

第十一讲

图像处理简介

二十一世纪生物医学工程的重要发展技术

1950s and earlier

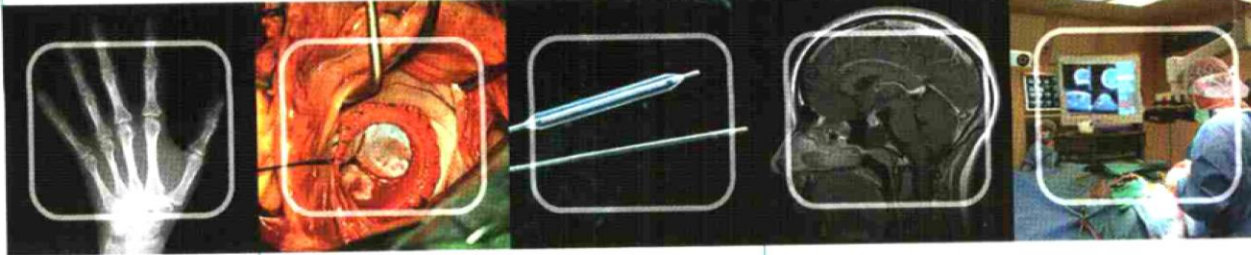
- Artificial kidney
- X-Ray
- Electrocardiogram
- Cardiac pacemaker
- Cardiopulmonary bypass
- Antibiotic production technology
- Defibrillator

1970s

- Computer assisted tomography (CT)
- Artificial hip and knee replacement
- Balloon catheter
- Endoscopy
- Biological plant/food engineering
- The cochlear implant and stimulators

1990s until today

- Genomic sequencing and micro-arrays
- Positron emission tomography
- Image-guided surgery



- Heart valve replacement
- Intraocular lens/Contact lens
- Ultrasound
- Vascular grafts
- Blood analysis and processing
- Flow cytometry and cell sorting

1960s

- Magnetic resonance imaging (MRI)
- Laser surgery
- Vascular stents
- Recombinant therapeutics
- Pulse oximeter
- Inner ear canal digital hearing aid

1980s

Plate 2 The American Institute for Medical and Biological Engineering ‘Hall of Fame’ gives a perspective on the most significant technological advancements in bioengineering in the twentieth century (<http://www.aimbe.org/content/index.php?pid=127>) (see Figure 9.1.1)

虚拟血管外科手术过程

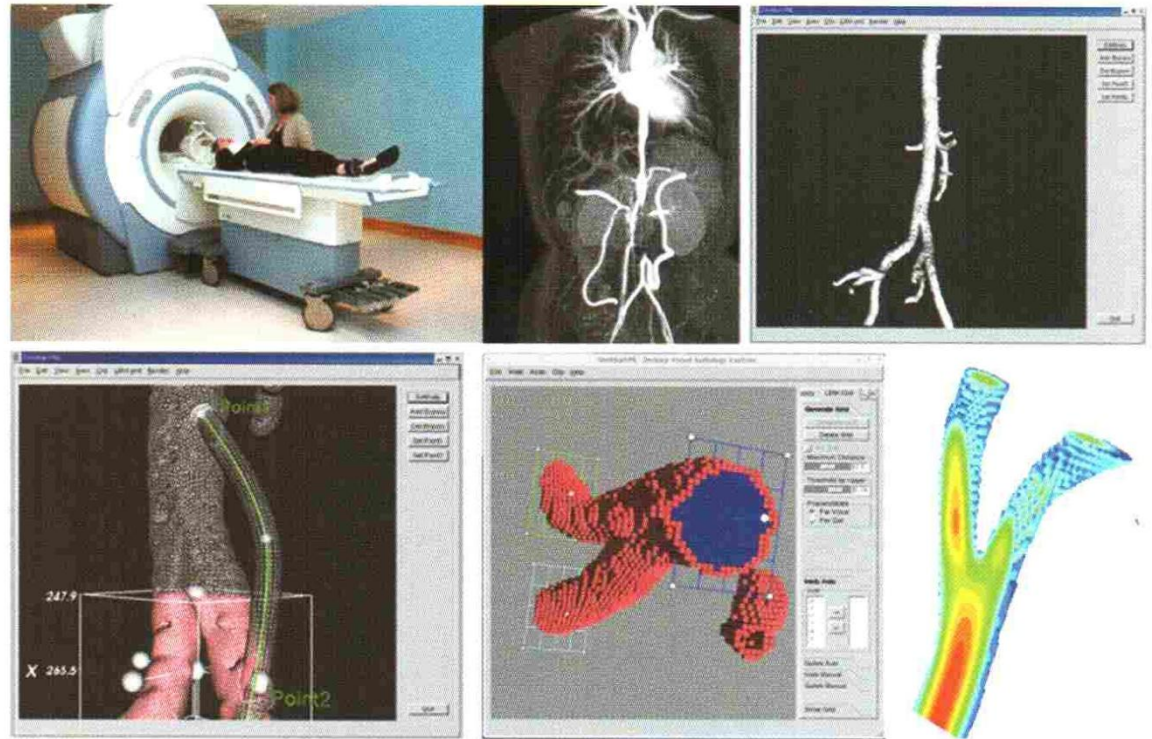


Plate 3 Virtual vascular surgery on the grid: from the MRI or CT scan recording of the patient vascular surgery region, to automatic generation of the computational model and analysis of results, yielding options for the surgical procedure (Reproduced with permission from P.M.A. Sloot and A.G. Hoekstra: Virtual Vascular Surgery on the Grid, ERCIM news, October 2004) (see Figure E9.2-1)

两种非侵入人体信息测量方法

1. 通过人体内部释放出来的微弱电磁波，电流以及磁场捕捉到人体内部的信息。例如：脑电图，心电图，脑磁图，红外热像仪。
(natural information carrier)
2. 从体外运用电磁波，声波，磁场进行照射，从而获得体内信息。(artificial information carrier)

X线通过被测体时强弱的衰减规律

$$I = I_0 \exp(-\sum \mu_i l_i)$$

I : 射出X线束的强度

I_0 : 入射X线束的强度

μ_i : X线减弱系数

l_i : 射线透过长度

一般的X线摄影装置

从X线管焦点放射出的X线光束照射到被测物，被测物的后部放上二维显像装置，这样，被测物的二维X线图线呈现出来。

X线计算机断层扫描

X线束从多个方向（**360°**）依次照射获得投影图像，运用计算机对投影图像进行重构，从而得到被测体的二维断面以及三维图像

X线断层扫描图像中，被测物体与投影数据之间的坐标关系

$$I(u, \theta) / I_0 = \exp \left\{ - \int f(x, y) dv \right\}$$

$$P(u, \theta) = - \int f(x, y) dv$$

X线CT照射减弱率



投影数据

$P(u, \theta)$



X线减弱系数分布

$f(x, y)$

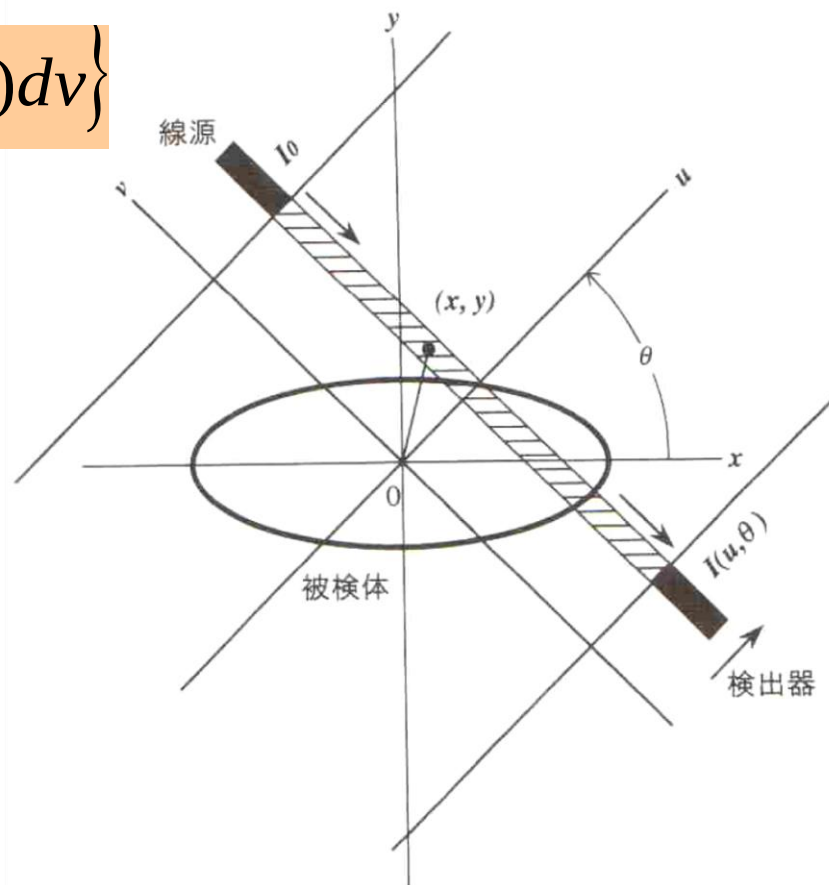


図 4・2・2 X 線断层撮像における被検体と投影データの座標系の関係

CT值

CT画像中所表示的值，是由X线减弱系数换算而来

组织的CT值= $1000 \times$

(组织的X线减弱系数 - 水的X线减弱系数)

/水的X线减弱系数

人体不同组织的CT值

水: 0

空气: -1000

骨组织: 50 - 990

心脏: 20 - 55

肝脏: 20 - 75

脂肪层: -210 - -15

根据X 线CT扫描装置拍摄的
腹部和大腿的断面图像



与人体形状相吻合支撑物

X线CT摄影系统

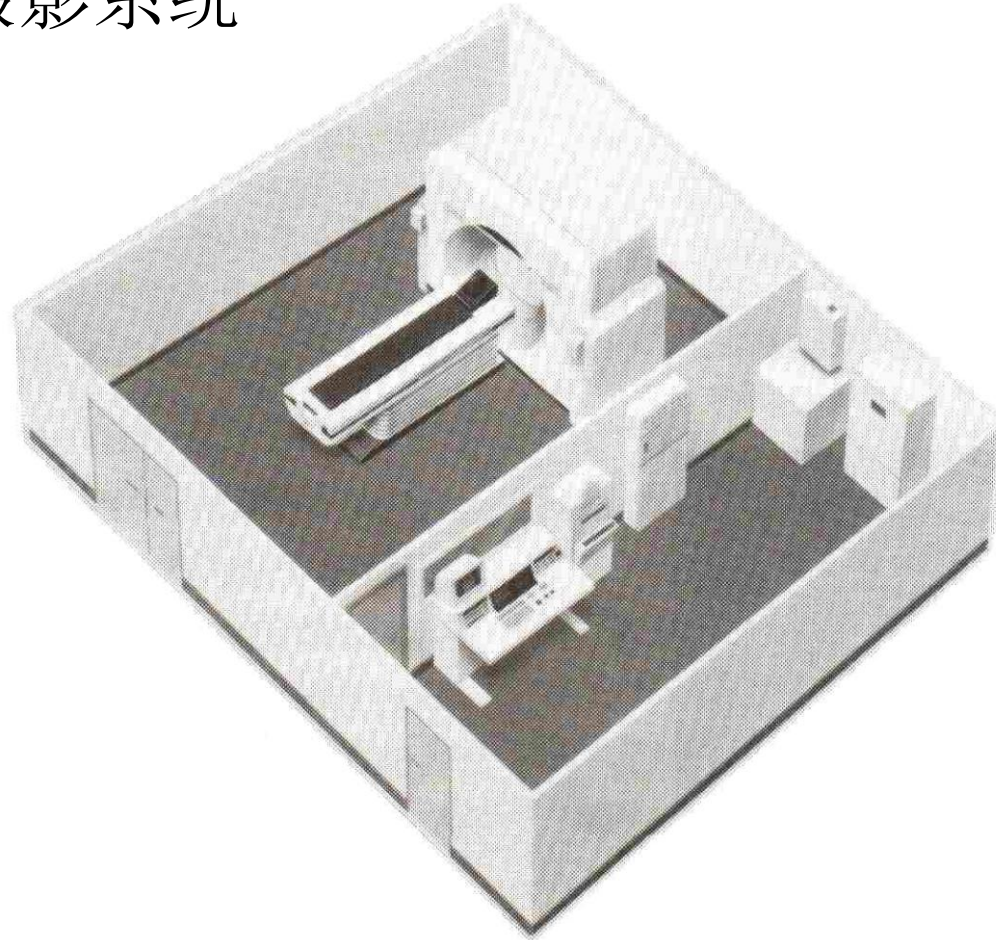


図 4・2・3 X 線 CT システム

核磁共振现象

当没有外部磁场时，由氢原子的原子核自转运动引起的微小磁场呈现出不同方向，因此，不存在宏观的磁场

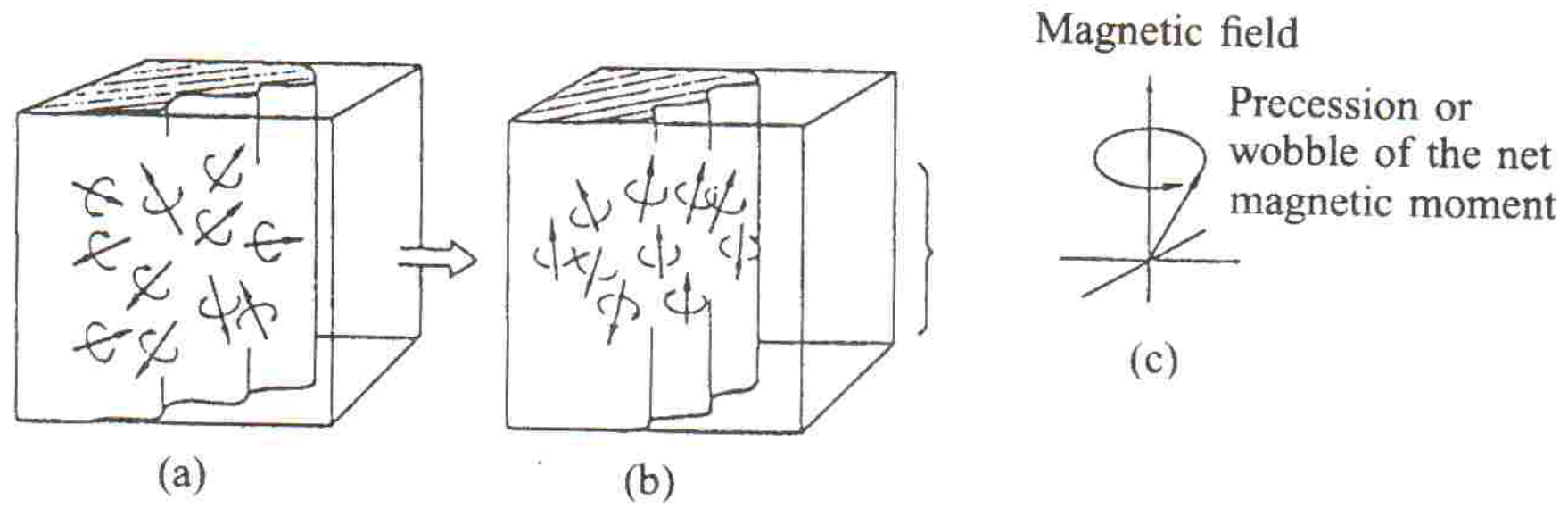
当外界施加一个静磁场时，原子核自转运动引起的磁场会沿着静磁场的方向做岁差运动（原子核自转轴의长期运动），这些微小磁场的矢量和形成了宏观的磁场。

岁差运动的角频率 (Larmor frequency)

$$\omega_0 = \gamma H_0$$

H_0 施加的静磁场强度 (static magnetic field strength)

γ 原子核特征回转磁比 (characteristic gyromagnetic ratio of the nucleus)



描画原理

NMR 信号是一种振荡电压，它的大小和减衰率依赖于组织的物理化学特性和原子核的磁场环境。

缓和时间

T_1 : 纵缓和时间 (spin - lattice relaxation time) 描述磁化矢量在平行于施加的静磁场方向上的特性

T_2 : 描述磁化矢量在垂直于施加的静磁场方向上的特性

不同组织的 T_1 和 T_2 不同，通过设定不同的 T_1 和 T_2 值就可以描画出不同的组织

例如:

- 25°C 时，纯水的 T_1 和 T_2 为2 s
- 肝脏组织 $T_1 \cong 300$ ms, $T_2 \cong 50$ ms,
- 充血肿大的组织 $T_1 \cong 1000$ ms, $T_2 \cong 70$ ms

MRI的画像重构

运用二维和三维傅立叶变换

- 磁场和共振频率成比例，因此，磁场和共振频率有一一对应关系。在时间轴上得到的共振信号通过一次和二次傅立叶变换就可以记录下频率数轴上（对应于X和Y轴）信号的发生位置

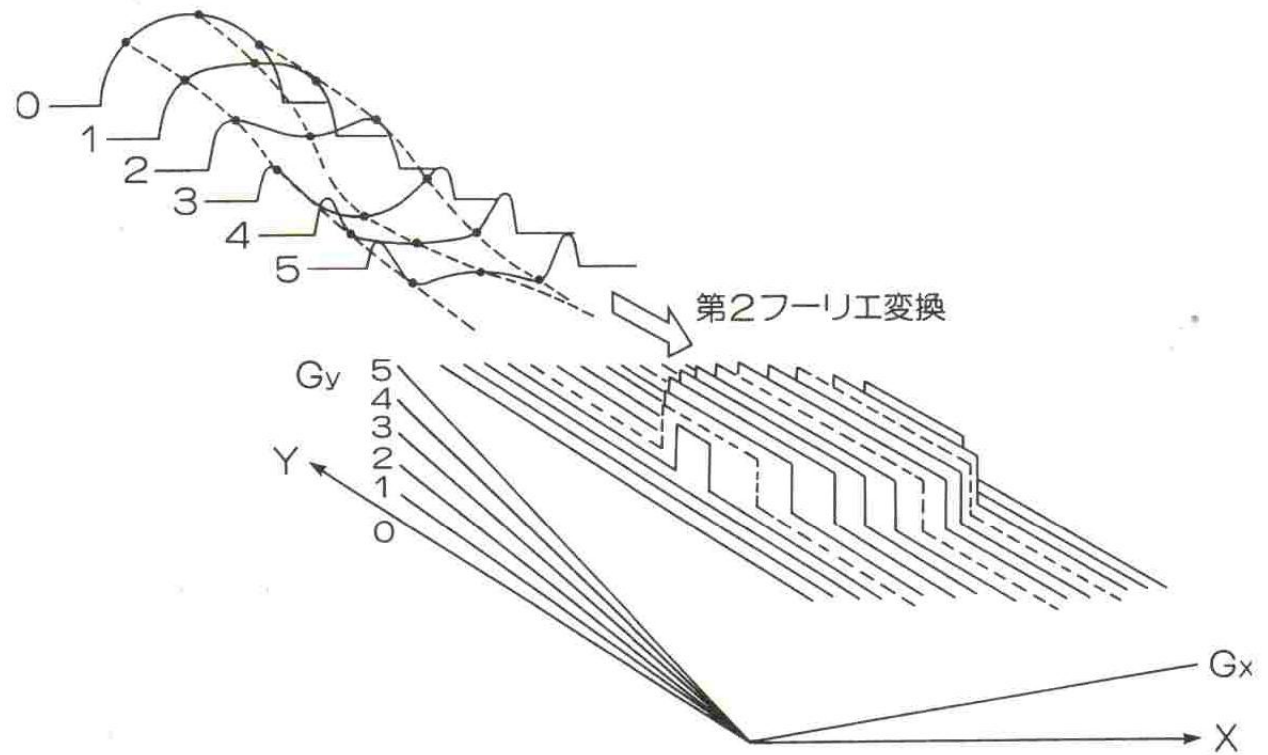


図 4・2・7 二次元フーリエ変換法による画像再構成

常用摄影方法

Spin-echo imaging

信号的振幅:

$$S \approx Nf(v)(e^{-TE/T_2})(1 - e^{-TR/T_1})$$

N: 原子核的密度 (local spin density)

f(v): 由原子的移动引起的信号调幅

TE: 发射的脉冲和接收到的spin-echo 信号所需的时间

TR: 连续 spin-echo信号之间的间隔时间

典型的NMR信号强度（由上至下减弱） 横缓和/或时间T2加强摄影法，

脂肪

脑和脊髓

骨髓和网状骨

肝脏，脾脏，胰脏

肌肉，肾脏

韧带和腱

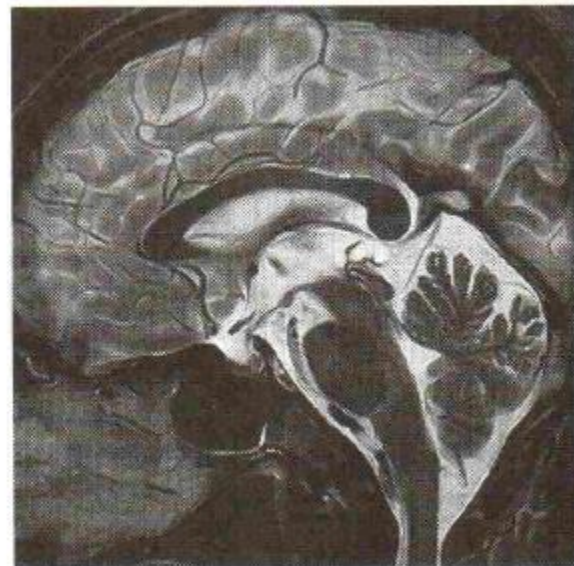
具有较快流速的血管

密质骨

空气



T2强调法得到的头部纵向 断面MR图像



头部血管图像

手部血流图像



不同型式的核磁共振装置的外观



(1) 超電導磁石式磁氣共鳴描画装置の外観



(2) 永久磁石式磁氣共鳴描画装置の外観
(オープンタイプ)

図 4・2・8 磁氣共鳴描画装置の外観

由MRI图像生成脑血管模型

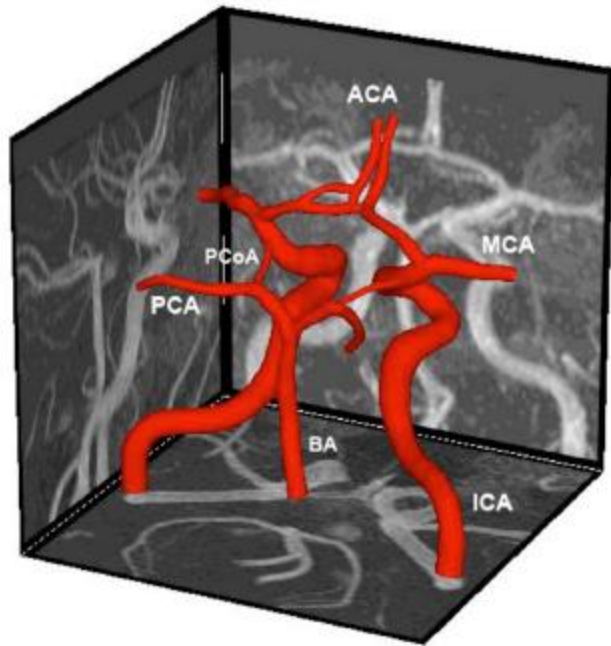


Fig. 14 Three-dimensional reconstruction of an anatomical Circle of Willis configuration

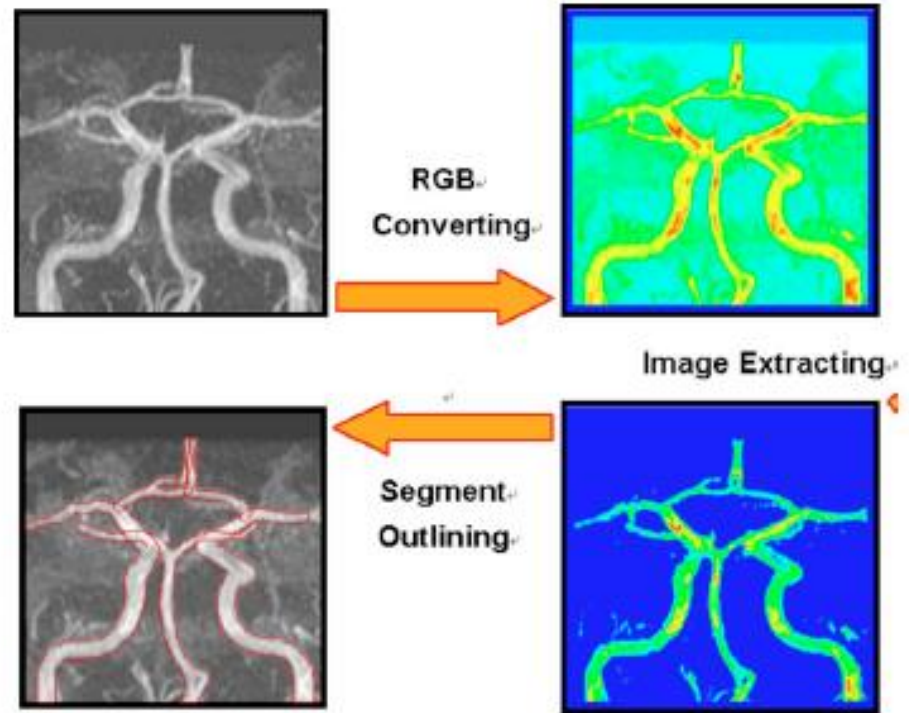


Fig. 13 Image segmentation from a magnetic resonance image for a subject-specific Circle of Willis. (MRA provided by John Fink and Mike Hurrell at Christchurch Hospital, New Zealand.)

蒙特卡罗方法在放疗计划中的应用

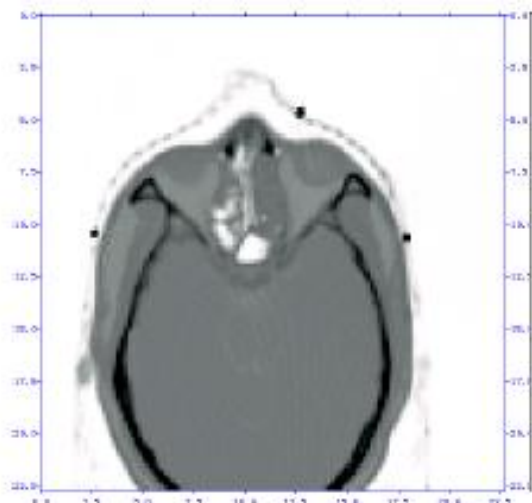


图 6 密度分布图像
Fig.6 Density Distribution

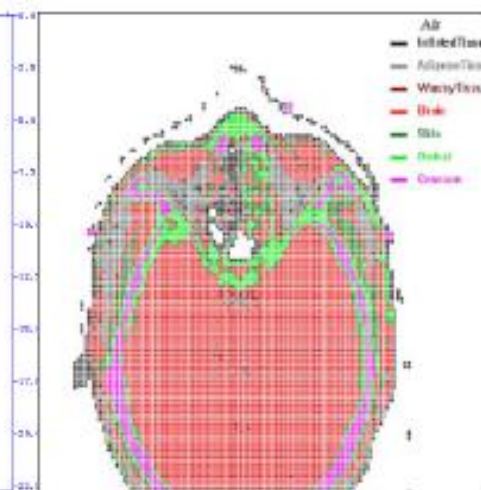


图 7 体元材料分布图像
Fig.7 Material Distribution

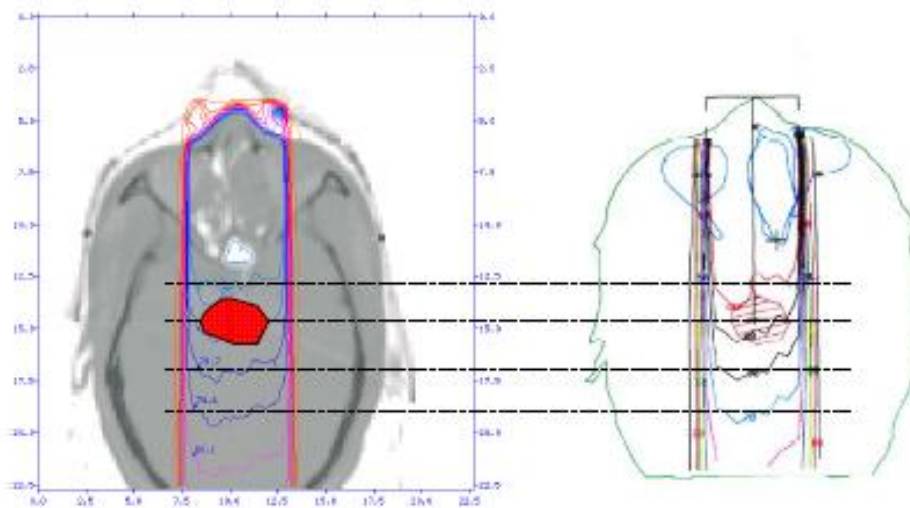
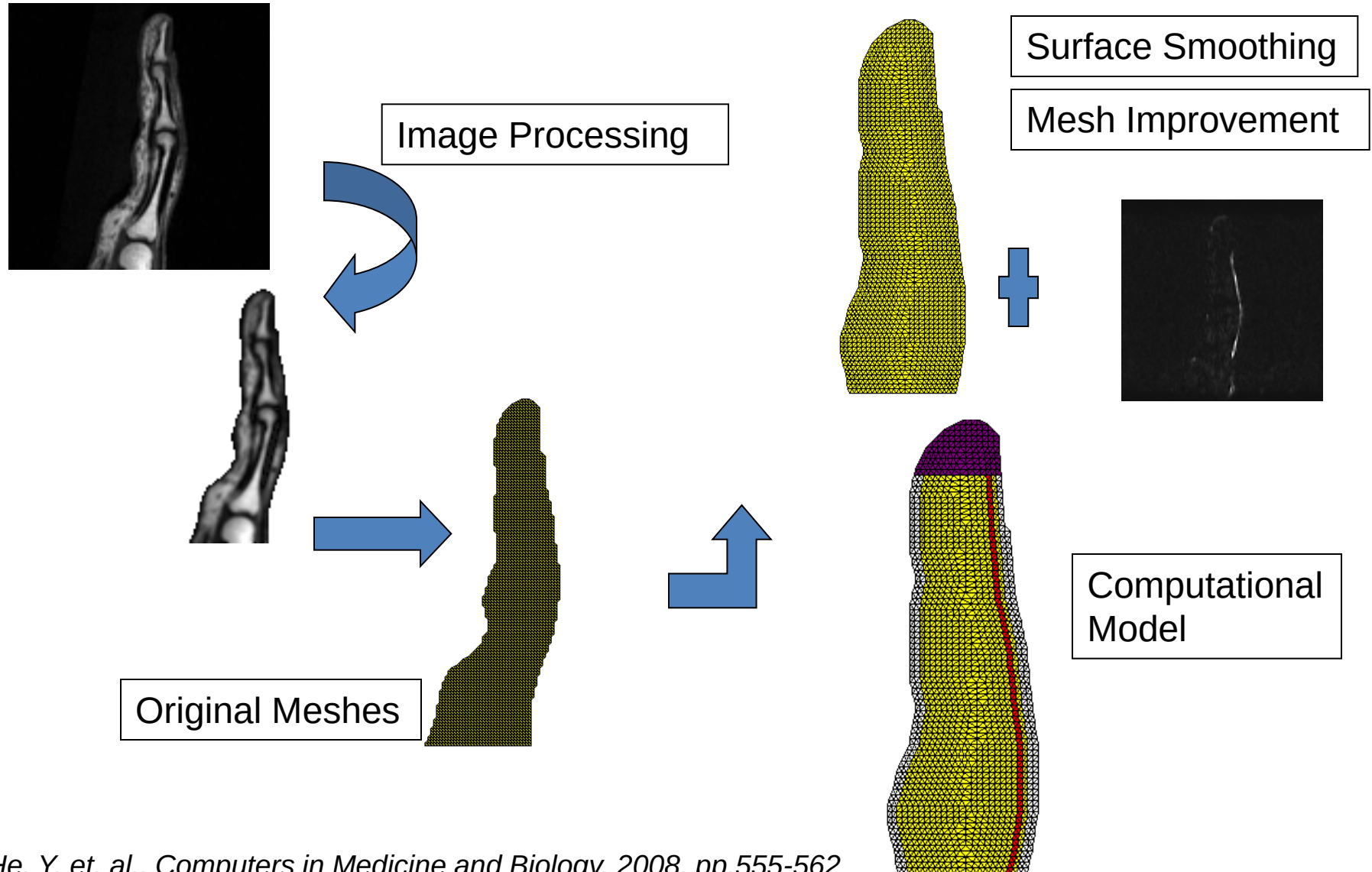


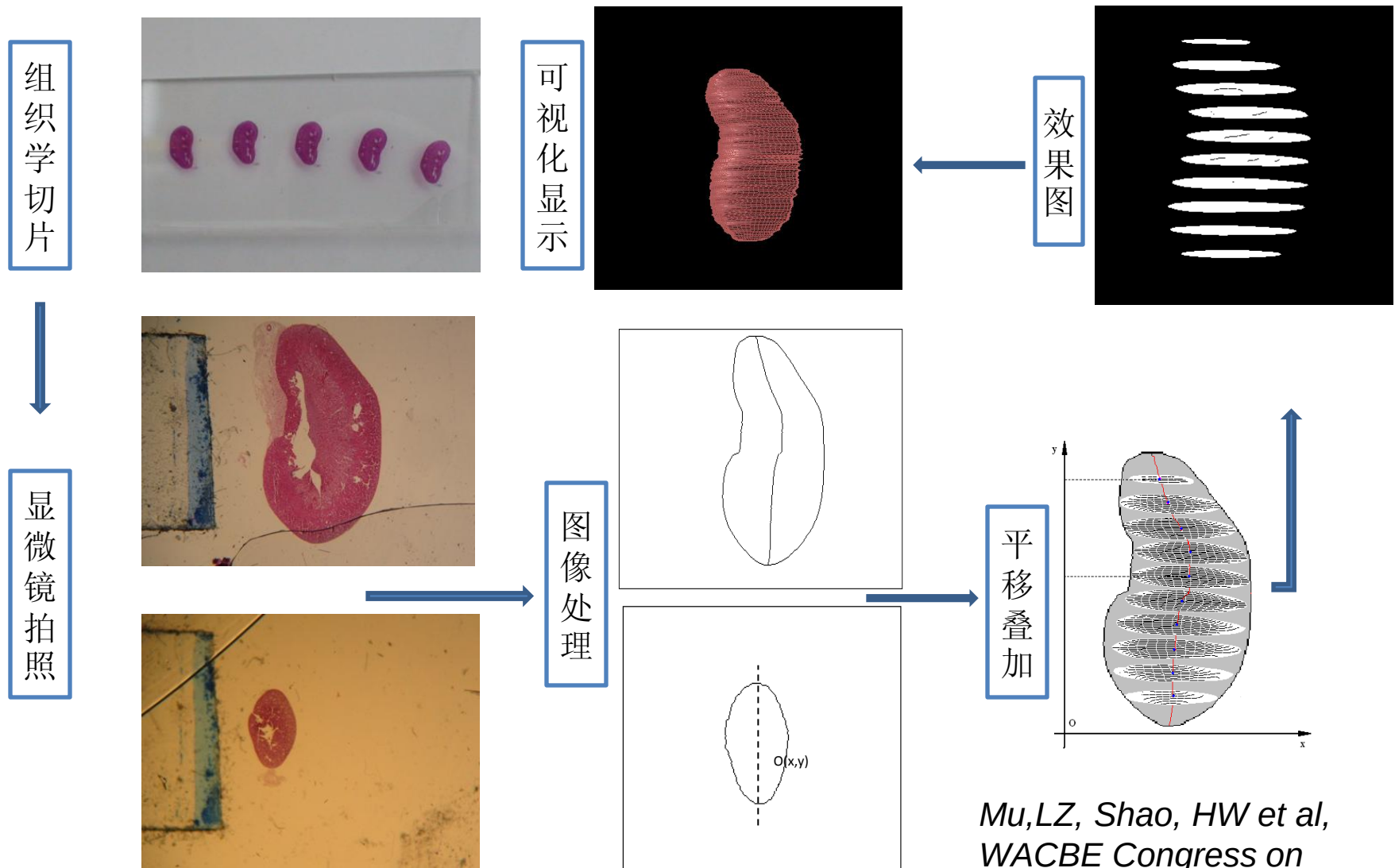
图 8 蒙特卡罗方法计算的体模剂量分布 (a) 离轴比方法计算的体模剂量分布 (b)
Fig.8 Isodose Distribution in the Phantom Calculated by Monte Carlo Method (a) and OAR Method (b)

中科院等离子体物理所,
陈朝斌, 黄群英 等

Process to construct finite element model from MR images (1)



基于组织切片的肾脏建模



Mu, LZ, Shao, HW et al,
WACBE Congress on
Bioengineering, Jul. 2009,

内部构造的显微镜观察

三维内部构造显微镜

- 对动物体麻醉,
 - 从下行动脉注入血管铸型剂和荧光色素以观察血管
 - 生物材料冷冻包埋
 - 利用特殊的刀具切断对象物
 - 观察剩下物体的断面
- 获得连续图像

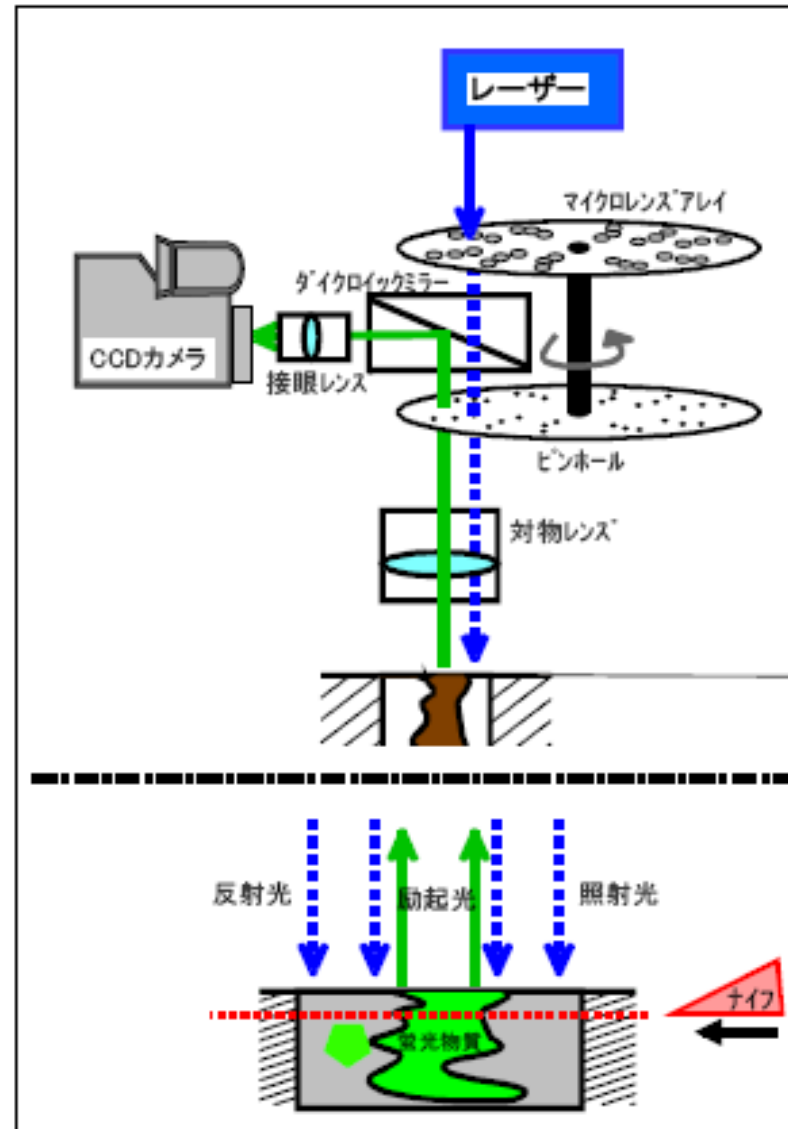


図 2 観察模式図

显微观察的断面图像以及血管领域的抽出 部位：大白鼠肾小球

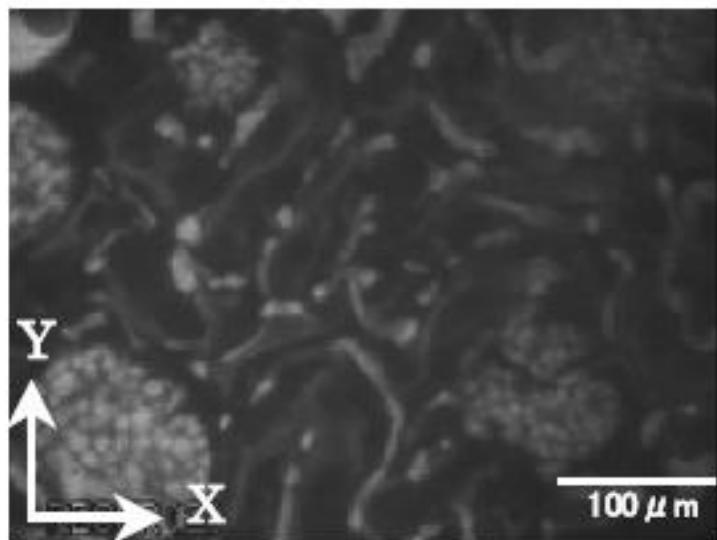


図 4 LSM 観察

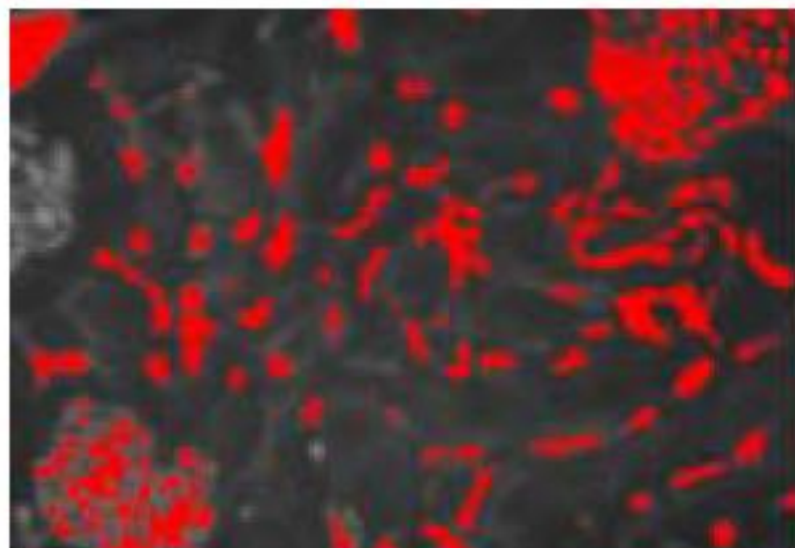


図 5 血管領域抽出画像

经过断面图像重构 的大白鼠肾小球的立体图像

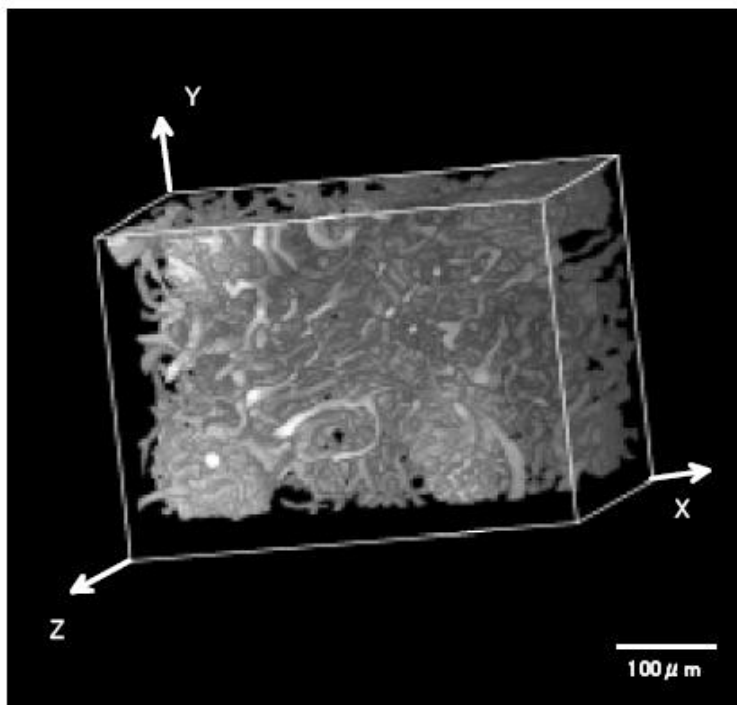


图 6 立体構築画像

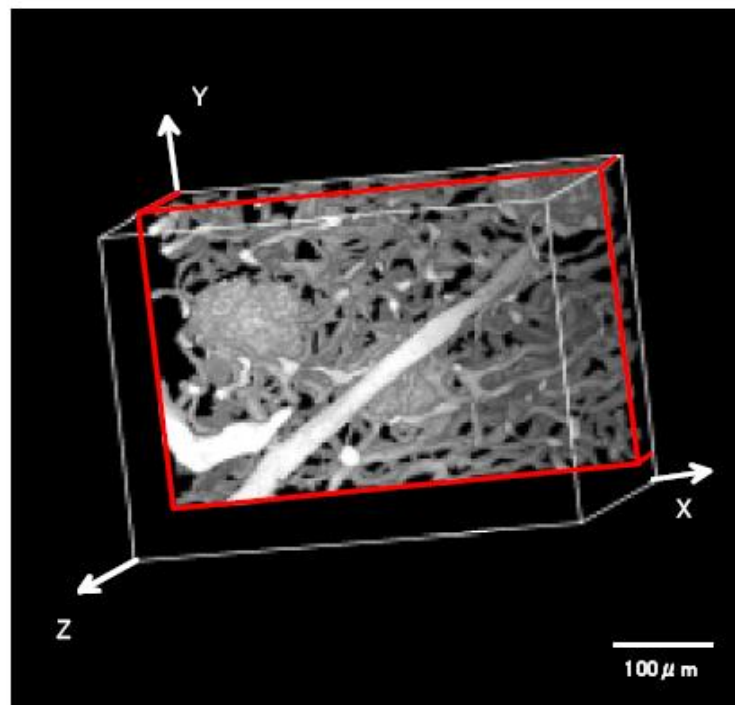


图 7 任意断面立体構築画像

*Nakamura, S., Yokota, H.
et. al., Riken Sympo. 2004*