

# 校園立體電影院之開發與其在數位內容之應用 A Development of Campus Stereoscopic Cinema and its Application to Digital Content

李俊賢 李定原

修平技術學院 資訊管理系

Jiunn-Shyan Lee and Ting-Yuan Lee

Department of Information Management, Hsiuping Institute of Technology

jslee@mail.hit.edu.tw

johnlee@mail.hit.edu.tw

## 摘要

進入立體電影院，觀眾戴著偏光立體眼鏡，看著銀幕裡不斷向外扔出東西，嚇得閃躲不已，彷彿身臨其境，其立體電影的感染力與震撼力絕非一般普通的平面影像所能比擬。電腦動畫運用電腦圖學三維成像之技術以製作產生出連續影像，此一成品可廣泛應用於娛樂、研究與其他工商業用途，我們將延伸此工具「電腦動畫」與「立體電影」相互結合的可能性，利用 3DS Max 來實現動畫短片，並且在實際的立體偏光投影平台上加以驗證。我們希望發展數位內容的相關展現技術，藉由立體放映的形式來增顯其應用價值，可進一步擴展數位內容的吸引力與學習成效。

**關鍵詞：**立體影像、虛擬實境、數位內容。

模糊的，似乎是由兩個不同的影像所疊合而成的，但是在戴上眼鏡之後就會產生立體效果，這原理究竟是什麼？事實上是因為立體電影實際是由兩個影像所疊合而成的，而透過立體眼鏡對於光的選擇，而分別進入到我們的右眼與左眼中，使我們產生立體影像的感覺。

立體電影所需的兩組影像是利用兩個角度稍微不同的攝影機所拍攝的，或者利用電腦做 3D 成圖計算，然後再藉由不同偏振方向的光線投影在金屬銀幕上，而我們穿戴的立體眼鏡是由兩塊不同的偏振片所組成的，當光線通過偏振片時，偏振片會濾去其偏振方向與鏡片不同的光線，而只保留方向相同的光線，如此我們的兩眼就分別接受到來自不同偏振方向的光線，而能夠產生視覺上的錯覺，呈現出立體效果。

## 1. 緒論

### 1.1 前言

電腦動畫運用電腦圖學三維成像之技術以產生出連續影像，此一成品可廣泛應用於娛樂、研究與其他工商業用途[11]，本研究將探討「電腦動畫」與「立體電影」相互結合的可能性，實作設計出完整的電腦動畫，並在實際硬體平台上加以驗證，除進一步擴展電腦動畫之商業娛樂用途外，更可建立相關開發立體影片之關鍵技術與培育製作立體動畫之人才，配合國家發展數位內容產業之政策。

在觀看立體電影時，須先戴上一副立體眼鏡，才可以觀賞到立體電影的效果，要是我們在觀看時把眼鏡拿掉，結果會發現銀幕上的電影其實是十分

### 1.2 研究動機

大銀幕立體投影技術與虛擬實境技術(Virtual Reality, 簡稱 VR)正透過寬頻網路在遠距教學與遠距醫療等領域逐步展開發展並廣泛應用[1, 3, 4, 8]。在醫學院，學生們可以透過虛擬實境技術與大銀幕立體投影了解人體內部各器官組織架構；醫生們更可在遠距離做遙控、觀察與指導外科手術。在娛樂方面，虛擬實境技術加上大銀幕立體投影使遊戲強化真實感、沈浸感、與互動感。大銀幕立體投影結合虛擬實境技術在軍事與航空發展的工業中，其應用前景也是更加廣闊，例如：虛擬戰場模擬系統、決策支援系統、太空導航飛行器等。

當我們前去科博館欣賞該館最大賣點之一的「立體電影」時，一入場便領到一副硬紙板做成的

\*本研究承蒙國科會工程處專題研究計畫之經費補助 (NSC93-2622-E-164-001-CC3)，謹向國科會工程處致謝。

3D 偏光眼鏡，心想這樣就會有 3D 立體效果嗎？果然在電影的一開場，出現的就是一群深海熱帶魚的特寫，彷彿那些魚就悠游在我們面前幾公分近的地方似的，我們深深地被這一些 3D 特效所吸引，就算過了這麼久依然記憶猶新，不經好奇這麼酷炫的電影到底是如何完成的，也因此興起了我們以「立體電影」來做為本研究的主題。

有鑑於近年來，在高雄市成立的科學工藝博物館或台北市的天文科學教育館，其中最獲民眾青睞的要算是聲光俱佳的立體動感電影院，超大銀幕的設計、立體環繞音響系統，可體驗身歷其境的新奇感受，著實吸引不少老少民眾的注意。當然在其餘地方也有立體劇院的設施，如台中自然科學博物館與台北中影文化城，不過普遍存在少許問題：

- (1). **普及程度不足**。只集中於少數城市地區，無法普及至各鄉鎮，甚至無法吸引商業投資，推廣至商業娛樂等應用層面。
- (2). **建置成本過高**。通常需花費巨資引進國外的立體電影系統，每年編列高額硬體維護費用與軟體的授權支出成本，造成經營上的困難。
- (3). **內容產出短缺**。立體影片的供片量少，且絕大多數為國外影片，劇院一再播放重覆老片無法吸引觀眾，造成觀眾逐年流失。

於是我們希望本研究能建立台灣的立體電影垂直整合產業鏈，從原創題材腳本設計、電腦動畫內容製作、數位影片拍攝剪輯、系統建置整合開發、甚至是設備研發製造與行銷通路等，提供產業界對立體劇場的完全解決方案，以吸引更多的來客數，進而與許多博物館或學校合作，達到育教於樂之教育訓練目的。我們投入立體電影產業的技術研發，它的效益是顯而易見，其立體顯示系統的應用包括：數位博物館的展示、廣告媒體傳播、商品介紹展示、並可整合到電子遊戲機、學習遊戲機等產品，有不容小覷的潛在龐大市場。

## 2. 背景知識

由於人類的雙眼集中於一面，相較其他大多數的動物而言，犧牲了視覺範圍，卻增加了判斷深度

和距離的能力，兩眼間的距離平均約 6.5 公分[3]，使得不論你用哪一隻眼睛去看一個較近的物體，都會得到不同的遠背景，這種左右眼所見到影像並不相同的現象，稱為雙眼像差(binocular disparity)。

因為我們人有兩隻眼睛，當看遠的地方時兩眼幾乎平行，左右眼所看到的景象亦幾乎是一樣的，但當看近的東西時，比方說當我們把手伸直，手拿鉛筆對著鼻子然後用左右眼分別去觀察，這時就會發現所看到的是明顯不同角度的影像，所以由於雙眼像差我們人類才能看到立體的影像。如果電影能夠讓觀眾的右眼看到右邊的視角影像，左眼看到左邊的視角影像，那麼就有可能製作出立體電影。

### 2.1 立體對的計算

底下我們將介紹如何使用電腦三維成像計算來產生具有深度知覺的立體對[2]，這樣的應用在許多方面有極大的效用，例如：科學視覺、遊戲娛樂、空間建築與數位學習等。

如圖 1 所示，當物體是位於投影平面之後，左眼的投影點位於左邊，而右眼的投影點位於右邊，兩投影點的距離稱為水平視差(horizontal parallax)[2, 3]。因為兩投影點位置相對於人的雙眼而言是在一致的方向，所以被稱為正視差(positive parallax)，值得一提的是最大正視差發生在當物體位於無限遠時，正視差值為兩眼間的距離。

假如物體是位於投影平面之前，左眼的投影點位於右邊，而右眼的投影點位於左邊，即所謂的負視差(negative parallax)。當物體位於投影平面與兩眼中間位置的一半時，負視差剛好等於兩眼距離，當物體漸漸靠近觀察者，負視差會漸漸增大至無限大，應該要避免其發生。

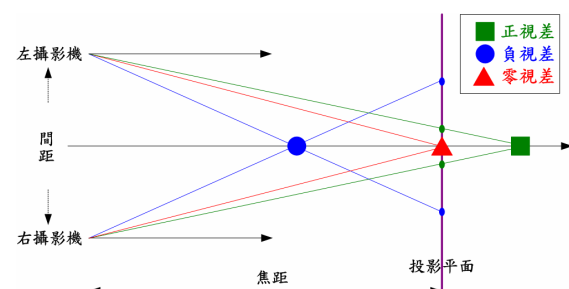


圖 1 左右眼所見到影像並不相同稱為雙眼視差

假如物體是位於投影平面上，左右眼的投影點會密合在一起，因此被稱為零視差(zero parallax)。有很多種架設虛擬攝影機的方式可以產生立體對，但多數是不正確的方式[2]，為了能讓兩張影像在腦海裡融合，為了不讓觀察者感到不舒服只看到兩張位移的影像，我們將討論利用 3D 成像計算軟體來架設虛擬攝影機組的有效方式。

如圖 2 所示，如此架設虛擬攝影機的方式稱為 "toe-in"，每一個攝影機會朝向同一個焦點，此方法相當於將場景做旋轉，此方法所產生的影像仍會有立體感，但會產生垂直視差(vertical parallax)，而引發不舒服的感覺。

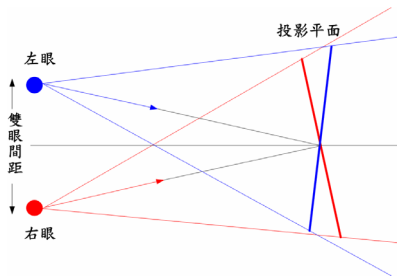


圖 2 "toe-in"方式相當於將場景做旋轉

如圖 3 所示，正確產生立體對的方法稱為 "off-axis"，此方法不會產生垂直視差，所以造成的壓力感也相對較輕微，但是它需要使用非對稱式的視覺容積(viewing frustum)，要注意的是並非所有的成像軟體都支援非對稱型視覺容積的成像設定。

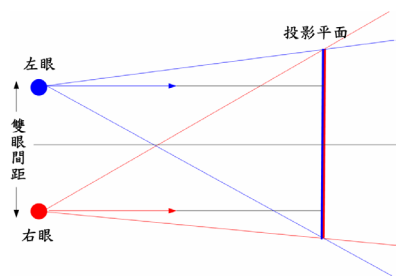


圖 3 "off-axis"方式兩眼的投影中心軸為平行

## 2.2 立體顯示的方法

為了要使左右眼分別僅看到所對應的左右眼影像，目前常見的技術可分為偏振區分法、時間區分法、波長區分法與空間區分法等四種方法[9]：

(1). **偏振區分法(polarization division)**：常用於立體電影的放映，兩個角度稍微不同的攝影機所拍攝的影像，藉由不同偏振方向的光線投影在金屬銀幕

上，而穿戴的立體眼鏡是由兩塊不同的偏振片所組成的，當光線通過偏振片時，偏振片會濾去其偏振方向與鏡片不同的光線，而只保留方向相同的光線，結果我們的兩眼就分別接受到來自不同偏振方向的光線，而能夠產生視覺錯覺呈現立體效果。

(2). **時間區分法(time division)**：使左右兩眼的影像在不同時間出現，假設要呈現左眼的視角畫面時，立體眼鏡的左眼視窗將開啟，而右眼視窗則是關閉的；在下一時間則以相反作法來呈現右眼觀看的視角畫面。所以如果發射器和立體眼鏡配合得宜，左眼僅會見到左眼視角影像，而右眼見到右眼的視角影像，再藉由視覺暫留的原理，我們的大腦會把左右兩影像融合成一個立體影像。

(3). **波長區分法(wavelength division)**：利用左右畫面不同顏色的處理，來建構出立體影像，先將左右眼的影像以偏紅與偏綠的個別處理。而觀賞者戴上有色的紅綠眼鏡後，左眼只會看到紅色的左眼視角畫面，而右眼只看到綠色的右眼視角畫面。

(4). **空間區分法(spatial division)**：會使用兩部獨立顯示的顯示器，左眼顯示器顯示左眼的視角畫面，右眼顯示器顯示右眼的視角畫面。或是取得的兩個不同角度的影像，分別做等距離的分割成垂直線條狀，利用插排(interlace)的方式將左右影像交錯地融合在一起，再配合視差遮障(parallax barrier)於融合影像上，以限制左右影像分別進入左右眼[1]。

## 2.3 偏振光為主的立體

偏光鏡立體和紅綠立體相似，在觀看以此方法製作的立體電影或投影片時，須戴上左右不同角度(垂直與水平)的「偏光眼鏡」；攝影製作時則以雙機或立體鏡頭取得左右眼之底片；播放時在放映機鏡頭前疊上兩只「偏光鏡片」，並將之設定成與觀看者偏光鏡眼鏡角度相同，才能將畫面投射在「珠光銀幕」上。如此我們在觀賞立體電影時，便能使左右眼各自觀看到不同視距的視圖，而得到立體效果。這樣的作法優點是立體感十足，色彩逼真。缺點是成本太高，過去電影院在播放結束的時候，還必須回收這類型眼鏡的作法可想而知。由於此偏振光立體系統的效果比起紅綠眼鏡的效果較佳，而且

比起主動式的電子訊號系統也較為經濟，所以我們的立體電影院建置將採用此立體原理設計，詳細的開發與佈置將於下一章中說明。

### 3. 系統架構

立體感是由於雙眼視差，左右眼所看到的左右範圍有差距所形成的，所以我們只要準備好兩眼瞳孔距離的兩張圖片，其方法可採用照相機分別拍照，或者利用電腦做 3D 成圖計算。接下來設計出某種裝置，使得投射出左右眼在同一個地方的影像，想辦法讓右眼僅能看到右圖，左眼僅能看到左圖，如此一來便能在人腦裡融合成一立體影像。在本章我們將介紹我們建置的被動式偏光立體系統，以及動畫短片的製作工具與過程。

#### 3.1 立體電影院架構

如圖 4 所示，這是我們所建置的被動式立體系統，無需電子式的快門眼鏡，當立體畫面放映時，利用兩台加裝偏光鏡的投影機，同時將影片上的影像投射到銀幕上，其中一台裝的是橫向偏光鏡，另一台則裝縱向偏光鏡。因此觀眾需要戴上一副特殊的偏光眼鏡，觀看時左右鏡片分別接收縱、橫偏光方向的畫面，使得兩眼各自接收到由兩台投影機所播放的影像，因此觀賞時就會產生立體視覺效果。

我們要實現立體投影所需的設備如下，包含一部個人電腦、搭載吾人開發的同步播放軟體、內建雙螢幕輸出的顯示卡、輸出連接至兩部投影機、各裝配上偏光鏡片、以及超大型金屬投影銀幕、每人配戴一副偏光立體眼鏡。當所有設備按圖 4 所示，連接設定完成之後，使用者戴上立體眼鏡，就可看到非常逼真的立體動畫影片了。

投影成像介質若使用白牆或白色珠光幕時是無法看到立體圖像的，這是因為上述這些成像介質都會破壞偏振光，只有使用不破壞偏振光的金屬銀幕才能看到效果佳的立體圖像。

此外，立體視覺的原理是很容易理解，但關鍵在於同步問題，因為左右眼看到的雖是不同角度畫面，但只要有一格不同步，觀眾馬上會因視覺錯亂

而感到難受。因此開發一套能同步放映的播放工具成為發展重點項目之一，由於現今個人電腦的處理能力已經不可同日而語，要求達到即時放映兩部高品質影片並非難事，所以我們免去花費購置額貴的同步影片放映機，而改採用自行研發的播放軟體工具來執行此一同步播放作業。

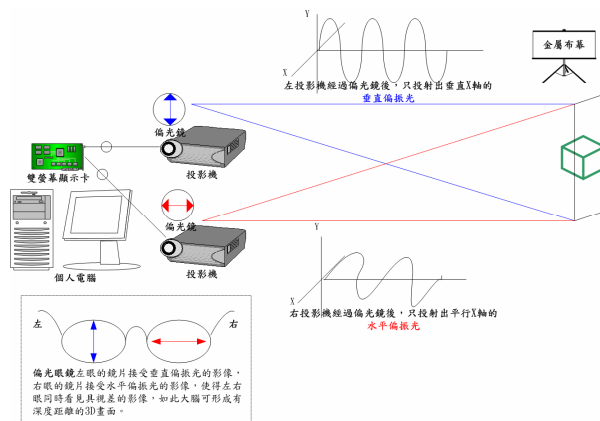


圖 4 偏振光投影為主的被動式立體系統架構

#### 3.2 立體動畫產生

經由前面的介紹說明，我們認識了產生立體影像與顯示的基本原理，但我們應該要如何製作出立體動畫影片呢？我們所使用的電腦動畫製作軟體為 3DStudio Max 同時我們搭配一個攝影機外掛 (plugin) 軟體「XIdMary」，它會幫我們將所架設的攝影機(camera)自動分離成給左右眼用的兩部水平位移的攝影機[5]，只要我們將它設定在場景適當位置，就可以得到左右攝影機的兩個畫面，其經由左右個別攝影機所視得的電腦算圖，可存為靜態影像或連續動畫。

目前我們使用的 XIdMary 是一套免費的 3DS Max plugin 軟體，用來產生具視差的左右眼影像或影片，它是一個可以在 3DS Max 中定義立體攝影機(camera 物件)的一個 plugin，它同時也提供立體影像的成圖組合器(compositor)。因此我們可直接利用 3DS Max 與 XIdMary 所提供的 VideoPost 功能將兩個畫面合成單一立體影像，運用這種方式製作簡易觀看的紅綠的立體影像十分簡便，更可做為實際算圖前的立體檢驗步驟。

## 4. 結果與討論

### 4.1 系統建置結果

進入二十一世紀，先進的電腦動畫技術已嚴然改變了電影的製作、演出和播映的方式[10, 11]，本研究利用 3DS Max 來製作電腦動畫影片，並成功轉換輸出成我們接受的立體電影格式，勢必能夠造成未來視覺上的另一股風潮。我們透過產學合作方式建構了一座小型立體電影院，由師生們負責整體劇院架構設計，以及相關設備與技術研發，並自行開發立體動畫影片，影像為雙機同步立體投影偏光眼鏡系統，該立體劇院規劃於校內綜合大樓德鄰樓的一樓，為一特殊打造的放映空間，內設 24 人座的動感座椅與 15x20 英尺超大型立體專用的金屬銀幕，採用兩台 2,000 流明 DLP 投影機及偏光鏡式立體投影，偏光立體眼鏡 150 副，全場並配有環繞立體音效系統。值得一提的是我們採用普及型的個人電腦做為同步放映機，內部裝配雙螢幕輸出顯示卡與自行設計的播放軟體，取代舊式價格高貴的雙 DVD 同步放映機，以軟體同步放映之方式取代過去只能用硬體同步放映的窘境，目前初步的建置成果如圖 5 與圖 6 所示。



圖 5 立體電影院的場景拍攝-金屬布幕與座椅



圖 6 立體電影院的放映間與投影機機組

### 4.2 實驗分析

如圖 7 所示為我們的其中一個實驗測試場景，內容為一個室內環境被五面牆所包圍著，並於中心放置一顆球，其做為攝影機的目的點即焦點，另外再擺入了兩個中文文字物件，文字物件除了不斷自轉外也會以球為中心公轉，如此可觀察物體漂浮於銀幕前與浸入銀幕內的不同立體感覺[6, 7]。

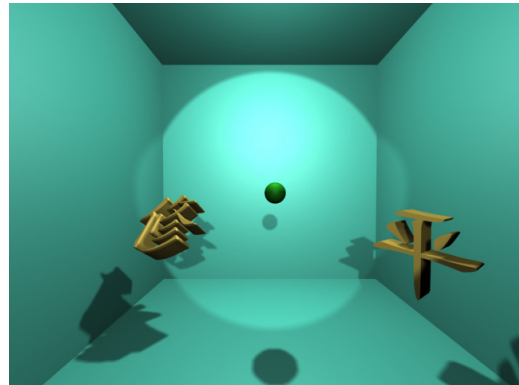


圖 7 實驗測試用的場景-室內環境(indoor)

如表 1 所示，同一場景下我們首先改變其雙眼間距(S)的參數值由大漸小，其值分別為 F/10(十分之一的焦距)、F/20、F/50、F/100 與 F/200。實驗結果在這五個不同雙眼間距下所繪製的立體動畫，皆能有效地出現立體感覺，其中 F/20 與 F/50 的效果為最佳，此與其他學者研究結果相符[2, 3]。

而在 F/10 時，所有實驗觀察者都一致認為觀看時會出現暈眩感覺，主要原因為視差(parallax)太大，在裸眼觀察下果然是會出現位移甚大的兩個重疊畫面。此外當我們逐漸減少雙眼間距，由 F/50 減少至 F/100 與 F/200 時，可以很清楚的發現到跑在銀幕前的物體，也就是原本飛在人們面前的物體不再那麼靠近人眼，這也是視差縮小的必然結果。

表 1 雙眼間距對立體視覺效果之影響結果

計算方式 \ 雙眼間距	S=F /10	S=F /20	S=F /50	S=F /100	S=F /200
	indoor_offaxis	差	佳	佳	普通
indoor_toein	差	佳	佳	普通	普通

最後我們比較 indoor\_offaxis 與 indoor\_toein 這兩組實驗場景，當然這兩種方式都可正常地出現立體感，但仔細觀察下我們發現 indoor\_toein 中的中

心球無法出現明顯的立體感，但是相對的在 indoor\_offaxis 的放映中，中心球的立體感就比較明顯。由上述介紹的 toe-in 與 off-axis 的立體成像計算方法中可得知，toe-in 的左右畫面焦點不變所以產生的視差不足，而 off-axis 的左右畫面焦點平行於左右攝影機，於是位於焦點所在位置的中心球也就具有些微少許視差。

## 5. 結論與未來工作

### 5.1 結論

在虛擬實境立體環境中，人們彷彿置身於一個完全真實的空間環境下，使得原本平面的刻板模式，進入到一個更直覺方便、更生動有趣的應用層面。但是由於相關 VR 技術發展的不夠成熟，與時下軟硬體設備的要求較高、價格昂貴，以及 3D 內容製作與整合方面的問題，皆造成目前立體虛擬實境發展的困境，雖然 VR 所要達成的願景很早就被提出[3, 8]，但遲遲還未能早日實現與普及。

在本研究中，我們已嘗試利用現有的軟硬體設備實作出一部立體動畫作品，儘管還沒有達到真正可包裝成商業化的成品，但在意義上所代表的是，我們有相對能力做出目前只能親身到博物館才能看到的立體動畫電影，不管是整體硬體架構的建置，或是軟體內容的製作開發，充份顯示出我們已具備建立、瞭解及掌握相關開發技術，相信未來在家庭用途或小型會議等等各項領域的立體技術應用上，會更加的普及與指日可待。

立體電影院向來是中小學生校外教學旅行與國內外友人必拜訪之處，砸下重金精心打造的虛擬立體體驗，無疑是吸引來客數的一大賣點。經由本研究的一番努力，總結我們的可能貢獻如下：

- (1). 國內許多博物館開設立體劇院後，卻發現無影片來源的窘境將可獲得解決。
- (2). 將原屬高價位的立體放映機免去，達成普及化、家庭化與簡便化的立體放映。
- (3). 在未來能在校內設為展示館，做為常態性之放映與來賓訪客必參觀之地方。

### 5.2 未來展望

近年來，除了視覺上的身歷其境外，國外一些立體電影院[10]，利用立體音效、噴水、吹風、震動、煙霧及氣味等特效配合影片演出，讓觀眾產生聽覺、觸覺、嗅覺上的真實感受，因而讓觀眾能更加融入電影中的情節。未來我們希望除了有技術能力建置「立體電影院」外，能更進一步達到「動感電影院」的建置開發能力。

對於立體畫面的成像計算，我們目前是採用第三者所設計專門給 3DS Max 使用的外掛程式，在未來我們希望能自行開發設計出立體成像外掛程式，如此比較能符合所需並設定操控參數，而且我們並不限定為只有 3DS Max 繪圖平台，另一套受到歡迎的 Maya 三維繪圖軟體也在考量範圍內。

### 參考文獻

- [1] M. Alpert 著，鍾樹人 譯，“最新的 3D 立體顯示器”，*科學人雜誌*，12 期，2003。
- [2] P. Bourke, “Stereographics,” <http://astronomy.swin.edu.au/~pbourke/stereographics>.
- [3] G. C. Burdea and P. Coiffet, “*Virtual Reality Technology*,” IEEE Press, Wiley-Interscience, 2003.
- [4] S. K. Feiner 著，吳鴻 譯，“擴增實境：虛擬與實境的無限延伸”，*科學人雜誌*，4 期，2002。
- [5] HABWare, “3DStudio Max Plugins,” <http://www.habware.at/duck.htm>.
- [6] R. Pausch, D. Proffitt, and G. Williams, “Quantifying Immersion in Virtual Reality,” in *Proceedings of ACM SIGGRAPH 1997*, pp. 13-18, 1997.
- [7] C. Swindells, et al., “Comparing CAVE, Wall, and Desktop Displays for Navigation and Wayfinding in Complex 3D Models,” in *Proceedings of Computer Graphics International 2004*, pp. 420-427, 2004.
- [8] J. Vince, “*Virtual Reality Systems*,” ACM Press, Addison-Wesley, 1995.
- [9] 劉榮政, “平面螢幕之立體影像設計”, 國立中央大學碩士論文, 2001。
- [10] 歐陽明、呂彥宏與杜佩璇, “用以建構數位香格里拉的虛擬實境”, *科學發展*, 361 期, pp. 6-11, 2003。
- [11] 顏邵威、陳永年與李同益, “談太空戰士幕後製作”, *科學發展*, 363 期, pp. 12-17, 2003。