

VTk体数据可视化技术

作者：老虎

<http://www.CadCaeCam.com/forum/index.htm>收集整理

联系 HuangSteve 163.cm



- 三维医学图像的可视化通常是指利用人类的视觉特性，通过计算机对二维断层图像序列形成的一维体数据(Volume Data)进行处理
- 可视化技术通常可分为
面绘制(Surface Rendering)
体绘制(Volume Rendering).

- 体绘制特点

体绘制技术的中心思想是为每一个体素指定一个不透明度(Opacity)，并考虑每一个体素对光线的透射、发射和反射作用。光线的透射取决于体素的不透明度；光线的发射则取决于体素的物质度(Objecmess)，物质度愈大，其发射光愈强；光线的反射则取决于体素所在的面与人射光的夹角关系。

- 体绘制的步骤：

分为投射、消隐、滴染和合成等4个步骤

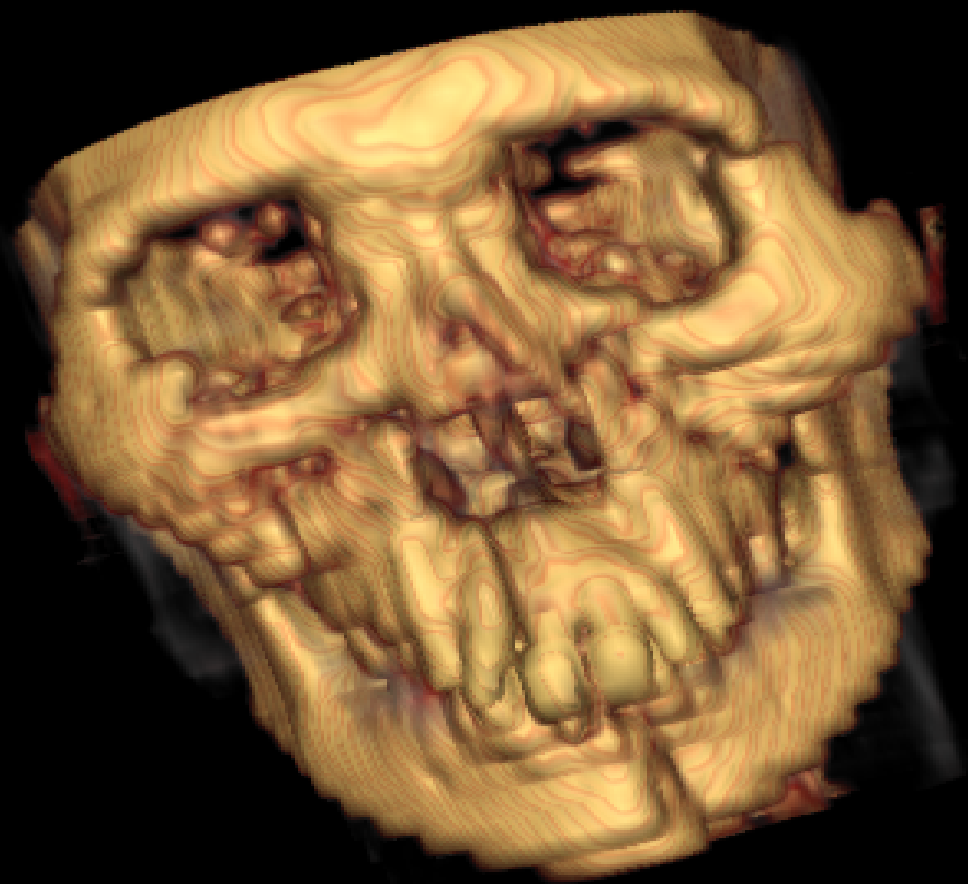
- 体绘制优点：

- (1)与面绘制不同，直接体绘制不借助中间几何图元，直接将数据场绘制到二维图像屏幕上；
- (2)不仅可以绘制面，还可以展现物体内部结构，这是直接体绘制技术得到广泛使用的重要原因之一；
- (3)直接体绘制计算量很大，并且当视点改变时，图像必须进行大量的重新计算。



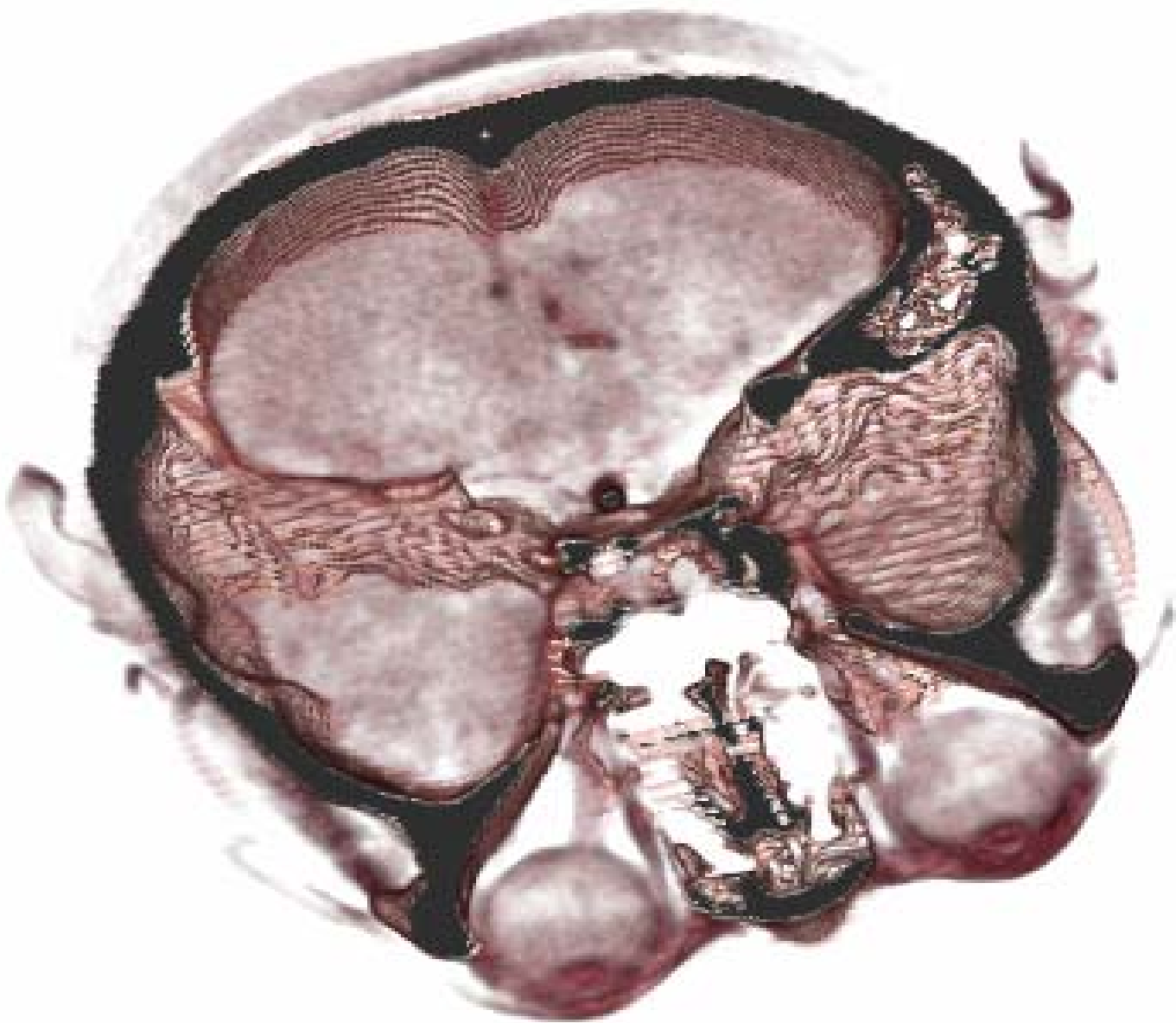
光线投影法

- 1 从屏幕上的每一个像素点出发，沿设定的视点方向，发出一条射线，这条射线穿过三维数据场；
- 2 沿这条射线选择若干个等距采样点，由距离某一采样点最近的八个体素的颜色值及不透明度值做三线性插值，求出该采样点的不透明度值及颜色值。
- 3 在求出该条射线上所有采样点的颜色值和不透明度值，从而计算出屏幕上该像素点处的颜色值。



纹理映射法体绘制

- 三维纹理映射方法是基于硬件来提高体绘制的速度
- 1 将体数据作为三维纹理图，装入纹理内存
2 在体数据内部定义一系列采样多边形去采样物体的纹理
- 3 通过查找表将采样得到的数据转换为相应的颜色值及不透明度值，这样就可以按照从后向前的顺序进行图象合成，投影于视平面而形成最后的图象。



- (1)抛雪球算法
- 抛雪球(Splatting)方法逐层、逐行、逐个地计算每个数据点(体素)，并加以合成，最后生成图像。该方法把能量由中心向四周扩散的状态比喻为雪球(体素)抛到墙上，雪球散开后，撞击中心的雪量(贡献)最大，随着撞击中心距离的增加，雪量减少。该方法把数据场中每个体素看作能量源，当每个体素投向图像平面时，以投影点为中心的重建核将体素能量扩散到图像像素上。

- (2) 足迹法
- 足迹法首先由Westover 提出，其原理是将体数据表示为一个由交叠的基本函数构成矩阵，基本函数通常选择幅值由体素值表示的高斯函数核（Kernal），然后根据一个预先计算的、存储着沿视线方向对函数核积分的足迹查询表，把这些基本函数投射到象平面以生成图像。其实质也可看着为将体数据与函数核作卷积，再沿视线的反方向投射积累到象平面的过程。

- (3) 剪切-曲变法
- 剪切-曲变法目前被认为是一种速度最快的体绘制算法。它采用一种关于体素和图像的编码方案，在遍历体素和图像的同时可以略去不透明的图像区域和透明的体素。在预处理时，体素经过不透明度初分类，再按行程长度编码，然后用类似于射线投射法的方法进行绘制。其绘制过程可简化为通过剪切出适当的编码体素使射线正交于所有的体素层，利用双线性插值在遍历的体素层内得到它们的采样值，再通过曲变将体素平行于基准平面的图像的转换为屏幕图像。

(5) 频域体绘制法

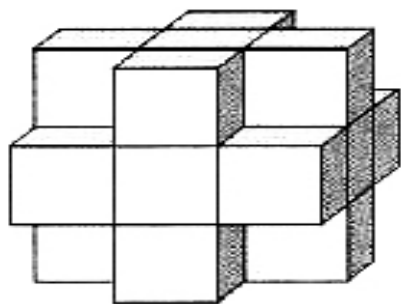
(6) 基于小波的体绘制法

表 1 算法的主要性能评价

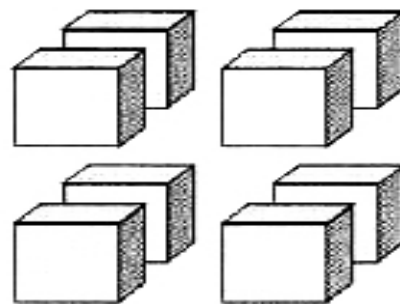
体绘制算法		图像品质	绘制速度	算法特点	
空间域	射线投射法	最高	慢	无需分割,可利用不透明度得到整体的层次结构	占用内存大
	足迹法	高	中等		占用内存小,可渐进显示
	剪切-曲变法	中等	最快		占用内存小
	3D 纹理映射	较低*	快		硬件加速,图像品质依赖帧存储器位分辨率
变换域	频域体绘制法		较高	快	X 光片效果,利用 FFT,算法简洁
	小波域	射线投射法	高	慢	可利用不透明度得到整体的层次结构,占用内存大
		足迹法	较高	较快	X 光片效果,可渐进显示、局部细节添加

* 主要受当前画面帧存储器位分辨率的限制。

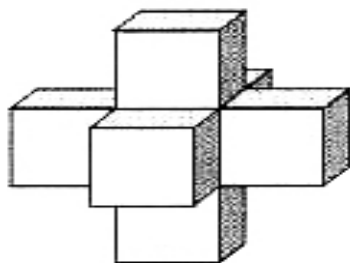
体绘制的切割



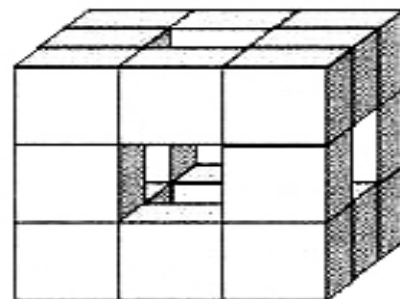
Fence



Inverted Fence

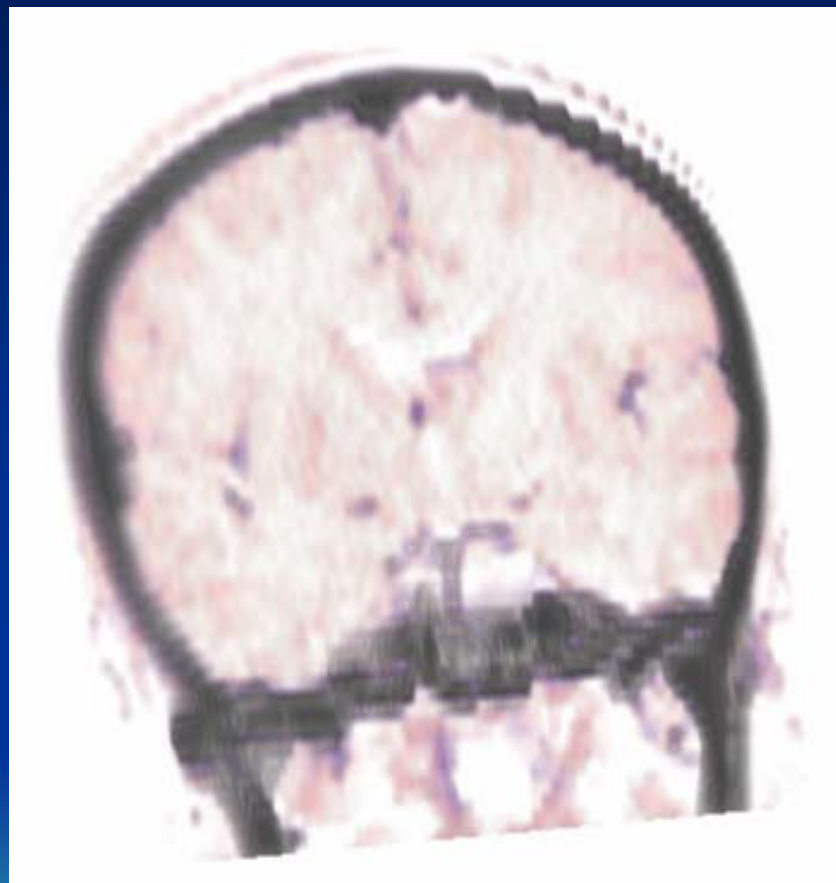
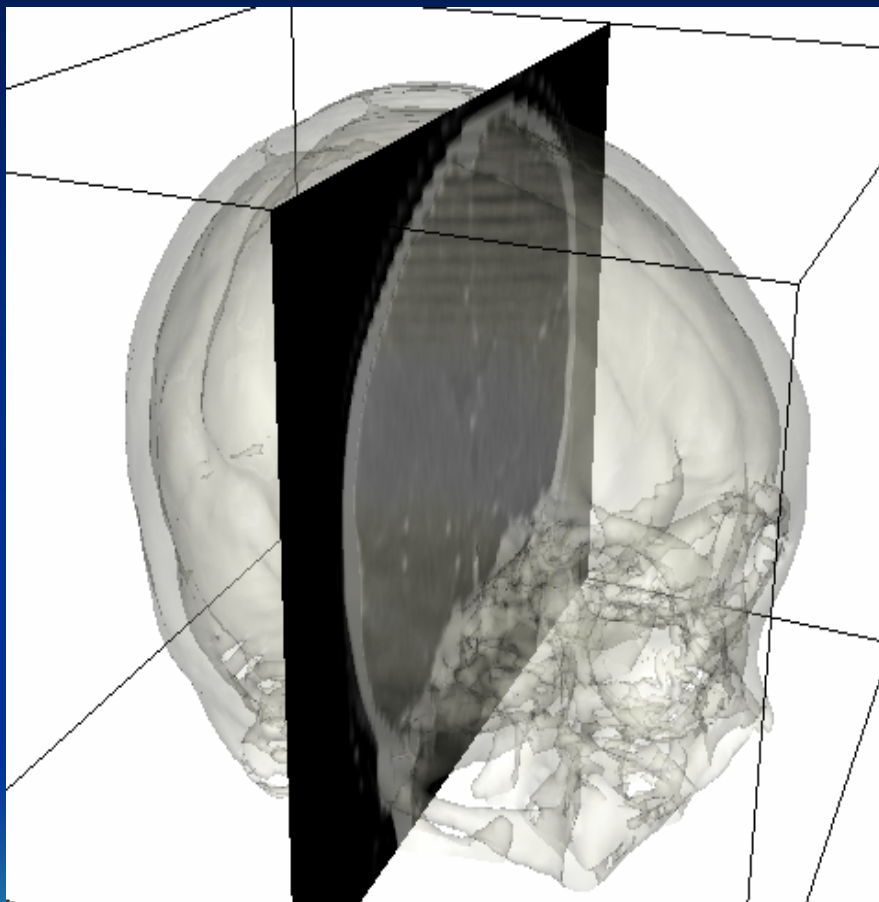


Cross

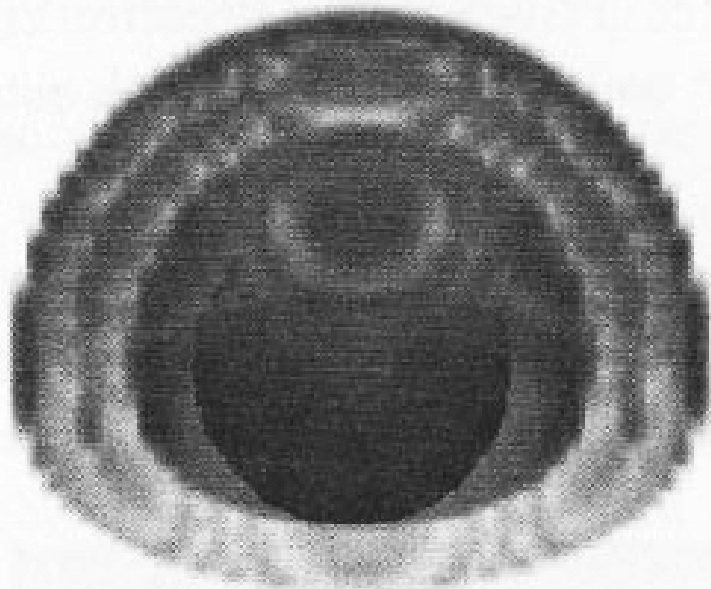


Inverted Cross

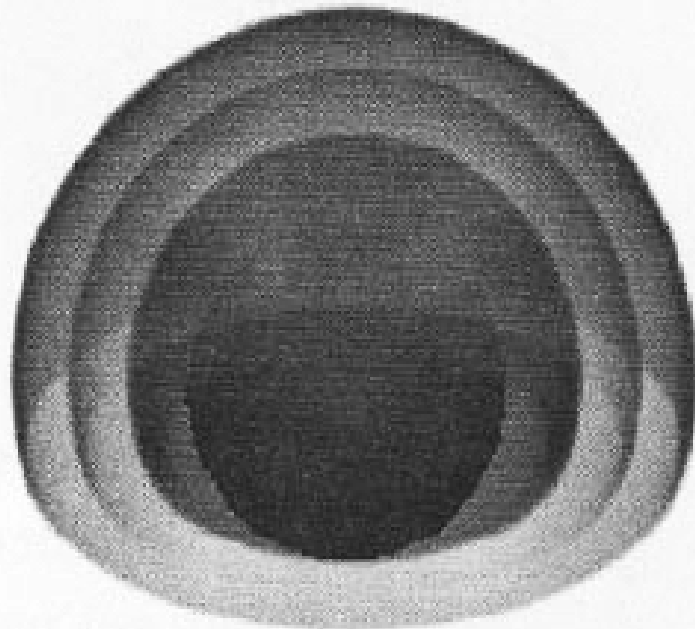
- 通过平面切割



- 在光线投影法体绘制中还有另一选择是让体数据先进行插值,还是先对数据进行分级插值优先还是分类数据优先?
- 其区别如下图:



Classify First



Interpolate First

- 从上图中可以看到插值优先的三维重建效果要明显好于分级优先的.
- 但是插值优先的算法会出现一定程序上的失真,比如:在体绘制中,骨头是像素值最大的数,空气是像素最小的数,中间是软组织数据,通常在插值优先级中,骨头外边是肌肉等软组织数据,但是如果要体绘牙齿的话,插值优先级算法会自动为牙齿外部插值出一层软组织数据,这明显不全实际要求.

- 插值的简单研究
- 在VTK自定的类库当中,有两种插值算法:线性插值,邻近点插值.如下图:

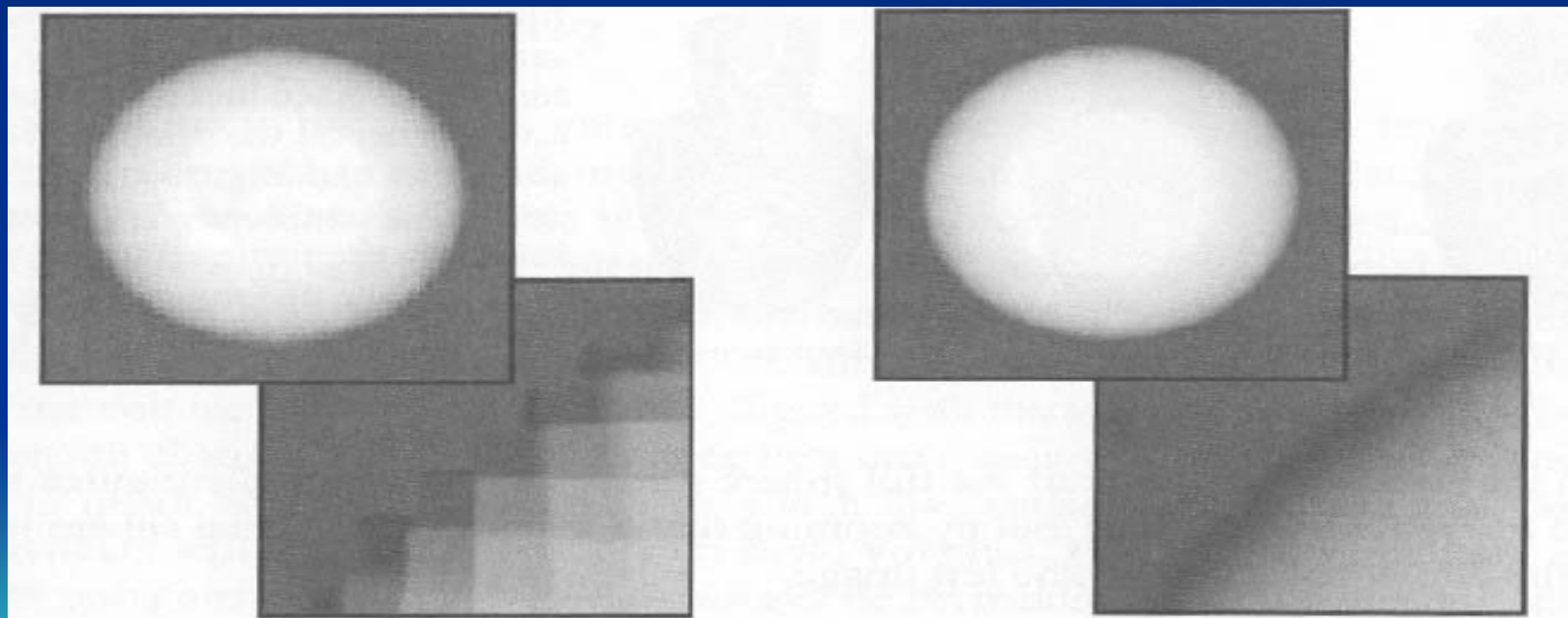


Figure 6-19 Different methods for interpolation. On the left, nearest neighbor interpolation. On the right, trilinear interpolation.

- 从效果上看线性插值要优于邻近点插值,当然从速度上看正好相反.
- 插值间距
- 在插值技术的另一种很重要的设置是插值间距,这一设置对三维重建的效果有着很重要的影响.



Step Size = 0.1



Step Size = 1.0



Step Size = 2.0

Figure 6-20 The effects of varying sample distance along the ray. As the sample distance increases, sampling artifacts create the dramatic black and white banding. However, the cost of volume rendering increases inversely proportional to the sample size, i.e., the difference in rendering time for sample distance 0.1 is 20x faster than for 2.0.

- 如上图,设置一个小的采样间距或称插值间距可以提高三维重建的质量,但其运算的数据量将会大量的增大,对于我们的三维医学重建的项目来言,这没有太多实用意义。
- 因为我们希望的插值是插在Z轴的,我们已有的二维平面图像没有插值的必要.而对于这个 SetImageSampleDistance来说,它所设定的插值间距不只是Z轴方向上的,还要对XY轴方向的数据进行插值.
- 如果将插值间距减小一半,那么要运算的数据量是8倍的提高.对于我们的项目而言是没有用的.而且,我做的数据处理决没有上图中那么明显的效果.

个人想法：

- 三维重建体绘制方面我们实现了几种不同的光线投影法,还实现了纹理映射法,但还有几种体绘方法没能实现,如剪切-曲变法,变换频域法等.
- 对三维图像的切块后显示还要做进一步的研究.