

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

虛擬實境應用在產品可能性的探討--虛擬原型應用於設計評估

(I)

A Study on the Feasibility of Using Virtual Prototype in Design Evaluation : A Hair Dryer and a Computer Worktable as an Example

計畫編號：NSC 88-2213-E-009-048

執行期限：87年8月1日至88年10月31日

主持人：莊明振 國立交通大學應用藝術研究所

一、中文摘要

產品設計的過程中，在構想展開後，須評估不同的設計方案；而在設計定案之前，也常須評估最終選擇設計案，在機能、機構、操作、視覺上等方面的合理性。隨設計案大小或評估項目的不同，以往這些評估是透過產品精描圖面(rendering)、或產品原型(prototype)來進行。圖面是2D的，要來評估3D的產品不能逼真。原型雖可逼真，但評估的原型，可能成本很高，且難以製作。因此本研究探討以虛擬實境技術，產生虛擬原型作為設計評估的可能性。選定吹風機(小尺寸)與電腦桌(大尺寸)兩種不同尺寸範圍的產品，經由設計構想各完成三種設計選擇案，並分別製作成手繪產品精描圖、電腦產品精描圖、真正的3D原型及虛擬原型作為評估之媒材，進行不同的產品評估工作。比較分析不同媒材對設計評估行為的影響。本研究主要著重在視覺的評估，並稍探及操作的人因工程評估之可能性。研究量化結果顯示：虛擬原型應用在產品開發後期階段一構想具體化階段的評估，在使用現階段的軟體和硬體設備(由本研究所選用和定義)，其整體表現，對於小尺寸的評價，有較好的效果；大尺寸則較不顯著。質化結果顯示(吹風機)：虛擬原型主要著重在單獨比較、造形、握把的評估；對於團體評價，則著重在機構、製造以及整體的考量。

關鍵詞：虛擬實境、產品設計、原型、設

計評估

Abstract

In product design process, we have to evaluate various ideas developed from time to time. Also, at the final stage, we must examine the formal, functional and ergonomically aspects of the design alternatives for further improvements and making final decision. In these evaluations, we conventionally count on the expressive tools of either renderings or prototypes. However, as renderings are 2-D drawings, they can't vividly simulate the 3-D products to be built. On the other hand, although prototypes, if well fabricated, can perfectly simulate real products, it may cost much and be difficult to construct. Thus, in the study, we have explored the feasibility of using virtual prototypes in design evaluation. For the consideration of different product sizes, two product designs, a computer worktable and a hair dryer, have been designed in this study. In each product, these design alternatives were selected for evaluation. These design alternatives were presented in 4 kinds of expressive media: rendering, real prototype, computer 3-D modeling and virtual prototype for evaluation. Basically, the evaluation of ergonomics and operation will be discussed too. The results indicated

that the application of virtual reality, based upon the current facilities defined in the study, generally perform better in the small-size electronic products, the hair dryer, during the latter stage of product development procedure, the evaluation of the idea embodiment. The significant effect of application of virtual reality large-scaled product; a computer worktable, however, was not evident. The qualitative experiment of hair dryer reflected that virtual prototype put much emphasis upon performed significantly better in the evaluation of single case comparison, and the evaluation of form. Moreover, the evaluation of handle design was emphasized. The group evaluation, when virtual prototype was applied, put much emphasis upon mechanism, manufacture, and overall consideration.

Keywords: virtual prototype, product design, prototype and design evaluation

二、緣由與目的

隨著電腦科技的進步，產品設計的程序與方法，不斷地受到衝擊。早期電腦輔助設計，偏重在工程計算及工程圖的呈現上。而隨著電腦的運算速度增快，解析度增高，由電腦所繪製的精描圖，也成為設計師呈現設計的有利工具。另一方面，人工智慧的導入，在設計構想的展開及設計評估上，電腦的助益也逐漸明顯。而最近電腦的重要發展之一，是虛擬實境技術的逐漸成熟。其對電腦輔助設計的許多層面，必然會造成重大影響，同時也將開啟許多應用的機會。其中對產品設計的可能應用之一，是透過虛擬原型來作設計評估的工作。

產品設計的過程中，構想的展開及篩選是一連串發散與收斂的操作。而在收斂操作時，就必須依賴設計評估。初期的設計評估，可能只是對簡略草圖來進行。而隨

著設計的逐漸成熟，評估的項目上會逐漸增加，也逐漸具體。因此作為評估的設計呈現，除逐漸精確外，呈現方式也逐漸由2D的圖片，轉成3D的模型或原型。實體原型可能非常逼近真正的產品，但逼真的原型往往成本很高，或不易製作。因此，在現階段中，部份的產品設計，若對人因工程或操作的模擬不是很重要時，有時只以產品精描圖來作設計評估。然而2D的精描圖與真正的3D產品，是有差距的。據此評估所產生的設計，在生產時往往發現與預期或想像的有所不同。在此，利用虛擬實境，配合當前的電腦精描技術，來產生虛擬原型，以作為設計評估，或許可解決上述的問題。

本研究將透過設計實例的探討，兼顧了不同尺寸大小及概念、造形差異的產品，並模擬實際企業設計評價模式，比較不同設計呈現方式，對設計評估行為的影響，及設計評估結果在質與量的差異。除了確認出虛擬原型在設計評估上的可行性外，更進一步探討其所引發的問題點及應用準則。針對上述問題，本研究擬探討的方向，有以下重點：

- (一) 虛擬原型介入一般產品開發程序中，進行設計評價之可行性探討。
- (二) 其在評估過程中，對設計人員之心智活動有何影響。
- (三) 虛擬原型與現階段表現法之間的差異性，和對評價結果之影響。
- (四) 其作為產品設計評估的優勢、問題點與應用準則。

三、研究方法與設計

(一) 評估產品

本研究著重在，虛擬原型應用在產品設計評估可能性之初探，與模擬業界實際評價模式，不擬在設計構想與實體模型製作上花太多精力，故研究中所採產品設計案，均以市面上吹風機與電腦桌（如表3-1所示）現有的產品各三種，作為三個設計替選案。

表 3-1 評估產品之研究項目及其分類

評估產品	評估變因
吹風機 (小尺寸)	(概念差異和造形變化小)即設計案的設計構想一致,整體造形只作局部修改變化。如: R 角的大小、圓弧線的彎曲度、斷面細部變化、色彩計畫.....等
電腦桌 (大尺寸)	(概念差異和造形變化大)即設計案的設計構想及整體造形差異較大。如: 整體結構的不同、不同功能的組合、色彩計畫.....等

(二)表現媒材

實體原型---吹風機模型的建構是以市面現有的產品加工處理而成。先拆解外殼,取出內部的機構,再將外殼各零件,噴漆塗裝所需要的顏色。電腦桌的建構是以市面現有的產品,將其零組件(美耐板和支撐鐵架)分解加工處理。(如圖 3-1 所示)



圖 3-1 實體原型的測試產品

表現圖---以手繪的方式。綜合使用麥克筆、粉彩、水彩.....等工具表現。圖面之光源設定、主體色彩、質感等表現,盡量模擬和實體原型一致。另外,將繪製完成的圖面,裁切其輪廓後,裱於 35cm(H)×25cm(W)的黑色紙板上(如圖 3-2 所示)



圖 3-2 表現圖

電腦 3D 模型建構---主要使用 PENTIUM II 級 PC 及 3DS Max 2.5 版之 3D 繪圖軟體,建構六個設計案的實體模型。建構完成後儲存成制定格式 *.max 檔,再輸出成 *.wrl 檔。而後應用 SGI ONYX/RE II 電腦硬體和 IV VIEW 基本軟體中觀看。評估時實驗者使用滑鼠操作,轉動 3D 模型,作 360°順時針轉動,每個轉動角度(45°)間隔十五秒後,再接續轉動下個角度,即兩分鐘內連續作八個分解動作,讓受測者在螢幕上觀察評估。評估吹風機則採用仰角 30°、水平視角、俯角 30°三種視角作整體評估;而評估電腦桌的角度範圍,因模擬一般人觀看立於地面上桌子的實際情況,故採用水平視角、俯角 15°、俯角 30°三種視角評估(如圖 3-3 所示)。上述為實驗一的評估方式。而實驗二、三為口語評估,受測者則是以自己操作滑鼠方式,選擇不同角度來觀看評估。另外,所有設計案主體,一律均以黑色為背景襯底。在主體色彩、質感、光源環境設定等表現,盡量模擬與實體原型一致。



圖 3-3 電腦 3D 模型建構

虛擬原型---本研究之 3D 虛擬原型的建構,大致和上述---電腦 3D 模型建構相

同。先將上述所建構好的 3D 模型，儲存成制定格式。再使用國家高速電腦中心--虛擬實驗室的 SGI ONYX/RE II 電腦硬體和 IV VIEW 基本軟體，將上述所建構好的 3D 模型 (*.wrl 檔)，透過 icx 轉檔模式，製作成虛擬原型。而後藉由 ImmersaDesk equipment (包含：大型投射螢幕 ImmersaDesk 5' x 4',45°,rear-projected screen；發射器 stereo emitter；立體眼鏡 Crystal Eyes stereo glasses 等週邊設備) 的輔助應用(如圖 3-4 所示)，完成虛擬原型之體驗。而虛擬原型和電腦 3D 模型建構兩者，所使用的 IV VIEW 應用軟體，其內部有一項 Stereo 指令，應用在虛擬原型的呈現，必須開啟它，才可產生立體效果。受測者同時也必須戴上立體眼鏡，才能體驗虛擬原型的 3D 立體效果，其系統架構圖，如圖 3-5 所示。



圖 3-4 ImmersaDesk equipment 和其周邊輔助設備

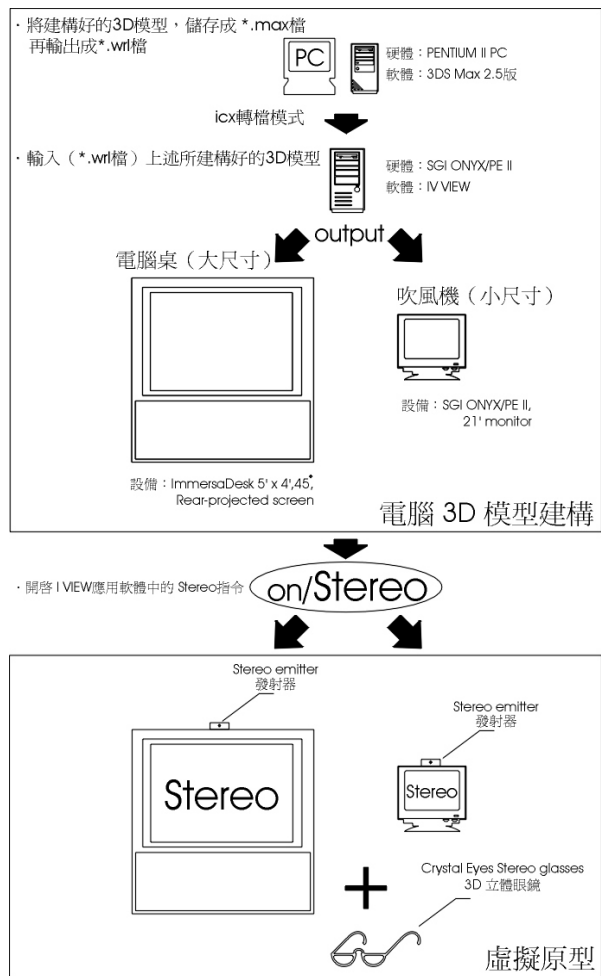


圖 3-5 電腦 3D 模型建構與虛擬原型系統架構圖

(三)實驗環境

表現圖---將畫有三個不同設計案之黑色紙板，每張間隔 10cm 平貼固定在由三塊隔板所組成之門字形空間 (160cm(L)×150cm(W)×150cm(H)) 之前方隔板上。三面屏風隔板間架設一離地 70cm 高之桌面，紙板之下緣與桌面齊平，桌面前方有一椅子，供受測者坐著觀察評估。(如圖 3-6 所示)



圖 3-6 表現圖---實驗環境

電腦 3D 模型建構---由於電腦桌的尺寸較大，故先於 SGI ONYX/RE II 電腦的螢幕輸出影像，再經由一連串訊號傳輸、轉換至大型投射螢幕。受測者在距離此設備正前方 150cm 處，站立於地面黑框 100cm(L)×100cm(W) 內觀看評估(如圖 3-7 所示)；吹風機由於尺寸小之故，主體影像只需在 SGI ONYX/RE II 的電腦螢幕上輸出(螢幕置於離地 70cm 高之桌面上)，供受測者坐著觀察評估。

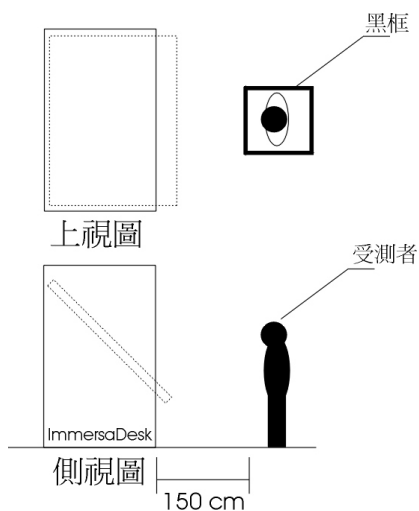


圖 3-7 ImmersaDesk equipment 之受測者與環境關係圖

實體原型---電腦桌置於由屏風隔板所組構 430cm(L)×300cm(W)×150cm(H) 的門字型封閉空間內受測。D、E、F 三案實體原型於地面黑框 390cm(L)×150cm(W) 內排成一列，原型與原型的間隔，和原型與黑框邊緣間距均為 30cm。受測者在黑框外評估，在此禁止用手碰觸原型，只得用視覺繞場重複觀看(如圖 3-8 所示)；吹風機則在由屏風組構 160cm(L)×150cm(W)×150cm(H) 的門字型封閉空間內受測。在這裡的空間內置一 70cm 高之桌面板，其上有一 13cm(L)×12cm(W)×19cm(H) 之支撐架，三個實體原型則分別固定於支撐架上。受測者可轉動桌面上的支撐架，觀看不同的角度作視覺評估，在此也禁止用手

碰觸原型。(如圖 3-9 所示)

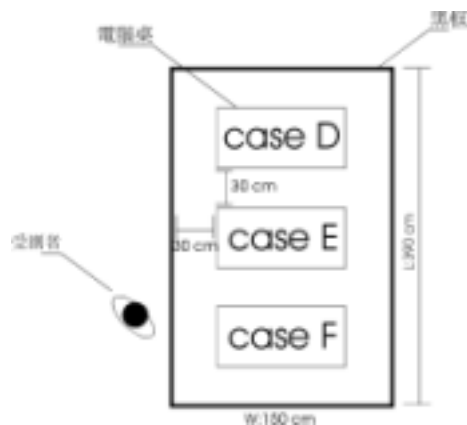


圖 3-8 評估電腦桌實體原型之受測者與環境關係



圖 3-9 實驗環境(吹風機)－實體原型

虛擬原型---除了受測者須帶上 3D 立體眼鏡外，其它的實驗環境與電腦 3D 模型建構相同。

(四)評估實驗

評價進行時機---本實驗採取如圖 3-10 所示之階段-門檻(stage-gate)的觀念 (Cooper, 1993)，鎖定在設計進行時期中，所發展的第四階段—構想具體化階段 (stage)，以進行該設計階段的評估實驗，即門檻 (gate)。

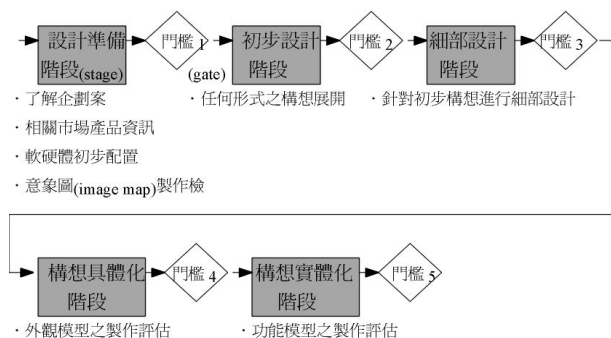


圖 3-10 產品設計進行時期五階段之評價時機

評價標準（項目）---

表 3-2 產品設計評價表

CASE 評價項目		A (D)	B (E)	C (F)
造形 (Fo)	造形新穎性			
	整體美感性			
	色彩搭配性			
功能 (Fu)	功能獨創性			
	使用便利性			
	堅固耐久性			
	人體工學			
	安全導向			
	環保條件			
機構 (M)	機構設計創新性			
	機構設計簡單性			
製造 (P)	量產可行性			
	製造技術難易度			
	低製造成本			
TOTAL				

評價進行方法---本研究採質化與量化兩種方式並行。依文獻探討、業界實況探討和實驗所需，定義一套評價標準--評價表格（如表 3-2 所示）。而後，要求受測者依此評量表，來進行設計評價實驗。所求得之評價值，再加以統計分析（量化研究）；另一方面，依實驗設計與方法，選取適合的受測者對不同設計案，以排序方式進行擇優比較。全程並採用口語分析之放聲思考方式（think aloud），對其心智活動過程加以記錄、編碼與分析（質化研究）。在質化研究的決策形態，分為個人與團體決

定兩種形式，團體決策方式有口頭討論與投票兩種情形。

評價參與人員---

表 3-3 受測者分類及分組人數

實際從事設計相關工作	機構設計二名、工業設計六名	八名
非設計相關工作	高階主管三名、模型製作三名、營業一名、企劃一名	八名
Total	十六名	

(五) 實驗方法與步驟

實驗 1 評分評比---十六位受測者分別以單一表現媒材，對其所選定之單項實驗物作評價。經過評價量表評估後，就其所求之評價值進行統計分析。也就是說，為使受測者在對四種媒材受測時互不干擾。故每位受測者在評估該項實驗物時，每組受測者均分別只固定對單一表現媒材評估。

實驗 2 排序評比與口語分析---評價過程是以配對比較方式，從三案中擇出一最佳方案，並說出其評估中的依據。在此受測者只需直覺性的說出心理感受，不須解釋思考內容原因。四位受測者分別以單一表現媒材，對其所選定之單項實驗物的評價。經過排序與口語分析實驗後，最終擇一最佳方案。

實驗 3 團體決策---正式實驗前，即先培養團體默契與信任後，再行評估實驗。四位受測者以相同之表現媒材，同時對單項實驗物評價。主要過程是先以口頭討論的評估方式逐漸取得共識，最後再從此三案中擇出一最佳方案。（主要模擬實務界之內部團體所作產品評價）

(六) 口語資料的整理與編碼

實驗 2 和 3 之受測者評估過程的全程及錄影，先轉換成口語分析資料，並依下述所定義的三種編碼方式，對口語分析資料進行整理斷句與編碼。為求實驗之客觀及一致性，在做口語分析資料前，已先行和

多位資深人員，檢討斷句的方式及編碼 (coding) 的可行性。編碼完成後，隔一段時間再請益不同專家予以反覆修正得之。

編碼一---以受測者所提及的方案作為編碼方式。

編碼二---以構成產品的主要因素(即：造形 form、功能 function、機構 mechanism、製造 produce) 為編碼方式。

編碼三---以評估產品(小尺寸---吹風機)的主要構件(即：風筒 barrel、握把 handle、開關 switch、聚風罩 concentrator、進風口格網 air-inlet grille、出風口格網 air-outlet grille) 為編碼方式。

依上述所定義的三種編碼方式，施以斷句和編碼，由編碼所出現的頻次與時間彙整成下表，再分別進行質化研究與分析。(如圖 3-11 所示)

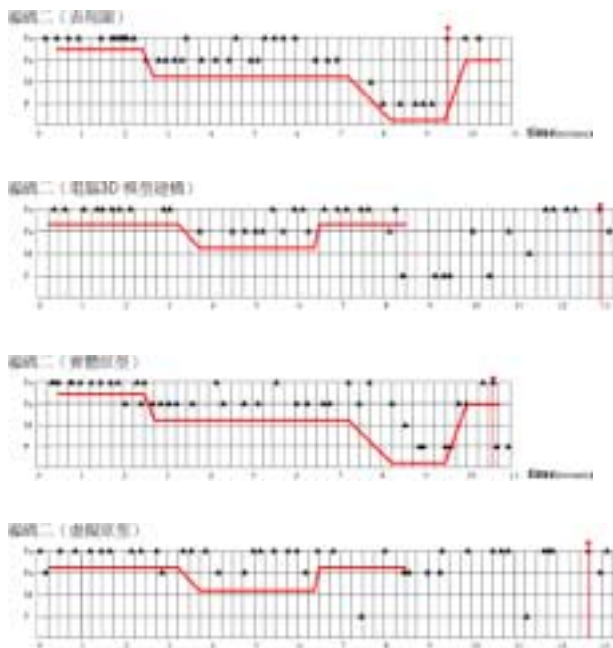


圖 3-11 四種媒材在評估實驗過程中「編碼二」出現標示圖

四、結果與討論

由上述歸納出四種不同表現媒材，應用於設計評估之比較結果的探討、虛擬原型在產品開發--設計具體化階段之心智模式的探討、虛擬原型應用性及設計要點之探

討(如：虛擬原型對大尺寸和小尺寸的產品，其設計評價之可能性、個人與團體評估之應用性.....等)等進行討論。

(一) 量化結果分析

就大、小尺寸的評價標準(項目)而言。虛擬原型應用在評價功能此項，有較好的鑑別力。

吹風機和電腦桌使用不同的硬體設備(由本研究所選用和定義)。前者所使用的是 21 吋的小螢幕，其解析度較高，圖形邊緣鋸齒狀較小，細節的呈現也較好；後者所使用 5'x4',45°大型投射螢幕，其解析度較低，圖形邊緣鋸齒狀較大，細節的呈現也較不理想。且由上述結果顯示，小尺寸使用小螢幕評價時，受測者在選擇最佳方案時，其同質性會比較高。

現階段的虛擬原型應用在小尺寸的評估，其效果(傳達理解性)會比較顯著。就整體成效而言，虛擬原型是介於實體原型和電腦 3D 模型建構之間。虛擬原型雖然應用於電腦上，其立體透視的景深效果，較電腦 3D 模型建構逼真。

(二) 質化結果分析

虛擬原型主要著重在單獨比較的評估。單獨比較的次數，在時間軸上的分佈，較為集中和有次序。另外，少數的配對比較和三者比較，只出現在時間軸的中後期。

虛擬原型主要著重在造形的評估。時間軸的前期階段對於造形先予以評估，後續才是功能，製造出現於中後期階段。虛擬原型即使在中後期階段，也將焦點放在造形上，其它媒材則否。而造形主要著重在顏色和尺寸的評價；功能主要著重在人因工程的評價；製造主要著重在成本的評價。

虛擬原型主要著重在握把的評估。虛擬原型在時間軸的中後期階段，仍針對部件一握把作評價，其密集分佈在整個時間軸上。另外，在時間軸的初始階段，先作握把的評價，對於整體不似其它媒材來的密集。

(三) 質化結果分析-團體評價

主要著重在機構、製造以及整體的考量。大體而言，團體評價中的一位受測者，

會主控全場，扮演主導者的地位。

五、計畫成果自評

由於本類型研究尚處於一種探索式基礎研究的階段，直接相關的理論也十分有限，因而在面對這一個如此龐雜、模糊的問題上，研究問題的本身便具有相當多的不確定性和可能性。因此，本論文主要面臨了以下幾種的限制與不足：

(一)在技術、設備、人力和時間等限制

建構本研究之虛擬原型的軟體和硬體，並無法代表虛擬實境的全然優勢。例如：較複雜的軟體和設備完善的硬體，在使用操控界面上是較人性化的，其場景也較接近真實情境，相對的，也需要長時間的學習。

(二)在量化的研究分析

由於時間、人力所限，所採取的樣本數不夠多，且受測者只對單一媒材作實驗，不再重複對其它三種媒材做受測。故在有限數據資料來源下，無法很精確地，作進一步的統計分析。

(三)在質化的研究分析

以口語分析法研究設計評價過程的方式，尚屬初探性質。在實驗 2 部份，僅以一位受測者對單一媒材作為實驗樣本，若以量化研究的角度來看，研究結果不具代表性即顯著性。但本研究著重在設計者在從事設計評估時的「心智活動」，所強調的是性質而非數量，因此藉由對受測者背景的篩選，提高其在「質」上的代表性，也使本研究的結果具有一定的效度。

(四)在口語資料分類

雖然在進行實驗前，已先行和多位資深人員，檢討斷句的方式及編碼(coding)的可行性。編碼完成後，隔一段時間再請益不同專家予以反覆修正得之。目的是希望藉此得到一個較為客觀的評判標準。但是，將設計評價之口語資料分類的工作，畢竟是依據一個較主觀的看法，並無法做到完全的客觀。

本研究初步探討虛擬實境技術在產品

設計評估上應用的可行性，其是構成虛擬實境應用於設計上重要的一環。透過本研究的成果，若對一般產品設計人員施以適當 VR 技術上的訓練，將使其能面對新一波資訊發展對設計所造成的衝擊。

虛擬原型應用在產品開發--設計具體化階段之心智模式的探討，在後續研究也許可以應用於此前置(細部設計階段)或後置(構想實體化階段)階段作進一步探討。也許可以改變傳統的設計評價流程模式，引發出一些新的議題。

另外，本研究之虛擬原型應用性及設計要點的探討，尚且還有不足的地方(例如：虛擬原型操控界面和其它媒材比較的探討.....等等)，仍有待後續研究者提供指正。

六、參考文獻

- [1] Joshua Eddings , 1994 , “ Hardware and Software-The Virtual Reality Environment ” , **How Virtual Reality Works** , p.56
- [2] Joshua Eddings , 1994 , “ Degrees of Experience-Desktop Virtual Reality ” , **How Virtual Reality Works** , p.64
- [3] J.Gausemeier,A.Sabin and W.Lewe , 1994 , “ Virtual Prototyping-design and realistic presentation of industrial product ” , **Virtual Prototyping-Virtual environment and the product design process** , p.280
- [4] Burdea G. & Coiffep , 1994 , **Virtual Reality Technology** , John Wiley & Sons ,Inc .
- [5] Cunningham,S. , 1994 , “Virtual Reality Systems” . **Addison-wesley publishing company** . p.21-23 & 166-188.