

國立交通大學

多媒體工程研究所

碩士論文

筆觸參數於局部與大域之擾動控制與效應觀察

On the control and effects of local and global variations on stroke
parameters over target areas

研究生：劉季昌

指導教授：林正中 博士

中華民國九十八年六月

筆觸參數於局部與大域之擾動控制與效應觀察

On the control and effects of local and global variations on stroke parameters
over target areas

研究生：劉季昌

Student : Chi-Chang Liu

指導教授：林正中

Advisor : Cheng-Chung Lin

國立交通大學
多媒體工程研究所
碩士論文

A Thesis

Submitted to Institute of Multimedia Engineering

College of Computer Science

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Computer Science

June 2009

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十八年六月

筆觸參數於局部與大域之擾動控制與效應觀察

學生：劉季昌

指導教授：林正中 副教授

國立交通大學多媒體工程研究所碩士班

摘 要

在非擬真顯像鉛筆素描風格的呈現上，本論文提出了一種方法，用來將原始影像轉變成具有素描風格型態的影像，這個方法的主要的步驟可分成影像分群、區塊的分析及筆觸的生成。

首先利用影像簡化的技術，將原始影像切割成若干個區塊，然後分析每一個區塊的各種特性，例如：灰階值、面積大小和像素角度等。筆觸模型則會依據這些區塊的特性，去模擬鉛筆素描筆觸的生成。

透過不斷的實驗與觀察，去調整筆觸生成模型及各種參數所造成的影響，使得最終可以產生出令人滿意的素描影像圖。

On the control and effects of local and global variations on stroke parameters
over target areas

Student : Chi-Chang Liu

Advisor : Cheng-Chung Lin

Institute of Multimedia Engineering
National Chiao Tung University

ABSTRACT

The paper presents a method for converting original images to pencil sketch-styled images. Main steps in the process consist of image grouping, block analysis and stroke generate.

In the first step, the original image will be divided into several blocks by image simplification technology. The next is to analyze various imagery characteristics within each block, for instance, intensity, block size and pixel angle, etc. Stroke Model will then generates the pencil-sketch strokes based on the characteristics of these blocks.

Through a series of experiments and observations, the Stroke Model is turned and the effects are observed. Finally, the system can produce a satisfactory pencil-sketch-styled images.

目 錄

中文摘要	.....	i
英文摘要	.....	ii
目 錄	.....	iii
圖片目錄	.....	iv
第 一 章	簡 介	1
第 二 章	相 關 研 究	4
2.1	輪 廓 線 處 理	4
2.2	影 像 切 割	5
2.3	筆 觸 生 成	6
2.4	互 動 式 素 描 系 統	7
第 三 章	處 理 方 法	8
3.1	系 統 架 構	8
3.2	色 彩 轉 換	10
3.3	影 像 簡 化	12
3.3	輪 廓 處 理	13
3.5	筆 觸	15
3.6	繪 圖	22
第 四 章	實 驗 結 果	25
4.1	系 統 運 作 程 序	25
4.2	效 能 分 析	26
4.3	參 數 的 影 響	28
4.4	區 塊 中 筆 觸 參 數 變 化 與 視 覺 效 果 對 照	29
4.5	結 果 圖	34
第 五 章	結 論	45
參 考 文 獻	.....	46

圖 目 錄

圖 1-1	電腦遊戲波斯王子圖.....	1
圖 1-2	文獻[10]互動式非擬真顯像系統圖.....	2
圖 1-3	文獻[14] 3D 模型所生成的素描圖.....	3
圖 2-1	文獻[4]流程圖	4
圖 2-2	文獻[4]結果圖	5
圖 2-3	文獻[15]部分流程圖.....	5
圖 2-4	文獻[5] LIC 說明圖	6
圖 2-5	文獻[11]流程圖.....	7
圖 3-1	系統流程圖.....	8
圖 3-2	各個階段的結果圖.....	10
圖 3-3	灰階影像轉換圖.....	11
圖 3-4	直方轉換灰階圖.....	12
圖 3-5	文獻[2]簡化影像圖	13
圖 3-6	DoG Edge Detection 輪廓圖	13
圖 3-7	Canny Edge Detection 輪廓圖	14
圖 3-8	皺痕邊緣與區塊劃分的結果圖.....	14
圖 3-9	筆觸線段示意圖.....	16
圖 3-10	沿線段手繪方向之濃淡分佈常態圖.....	16
圖 3-11	手繪線段沿寬度方向之濃淡分佈常態圖.....	17
圖 3-12	手繪線段全域偏移與局部抖動現象.....	17
圖 3-13	顏色與寬度筆觸圖.....	18
圖 3-14	顏色與寬度筆觸圖.....	18
圖 3-15	筆觸壓力函數圖.....	19
圖 3-16	重心分佈函數圖.....	19
圖 3-17	壓力對於顏色影響筆觸圖.....	20
圖 3-18	小範圍抖動筆觸圖.....	20

圖 3-19	亂度函數圖	21
圖 3-20	大範圍誤差筆觸圖	21
圖 3-21	相異長度筆觸圖	21
圖 3-22	完整模型筆觸圖	21
圖 3-23	連續線段筆觸圖	22
圖 3-24	不同間隔大小的連續線段筆觸圖	23
圖 3-25	不同長度的連續線段筆觸圖	23
圖 3-26	線段的角度圖	24
圖 4-1	Banana 原圖區塊劃分圖	28
圖 4-2	Banana 影像簡化後的區塊劃分圖	28
圖 4-3	Banana 未處理輪廓圖	29
圖 4-4	Banana 處理輪廓圖	29
圖 4-5	長筆觸效果圖	30
圖 4-6	中長筆觸效果圖	31
圖 4-7	短筆觸效果圖	32
圖 4-8	長筆觸最小濃度最大間隔圖	32
圖 4-9	中長筆觸最小濃度最大間隔圖	33
圖 4-10	短筆觸最小濃度最大間隔圖	33
圖 4-11	Banana 原圖	34
圖 4-12	Banana 素描結果圖	34
圖 4-13	Banana 文獻[5]素描結果圖	34
圖 4-14	Banana 文獻[17]素描結果圖	34
圖 4-15	Lena 原圖	35
圖 4-16	Lena 素描結果圖	35
圖 4-17	Lena 文獻[5]素描結果圖	35
圖 4-18	Lena 文獻[17]素描結果圖	35

圖 4-19	Grace Kelly 1 原圖	36
圖 4-20	Grace Kelly 1 素描結果圖	36
圖 4-21	Grace Kelly 1 文獻[5]素描結果圖	36
圖 4-22	Grace Kelly 1 文獻[17]素描結果圖	36
圖 4-23	Grace Kelly 2 原圖	37
圖 4-24	Grace Kelly 2 素描結果圖	37
圖 4-25	Grace Kelly 2 文獻[5]素描結果圖	37
圖 4-26	Grace Kelly 2 文獻[17]素描結果圖	37
圖 4-27	Castle 原圖	38
圖 4-28	Castle 素描結果圖	38
圖 4-29	Castle 文獻[5]素描結果圖	38
圖 4-30	Castle 文獻[17]素描結果圖	38
圖 4-31	Car 原圖	39
圖 4-32	Car 素描結果圖	39
圖 4-33	Car 文獻[5]素描結果圖	39
圖 4-34	Car 文獻[17]素描結果圖	39
圖 4-35	Car 2 原圖	40
圖 4-36	Car 2 素描結果圖	40
圖 4-37	Car 2 文獻[5]素描結果圖	40
圖 4-38	Car 2 文獻[17]素描結果圖	40
圖 4-39	Baseball 原圖	41
圖 4-40	Baseball 素描結果圖	41
圖 4-41	Baseball 文獻[5]素描結果圖	41
圖 4-42	Baseball 文獻[17]素描結果圖	41
圖 4-43	Bird 原圖	42
圖 4-44	Bird 素描結果圖	42
圖 4-45	Bird 文獻[5]素描結果圖	42
圖 4-46	Bird 文獻[17]素描結果圖	42

圖 4-47	Glass 原圖	43
圖 4-48	Glass 素描結果圖	43
圖 4-49	Glass 文獻[5]素描結果圖	43
圖 4-50	Glass 文獻[17]素描結果圖	43
圖 4-51	Scenes 原圖	44
圖 4-52	Scenes 素描結果圖	44
圖 4-53	Scenes 文獻[5]素描結果圖	44
圖 4-54	Scenes 文獻[17]素描結果圖	44



第一章 簡介

在電腦圖學的領域中，所謂的擬真顯像（Photorealistic Rendering, PR）指的是透過各種繪圖呈現技術的改良，提升影像解析度或是色彩位元數等等的方法，使得電腦可製作出人眼幾乎無法識別為真實或虛擬的影像；而相對於此技術有一種稱為非擬真顯像（Non-Photorealistic Rendering, NPR）的技術，則是透過一些影像處理的技巧，試圖將原始影像以另一種風格的方式來呈現，其用意在於“美感”的展現或是突顯出影像中的某些特徵。

近年來與非擬真顯像相關的研究有很多，例如：應用在影像簡化上，在某些特定情況下，經由適度簡化後的影像更能夠清楚地傳遞所要表達的訊息。另外應用於藝術風格的繪畫上，常見的有素描畫、水彩畫、油畫以及卡通等等的呈現，其中卡通風格的呈現，在電影及電腦遊戲中，已經是一種相當成熟且常見技術，例如圖 1-1 為 Ubisoft 所推出的電腦遊戲波斯王子。



圖 1-1：電腦遊戲波斯王子圖

在本論文中，所要探討的是非擬真顯像中鉛筆素描的部分。就目前在這個領域上的研究可分成：以處理 2D 影像系統(Image - based system)為主的顯像方式[3] [4][5][6][7][8][9][10][11]，及以處理 3D 模型(Geometry - based system)為主的顯像方式[11][12]。若是以操作的方式可分成：全自動式(Automatic)以及互動式(Interactive)兩種，其中互動式的方式是透過使用者給定的一些輸入，來決定筆觸的種類、方向、輪廓的粗細等，圖 1-2 為文獻[10]中所使用的系統介面。



圖 1-2：文獻[10]互動式非擬真顯像系統圖

就結果而言，在 3D 模型顯像方式及互動式的顯像方式，都已經能產生出令人滿意地結果圖，圖 1-3 為文獻[14]中所生成的素描結果，當然這樣的結果是可預期的，當所能夠獲得的資訊越多，所生成的效果理應會越好，但是在全自動 2D 顯像上，則仍然存在著許多的問題需要克服加以改善。

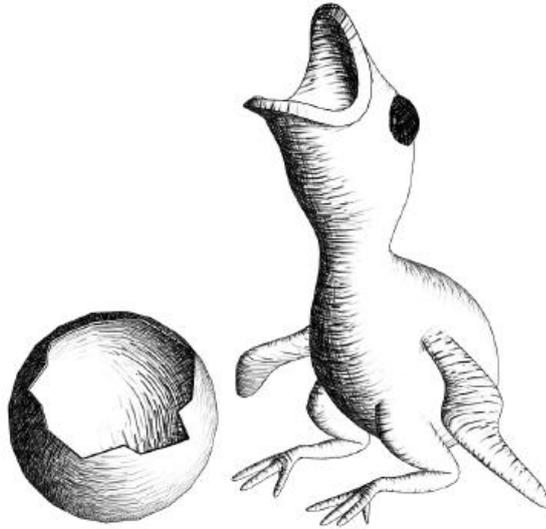


圖 1-3：文獻[14] 3D 模型所生成的素描圖

本論文的目標是希望能夠以自動化的方式，將輸入的 2D 影像經由數個階段處理，從有限的資訊中，分析出適當的著色區塊、筆觸種類、筆觸方向、亮度以及物體輪廓等等的資訊，進而產生出令人滿意地鉛筆素描結果圖。

接下來將會在第二章中介紹，目前就個人已知，對於鉛筆素描相關技術的研究。第三章說明此篇論文所採用的方法以及處理的程序。第四章是實驗的結果，最後第五章則是結論的部分。

第二章 相關研究

本論文系統運作涉及三個影像處理技術：輪廓線處理(文獻[4])，影像分群(文獻[1] [2] [5] [7] [15])及筆觸產生的方式(文獻[5] [7][9] [11] [15])，將於本章中依序介紹。最後會對互動式素描生成方式[9][10][11][12]作個簡短的介绍

2.1 輪廓線處理

在文獻[4]中，提出了一種處理輪廓線的方法，如圖 2-1 所示。首先從原始影像中擷取出邊界線及特徵點，對這些線段進行修補的處理 (Likelihood function and Linking)，接著使用三次方程曲線去模擬這些線段，最後就可對這些曲線路徑以不同質感的筆觸描繪處理，進而產生出不同風格型態的影像圖，圖 2-2 為結果圖。

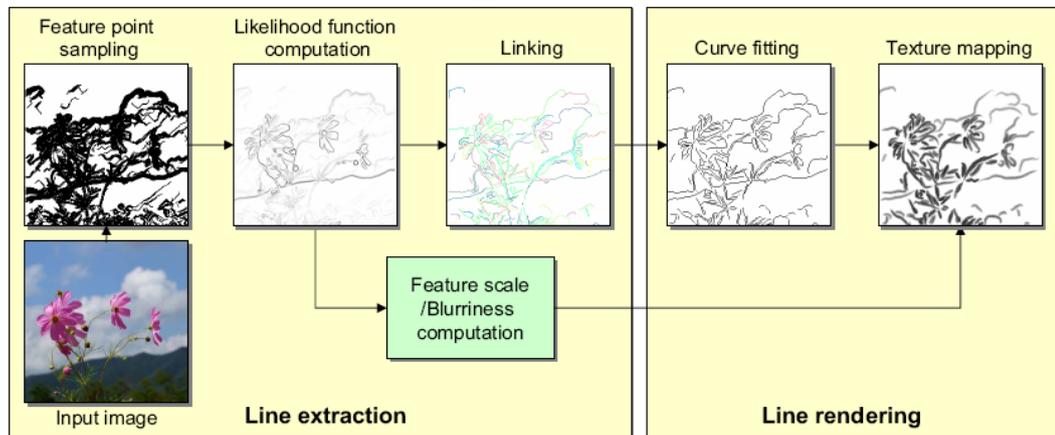


圖 2-1：文獻[4]流程圖



圖 2-2：文獻[4]結果圖

2.2 影像切割

對於區塊的劃分方式，文獻[2]是去考慮鄰近像素的顏色分佈來加以分群，其詳細的過程在第三章中作說明。而文獻[15]則是使用亮度分層的方式，將原圖利用灰階亮度分佈曲線，分成亮層、暗層及最暗層，接著將兩個暗層的亮度分別以整層像素的亮度平均值表示，圖 2-3 為文獻[15]區塊劃分結果。



圖 2-3：文獻[15]部分流程圖

2.3 筆觸生成

筆觸的生成方式大致可分成：真實素描材質影像[11][12]、筆觸模型生成[8]及 LIC(Line integral convolution)相關衍生技術處理的方式[5][7][15][16]，而本論文所採用的是筆觸模型生成的方式。

在此我們以文獻[5]說明 LIC 衍生技術處理筆觸生成的方法，對任意點(x, y)的灰階值，是由此點的向量方向延伸出去所經過的像素加權平均所決定的，如圖 2-4 所示。

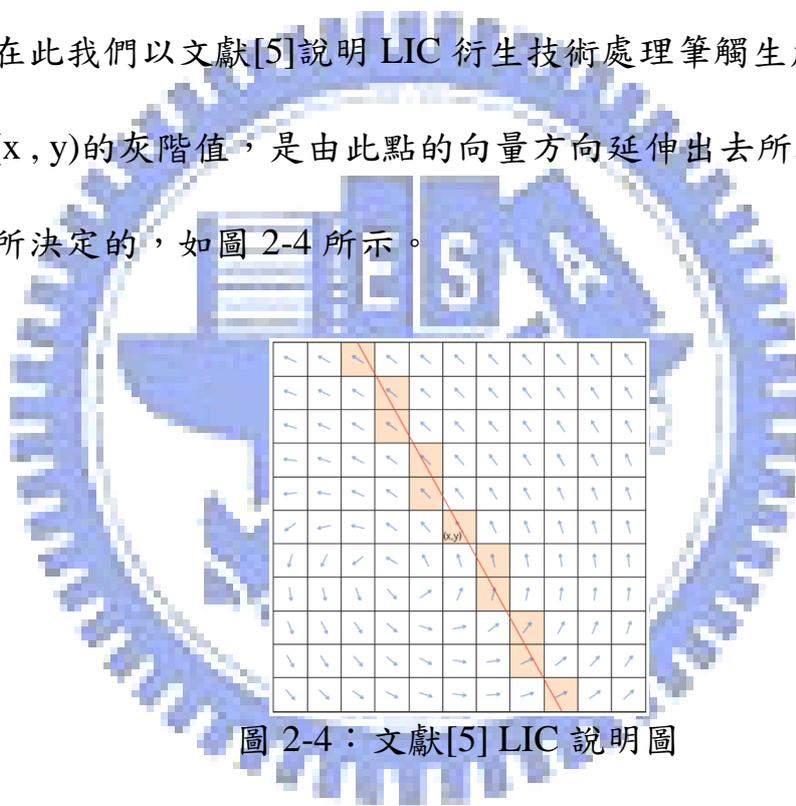
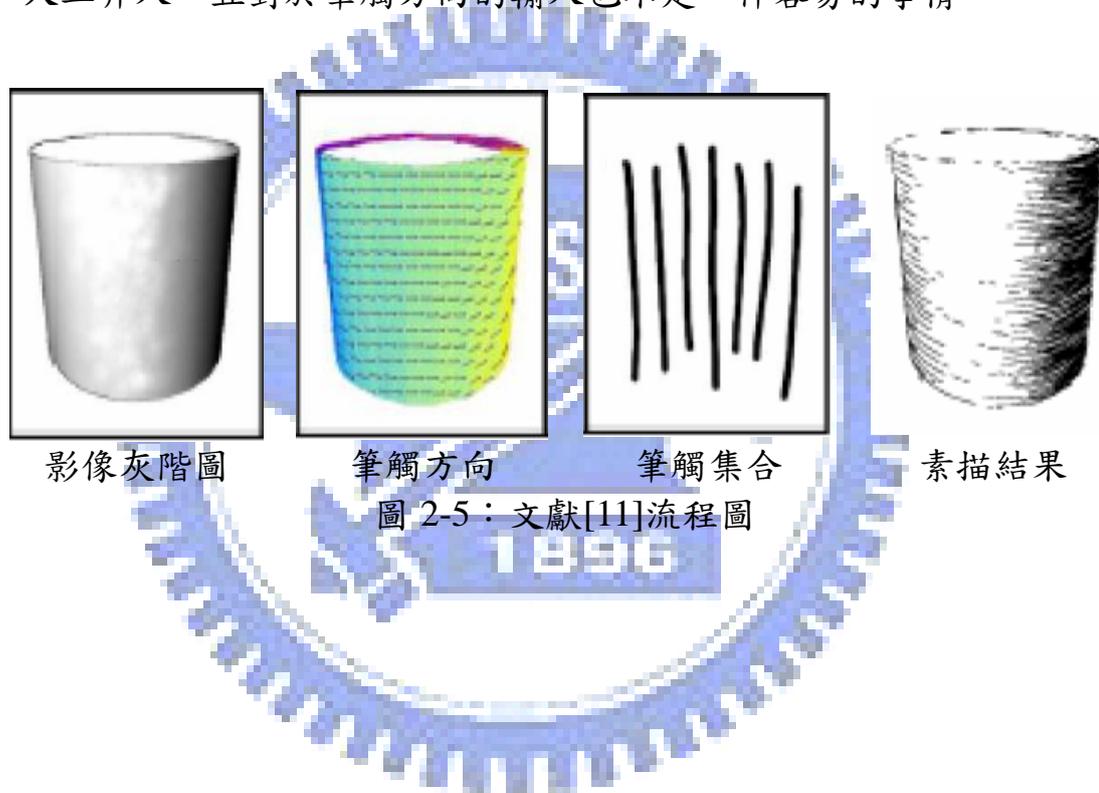


圖 2-4：文獻[5] LIC 說明圖

而文獻[8]中使用筆觸模型生成鋼筆畫(pen and ink)筆觸的方式如下，將筆觸模型定義成： $S = (P(u) + Cw(u)) * N(Cp(u))$ ，其中 $P(u)$ 表示筆觸的路徑， $Cw(u)$ 表示曲線路徑而 $N(Cp(u))$ 表示筆尖受壓力時所造成的影響。

2.4 互動式素描系統

互動式素描[9][10][11][12]生成的方式大致如下：以文獻[11]作說明，流程如圖 2-5 所示，在輸入原始影像的同時，必須額外給定每一個像素的筆觸方向以及筆觸的材質。此方法所生成的效果不錯，但需要大量的人工介入，且對於筆觸方向的輸入也不是一件容易的事情。



第三章 處理方法

本論文的目標是希望能夠經由自動化的處理過程，產生高質感的素描影像，所以對於流程中的每一個步驟實作了多種的演算法，試圖透過實驗與觀察的方式，找到一種令人滿意地組合，來呈現最後的素描結果。本章節將針對這些步驟作詳細的說明。

3.1 系統架構

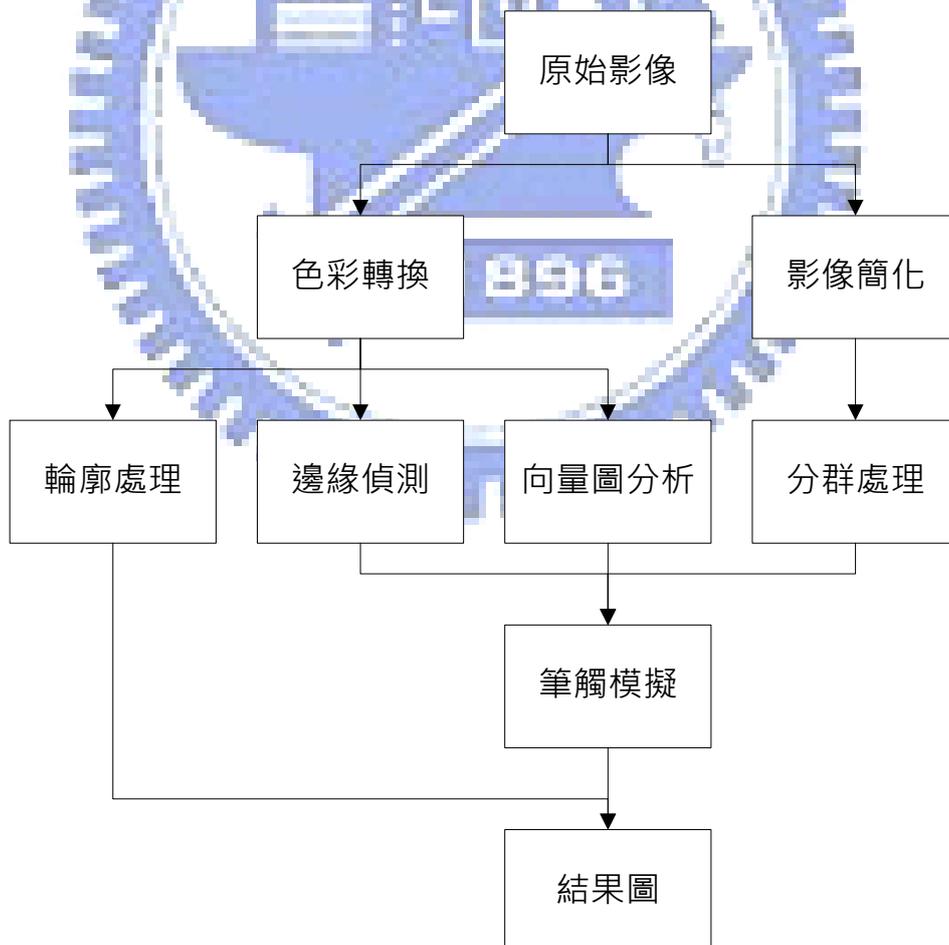


圖 3-1：系統流程圖

本論文的流程步驟如圖 3-1 所示，首先將原始全彩影像進行色彩轉換(Color Conversion)以及影像簡化(Image Simplification)的處理，再將經由色彩轉換後所得到的灰階影像，進行輪廓線的擷取(Contour Extraction)、邊緣偵測(Edge Detection)以及向量角度分析(Gradient Angle Analysis)的處理。

影像經由影像簡化的處理程序後，可初步獲得一個區塊劃分的方法，同時再利用這些區塊以及邊緣偵測所得的結果，來對每一個區塊作分群(Grouping)的處理。

筆觸模擬程式將參考每一個被劃分區塊的各種屬性參數，例如：灰階值的大小、區塊面積的大小、向量角度分佈與鄰近區塊的參數等，來進行每一個區塊的筆觸貼圖(Stroke Mapping)。

最後再將此筆觸貼圖後的結果與之前所計算出的輪廓圖進行合併的處理，使得物體在影像中更具有突出感，合併後的結果就是最後的鉛筆素描結果圖，圖 3-2 為系統流程中各個階段所產生的結果。

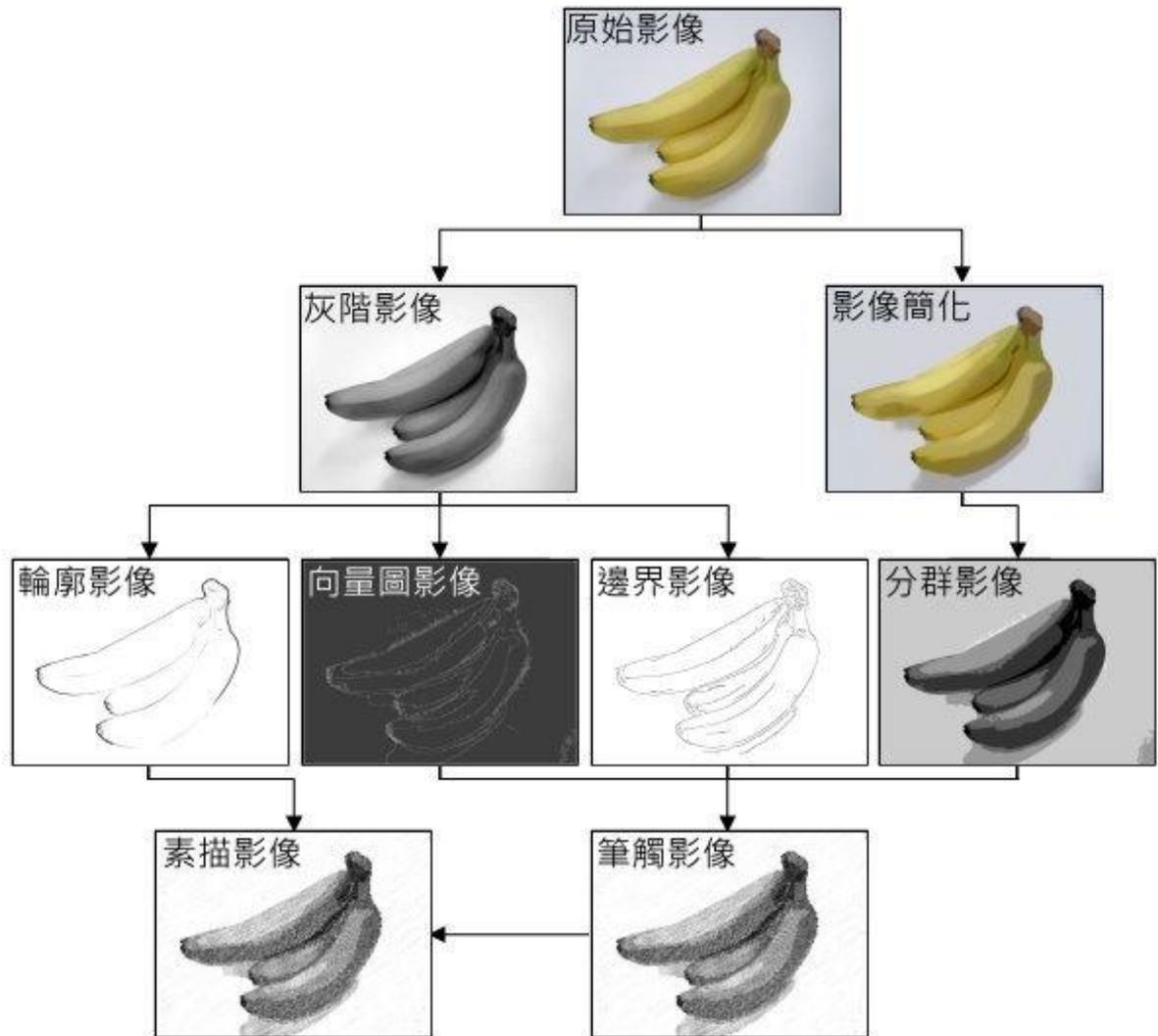


圖 3-2：各個階段的結果圖

3.2 色彩轉換

目前常見的色彩模型(Color Model)有很多種，例如 RGB、CMYK、HSL 與 YUV 等等。在不同的情況下，適用的模型也不盡然相同，不同的模型之間通常可透過幾個簡單的公式來相互的轉換。

一般將彩色影像(Color Image)轉成灰階影像(Grayscale)的方法，是分別將各自不同的頻道(Channel) 乘上特定權重後的總和，視為此影像的灰階值，也就是此影像的亮度(Luminance)。例如： $L = 0.333R + 0.333G + 0.333B$ ，不同的權重比例將會產生不同的視覺效果。

在此我們將影像的灰階值定義成： $L' = 0.299R + 0.587G + 0.114B$ ，此權重比例也就是自然界中紅、綠及藍三種顏色的出現比例，這也是一般常見的彩色與灰階影像轉換的方式，圖 3-3 分別展示不同權重比例轉換後的影像結果。



圖 3-3：灰階影像轉換圖

接著我們使用直方轉換(Histogram Equalization)來調整影像的亮度與對比，也就是依據影像中灰階分佈的情況重新調整灰階值，目的是希望將灰階值均勻的分配到所有可使用的灰階上，其結果如圖 3-4。



圖 3-4：直方轉換灰階圖

3.3 影像簡化

所謂的影響簡化是指，透過修改或移除原始影像中的一些資訊，使得被簡化後的影像仍然能保留住一些我們所關心的特徵點。例如以檔案大小為基礎的簡化(Size-based Simplification)，目的就是希望能夠移除影像中一些較不重要的特徵點，使得檔案的大小能夠縮小。

在此我們簡化的方式是參考文獻[2]中所使用的方法。首先將影像依據亮度的對比程度，分成高對比度與低對比度區域。對於高對比度區域用高斯差分 (Difference of Gaussian, DOG) 來強化其邊緣，對於低對比度的部分，則使用一個雙邊濾波器(Bilateral Filter)將影像的細部加以簡化。最後再透過一個量化的方程式，將相鄰且強度相近的區域調整成一個區塊，進而達到簡化的目的，其結果如圖 3-5 所示。



原始影像



簡化後影像

圖 3-5：文獻[2]簡化影像圖

3.4 輪廓處理

在處理輪廓(Contour)的部分，我們使用 DoG Edge Detection 與 Canny Edge Detection 的演算法來處理影像，其目的與結果各不相同。

首先對於物體的輪廓邊緣(Silhouette Edge)，我們使用 DoG Edge Detection 演算法，尋找影像中較明顯的外圍輪廓，主要用來幫助我們加強最後結果圖的輪廓部分，其結果如圖 3-6 所示，所造成的影響將於第四章中作說明。



圖 3-6：DoG Edge Detection 輪廓圖

接著對於物體的皺痕邊緣(Crease Edge)，我們使用 Canny Edge Detection 演算法，尋找影像中強度變化量較大的部分。其目的是用來幫助我們作區塊劃分時，也能夠同時考量皺痕邊緣所造成的影響，使得劃分的區塊能夠更正確，其結果如圖 3-7 所示。



圖 3-7：Canny Edge Detection 輪廓圖

如圖 3-8 所示，若未使用 Canny Edge Detection 來輔助劃分區塊，則左圖中紅色區域的劃分方式，將會如中間圖所示，將它劃分成同一個區塊，但若加上 Canny Edge Detection 則結果如右圖。

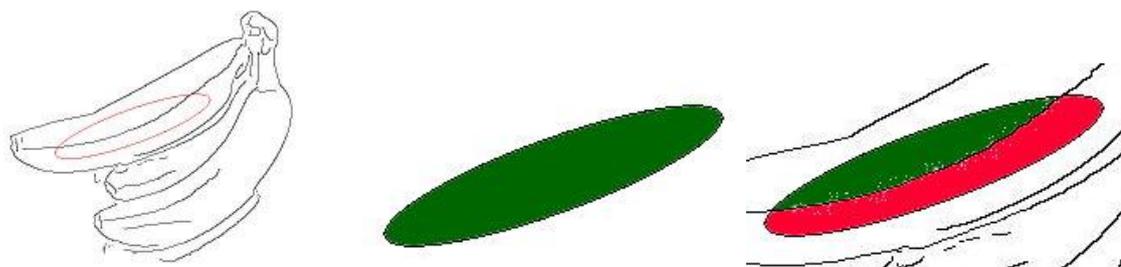


圖 3-8：皺痕邊緣與區塊劃分的結果圖

3.5 筆觸

在此節中，我們將討論筆觸的模擬方式。首先我們先考慮，人類徒手繪製物體時，筆觸會有的一些特性：

(1). 濃淡的差異：

筆觸的濃淡與鉛筆及繪圖時下筆的力道有關，一般鉛筆的硬度從硬到軟，分別為 9H、8H、…、H、F、HB、B、2B、…、9B；越硬顏色越淺，越軟顏色越黑，一般繪圖時只需要 4H~6B 即可。當鉛筆對紙面施加不同的壓力時，會影響顏色的深淺變化。通常在作畫時會隨著光影的變化方向而施加不同的壓力。一般剛下筆時會施加較大的壓力，進而依序遞減；且對於施力重心位置的差異性，也會造成顏色的改變。

(2). 線條的粗細：

隨著對鉛筆的削法與握法的不相同，將造成筆尖與紙張接觸時的作用面積也會有所差異，進而使得筆觸會有粗細的分別。

(3). 筆觸抖動不規則性：

通常在徒手繪圖時，多多少少都會產生一些因抖動所導致的誤差，且會有隨著手繪長度增加而對筆觸既定方向的偏移量也就越大的情況產生。

(4). 筆觸的長度：

隨著面積大小或是角度變化等等的因素，每一筆的筆觸長度也會有所區別。

茲就鉛筆手繪線段的濃淡分佈變化及線段局部抖動與大域偏移現象分別以圖示意說明如下。

(1). 局部與大域濃淡分佈：

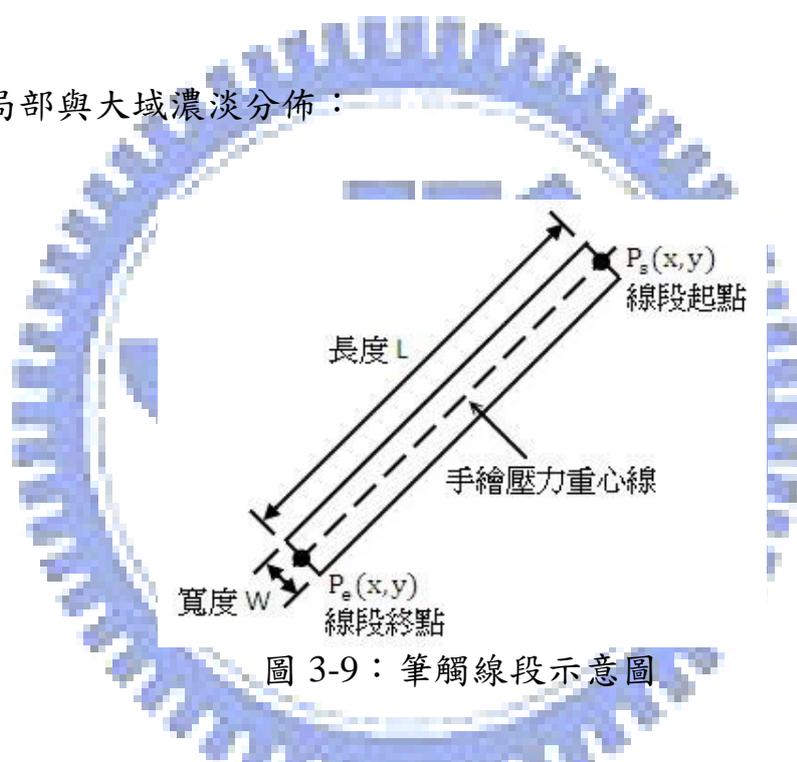


圖 3-9：筆觸線段示意圖

沿著線段手繪方向，其濃淡分佈 $I_L(l)$ 可由圖 3-10 描述，大域分佈由起點至終點由濃轉淡，中間可伴有局部起伏。

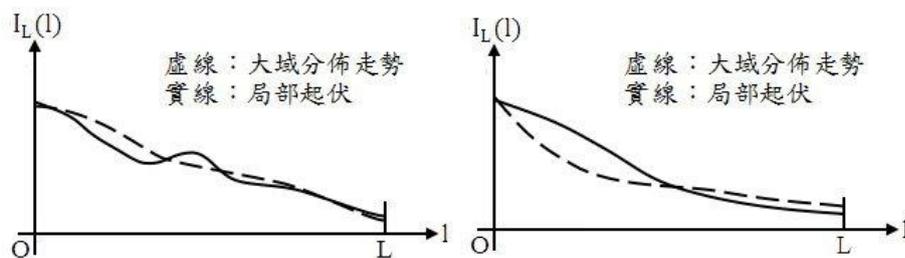


圖 3-10：沿線段手繪方向之濃淡分佈常態圖

沿著線段寬度方向之濃度則應隨著與手繪壓力重心線的距離之增加由濃轉淡，如圖 3-11 所示。

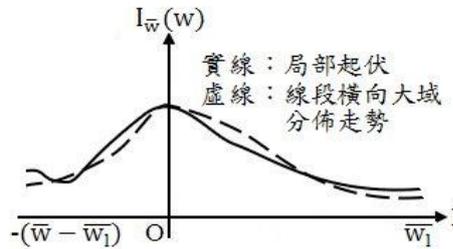


圖 3-11：手繪線段沿寬度方向之濃淡分佈常態圖

(2). 局部抖動與大域偏移現象：

由線段起點揮筆繪向終點時，隨著手繪長度的增加，手繪軌跡有逐漸偏離既定方向的趨勢，產生所謂大域偏移的現象(圖 3-12 中細的虛線軌跡與粗的虛線軌跡的差異)，其中並伴有局部抖動筆觸(圖 3-12 中鋸齒實線所示)。

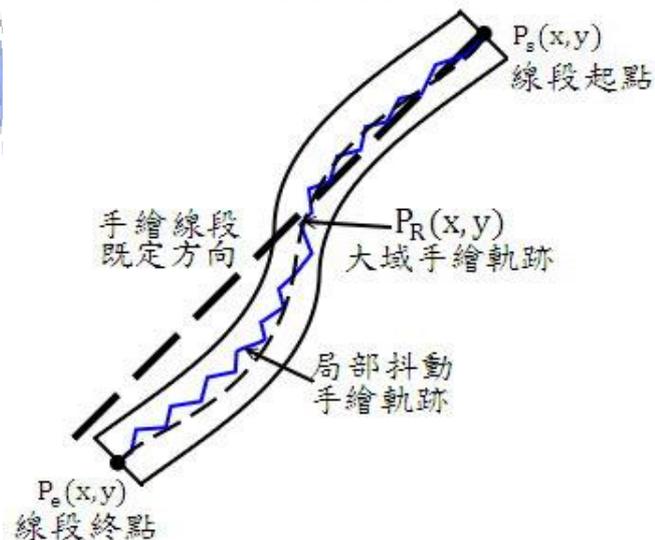


圖 3-12：手繪線段全域偏移與局部抖動現象

基於要模擬上述的四種特性，我們將筆觸模型設計如下，首先我們先分別對每一個參數作說明：

(1). 顏色與寬度：Stroke(I, W)

I (Intensity)：顏色，用來表示鉛筆的類型，從 9H~9B

W(Width)：寬度，用來表示線條的粗細程度， $W \in \{0,1,2, \dots,7\}$

令 W_0 、 W_1 、 W_2 、 W_3 分別為筆觸線段上的四點線段寬度值， $W(x,y)$ 是由 $W_0 \sim W_3 \in [0,7]$ 內插所計算出的 Cubic Spline 三次方程曲線，如圖 3-13 所示。

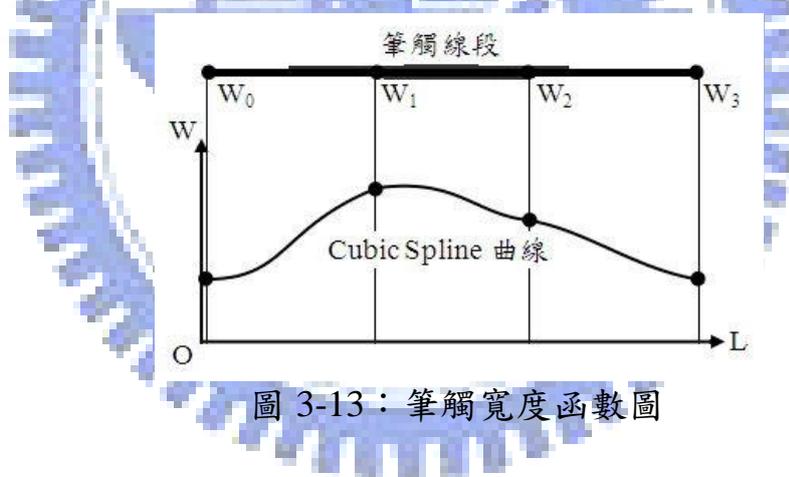


圖 3-13：筆觸寬度函數圖

圖 3-14 為顏色與寬度筆觸圖。



圖 3-14：顏色與寬度筆觸圖

(2). 壓力的影響：Stroke($I, W, I_L, I_{\bar{w}}$)

I_L (Pressure)：壓力函數， $0 \leq I_L(*) \leq 1$

令 I_0, I_1, I_2, I_3 分別為筆觸線段上的四點壓力值， $I_L(x,y)$ 是由 $I_0 \sim I_3 \in [0,1]$ 內插所計算出的 Cubic Spline 三次方程曲線，如圖 3-15 所示。

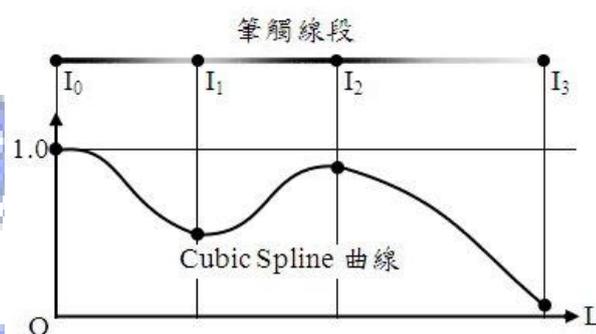


圖 3-15：筆觸壓力函數圖

$I_{\bar{w}}$ (Pressure distribution)：重心分佈函數， $0 \leq I_{\bar{w}}(*) \leq 1$

$I_{\bar{w}}(x,y) = 1 - (\alpha \times w)$ ， $\alpha \in [0,1]$ 表示衰減量、 w 表示離重心位置的距離，如圖 3-16 所示。

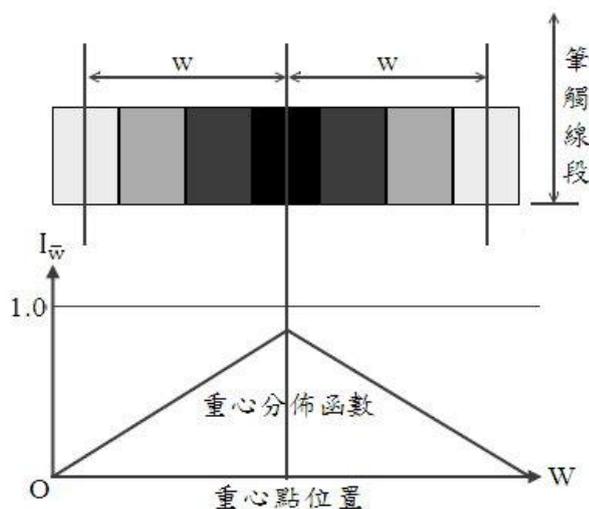


圖 3-16：重心分佈函數圖

$I_{L\bar{w}}(x,y) = I(x,y) \times I_L(x,y) \times I_{\bar{w}}(x,y)$ ， $I(x,y)$ 為原圖亮度值，圖

3-17 為壓力對於顏色影響筆觸圖。



圖 3-17：壓力對於顏色影響筆觸圖

(3). 筆觸抖動不規則性：Stroke(I, W, J, R)

J(Jitter)：週期性的小範圍抖動誤差

$J(x,y) = a \times \sin(t) + b$ ， $a、b \in [0,1]$ 為隨機產生的亂數

$P_j(x,y) = P(x,y) + J(x,y)$ ，圖 3-18 為小範圍抖動筆觸圖。

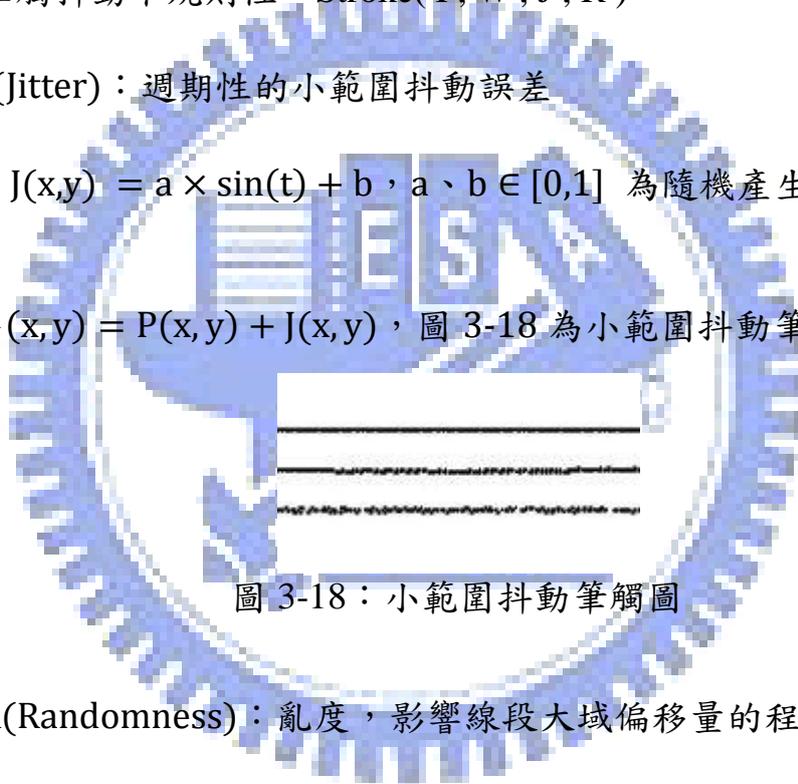


圖 3-18：小範圍抖動筆觸圖

R(Randomness)：亂度，影響線段大域偏移量的程度，模擬較大的
誤差

$P_R(x,y) = R(P_s(x,y), C_1(x,y), C_2(x,y), P_e(x,y))$ 內插所計算出的 Cubic

Spline 三次方程曲線，其中 $P_s(x,y)$ 、 $P_e(x,y)$ 表示線段的起點與終點，

$C_1(x,y)$ 、 $C_2(x,y)$ 則是隨機產生的兩個控制點，如圖 3-19 所示。

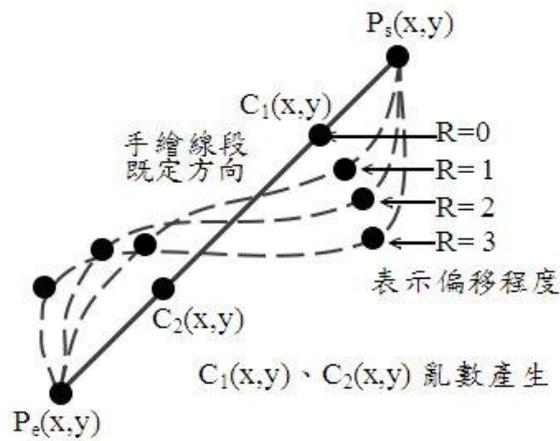


圖 3-19：亂度函數圖

$P_{RJ}(x,y) = P_R(x,y) + J(x,y)$ ，圖 3-20 為大範圍誤差筆觸圖。

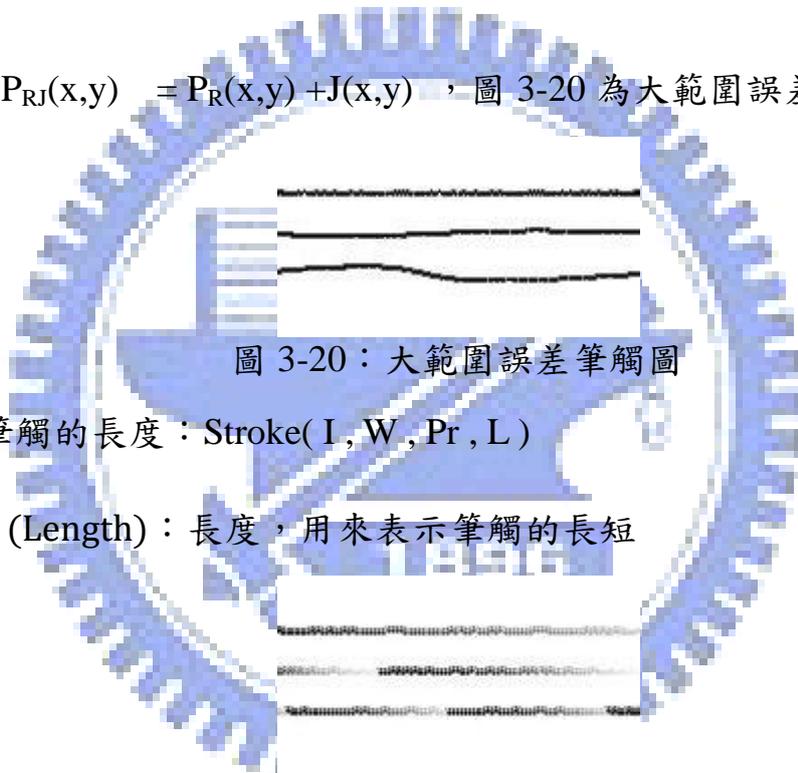


圖 3-20：大範圍誤差筆觸圖

(4). 筆觸的長度：Stroke(I, W, Pr, L)

L (Length)：長度，用來表示筆觸的長短

圖 3-21：相異長度筆觸圖

所以完整的筆觸模型由 Stroke(I, W, Pr, Pd, J, R, L)所組成，圖

3-22 為完整筆觸模型所模擬的筆觸範例呈現。



圖 3-22：完整模型筆觸圖

3.6 繪圖

在上一節中，我們說明了每一線段筆觸的模擬方式，在這一節中，我們將應用上面所提的方法去繪製整個區塊的素描筆跡。在此必須考量的因素包含繪製的方式、線段與線段之間の間隔大小以及線段的角度。以下我們分別針對這幾點加以說明。

(1). 繪製的方式：

在此我們使用了兩種繪製的方式，分別是連續的細線(Hatching)以及交叉連續的細線(Cross-Hatching)，圖 3-23 為模擬連續線段的筆觸圖。

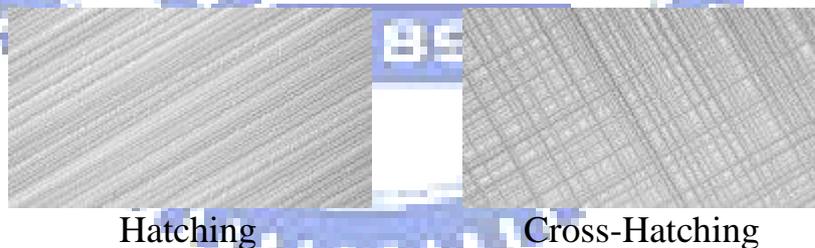


圖 3-23：連續線段筆觸圖

(2). 線段與線段之間の間隔大小：

隨著線段與線段之間の間隔大小不同，整體的視覺效果也將會有所差異。一般我們是將區塊面積較大的區域，間隔設定較大，反之則較小；顏色較淺的區域，間隔設定較大，反之則較小，圖 3-24 為不同的間隔大小所產生的各種筆觸圖。

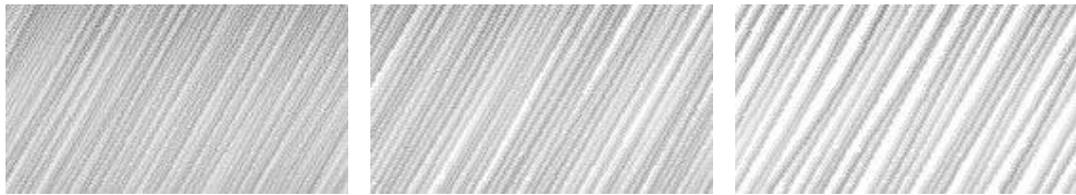


圖 3-24：不同間隔大小的連續線段筆觸圖

(3). 線段的長度：

線段長度變化對視覺效應所造成的影響甚鉅，圖 3-25 為三種不同長度所產生的各種筆觸圖，一般我們是將區塊面積較大的區域設定較長的筆觸，而影像中相對較細膩的部分則使用較短的筆觸。

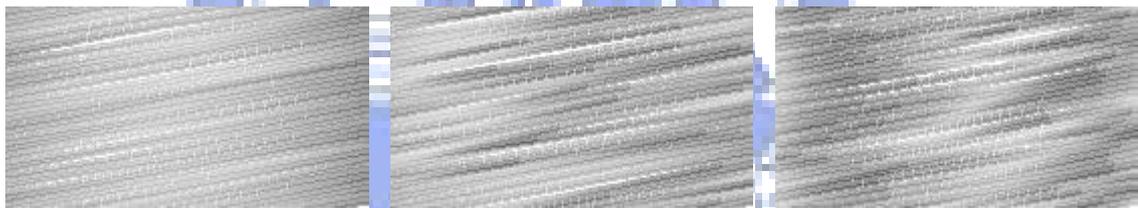


圖 3-25：不同長度的連續線段筆觸圖

(4). 線段的角度：

決定線段在區塊中的角度，如果是從區塊中的每一個像素去計算，這將會是一件相當繁瑣的工作，所以在此我們使用了更簡單的方法，先找出包圍此區塊的最小矩形，然後計算此矩形對角線與底邊的夾角，此夾角當作是線段在此區塊中的角度，如圖 3-26 所示。

雖然這個方法相當的容易，但產生的效果卻也令人滿意。

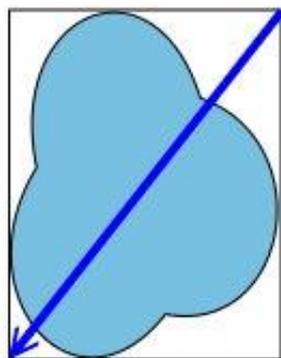


圖 3-26：線段的角圖



第四章 實驗結果

在這個章節中，首先我們針對系統運作的程序作個說明，並且針對效能的部分作一個分析，並與參考文獻中所提出的方法作一個比較，接著分析本論文所提方法的優缺點。然後針對論文中所提到，影像簡化的處理及輪廓擷取所造成的影響作個差異性的比較。最後我們將列出本實驗的結果以及相關文獻的結果。

4.1 系統運作程序

本系統運作的方式可分成兩種模式：一種為全自動式的產生處理方式，也就是在執行時，僅需提供輸入的原始影像，而系統會產生一張對應的素描風格影像以及影像中每一個區塊的筆觸設定檔。

而另一種模式為可調整式的產生處理方式，則是在執行時，必須同時輸入原始影像以及筆觸設定檔，其中可設定的筆觸參數包含筆觸類型、線條寬度、亂度、間隔的大小、線條的長度、區塊的亮度以及筆觸的角度等。在此模式中，每一個區塊的筆觸參數是由筆觸設定檔的資料來決定，透過這些不同的參數設定，將使得系統產生的素描風格影像圖有著不同的視覺效果。

4.2 效能分析

本程式是在 Intel Core2 Due CPU 2.4GHz 搭配 2.0 GB RAM 的環境下進行測試。當輸入大小為 1024×768 影像時，從輸入到最後產生結果圖的時間約為 35~55 秒之間；相較於文獻[5]與文獻[17]約 3~5 秒、文獻[11]約 3~5 分鐘，還算是一個可接受的時間範圍。

文獻[5]是採用 LIC 筆觸生成的方式，且並未對區塊的劃分作處理，所以可預期的是在灰階上能夠有較細膩的表現；然而換個角度說，呈現方式不似鉛筆素描，反倒像是原圖的另類呈現。而文獻[11]則是與本論文相同，先針對區塊作劃分，再去執行筆觸的貼圖。文獻[17]就灰階分佈將影像劃分為 4 個區塊，再於區塊中以 LIC 方式產生筆觸。

相較於文獻[17]，本論文有下列兩項改進：

- (1). 在影像切割處理上利用文獻[2]的技術加以改良，分群結果不再侷限於 4 區塊，更能近似於原圖的灰階分佈特性。
- (2). 捨棄 LIC 筆觸，而採全新的筆觸生成模式，將 3.5 節所述的各項筆觸參數納入考慮，所產生的筆觸較 LIC 筆觸更像鉛筆所繪。

其中本論文的程式的瓶頸在於筆觸的模擬生成上，尤其是對大面積短筆觸的區域生成時，對於每一條線段都必須來回重複多次的計算，才能完成筆觸的生成；當區域劃分的過於鬆散時，這也會造成很多計算上的負擔。

另外在影像分群時，若是設定的量化參數不恰當，則最後所產生的結果圖將會是差強人意的，如圖 3-8 所示，不當的區塊劃分將使得影像中的部分特徵被捨棄。

本論文系統的技術重點在於，影像經分群處理後，對每區塊再以前述筆觸參數經內定程序產生筆觸繪製；並可依呈現視覺效果由使用者調整相關區塊的筆觸參數來達到主觀的美感要求。

目前產生筆觸效果的內定程序，所產生的視覺效果和文獻[17]相較之下顯的相當“生硬”，不若後者的結果“自然”、“美觀”（請參考圖 4-15、圖 4-19 與圖 4-23 的結果比較）。但若針對特定區塊的筆觸參數以“美術”觀點進行調整，則整體效應呈現令人驚嘆（請參考圖 4-31 與圖 4-5、圖 4-6、圖 4-7 的結果比較）。

4.3 參數的影響

(1). 影像簡化

圖 4-1 為原始影像圖，圖 4-2 為影像簡化後的圖片。我們從圖片中可明顯的觀察出，經由影像簡化的處理過程後，影像中的區塊劃分的更為圓滑，並且過濾掉面積較小的區塊，這將使得最後所產生的結果有更好的效果，其相關的執行程式參考自 <http://www.cs.unc.edu/~tjohnson/>。



圖 4-1：Banana 原圖區塊劃分圖



圖 4-2：Banana 影像簡化後的區塊劃分圖

(2). 輪廓處理

圖 4-3 為未處理輪廓時所生成的結果圖，圖 4-4 為加上邊緣偵測後的結果。從兩張圖中可明顯的觀察到，加上輪廓邊緣後，能有一種突顯物體主題的效果，加上皺痕邊緣則能夠使得區塊的劃分為正確。



圖 4-3：Banana 未處理輪廓圖



圖 4-4：Banana 處理輪廓圖

4.4 區塊中筆觸參數變化與視覺效果對照

在第 3 章中，對於筆觸的各個參數有著詳細的說明。在此節中，我

們呈現不同筆觸參數的素描影像結果圖，其中調整的影像中區塊內筆觸參數包括筆觸的濃淡、筆觸的長度以及筆觸的間隔。

茲以跑車影像背影區塊中筆觸的濃淡、長度與間隔參數變化為例，觀察相對的不同視覺效應，跑車及地面的筆觸參數在所有圖例維持不變。圖 4-5 為長筆觸的呈現、圖 4-6 為中長筆觸的呈現、圖 4-7 為短筆觸的呈現，且每一組圖由左至右筆觸濃度遞減，由上到下筆觸間隔遞增。圖 4-8、4-9、4-10 則依序為長筆觸、中長筆觸、短筆觸的最小濃度、最大間隔的結果。



圖 4-5：長筆觸效果圖

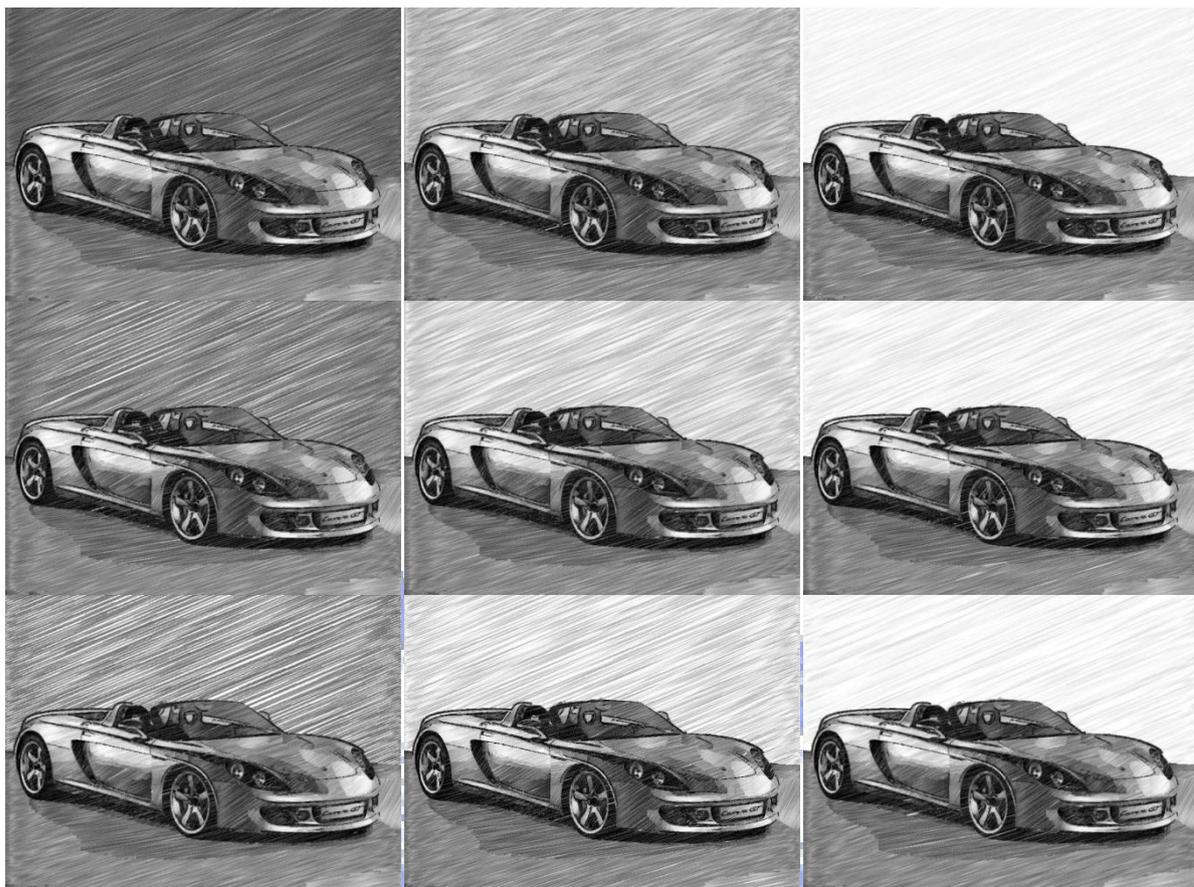


圖 4-6：中長筆觸效果圖



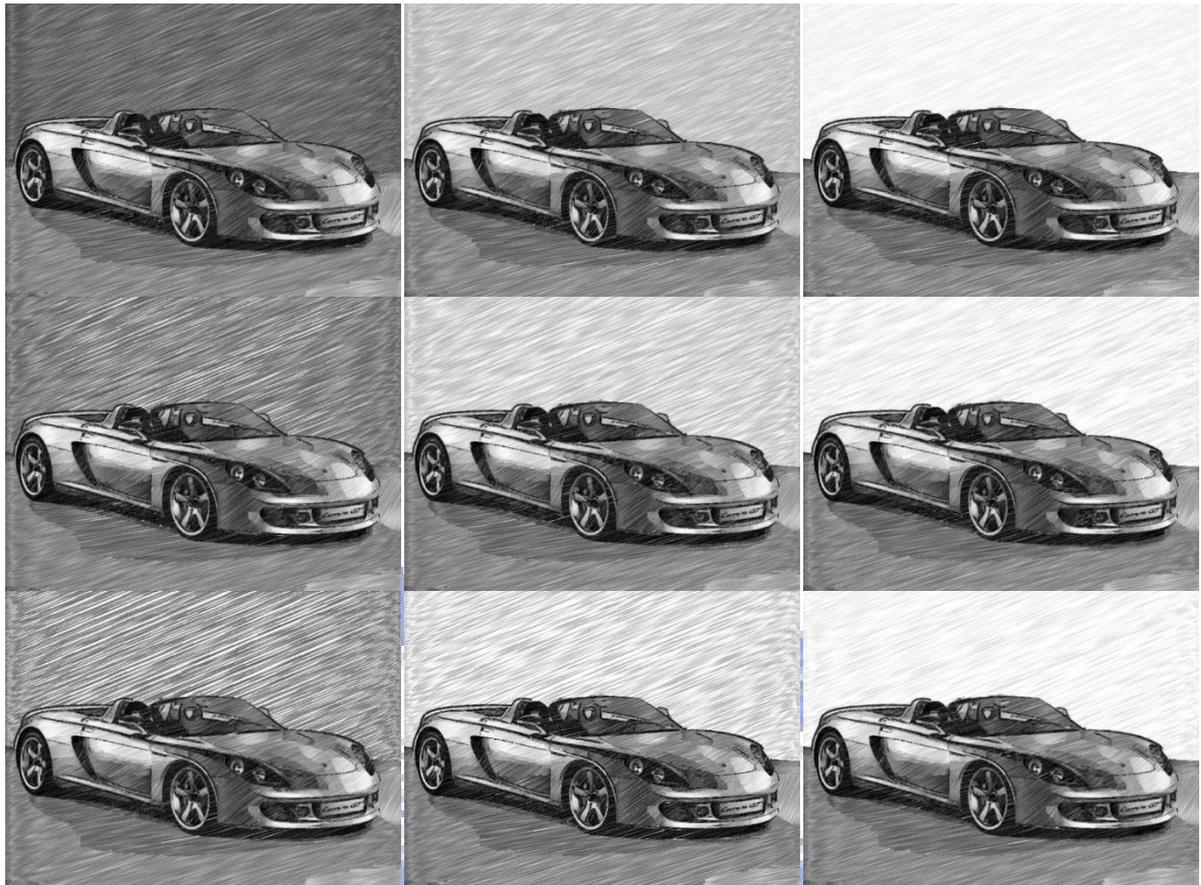


圖 4-7：短筆觸效果圖



圖 4-8：長筆觸最小濃度最大間隔圖



圖 4-9：中長筆觸最小濃度最大間隔圖



圖 4-10：短筆觸最小濃度最大間隔圖

4.5 結果圖

(1). Banana

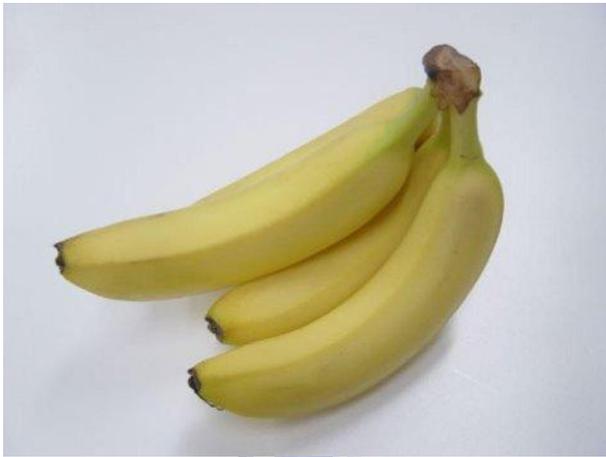


圖 4-11：Banana 原圖

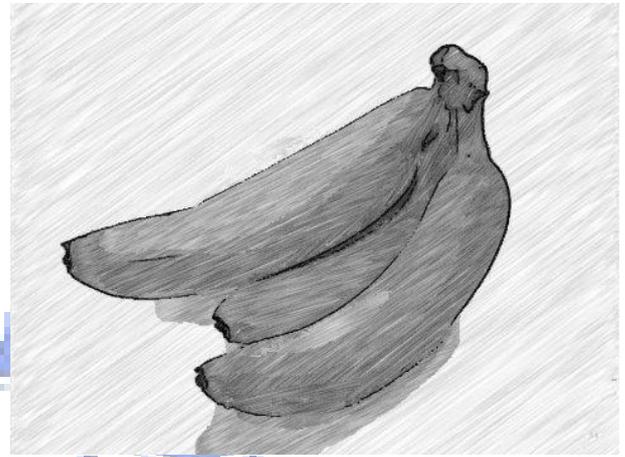


圖 4-12：Banana 素描結果圖



圖 4-13：Banana 文獻[5]素描結果圖

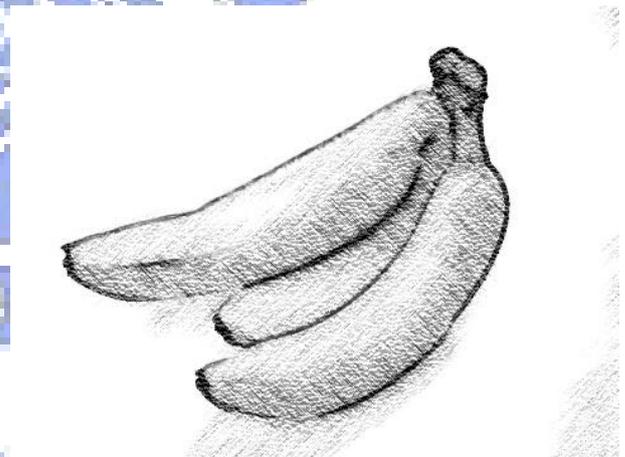


圖 4-14：Banana 文獻[17]素描結果圖

(2). Lena



圖 4-15：Lena 原圖



圖 4-16：Lena 素描結果圖

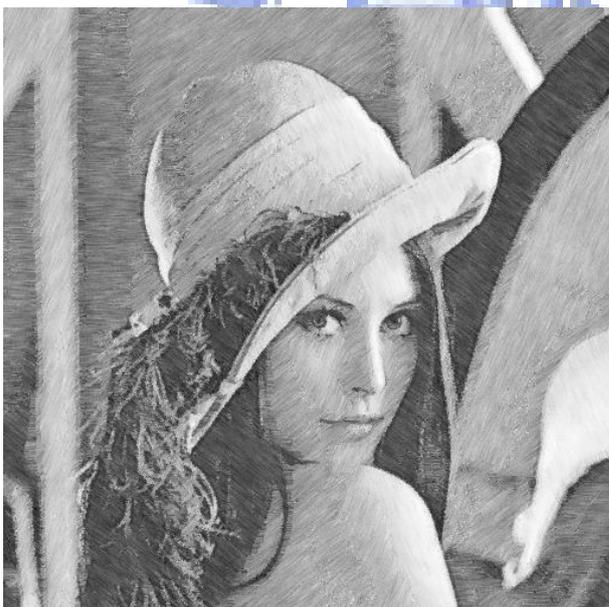


圖 4-17：Lena 文獻[5]素描結果圖



圖 4-18：Lena 文獻[17]素描結果圖

(3). Grace Kelly 1



圖 4-19：Grace Kelly 1 原圖

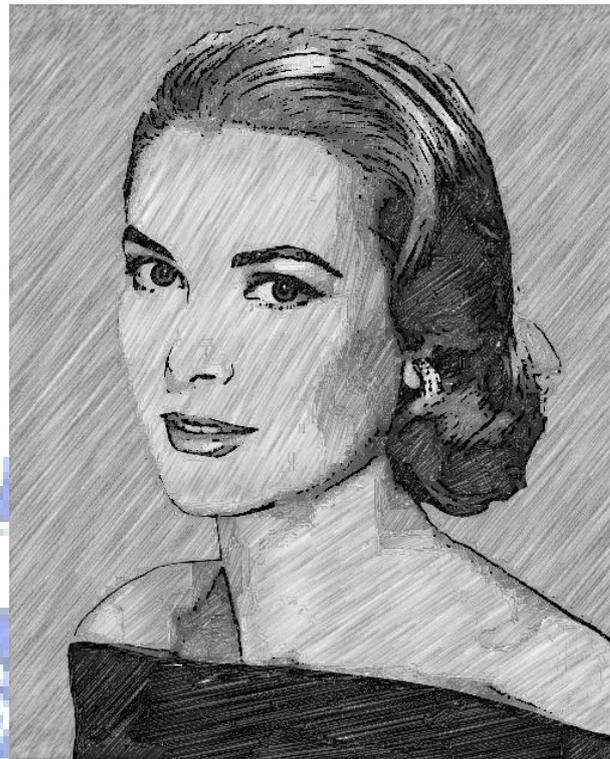


圖 4-20：Grace Kelly 1 素描結果圖



圖 4-21：Grace Kelly 1 文獻[5]素描結果圖

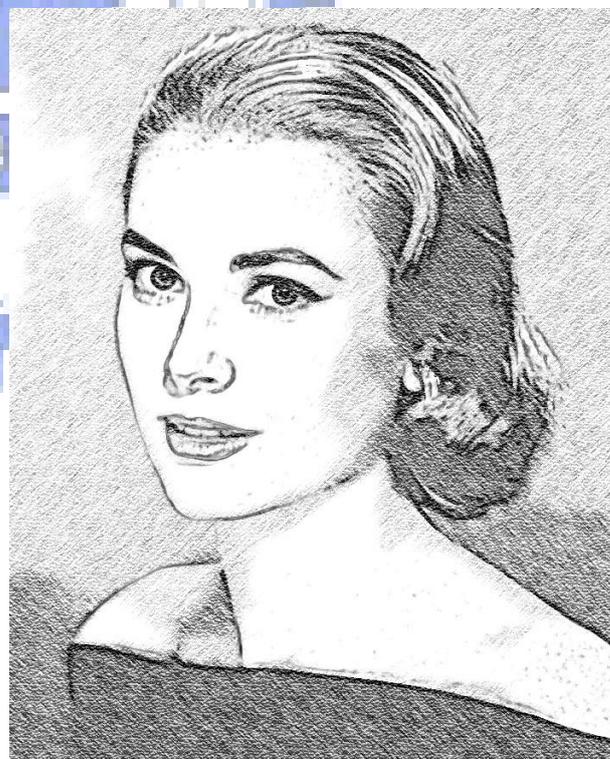


圖 4-22：Grace Kelly 1 文獻[17]素描結果圖

(4). Grace Kelly 2



圖 4-23 : Grace Kelly 2 原圖

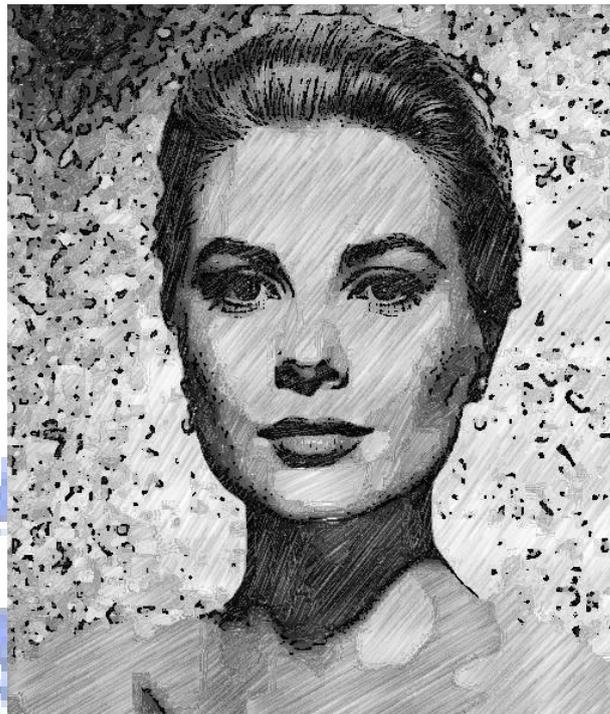


圖 4-24 : Grace Kelly 2 素描結果圖



圖 4-25 : Grace Kelly 2 文獻[5]素描結果圖

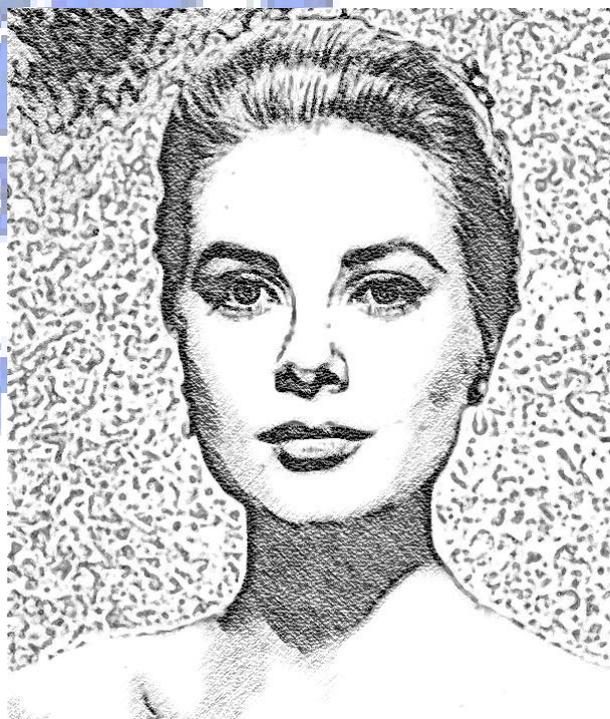


圖 4-26 : Grace Kelly 2 文獻[17]素描結果圖

(5). Castle



圖 4-27：Castle 原圖



圖 4-28：Castle 素描結果圖



圖 4-29：Castle 文獻[5]素描結果圖

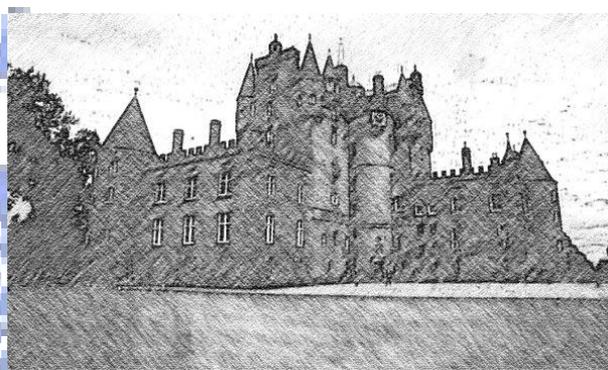


圖 4-30：Castle 文獻[17]素描結果圖



(6). Car



圖 4-31：Car 原圖



圖 4-32：Car 素描結果圖

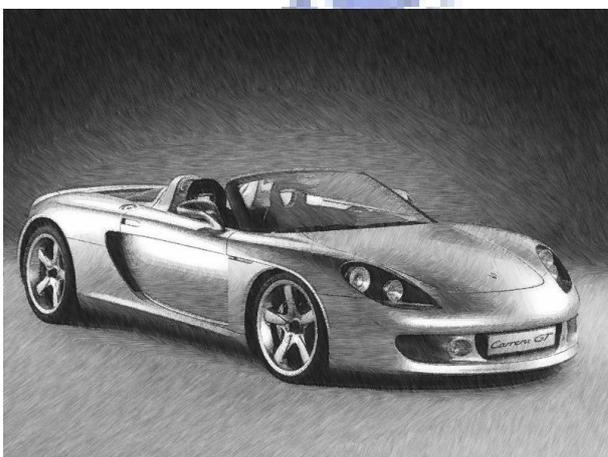


圖 4-33：Car 文獻[5]素描結果圖



圖 4-34：Car 文獻[17]素描結果圖

(7). Car 2



圖 4-35 : Car 2 原圖



圖 4-36 : Car 2 素描結果圖



圖 4-37 : Car 2 文獻[5]素描結果圖



圖 4-38 : Car 2 文獻[17]素描結果圖

(8). Baseball



圖 4-39 : Baseball 原圖

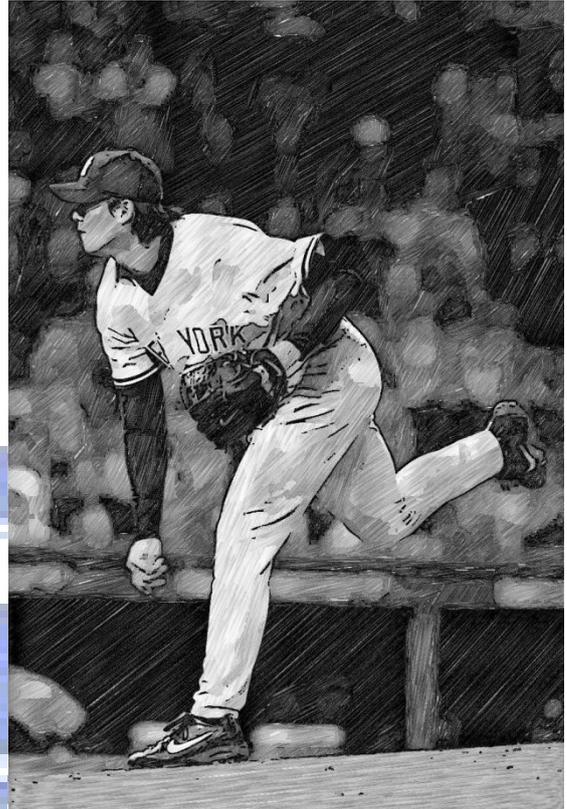


圖 4-40 : Baseball 素描結果圖

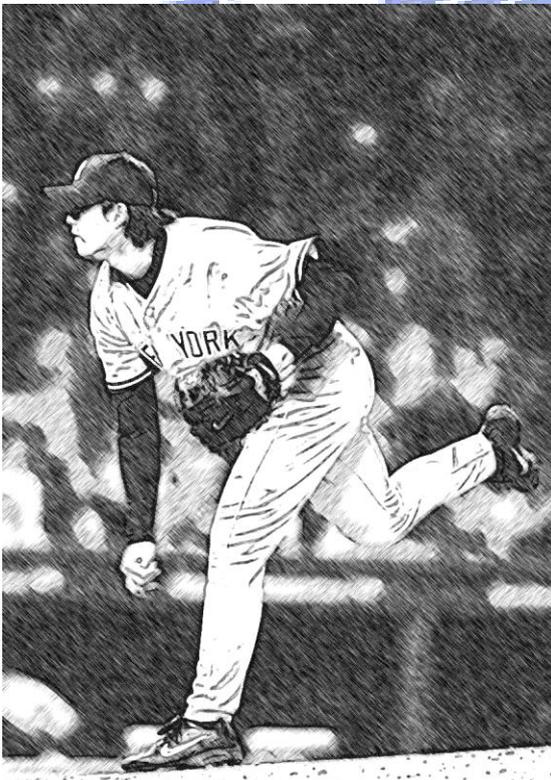


圖 4-41 : Baseball 文獻[5]素描結果圖

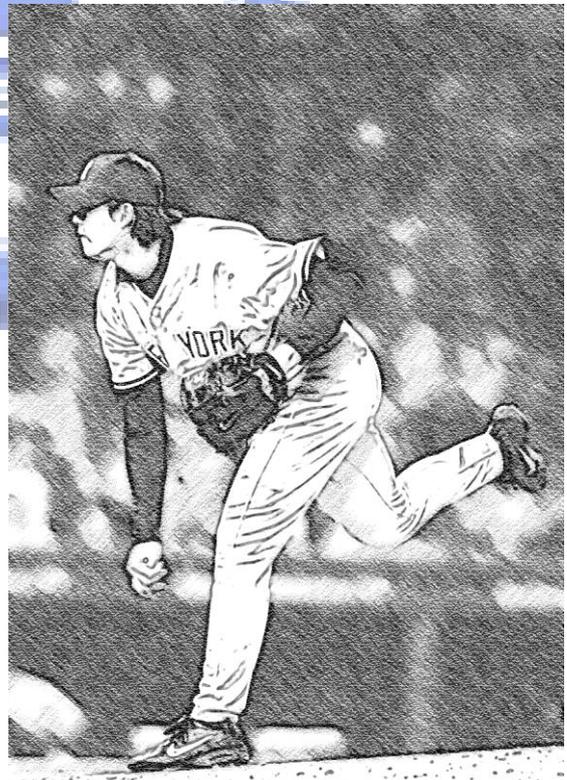


圖 4-42 : Baseball 文獻[17]素描結果圖

(9). Bird



圖 4-43 : Bird 原圖



圖 4-44 : Bird 素描結果圖



圖 4-45 : Bird 文獻[5]素描結果圖



圖 4-46 : Bird 文獻[17]素描結果圖

(10). Glass



圖 4-47：Glass 原圖



圖 4-48：Glass 素描結果圖



圖 4-49：Glass 文獻[5]素描結果圖



圖 4-50：Glass 文獻[17]素描結果圖

(11).Scenes

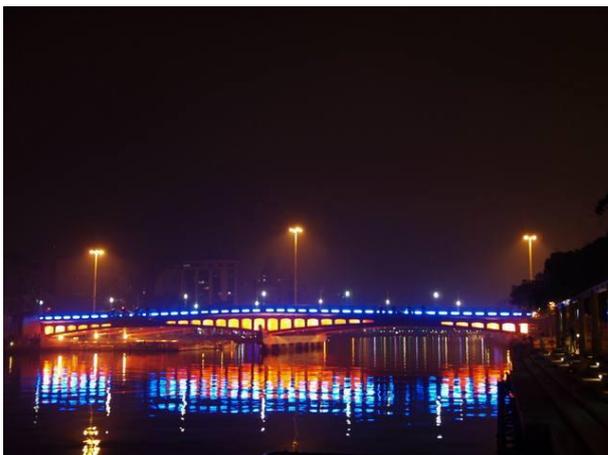


圖 4-51：Scenes 原圖

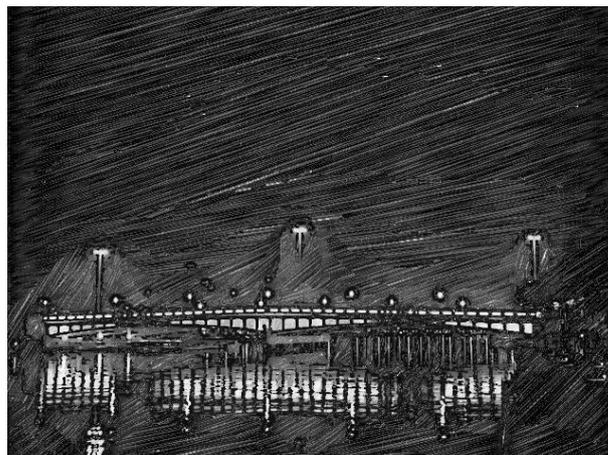


圖 4-52：Scenes 素描結果圖

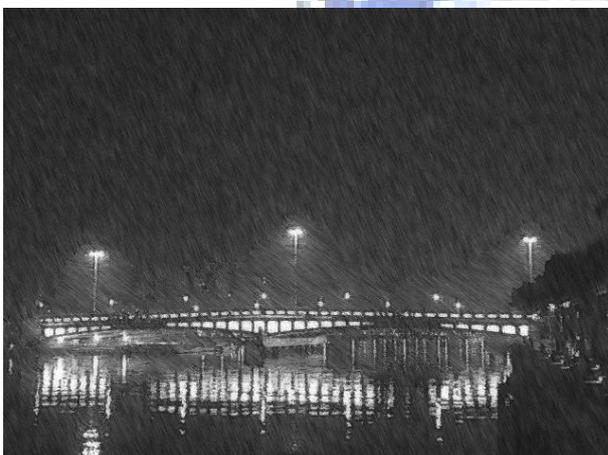


圖 4-53：Scenes 文獻[5]素描結果圖

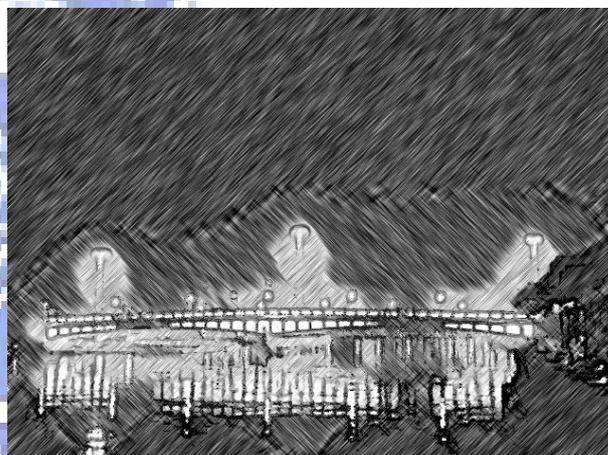


圖 4-54：Scenes 文獻[17]素描結果圖

第五章 結論

在本論文中提出了一種，將原始數位影像轉換成素描風格形式影像的方法，主要的流程可分成以下的三個步驟：先將影像分群，接著分析區塊的特性，最後再模擬筆觸的生成。

相較於其他文獻中所提出的方法，本方法的優點在於：對於筆觸的控制上有更多的考慮，這將使得筆觸能有更像鉛筆素描的視覺效果，且對於某些型態的輸入影像已經能夠產生出令人滿意地結果。

而本方法中仍有許多部份是尚待改進的，例如：

- (1). 影像輪廓濃淡的處理，可進一步引進局部灰階資訊加以改進。
- (2). 影像分群的方式，其處理結果會是影像最後生成結果的一個很重要的因素。人眼視覺機制相關因素的引進，應可大幅改進僅憑相似灰階或色調執行分群運算所得結果。
- (3). 區塊內部筆觸參數設定自動化，應可藉由人眼視覺機制相關因素的引進，而得到較符合於主觀“美學”要求的呈現。

(2)與(3)的整合設計中，納入相關視覺機制因素的考量，可為長期探索中目標。

參 考 文 獻

- [1]. H. Kang, S. Lee. "Shape-simplifying Image Abstraction". Computer Graphics Forum, Vol. 27, No. 7, pp. 1773-1780, 2008.
- [2]. Holger Winnemöller, Sven C. Olsen, Bruce Gooch, "Real-Time Video Abstraction", Proceedings of ACM SIGGRAPH 2006.
- [3]. Hui-Qin Wang, "Research of Generating Sketching Style from Original Image", Journal of Computer Applications Vol.28 No.7 Sep. pp.1735-1737, 2008.
- [4]. M. Son, H. Kang, Y. Lee, S. Lee. "Abstract Line Drawings from 2D Images". Proc. Pacific Graphics, IEEE Press, pp. 333-342, Maui, Hawaii, 2007.
- [5]. Fang-Shuoh Lee, Cheng-Chung Lin, "Study on the Control of Drawing Strokes", Master thesis, 2007.
- [6]. Jin Zhou, Baoxin Li, "Automatic Generation of Pencil-Sketch Like Drawings from Personal Photos", IEEE International Conference on Multimedia and Expo, 2005.
- [7]. Yen-Chi Chang, Cheng-Chung Lin, "Automatic Generation of Pencil Drawing from Photo", Master thesis, 2005.
- [8]. G. Winkerbach, D. H. Salesin, "Computer-Generated Pen-and-Ink Illustration", SIGGRAPH94 conference proceedings, pp. 91-100, 1994.
- [9]. Michael P. Salisbury, Sean E. Anderson, Ronen Barzel, David H. Salesin, "Interactive Pen-and-Ink Illustration", Computer Graphics Proceedings, pp.101~108, 1994.
- [10]. Semet Y., O'Reilly U.M. and Durand F., "An Interactive Artificial Ant Approach to Non-Photorealistic Rendering", In Proceedings of GECCO 2004: Genetic and Evolutionary Computation Conference
- [11]. M. Salisbury, M. Wong, J. Hughes, and D. Salesin. "Orientable textures for image-based pen-and-ink illustration". Computer Graphics (SIGGRAPH 97 Proceedings), pp. 401~406, 1997.
- [12]. Lee, H., Kwon, S., and Lee, S. 2006. "Real-time pencil rendering". In Proceedings of the 4th international Symposium on Non-Photorealistic Animation and Rendering (Annecy, France, June 05 - 07, 2006). NPAR '06. ACM, New York, NY, 37-45.

- [13]. Lewis, J. P., Fong, N., XueXiang, X., Soon, S. H., and Feng, T. 2005. "More optimal strokes for NPR sketching". In Proceedings of the 3rd international Conference on Computer Graphics and interactive Techniques in Australasia and South East Asia (Dunedin, New Zealand, November 29 - December 02, 2005). GRAPHITE '05. ACM, New York, NY, 47-50.
- [14]. Praun, E., Hoppe, H., Webb, M., and Finkelstein, A. 2001. "Real-time hatching". Proceedings of SIGGRAPH 2001, 579 – 584.
- [15]. Shigefumi Yamamoto, Xiaoyang Mao, Atsumi Imamiya, "Enhanced LIC Pencil Filter", IEEE Computer Graphics, Imaging and Visualization Proceedings, pp. 251~256, 2004.
- [16]. Xiaoyang Mao, Yoshiyasu Nagasaka, and Atsumi Imamiya, "Automatic Generation of Pencil Drawing From 2D Images Using Line Integral Convolution", CAD/Graphics', pp. 240~248, 2001.
- [17]. Chi-Cheng Chen, Cheng-Chung Lin, "Automatic Generation of Pencil Sketching with the Effects of Paper Texture", Master thesis, 2006.

