# CAPG-IMU硬件设备输出姿态数据问题

问题描述：

1. 杜宇提示：存在两个坐标系，a. 信电系坐标系; b. zsens（@李启雷）坐标系。

李启雷-杜宇在计算设备姿态（rotation vector）时，进行了某种变换（没有文档，杜宇记不清了），变换可能包括：坐标轴取反、轴置换操作，导致坐标系定义改变，可能变为左手系。在直接输出的旋转向量四元数表达中，坐标系定义（轴方向、以及左右手系）不同于原始的信电系坐标系。

1. zsens系统输出的旋转向量四元数表示，是以系统开始采集时的第一帧机身坐标系为参考系的，并非地球NED（or ENU）坐标系，但是这并不影响AX=XB问题求解。AX=XB问题的目的就在于，不需要测量两个观测系统的参考系之间的相对旋转，直接通过A, B两组观测值，求解A, B之间的转换关系。
2. 张琛验证结果：
   1. 根据静态acc值，推测机身坐标系如图1所示，是右手系。

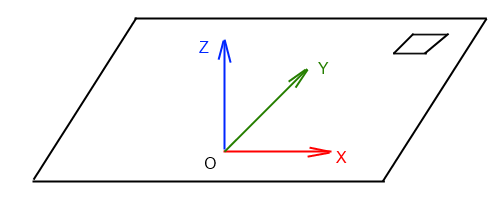


图 1 信电系IMU sdk右手坐标系定义

右上角方块为设备开关按钮。

* 1. 将设备按照图1三轴定义，对于测试数据CaptureSession-checkaxes.ynorth.xml，其初始姿态：图1的Y轴指向地磁北极，Z轴竖直向上。

依次绕xyz 三轴正方向（右手系中，面对轴向逆时针为正方向）做单轴旋转约90°，然后转回原位置。将旋转向量由四元数表示转换为轴角表示，观察轴角值，如图2所示。

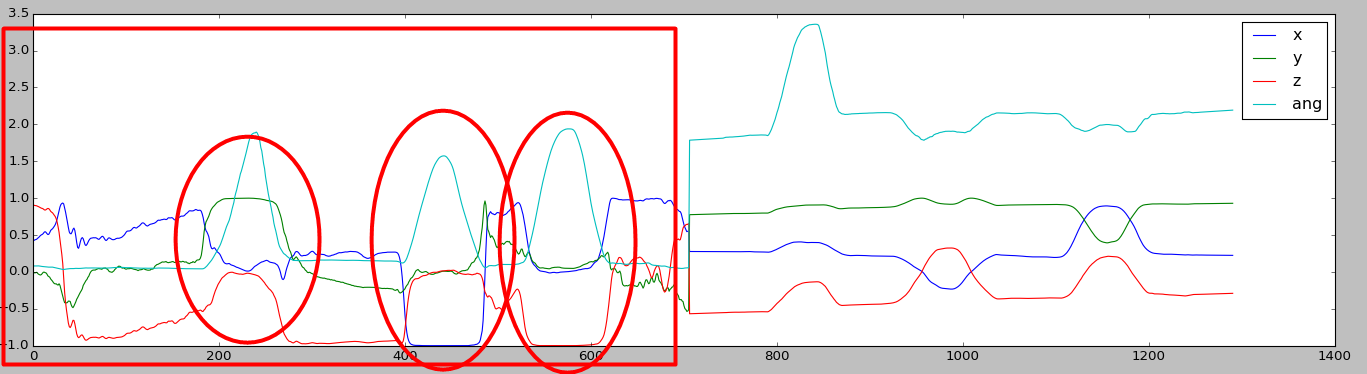


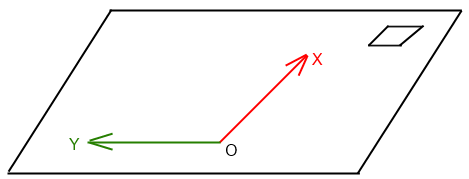
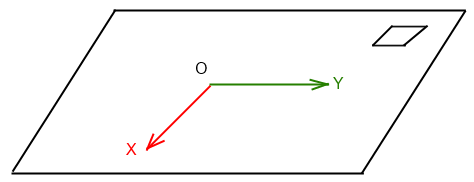
图 2 绕图1定义坐标系xyz三轴旋转的轴角表示结果

注意到，三个红色圆圈中，分别表示的旋转为：(0,1,0, +), (-1,0,0, +), (0,0,-1, +)，其中”+/-”符号表示绕轴旋转角度的符号，例如，(0,1,0,+)表示绕Y轴(0,1,0)旋转一个正角度。

可以看到：

a. zsens坐标系，与信电系坐标系相比，X, Y轴发生了置换，

~~b. 假定此坐标系为右手系，则X、Y轴确定为图3-a，此时Z轴轴角值与右手系定义矛盾，c. 假定为左手系，X、Y轴确定为图3-b所示，此时Z轴轴角值与左手系定义矛盾。所以个人认为，zsens求解得到的设备姿态有错。~~



a b

图 3 按照图2轴角值，分别假定新坐标系为(a)右手系, (b)左手系得到的X、Y轴方向。两种情况下Z轴均无法正确定义

【解释】 以图3-a为例，在假设为右手系的前提下，得到如图3-a的X, Y坐标轴朝向，则Z轴应该竖直向上；但从图2轴角值（第三个圆圈）(0,0,-1, +)来看，Z轴应该竖直向下，故矛盾。同理，图3-b也存在矛盾。

* 1. 补充实验 //2016-1-2 04:36:49

对于测试数据CaptureSession.20160103.test-duyu.p.xml， 使用校正过的IMU单元（ID: 1191182427），坐标轴初始设定与实验②一致，求得轴角表示结果如图4所示。

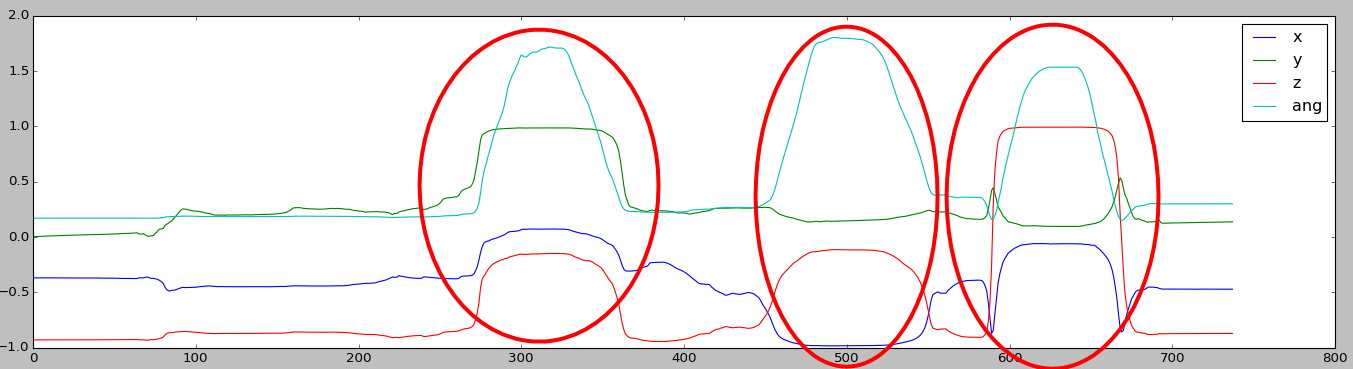


图 4 实验③对应的绕图1定义坐标系xyz三轴旋转的轴角表示结果

与实验②相比，图4前两个红圈内的变化与图2相似，表示相同的旋转方式，如，假定为图3-a的旋转方式（右手坐标系）；图4第三个红圈内表示的旋转为：(0,0,+1, +)，与图3第三个红圈内的Z轴相反，其能够满足右手坐标系假设下，图3-a的XY轴定义下，Z轴竖直向上的推导结果。

**实验③补充论证：**

取第 [316, 506, 645] 帧，分别对应图4第一二三个红圈内ang值最大的点。将其四元数转换为旋转矩阵，其值分别为：

|  |
| --- |
| [[-0.13421906 0.22909635 0.96410586]  [-0.06635632 0.96864753 -0.23941344]  [-0.98872751 -0.09610836 -0.11480897]] |
| [[ 0.95674697 -0.06368459 0.28386528]  [-0.29085825 -0.18907343 0.93789803]  [-0.00605827 -0.97989566 -0.19941863]] |
| [[ 0.09575836 -0.99443447 0.04393648]  [ 0.98290933 0.10143598 0.15362287]  [-0.15722462 0.02847491 0.98715227]] |

符合对应时刻的旋转矩阵大致形态（推导示意图略），说明在不考虑误差评估的情况下，实验③测试数据中的Rwxyz设备姿态基本正确。

**Q：为什么重新采集测试数据，实验②的错误消失了？ //2016-1-3 04:55:48**

A：原因不确定。可能实验②数据采集时，实际上旋转方向错了？不太可能，当时小心操作、检查了多次。暂时存疑！

* 1. 补充实验, 数据CaptureSession.chkAx.id1191182355.xml, (以及 .p.xml) //2016-1-2 18:17:00

重新使用设备ID: 1191182355 采集数据，设备坐标轴定义、初始姿态、运动方式与实验②③相同，但是设备未校正。得到raw 输出Rwxyz如图5所示，postprocessed输出Rwxyz如图6所示。

从图5上看，计算得到的Rwxyz似乎有错，原因很可能是设备未校正；但是图6的Rwxyz却是基本正确的，可能是后处理导致“错错得对”？

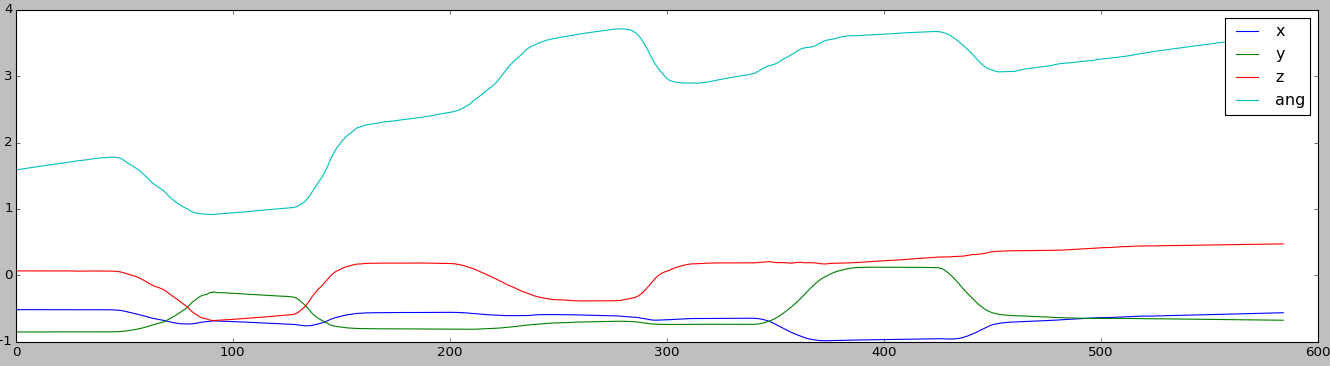


图 5 未校正设备（ID: 1191182355）raw data输出Rwxyz值

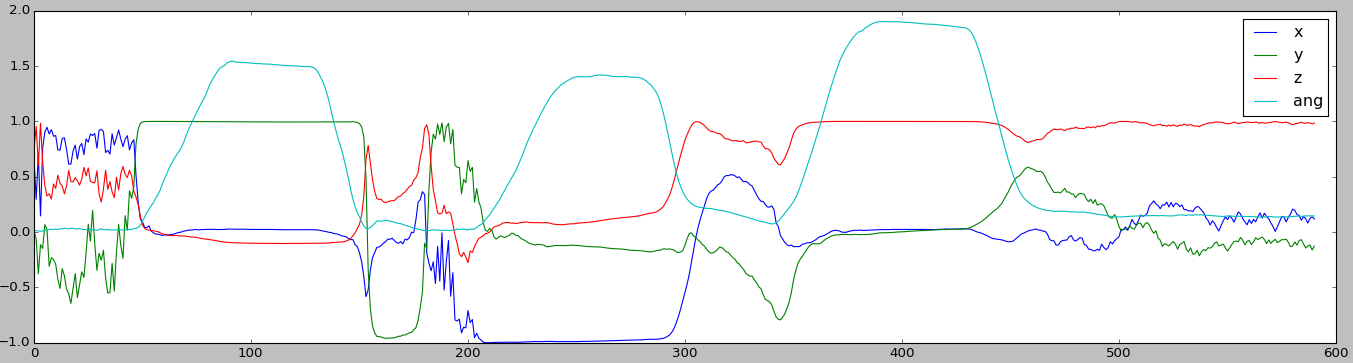


图 6 未校正设备（ID: 1191182355）postprocessed data输出Rwxyz值

* 1. 使用与④相同（与实验②也相同）硬件设备，相同的操作，但是提前进行校正，重新采集数据CaptureSession.chkAx.id1191182355.calibed.xml, (以及.p.xml) //2016-1-3 10:47:08

得到的raw、postprocessed输出Rwxyz如下图7，图8所示。

1. 由图7看到，轴角表示符合预期，实验②出现的错误并没有重现。
2. 由图8看到，后处理之后，第一帧角度值并非0°，意味着姿态四元数并非 Rwxyz=(1,0,0,0)，与之前个人理解不同！之前一直认为后处理效果为将第i帧(i=0,1,…,n)姿态转到第0帧坐标系下，自然第0帧角度值应该为0°（如图6），但是图8并非如此。暂时不懂，待请教@杜宇 //2016-1-3 11:06:53

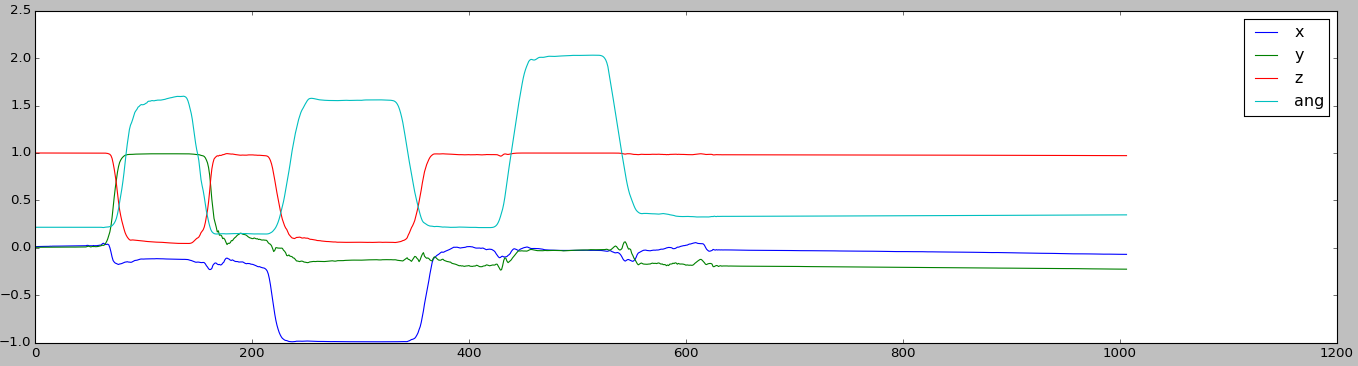


图 7 设备（ID: 1191182355）已校正，raw data输出Rwxyz值

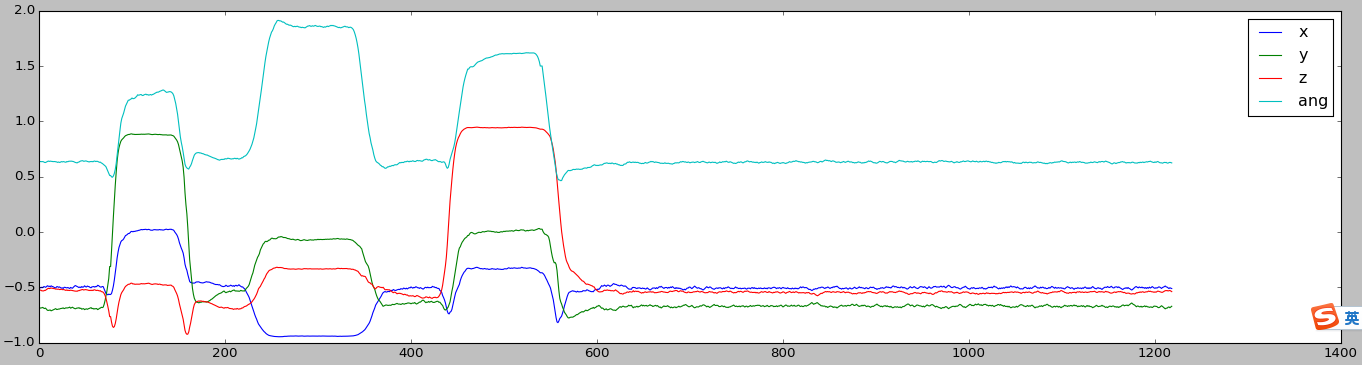


图 8 设备（ID: 1191182355）已校正，postprocessed data输出Rwxyz值