

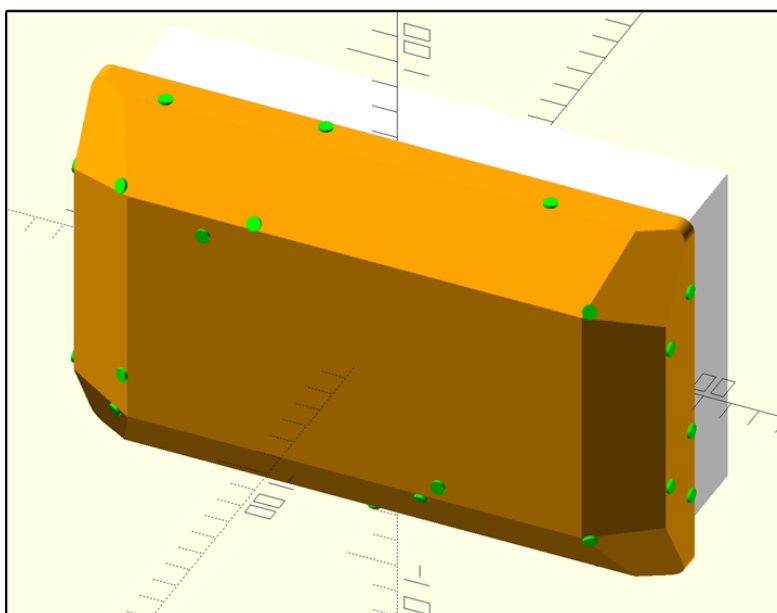
解读模拟输出

SteamVR™ Tracking

简介

通过模拟来预测对象的定位性能可以减少设计时间和成本。在构建原型之前，通过对设计概念进行迭代验证来改进性能，可在真正构建原型时增加原型达到其可接受性能的几率。模拟工具会生成二维和三维性能图，以指示在对象的各种方位下的“可见传感器数量”、“可能的初始姿势？”、“姿势旋转误差”和“姿势平移误差”。这些图预测了开始定位对象的能力，以及当对象旋转到不同方位和在相对于定位器的不同方向上平移时持续定位的能力。只有深入了解如何解读模拟输出，才能最大程度利用模拟工具。本文将描述如何浏览二维和三维图、识别问题区域以及得出关于如何改进设计的结论。有关运行模拟工具以生成此处所述绘图的完整说明，请参阅“[模拟用户指南](#)”。

本文所示各图均由基本形状生成，这些形状代表了 HMD 设计时的初始尝试。HMD 传感器对象背面添加了一个简单的遮罩形状，以模拟 HMD 的双目显示屏对传感器的遮挡情况。传感器在此形状上的布置方式由模拟工具生成，并且是模块工具在该形状上放置 32 个传感器时所能达到的最佳尝试结果。



模拟的输入

模拟时要用到以下信息：

- 各个传感器的位置和法线方向（面对方向），
- 各个传感器的预期视野（通常假定为 60 度），
- 安装传感器的对象表面所造成的遮挡，以及
- 您所提供的其他已连接组件或邻近组件造成的遮挡。

您可以执行一次不包括遮挡表面的模拟，但模拟结果会过于乐观，超出实际可达到的性能。您也可添加额外的遮挡面，例如手部模型、可选配件或甚至摆出姿势的整个人体模型。这将帮助您可视化对象被自然遮挡的范围，从而避免花费精力来改进此类区域。

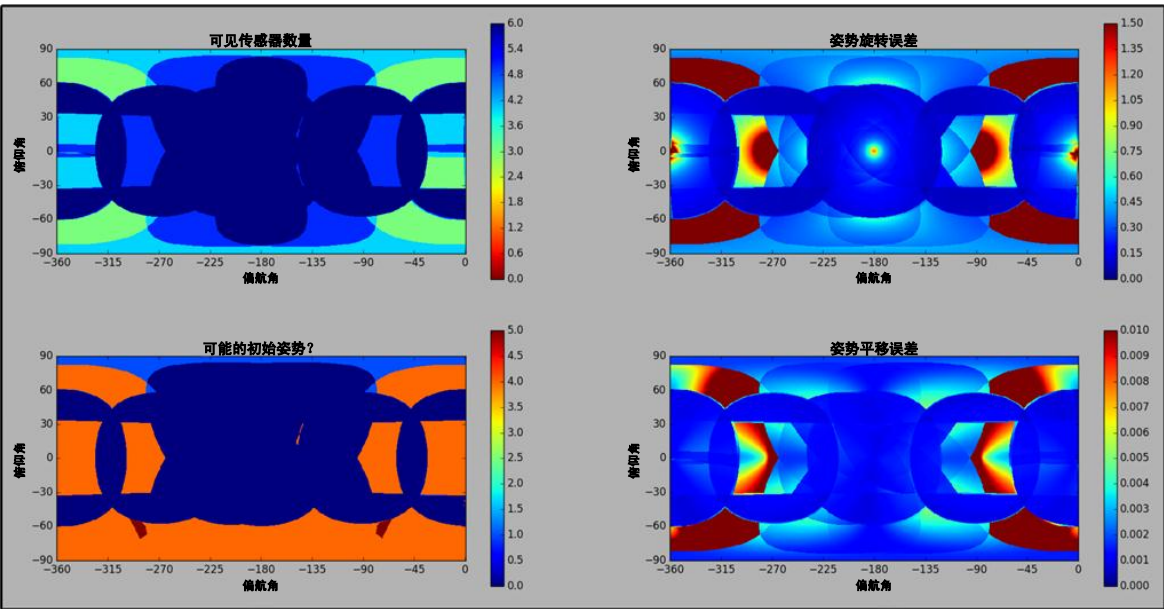
二维输出

二维图能够极为有效地帮助您进行设计对比，并可通过电子邮件分享和复制到文档中。二维图包括“可见传感器”、“可能的初始姿势？”、“姿势旋转误差”和“姿势平移误差”的输出图。所有姿势（以一个球体表征）都通过等距柱状投影，映射到带有俯仰轴和偏航轴的二维图上。模拟值在图中以颜色渐变来表示。

浏览模拟图

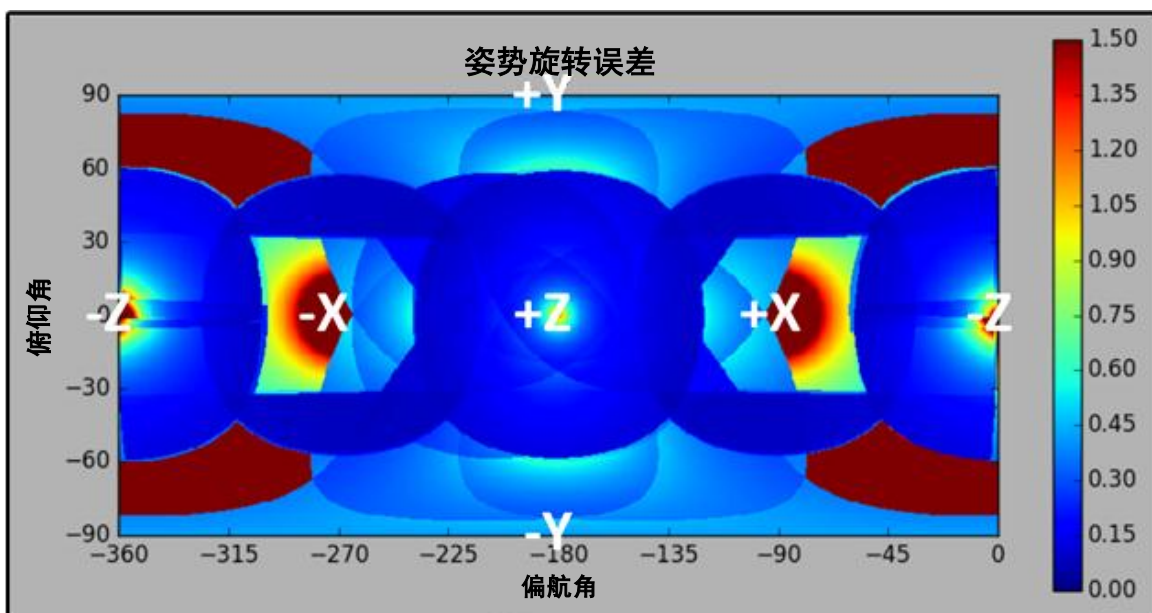
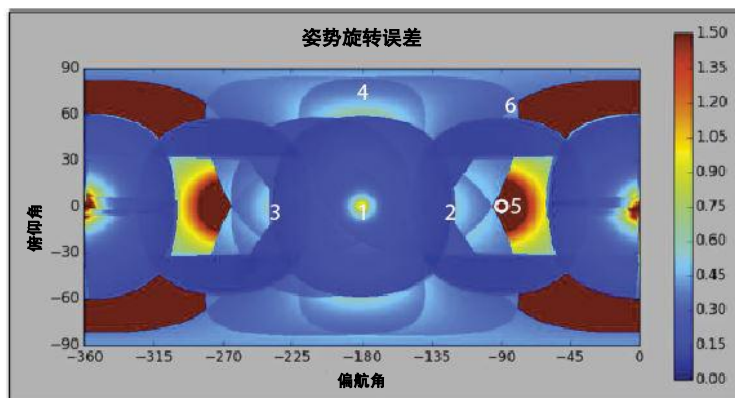
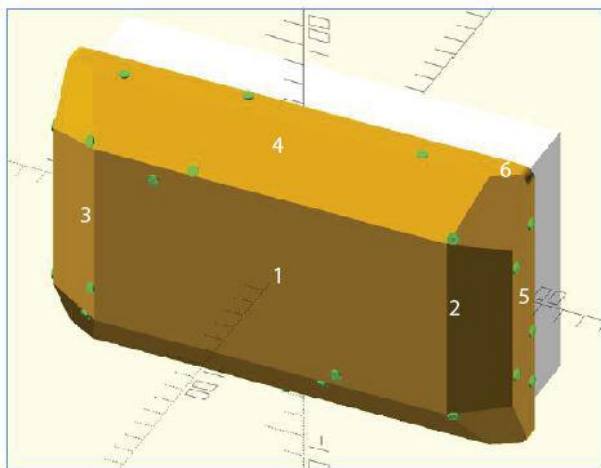
二维图在单个 PNG 图像文件中并排显示。每个指标均相对于俯仰角和偏航角绘制。在每张图上，色谱蓝色一端的颜色均代表较好的性能，而红色一端上的颜色则代表较差的性能。当您比较两个对象的图时，能够非常精确地呈现二者的相对性能。在对象的二维图上，如果某个区域呈现蓝色较多，则当该区域面向定位器时，性能会更好。如果更多地是红色，则性能可能不会很好。对于旋转误差或平移误差，并无可以保证对象达到可接受性能的固定数值要求。评估某一模拟结果的最佳方式就是与性能已知的对象的模拟结果进行比较。

大部分对象都会进行调整，直至误差表中其在有用方向上的性能达到中蓝到深蓝色。每个对象都有一些自遮挡区域或在常规应用中激光信号会被遮挡的区域，因此可以预见这些区域永远都无法达到最佳性能。



注意：无需添加翻滚轴，因为从定位器的角度来看，翻滚角变化时基线并无变化。

二维图上的问题区域识别起来较为简单，仅需找出图中的红色和棕色区域即可。不过，要将图中位置转换成实际三维对象上的位置，可能会较为困难。通过了解如何将二维坐标映射到三维轴线上，可以轻松地完成此类转换。下面的二维绘图上标明了三维轴线。

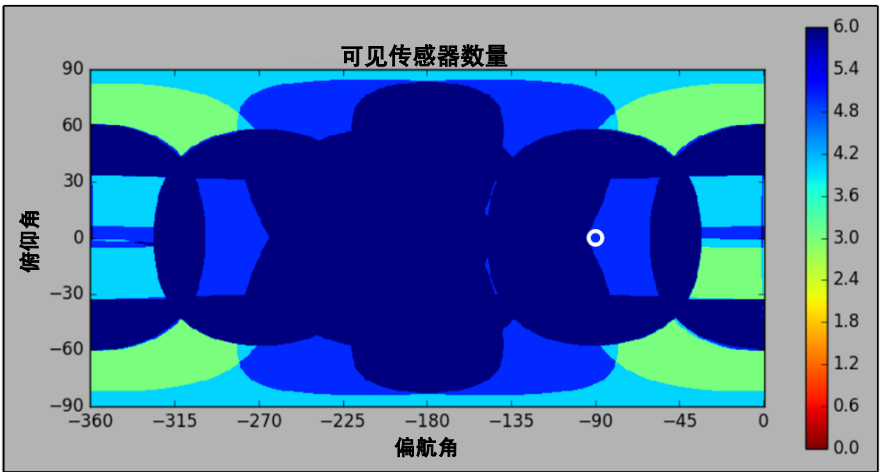


三维输出

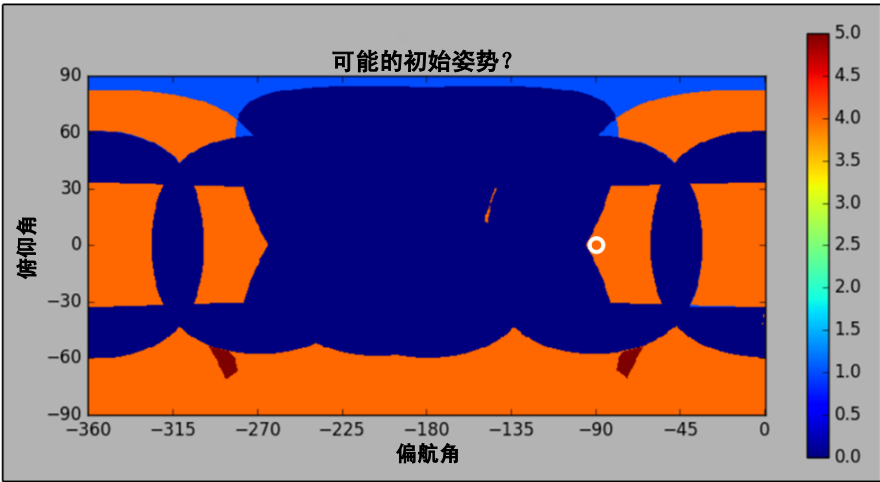
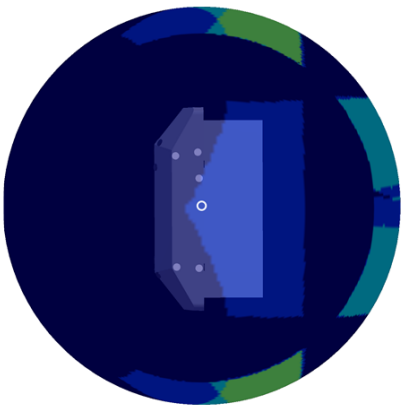
三维图能极为有效地帮助我们找出那些所表现出来的定位性能较差的姿势。与二维输出一样，Hmd_designer_viewer 也会显示同样的四幅图：“可见传感器”、“可能的初始姿势？”、“姿势旋转误差”和“姿势平移误差”。这些图显示为以对象为中心的气泡图。

浏览模拟图

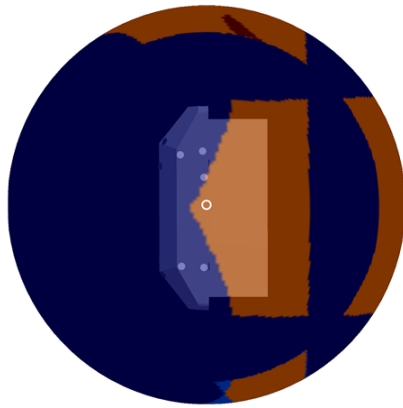
数字键 1 - 4 用于打开和关闭相关的图。在图上单击并拖动鼠标，可以让对象和图旋转至新的视角。将上述二维图与下面的三维图进行对比，面向 +X 方向。

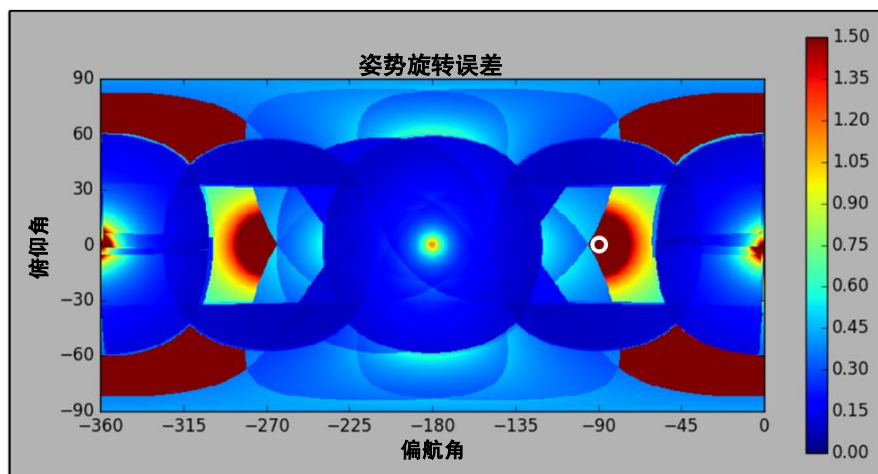


1: 可见传感器数量

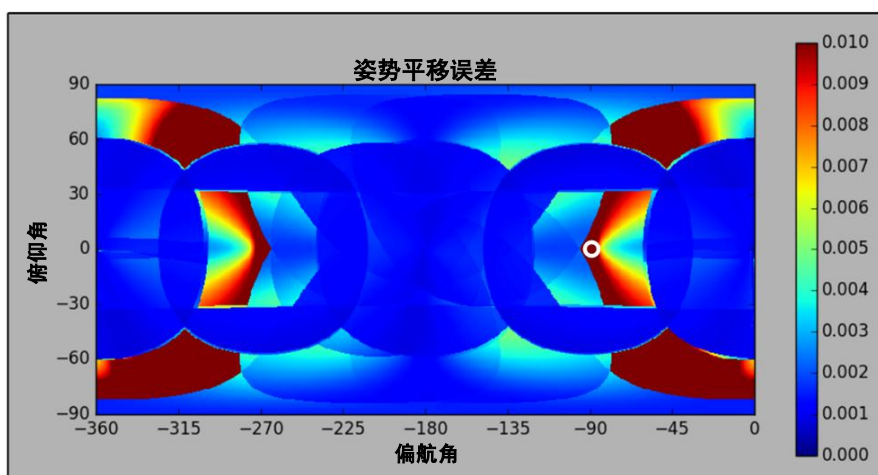


4: 可能的初始姿势?





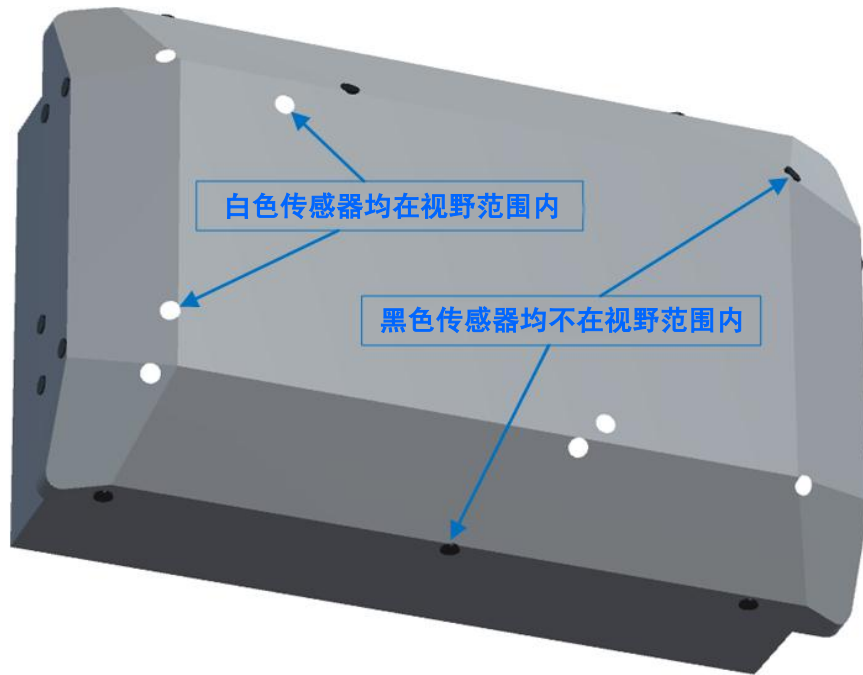
2: 旋转误差



3: 平移误差

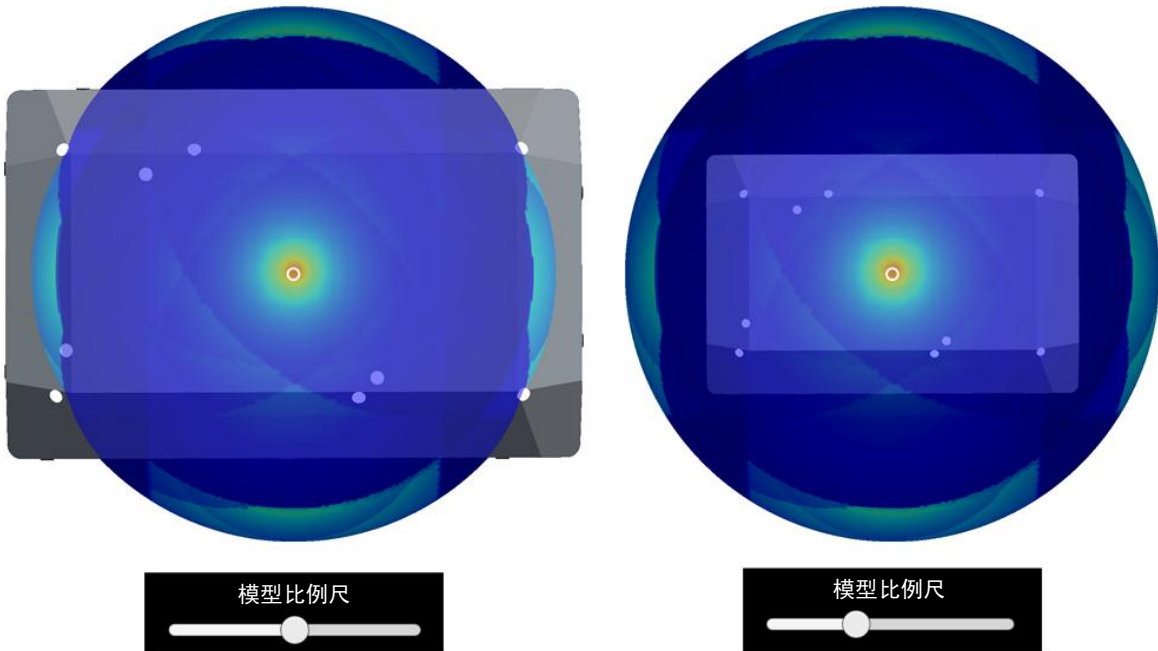
活跃传感器

HMD Designer Viewer 会突出显示位于 $\pm 60^\circ$ 视野内的传感器。



模型比例尺

如果模型远大于用于显示三维图的气泡，可使用模型比例尺滑块将模型缩小至气泡中。

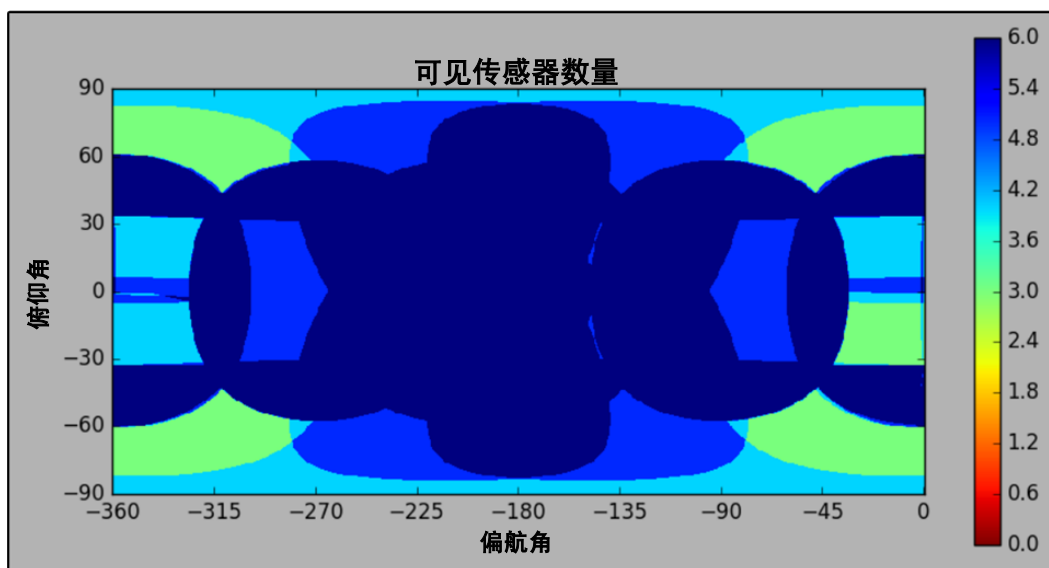


可见传感器数量

可从某个姿势的可见传感器数量着手，来确定该姿势的可定位性。要开始定位，需要有四个可见的传感器。初始化定位也称为“自展”或“启动”。如果少于四个可见传感器，可在 IMU 的帮助下继续定位。

检查二维图

图中蓝色区域所示为可看到四个或更多传感器的位置。蓝色越深，表示可见传感器越多。如果某个区域显示为绿色、黄色或红色，则表示该处传感器数目不足，无法开始定位。少于四个传感器时，可使用 IMU 测量值填补差距的方式来定位对象。但作为设计目标，至少要有四个可见传感器。

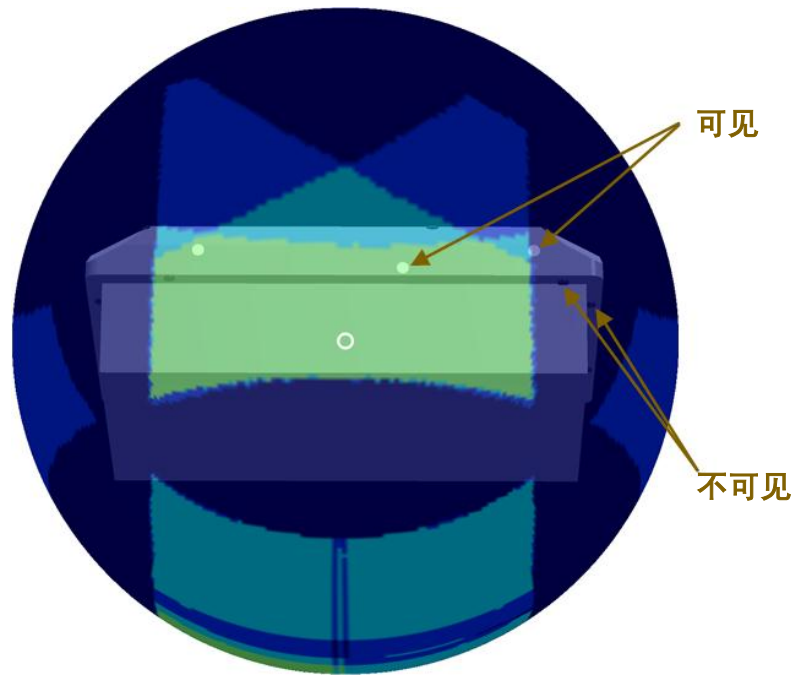


从上图可以一眼看出该模拟在 +Z、+X 和 -X 方向上有足够的可见传感器，但在 +Y 和 -Y 方向处于临界状态。从 -Z 方向，上倾和下倾 60°到 80°以及在将近 $\pm 90^\circ$ 的旋转范围内，图中都有大片绿色区域，这表示仅有三个可见传感器。在这些区域，预计会发现一些初始姿势、旋转和平移方面的问题。在这些存在的问题方位上，我们肉眼所看到的传感器数目也许会超过三个。但是，请务必记住传感器的视角为 $\pm 60^\circ$ 。考虑到视角这个因素，也许就是定位器仅可看到三个传感器的原因所在。三维图能够非常有效地用于诊断二维图上出现绿色区域的确切原因。

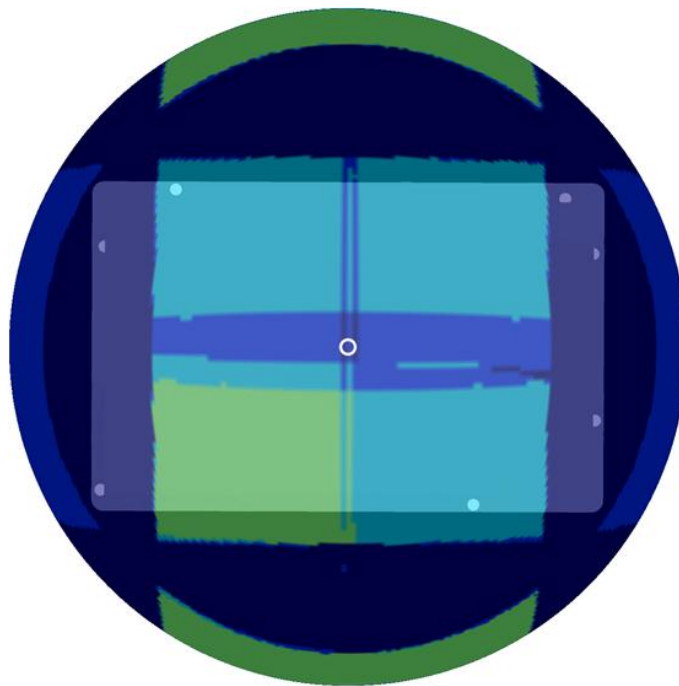
检查三维图

在 HMD Designer Viewer 中打开三维图。图中将显示问题区域，同时突出显示在其 $\pm 60^\circ$ 视角范围内的传感器。

在 -Z 方向上旋转三维图，然后在 +Y 方向将对象倾斜 70°，这样，视点标记将被置于前面二维图中所示的绿色区域内。在这个角度上，HMD Designer Viewer 清晰显示三个可见传感器（突出显示为白色）。靠近点看，可能看到对象背面和正面的其他传感器。但是，这些传感器显示为黑色，因为该视点不在传感器 $\pm 60^\circ$ 的视野范围内。要改进此设计，一个很明显的做法就是调整背面的角度以在 +Y 方向上倾斜传感器，从而为此姿势再增加两个可见传感器。



该设计的另一个问题区域是从 -Z 方向所看到的区域。围绕 -Z 轴有四块区域看上去处于临界状态。在这种情况下，我们要考虑这样一个问题，在该方位内缺少足够的可见传感器是否会带来影响。如果此对象是一个 HMD，则用户的头部就会遮挡对象的背面。增加这些姿势中的可见传感器数量，在实用中很可能并不会会有实质的改进。



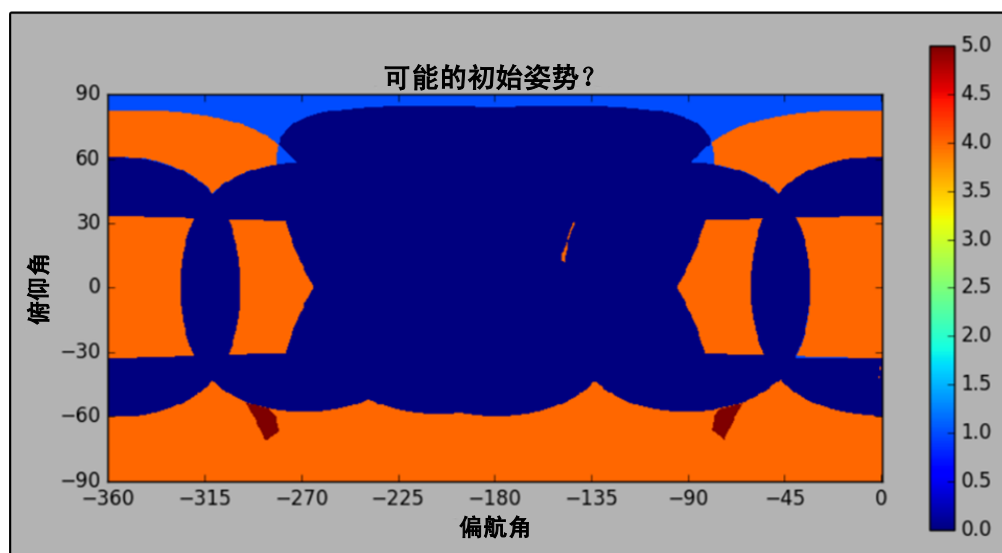
可能的初始姿势？

尽管可见传感器数量是一个很好的着手点，但定位性能还取决于传感器之间的距离及其共面性。要让对象开始在 SteamVR™ 中进行定位（即启动），需要四个可见传感器，而且它们还必须为非共面传感器。通过添加共面条件，能够更详细地模拟某个姿势能否用于启动定位。“可能的初始姿势？”模拟图呈现了对象所具有的从任意方位开始定位的能力。

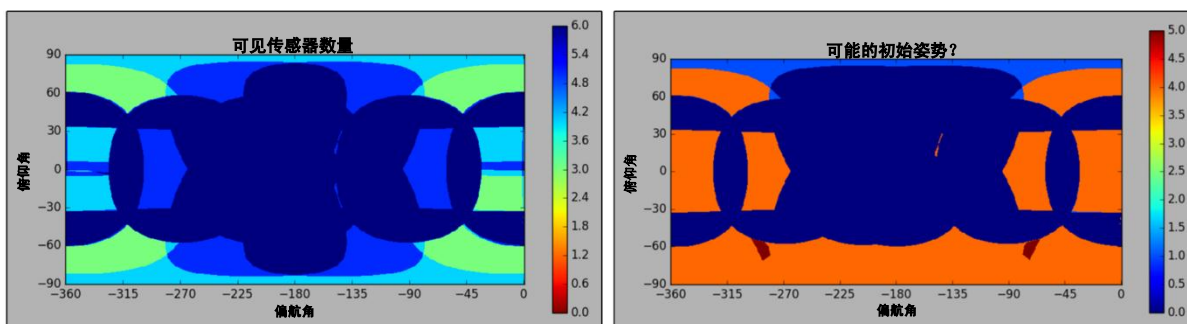
检查二维图

对象在每个给定方位上，可为可启动状态或不可启动状态。在图中显示为蓝色的区域，对象可启动，在图中显示为橙色或红色区域，则对象无法启动。深蓝色区域有五个或更多传感器。淡蓝色区域少于五个传感器，但仍可通过满足其他条件来启动。类似的，棕色区域远未满足启动条件，而橙色区域满足了部分条件，但因违反了共面规则而被排除在外。

要在给定方位上实现自展，至少需要四个具有足够非共同性的可见传感器。三个传感器始终会确定一个平面。第四个传感器必须至少距这个平面 8 mm 开外，对象方可启动。



由于具有四个可见传感器是初始姿势所需满足的必要条件，因此，“可能的初始姿势？”图看起来通常与“可见传感器数量”图大体类似。

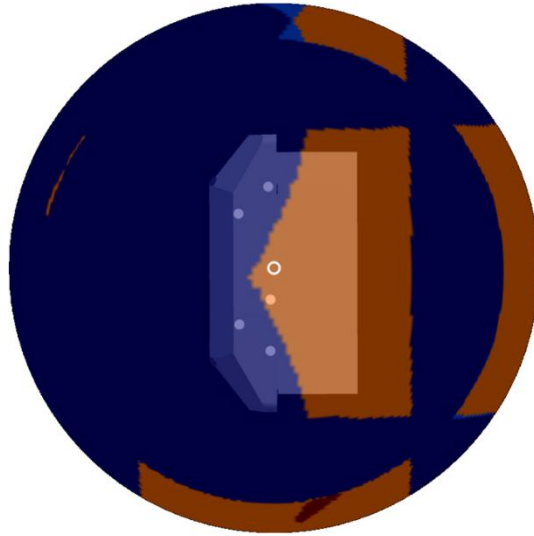


比较两图，可以看出一些有趣的差异。在“可见传感器数量”图中，+X 和 -X 方位旁边的 V 形显示为蓝色，表示有四个传感器可见。但是，在“可能的初始姿势”图中，这些 V 形为橙色，表示对象无法从该姿势启动。-Y 轴也同样如此。有四个或以上传感器可见，但无法用作初始姿势。这两图的差异在于二者的初始定位条件分别是需要三个和四个传感器这一硬性限制以及额外的非共面要求。使用三维图可以轻松地显现共面性。

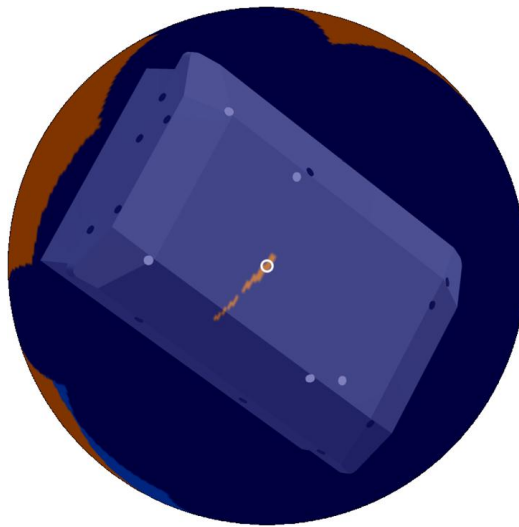
检查三维图

在 HMD Designer Viewer 中打开三维图并将图的朝向定为 +X 轴时，会显示二维图中指示有四个以上可见传感器，但仍无法用作初始姿势的区域。

失败的原因很明显，就是存在共面性。所有五个可见传感器都在对象的同一表面上。没有一个传感器距离此平面 8 mm 以外，对象无法启动定位。通过调整背面或正前面的角度，可将正前面或后面的传感器纳入侧面视角范围内。这样，可将侧面的某些传感器移至其他需要改进的位置。

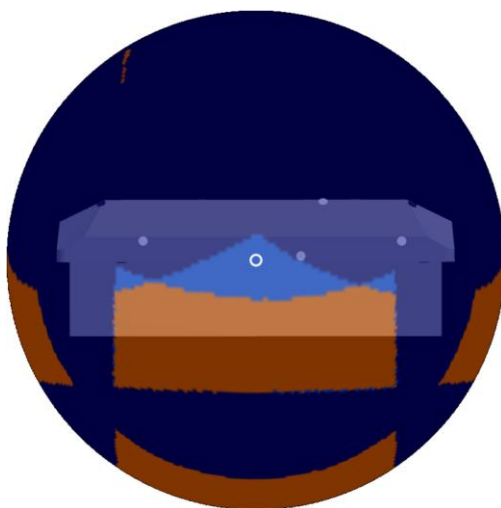


当所有传感器都处于同一表面时，可以很轻松地看到共面情况。但是，形状的任何截面都是一个平面。找出零散方位上的共面性是三维图的一项强大功能。通过将视野指向对象前面的低性能狭长地带，会发现在某一种姿势下，五个传感器均处于同一平面，尽管这些传感器是布置在不同的面上。



有一种不错的折衷方法可以解决此问题，那就是至少将一个传感器朝向形状边缘的方向沿着面向下移动。如果位于设备该侧面的传感器被撤除，则可在正前面上添加更多传感器以形成深度。

例如，下图所示的姿势使用四个传感器便可启动。其中三个传感器自然是位于同一平面内，因为它们被布置于对象的侧面。第四个传感器位于正前面，但由于传感器的视角，因此仍然可见。第四个传感器的深度足以脱离顶部表面的平面，使其成为一种有效的初始姿势。

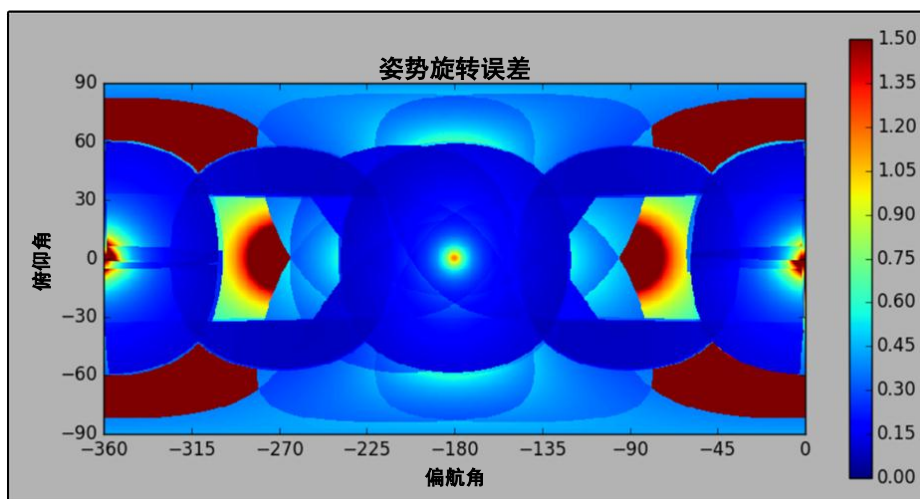


姿势旋转误差

在三个轴内均具有足够的深度是初始姿态必须满足的条件，但同时这又是旋转误差的关键决定因素。如**系统概述**中所述，对于给定旋转度数，所有三个轴中的基线都会放大传感器之间关系的变化。当传感器几乎为共面时，围绕着该平面内任何轴的旋转都不会使传感器之间产生显著的 X 或 Y 位移。“姿势旋转误差”图针对对象的各种方位绘制了旋转误差。

检查二维图

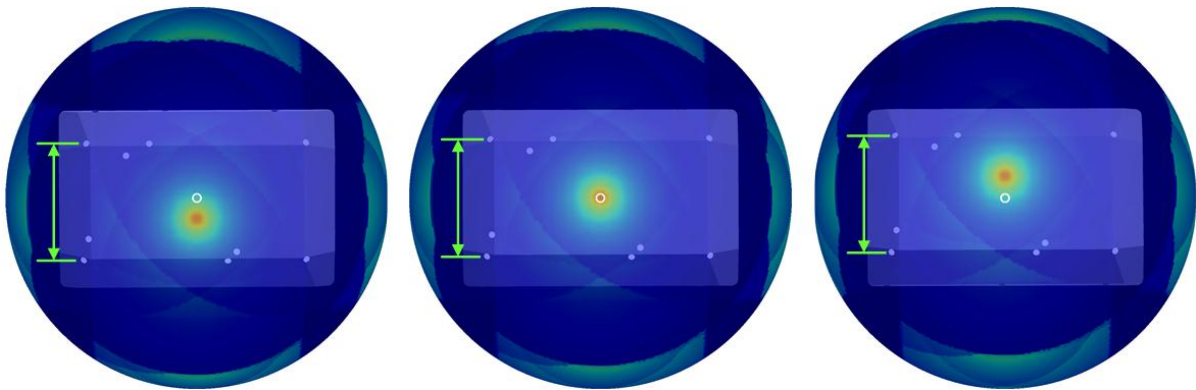
同样的，蓝色还是表示优良性能，棕色表示较差性能。要获得良好的旋转性能，需要有多多个可见的非共面传感器，且传感器之间有足够的基线。“姿势旋转误差”图的棕色区域通常能明确指示传感器共面性较高的对象姿势。



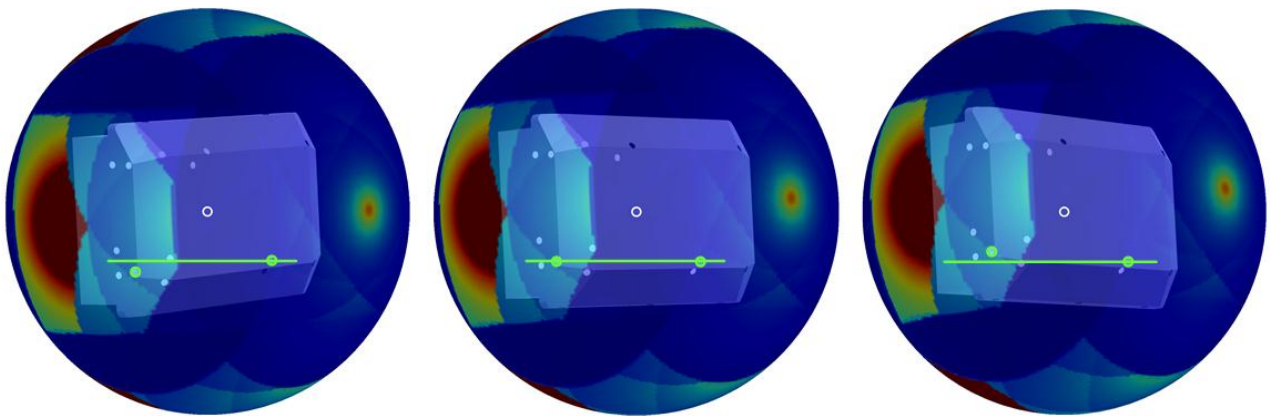
上图显示，旋转误差较高的姿势均存在于我们前面查看“可能的初始姿势”模拟图时，预计会存在问题的区域之内。位于对象两侧的表面（+X 和 -X 方位）仅显示存在共面传感器的问题。但是，+Z 轴上的对象中心内还有一个用于展现旋转误差的靶眼。该靶眼的形成并非由于 X 和 Y 维度内的基线不足，而是由于在 Z 维度内的深度不足。三维图很明显地展示了这一点。

检查三维图

针对 Z 轴上的靶眼，我们可以显示为何共面传感器的旋转误差会增大（即便它们在平面内具有较好的基线）。以下图所示方位为例进行考虑。俯仰角的变化只会导致传感器之间的距离发生 -0.3% 或 -0.8% 的变化。当朝向 +Y 或 -Y 俯仰时，传感器之间的距离会减小。如果平面外无另外的传感器，俯仰方向会不明确。



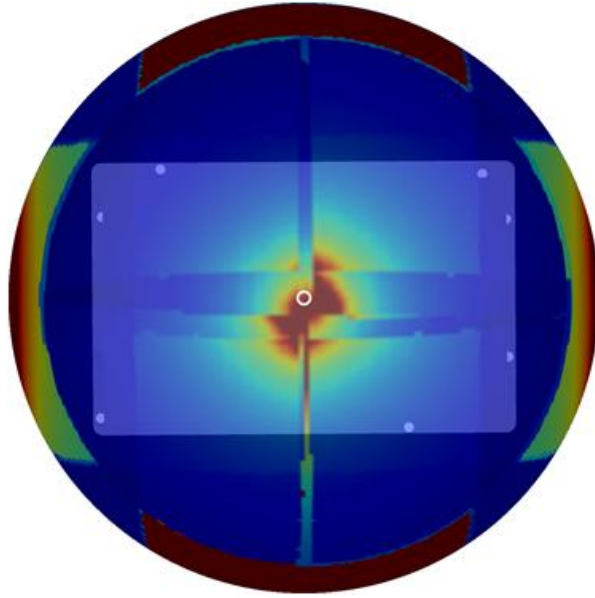
将上述姿势与下图对比。下图着重显示了旋转误差极低的一种姿势。各传感器均不共面，且两个突出显示的传感器之间存在深度。这样，即使俯仰角度的微小变化都会被放大。当俯仰角度仅有微小的变化时，两个传感器之间的位移甚至会从负值变为正值。



通过将一些传感器朝向对象的边缘沿着面下移，可以消除沿 +Z 轴方向的旋转误差。通过沿 Z 轴创建基线，可以通过增加深度来降低共面性，从而减少旋转误差。

由于对象两侧、顶面和底面上的传感器存在共面性，此设计在 +X、-X、+Y 和 -Y 方向上还有一些其他的问题区域。通过向外调整背面，或是调整正前面的角度使其传感器从侧面、顶面和底面可见，可增加 X 和 Y 轴的深度，从而减少旋转误差。

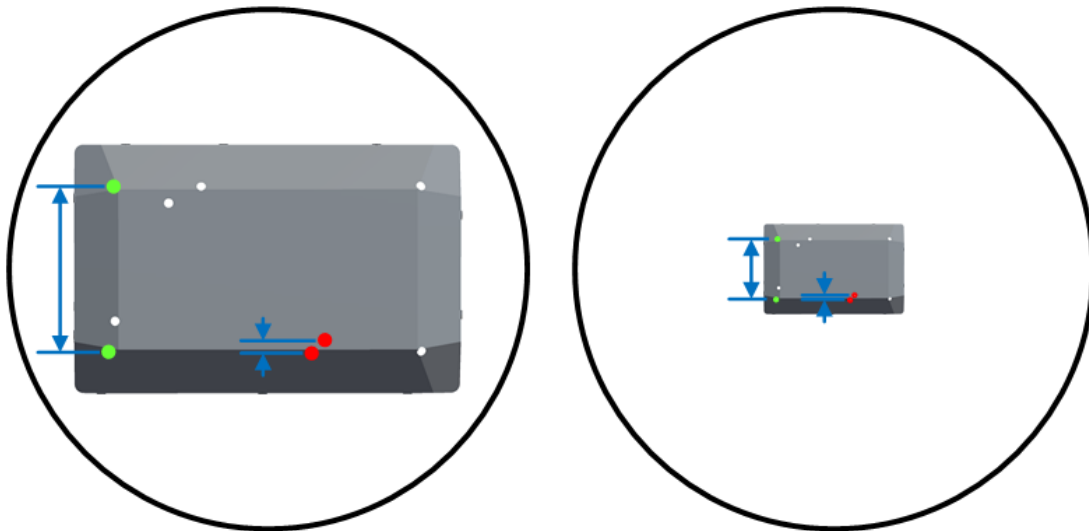
另一个问题点在对象背面（从 -Z 方向看去）。不过，我们一定要考虑到对象的使用情况。如果对象的背面完全被用户头部遮挡，那就没有理由再去改进该姿势的误差。



姿势平移误差

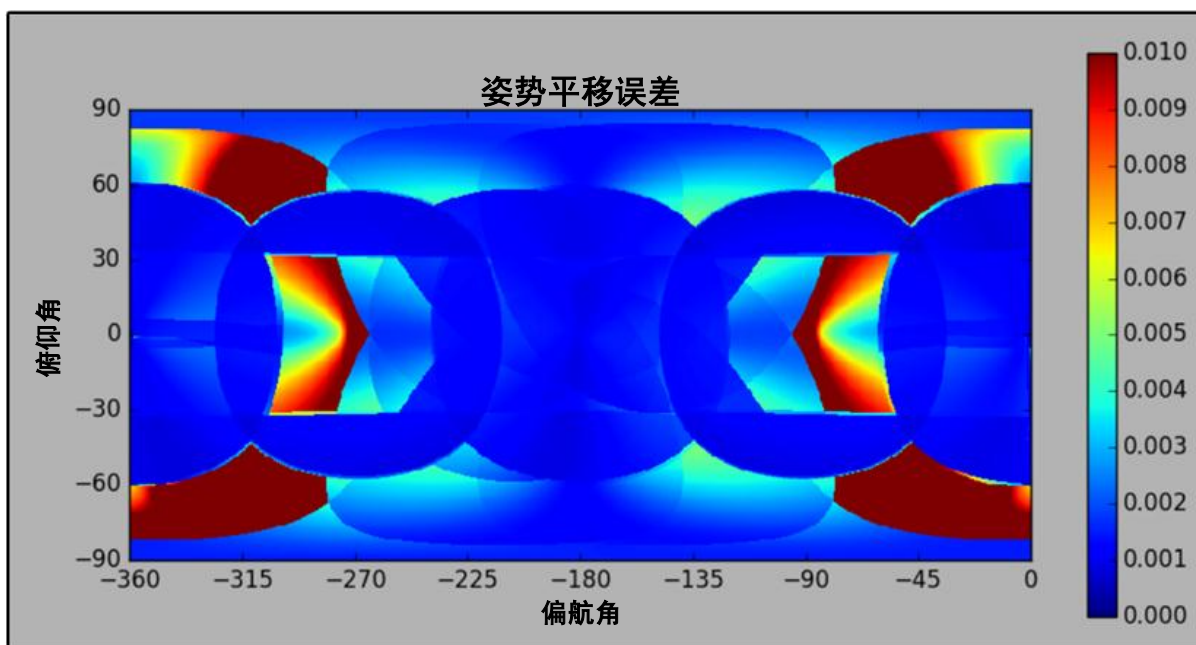
平移误差主要取决于与定位器之间的平移距离。当对象远离定位器时，传感器之间的感知距离会出现透视缩短。如果开始时传感器之间没有足够的基线，对象一旦远离定位器就会必然导致基线耗尽。

请考虑下图所示的两个平移。绿色传感器之间有明显基线。对象远离定位器时会导致两个传感器之间的感知距离发生显著变化。两个红色传感器之间可用于启动的基线极小。远离定位器会导致两个红色传感器之间的基线快速地减少至接近零值。



检查二维图

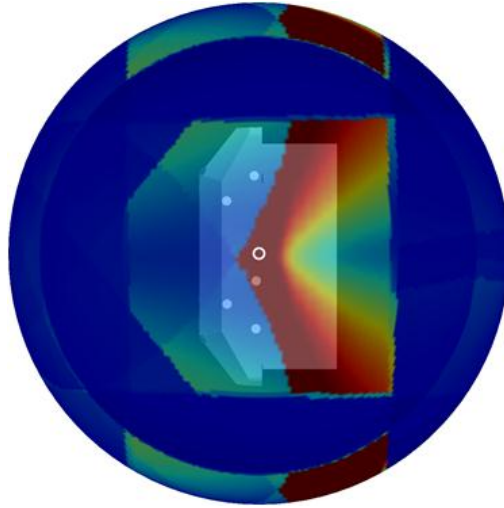
“姿势平移误差”图根据所有可能的对象方位绘制了平移误差。蓝色表示优良性能，棕色表示较差性能。要获得良好的平移性能，需要多个可见传感器，且至少两个轴内有充足的基线。“姿势平移误差”图的棕色区域通常能明确指出那些至少在两个轴内不具充足基线的对象姿势。



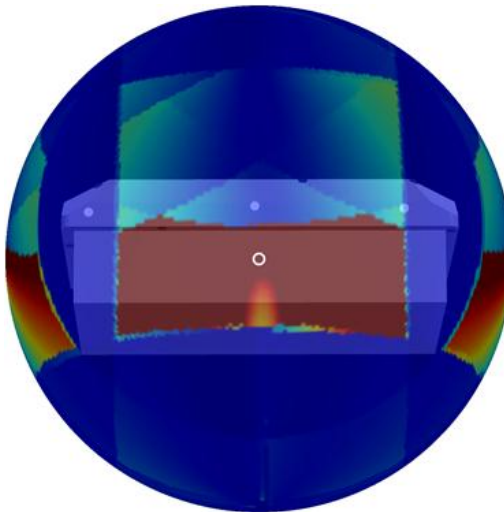
与“姿势旋转误差”图不同，+Z 方向上不存在任何姿势平移误差问题。尽管该姿势中可见的传感器是共面的，但它们在 X 和 Y 轴均具有明显的基线。但在 +X、-X、+Y 和 -Y 方位上仍存在问题区域。该对象由于较大，能够容易地获取基线。但要保证在两个轴内都有充足的基线。三维图会显示设备侧面上的传感器可如何仅在一个轴上有基线即可。

检查三维图

将视角调整至 +X 方位以显示对象的侧面，可以看到 Y 轴上有五个可见传感器和基线，但 Z 轴上的基线极小。通过调整正前面或背面，以能够从侧面看到这些面上的传感器，可以添加 Z 轴中的基线，并减小平移误差。



-Y 方向也存在类似问题，但更加严重。底面上的三个传感器几乎呈线性排列，近乎消除了 Z 轴中的基线。同样，通过调整正前面和背面的角度来扩大 Z 轴基线，从而将这些传感器纳入视野范围，可以扩大从背面到正前面的 Z 基线，并可成为平移误差问题的解决方案。



总结

二维和三维模拟图能够非常有效地帮助我们评估对象及其传感器布置方式在各种可能的方位上，对高性能定位标准的满足情况。有关使用模拟工具生成和查看这些模拟图的详细说明，请参阅**模拟用户指南**。在所有图上，蓝色都表示优良性能，棕色都表示较差性能。“可见传感器数量”图初始地指示了对象上盲点。请记住，要启动定位至少需要四个可见传感器。此外，要启动定位还要求四个传感器中至少有一个可见传感器在其他三个传感器所形成的平面以外至少 8 mm。通过在可见传感器上添加共面性标准，并在四个传感器上设置用于区分优劣的硬性阈值，就可形成“可能的初始姿势？”模拟图。“可能的初始姿势？”模拟图用于指示对象在各个方位上启动的能力。一旦对象在 VR 中进行定位，就可能会出现旋转或平移误差。旋转误差受可见传感器共面性的影响，并会呈现于“姿势旋转误差”图中。“姿势旋转误差”图中的棕色区域所指示的可能是相对于定位器而言存在共面传感器的姿势。平移误差取决于与定位器之间的平移距离（由于传感器之间的基线会出透视缩短）。要克服平移误差，两个轴中必须有足够的基线。“姿势平移误差”图的棕色区域指示了基线不足的区域。调整问题区域内的传感器数量、面的角度或传感器之间的间距，都属于能够增加基线和打破共面性从而于提高定位性能的潜在途径。