

國立交通大學

多媒體工程研究所

碩士論文

影像式漫畫肖像生成之研究

Image-Based Comic Portrait Generation

研究生：阮喬愷

指導教授：施仁忠 教授

中華民國九十八年二月

影像式漫畫肖像生成之研究  
Image-Based Comic Portrait Generation

研究生：阮喬愷

Student：Chiao-Kai Juan

指導教授：施仁忠

Advisor：Zen-Chung Shih



Feb 2009

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十八年二月

# 影像式漫畫肖像生成之研究

研究生：阮喬愷

指導教授：施仁忠 教授

國立交通大學資多媒體工程研究所

## 摘要

被譽為第九藝術的漫畫，不論是在電影、電玩等娛樂產業中，佔有相當重要的地位。透過線條的勾勒以及漫畫家獨特的筆觸運用，呈現其在漫畫劇情中所想表達豐富的內涵與視覺效果。而其中對人物畫像細膩的風格描繪，更受到現代漫畫迷所喜愛。

在電腦圖學領域中要產生具有特定藝術風格的人像，具有相當高的挑戰性。而本論文則是希望透過電腦創造、模擬具有藝術價值的作品，其過程是經由輸入一張真實的人臉照片，運用本論文所提出的NPR技術轉換成具有特定漫畫家畫風的人物肖像。在實作上我們根據漫畫家井上雄彥的畫風做為參考，根據繪畫元素分成三個部分技術來做NPR處理，分別為臉部描繪技術、頭髮描繪技術，以及影線描繪技術。最後合併三部分結果做為輸出，得到具有特定漫畫家畫風的人物肖像。

# Image-Based Comic Portrait Generation

Student: Chiao-Kai Juan

Advisor: Dr. Zen-Chung Shih

Institute of Multimedia and Engineering

National Chiao Tung University



## ABSTRACT

The Comics, Ninth Art, gets more and more important in the entertainment industry, like movies and games. The comic artists use the particular brushwork and contour to express the rich content and visual effects. Especially the exquisite portrait painting that comics fan is spellbound.

Creating a portrait in the style of a particular comic artistic is a difficult problem. In this paper, we introduce an NPR system to generate Human Portrait in Comic style. From observation, we found out that there are three parts of element in Comic style: 1) facial contour, 2) hair component, and 3) hatching of shadow. So our system process these part individually, make these three parts are stylized in Comic style. At first, we input a human face photo, and the feature point of human face. And then we simulate the comic artist painting style in the three parts. Finally, users may generate a Comic style portrait easily by using our system without any painting skill.

# 致謝

關於本篇論文的完成，首先要感謝施仁忠教授兩年多的指導，讓我能夠進入電腦圖學研究室與優秀的學長姐們一起研究。也非常地感謝台藝大教授魏德樂學長能夠在我論文碰到瓶頸的時候，給了將當多的指導與鼓勵，讓我這本論文能夠順利完成。另外，謝謝蔡侑庭學長、鋒哥、嘉敏學姐以及已畢業的學長姐們都能給些指點幫助。而在研究室也碰到許多的同學、學弟們，吵鬧的刷玲、安靜的九谷、聰明的允文、厲害的田晏，以及嘴砲張翔竣、正妹吳昱霆、班長林鼎盛、和從頭閃到尾的橘子、還有就是永遠很好約的賤嘴電動王-賊晨，謝謝有你們的陪伴。

另外要感謝我在交大的 MIP 戰友們，我的心靈導師 MOG 大大、唱歌不用麥克風的進坤、花俏十足的好鄰居魔術師佳昇、愛打我的瘋狂賭徒大喬、笑容甜美的大眾好麻吉鬼鬼、全方位康樂股長 Dr. 彥龍、還有與我相依為命半年的型男阿 KEN，有你們的陪伴，讓我在交大生活擁有許多無可取代的回憶，謝謝你們陪我一起歡樂、一起奮鬥。也感謝 MIP 的昌杰學長、秉璋學長能夠視如己出的常幫指點迷津，還有細菌人、宗澤、楸旭、小莉、懷元、佳樺、小涵、書豪、以及比我還像學長的千千學弟，謝謝你們會陪我聊些有的沒的、愉快地渡過最後半年的生活。

最後要感謝我的父母，能夠讓我在研究所期間衣食無虞，能夠全心全意的修課學習，作為我永遠的依靠，尤其是母親一路上能夠完全支持我所做的任何決定，非常謝謝您的栽培。

# 目錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
致謝.....	III
目錄.....	IV
圖目錄.....	V
CHAPTER 1 緒論.....	1
1.1 論文動機.....	1
1.2 系統概述.....	2
1.3 論文架構.....	2
CHAPTER 2 相關研究.....	4
2.1 臉部描繪技術.....	4
2.2 頭髮描繪技術.....	5
2.3 影線描繪技術.....	6
CHAPTER 3 漫畫藝術繪畫.....	8
3.1 背景.....	8
3.2 風格化繪畫程序.....	9
CHAPTER 4 脸部肖像描繪.....	12
4.1 筆刷模型：主筆.....	13
4.2 脸部肖像描繪系統.....	16
4.3 頭髮描繪系統.....	20
CHAPTER 5 影線描繪.....	25
5.1 影線描繪系統概述.....	25
5.2 影線描繪所需資訊.....	26
5.3 影線的繪製.....	28
5.4 影線描繪結果.....	30
CHAPTER 6 實驗與結果.....	32
CHAPTER 7 結論與建議.....	36
參考文獻.....	38

# 圖目錄

圖 1.1 風格轉換示意圖 .....	1
圖 1.2 系統架構圖 .....	2
圖 2.1 臉部肖像生成架構圖 .....	5
圖 2.2 頭髮髮線自動分析與描繪 .....	6
圖 2.3 不同影線描繪結果 .....	7
圖 3.1 不同畫風所呈現出的角色特性 .....	8
圖 3.2 井上雄彥繪畫流程圖 .....	9
圖 3.3 井上雄彥作品 .....	10
圖 3.4 井上雄彥繪圖細節 .....	11
圖 4.1 人臉肖像生成流程圖 .....	12
圖 4.2 連續圓型模擬運筆軌跡 .....	13
圖 4.3 運筆的接觸圓半徑變化 .....	14
圖 4.4 $\theta$ 示意圖 .....	15
圖 4.5 線條範例 .....	15
圖 4.6 特徵點分佈 .....	16
圖 4.7 眉毛元件 .....	17
圖 4.8 眼睛元件 .....	18
圖 4.9 鼻子元件 .....	18
圖 4.10 嘴唇元件 .....	18
圖 4.11 臉部輪廓元件 .....	19
圖 4.12 臉部勾勒完成圖 .....	19
圖 4.13 不同的頭髮結構 .....	20
圖 4.14 光源與髮絲對應關係 .....	22
圖 4.15 對光源影響範圍作擾動 .....	22
圖 4.16 髮絲與光源關係圖 .....	23
圖 4.17 頭髮繪製完成圖 .....	24
圖 5.1 影線描繪系統架構圖 .....	25
圖 5.2 繪製範圍 .....	27
圖 5.3 決定接觸圓半徑 .....	28
圖 5.4 重疊後所產生的影線材質 .....	29
圖 5.5 色調與影線材質的關係 .....	30
圖 5.6 影線描繪結果 .....	31
圖 6.1 範例一 .....	33
圖 6.2 範例一完成圖 .....	33
圖 6.3 範例二 .....	34

圖 6.4 範例二完成圖 ..... 34  
圖 6.5 範例三 ..... 35  
圖 6.6 範例四 ..... 35





# CHAPTER 1 緒論

## 1.1 研究動機

被譽為第九藝術的漫畫，不論是在電影、電玩等娛樂產業中都已經占據了相當重要的地位，處處可見許多的漫畫藝術創作。在日本漫畫文化的發展下，漫畫家透過本身的美學造詣，讓漫畫不再只是一種通俗的次文化，對人物細膩的勾勒與表現，透過流暢線條與多變的筆觸，將人物所呈現的特色、情緒、神韻等一一在創作中表達出來，藉此展現漫畫藝術的價值。

非擬真顯像 (Non-Photorealistic Rendering, NPR) 技術在電腦圖學領域逐年受到重視，其利用電腦生成不具有照片般真實感，而是具有手繪風格影像的技術，如漫畫、水墨畫、油畫等。相較於真實顯像，NPR 主要在表現影像呈現的美感與藝術性，若更進一步目標是能透過電腦演算法來模擬藝術家的繪畫風格。而風格化 (Stylization) 在 NPR 領域中屬於較艱深的問題，我們很難透過邏輯的程序演算法來描述藝術家怎麼繪製作品。在本論文我們專注研究如何透過 NPR 技術來模擬日本漫畫大師井上雄彥的人物畫風，期待能夠將使用者所輸入的人臉影像轉換成特定漫畫風格的人臉肖像，如圖 1.1。



圖 1.1 風格轉換示意圖 (a)真實影像 (b)國際知名漫畫家井上雄彥作品

## 1.2 系統概述

在本篇論文中，我們所提出的方法主要是透過主觀的觀察與分析漫畫家的畫風，根據分析出來的特色與繪畫流程來制定我們的演算法。圖 1.2 展示本系統的架構圖。在系統輸入原始人臉影像後，我們會建立筆刷模型來模擬井上雄彥所使用的繪畫工具與其所呈現的筆觸效果，接著將原始輸入人臉影像分成頭髮與臉部兩個部分，並分別透過使用者的簡單輸入，包括輸入臉部特徵點 (Feature Point) 與頭髮骨架 (Hair Skeleton)，用以產生本系統最基本所需繪圖資訊，接著系統會根據主觀分析所發現的畫風特色來自動產生臉部輪廓線與頭髮的繪製效果。同時系統也會針對輸入影像的臉部部分，針對臉部影像中的色調做影線描繪，其描繪方式是利用交叉墨筆線條來表現影像的對比與明暗。最後在合併各部分模擬結果，產生最後結果。

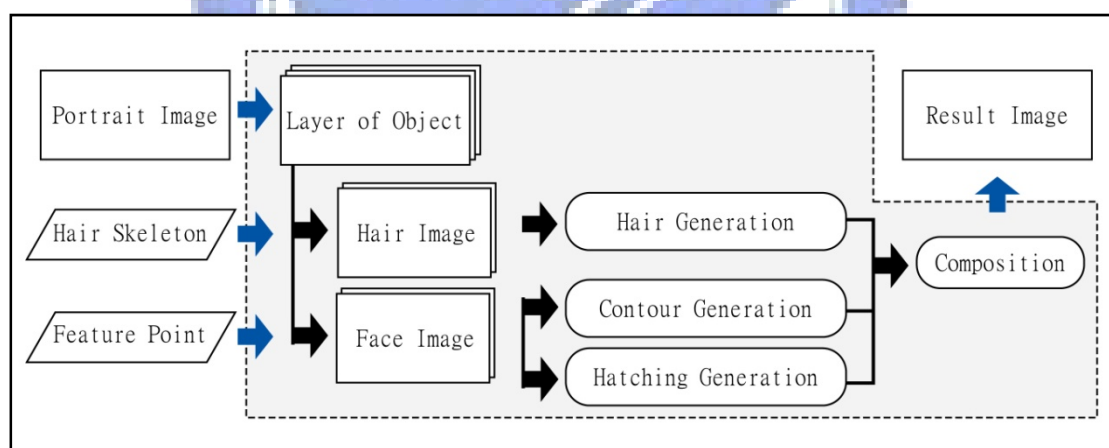


圖 1.2 系統架構圖

## 1.3 論文架構

本篇論文共分為七個章節。第一章為緒論，其中描述我們的研究動機與目標。在第二章介紹過去相關文獻及其方法概念。在第三章簡介漫畫藝術的背景概述與分析所要模擬的漫畫家風格特色。第四章和第五章我們分別說明本系統所要描繪

臉部的輪廓、頭髮以及影線的繪製演算法流程。在第六章會展示本系統影像轉換後的成果。最後，在第七章回顧本論文的方法架構，並且提出未來可能加強及改進的地方。



# CHAPTER 2 相關研究

本章將介紹與本論文所提出方法在結果上，或是在執行過程中相關聯或相似的研究文獻。在這我們根據漫畫人物繪畫元素，將非擬真顯像轉換系統分成三個部分技術來做討論。1. 臉部描繪技術 2. 頭髮描繪技術 3. 影線描繪技術，詳細說明如下：

## 2.1 臉部描繪技術

目前人臉肖像的非擬真顯像已經有相當多的研究。[Chen et al.2004; Liang et al.2002]提出幾篇關於人臉 NPR 描繪研究。如圖 2.1 中，其共同的基本概念都是先透過特徵點定位與搜尋 (Feature Point Position and Search)，利用主動表現模型 (AAM) 或主動形狀模型 (ASM) 的方法來搜索目標人臉影像中的特徵點，接著利用原先建立的繪圖影像資料庫來繪製臉部肖像。其他，在 [Chiang et al.2004] 也是提出利用 ASM 來搜尋臉部特徵點，其中並利用 Corner Detection 來改善其方法、加強臉部特徵點定位的精準度，接著利用所得到的特徵點建立出相對應網格 (Mesh)，接著根據資料庫中藝術作品的已先定義網格集合做 Image Warping，將作品之網格轉換到所搜尋出來的對應網格集合，產生一張具有目標人臉特色的藝術家作品，而利用此方法可以快速產生與原藝術家作品類似卻具有目標影像特徵的人臉肖像。

因此人臉特徵點的搜尋是相當基礎且必需的，但由於人臉特徵的複雜性，以及影像的多變性，目前仍然沒有一個通用的方法來搜索特徵點。因此在本論文則是利用使用者輸入，獲取較精確的特徵點作為繪製臉部肖像的基本資訊。

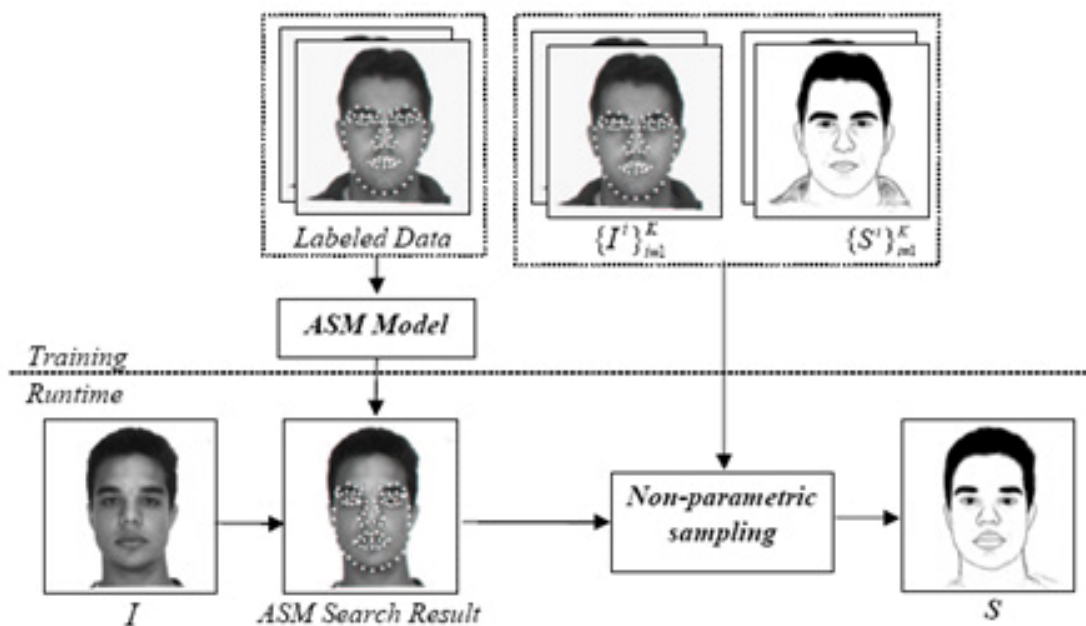


圖 2.1 臉部肖像生成架構圖

## 2.2 頭髮描繪技術

目前在真實頭髮模型上已有許多的相關研究，包括3D頭髮物理模型的建立、2D頭髮影像的編輯等等。而本論文所提出的頭髮描繪系統，我們簡單分成頭髮建模（Modeling）與繪製（Rendering）兩個步驟來討論。在頭髮建模階段，我們參考[Anjyo et al.1992; Koh and Huang 2001; Shin et al.2006]所用的頭髮模型，直接使用 spline 曲線來描述每一根頭髮髮絲（Wisp）。但是若要繪製出每一根髮絲是相當繁瑣的工作，因此在[Noble et al.2004; Mao et al.2004; Cote et al.2004]論文中，提出相似概念，透過使用者輸入決定頭髮生長的區域，並且將在這區域內自動產生髮絲，而在每個區域內其每根髮絲會具有相似寬度與髮線方向，用此方法來建立頭髮模型。另外，[Chen and Zhu 2005]提出一個有效的方法能夠自動分析出輸入頭髮髮線的路徑與方向，用以產生簡單的頭髮描繪（Sketching Image），如圖 2.2。而在繪製階段，在[Cote et al.2004; Shin et al.2006]的系統中，描述如何產生漫畫中繪製頭髮時的 Highlight 效果。在我們所提出的系統中，是使用了自己所模擬的筆刷模型來做頭髮描繪，以求達到我們所想要的頭髮繪製效果。

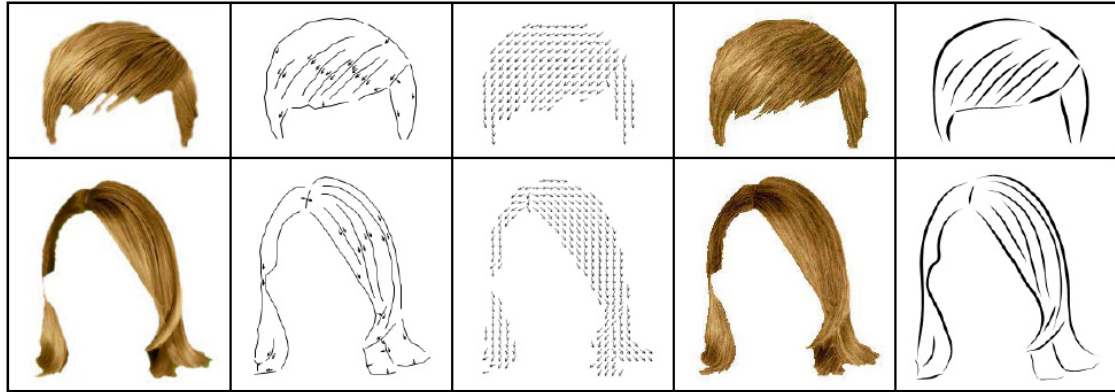


圖 2.2 頭髮髮線自動分析與描繪

### 2.3 影線描繪技術

畫影線 (Hatching) 的藝術效果研究上已有相當長的時間了。早期 Georges A. Winkenbach 等人對電腦模擬鋼筆畫有不少的研究 [18, 19]，其中對於色調 (Tone) 與材質 (Texture) 有許多基本的描述，透過線條的疏密、粗細、交叉繪製所產生的材質來表達影像中所要呈現的色調。而後 Michael P. Salisbury 等人也有許多關於畫影線的研究 [20, 21]，如圖 2.3 中，其研究針對影像式硬鋼筆描繪 (Image-Based Pen-and-Ink Illustration) 做了相當多的說明，就以輸入與輸出的角度來看，其方法與本文的影線描繪系統有很大的關連性。而後 [Sousa and Buchanan 1999; Praun et al. 2001; Webb et al. 2001] 將影線描繪的效果搬到 3D 模型上來做描繪，其主要方法是利用先前方法事先產生一系列的色調材質 (Tone Texture)，接著在顯像階段將對應的材質貼到 3D 模型。本論文所提出的系統與上述論文有所不同的地方是除了針對平行線條的疏密、交錯描繪外，我們還利用本文系統所提出的筆刷模型來細緻化每一條線條，透過參數設定讓線條能夠看起來更像手工繪製更具藝術效果。

在本文系統則是希望透過模擬漫畫家在這三個部分風格的技術，最後合併其結果，期望將真實人臉影像轉換成井上雄彥畫風的人物肖像。





圖 2.3 不同影線描繪結果



# CHAPTER 3 漫畫藝術繪畫

## 3.1 背景概述

漫畫以藝術形式的發展在世界各地出現已經有上千年的歷史，而現代漫畫從正式出現到當今有百餘年的時間，而其真正風靡全球、透過大眾傳播來發揚光大是在近 50 年間。現代漫畫，畫風精緻寫實，內容寬泛，風格各異，運用分鏡式手法來表達一個完整故事的多幅繪畫作品。其中內容不可缺乏的就是對角色的刻劃，運用特有的筆觸、線條來表現角色所呈現的造型，更進一步能夠表達出角色的個性與情緒，讓人物角色的呈現更為生動。漫畫家對於人物角色的刻畫描繪是漫畫最核心的價值部分，線條的勾勒可以表現出角色的神韻、特色、情緒等，都可以透過漫畫家的畫風來表現。不同的漫畫家的畫風所表現的角色個性也會有相當大的差異，如圖 3.1，寫實的畫風與寫意的畫風所使用的線條筆觸就不一樣，寫實畫風比較會使用較細膩、精緻繁複的線條來表現，而反之寫意的畫風會利用比較單純、乾淨簡練的線條來做呈現。其實線條的勾勒往往也會表達出漫畫家所要呈現的漫畫人物特質，像是圖 3.1(a)精緻的線條表現出女生的堅強堅定，而圖 3.1(b)簡練的線條表達人物的單純、天真。

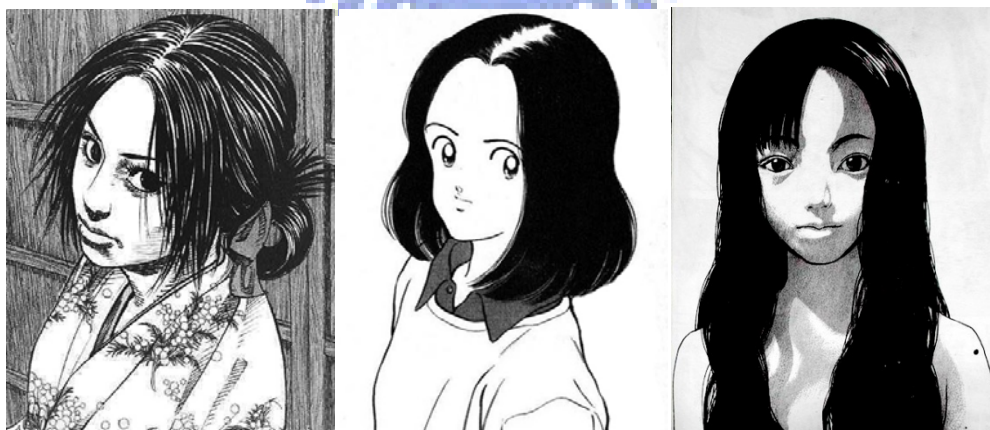


圖 3.1 不同畫風所呈現的出的角色特性

(a)細膩的線條 (b)簡練的線條 (c)介於兩者風格之間



現代漫畫家過去大部分因受限於印刷技術關係，都是選擇沾水筆來勾勒線條，其中又以G筆尖最被漫畫家所喜愛，因為其筆尖具有相當大的彈性，輕壓就能畫出較細的線條，而用力則會有粗線條的效果，漫畫家能夠隨心所欲掌控線條的變化，使畫面更具有生命力與立體感。而後漫畫家的作畫元素越來越多變，也都不會限制於特定的作畫工具，例如使用毛筆、麥克筆等等。在陰影的描繪上，漫畫家也最普遍的方式是使用網點，而網點就是使用不同疏密大量的點作為色調的呈現，點越密集色調越深，反之越疏離色調越淺。

要模擬各種漫畫家畫風其實是一件相當困難的問題。因此在本論文當中，我們將針對特定漫畫家風格，模擬其繪圖手法、線條筆觸與構圖方式。

### 3.2 風格化繪畫程序

在這節部分，我們描述在繪製人物肖像漫畫的過程。在這我們以日本知名漫畫家井上雄彥的畫風做為參考。其中包括模擬他所使用的畫筆、構圖、以及手法呈現。



圖 3.2 井上雄彥繪畫流程圖

圖 3.2 中，描述了井上雄彥的繪畫流程，首先會先利用鉛筆打草稿，繪製人臉基本架構與髮型草圖；接著根據草圖為臉部輪廓與頭髮上墨水線條，通常墨線會比草圖來的細緻，透過粗細變化表現立體感，而畫家也常因描繪不同部位使用不同的筆觸來作畫；最後，為了讓畫面看起來更細膩，以及表現陰影的明暗變化，畫家會使用素描中畫影線（Hatching）技巧，透過重疊交錯的線條，作細部的影

線描繪與色調呈現，豐富了畫面的表現。因此我們參考這樣的繪製過程，將人物描繪分為三個部分來做處理，分別是臉部輪廓的勾勒、頭髮的繪製、以及陰影的明暗表現。

日本流行的漫畫風格，尤其是少女漫畫，通常是以白色調為主，其勾勒人物的線條是重點，不以填充畫面為目的，不重視顏色深淺。而與之相反的正是井上雄彥畫風特點，如圖 3.3，其以黑色調為主色調，填充畫面、強調明暗的對比、顏色深淺分明，使畫面看起來更為突出。而人物五官、輪廓、陰影分佈上較屬於寫實派的畫風。而井上雄彥在這些作畫流程當中，全程是以圭筆來作畫。用其來控制線條粗細比起傳統的沾水筆更具有變化，而其作畫習慣也都是採用全墨（Full-Ink）來勾勒線條，因此沒有墨色漸變淡、或乾刷的效果。繪圖細節部分如圖 3.4(a)在繪製影線時，常使用較細短、高密度平行線來作陰影明暗對比的描繪。圖 3.4(b)中，不難看出扣除影線對於眼睛部分的描繪，是使用單一具有粗細變化的線條來勾勒輪廓。圖 3.4(c)中，使用較粗的規筆，針對頭髮髮順方向一一描繪出每一根髮絲，其中也有畫出 Highlight 的效果。



圖 3.3 井上雄彥作品

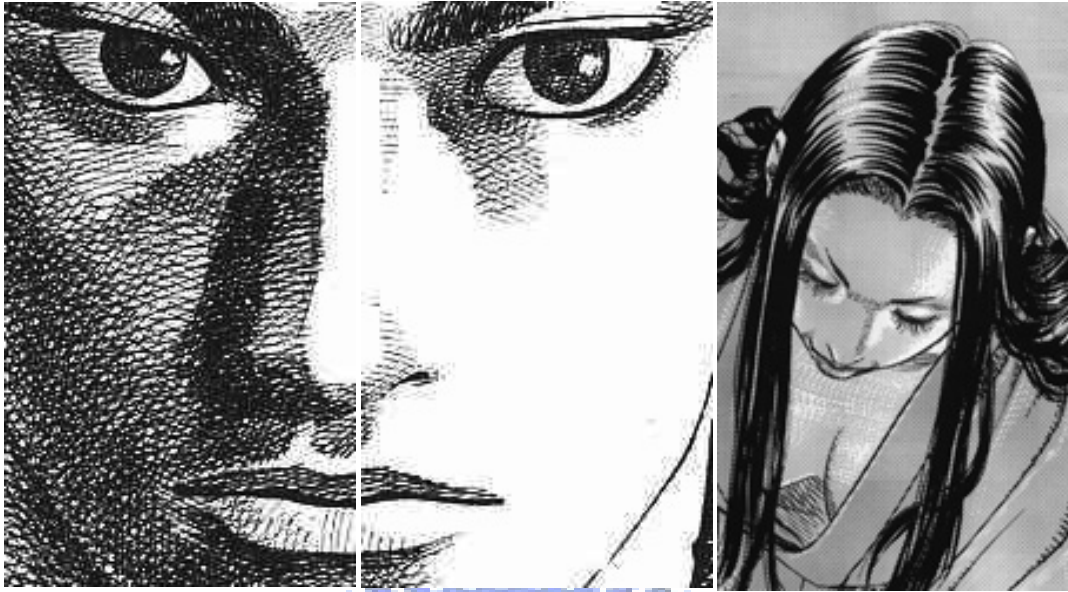


圖 3.4 井上雄彥繪圖細節 (a)影線的繪製 (b) 輪廓的勾勒 (c)髮絲的描繪



# CHAPTER 4 人臉肖像生成

在本章當中，我們將描述如何模擬井上雄彥使用墨筆勾勒，包括臉部輪廓與頭髮線條的描繪。首先介紹我們所提出的筆刷模型，接著說明基於此筆刷模型的人臉肖像繪圖。圖 4.1 中，為我們所提出的人臉肖像繪製流程圖。開始，我們將輸入的人臉影像分成兩個物件，頭髮與臉部，接著透過使用者輸入臉部的特徵點 (Feature Point) 與頭髮骨架 (Hair Skeleton) 後，系統會根據此資訊分別產生具有井上雄彥風格的勾勒影像 (Sketching Image)。

而本章的架構中，我們在 4.1 節中，會介紹我們所模擬的筆刷模型：圭筆。接著我們分別在 4.2 節和 4.3 節描述筆刷在臉部和頭髮的繪圖演算法，其中包括使用者輸入和參數設定的部分。在 4.2 節中，我們將透過臉部特徵點，定義臉部各元件的線條參數，並把結果合併產生臉部的描繪；在 4.3 節中，我們根據使用者輸入的頭髮骨架和其定義的光源資訊，產生具有 Highlight 效果的頭髮描繪。最後將此兩部分做結合，產生一張漫畫人臉的勾勒影像。

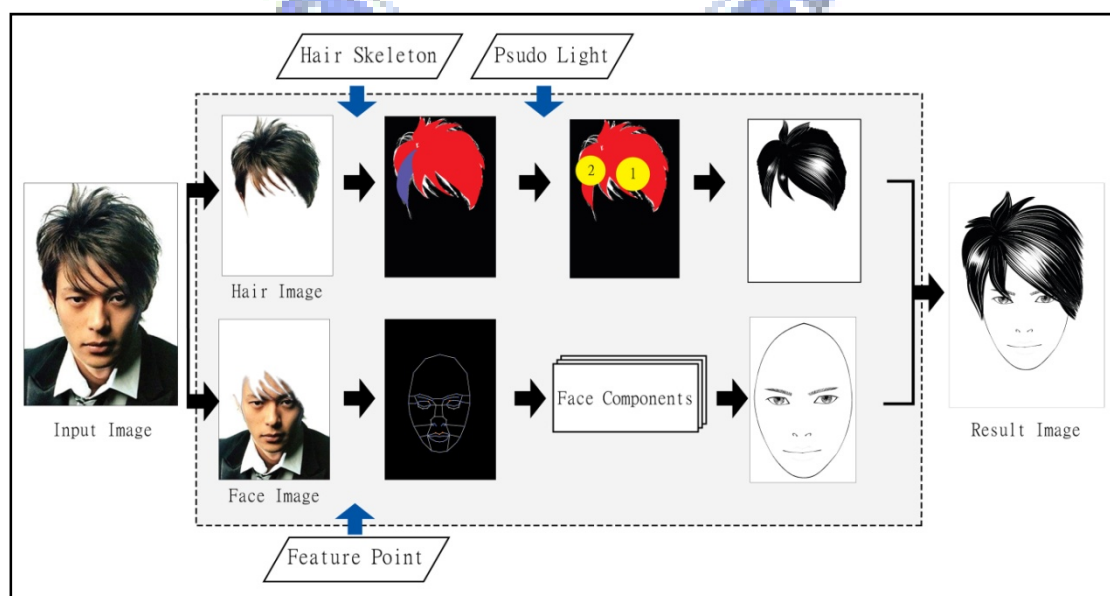


圖 4.1 人臉肖像生成流程圖



## 4.1 筆刷模型: 圭筆

在傳統漫畫製作中，漫畫家習慣全程以沾水筆與網點來創作，而井上雄彥則打破傳統，偏愛用圭筆來作線條勾勒，豐富的線條變化可畫出飽滿的氣勢卻又不失細膩的筆觸，而本節即是描述如何模擬圭筆的筆觸。圭筆可作為最細的毛筆，通常使用在較細緻的線條上，可用來勾勒出完滿的結構線，作為完稿之用。而圭筆在使用上也具有毛筆特性，會根據使用者筆觸壓力大小的改變控制線條粗細；而圭筆沾墨後畫在漫畫完稿紙上，墨水並不會因而擴散渲染；加上井上雄彥習慣以全墨（Full-Ink）繪製線條，所以墨色沒有漸淡或乾筆刷的效果。基於以上特性，所勾勒出來的線條是相當明確且粗細富變化。

在這我們的方法是參考[Weng 1999; Ho 2005]所提出的筆刷模型。在只考慮線條寬度變化特性上建立筆刷模型。如圖 4.2，我們使用了連續的平面圓形來模擬圭筆尖頭與漫畫完稿紙的接觸區域，當作運筆的軌跡。接著我們根據畫家在勾勒線條時，通常在線條轉彎弧度較大處會畫出較粗的線條，反之較細的這種特性，來描述勾勒線條時筆觸壓力所造成粗細變化公式，在線條中每個接觸圓半徑會隨著連續點的切線變化量做改變。

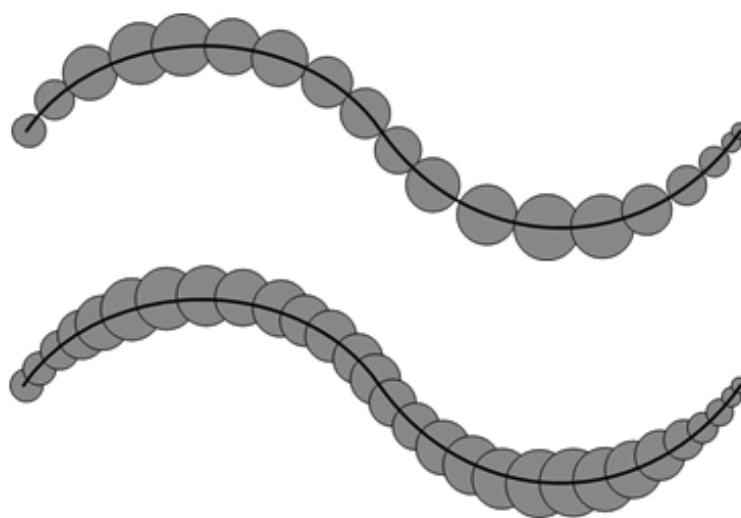


圖 4.2 連續圓形模擬運筆軌跡 (a)較稀疏的接觸圓 (b)較密集

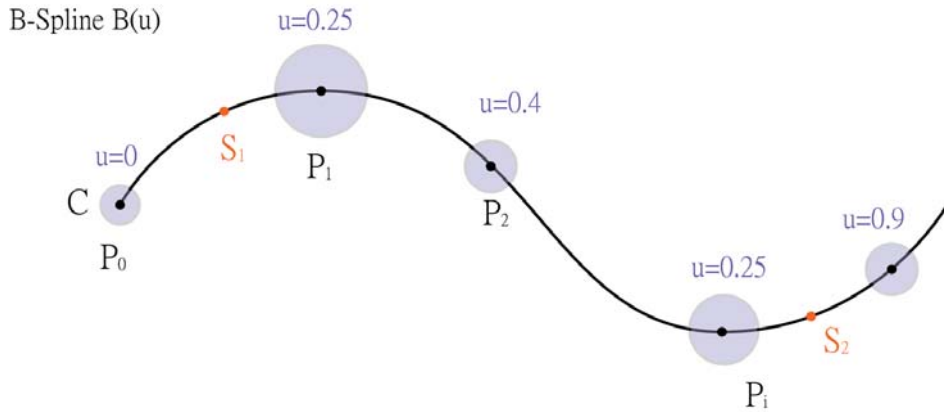


圖 4.3 運筆的接觸圓半徑變化

在圖 4.3 中，我們使用 B-Spline 曲線來描述線條勾勒軌跡。主要是使用一組控制點  $P_0 P_1 P_2 \dots P_i$  來表示曲線  $B(u)$ ，接著我們需要計算在曲線上每一點所要置放的接觸圓  $C$  位置與半徑  $R$ ，其中  $P_i$  代表  $B(u)$  在  $u = u_i$  時的位置，且  $u$  介於 0 到 1 之間。另外為了增加線條的控制，我們分別定義  $S_1$  和  $S_2$  用來改變線條起始與尾端的粗細變化。因此總結我們共定義  $base$ ,  $start$ ,  $end$ ,  $K$ ,  $S_1$  和  $S_2$  等參數，來控制線條  $B(u)$  上每個接觸圓的半徑變化，簡單得到我們最後所想要的線條。其計算接觸圓半徑公式如下：

$$r_i = \begin{cases} start + \left( base + \frac{K\theta}{m} - start \right) * \sin\left(\frac{u}{S_1} * \frac{\pi}{2}\right) & \text{if } S_1 < u_i \\ base + \frac{K\theta}{m} & \text{if } S_1 \leq u_i \leq S_2 \\ end + \left( base + \frac{K\theta}{m} - end \right) * \sin\left(\frac{1-u}{1-S_2} * \frac{\pi}{2}\right) & \text{if } u_i < S_2 \end{cases} \quad (\text{Eq. 4.1})$$

其中

1.  $r_i$ : 在  $P_i$  點上的接觸圓  $C$  的半徑。
2.  $base$ : 接觸圓  $C$  的最小半徑。表示線條弧度變化最小的地方。
3.  $start$ : 線條的起始半徑大小。表示開始畫線條的壓力大小。
4.  $end$ : 線條的尾端半徑大小。表示最後畫線條的壓力大小。
5.  $\theta$ : 表示該點的切線與鄰近點切線的夾角，如圖 4.4。
6.  $K$ : 用來調整  $\theta$  的變化。表示線條的變化程度。
7.  $m$ : 在夾角  $\theta$  兩點的距離變化值。

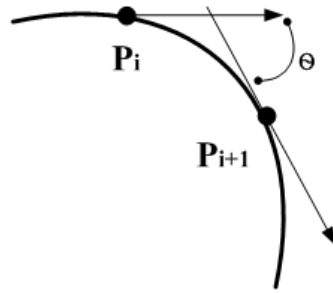


圖 4.4  $\theta$  示意圖

我們修改[Ho 2005]中所定義的筆刷模型公式得到 Eq. 4.1，當  $u$  介於  $S_1$  與  $S_2$  之間，其半徑的變化完全依照線條弧度變化量做改變；另外當  $u$  分別落在  $0$  到  $S_1$  與  $S_2$  到  $1$  之間時，我們將其半徑變化做一個二次方的內插，讓線條在起始與尾端的半徑變化看起來更加平順。在圖 4.5 中，列出幾條不同參數控制的線條範例。

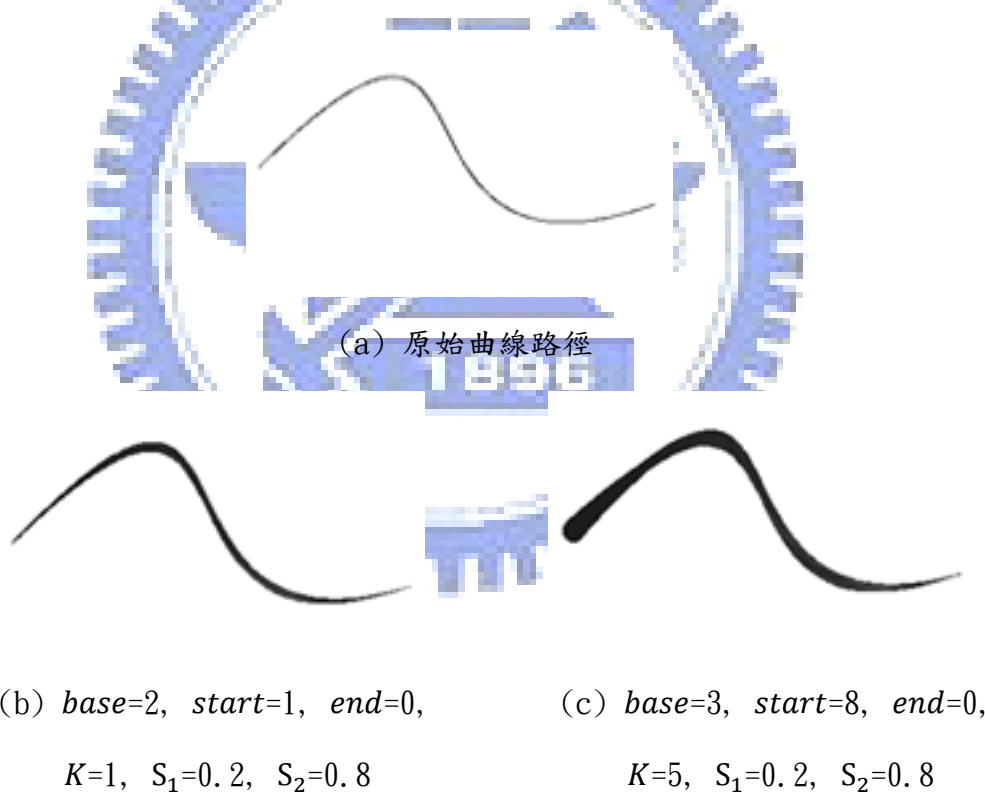


圖 4.5 線條範例

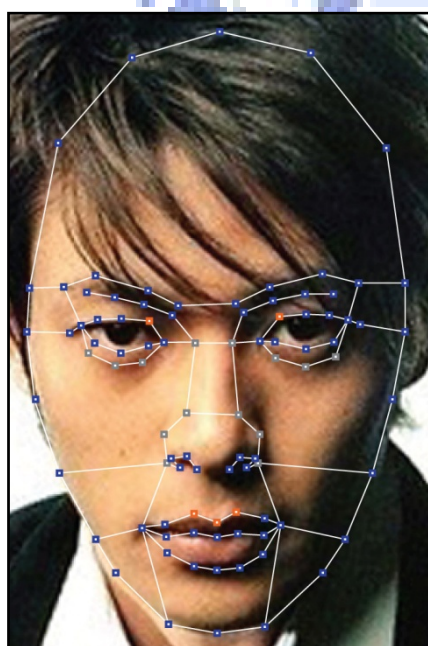
總結，我們可以透過簡單的幾個參數  $base, start, end, K$  的設定來控制線條變化，方便用於不同元件的勾勒，作為創造漫畫藝術作品的基本工具。

## 4.2 臉部肖像描繪系統

本節主要說明如何勾勒臉部各元件的線條。人臉五官的繪製佔了相當重要的地位，每根線條的勾勒往往影響最後呈現的美觀與否。以下我們說明如何根據特徵點與線條參數的設定來表現臉部描繪。

### 4.2.1 使用者輸入臉部特徵點

漫畫家在畫人物肖像前，通常會先用鉛筆打草稿，將臉部和頭髮髮線的特徵作大致上描繪，目的是將臉部各元件的特徵和分佈位置做基本設定。而本系統在實作上，我們參考[Chiang et al.2004]中所定義的臉部特徵點，作為我們線條勾勒的依據，由於井上雄彥的畫風較屬於寫實派的，因此我們這裡不需要更動特徵點位置來做誇張化效果。在這通常我們常用主動發現模型(Active Appearance Model, AAM)技術或主動形狀模型(Active Shape Model, ASM)來搜尋臉部特徵點，但由於人臉特徵的複雜性，及影像的多變性，目前仍然沒有一個通用的方法來搜索特徵點。所以本系統我們透過手動輸入臉部影像的特徵點，當作我們臉部輪廓勾勒的資訊。在圖 4.6 中，我們定義了符合輸入照片的臉部特徵點。



臉部元件	特徵點數量
臉部輪廓	20
左眼	14
右眼	14
鼻子	8
左眉毛	8
右眉毛	8
上嘴唇	12
下嘴唇	12

圖 4.6 特徵點分佈 (a)本系統所定義臉部特徵點 (b)各元件特徵點數



#### 4.2.2 各元件線條參數的設定

在定義完特徵點後，我們利用這些特徵點在臉部各元件的對應關係，定義出所想要繪製的線條，並且在臉部各元件上設定不同對應的線條參數。首先我們根據井上雄彥在臉部線條描繪找出與特徵點的對應關係，並且針對每個線條軌跡作參數的設定，包括  $base$ ,  $start$ ,  $end$ ,  $K$ 。最後可產生臉部各元件的線條勾勒結果，接著把各元件合併後作為臉部描繪結果。以下我們說明各元件特徵點與繪製線條的對應關係，並給予參數設定。

##### ◆ 眉毛元件

在眉毛元件中包含 8 個特徵點。如圖 4.7 中，我們定義兩條參考線（紅線），接著在各參考線上取固定量的亂數點，並將之一一對應來繪製密集的曲線軌跡（藍色），並且根據之前定義的筆刷模型來作眉毛線條的描繪，其結果如圖 4.7(b)。

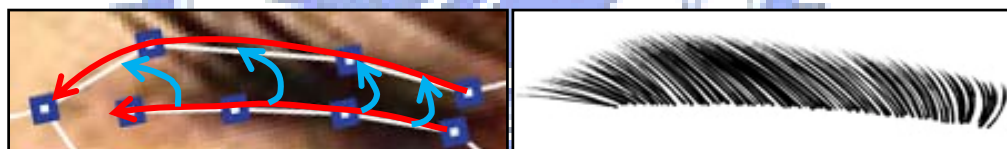


圖 4.7 眉毛元件 (a)紅線:參考線 (b)眉毛元件描繪結果

##### ◆ 眼睛元件

在眼睛元件中包含 14 個特徵點。如圖 4.8 中，類似眉毛元件的描述，我們分別在眼睛輪廓上定義了上眼瞼、下眼瞼與眼皮的線條。而在眼球部分，我們發現井上雄彥對於人物眼睛瞳孔部分的描繪都相當雷同，因此我們利用筆刷模型來繪製幾組眼球模型，並存於系統資料庫中，如此一來我們只需設定眼球位置與半徑，即可畫出眼球物件。

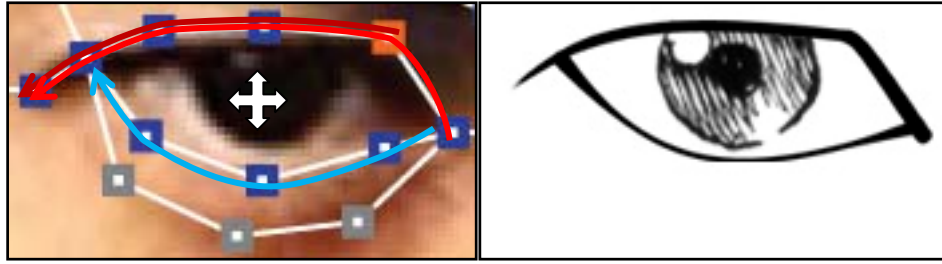


圖 4.8 眼睛元件 上眼瞼  $base=30, start=40, end=0, K=5$

下眼瞼  $base=10, start=20, end=20, K=10$

◆ 鼻子元件

在鼻子元件中包含 8 個特徵點。如圖 4.9 中，我們只定義兩條左右對稱的線條。由於漫畫家在畫鼻子時，通常喜歡用陰影的明暗變化來呈現鼻子的形狀，因此在這我們只需畫出鼻孔的線條。

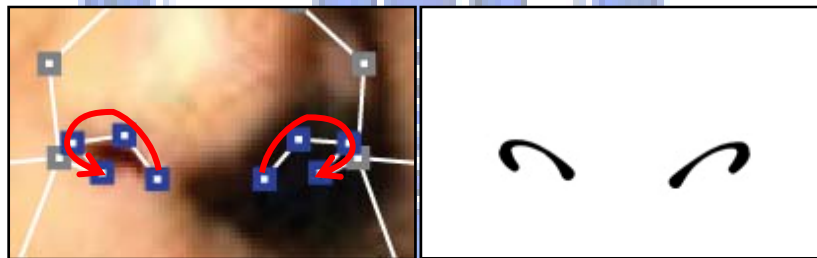


圖 4.9 鼻子元件  $base=2, start=5, end=2, K=2$

◆ 嘴唇元件

在嘴唇元件中有兩個子元件，上嘴唇與下嘴唇，分別包含各 12 個特徵點。如圖 4.10 中，分別定義了各兩條線條來描繪上、下嘴唇。通常漫畫家在勾勒嘴唇時，只會輕輕地勾勒嘴唇的外圍輪廓，另外習慣將中間唇縫用較明顯的線條呈現，因此我們利用這樣特性來設定線條參數。

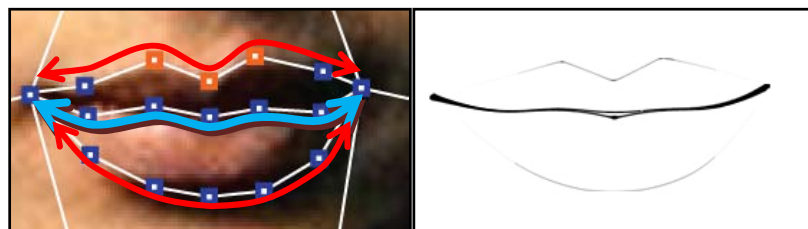


圖 4.10 嘴唇部分 唇縫線  $base=5, start=10, end=10, K=5$

輪廓線  $base=3, start=0, end=0, K=1$

◆ 臉部輪廓元件

在臉部輪廓元件中包含了 20 個特徵點。如圖 4.11 中，我們定義三條線段來描述，分別是兩側臉頰和下巴的描繪。

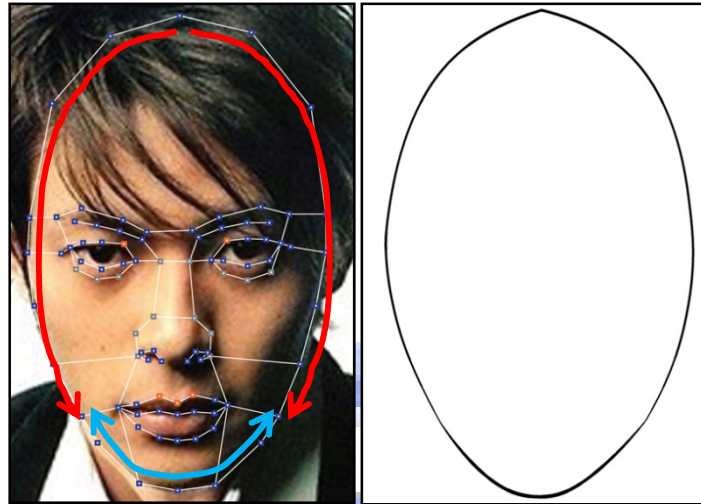


圖 4.11 臉部輪廓 兩側線條  $base=8$ ,  $start=10$ ,  $end=5$ ,  $K=15$

下巴線條  $base=10$ ,  $start=5$ ,  $end=5$ ,  $K=15$

最後把臉部各元件合併，即完成了臉部勾勒，如圖 4.12。

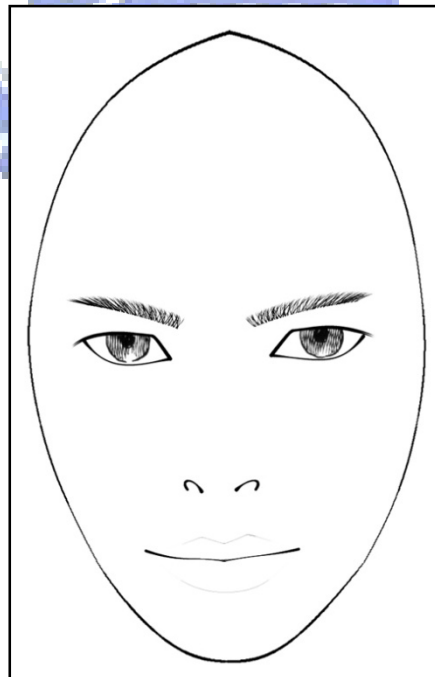


圖 4.12 臉部勾勒完成圖

### 4.3 頭髮描繪系統

本節我們說明如何產生具有漫畫風格的頭髮線條。在漫畫中，髮型的描繪常會是表達人物重要的元素之一，因此我們需有一個好方法來模擬井上雄彥所繪製頭髮的特色。在井上雄彥畫風中，習慣細膩地描繪每根髮絲的線條，並且也會畫出頭髮的 Highlight 效果。有鑒於此繁雜描繪的動作，我們提出一個互動式的頭髮繪製系統。使用者可以透過簡單的輸入頭髮骨架(Hair Skeleton)與光源資訊，系統可以自動繪製出井上雄彥風格的頭髮描繪。其生成步驟順序為，根據髮順方向輸入頭髮骨架、輸入虛擬光源，最後由系統自動描繪。

#### 4.3.1 輸入頭髮骨架

首先我們根據頭髮影像，在頭髮生長區域與髮順方向輸入輪廓線與髮線，當作頭髮骨架的資訊來繪製頭髮。如圖 4.13 中，我們輸入少許 B-Spline 曲線(紅線)來描述髮型的形狀 (Shape) 和方向 (Orientation)，如此一來即可以決定一塊頭髮曲面 (Patch) 的繪製，接著系統會在兩條曲線間，線性內插產生定量的髮線軌跡 (藍線)。而不同的頭髮影像，就會定義出不同的頭髮結構。

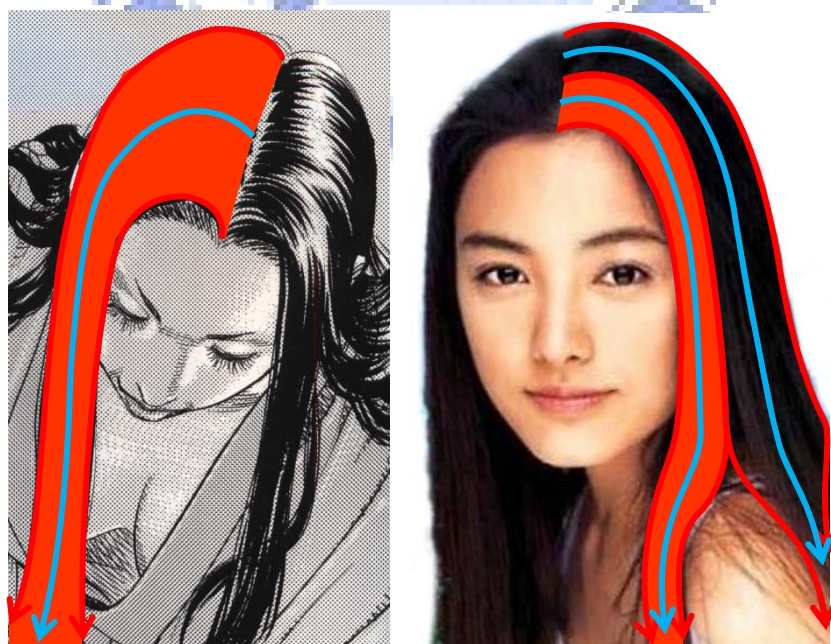


圖 4.13 不同的頭髮結構 (紅線)使用者輸入 (藍線)自動內插髮線軌跡

決定好每根髮線路徑後，接著我們會給予每條路徑做些許擾動。這是因為要頭髮髮絲的生長路徑並不是有規律、排列整齊的狀況，所以一般來講我們會將線性內插出來的軌跡做擾動，而又考慮到髮絲可能會受到一些物理因素影響，例如風吹動頭髮，因此我們在髮根部分做較小的擾動，而髮尾端部分做較大擾動，以求可以產生較自然的頭髮繪製。

#### 4.3.2 輸入光源

接著我們為了能讓頭髮產生具有 Highlight 效果的描繪，我們必須要有光源的資訊，在此我們提供一個簡單的點光源使用者輸入介面，能夠快速設定影像中光源的參數。而演算法部分我們是針對之前所建立的每根髮絲來對應單個或多個點光源做計算。一般而言，漫畫家常用不規則羽狀來描繪頭髮 Highlight 的效果，而在光源影響範圍內的髮絲會較細，反之則會較粗。因此根據上述特性，系統事先定義三種光源參數，讓使用者可透過圖形輸入介面，簡單地設定光源位置與強度範圍，其參數及意義如下。

1. *Position*: 光源在影像上的位置，指定燈光在全局空間中的位置。
2. *Range*: 光源影響距離，燈光在該距離之外沒有作用。
3. *Highlight*: 光源影響距離，燈光在該距離之內具 Highlight 效果。

如圖 4.14(a)中，我們先前建立了許多根髮絲軌跡，並且設定了光源的參數資訊，藍色區域代表光源的影響範圍，而中間紅色區域代表 Highlight 效果的範圍。而圖 4.14(b)中，顯示了一塊頭髮曲面 (Patch) 在未受光源影響下的描繪結果，因此也不會具有 Highlight 效果。而圖 4.15(a)中顯示一塊頭髮曲面受到光源影響下所產生的 Highlight 效果。



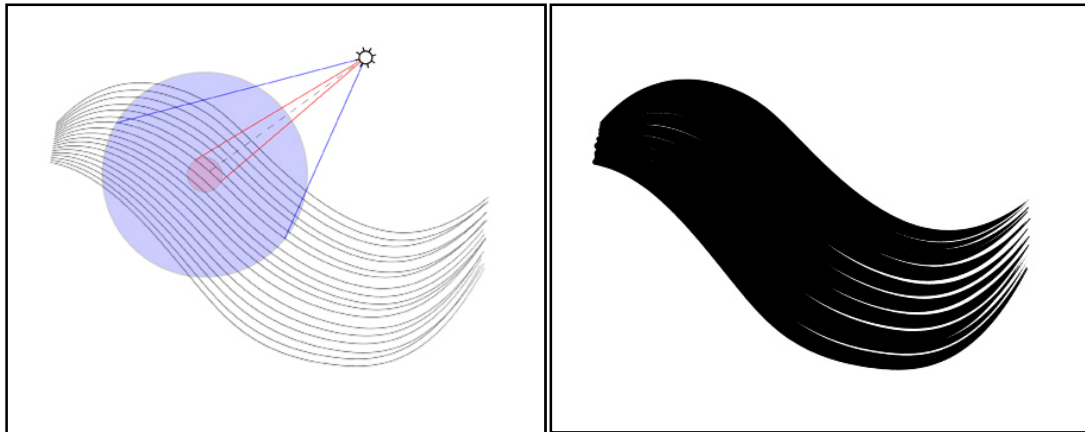


圖 4.14 光源與髮絲對應關係 (a)光源與每根髮絲路徑的關係

(b)在未受光源影響下的頭髮描繪結果

由於髮絲和光源的定義都是在二維平面上，且光源是使用圓形區域當作光源影響範圍，因此會造成高光區域太整齊的描繪效果，所以我們針對光源的影響範圍做一些擾動，如圖 4.15，在做完擾動後，會產生較自然手繪效果。

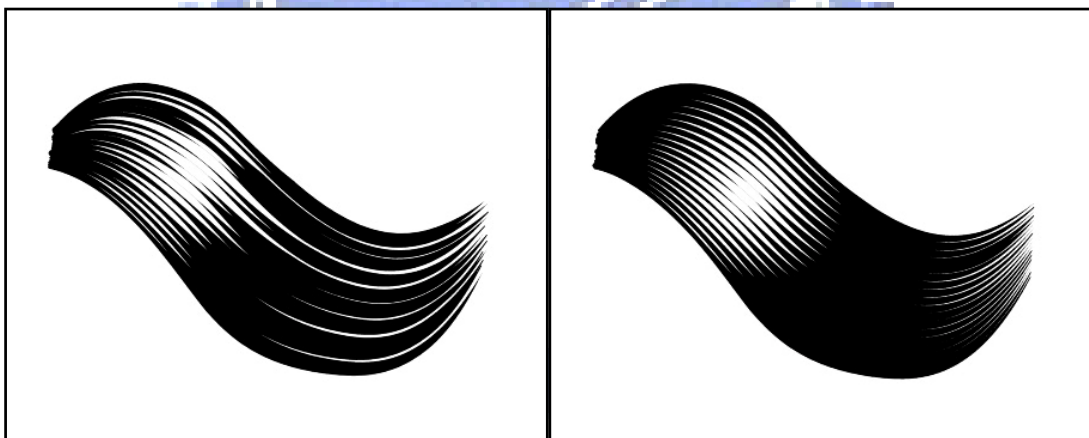


圖 4.15 對光源影響範圍做擾動 (a)擾動後 (b)未擾動

### 4.3.3 頭髮描繪過程

完成前面的使用者輸入後，接著說明主要繪製頭髮的演算法。主要概念是經由計算光源對於在每根髮絲軌跡上的連續接觸圓半徑變化，當光源離髮絲越靠近時，其接觸圓就會越小，反之離光源越遠接觸圓就越大。如未設定光源或超出光源影響範圍時，其髮絲將維持原有線條寬度，如圖 4.16。

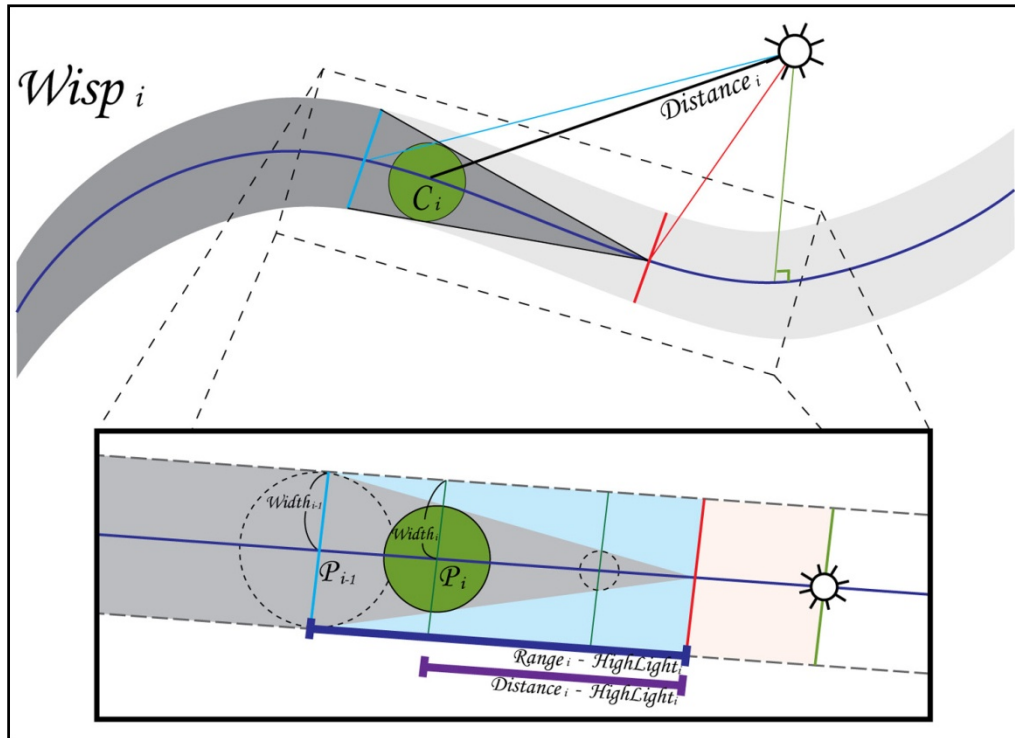


圖 4.16 髮絲與光源關係圖

在這我們使用本系統的筆刷模型，並且針對髮絲與光源的關係來重新定義髮絲路徑上接觸圓 $C_i$ 的半徑 $R_i$ 。其定義公式如下：

$$R_i = \text{Width}_i * \prod_{i=0}^n \left( \frac{\text{Distance}_i - \text{HighLight}_i}{\text{Range}_i - \text{HighLight}_i} \right) \quad (\text{Eq. 4.2})$$

Eq. 4.2 裡我們主要是計算光源對接觸圓 $C_i$ 的影響係數 $\left( \frac{\text{Distance}_i - \text{HighLight}_i}{\text{Range}_i - \text{HighLight}_i} \right)$ ，其中 $\text{Width}_i$ 為髮線的原始寬度， $\text{Distance}_i$ 是光源與接觸圓圓心 $P_i$ 的距離，以及光源參數 $\text{Distance}_i$ 與 $\text{HighLight}_i$ 。當 $P_i$ 與光源中心距離超過光源所影響範圍的話，則保持原來髮絲寬度。若距離小於 $\text{HighLight}$ 範圍內，則表示不需要繪製路徑上此接觸圓 $C_i$ 。若介於兩者之間的半徑變化則使用內插法計算其接觸圓半徑。依此類推可針頭髮曲面上的每根髮絲做相同描繪，即可得到具有 $\text{HighLight}$ 效果的頭髮繪製。如圖 4.17 中，呈現風格化的頭髮繪製效果。



圖 4.17 頭髮繪製完成圖 (a)女生髮型 (b)男生髮型





# CHAPTER 5 影線描繪

本章我們將說明如何模擬井上雄彥在繪製陰影明暗時的表現技法。首先，我們在 5.1 節中介紹我們的影線描繪系統。而 5.2 節中，說明如何利用平行交錯的墨筆線條所產生的影線材質 (Hatching Texture) 來呈現對應目標影像裡的色調 (Tone)。在 5.3 節中，則介紹影線描繪過程中所需參數屬性，例如目標影像的色調分佈、繪製影線的範圍、平行影線的方向。最後 5.4 節中，提出我們影線描繪系統所產生的結果。

## 5.1 影線描繪系統概述

影線描繪 (Hatching) 主要概念類似於鉛筆素描的技法，使用大量近似平行的墨筆線條，透過線條的疏密、粗細，來表現影像的明暗變化和對比程度。若線條越粗、密度越高，則呈現影像色調就越暗，反之，則越亮。若再將平行線以不同方向重疊繪製，則可以加深影像色調、增加其對比效果，用以表現墨筆線條的繪畫風格。

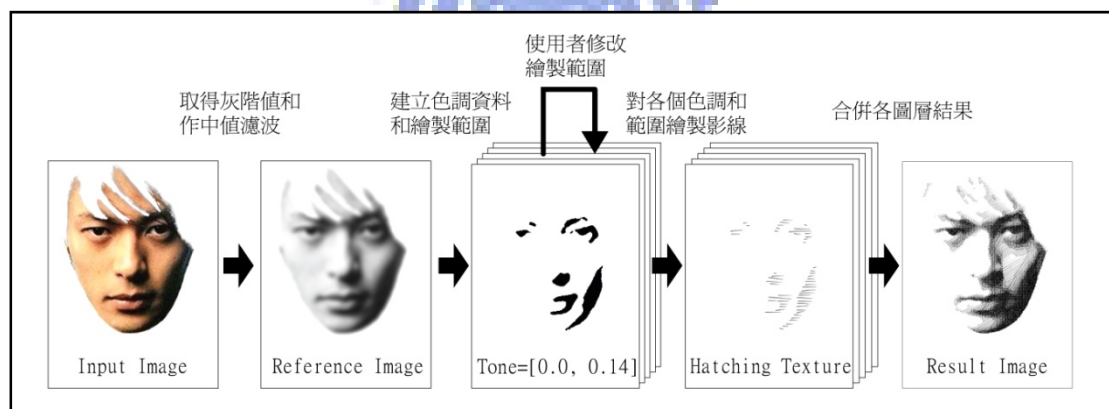


圖 5.1 影線描繪系統架構圖

本文所提出的影線描繪系統主要是根據井上雄彥畫風中明暗對比的呈現來建立模擬系統。圖 5.1 中為我們所提出的影線描繪系統架構圖。首先，我們將輸入影像做些影像處理後，並取其影像強度 (Image Intensity) 作為我們影線描繪系統的參考影像 (Reference Image)。接著將影像強度作分割至每一個圖層中，作為目標影像的色調分佈範圍，而系統我們也提供簡單方法可以修改色調分佈範圍，來滿足使用者所欲得到的影線效果。在得到前面的色調資訊和繪製範圍等資訊後，進入繪製影線階段，此處由於井上雄彥在陰影的表現上，他對線條的繪製是非常細緻的，每條墨線的繪製也具有粗細變化，這跟以往過去的影線描繪系統使用固定線條粗細有所不同；而線條間距也幾乎是同等距離。因此根據上述特色，我們定義每條墨線的粗細變化及線條方向。最後，將系統在每個色調圖層所產生的影線描繪材質 (Hatching Texture) 做合併，得到影線描繪的結果。

## 5.2 影線描繪所需資訊

在進入繪製影線階段前，我們需要根據輸入影像得到一些繪圖的資訊，包括影像色調、繪製範圍、線條描繪方向與路徑。詳細說明如下：

### 5.2.1 參考影像

在系統開始，為了描繪正確影像的明暗、對比效果，我們取影像的灰階值當作該影像強度 (Image Intensity)，接著為得到具有較連續的強度分佈影像，我們使用中值濾波器 (Median Filter) 來中和影像，藉以去除一些影像中的雜訊，使強度分佈更為連續平滑。而在這影像強度即決定兩項繪圖重要的資訊，包括我們所欲產生的目標影像色調、以及影線描繪的範圍。而在井上雄彥的畫風中，我們習慣找具有高對比、明暗分佈鮮明的人臉影像當作輸入，當然也可以輸入後再對影像作些影像處理，以求達到我們所欲描繪效果。

### 5.2.2 影線繪製範圍

根據前述所建立的參考影像 (Reference Image)，系統將影像強度作分割至每個圖層，而每個圖層則包含了強度分佈範圍，而本系統即使用強度分佈範圍作為預設，當作影線描繪的範圍。其中若影線描繪範圍包含輪廓邊界，則系統會將描繪範圍依據輪廓線作分割，讓結果看起來更符合畫家的繪圖習慣。圖 5.2(a) 中，黑色區域為系統所欲描繪影線的區域，而圖 5.2(b) 中為描繪結果。而系統也提供使用者可依個人喜好修改描繪區域。

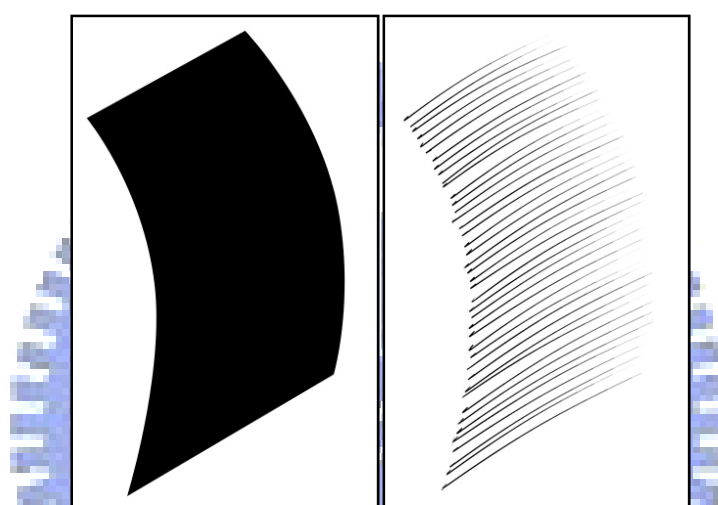


圖 5.2 繪製範圍 (a)影線繪製範圍 (b)影線描繪結果

### 5.2.3 影線繪製方向與路徑

井上雄彥在繪製臉部影線時，通常會用快速撇出些微具有弧度的平行線條，且習慣使用特定角度來畫交叉平行影線，交叉繪製線條可加強影像的明暗對比效果，而每層平行線影線之間的交錯方向夾角大約介於 30 到 45 度之間來做影線重疊繪製。通常基於筆觸的影線建構是不規則的，因此在繪製影線時會根據上述特性，讓線條具有些微弧度的變化，且將平行線間的距離做擾動，使之看起來更有手繪效果。

## 5.3 影線的繪製

### 5.3.1 單一線條的繪製

根據我們觀察井上雄彥在繪製影線時，習慣使用墨筆快速撇出每條影線，因此每條線的粗細變化都不一樣，通常這樣的畫法在線條開頭時會產生較粗筆觸，接著線條筆觸會快速變細，產生由粗到細的線條變化。根據上述性質，我們在本節使用本文所提出的筆刷模型來做繪製，並且透過修改筆刷模型的接觸圓半徑變化，來模擬井上雄彥手繪影線的效果。

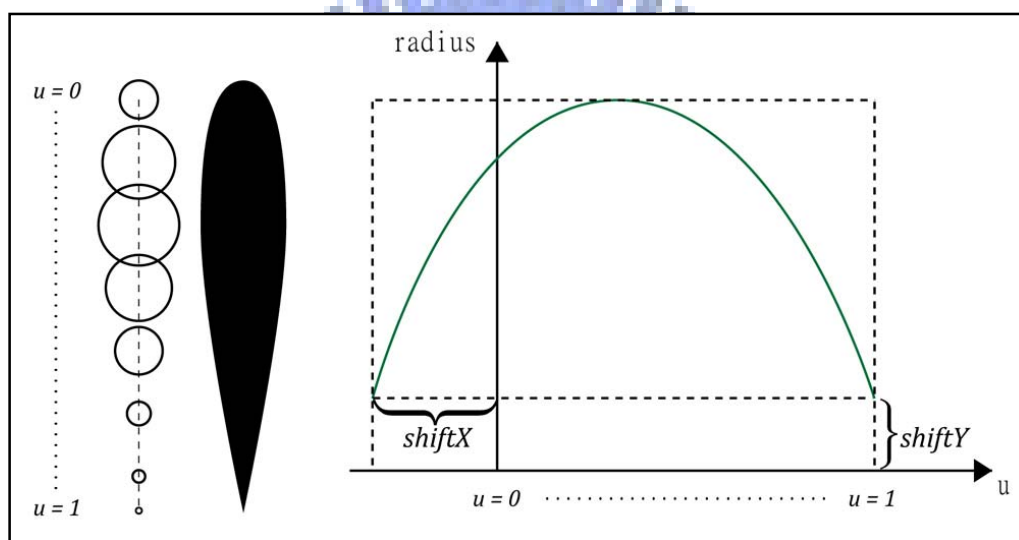


圖 5.3 決定接觸圓半徑 radius

$$\text{radius}_i = \text{width}_i * \left[ \sin \left( \frac{(u + \text{shift}X) \cdot \pi}{1 + \text{shift}X} \right) * (1 - \text{shift}Y) + \text{shift}Y \right] \quad (\text{Eq. 5.1})$$

如圖 5.3 中，我們根據 Eq. 5.1 使用 sine 函數的曲線變化決定影線線條粗細。其中  $u$ 、 $\text{shift}X$  和  $\text{shift}Y$  都是介於 0 和 1 之間的參數，而透過  $\text{shift}X$  與  $\text{shift}Y$  的參數讓 sine 函數曲線沿著 X 軸和 Y 軸做平移，藉此可調整線條的粗細變化程度。通常我們會給予  $\text{shift}X$  和  $\text{shift}Y$  做亂數的輸入，用來產生不同粗細變化的影線線條，達到不規則的手繪效果。

### 5.3.2 影線色調的繪製

定義單一影線線條後，我們在這節說明如何透過近似平行墨筆線條的繪製，產生與目標影像色調 (Tone) 相近的影線材質 (Hatching Texture)。通常可以透過線條粗細與分佈疏密關係來呈現影像色調感，在此我們參考[Winkenbach and Salesin 1994]中提出色調與影線材質的相對關係，若只以單一方向來繪製平行影線，我們可透過下列關係式來描述色調和平行線條：

$$t = 1 - \frac{width}{interval} \quad t: \text{tone value} \in [0: \text{黑}, 1: \text{白}] \quad (\text{Eq. 5.2})$$

其中 $t$ 為影線材質所呈現的色調亮度 (Tone Value)， $width$ 為線條最大寬度， $interval$ 為線條間距。另外，進一步延伸的影線描繪方式就是繪製交叉的平行影線線條 (Cross-Hatching)，透過數個不同方向的平行線影線重疊繪製，而所產生影線材質公式為：

$$T(n) = t^n \quad \text{for } n \geq 0 \quad T(n) \in [0: \text{黑}, 1: \text{白}] \quad (\text{Eq. 5.3})$$

$$T(0) = 1, T(1) = t \quad t \in [0: \text{黑}, 1: \text{白}]$$

其中 $T(n)$ 為做過 $n$ 次重疊影線繪製後所產生的色調亮度， $t$ 為繪製單一方向影線後的材質亮度。當 $n$ 越大時，其所生成色調就越暗，反之越亮。接著我們定義目標色調(Target Tone)的資訊，其資訊來自系統輸入的參考影像，包括亮度範圍 $T_{\min}$ 、 $T_{\max}$ 與平均亮度 $T_{\text{avg}}$ ，進而利用 Eq. 5.3 公式可以反推計算出目標色調所需影線重疊次數 $np$ 。如圖 5.4 為根據平均亮度為 0.35 的影像，做過 8 次影線重疊繪製後所產生的影線材質。

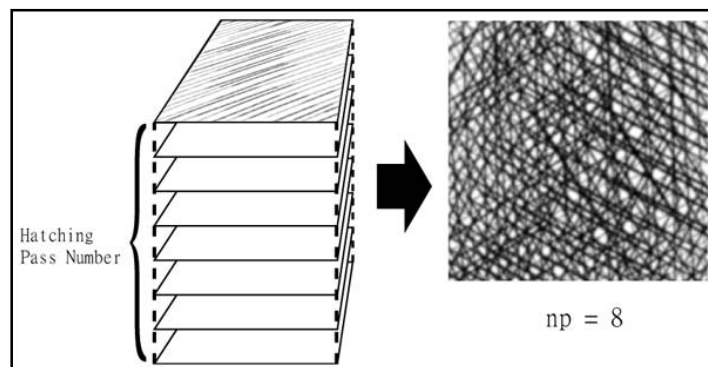


圖 5.4 重疊後所產生的影線材質

為了產生與目標影像相近的影線材質，我們會先定義線條的寬度 $width$ 和線條間隔 $interval$ ，建立一張單一方向、亮度為 $t$ 的影線材質，當作除了白色以外最淺的基本色調值。然後使用 Eq. 5.3 公式輸入目標色調的平均亮度 $T_{avg}$ ，並得到所需要重疊繪製次數  $np$ ，最後按照上述影線繪製資訊，可得到一張最接近目標影像色調的影線材質作為結果。如圖 5.5 中範例，我們將 0 到 1.0 的連續色調亮度分割成 7 張離散的色票，並定義筆畫寬度為 1 和平行線條間距為 3，所產生該色票所對應的影線材質。

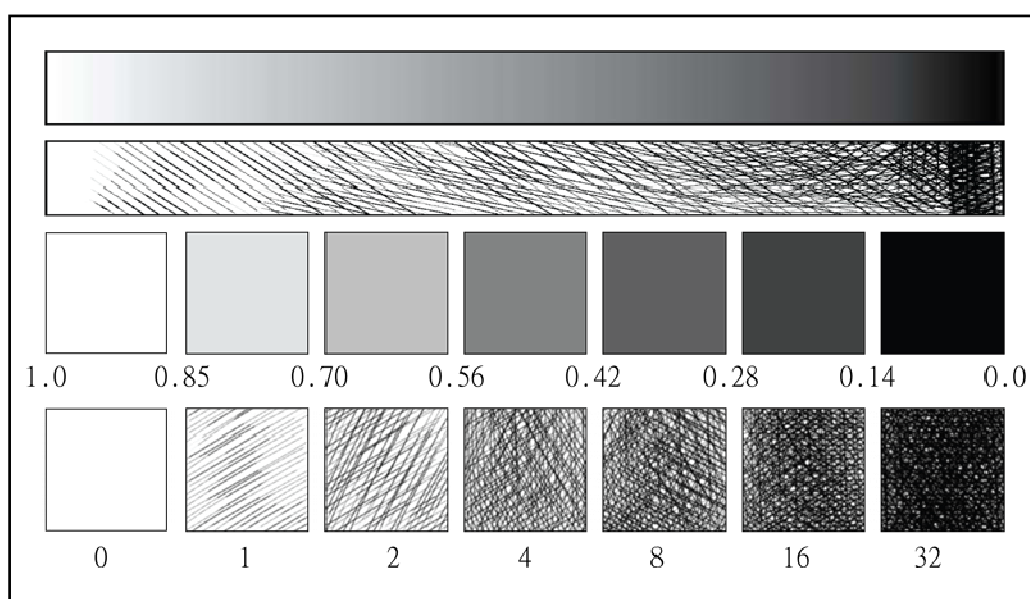


圖 5.5 色調與影線材質的關係

## 5.4 影線描繪結果

最後我們只要透過前述的參數設定並輸入目標影像，即可產生影線描繪的結果。由於上一章已經有臉部輪廓與頭髮區域的資訊，因此我們在此可以將目標影像減去頭髮區域，把臉部影像的部分作為影線描繪系統的輸入。圖 5.6 中，即是我們減去頭髮區域所輸入的影像，並且透過影像強度資訊分割至每個圖層，接著根據繪製範圍與色調資訊畫平行影線，最後產生影線描繪結果。



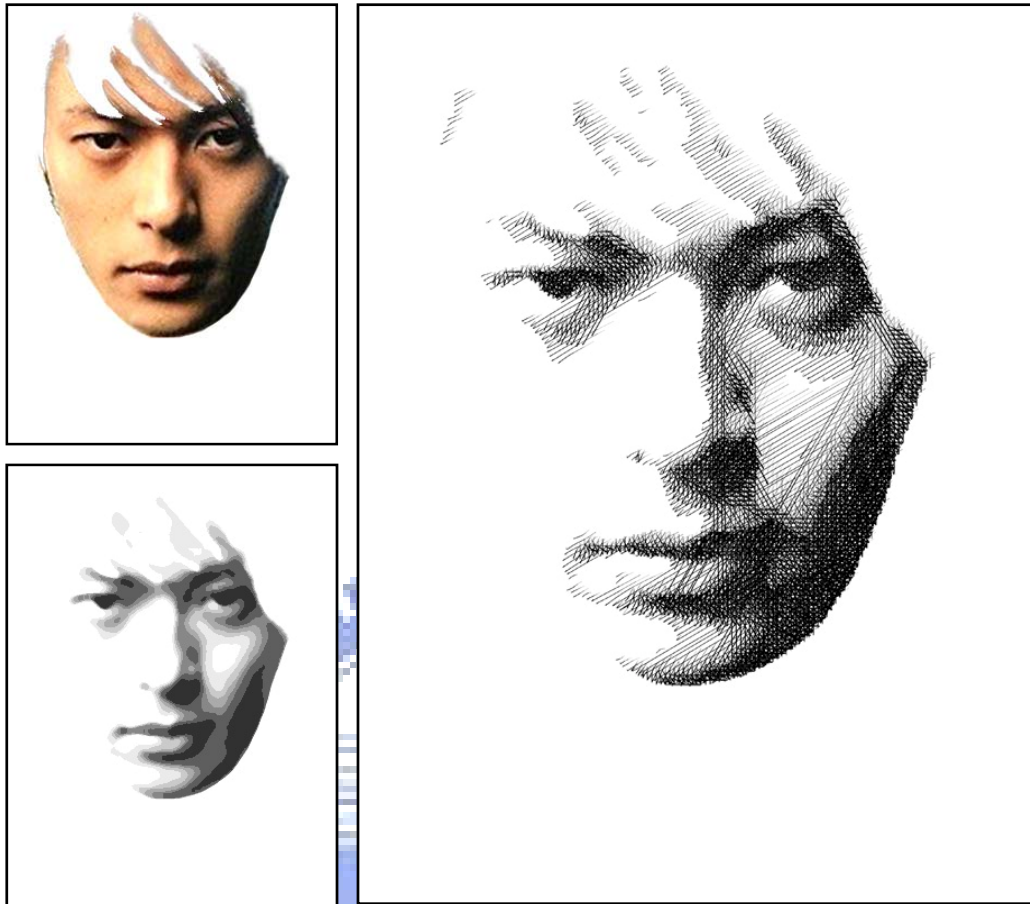


圖 5.6 影線描繪結果 (a)原始影像 (b)繪製範圍與色調分佈 (c)結果



# CHAPTER 6 實驗與結果

本系統是在 AMD Athlon™ 64 x2 1.91GHz, 記憶體 1G 的電腦上利用 C# 語言實作出視窗程式，而系統扣除使用者輸入時間後，使用單張真實人臉影像來產生結果，其執行時間總共耗費約 10 到 15 分鐘，主要受到使用者所設定的輸出影像大小而定，本論文範例輸出皆小於 1200x1600。而在使用者輸入部分則受到所定義臉部特徵點 (Feature Point) 的數量、以及輸入頭髮骨架 (Hair Skelton) 的複雜度影響。

本系統所產生的結果，主要是模擬漫畫家繪圖時的慣用筆觸、線條變化與風格呈現方式，因此所輸入的人臉肖像人物特色會與結果有明顯的相關性，例如輸入人物髮型較為整齊時，則輸出結果則會跟輸入一樣較為整齊，而這與我們所模擬的井上雄彥畫風有所出入，因此我們在挑選人臉肖像時，會選擇與漫畫人物特色較接近的角色當作我們系統的輸入影像，藉以提升結果與井上雄彥的人物畫風相似程度。

範例 1. 在圖 6.1(a) 中，我們輸入一張男性正面肖像。在圖 6.1(b) 與圖 6.1(c) 是根據原始輸入影像所產生的兩部分結果，分別為輪廓描繪與陰影描繪影像，其中輪廓描繪影像(b)中，又包含了頭髮與臉部的描繪。而圖 6.2 則是將圖 6.1 中 (b) 與 (c) 的結果作合併。

範例 2. 在圖 6.3 中，我們輸入一張女性正面肖像。圖 6.4 為合併後結果。

範例 3. 在圖 6.5 中，呈現其他更多的結果。

範例 4. 在圖 6.6 中，我們比較與井上雄彥原畫作的結果。其中衣服的結果並未由本系統產生。



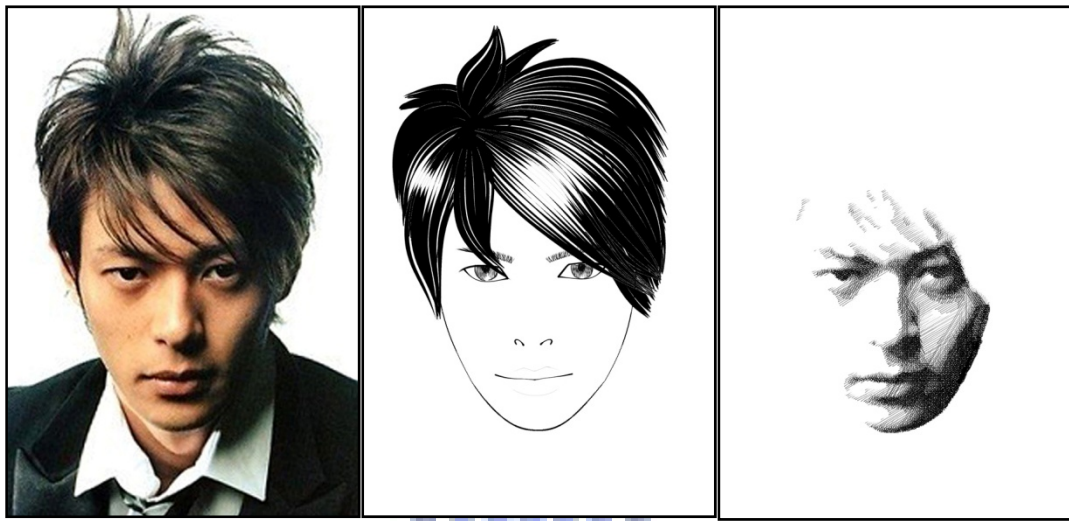


圖 6.1 (a)原始影像 (b)輪廓描繪影像 (c)陰影描繪影像

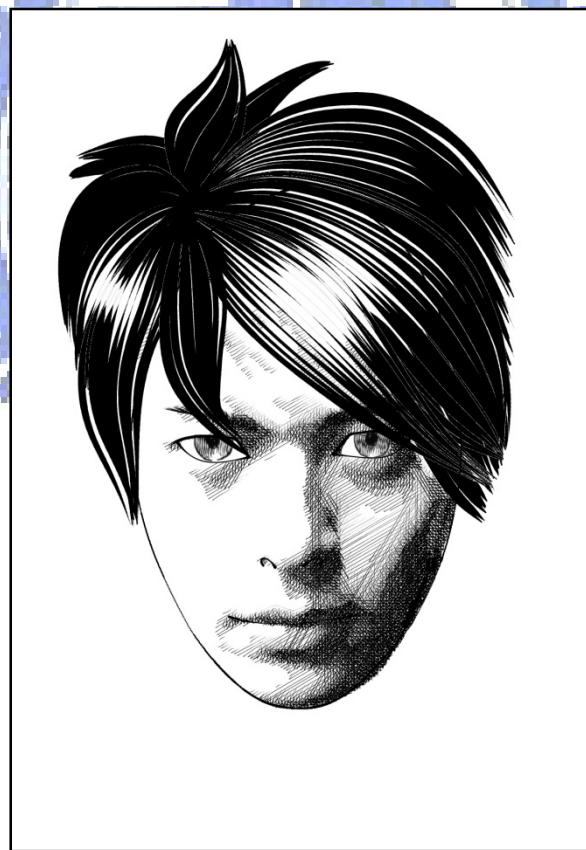


圖 6.2 完成圖

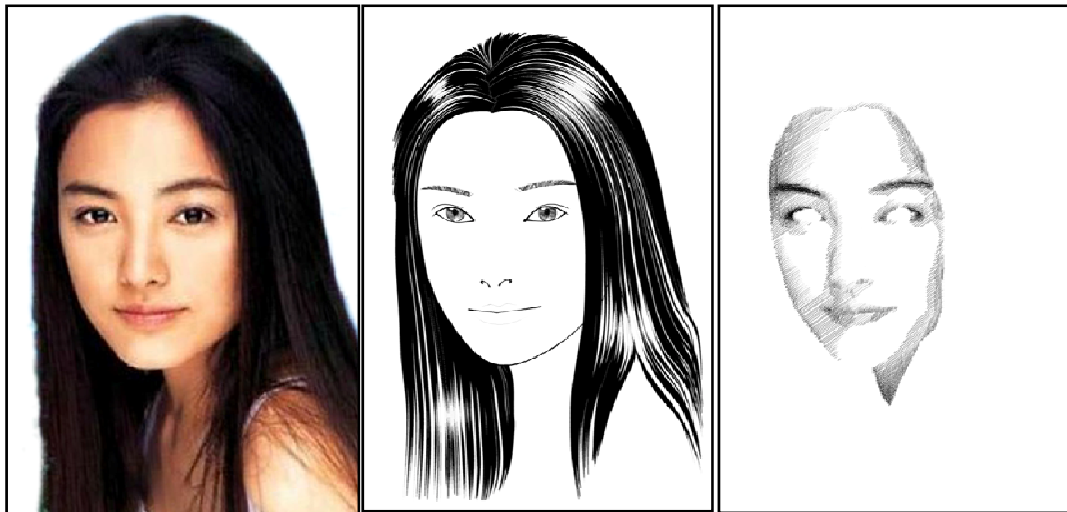


圖 6.3 (a)原始影像 (b)輪廓描繪影像 (c)陰影描繪影像

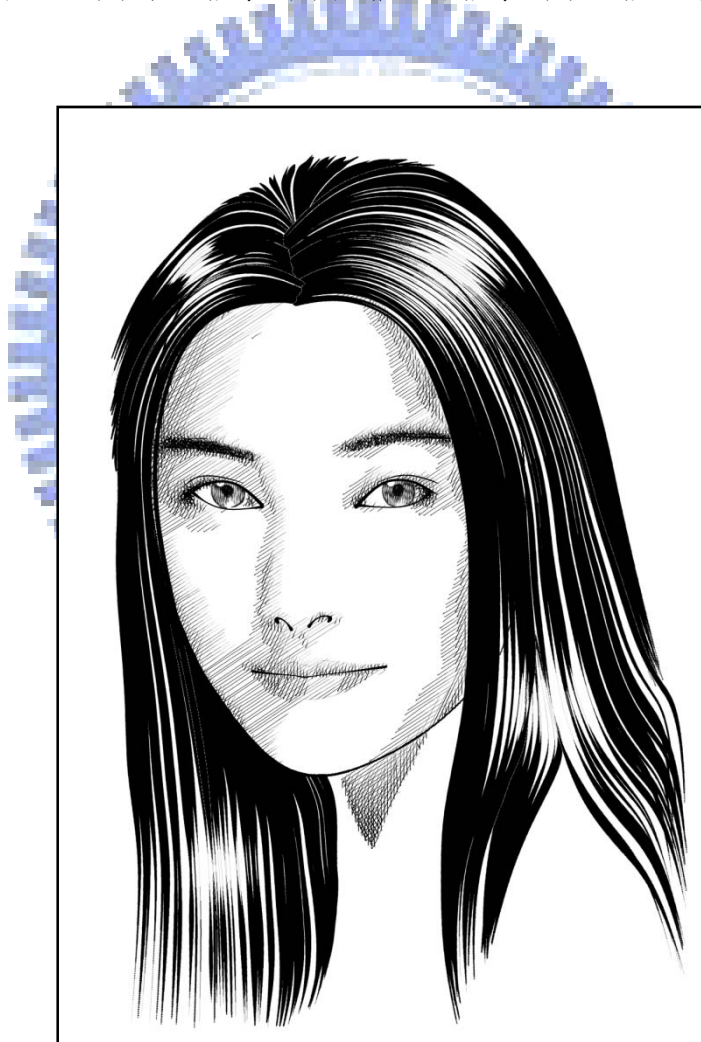


圖 6.4 完成圖

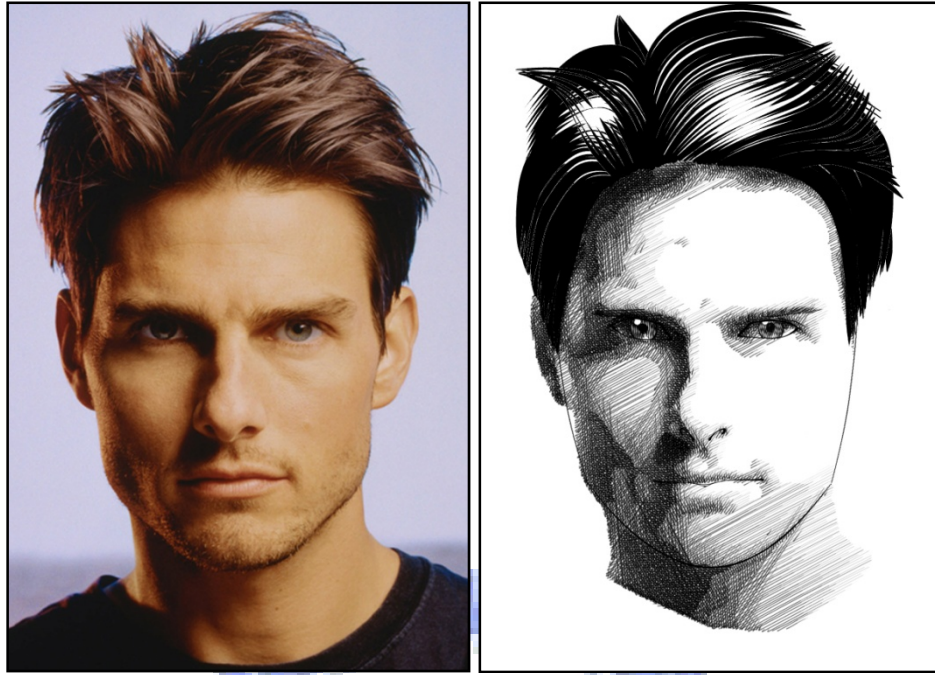


圖 6.5 更多的結果 (a)原始影像 (b)最後結果

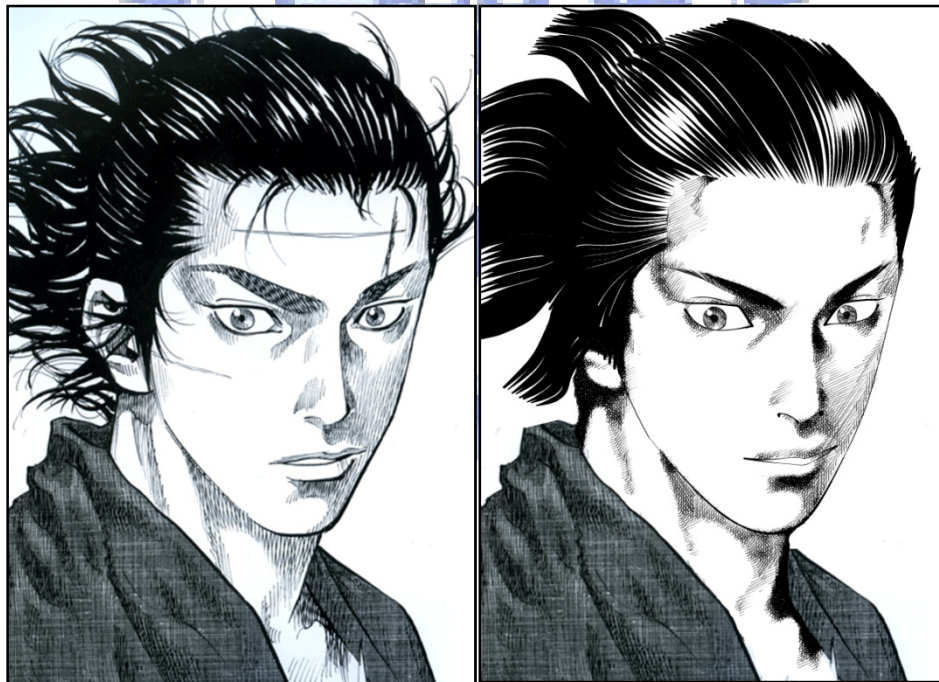


圖 6.6 與井上雄彥原作畫風比較 (a)原作 (b)本系統生成結果

# CHAPTER 7 結論與建議

本論文在非擬真顯像上，提出一個整合性方法來模擬漫畫繪畫風格，相較於以往的人臉 NPR 簡練風格，我們提出更細緻的繪畫效果，包括臉部線條勾勒、頭髮高光效果、以及明暗對比的表現，而不是只有單純的臉部輪廓線描繪。透過研究觀察與分析漫畫家井上雄彥的人物構圖、筆觸描繪、慣用繪圖手法等元素來模擬其繪畫風格。在本文我們將漫畫人物構圖分成三大元素，針對臉部勾勒、頭髮描繪和影線描繪分別作風格化模擬。在系統中，我們建立了一套 Stroke-Based 的 NPR 轉換系統，利用模擬井上雄彥繪圖的筆刷模型來作為基礎繪圖方法，接著分別根據風格特色作三元素的描繪。在演算法過程中，我們需要使用者輸入臉部特徵點與頭髮骨架，之後系統會自動完成後半繪圖流程，快速產生一張完整漫畫效果的肖像。

另外還有幾個問題和可發展的方向待留未來研究解決。

## 1. 使用者輸入部分

(a) 可以透過較精準的人臉辨識技術，一般化搜尋每張人臉影像的特徵點並精確定位，讓使用者省去臉部特徵點的輸入。

(b) 透過影像處理技術，可以自動分析出頭髮骨架和髮順方向，以及判斷輸入影像中光源資訊，簡化使用者輸入部分。

基本上上述兩點目前已有相關的研究能夠作為日後改進的參考，因此基於本系統的架構上，在未來期待能夠達到全自動化 NPR 影像轉換。

## 2. 風格模擬部分

本系統所模擬的井上雄彥風格，其畫風是很豐富且多變的，在本文只是挑其



中一些特色模擬而已，並無法完全的表達出井上雄彥創作。因此我們可以透過增加更多的筆觸模型和繪圖特色來做模擬，以及臉部以外的物件繪製，以求有更高品質的繪畫作品。

### 3. 在執行速度部分

由於本系統是使用 C#來實作，並且影像處理演算法上並沒有用硬體來做加速，因此在此部分可以改用更低階語言或硬體加速方法來改進，期待能改進成 Real-time 的效率，讓本系統能應用到視訊的 NPR 轉換上。



# 参考文献

- [1] 井上雄彦 灌籃高手原画集 『ILLUSTRATIONS』 日本集英社出版
- [2] 井上雄彦 バガボンド画集 『墨』 株式会社/講会社
- [3] 井上雄彦 バガボンド画集 『WATER』 株式会社/講会社
- [4] 井上雄彦 DVD 『DRAW』
- [5] 井上雄彦 浪人劍客 尖端出版社
- [6] H. Chen, L. Liang, Y.Q. Xu, H.Y. Shum, and N.N. Zheng. **Example-based automatic portraiture.** In *ACCV02*, 2002.
- [7] H. Chen, Y.Q. Xu, H.Y. Shum, S.C. Zhu, and N.N. Zheng. **Example-based facial sketch generation with non-parametric sampling.** In *ICCV01*, pages II: 433–438, 2001.
- [8] H. Chen et al. **Example-based composite sketching of human portraits.** In *Proceedings of the 3rd International ACM Symposium on Non-Photorealistic Animation and Rendering*, pages 95–153, New York, USA, 2004.
- [9] Lin Liang, Hong Chen, Ying-Qing Xu, and Heung-Yeung Shum. **Example-based caricature generation with exaggeration.** In *Proc.*, pages 386–393, Oct 2002.
- [10] Pei-Ying Chiang, Wen-Hung Liao, and Tsai-Yen Li. **Automatic caricature generation by analyzing facial features.** In *Proceedings of Asian Conference on Computer Vision (ACCV)*, Jeju Island, Korea, January 2004.
- [11] H. Chen and S.C. Zhu. **A generative model of human hair for hair sketching.** In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 2, IEEE Computer Society, 2005, pp. 74–81.
- [12] K. Anjyo and K. Hiramitsu. **Stylized highlights for cartoon rendering and animation.** In *IEEE Computer Graphics and Applications*, pages 54–61, 2003.

- [13] Koh, C. K., and Huang, Z. 2001. **A simple physics model to animate human hair modeled in 2d strips in real time.** *Computer Animation and Simulation '01.*
- [14] M. Cote, P.-M. Jodoin, C. Donohue, and V. Ostromoukhov. **Non-photorealistic rendering of hair for animated cartoons.** In *Proceedings of GRAPHICON'04*, 2004.
- [15] X. Mao, H. Kato, A. Imamiya, and K. Anjyo. **Sketch interface based expressive hairstyle modelling and rendering.** In *CGI '04: Proceedings of the Computer Graphics International (CGI'04)*, pages 608–611, Washington, DC, USA, 2004. IEEE Computer Society.
- [16] Shin, J., Haller, M., Mukundan, M., Billinghurst, M. **A Stylized Cartoon Hair Renderer,** in *ACM SIGCHI ACE 2006, ACM SIGCHI International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, 14-16 June, Hollywood, ACM Press.
- [17] P. Noble and W. Tang. **Modelling and animating cartoon hair with nurbs surfaces.** In *Computer Graphics International*, pages 60–67, 2004.
- [18] Georges Winkenbach and David H. Salesin. **Computer-generated pen-and-ink illustration.** *Computer Graphics*, 28(Annual Conference Series):91–100, July 1994.
- [19] Georges Winkenbach and David H. Salesin. **Rendering parametric surfaces in pen and ink.** In Holly Rushmeier, editor, *SIGGRAPH 96 Conference Proceedings*, Annual Conference Series, pages 469–476. ACM SIGGRAPH, Addison Wesley, August 1996. held in New Orleans, Louisiana, 04-09 August 1996.
- [20] Michael P. Salisbury, Michael T. Wong, John F. Hughes, and David H. Salesin. **Orientable textures for image-based pen-and-ink illustration.** In Turner Whitted, editor, *SIGGRAPH 97 Conference Proceedings*, Annual Conference Series, pages 401–406. ACM SIGGRAPH, Addison Wesley, August 1997.



- [21] Michael P. Salisbury, Sean E. Anderson, Ronen Barzel, and David H. Salesin. **Interactive pen-and-ink illustration.** *Computer Graphics*, 28(Annual Conference Series):101–108, July 1994.
- [22] Sousa, M. C., and Buchanan, J. W. **Computer-generated graphite pencil rendering of 3d polygonal models.** *Computer Graphics Forum* 18, 3 (1999), pp. 195–208.
- [23] Praun, E., Hoppe, H., Webb, M., and Finkelstein, A. 2001. **Real-time hatching.** *Proceedings of SIGGRAPH 2001*, 579–584.
- [24] Webb, M., Praun, E., Finkelstein, A., and Hoppe, H. **Fine tone control in hardware hatching.** In NPAR 2002, 53–58.
- [25] Shan-Zan Weng, Zen-Chung Shih, Hsun-Yi Chiu, **The synthesis of Chinese ink painting.** National Computing Symposium'99, page 461-468, 1999.
- [26] Yi-Wei Ho, Zen-Chung Shih. **The synthesis of Chinese fine-brushwork painting for flower.** Ms thesis, National Chiao-Tung University, 2005.

