

國立交通大學

資訊工程系

碩士論文

相片中主體之突顯與素描



From Image to Sketch :

With the emphasis of visual targets

研究生：馬紀哲

指導教授：林正中 博士

中華民國九十三年七月

相片中主體之突顯與素描

學生：馬紀哲

指導教授：林正中 博士

國立交通大學資訊工程學系碩士班

中文摘要

隨著科技的進步，數位相機的普及，人們儲存數位影像的數量與日俱增，進而希望能夠對所儲存的影像作特殊的處理，以達到更大的娛樂效果。由於坊間的影像處理軟體仍有十分大的改良空間，加上無法針對圖片的重點做處理，故本篇論文針對電腦素描初步提出一自動產生數位影像之主體加強素描效果圖之方法，以使得效果更為突顯。

此篇論文提出之自動產生數位影像主體加強素描效果圖的方法概略分為三個階段。第一階段：找出圖片中的主體物件。第二階段：將輸入的彩色圖像檔轉為灰階，並做分群的動作。第三階段：產生筆觸，並依據第二階段分群的結果將這些筆觸合成上去。綜合前三階段，我們的設計可以產生一張具素描效果的圖像並且可以抓出主體物件的區域，最後只要將主體物件以外的區域做淡化處理即可得到理想的結果。

此論文提出方法之優點在於改良一般市面軟體素描效果的筆觸單一方向性，與避免其他研究所提出方法所需要的大量人工介入，及對圖片的主體加

強等等。吾人並將提出的方法以 C 語言程式碼實作出來，並經由各種不同的測試照片，透過吾人之方法處理，最後所得的結果再與市面上的軟體比較，結果是讓人滿意的。希望未來可以將此自動化就所給圖片而產生加強主體素描效果圖的方法做得更加成熟，也希望能應用在各種需要影像處理的產品中，如一般的影像處理軟體、數位相機、以及手機，增加這些產品的娛樂效果，祈望能達成些許貢獻。



From image to sketch :

With the emphasis of visual targets

Student : Ma-Chi Che

Advisor : Prof. Cheng-Chung Lin

Institute of Computer Science and Information Engineering
National Chiao-Tung University

英文摘要

We present an approach that could automatic generate a pen-and-ink illustration from a photograph and with the emphasis of the visual target in the image. This approach includes three steps. First, find the block of the visual target in the image. Second, group the grayscale image. Third, map the strokes to the grouped image. According to the three steps, we could generate the pen-and-ink illustration from an image with the visual target emphasis. The advantages of our approach are automatic generating multi-direction strokes, fast processing time, and visual target emphasis. We implement the framework with the C code and demonstrate with many kinds of pictures.

誌謝

首先感謝我的指導教授 林正中 老師的指導，在他的諄諄教誨、辛勤指導與勉勵下，而得以順利完成此論文。同時也要感謝諸位同學與學弟們，你們的陪伴讓我的生活充滿歡樂；也讓這些年的研究生活更加多采多姿與充實。此外還要感謝陪伴我走過這段時間的每一個人。讓我在這研究的路上走的更順利，進而能更無後顧之憂的從容學習，使我能堅持追求自己的理想。所有支持我、勉勵我的師長與親友，奉上我最誠摯的感謝與祝福，謝謝你們。

馬紀哲 2004.7.20



目錄

中文摘要	I
英文摘要	III
誌謝.....	IV
目錄.....	V
圖目錄	VII
第一章 簡介	1
1.1 PR 與 NPR	1
1.2 電腦素描	3
1.3 概觀	5
第二章 相關研究	8
2.1 電腦素描技術沿革	8
2.1.1 互動式的素描圖像產生方式.....	9
2.1.2 全自動化的素描產生方式.....	11
2.2 其他	11
2.2.1 銅版蝕刻效果.....	11
2.2.2 圖像對照素描圖產生法.....	13
第三章 處理方法	17
3.1 主體區域選取.....	18
3.1.1 彩色照片主體區域之選取.....	19
3.1.2 加強主體區域的選取範圍.....	24
3.2 圖像分群	26
3.3 筆觸合成	28
3.3.1 點陣筆觸.....	28
3.3.2 斜線筆觸.....	29
3.3.3 筆觸方向.....	30
3.3.4 主體輪廓擷取.....	31
3.4 整體效果	33
第四章 實驗結果	34

4.1 參數	34
4.2 結果圖與統計資料	36
第五章 結論	42
參考文獻	44



圖目錄

圖 1-1：素描圖--少女半身像，作者拉斐爾 (RAPHAEL SANTI)	4
圖 1-2：素描圖--向綠意深處走，作者吳重安	4
圖 1-3：一個心形的數位影像	5
圖 1-4：使用商業軟體 ADOBE PHOTOSHOP 作電腦素描處理之結果	6
圖 1-5：經由此篇論文方法產生的主體加強素描效果圖	7
圖 2-1：由左而右依序為明暗度圖，筆觸方向圖，筆觸集合圖，素描結果圖	10
圖 2-2：由左而右依序為明暗度圖，輪廓圖，素描結果圖	10
圖 2-3：由 DIGITAL FACIAL ENGRAVING 技巧所產生的銅版蝕刻圖形，取自原作者實驗結果	12
圖 2-4：由 DIGITAL FACIAL ENGRAVING 技巧所產生的銅版蝕刻圖形 (右圖) 與其對照原圖 (左圖)，非原作者實驗結果	12
圖 2-5：解析度轉換，由高解析度 A' 圖對低解析度 A 圖之對照，自動產生比 B 圖解析高的 B' 圖	14
圖 2-6：多質感轉換，由左方二張不同質感圖的比較，使得右方二張圖的質感得以互相轉換	14
圖 2-7：多質感轉換，由 A、A' 的對照關係及 B 的資訊，產生全新之人造地貌圖像 B' 圖	14
圖 2-8：傳統影像濾鏡，由 A' 為 A 的渲染效果對照，自動產生 B 的渲染效果 B'	15
圖 2-9：感質合成，由左方的小張的質感圖合成右方的完整大張質感圖	15
圖 2-10：圖 A' 為 A 經 PHOTOSHOP 素描處理後效果圖，利用對應關係產生 B 之素描效果 B' 圖	15
圖 2-11：圖 A' 為 A 經 PHOTOSHOP 素描處理後效果圖，利用對應關係產生 B 之素描效果 B' 圖。與圖 2-10 對照	16
圖 3-1：彩色圖像之素描呈現處理流程	18
圖 3-2：HSV 色彩空間的模型	19
圖 3-3：東方人皮膚的色調值分佈範圍	21
圖 3-4：左圖為待處理的彩色圖像，右圖為經 HSV 主體區域範圍選取而得的遮罩影像，右圖白色部份即為主體區域	21
圖 3-5：左圖為待處理的彩色圖像，右圖為其色調值分佈統計表	22
圖 3-6：自動找尋主體物件色調分佈範圍圖示	23
圖 3-7：遮罩加強 (MASK EXPANDING) 處理過程圖示	24
圖 3-8：遮罩加強 (MASK EXPANDING) 處理範例，由左至右分別為 ME1813 = 0, ME1813 = 2, ME1813 = 100	25
圖 3-9：灰階值分群表	27
圖 3-10：左圖為待處理灰階圖像，右圖為左圖經過分群的處理後的圖示	28
圖 3-11：半色調處理，將灰階的明亮度改用點的密度來代替	29
圖 3-12：三十六種的筆刷形式	29
圖 3-13：分析亮度變化以決定筆觸方向	30

圖 3-14：四個區塊的光源方向與其對應的筆觸方向	31
圖 3-15：在經過筆觸合成的結果圖範例	31
圖 3-16：邊界擷取方法圖例	32
圖 3-17：邊界擷取效果圖示	32
圖 3-18：(A) 原始素描結果, (B) 主體強調效果, (C) 加上主體邊界結果	33



第一章

簡介

隨著科技的進步，電腦及數位相機的普及，人們在日常生活中，常常需要接觸到數位影像。數位影像之來源基本上有二，一由電腦繪圖產生，一由數位相機拍攝。電腦繪圖技術所呈現之畫面傳統上以追求與照相機拍攝實景之相片無分軒輊為目標，是謂擬真顯示 (photorealistic rendering, PR)，唯近年來另有所非擬真顯示技術 (non-photorealistic rendering, NPR) 之與起，以追求娛樂或藝術效果為主要標的。在影像處理領域中與 NPR 相互輝映者，則為將影像藝術化，諸如將影像轉為素描、水墨渲染或其他藝術效果之呈現。將相片作素描處理即為本論文探討之主題。

1.1 PR 與 NPR

簡單說來，電腦圖學的技術就是如何使用電腦來產生人類所需要且想要看到的圖像的技術，基本上是為了傳達視覺的資訊。任一張電腦圖學成像，均可依其中的呈現方式將其分成二類，即與相片品質相當的擬真顯示 (PR, photorealistic rendering) 和非擬真且具特定呈現品味之圖片 (NPR, non-photorealistic rendering)。一般而言，我們會直覺的認為 PR 的電腦圖像應該在各種應用都會優於 NPR 的電腦圖像，其實並不盡然。PR 或者是 NPR 各有其應用特點；舉例來說，當要記錄一張犯罪現場的圖像於電腦中，我們會想要這張

圖像愈能鉅細靡遺愈佳，因為任何一個小地方都有可能成為重要的線索，所以在這種情況下我們會選擇使用 PR 的方式來呈現此電腦圖像。但是現在換個狀況，假設我們是個賣預售屋的生意人，因為此時房屋尚未建好，我們必需要拿房子的預視圖給顧客參考，這時就會想要選擇使用 NPR 的圖像來給顧客作房屋成品的參考圖，而不是對各個細節都描繪的很清楚的 PR 圖像。之所以會做這樣的選擇是因為有一項研究指出如果若拿 PR 的圖像給顧客當未來房屋的參考圖，當房子完工時，顧客通常會感到很失望，而導致顧客與賣主間發生口角衝突，這是因為 PR 圖像把所有細節都描繪得一清二楚，所以只要有一點點的不同就會引起顧客的反感，而且更使得整件工程變得沒有彈性，必需完全按圖施工。故使用 NPR 的圖像確實不失為一種好選擇，使用較不精確的鉛筆素描圖並省略冗長且繁雜的細節，在建造時可以做適當的修改，建商與顧客間更可以多多交換意見。故 NPR 在許多方面是優於 PR 的，而且應用其實非常廣泛，像是在許多的使用說明書中，常常可以看到 NPR 的圖像，它能夠更深刻的描繪出我們所要強調的重點。又例如在許多的醫學書籍中，亦能見到 NPR 圖形的大量應用，像利用手繪的素描來強調神經組織的形狀等等，由此可知 NPR 在於強調圖像的重點是相當有效用的，它可以忽略掉無關緊要的細節，並且強調有用的特徵（當然醫學書籍中 PR 圖形的使用也相當頻繁，例如記錄皮膚的狀態等等。）。然而 NPR 還有一個最大的功能，就是其可以產生選定的藝術效果，本篇論文中主要便是著重於此點應用，NPR 可以達成的藝術效果圖有許多種，像是油畫、國畫、素描、蝕刻都有，本篇則是著重於素描的效果的改良。假設某人現在想要畫出一張很棒的素描效果圖，但是他卻不是藝術家，畫出來的效果也許不好；又或者某人想省麻煩，要電腦幫他自動產生這些圖，這時便是 NPR 技術使用的大好時機了。

1.2 電腦素描

在這小節中吾人將簡介電腦素描的一些基本概念以及相關名詞。在素描圖像中，圖像質感 (texture) 是由許多筆觸整體集成而呈現的，故每一筆筆觸不必畫的非常精細，甚至我們需要感覺不是很工整的筆觸以避免產生機械化圖像的感覺。電腦素描是要仿照人在素描的一個效果，既然人不是每一筆都是畫工整完美的直線，那麼電腦素描技術便一定要有這種不規則筆觸的存在。

最常見的素描筆觸包括了：斜線筆觸 (hatching)，由許多近似平行的線條所構成。交叉筆觸 (cross-hatching)，由各個方向的單方向筆觸交錯而成，也許各方向會有許多重疊部分。點陣筆觸 (stippling)，由許多小點或是極短的線段所形成的筆觸，半色調技術 (halftone) 為其代表。而上述筆觸之呈現如之前所提到的，也需要一些不規律的分佈和濃淡變化，以避免機械化的生硬效果，如單向筆觸的筆觸間隔與長短變化，半色調筆觸的點陣密度等等。

明暗度 (tone) 指的是影像中物體表面區域相對於我們視覺的明亮程度。在傳統的素描技術中，一片區域明暗度 (tone) 並非藉由均勻的灰度描繪在白紙上來呈現，而是用許多的單一線條之分布造成視覺上的明暗度 (tone) 相似；故可以說是利用黑色筆觸墨水與白色紙底的比例來表示一個區域內的明暗度 (tone)。不同筆觸可以構成相同的視覺明暗度 (tone)，但卻會有不同的質感 (texture) 之呈現。

雖然灰階影像中不同明暗區域的分隔在電腦素描中可以用筆觸的疏密不同而將此灰階不同的二區域明確的分隔開來；有些電腦素描技術為了強調相鄰區域對比的灰階值，額外使用了將輪廓 (outline) 強調出來的技術。輪廓的強調技巧是一個美學觀點的問題，舉例來說，比較硬的物體其輪廓就可以給的深些，

反之，比較軟的物體就把輪廓給得淡些。而前面提到其實輪廓已經隱藏於相鄰區域之不同的明暗度 (tone) 與不同的質感 (texture) 對比中，所以加入輪廓是否會使得效果更好其實也是見人見智的問題。以下我們舉二個例子來觀察強調輪廓與否的素描圖差異，圖 1-1 是拉斐爾 (Raphael Santi) 的素描作品”少女半身像”，這張素描作品主要是以輪廓畫出，而反觀圖 1-2 是畫家吳重安的作品”向綠意深處走“，它則是較不著重在輪廓的表現上面，而是用筆觸的濃淡與方向來表現出物體的層次。而吾人之做法只描繪出重點主體的外圍輪廓，方法於第三章詳述。



圖 1-1：素描圖--少女半身像，作者拉斐爾 (Raphael Santi)



圖 1-2：素描圖--向綠意深處走，作者吳重安

1.3 概觀

到此為止，吾人介紹了 NPR 以及電腦素描的基本概念，接下來簡單介紹此篇論文之動機與目地。當我們不是一位藝術家，但卻希望能夠有一張素描藝術風格的圖片以供保存或自娛娛人時，或是不想動手去畫且想要快速量產素描藝術風格的圖片時，我們必需藉由電腦 NPR 的技術來達成這些目的。在現有的影像處理商業軟體已有提供類似功能，但效果仍有加強之空間。首先觀察畫家素描的習性，以說明電腦素描需加強的部份，以圖 1-1 為例，吾人能夠清楚觀察到圖中的主體是一位少女，描述這個主體少女的筆觸都是濃度深且清楚的筆觸，相對於主體後方的建築物則顯得輕描淡寫，幾乎已經快看不見的地步。而在圖 1-2 中，我們由圖的名稱知道主體是綠樹及林中的車，這些主體都被強烈的表現出來，而非主體的道路與天空則是輕描淡寫幾乎是看不見的。吾人觀察到這二幅圖的相同特性即是強調畫中的主體。



現在假設有一張主體物件是愛心形狀的數位影像 (圖 1-3)，吾人想應用 NPR 的電腦素描技術，產生一張有著素描效果的圖片出來。若是使用市面上的軟體 (Adobe Photoshop)，我們可以得到結果如圖 1-4 所示。



圖 1-3：一個心形的數位影像

我們可以觀察到結果與上述的人工素描基本之呈現要領大不相同，從圖 1-4 中看到此張數位影像的主體心形部份筆觸濃度比其背景的筆觸濃度要淡得許多。相對於人工素描不將背景做過份的強調之基本要求而言，圖 1-4 給我們的感覺確實是有點喧賓奪主了。

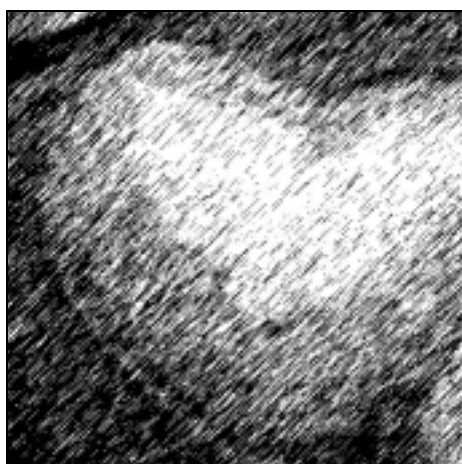


圖 1-4：使用商業軟體 Adobe Photoshop 作電腦素描處理之結果

此篇論文的目的就是希望從一張數位影像自動產生對主體加強的素描效果圖；並希望能改良已有商業軟體的不足之處，比如素描圖像的單一方向筆觸，平常人工素描時不太可能只使用同一方向的單一筆觸畫整張畫，故多筆觸是我們想要改良的第一要點。此外在其他論文中也有提到許多很好的電腦素描方法 [2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10]，但都需要大量的人工介入，故幾乎完全自動化的處理亦是我們想改良的目標。圖 1-5 是圖 1-3 經我們程式處理的一個範例。

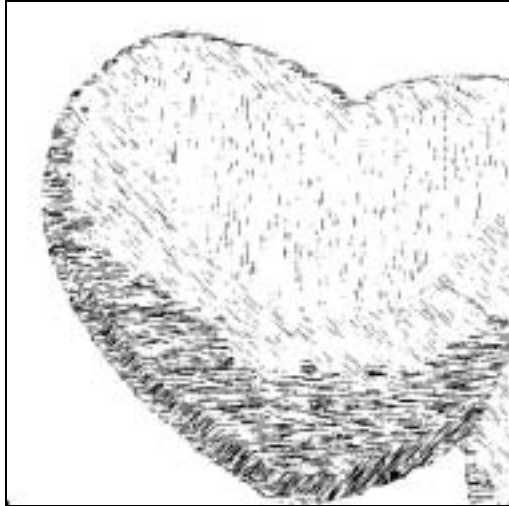


圖 1-5：經由此篇論文方法產生的主體加強素描效果圖

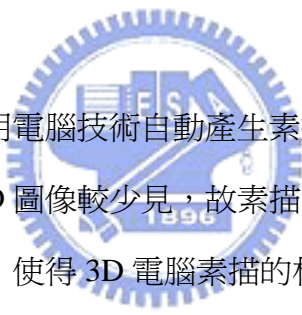
此篇論文之方法可以應用在許多與影像特效處理有關的產品中，例如一般坊間的影像處理軟體，加入其中對各種數位圖片做素描之處理，或者是數位相機或手機中，將拍下來得圖做素描處理以達娛樂效果。街頭上常見的大頭貼照像館，有些機器裡面已經有電腦素描的功能，我們也能將主體的人頭加強以達到更好的效果。而接下來的章節中，除了第二章的相關研究外，將於第三章說明此篇論文方法之處理程序，第四章是實驗結果，最後第五章為結論。

第二章

相關研究

這一章中，吾人將介紹電腦素描的技術沿革及其相關研究，並挑選一些素描技術加以說明，而在其他非素描呈現技術方面則包含了銅版蝕刻效果及圖像對照的方法之介紹。

2.1 電腦素描技術沿革



近年來，有許多利用電腦技術自動產生素描圖像的研究，在早期，由於電腦處理速度不快，電腦 3D 圖像較少見，故素描的處理著重於 2D 圖形，然而隨著電腦 3D 圖像漸漸盛行，使得 3D 電腦素描的相關研究也繼之而起。如今，電腦素描系統大致上可以依其輸入圖像的種類分為二大類，第一類是屬於處理 2D 影像的系統 (image-based systems)，第二類是處理 3D 影像的系統 (geometry-based systems)，而處理 3D 圖像的系統又分為靜態產生素描圖像的方法[16][17]，以及動態產生素描圖像的方法[18]。本篇論文著重於處理 2D 影像，故於 3D 系統不多著墨。在電腦素描影像領域一般有互動式與全自動化素描，以下簡短介紹一些互動式的 2D 圖像素描產生方式 [5, 7, 8, 10]，以及目前最普及的影像處理軟體的全自動化的 2D 素描產生方式。

2.1.1 互動式的素描圖像產生方式

互動式的半自動化素描產生系統係指除了電腦自動處理外，尚需要有人工介入，互動式素描產生系統其架構多十分類似，這裡就其所具備之特色加以介紹。一般其處理程序分為三個步驟，第一，依原灰階圖片的明暗度 (tone) 決定相對應區塊的筆觸濃度，第二，觀察原灰階圖片決定適合的筆觸方向，第三，使用適合的筆觸並結合前二步驟的資訊產生素描圖像。在最後一個筆觸相關的步驟，要盡量避免機械化，並參照第二步驟所得的方向描繪筆觸，再依第一步驟編輯的明暗度值決定區塊內的筆刷筆數。由電腦所畫的每筆筆畫，相對於該區域有一個視覺上的明暗度值，故筆刷筆數的多寡，乃以原來灰階圖的每個區域明暗度與電腦所畫下的總筆畫視覺上的明暗度值相同為準。在筆觸方面，除了以數量表現出物體各區域不同的明暗度，更重要的是必需挑選適當的筆觸產生適合物體表面的材質。由此三步驟可以觀察到整個過程需要大量的人工介入，這也是互動式的素描圖產生方式美中不足之處。



互動式素描產生系統有許多的相關研究，以 David H. Salesin 等人在 1997 年的 SIGGRAPH 期刊中所提出的 *Orientable Textures for Image-Based Pen-and-Ink Illustration* [5] 為例，此技術乃由一張灰階的相片自動產生其相對應的素描圖，其具備了上述之三大步驟之特性，唯其幾乎均由人工加入以上資訊，例如在最後一個編輯筆觸的步驟，其避免機械化之方法為人工準備一組不規則筆觸，合成時再由這群筆觸中挑一適合之筆觸合成於結果圖上，而且其筆觸方向，及明暗度值均是由人工給定，圖 2-1 為其處理範例。

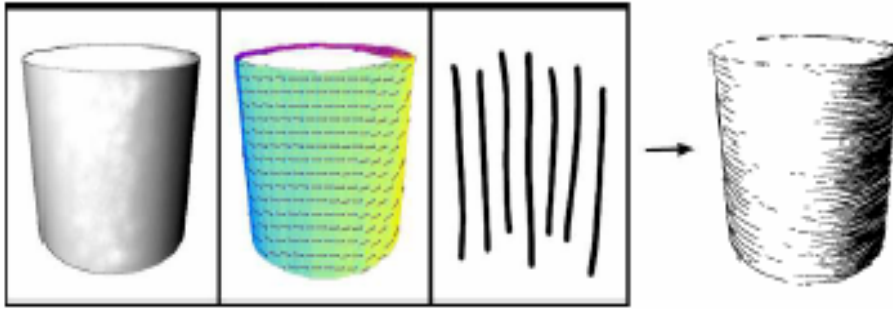


圖 2-1：由左而右依序為明暗度圖，筆觸方向圖，筆觸集合圖，素描結果圖

儘管由 Orientable textures for Image-Based Pen-and-Ink illustration 技術所產生的素描效果圖可以產生令人滿意的效果，但需要相當大量的人工介入，而且對於複雜的圖的處理也需要不短的處理時間。與其相似的研究如 Interactive Pen-and-Ink Illustration [7] 情形也與之類似，此研究與上述方法較為不同的地方為筆觸的產生是以數學方程式一筆筆產生，在輪廓方面有所著墨，與增加手動畫筆觸的彈性選擇等等，圖 2-2 為其圖例。



圖 2-2：由左而右依序為明暗度圖，輪廓圖，素描結果圖

互動式的素描系統還包含了對特定物件的素描，如 Computer-Generated Pen-and-Ink Illustration of Trees [10]，與 Computer-Generated Pen-and-Ink Illustration [8]，由於其分別針對樹與房屋做素描處理，故與前述系統使用技術有所不同，不需由原始影像為基礎而直接產生素描圖，其筆刷型式如樹的葉子與房屋的磚也是相異之處，本文並未針對特定物件，故與此種系統較不相似。

2.1.2 全自動化的素描產生方式

全自動化的素描圖產生系統以 Adobe Photoshop 的素描濾鏡為代表，Adobe Photoshop 是現今最受歡迎的商業影像處理軟體之一，它亦可從一張原始照片中產生相對應的素描效果圖。在 Adobe Photoshop 中，我們要從一張原始照片產生素描效果的步驟如下：[濾鏡]>>[素描]>>[筆畫效果]，可以設定的參數為[筆觸長度]，[亮度 / 暗度平衡]，以及 [筆觸方向]，其中雖然有筆觸方向的設定，但其整張素描效果圖的筆觸方向皆會變成同一方向，並不能達到同一相片中各區塊有其各自適合的筆觸方向，且如 1.3 節所述，容易產生主體不鮮明的感覺，它的效果如圖 2-10 右上角小圖所示。本篇論文使用的方法希望能達成全自動化的素描處理，並同時擁有互動式素描圖像的品質。



2.2 其他

這小節裡將介紹其他另類 NPR 呈現方法，其原始應用並非於電腦素描，以下分別討論銅版蝕刻效果與圖像對照素描圖產生法。

2.2.1 銅版蝕刻效果

Digital facial engraving [4] 這個技術是由 Victor Ostromoukhov 於 1999 年在 SIGGRAPH 期刊中所提出，吾人將簡單介紹 Digital facial engraving 技巧。Digital facial engraving 技術是由傳統的銅版蝕刻技術獲得靈感，其處理程序與前述互動式素描系統類似，這裡將其簡單描述為三步驟。第一，將原始影像分成許多區塊，這裡分區的方法是藉助其他軟體的輔助。第二，製作不同的蝕刻紋路，

在不同的區塊中挑選合適者使用。第三，將蝕刻紋路合成並針對筆觸的彎曲與重疊做處理。由此我們可以從一張數位相片中產生一個很好的電腦銅版蝕刻圖像。

雖然 Digital facial engraving 可以產生很好的電腦銅版蝕刻圖像，但是它需要大量的人工介入，而且也需要其他商業軟體的輔助才能達到那樣的效果，圖 2-3 與圖 2-4 為其結果範例。

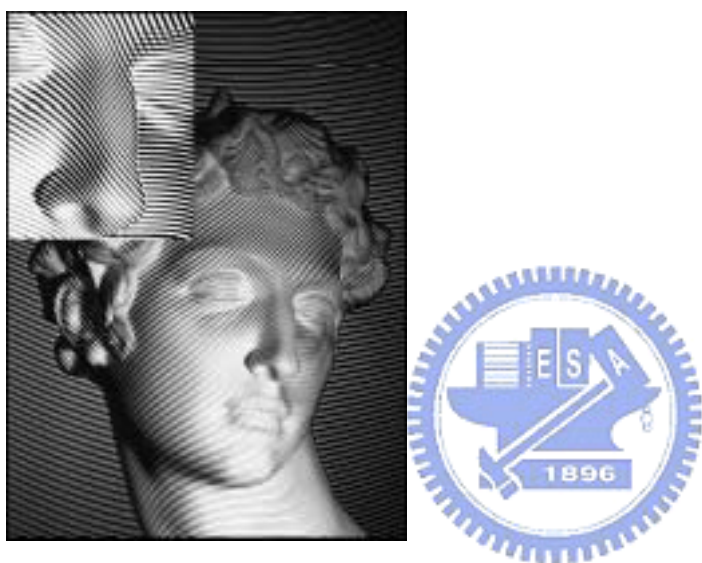


圖 2-3：由 Digital facial engraving 技巧所產生的銅版蝕刻圖形，取自原作者實驗結果



圖 2-4：由 Digital facial engraving 技巧所產生的銅版蝕刻圖形（右圖）與其對照原圖（左圖），非原作者實驗結果

2.2.2 圖像對照素描圖產生法

Salesin 等人於 2001 年提出了以關係對照的概念由兩幅給定影像之對照產生新影像之方法 (Image analogies [2])，該方法可利用以產生素描或其他藝術風格之影像。簡言之，給定 A、A' 和 B 三幅影像，經由 A 和 A' 對照關係之推定，該方法可根據該對照關係由 B 產生 B'。以圖 2-8 為例，A' 為原圖 A 之渲染呈現，則給定任一影像 B，相對應之渲染圖像 B' 即可產生。此方法[2]之應用廣泛列舉如下：

解析度轉換 (super-resolution)：從比較低解析度的數位圖檔自動生成解析度比較高的數位圖檔，如圖 2-5。影像質感轉換 (texture transfer)：將一張數位圖像的質感自動轉換成另外一種質感，如圖 2-6。多質感轉換 (texture-by-numbers)：以圖 2-7 為例說明，A 圖中以不同之單色區域代表 A' 圖中不同之地貌區域 (影質各異)。若將單色區域之分佈與形狀改變 (B) 則經由對照關係得到一全新之人造地貌圖像 (B')。傳統影像濾鏡 (traditional image filters)：例如渲染效果，圖 2-8。改良傳統的質感合成 (improved texture synthesis)：質感合成乃利用一小塊的質感合成我們場景中所需要的一大片質感，但其傳統方法上有合成時質感接合處不連續之問題，利用 Image analogies 可以將之改良，如圖 2-9。最後是我們所著重的藝術家效果濾鏡 (artistic filters)：我們可以利用它這個功能自動由一張數位影像自動產生其相對映的素描效果圖，如圖 2-10 及圖 2-11。

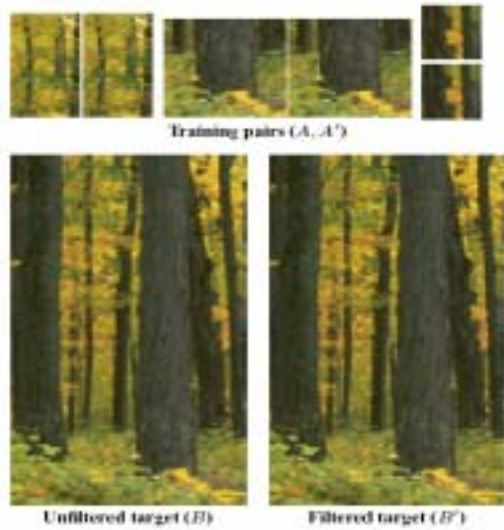


圖 2-5：解析度轉換，由高解析度 A' 圖對低解析度 A 圖之對照，自動產生比 B 圖解析高的 B' 圖

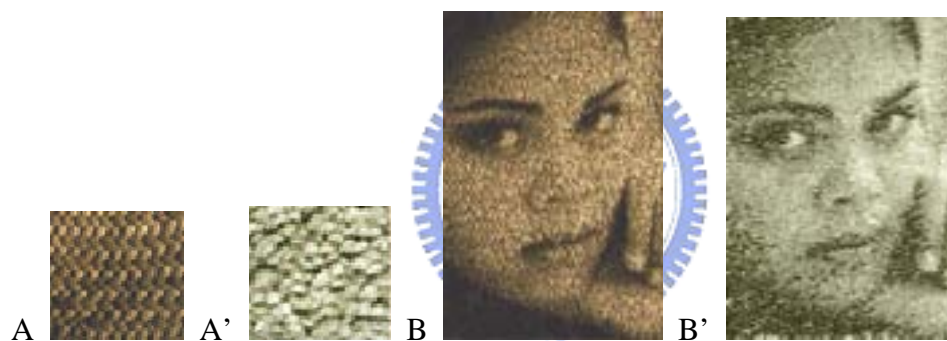


圖 2-6：多質感轉換，由左方二張不同質感圖的比較，使得右方二張圖的質感得以互相轉換

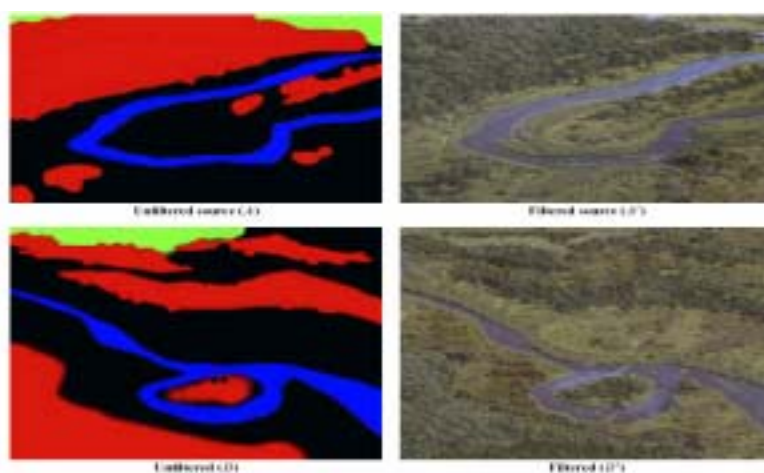


圖 2-7：多質感轉換，由 A、A' 的對照關係及 B 的資訊，產生全新之人造地貌圖像 B' 圖

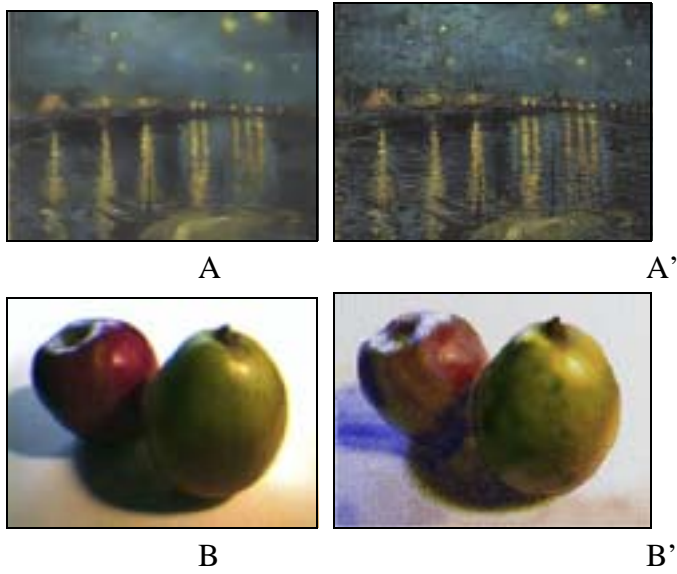


圖 2-8：傳統影像濾鏡，由 A' 為 A 的渲染效果對照，自動產生 B 的渲染效果 B'



圖 2-9：感質合成，由左方的小張的質感圖合成右方的完整大張質感圖

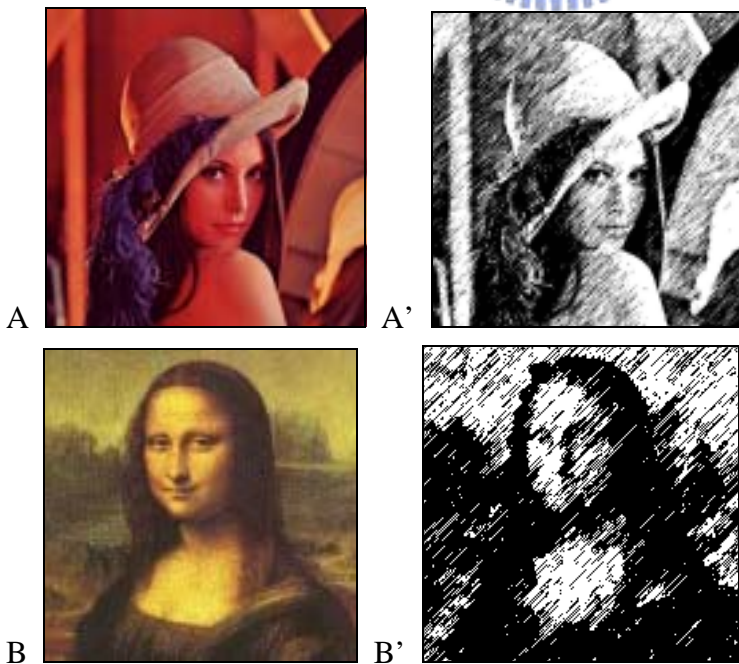


圖 2-10：圖 A' 為 A 經 PhotoShop 素描處理後效果圖，利用對應關係產生 B 之素描效果 B' 圖

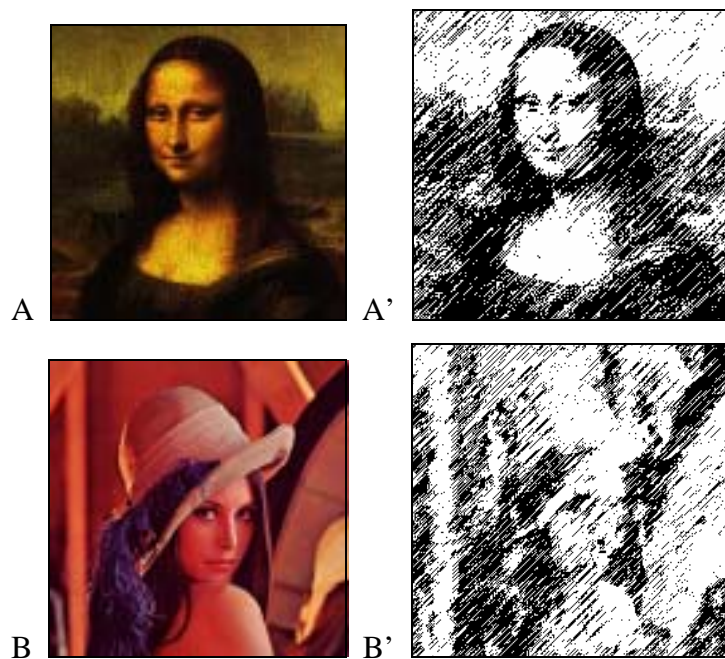


圖 2-11：圖 A' 為 A 經 PhotoShop 素描處理後效果圖，利用對應關係產生 B 之素描效果 B' 圖。與圖 2-10 對照

從上述對 Image analogies 的介紹可以了解 Image analogies 的技術應用相當廣泛。單就產生素描對照的結果來看 (圖 2-10)，尚有極大的改良空間，此外處理時間相當長，常常需要數個小時。

第三章

處理方法

為達到主體加強的素描效果，本篇論文所提之處理方法分為三個步驟。第一，選取圖像中的主體物件 (visual target selection)。第二，將照片做分群 (grouping)。第三，將筆觸分別合成到我們已分群完的圖像中(stroke mapping)。最後，綜合前三步驟得到一素描效果圖並加強主體物件之視覺效果。

若將上述三步驟細分可以將整個處理程序描述為如圖 3-1 的流程，由輸入的彩色原圖，經由第一階段的主體區域分析得到一主體影像遮罩，並將此遮罩儲存為遮罩 M，在這一階段選取主體物件的方法是將彩色原圖中的 RGB 色彩空間轉換為 HSV 色彩空間，並使用分析 HSV 色彩空間的色調分佈方法來找尋主體區域。接著將 RGB 色彩空間轉換為 YIQ 色彩空間，並擷取其灰階資訊將其儲存為灰階圖檔，再由此灰階圖檔做第二階段的灰階分群處理。接著進入第三階段，由預先準備好的筆觸資料庫中選取適合的筆觸合成初步素描結果圖，在此一階段中所選取的筆觸濃度與筆觸方向需要參考明暗變化方向之分析、輪廓擷取等處理所得的結果資訊。最後做主體加強的後處理，主體加強部份是參照第一階段所得到的遮罩 M，得到一個有素描效果且主體凸顯的素描風格圖像。本章將於以上步驟細部介紹。

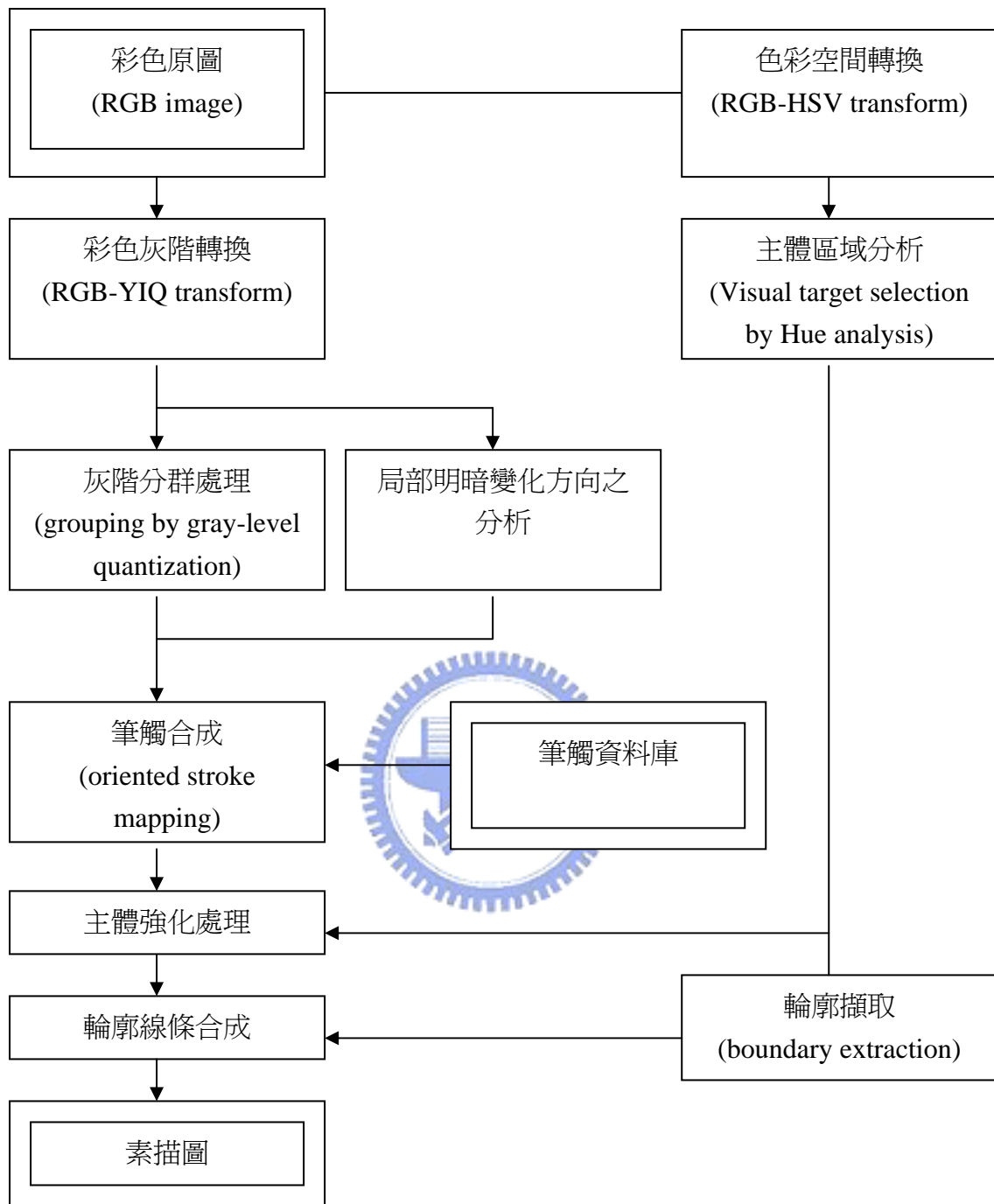


圖 3-1：彩色圖像之素描呈現處理流程

3.1 主體區域選取

在圖 3-1 的處理流程中，主體區域分析 (Visual target selection by Hue analysis) 為第一步驟，以下針對在彩色照片中擷取主體區域的方法加以討論。

3.1.1 彩色照片主體區域之選取

本文所提方法利用 HSV 色彩空間範圍限定選擇主體區域，換言之，以照片中主體像素在 HSV 色彩空間的分佈特性來選取主體區域。首先簡短介紹 HSV 色彩空間的基本性質。HSV 色彩空間是由色調 (Hue)、飽和度 (Saturation)、亮度 (Value) 三項參數所組成，它是一種接近吾人對色彩感受的直覺性色彩空間，也可說是當人接觸到色彩時會怎麼去詮釋它的途徑；當我們想要去指定某種色彩時，使用 HSV 色彩空間是人性化的選擇。圖 3-2 為 HSV 色彩空間的圖解範例，我們可以看到一個圓錐形的圖示。圓錐的頂點代表了亮度值為 0 的點 (即 $V = 0$)，也就是亮度值最小的地方，故感覺會是全黑。而在上方的圓錐面附近代表亮度值為 1 的區域，在色彩飽和度為 1 的前提下觀察可以看到各種色調最鮮明的色彩。色彩飽和度亦可解釋為色彩的濃度，在圓錐中心軸處由於飽和度 (濃度) 為 0，故在亮度不為 0 的時候也沒有色調的資訊，看起來像是由全白而灰而全黑的區域。而最外層的一圈則代表了從 0 度到 360 度的各種不同基本色調。

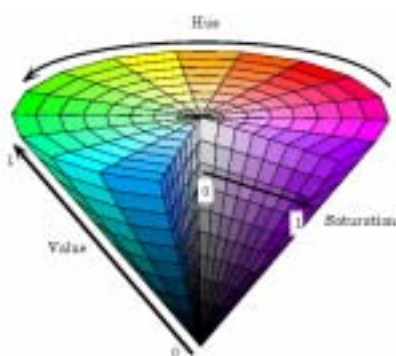


圖 3-2：HSV 色彩空間的模型

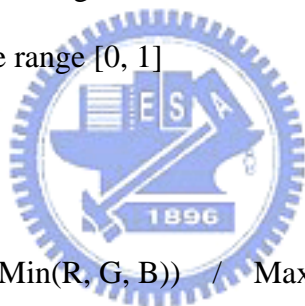
要使用 HSV 色彩空間，需先將輸入之彩色圖像 (RGB image) 由 RGB 色彩空間轉換至 HSV 色彩空間，即圖 3-1 中色彩空間轉換處理 (RGB-HSV transform)。首先取 R、G、B 中最大值做為亮度值 (Value)，接著取 R、G、B 的

範圍值除以亮度值得到飽和度 (Saturation)，然後由 R、G、B 中最大值得知色調 (Hue) 於圖 3-2 圓錐體的粗略方位，舉例來說，若 R 為最大值，則色調的位置必落於黃色 (Yellow, R 與 G 的混色) 與品紅色 (Magenta, R 與 B 的混色) 的範圍之間，又吾人可由 G 減去 B 的資訊得知此色調偏向黃色或品紅色，由此便可得到色調值的確切位置，若當 B 或 G 為最大值的情況亦依此類推。當 R、G、B 值均相等時，其代表灰色，故色調值未定義。色調值決定後要檢查是否落於 0 度與 359 度之間，若否則需加減 360 度將其修正於此範圍內，以下為 HSV 轉換虛擬碼。

R, G, B values are in the range [0, 1]

Hue values in degrees and in the range [0, 359]

Saturation and Value are in the range [0, 1]



Value = Max (R, G, B)

Saturation = (Max (R, G, B) - Min(R, G, B)) / Max (R, G, B)

If (R==G==B) Hue is undefined

If (R == Max (R, G, B)) Hue = 60 * (G - B) / (Max (R, G, B) - Min(R, G, B))

If (G == Max (R, G, B)) Hue = 120 + 60 * (B - R) / (Max (R, G, B) - Min(R, G, B))

If (B == Max (R, G, B)) Hue = 240 + 60 * (R - G) / (Max (R, G, B) - Min(R, G, B))

If (Hue > 359) Hue = Hue - 360

If (Hue < 0) Hue = Hue + 360

了解 HSV 色彩空間後，便可進一步分析圖片中的主體。若吾人以人類皮膚為主體，由實驗的觀察結果，東方黃種人皮膚色調大多分佈在 330 度以上以及 30 度以下，此便代表主體物件的色調值分佈範圍，如圖 3-3 所示。然而不同人種的皮膚色調分佈範圍不盡相同，以下會就此加以討論。

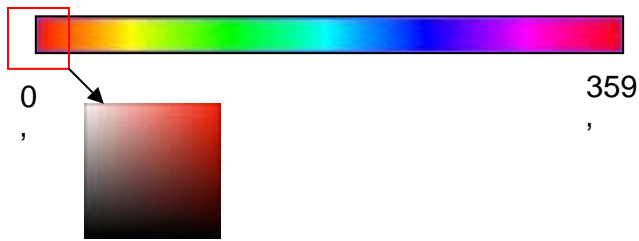


圖 3-3：東方人皮膚的色調值分佈範圍

觀察出圖像中主體物件色調值 (Hue) 分佈範圍後，即可藉由此資訊將圖像中的主體區域選取出來。其做法相當直覺，吾人只需將圖片中色調值分佈於所指定主體物件色調值範圍內 (如前述東方人皮膚之 330 度以上以及 30 度以下) 的像素 (pixel) 擷取即可以得到主體區域遮罩影像 (mask)。吾人在選取主體物件色調值範圍有二種方法，第一種是手動指定主體物件色調值範圍，只對特定的視覺目標做加強；第二種為根據在畫面上占了最大比例的色調來決定主體物件色調值範圍。第一種方法如同上述的人類皮膚範例，吾人只需藉由肉眼及圖 3-3 之色調值表即可觀察出圖像中主體物件之色調值分佈範圍。圖 3-4 是以第一種方法對圖像做主體辨識的結果，白色部份即是選取出來的主體區域。



圖 3-4：左圖為待處理的彩色圖像，右圖為經 HSV 主體區域範圍選取而得的遮罩影像，右圖白色部份即為主體區域

HSV 主體區域範圍選取的第二種方法則需先統計出整張圖像所有像素的色調值分佈狀況，從待處理的數位影像中，將所有像素的色調 (Hue) 資訊都記錄下來，統計出此圖像之色調分佈情形，如圖 3-5：

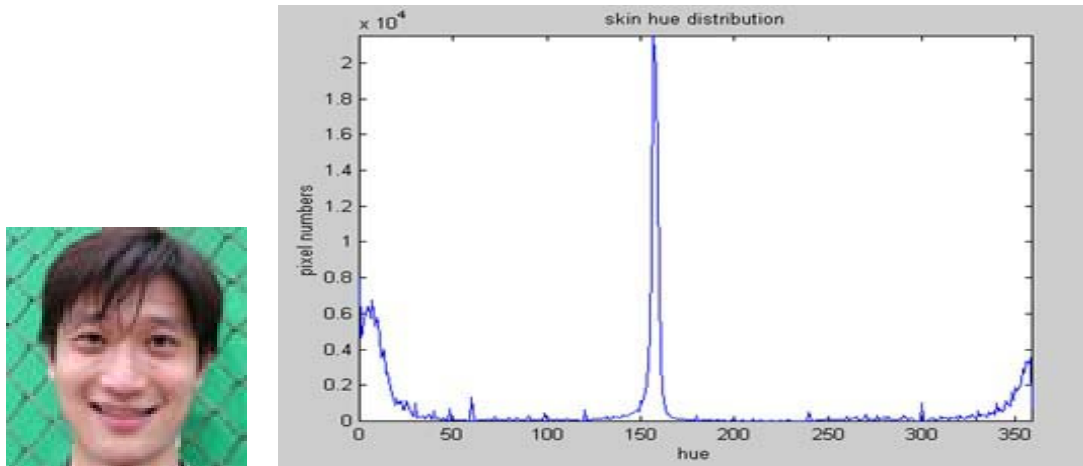


圖 3-5：左圖為待處理的彩色圖像，右圖為其色調值分佈統計表

由圖 3-5 可以觀察到此圖像之像素色調值集中在兩邊，是為代表人臉皮膚的區域，唯其中間有一部份突出的地方，此為待處理圖像之背景綠色帆布部分。接著，吾人將此份統計資料代入下列公式：

$N[i]$ ：圖片中色調值(Hue)為 i 的像素個數

H_c ：吾人所選定的主體色調

for each $0 \leq i < 360$ and $\forall i \in Integer$

$$Sum[i] = \sum_{j=1}^{Neighborhood} (N[((i - j) + 360) \% 360] + N[(i + j) \% 360]) + N[i]$$

然後選定 H_c 值

for each $0 \leq i < 360$ and $\forall i \in Integer$

$$Sum[H_c] = \max(Sum[i])$$

此公式是將色調統計圖表中色調 (Hue) 值分布在某範圍 (大於 i -Neighborhood 且小於 i +Neighborhood 間的區域) 的數量加總起來 (Neighborhood 是可以在程式中設定的參數)，吾人使 i 從 0 到 359 移動，以找到上述總合最大的 $SUM[i]$ ，並將其中的 i 訂為選定的色調值 (chosen hue : H_c)。此選定色調值 (H_c) 代表的意義是待處理圖像中主體物件的色調絕大多數分佈在此選定色調值附近。其中 Neighborhood 參數的大小會影響到選定的色調值的結果，故必需訂得適中。而式中的求餘 (modulus) 部份是由於色調值為 0 度到 360 度的循環分佈，故超過 360 度如 361 度就要算 1 度即 $361 \text{ modulus } 360 = 1$ 而 -1 度算 359 度，依此類推。圖 3-6 為上述處理之圖示：

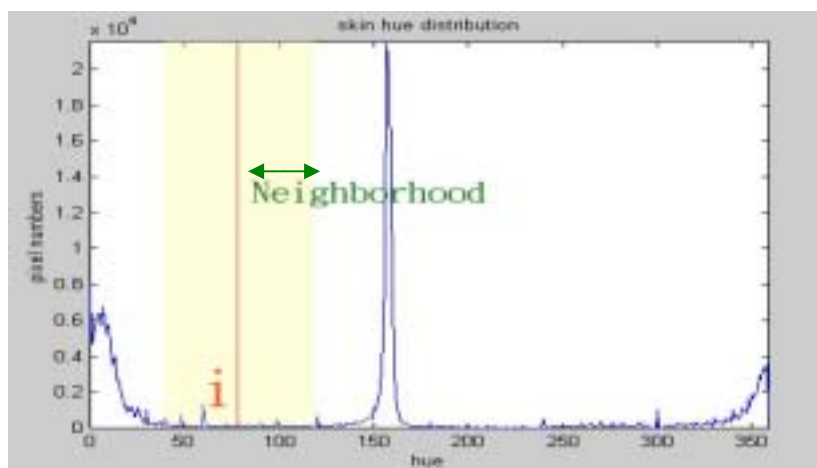


圖 3-6：自動找尋主體物件色調分佈範圍圖示

當 H_c 值確定後，便可訂一 DIFF 參數，然後從待處理的數位圖像 (圖 3-5 左) 中找出所有與選定色調 (H_c) 相差值小於 DIFF 的像素 (pixels)，以構成一個遮罩影像 (M)，遮罩影像即涵蓋了原數位影像中之主體區域。DIFF 也是影響選取主體物件的精確度的重要參數之一，以下是遮罩影像的選取方法。

$i(x,y)$ ：圖片中橫座標為 x ，縱座標為 y 的像素色調值

$$M = \{ (x, y) \mid |i(x,y) - H_c| < \text{DIFF} \} \quad \text{for each } i(x,y) \in \text{Image}$$

在 HSV 色彩空間中，除了由色調值 (Hue) 來決定主體物件的選取外，尚可加入飽和度 (Saturation) 與亮度 (Value) 的考量。由於當飽和度達極值成爲全白或亮度達極值成爲全黑時，通常不是我們所要選取的區域，故可以考慮將亮度值及濃度值介於某些範圍外的部份濾掉，後面的實作中吾人暫不做此處理。

3.1.2 加強主體區域的選取範圍

當吾人初步將圖像中主體部份辨識出來並存爲遮罩時，此遮罩仍有許多需要加強的部份，以上述儲存的遮罩影像 (圖 3-4 右) 爲例，我們可以發現在選取出來的人頭部份中的眼睛及鼻子和嘴巴附近有許多的區域沒有選到，這些在最後淡化背景的步驟會產生極大的影響，即吾人在淡化背景處理時，亦會把眼睛周圍及鼻子、嘴巴周圍一併淡化掉，使得結果圖像的效果大打折扣。除此之外，吾人亦可能選取到與主體無關的背景區域，如圖 3-4 右，其中選到了背景的鐵絲網部份，同樣的，最後在做背景淡化的時候，這些小地方沒辦法淡化掉。基於以上原因，吾人假設主體物件的區域集合性，使用遮罩加強 (mask expanding) 的方法來加強主體的區域性。唯遮罩加強處理仍具有侷限性，未必適用於所有狀況。

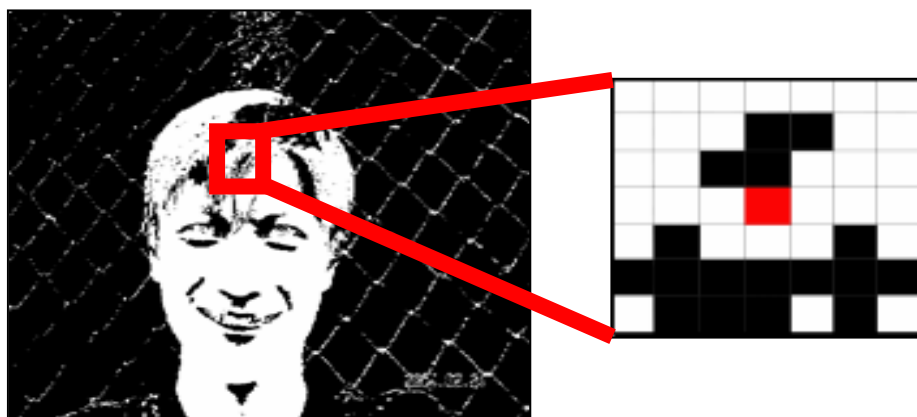


圖 3-7：遮罩加強 (mask expanding) 處理過程圖示

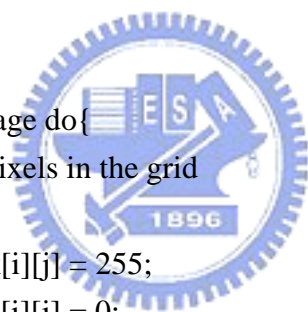
遮罩加強採取的方法是從選定遮罩影像的每個像素都加以檢查過，並以目前瀏覽到的像素為中心向周圍取 X 個像素做處理。以圖 3-7 為例，其 X 設定為 49 (亦即一 7×7 之週邊範圍)，右邊被放大的方格 (grid) 其中心點便是我們正在瀏覽到的像素，而此方格共包含 X (49) 個像素。接著吾人將此 49 個像素中白色像素占的數量記錄為參數 SUM ，如圖 3-7 中右邊方格裡白色的像素占了 31 個，故參數 SUM 設定為 31。接下來訂定二個臨界點，分別為高臨界點 (upper bound) 與低臨界點 (lower bound) 當參數 SUM 大於高臨界點時將目前瀏覽到的像素指定成白色，以應付上述主體區域選取不完全情況，將漏選的主體部份補足。而當參數 SUM 小於低臨界點時則將目前瀏覽到的像素指定成黑色，以處理上述選取到非主體區域之情況，將主體部份以外的部份排除，下面是我們實作的程式碼。

```

For each pixel in the mask image do{
SUM = the number of white pixels in the grid

if(SUM > upper_bound) mask[i][j] = 255;
if(SUM < lower_bound) mask[i][j] = 0;
}

```



遮罩加強的動作有時需要重覆做才能得到好的效果，吾人將其簡短記為 $ME(\text{upper bound})(\text{lower bound}) = \text{repeat times}$ ，圖 3-8 為遮罩加強之範例。



圖 3-8：遮罩加強 (mask expanding) 處理範例，由左至右分別為 $ME1813 = 0$ ， $ME1813 = 2$ ， $ME1813 = 100$ 。

3.2 圖像分群

圖像分群 (grouping) 是產生素描處理的第二步驟。一個彩色影像檔案乃由其每一個像素 (pixel) 的 RGB 資訊所構成，然而要處理這張圖檔使其有素描效果，吾人只需取其灰階的值。由於從畫素描圖的角度來看，吾人只需注意物體的明暗程度，因為素描是使用鉛筆與白紙，故色彩的資訊在素描技巧中是多餘的。素描基本技巧在於觀察此圖的灰階值，並由每個區塊的亮暗程度來決定我們所需要畫的筆觸濃度。故吾人需先取得原彩色圖像之灰階資訊，這裡使用 RGB 色彩空間轉換至 YIQ 色彩空間的方式取得，此步驟對應於圖 3-1 之彩色灰階轉換及圖像分群處理 (grouping by gray level quantization)，YIQ 轉換方式說明如下。

在 YIQ 色彩空間中，Y 表示亮度 (luminance)，而 I (Inphase)、Q (Quadrature) 表示兩個色彩分量。此種表示法其亮度信號 (Y) 和色彩分量信號 (I、Q) 是相互獨立的，又人眼對於亮度細節的分辨力高於彩色細節之分辨力，基於此種特性吾人可對此三種信號分別編碼，進而有效降低數位圖像所需的儲存容量。其轉換過程乃由 R、G、B 依固定比例累加而得 Y 值，此比例乃經由對人眼於 R、G、B 色彩敏感度之測試而得，而人眼對 G 敏感度最高故 G 於不被壓縮的亮度值 (Y) 中比例亦最高。I 值資訊為 R 減 B 減 G，Q 值為 R 加 B 減 G，其中可見人眼最敏感之 G 於易被壓縮之 I、Q 值中所占比例較少。YIQ 色彩空間乃 NTSC 電視系統標準，若只取其 Y 值即可播出黑白影像，吾人依此一特性取得彩色圖片之灰階資訊，下列為 RGB 與 YIQ 之轉換式。

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.30 & 0.59 & 0.11 \\ 0.60 & -0.28 & -0.32 \\ 0.21 & -0.52 & 0.31 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

當取得彩色圖像的灰階資訊後，便可開始進行分群處理(grouping)。由於吾人乃依據灰階之深度決定筆觸的濃度，故以每個像素 (pixel) 的灰階值來決定其所屬的群組，群組數目則依素描呈現之筆觸濃度多寡而定。舉例來說，若是有 N 種筆觸濃度，便可把灰階圖像分群為 N 個群組，圖 3-9 為一群組數為九之等間隔分群範例：

灰階值	群組
240	9
224	8
192	7
160	6
128	5
96	4
64	3
32	2
0	1



圖 3-9：灰階值分群表

由於人眼對於灰階值較低的區域的灰階值的明暗變化較為敏感，也就是說人眼對於較暗的地方的明暗變化較為敏感 (Weber's Law[12])，故上述的分群方法並非是最完美的分群方法。例如可以將較暗的地方分得較細一點，然而每種分群方法也未必適用於每一張圖，故這裡是採一個較為一般的分群方法。以下是我們採用圖 3-9 等間隔分群方法所得的結果 (圖 3-10)：



圖 3-10：左圖為待處理灰階圖像，右圖為左圖經過分群的處理後的圖示

3.3 筆觸合成

將圖像的灰階值分群之後，便開始要做筆觸合成的處理。本節介紹二種筆觸，即點陣筆觸和斜線筆觸，以及圖 3-1 中之筆觸方向分析與輪廓擷取法。



3.3.1 點陣筆觸

吾人使用半色調處理以得到點陣筆觸之效果，半色調處理主要應用在圖像呈現設備之灰階表現能力不及圖像灰階解析度的場合。例如報紙印刷僅能有黑白二階之表現能力，這時半色調技術即可派上用場來處理灰階新聞照片。以圖 3-11 為例，原圖灰階由黑到白之灰階解析度為 256，利用半色調技術可將原圖改由 10 種灰階值呈現，亦即每一像素之明暗度由 3X3 矩陣中之點密度與分佈形式來代替。該矩陣中點之分佈形式會影響最後整體呈現之風格。

本文素描點陣筆觸乃利用半色調 (Halftone) 技術產生，半色調化技術在 Robert Ulinchney 於 “Digital halftoning”[13] 一書中有詳盡之介紹。在第四章中吾人將列舉出半色調處理的實驗結果。

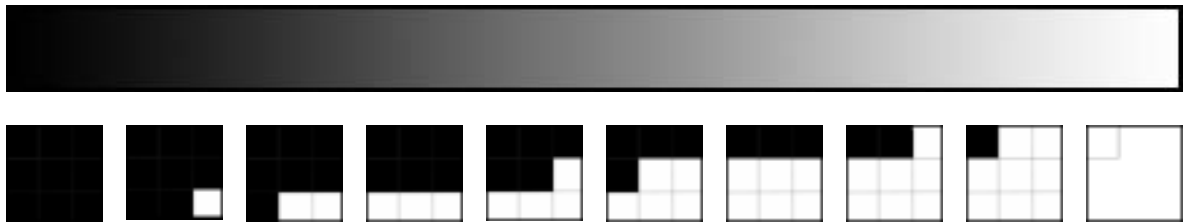


圖 3-11：半色調處理，將灰階的明亮度改用點的密度來代替

3.3.2 斜線筆觸

斜線筆觸乃由許多不規則斜線所構成，當做完分群 (grouping) 後，將預先準備好的斜線筆觸合成上去，合成的時候需注意若干事項，第一是物體的明暗，第二是筆觸的方向。如同 3.2 節所提到的，當做素描處理的時候，是依據物體的明暗程度來決定筆觸的濃淡，所以吾人的做法便是從 3.2 節分群後的結果，依照各分群的不同灰階值，引用相對應濃淡深度的筆觸並加以合成於圖像中，如此一來，便可以產生有素描感覺的圖像。本文作法每種濃淡深度中各有四種筆觸方向，分別是垂直，水平，與兩個對角方向共四種。筆觸方向則視圖像中局部灰階變化方向而定，將於 3.3.3 節中介紹。

圖 3-12 是對應 3.2 節九種不同濃淡深度的分群結果所產生的三十六種筆觸，具有不同濃度與不同之方向性。這些筆觸屬於濃度對比強烈的筆觸，適用於 1.2 節中所提到的不強調輪廓的素描方法，因為輪廓沒強調故筆觸濃度需要深些以達到圖 1-2 的素描效果。

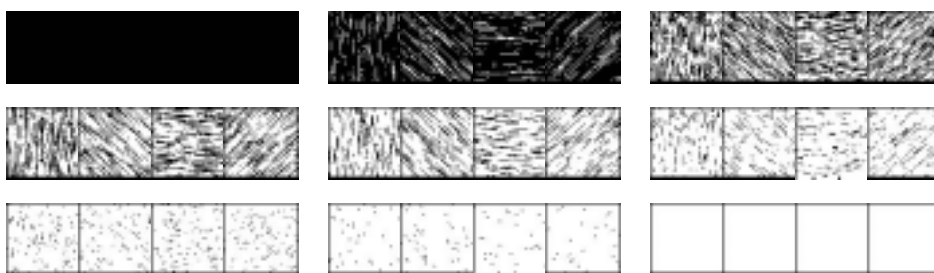


圖 3-12：三十六種的筆刷形式

3.3.3 筆觸方向

由 3.3.2 節中吾人依灰階明暗度選擇了適合濃度的筆觸，然而筆觸的方向性尚未決定，故於此節中分析筆觸的方向。

本文中考慮筆觸的方向性乃是以灰階分佈局部之變化為主，故必需分析圖像中亮度的分佈以決定筆觸的方向。圖 3-13 為說明，吾人比較圖中每個點與附近點的灰階值的差異，將圖中黑色的點與灰色點灰階值的差異值相加，由左至右分別代表了右上到左下，上下，左上到右下，左右四個方向的亮度變化值，吾人取其中最大一項代表這個點的亮度變化方向。接下來統計圖像每一個分群中的點多半是朝向哪個方向，也就代表了那個分群的亮度變化方向，亦即我們要應用於那個分群的筆觸方向。

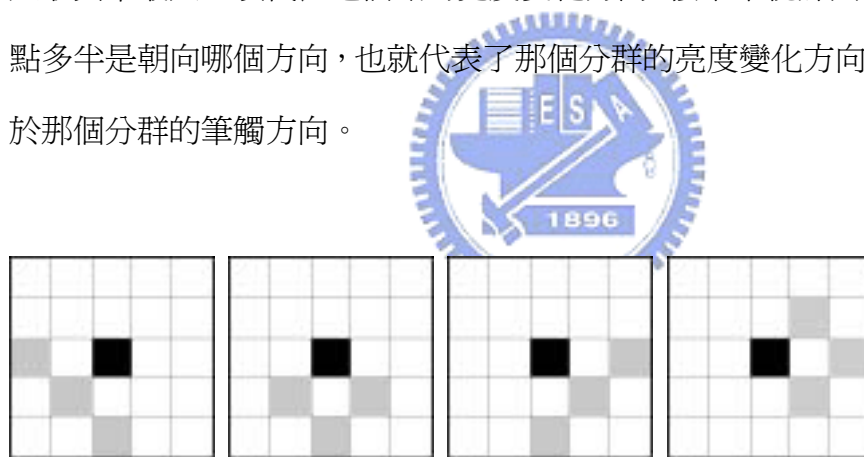


圖 3-13：分析亮度變化以決定筆觸方向

以下以四個分別呈現四種亮度變化方向的簡單灰階圖例說明（圖 3-14），A, B, C, D 圖分別呈現四種亮度變化方向，而 A', B', C', D' 是我們分析 A, B, C, D 四圖明暗分佈與變化後所對應的濃淡度呈現與筆觸方向。

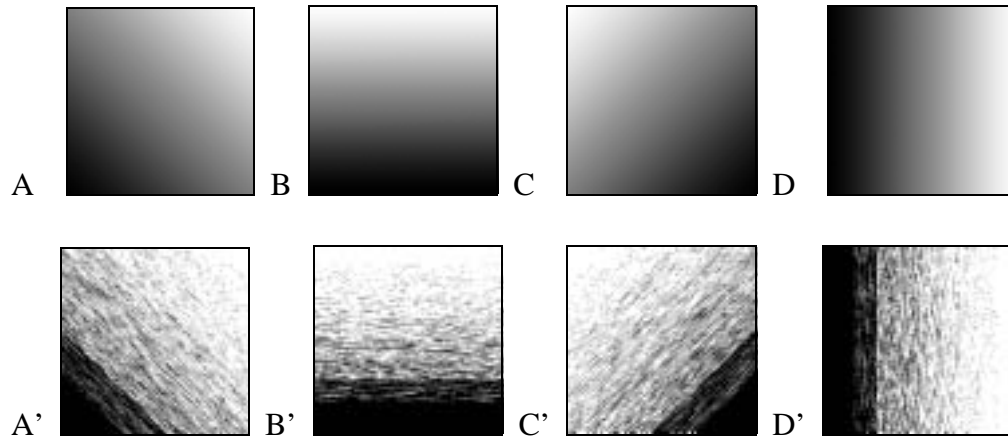


圖 3-14：四個區塊的光源方向與其對應的筆觸方向

圖 3-15 即為將原待處理圖像（圖 3-4 左）以不同濃淡深度與方向之筆觸呈現所得之素描效果。



圖 3-15：在經過筆觸合成的結果圖範例

3.3.4 主體輪廓擷取

在 1.2 節中曾提到有關電腦素描中輪廓的描繪與否會影響最後整體呈現風格，如果使用的是對比較為強烈的筆觸的話，這樣我們就算不強調輪廓也可經由不同的灰階值所對應濃淡對比強烈的筆觸使分群區塊之分隔明顯而看出物體

的輪廓，如圖 1-2。但某些時候我們會有會想畫出輪廓產生另一種素描的感覺，如圖 1-1。

本文方法使用之筆觸較深故不需特別強調輪廓，但我們仍擔心主體物件與背景筆觸濃度太相近以至混在一塊，故在這個裡使用一個粗略找尋影像主體輪廓的方法套用上去。此簡單方法稱為邊界擷取 (Boundary Extraction)，其原理是將原來的選定區域向外擴張一像素，再將擴張後的圖與原圖做 XOR，便可得到所想要的輪廓範圍，請參考圖 3-16 之示意。圖 3-17 乃對圖 3-8 的主體區域作邊界擷取所得結果。

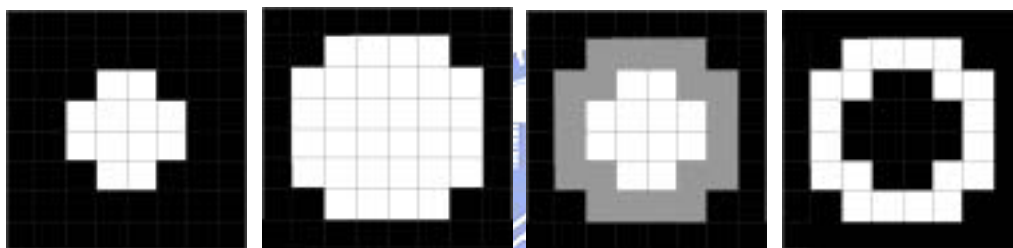


圖 3-16：邊界擷取方法圖例



圖 3-17：邊界擷取效果圖示

3.4 整體效果

綜合前面的三大步驟，(Visual target selection、Grouping、Stroke mapping)，可以將得到的素描初步結果圖，配合選取到的主體區域，而就主體外的區域做淡化的處理，作法乃將非主體的部份增加一個偏移值，將其灰階值移高而呈”淡化”，相對使主體部份得到”強化”之視覺效果 (如圖 3-18)。

```
Graylevel_of_selected_pixel += OFFSET  
if (Graylevel_of_selected_pixel > 255) then  
Graylevel_of_selected_pixel = 255
```

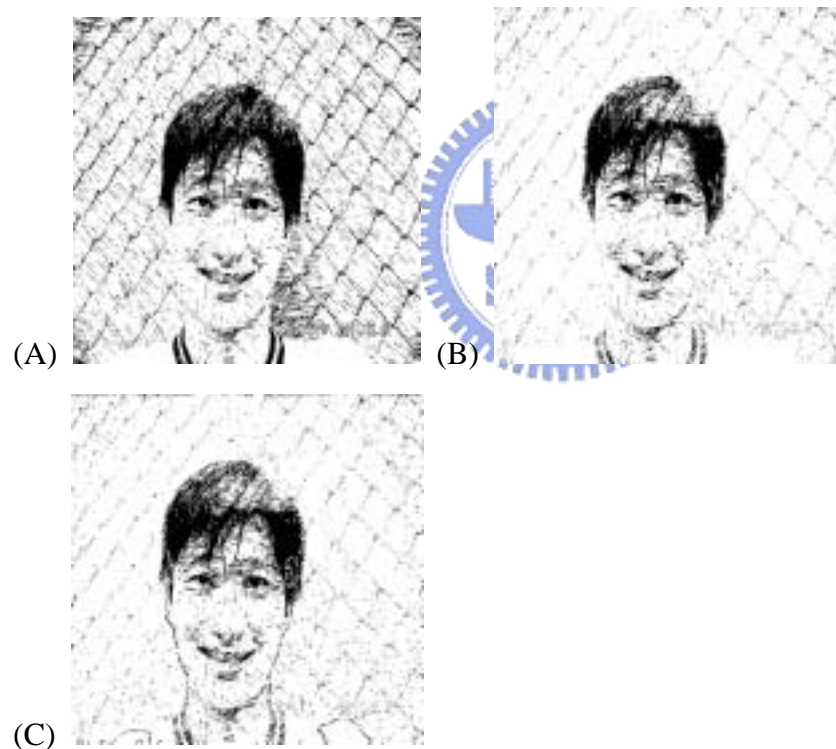


圖 3-18：(A) 原始素描結果, (B) 主體強調效果, (C) 加上主體邊界結果

第四章

實驗結果

以下展示出若干實驗結果及相關的系統運作參數與一些統計的資料。

4.1 參數

根據第三章中所述技術吾人實作出一就所給彩色圖像產生相對應之素描圖系統。雖然希望能夠完全自動化，但在現實中由於每張照片的性質不盡相同，爲了圖片的品質，仍有一些參數需要於程式中設定。



分群數量 (GL)

在 3.2 與 3.3 節做灰階分群 (grouping) 與筆觸合成 (stroke mapping) 時需考量到灰階量化解析度，以及所對應的筆觸濃淡度的個數，不同的分群層數以及筆觸濃淡的個數會對產生的素描效果圖有極大的影響，故 GL 爲一重要參數。

色調值加總範圍 (Neighborhood)

要選取影像中主體的色調值主要分佈在哪個色調的附近時，就需要用到此項參數，此參數決定在多大的區間內來加總色調值分佈。不同的 Neighborhood 會對找到的結果圖產生些許影響，有時甚至會產生錯誤的結果，故此參數必需要落於合理範圍之內。

遮罩範圍選取 (DIFF)

在 3.1.1 節從色調分佈統計圖中選出一個主體色調 (Hc) 後，意謂圖像中構成主體之像素多半分佈於此主體色調附近，於是吾人設定一個 DIFF 參數，在開始從原影像找尋屬於主體物件的像素時，只要原影像中像素的色調值介於 Hc 加減 DIFF 範圍之間，都將其算入主體物件部份。

選定色調值 (Hc)

此參數加減 DIFF 值的範圍即為被選定的影像主體色調範圍。

遮罩加強 (ME)

在 3.1.2 節中當選定了遮罩圖，此遮罩圖中會有許多需要改善的地方，這時需要使用遮罩加強的技巧，以選取漏選的區域，及剔除多選的區域。在做遮罩加強時尚需要設定高臨界值及低臨界值，吾人將高臨界值及低臨界值記錄在遮罩加強代號 ME 的後面。舉例來說 $ME1813 = 5$ 即是高臨界值為 18 及低臨界值為 15 重覆 5 次的遮罩加強效果。

非主體淡化偏移值 (OFFSET)

在 3.4 節裡討論到利用遮罩影像檔配合一偏移值可將主體圖像強調出來，此偏移值決定了非主體區域的淡化程度。

4.2 結果圖與統計資料

以下結果依序為原圖, photoshop 素描效果, 未強調主體區域結果, 手動指定主體區域色調值並加強主體區域結果, 加入簡單輪廓, halftone 處理結果, halftone 主體加強, 主體遮罩, 主體遮罩加強結果



素描效果使用參數：

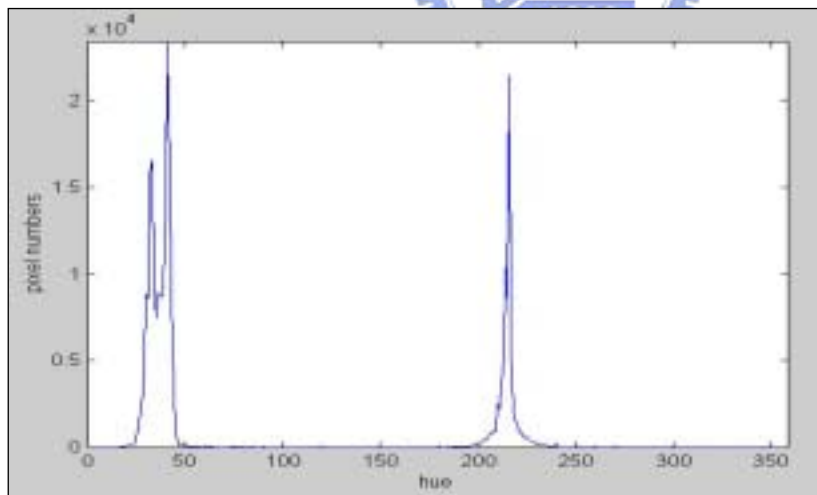
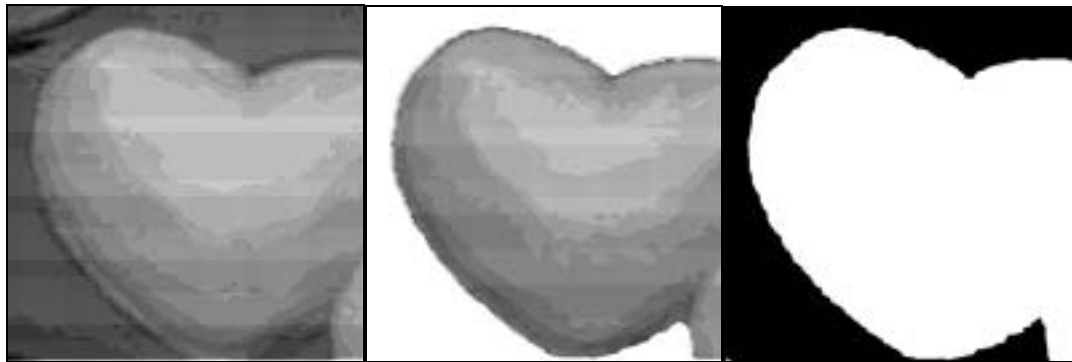
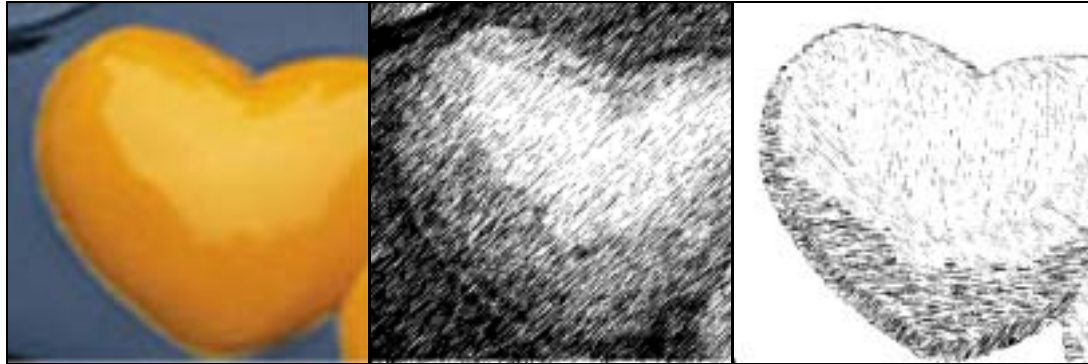
GL = 9

Hc < 30

Hc > 330

ME1815 = 5

以下結果依序為原圖, photoshop 素描效果, 自動找尋主體區域並加強, halftone 處理結果, halftone 主體加強, 主體遮罩, 色調值分佈圖



素描效果使用參數：

GL = 9

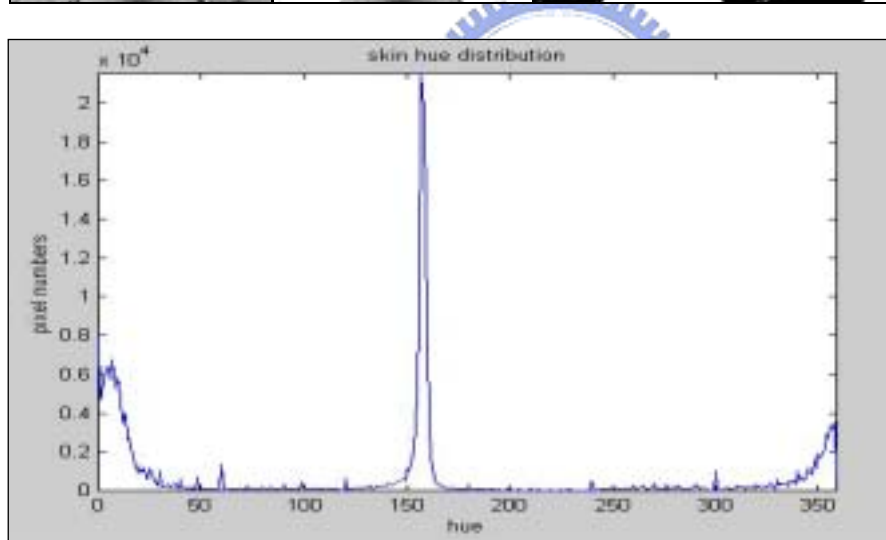
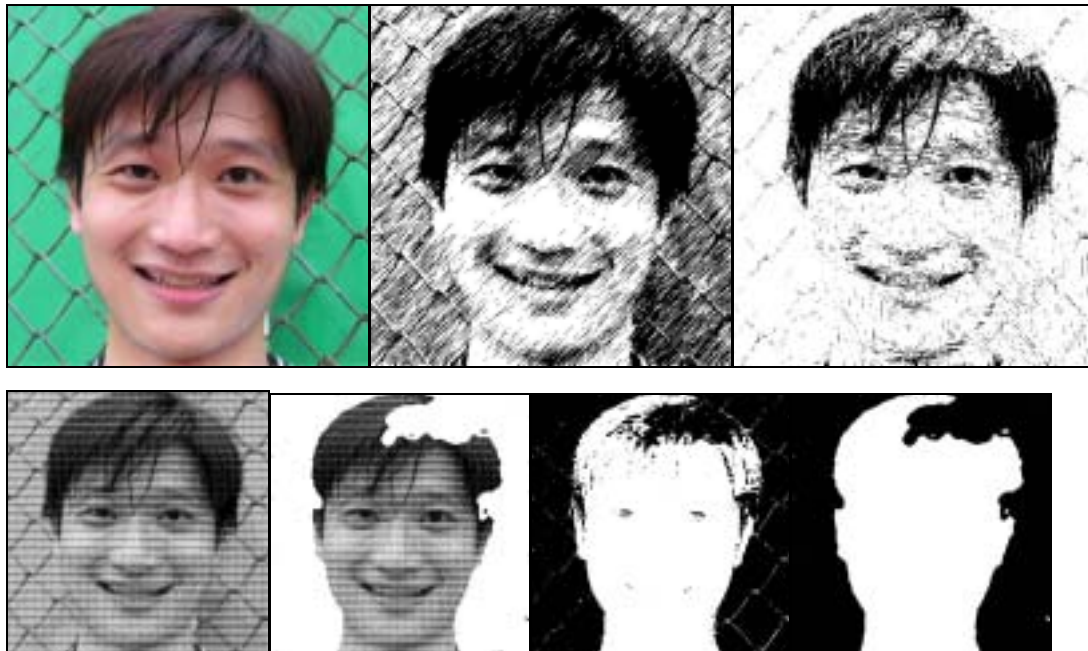
Hc = 35

Neighborhood = 15

DIFF = 30

ME1813 = 0

以下結果依序為原圖, photoshop 素描效果, 自動找尋主體區域並加強, halftone 處理結果, halftone 主體加強,主體遮罩, 主體遮罩加強結果, 色調值分佈圖



素描效果使用參數：

GL = 9

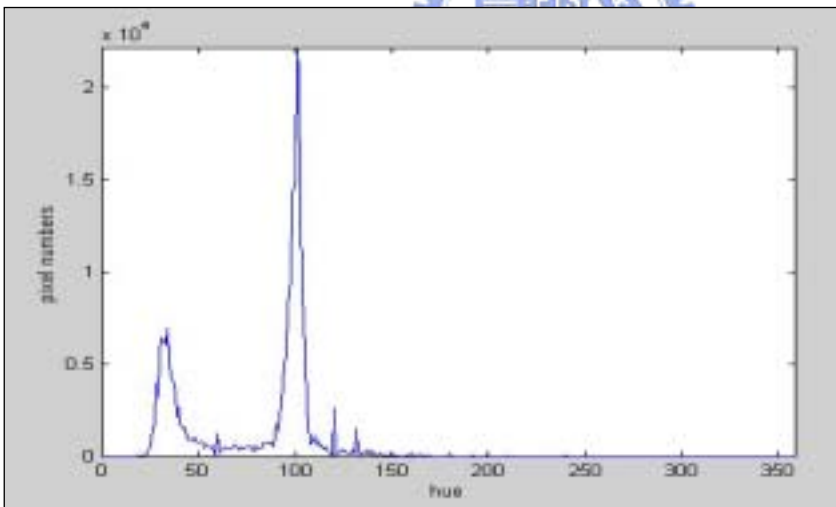
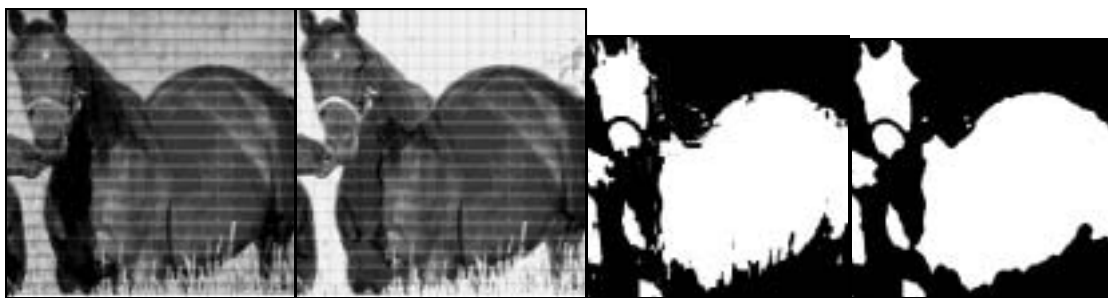
Hc = 3

Neighborhood = 15

DIFF = 30

ME1813 = 20

以下結果依序為原圖, photoshop 素描效果, 自動找尋主體區域並加強, halftone 處理結果, halftone 主體加強, 主體遮罩, 主體遮罩加強結果, 色調值分佈圖



素描效果使用參數：

GL = 9

Hc = 36

Neighborhood = 10

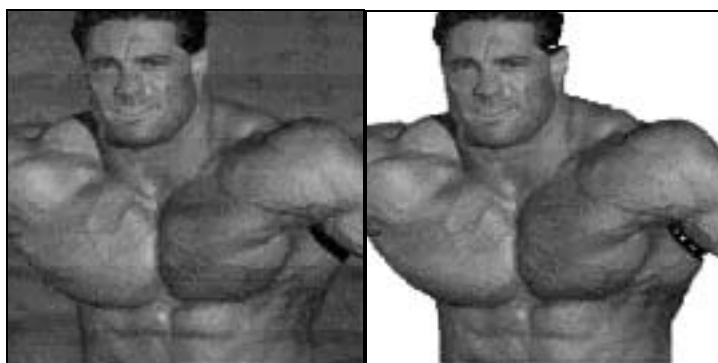
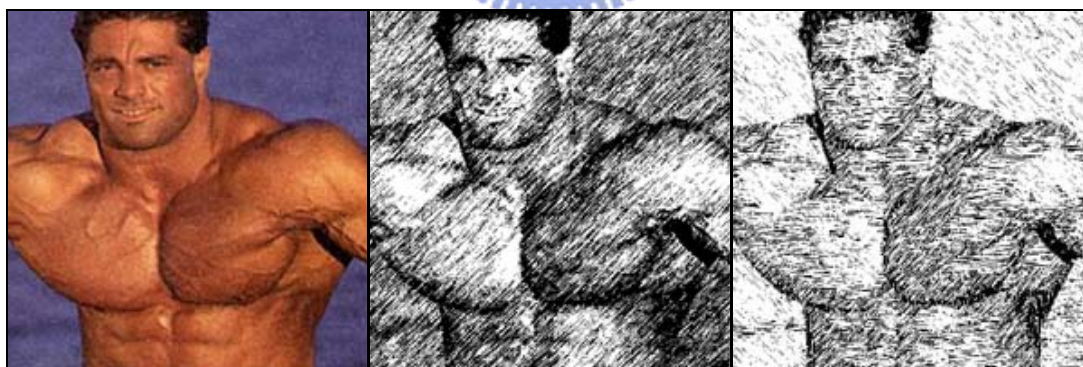
DIFF = 30

ME1813 = 20

以下結果依序為原圖, photoshop 素描效果, 自動找尋主體區域並加強, halftone 處理結果, halftone 主體加強



以下結果依序為原圖, photoshop 素描效果, 自動找尋主體區域並加強, halftone 處理結果, halftone 主體加強



以下結果依序為原圖, photoshop 素描效果, 無主體加強, halftone 處理結果



以下結果依序為原圖, photoshop 素描效果, 自動找尋主體區域並加強, halftone 處理結果, halftone 主體加強



第五章

結論

此篇論文乃提出由一張影像自動化產生此影像的主體加強素描效果圖的方法，此方法分成三個步驟，第一：主體區域選取 (visual target selection)。第二：將影像做分群 (grouping)。第三：將影像做筆觸合成 (stroke mapping)。除了提出理論也將之實作出來，並將得到的結果與其他軟體比較，多數的圖可以得到不錯的結果，但細觀此方法仍有許多部份是尚待改進的，將其列舉如下：

1：筆觸的濃淡種類數

在第 3.3 節做筆觸合成的議題中，吾人使用九種筆觸濃淡種類。然而，這可能並非最佳的切割方法，故自動偵測被處理影像需要分出幾種筆觸種類以達到最佳的效果是可以加強的部份。



2：更精確的主體識別

在第四章的實驗結果中可以發覺本文中的主體識別方法尚無法將每張影像做最完美的主體辨識，故更精確的主體識別亦為應繼續努力之目標，讓最後的效果更完善。

3：完全自動化

本論文所提出的方法並非能完全自動化，仍需要許多的參數設定，但我們最終的目的是希望能達到完全自動化，此點亦是尚待改進的部份。

綜合以上幾點，希望未來可以將此自動產生主體加強素描效果圖的方法做得更加成熟，也希望能應用在各種需要影像處理的產品中，如一般的影像處理軟體、數位相機、以及手機中，增加這些產品的娛樂效果，祈望能達成些許貢獻。



參考文獻

- [1] Jay P.Kapur. Face Detection in Color Images. University of Washington Department of Electrical Engineering, EE499 Capstone Design Project Spring 1997.
- [2] A. Hertzmann, C. E. Jacobs, N. Oliver, B. Curless, D.H. Salesin, Image Analogies, In Proc. of ACM SIGGRAPH, pp 327-340, 2001.
- [3] A. Hertzmann. Painterly rendering with curved brush strokes of multiple sizes. Proc. SIGGRAPH, 1998.
- [4] V. Ostromoukhov. Digital facial engraving. Proc. SIGGRAPH, 1999.
- [5] M. Salisbury, M. Wong, J. Hughes, and D. Salesin. Orientable textures for image-based pen-and-ink illustration. Computer Graphics (SIGGRAPH 97 Proceedings), pages 401--406, 1997.
- [6] Emil Praun, Hugues Hoppe, Matthew Webb, Adam Finkelstein, Real-Time Hatching, SIGGRAPH, 2001.
- [7] Michael P. Salisbury, Sean E. Anderson, Ronen Barzel, David H. Salesin, Interactive Pen-and-Ink Illustration, Computer Graphics Proceedings, 1994.
- [8] Georges Winkenbach, David H. Salesin, Computer-Generated Pen-and-Ink Illustration, Computer Graphics Proceedings, 1994.
- [9] Mike Salisbury, Corin Anderson, Dani Lischinski, David H. Salesin, Scale-Dependent Reproduction of Pen-and-Ink Illustrations, Computer Graphics Proceedings, 1996.
- [10] Oliver Deussen, Thomas Strothotte, Computer-Generated Pen-and-Ink Illustration of Trees, Computer Graphics Proceedings, 2000.
- [11] Aaron Hertzmann, Painterly Rendering with Curved Brush Strokes of Multiple Sizes, Computer Graphics Proceedings, 1998.
- [12] Color and the human response to light, Idit Haran.
- [13] Bruce Gooch, Amy Gooch, Non-Photorealistic Rendering, University of Utah School of Computing, 2001.
- [14] Thomas Strothotte, Stefan Schlechtweg, Non-photorealistic computer graphics modeling, rendering, and animation, Otto-von-Guericke University of Magdeburg, 2002
- [15] 黃慧甄, 素描圖案大全, 武陵, 1984
- [16] Aaron Hertzmann, Denis Zorin, Illustrating smooth surfaces, New York University, 2000.

- [17] Robert D. Kalnins et al, WYSIWYG NPR: Drawing Strokes Directly on 3D models, Princeton University
- [18] Emil Praun, Real-Time Hatching, Computer Graphics Proceedings, 2001.
- [19] Jain, A. K., Fundamentals of Digital Image Processing., Prentice-Hall International, Inc. 1989.
- [20] Pratt, W. K., "Digital Image Processing." John Wiley & Sons, Inc., 1991.
- [21] Siu Chi HSU, Irene H. H. LEE, Drawing and Animation Using Skeletal Strokes, Computer Graphics Proceeding, 1994

