



北京大学

Graphics & Interactive Lab

图形学课程班

真实感绘制之纹理映射

讲授：李 胜

北京大学信息科学技术学院

图形与交互技术实验室

实验室：理科1楼1323
邮箱：lisheng@pku.edu.cn

- 纹理及纹理映射基本原理
- 特殊类别纹理映射
- Parallax mapping和relief mapping



- 纹理及纹理映射基本原理
- 特殊类别纹理映射
- Parallax mapping和relief mapping



纹理与纹理映射

- 纹理是物体表面的细小结构，它可以是光滑表面的花纹、图案，是颜色纹理
- 纹理还可以是粗糙的表面(如桔子表面的皱纹)，它们被称为几何纹理，是基于物体表面的微观几何形状的表面纹理，一种最常用的几何纹理就是对物体表面的法向进行微小的扰动来表现物体表面的细节



模拟物体表面细节

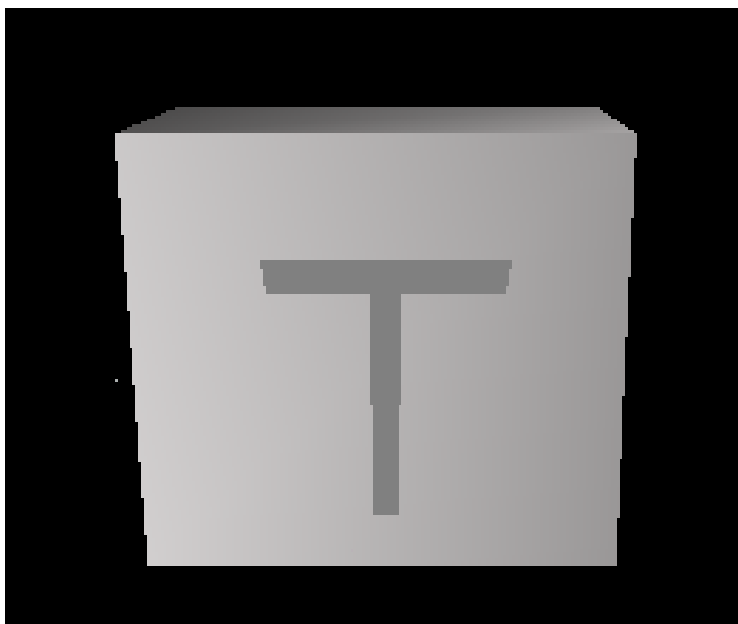
- 表面细节多边形
- 纹理映射
- 法向扰动法

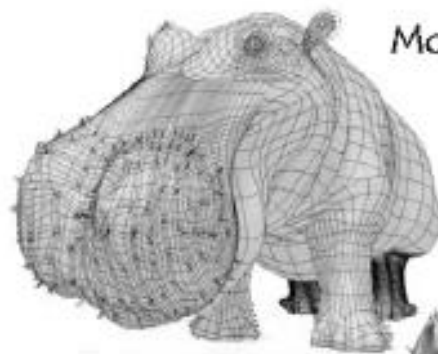


表面细节多边形

■ 方法

- 根据代生成的纹理构造细节多边形
- 将细节多边形贴到物体表面





Model



Model + Shading



Model + Shading
+ Textures

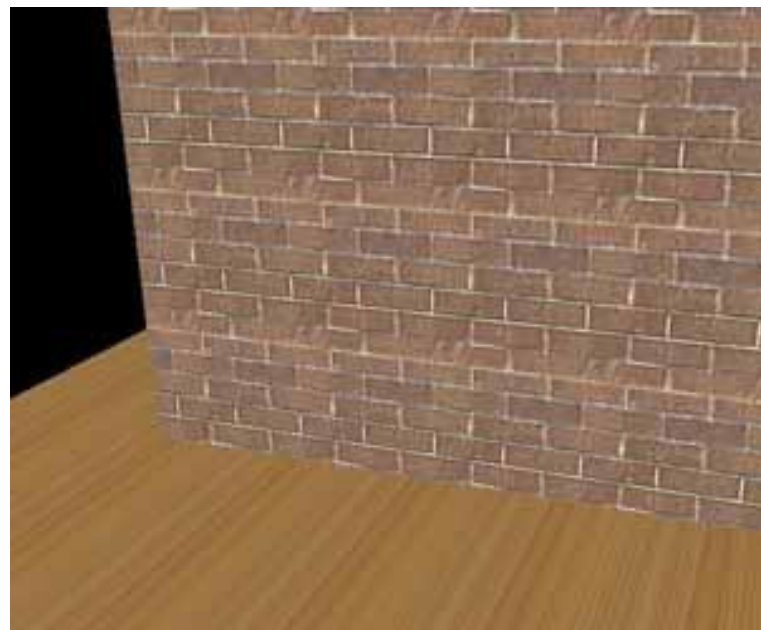
At what point
do things start
looking real?



纹理映射

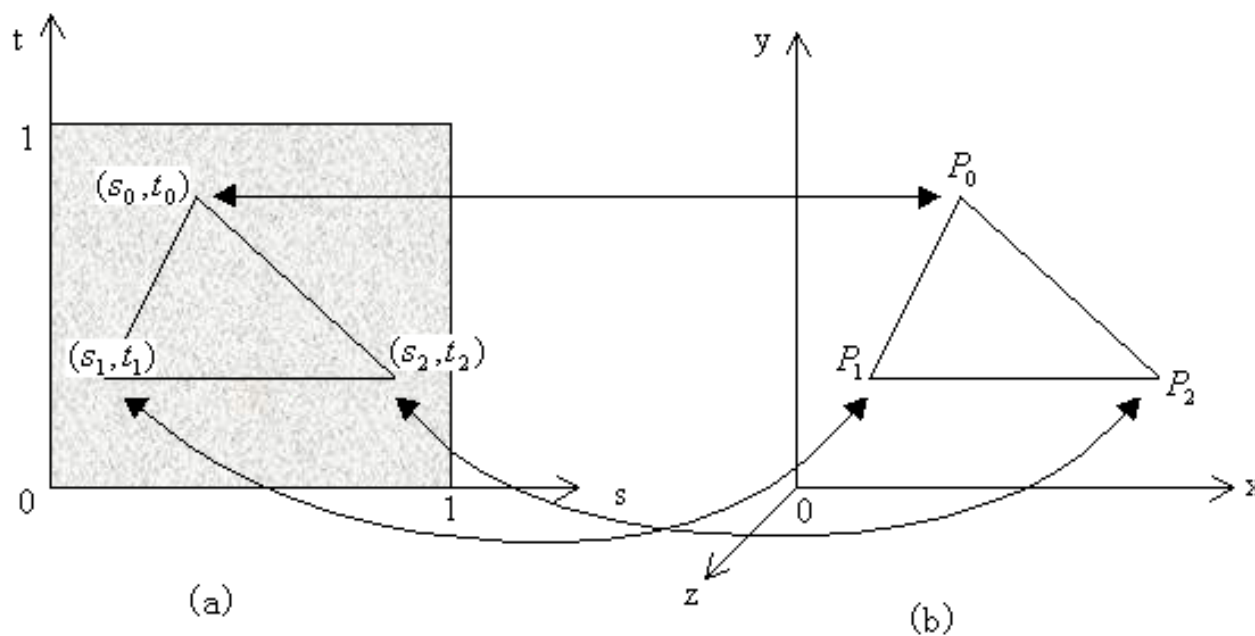
■ 纹理的表示

- 图象纹理：将二维纹理图案映射到三维物体表面，绘制物体表面上一点时，采用相应的纹理图案中相应点的颜色值。
- 函数纹理：用数学函数定义简单的二维纹理图案，如方格地毯。或用数学函数定义随机高度场，生成表面粗糙纹理即几何纹理。



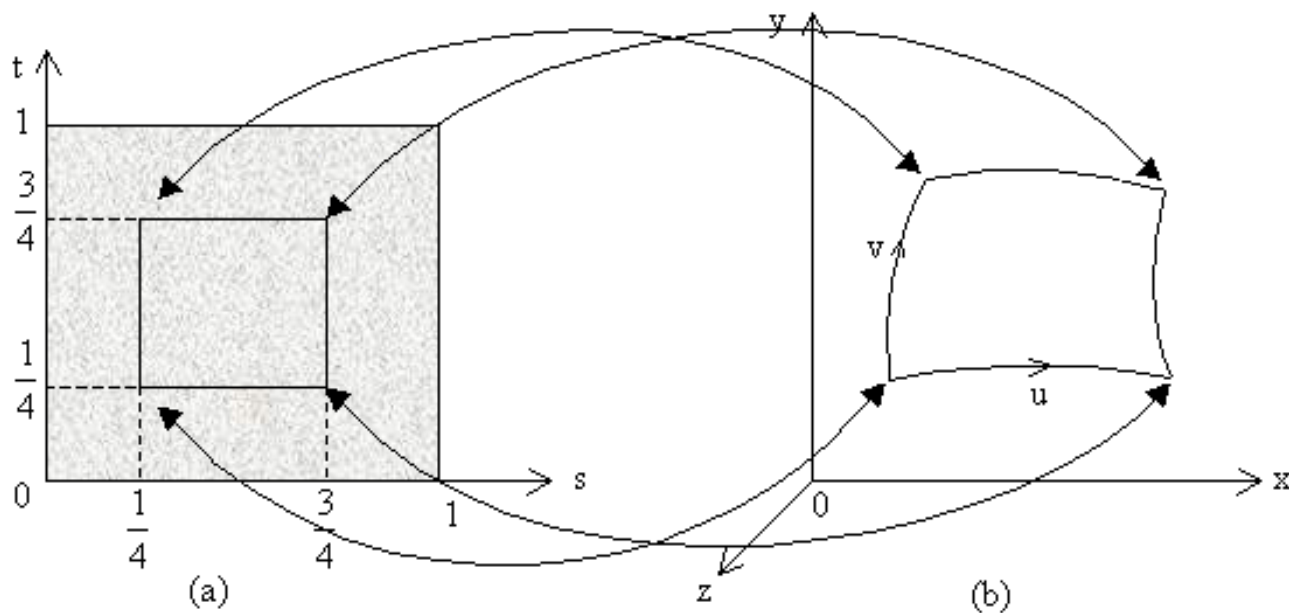
纹理映射（续）

- 当物体表面是多边形时
 - 直接给定多边形顶点的纹理坐标



纹理映射 (续)

- 当物体表面是参数曲面时
 - 给定参数与纹理坐标之间的关系



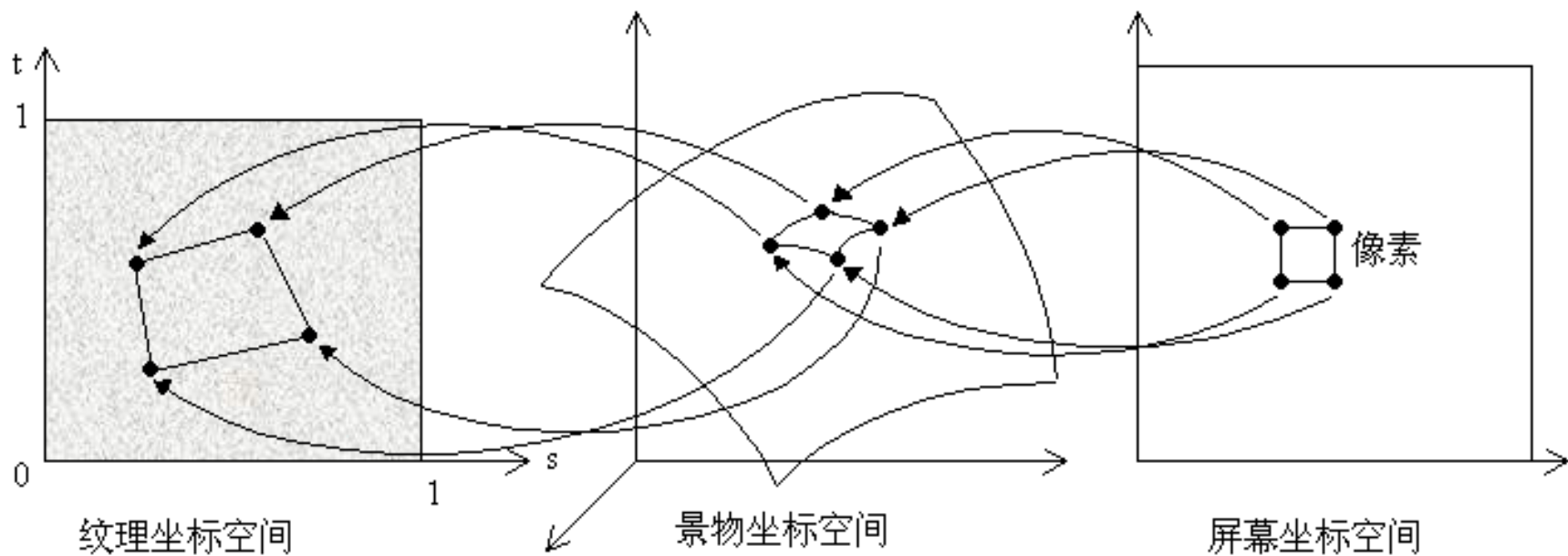
纹理映射（续）

■ 步骤

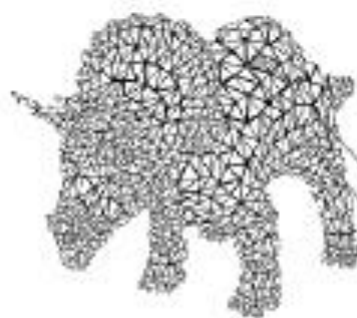
- 1、将屏幕像素的四个角点映射到景物坐标空间中可见的物体表面上
- 2、将景物坐标空间映射到纹理坐标空间
- 3、将像素所对应的纹理坐标空间中的四边形内的所有纹素的值作加权平均，结果作为物体表面的漫反射系数参与颜色计算



纹理映射（续）



纹理坐标的指定



*For each triangle in the model
establish a corresponding region
in the phototexture*



*During rasterization interpolate the
coordinate indices into the texture map*



常用的纹理映射方法

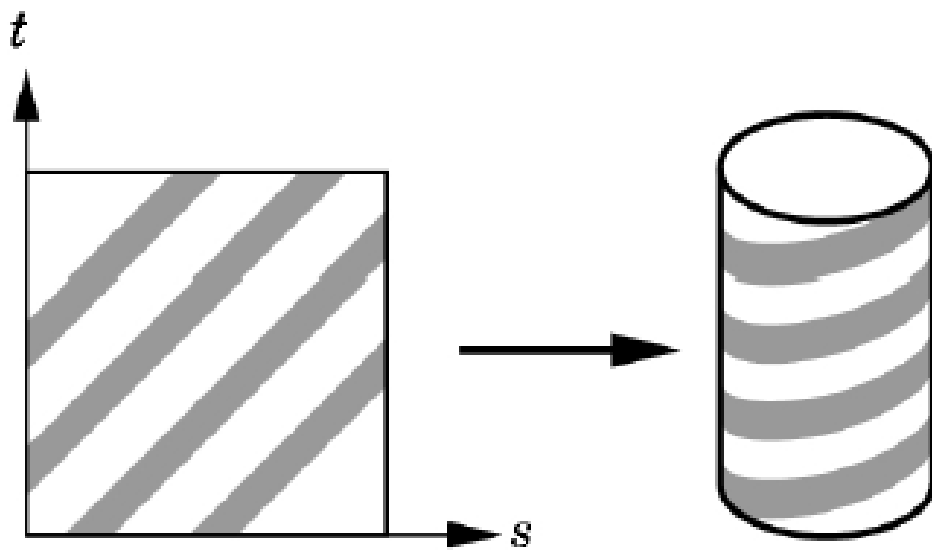
■ 圆柱面映射

$$\begin{cases} x = \cos(2\pi u) & 0 \leq u \leq 1 \\ y = \sin(2\pi u) & 0 \leq v \leq 1 \\ z = v \end{cases}$$

■ 反求参数

$$(u, v) = \begin{cases} (v, z) & \text{如果 } x = 0 \\ (x, z) & \text{如果 } y = 0 \\ \left(\frac{\sqrt{x^2 + y^2} - |y|}{x}, z \right) & \text{其它} \end{cases}$$





■ 球面映射

$$\begin{cases} x = \cos(2\pi u) \cos(2\pi v) & 0 \leq u \leq 1 \\ y = \sin(2\pi u) \cos(2\pi v) & 0 \leq v \leq 1 \\ z = \sin(2\pi v) \end{cases}$$

■ 反求参数

$$(u, v) = \begin{cases} (0, 0) & \text{如果 } (x, y) = (0, 0) \\ \left(\frac{1 - \sqrt{1 - (x^2 + y^2)}}{x^2 + y^2} x, \frac{1 - \sqrt{1 - (x^2 + y^2)}}{x^2 + y^2} y \right) & \text{其它} \end{cases}$$



- 纹理及纹理映射基本原理
- 特殊类别纹理映射
- Parallax mapping和relief mapping

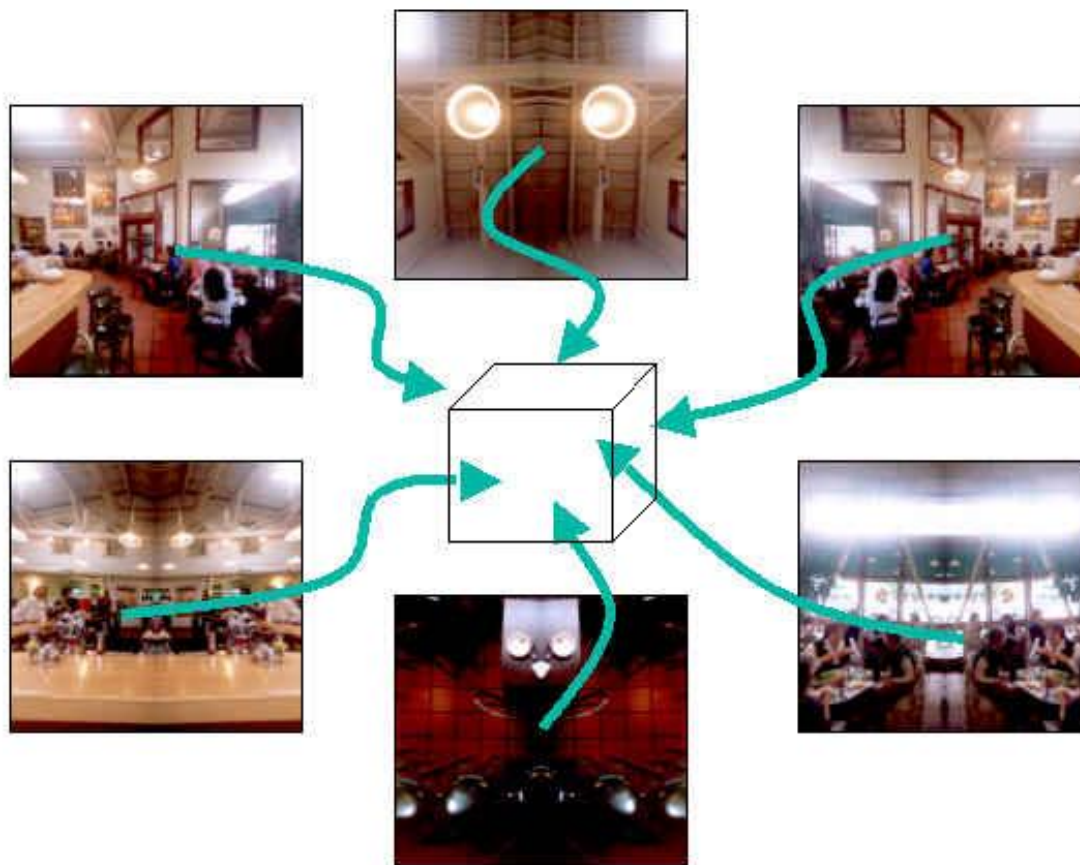


环境映射

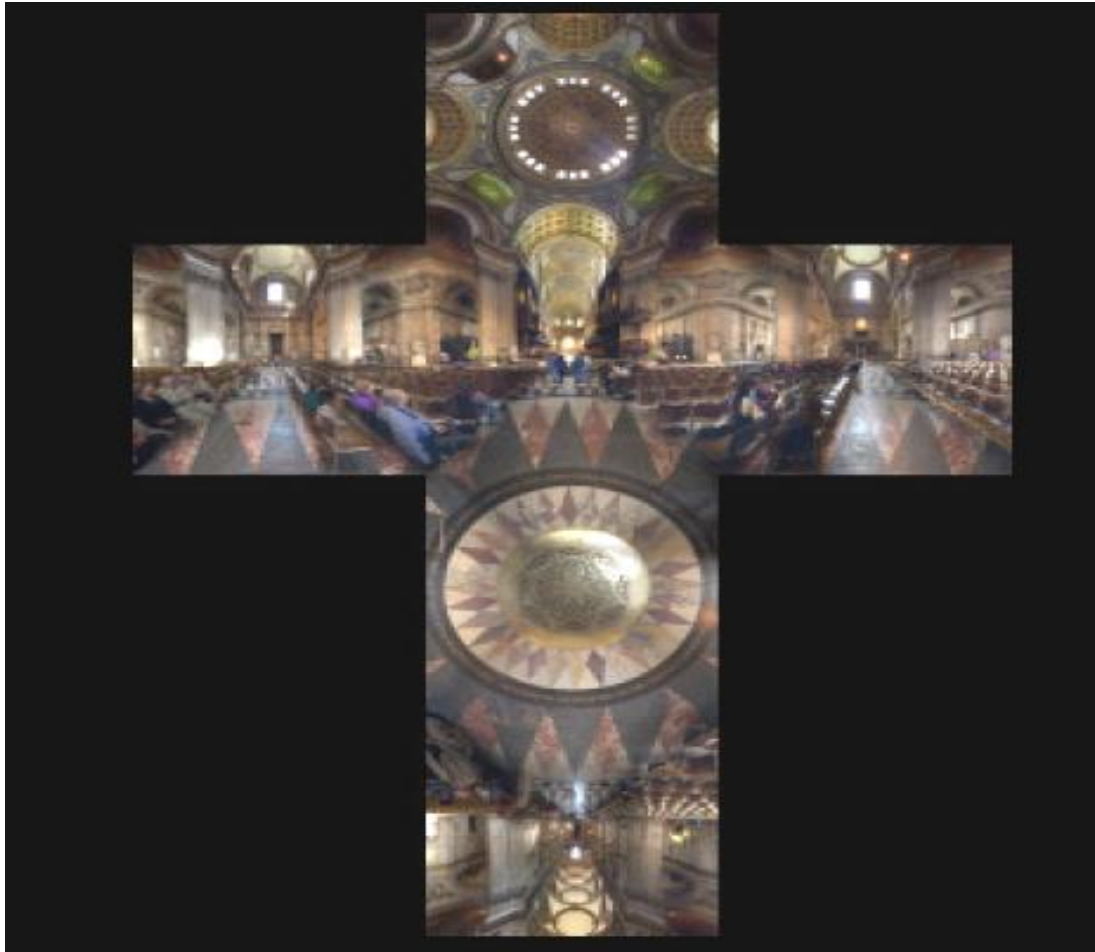
- Blinn和Newell提出
- 环境被映照到一个大的球面上。
- 方法：
 - 从视点出发，向待绘制的物体表面上一点发出一条光线，求在该点的反射光线与环境球面的交点。
- 平面情况处理，用虚视点方法
- 效果比光线跟踪差，但计算量要少很多。



环境映射 - cube map



环境映射 - cube map



环境映射 - cube map



back



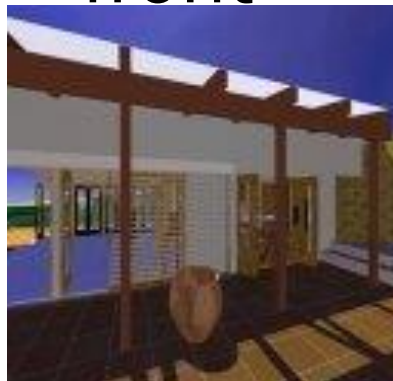
front



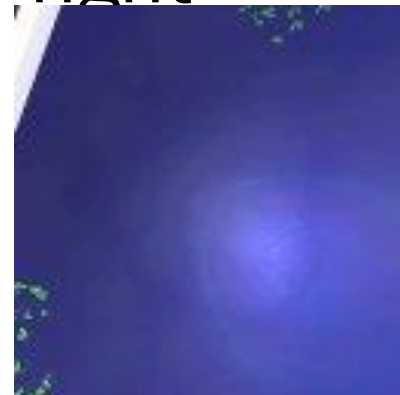
right



Bottom

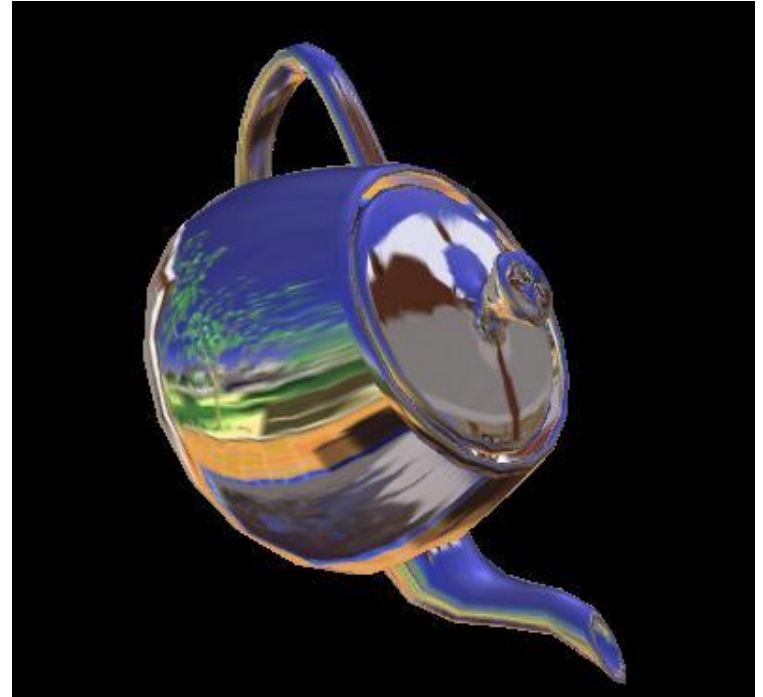
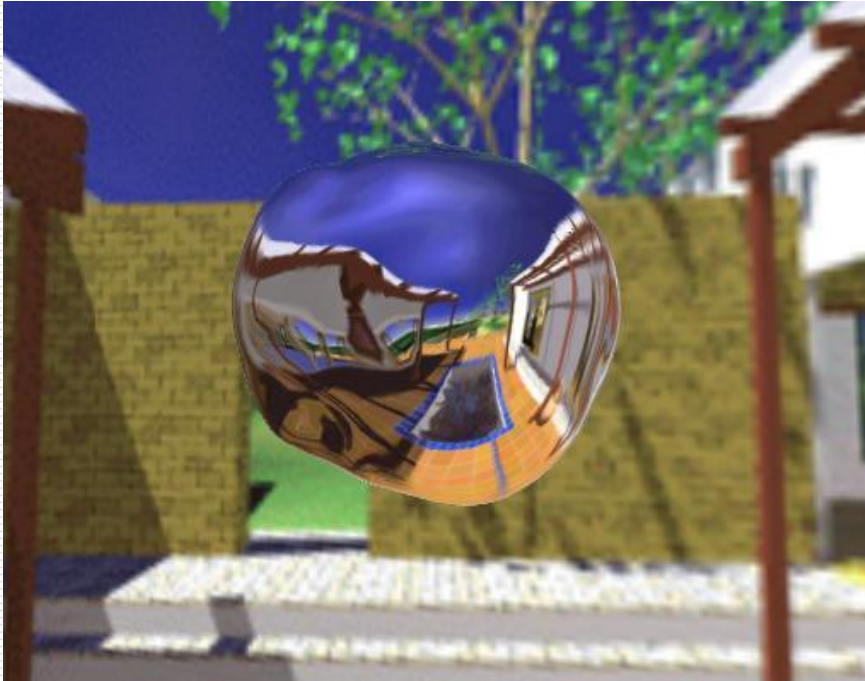


left



top

环境映射 - cube map





过程纹理

- 木头纹理
- 三维体纹理
 - 二维纹理图象或纹理函数sweep
 - Fourier合成
 - 噪声函数随机合成
- 与凹凸纹理的关系



过程纹理



过程纹理

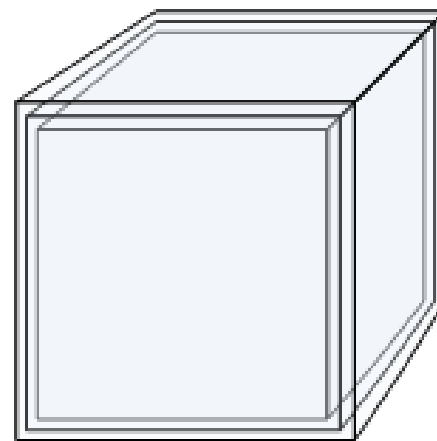
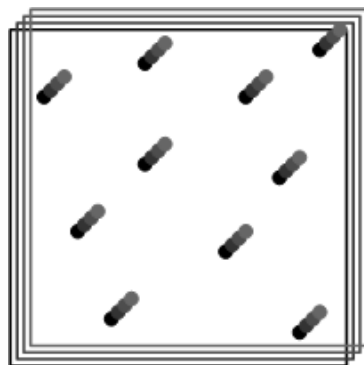
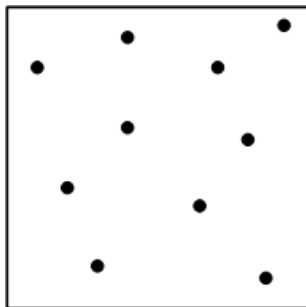


3D体纹理

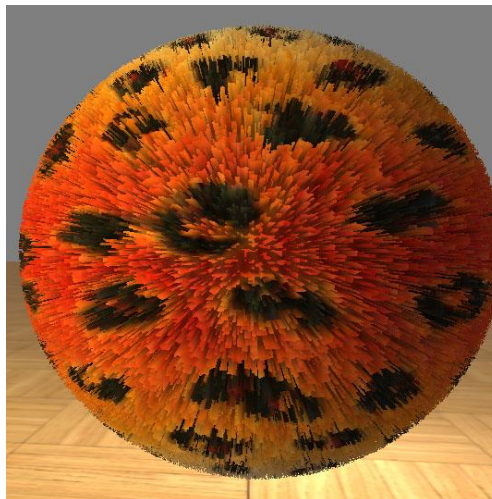


体纹理绘制方法

基于shells的绘制策略



毛发绘制



加入阴影



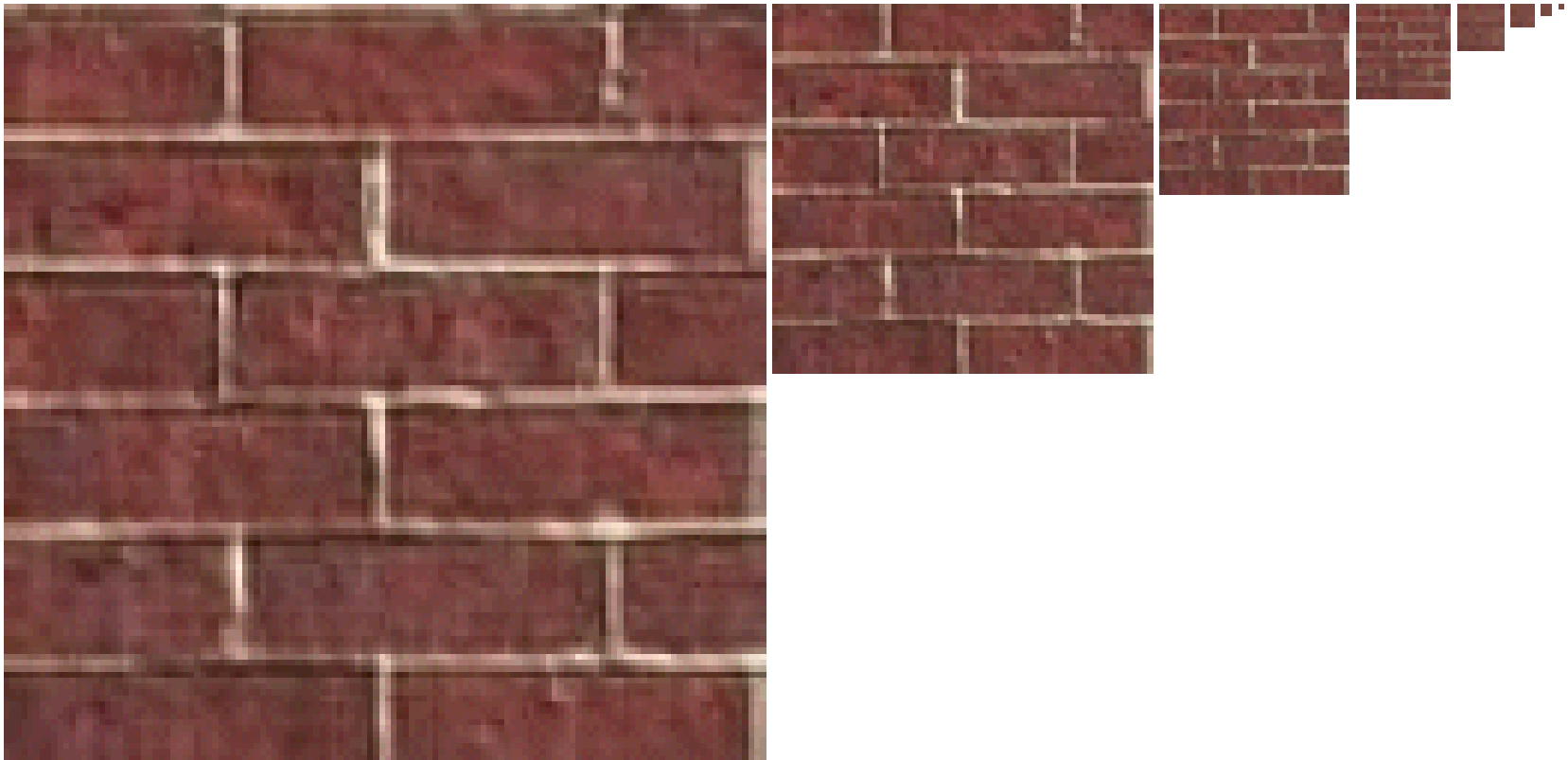
可变长度

纹理反走样

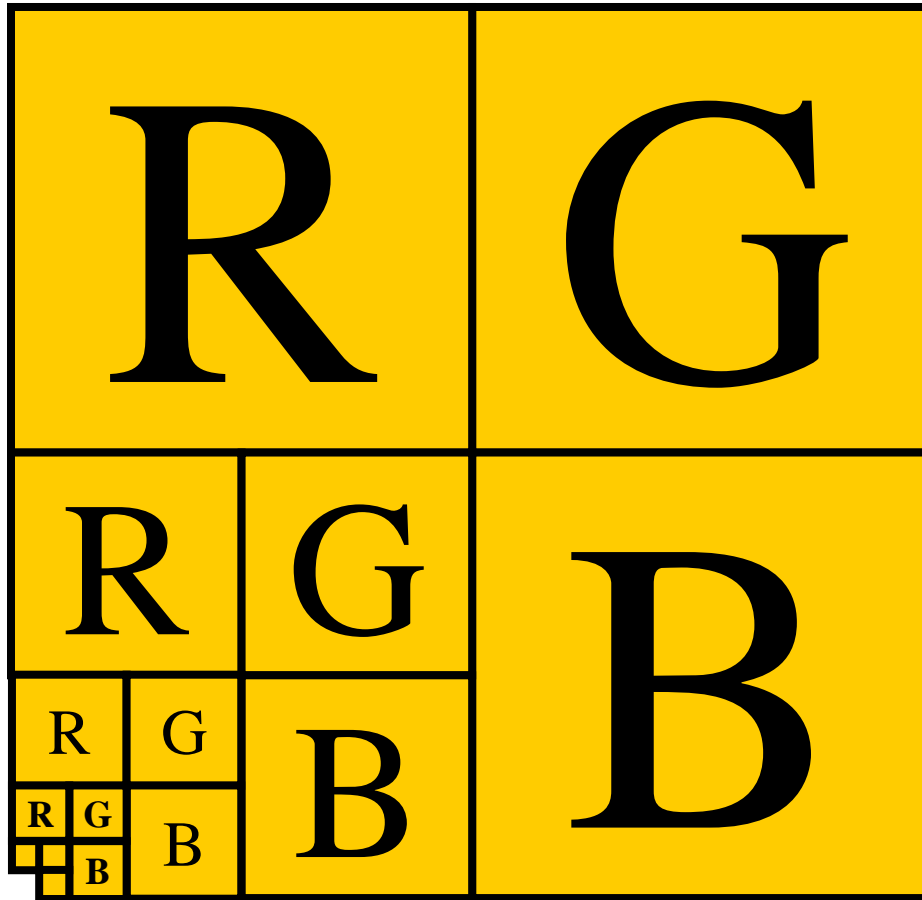
- MipMapping (图象金字塔)
- 从高分辨率到低分辨率，分层存储
- 纹理颜色的平均，正方形滤波器作卷积



MipMap生成



MipMap存储表示



MipMap效果

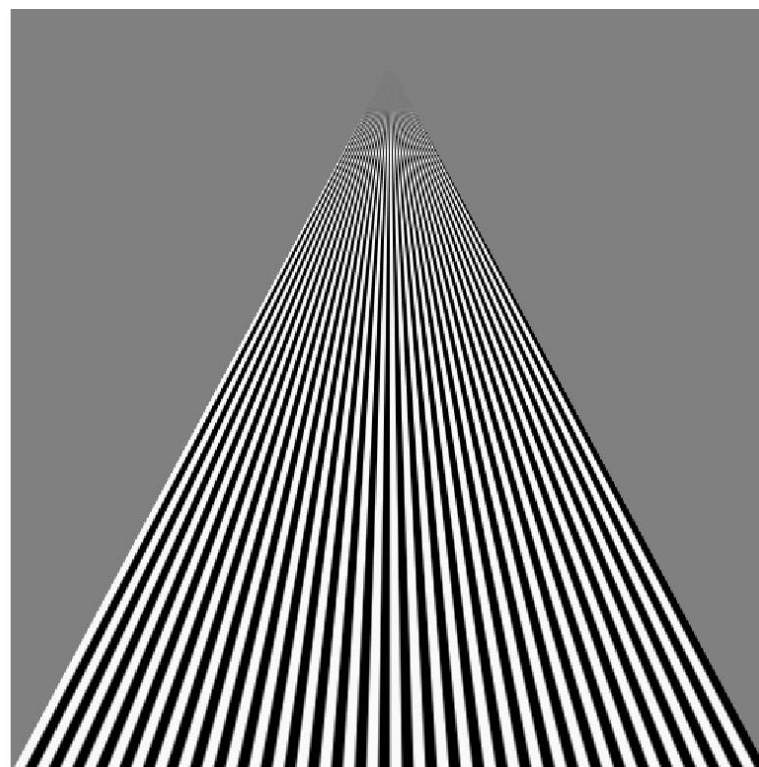
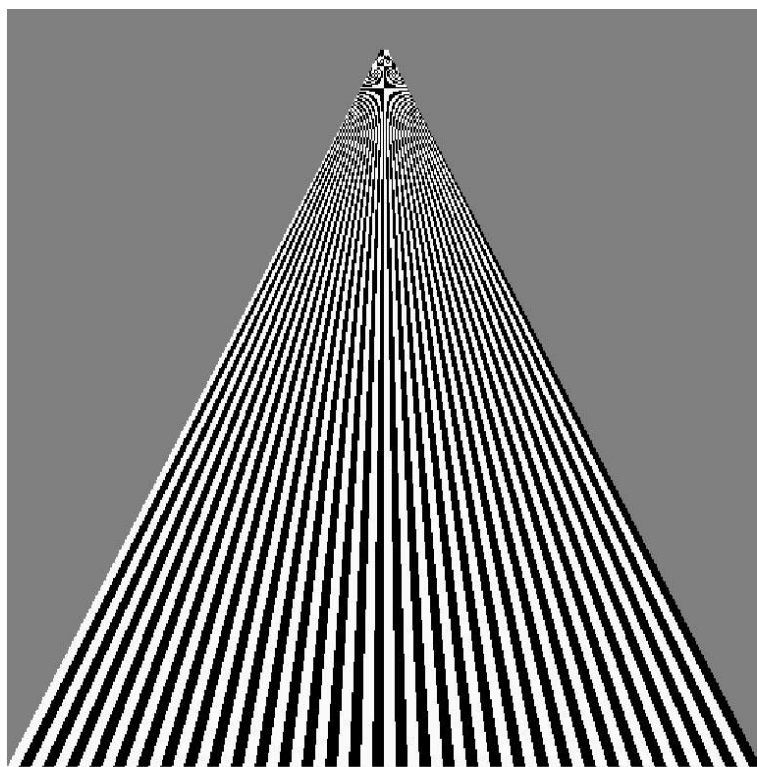


不使用MipMap



使用MipMap





SAT表反走样



MIPMAP



SAT



三维纹理域的映射

- 物体中每一个点 (x,y,z) 均有一个纹理值 $t(x,y,z)$ ，其值由纹理函数 $t(x,y,z)$ 唯一确定。
- 三维纹理映射的纹理空间定义在三维空间上，与物体空间维数相同，在纹理映射的时候，只需把场景中的物体变换到纹理空间的局部坐标系中去即可。



几何纹理之法向扰动法

■ 目标

- 产生几何纹理，模拟凹凸不平的物体表面

■ 应用

- 自然界中植物的表皮等

■ 方法

- 对物体表面微观形状进行扰动



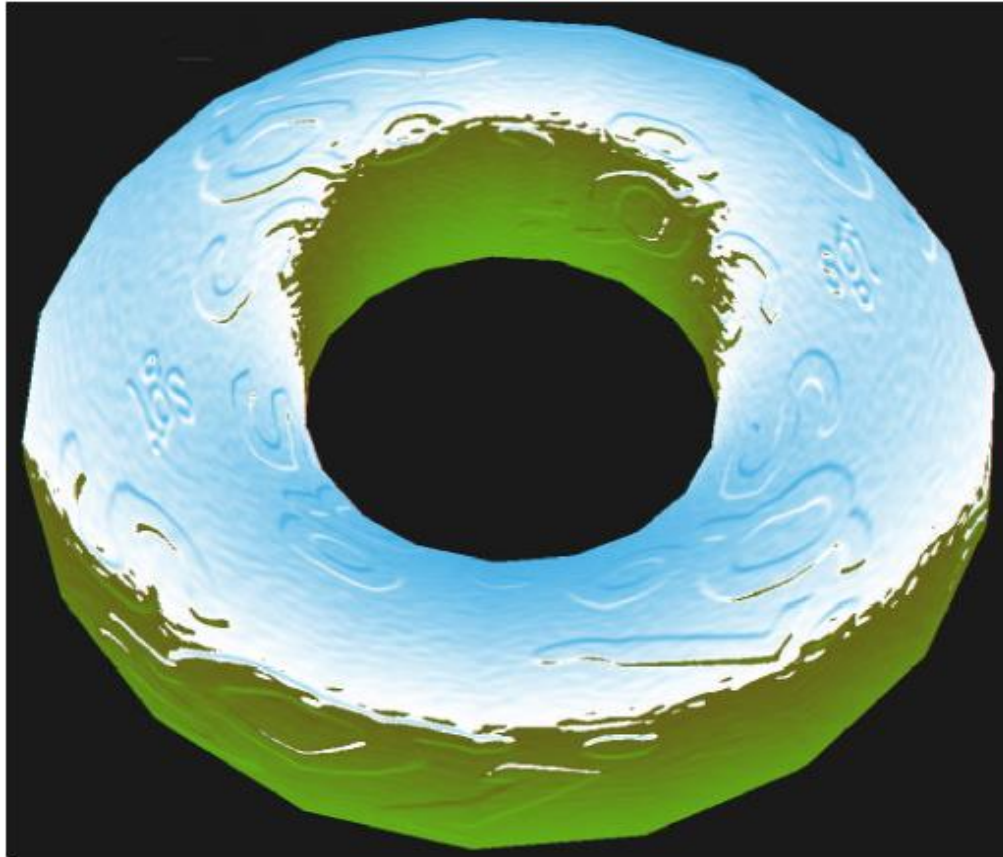
Bump map



Environment map + bump map



Environment map + bump map



几何纹理

- 几何纹理方法 - 对物体表面几何性质作微小扰动，产生凹凸不平的细节效果，给物体表面图象加上一个粗糙的外观
- 物体表面上的每一个点 $P(u,v)$ ，都沿该点处的法向量方向位移 $F(u,v)$ 个单位长度，新表面位置：

$$\tilde{P}(u,v) = P(u,v) + F(u,v) * N(u,v)$$



新表面法向量计算

- 通过对两个偏导数求叉积得到

$$\tilde{N} = \tilde{P}_u \times \tilde{P}_v$$

$$\tilde{P}_u = \frac{d(P + FN)}{du} = P_u + F_u N + F N_u$$

$$\tilde{P}_v = \frac{d(P + FN)}{dv} = P_v + F_v N + F N_v$$

- F相对很小，忽略不计，有

$$\begin{aligned}\tilde{N} &= (P_u + F_u N) \times (P_v + F_v N) \\ &= P_u \times P_v + F_u (N \times P_v) + F_v (P_u \times N) + F_u F_v (N \times N)\end{aligned}$$

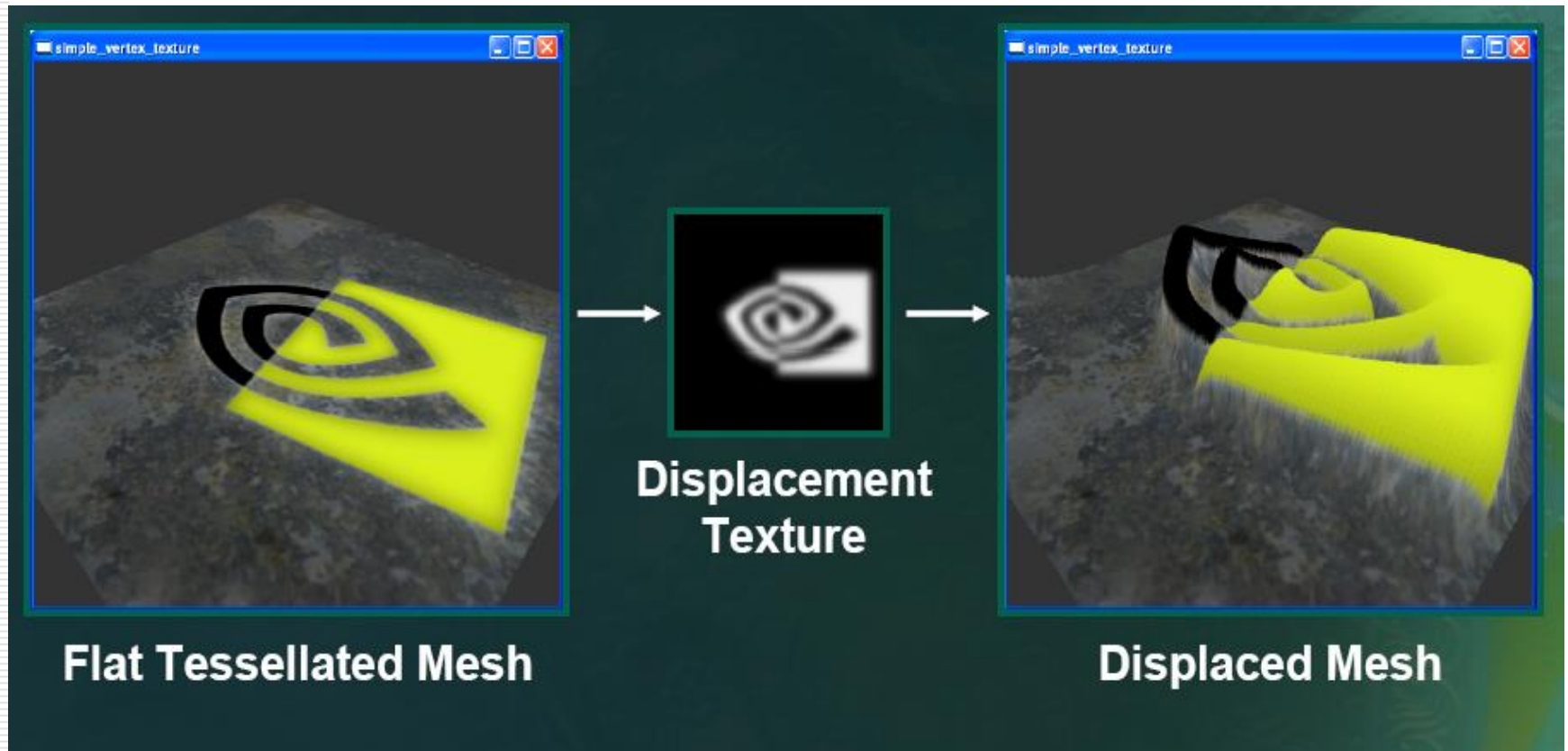


几何纹理实现

- 扰动后的法向量单位化，用于计算曲面的明暗度，产生凹凸不平的几何纹理
- F 的偏导数的计算，可以用中心差分实现
- 几何纹理函数定义可以用统一的图案纹理记录
 - 图案中较暗的颜色对应较小 F 值，较亮的颜色对应较大 F 值，把各象素的值一个二维数组记录下来，就是几何纹理统一表示



GPU Displacement map 采用vertex texturing





Without Vertex Textures



With Vertex Textures





Without Vertex Textures



With Vertex Textures

