

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 生醫影像處理函式庫的開發及應用 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型  
計畫編號：NSC 98-2221-E-216-035-  
執行期間：98年08月01日至99年07月31日  
執行單位：中華大學生物資訊學系

計畫主持人：林志陽

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：何賢明  
碩士班研究生-兼任助理人員：羅千翔  
碩士班研究生-兼任助理人員：林芸君  
大專生-兼任助理人員：羅濬森

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 99 年 10 月 30 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫  成果報告  
 期中進度報告

(計畫名稱)

生醫影像處理函式庫的開發及應用

計畫類別： 個別型計畫  整合型計畫

計畫編號：NSC 98-2221-E-216-035-

執行期間：2009年8月1日至2010年7月31日

執行機構及系所：中華大學 生物資訊系

計畫主持人：林志陽

共同主持人：

計畫參與人員：何賢明 羅千翔 林芸君 羅濬森

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告  完整報告

本計畫除繳交成果報告外，另須繳交以下出國心得報告：

赴國外出差或研習心得報告

赴大陸地區出差或研習心得報告

出席國際學術會議心得報告

國際合作研究計畫國外研究報告

處理方式：除列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年  二年後可公開查詢

中華民國 2010 年 10 月 20 日

## 前言

生醫影像處理演算法的研究牽涉到影像處理、計算幾何、統計及圖學等許多領域的技術，為了完成一個特定的生醫影像處理演算法，經常必須要耗費大量的時間來完成許多基礎的影像處理及圖學等相關程式以便達成前處理及後處理程序，而無法專注於核心演算法的開發。目前生醫影像處理的軟體相當匱乏，最有名的生醫影像處理軟體有 TGS 公司的 Amira [1]，這套軟體功能強大價格也非常昂貴，但是這套軟體比較適合於生醫影像處理的應用，但是對於生醫影像演算法的開發、程式的發展及輔助教學上來說，這套軟體比較不適合使用。因此我們將發展一套更適合作為生醫影像演算法的開發、程式的發展及電腦輔助教學(CAI)的系統，讓生醫影像處理演算法的研究人員能夠專注於演算法的研究開發而不需要耗費大量的時間來完成基礎影像程式來達成前後處理程序。在教學上更可以使用本系統作為生醫影像處理課程的教學，藉由本系統的即時處理，讓學生明瞭各種影像處理演算法的處理前後差異。

## 文獻探討

生醫影像處理技術牽涉廣泛，因此我們也希望能夠整合目前存在的影像處理、幾何計算、數學運算及圖學等軟體系統如: Matlab [18]、Amira [1]、Avizo[18]、CGal [3]、Leda [4]、ITK [5]及 QHall [6]等，讓本計畫所開發的系統能與這些軟體互相呼叫及資料交換，讓不同研究團隊的資料能互相溝通及整合。目前生醫影像處理的軟體相當匱乏，最有名的生醫影像處理軟體有 TGS 公司的 Amira [1]及 Avizo[18]等，這些軟體功能強大價格也非常昂貴，但是這套軟體比較適合於生醫影像處理的應用，對於生醫影像演算法的開發及程式的發展來說，這套軟體比較不適合使用。因此我們將發展一套更適合作為生醫影像演算法的開發、程式的發展的函式庫，讓生醫影像處理演算法的研究人員能夠專注於演算法的研究開發而不需要耗費大量的時間來完成基礎影像程式來達成前後處理程序。在教學上更可以使用本函式庫作為生醫影像處理課程的教學，藉由本系統的即時處理，讓學生明瞭各種影像處理演算法的處理前後差異。對於研究生來說，這個系統可以加快研究生進入生醫影像處理演算法的研究與發展領域，對於研究效能而言，更是有莫大的助益。

## 研究方法

我們實作進階的影像處理功能的開發如 Snake (Active Contour, Deformable Model) [7]、立體圖示的顯示、頻譜分析、空間濾波器設計、頻譜濾波器、設計空間及頻譜分析、座標轉換及連接色譜儀校正顏色及色空間 (Color Space)等。因為 Snake (Active Contour, Deformable Model) [7]對於不規則且模糊的邊界有不錯的切割(Segment)效果，因此我們實作常用的 Kass snake [8]，Greedy snake [9]，GVF Snake [10]等功能。

生醫影像經常都是 3-D 資料，但是螢幕是 2-D 的，因此 3-D 的 Rendering 非常重要，我們將建置 Volume Rendering [12] 及 Surface Rendering [13]。影像的品質則設計空間濾波器設計如 FIR、IIR、Kirsch、Sobel、Prewitt、Laplacian、Mar-Hill、Canny [17]、ISEF、Median [18]、min/max [19]、Matched Filter [28-30] 等加強(Enhance)影像特徵訊號或濾除不想要的雜訊。

許多眼睛無法直接看出來的特徵，但是利用頻譜分析卻可以提供一個很好的檢視工具，對於周期性訊號特徵特別有用，常用的分析有:FFT [40]-[41]、DCT [42]、DST [43] 等。在頻譜分析後，可以設計相關的頻譜濾波器[44]濾除不想要個訊號或萃取出想要的訊號，常用的頻譜濾波器如 Wiener、Notch、Butter Worth 等。

空間及頻譜分析，可彌補空間及頻譜各自的缺點，在某些狀況提供不錯的影像加強或濾波效果，常用的有 Wavelet [11]、Haar [43]。

不同的生醫影像因為取像的方式不同所以可能是極座標等其它座標，為了方便影像分析也必須建置座標系統間的轉換機制。生醫影像的顏色提供了很好的特徵，因此將提供系統與色譜分析儀的連線及校正功能，方便即時的影像分析能力。

## 結果與討論

我們已完成計畫所提的進階生醫影像處理函式庫的開發，並應用於生物研究:如活動的追蹤(如果蠅等)、共軛焦(Confocal)顯微鏡影像的切割及 Rainbow 影像的切割等。在臨床醫學應用如:腎病、帕金森氏病的診斷及追蹤治療，及應用於同步幅射影像影像對齊(Alignment)及重建(Reconstruction)等。

未來我們將持續完成統計、雜訊模擬、各類轉換、建構影像及 DICOM 伺服器、與其他系統整合及跨平台研究。

生醫影像的統計分析[26]可以取萃取出影像的特性，我們將建構 Histogram、Principle Axis、Variance、Standard Deviation、Coefficient of Variation、PSNR、MSE、Normalize、Cluster Analysis: K Means、Forgy 及 Isodata 等統計資料的計算。

在完成生醫影像處理的演算法後，需要一種客觀的系統強健度 (Robust) 的測試標準，利用雜訊模擬[37]-[38]的機制，可以將已知強度的雜訊加入影像中，來測試所設計的演算法的處理效果，作為效能的參考，將完成 Additive Zero Mean Gassion Noise、multiplicative Gassion Noise (Zero Mean Unit Variance)、Additive Laplacian Noise 及 Impluse Noise (Salt and Pepper)等雜訊模擬功能。

計算幾何運算[39]如 Delaunay Triangulation、Convex Hull、Alpha Shap...等提供很有用的幾何特徵，對於影像的切割非常有幫助，此外將建置各類轉換如 Distance Transform [20]、Optical Flow [32]、Hough Transform [25]、Circle Detection [27]及 Dynamic Programming[31]等。

建構影像及 DICOM 伺服器、透過網路及 DICOM 通信協定存取生醫影像 [34]-[36]達成即時無國界無城鄉差距的即時影像傳送及分析機制。

目前也存在許多現成的大型軟體，其各自有其軟體特長，我們希望能整合這些軟體系統，讓本計畫所開發的軟體能與這些軟體互相呼叫及資料交換，如此能讓不同的研究團隊

間的資料及研究成果能互換及整合，目前存在的幾何計算、數學運算、圖學等軟體系統如：Matlab [18]、Amira [1]、CGal [3]、Leda [4]、ITK [5]及 QHall [6]等。此外已將研究跨系統及平台的可行性，希望除了可以在 Windows 系統上執行外，也能夠在 Macintosh、Linux、Unix、freeBSD 等平台執行。

## 參考文獻

- [1] Amira, <http://www.tgs.com/>, Mercury Computer Systems, Inc.
- [2] Matlab, <http://www.mathworks.com/>.
- [3] CGal, <http://www.cgal.com/>.
- [4] Leda, <http://www.mpi-sb.mpg.de/LEDA/>, Algorithmic Solutions Software GmbH.
- [5] ITK, <http://www.itk.org/>.
- [6] QHall, <http://www.qhull.org/>.
- [7] D. Terzopoulos and K. Fleischer, Deformable models, *Vis. Comput.*, 4(1988) 306-331.
- [8] M. Kass, A. Witkin, and D. Terzopoulos, "Snakes: Active Contour Models," *International J. Computer Vision*, 1987, pp.321-331
- [9] D.J. Willianms and M. Shuh, "A fast algorithm for active contours and curvature estimation," *CVGIP:Image Understanding*, 55(1992) 14-26.
- [10] C. Xu and J. L. Prince, "Snakes, Shapes, and Gradient Vector Flow", *IEEE Transactions on Image Process*, 7(1998)
- [11] Mallat, "A Theory fro Multiresolution Signal Decomposition: The Wavelet Representation," *IEEE Trans.PAMI*, vol. 11, pp. 647-693, 1999.
- [12] A. Kaufman, "Volume Visualization," *IEEE Computer Society Press*, 1991.
- [13] W. E. Lorensen, H. E. cline, "Marching Cubes: a high resolution 3D surface construction algorithm," *Computer Graphics*, No. 21, 1987, pp163-169.
- [14] T. Y. Kong and A. Rosenfeld, "Digital topology: Introduction and survey, " *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, vol. 48, pp. 357-393, Dec., 1989.
- [15] C. N. lee, T. Poston, and A. Rosenfeld, "Winding and Euler numbers for 2D and 3D digital images, *Computer Vision, Graphics and Image Processing: Graphical Models and Image Processing*, vol. 53, No.6, pp. 522-537.
- [16] J.C. Russ, "The image processing handbook, 2<sup>nd</sup> ed.," *CRC Press*, 1995.
- [17] J. Canny., A computational approach to edge detection, *IEEE Transactionis on Pattern Analysis and Machine Intelligence.*, 8(1986) 670-698.
- [18] T. S. Huang, G. J. Yang, and G. Y. Tang, "A fast two-dimensional median filtering algorithm, *IEEE Trans. On acoustics, Speech and Signal Processing*, Vol. 27, No. 1, pp. 13-18, Feb. 1979.
- [19] I. Pitas, "Fast algorithms for running ordering and max/min calculation," *IEEE Trans. On circuits and systems*, Vol. 36, No. 6, pp. 795-804, Jun. 1989.
- [20] G. Borgefors, "Distance transformations in arbitrary dimensions," *Computer Vision, Graphics Processing*, Vol. 27, pp. 321-345, 1984.

- [21] "Commission Internationale de l'Eclairage Colorimetry, " *2nd edn, CIE publication 15.2*. Paris: CIE, 1986.
- [22] G. Wyszecki, W.S. Stiles, "Color Science: Concepts and Methods," *Quantitative Data and Formulae*, Second Ed. New York: Wiley, 1982
- [23] I. Pitas and A. N. Venetsanopoulos, "Nonlinear digital filters: Principles and applications," Kluwer, 1990.
- [24] J. R. Parker, "Algorithms for image processing and computer vision," *Wiley Computer Publishing*, 1997, pp. 126-127.
- [25] Y. Zhu, "Automatic Particle Detection through Efficient Hough Transforms," *IEEE Transactions on Medical Image*, Vol. 22, No.9, Sep. 2003, pp. 1053-1062.
- [26] Z. Yu and C. Bajaj, "A Clustering-Based Method for Particle Detection in Electron Micrographs," *Fifth International Conference on Advances in Pattern Recognition*, Dec., 2003, pp. 10-13.
- [27] T. C. Chen and K. L. Chung, "An efficient randomized algorithm for detection circles, " *Computer Vision and Image Understanding*, Vol. 83, 2001, pp. 172-191.
- [28] D. H. Friedman, "Detection of Signals by Template Matching, " Baltimore, MD., Johns Hopkins University Press, 1969.
- [29] G. L. Turin, "An Introduction to Matched Filter," *IRE Transactions on Information Theory*, June 1960.
- [30] D. Middleton, "On New Classes of Matched Filters and Generalizations of the matched filter concept," *IRE Transactions on Information Theory*, Jun. 1960, pp. 349-360
- [31] T. H. Cormen, C. E. Leiserson and R. L. Rivest, "Introduction to Algorithms," MIT Press, (1989).
- [32] B. Horn and B. Schunck, "Determining Optical Flow," *Artificial Intell.*, vol. 17, 1981, pp. 185-203.
- [33] J. Miano, "Compressed Image file formats, " Addison-Wesley, 1999.
- [34] "DICOM Standard: Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM), " *National Electrical Manufacturers Association*, 2006.
- [35] "Fujifilm Standard: DICOM Comformance Statement Fuji Computed Radiography QA-WS771, " *Fuji Photo Film Co. Ltd*, Japan, 2005.
- [36] "AGFA: Healthcare DICOM Conformance Statement: ADC-QS Version 2.1," *HealthCare Glasgow Business Community*, 2005.
- [37] I. Pitas, *Digital Image Processing Algorithms*, Prentice-Hall, Hemel Hempstead, UK, UK, 1993.
- [38] A. Papoulis, "Probability, random variables, and stochastic processes. McGraw-Hill, New York, 1965.
- [39] F. P. Preparata, M. I. Shamos, "Computational Geometry an Introduction," *Springer*, 1985.
- [40] A. Papoulis, "The fourier integral and its application, McGraw-Hill," New York, 1962.
- [41] H. J. Nussbaumer, "Fast Algorithms and applications," *Society for industrial and applied mathematics, Philadelphia*, 1993.

- [42] K. R. Rao and P. Yip, "Discrete cosine transform," Algorithms, advantages, Applications, Academic Press, Boston, 1990.
- [43] R. C. Gonzales and R. E. Woods, "Digital image processing, " Addison-wesley, reading, MA. 1992.
- [44] D. J. DeFatta, J. G. lucas, W. S. Hodgkiss, "Digital Signal Processing,"
- [45] J.D. Foley, A. V. Dam, S. K. Feiner, J. F. Hughes, "Computer Graphics," Addison-Wesley, 1990.

## 計畫成果自評

我們完成基本架構及部分基礎生醫影像處理功能，今年度設計的程式碼超過五千行。參與本計畫的研究生學習到進階影像處理技巧、3-D Volume Rendering 及 Surface Rendering 的原理、頻譜分析的原理、空間濾波器及頻譜濾波器等知識。對於研究人員而言，可以利用此系統的進階生醫影像處理功能，加速進階的生醫演算法的開發，對於教學而言，學生可以藉由 GUI 及即時顯像功能學習到各種進階的生醫影像處理技巧。

我們完成的進階影像處理功能如：

Snake (Active Contour, Deformable Model) [7]:

Kass snake [8], Greedy snake [9], GVF Snake [10]

立體圖示的顯示:

Volume Rendering [12] 及 Surface Rendering [13]

頻譜分析如:

FFT [40]-[41]、DCT [42]、DST [43]

空間濾波器設計:

FIR、IIR、Kirsch、Sobel、Prewitt、Laplacian、Mar-Hill、Canny [17]、ISEF、Median [18]、min/max [19]、Matched Filter [28-30]等。

頻譜濾波器設計 [44]:

Wiener、Notch、Butter Worth

空間及頻譜分析:

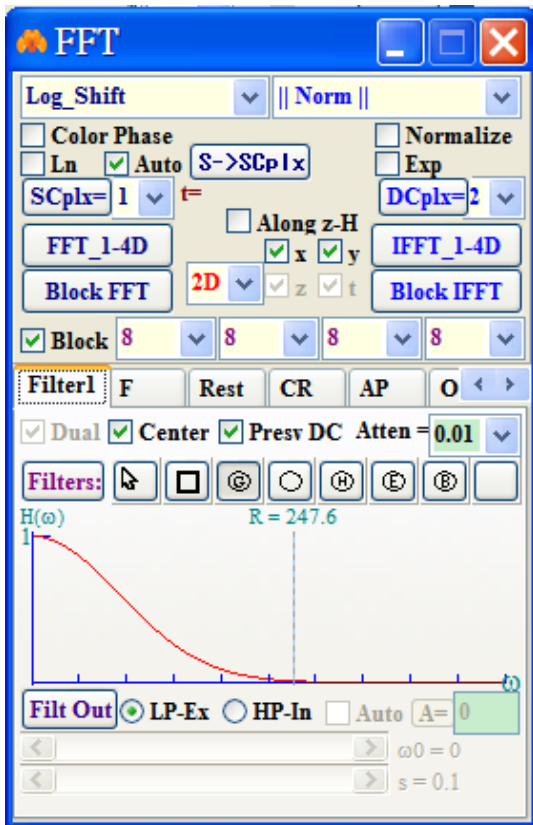
Wavelet [11]、Haar [43]、

座標轉換:

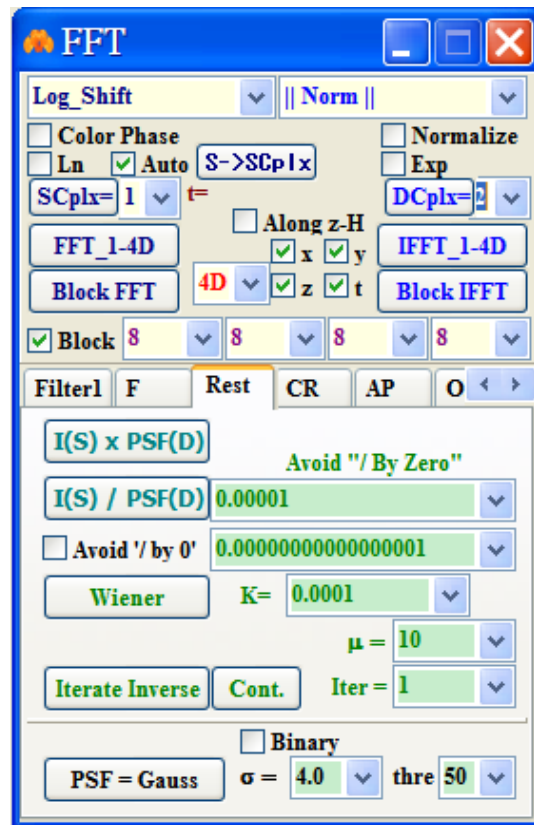
直角座標 $\leftrightarrow$ 極座標

連接色譜儀校正顏色及色空間 (Color Space)。

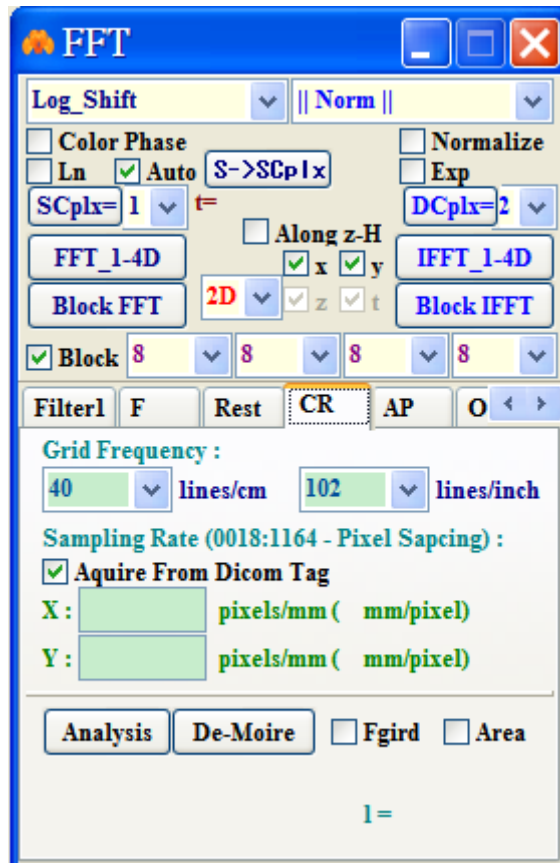
所完成的程式功能繁多，因篇幅限制，僅附上部分功能表畫面(Fig. 3 及 Fig. 4):



(a)



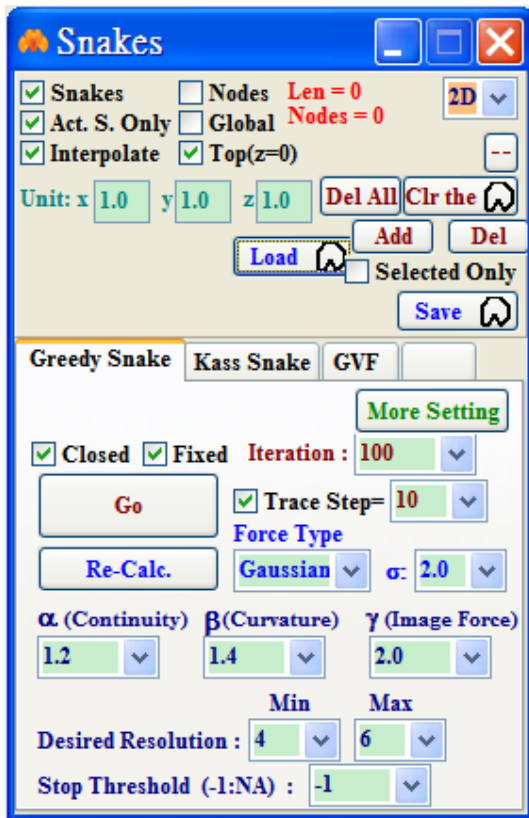
(b)



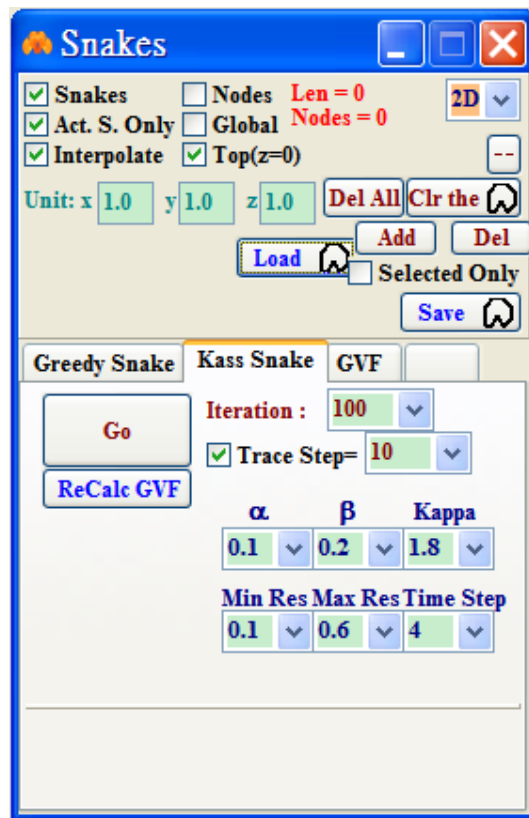
(c)

Fig. 3. 1~4D 頻譜分析 (a) 頻譜濾波器設計 (b) 頻譜 Restoration 設計 (c) 頻譜設計應用於 CR 影像的 Grid 消除應用

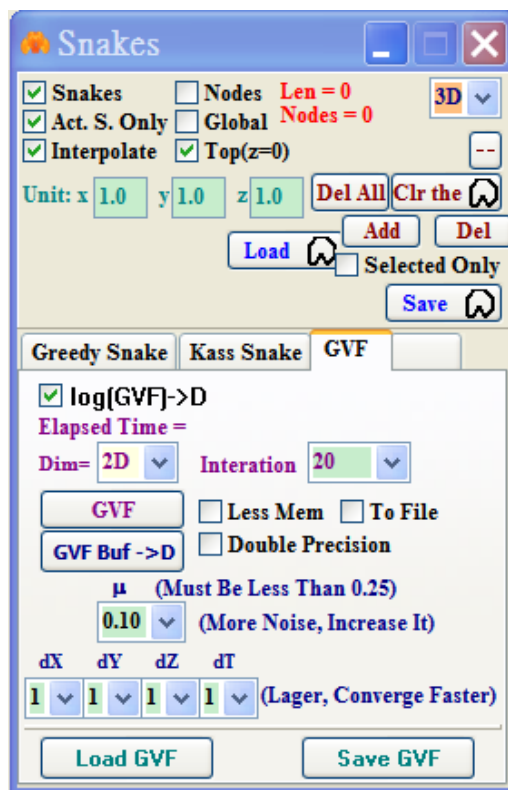




(a)



(b)



(c)

Fig. 4. Snake (Active Contour)功能畫面 (a) Greedy Snake 功能畫面, (b) Kass Snake 功能畫面, (c) GVF Snake 功能畫面

# 國科會補助專題研究計畫項下出席國際學術會議心得 報告

日

期：\_\_年\_\_月\_\_日

計畫編號	NSC 98-2221-E-216-035-		
計畫名稱	生醫影像處理函式庫的開發及應用		
出國人員姓名	林志陽	服務機構及職稱	中華大學 助理教授
會議時間	99年2月13 日至 99年2月18 日	會議地點	500 Hotel Circle North, San Diego, California, USA
會議名稱	(中文) SPIE 醫學影像 (英文) SPIE Medical Imaging		
發表論文題目	(中文) (英文)		

- 一、參加會議經過
- 二、與會心得
- 三、考察參觀活動(無是項活動者略)
- 四、建議
- 五、攜回資料名稱及內容
- 六、其他

## 一、參加會議經過

SPIE Medical Imaging 是生醫影像領域很重要的會議(2/13~2/18)，屬於 EI 指標性資料庫收錄會議論文，在會議期間更有許多付費及免費的大師級演講，及廠商參展，會議地點在美國 Sandi ego，是美國的生物醫學研究領域研發重鎮，當地的 UCSD 的生醫技術發展更是我們的合作的對象，因此滿心期待此次會議的舉行，由於會議期間是逢台灣春節期間，因此提早約兩個半月就先訂定機票，但是依然只能訂到 2/10 達 LA(洛杉磯)機票，到達 LA 後已半夜了，隔日搭乘國鐵(Amtrak)到達 Sandi ego 住宿旅館，之後連絡上我們合作對象，一同參觀了 UCSD 的相關設施。2/13. 參加 Digital Radiography Image Processing and Image Quality (Wang, Foos) 付費的技術課程，2/14~2/18 分別聽了以下的論文發表：Modeling and segmentation of intracochlear anatomy in conventional CT, Manifold parameterization of the left lentricle for a statistical modeling of its complete anatomy, Fully automatic cardiac segmentation from 3D CTA data: a multiatlas based approach, Segmentation of lymph node regions inhead-and-neck CT images using a combination of registration and active shape model, Model guided diffeomorphic demons for atlas based segmentation, Deformable multimodal image registration by maximizing Renyi' s statistical dependence measure, Image processing and registration in a point set representation, Tissue volume and vesselness measure preserving nonrigid registration of lung CT images, Multimodal registration of MR images with a novel least-squares distance measure, Extending the Modersitzki taxonomy of regularizers for nonparametric registration, Coupling tumor growth with brain deformation: a constrained parametric non-rigid registration problem, 2/15. The OCT penlight: in-situ image guidance for microsurgery, Fusion of intraoperative cone-beam CT and endoscopic video for image-guided procedures, Integrating the visualization concept of the medical imaging interaction toolkit (MITK) into the XIP-builder visual programming environment, 3D model-based catheter tracking for motion compensation in EP procedures, Respiratory motion compensated overlay of surface models from cardiac MR on interventional x-ray fl uoroscopy for guidance of cardiac resynchronization therapy procedures, Estimating heart shift and morphological changes during direct access off-pump intracardiac interventions, Artifact reduction method for improved visualization of 3D coronary artery reconstructions from rotational angiography acquisitions, Semi-automatic segmentation of major aorto-pulmonary collateral arteries (MAPCAs) for image-guided procedures, Endoclamp balloon visualization and automatic placement system, Reproducibility of airway wall thickness measurements, Automated volumetric segmentation method for computerized-diagnosis of pure nodular ground-glass opacity in high-resolution CT, Analysis of computer quantifi cation of emphysema distribution and measurement variability using low-dose

whole-lung CT scans from a large cohort, Semi-automated method to measure pneumonia severity in mice through computed tomography (CT) scan analysis, Quantitative analysis of airway abnormalities in CT, High-accuracy registration of intraoperative CT imaging, Intraoperative positioning of mobile C-arms using artificial fluoroscopy, 也參加了其中的 Poster 發表。2/18 日要搭飛機回台，所以只聽了早上的論文發表，在近中午時刻搭乘飯店的接駁車至國鐵(Amtrak)站搭乘國鐵至 LA 國際機場搭飛機返台。

## 二、與會心得

此次會議除了會議論文發表，更有以下主題的專題演講: Physics of Medical Imaging, Image Processing, Computer-Aided Diagnosis, Visualization, Image-guided Procedures and Modeling, Biomedical Applications in Molecular, Structural, and Functional Imaging, Image Perception, Observer Performance, and technology Assessment, Advanced PACS-based Imaging Informatics and Therapeutic Applications, Ultrasonic Imaging and Signal Processing 等。約有近四十場免費及付費專題演講，我自行付費挑選了兩場 Digital Radiography Image Processing and Image Quality, Spectral CT Imaging, 雖然很貴，但是相當值得，此次有許多有趣的論文被發表，其中對於 Compressed Sensing 相關論文，我特別有興趣，Compressive Sensing 的理論應用於生醫研究可以說是一項重大的研究突破，也打破以往 Nyquist Theorem 的限制，在這次研討會中有多篇相關 Papers 被提出，在研討會中也與相關研究領域的研究人員互相切磋，釐清一些觀念，並且引發了一些點子，相信對未來的研究有莫大的助益，在幾天的時間中，讓我的研究視野開拓不少。

## 四、建議

目前國內的研討會在規模及質量上，與美國的國際研討會實在無法相比，多參加國際研討會可以增進研究能量，希望能常有機會參與國際研討會，並與國外學術機構建立合作管道。

## 五、攜回資料名稱及內容

攜回 Technical Program, 議程, DM, 等資料

無衍生研發成果推廣資料

98 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：林志陽		計畫編號：98-2221-E-216-035-					
計畫名稱：生醫影像處理函式庫的開發及應用							
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	1	70%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		章/本
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	3	3	60%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p>藉由本系統的即時處理，讓學生明瞭各種影像處理演算法的處理前後差異。對於研究生來說，這個系統可以加快研究生進入生醫影像處理演算法的研究與發展領域，對於研究效能而言，更是有莫大的助益，讓不同研究團隊的資料能互相溝通及整合。</p>
--	--

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科教處計畫加填項目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	





# 國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表  未發表之文稿  撰寫中  無

專利： 已獲得  申請中  無

技轉： 已技轉  洽談中  無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

本計畫除了基礎影像函式庫的開發外，並應用於生物研究：如活動的追蹤（如果蠅等）、共軛焦(Confocal)顯微鏡影像的切割及 Rainbow 影像的切割等。在臨床醫學應用如：腎病、帕金森氏病的診斷及追蹤治療，及應用於同步幅射影像對齊(Alignment)及重建(Reconstruction)等。