

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

中國山水畫 3D 動畫自動產生技術之研究(1/3)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2213-E-009-066-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立交通大學資訊科學學系

計畫主持人：施仁忠

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 5 月 28 日



- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：國立交通大學 資訊科學系

中 華 民 國            92 年        7 月        31 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 中國山水畫 3D 動畫自動產生技術之研究

計畫編號：NSC 91-2213-E-009-066

執行期限：91 年 8 月 1 日至 92 年 7 月 31 日

主持人：施仁忠 教授 國立交通大學資訊科學所

計畫參與人員：魏德樂 國立交通大學資訊科學所

蔡侑庭 國立交通大學資訊科學所

陳有權 國立交通大學資訊科學所

蔡逸軒 國立交通大學資訊科學所

黃信騫 國立交通大學資訊科學所

黃如卉 國立交通大學資訊科學所

### 一、中英文摘要

在中國山水畫中，樹木為首要的描寫對象之一，可單獨成畫，亦可與山石聯綴而成山水畫。透過樹木各種姿態的呈現，以及水墨勾勒和渲染筆觸的表現，可表達出畫家豐富之情感，使得山水畫含蘊著無窮的意境。在本年度計劃中，完成一個能自動產生樹木的幾何模型，再以水墨畫的風格描繪三維樹木的方法。首先，我們利用 L-systems 產生出各種樹木型態的骨幹，接著建立出樹木的幾何模型，擷取三維樹木模型的幾何關係資訊，建立各類資訊的參考圖，從中分析以獲致描繪樹形、樹皮紋理（皴法）及樹葉的參考依據，然後產生適當的勾勒筆觸，及變化豐富的皴擦渲染效果。如此一來，我們可以自由的產生及改變樹木結構，以獲得所需之樹木型態，然後自動的描繪出水墨畫風格之樹木。

關鍵詞：電腦繪圖、非相片質感處理技術、中國山水畫、白描法、皴法

Trees are one of the essential painting subjects in Chinese landscape painting. Painters' abundant feelings can be expressed with the displaying of various tree postures and the representation of Chinese ink painting. This project provides a novel method to generate the model of trees and to synthesize three-dimensional trees in Chinese ink painting style automatically. Using the L-systems to construct the skeleton of various tree styles and then generate their geometric models. These

three-dimensional tree models are synthesized by object-based outline drawing and texture generation based on the information extracted from tree models. The method can draw different styles of bark and leaves textures by procedurally defining the texture patterns. User can obtain various styles of tree in Chinese ink painting without the capability of painting skills.

*Keywords: computer graphics, NPR (non-photorealistic rendering), landscape painting, texture stroke*

## 二、計畫緣由與目的

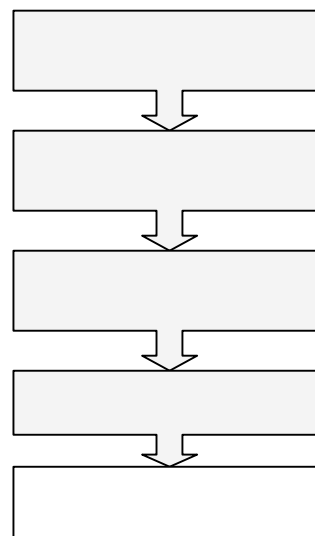
近年來由於電腦繪圖與影像視訊處理技術的成熟，如何將虛擬的視覺資訊處理的如真實世界 (Photorealistic) 一般已不是問題。在此同時科學家除了追求真實感之外，另一門非真實感處理技術 (NPR, Non Photorealistic Render) 也逐漸被人所重視，何謂非真實感處理技術？其實就是藝術化視覺資訊處理技術，如同畫家繪畫的技術一般，研究讓電腦自動產生之藝術繪畫的技術。

掌握山水畫技術，研究這一套自動化的描繪過程首先擷取三維樹木模型的幾何形狀資訊，建立各類資訊的索引圖，從中分析以獲致描繪樹形 (白描輪廓) 與樹皮紋理 (皴法) 的參考依據，然後產生適當的勾勒筆觸，及變化豐富的皴擦渲染效果。讓中國畫在電腦藝術化視覺資訊的研究佔有一席之地，同步提高中國畫與電腦藝術化視覺資訊學術研究。

每年 ACM SIGGRAPH 國際研討會討論此領域技術之論文也逐年以驚人的速度激增，顯示此領域技術逐漸受人重視。提供國內軟體廠商，發展各式各樣的電腦藝術化視覺資訊之相關核心技術，使我國應用軟體具有固有文化特色達到國際水準，並可大幅提昇我國軟體產業的產值。

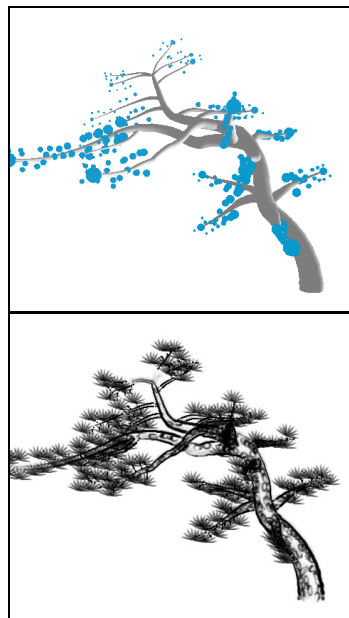
## 三、結果與討論

本計畫主要完成事項如下：(1) 樹木特徵處理：樹木的特徵資訊包含 Orientation、Distribution、View-dependency、Painting-view preservation 以及建立各種 reference map 如 Depth map、Normal map、Curvature map、Object ID map 等。(2) 樹木的白描法：將輸入樹木的 Polygonal Model，經由 Silhouette 的演算方法，找出物體的輪廓邊緣。再將輪廓邊緣的線條計算其相鄰的深度值，求其 normal 代表移動路徑的壓力參數，最後沿移動路徑畫出各種不同的毛筆線條。(3) 樹木的皴法：「皴」是依樹木的紋理以各種線條 (或點) 畫出樹木的質感或立體感，以 procedural texture 初步自動產生皴法的各種紋理，再計算其分部機率，將樹皮的皴法貼上樹木。(4) 樹木型態之模擬：完成以 L-systems 來模擬樹木型態之生成，讓國畫中之不同姿態的樹木可以自由的產生出來，然後再藉由毛筆模組描繪出樹木的輪廓與樹皮紋理，及樹葉，產生出中國山水畫中之樹木。



圖一：樹木建構流程圖

圖一說明樹木建構流程。首先，樹木型態之不同表現，賦予國畫不同之情感。研究 L-systems 技術，以不同之樹木生成因素來模擬樹木型態之生成，讓國畫中之不同姿態的樹木可以自由的產生出來，然後再藉由毛筆模組描繪出樹木的輪廓與樹皮紋理，及樹葉，產生出中國山水畫中之樹木。(如圖二)



圖二：模擬建構樹木與水墨皴法

#### 四、計畫成果自評

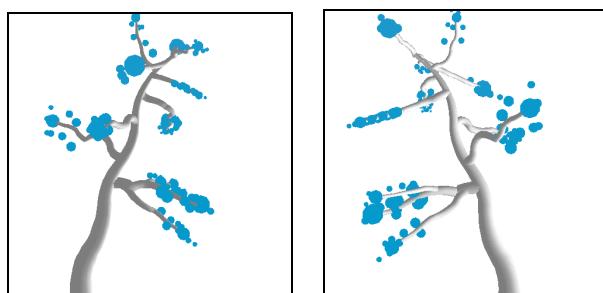
從上述技術分析可以依不同之樹木生成因素來模擬樹木型態之生成。再描繪樹形、樹皮紋理（皴法）及樹葉的參考依據，然後產生適當的勾勒筆觸，及變化豐富的皴擦渲染效果。如此一來，我們可以獲得所需之樹木型態，然後自動的描繪出水墨畫風格之樹木，如圖三松樹與圖四柳樹畫法的成果。

如圖三(a)，以 L-systems 技術建構樹木後，再轉成 3D Mesh，再經過上述核心技術分層處理，得到許多 3D 樹木的資訊：樹木的輪廓邊緣、特徵線條、表面上墨的區域、移動路徑與壓力參數等。再依國畫技法如白描法、沒骨法、樹皮皴法等需求，不同資訊的特殊效果處理，然後再合併水墨畫風格的樹木。換言之，在處理 3D Mesh 時，我們所使用的技術面就會較偏重於樹木於立體空間中資料的分析。如 3D Mesh

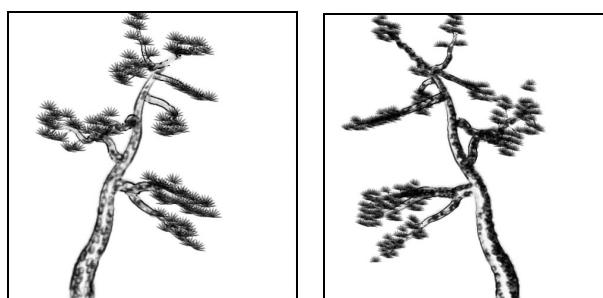
提供我們精確的樹木的資料，對於樹木的形狀、光影的方向、紋理的深淺及表面曲面走向。

找出樹木邊緣，再將定義好的毛筆筆刷參數，包括用墨濃淡，墨的水分多少，沿樹木邊緣路徑方向等等。我們可以事先透過不同的參數組合，完成毛筆筆刷。我們得到樹木邊緣和特徵線條向量化的資料之後，就可以為筆刷定義出起點以及終點。定義的方式當然可以自動，或是透過使用者完成。有了筆觸的起點以及終點之後，自然筆劃的方向就大致確定。同樣的原理將重複運用，直到整個樹木邊緣和特徵線條畫完成為止。

再以 procedural texture 初步自動產生皴法的各種紋理，如圖 12-8(b)這些事先完成的筆觸將成為我們的皴法筆觸資料庫，將來我們在產生國畫畫線條過程中，可以從資料庫中擷取適用的筆觸來應用。最後再計算其分部機率，將樹皮的皴法貼上樹木，再從我們的資料庫中取得適當的皴法筆觸，加以適合地動態調整，而形成我們所需要的一組皴法。如圖三(b)



(a) 3D tree model



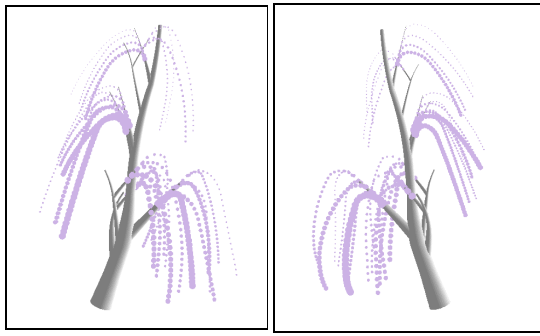
(b) Rendered result of (a)

圖三 The synthesis of a tree in different views.

除了交由電腦自行對輸入的資料予以向量化之外，我們也可以考慮另外一個方向，也就是透過使用者定義的方式，對樹木的國畫技法的參數化。由於這種方法勢必增加人力的參與，相對地系統的主動性也會較為不足。但是交由人工指定的參數，卻也能製造出更自然生動的效果。

本計畫之主要具體成果如下：電腦更具中國藝術化，讓中國畫在電腦藝術化視覺資訊的研究佔有一席之地。先期掌握中國山水畫皴法技術，奠定基礎，未來進一步研究中國繪畫電腦自動產生之相關核心技術。同步提高中國畫與電腦藝術化視覺資訊學術研究。

在中國水墨畫中，除了山石與樹木之外，河流、瀑布與雲霧等其他物體也是非常重要，其與山巒變美的律動，構成生動活潑、蘊含無窮之山水畫境。未來配合第二年開發水、雲霧等其他建構技術，將可完成單張山水畫自動產生技術發展方向。



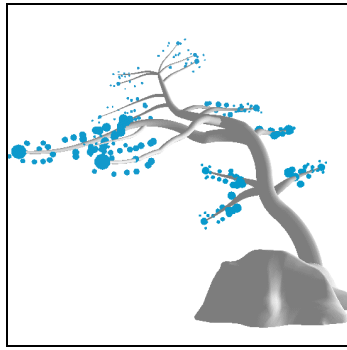
(a) 3D tree model



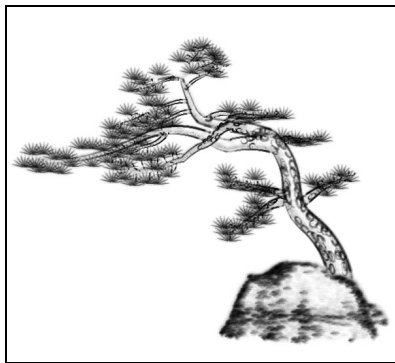
(b) Rendered result of (a)

圖四 The synthesis of a tree in different views.





(a) 3D scene model.



(b) Rendered result.

**Figure 9:** The synthesis of a tree and a rock

## 五、参考文献

- [1] G. J. Agin, "Representation and Description of Curved Objects," Memo AIM-173, Stanford Artificial Intelligence Report. October 1972.
- [2] M. Aono and T. L. Kunii, "Botanical tree image generation," IEEE Computer Graphics and Applications, 1984, 4, 10-34.
- [3] Gershon Elber. "Interactive Line Art Rendering of Freeform Surfaces". *EUROGRAPHICS '99*, Vol. 18, No. 3.
- [4] Ahna Girshick, Victoria Interrante, et al. "Line Direction Matters: An Argument For The Use Of Principal Directions In 3D Line Drawings". *Proceedings of the first international symposium on NPAR*, 2000, pages 43-52.
- [5] Aaron Hertzmann and Denis Zorin. "Illustrating smooth surfaces". *Proceedings of the conference on Computer graphics*, 2000, pages 517-526.
- [6] Aaron Hertzmann. "Introduction to 3D Non-Photorealistic Rendering: Silhouettes and Outlines". *SIGGRAPH '99*, Course 17, Chapter 7.
- [7] Lee Markosian, Michael A. Kowalski, et al. "Real-Time Nonphotorealistic Rendering". *Proceedings of the 24th annual conference on Computer graphics & interactive techniques*, 1997, pages 415-420.
- [8] A. Lindenmayer, "Mathematical models for cellular interaction in development, Parts I and II," *Journal of Theoretical Biology*, 18:280-315, 1968.
- [9] Yung Liu. "Ten Thousand Mountains". Published in the United States in 1984 by Shui-Yun-Chai Studio, pages 56-73 East Hampton Boulevard, Bayside, New York 11364.
- [10] J. D. Northrup and Lee Markosian. "Artistic Silhouettes: A Hybrid Approach". *Proceedings of the first international symposium on NPAR*, 2000, pages 31-37.
- [11] P. Prusinkiewicz, M. James, and R. Mich, "Synthetic Topiary," *ACM Computer Graphics (Proceedings of SIGGRAPH '94)*, pp .351-358,1994.
- [12] P. Prusinkiewicz, L. Mündermann,R. Karwowski, and B Lane, "The use of positional information in the modeling of plants," *ACM Computer Graphics (Proceedings of SIGGRAPH '01)*.
- [13] A. R. Smith, "Plants, Fractal and Formal Languages," *Computer Graphics*, 1984,

18(3), 1-10.

- [14] Greg Turk. "Re-Tiling Polygonal Surfaces". *Computer Graphics*, 26, 2, July 1992, pages 55–64.
- [15] Der-Lor Way, Zen-Chung Shih, "The Synthesis of Rock Textures in Chinese Landscape Painting". *COMPUTER GRAPHICS Forum Volume 20, Number 3*, pp. C123-C131, 2001.
- [16] Der-Lor Way, Yu-Ru Lin, Zen-Chung Shih, "The synthesis of trees in Chinese landscape painting using silhouette and texture strokes", *Proceeding of IWAIT2002*, pp. 1-5.