

多點投射法開發自動化磁振造影分割技術：應用在膝關節

An automated MRI segmentation using multiple observer ray-casting techniques: application to knee

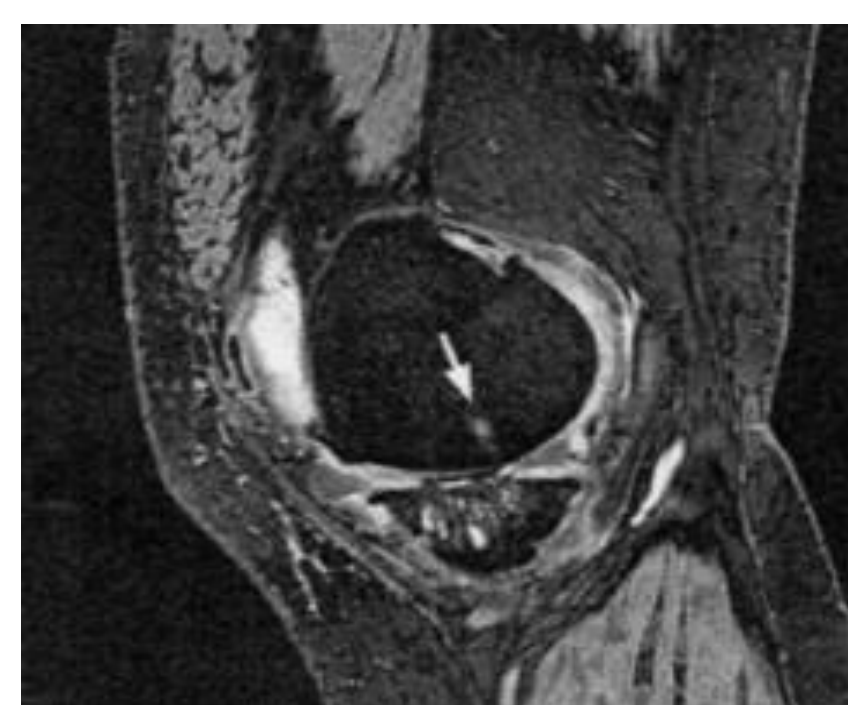
指導教授：林正忠 博士

學生：王傑世、蔡碩儒

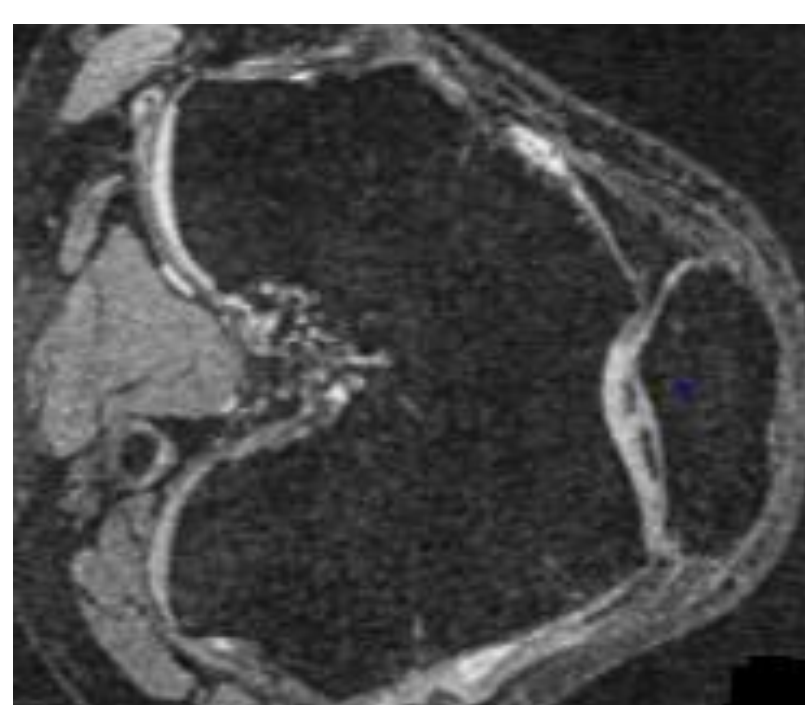
輔仁大學 電機工程學系 大學部專題生

摘要

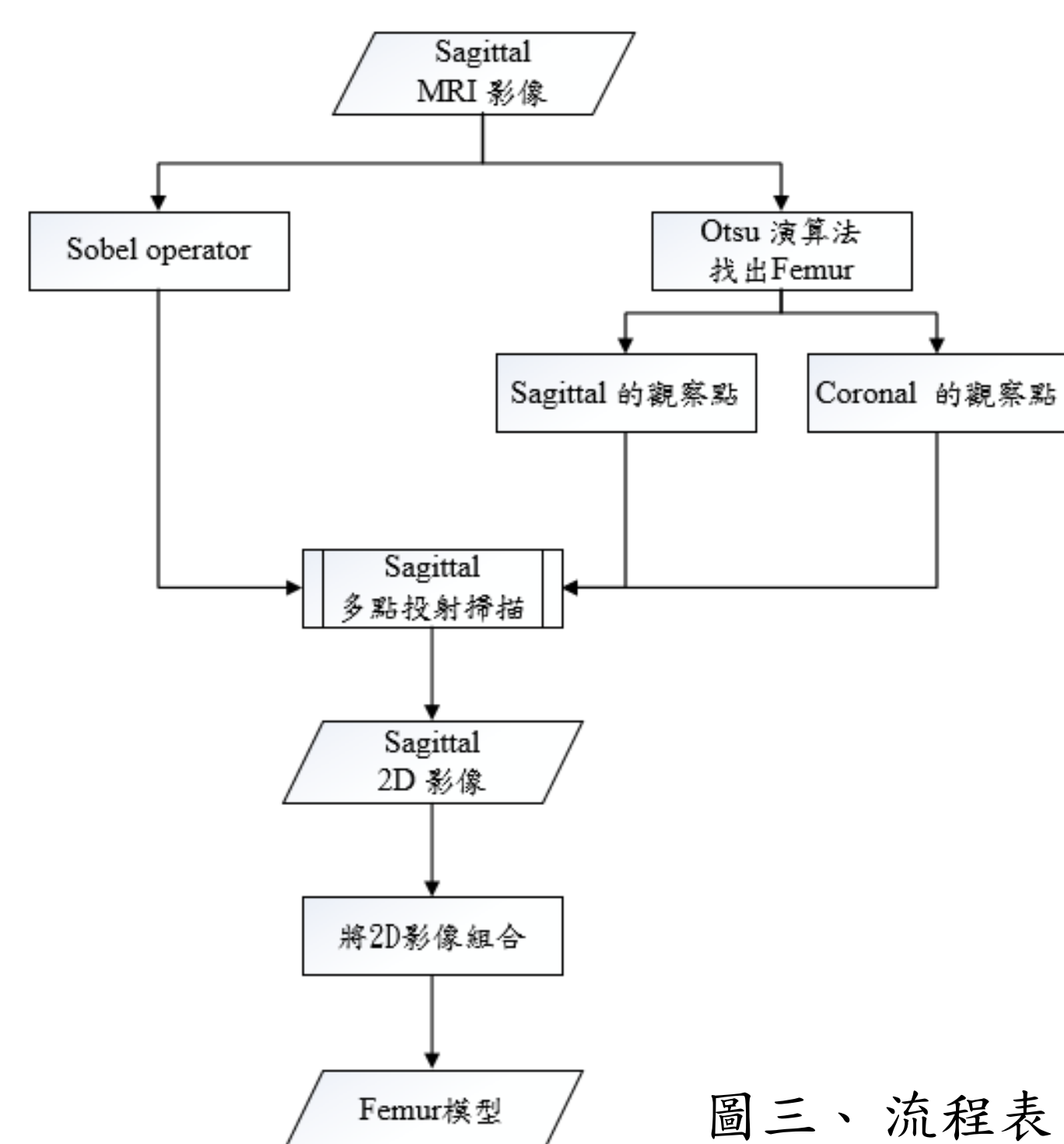
磁振造影(圖一、圖二)是近年來在臨床診斷上非常重要的醫學影像工具。這種精確且不必侵入人體，不會造成電離輻射傷害的影像方法為人體內部器官造影，對醫學的診斷、醫療和後續工作都相當重要。本專題主要運用多點投射的方法，實作一自動化磁振造影分割技術，並應用於自動化分割大腿骨影像，之後並參考論文[1]的做法並比較兩者差異。



圖一、MRI影像(Sagittal)



圖二、MRI影像(Axial)



圖三、流程表

實作方法與成果

本專題使用MRI影像是模擬梯度回聲脂肪抑制(gradient echo fat suppressed)的膝關節影像，依照圖三的流程取得Femur模型。

圖一是一個灰階的3D MR影像，灰階值座標為 $i = I(x, y, z)$ ，為了抓取其中的Femur和Tibia，於是將3D影像做切片得到2D的平面影像如圖四，並引用Otsu演算法[2]，依序設定閾值將圖四的影像不斷過濾後得到Femur(圖五面積最大)、Tibia(圖五面積次大)和Patella(圖五面積小)，之後獲得粗略的3D立體圖像如圖六和圖七。

為了得到較為完整的Femur，從圖六的立體影像找出適合的觀察點後並對周圍各點進行掃描來獲取模型。而觀察點，我們從影像的Axial 座標決定，首先必須從2D影像 ($Femur_{z=h}$) 找出內部的點 a ，

$$a(x) = \frac{1}{2} \max(y \in Femur_{z=h, x=t}) + \frac{1}{2} \min(y \in Femur_{z=h, x=t}), \text{ for } x = t$$

再將其轉換到對應的立體座標的觀察點 $oa(x) = (x, a(x), h)$ ，為了減少誤差且獲得更完整的模型再另外從Coronal座標找出不同面的觀察點，同樣地先從2D影像 ($Femur_{z=h}$) 找出內部點 c ，並轉換到立體座標的觀察點 oc ，如圖八。



圖四、Sagittal 2D影像



圖五、過濾後二值影像

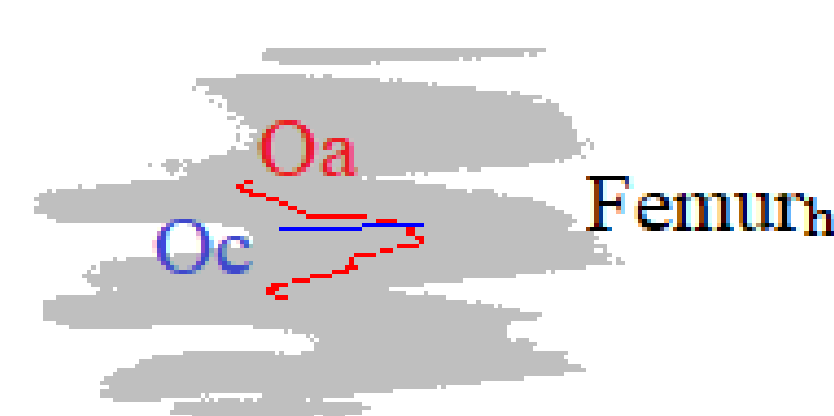


圖六、Femur

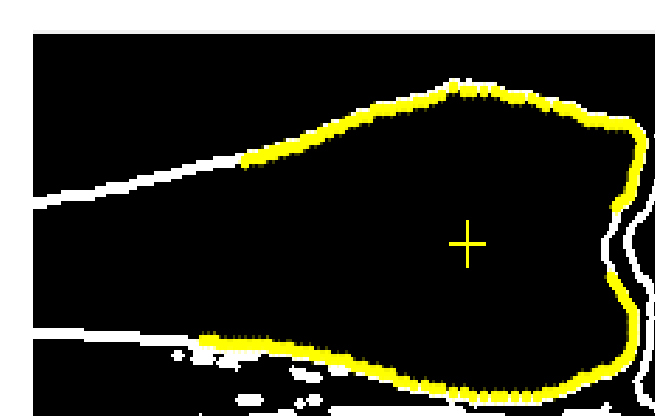
圖七、Tibia和Patella

找出觀察點後，對應到每個切片的2D影像，運用 Sobel 運算子[3]做邊緣檢測，再由找到的點向外投射一圈找到距離最近的邊緣點加以標記 $Circular(z_1)$ 如圖九和圖十，之後再將每一片2D影像組合成一3D立體影像(圖十一)，

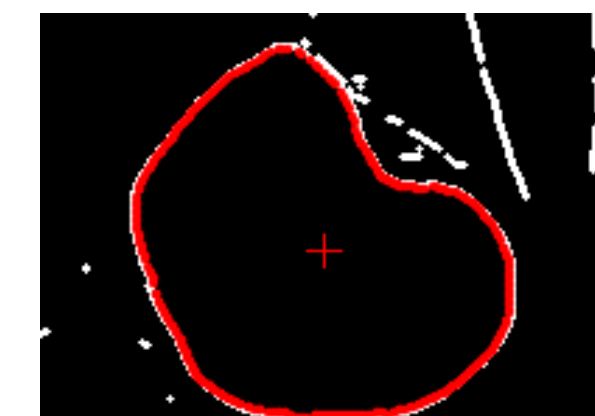
$$Cylindrical(z) = \{Circular(z_1), \dots, Circular(z_N)\}$$



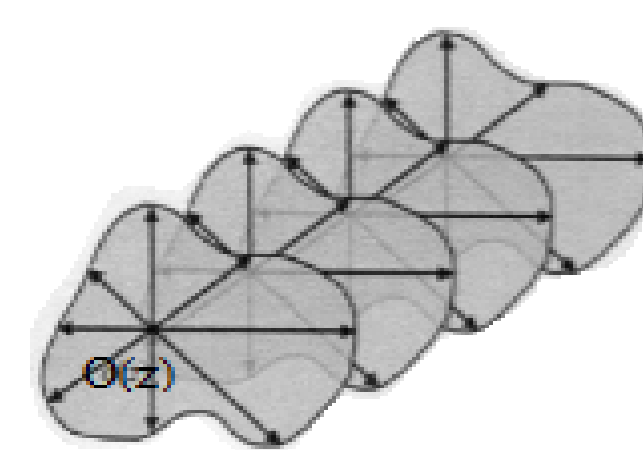
圖八、觀察點



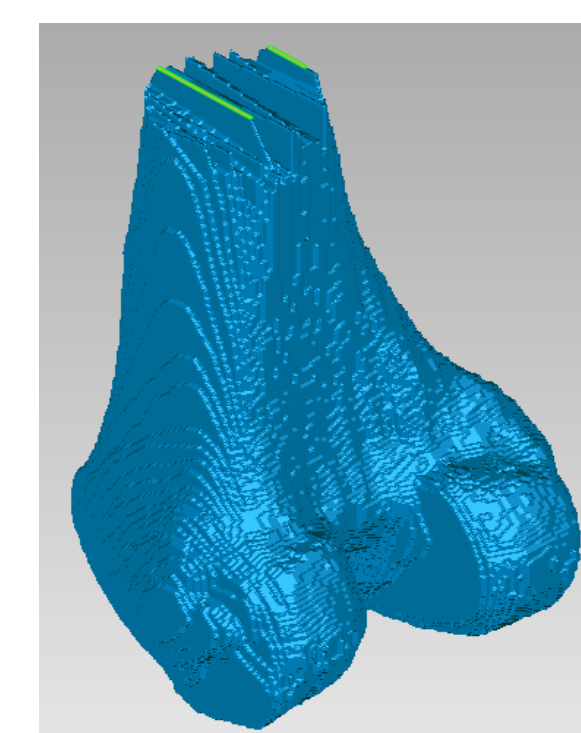
圖九、Coronal



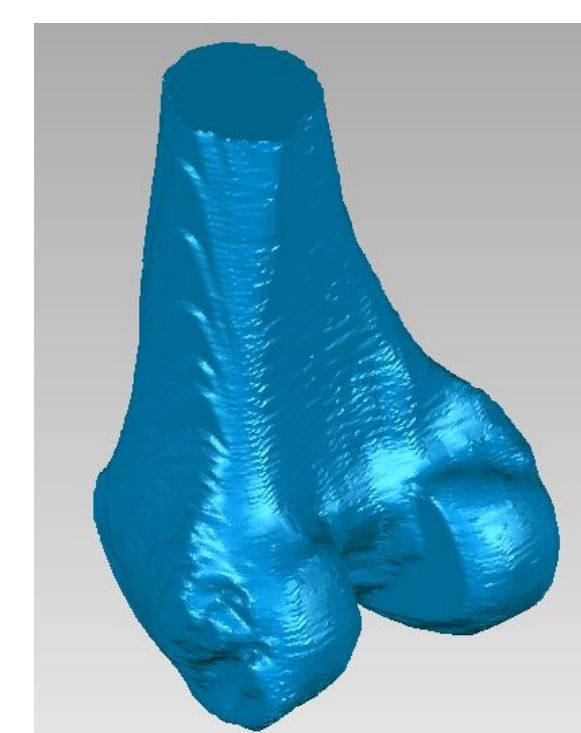
圖十、Sagittal



圖十一、Cylindrical(z)

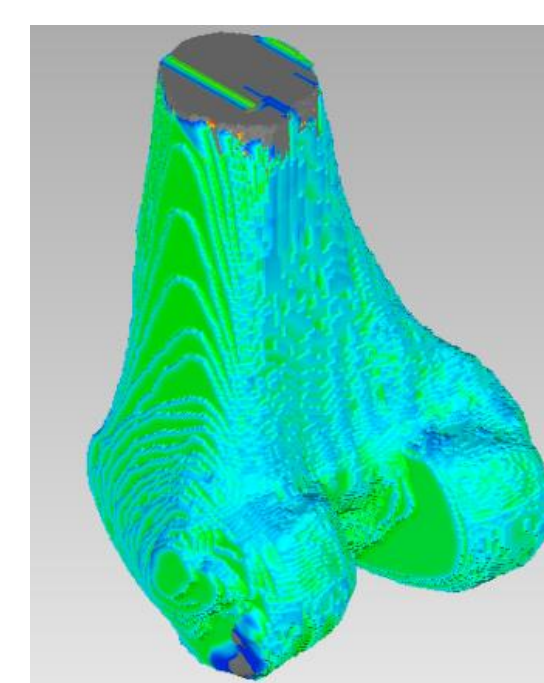


圖十二、掃描出的Femur

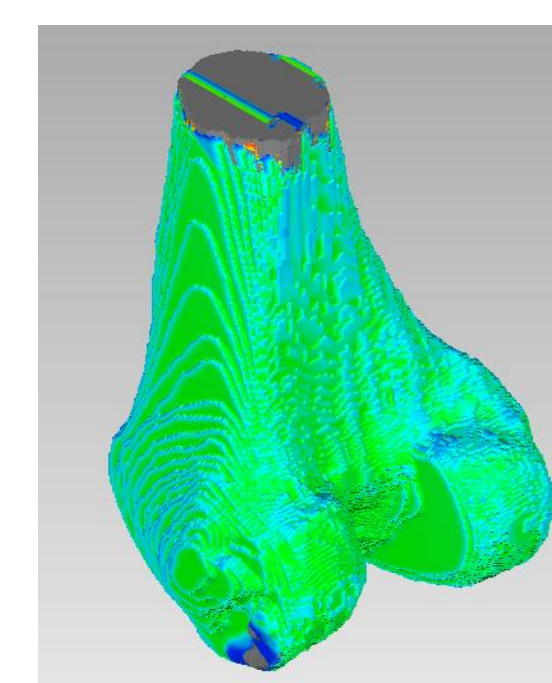


圖十三、標準的Femur

最後 Oc 和 Oa 向外投射組合後成像為圖十二，再將其模型和標準的 Femur 圖十三做比對如圖十四，綠色部分為標準的Femur，綠色和藍色之間的缺陷即為偏差，最大距離為1.669539mm，平均距離為0.294246mm，標準偏差為0.207812mm。



圖十四、重疊模型



圖十五、重疊模型(參考論文)

另外將多點投射的演算法和參考論文編寫出的演算法比較之間的差異，在同樣的作業背景下，多點投射的程式執行過程約耗時 448.085540 sec，而參考論文寫出的方法約耗時 461.081367 sec，前者較後者快了將近10幾秒。在比較兩者和標準模型之間的誤差，將參考論文的模型和標準的重疊(圖十五)，得出的標準偏差為 0.279937 mm，最大距離為1.31641，平均距離為0.316401，和多點投射的平均距離(0.294246)的結果相差了

$$0.316401 - 0.294246 = 0.022155 \text{ (mm)}。$$

結論

運用多點投射的演算法，本專題實作了全自動化影像分割技術，並成功應用於大腿骨影像分割，與參考的標準模型比較之後，透過本方法重建的模型誤差小於 0.3 mm。在此專題中，我們不僅利用所學及手邊的參考資料將一遍又一遍的演算法編入到程式中執行，不斷地找出更完整，執行更快的程式來解析問題。藉由目前所實作之演算法重建的模型和標準模型比較後仍有誤差，雖然誤差不大，但對於許多醫學應用上的要求可能尚未滿足，未來將繼續嘗試不同的演算法，建構出更精確的骨頭模型。

參考文獻

1. DODIN, Pierre, et al. A fully automated human knee 3D MRI bone segmentation using the ray casting technique. *Medical & biological engineering & computing*, 2011, 49.12: 1413-1424.
2. Otsu N(1979), A threshold selection method from gray-level histograms IEEE Trans. Sys., Man., Cybern 9:26-66
3. SOBEL, Irwin. History and definition of the sobel operator. Retrieved from the World Wide Web, 2014.



2017 輔仁大學電機工程學系
大學部專題成果展

