



唐老狮系列教程

# 观察空间变换



# 唐老狮系列教程-观察空间变换

## | 重要知识回顾



# 唐老狮系列教程-观察空间变换

## 重要知识回顾

1. 在渲染管线中，顶点、法线等相关模型数据会经过以下的空间变换

模型空间 → 世界空间 → 观察空间 → 裁剪空间 → 屏幕空间

2. 上节课学习的模型空间变换主要指的就是

模型空间 → 世界空间的变换，我们称之为 模型空间变换

3. 坐标空间变换规则一般有两种

方式一：通用的坐标空间变换规则（存在缩放时，轴向单位向量\*缩放因子）

$$M_{s-f} = \begin{matrix} & \begin{matrix} | & | & | & | \end{matrix} \\ \begin{matrix} X_s & Y_s & Z_s & O_s \end{matrix} & \begin{matrix} | & | & | & | \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{matrix} \end{matrix}$$

$$M_{f-s} = M_{s-f}^{-1}$$

方式二：认为一开始模型坐标空间和世界坐标空间重合，模型发生缩放、旋转、平移变换时

模型空间下的点和向量也应该发生相同的变换



# 唐老狮系列教程-观察空间变换

## | 主要讲解内容





# 唐老狮系列教程-观察空间变换

## 主要讲解内容

1. 观察空间的意义
2. 观察空间变换指什么
3. 如何进行观察空间变换



# 唐老狮系列教程-观察空间变换

## 观察空间的意义

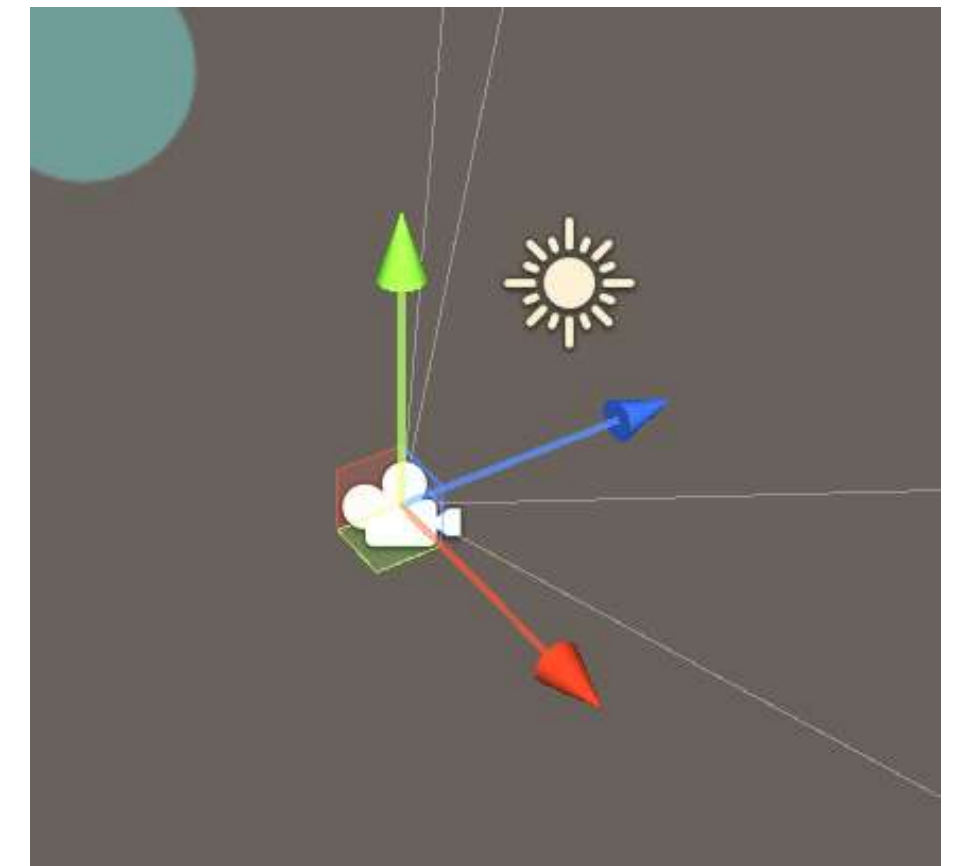


# 唐老狮系列教程-观察空间变换

## 观察空间的意义

观察空间 (view space) 也被称为  
摄像机空间 (camera space)

观察空间可以认为是一个特殊的模型空间，这里的模型指的是场景中的摄像机，摄像机可以认为是一个非常特殊的模型，它不可见，但是它可以决定我们在屏幕上看到的内容，因此我们将摄像机的模型空间单独提出来讨论和学习，并将它称为观察空间。



观察空间的主要意义是摄像机决定了渲染的视角和视野





# 唐老狮系列教程-观察空间变换

## 观察空间中的注意事项

在模型空间中，我们讲过模型空间的x、y、z轴，对应的是模型的右、上、前三个方向。

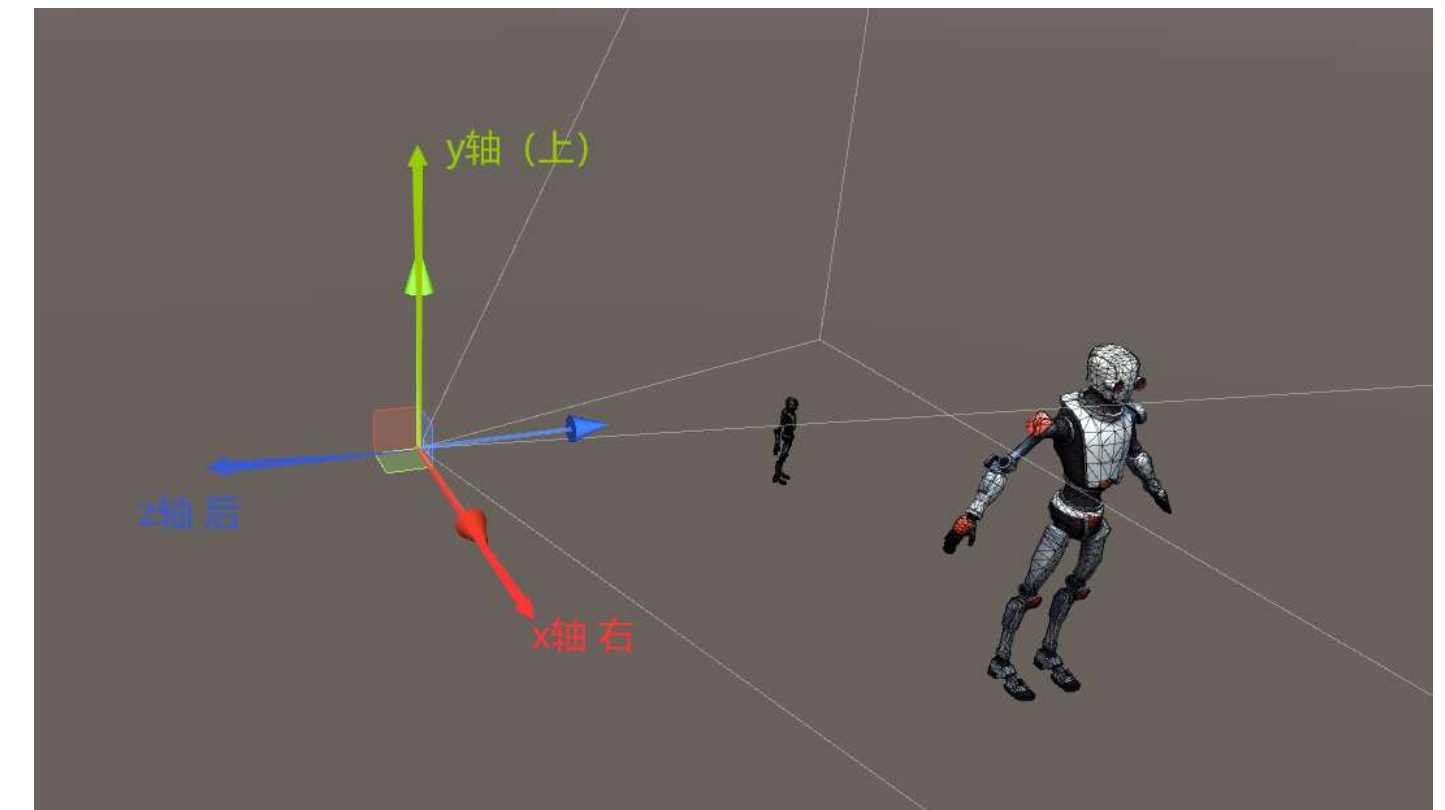
是因为Unity中的模型空间遵循左手坐标系原则。

但是在Unity的观察空间中，观察空间是遵循右手坐标系原则的，因此它的坐标轴方向有所不同。

观察空间中的x、y、z轴的正方向 分别对应摄像机的 右、上、后方。

主要原因：

在计算机图形学的OpenGL中，为了统一处理场景中物体的渲染和投影通常使用右手坐标系，为了方便之后的数据处理，因此在Unity当中的观察空间，也遵循右手坐标系







# 唐老狮系列教程-观察空间变换

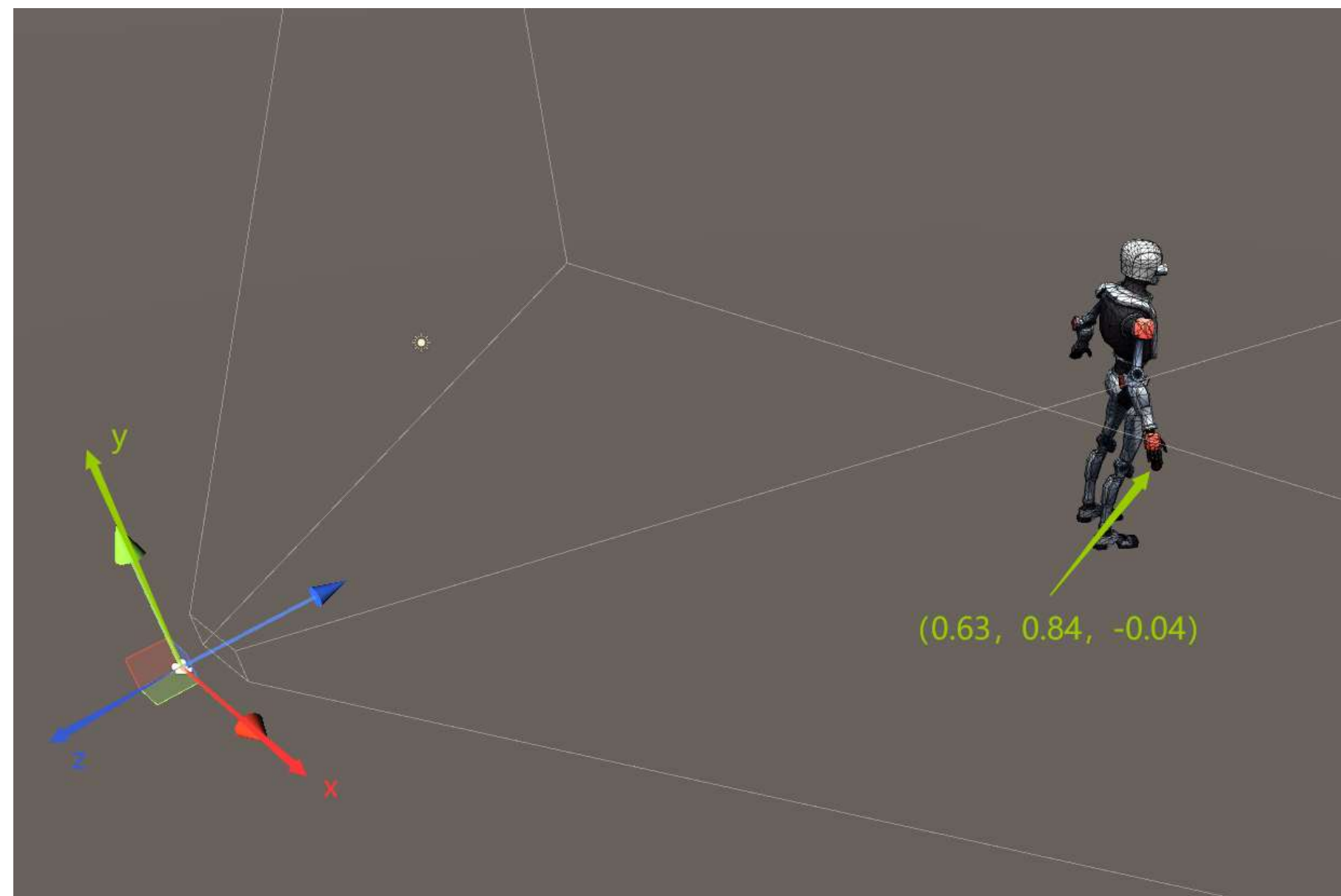
## 观察空间变换指什么



# 唐老狮系列教程-观察空间变换

## 观察空间变换指什么

本课程中的观察空间变换指的主要是**将模型空间中的点或向量从世界空间中变换到观察空间中**。  
它是顶点变换的第二步，**就是将数据从世界空间—>观察空间进行变换**  
观察空间变换也可以称为观察变换（view transform）





# 唐老狮系列教程-观察空间变换

## | 如何进行观察空间变换

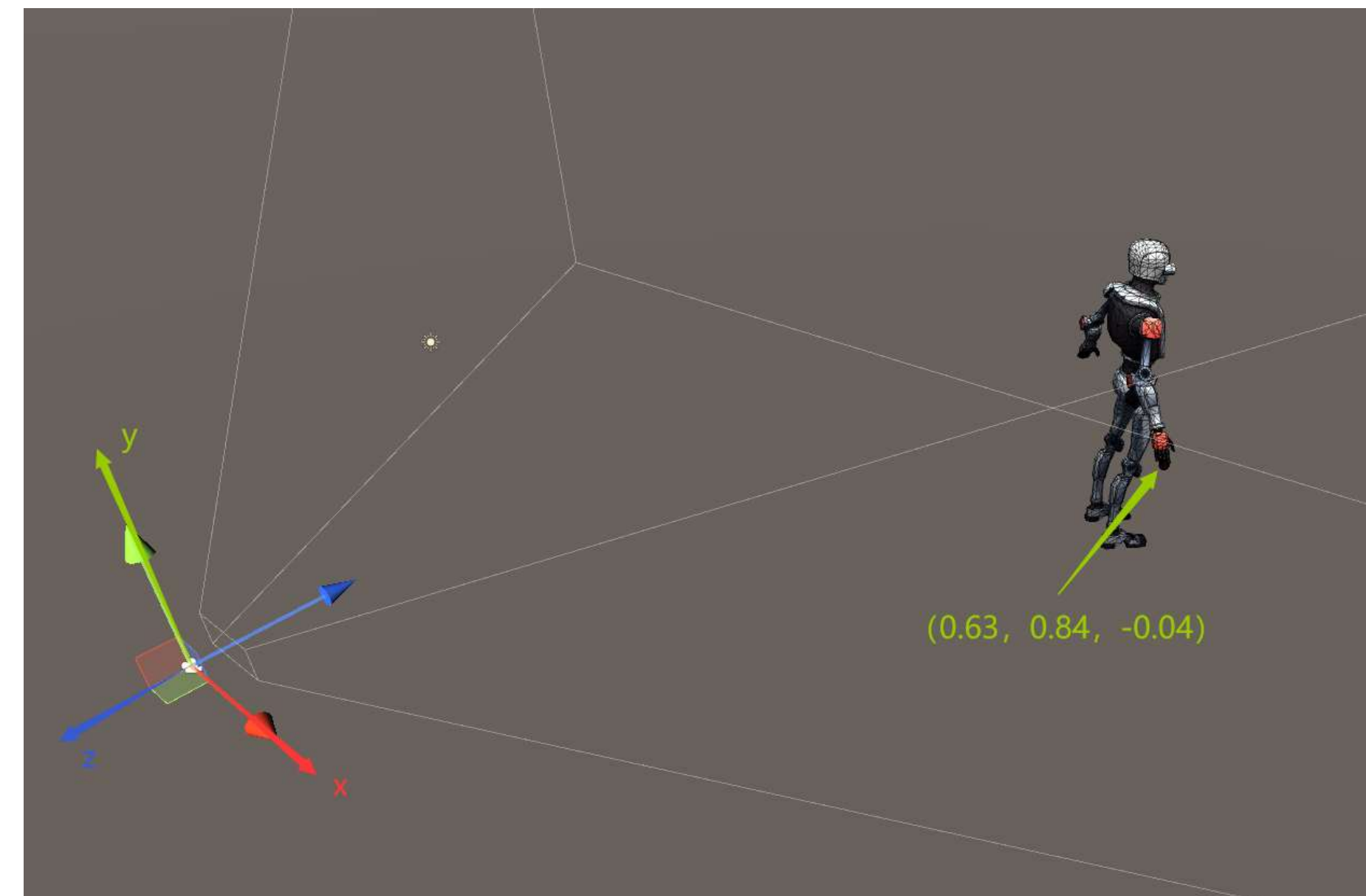




# 唐老狮系列教程-观察空间变换

## 如何进行观察空间变换

在进行观察空间变换之前  
我们首先应该利用上节课学习的知识  
将模型空间下的顶点数据变换到世界空间下  
也就是需要先进行模型空间变换  
我们同样利用上节课的例子  
模型空间下的顶点坐标为  $(0.63, 0.84, -0.04)$   
当模型进行2倍缩放，又进行  $(0, 45, 0)$  的旋转，然后再进行  $(5, 0, 5)$  的平移后  
该顶点的世界空间下的坐标（数据表达）为  $(5.834, 1.68, 4.052)$





# 唐老狮系列教程-观察空间变换

## 如何进行观察空间变换

我们现在知道了该顶点的世界空间下的坐标为  $(5.834, 1.68, 4.052)$

那么要将其变换到观察空间下有两种方式:

### 1. 坐标空间变换规则

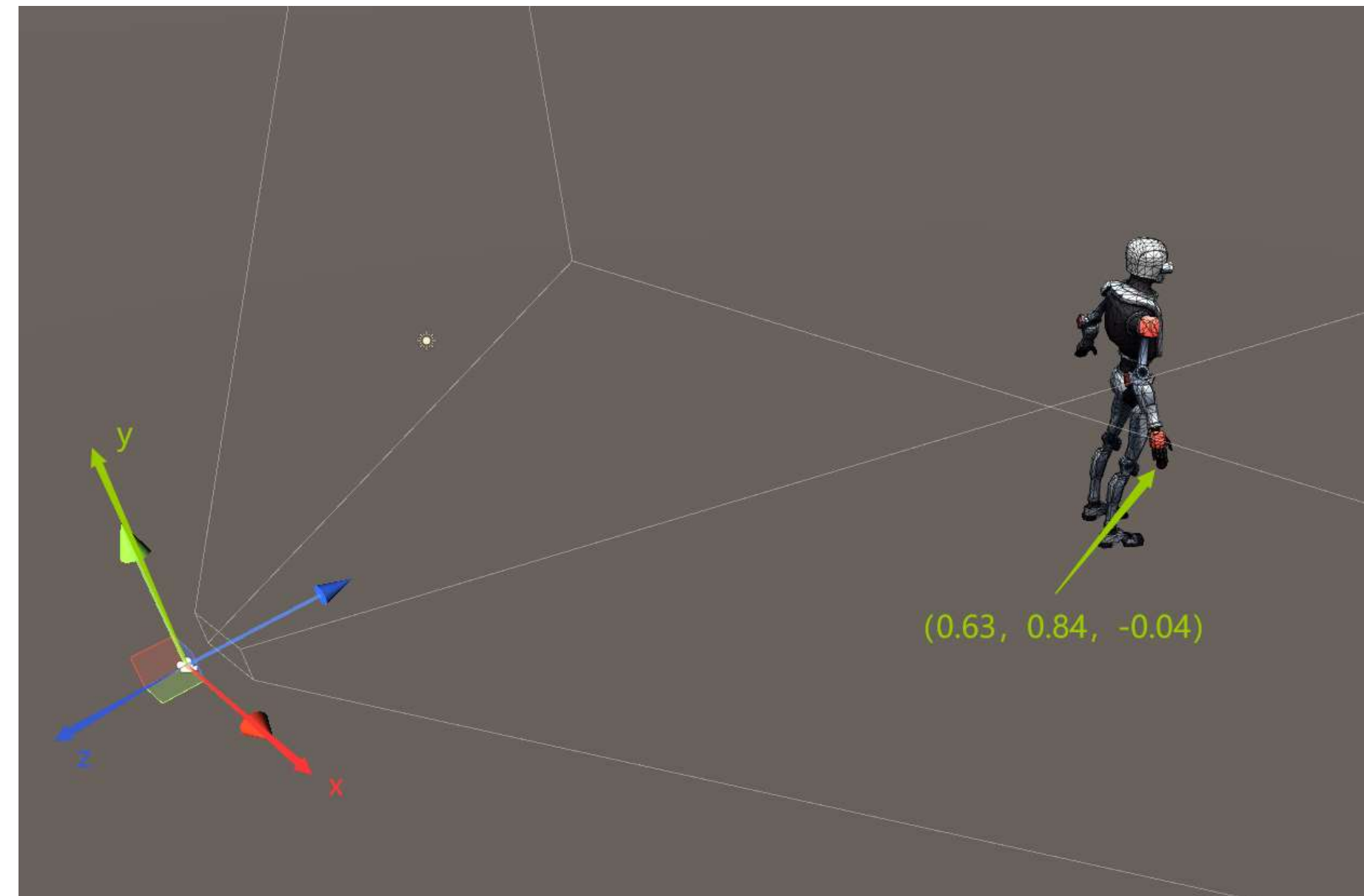
$$M_{s-f} = \begin{vmatrix} X_s & Y_s & Z_s & O_s \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$M_{f-s} = M_{s-f}^{-1}$$

### 2. 逆向变换观察空间

让观察空间和世界坐标空间重合

重合时观察空间下的点或向量的数据表达和世界空间下的数据表达式相同的







# 唐老狮系列教程-观察空间变换

## 如何进行观察空间变换

顶点的世界空间下的坐标为 (5.834, 1.68, 4.052)

方法一

$$M_{s-f} = \begin{bmatrix} | & | & | & | \\ X_s & Y_s & Z_s & O_s \\ | & | & | & | \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

坐标空间变换规则

$$M_{f-s} = M_{s-f}^{-1}$$

第一步：利用Unity中的Transform相关API，得到观察空间的轴向和原点位置（相对世界坐标系的）

```
void Start()
{
    print(this.transform.right);
    print(this.transform.up);
    print(-this.transform.forward);
    print(this.transform.position);
}
```

```
[16:48:45] (0.98, 0.00, -0.17)
UnityEngine.MonoBehaviour:print (object)
[16:48:45] (0.00, 1.00, 0.00)
UnityEngine.MonoBehaviour:print (object)
[16:48:45] (-0.17, 0.00, -0.98)
UnityEngine.MonoBehaviour:print (object)
[16:48:45] (0.00, 1.00, -2.76)
UnityEngine.MonoBehaviour:print (object)
```

第二步：得到子到父的变换矩阵，再对该矩阵进行逆矩阵计算，得到父到子的变换矩阵

$$\begin{bmatrix} 0.98 & 0 & -0.17 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ -0.17 & 0 & -0.98 & -2.76 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} 0.98/0.9893 & 0 & -0.17/0.9893 & -0.4692/0.9893 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ -0.17/0.9893 & 0 & -0.98/0.9893 & -2.704/0.9893 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.99 & 0 & -0.1718 & -0.474 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ -0.1718 & 0 & -0.99 & -2.733 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

第三部：用父到子的变换矩阵和目标点进行矩阵运算

$$\begin{bmatrix} 0.99 & 0 & -0.1718 & -0.474 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ -0.1718 & 0 & -0.99 & -2.733 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 5.834 \\ 1.68 \\ 4.052 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4.562 \\ 0.679 \\ -7.722 \\ 1 \end{bmatrix}$$





# 唐老狮系列教程-观察空间变换

## 如何进行观察空间变换

顶点的世界空间下的坐标为 (5.834, 1.68, 4.052)

### 方法二

变换观察空间，让观察空间和世界坐标空间重合

重合时观察空间下的点或向量的数据表达和世界空间下的数据表达式相同的

### 第一步：观察摄像机的Transform组件



### 第二步：根据第一步信息，获取摄像机逆向变换的矩阵，让其和世界坐标系重合

$$\begin{bmatrix} \cos -10^\circ & 0 & \sin -10^\circ & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin -10^\circ & 0 & \cos -10^\circ & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 2.76 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.98 & 0 & -0.17 & -0.46 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0.17 & 0 & 0.98 & 2.7 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

### 第三步：由于观察空间，z轴正方向是摄像机的后方，所以我们需要对z分量进行取反操作

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.98 & 0 & -0.17 & -0.46 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0.17 & 0 & 0.98 & 2.7 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.98 & 0 & -0.17 & -0.46 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ -0.17 & 0 & -0.98 & -2.7 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

### 第四步：用该变换矩阵和点进行乘法运算得到最终结果

$$\begin{bmatrix} 0.98 & 0 & -0.17 & -0.46 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ -0.17 & 0 & -0.98 & -2.7 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 5.834 \\ 1.68 \\ 4.052 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4.562 \\ 0.679 \\ -7.722 \\ 1 \end{bmatrix}$$



# 唐老狮系列教程-观察空间变换

## 如何进行观察空间变换

根据刚才的例子讲解，我们知道了  
观察空间变换的变化规则就是：

1. 首先进行模型空间转换
2. 得到的结果再进行观察空间变换

变换方式有两种

方式一：坐标空间变换规则

$$M_{s-f} = \begin{matrix} & \begin{matrix} | & | & | & | \end{matrix} \\ \begin{matrix} X_s & Y_s & Z_s & O_s \end{matrix} & \\ \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 1 \end{matrix} & \end{matrix}$$

$$M_{f-s} = M_{s-f}^{-1}$$

方式二：逆向变换观察空间

让观察空间和世界坐标空间重合

重合时观察空间下的点或向量的数据表达和世界空间下的数据表达式相同的



# 唐老狮系列教程-观察空间变换

## | 总结





# 唐老狮系列教程-观察空间变换

## 主要讲解内容

### 1. 观察空间的意义

观察空间就是摄像机的模型空间，它决定了渲染的视角和视野

### 2. 观察空间变换指什么

将模型空间中的点或向量从世界空间中变换到观察空间中

是数据变换的第二步，就是将数据从世界空间—>观察空间进行变换

### 3. 如何进行观察空间变换

首先进行模型空间转换

得到的结果再进行观察空间变换

变换方式有两种

方式一：坐标空间变换规则

$$M_{s-f} = \begin{pmatrix} | & | & | & | \\ X_s & Y_s & Z_s & O_s \\ | & | & | & | \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$
$$M_{f-s} = M_{s-f}^{-1}$$

方式二：逆向变换观察空间

让观察空间和世界坐标空间重合

重合时观察空间下的点或向量的数据表达和世界空间下的数据表达式相同的



# 唐老狮系列教程

Thank

谢谢您的聆听