

利用 TRIZ 方法與公理設計於滑鼠設計個案之研究

劉至行* 王仁慶* 陳家豪**
國立成功大學 機械工程學系
台南市大學路一號

本次個案研究分別以 TRIZ 方法 (The Theory of Inventive Problem Solving) 與公理設計 (Axiomatic Design) 對滑鼠產品作一完整的研究與改善,並將所得到之結果與目前滑鼠產品發展之趨勢做一比較,可藉此對這些產品設計方法的實用性做一驗證,亦可作為欲瞭解與學習這些產品設計方法的範例,提供欲學習者一個使用與思考的方向。本文主要在透過適當的產品設計方法,幫助設計者來瞭解客戶的需求與產品目前在市場上的定位與趨勢,期能以較低的研發與生產成本,開發出性能較優良、功能較強與更具創意的產品,進而使本身所研發的產品能夠更具競爭性,達成產品最佳設計的目標。

關鍵字: TRIZ、創新設計、公理設計、滑鼠

一、前言

目前市售滑鼠,在外觀上有二至三個按鈕,大部分滑鼠的工作原理都大同小異,至少在移動的偵測與指示的方法是相同的,若依結構可分為機械式、光學式、半光學式三種[4]。而一般電腦的使用者,對於滑鼠的依賴遠超過鍵盤,由於滑鼠移動容易,所以只要抓著它,輕輕加以移動讓螢幕上的滑鼠指標移至某個圖像,然後再按一次或兩次鈕,就可以讓電腦執行某些程式,由於滑鼠可以使操作更方便,且價格不貴,所以它已成為一般電腦的基本配備,也正因為著滑鼠這項產品目前的普遍性與必要性,因此本次專題研究決定以滑鼠為目標產品,藉由各種不同的設計方法來對滑鼠產品做一研究與探討,希望能對一般傳統滑鼠的設計作一改良,達成產品最佳設計之目標。

二、TRIZ 方法於滑鼠設計之應用

2-1 TRIZ 簡介

不論年齡或性別,每個人皆可以創新發明;同時人們可以學習發明的原理,而不必只使用憑空想像的方式或嘗試錯誤法來創新發明。這種截然不同的見解,首先由 G. Altshuller 提出,自 1946 年著手發展所謂的 TRIZ 方法 (The Theory of Inventive Problem Solving) [1],藉由分析專利以了解發明的原理,現被尊稱為 TRIZ 之父。TRIZ 的發展使發明不只是藝術,而成為有原理可循的科學。

2-2 滑鼠設計-應用 TRIZ 方法

傳統的滑鼠設計,大多為如圖 1 所示的二鍵或三鍵式有線滑鼠。在本次滑鼠設計之個案研究中,我們試著利用 TRIZ 方法來對傳統的

滑鼠設計作一改良,藉著找尋每項設計概念發展時所可能產生的矛盾,有效地利用 TRIZ 方法所提供的 39 個設計參數、40 個發明法則與矛盾矩陣表來做產品之改良。接下來我們將介紹本次應用 TRIZ 方法與創新設計軟體 TechOptimizer [3] 來做滑鼠設計時所產生的五項矛盾與其所對應的解決方案。



圖 1.傳統二鍵或三鍵式滑鼠

2-2-1 第一個矛盾

我們希望“滑鼠內部可以使用的空間最大,但所佔的空間最小”的概念,是一項技術上的矛盾。而當我們試著改良“移動物體面積 (area of moving object)”這個參數時,“移動物體體積 (volume of moving object)”這個參數卻會得到反效果而越來越差。對於如此的技術矛盾:“參數 5: 移動物體面積 (area of moving object)”與“參數 7: 移動物體體積 (volume of moving object)”,TechOptimizer 中 Altshuller 的矛盾矩陣推薦了下列四項法則:

- 07. 大小依次套疊 (Nesting)
- 14. 球狀化 (Spheroidality)
- 17. 移到新的次元 (Moving to a new dimension)
- 04. 不對稱 (Asymmetry)

在此我們選擇了球狀化 (Spheroidality) 這個法則,來做為產品改善的指標,改良後的球狀化滑鼠如圖 2 所示:



圖 2. 球狀化滑鼠 (All Spirit UFO Mouse) [6]

2-2-2 第二個矛盾

我們為了使用上的方便性,希望有線滑鼠的線長越長越好,但站在設計者的角度,又不希望線長過分的增加,造成不必要的浪費。因此在此“使用方便性 (參數 33) (Easy of use)”與浪費物質 (參數 23) (Waste of substance) 之間為一技術矛盾,經由 TechOptimizer 中矛盾矩陣表可查出下列之解決法則:

- 28. 更換機械系統 (Replacement of a mechanical system)
- 32. 改變顏色 (Changing the color)
- 02. 抽出 (Extraction)
- 24. 中介物 (Mediator)

此處我們可選擇更換機械系統 (Replacement of a mechanical system) 與抽出 (Extraction) 這二個原則,將滑鼠傳輸線移除,因而將有線滑鼠的設計改變成無線滑鼠 (圖 3)。



圖 3.無線滑鼠 (羅技無限旋貂) [5]

2-2-3 第三個矛盾

我們為了使用上的方便性,經常利用電腦來做為簡報時的工具,並利用滑鼠來做游標與投影片的控制。但一般的滑鼠在使用上有距離的限制,而無限滑鼠游標之控制又需滑鼠墊來配合,因此經常可見報告者藉由投影筆來做講解時之投影指標,欲換投影片時又回來按滑鼠以控制換頁,因而造成了時間的浪費與講解時的不便利性。因此在此“使用方便性 (參數 33) (Easy of use)”與浪費時間 (參數 25) (Waste of time) 之間為一技術矛盾,經由 TechOptimizer 中矛盾矩陣表可查出下列之解決法則:

- 04. 不對稱 (Asymmetry)
- 28. 更換機械系統 (Replacement of a mechanical system)
- 10. 先前動作 (Prior action)
- 34. 拋棄及再生零件 (Rejecting and regenerating parts)

此處我們選擇了更換機械系統 (Replacement of a mechanical system) 此原則, 因而將滑鼠的設計由底部的滾珠改變成適合手動控制而不需滑鼠墊的軌跡球式滑鼠, 並依據使用距離上的考量, 設計出無線軌跡球定位式簡報專用滑鼠(圖 4)。



圖 4.無線軌跡球式滑鼠(羅技簡報飛貂)[5]

2-2-4 第四個矛盾

一般我們所使用的傳統滑鼠, 經常會從桌上吸入灰塵而壓迫到內部的滾珠, 時間久了甚至會阻礙到滾珠的正常滾動, 這種因為滑鼠滾珠積聚灰塵或是因內部的機械零件損耗而造成滑鼠的不靈敏, 情況輕微者或可將取出加以清潔, 但嚴重者可能將因此更換一隻新的滑鼠, 因此也造成了物質的浪費。此處滑鼠的壽命可視為 TRIZ 中的參數 15: 移動物體的耐久性 (Durability of moving object), 而更換滑鼠則可視為 TRIZ 中的參數 23: 浪費物質 (Waist of substance)。若滑鼠的耐久性提升, 則可避免物質上的浪費, 因此二參數之間為一技術矛盾, 經由 TechOptimizer 中矛盾矩陣表可查出下列之解決法則:

- 28. 更換機械系統 (Replacement of a mechanical system)
- 27. 以便宜而壽命短的物體取代昂貴而持

久的物體 (An inexpensive short-life object instead of an expensive durability one)

- 03. 局部特性 (Local quality)
- 18. 機械振動 (Mechanical vibration)

此處我們選擇了更換機械系統 (Replacement of a mechanical system) 此原則, 將放在底部容易積聚灰塵的滾珠設計改變為在滑鼠正面手動控制的軌跡球式滑鼠(圖 5)。



圖 5.軌跡球式滑鼠(羅技土星軌跡球)[5]

另一種設計考量, 則是直接取消滾珠或是軌跡球的設計, 直接將傳統機械式定位滑鼠的設計改變成為光學定位式滑鼠(圖 6)。



圖 6.光學定位滑鼠(羅技極光旋貂)[5]

2-2-5 第五個矛盾

我們為了使用上的方便性, 所以使用電腦時要靠滑鼠來控制游標與點選按鈕, 而不能只光靠鍵盤來操控, 但滑鼠壽命有限, 使用久了終究會壞掉而丟棄, 造成物質的浪費。因此在此 "使用方便性 (參數 33) (Easy of use) 與浪費物質 (參數 23) (Waist of substance) 之間為一技術矛盾, 經由 TechOptimizer 中矛盾矩陣表可查出下列之解決法則:

- 28. 更換機械系統 (Replacement of a mechanical system)
- 32. 改變顏色 (Changing the color)
- 02. 抽出 (Extraction)
- 24. 中介物 (Mediator)

此處我們可選擇更換機械系統 (Replacement of a mechanical system) 與抽出 (Extraction) 這二個原則，將滑鼠移除而將其功能轉由一軌跡球或是觸控板來替代，並將其整合於鍵盤之上，成為軌跡球鍵盤 (圖 7) 或觸控板鍵盤 (圖 8)。



圖 7. 軌跡球鍵盤



圖 8. 觸控板鍵盤

此處亦可選擇改變顏色 (Changing the color) 此原則，因而將一般滑鼠造型的設計改變成特殊造型之滑鼠，此處以一青蛙造型滑鼠 (圖 9) 為例，在壞掉之後還可當作擺飾或小孩的玩具等用途。



圖 9. 青蛙造型滑鼠 (AllSpirit Frog Mouse) [6]

以上我們將上述所找出的每一個矛盾作了個別的 TRIZ 創新方法改良，得到了個別的創新設計，亦可根據成本或需求上的考量，結合其中幾項或是所有的矛盾，做出綜合考量上的創新設計。如結合矛盾一與矛盾二的考量，我們可設計出球狀化的無線操控式滑鼠，而結合矛盾二，矛盾四與矛盾五，可設計出青蛙造型之無線光學滑鼠等。

三、公理設計於滑鼠設計之應用

3-1 公理設計簡介

公理設計 [2] 指引我們在設計過程中對我們的設計需求 (我們所要達到的目標) Design Requirements: DR) 與設計解答 (如何達到目標) (Design Solution: DS) 做有效的對映 (mapping) 與分解 (decomposition)，公理設計之主要判別原則，第一個為 Independence Axiom，將設計之產品分類為下列三種設計矩陣 Uncouple、Decouple 與 Couple Design。需成為 Uncouple 或 Decouple Design 方能達成我們的設計目標。

$$\begin{pmatrix} X & 0 & 0 \\ 0 & X & 0 \\ 0 & 0 & X \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} X & 0 & 0 \\ X & X & 0 \\ X & X & X \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} X & X & X \\ X & X & X \\ X & X & X \end{pmatrix} \quad (1)$$

Uncoupled Decoupled Coupled

公理設計的第二個理論為 Information Axiom，內容指出在所有滿足 Independence Axiom 的設計中，Information Content 最小者為最佳之設計。

Information Content (I) 之定義如下：

$$I = \log_2 \left(\frac{1}{p} \right) \quad (2)$$

其中 (P) 為滿足設計要求 (Design Requirement) 的機率。若有 n 個設計需求，則 Total Information Content (I_{total}) 定義如下：

$$I_{total} = \sum_{i=1}^n I_i \quad (3)$$

3-2 滑鼠設計-應用公理設計

以下將應用公理設計對滑鼠產品做一設計與改善，首先我們先定義出滑鼠之設計需求：

設計需求

DR₁ = 可控制游標

DR₂ = 有功能鍵

DR₃ = 可傳遞游標與功能鍵之訊號

相對應第一個層次的設計需求之設計解答可列出如下：

DS₁ = 游標定位裝置

DS₂ = 功能鍵裝置

DS₃ = 訊號傳遞裝置

根據上述之設計需求與設計解答，可列出所謂的設計矩陣 (Design Matrix) 如下：

$$\begin{Bmatrix} DR_1 \\ DR_2 \\ DR_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & X \\ 0 & X & X \\ X & X & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DS_1 \\ DS_2 \\ DS_3 \end{Bmatrix} \quad (4)$$

此設計為 Coupled Design，故需要再做進一步的分解與細分。

3-2-1 DR₁

DR₁ 為可控制游標，可進一步分解如下：

DR₁₁ = 移動滑鼠控制游標

DR₁₂ = 不移動滑鼠控制游標

相對應第二個層次的設計需求之設計解答可列出如下：

DS₁₁ = 滾珠定位裝置

DS₁₂ = 軌跡球定位裝置

根據上述之設計需求與設計解答，可列出設計矩陣如下：

$$\begin{Bmatrix} DR_{11} \\ DR_{12} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 \\ X & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DS_{11} \\ DS_{12} \end{Bmatrix} \quad (5)$$

根據上列設計方程式可看出此第二層次之設計矩陣為一三角矩陣 (Triangular Matrix)，即此設計為 Decoupled Design 且滿足公理設計之 Independence Axiom。因此此

處之設計解答是可被接受的，並且已定義詳盡，不需要再做進一步的分解與細分。

3-2-2 DR₂

DR₂ 為有功能鍵，且可被進一步分解如下：

DR₂₁ = 功能鍵較少

DR₂₂ = 一般功能鍵

DR₂₃ = 功能鍵較多

因此，相對應於第二個層次的設計需求之設計解答可列出如下：

DS₂₁ = 二個功能鍵

DS₂₂ = 三個功能鍵

DS₂₃ = 三個功能鍵 + 捲軸滾輪

根據上述之設計需求與設計解答，可列出設計矩陣如下：

$$\begin{Bmatrix} DR_{21} \\ DR_{22} \\ DR_{23} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 \\ 0 & X & 0 \\ 0 & 0 & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DS_{21} \\ DS_{22} \\ DS_{23} \end{Bmatrix} \quad (6)$$

根據上列設計方程式可看出此層次之設計矩陣為對角矩陣 (Diagonal Matrix)，故此設計為 Uncoupled Design 且滿足公理設計之 Independence Axiom。因此此處之設計解答是可被接受的，並且已定義詳盡，不需要再做進一步的分解與細分。

3-2-3 DR₃

DR₃ 為可傳遞游標與功能鍵之訊號，且可以被進一步分解如下：

DR₃₁ = 使用距離較不固定

DR₃₂ = 固定在近距離使用

因此，相對應於此第二層次的設計需求之設計解答可列出如下：

DS₃₁ = 無線接收傳遞訊號

DS₃₂ = 使用傳輸線傳遞訊號

根據上述之設計需求與設計解答，可列出設計矩陣如下：

$$\begin{Bmatrix} DR_{31} \\ DR_{32} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 \\ X & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DS_{31} \\ DS_{32} \end{Bmatrix} \quad (7)$$

根據上列設計方程式可看出此第二層次之設計矩陣為一三角矩陣，故此設計為 Decoupled Design 且滿足公理設計之 Independence Axiom。因此此處之設計解答是可被接受的，並且已定義詳盡，不需要再做進一步的分解與細分。

最後整個滑鼠的設計需求與設計解答所對應之設計方程式如下：

$$\begin{Bmatrix} DR_{11} \\ DR_{12} \\ DR_{21} \\ DR_{22} \\ DR_{23} \\ DR_{31} \\ DR_{32} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X & X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & X & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & X & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & X & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DS_{11} \\ DS_{12} \\ DS_{21} \\ DS_{22} \\ DS_{23} \\ DS_{31} \\ DS_{32} \end{Bmatrix} \quad (8)$$

故整體設計為 Decoupled Design 且滿足公理設計之 Independence Axiom。

經由公理設計的設計需求 (Design Requirements : DR) 與設計解答 (Design Solution : DS) 間的對映 (mapping) 與分解 (decomposition), 在此對滑鼠產品做了下列的設計建議，如下圖所示：可將滑鼠產品設計為由滾珠定位裝置 / 軌跡球定位裝置，配合二個功能鍵 / 三個功能鍵 / 三個功能鍵 + 捲軸滾輪，再加上有線傳訊 / 無線傳訊等三種類型之設計解答配對組合的滑鼠設計。

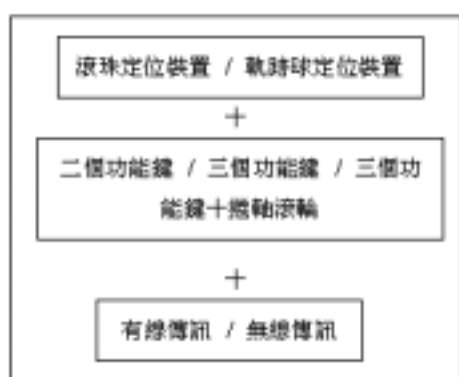


圖 10. 滑鼠設計示意圖

四、結論

本次個案研究分別以 TRIZ 方法與公理設計對滑鼠產品作一完整的研究與改善。TRIZ

方法部分並將所得之結果與目前市面上之產品做一驗證。公理設計的部分本次研究僅使用了其第一個公理：Independence Axiom 即可解決，但若當我們遇到僅用第一個公理而無法解決的問題時，此時我們可使用上公理設計的第二個公理：Information Axiom，即在所有滿足的第一個公理的設計中，Information Content 最小者為最佳之設計。

在創新方法的思考概念上，想法因人而易，創意也不會有一定的標準答案，但我們可憑藉著 TRIZ 方法與公理設計等產品設計方法，提供我們一個創新思考的方向。並且可集合數人為研發小組，成為一腦力激盪團隊，所得之構思應可更加的全面性。

參考文獻

- [1] J.Terninko, A.Zusman, and B.Zlotin, Systematic Innovation: An Introduction to TRIZ, Boca Raton, CRC Press, LLC, 1998.
- [2] N.P.Suh, "Axiomatic Design of Mechanical System," Transaction of the ASME, Journal of Mechanical Design, Vol.117, pp.2-10, June, 1995.
- [3] 蕭詠今, TechOptimizer 訓練教材, 1.5 版, May, 1999
- [4] 財團法人資訊工業策進會, 電腦滑鼠研究報告, 民國 83 年。
- [5] <http://www.logitech.com.tw/>
- [6] <http://www.allspirit.com.tw/>