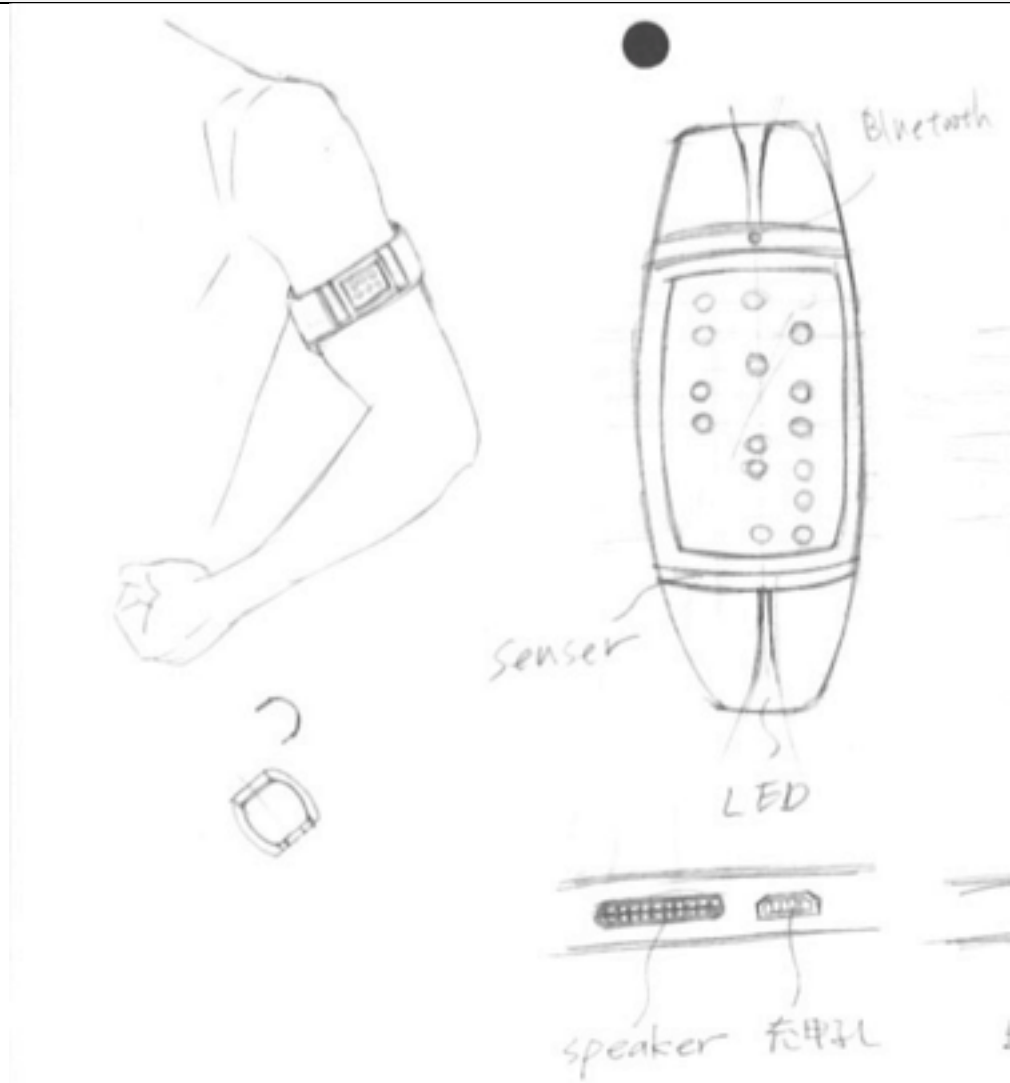


圖 5-19 此設計草圖為本研究所繪製

設計概念：

將白手杖的使用方式轉變成繫在臂上。臂帶的前方安裝 MEMS 感應器，可偵測腰部上方的障礙物，透過藍芽傳輸訊息到視障者的藍芽耳機，也可切換到出聲孔讓訊息直接透過出聲孔通知視障者。臂帶前方設有點字系統作為開關功能介面。臂帶兩端採用磁吸方式作為連結固定，臂帶側面裝設充電孔讓視障者方便充電。臂帶上裝設 LED 燈，可提高夜間行走安全。

5-4-2 普弗矩陣(Pugh Matrix) __ 穿戴式臂帶感測式白手杖

再進一步對穿戴式臂帶感測白手杖之創新設計構想 3 個創新設計目標，進行普弗概念選擇法(Pugh concept selection)矩陣，在普弗矩陣左邊欄的產品設計屬性，依據文獻資料，將之分為五個設計屬性方向，分別為：外型設計、介面設計、通訊系統、操作方式、科技功能。在外型設計這個設計屬性方向，再依序分下一層的設計屬性子項，分別為造型設計、外殼材質。在介面設計這個設計屬性方向，再依序分下一層的設計屬性子項，為點字系統。此部份只單選一個點字系統是由於使用目標對象是視覺障礙者。在通訊系統這個設計屬性方向，再依序分下一層的設計屬性子項，分別為無線傳輸、通話系統。在操作方式這個設計屬性方向，再依序分下一層的設計屬性子項，分別為磁扣設計、按鍵設計。在科技功能這個設計屬性方向，再依序分下一層的設計屬性子項，為 MEMS 系統。

在普弗矩陣最上方欄的位置也就是設計概念，將方案 E 設為其餘準則設計構想目標的參考基準與其他設計構想目標進行比較，並計算個別設計目標之分數與排名；準則權重方面，由上至下的準則權重分別為：15%、25%、15%、20%、25%，在計算出加權分數，將其所統計總分與排名的最高分作為此創新設計方案目標最終的 3D 創新設計之白手杖產品。以下為穿戴式臂帶感測白手杖之創新設計構想 PUGH 概念選擇矩陣，如表 5-9：

表 5-9. 穿戴式臂帶感測白手杖之創新設計構想 Pugh Matrix

			設計概念			
			方案 D. 	方案 E. 	方案 F. 	
PUGH MATRIX		權重	評分	評分	評分	
產品設計屬性	外型設計	造型設計 外殼材質	15%	S	S	-
	介面設計	點字系統	25%	++	S	+
	通訊系統	無線傳輸 通話系統	15%	S	S	+
	操作方式	磁扣設計 按鍵設計	20%	++	+	S
	科技功能	MEMS 系統	25%	S	+	S
		TOTAL +		4	2	2
		TOTAL -		0	0	1
		TOTAL SCORE		4	2	1
		WEIGHTED TOTAL +		0.9	0.75	0.4
		WEIGHTED TOTAL -		0	0	0.15
		WEIGHTED TOTAL SCORE		0.9	0.75	0.35
		排序		1	2	3

此資料由本研究所編製

5-4-3 穿戴式臂帶感測裝置白手杖 3D 創新設計提案

將上述穿戴式臂帶感測白手杖之創新設計構想矩陣 (Pugh Matrix) 中統計總分與排名的最高分做為此創新設計方案目標，最終的 3D 創新設計之白手杖產品，本研究將產品命名為「穿戴式臂帶感測裝置白手杖」，其產品設計概念描述如下：

將白手杖的使用方式轉變成繫在臂上。臂帶的前上方及前下方各安裝 MEMS 感應器，可偵測腰部上方的障礙物，透過震動提醒視障者以及藍芽傳輸訊息到視障者的藍芽耳機。臂戴上有點字系統介面作為開關功能。臂帶兩端採用磁吸方式作為連結固定臂帶並設 USB 充電孔讓視障者可方便穿脫和充電。臂帶上裝設 LED 燈，可提高夜間行走安全。

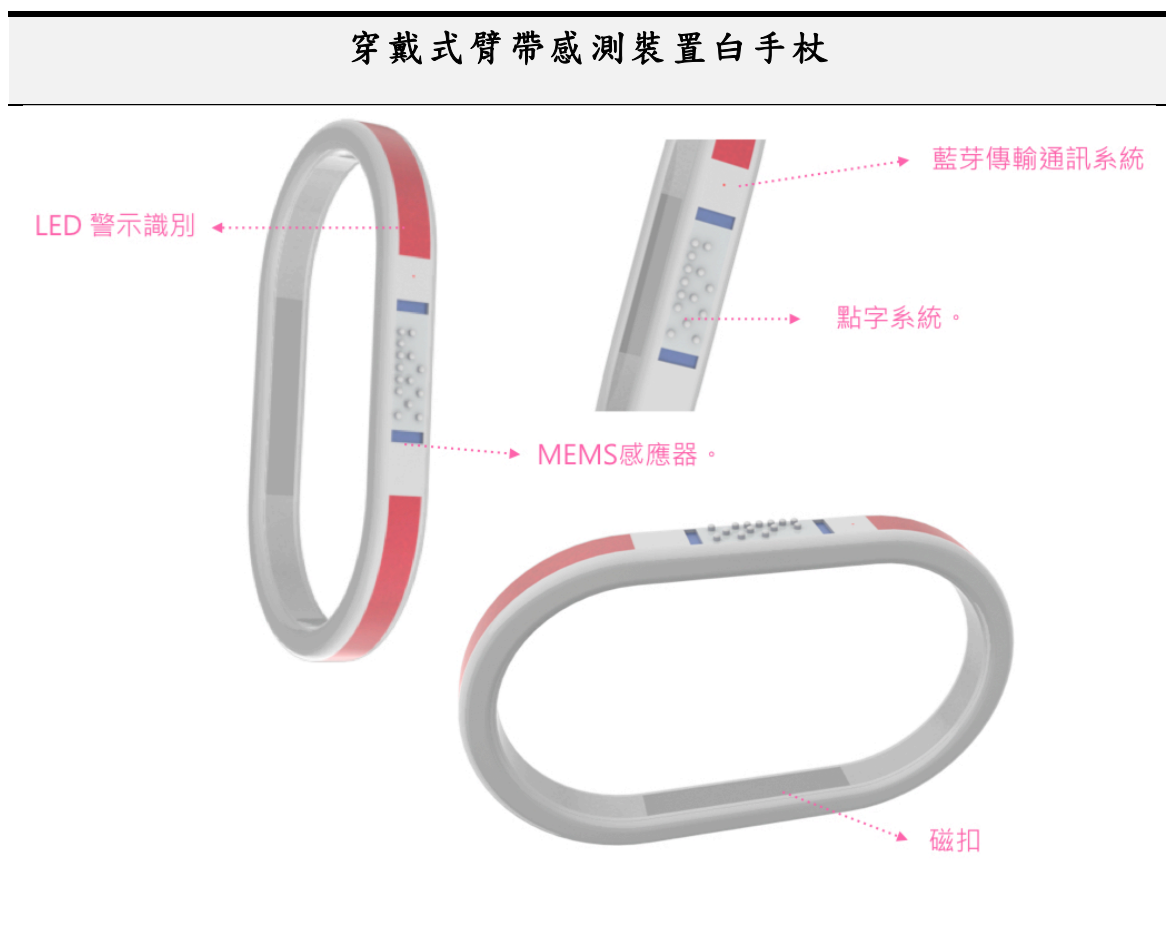


圖 5-20 此 3D 圖為本研究所繪製

5-5 創新設計構想方案__伸縮耳塞式電子感應白手杖

將穿戴式種類項目其對應白手杖的需求項目 TRIZ 矩陣方案之形態分析矩陣，如表 5-10 中，得到的一連串 TRIZ 之 40 創新原則項目，轉換成創新設計構想方案__伸縮耳塞式電子感應白手杖，如表 5-11。

表 5-10. 伸縮式智慧感測白手杖之 TRIZ 方案之形態分析矩陣

獨立要素	穿戴式種類	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
可變因素	頭戴顯示式	#16	#17	#10	#15	#01	#34	#34	#35	#35	#10	#15	#34
	手錶型	#29	#27	#39	#35		#27	#27		#29	#35	#24	#27
	穿著式	#01	#08	#35	#22		#25	#25		#03	#29	#10	#25
	配戴式	#28	#40	#34	#02					#05	#39		
	生物電子												

此資料由本研究所編製

表 5-11. 伸縮耳塞式電子感應白手杖之創新設計構想

需求項目	本設計所採用的 TRIZ 矩陣建議方案	創新設計構想
取消折數	# 29：氣動液壓原理	將傳統的直杖設計成具有開關功能的科技白手杖
容易拆收	# 17：轉換到另一個緯度原理	將傳統的直杖設計成具多層結構伸縮式的白手杖
體積變小	# 34：拋棄與再生元件原理	具多層結構伸縮式的白手杖，可使體積縮小
加強尼龍繩堅固	# 15：動態性原理	將多層結構伸縮的功能取代傳統的尼龍繩
增加可清楚辨識導盲磚位置提醒	# 27：可拋棄原理	搭配藍牙耳機，當偵測到障礙物時可藍牙傳輸訊息提醒視障者
提高可判斷戶外障礙物的提醒	# 34：拋棄與再生元件原理	杖身與杖頭各裝設 MEMS 微機電避障偵測器系統，提醒視障者
提高杖頭的耐用度	# 35：性質轉變原理	不需要時可以透過開關設計將杖身收納起來
延長杖頭的壽命	# 35：性質轉變原理	藉由藍牙耳機提早得知障礙物的訊息來降低杖頭的碰撞次數
提高杖頭辨識障礙物的能力	# 10：預先行動原理	杖頭上裝設 MEMS 微機電避障偵測器系統，提高偵測
增加保護腰部以上的部位	# 24：中介物質原理	在靠近把手的位置上裝設 MEMS 微機電避障偵測器系統
在戶外街道行走時可使用 GPS 定位	# 34：拋棄與再生元件原理	裝設 MEMS 微機電系統 GPS 導航，透過藍牙傳輸訊息通知視障者

此資料由本研究所編製

5-5-1 創新設計構想草圖__伸縮耳塞式電子感應白手杖

結合以上創新設計構想，本研究的設計概念在圖面之間持續發展各種造型形態，有許多構想方案由設計速寫（Sketch）圖推演設計概念，逐次將心中的產品形象推敲定型，提出3款伸縮式智慧感測白手杖構想草圖，如圖 5-21，圖 5-22，圖 5-23。

設計構想草圖方案 G

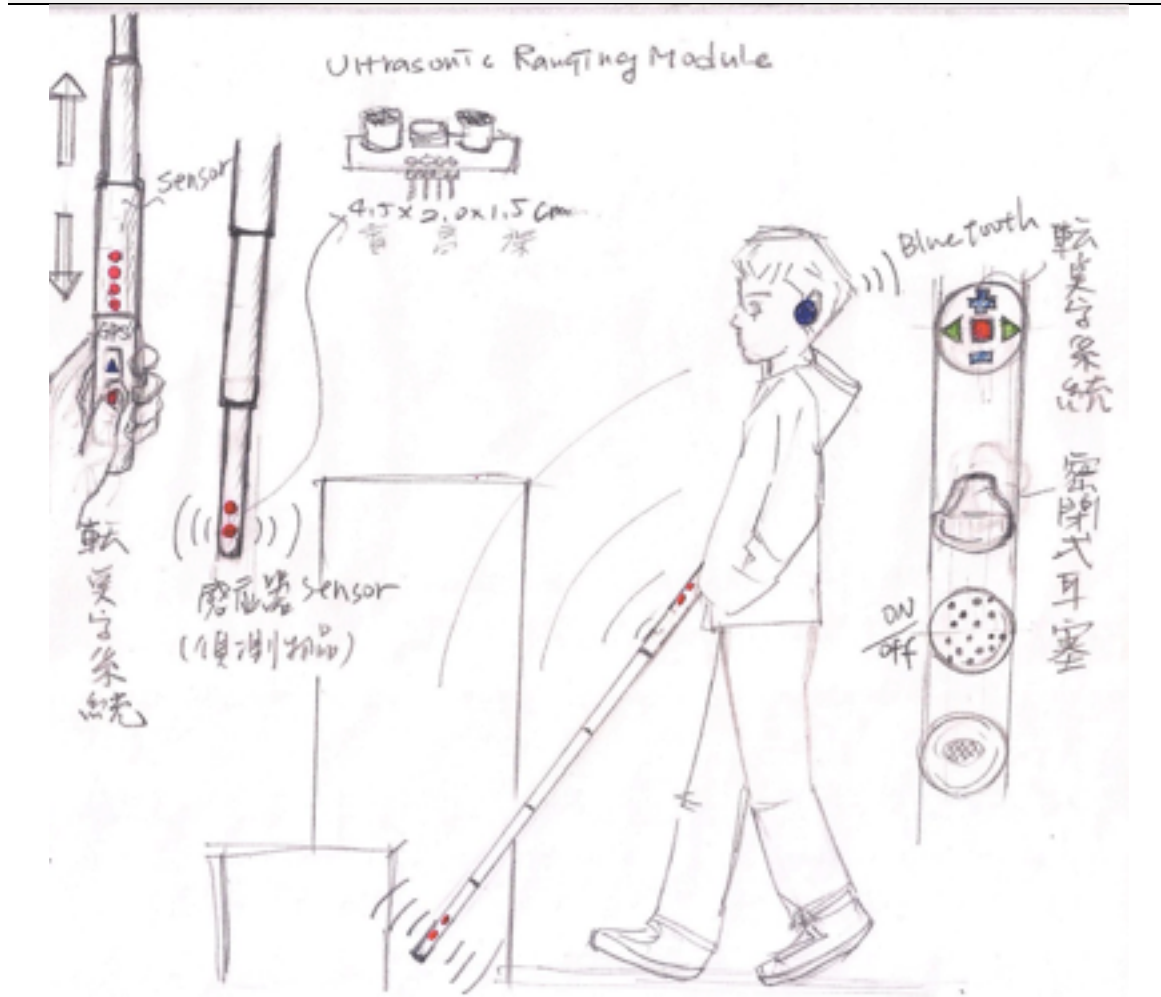


圖 5-21 此設計草圖為本研究所繪製

設計概念：

此伸縮感測白手杖具有伸縮功能，握把處採用點字系統，作為操作手杖的功能介面。白手杖最前端裝設感應器，可感應周圍障礙物，透過藍芽傳輸將訊息傳遞到視障者的藍芽耳機上，幫助視障者降低碰撞到障礙物的機會，藍芽耳機可收納在手杖的握把。

設計構想草圖方案 H

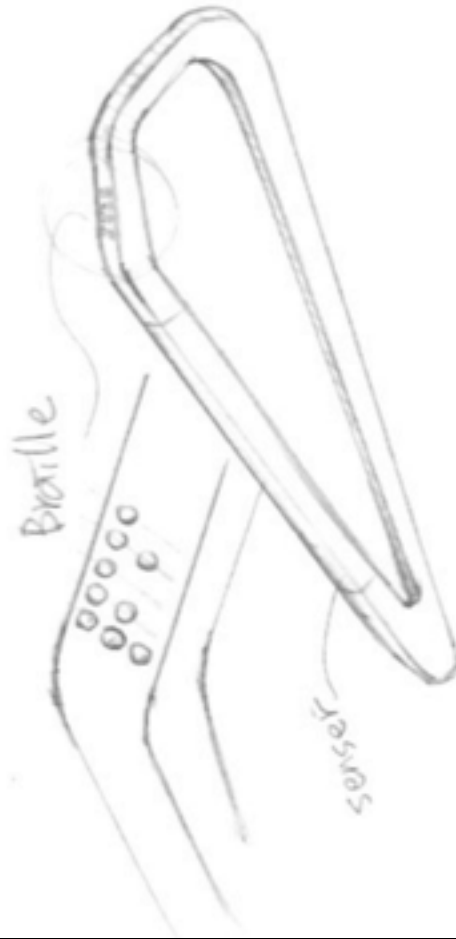


圖 5-22 此設計草圖為本研究所繪製

設計概念：

此白手杖握把處採用點字系統功能介面。在最前端裝設 MEMS 感應器，可感應周圍障礙物的位置，透過藍芽傳輸將訊息傳遞到視障者的藍芽耳機上提醒視障者，降低碰撞到周圍障礙物的機會。

設計構想草圖方案 I

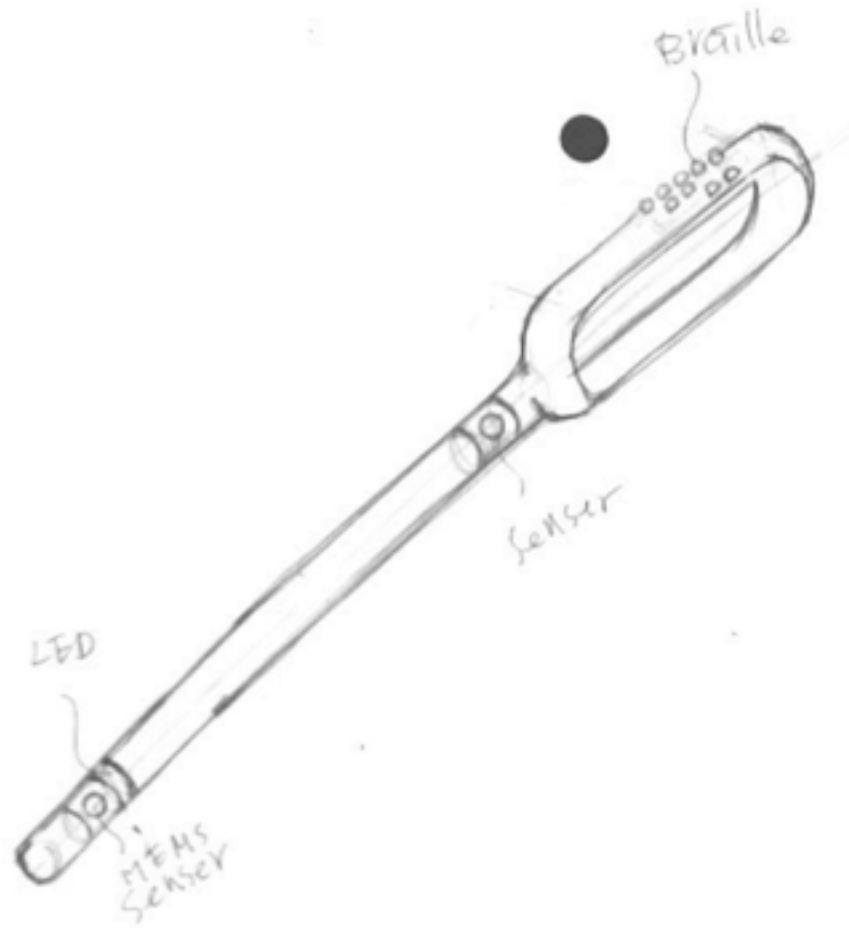


圖 5-23 此設計草圖為本研究所繪製

設計概念：

將加大白手杖握把拿取的範圍，設計成具有握、提的功能，並也可掛在手腕上以防遺失，握把處採用點字系統功能介面。在最前端及最上方裝設 MEMS 感應器，可感應周圍障礙物，透過藍芽傳輸將訊息傳遞到視障者的藍芽耳機上，幫助視障者降低碰撞到障礙物的機會。

5-5-2 普弗矩陣(Pugh Matrix)_伸縮耳塞式電子感應白手杖

再進一步對伸縮耳塞式電子感應白手杖之創新設計構想 3 個創新設計目標，進行普弗概念選擇法(Pugh concept selection)矩陣，在普弗矩陣左邊欄的產品設計屬性，依據文獻資料，將之分為五個設計屬性方向，分別為：外型設計、介面設計、通訊系統、操作方式、科技功能。在外型設計這個設計屬性方向，再依序分下一層的設計屬性子項，分別為造型設計、外殼材質。在介面設計這個設計屬性方向，再依序分下一層的設計屬性子項，為點字系統。此部份只單選一個點字系統是由於使用目標對象是視覺障礙者。在通訊系統這個設計屬性方向，再依序分下一層的設計屬性子項，分別為無線傳輸、通話系統。在操作方式這個設計屬性方向，再依序分下一層的設計屬性子項，分別為磁扣設計、按鍵設計。在科技功能這個設計屬性方向，再依序分下一層的設計屬性子項，為 MEMS 系統。

在普弗矩陣最上方欄的位置也就是設計概念，將方案 H 設為其餘準則設計構想目標的參考基準與其他設計構想目標進行比較，並計算個別設計目標之分數與排名；準則權重方面，由上至下的準則權重分別為：15%、25%、15%、20%、25%，在計算出加權分數，將其所統計總分與排名的最高分作為此創新設計方案目標最終的 3D 創新設計之白手杖產品。以下為伸縮耳塞式電子感應白手杖之創新設計構想 PUGH 概念選擇矩陣，如表 5-12.：

表 5-12. 伸縮耳塞式電子感應白手杖之創新設計構想 Pugh Matrix

				設計概念		
				方案 G. 	方案 H. 	方案 I. 
PUGH MATRIX		權重	評分	評分	評分	
產品設計屬性	外型設計	造型設計 外殼材質	15%	+	S	S
	介面設計	點字系統	25%	S	S	S
	通訊系統	無線傳輸 通話系統	15%	+	S	S
	操作方式	磁扣設計 按鍵設計	20%	+	-	-
	科技功能	MEMS 系統	25%	-	S	+
TOTAL +			3	0	1	
TOTAL -			1	1	1	
TOTAL SCORE			2	-1	0	
WEIGHTED TOTAL +			0.5	0	0.25	
WEIGHTED TOTAL -			0.25	0.2	0.2	
WEIGHTED TOTAL SCORE			0.25	-0.2	0.05	
排序			1	3	2	

此資料由本研究所編製

5-5-3 伸縮耳塞式電子感應白手杖 3D 創新設計提案

將上述伸縮耳塞式電子感應白手杖之創新設計構想矩陣 (Pugh Matrix) 中統計總分與排名的最高分做為此創新設計方案目標,最終的3D創新設計之白手杖產品,本研究將產品命名為「伸縮耳塞式電子感應白手杖」,其產品設計概念描述如下:

此伸縮感測白手杖具有伸縮功能,握把處採用點字系統,作為操作手杖的功能介面。白手杖最前端及最上端各裝設避障感應器,可感應周圍障礙物,幫助視障者降低碰撞障礙物的機會。訊息的提醒方式是透過藍芽傳輸,將訊息傳遞到視障者的無線藍芽耳機上,無線藍芽耳機可收納在手杖的握把,避免遺失。

伸縮耳塞式電子感應白手杖



圖 5-24 此 3D 圖為本研究所繪製

5-6 創新設計構想方案__Open Eyes 智慧感測裝置白手杖

將穿戴式種類項目其對應白手杖的需求項目 TRIZ 矩陣方案之形態分析矩陣，如表 5-13 中，得到的一連串 TRIZ 之 40 創新原則項目，轉換成創新設計構想方案__Open Eyes 智慧感測裝置白手杖，如表 5-14。

表 5-13 Open Eyes 智慧感測裝置白手杖之 TRIZ 方案之形態分析矩陣

獨立要素	穿戴式種類	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
可變因素	頭戴顯示式	#16	#17	#10	#15	#01	#34	#34	#35	#35	#10	#15	#34
	手錶型	#29	#27	#39	#35		#27	#27		#29	#35	#24	#27
	穿著式	#01	#08	#35	#22		#25	#25		#03	#29	#10	#25
	配戴式	#28	#40	#34	#02					#05	#39		
	生物電子												

此資料由本研究所編製

表 5-14. Open Eyes 智慧感測裝置白手杖之創新設計構想

需求項目	本設計所採用的 TRIZ 矩陣建議方案	創新設計構想
取消折數	# 01：分割原理	將傳統的直杖設計成設置具有科技功能的白手杖
容易拆收	# 08：平衡力原理	設計成具有磁性配戴功能的白手杖
體積變小	# 35：性質轉變原理	設計為穿戴裝置的白手杖
加強尼龍繩堅固	# 22：改變有害成為有用原理	利用磁力相吸的原理取代傳統的尼龍繩
增加懸吊功能	# 01：分割原理	利用磁力相吸的原理可將白手杖別在胸前
增加可清楚辨識導盲磚位置提醒	# 25：自助原理	裝設 MEMS 微機電避障偵測器系統，利用藍牙傳輸訊息提醒視障者
提高可判斷戶外障礙物的提醒	# 34：拋棄與再生元件原理	裝設 MEMS 微機電避障偵測器系統，利用藍牙傳輸訊息提醒視障者
提高杖頭的耐用度	# 35：性質轉變原理	將白手杖別在胸前藉此改變使用方式，提高杖身的耐用度
延長杖頭的壽命	# 03：局部品質原理	將白手杖別在胸前藉此改變使用方式，延長杖頭的壽命
提高杖頭辨識障礙物的能力	# 10：預先行動原理	裝設 MEMS 微機電避障偵測器系統
增加保護腰部以上的部位	# 10：預先行動原理	將裝設 MEMS 微機電避障偵測器系統的白手杖安置在胸前
在戶外街道行走時可使用 GPS 定位	# 34：拋棄與再生元件原理	裝設 MEMS 微機電系統 GPS 導航，透過藍牙傳輸訊息通知視障者

此資料由本研究所編製

5-6-1 創新設計構想草圖__Open Eyes 智慧感測裝置白手杖

結合以上創新設計構想，本研究的設計概念在圖面之間持續發展各種造型形態，有許多構想方案由設計速寫（Sketch）圖推演設計概念，逐次將心中的產品形象推敲定型，提出 3 款 Open Eyes 智慧感測裝置白手杖構想草圖，如圖 5-25，圖 5-26，圖 5-27。

設計構想草圖方案 J

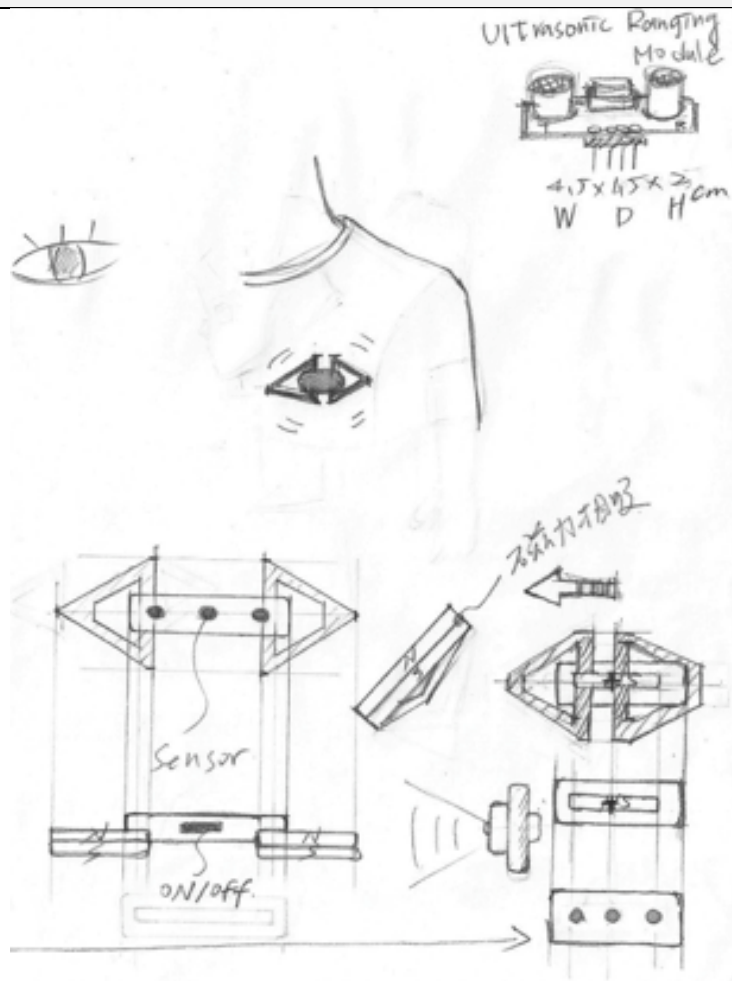


圖 5-25 此設計草圖為本研究所繪製

設計概念：

將產品語言從傳統的直杖轉換成具有象徵符號的眼睛造型。使用方式為將之打開，可同時啟動感應器裝置；將之合閉便是將裝置關閉。配戴方式採別在胸前，此位置除了可以偵測到腰部以上的障礙物位置也可作為提醒他人的識別裝置。

設計構想草圖方案 K

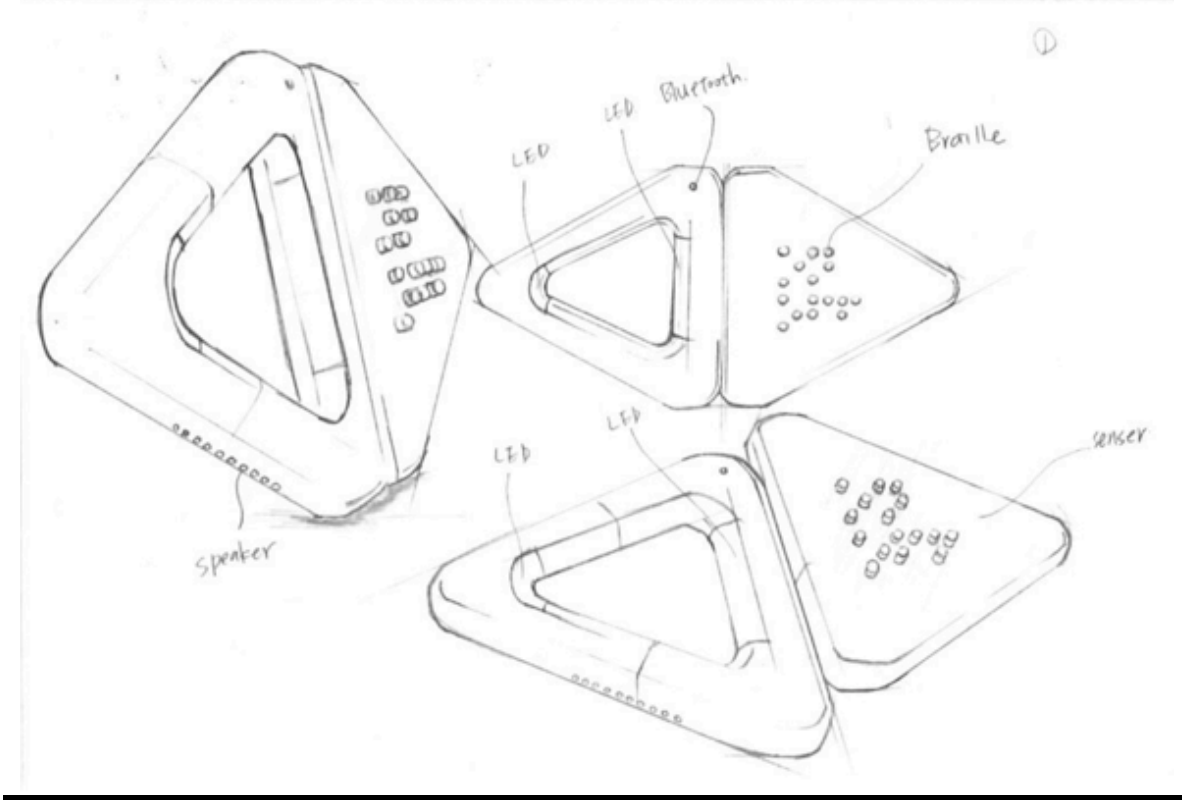


圖 5-26 此設計草圖為本研究所繪製

設計概念：

將產品語言從傳統的直杖轉換成具有象徵符號的眼睛造型。使用方式為將之打開，可同時啟動感應器裝置；將之合閉便是將裝置關閉。配戴方式採別在胸前，此位置除了可以偵測到腰部以上的障礙物位置也可作為提醒他人的意義。產品設有 MEMS 微型避障感應器可偵測前 100cm 以內的障礙物。提醒方式是透過前上方的藍芽傳輸將偵測到的訊息傳遞到視障者的藍芽耳機，介面設計採用點字系統，分別為藍芽啟動、GPS 導航系統開關等介面操作。當不使用藍芽時可切換使用出聲孔發出聲音訊息通知視障者，在夜晚視障者可以開啟使用 LED 警示識別讓他人可清楚看見視障者的位置以提高行走及外出的安全。

設計構想草圖方案 I

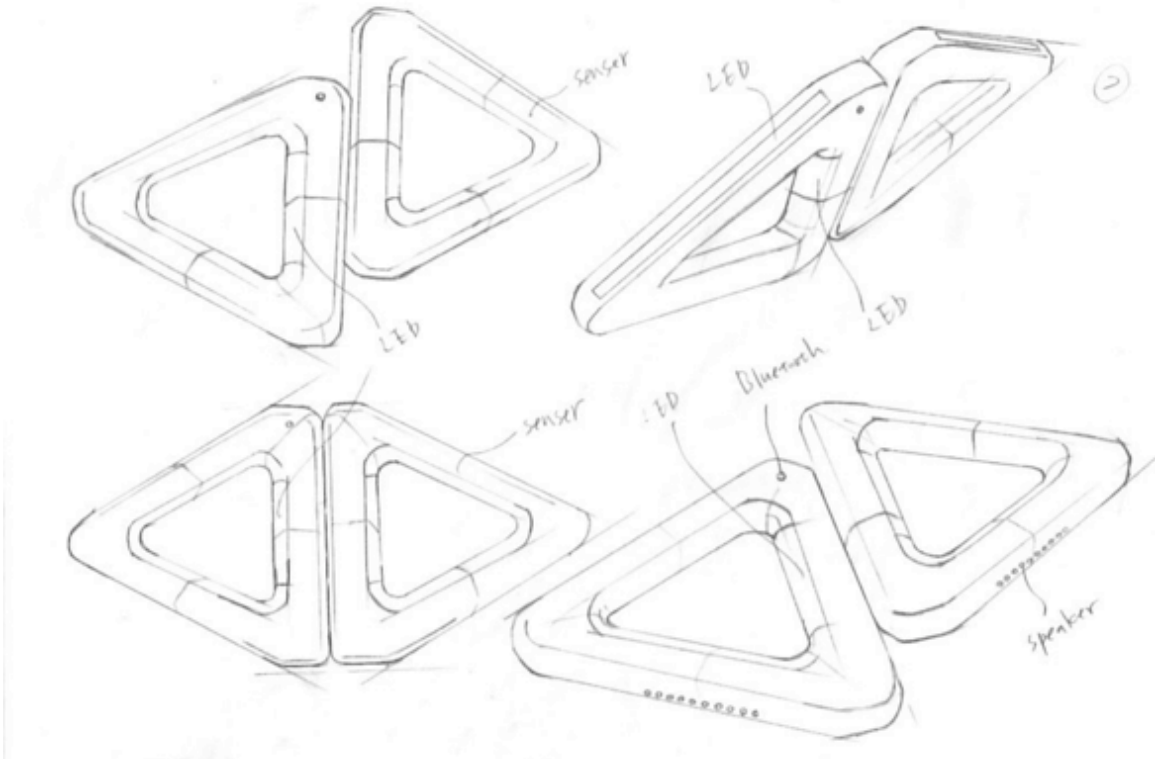


圖 5-27 此設計草圖為本研究所繪製

設計概念：

將產品語言從傳統的直杖轉換成具有象徵符號的 Open Eyes 造型。使用方式為將之上下打開，可同時啟動 MEMS 感應器裝置，可以偵測到腰部以上的障礙物；將之合閉便是將裝置關閉。配戴方式採別在胸前，此位置除了可以偵測到腰部以上的障礙物也可作為提醒他人的識別裝置。提醒方式是透過前上方的藍芽傳輸將偵測到的訊息傳遞到視障者的藍芽耳機，當不使用藍芽時可切換使用出聲孔發出聲音訊息通知視障者，在夜晚視障者可以開啟使用 LED 警示識別讓他人可清楚看見視障者的位置以提高行走及外出的安全。

5-6-2 普弗矩陣(Pugh Matrix)_Open Eyes 智慧感測裝置白手杖

再進一步對 Open Eyes 智慧感測裝置白手杖之創新設計構想 3 個創新設計目標，進行普弗概念選擇法(Pugh concept selection)矩陣，在普弗矩陣左邊欄的產品設計屬性，依據文獻資料，將之分為五個設計屬性方向，分別為：外型設計、介面設計、通訊系統、操作方式、科技功能。在外型設計這個設計屬性方向，再依序分下一層的設計屬性子項，分別為造型設計、外殼材質。在介面設計這個設計屬性方向，再依序分下一層的設計屬性子項，為點字系統。此部份只單選一個點字系統是由於使用目標對象是視覺障礙者。在通訊系統這個設計屬性方向，再依序分下一層的設計屬性子項，分別為無線傳輸、通話系統。在操作方式這個設計屬性方向，再依序分下一層的設計屬性子項，分別為磁扣設計、按鍵設計。在科技功能這個設計屬性方向，再依序分下一層的設計屬性子項，為 MEMS 系統。

在普弗矩陣最上方欄的位置也就是設計概念，將方案 J 設為其餘準則設計構想目標的參考基準與其他設計構想目標進行比較，並計算個別設計目標之分數與排名；準則權重方面，由上至下的準則權重分別為：15%、25%、15%、20%、25%，在計算出加權分數，將其所統計總分與排名的最高分作為此創新設計方案目標最終的 3D 創新設計之白手杖產品。以下為 Open Eyes 智慧感測裝置白手杖之創新設計構想 PUGH 概念選擇矩陣，如表 5-15：

表 5-15. Open Eyes 智慧感測裝置白手杖之創新設計構想 Pugh Matrix

			設計概念			
			圖 1. 	圖 2. 	圖 3. 	
PUGH MATRIX		權重	評分	評分	評分	
產品設計屬性	外型設計	造型設計 外殼材質	15%	+	++	S
	介面設計	點字系統	25%	-	+	S
	通訊系統	無線傳輸 通話系統	15%	S	S	S
	操作方式	磁扣設計 按鍵設計	20%	S	+	+
	科技功能	MEMS 系統	25%	-	S	S
TOTAL +			1	4	1	
TOTAL -			2	0	0	
TOTAL SCORE			-1	4	1	
WEIGHTED TOTAL +			0.15	0.5	0.2	
WEIGHTED TOTAL -			0.5	0	0	
WEIGHTED TOTAL SCORE			-0.35	0.5	0.2	
排序			3	1	2	

此資料由本研究所編製

5-6-3 Open Eyes 智慧感測裝置白手杖 3D 創新設計提案

將上述 Open Eyes 智慧感測裝置白手杖之創新設計構想矩陣（Pugh Matrix）中統計總分與排名的最高分做為此創新設計方案目標，最終的 3D 創新設計之白手杖產品，本研究將產品命名為「Open Eyes 智慧感測裝置白手杖」，其產品設計概念描述如下：

將產品語言從傳統的直杖轉換成具有象徵符號的眼睛造型。使用方式為將之打開，可同時啟動感應器裝置；將之合閉便是將裝置關閉。配戴方式採別在胸前，此位置除了可以偵測到腰部以上的障礙物位置也可作為提醒他人的意義。產品設有 MEMS 微型避障感應器可偵測前 100cm 以內的障礙物。提醒方式是透過前上方的藍芽傳輸將偵測到的訊息傳遞到視障者的藍芽耳機，介面設計採用點字系統，分別為藍芽啟動、GPS 導航系統開關等介面操作。當不使用藍芽時可切換使用出聲孔發出聲音訊息通知視障者，在夜晚視障者可以開啟使用 LED 警示識別讓他人可清楚看見視障者的位置以提高行走及外出的安全。

Open Eyes 智慧感測裝置白手杖



圖 5-28 此 3D 圖為本研究所繪

第六章 結論與未來研究方向

6-1 結論

本研究的成果主要有：其一，在產品設計初期經過問卷統計資料分析能幫助設計師有組織、有系統的將大量繁雜的訊息組合成有意義的設計特點之方向。其二，使用系統性創新設計方法，如TRIZ 39項工程參數（39 Engineering Parameters）、40創新原則(40 Inventive Principles)、形態分析法(Morphological Analysis)、概念構圖（Sketch）及普弗概念選擇法(Pugh concept selection)等系統性創新設計方法，能幫助設計師有組織、有系統的將零碎記憶訊息組合成有意義的設計方向，也能夠清楚地歸納、統整、啟發及延伸自己的思考架構並整合大量的訊息，此系統性創新設計方法有助於設計師提出不同設計方向的解題。故本研究提出新式樣多感官穿戴感測裝置的白手杖產品創新設計流程，經由此設計案例的分析，引導設計師對於產品創新設計流程的瞭解並能夠產生即時的協助，藉由一些建議使用的系統性創新法則，縮短設計時程，提供不同的創新設計解題路徑。

本研究以提出新式樣多感官穿戴感測裝置的白手杖驗證本研究設計流程的可行性，以茲將本研究主要貢獻整理如下：

1. 透過問卷調查及統計資料分析發現重度程度的視覺障礙者比極重度程度的視覺障礙者更容易將產品損壞，較不清楚戶外障礙物的屬性，也較不熟悉戶外街道的環境，現有的白手杖確實無法有效解決避免碰撞腰部以上障礙物的問題。
2. 結合 TRIZ、形態分析法(Morphological Analysis)、概念構圖（Sketch）及普弗概念選擇法(Pugh concept selection)等系統性創新設計方法，在思考過程中充分利用系統性創新設計方法工具，能有效率地拓展設計師腦海中的構思來衍生出創新概念，故本研究有效提出 4 款新式樣多感官穿戴感測裝置的白手杖產品。

6-2 建議

本研究所提出新式樣多感官穿戴感測裝置的白手杖，仍有許多設計方向能再進行深入研究，故對於未來研究方向提出以下 3 點建議：

1. 若有多屬性決策法 AHP 工具的增加選用，可從有限個可行設計目標方案中，透過一套選擇程序評估各屬性的相對重要性，然後界定出各可行設計目標方案中的最佳化設計方案作為符合設計決策者理想的目標方案。
2. 建議運用設計品質管理 DFSS 相關工具，增加工業設計師的設計能力，將可更增添產品創意空間及更具可行性。
3. 建議可運用本研究所提出 4 款新式樣多感官穿戴感測裝置的白手杖產品方案，當做後續其他產業研究設計創新的參考，創造更多元的設計及創新目標。

參考文獻

英文文獻

Altshuller, G. (1998). *40 Principles: TRIZ Keys to Technical Innovation* (L. Shulyak & S. Rodman, Trans.). Worcester, MA: Technical Innovation Center.

Altshuller, G. (1999). *The Innovation Algorithm : TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity* (L. Shulyak & S. Rodman, Trans.). Worcester, MA: Technical Innovation Center.

Dourson, S. (2004). The 40 Inventive Principles of TRIZ Applied to Finance. *The TRIZ Journal, October 2004*.

El-Murad, J. & West, D. C. (2004). The definition and measurement of creativity: What do we know? *Journal of Advertising Research, 44* (2), 188-201.

Heufler, G. (2004). *Design Basics: From Ideas to Products*. Sulgen: Niggli Verlag AG.

Leon, N. (2003). Putting TRIZ into product design. *Design Management Journal, 14*(2), 58-64.

Marsh, D. G., Waters, F. H., & Marsh, T. D. (2004). 40 Inventive Principles with Applications in Education . *The TRIZ Journal, April 2004*.

Retseptor, G. (2005). 40 Inventive Principles in Marketing, Sales and Advertising *The TRIZ Journal, April 2005*.

Verganti, R. (2008). Design, meanings, and radical innovation: A metamodel and a research agenda*. *Journal of product innovation management, 25*(5), 436-456.

Verganti, R. (2013). *Design driven innovation: changing the rules of competition by radically innovating what things mean*. Harvard Business Press.

Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2000). *Product Design and Development*. New York: Irwin/McGraw-Hill.

Bar-Cohen, Y., (2005), “*Biomimetics: Mimicking and Inspired by Biology*,” Proceedings of the SPIE Smart Structures Conference, SPIE Vol. 5759-02, San Diego, CA., USA, March 7~10.

Carrozza, M. C., Massa, B., Micera, S., Lazzarini, R., Zecca, M., & Dario, P. (2002). “The development of a novel prosthetic hand-ongoing research and preliminary results. *Mechatronics*”, *IEEE/ASME Transactions on*, 7(2), 108-114.

Chiu, R. S. and Cheng, S. T., “*The application of innovative technology for improvement of heat insulation performance on the steel deck roofs*,” *The CRIOCM2009 International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate*, Nanjing, China, Vol. 6, pp. 2657- 2664 (2009).

Pradeep, V., Medioni, G., & Weiland, J. (2010, August). “A wearable system for the visually impaired”. In *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010 Annual International Conference of the IEEE* (pp. 6233-6236). IEEE.

Gao, Y., Chandrawanshi, R., Nau, A. C., & Tse, Z. T. H. (2015). “Wearable Virtual White Cane Network for navigating people with visual impairment”. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*, 229(9), 681-688.

Hill, J., & Black, J. (2003). “The Miniguide: A New Electronic Travel Device”. *Journal Of Visual Impairment & Blindness*, 97(10), 655-656.

Pallejà, T., Tresanchez, M., Teixidó, M., & Palacin, J. (2010). Bioinspired electronic white cane implementation based on a LIDAR, a tri-axial accelerometer and a tactile belt. *Sensors*, 10(12), 11322-11339.

Foxlin, S. C. (2014). "Designing for People with Visual Impairments." *Journal Of Visual Impairment & Blindness*, 108(4), 342-346.

Dae Shik, K., & Emerson, R. W. (2014). "Effect of Cane Technique on Obstacle Detection with the Long Cane" . *Journal Of Visual Impairment & Blindness*, 108(4), 335-340.

Johnson V., P. H.(2001). *Recommendations for increased access to mobile telephony for visually Impaired people*. Paper presented at the Assistive technology: added value to the quality of life, AAATE'01.

Manduchi, R., & Coughlan, J.(2008). *Portable and Mobile Systems in Assistive Technology*. Paper presented at the Proceedings of the 11th international conference on Computers Helping People with Special Needs, linz, Austria.

Kim, S. Y., & Cho, K. (2013). Usability and design guidelines of smart canes for users with visual impairments. *International Journal of Design*, 7(1).

Kokotovich, V., & Purcell, T. (2000). Mental synthesis and creativity in design: an experimental examination. *Design studies*, 21(5), 437-449.

Bilda, Z., Gero, J. S., & Purcell, T. (2006). To sketch or not to sketch? That is the question. *Design studies*, 27(5), 587-613.

Jonson, B. (2005). Design ideation: the conceptual sketch in the digital age. *Design studies*, 26(6), 613-624.

Segers, N. M., De Vries, B., & Achten, H. H. (2005). Do word graphs stimulate design?. *Design Studies*, 26(6), 625-647.

Smith, G. J., & Gero, J. S. (2005). What does an artificial design agent mean by being 'situated'?. *Design studies*, 26(5), 535-561.

Guilford, J. P., & Hoepfner, R. (1971). *The analysis of intelligence*. McGraw-Hill Companies.

Higgins, J. M. (1995). The core competence: innovation. *Planning Review*,23(6), 32-35.

Zaltman, G., Duncan, R., & Holbek, J. (1973). *Innovations and organizations*(Vol. 1973).
New York: Wiley.

Barron, F. (1969). Creative person and creative process.

Pugh, S. (2009). *The Systems Engineering Tool Box*.

日文文獻

中川 徹(2012). 問題/課題を捉えるための複数モデルによる考察法:創造的な問題解決/課題達成の方法の確立と普及のために.日本 TRIZ シンポジウム,2012;に再録. TRIZ ホームページ .

中川 徹(2012). 創造的な問題解決・課題達成の方法の体系を確立し、普及させる-複数モデル構築法から導いた新しい目標の認識. TRIZ ホームページ .

中川 徹 (2013). 創造的な問題解決・課題達成のための一般的な方法論を確立しよう. TRIZホームページ .

中文文獻

Tim Brown，2010，設計思考改造世界，聯經出版公司。

Roberto Verganti，2011，設計力創新，馬可孛羅文化事業股份有限公司。

Victor Papanek，2013，為真實世界設計：人類生態與社會變遷，五南圖書公司。

沈翠蓮，2005，創意原理與設計，五南圖書出版股份有限公司。

台灣創意設計中心，2010，征服全球的歐美創意團隊21+，財團法人台灣創意設計中心。

萬明美，2001，視障教育，五南圖書出版股份有限公司。

內政部，2007，《中華民國九十五年身心障礙者生活需求調查報告》，台北:內政部。

內政部，2009，《身心障礙者權益保障白皮書》，台北:內政部。

曾怡惇(2012)。盲生觸覺與生物科教學策略之探究，*國小特殊教育*，(53)，1-12。

杞昭安，2001，視障者定向行動輔具之研究，*彰師大特殊教育學報*，(15)，107-127。

彭曼筠，2012，成年視障者使用手機情況與需求及使用智慧型手機意願調查研究，國立臺南大學特殊教育學系輔助科技碩士學位論文。

魏國峰，2002，定向行動訓練對高中盲生搭公車成效之行動研究，國立花蓮師範學院國民教育研究所碩士學位論文。

徐秀維，2013，"行"不得也: 障礙者外出移動之困境與經驗--以嘉義地區為例，國立中正大學社會福利研究所碩士學位論文。

蔡佩容，賀夏梅，2011，中等教育階段盲生定向行動能力與學校適應之研究，*視覺障礙創新與發展國際學術研討會*，(63)，43-46。

蔡佩容，2011，中等教育階段盲生定向行動能力與學校適應之研究，國立彰化師範大學特殊教育學系研究所碩士學位論文。

劉信雄，2001，如何指導視覺障礙兒童定向行動，台南:台灣省視覺障礙兒童混合教育計畫師資訓練班。

鄭鳳齡，2005，身心障礙者社會網絡與生活狀況之研究--以台中縣身心障礙者為例，靜宜大學青少年兒童福利研究所碩士學位論文。

郭孟瑜，2006，視覺障礙者的休閒阻礙與因應方式: 一位全盲成人的經驗剖析，身心障礙研究季刊，(4:1)，46-63。

蘇怡帆，黃國晏，畢恆達，2012，視障者在臺北市空間中的移動經驗，彰師大特殊教育學報，(36)，93-114。

孫中麒，2005，低價位之導盲系統，國立中央大學碩士學位論文。

林彥廷，2007，研發結合聲覺圖像與超音波測距之電子導盲輔具，國立中央大學碩士學位論文。

梁譽瀨，2007，視覺障礙者行動中電子偵測手杖之人因設計研究，大同大學工業設計系研究所碩士學位論文。

杜明叡，2009，視障者行動觸覺地圖與導航訊息設計研究，大同大學工業設計系研究所碩士學位論文。

蔡政旻，陳宏達，陳真奕，陳柏瑋，楊巧玲，2015，單手操作伸縮之手杖輔具設計，福祉科技與服務管理學刊，(3:3)，277-278。

游章雄，邱御庭，丁家威，曾敏鈞，2013，盲人導航裝置之設計與開發研究，國民教育，(53:6)，14-23。

阮業春，王美歲，謝明臻，2013，應用情境故事法與品質機能展開法於高齡者手杖客製化設計之研究，*福祉科技與服務管理學刊*，(1:3)，1-12。

繩守廷，2013，具情境感知遠距監控與定位救援手杖，明新科技大學電機工程研究所碩士學位論文。

陳致維，2011，類分子神經系統結合智慧型手機應用於六足機器人之平衡-以智慧型手杖之設計為例，國立雲林科技大學資訊管理系碩士學位論文。

李源讚，2014，視障者定向行動引導輔具之使用評估，國立成功大學工業設計學系碩士在職專班碩士學位論文。

鄧美虹，2015，以創新擴散模型預測下階段穿戴式裝置之形態，中原大學企業管理研究所碩士學位論文。

陳智揚，2015，穿戴式科技，*科學發展*，(512)，20-25。

陳右怡，2014，穿戴裝置技術與市場趨勢，IEK產業情報網。

蔡卓邵，2013，穿戴裝置話題火要成營收解藥還得再等等，拓璞產業研究所。

呂良鴻，2015，多感測整合單晶片技術，財團法人國家實驗研究院國家晶片系統設計中心電子報，(173)。

侯鈞元，2013，兩極化發展-穿戴式電子裝置之未來發展，IEK產業情報網。

黃偉正，2013，穿戴式產品演化趨勢與開發策略思維分析，MIC研究報告，資策會產業情報研究所。

江渝，2015，智慧穿戴裝置於健康管理的市場應用與商業模式探討，國立政治大學經營管理碩士學程(EMBA)碩士學位論文。

陳弘仁，2014，微機電系統的市場發展現況及未來趨勢，國家奈米元件實驗室奈米通訊，(19:3)， 23-33。

盧麗淑，管倖生，2008年，平面設計構想草圖思考過程之研究，國立臺中技術學院商業設計學報，(12)，1-18。

鄭霈絨，陳力豪，2007，設計行動學，設計研究，(7)，76-81。

林義屏，2001，市場導向、組織學習、組織創新與組織績效間關係之研究--以科學園區資訊電子產業為例，國立中山大學企業管理學系研究所博士學位論文。

蔡淑君，2010，創造力競賽活動對國中學生創造力與創造性傾向之成效研究，國立臺灣師範大學創造力發展碩士在職專班碩士學位論文。

潘裕豐，2007，創意教學與資優教育研究，台北:心理。

中川昌彥，2001，創造力: 15 種創意潛能大開發(施雯黛譯)。商智文化。(原書於 2002 年出版)。

王豐勝，2014，以 TRIZ (粹智) 原則法促進專利產出之實證，品質月刊，(50:2)，31-34。

洪崧翔，2015，應用 TRIZ 方法與 3D 列印技術於攜帶式用品創新設計之研究—以傘柄結構及用藥盒為例，逢甲大學創意設計學位學程碩士學位論文。

李旻芳，2014，下肢外骨骼專利與技術初探，國立高雄應用科技大學機械與精密工程研究所碩士學位論文。

王建芳，2013，使用 TRIZ 方法於省紙作業的改善—以臺灣某國立科技大學為例，國立高雄應用科技大學工業工程與管理系研究所碩士學位論文。

許哲瑋，2008，TRIZ 法之創新原則於產品造形發想之探討，銘傳大學設計管理研究所碩士學位論文。

張惠敏，2013，藍海策略下的創新產品機會辨識手法，國立清華大學工業工程與工程管理學系碩士學位論文。

李曉真，2013，整合性萃智發明性問題解題流程建構，國立清華大學工業工程與工程管理學系碩士學位論文。

林永禎，2010，運用質場分析法與形態分析法於車輛求救警報裝置之設計，弘光學報，（63），174-185。

施宏霖，2002，探討形態學圖表法提案組合之程序，成功大學工業設計研究所碩士學位論文。

連瓊玫，2009，意象轉化於軟性電子行動裝置之設計應用，大同大學工業設計研究所碩士學位論文。

王兆華，2006，產品概念發展之使用者涉入協同設計模式，國立臺灣科技大學工業管理系研究所博士數位論文。

附錄一、正式問卷

視障者對傳統白手杖之產品功能及日常使用經驗問卷調查

親愛的受訪者您好

本問卷主要目的在於瞭解視障使用者在白手杖之產品形態功能及日常使用經驗之研究，特編製【使用者在白手杖之產品認知、形態功能及日常使用經驗問卷】乙份，其內容包含六大部份。請依您自身狀況填寫答案，以下所填寫之資料僅供學術研究之用，絕不對外公開或做為其他用途。

此份問卷需要您的珍貴意見，以臻理想。

感謝您的鼎力支持與協助。

東海大學工業設計研究所

指導教授: 柯耀宗 博士

研究生: 陳佳慧 敬上

第一部份 基本資料及視覺障礙程度

一、個人基本資料

1. 性別

男 女

2. 年齡

15歲以下 16-25歲 26-35歲 36-45歲 46-55歲 56-65歲

66歲以上

3. 教育程度

學齡前 國小 國中(含)以下 高中(職) 大學(專)

研究所(含)以上

4. 職業

按摩服務業 學術界/教育界 公職行政人員 新聞傳播業 電腦機械業

製造工程業 財務金融業 藝術設計業 銷售服務業 家庭加工業

自僱 待業 退休 學生 其他

5. 月收入狀況

- 無收入 補助金額 10,000 元以內 10,001-15,000 元 15,001-20,000 元
 20,001-30,000 元 30,001-40,000 元 40,001-50,000 元

6. 視覺障礙因素：

- 先天 後天

7. 視覺障礙種類：

- 全盲 弱視

8. 視覺障礙程度：

- 輕度 中度 重度 極重度

9. 對光知覺反應：

- 有 無

10. 迷途經驗：

- 有 無

11. 點字觸覺經驗：

- 有 (____) 年 無

12. 接受定向行動訓練：

- 有 (____) 年 無

13. 與導盲犬一起接受定向行動訓練：

- 有 (____) 年 無

二、使用白手杖的經驗

1. 您是否有使用白手杖的經驗？

- 有 無 (請往第三部份繼續填寫)

2. 請問您換過幾支手杖？

- 1 支 2 支 3 支 4 支 其他

3. 使用手杖的時間為

- 未滿 1 年 1 到 5 年 6 到 10 年 11 到 15 年 16 到 20 年 21 到 25 年
 26 到 30 年 31 到 35 年 36 到 40 年 41 到 45 年 46 到 50 年 51 到 55 年
 55 年以上

4. 目前使用白手杖的種類為以下哪一種？

- 直立式手杖 折疊式手杖 伸縮式手杖 方形變形手杖 (橢圓形、長方形、圓形、梯形) 輪子手杖 雷射手杖 手杖指南針 光源探測手杖 盲用導盲器

5. 承上題，會選擇此杖身的原因為？ (請描述)

6. 目前使用白手杖的技巧為以下哪一種？

- 兩點式 滑拖式 其他

7. 目前使用白手杖的杖頭種類為以下哪一種？

- 蘑菇式 鉛筆式 滾輪式 自製 其他

8. 是否會攜帶白手杖參加休閒團康活動？

- 是 否

9. 承上題，參加休閒團康活動的次數為？

每天 一週一次 一月一次 三個月一次 半年一次 一年一次
 不定時

三、白手杖的日常操作使用經驗

1. 請問你目前使用白手杖的杖身折數為以下哪一種？

4折 5折 6折 7折 其他

2. 請問你現在所使用的白手杖在收起來的時候是不好折收嗎？

是 否

3. 請問你現在所使用的白手杖在攤開放的時候是不好使用的嗎？

是 否

4. 請問你現在所使用的白手杖杖身的折節處是容易鬆動的嗎？

是 否

5. 請問你現在所使用的白手杖杖身的折節處是容易卡住的嗎？

是 否

6. 請問你現在使用的白手杖會很容易收納到外出的小型包包裡嗎？

是 否

7. 請問在以下哪些情境會讓你想要將白手杖收到外出的包包裡？

人潮多的公共場所 與朋友出去 與家人出去 正在搭乘大眾交通運輸工具
 正在參與休閒活動中 正在運動中 其他

8. 請問你現在所使用的白手杖裡的尼龍繩是會斷掉嗎？

是 否

9. 請問你現在所使用的白手杖是可懸掛椅背的嗎？

是 否

10. 請問你現在所使用的白手杖是可懸吊椅背的嗎？

是 否

11. 請問你現在所使用的白手杖的材質為以下哪一種？

鐵製 鋁合金 玻璃纖維 其他

12. 承上題，此材質是可以為你提高辨識戶外障礙物的屬性嗎？

是 否

13. 承上題，此材質是會幫助你提高判斷戶外障礙物的屬性嗎？

是 否

14. 請問你現在所使用的白手杖的重量覺得夠輕巧嗎？

夠 不夠

四、使用白手杖碰撞到戶外障礙物的經驗

1. 請問你現在所使用的白手杖的杖身是會因經常碰撞障礙物而容易損壞嗎？

是 否

2. 請問你現在所使用的白手杖的杖身前端第一節是會因經常碰撞障礙物而容易損壞嗎？

是 否

3. 請問你現在使用的白手杖的杖頭種類為以下哪一種？

蘑菇式 鉛筆式 滾輪式 夜光型 其他

4.請問你現在所使用的白手杖的杖頭是會因經常碰撞障礙物而容易磨損嗎？

是 否

5.請問你能光靠白手杖的杖頭就可以清楚辨識戶外周遭障礙物的屬性嗎？例如：人行道上的磚頭、柏油路面等

是 否

6.請問你能光靠白手杖的杖頭可以清楚辨識戶外周遭的障礙物嗎？例如：人行道上的腳踏車、花圃等

是 否

7.請問你現在所使用的白手杖在戶外可以輕鬆走騎樓嗎？

是 否

8.請問騎樓路面的高低不一是否會成為阻礙你行進的障礙物？

是 否

9.請問你現在所使用的白手杖是能不能保護自身腰部以下的部位而不撞到騎樓下的障礙物？

是 否

10.請問你現在所使用的白手杖是不能保護自身腰部以上的部位而不撞到騎樓下的障礙物？例：住家的信箱、騎樓柱的廣告招牌、廣告布條等。

是 否

11.請問你現在所使用的白手杖在騎樓下是否有容易遭遇到的問題的經驗嗎？

是 否

12.請問你現在所使用的白手杖在戶外是否可以輕鬆走人行道？

是 否

13.請問你現在所使用的白手杖能不能保護自身腰部以上的部位而不撞到人行道上的障礙物？

是 否

14.請問你現在所使用的白手杖是能不能保護自身腰部以下的部位而不撞到人行道上的障礙物？例如：變電箱、公車站牌、機車、腳踏車、公共座椅

是 否

15.請問你現在所使用的白手杖在戶外的人行道上是否有容易遭遇到的問題？

是 否

五、使用白手杖在戶外街道路口的經驗

1.請問你現在所使用的白手杖在戶外的街道路口是否有無法解決的困擾？例如：路口交會處斜坡的提醒不見等。若有,請依自身經驗盡量描述過程

是 否

2.請問你現在所使用的白手杖在戶外的街道路口容易遭遇到的問題為何？例如：常行走的路線突然的道路施工等。若有,請依自身經驗盡量描述過程

是 否

3.請問以目前台灣的街道環境,對你而言,會優先選擇行走的環境為以下哪一種？

騎樓下 人行道 平面道路旁 天橋 地下道 其他

4.請問你現在所使用的白手杖在戶外可以輕鬆辨識（每條）路口交會處的斜坡提醒嗎？

是 否

5.請問你現在所使用的白手杖在街道是可以輕鬆過馬路嗎？

是 否

6.請問你現在所使用的白手杖是否可以協助你提高過馬路的安全嗎？

是 否

7.請問你現在所使用的白手杖在戶外是否可以清楚分辨導盲磚的位置嗎？

是 否

8.請問你現在所使用的白手杖在戶外是否可以清楚分辨導盲磚的動線嗎？

是 否

9.請問你現在所使用的白手杖是否可以協助你辨識紅綠燈的號誌變換嗎？

是 否

10.請問你現在所使用的白手杖是否可以協助你分辨車流的方向嗎？

是 否

11.請問你現在所使用的白手杖是否可以協助你不會錯搭公車嗎？

是 否

12.請問你現在所使用的白手杖是否可以協助你順利搭乘所要搭乘的公車嗎？

是 否

13.請問對白手杖此輔具的功能有無未來的期盼？

六、意見與回饋

若您填寫問卷過程有問題或困難，煩請您將問題或意見表達給本研究者，本研究者將您的寶貴意見與回饋填寫在這裡。非常感謝您的意見與回饋。

本問卷到此結束！衷心地感謝您的本問卷到此結束！

衷心地感謝您的支持與協助！謝謝！

附錄二、專家學者意見彙整表

視障者在傳統白手杖之產品功能及日常使用經驗問卷調查
(建立專家效度)

親愛的定向專家您好

本問卷主要目的在於瞭解視障使用者在白手杖之產品認知、形態功能及日常使用經驗之研究，特編製【使用者在白手杖之產品認知、形態功能及日常使用經驗問卷】乙份，其內容包含六大部份。為建構專家效度，懇請 惠賜卓見，俾供學術與未來設計者為視覺障礙使用者所設計白手杖產品的能力之參考。此份問卷需要您的珍貴意見，以臻理想。感謝您的鼎力支持與協助。

敬祝 教安

東海大學工業設計研究所

指導教授：柯耀宗 博士

研究生：陳佳慧 敬上

填答說明：

1. 本問卷共分為四大部份。請依照您對每一小題的適用程度，在適當的空格內打「v」。
2. 若問卷中有任何修正卓見，均懇請您不吝指教，使問卷更為完整。謝謝您。

第一部份 基本資料及視覺障礙程度	不適合	適合
一、個人基本資料		
1. 性別 ○男 ○女 修正：		v
2. 年齡		

<p>O15 歲以下 O 16-25 歲 O 26-35 歲 O 36-45 歲 O 46-55 歲 O 56-65 歲 O 66 歲以上 蔡理事長建議修正：O 1-7 歲 O 8-15 歲 惠明羅老師建議修正：O3 歲(含)以下 O4-6 歲 O7-12 歲 O13-15 歲 O16-18 歲 O19-22 歲 O23-25 歲</p>		
<p>3. 教育程度 O 國中(含)以下 O 高中(職) O 大學(專) O 研究所(含)以上 惠明羅老師建議修正：O 學齡前 O 國小 O 國中</p>		
<p>4. 職業 O 按摩服務業 O 學術界/教育界 O 公職行政人員 O 新聞傳播業 O 電腦機械業 O 製造工程業 O 財務金融業 O 藝術設計業 O 銷售服務業 O 家庭加工業 O 自僱 O 待業 O 退休 O 學生 O 其他 蔡理事長建議修正：依視障者可以就業的職業為優先選項</p>		
<p>5. 月收入狀況 O 無收入 O 補助金額 O 10,000 元以內 O 10,001-15,000 元 O 15,001-20,000 元 O 20,001-30,000 元 O30,001-40,000 元 O 40,001-50,000 元 O 50,001-60,000 元 O 60,001 元以上 蔡理事長建議修正：O 10,001-15,000 元 O 15,001-20,000 元，四萬以上的收入幾乎沒有可以不納入題項 惠明羅老師建議修正：O 無收入 O 補助金額</p>		
<p>6. 視覺障礙種類： O 先天 O 後天 惠明羅老師建議修正：O 全盲 O 弱視；因素可分為 O 先天 O 後天。</p>		
<p>7. 視覺障礙程度： O 全盲 O 弱視 蔡理事長建議修正：O 輕度 O 中度 O 重度 惠明羅老師建議修正：O 輕度 O 中度 O 重度 O 極重度</p>		
<p>8. 對光知覺反應： O 有 O 無 修正：</p>		v
<p>9. 迷途經驗： O 有 O 無 修正：</p>		v
<p>10. 點字觸覺經驗： O 有 (____)年 O 無 修正：</p>		v
<p>11. 接受定向行動訓練： O 有 (____)年 O 無</p>		v

修正：		
12.與導盲犬一起接受定向行動訓練： ○ 有()年 ○ 無 修正：		v
二、使用白手杖的經驗	不適合	適合
1.您是否有使用白手杖的經驗？ ○ 有 ○ 無（請往第三部份繼續填寫） 修正：		v
2.請問您換過幾支手杖？○ 1 支 ○ 2 支 ○ 3 支 ○ 4 支 ○ 其他		
3.使用手杖的時間為 ○ 未滿 1 年 ○ 1 到 5 年 ○ 6 到 10 年 ○ 11 到 15 年 ○ 16 到 20 年 ○ 21 到 25 年 ○ 26 到 30 年 ○ 31 到 35 年 ○ 36 到 40 年 ○ 41 到 45 年 ○ 46 到 50 年 ○ 51 到 55 年 ○ 55 年以上 修正：		v
4.目前使用白手杖的種類為以下哪一種？ ○ 直立式手杖 ○ 折疊式手杖 ○ 伸縮式手杖 ○ 方形變形手杖（橢圓形、長方形、圓形、梯形） ○ 輪子手杖 ○ 雷射手杖 ○ 手杖求助器 ○ 手杖指南針 ○ 光源探測手杖 ○ 盲用導盲器 ○ 擺幅練習器 蔡理事長建議修正：取消台灣視障者從未用過的種類為 ○ 手杖求助器 ○ 手杖指南針 ○ 光源探測手杖 ○ 盲用導盲器 ○ 擺幅練習器 惠明羅老師建議修正：取消 ○ 手杖求助器 ○ 擺幅練習器		
5.承上題，會選擇此杖身的原因為？（請描述） 修正：		v
6.目前使用白手杖的技巧為以下哪一種？ ○ 兩點式 ○ 滑拖式 ○ 其他 蔡理事長建議修正：滑拖式的技巧比較危險，可再找其他可替代的技巧題項 惠明羅老師建議修正：這兩項為基礎技巧，可再增加其他技巧的題項		
7.目前使用白手杖的杖頭種類為以下哪一種？ ○ 蘑菇式 ○ 鉛筆式 ○ 滾輪式 ○ 自製 ○ 其他 修正：		v
8.是否會攜帶白手杖參加休閒團康活動？ ○ 是 ○ 否 修正：		v

9.承上題，參加休閒團康活動的次數為？ ○每天○一週一次 ○一月一次 ○三個月一次 ○半年一次 ○一年一次 ○不定時 修正：		v
三、白手杖的日常操作使用經驗	不適合	適合
1.請問你目前使用白手杖的杖身折數為以下哪一種？ ○4折 ○5折 ○6折 ○7折 ○其他（請從第15題開始作答） 修正：		v
2.請問你現在所使用的白手杖在收起來的時候是不好拆收嗎？ ○是○否 修正：		v
3.請問你現在所使用的白手杖在攤開放的時候是不好使用的嗎？ ○是○否 修正：		v
4.請問你現在所使用的白手杖杖身的折節處是容易鬆動的嗎？ ○是○否 修正：		v
5.請問你現在所使用的白手杖杖身的折節處是容易卡住的嗎？ ○是○否 修正：		v
6.請問你現在使用的白手杖會很容易收納到外出的小型包包裡嗎？ ○是○否 修正：		v
7.請問在以下哪些情境會讓你想要將白手杖收到外出的包包裡？ ○人潮多的公共場所 ○與朋友出去 ○與家人出去 ○正在搭乘大眾交通運輸工具 ○正在參與休閒活動中 ○正在運動中 ○其他 修正：		v
8.請問你現在所使用的白手杖裡的尼龍繩是會斷掉嗎？ ○是○否 修正：		v
9.請問你現在所使用的白手杖是可懸掛椅背的嗎？ ○是○否 *惠明黃老師建議修正：這題項不適合		
10.請問你現在所使用的白手杖是可懸吊椅背的嗎？ ○是○否 *惠明黃老師建議修正：這題項不適合		
11.請問你現在所使用的白手杖的材質為以下哪一種？		v

○ 鐵製 ○ 鋁合金 ○ 玻璃纖維 ○ 其他 修正：		
12.承上題，此材質是可以為你提高辨識戶外障礙物的屬性嗎？ ○ 是 ○ 否 修正：		v
13.承上題，此材質是會幫助你提高判斷戶外障礙物的屬性嗎？ ○ 是 ○ 否 蔡理事長建議修正：因為提高判斷的功能以目前的杖頭是做不到的，手杖主要功能是避開障礙物提高自我安全所以這題目不適合。		
14.請問你現在所使用的白手杖的重量覺得夠輕巧嗎？ ○ 夠 ○ 不夠 修正：		v
四、使用白手杖碰撞到戶外障礙物的經驗	不適合	適合
1.請問你現在所使用的白手杖的杖身是會因經常碰撞障礙物而容易損壞嗎？ ○ 是 ○ 否 修正：		v
2.請問你現在所使用的白手杖的杖身前端第一節是會因經常碰撞障礙物而容易損壞嗎？ ○ 是 ○ 否 修正：		v
3.請問你現在使用的白手杖的杖頭種類為以下哪一種？ ○ 蘑菇式 ○ 鉛筆式 ○ 滾輪式 ○ 夜光型 ○ 其他 修正：		v
4.請問你現在所使用的白手杖的杖頭是會因經常碰撞障礙物而容易損壞嗎？ ○ 是 ○ 否 惠明黃老師建議修正：損壞可改為磨損		
5.請問你能光靠白手杖的杖頭就可以清楚辨識戶外周遭障礙物的屬性嗎？例如：人行道上的磚頭、柏油路面等 ○ 是 ○ 否 修正：		v
6.請問你能光靠白手杖的杖頭可以清楚辨識戶外周遭的障礙物嗎？例如：人行道上的腳踏車、花園等 ○ 是 ○ 否 修正：		v
7.請問你現在所使用的白手杖在戶外可以輕鬆走騎樓嗎？ ○ 是 ○ 否		v

修正：		
8.請問騎樓路面的高低不一是否會成為阻礙你行進的障礙物？ ○是○否 修正：		v
9.請問你現在所使用的白手杖是能不能保護自身腰部以下的部位而不撞到騎樓下的障礙物？ ○是○否 修正：		v
10.請問你現在所使用的白手杖是不能保護自身腰部以上的部位而不撞到騎樓下的障礙物？例：住家的信箱、騎樓柱的廣告招牌、廣告布條等。 ○是○否 修正：		v
11.請問你現在所使用的白手杖在騎樓下是否有容易遭遇到的問題的經驗嗎？ ○是○否 修正：		v
12.請問你現在所使用的白手杖在戶外是否可以輕鬆走人行道？ ○是○否 修正：		v
13.請問你現在所使用的白手杖能不能保護自身腰部以上的部位而不撞到人行道上的障礙物？ ○是○否 修正：		v
14.請問你現在所使用的白手杖是能不能保護自身腰部以下的部位而不撞到人行道上的障礙物？例如：變電箱、公車站牌、機車、腳踏車、公共座椅 ○是○否 修正：		v
15.請問你現在所使用的白手杖在戶外的人行道上是否有容易遭遇到的問題？ ○是○否 修正：		v
五、使用白手杖在戶外街道路口的經驗	不適合	適合
1.請問你現在所使用的白手杖在戶外的街道路口是否有無法解決的困擾？例如：路口交會處斜坡的提醒不見等。若有,請依自身經驗盡量描述過程 ○是○否 修正：		v

<p>2.請問你現在所使用的白手杖在戶外的街道路口容易遭遇到的問題為何？例如：常行走的路線突然的道路施工等。若有,請依自身經驗盡量描述過程</p> <p>○是 ○否</p> <p>修正：</p>		v
<p>3.請問以目前台灣的街道環境，對你而言，會優先選擇行走的環境為以下哪一種？</p> <p>○騎樓下 ○人行道 ○平面道路旁 ○天橋 ○地下道 ○其他</p> <p>修正：</p>		v
<p>4.請問你現在所使用的白手杖在戶外可以輕鬆辨識（每條）路口交會處的斜坡提醒嗎？</p> <p>○是 ○否</p> <p>修正：</p>		v
<p>5.請問你現在所使用的白手杖在街道是可以輕鬆過馬路嗎？</p> <p>○是 ○否</p> <p>修正：</p>		v
<p>6.請問你現在所使用的白手杖是否可以協助你提高過馬路的安全嗎？</p> <p>○是 ○否</p> <p>修正：</p>		v
<p>7.請問你現在所使用的白手杖在戶外是否可以清楚分辨導盲磚的位置嗎？</p> <p>○是 ○否</p> <p>蔡理事長建議修正：導盲磚修改為可以清楚分辨不同材質的障礙物</p>		
<p>8.請問你現在所使用的白手杖在戶外是否可以清楚分辨導盲磚的動線嗎？</p> <p>○是 ○否</p> <p>蔡理事長建議修正：導盲磚修改為可以清楚分辨不同材質的障礙物</p>		
<p>9.請問你現在所使用的白手杖是否可以協助你辨識紅綠燈的號誌變換嗎？</p> <p>○是 ○否</p> <p>修正：</p>		v
<p>10.請問你現在所使用的白手杖是否可以協助你分辨車流的方向嗎？</p> <p>○是 ○否</p> <p>修正：</p>		v
<p>11.請問你現在所使用的白手杖是否可以協助你不會錯搭公車嗎？</p>		v

○是○否 修正：		
12.請問你現在所使用的白手杖是否可以協助你順利搭乘所要搭乘的公車嗎？ ○是○否 修正：		v
13.請問對白手杖此輔具的功能有無未來的期盼？ 修正：		v
六、意見與回饋	不適合	適合
若您填寫問卷過程有問題或困難，煩請您將問題或意見填寫在這裡。非常感謝您的意見與回饋。 修正：		v

本問卷到此結束！衷心地感謝您的本問卷到此結束！

衷心地感謝您的支持與協助！謝謝！

附錄三、39x39 個工程參數

	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>↑ Improving Feature</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>↓ Worsening Feature</p> </div> </div>																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
	Weight of moving object	Weight of stationary object	Length of moving object	Length of stationary object	Area of moving object	Area of stationary object	Volume of moving object	Volume of stationary object	Speed	Force (Intensity)	Stress or pressure	Shape	Stability of the object's composition	Strength	Duration of action of moving object	Duration of action of stationary object	Temperature	Illuminator	Use	
1	Weight of moving object	+	15, 8, 29, 34				29, 17, 38, 34		2, 8, 15, 38	8, 10, 10, 36, 18, 37, 37, 40, 35, 40	10, 14, 1, 35, 28, 27, 5, 34, 31, 35	13, 10, 26, 39, 28, 2, 2, 27, 19, 6	15, 14, 15, 7	19	6, 29, 4, 38	19, 1, 32	35, 12, 34, 31			
2	Weight of stationary object			10, 1, 29, 35			35, 30, 13, 2		5, 35, 14, 2	8, 10, 13, 29, 13, 10, 26, 39, 28, 2, 2, 27, 19, 6	13, 10, 26, 39, 28, 2, 2, 27, 19, 6	15, 14, 15, 7	19	6, 29, 4, 38	19, 1, 32	35, 12, 34, 31				
3	Length of moving object		+		15, 17, 4		7, 17, 4, 35		13, 4, 8	17, 10, 4	1, 8, 35	1, 8, 10, 29	1, 8, 15, 34	8, 35, 29, 34	19	10, 15, 19	32	8, 35, 24		
4	Length of stationary object			+		17, 7, 10, 40	35, 8, 2, 14		28, 10	1, 14, 35	13, 14, 1, 39, 37, 35	15, 14, 28, 28	15, 14, 28, 28	6, 3	1, 10, 35	3, 35, 38, 18	3, 25			
5	Area of moving object			+		7, 14, 17, 4			29, 30, 4, 34	19, 30, 35, 2	10, 15, 5, 34, 36, 28	11, 2, 3, 15, 13, 39, 40, 14	6, 3	2, 15, 16	2, 10, 19, 30	35, 39, 38	19, 32			
6	Area of stationary object				+				1, 18, 10, 15, 35, 36	10, 15, 36, 37	1, 15, 29, 4	28, 10, 9, 14	6, 35, 4	2, 10, 19, 30	34, 39, 10, 18	2, 13, 10	35			
7	Volume of moving object		1, 7, 4, 35		1, 7, 4, 17				29, 4, 38, 34	36, 37	1, 15, 29, 4	28, 10, 9, 14	6, 35, 4	2, 10, 19, 30	34, 39, 10, 18	2, 13, 10	35			
8	Volume of stationary object		35, 10, 19, 14	35, 8, 2, 14				+	2, 18, 37	24, 35	7, 2, 35	34, 28, 35, 40	9, 14, 17, 15	35, 34, 38	35, 6, 4					
9	Speed	2, 28, 13, 38		13, 14, 8		29, 30, 34		7, 29, 34		+	13, 28, 15, 19	6, 18, 38, 40	35, 15, 18, 34	8, 3, 3, 19, 35, 5	28, 30, 36, 2	10, 13, 19	8, 15, 35, 38			
10	Force (Intensity)	8, 1, 37, 18	18, 13, 17, 19, 1, 28, 9, 36	28, 10	19, 10, 15, 36, 37	1, 16, 15, 9, 36, 37	2, 36, 12, 37	13, 28, 15, 12		+	18, 21, 11	10, 35, 40, 34, 21	35, 10, 35, 10, 14, 27	19, 2	35, 10, 21	19, 17, 10	19, 17, 10			
11	Stress or pressure	10, 36, 37, 40	13, 29, 35, 10, 18, 36	35, 1, 14, 18	10, 15, 36, 28	6, 35, 10, 36, 37	35, 24	6, 35, 36	36, 35, 21		+	35, 4, 15, 10, 14	33, 1, 30, 14, 14, 26, 18, 4	19, 3, 27	35, 39, 19, 2	14, 24, 10, 37				
12	Shape	8, 10, 29, 40	15, 10, 29, 34, 26, 3	13, 14, 10, 7	5, 34, 4, 10	14, 4, 15, 22	28, 10, 34, 28, 19, 39, 35, 40, 28, 18	34, 28, 33, 15, 21, 16, 28, 18	34, 18, 37, 40	10, 14		+	33, 1, 30, 14, 14, 26, 18, 4	19, 3, 27	22, 14, 19, 32	13, 15, 32, 14	2, 6, 34, 14			
13	Stability of the object's composition	21, 35, 2, 39	26, 39, 1, 40, 1, 29	37	2, 11, 13, 39	28, 10, 19, 39, 35, 40, 28, 18	34, 28, 33, 15, 21, 16, 28, 18	34, 18, 37, 40	10, 14		+	33, 1, 30, 14, 14, 26, 18, 4	19, 3, 27	22, 14, 19, 32	13, 15, 32, 14	2, 6, 34, 14				
14	Strength	1, 8, 40, 15	40, 26, 1, 15, 8, 15	15, 14, 3, 34, 28, 28	15, 14, 3, 34, 28, 28	9, 40, 28	10, 15, 9, 14, 17, 15	8, 13, 3, 14	10, 18, 18, 40	10, 3, 10, 30, 13, 17, 35	10, 30, 13, 17, 35	+	27, 3, 26	30, 10, 19, 35, 39	2, 19, 4, 35	28, 6, 35, 18				
15	Duration of action of moving object	19, 5, 34, 31		2, 19, 9		3, 17, 19		10, 2, 19, 30	3, 35, 5	19, 2, 16	19, 3, 27	14, 26, 28, 25	13, 3, 35, 27, 3, 10	+	19, 35, 39	2, 19, 4, 35	28, 6, 35, 18			
16	Duration of action by stationary object		6, 27, 19, 16		1, 40, 35			35, 34, 38	2, 28, 36, 30	35, 10, 3, 21	35, 39, 19, 2	14, 22, 19, 32	1, 35, 32	10, 30, 22, 40	19, 13, 39	19, 18, 36, 40	+	32, 30, 21, 16	19, 15, 3, 17	
17	Temperature	36, 22, 6, 38	22, 35, 15, 19, 9	15, 19, 9	3, 35, 39, 18	35, 38	34, 39, 40, 18	35, 6, 4	2, 28, 36, 30	35, 10, 3, 21	35, 39, 19, 2	14, 22, 19, 32	1, 35, 32	10, 30, 22, 40	19, 13, 39	19, 18, 36, 40	+	32, 30, 21, 16	19, 15, 3, 17	
18	Illumination intensity	19, 1, 32	2, 35, 32		19, 32, 16			2, 13, 10	10, 13, 19	26, 19, 6	32, 30, 32, 3, 27	35, 19, 2, 19, 6					+	32, 1, 19		
19	Use of energy by moving object	12, 18, 28, 31		12, 28		15, 19, 25		35, 13, 18	8, 35, 35	16, 26, 21, 2	23, 14, 25	12, 2, 29	19, 13, 17, 24	5, 19, 9, 35, 6, 18				+	19, 24, 3, 14	
20	Use of energy by stationary object		19, 9, 6, 27						36, 37				27, 4, 29, 18	35					+	19, 2, 35, 32
21	Power	8, 36, 38, 31	19, 26, 17, 27	1, 10, 35, 37		19, 38	17, 32, 13, 38	35, 6, 38	30, 6, 25	15, 35, 2	26, 2, 36, 35	22, 10, 35	29, 14, 35, 32, 15, 31	26, 10, 19, 35	16	2, 14, 17, 25	16, 6, 19	16, 6, 19		
22	Loss of Energy	15, 6, 19, 6, 18, 9	7, 2, 6, 13	6, 38, 7	15, 26, 17, 7, 30, 18	17, 7, 30, 18	7, 18, 23	7	16, 35, 38	36, 38			14, 2, 39, 6	26	19, 38, 7	32, 15				
23	Loss of substance	35, 6, 23, 40	35, 6, 14, 29, 23, 40	10, 39, 28, 24	35, 2, 10, 31	10, 18, 39, 31	1, 29, 30, 36	18, 31	3, 39, 28, 38	10, 13, 14, 15, 18, 40	3, 36, 37, 10	29, 35, 3, 5	2, 14, 30, 40	35, 28, 3, 18	27, 16, 38, 39, 31	1, 6, 13, 19	35, 18, 24, 5			
24	Loss of Information	10, 24, 35	10, 35, 5	1, 26	26	30, 26, 30, 16		2, 22	26, 32					10	10	19				
25	Loss of Time	10, 20, 37, 35	10, 20, 26, 5	15, 2, 29	30, 24, 14, 5	26, 4, 5, 16	10, 35, 17, 4	2, 5, 34, 10	35, 16, 32, 18	10, 37, 36, 5	37, 36, 4	4, 10, 34, 17	35, 3, 22, 5	29, 3, 28, 18	20, 10, 28, 10	28, 20, 21, 18	35, 29, 19	1, 19, 26, 17	35, 38, 19, 18	
26	Quantity of substance/the matter	35, 6, 18, 31	27, 26, 18, 35	29, 14, 35, 18	15, 14, 29	2, 18, 40, 4	15, 20, 29		35, 29, 34, 28	35, 14, 3	10, 36, 14, 3	35, 14	15, 2, 17, 40	14, 35, 3, 35, 10, 40	3, 35, 31, 37, 39	3, 17, 39	34, 29, 16, 18			
27	Reliability	3, 8, 10, 40	3, 10, 8, 28	15, 9, 14, 4	15, 29, 28, 11	17, 10, 14, 16	32, 35, 40, 4	3, 10, 14, 24	2, 35, 24	21, 35, 11, 28	8, 28, 35, 19	10, 24, 35, 19	35, 1, 16, 11	11, 28	2, 35, 3, 5, 40	34, 27, 6, 40	11, 32, 13	21, 11, 27, 19		
28	Measurement accuracy	32, 35, 26, 28	28, 35, 25, 26	28, 26, 5, 16	32, 28, 3, 16	26, 28, 32, 3	26, 28, 32, 3	32, 13, 6		28, 13, 32, 24	32, 2	6, 28, 32	6, 28, 32, 13	28, 6, 32, 28, 6, 32	10, 26, 24	6, 19, 26, 24	6, 1, 32, 3, 6, 32			
29	Manufacturing precision	28, 32, 13, 18	28, 35, 27, 9	10, 28, 29, 37	28, 33, 2, 29, 29, 32	2, 29, 18, 36	32, 23, 2	25, 10, 35	28, 19, 34, 36	3, 35	32, 30, 38	3, 35	32, 30, 38	3, 27, 40	19, 26, 3, 32	3, 32				
30	Object-affected harmful factors	22, 21, 27, 39	2, 22, 13, 24	17, 1, 39, 4	1, 18	22, 1, 33, 28	27, 2, 37, 35	22, 23, 39, 35	34, 39, 19, 27	21, 22, 35, 28	13, 35, 39, 18	22, 2, 37	22, 1, 3, 35	35, 24, 30, 18, 37, 1	22, 15, 33, 28, 40, 33	17, 1, 35, 2, 32, 13	22, 33, 35, 2, 32, 13	1, 19, 27	1, 24, 6, 27	
31	Object-generated harmful factors	19, 22, 15, 16	35, 22, 17, 15, 39	17, 15, 22	17, 2, 18, 39	22, 1, 40, 17, 2, 40		30, 16, 35, 4	35, 28, 3, 23	35, 28, 1, 40, 27, 18	2, 33, 27, 18	35, 1	35, 40, 15, 35, 33, 31	15, 22, 33, 31	21, 39, 22, 2, 4	22, 35, 19, 24	2, 35, 6			
32	Ease of manufacture	28, 29, 15, 16	1, 27, 13, 15	1, 29, 13, 12	15, 17, 27	13, 1, 17, 13, 16	16, 40, 14	13, 29, 1, 40	35, 13, 8, 1	35, 12, 35	35, 19, 1, 37	1, 28, 13, 27	11, 13, 1, 3, 10, 32	27, 1, 4	35, 16, 27, 26	28, 24, 27, 1	28, 26, 27, 1			
33	Ease of operation	25, 2, 13, 15	6, 13, 1, 25	1, 17, 13, 12		1, 17, 18, 16, 15, 39	1, 16, 35, 15	4, 18, 39, 31	18, 13, 34	28, 13, 35	2, 32, 12	15, 34, 29, 29	32, 35, 30	32, 40, 3, 28	29, 3, 8, 25	1, 16, 25, 26, 27, 13	13, 17, 1, 24			
34	Ease of repair	2, 27, 35, 11	2, 27, 35, 11	1, 28, 10, 25	3, 18, 31	15, 13, 32	16, 25, 35, 11	1	34, 9	1, 11, 10, 13		1, 13, 2, 4	2, 35, 11, 1, 2, 9	11, 29, 28, 27	1, 4, 10, 15, 1, 13	15, 1, 28, 16				
35	Adaptability or versatility	1, 6, 15, 8	19, 15, 29, 16	35, 1, 29, 2	1, 35, 16	35, 30, 29, 7	15, 16	15, 35, 29	35, 10, 14	15, 17, 20	35, 16	15, 37, 1, 8	35, 30, 14	36, 3, 32, 6	13, 1, 35, 2, 16	4, 2, 10, 35	6, 22, 26, 1	19, 35, 29, 13		
36	Device complexity	26, 30, 34, 36	2, 26, 35, 39	1, 19, 26, 24	26	14, 1, 13, 16	6, 36, 34, 26, 6	1, 16	34, 10, 29	26, 16	19, 1, 35	29, 13, 28, 15	2, 13, 28	10, 4, 28, 15	2, 17, 13	24, 17, 13	27, 2, 29, 28			
37	Difficulty of detecting and measuring	27, 26, 28, 13	6, 13, 1, 28, 1	16, 17, 26, 24	26	2, 13, 18, 17	2, 39, 30, 16	29, 1, 4, 16	2, 16, 31	3, 4, 16, 40, 19	30, 28, 37, 32	35, 36, 1, 39	27, 13, 39, 30	11, 22, 27, 15, 28	19, 29, 39, 25	25, 34, 6, 35	3, 27, 35, 16	2, 24, 26	35, 38	
38	Extent of automation	28, 26, 18, 35	28, 26, 14, 13, 35, 10	14, 13, 17, 28	23	17, 14, 13		35, 13, 16	28, 10	2, 35	13, 35	15, 32, 1, 13	18, 1	25, 13, 6, 9	26, 2, 19, 8, 32, 19	2, 32, 13				
39	Productivity	35, 26, 24, 37	28, 27, 15, 3	28, 38	30, 7, 14, 28	10, 26, 17, 7	10, 35, 10	2, 6, 34, 10	35, 37, 10, 2			28, 15, 10, 36	14, 10, 22, 39	35, 3, 28, 28, 10, 18	35, 10, 2, 18	20, 10, 16, 38	35, 21, 28, 10	26, 17, 19, 1	35, 10, 38, 19	

附錄四、40 個 TRIZ 創新法則

Principle 1. Segmentation

1. Divide an object into independent parts.
 - Replace mainframe computer by personal computers.
 - Replace a large truck by a truck and trailer.
2. Use a work breakdown structure for a large project.
3. Make an object easy to disassemble.
 - Modular furniture
4. Quick disconnect joints in plumbing
5. Increase the degree of fragmentation or segmentation.
 - Replace solid shades with Venetian blinds.
6. Use powdered welding metal instead of foil or rod to get better penetration of the joint.

Principle 2. Taking out

1. Separate an interfering part or property from an object, or single out the only necessary part (or property) of an object.
 - Locate a noisy compressor outside the building where compressed air is used.
 - Use fiber optics or a light pipe to separate the hot light source from the location where light is needed.
- Use the sound of a barking dog, without the dog, as a burglar alarm.

Principle 3. Local quality

1. Change an object's structure from uniform to non-uniform, change an external environment (or external influence) from uniform to non-uniform.
 - Use a temperature, density, or pressure gradient instead of constant temperature, density or pressure.
 - Make each part of an object function in conditions most suitable for its operation.
 - Lunch box with special compartments for hot and cold solid foods and for liquids

(Part C continued on the next page.)

- Make each part of an object fulfill a different and useful function.

- Pencil with eraser
- Hammer with nail puller
- Multi-function tool that scales fish, acts as a pliers, a wire stripper, a flat-blade screwdriver, a Phillips screwdriver, manicure set, etc.

Principle 4. Asymmetry

1. A. Change the shape of an object from symmetrical to asymmetrical.
 - Asymmetrical mixing vessels or asymmetrical vanes in symmetrical vessels improve mixing (cement trucks, cake mixers, blenders).
2. Put a flat spot on a cylindrical shaft to attach a knob securely.
3. If an object is asymmetrical, increase its degree of asymmetry.
 - Change from circular O-rings to oval cross-section to specialized shapes to improve sealing.
4. Use astigmatic optics to merge colors.

Principle 5. Merging

1. Bring closer together (or merge) identical or similar objects, assemble identical or similar parts to perform parallel operations.
 - Personal computers in a network
 - Thousands of microprocessors in a parallel processor computer
 - Vanes in a ventilation system
2. Electronic chips mounted on both sides of a circuit board or subassembly
3. Make operations contiguous or parallel; bring them together in time.
 - Link slats together in Venetian or vertical blinds.
 - Medical diagnostic instruments that analyze multiple blood parameters simultaneously
4. Mulching lawnmower

Principle 6. Universality

1. Make a part or object perform multiple functions; eliminate the need for other parts.
 - Handle of a toothbrush contains toothpaste
 - Child's car safety seat converts to a stroller

- Mulching lawnmower (Yes, it demonstrates both Principles 5 and 6, Merging and Universality.)
- Team leader acts as recorder and timekeeper.

2. CCD (Charge coupled device) with micro-lenses formed on the surface

Principle 7. “Nested doll”

1. Place one object inside another; place each object, in turn, inside the other.
 - Measuring cups or spoons
 - Russian dolls
2. Portable audio system (microphone fits inside transmitter, which fits inside amplifier case)
3. Make one part pass through a cavity in the other.
 - Extending radio antenna
 - Extending pointer
 - Zoom lens
 - Seat belt retraction mechanism
4. Retractable aircraft landing gear stow inside the fuselage (also demonstrates Principle 15, Dynamism).

Principle 8. Anti-weight

1. To compensate for the weight of an object, merge it with other objects that provide lift.
 - Inject foaming agent into a bundle of logs, to make it float better.
2. Use helium balloon to support advertising signs.
3. To compensate for the weight of an object, make it interact with the environment (e.g. use aerodynamic, hydrodynamic, buoyancy and other forces).
 - Aircraft wing shape reduces air density above the wing, increases density below wing, to create lift. (This also demonstrates Principle 4, Asymmetry.)
 - Vortex strips improve lift of aircraft wings.
4. Hydrofoils lift ship out of the water to reduce drag.

Principle 9. Preliminary anti-action

1. If it will be necessary to do an action with both harmful and useful effects, this

action should be replaced with anti-actions to control harmful effects.

- Buffer a solution to prevent harm from extremes of pH.
- 2. Create beforehand stresses in an object that will oppose known undesirable working stresses later on.
 - Pre-stress rebar before pouring concrete.
- 3. Masking anything before harmful exposure: Use a lead apron on parts of the body not being exposed to X-rays. Use masking tape to protect the part of an object not being painted

Principle 10. Preliminary action

1. Perform, before it is needed, the required change of an object (either fully or partially).
 - Pre-pasted wall paper
2. Sterilize all instruments needed for a surgical procedure on a sealed tray.
3. Pre-arrange objects such that they can come into action from the most convenient place and without losing time for their delivery.
 - Kanban arrangements in a Just-In-Time factory
4. Flexible manufacturing cell

Principle 11. Beforehand cushioning

1. Prepare emergency means beforehand to compensate for the relatively low reliability of an object.
 - Magnetic strip on photographic film that directs the developer to compensate for poor exposure
 - Back-up parachute
2. Alternate air system for aircraft instruments

Principle 12. Equipotentiality

1. In a potential field, limit position changes (e.g. change operating conditions to eliminate the need to raise or lower objects in a gravity field).
 - Spring loaded parts delivery system in a factory
 - Locks in a channel between 2 bodies of water (Panama Canal)
2. “Skillets” in an automobile plant that bring all tools to the right position (also demonstrates Principle 10, Preliminary Action)

Principle 13. 'The other way round'

1. Invert the action(s) used to solve the problem (e.g. instead of cooling an object, heat it).
 - To loosen stuck parts, cool the inner part instead of heating the outer part.
2. Bring the mountain to Mohammed, instead of bringing Mohammed to the mountain.
3. (Part B continued on the next page.)
4. Make movable parts (or the external environment) fixed, and fixed parts movable).
 - Rotate the part instead of the tool.
 - Moving sidewalk with standing people
5. Treadmill (for walking or running in place)
6. Turn the object (or process) 'upside down'.
 - Turn an assembly upside down to insert fasteners (especially screws).
7. Empty grain from containers (ship or railroad) by inverting them.

Principle 14. Spheroidality – Curvature

1. Instead of using rectilinear parts, surfaces, or forms, use curvilinear ones; move from flat surfaces to spherical ones; from parts shaped as a cube (parallelepiped) to ball-shaped structures.
 - Use arches and domes for strength in architecture.
2. Use rollers, balls, spirals, domes.
 - Spiral gear (Nautilus) produces continuous resistance for weight lifting.
3. Ball point and roller point pens for smooth ink distribution
4. Go from linear to rotary motion, use centrifugal forces.
 - Produce linear motion of the cursor on the computer screen using a mouse or a trackball.
 - Replace wringing clothes to remove water with spinning clothes in a washing machine.

5. Use spherical casters instead of cylindrical wheels to move furniture.

Principle 15. Dynamics

1. Allow (or design) the characteristics of an object, external environment, or process to change to be optimal or to find an optimal operating condition.
 - Adjustable steering wheel (or seat, or back support, or mirror position...)
(Part B continued on the next page.)
2. Divide an object into parts capable of movement relative to each other.
 - The “butterfly” computer keyboard, (also demonstrates Principle 7, “Nested doll”.)
3. If an object (or process) is rigid or inflexible, make it movable or adaptive.
 - The flexible boroscope for examining engines
4. The flexible sigmoidoscope, for medical examination

Principle 16. Partial or excessive actions

1. If 100 percent of an object is hard to achieve using a given solution method then, by using ‘slightly less’ or ‘slightly more’ of the same method, the problem may be considerably easier to solve.
 - Over spray when painting, then remove excess. (Or, use a stencil—this is an application of Principle 3, Local Quality and Principle 9, Preliminary anti-action).
2. Fill, then “top off” when filling the gas tank of your car.

Principle 17. Another dimension

1. To move an object in two- or three-dimensional space.
 - Infrared computer mouse moves in space, instead of on a surface, for presentations.
2. Five-axis cutting tool can be positioned where needed.
3. Use a multi-story arrangement of objects instead of a single-story arrangement.
 - Cassette with 6 CD’s to increase music time and variety
 - Electronic chips on both sides of a printed circuit board
4. Employees “disappear” from the customers in a theme park, descend into a tunnel, and walk to their next assignment, where they return to the surface and magically reappear.

5. Tilt or re-orient the object, lay it on its side.
 - Dump truck
6. Use 'another side' of a given area.
 - Stack microelectronic hybrid circuits to improve density.

Principle 18. Mechanical vibration

1. Cause an object to oscillate or vibrate.
 - Electric carving knife with vibrating blades
2. Increase its frequency (even up to the ultrasonic).
 - Distribute powder with vibration.
3. Use an object's resonant frequency.
 - Destroy gall stones or kidney stones using ultrasonic resonance.
4. Use piezoelectric vibrators instead of mechanical ones.
 - Quartz crystal oscillations drive high accuracy clocks.
5. Use combined ultrasonic and electromagnetic field oscillations.
 - Mixing alloys in an induction furnace

Principle 19. Periodic action

1. Instead of continuous action, use periodic or pulsating actions.
 - Hitting something repeatedly with a hammer
2. Replace a continuous siren with a pulsed sound.
3. If an action is already periodic, change the periodic magnitude or frequency.
 - Use Frequency Modulation to convey information, instead of Morse code.
4. Replace a continuous siren with sound that changes amplitude and frequency.
5. Use pauses between impulses to perform a different action.
 - In cardio-pulmonary respiration (CPR) breathe after every 5 chest compressions.

Principle 20. Continuity of useful action

1. Carry on work continuously; make all parts of an object work at full load, all the time.
 - Flywheel (or hydraulic system) stores energy when a vehicle stops, so the motor can keep running at optimum power.

2. Run the bottleneck operations in a factory continuously, to reach the optimum pace. (From theory of constraints, or takt time operations)
3. Eliminate all idle or intermittent actions or work.
 - Print during the return of a printer carriage—dot matrix printer, daisy wheel printers, inkjet printers.

Principle 21. Skipping

1. Conduct a process, or certain stages (e.g. destructible, harmful or hazardous operations) at high speed.
 - Use a high speed dentist's drill to avoid heating tissue.
2. Cut plastic faster than heat can propagate in the material, to avoid deforming the shape.

Principle 22. “Blessing in disguise” or “Turn Lemons into Lemonade”

1. Use harmful factors (particularly, harmful effects of the environment or surroundings) to achieve a positive effect.
 - Use waste heat to generate electric power.
2. Recycle waste (scrap) material from one process as raw materials for another.
3. Eliminate the primary harmful action by adding it to another harmful action to resolve the problem.
 - Add a buffering material to a corrosive solution.
4. Use a helium-oxygen mix for diving, to eliminate both nitrogen narcosis and oxygen poisoning from air and other nitrox mixes.
5. Amplify a harmful factor to such a degree that it is no longer harmful.
 - Use a backfire to eliminate the fuel from a forest fire.

Principle 23. Feedback

1. Introduce feedback (referring back, cross-checking) to improve a process or action.
 - Automatic volume control in audio circuits
 - Signal from gyrocompass is used to control simple aircraft autopilots.
 - Statistical Process Control (SPC) — Measurements are used to

decide when to modify a process. (Not all feedback systems are automated!)

2. Budgets –Measurements are used to decide when to modify a process.
3. If feedback is already used, change its magnitude or influence.
 - Change sensitivity of an autopilot when within 5 miles of an airport.
 - Change sensitivity of a thermostat when cooling vs. heating, since it uses energy less efficiently when cooling.
4. Change a management measure from budget variance to customer satisfaction.

Principle 24. ‘Intermediary’

1. Use an intermediary carrier article or intermediary process.
 - Carpenter’s nailset, used between the hammer and the nail
2. Merge one object temporarily with another (which can be easily removed).
 - Pot holder to carry hot dishes to the table

Principle 25. Self-service

1. Make an object serve itself by performing auxiliary helpful functions
 - A soda fountain pump that runs on the pressure of the carbon dioxide that is used to “fizz” the drinks. This assures that drinks will not be flat, and eliminates the need for sensors.
 - Halogen lamps regenerate the filament during use—evaporated material is redeposited.
2. To weld steel to aluminum, create an interface from alternating thin strips of the 2 materials. Cold weld the surface into a single unit with steel on one face and copper on the other, then use normal welding techniques to attach the steel object to the interface, and the interface to the aluminum. (This concept also has elements of Principle 24, Intermediary, and Principle 4, Asymmetry.)
3. Use waste resources, energy, or substances.
 - Use heat from a process to generate electricity: “Co-generation”.
 - Use animal waste as fertilizer.
4. Use food and lawn waste to create compost.

Principle 26. Copying

1. Instead of an unavailable, expensive, fragile object, use simpler and inexpensive copies.
 - Virtual reality via computer instead of an expensive vacation
2. Listen to an audio tape instead of attending a seminar.
3. Replace an object, or process with optical copies.
 - Do surveying from space photographs instead of on the ground.
 - Measure an object by measuring the photograph.
4. Make sonograms to evaluate the health of a fetus, instead of risking damage by direct testing.
5. If visible optical copies are already used, move to infrared or ultraviolet copies.
 - Make images in infrared to detect heat sources, such as diseases in crops, or intruders in a security system.

Principle 27. Cheap short-living objects

1. Replace an inexpensive object with a multiple of inexpensive objects, comprising certain qualities (such as service life, for instance).
 - Use disposable paper objects to avoid the cost of cleaning and storing durable objects. Plastic cups in motels, disposable diapers, many kinds of medical supplies.

Principle 28 Mechanics substitution

1. Replace a mechanical means with a sensory (optical, acoustic, taste or smell) means.
 - Replace a physical fence to confine a dog or cat with an acoustic “fence” (signal audible to the animal).
2. Use a bad smelling compound in natural gas to alert users to leakage, instead of a mechanical or electrical sensor.
3. Use electric, magnetic and electromagnetic fields to interact with the object.
 - To mix 2 powders, electrostatically charge one positive and the other negative. Either use fields to direct them, or mix them mechanically and let their acquired fields cause the grains of powder to pair up.
4. Change from static to movable fields, from unstructured fields to those having structure.

- Early communications used omnidirectional broadcasting. We now use antennas with very detailed structure of the pattern of radiation.
5. Use fields in conjunction with field-activated (e.g. ferromagnetic) particles.
 - Heat a substance containing ferromagnetic material by using varying magnetic field. When the temperature exceeds the Curie point, the material becomes paramagnetic, and no longer absorbs heat.

Principle 29. Pneumatics and hydraulics

1. Use gas and liquid parts of an object instead of solid parts (e.g. inflatable, filled with liquids, air cushion, hydrostatic, hydro-reactive).
 - Comfortable shoe sole inserts filled with gel
2. Store energy from decelerating a vehicle in a hydraulic system, then use the stored energy to accelerate later.

Principle 30. Flexible shells and thin films

1. Use flexible shells and thin films instead of three dimensional structures
 - Use inflatable (thin film) structures as winter covers on tennis courts.
2. Isolate the object from the external environment using flexible shells and thin films.
 - Float a film of bipolar material (one end hydrophilic, one end hydrophobic) on a reservoir to limit evaporation.

Principle 31. Porous materials

1. Make an object porous or add porous elements (inserts, coatings, etc.).
 - Drill holes in a structure to reduce the weight.
2. If an object is already porous, use the pores to introduce a useful substance or function.
 - Use a porous metal mesh to wick excess solder away from a joint.
3. Store hydrogen in the pores of a palladium sponge. (Fuel “tank” for the hydrogen car—much safer than storing hydrogen gas)

Principle 32. Color changes

1. Change the color of an object or its external environment.
 - Use safe lights in a photographic darkroom.
2. Change the transparency of an object or its external environment.

- Use photolithography to change transparent material to a solid mask for semiconductor processing. Similarly, change mask material from transparent to opaque for silk screen processing.

Principle 33. Homogeneity

1. Make objects interacting with a given object of the same material (or material with identical properties).
 - Make the container out of the same material as the contents, to reduce chemical reactions.
2. Make a diamond cutting tool out of diamonds.

Principle 34. Discarding and recovering

1. Make portions of an object that have fulfilled their functions go away (discard by dissolving, evaporating, etc.) or modify these directly during operation.
 - Use a dissolving capsule for medicine.
 - Sprinkle water on cornstarch-based packaging and watch it reduce its volume by more than 1000X!
2. Ice structures: use water ice or carbon dioxide (dry ice) to make a template for a rammed earth structure, such as a temporary dam. Fill with earth, then, let the ice melt or sublime to leave the final structure.
3. Conversely, restore consumable parts of an object directly in operation.
 - Self-sharpening lawn mower blades
4. Automobile engines that give themselves a “tune up” while running (the ones that say “100,000 miles between tune ups”)

Principle 35. Parameter changes

1. A. Change an object’s physical state (e.g. to a gas, liquid, or solid).
 - Freeze the liquid centers of filled candies, then dip in melted chocolate, instead of handling the messy, gooey, hot liquid.
2. Transport oxygen or nitrogen or petroleum gas as a liquid, instead of a gas, to reduce volume.
3. Change the concentration or consistency.
 - Liquid hand soap is concentrated and more viscous than bar soap at the point of use, making it easier to dispense in the correct amount and more

sanitary when shared by several people.

4. Change the degree of flexibility.
 - Use adjustable dampers to reduce the noise of parts falling into a container by restricting the motion of the walls of the container.
5. Vulcanize rubber to change its flexibility and durability.
6. Change the temperature.
 - Raise the temperature above the Curie point to change a ferromagnetic substance to a paramagnetic substance.
 - Raise the temperature of food to cook it. (Changes taste, aroma, texture, chemical properties, etc.)
7. Lower the temperature of medical specimens to preserve them for later analysis.

Principle 36. Phase transitions

1. Use phenomena occurring during phase transitions (e.g. volume changes, loss or absorption of heat, etc.).
 - Water expands when frozen, unlike most other liquids. Hannibal is reputed to have used this when marching on Rome a few thousand years ago. Large rocks blocked passages in the Alps. He poured water on them at night. The overnight cold froze the water, and the expansion split the rocks into small pieces which could be pushed aside.
2. Heat pumps use the heat of vaporization and heat of condensation of a closed thermodynamic cycle to do useful work.

Principle 37. Thermal expansion

1. Use thermal expansion (or contraction) of materials.
 - Fit a tight joint together by cooling the inner part to contract, heating the outer part to expand, putting the joint together, and returning to equilibrium.
2. If thermal expansion is being used, use multiple materials with different coefficients of thermal expansion.
 - The basic leaf spring thermostat: (2 metals with different coefficients of

expansion
are linked so that it bends one way when warmer than nominal and the
opposite way when
cooler.)

Principle 38. Strong oxidants

1. Replace common air with oxygen-enriched air.
 - Scuba diving with Nitrox or other non-air mixtures for extended endurance
2. Replace enriched air with pure oxygen.
 - Cut at a higher temperature using an oxy-acetylene torch.
3. Treat wounds in a high pressure oxygen environment to kill anaerobic bacteria and aid healing.
4. Expose air or oxygen to ionizing radiation.
5. Use ionized oxygen.
 - Ionize air to trap pollutants in an air cleaner.
6. Replace ozonized (or ionized) oxygen with ozone.
 - Speed up chemical reactions by ionizing the gas before use.

Principle 39. Inert atmosphere

1. Replace a normal environment with an inert one.
 - Prevent degradation of a hot metal filament by using an argon atmosphere.
2. Add neutral parts, or inert additives to an object.
 - Increase the volume of powdered detergent by adding inert ingredients.
This makes it easier to measure with conventional tools.

Principle 40. Composite materials

1. Change from uniform to composite (multiple) materials.
 - Composite epoxy resin/carbon fiber golf club shafts are lighter, stronger, and more flexible than metal. Same for airplane parts.
2. Fiberglass surfboards are lighter and more controllable and easier to form into a variety of shapes than wooden ones.