

# 计算机图形学 —— 区域扫描线Z-Buffer算法

11821095 葛林林

2019 年 1 月 7 日

## 1 预备知识

### 1.1 obj文件

obj文件并不考虑物体的大小，所以不同的物体读入的坐标范围可能变化很大，因此为了现实的方便需要将其转为规范化设备坐标。

顶点的表示：顶点以 $v$ 开头后面跟着该顶点的 $x, y, z$ 三轴坐标，示例如下

*format.*     $v \ x \ y \ z$

*e.g.*     $v \ -57.408021 \ 196.143694 \ 2.816352$

纹理坐标的表示：纹理坐标以 $vt$ 开头。

*format.*     $vt \ tu \ tv$

法向量的表示：法向量的表示以 $vn$ 开头。

*format.*     $vn \ nx \ ny \ nz$

*e.g.*     $vn \ 5.9333 \ -0.4798 \ -1.8985$

面的表示：面以 $f$ 开头，代表“face”的意识，格式为“f 顶点索引/ 纹理坐标索引/ 顶点法向量索引”，如下所示

*format.*     $f \ v/vt/vn \ v/vt/vn \ v/vt/vn$

*e.g.*     $f \ 1/1/1 \ 2/2/2 \ 3/3/3$

### 1.2 OpenGL预备知识

#### 1.2.1 OpenGL的坐标系

OpenGL中常用的坐标系有局部坐标系、世界坐标系、视点坐标系、投影坐标系、规格化设备坐标系和屏幕坐标系。

规格化设备坐标系 $O_d X_d Y_d Z_d$

其坐标范围为 $\{x, y, z \in [-1, 1]\}$ ，它以创建的窗口的中心为原点 $O_d$

$X_d$ 轴：从左向右为正方向

$Y_d$ 轴：从下往上为正方向。屏幕坐标系 $O_s X_s Y_s$ 以屏幕左上角为坐标原点，从左往右为 $X_s$ 轴正方向，从上往下为 $Y_s$ 轴正方向。

世界坐标系

原点 $O_w$ ：以屏幕中心为原点，始终保持不变。

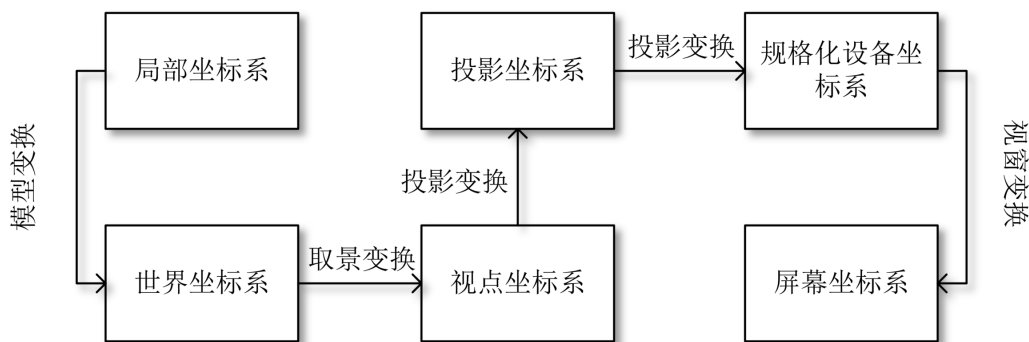


Figure 1: 常用坐标系变换

### 1.2.2 OpenGL工程的搭建

OpenGL是一种跨平台的图形渲染编程接口，下面总结了搭建OpenGL工程的过程。

```
void OpenGLFunc(int argc, char** argv)
{
    glutInit(&argc, argv);
    glutInitDisplayMode(GLUT_DOUBLE | GLUT_DEPTH | GLUT_RGBA | GLUT_STENCIL);
    glutInitWindowSize(800, 600);           //set window size
    glutInitWindowPosition(100, 150);       //set window position
    glutCreateWindow("Display");           //window name
    glutDisplayFunc(DisplayFunc);           //call self defined display function
    glutIdleFunc(IdelFunc);                //call self-defined idle function
    glutKeyboardFunc(KeyboardFunc);         //call self-defined keyboard function
    glutSpecialFunc(SpecialFunc);           //call self-defined special function
    glutMouseFunc(MouseFunc);               //call self-defined mouse function
    glutMotionFunc(MotionFunc);             //call self-defined mouse motion function
    glutPassiveMotionFunc(PassiveMotionFunc); //call self-defined passive mouse motion function
    glutMainLoop();
}
```

上述代码是使得OpenGL程序能够正常运行的一个模板，该段程序为OpenGL产生的窗口设置回调函数：显示回调函数、空闲回调函数、键盘回调函数、特殊键回调函数，鼠标回调函数、鼠标按下移动回调函数和鼠标移动回调函数，他们分别定义在如下所示的函数中：

```
void DisplayFunc(...){...}
void IdelFunc(...){...}
```

```

void KeyboardFunc(...){...}
void SpecialFunc(...){...}
void MouseFunc(...){...}
void MotionFunc(...){...}
void PassiveMotionFunc(...){...}

```

## 2 算法

### 2.1 数据结构

**活化边表** 活化边表主要存储了当前扫描线中接触到了那些边，分为两部分：（1）未画完的边；（2）顶点在该扫描线上的新加入的边。根据 $y_{max}$ 将边进行分类：

- $x_l$  :左交点的 $x$ 坐标。
- $dx_l$  :左交点边上两相邻两条扫描线交点的 $x$ 坐标差。
- $dy_l$  :以和左交点所在边相交的扫描线数为初值，以后向下没处理一条扫描线减一。
- $x_r, dx_r, dy_r$  :右边的交点的三个对应分量。
- $id$  :边所属多边形的编号。
- $dz_x$  :沿扫描线向右一个像素，多边形所在平面的深度增量。 $dz_x = -\frac{a}{c} (c \neq 0)$
- $dz_y$  :沿 $y$ 方向向下移动一根扫描线时，多边形所在平面的深度增量 $dz_y = \frac{b}{c} (c \neq 0)$ 。
- $id$  :交点所在多边形的编号。

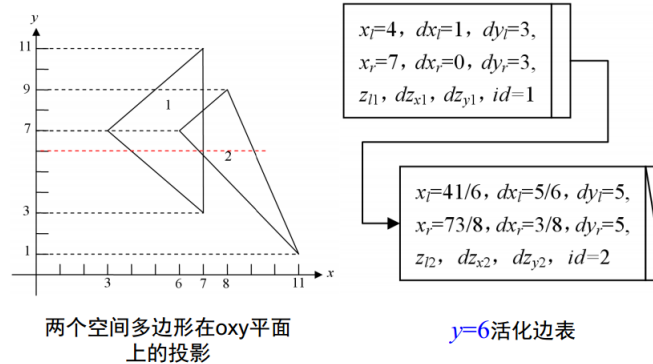


Figure 2: 分类边表

**活化多边形表** 根据 $y_{max}$ 的值对多边形进行分类：

- $a, b, c, d$  :多边形所在平面的方程系数
- $id$  :多边形的编号
- $dy$  :多边形跨越的剩余扫描线数目

- *color* :多边形的颜色

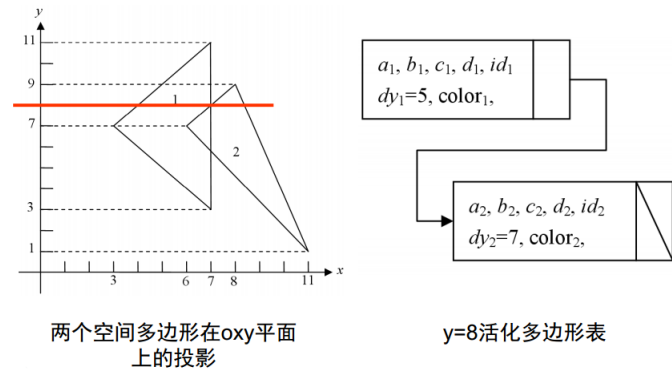


Figure 3: 分类多边形表

## 2.2 算法流程

加载文件→获取深度值→消隐算法

## 2.3 算法的加速

### 2.3.1 存储器的优化

### 2.3.2 取整的优化

在扫描线算法中，需要进行大量的取整运算，c++中可以利用round函数来实现。宏相比于函数而言能够减少函数带来的开销，因此我们可以定义如下宏来代替该函数：

```
#define ROUND(DAT) ((int)(DAT+0.5))
```

# 3 实验结果

## 3.1 实验环境

本次实验的环境如下：

Table 1: 实验环境参数

参数	描述
System	Windows 10 64bit
CPU	Intel(R) Core(TM) i5-2410M CPU @2.30GHz 2.3GHz（4核）
RAM	6GB
IDE	Visual Studio 2017
Library	OpenGL

### 3.2 简单案例的设计

在实际调试过程中会出现很多问题，为了方便调试，设计了如下所示的一些简单实例帮助调试：

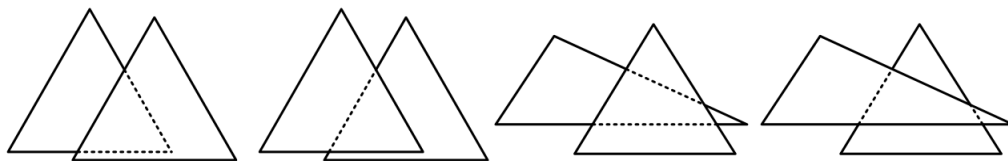


Figure 4: 简单案例示意图

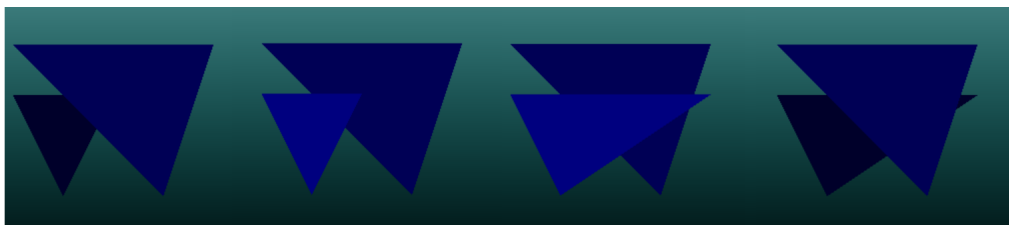


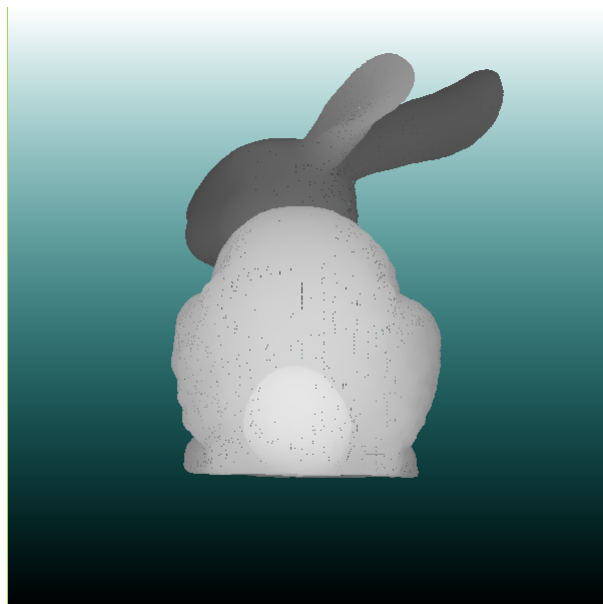
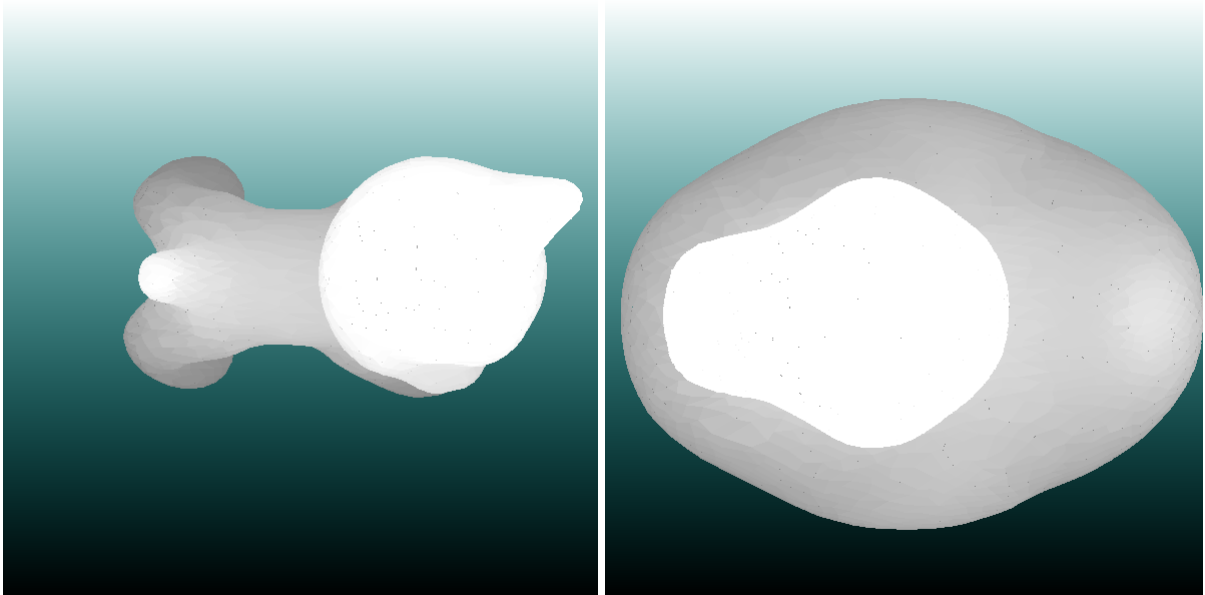
Figure 5: 简单案例测试效果图

### 3.3 数据集的测试

测试部分显示的窗口大小为 $600 \times 600$ ，得到的结果如下表所示：

Table 2: 案例测试

文件	三角片数	顶点数	优化前帧速(fps)
cat.obj	2755	5506	11.7883
duck.obj	791	3957	6.0306
bunny.obj	69451	208353	1.9299



### 3.4 程序分析

本次使用的是称为**bunny.obj**的文件，该文件中包含了*v*和*f*开头的的数据，代码中**load\_obj.h**和**load\_obj.cpp**两个文件定义了加载**obj**文件的方法。

## 4 关于一些问题的讨论

### 4.1 边状态的判定

方案一：该方案是利用边状态的一些性质进行判断，如下所示总结出边状态的两大性质：

- 边的in和out状态的个数必须对应
- 对于扫描线扫到的同一个三角片中的边状态必定in在out之前

方案二： 如下图所示是线段 $P_1P_2$ 为in状态的情况，假设 $P_1, P_2, P_3$ 点对应的坐标分别为 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3)$ 。则线段 $P_1P_2$ 的斜率为

$$k = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} \quad (1)$$

而线段 $P_1P_2$ 对应的直线方程为：

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \quad (2)$$

令

$$f(x, y) = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} - \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \quad (3)$$

则当满足如下公式时则为in状态

$$\text{sign}(y_2 - y_1)kf(x_3, y_3) < 0 \quad (4)$$

既

$$(x_2 - x_1)(y_3 - y_1) + (y_1 - y_2)(x_3 - x_1) < 0 \quad (5)$$

Figure 6:  $f(x_3, y_3) > 0, k < 0$

Figure 7:  $f(x_3, y_3) < 0, k > 0$

总结： 对比方案一和方案二不能看出方案一的思路更为简单计算量较小，因此算法中采用了方案一进行边状态的判断。

## 4.2 结果中出现空白点

## 5 经验总结

- 用特殊的案例对结果进行测试