# 前提

阴影映射只是实现阴影的一种方式，还有用光线追踪的，这个文档只是为了探讨阴影映射常见的问题，以及他的解决方案

# 阴影映射的原理

我们知道阴影是什么，就是光源投射过来时，如果某个物体被其他物体挡住，导致接收不到直接投射过来的光，只接收到了漫反射的光，导致结果看起来就像是一段阴影。

我们回忆一下光栅化的原理，当三维空间中面片（Face）距离摄像机比较近的时候，大概率这个面片所对应的二维投影空间，包含了几个片元Fragment，每个片元的中心点分别对应这个面片中的某个点（先不考虑MSAA这些情况），单纯理解为每个片元代表的就是面片中的某个点，我们记为Position(Fragment)，片元的颜色，以最简单的光照模型来形容，就是 漫反射光照的颜色+直接光照的颜色，而当片元所隶属的三维空间的面片处于阴影的情况下，那么这个片元计算光照颜色的时候，就只计算 漫反射光照的颜色。所以阴影的计算问题，就转化为，Position(Fragment)是否处于阴影中？

Position(Fragment)是否处于阴影中最关键就是，光是否直接能到达Position(Fragment)，而不用再穿过任意的面片，很明显，遍历去检测相交是非常低下的效率。

我们以光源为摄像机，将Position(Fragment)变换到光源摄像机的坐标系中，记为LightMapPos(Fragment)，这个光源摄像机往外发射光线，尤其是往LightMapPos(Fragment)这个点发射，碰到的第一个面片的点的z值，记为z\_near，如果这个z\_near比LightMapPos(Fragment)的z还要小，说明Fragment处于阴影中，不处于阴影的情况应该是，z\_near == LightMapPos(Fragment).z。

我们上面模拟的情况，其实就是一个摄像机投影的过程，z\_near怎么来？就是算出以光源为摄像机的深度贴图，这个深度贴图，相当于是缓存下了光源摄像机空间下的部分点的z\_near值，我们叫这个shadow map。为什么说是部分点，因为深度贴图的形成，是摄像机往每个像素的中点发射出一条光线，然后捕获打到的最近的面片的z值，所以受限于分辨率，如果说贴图是 256x256，那么这个shadow map的z\_near，就只包含 256x256个，那么空间中其他的点的z\_near要如何获取呢？有些人要说用透视插值，问题是透视插值的前提是在vertex shader阶段，能计算出z\_near（这样光栅化的时候就会自动插值），但不幸的是，z\_near是通过深度贴图的形式算出来的，所以无法透视插值出来。

因此，大家采用了一个粗糙的方式，直接对这个texture进行sample，这种插值方式是线性的，而且与透视没有关系，这就导致了误差的产生。但是，如果是direction light 的话，则不是透视插值，而是线性插值，这种采样就是正确的，剩下的只是数值问题。

# 问题的产生

A screenshot of a computer screen

Description automatically generated

我们的shadow map中，每个pixel的值代表的是空间中某个区域的z\_near，但是这个值并不是准确的值，他是从pixel中点往外发射光线检测到的z\_near（不考虑多重采样之类的方法），所以当你要sample的区域是小于这个pixel的区域的，那么结果当然是不准确的（不管你是sample的方式是怎么做的，都不太准确，因为z\_near不是线性的，而且插值也不是线性的，更别说这个区域也不是线性的）

网上大多数写的是这个原因，

A black and yellow lines

Description automatically generated

A close-up of a text

Description automatically generated

简而言之就是，多个fragment会sample出同一个z\_near，但是这个说法仅限于当你sample的时候是用最近邻的方式。下面的讲解会比较直观

<https://stackoverflow.com/questions/36908835/what-causes-shadow-acne>

A screenshot of a computer

Description automatically generated

本质是各类误差，采样误差，浮点误差等等（d就是z，d2就是z\_near），可以看到这是个非常complex的问题

O:\Person\Books\ GTR\_ Shadows.pptx

这个文档对他也进行了详细的论述。

# 正面剔除开启，Shadow Acne

<https://www.zhihu.com/question/321779117>

首先你要明白，shadow acne的产生地方不是在阴影处，而是在非阴影处，因为错误判断 z\_near 与 z 导致的，所以，开启了正面剔除后，天然的，背面的z值就是比正面的z值大，因此得到的z\_near一定大于正面的z值，这样，就能保证正面被正确判断在光照里面，而非阴影中。

A diagram of a triangle with lines and text

Description automatically generated

A close up of text

Description automatically generated