

專題生: 陳天穎、黃柏豪 指導教授: 潘敏俊 教授

背景

擴散式光學斷層影像為組織之吸收係數與散射係數的空間分佈圖，其代表著入射光在穿透組織內部時的光學特性，藉由此吸收與散射係數，便可推估生物體內代謝物之氧化狀態。在擴散理論的幫助之下，可以合理的描述光在組織中傳播的情形，並可依此擴散方程式，重建吸收、散射係數空間分佈圖。

研究動機

二維影像無法完整得到乳房組織之完整資訊且光在組織中為三維方向之散射，造成重建之二維影像在物體輪廓可能呈現扭曲現象，無法得到確切的腫瘤尺寸，且亦可能低估腫瘤之光學係數。因此本研究將進一步擴展實驗室學長已完成之二維影像重建程式中之前向計算部分，利用有限元素法求解三維之擴散方程式。

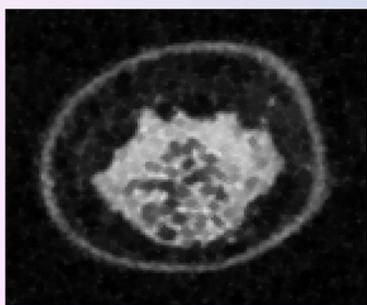


圖1、MRI乳房切片

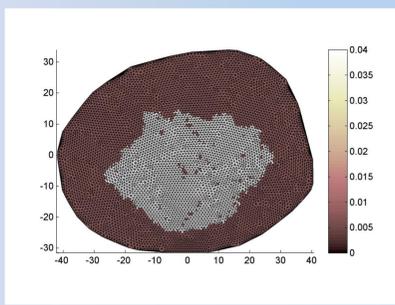


圖2、二維有限元素模型

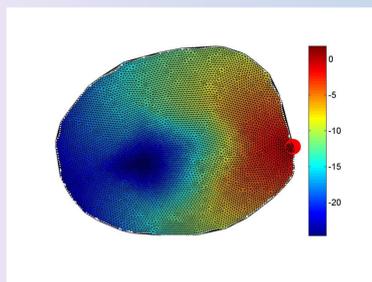


圖3、二維光強度分佈圖

擴散方程式

$$\nabla \cdot D \nabla \Phi(r, \omega) - \left(\mu_a - \frac{i\omega}{c} \right) \Phi(r, \omega) = -S_0(r, \omega)$$

上式中， Φ 為輸出輻射(radiance)； μ_a 為吸收係數(absorption coefficient)； $S(r, \omega)$ 為光源(source term)； c 為介質中波速(wave speed in the medium)； D 為擴散係數(Diffusion coefficient)，可表示為 $1/[\mu_a + (1-g)\mu_s]$ 其中 μ_s 為散射係數(scattering coefficient)； g 為 average cosine of scattering angle。因為在複雜幾何形狀下並無解析解，所以使用有限元素法對擴散方程式求解。

利用有限元素法對擴散方程式求解並將之表示成矩陣形式

$$\begin{bmatrix} A_{ij}^{bb} - \alpha B_{ij}^{bb} & A_{ij}^{bl} \\ A_{ij}^{lb} & A_{ij}^{ll} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Phi_j^b \\ \Phi_j^l \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_i^b \\ C_i^l \end{bmatrix}$$

$$A_{ij} = \left\langle -\sum_{k=1}^K D_k \phi_k \nabla \phi_i \cdot \nabla \phi_j \right\rangle - \left\langle \left(\sum_{l=1}^L \mu_l \phi_l - \frac{i\omega}{c} \right) \phi_i \phi_j \right\rangle$$

$$B_{ij} = \left\langle \phi_i \phi_j \right\rangle$$

$$C_i = \langle -S \phi_i \rangle$$

3D模型建立流程

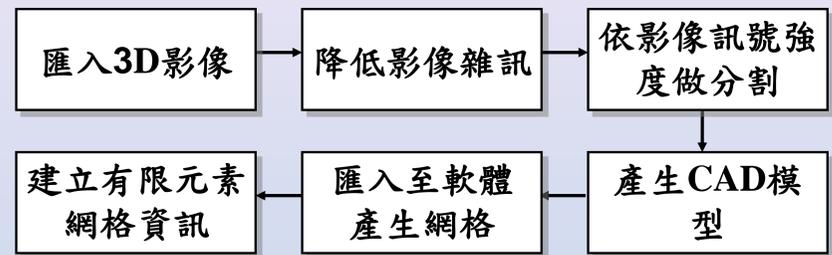


圖4、3D模型建立流程圖

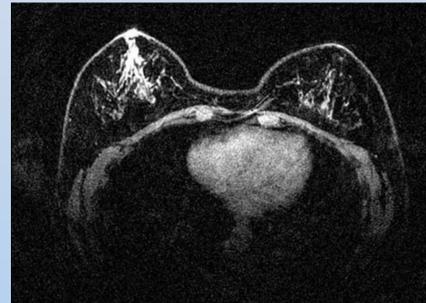


圖5、匯入MRI影像
將乳房的斷層掃描影像匯入軟體ScanIP進行影像處理。

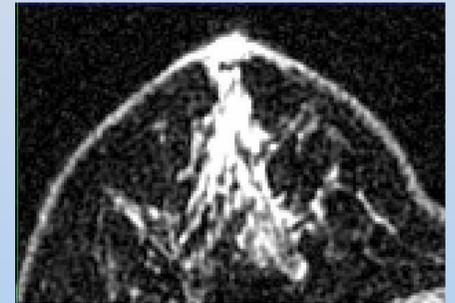


圖6、擷取
利用Crop功能擷取要利用的影像，同時也可節省記憶體，方便做進一步的運算。



圖7、Floodfill
選取灰階範圍的上下限，符合範圍內的值將被填滿。



圖8、Morphological Filter
Morphological filter可合併較精細的結構使之封閉，方便我們建立模型。

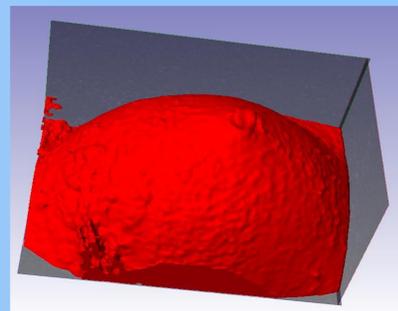


圖9、建立3D模型

當模型做好初步的雜訊處理後，即可建立3D的模型，如圖所示表面還是有些粗糙。

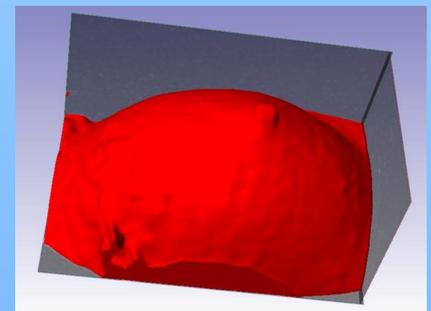
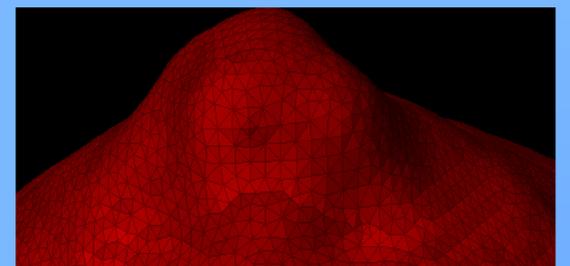


圖10、Recursive Gaussian Filter

利用Recursive Gaussian Filter去除雜訊，將模型的表面變得更平滑。

圖11、Mesh後的模型

ScanIP匯入ScanFE產生網格，在ANSYS讀取網格資訊。



總結

目前我們已完成乳房之3D有限元素模型的建立。由於光在高散射組織中的傳播是三維的散射現象，如以二維之擴散方程式為影像重建中的物理模型，可能重建出不符合實際情形之影像，因此我們建立3D模型的目的是利用此模型的資訊建立出完整的系統矩陣。

未來展望

- 利用數值方法求解有限元素矩陣。
- 將二維程式改寫為三維。
- 利用三維擴散方程式，模擬光源入射組織後，在組織內部之光強度分佈情況。

