

國立交通大學

多媒體工程研究所

碩士論文

中國山水畫中
水流動畫之產生

**The Generation of the Flow of Water
in Chinese Ink Paintings**

研究生：王朝慶

指導教授：施仁忠 教授

中華民國九十六年六月

中國山水畫中水流動畫之產生
The Generation of the Flow of Water
in Chinese Ink Paintings

研究生：王朝慶

Student : Chao-Chin Wang

指導教授：施仁忠

Advisor : Zeng-Chun Shih

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 and Engineering

College of Computer Science

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Computer Science

June 2007

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十六年六月

中國山水畫中水流動畫之產生

研究生：王朝慶

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

水墨畫在中華文化裡，是有很豐富內涵的一種藝術表達，畫家透過毛筆的筆觸和水墨的渲染以及畫面配置，表達自己的想法，表達自己對於景物人事的領悟，因此在畫的背後，都有很深的意境，但是要能夠讓觀賞者了解畫家要表達的內涵，除了畫家要有深厚的功力，觀賞者也要對水墨畫有一定程度的了解，為了讓畫家努力完成的作品更容易被理解，我在國畫中挑選了一個特別的領域，把畫中的某一重要元素做成動畫，讓觀賞者能夠輕易的感受到畫家想要表達的內容。

水墨畫的內容包含很廣，從山水人物花鳥動物植物等等，本論文所主要是以山水畫為目標，山水畫最主要的元素就是山和水，山是靜而水是動，要利用水的動態襯托出山的寧靜，更顯現出山的穩重靜謐，就像是襯托紅花的綠葉，所以在山水畫中，水的動態是有很大的意義的，因此我這次希望的，就是可以做出水墨畫中的山水畫裡的水的流動的動態。

The Generation of the Flow of Water in Chinese Ink Paintings

Student: Chao-Chin Wang

Advisor: Dr. Zen-Chung Shih

Institute of Multimedia and Engineering
National Chiao Tung University

ABSTRACT

Chinese Ink Painting is an essential art in Chinese culture. Artists express their thoughts and feelings about everything through it. Readers can understand the painter's thought by viewing and admiring the painting. However, to be able to comprehend the paintings is not easy for readers.

In this paper we propose a method to make it easier for readers to comprehend the artistic conception of the painting. Our method focuses on a special category of Chinese Ink Painting, the landscape painting. Usually, the main elements in the landscape painting are mountains and water. We propose a simple method to synthesize the flow of water in the picture to make an artistic conception of it can be understood.

致謝

關於這篇論文，首先要感謝指導教授施仁忠老師，在他的幫助和指導之下，給了我許多的建議以及支持，才能夠順利的完成此篇論文著作。另外要特別感謝交通大學應用藝術研究所的張恬君老師，張老師適時的給的我意見指導及鼓勵給我很大的幫助，另外還有感謝電腦圖學實驗室的所有學長姐以及同學，給了我很多的意見跟想法，使我克服了許多問題。最後要感謝我的家人，因為有你們的支持，我才能夠一心一意的努力完成論文。



目錄

中文摘要	I
英文摘要	II
致謝	III
目錄	IV
圖目錄	V
第一章 序論	1
1.1 論文動機	1
1.2 系統概述	2
第二章 相關研究	5
第三章 背景處理	7
3.1 使用者輸入	9
3.2 背景處理	10
3.3 其他參數	13
第四章 水流走勢線以及動畫產生	16
4.1 水流走勢線	16
4.1.1 掃描線	16
4.1.2 水流走勢線	17
4.2 波紋線的產生與動畫製作	21
第五章 結果呈現	24
第六章 結論與未來展望	28
參考文獻	30

圖目錄

圖 1.1 水墨山水畫.....	1
圖 1.2 系統流程圖.....	4
圖 3.1 背景圖和原圖.....	8
圖 3.2 使用者輸入圖.....	9
圖 3.3 三張區域圖.....	10
圖 3.4 線段偵測核心矩陣.....	11
圖 3.5 背景圖和影像處理結果.....	12
圖 3.6 RGB 座標系統.....	13
圖 4.1 河流輪廓圖和水流區域掃描線.....	17
圖 4.2 水流區域輪廓圖, 水流區域掃描線圖, 水流走勢線圖.....	18
圖 4.3 掃描線經過水流障礙物圖.....	20
圖 4.4 走勢線不考慮水流障礙物, 走勢線考慮水流障礙物.....	21
圖 4.5 (左)水流走勢線完成圖, (右)水流波紋線.....	21
圖 5.1 原圖及背景圖.....	25
圖 5.2 水流走勢圖及水流波紋線圖.....	25
圖 5.3 完成圖.....	25
圖 5.4 原圖及背景圖.....	26
圖 5.5 水流走勢圖及完成圖.....	26
圖 5.6 原圖及背景圖.....	27
圖 5.5 水流走勢圖及完成圖.....	27

第一章 序論

1.1 動機

中國傳統的水墨畫是有很深刻內涵的一種藝術表達方式。藝術家們透過手中的畫筆表達他們內心的感受，對於人生的感慨，對於大自然美景的感動讚嘆，或是舒發他們的抱負跟理想。但是一個畫家想要利用畫作完美的表達自己的情感，並不是那麼的容易，除了要有高明的繪畫技巧，甚至還需要有一點藝術上的天份。同樣的，對於看畫的人而言，要能夠理解領悟畫家所想要表達的意境，就更是不容易了，要能夠對畫家的生平背景有基本的認識，對於該藝術領域也要有一定程度的了解。因此，用什麼方法能夠讓一幅畫家嘔心瀝血的畫作更直接而且更容易的被人們了解接受，便是一個很值得研究深思的問題，也就是本篇論文所提出的方法想要達到的目標。



圖 1.1 中國山水畫

中國水墨畫的種類有很多，以畫作的內容來分類，有山水畫、花鳥畫、人物畫…等等種類。不同種類的畫作，有不同的內涵意境，繪畫的方式，畫中所呈現的主要元素也都不相同。針對不同種類的畫作，當然我們就要用不同的方法使它更容易被看畫的人所理解。在這篇論文中，我們選擇了中國山水畫為目標，針對這個領域的作品提出了一個簡單而且可行的方法，讓中國山水畫中

的意境以及其藝術內涵能夠更加的具體而且明顯，使得讀者可以輕易的理解畫家想要表達的內容。

顧名思義，山和水是中國山水畫的兩大主要元素。在傳統的觀念裡面，山水畫中，山象徵著寧靜、安詳，而水代表了動態、生命的氣息等，因此山的靜謐和水的生生不息，是能夠互相襯托為對映的，高山群嶺旁的山澗瀑布更顯得意境深遠，相得益彰，更顯得山巒的穩重，也更讓人感受到流水奔騰的氣勢。因此，為了加強山水畫中水流的動態，讓觀賞的人能夠直接輕易的感受到動靜的強烈對比，我們建構了一個半自動的系統，透過使用者的簡單操作，產生中國山水畫中的流水變成動畫。

1.2 系統概述

在這篇論文中，我們所提出的方法其實是很直觀且容易理解的。透過使用者的簡單輸入，我們沿著使用者所描繪的河岸邊界的河岸線，可以產生水流的走勢線(Flow lines)，並且利用影像處理的方法對於畫中水流區域做處理，再利用簡單的統計，得到水流波紋線(strokes)的顏色。並在最後的步驟中沿著水流方向將水流區域切成數個區段，並在各個區段中產生隨著水流走勢線流動的水流波紋。

系統第一個部分是使用者輸入，而這個部分也是整個系統中，唯一一個必須要使用者參與的步驟。使用者所要輸入的項目有三個，第一個是水流兩岸的河岸線，第二個是在水流中，會對於水流走勢產生影響的阻礙物，例如水中的大石頭等物體，第三個則是從畫家的視線方向，會對河流區域產生遮蔽的物體。

第二個部分，則是畫作中水流區域的背景處理。根據上一個步驟中使用者輸入的三個項目，系統會自動的產生三張區域圖，分別是河流區域圖，阻礙物區域圖，和視線遮蔽物區域圖。在這個部分，系統會透過簡單的影像處理方法，清除在水流區域中畫家所畫的水流波紋線，在清除的過程中，也同樣的利用影像處理的方法擷取了水流波紋線的顏色。另外在這個部分，我們也會計算出幾個必要的參數，包含了要將水流區域切成幾個區段，每一個區段應該要畫上多少水流波紋線等等參數。

第三個部分，也是本方法中最主要的部分，是水流走勢線(Flow lines)的產生。我們的系統會利用使用者所描繪的河流兩岸的河岸線，以及對於水流走勢產生影響的阻礙物，產生出一定數目的水流走勢線。

系統的最後一個部分，是水流波紋線的產生以及動畫的產生。在這個部分，系統會先個別的在每一個河流區段，利用第二個部分所找出的水流波紋線的顏色，沿著第三個部分產生的水流走勢線，產生相同數目的水流波紋線，並且隨機的調整每一條水流波紋線的長度以及中心點位置，使得產生的水流波紋線看起來更自然，之後開始製作動畫的每一張畫面(frame)，讓產生的水流波紋線沿著水流走勢線產生位移，也就是讓水流波紋線沿著水流走勢線流動，在這個階段，系統也會根據不同的狀況，調整每一條水流波紋線的流動速度以及顏色。

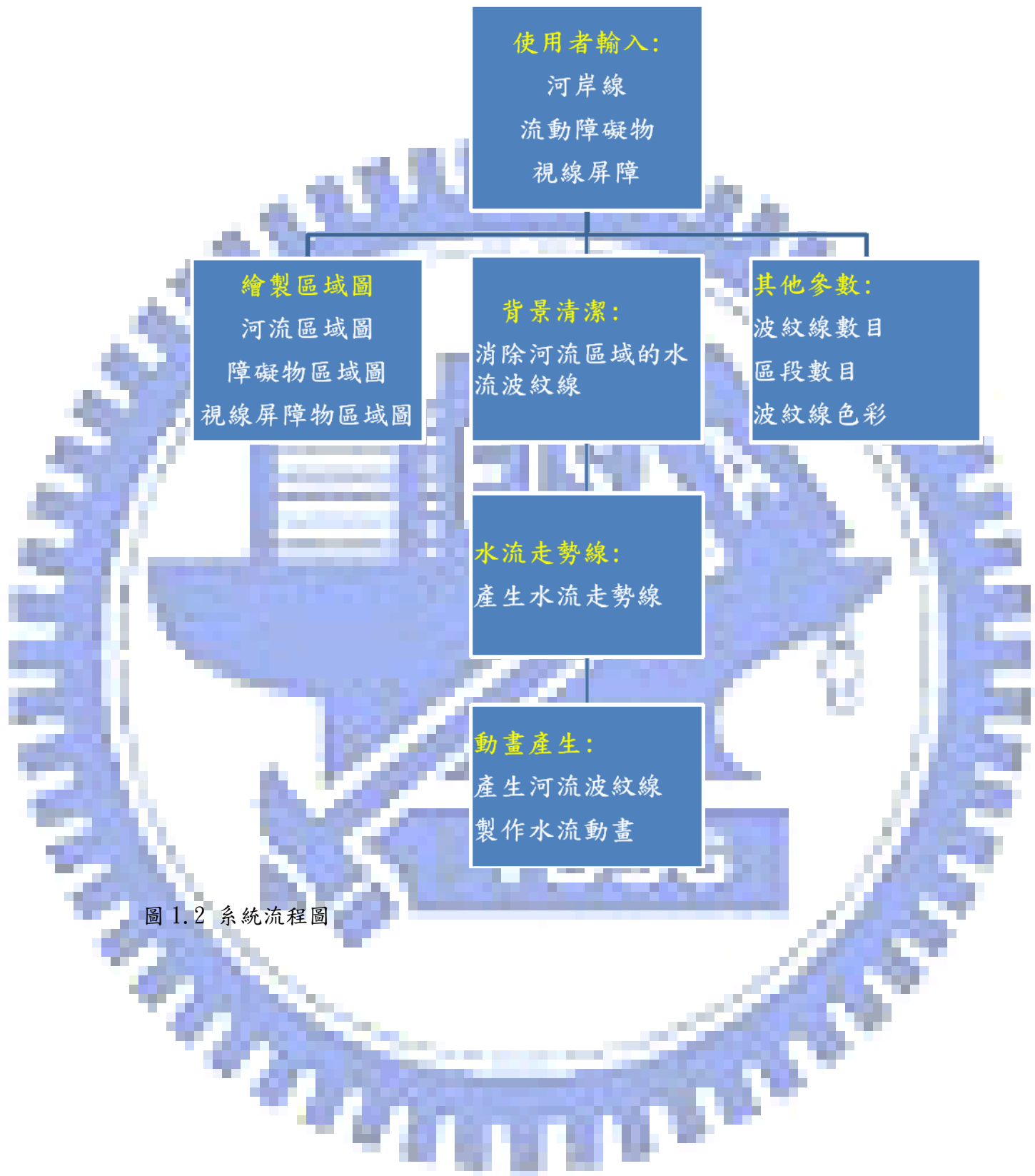


圖 1.2 系統流程圖

第二章

相關研究

本章將介紹與本篇論文所提出之方法在結果上，或是在執行過程中有關聯，或是相似的研究。

本系統的輸入是一張靜態的影像，透過使用者的操作，產生一段動態的影片，從這樣的角度來看，相似於由 Horry *et al.* [1997] 所提出的“Tour Into the Picture”。該系統讓使用者經由一些參數選擇與設定，例如消失點等等，可以將二維的影像對應在一個三維盒子般的場景上，透過這個系統，使用者彷彿可以進入畫中的世界自由的遨遊一般。另外，Criminisi *et al.* [2000] 提出了一個自動的方法可以達到類似的效果。之後，Oh *et al.* [2001] 開發了一個以影像為基礎的深度值編輯系統(image-based depth editing system) 讓使用者可以自由的轉動視角，甚至對於場景中的物體做編輯以及調整。在我們所提出的系統中，和上述論文最大的不同之處，在於並沒有透過深度值的編輯讓使用者可以自由改變視角，而是產生一段隨著時間改變的固定影片。

另外，由 Chuang and Goldman *et al* [2005] 所提出的 Motion Textures 和本文所提出的系統也有很大的關聯性。兩篇論文所提出的方法都是透過單張影像的輸入，產生的輸出則是無線循環的動態影像。在該篇論文中，需要透過和使用者的互動，把輸入的單張影像分成數層，之後個別的對每一層做動畫，而本文所提出的方法在概念上也是藉由使用者的輸入把畫面做切割。而兩篇論文的不同之處，主要在於該篇論文所提出的系統是針對的是場景中，受到大自然力量驅使產生的動態，且以具有來回震盪的動作為主，例如樹枝，花草被風吹動的

搖擺以及水面的波紋等等，並且該系統是利用物理性質的模擬來產生動畫，而本文所提出的方法則是針對中國山水畫中的流水，透過波紋線的流動產生動畫。

以結果而言，本文所提出的系統相似於 video textures 和 dynamic textures 兩個領域的研究 [Szummer and Picard 1996; Schödl et al. 2000; Wei and Levoy 2000; Soatto et al. 2001; Wang and Zhu 2003]。其相似處在於都是針對不斷流動。半週期性(quasi-periodic)的場景。由 Bhat and Seitz* et al 所提出的論文”Flow-based Video Synthesis and Editing”提出了一個新奇的方法來合成以及編輯自然中的具有連續流動特性的現象。該篇論文提出了一個演算法，建構一個粒子系統(particle system)，以每一顆粒子為中心長出一小塊區域(patch)，並且讓該區域沿著使用者描繪出的水流走勢線(flow lines)移動，在移動的過程中改變區域上的材質(video texture)，利用能夠完整走完一個週期的粒子不斷的再生，來產生連續性的影片。這個概念跟本文所提出的方法略為相似，我們利用水流波紋線來取代該文中的粒子，沿著水流走勢線流動，差別在於本文的水流走勢線是由系統自動的產生，且本文的輸入是一張單張影像，而該文所提出系統的輸入是一段短片。

Xu et al 在 2006 年於論文 “Animating Chinese Paintings Through Stroke-Based Decomposition” 中提出了一個使得中國水墨畫變成動畫的方法。這篇文章是針對水墨畫中筆觸較為稀疏的畫作。它的概念在於筆觸較為稀疏的畫作中，畫家所畫出的每一個筆觸，都有他真實的意義對應到真實的世界中，而本文所提出的方法，有一個很重要的關鍵，就是經由數位化有經驗的畫家所畫出的筆觸，預先建立了一個 ”筆觸庫”(brush stroke library)，透過這個筆觸庫，該系統輕易的擷取畫中的筆觸並且予以模組化，最後經由使用者對於筆觸的調整和操縱以產生動畫，該方法所產生的動畫品質及效果不錯，但是不能使用在筆觸太過密集的畫作，另外在動畫產生的部分，是要透過使用者直接的

去操縱筆觸，而不是自動的產生。



第三章

背景處理

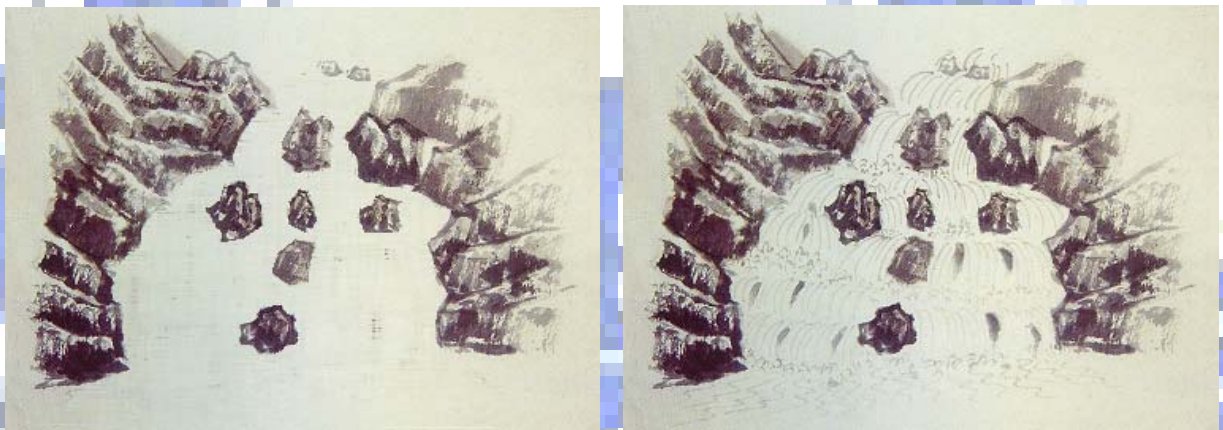


圖 3.1 背景圖（左）和原圖（右）。“背景”在本文所代表的意義，是指把原畫作中的水流區域的水流波紋線消去之後的圖

在本章節中，我們將介紹系統的第一個與第二個部分，分別是使用者輸入以及背景的处理和其他參數的計算。其中背景的处理是本方法中頗為重要的部分。其中“背景”在本文所代表的意義，是指把原畫作中的水流區域的水流波紋線消去之後的圖。

本章節的第一個段落，我們會詳細的說明關於使用者輸入的部分，包含了需要輸入的三個項目，輸入的方式。在第二個段落中，我們要說明的是如何把畫作中水流區的水流波紋線消除。同時在這個階段，系統也會計算一些在下個階段工作會使用到的參數，例如要將水流區域切割成多少個區段，每個區段中要有多少的水流波紋線，以及水流波紋線的基礎顏色等等。

3.1 使用者輸入

在本系統中，為了產生合理且合乎要求的水流動畫，在系統的第一個部分，使用者需要輸入三個項目的資料，而這也是唯一必須要使用者介入的部分。使用者所需要輸入的三個項目分別是水流兩岸的河岸線，在水流區域中會阻礙或是影響水流走勢的阻礙物，以及從畫家的視角看過去會遮蔽到水流區域的遮蔽物三種。

首先是水流兩岸河岸線的部分，使用者只需要延著河的兩岸，分別依照河兩岸的河岸線彎曲變化的程度取一定數目的點，系統會自動將點按照順序連接。便完成這個部份的輸入，如同圖三中的藍色線條。第二個是在水流區域中會阻礙或是影響水流走勢的障礙物，使用者沿著個別障礙物的邊緣取點，系統會自動將點連接成封閉區域，並塗滿顏色，如同圖三中紅色的區塊，在使用者完成輸入的同時，系統也會建立相對應的區域圖，也就是河流區域圖以及障礙物區域圖，而利用這兩張圖以及使用者所輸入的河流邊界的河岸線以及障礙物的輪廓線，我們就可以建立起合理且合乎需求的水流走勢線。



圖 3.2 圖中紫色紅色的區塊以及藍色的線條是使用者輸入後的結果

第三個輸入是擋在水流區域前面的視線遮蔽物，利用同上述的輸入方式，系統也會建立一張遮蔽物的區域圖，視線遮蔽物在水墨畫領域中，是很重要的一個元素，因此雖然對於水流不會有任何影響，在製作水流走勢線以及產生水

流波紋線的時候都不會用到這張區域圖，但是在最後動畫產生的階段，會特別使用到這張區域圖。

另外，除了先前提過的三項輸入之外，還有第四項輸入需要使用者介入，那就是瀑布或是山澗的瀑腳點，瀑腳點的設定主要是在控制水流速度，當水流波紋線流過瀑腳點之後速度就會減緩，不過這個瀑腳點的輸入並非必要。

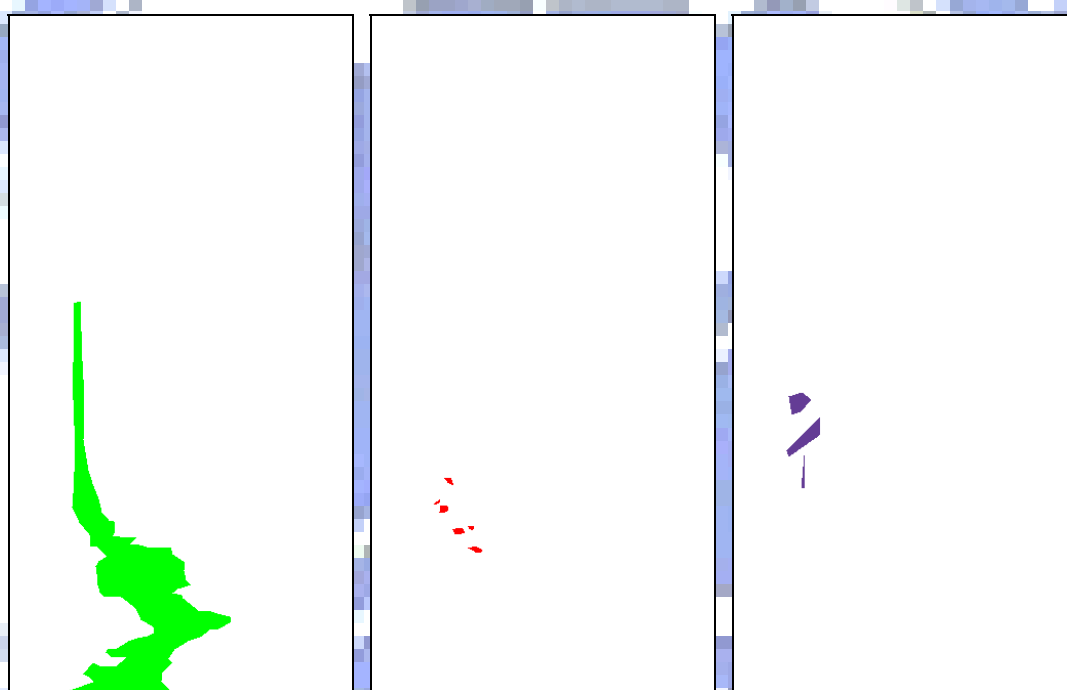


圖 3.3 區域圖（由左至右：水流區域圖，障礙物區域圖，視線遮蔽物區域圖）

3.2 背景處理

“背景”在本文中所代表的意義，是指把原畫作中的水流區域的水流波紋線消去之後的圖。因此本章節所要說明的，就是要如何消去河流區域上的水流波

紋線。



圖 3.4 不同大小的線段偵測核心矩陣（由左上到右下為 一像素寬的橫線偵測、一像素寬的直線偵測，兩像素寬的直線偵測，兩像素寬的橫線偵測）

要消除水流區域的波紋線，首先我們要能夠找到這些波紋線，本文中我們使用影像處理中的線段偵測方法(Line detection)。因此消除波紋線的第一個步驟就是把線段偵測的核心矩陣(line detection kernel)應用到輸入圖形的水流區域，我們利用兩種不同的線段偵測核心矩陣，透過這兩種核心矩陣，能夠找到水流區域中所有一個像素寬和兩個像素寬的線段。對於河流區域的每一個像素都

套用兩個不同的線段偵測核心矩陣分別去計算，並且保留較高的那個值當作是線段偵測的結果，我們另外把所有像素的結果都乘以一個常數，用來增加線段偵測的敏感性，使得河流區域的所有線段都可以毫無遺漏的被顯示出來，之後把河流區域線段偵測的結果透過一個門檻值過濾，形成一張黑白的影像，在黑白影像中，白色的部分就是我們要消去的波紋線的部分，



圖 3.5 (左)背景圖 和 (右)線段偵測以及門檻值過濾後的結果

接著我們針對上述的黑白影像中的白色部分，執行影像補繪(Image Inpainting)。本系統所使用的影像補繪演算法，是以個別像素為單位執行。首先以該像素為中心，朝著上下左右四個方向搜尋，分別尋找距離該白色像素最接近的黑色像素，在取得該黑色像素的座標對映回原始圖片的顏色，再加上該白色

像素的前一個像素的顏色，在這五個顏色中，剔除其顏色值最高和最低的兩個顏色，再根據距離遠近的反比給予剩下的三個顏色加權值加以混合，便成為該像素最終的背景顏色。

前述的顏色值計算方式，是把顏色用 RGB 值來表示，並且把 RGB 三個數值分別對應到 RGB 座標系統中的三個座標軸上，每一個顏色的 RGB 數對代表一個向量，而該向量的長度便是該顏色的“值”

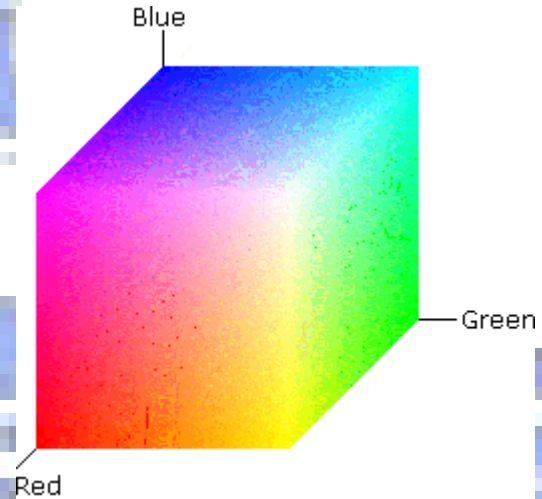


圖 3.6 RGB 座標系統

3.3 其他參數

在這個部分，除了上述的消除水流區域的水流波紋線之外，系統同時也會對於幾個即將會用到的重要參數做運算：

◆ 河流區域的區段數目

本系統會將河流區域沿著使用者所輸入的河岸方向分為數個區段，並且在之後的水流波紋線產生的時候分別的做處理，每一個區段內會產生同樣數目的水流波紋線。而且在初始設定之時，所有的水流波紋線的中點都會在每個區段的沿著河岸線方向的中間。本系統透過水流區域的長寬比值，也就是河流的長度以及寬度值的比例來決定河流要分成多少個區段，一般而言寬度:長度的比值越大，則區段的數目也會跟著增加。相對的水流波紋線的平均長度也就會越短。

◆ 個別區段內的水流波紋線數目

如同上述，每一個區段內會產生同樣數目的水流波紋線。而且在初始設定之時，所有的水流波紋線的中點都會在每個區段沿著河岸線方向的中間。而我們設定在每個區段內，起始的水流波紋數目為整個水流區域最開始的部分的寬度值和結束部分的寬度值的平均值。而這個值也是我們在下個部分要計算的水流走勢線的數目。

◆ 掃描線(Scan Lines)的數目

在系統的下一個步驟，也就是水流走勢線(Flow Lines)的產生中，我們必須要先沿著水流的河岸線方向。產生與河岸線垂直的掃描線。之後再透過這些掃描線及使用者所輸入的障礙物區域圖，來產生我們想要的水流走勢線。此掃描線的密度，依照著水流河岸線的斜率以及變化幅度有所不同，而使用者在輸入河流兩岸河岸線的過程中，也同樣因為變化幅度的大小而改變取點的密度。因此我們將水流區域掃描線的數目設定為使用者在輸入河岸線時，對於第一條河岸線所取點的個數乘上一常數。另外，在最後動畫產生的階段，所要產生的畫面(Frames)數目，也會等於掃描線的數目。

◆ 水流波紋線(stokes)的顏色

在水流波紋線產生的階段，系統會先給每波紋線一個初始的顏色，之後再視狀況而調整深淺變化。初始的波紋線顏色，是參考畫家原本所使

用的波紋線顏色的平均值，而要取得畫家所使用的波紋線顏色，先要取得畫家所畫的水流波紋線，本系統利用如同前一個段落所描述的線段偵測使用方式，在同樣的透過一個門檻值(threshold)的過濾找出水流波紋線。

在這次的使用中，為了避免線段偵測截取到其他的資訊，或是受到雜訊的干擾，我們將線段偵測的結果乘以一個較小的常數，用來降低線段偵測的靈敏度，並且使用一個較高的門檻值來確保所過濾出來的結果一定是畫家所描繪的水流波紋線，之後擷取過濾出來的波紋線上每一個像素的顏色。並取得平均顏色。



第四章

水流走勢產生以及動畫產生

本章節主要要介紹的，就是利用使用者所輸入的河岸線以及水流障礙物來產生水流走勢線(Flow Lines)的方法。之後會介紹關於系統如何利用前面幾個步驟所得到的參數，來產生水流波紋線(Strokes)，以及對於每一條水流波紋線個別的隨機調整，最後再讓這些水流波紋線沿著本章一開始所產生的水流走勢線(Flow Lines)流動，產生我們所想要的動畫

4.1 水流走勢

4.1.1 掃描線

在本系統開始產生水流走勢線(Flow lines)之前，我們必須要先在水流區域，沿著水流的河岸線建立和河岸線垂直，且穿過水面的掃描線(Scan lines)，掃描線的數目如同前一章節所描述，是將使用者再描繪水流河岸線時，對於第一條河岸線所取的點的個數乘以一常數而決定。

首先，系統會先分別計算出使用者所描繪的兩條河岸線的長度，並將兩條河岸線的長度分別除以掃描線的數目，意思即是將兩條河岸線等分。之後再把兩條河岸線互相對應的等分點相連接，接著系統把兩條河岸線的起始點互相連接，當作是第一條掃描線，再把兩條水流河岸線的終

點互相連接，當做最後一條掃描線，而我們的水流走勢線，就是從第一條掃描線出發，穿過所有的其他掃描線，最終在最後一條掃描線上結束。

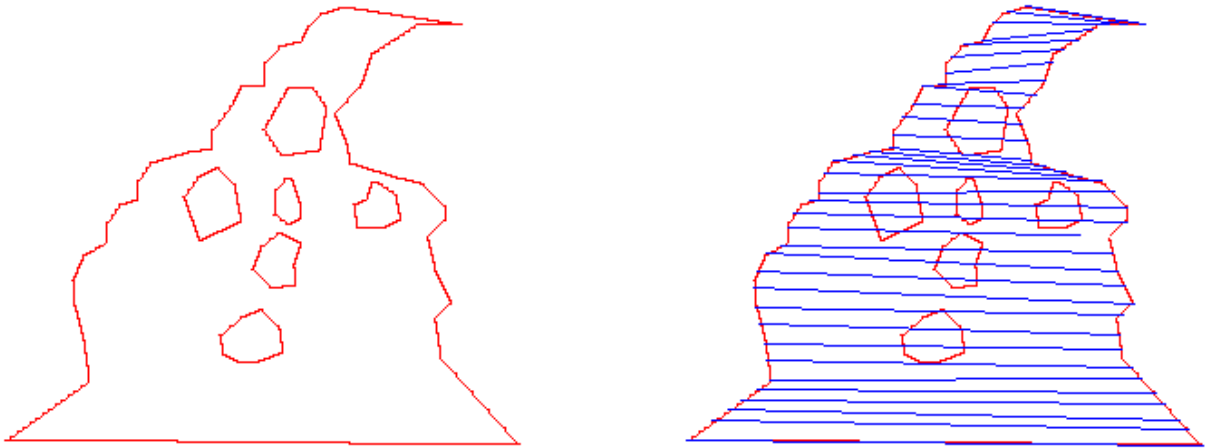


圖 4.1 (左)河流水流區域和障礙物區域輪廓圖
(右) 水流區域掃描線圖

4.1.2 水流走勢線

產生了水流區域的掃描線之後，開始進入水流走勢線的產生。本文所產生的水流走勢線，如同上述，是由第一條掃描線出發，穿過其他所有的掃描線，最後終止於最後一條掃描線，貫穿整的水流區域的。水流走勢線是用來指出水流的方向，也就是下一個階段本系統將產生的水流波紋線的流動路徑。

在本論文所提出的系統中，水流走勢線和每一個水流區段內的水流波紋線是一對一互相對應的，因此水流走勢線的數目，也等於每一個區段內的水流波紋線的數目，而水流波紋線的數目則在上一個章節提及，正比於使用者在第一條水流河岸線上取的點的個數。假設 N 為本系統所要產生水流走勢線的數目，我們先將所有的掃描線先分成 $N + 1$ 等分，再把掃描線上的 N 個等分點依照其順序

互相對應，再把相對應的等分點連接。這些連接起來的就是水流走勢線。但是這裡所產生的水流走勢線並不是最終的水流走勢線，因為在此尚未考慮到使用者所輸入的水流障礙物所造成的影響。

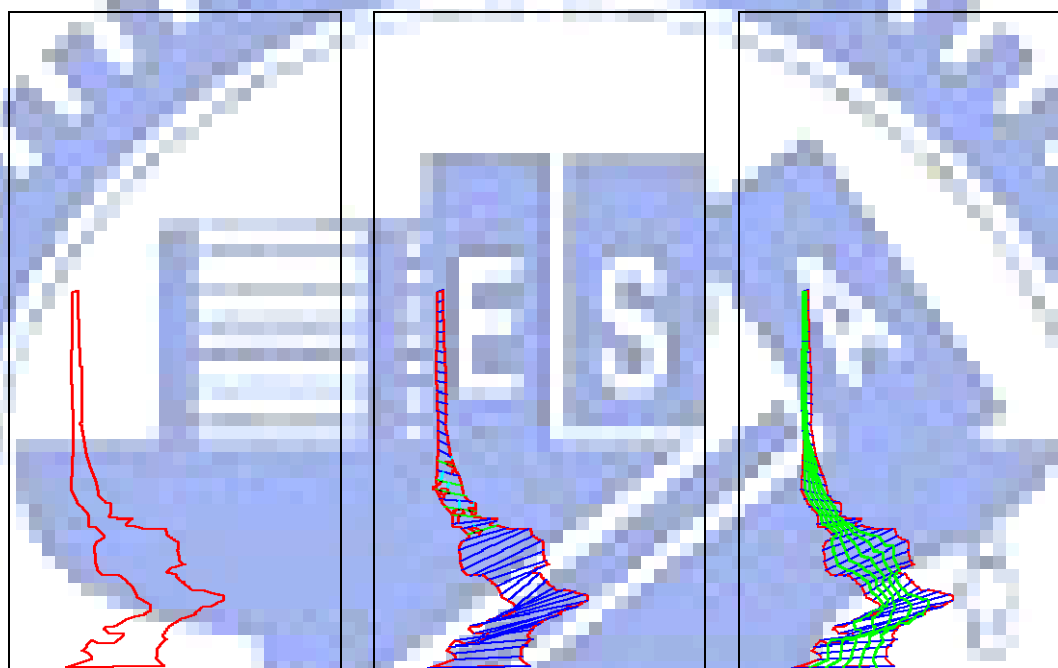


圖 4.2 (左)水流區域輪廓圖，(中)水流區域掃描線圖，(右)水流走勢線圖

為了產生合乎要求的水流走勢線，接下來，系統要開始考慮水流障礙物所造成的影響，並且把先前所產生的水流走勢線作調整。第一步，先找到所有障礙物的邊緣與掃描線的交點，然後再個別針對每一障礙物，分別依照下列三個條件，找出一條掃描線：

- (1) 沿著河岸線由上而下，落在障礙物之前
- (2) 和該障礙物沒有交點
- (3) 符合前兩條件，且和該障礙物距離最近

此掃描線即為該障礙物的上臨界線(Up Critical line)·而根據相同的條件，落在該障礙物之後的即是該障礙物的下臨界線(Down Critical line)

接著，針對每一個障礙物，系統會找出使用者在輪廓線上取的點中，分別最接近上下兩條臨界線的兩個點，在找到點對相對應臨界線的投影點，我們利用在上臨界線上的投影點，來當做該障礙物的座標，找出位於哪兩條走勢線中間，計算它對水流的影響。

假設 (x_0, y_0) 為一點 i 的座標，另外 (x_1, y_1) 和 (x_2, y_2) 則是線段 L 的兩個端點座標，我們計算投影點的方式如下：

$$a = (y_1 - y_2) / (x_1 - x_2) \quad (1)$$

$$b = (y_2 * x_1 - y_1 * x_2) / (x_1 - x_2) \quad (2)$$

$$c = -1 / a \quad (3)$$

$$d = y_0 - c * x_0 \quad (4)$$

$$X = (b - d) / (c - a) \quad (5)$$

$$Y = c * X + d \quad (6)$$

(X, Y) 就是點 i 對線段 L 的投影點

接下來我們要開始調整系統所產生的水流走勢線，要調整的部分有兩類，第一類是通過和障礙物有交點的掃描線的部分，第二類是通過被設定為臨界線的掃描線的部分。因為我們的水流走勢線是連接掃描線上相對應的等分點而完成，所以在調整時候，也是透過改變掃描線上的等分點的分布來改變水流走勢線。

要調整的第一類，是通過和障礙物有交點的掃描線的部分水流走勢線，這個部分的掃描線都會被所通過的障礙物切成幾個區段，如果通過一個障礙物，就會被切成兩個區段，通過兩個障礙物，就會被切

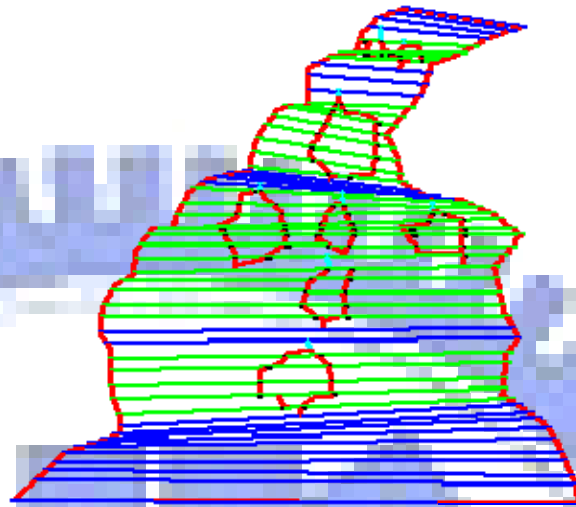


圖 4.3 綠色掃描線代表有經過水流障礙物

成三個區段，依此類推，而因為我們已經知道每一個障礙物在哪兩條水流走勢線中間，所以我們也可以輕易的計算出每個區段會有哪幾條水流走勢線通過，例如，如果某條掃描線通過兩個障礙物，第一個障礙物位於第三和第四條水流走勢線中間，第二個障礙物位於第七和第八條水流走勢線中間，那麼，這條掃描線就被切成三個區段，分別是第一條水流河岸線和第一個障礙物中間的區段，第一個和第二個障礙物中間的區段，第二個障礙物和第二條水流河岸線中間的區段，而第一個區段有三條水流走勢線通過，第二個區段有四條水流走勢線通過，第八條之後的水流走勢線都是通過最後一個區段，我們將每個區段等分成該通過該區段的水流走勢線數目加一，等分點數目就會等通過該區段的水流走勢線數目。

要調整的第二類是水流障礙物的上臨界點，所使用的方式和第一類相同，我們將只有一個像素寬的臨界點也當作一個水流障礙物，來改變該掃描線上的等分點分布。最後在同樣的將相對應的等分點互相連接，就完成了最後的水流走勢線。

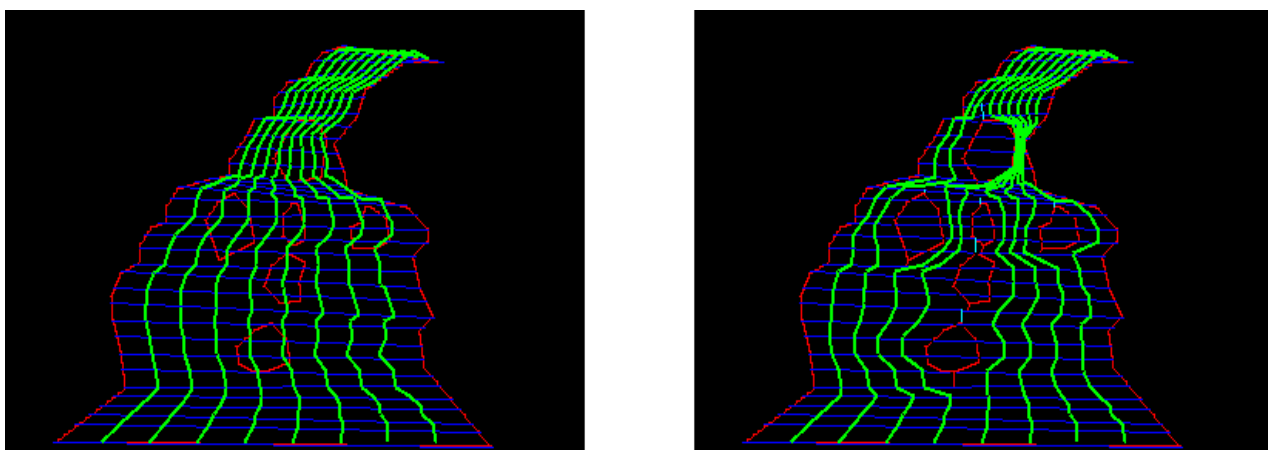


圖 4.4 (左)水流走勢線不考慮水流障礙物 (右)水流走勢線考慮水流障礙物

4.2 波紋線與動畫產生

系統的最後一個部分，是在水流區域的每個區段裡產生相同數目的水流波紋線，並且讓他們沿著相對應的水流走勢線流動，完成整個動畫的製作。

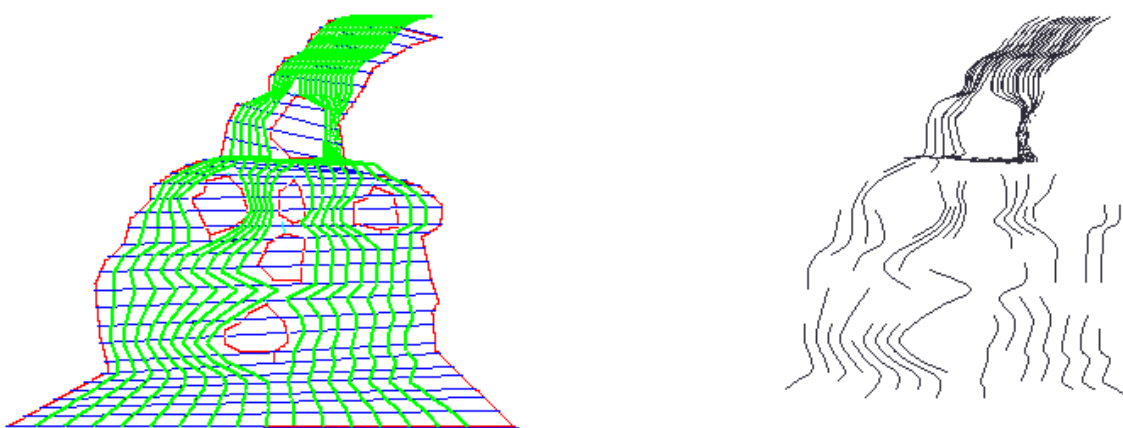


圖 4.5 (左)水流走勢線完成圖, (右)水流波紋線

一開始，我們先在每一個水流區域的區段內，建立一組一樣數目的水流波紋線，每一條波紋線的起始點，都是該區段的第一條掃描線上的等分點，沿著相對應的水流走勢線延伸，終點設在倒數第二條掃描線上的等分點上，並且取該水流波紋線的中點座標來代表它的位置，在一開始，每條水流波紋線的中點都是

設在區段的那條掃描線的相對應等分點上。

接著，為了讓我們所建立的水流波紋線看起來更自然，我們個別對於每一條水流波紋線的長度以及中心點位置，隨機的做調整。我們改變水流波紋線長度的方式是透過改變阿的起點位置或是終點位置，而他的中心點位置並不會隨著改變，中心點位置的調整是獨立隨機調整的。

最後，就是動畫的每一個畫面的產生，我們利用沿著水流走勢線移動相對應的水流波紋線，造成流動的效果，在畫面的製作過程，也就是水流波紋線的移動過程中，為了讓產生的動畫更為真實，系統根據水流波紋線流動的狀況，會對於以下的幾個特性做調整：

- 是否讓水流波紋線出現：

河流區域的寬度是不固定的，沿著河岸線由上而下會有所變化。但是我們設定的水流走勢線數量是固定的，亦即水流波紋線的數目也是固定的，因此，當過量個水流波紋線同時通過一個較窄的水流區段時，就會使得畫面不協調且不美觀。為此我們設立一個機制，系統會在較窄的水流區設定一個機率值，讓流經該區段的水流波紋線根據該機率隨機的出現或是消失。

- 水流波紋線顏色：

水流波紋線的顏色在前面的章節中已經設定好了，但是在流動的過程中，我們會依照下列狀況改變顏色

1. 水流波紋線中心點座標的背景色：

在水流波紋線流動的過程中，我們會個別的檢查每條波紋線的中心點背景顏色，如果某條波紋線中心點的背景顏色比背景色的平均值還

要深，我們就會加深該條波紋線的顏色。

2. 和障礙物的相對位置

水流波紋線和水中障礙物的相對位置也會影響水流波紋線的顏色。當水流經過水中障礙物的時候會產生水花，或是會產生波浪，因此當水流波紋線接近水流中障礙的時候，我們也會加深水流波紋線的顏色。

- 水流速度調整

當水流波紋線沿著水流走勢線向下流動時，我們會逐漸的增加它流動的速度，也就是逐漸增加同一條水流波紋線在畫面與畫面之間的位移量，用來模擬水流受到地心引力影響的加速度狀況。

最後，當水流波紋線的產生完成後，我們把一開始使用者輸入的視線頻帳務體直接貼回每一個畫面，因為我們在移動水流波紋線的時候，所流經的水流區域可能在原圖中是被遮蔽物所遮蔽的，所以要重新把遮蔽物覆蓋上去。

第五章 實驗與結果

本系統是在 Pentium 1.73G，記憶體 1 G 的電腦上利用 C# 語言實做出視窗程式，系統的執行速率扣除使用者輸入的時間，使用單張影像大小小於 800x800，產生的畫面(frame)數目小於 100 個，只需要五到十分鐘，主要受到影像大小、水流區域面積，畫面的數目和水流走勢線的數目影響。而使用者輸入的時間則受到水流區域的複雜度，阻礙物的數目以及遮蔽物的數目影響。

本系統所產生的結果，受到輸入影像中水流的類型所影響，本系統針對的水流類型是山澗。瀑布等明顯由上而下流動的水流類型，對於湖泊海洋等流水所產生的效果較差，另外，水流區域的水流波紋線的種類、寬度以及色彩與最後產生動畫的品質也有關聯，對於水流波紋線較細，而且較為明顯的畫作能夠，呈現較佳的結果。

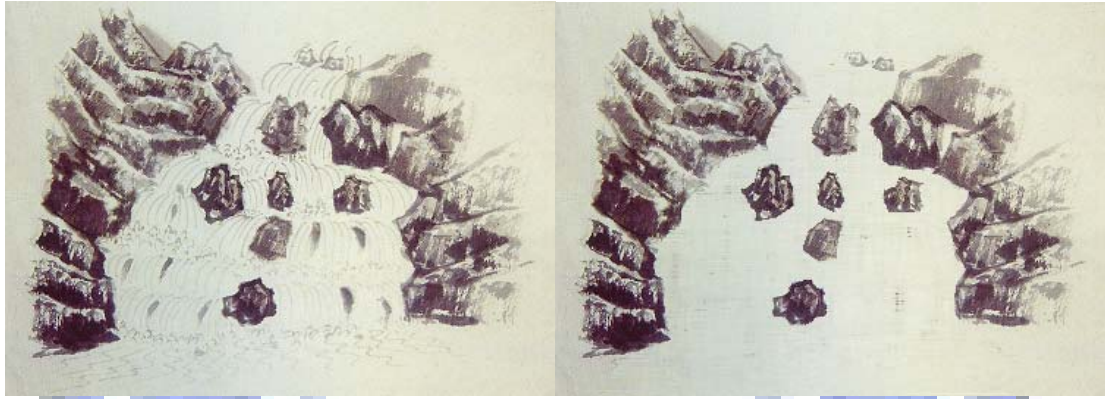


圖 5.1 原圖及背景圖

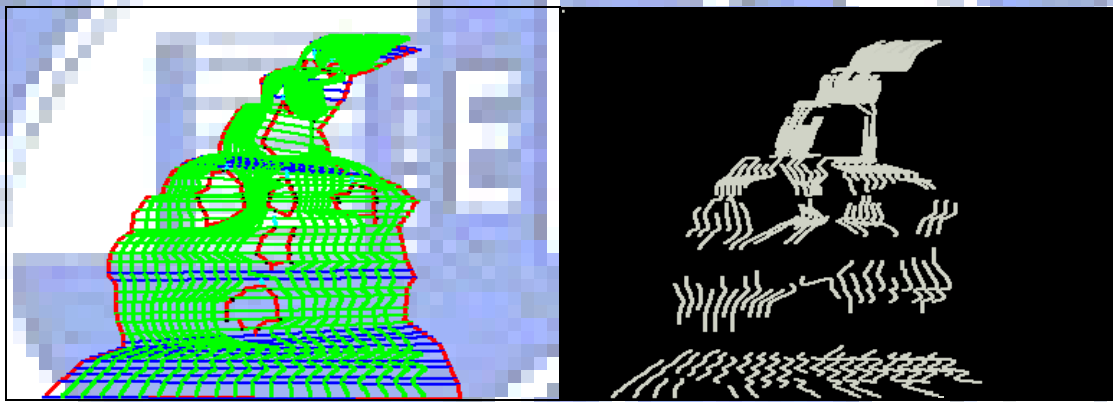


圖 5.2 水流走勢圖及水流波紋線圖



圖 5.3 完成圖



圖 5.4 原圖及背景圖

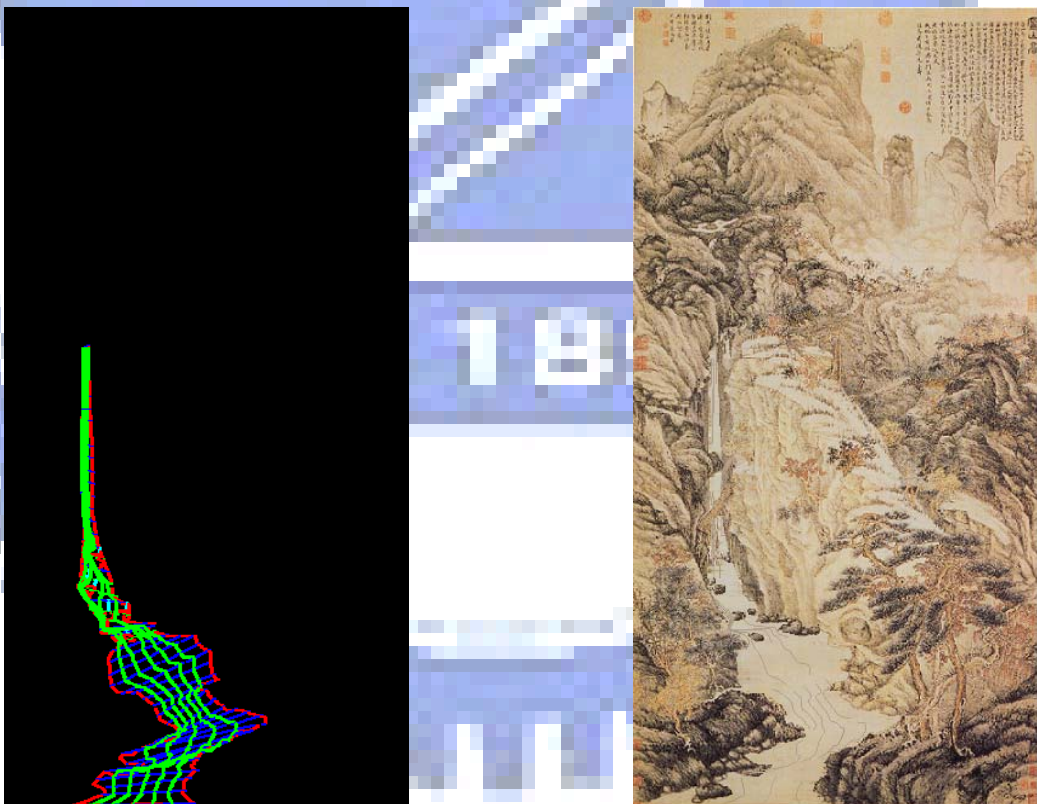


圖 5.5 水流走勢圖及完成圖

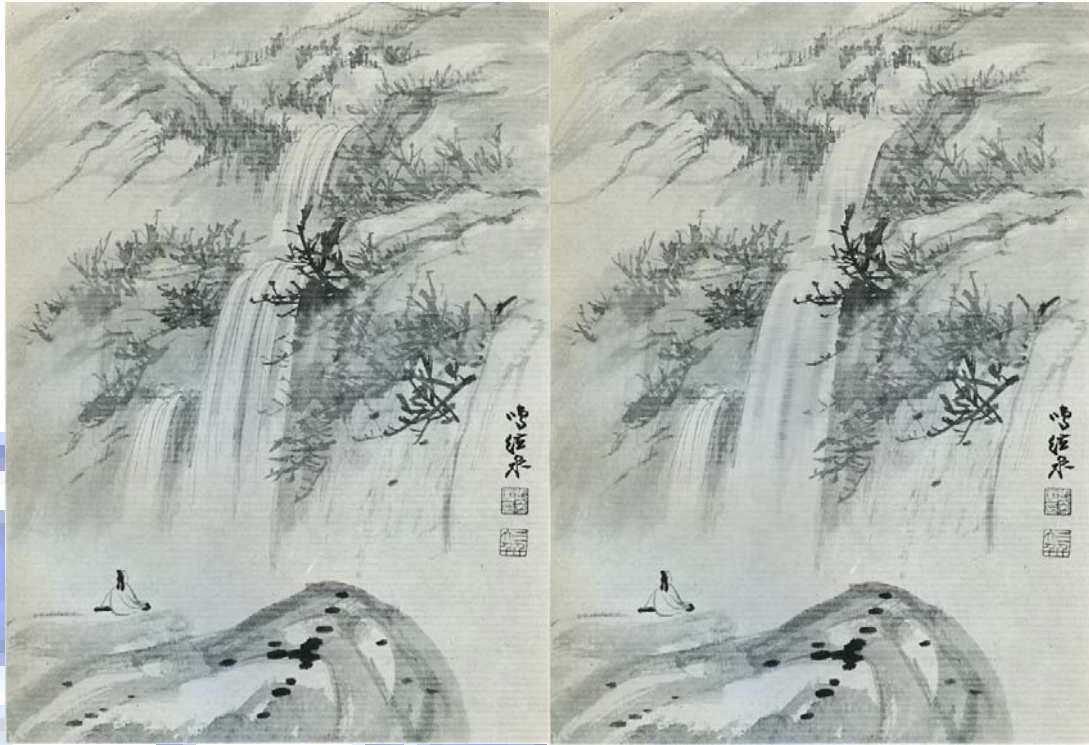


圖 5.6 原圖及背景圖

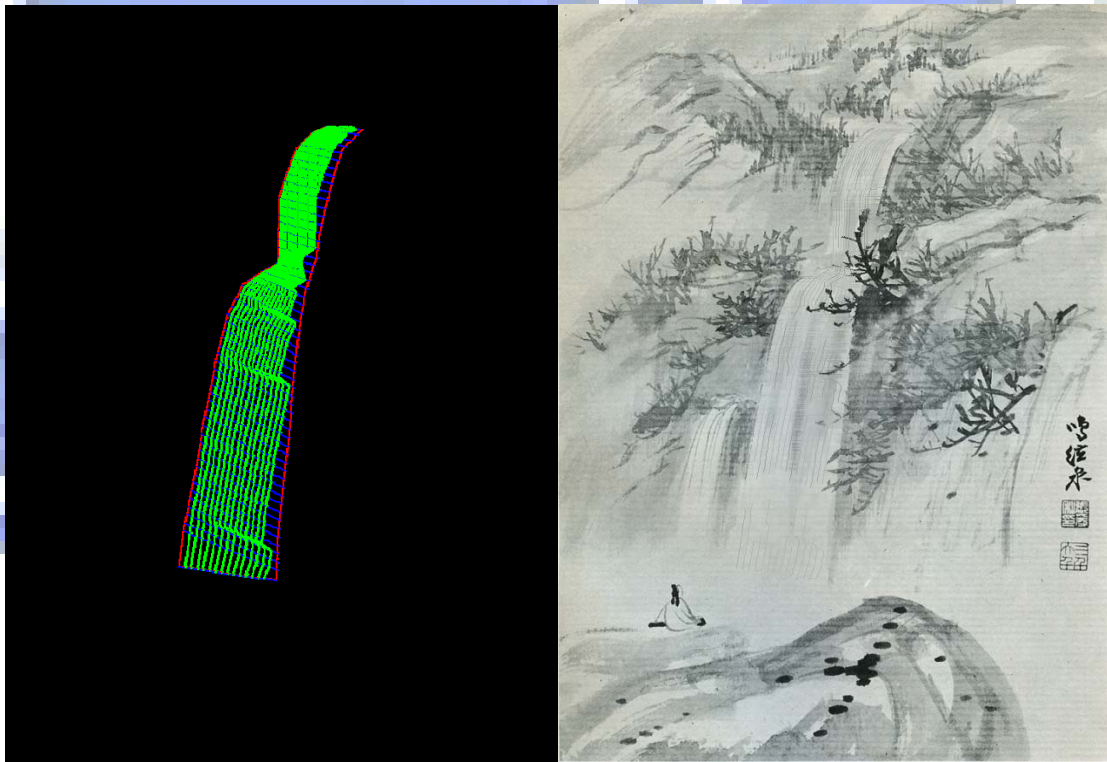


圖 5.7 水流走勢圖及完成圖

第六章

結論與未來展望

本篇論文針對中國水墨畫中的山水畫，提出了一個半自動的系統，只要使用者在輸入的單張圖片上，描繪出系統所需要的三個項目資料，第一個是水流兩岸的河岸線，第二個是在水流中，會對於水流走勢產生影響的阻礙物，例如水中的大石頭等物體，第三個則是從畫家的視線方向對河流產生遮蔽的物體。之後本系統利用影像處理的方式先清除水流區域上畫家原本畫上的水流波紋線，並且擷取出畫家繪製水流波紋線時所使用的顏色的平均值，再透過上述的三個輸入，系統會自動的產生水流流動的走勢線，並且在水流區域沿著水流走勢線產生水流波紋線，最後讓水流波紋線沿著水流走勢線流動，產生山水畫中的流水的動畫。

本文所提出的系統是針對由上而下的水流，例如瀑布山澗，在水流波紋線的部分也有所限制，所能處理的僅限於細長且流動方向固定的波紋線，對於海浪，或是水面的漣漪等水流波紋線，本文所提出的方法並不能處理，另外關於水流撞擊到石頭或是河岸等阻礙物會產生的水花等變化，也是未來可以發展的方向。

另外還有幾個問題以及可發展的方向留待未來研究解決：

1. 增加河流區域深度值的設定，並且加入流體力學相關的公式，使得水流的動態更加的逼真。
2. 使用動態影像材質的方式，可以更完整的保留畫家原本繪製的水流區域，以及水流波紋線的特性。
3. 對國畫筆觸的模擬應用在水流波紋線的產生上，使得動畫的品質更為完美。
4. 除了水流的動畫，在同一場景中的其他元素，例如花草樹木等，亦可透過其他的方式產生動態，使得最後呈現的動畫更具有完整性。更完豐富。

參考文獻

1. 王耀庭編著, 山水畫法 1, 2, 3, 雄獅圖書公司, 民國七十三年三月
2. 張大千/巴東 張大千九十紀念展書畫集
3. 張大千/姚夢谷 張大千畫集 國立歷史博物館出版
4. 姜伯純 中國名畫欣賞全集. 六, 元朝 (下) 華嚴出版社出版 民國 87 年
5. 張雄 畫山寫水 藝術圖書出版社 民國 79 年
6. 魏紫熙 山水畫譜 藝術圖書出版社; 民國 80 年
7. 曾肅良 山水畫技法 三藝文化出版社. 民國 92 年
8. Bhat, K. S., Seitz, S. M., Hodgins, J. K., AND Khosla, P. K. 2004. Flow-based video synthesis and editing. In ACM Trans. Graph., 23(3):360 - 363.
9. Chuang. Y. Y., Goldman. D. B., Zheng. K. C., Salesin. D. H., AND Szeliski. R. 2005. Animating Pictures with Stochastic Motion Textures. In Proceedings of ACM SIGGRAPH 2005. 853 860.
10. CRIMINISI, A., REID, I. D., AND ZISSERMAN, A. 2000. Single view metrology. *International Journal of Computer Vision* 40, 2, 123.148
11. FREEMAN, W. T., ADELSON, E. H., AND HEEGER, D. J. 1991. Motion without movement. Computer Graphics (Proceedings of ACM SIGGRAPH 91) 25, 4, 27 30.

- 
12. HARRY, Y., ANJYO, K.-I., AND ARAI, K. 1997. Tour into the picture:
using a spidery mesh interface to make a nimation from a single image.
In Proceedings of ACM SIGGRAPH 1997, 225-232.
13. LITWINOWICZ, P., AND WILLIAMS, L. 1994. Animating images with
drawings. In Proceedings of ACM SIGGRAPH 1994, 409-412.
14. OH, B. M., CHEN, M., DORSEY, J., AND DURAND, F. 2001. Image-based
modeling and photo editing. In Proceedings of ACM SIGGRAPH 2001,
433-442.
15. SCHÖDL, A., SZELISKI, R., SALESIN, D. H., AND ESSA, I. 2000. Video
textures. In Proceedings of ACM SIGGRAPH 2000, 489-498.
16. SOATTO, S., DORETTO, G., AND WU, Y. N. 2001. Dynamic textures.
In Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision
(ICCV) 2001, 439-446.
17. SZUMMER, M., AND PICARD, R. W. 1996. Temporal texture modeling.
In Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing
(ICIP) 1996, vol. 3, 823-826.
18. WANG, Y., AND ZHU, S. C. 2003. Modeling textured motion: Particle,
wave and sketch. In Proceedings of IEEE International Conference on
Computer Vision (ICCV) 2003, 213-220.

19. WEI, L. -Y., AND LEVOY, M. 2000. Fast texture synthesis using
treestructured vector quantization. In Proceedings of ACM SIGGRAPH
2000, 479 488.
20. Xu. S., Xu. Y., Kang. S. B., Salesin. D. H., Pan. Y., AND Shum. H. Y.,
2006 Animating Chinese Paintings through Stroke-Based Decomposition
[1] In ACM Transactions on Graphics 25(2)

