# VR头颈运动模型建立

## 研究背景

近年来，虚拟现实（VR）技术迅速发展，彻底改变了娱乐、教育和医疗等领域。然而，随着其广泛应用，评估VR场景设计以实现最佳用户体验的挑战日益突出。晕3D，脱离VR后与现实世界不适应，视网膜损伤，甚至影响心理健康等副作用严重影响了VR交互体验。在VR体验中，上述症状的发生概率达到22%-56%，而参与者经历cybersickness的比例高达73%。因此，如何有效的评估VR场景在交互过程中的舒适度，尽量减少其负面影响，提升交互体验，已成为研究人员和开发者的紧迫任务。

晕3D与晕动症（MS）相同，是一种由感觉不匹配引发的症状。无论是晕3D还是晕动，其直接至因主要是由于人体平衡觉严重受到身体摇摆的影响。相关研究也表明人体晕动的发生主要是头颈摇摆运动积累的结果。然而，目前大多数头颈运动预测模型往往着重于外部力加载条件下的头颈动力学分析，而忽视了视觉输入对头颈运动的影响，无法在VR场景中使用。所以，开发针对视觉场景输入的头颈运动预测颈模型能够有效的预测晕3D症状的发生，进而能有效在VR场景的设计中改善其舒适度。

为了解决这些挑战，我们提出了一种基于视觉的深度学习头颈运动预测模型（VHP）。通过将VR场景的视觉线索导入模型，分析对应的头颈实时运动。初步的头颈运动仿真结果进一步对比由惯性传感器（IMU）实测的头颈运动结果，开展VHP监督学习优化，提升头颈运动预测的准确性。进一步，我们还提出了基于CSI评估VR场景舒适性的方法。CSI也是我们提出的量化晕3D症状的指标，类似于MSI，它是由头颈在三轴向上的摇摆运动积累所计算。我们分析了不同VR场景下的CSI并对比参与者主、客观数据，验证了使用CSI评估VR交互场景设计的有效性。

## 基于VR场景的头颈运动模型建立

多数VR场景包含了视觉画面的剧烈旋转，我们建立了初始VHP模型，将视觉场景中的偏转与头颈部运动关联并计算对应的头颈摇摆角度（Fig.1）。多个研究已经表明了视觉场景经由视觉-前庭反射（VOR）后影响人体姿态的调控。相关研究开发了一种能够输出场景的垂直旋转角度的垂直冲突算法，并以此作为视觉影响的输入。该方法能够实现对场景roll轴旋转角速度的识别。在此基础上，我们融合了图像光流追踪算法，进一步在算法1（Algorithm 1）中实现了对画面各方向加速度、头颈三轴向角速度的分析。首先，画面高、宽分别为H和W，总时长为T的VR场景将被转化为灰度空间。我们以画面中心（H/2,W/2）建立欧拉坐标系XYZ，单位长度为200像素（Fig.1）。接着，上一帧幅中的坐标系XYZ在下一帧幅中被光流追踪识别为新坐标系X’Y’Z’。坐标系转换的转置矩阵被用于计算画面在各方向的旋转角度及原点位移。Initial VHP的输出包括VR画面沿三轴向的角速度和pitch,yaw向的加速度。

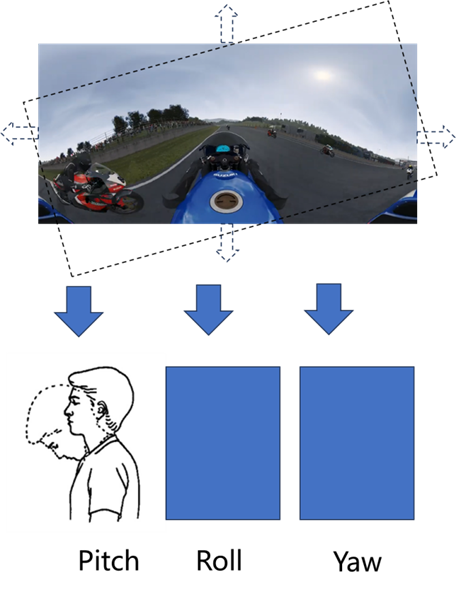


图1

|  |
| --- |
| **Algorithm 1** initial head neck movement estimation based on VR scenes |
| Input:  - The VR video  Where - T is the total video duration  Output:  , - rotation velocity and acceleration along pitch axis  , - rotation velocity and acceleration along yaw axis  - rotation velocity along roll axis  //converting image to a gray-scale image and set Euler coordinate system .  **for** =1 to do  Gray()  x=, y=  each axis unit length = 200pixel  //optical flow tracking in the next frame image as .    =  =  =  =  , where t is the time interval between each frame  , where L is the displacement of center point  end for |

## 实验效果

输入视频为手机录像视频，录制画面先后进行了手机俯仰角度拍摄（pitch轴），左右旋转拍摄（roll轴），摇摆角度拍摄（yaw轴）。分析结果如图2所示，本代码完整的实现了3轴动态捕捉及横、纵向加速度的识别，类比于VR视频场景对人体头颈运动的刺激影响。3轴向的旋转动态及轴向加速度均与手机实际运动轨迹一致。该模型建立完成。

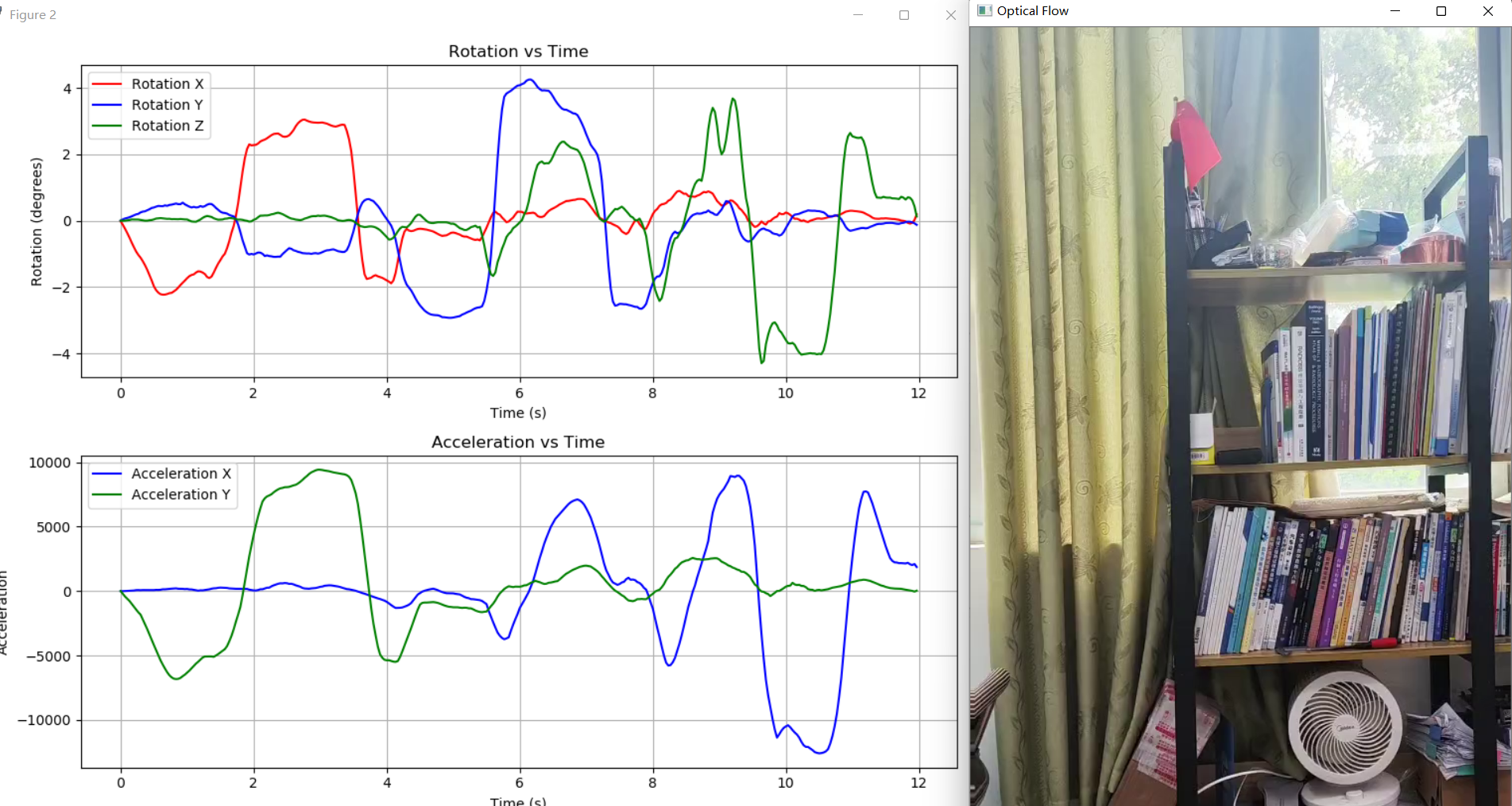


图2