阅影实习笔记展示

目录：

项目流程
四大坐标系
世界坐标系到图像坐标系和相机坐标系
四大坐标系变换
旋转矩阵
专利中的坐标系定义
求解血管边缘线算法流程
公式推导
医学知识补充

项目流程

三维模体 → 两个视角的投影图 → 边缘和中心线提取 → 重建中心线 → 重建血管壁

四大坐标系

- 世界坐标系
- 相机坐标系
- 图像坐标系
- 像素坐标系

世界坐标系到图像坐标系和相机坐标系的理解

对于$pin-hole$模型，根据相似三角形，

$$x = f\frac{X}{Z} + c_x$$

$$y = f\frac{Y}{Z} + c_y$$

其中

f, c_x, c_y单位为m

x, y, X, Y, Z单位为m

矩阵表达形式为

$$Z\begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} f & & c_x \\ & f & c_y \\ & & 1 \end{bmatrix}\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}$$

k为p$ixel / m$

有

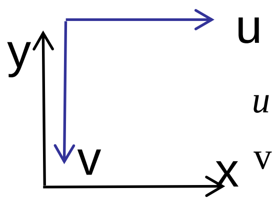
$$Z\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} f \times k & & c_x \times k \\ & f \times k & c_y \times k \\ & & 1 \end{bmatrix}\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}$$

x', y'单位为pixel

$f \times k$，$c_x \times k$，$c_y \times k$单位为pixel

则从imgcoor往camcoor转化关系为

$$\begin{pmatrix} X_{\mathrm{cam}} \\ Y_{\mathrm{cam}} \\ Z_{\mathrm{cam}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x' / k \\ y' / k \\ f \end{pmatrix}$$



$u = x$

$v = vMax - y$

$$\textit{pixel}\ \text{coor}\quad \underset{\text{pixel}}{e_1} = \begin{pmatrix} u_1 \\ v_1 \end{pmatrix}, \underset{\text{pixel}}{e_2} = \begin{pmatrix} u_2 \\ v_2 \end{pmatrix}$$

$$\text{image coor}\quad \underset{\text{img}}{e_1} = \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix}, \underset{\text{img}}{e_2} = \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \end{pmatrix}$$

$$\underset{\text{img}}{e_{1\text{homo}}} = \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ 1 \end{pmatrix}, \underset{\text{img}}{e_{2\text{homo}}} = \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ 1 \end{pmatrix}$$

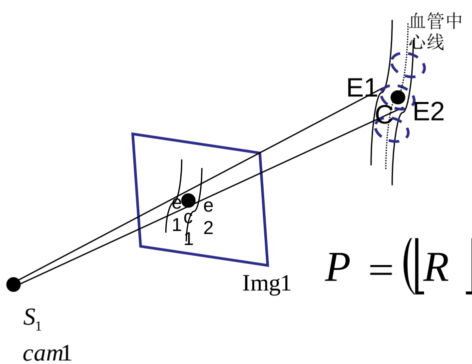
k为pixel/m

f单位pixel

$$\text{cam1coor}\quad \underset{\text{cam1}}{e_1} = \begin{pmatrix} x_1/k - u_{\max}/2k \\ y_1/k - v_{\max}/2k \\ f/k \end{pmatrix}, \underset{\text{cam1}}{e_2} = \begin{pmatrix} x_2/k - u_{\max}/2k \\ y_2/k - v_{\max}/2k \\ f/k \end{pmatrix},$$

$$\underset{cam1}{E_1} = (R) * E_1 + t, \underset{cam1}{E_2} = (R) * E_2 + t$$

$$\underset{cam1}{C} = (R) * C + t$$



$$P = ([R\,|\,t])$$

$$\text{world coor}\quad E_1 = \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix}, E_2 = \begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{pmatrix}, C = \begin{pmatrix} X_C \\ Y_C \\ Z_C \end{pmatrix}$$

四大坐标系变换详解

从世界坐标系OwXYZ，先沿X轴右手螺旋正方向旋转θ/roll（得系OwXY'Z'）、之后沿Y'轴旋转φ/pitch（得系OwX''Y'Z''）、之后沿Z''轴旋转γ/yaw，得到旋转后的系OwX'''Y'''Z''。

将旋转后系的原点沿X'''Y'''Z'''方向平移，得相机坐标系（OcXcYcZc）

$$\begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{bmatrix} \text{世界坐标系} \xrightarrow{\text{系}O_w XYZ \xrightarrow[\theta/roll]{X} \text{系}O_w XY'Z' \xrightarrow[\varphi/pitch]{Y'} \text{系}O_w X''Y'Z'' \xrightarrow[\gamma/yaw]{Z''} \text{系}O_w X'''Y'''Z''} \text{旋转后的系} \xrightarrow{\text{系}O_w X'''Y'''Z'' \xrightarrow{t=\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -SOD \end{bmatrix}} \text{系}O_c XcYcZc} \text{相机坐标系} \begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \end{bmatrix}$$

$$R_\theta = \begin{pmatrix} 1 & & \\ & \cos(roll) & \sin(roll) \\ & -\sin(roll) & \cos(roll) \end{pmatrix}$$

$$R_\varphi = \begin{pmatrix} \cos(pitch) & & -\sin(pitch) \\ & 1 & \\ \sin(pitch) & & \cos(pitch) \end{pmatrix}$$

$$R_\gamma = \begin{pmatrix} \cos(yaw) & \sin(yaw) & \\ -\sin(yaw) & \cos(yaw) & \\ & & 1 \end{pmatrix}$$

$$R = R_\gamma R_\varphi R_\theta$$

$$S_w = \begin{pmatrix} X_S \\ Y_S \\ Z_S \end{pmatrix}$$

$$t = \begin{bmatrix} & & \\ & R & \\ & & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -X_S \\ -Y_S \\ -Z_S \end{bmatrix}$$

$$S_C = \begin{pmatrix} X_C \\ Y_C \\ Z_C \end{pmatrix}$$

$$t = \begin{bmatrix} -X_C \\ -Y_C \\ -Z_C \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix}X_c\\Y_c\\Z_c\end{bmatrix}\text{相机坐标系}\longrightarrow\begin{bmatrix}x_I\\y_I\end{bmatrix}\text{图像坐标系}\longrightarrow\begin{bmatrix}x_P\\y_P\end{bmatrix}\text{像素坐标系}$$

$$Z\begin{pmatrix}x_I\\y_I\\1\end{pmatrix}=\begin{bmatrix}-SID\times k_x & & c_x\times k_x\\ & SID\times k_y & c_y\times k_y\\ & & 1\end{bmatrix}\begin{pmatrix}X\\Y\\Z\end{pmatrix}$$

SID:放射源S与影像增强器

$k_x k_y$单位为$\mathrm{p}ixel/m$

x_I, y_I单位为pixel

f单位为m

$f\times k$，$c_x\times k$，$c_y\times k$单位为pixel

则从imgcoor往camcoor转化关系为

$$\begin{pmatrix}X_{\mathrm{cam}}\\Y_{\mathrm{cam}}\\Z_{\mathrm{cam}}\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}x_I/k\\y_I/k\\f\end{pmatrix}$$

对旋转矩阵的理解

对于坐标系O1-X1Y1Z1下点p

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix}$$

将坐标系沿X1轴右手螺旋正方向旋转θ角度，得坐标系O2-X2Y2Z2，旋转矩阵为

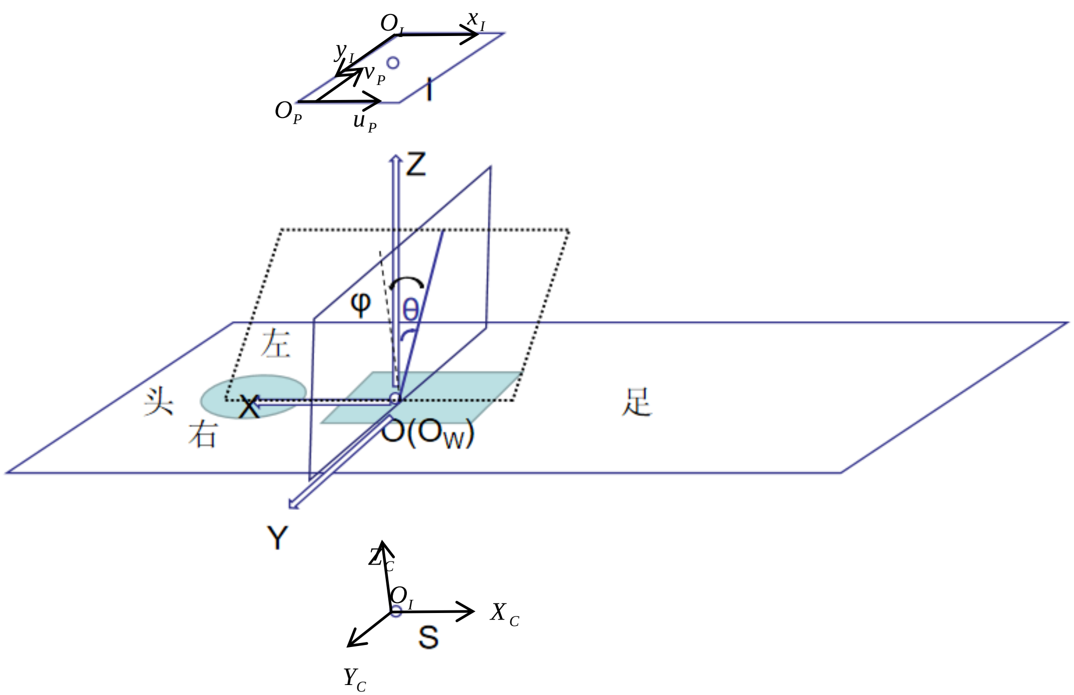
$$\begin{pmatrix} 1 & & \\ & \cos\theta & -\sin\theta \\ & \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix}$$

点p在坐标系O2-X2Y2Z2下的表达式为

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & & \\ & \cos\theta & -\sin\theta \\ & \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & & \\ & \cos\theta & \sin\theta \\ & -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix}$$

专利中的坐标系定义



投影矩阵

$$P = \begin{bmatrix} -SID \times U / IS & 0 & U/2 \\ 0 & SID \times V / IS & V/2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} & 0 \\ R & 0 \\ & -SOD \end{bmatrix}$$

求解血管边缘线算法探讨

对于img1

1.

求e11 e21

2.

8未知数

6+2个方程

（E11C⊥n E21C⊥n，其中n = s1e1×s2e2）

3.

将n和s1转化为cam2系，得面s1e11e21

在cam2系下的表达式

aX+bY+cZ+d = 0

对于img2，面Img2在cam2系下的表达式为Z-f = 0

1.

求面s1e11e21与面Img2的交线

aX+bY+cf+d = 0

2.

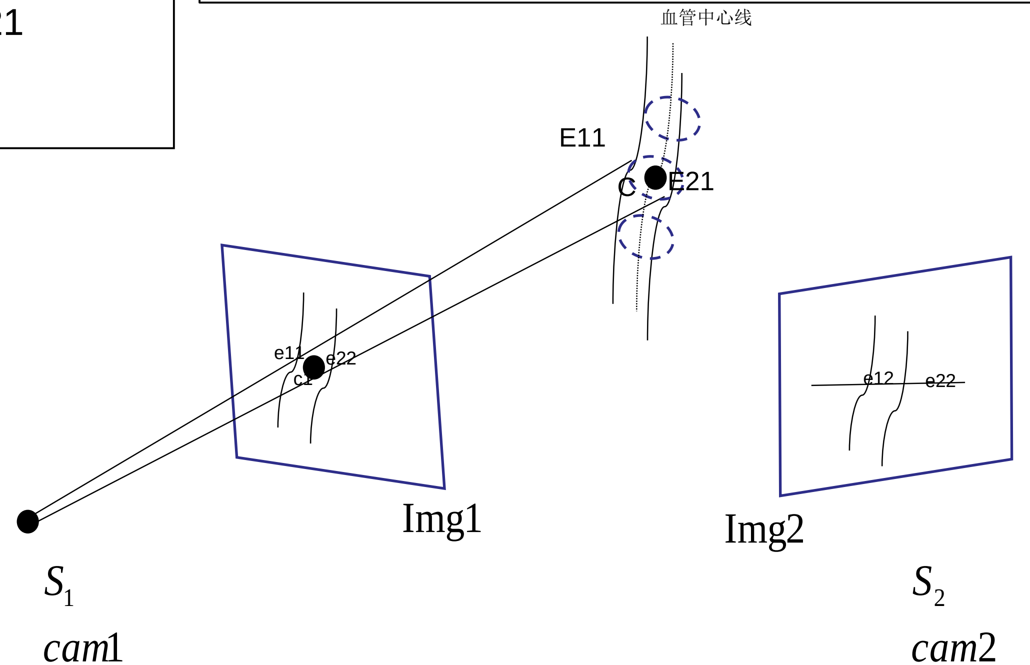
求e12 e22

3.

8未知数

6+2个方程

（E12C⊥n E22C⊥n，其中n = s1e1×s2e2）



公式推导

$$R*E_1+t+\lambda_1 e_1=0$$

$$R*E_2+t+\lambda_2 e_2=0$$

$$\vec{n}=\underset{cam1}{\overrightarrow{\mathrm{e}_1}}\times\underset{cam1}{\overrightarrow{\mathrm{e}_2}}=\left[\underset{cam1\times}{\overrightarrow{\mathrm{e}_1}}\right]\bullet\underset{cam1}{\overrightarrow{\mathrm{e}_2}}$$

$$\vec{n}\bullet\overrightarrow{\underset{cam1}{\mathrm{E}_1}\ \underset{cam1}{C}}=0$$

$$\vec{n}\bullet(\overrightarrow{S_1\ \underset{cam1}{\mathrm{E}_1}}-\overrightarrow{S_1\ \underset{cam1}{C}})=0$$

$$n^T*\left[(R)*\mathrm{E}_1+t\right]-n^T*\underset{cam1}{C}=0$$

$$n^T*\left[(R)*\mathrm{E}_1\right]+n^T*(t-\underset{cam1}{C})=0$$

$$\left[n^T*(R)\right]*\mathrm{E}_1+n^T*(t-\underset{cam1}{C})=0$$

$$\left[n^T*(R)\right]*\mathrm{E}_2+n^T*(t-\underset{cam1}{C})=0$$

$$\begin{bmatrix}
\begin{bmatrix} & R & \end{bmatrix} & \begin{bmatrix}0&0&0\\0&0&0\\0&0&0\end{bmatrix} & \begin{bmatrix}\mathrm{e}_{1\text{homo img}}\end{bmatrix} & \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix} & \begin{bmatrix}t\end{bmatrix}\\
\begin{bmatrix}0&0&0\\0&0&0\\0&0&0\end{bmatrix} & \begin{bmatrix} & R & \end{bmatrix} & \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix} & \begin{bmatrix}\mathrm{e}_{2\text{homo img}}\end{bmatrix} & \begin{bmatrix}t\end{bmatrix}\\
\multicolumn{5}{c}{n^T*(R)\quad 0\quad 0\quad 0\quad 0\quad 0\quad n^T*(t-\underset{cam1}{C})}\\
\multicolumn{5}{c}{0\quad n^T*(R)\quad 0\quad 0\quad 0\quad 0\quad n^T*(t-\underset{cam1}{C})}
\end{bmatrix}*\begin{bmatrix}X_1\\Y_1\\Z_1\\X_2\\Y_2\\Z_2\\\lambda_1\\\lambda_2\\1\end{bmatrix}=0$$

$$\begin{bmatrix}
\begin{bmatrix} & R & \end{bmatrix} & \begin{bmatrix}0&0&0\\0&0&0\\0&0&0\end{bmatrix} & \begin{bmatrix}\mathrm{e}_{1\text{homo img}}\end{bmatrix} & \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}\\
\begin{bmatrix}0&0&0\\0&0&0\\0&0&0\end{bmatrix} & \begin{bmatrix} & R & \end{bmatrix} & \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix} & \begin{bmatrix}\mathrm{e}_{2\text{homo img}}\end{bmatrix}\\
\multicolumn{4}{c}{n^T*(R)\quad 0\quad 0\quad 0\quad 0\quad 0}\\
\multicolumn{4}{c}{0\quad n^T*(R)\quad 0\quad 0\quad 0\quad 0}
\end{bmatrix}*\begin{bmatrix}X_1\\Y_1\\Z_1\\X_2\\Y_2\\Z_2\\\lambda_1\\\lambda_2\\1\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\begin{bmatrix}-t\end{bmatrix}\\\begin{bmatrix}-t\end{bmatrix}\\n^T*(\underset{cam1}{C}-t)\\n^T*(\underset{cam1}{C}-t)\end{bmatrix}$$

补充：

DSA设备技术规格
https://max.book118.com/html/2018/1223/7123130030001166.shtm
方便设定仿真数据以及误差分析
床可以横 纵 垂直移动，可以水平旋转
平板探测器： 有效探测边长 像素大小 四视野可变 平板像素矩阵
实时显示所有C形臂旋转角度信息
SID范围[*，*]
等等

冠脉造影医生操作方法：
https://wenku.baidu.com/view/0b505ff2f01dc281e43af028.html
https://wenku.baidu.com/view/35c712f9d05abe23482fb4daa58da0116c171f38.html

某一节段的血管通过特定的投照位能充分显示（后续用实际DSA图验证算法时可用特定的角度来做测试）

C臂在运动的时候，I S O是有约束关系的：ISO共线（光轴过img平面的中心，且img平面垂直于光轴），SOD不变（病床‘中心’和放射源的距离），OID可变（即焦距SID可变）

根据医生常规操作，只有LAO RAO（左前斜 右前斜）;CRA CAU（头位 足位）两个角度需要考虑
旋转轴（第一角度θ）LAO RAO[X轴]
滑动轴（第二角度φ）CRA CAU[Y轴]
主轴 [Z轴]

无论实际是什么旋转顺序，由于角度的测量装置所在的轴是确定的，旋转矩阵求法一定是R=RzRyRx

三个轴旋转时（一轴/二轴/三轴），中心点保持一致，即不改变视野中心