

智慧型電腦動畫虛擬攝影機編輯系統

Design of An Intelligent Camera Editing System for Computer Animation

王柔文
國立政治大學 資訊科學系
台北市文山區指南路二段 64 號
(02)29393091 ext 62266
102753004@nccu.edu.tw

吳蕙盈
IRISA/INRIA Rennes
hui-yin.wu@inria.fr

Quentin GALVANE
IRISA/INRIA Rennes
quentin.galvane@inria.fr

李蔡彥
國立政治大學 資訊科學系
台北市文山區指南路二段 64 號
(02)29393091 ext 62266
li@nccu.edu.tw

Marc Christie
IRISA/INRIA Rennes
marc.christie@inria.fr

摘要

電影是門用畫面說故事的藝術，除了劇情上的編排，導演也必須思考如何運用鏡頭配置和運鏡技巧來渲染氣氛並傳達故事。電影拍攝製作上一直都是件費時費力的工程，儘管現在有不少電影後製工具，但專注在根據電影內容提升或改善拍攝手法的工具卻不多。本研究目標為開發智慧型電腦動畫導演輔助編輯系統及互動操作平台，透過圖示化攝影機拍攝的結果作為選項的介面和推薦系統，讓導演可以快速簡單的設置虛擬攝影機，配合智慧型演算系統檢查各鏡頭間是否違反拍攝規則，達到輔助導演和攝影初學者的目的，提供創新有效的動畫電影拍攝輔助工具。我們透過實驗讓不同攝影背景經驗的使用者操作，以驗證我們所設計之系統的可用性。

Categories and Subject Descriptors

I.3.7 [Three-Dimensional Graphics and Realism]: Animations, Virtual Reality

General Terms

Design

Keywords

Virtual Cinematography, Real-Time Camera Planning, Intelligent Editing System

1. 前言

科技的進步以及各種攝影產品和手持裝置的興起，使得攝影的門檻降低，人人都可以拿起手機或是智慧型裝置拍照或是拍攝影片。目前攝影方面的輔助工具大多集中於照片後製，而在影片編修方面，雖然也有像是威力導演 (CyberLink PowerDirector) 的工具，但也僅僅是對畫面加強、後製特殊效果或剪輯上的應用，沒有太多工具是針對影片內容的拍攝方式或是攝影手法本身的應用而設計。

電影技術上的演進從黑白電影、有聲電影、彩色電影，到現在融入電腦特效技術，畫面品質上的提升已有顯著的發展，但在拍攝技巧，也就是“說故事”技巧的部分，卻仍有

許多可被系統化研究的地方。電影是一種視覺表演的藝術，攝影方法是導演傳達想法的手法之一，透過不同的運鏡方式呈現不同的效果，就算是一樣鏡頭也會因為劇本的不同或是編排的異動而帶給觀眾不同的感官效果。然而對於一般初學者來說，運鏡技巧及編排並不是短時間內就可以妥當運用的技術。另外，電影製作也存在一些拍攝規則，但這些攝影學上的相關基礎知識多只能從看書、網路搜尋或是請教相關專業人士入門。若是將這些規則或技巧歸納統整，讓初學者在拍攝虛擬世界動畫電影的過程中，能透過電腦運算或智慧型介面的提示進行操作，將有助於讓初學者避免基本攝影規則的錯誤，並從過程中學習拍攝的技巧。

電影帶來許多感官上的刺激，除了現在普遍使用的後製特效，透過鏡頭編排及運鏡技巧的視覺敘事也帶來不同的效果。傳統上導演拿到劇本後會開始在內心構想每個場景如何呈現，利用人物、燈光、場景、時間等的因素構圖，再搭配各種拍攝技巧引導觀眾了解故事。

本研究的目標是希望以現有的 3D 虛擬場景和簡單的腳本為基礎，實作出可提供電影拍攝初學者或是互動敘事創作者的一個智慧型鏡頭拍攝控制系統，透過將攝影結果圖示化的介面，控制 3D 環境中攝影機擺放的位置。此外，系統會根據使用者所設置的攝影風格規則篩選出適合的拍攝方式，使用者只要選擇故事中每個鏡頭的拍攝方式或調整相關參數細節即可操作。這將使初學者能透過此系統所給予的攝影基礎知識輔助，提升動畫影片的製作效率及內容的價值。因此，為了達到本研究的目標，我們需要完成下列項目：

- 設計符合初學者導演需求的操作介面

電影是由一幕幕的鏡頭所組成，所以介面必須設計成讓使用者容易操控攝影機並知道拍出的畫面結果。在 3D 動畫環境中，通常是先建立一台虛擬攝影機後，調整攝影機位置及角度以確定拍攝出的畫面。因此本研究設計的系統希望能直接以圖形顯示拍攝結果於編輯介面上，提供更直覺的選項，讓使用者操作點選，減少使用者一步步自行調整攝影機位置所需的時間，也希望以符合導演（特別是初學者）需求的介面設計為目標。

另外，我們的系統還應提供調整參數的操作介面。系統所提供的建議如未能滿足使用者的期望，使用者想可以選擇最接近的鏡頭選項，再調整攝影機的參數細節，讓每個鏡頭選項還有額外的自由度可供修改，再配合一些按鈕或下拉式選單指定單個或多個鏡頭的拍攝風格等，以達到每個鏡頭都可以符合使用者理想的目標。

- 提供能套用攝影風格的圖形化介面

本研究是以 3D 場景為基礎開發，考慮人物模型、場景、人物動作等配置，規劃虛擬攝影機位置以及攝影風格等，並能透過友善的人機介面與攝影創作平台溝通，建置一個完整的攝影輔助系統。我們預計使用跨平台的 Unity 3D 系統和 MVC 模式 (Model-View-Controller) 進行開發，並配合 Unity plug-in 的 NGUI 完成介面的設計。

- 提供智慧型提示

透過使用者選擇的鏡頭以及套用特定的攝影風格規則後，系統會從鏡頭資料庫中選擇適合的拍攝方式，篩除不合理的分鏡，例如：剔除上下鏡頭不連貫或是攝影風格規則相互衝突鏡頭。此外，已選擇的鏡頭也會成為參數，影響前後鄰近鏡頭的資料庫篩選結果。另外，後來選擇的鏡頭結果也會帶回之前已選擇鏡頭做檢查，如果有違反攝影風格規則，也會顯示錯誤及警告訊息提醒使用者。我們希望透過這樣的協助，提高鏡頭配置和拍攝的成效。

本研究的貢獻在於輔助電影導演，即時提供合適的鏡頭，篩去不合理、違反攝影規則的拍攝方式，縮短鏡頭構思時間，在透過簡單操作的介面產生出一段符合簡單攝影規則的影片，簡化拍攝流程。此外，沒有攝影學概念的初學者也能透過此系統拍攝出有攝影技巧、合乎攝影邏輯原則的電影，提升影片的內容價值。

2. 相關研究

2.1 攝影機規劃

虛擬環境中的攝影機規劃已經有不少的相關研究，Christie[1]統整歸納並分析各種電腦圖學上攝影機控制的做法，包含各種傳統到近代的攝影機問題及應用，例如：結合路徑規劃的攝影機控制，且成功運用在建築或城市的導覽[2]，可偵測動態環境中障礙物避讓的自動攝影機控制[3]，加入特定物件可視化限制的自動攝影機規劃[4]，融入場景角色情緒模型以及環境光控制的攝影機規劃應用[5]等。

Osam[6]透過決定起、終點和關注點 (focus) 並配合環境建立的 roadmap 值規劃出對關注點可見度最高路徑，改善傳統跟在遊戲腳色後面的第三人稱相機造成畫面直接切換 (jump cut) 等問題。另外，He[7]有別一般路徑規劃的方式，以攝影學角度切入，建立狀態機 (state machine) 的機制及定義攝影準則的方法來控制攝影機，並應用在基於角色 (character-based) 的互動敘事中。

2.2 虛擬攝影機的應用

近年虛擬攝影機的路徑規劃也漸漸融入導演風格[8]以及注重情緒、畫面配置[9]，例如人物與攝影機距離形成的遠、中、近景配置以及配合故事腳本利用運鏡手法傳達演員情緒或是氣氛等的電影攝影學元素。此外，許多研究還融入互動敘事[10]或共同創作的概念，逐漸開創出另一種新的領域。

Riedl[11]認為 Machinima 技術在動畫電影方面可減少成本和勞力的支出，但創造力和經驗還是必須的。他們相信人工智慧 (AI) 可以運用在創造輔助工具上，讓沒有經驗的使用者也可以創造出有意義的內容，並介紹創作和生產

Machinima 的兩個智慧型輔助工具- ReQUEST 以及 Cambot。一個負責劇情方面的創作，另一個則是影像的產生。ReQUEST 是做為腳本創作的智慧型輔助工具，讓非專業使用者創作出有意義的內容。基於使用者創作的故事，系統會假想自己是觀眾，對使用者提問 (使用者也可以忽略問題)，以刺激使用者創作，讓故事更完整。而 Cambot 利用 3D 環境和細節的資訊描述讓系統控制的角色，以動作實現整個場景，並模組化整個影片製作過程。但是此研究僅分別對兩種系統做介紹，尚未將兩個系統結合。

Davis[12]表示 Machinima 技術的出現，讓數位影片製作的門檻降低，但對於入門的初學者來說，並不一定能透過強大工具去有效描述一個故事，他們做了兩個實驗，第一個實驗發現初學者做出的影片內容被專家指出經常違反攝影學的規則，第二個實驗則是基於第一個實驗中最不應該違反的 4 個攝影規則，設計了一個會提醒初學者違反規則的機制，且不強制使用者修正錯誤，發現有效降低初學者的違反攝影規則的次數。此研究證實了這樣的創造力輔助工具可以幫助使用者探索並評估不同攝影鏡頭的配置，並減少錯誤。

Christie 的 Director's Lens[13]是一款結合虛擬攝影的智慧型互動式助手，配合上動態追蹤的手持裝置讓他更貼近於真實攝影機，並提供智慧攝影引擎依導演的要求，計算出合適的攝影機擺放位置。這些建議會依當前的敘述提供語義上及運動學上不同的選擇。在攝影鏡頭建議方面，系統會考慮到電影規則建立的連續性以及導演之前的選擇，透過機器學習，將之前使用者編輯的鏡頭紀錄下來，做為編輯的優先選項。但在介面的開發上傾向簡單，對於拍攝手法的選擇自由度和互動性也不夠高。

2.3 攝影鏡頭風格模式化

在虛擬環境中，導演透過虛擬攝影機向觀眾表達虛擬環境中發生的事件，拍攝的方式如同電影，應具有強烈的表達性，讓使用者了解故事的整體。而電影攝影學提供如何控制攝影機，以有效傳達故事內容的敘事原理技巧，透過鏡頭語言將文字呈現的劇本轉換成影像。而場面調度 (Mise-en-scène) 則是指導演對 frame 內事物的安排，透過場面調度配合攝影技巧，突破人物動作和相互關係在空間上表現，揭示人物感情變化，刻劃人物個性特徵等，藉此傳達故事想表達之意涵。

導演的場面調度，由故事腳本的內容決定攝影機要拍攝環境中哪些畫面與事物，而攝影機的鏡頭角度、遠近、切換的節奏則由導演偏好的個人拍攝風格所決定。Lai 等人[9]設計了以對話場景為基礎的攝影機模組，建立故事腳本元素解析故事結構，透過模式 (pattern) 將故事腳本元素中的情緒目標轉換的拍攝方式，對應出攝影機的鏡頭型態 (shot type) 和運鏡動作 (operation) 的組合，再利用分析實際電影的鏡頭建立成鏡頭資料庫 (shot database)，從中選出適合的鏡頭，再加上虛擬攝影機和環境的遮蔽偵測，以做為合適鏡頭排序的機制，客製化 3D 虛擬環境中的運鏡系統。

Wu[14]延續了此概念，用更嚴謹的方式結構化整個轉換的過程，將模式 (pattern) 拓廣成了模式語言 (Pattern Language)，更新定義格式化的名稱並增加跨越多個鏡頭的模式以及多種模式作用在同一個鏡頭的功能，提高鏡頭拍攝方式的多樣性，還可偵測模式間是否互相衝突，重點概念如下：

- Framing

相當於之前研究中截取並定義真實電影鏡頭格式的步骤，在鏡頭的定義上多了相對 (relative) 與絕對 (absolute)

兩種類型，共同擁有的格式包含：螢幕上的位置（position）、鏡頭型態（shot type）、與目標的距離（distance）。而相對類型多了連續（continuity）的格式，紀錄和上一個鏡頭的關係；而絕對類型則是多了區域（region），將螢幕分割成四或九等分，紀錄目標在此個鏡頭的哪個區域和鏡頭角度（shot angle）的格式。

● Operations

Patterns 做為攝影風格模式可能橫跨複數個鏡頭，不同 Pattern 在鏡頭數目上也有不同的限制。由於在編輯上有序列的關係，所以特別定義了七種 Operations 類型，以描述 Patterns 序列上的限制：All 表示 pattern 序列中所有 frames、None 表示全部沒有、Initial 表示序列中的第一個、Next 表示連續相鄰兩個、Last 表示 pattern 序列中的最後一個、Ordered 是指特定一個、Transition 表示是 frame 之間的轉換的部分，如下圖所示：

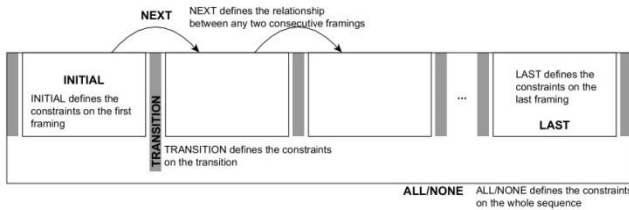


圖 1. [14]所定義的 Operations 作用在 pattern 序列中 frames 的限制關係

● Patterns

以下圖為例，Initial Operation 指定第一個 frame，並設為中遠鏡頭，之後的 Closer 有著 Next Operation 的限制關係，且 Closer 會基於前一個 frame 的位置調整攝影機距離，使鏡頭越來越靠近。



圖 2. Pattern 的作用過程範例（截自[14]）

透過設置 Operation 關係，建立並編輯鏡頭的方式，最後定義出一段攝影風格的過程就稱為”pattern”，而 patterns 的參數包含：name、targets 紀錄一連串 operation 限制關係的目標、length 表示此 patterns 的鏡頭數目限制。我們將以上述研究為基礎，改善之前的鏡頭排序的機制，實作出本研究的 Pattern-Based 鏡頭推薦系統。

在電腦科學領域中，或許因為包含藝術主觀成分的關係，對於攝影學中電影內容拍攝表現手法的相關研究並不多，鏡頭風格類型及運鏡手法帶來的感受也很難被定義。不過，在攝影技術越來越成熟的現在，經過統整歸納後還是有一套經典的拍攝公式可依循，但目前為止都沒有個完整的互動平台系統，透過推薦以及偵錯提醒的功能和導演互動創作。藉此研究，我們希望在人類創造力和智慧型互動合作基礎下，創造出一個新的虛擬動畫電影拍攝製作流程。

3. 導演輔助編輯系統設計

3.1 系統架構

我們的系統以 Unity 3D 為基礎建構，配合 Unity plug-in NGUI 設計介面，並以過去相關研究[14]作為 Pattern-Based 鏡頭推薦系統，並以先前的研究[15]為基礎進行開發與系統評估。以下為本系統架構圖：

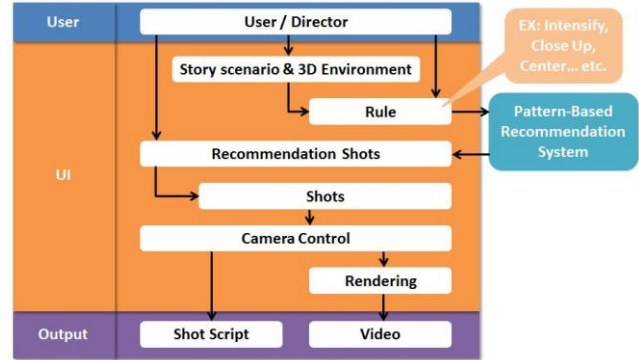


圖 3. 系統架構圖

我們的系統所設定的主要使用者為電腦動畫的導演，特別是初學者。系統透過介面讀入腳本及 3D 環境資料，並依導演喜好決定鏡頭的分配及設置，或是對特定鏡頭指定攝影風格規則，例如：Intensify 或指定鏡頭內的人物等，之後這些規則會作為參數傳入 Pattern-Based 鏡頭推薦系統，將鏡頭的推薦結果顯示在介面上供導演做選擇，最後設置完所有鏡頭後就可以即時觀看影片，並輸出成鏡頭資料檔，做為後續應用參考。

3.2 故事腳本

3D 虛擬環境及腳本參考原型為 1985 年由羅勃·辛密克斯（Robert Zemeckis）擔任導演的電影”回到未來”（Back to the future），整部電影描述主角 Marty McFly 搭乘由 Brown 博士發明的時光車，穿越時空到過去與未來世界種種發生的故事，而我們研究所引用的片段內容是主角回到過去在餐廳遇到自己年輕時的爸爸 George，在目睹 George 被欺負後約 80 秒的對話片段。



圖 4. 實際電影場景截圖和虛擬環境場景截圖

此片段主要角色有：主角 Marty、主角父親 George 和餐廳店員 Goldie 及 Lou。而故事腳本檔主要結構依序包含：事件起始及結束影格、事件類型、角色（主詞）、角色或物品（受詞主體）、事件描述句，其中事件類型包含移動（Moving）、對話（Speaking）、反應（Reacting）、動作（Handling）共四種，另外若事件類型為 Speaking，則後面的描述句就會是對話內容，其他種類則為動作細節描述。範例如下：

```
Happens(228,275,Reacting(Marty,George,'Marty stares at George, mesmerized'))
Happens(250,291,Speaking(Marty,George,'You're George McFly.'))
```


各個角色的屬性包含獨立 id 和 name，下一層為角色各部位節點，包含兩個眼睛和頭部，有獨立的部位名稱以代表部位的屬性，會對應回 3D 虛擬環境中的動畫角色，如下：

```
<actor id = "2" name="George">
  <part pt-name="Eye_R" pt-type="RightEye"></part>
  <part pt-name="Eye_L" pt-type="LeftEye"></part>
  <part pt-name="Head_M" pt-type="Head"
    default="true"></part>
</actor>
```

鏡頭資料庫檔案屬性有各自獨立的 id，下一層包含兩個角色和鏡頭的型態節點，代表角色的身體部位在此鏡頭畫面中的位置，以及此鏡頭用何種鏡頭型態拍攝。作為顯示在 Camera List 中鏡頭推薦系統計算的鏡頭資料參考。如下：

```
<frame id="1" timeId="1">
  <actor refId = "1">
    <onScreenPartPosition
      part="Head" x="0.2" y="0.2">
    </onScreenPartPosition>
  </actor>
  <actor refId = "2">
    <onScreenPartPosition
      part="Head" x="-0.2" y="-0.2">
    </onScreenPartPosition>
  </actor>
  <cameraAngle angle-type="EYE"></cameraAngle>
  <shotDistance distance="BCU"></shotDistance>
  <shotComposition composition = "OTS">
  </shotComposition>
</frame>
```

3.3 平台介面設計

我們的導演輔助編輯系統以跨平台系統 Unity 3D 為開發平台，不需要另外安裝其他驅動程式或開發環境的設定，以降低系統安裝的困難度。在編輯介面方面，我們希望能根據一般導演的思維設計，讓使用者可以更直覺的操作。

3.3.1 系統介面

我們的系統介面主要分五個區塊，左上藍色範圍為預覽視窗區域，包含下面鏡頭序列 Sequence 區中所選鏡頭的時間總合、撥放器功能以及與時間相關所有的腳本描述顯示區。中間上方紫色區域為功能按鈕，執行基本讀取、儲存按鈕，可以讀取攝影機配置腳本，並對下方橘色 Sequence 區作用，例如分割、複製或刪除鏡頭，對鏡頭設置規則等。右中的紫色區域同樣為功能按鈕，主要是小幅度調整鏡頭的起始及結束時間。右上紅色範圍為鏡頭推薦系統資料庫顯示區。下面橘色區域包含整個鏡頭序列 (Sequence) 及攝影風格規則設置的細節資訊。中央的綠色區域則是顯示使用者的操作紀錄的 LOG 提示區。



圖 5. 輔助編輯系統功能分區示意圖

介面設計原型是參考蘋果電腦開發的影片剪輯軟體 iMovie，而我們設計的介面背景色調為黑底是希望可以讓使用者集中注意在圖形化的鏡頭顯示上。每個操作區域會用不同顏色的標題和邊框加以區分、提示，例如：橘色為 Scene 執行的區域、紫色為對 Shot 作用的區域、下方做為整段故事顯示的為白色 Sequence 區及右上系統鏡頭推薦 Camera List 的顯示區。

位於介面左上的預覽視窗 (如下圖 6)，可利用撥放器按鈕撥放故事腳本，也可直接拖曳時間軸，時間軸長度為鏡頭序列 (Sequence) 中被選擇的鏡頭時間總和，在播放器時間軸兩端的加減按鈕可以微調時間，播放器下方也會顯示目前被選擇的鏡頭編號，再往下的綠色背景區域顯示此刻時間發生的腳本事件描述 (同一時間可能橫跨複數個事件)，以及已發生的時間長度。



圖 6. 介面中的預覽視窗

在鏡頭序列 Sequence 中顯示的鏡頭有著獨立的 ID、該鏡頭目前拍攝結果的圖示、下方為開始時間及結束時間，當鏡頭被選擇時，邊框顏色會從白色變為紅色。如下圖：



圖 7. 序列中的鏡頭

左邊橘色 Scene 按鈕的功能為儲存、讀取及重新設置整個鏡頭序列腳本的 XML 檔，另外，還有回到上一步及下一步的功能，且系統初始沒有經過任何操作時此兩個按鈕會呈現灰色，無法點選作用，直到操作系統後按鈕顏色才會改變成橘色，發揮正常功能。右邊紫色 Shot 區是對鏡頭操作的按鈕，可以分割、刪除、新建自己設定的鏡頭選項或是複製鏡頭序列裡的鏡頭，下方 Rule 為下拉式選單，可對被選擇的鏡頭設置攝影風格規則。目前實作出的規則範例有逐漸靠近特定角色的 Intensity、逐漸遠離特定角色的 Further、以特定角色為鏡頭中心的 Center 及特寫的 Close Up 4 種。每種規則再分別對故事中 Marty、George、Goldie 和 Lou 4 位角色作用，共有 16 種攝影風格規則可以設置。



圖 8. 介面中的預覽視窗

鏡頭序列腳本的 XML 檔，包含序列中每個鏡頭的名稱、起始及結束時間、選擇的拍攝方式編號、是否被鎖住、目前是否被點選等，還有紀錄該鏡頭被設置的攝影風格規則，其規則的名稱和被設置的順序資料等，格式範例如下：

```
<Sequence>
  <Shot shotName="Shot 0" startingTime="0"
    endingTime="3.5" currentFrame="91"
    isLocked="False" hasChosen="True"
    active="False"> </Shot>
  <Shot shotName="Shot 1" startingTime="3.5"
    endingTime="7.5" currentFrame="0"
    isLocked="False" hasChosen="False"
    active="False">
  <Rule ruleID="0" ruleName="Close Up Marty"/>
</Shot>
</Sequence>
```

3.3.2 輔助編輯介面設計

我們的編輯系統的典型使用流程包含以下步驟：

- **啟始化：**

一開始啟動時會讀入預設的場景及故事腳本，也就是電影回到未來的片段，鏡頭序列中也會顯示一個初始狀態的鏡頭 Shot 0。此鏡頭的時間預設為整段故事腳本的時間，鏡頭型態預設是平視的長鏡頭且是被點選的狀態。之後透過左上預覽區的撥放器撥放 Shot 0，播放期間同時也會撥放音源，可以聽見角色講述台詞。

- **分割鏡頭：**

在撥放腳本的過程中，使用者可以利用“CUT”按鈕分割鏡頭，或是複製及刪除等功能，來達到切割鏡頭的目的。

- **選取鏡頭：**

使用者可以透過右上角的 CAMERA LIST 功能區選取適合的鏡頭。Pattern-Based 鏡頭推薦系統的推薦鏡頭顯示是經過攝影風格規則設置計算出的結果，也就是 Camera List 裡顯示的各個鏡頭，每個鏡頭選項有著獨立的 ID 編號及圖式，也會顯示鏡頭型態，將相同的鏡頭型態集中擺放，讓使用者可以更快速找到想要的結果。目前實做的系統中，共有 172 種鏡頭可供選擇。此外，操作上只要點選其中一個推薦結果即會將取代鏡頭序列中的被選擇的鏡頭，之後可以再點選一次取消選擇、或是直接選取其他推薦結果切換。

- **修改鏡頭：**

如果都沒有合適的鏡頭選項，可以先選擇最相似的结果，再利用鍵盤滑鼠改變攝影機位置、角度及方向，按下紫色 Shot 區中的“CREATE CAMERA”，直接將預覽視窗呈現的結果作為新的選項，同時也會即時設置至鏡頭序列中。另外預覽視窗還設計了和 Unity 中 Scene 場景視窗一樣的鏡頭操作方式：Ctrl 鍵+滑動滑鼠滾輪使鏡頭放大或縮小、Ctrl 鍵+滑鼠滾輪平移鏡頭視角及 Ctrl 鍵+滑鼠右鍵改變鏡頭角度的功能，讓使用者可以自由移動視角掌握場景細節，也讓操作過 Unity 的使用者可以更容易上手。

- **設定攝影風格規則：**

關於攝影風格規則（rule）的設置與顯示，使用者選擇序列中欲設置的鏡頭，再透過紫色 Shot 區中規則下拉式選單選取規則，並按下“SET”按鈕即可設置，也可選取複數鏡頭同時設置規則。另外顯示介面安排在鏡頭序列下方，並一個個對齊上方的鏡頭，每一行顯示此鏡頭所設置的所有攝影風格規則，以設置規則的順序由上而下排列，每設置一個規則就會向下增加一列，超過畫面時右側會出現可上下拖曳的滾動條，滑鼠左右拖曳規則區塊會同時移動上方鏡頭，使鏡

頭和該鏡頭所設置的攝影風格規則隨時保持在同一行。攝影風格規則有作用於橫跨複數個鏡頭和個別鏡頭兩種，前述是用藍色，後者為綠色字體顯示，且每個攝影風格規則可以點選右方的“X”個別刪除，如圖 9：



圖 9. 攝影風格規則呈現介面

在介面的配置設計上也盡量讓鏡頭圖示和預覽畫面可以最大化，希望使用者可以專注鏡頭的結果並觀察到鏡頭中的細節編輯鏡頭序列，再利用下拉式選單設置規則，並從鏡頭推薦系統計算出的結果中選出符合理想的拍攝鏡頭。操作中的編輯系統介面，如圖 10 所示。



圖 10. 操作中的介面

反覆此步驟直到所有鏡頭設置完成，就可以撥放影片及攝影機鏡頭的腳本檔。此外，LOG 提示區可顯示編輯的過程紀錄，介面右上有綠色的“？”按鈕可以顯示介面的操作提示，幫助使用者回憶介面的使用方式。

3.4 智慧型使用者介面設計

使用攝影機編輯系統的使用者對攝影的經驗及相關知識未必相同，所以我們的系統也設計了智慧型介面及提示視窗，幫助使用者能透過簡單的介面操作，快速發現有問題的鏡頭設置、避免錯誤操作，以實現我們系統能夠加快使用者拍攝流程時間的目標。我們系統的智慧型檢測包含下面幾個項目：

3.4.1 介面顯示及隱藏

預覽區的目的在顯示目前正被選擇的鏡頭，一旦鏡頭序列中沒有任何鏡頭被點選，此區也無法觸發任何功能，並用灰色濾鏡覆蓋。另外，Pattern-Based 鏡頭推薦系統的結果顯示及鏡頭開始及結束時間調整都是對單獨的鏡頭作用，所以當鏡頭序列中有兩個以上的鏡頭被選取或是沒有任何一個鏡頭被選取時，Camera List 中推薦鏡頭的內容和鏡頭時間調整介面都會隱藏，無法點選推薦鏡頭及調整鏡頭開始及結束時間。

3.4.2 攝影風格規則的合理性和衝突

我們在攝影風格規則上有設置特定的參數限制，以符合現實攝影風格上的情況，並幫助系統進行以下的檢查，例如：

● 檢查規則是否重覆設置

檢查此鏡頭是否已設置過一樣的攝影風格規則，若是已經設置過相同規則，則會在 LOG 提示區出現” Duplicated! : Rule (Rule Name) was already added to shot (Shot ID)” 的訊息提醒。如果沒有問題將會顯示” (Rule Name) was added” 的設置成功提示。

● 檢查設置規則鏡頭個數限制或是否連續

部分攝影風格規則則對單個鏡頭作用，可單獨、連續或是跨鏡頭設置，設置成功會在 LOG 提示區顯示” (Rule Name) was added” 的成功提示；另外有些攝影風格規則必須設置連續 3 個鏡頭以上，若是被設置到非連續的 3 個鏡頭或是少於 3 個鏡頭，也會出現” Length Error: Rule (Rule Name) cannot be added to (Rule max Length) shots” 的提醒。設置成功將會顯示” (Rule Name) was added” 的提示。

● 複數鏡頭間的規則衝突檢查

有些攝影風格規則的效果是橫跨複數個鏡頭，若是兩種衝突規則所作用的鏡頭有重疊，也會出現 Camera List 中沒有任何推薦鏡頭的結果，處理方式跟上個檢查相同，每次設置規則都會檢查，只要出現沒有可以推薦的鏡頭的情況就會出現警告提醒使用者。

● 攝影風格規則的合理性和衝突

當我們用紫色 Shot 區的” CUT”、” DELETE”、” DUPLICATE” 按鈕在編輯鏡頭序列中的鏡頭時，如果被編輯的鏡頭已經有設置規則，此時畫面會跳出警告，選擇” NO” 回到原本狀態；而選擇” YES” 後會依照指示編輯並移除被編輯鏡頭的所有規則，包含橫跨複數個鏡頭的規則也會一併刪除。

4. 實驗設計與結果分析

為了驗證智慧型電腦動畫導演輔助編輯系統的成效，我們根據實作出的系統功能及介面，設計了一套實驗方式，包含操作型任務，讓受試者先熟悉我們系統介面，引導受試者執行各個功能，再配合指定任務基於前面的操作基礎還原電影片段的拍攝方式，並配合問卷調查受測者背景、系統各功能使用的滿意度以及開放性問答題，最後使用了 Cherry 設計的 CSI (Creativity Support Index) 量表[16]評估我們系統的創造力價值。

4.1 實驗目標

本研究目標提供一個智慧型拍攝鏡頭控制系統及平台，透過選項化的攝影結果圖示化介面和智慧型操作輔助，讓即使沒有攝影基礎知識和相關技術的使用者可以簡便地探索更多的拍攝可能，也可以有效率的拍攝出動畫影片。本實驗目的是評斷出我們實作出的智慧型拍攝鏡頭控制系統及平台是否有達到預期成效。我們邀請受試者實際操作系統後填寫問卷評定，並配合開放式問答及訪談回饋來改善我們系統性能和介面設計。此外，操作過程中透過使用者紀錄，並觀察受試者在有無特定經驗下使用本系統是否有明顯差異。

4.2 實驗流程

實驗流程如圖 11，在正式實驗開始前，會先對受試者說明實驗內容及流程，之後就開始進行實驗，包含引導式操作任務、指定任務和自由操作三個階段，最後再請受試者填寫問卷。引導式操作任務讓受試者熟悉系統介面的使用，目的是為了讓受試者可以在指定任務前對介面的操作都有一定的基礎，下一個指定任務是先讓受試者觀看「回到未來」電影片段，利用系統還原電影拍攝分鏡。接下來自由操作可全部重新設置或是接續上一任務修改部分鏡頭，並請受試者寫下

自由操作部分的創作動機和想法。最後再讓受試者填寫問卷及 CSI 量表，調查受測者對攝影和電腦動畫製作相關經驗、觀看電影習慣等背景、實驗後對系統各功能使用的滿意度以及開放性問答題，給系統和介面一些建議、感想及回饋，作為我們系統改善的方向。CSI 量表則是直接在電腦上回答由 Cherry 所提供的程式，最後會直接將結果用 EXCEL 儲存，並計算出 CSI 分數。

圖 11. 實驗流程圖

4.3 實驗對象



本研究的受試者為 10 名年紀相近 (約 23~26 歲) 並且熟悉電腦操作，但對攝影和電腦動畫製作經驗及電腦動畫設計軟體使用經驗不一的族群。

經問卷調查得知約一半的受試者有影片或電腦動畫的拍攝經驗，且所有受試者都有使用影片後製編輯軟體的經驗，幾乎所有受試者都使用過類似威力導演的影片編輯軟體。在電腦動畫製作的經驗上差異並不大，所有受試者都有使用過 Maya，且一半以上的受試者都有使用過兩種以上的軟體經驗。另外所有受試者都聽說 Shot、frame 等影片組成結構及長鏡頭、中鏡頭、特寫等鏡頭基本知識，其中約有一半受試者大致了解電影基本組成及具備鏡頭基本知識。

4.4 實驗結果與分析

以下我們整理出 10 位受試者實驗填答的問卷及使用者紀錄，個別分析討論引導式操作任務和指定任務的使用者紀錄結果、自由操作結果、問卷填寫結果及 CSI 評分結果。

4.4.1 引導式操作及指定任務之使用者紀錄分析

所有受試者皆在 10 分鐘內完成六項引導式操作任務，在觀察受試者們的操作過程及使用者紀錄中，我們發現有 3 位受試者在執行任務 2”微調單個 Shot 的時間”的時候，一開始會直接點選預覽視窗中的撥放器的時間微調按鍵，另外某位受測者一開始是嘗試直接對 Shot 設置” null” 的方式，而不是點選顯示在攝影風格規則旁的” X” 取消按鍵來取消此攝影風格規則，從使用者紀錄看出在整個指定任務裡 17 次的設置攝影風格規則點擊紀錄中有 11 次是設置” null”。這表示我們系統在某些功能的介面上會誤導部分受試者需要改進。

從受試者們在指定任務所花費的總時間跟相關背景的相關係數結果來看，只有觀看電影的頻率有較大的相關度，然而觀看電影的頻率和指定任務中對鏡頭配置花費總時間的相關係數僅有 0.27，另外其他項目中還有注意拍攝手法和了解攝影鏡頭知識有中度相關，剩下的項目都為接近無相關，且所有受試者在經過引導式任務熟悉系統操作後皆有完成指定任務。因此我們認為有無攝影經驗知識背景對於此系統的操作的能力並無太大影響。

另外有兩位受試者有表示對新系統介面上手較慢，在一開始的引導式操作任務上可也發現他們花費較多的時間，不過在接下來的指定任務上花費的時間跟其他受試者相比並沒有太大的落差，因此我們認為系統在經過引導式操作任務訓練後在使用操作上並沒有太大的影響，同樣可以順利完成實驗中的指定任務。

4.4.2 自由操作結果

在指定任務結束後，受試者可全部重新設置或是繼續指定任務的結果修改部分鏡頭，自由操作本系統，並請受試者

寫下自由操作時的創作動機或想法。其中 7 位受試者基於故事腳本為特定角色修改原本設置的鏡頭或是往後延續劇情配置自己想要的鏡頭拍攝方式，在創作動機中留下想強調某位角色的出場使用特寫鏡頭或是凸顯對某位角色的反應特別設置逐漸靠近的鏡頭以及用比較誇張的方式去呈現故事等想法。

4.4.3 問卷分析

問卷中共有 10 題對於介面及功能上的使用經驗進行滿意度評估，我們將回答結果以 1 到 5 分之五點量表方式表示滿意程度，越高分代表越滿意此問題的敘述，其平均值及標準差結果如下表：

表 1. 系統使用經驗評估結果

問題	Avg.	SD
1.覺得此系統介面安排可以讓我了解各個區塊的作用及按鈕的功能	4.2	0.60
2.透過圖形化的介面，可以很清楚知道這個鏡頭的拍攝結果	4.2	0.60
3.認為微調單個鏡頭時間的功能有幫助	4.3	0.46
4.認為此系統對於影片拍攝決定使用何種拍攝方式上是容易的	3.9	0.70
5.認為設置 Rule 來篩選 Camera List 中鏡頭選項的功能有幫助	3.8	0.87
6.認為系統的智慧型提示功能及編輯提示警告有幫助	3.8	0.87
7.認為系統的可以自訂新的鏡頭選項 (Create Camera) 功能有幫助	4.6	0.49
8.認為此系統對於影片拍攝的速度上有幫助	3.9	0.70
9.認為使用此系統讓你更容易用影片的方式說故事	4.3	0.64
10.以後有需要拍攝電腦動畫影片時，會有意願使用此系統	4.1	0.54

從上表的結果可以看出問題 7 得分最高，我們觀察受試者操作時也發現到即使 Camera List 裡沒有合適的鏡頭，大部分的受試者也都願意花時間在鏡頭的細節調整。而問題 5 和問題 6 分數較低，在設置 Rule 來篩選 Camera List 中鏡頭選項的功能上，在問卷的開放性問卷中有受試者覺得此功能有特色也有幫助，但也有受試者覺得幫助不太傾向自訂新的拍攝方式，我們推測是跟受試者的操作經驗和習慣差異有關。另外關於問題 6，從實驗操作的觀察中有發現到部分受試者沒有注意介面中間 LOG 提示區的提示，可能需要改善為更顯眼的提示方式。

我們將受試者有無影片拍攝經驗的使用背景和系統使用經驗評估的五點量表結果做相關係數分析，發現有無影片拍攝經驗和認為此系統對於影片拍攝決定使用何種拍攝方式上是容易的呈現高度負相關 (-0.70)，表示沒有影片拍攝經驗的受試者在此項經驗評分越高，認為我們的系統更容易讓他們決定使用何種拍攝方式；另外在認為設置 Rule 來篩選 Camera List 中鏡頭選項的功能有幫助的項目上同樣呈現負相關 (-0.66)，表示沒有影片拍攝經驗的受試者認為設置 Rule 來篩選 Camera List 中鏡頭選項的功能越有幫助。其他系統使用經驗評估問題 1、2、3、8 的相關係數上也有 -0.35~-0.4 的負相關，由此推測我們的系統在拍攝方式選擇的輔助上對沒有攝影經驗的初學者是有幫助的。

在問卷的開放性問卷題 (表 2) 中，受試者們給了很多回饋，在第 11 題的問題中，受試者表示可以增加像是將複數

個鏡頭合併的功能、CREATE CAMERA 的快捷鍵、動態的攝影機拍攝 (像 zoom in、zoom out 逐漸靠近或拉遠的鏡頭)、鏡頭的全選或全不選、移動調整過尚未新增的鏡頭會跳出警告、自訂鏡頭選項的儲存且可以自行命名攝影風格、一次套用個自訂攝影方式至不同鏡頭等的功能。

在第 12 題中有許多受試者覺得自訂鏡頭功能以及配置完鏡頭攝影方式後即時在預覽視窗觀看結果的功能是本系統的特色，其他還有認為熟悉 3D 建模的人可以很容易自訂攝影機位置來製作想要的鏡頭、覺得 Camera List 選擇拍攝方式的設計及攝影風格的設置可以提升挑選鏡頭的速度很有特色、介面簡易且容易更換選擇不同的拍攝手法、認為畫面推薦得當，在預覽視窗撥放影片時期效果比預期驚豔，也有受測者表示按鍵、介面及字體搭配美觀，功能性讓人有動力想製作動畫。

在第 13 題的改善建議上，有受試者覺得從 Camera List 中找到想套用的鏡頭拍攝方式比較困難，偏向自行調整鏡頭，希望改善 Sequence 區域的操作上要按住 shift 鍵才可同時點選多個鏡頭，切割出來的新鏡頭的預設拍攝方式可以延續上一個被切割的鏡頭，鏡頭的順序可以拖動排序，在設置攝影風格規則和鏡頭拍攝方式時有更明顯的視覺回饋，預覽視窗區撥放器的撥放鍵和暫停鍵可以在同個位置上，功能鍵可以用更多的圖示來替代文字說明功用。

表 2. 問卷之開放性問卷題目

未來發展	11.覺得還可以增加什麼樣的功能？
系統特色	12.覺得系統有特別吸引你的特色或功能嗎？
改善建議	13.對系統有什麼其他建議？

4.4.4 CSI 分析

我們希望透過 CSI 量表客觀的分析我們的系統在創造力上的價值，在問卷填寫完之後讓受試者填寫 CSI 量表評分程式，結果如下表：

表 3. 系統之 CSI 分數及每項創造力平均分數及標準差

本系統之 CSI	73.3
創造力分類	Avg. Weighted Score (SD)
Collaboration	3.7(5.9)
Enjoyment	41.3(20.8)
Exploration	61.7(11.8)
Expressiveness	53.1(12.0)
Immersion	18.7(14.4)
Results Worth Effort	41.4(22.2)

我們系統在這次的實驗得到的 CSI 分數平均為 73.3 分，標準差為 8.3，對應[15]中的教育評分方式換算我們系統的評分為 "C" score，表示我們系統在客觀上還有改進的空間。另外，從各項評分可以看出我們系統在 Exploration 分類上的評分最高，依次為 Expressiveness、Enjoyment 及 Results Worth Effort 分類，也符合我們系統功能上希望提供給使用者有更多拍攝可能的預期目標。

5. 結論與未來發展

在本研究的智慧型電腦動畫導演輔助編輯系統中，使用者利用系統介面決定每個鏡頭的時間，並點選由系統選項化的攝影結果圖示決定拍攝方式，以及透過智慧型操作提示的輔助，讓使用者即使沒有攝影經驗或相關背景知識也可以簡單並有效率的在虛擬空間中決定攝影機的位置，拍攝出動畫影片。另外，系統還提供預覽區可以撥放動畫及腳本、即時觀看拍攝結果，而系統也提供攝影風格的設置，快速篩選鏡頭拍攝方式。如果裡面沒有合適的拍攝方式，使用者也可以

選擇最接近的結果再自行調整新增，輕鬆修改調整各個鏡頭和探索各種拍攝方式，並透過預覽區了解修正結果。

在實驗評估的部分，請受試者擔任導演的角色實際操作使用本系統，先執行操作任務熟悉系統，再完成指定任務。我們分析受試者的使用者紀錄，最後透過問卷和 CSI 評分，分析受測者背景以及對我們系統的介面及各功能的滿意度，並回饋整理和討論整體創造力評分。從實驗結果可以看出不同背景的受試者們在 10 分鐘內的操作任務熟悉系統後都可以完成重現電影實際拍攝方式的指定任務，證明非專業背景的使用者也能夠快速上手此系統。從問卷結果也得到對系統的介面與功能的肯定，證實在影片拍攝的使用及表達故事上的價值，從 CSI 創造力評分看出此系統在 Exploration 及 Expressiveness 的分類上符合目標。

對於系統的未來改善，在實驗問卷中得到很多受測者的回饋，都是我們系統的可以參考的方向。未來除了朝更實用及人性化的介面努力，也希望增加更多的攝影風格規則提供更多的拍攝方式。另外在自訂新的拍攝方式也可以進行智慧型偵錯，判斷符不符合攝影風格規則，並提高系統智慧型偵測的準確性和改善顯示方式，此外也希望增加可以控制虛擬環境腳本中的物件、燈光等的介面及功能，提高使用者可控制的範圍，成為更接近導演的角色。在未來發展應用上，除了在電影攝影方面上的協助，例如導演正式拍攝前的模擬或是拍攝方式的探索，也可以和互動數位敘事共同創作平台結合應用，提供從腳本編寫到拍攝結果呈現的數位平台，提供創新的虛擬動畫電影拍攝方式。

6. 致謝

本研究在國科會計畫 (MOST 104-2911-I-004-502) 及 (MOST 104-2221-E-004-006-) 資助下完成，特此致謝。

7. REFERENCES

- [1] M. Christie, P. Olivier, and J. M. Normand, "Camera control in computer graphics," in *Proc. of Computer Graphics Forum*, 2008, pp. 2197-2218.
- [2] D. Nieuwenhuisen, and M. H. Overmars, "Motion planning for camera movements," in *Proc. of ICRA'04. IEEE International Conference*, 2004, pp. 3870-3876.
- [3] É. Marchand, and N. Courty, "Controlling a camera in a virtual environment," in *Proc. of The Visual Computer*, 2002, 18.1: 1-19.
- [4] W. H. Bares, S. Thainimit, S. McDermott, and C. Boudreaux, "A model for constraint-based camera planning," in *Proc. of AAAI spring symposium on smart graphics*, 2000, pp. 84-91.
- [5] B. Tomlinson, B. Blumberg, and D. Nain, "Expressive autonomous cinematography for interactive virtual environments," in *Proc. of the fourth ACM international conference on Autonomous agents*, 2000, pp. 317-324.
- [6] T. Oskam, R. W. Sumner, N. Thuerey, and M. Gross, "Visibility transition planning for dynamic camera control," in *Proc. of the 2009 ACM SIGGRAPH/Eurographics Symposium on Computer Animation*, 2009, pp. 55-65.
- [7] L.-W. He, M. F. Cohen, and D. H. Salesin, "The virtual cinematographer: a paradigm for automatic real-time camera control and directing," in *Proc. of the 23rd annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, 1996, pp. 217-224.
- [8] C. Lino, M. Christie, F. Lamarche, G. Schofield, and P. Olivier, "A real-time cinematography system for interactive 3d environments," in *Proc. of the 2010 ACM SIGGRAPH/Eurographics Symposium on Computer Animation*, 2010, pp. 139-148.
- [9] P.-C. Lai, H.-Y. Wu, C. Sanokho, M. Christie, and T.-Y. Li, "A Pattern-Based Tool for Creating Virtual Cinematography in Interactive Storytelling," in *Proc. of Smart Graphics*, 2014, pp. 121-132.
- [10] E. E. de Lima, C. T. Pozzer, M. C. d'Ornellas, A. E. Ciarlini, B. Feijó, and A. L. Furtado, "Virtual cinematography director for interactive storytelling," in *Proc. of the International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, 2009, pp. 263-270.
- [11] M. O. Riedl, J. P. Rowe, and D. K. Elson, "Toward intelligent support of authoring machinima media content: story and visualization," in *Proc. of the 2nd International Conference on Intelligent Technologies for interactive enterTAINment*, 2008, p. 4.
- [12] N. Davis, A. Zook, B. O'Neill, B. Headrick, M. Riedl, A. Grosz, and M. Nitsche, "Creativity support for novice digital filmmaking," in *Proc. of the 2013 ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 651-660.
- [13] C. Lino, M. Christie, R. Ranon, and W. Bares, "The director's lens: an intelligent assistant for virtual cinematography," in *Proc. of the 19th ACM international conference on Multimedia*, 2011, pp. 323-332.
- [14] H.-Y. Wu and M. Christie, "Stylistic Patterns for Generating Cinematographic Sequences," in *Proc. of the 4th Workshop on Intelligent Cinematography and Editing Co-Located w/Eurographics*, 2015.
- [15] W. Wang, H.Y. Wu, Q. Galvane, T.-Y. Li, and M. Christie, "Design of Intelligent Editing System for Computer Animation Director," in *Proc. of Computer Graphics Workshop*, Taipei, 2015.
- [16] E. Cherry and C. Latulipe, "Quantifying the Creativity Support of Digital Tools through the Creativity Support Index," *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 2014.