

1 概述

电影星际穿越中的黑洞（卡冈图雅）给人留下了深刻的印象，此项目想对渲染其进行复现。

2 大致路线一

固定摄像机，用 cpu 渲染一张静态的（或许可以结合 gpu 渲染动态）黑洞照片。

2.1 非欧时空下的光线步进

一般渲染中的光线都是直线，但在黑洞周围时空高度扭曲，光线变成了时空上的测地线，需要用光线步进计算这条线。

* 目前已经用 cpu 实现了这一步，可视化如下：



图 1: 无吸积盘的施瓦西黑洞 (无旋转, 不带电)

* 这张图用的星空天空盒是直接拿一张 png 算的, 导致有的地方颜色有突变, 看起来黑洞边上有一团东西, 但实际上程序中并没有设置任何物质, 只是单纯的将星光射到摄像机。

2.2 体积渲染

为了计算吸积盘, 需要用体积渲染计算光线的强度。可能需要一些采样技巧。

测试: 先拿平直时空下试 (雾的密度可以设成氢原子轨道之类的函数, 方便查看正确性)。

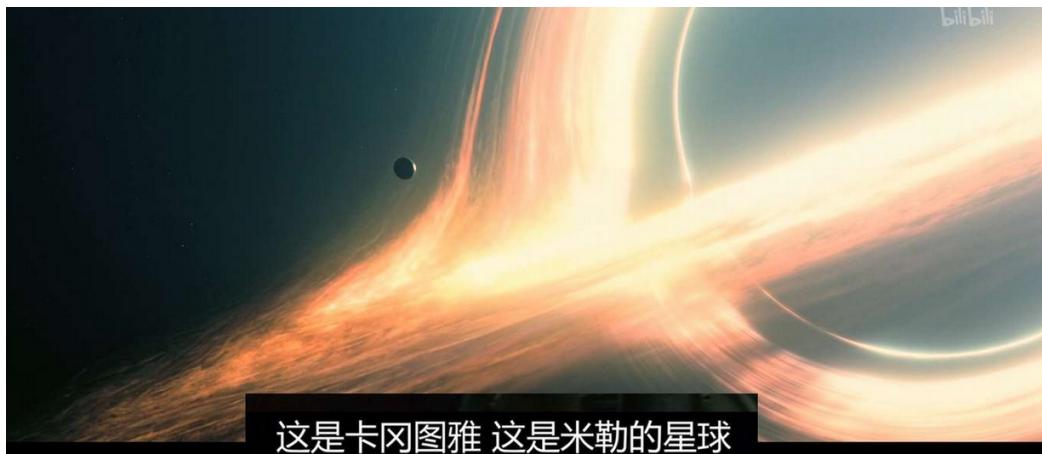


图 2: 星际穿越里的一部分

* 这个项目也有很多其他人做过，但似乎都是用一次采样（吸积盘设置为薄圆盘），我们也许可以做得更好，让吸积盘看上去有厚度。

2.3 物理更正

有如下需要修正的:

1. 光线的亮度/颜色如何受黑洞影响？
2. 考虑吸积盘的多普勒效应，一侧的吸积盘会偏暗偏红（星际穿越的导演觉得最终成图不好看，为了艺术性，将多普勒效应砍掉了。我想看看加上会如何。）

2.4 后处理

也许可以采用高斯模糊之类的手段提升视觉效果。

3 大致路线二

如果认为一的难度高，也可以将 2.1 用 gpu 重写。（cpu 下实际渲染速度很慢，1080p 可能每秒不超过 10 帧，尽管每个像素点的运算只是简单的两次矩阵乘法）