

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---- 應用虛擬原型於產品設計評估中尺寸評估的探討 ()

A Study on the Feasibility of Using Virtual Prototype in Design Evaluation ---

The Size Estimation on Virtual Prototype of Product Design

計畫編號：89-2213-E-009-045

執行期限：88 年 10 月 1 日至 90 年 1 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

近年來 CAD/CAM 及 CAID 技術的不斷提昇，對於產品設計產生了很大的影響及衝擊。尤其以虛擬實境技術的日臻成熟，對產品設計的構想展開與設計評估，提供了另一種新的可能性。有鑑於此，本研究小組之前曾探討應用虛擬實境技術建構虛擬原型 (virtual prototype)，以作為產品評估的媒材。在這個研究中，發現虛擬原型雖能提供初步的 3D 實體概念，但卻不能直接提供尺寸大小的資訊，而與實體原型在設計評估中能提供大小的尺寸資訊有所差異。

因此，在本研究進一步有系統的探討，在不同的情況下，觀察者對虛擬原型尺寸估計的問題。本研究以實驗的方式建構三種不同的測試原型：(1)純幾何構成之原型—球 (2)不易從具有知識判斷其尺寸之產品原型—垃圾桶，因其可大可小。(3)可從具有知識判斷尺寸的產品原型—安全帽。在不同的背景情況下：(1)完全沒有背景 (2)提供不相關的環境背景 (3)提供相關的環境背景，測試觀察者對此尺寸評估的準確性，自信性與容易性。

本研究結果顯示，在評估實體原型尺寸，可配合深度的視覺線索，並配合手的尺度，精確性最佳；而以虛擬原型呈現時，可透過先前知識，來推估產品的尺寸，若為單純的幾何造型，則可透過相關的熟悉物品來構成背景一齊呈現，也大致可精確推估產品的尺寸。

關鍵詞：虛擬實境，虛擬原型，尺寸評估，評估設計，視覺心理

Abstract

The continuous development of CAD/CAM and CAID technology in the recent years has significant influence and impact to product design. Especially, the technology of virtual reality is getting mature enough to be practically used as a new media of presentation for developing and evaluating design concept in product design process. With regard to this possibility, we have initiated a fundamental study to investigate the application of virtual

prototype to the evaluation of product design, last year. The initial result of this study reveals that a virtual prototype can well simulate a 3-D physical prototype in presenting design, but it can not provide sufficient information of product size as the corresponding one do.

We wonder that the acquired knowledge of the product and some background objects of known size being simultaneously presented with the virtual prototype may assist our estimation on size of virtual prototype. Therefore, we conducted this study to systematically investigate some critical issues about observers' size estimation on virtual prototype. In this study, both physical and virtual prototypes of three different kinds of object have been constructed: (1) a pure geometric construction of a ball, (2) a garbage can which is a product without clue to suggest its size, and (3) a helmet which is a product we have idea about its size. These prototypes have been presented under three different kinds of background: (1) an empty background, (2) a background with some objects of known size which is unrelated to the prototype, and (3) a background with some objects of known size which is related to the prototype and presented along with the prototype as a natural scene. Sixty subjects have been recruited to make size estimation on these prototypes under varied situations and to provide subjective opinions on these estimations. With comprehensive

analyses on the data collected from this experiment, we have revealed that in evaluating the size of a physical prototype people always use the clue of depth and the size of hands to assist the estimation, thus made the rather precise estimation. Without these clues in the size estimation from virtual prototype, we will principally use our previous knowledge to assist our judgment on size. Therefore, we will make better judgment on familiar objects or objects with dimensions to fit our body components. For some unfamiliar objects or objects of pure geometric construction, presenting them on a background of related context with some objects which can provide clues of size will help us to realize their dimensions.

Keywords : virtual reality, virtual prototype, size estimation, design evaluation, visual perception

二、緣由與目的

隨著電腦技術的不斷提昇，產品設計的程序及方法，不斷受到衝擊。從早期電腦輔助設計著重於工程計算及工程圖之呈現，至今因電腦運算速度的增快，電腦所能呈現的實體模型，在各方面也成了設計師呈現設計成果，相當有利的工具。

「虛擬實境」是以電腦科技為基礎，其中包括了電腦產生的各種感官資訊，如視覺、聽覺、觸覺等。它能讓使用者成為此虛擬環境的一部份，並且能夠在這環境中觀察，並與物件或虛擬模型做及時的互動，進而產生「身臨其境」的感覺。

「虛擬實境」因具有沈浸(immersion)及互動(interactive)及想像力(imagination)的特性，吸引國內外不同領域的專家學者，開發應用，包括軍事、工程、醫學、教育等領域。在產品設計領域中，設計的構想，常常需要實體化或透過模型加以評估，評估中設計者必須考量操作機能，人因工程，視覺機能，產品功能甚至可能的產品技術或製造等因素。因此如何能夠讓設計者，在產品尚未定案前，先行進行設計評估，實有助於產品設計的進行。在初期產品設計評估中，其評估要點除了造形，尺寸，色彩，操作，功能等因素外，尤以造形，尺寸，操作人因，視覺機能為要。評估的媒材從最早的設計草圖到產品表現圖(rendering)，而到模型或原型。由於電腦科技的發達，電腦原型有逐漸取代製作費時且成本較高的實質模型或原型的趨勢，尤其是應用虛擬實境技術的虛擬原型(virtual prototype)幾乎可逼真於實質模型，而又具電腦原型的容易建構改變的特性，是未來極具潛力的評估媒材。因此藉由虛擬實境的立體呈像技術，預計將有助於產品設計之設計評估。

本研究小組，之前曾進行如何運用虛擬實境之技術，建構虛擬原型，導入產品設計的評估。而目前的研究結果發現，虛擬原型可提供 3D 及材質、光影等模擬，但卻未能直接提供直接的尺寸資訊。觀察者須藉著先前對產品的知識或背景資訊，間接的推估產品的尺寸。究竟對產品先前的知識及不同的背景資訊如何影響觀察者對原型尺寸的推估，將是發展虛擬原型的主要議題之一，而這方面的研究仍未多見，因此本研究擬系統性地探討這個問題。

本研究透過系統性的實驗來探討，主要議題著重在下列問題：

- (一) 原型產品的先前知識，如何影響虛擬原型之尺寸推估。
- (二) 提供不同的背景訊息，如何影響虛擬原型的尺寸推估，包括精確性及自信性與容易性。
- (三) 實體原型與虛擬原型，在尺寸推出的差異為何。
- (四) 實體原型可提供何種視覺線索，以幫助尺寸之推估？
- (五) 如何根據上述之結論，整理出一 guideline，來提昇虛擬原型尺寸推估之正確性與自信性。

三、研究方法與步驟

(一) 研究方法

本研究以實驗的方法來進行測試與分析，而實驗總共分為兩大類別，一為實體原型，一為虛擬原型。而在每項原型總共有三類物品，包括：1.純幾何造形(圓球)2.先前知識難推估尺寸之產品(垃圾桶)3.先前知識易推估尺寸之產品(安全帽)，因此總共六種原型，而虛擬原型又配合以下三種背景來呈現。

(一) 無背景-不提供任何相關參考資訊背景。

(二) 不相關尺寸背景-提供可做為參考尺寸的背景物品，但其與原型之相關性低。

(三) 整合環境背景-原型呈現在與其相關配合的背景，而背景能提供一些尺寸參考。

(二) 實驗設計

本研究將實驗分成四組來進行。

1. 實驗一----無背景

以球、垃圾桶、安全帽三個虛擬原型為實驗物品，個別呈現，並放在沒有背景的環境裡，讓受測者個別針對單一樣品判斷尺寸。

2. 實驗二----不相關尺寸背景

將球、垃圾桶、安全帽三個虛擬原型放在一起，讓受測者來評估判斷這三個虛擬原型的尺寸大小。

3. 實驗三----整合環境背景

在此實驗中，建構出一個房間的環境，環境中有桌子地板檯燈等，藉以營造出一個與現實生活中相同的場景，並依序將這三件虛擬原型置入場景中，並搭配其相關配合的環境背景尺寸。如球與杯子、安全帽與眼鏡、垃圾桶與畚箕。讓受測分別判斷此三個虛擬原型的尺寸大小。

4. 實驗四----實體原型

以球 垃圾桶 安全帽三個實體原型，置放在桌子上，讓受測者透過實際環境來進行尺寸評估。

實驗場景一



圖 3-1 虛擬原型—黃色球



圖 3-2 虛擬原型—安全帽



圖 3-3 虛擬原型—垃圾桶

實驗場景二



圖 3-4 虛擬原型---球、安全帽、垃圾桶

實驗場景三



圖 3-5 虛擬原型—黃色球與杯子

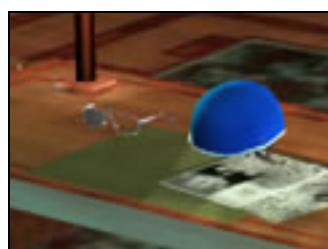


圖 3-6 虛擬原型—安全帽與眼鏡



圖 3-7 虛擬原型—垃圾桶與畚箕

實驗場景四

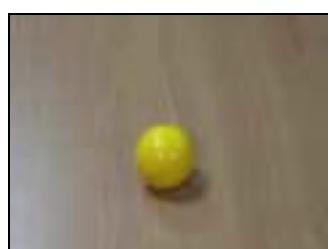


圖 3-8 實體原型—黃色球



圖 3-9 實體原型—安全帽



圖 3-10 實體原型—垃圾桶

實驗總共由 60 位不同的受測者，分成四組進行，每組實驗有 15 位受測者來進行產品尺寸的評估。

(三) 產品模型

實體原型----包括黃色球、安全帽及垃圾桶。黃色球的模型為市面上所購得之玩具球，經過噴漆加工後所製成為一乾淨表面無任何圖樣的圓球，主要避免字樣或圖案影響受測者評估尺寸。安全帽則為半罩式，並經過藍色噴漆處理後，表面也無任字樣及圖案。垃圾桶則挑選樣式為一般比較常見，且有多種大小尺寸的產品，如無相關背景環境，比較難判定尺寸大小的樣式。

虛擬原型----利用 3DS Max3.1 版之 3D 軟體，將其三個實體原型一一在電腦中建構出來，其尺寸、比例與實體樣本相同，顏色也盡量與產品相同（但電腦與實境環境所呈現的色彩，還是會有些許的差異）。製作好之後，需透過 nemo 軟體的 plug-in，才能輸出成虛擬實境所需的檔案格式 *.nmo。接著再利用實驗中所應用的虛擬實

境軟體 Nemo 來進行虛擬環境的建構，並調整燈光使其與實體環境產品不至於差異過大。而後藉由研究針對實驗需求所購買的 PC 電腦所架設之虛擬環境（包含電腦螢幕、主機、無線滑鼠、無線鍵盤、立體眼鏡 Crystal Eyes stereo glasses、發射器 stereo emitter、等周邊設備）的輔助應用，完成虛擬原型之體驗（如圖 3-11）。當虛擬原型所用的軟體執行之後，並打開立體眼鏡的電源開關，受測者即可透過立體眼鏡看到螢幕中立體的虛擬原型。



發射器



電腦螢幕



立體眼鏡

圖 3-11 虛擬實境的周邊設備

(四) 實驗操作

受測者戴上立體眼鏡之後，在螢幕上便可以看到虛擬原型立體呈現的效果，透過鍵盤的控制鍵，利用左右鍵來旋轉物體，上下鍵改變物件的視角，而 page up 和 page down 則分別控制視窗 zoom in 及 zoom out。藉由這些控制鍵讓受測者來評估虛擬原型的尺寸。（如圖 3-12）



圖 3-12 受測者

(五) 尺寸評估問卷

受測者在操作觀看完原型後，而填寫表 3-1 所示之問卷。

表 3-1 產品尺寸評估的問卷內容

A. 請推估螢幕中出現的物體尺寸：

黃色球

直徑 _____+/- (誤差) _____公分

B. 您是否對精確的尺寸估計有把握？

_____1. 十分有把握 2. 有把握 3. 普

4. 沒把握 5. 非常沒把握

C. 您覺得用到哪些視覺線索來暗示尺寸的推估？

答：

D. 你認為這些線索是否足夠判斷而推估尺寸？

答：

E. 你認為這樣的環境是否容易推估尺寸？

答：

A. 請推估螢幕中出現的物體尺寸：

安全帽

前後 _____+/- (誤差) _____公分

左右 _____+/- (誤差) _____公分

高度 _____+/- (誤差) _____公分

B. 您是否對精確的尺寸估計有把握？

_____1. 十分有把握 2. 有把握 3. 普

4. 沒把握 5. 非常沒把握

C. 您覺得用到哪些視覺線索來暗示尺寸的推估？

答：

D. 你認為這些線索是否足夠判斷而推估尺寸？

答：

E. 你認為這樣的環境是否容易推估尺寸？

答：

A. 請推估螢幕中出現的物體尺寸：

垃圾桶

直徑 _____+/- (誤差) _____公分

高度 _____+/- (誤差) _____公分

B. 您是否對精確的尺寸估計有把握？

_____1. 十分有把握 2. 有把握 3. 普

4. 沒把握 5. 非常沒把握

C. 您覺得用到哪些視覺線索來暗示尺寸的推估？

答：

D. 你認為這些線索是否足夠判斷而推估尺寸？

答：

E. 你認為這樣的環境是否容易推估尺寸？

答：

實驗四	實體原型	15人
total		60人

四、結論

經過四組實驗測試所得的問卷分析之後，關於產品尺寸部分，以量化來進行分析，而部分開放性的問題內容，則根據出現頻次來進行分析，並於分析結果後，進行討論。

(一) 量化分析結果

針對產品虛擬原型的評估尺寸，所得到的結果顯示，實驗一（無背景）的尺寸評估分佈不均，離差最大。表示在無背景的環境下，一般人很難精確的評估產品尺寸。而實驗二（無相關背景）次之，再來是實驗三（相關背景），以實驗四（實體原型）為最接近產品原型的尺寸。進一步分析發現，實驗三與實驗四兩者所得到的結果差異不是很大。表示虛擬原型在提供適當的環境之下，使用者在評估尺寸時可以比較接近實體產品，而且也比較精確。而在虛擬原型的產品方面，黃色球在四個實驗中，所得到的尺寸差異範圍較大，而垃圾桶次之，安全帽在四個實驗場景中所測得的尺寸差異最小，顯示先前知識的產品比較容易根據其經驗來判斷其尺寸大小，即使在任何背景環境下，對於尺寸的判斷，影響不大。

(二) 開放性問題分析

大多數的受測者在評估產品尺寸時，所採用的視覺線索，整體來說，以根據先前知識出現的頻次最多，其次為周遭環境的比較，包括場景、背景、陰影等。且大多數的受測者均認為這些線索不足夠來判斷尺寸大小。但是個別實驗來比較，實驗三（相關背景）以及實驗四（實體原型）在評估尺寸的線索中，以先前經驗最多，

本研究總共分為四個實驗場景，受測者人數為 60 個人，每 15 個人一組，分別進行實驗一、實驗二、實驗三及實驗四。每個實驗場景最多可以一次兩個人同時進行。在受測者在進行實驗時，先讓受測者適應並瞭解整個操作過程，包括鍵盤的操作方式以及立體眼鏡的使用。並提供一個前測的實驗場景來說明虛擬原型的操作練習。待受測者瞭解之後，便開始虛擬原型的觀看。在這過程中，使用者可以自由發問，但是不能提供使用者有關測量尺寸的工具，避免影響實驗後的結果。之後受測者，將觀看螢幕中所判斷的尺寸大小，填寫於實驗問卷上。

實驗一、實驗二及實驗三，皆在螢幕中來評估挺虛擬原型的尺寸，而實驗四則是實體原型的現實環境下所做的尺寸評估。

	實驗環境	受測人數
實驗一	虛擬原型	15人
實驗二	虛擬原型	15人
實驗三	虛擬原型	15人

而周遭環境次之，而所提供的環境背景要比實驗一及實驗二要來的容易判斷。顯示背景確實在評估尺寸時，具重要性。受測者比較有把握推估產品尺寸。在實驗一，由於受測者無法直接推估尺寸，所以多從先前經驗來推估，若物體為基本幾何造形，則不易判斷；若物體的組成零件較多或者是有相關使用經驗（如安全帽、垃圾桶），則較易推估判斷尺寸。而在實驗四中，發現受測者在評估產品尺寸時，往往以手作為度量基準。

五、計畫成果自評

本研究透過系統性的實驗而得到明確的結論，可作為以虛擬原型呈現產品時之參考。

本研究由以之前的研究為基礎，由於時間及成本的限制底下，在部分設備及器材上，仍舊與實際的虛擬實境，有所差距，但大致上並不影響研究的推論。

六、參考文獻

- [1] Arthur E.J., Hancock P.A., Chrysler S.T., 1997, The Perception of Spatial Layout in Real and Virtual Worlds, *Ergonomics*, Vol. 40, Jan.'97, pp.69-77.
- [2] Baker A., 1994, Virtual Reality Moves into Design, *Design News*, Vol.49 [50], Feb.7 '94, p.40.
- [3] Biocca, F., 1992, Virtual Reality Technology: A Tutorial. *Journal of Communications*, Vol.42, No.4, pp.23~72.
- [4] Billinghurst, M., Weghorst, S., 1995, The Use of Sketch Maps to Measure Cognitive Maps of Virtual Environments, *Proceedings of VRAIS'95*, pp.40-47. :IEEE Computer Society Press.
- [5] Bricken, W., 1990, Virtual Reality, as Unreal as It Gets, *Proceedings of DIAC-90.*, Boston MA., pp.265-267.
- [6] Gausemeier, J., Sabin, A., and Lewe, W., 1994, Virtual Prototype Design and Realistic Presentation of Industrial Design, *Virtual Prototype-Virtual Environment and The Design Process*, p.280.
- [7] Rpwell A., 1997, The Design Benefits of Group VR, *Computer Graphic World*, Vol.20, Feb. '97, pp.21-24.
- [8] Wann, J., Mon, W. M., 1996, What Does Virtual Reality NEED?: Human Factors Issues in the Design of Three-dimensional Computer Environment, *International Journal of Human Computer Studies*, Vol.44, June '96, pp.829-47.