

## 没入型映像空間における傾き知覚の分析 (3)

## ～身体の傾きが与える影響について～

橋本 萌起<sup>†1</sup> 古賀 宥摩<sup>†2</sup> 石津 航大<sup>†2</sup> 橋口 哲志<sup>†1</sup> 田村 秀行<sup>†3</sup> 柴田 史久<sup>†1</sup> 木村 朝子<sup>†1</sup>  
立命館大学 情報理工学部<sup>†1</sup> 同 大学院情報理工学研究科<sup>†2</sup> 同 総合科学技術研究機構<sup>†3</sup>

## 1 はじめに

フライトシミュレーションやバーチャルジェットコースターなど、VR コンテンツにおいて自身が傾いたり、回転したりする場面をよく見かける。我々の研究グループでは、そのような場面で得られる自身が傾いた感覚（以下、傾き知覚）に着目し、映像（視覚刺激）のみによって引き起こされる傾き知覚について分析を行ってきた [1][2]。

一方、臨場感を高めるために、モーションベース等を活用し、映像だけでなく、体験者自身の身体も動かす方法もある。人は視覚・前庭感覚・体性感覚など複数の情報を統合して運動感覚を知覚するため、映像に合った身体の動作を提示すれば、より現実での体験に近い感覚を得ることができる。ここで、身体の動きよりも大げさな動きや身体の動きに反した動きを映像として提示した場合、どのような身体感覚が得られるのだろうか。

例えば傾き知覚の場合、身体傾斜と逆方向に傾斜していく映像を提示すると自身がより傾いたように感じ、逆に身体傾斜と同方向に傾斜していく映像を提示するとほとんど傾いていないように感じると予想される。実際に Groen ら [3] によって、前者の場合、視覚刺激の傾斜角度が増すほど傾き知覚が増加することが確認されている。しかし、後者の場合については減少することは確認されていない。そこで、本稿では身体と映像が同方向に傾斜する場合において、傾き知覚が減少するか検証する。

## 2 実験環境

## 2.1 広視野ディスプレイシステム

本研究では、広範な視野領域に視覚刺激を提示するため、広視野ディスプレイシステムを使用する（図 1）。これは、直径 7.0m、高さ 3.8m の小型ドームの内壁面に、プロジェクタ 3 台が 120°ずつ映像を投影することで、全天周への映像提示を実現している。よって、本システムにおける水平方向の最大視野角は 360°である。

## 2.2 傾斜装置

被験者の身体を傾斜させるため、PC によって制御可能な傾斜装置を作製した（図 2）。本装置は、土台の片側に設置された 3 本のリニアアクチュエータが駆動することで、被験者の身体を傾斜させる。このとき、土台中央に位置するパイプが軸となり傾斜する。傾斜方向は被験者から見て時計回りである。

## 2.3 視覚刺激

傾いた感覚を引き起こす視覚刺激として、文献 [1][2] と同様の CG 映像を用いる（図 3）。この CG 映像は、線路を軸として水平方向に傾けることができる。また、消失点の高さは小型ドームの床面から 1.6m の位置とし、同一箇所に赤色の注視点を設けた。

## 3 実験

## 3.1 実験目的

本実験では、身体の傾斜と同方向に傾斜する視覚刺激を提示することによって、傾き知覚にどのような影響を与えるのか確認する。

## 3.2 実験条件

被験者の姿勢は、傾斜装置に設置した椅子に背筋を伸ばした状態で座らせ、つま先位置を固定することで統制した。また、頭部が動かないようにヘッドバンドで椅子と固定し、実験中は赤い点を見続けるように指示した。

実験は視覚刺激の傾斜角度をパラメータとし、被験者には、視覚刺激と身体傾斜を図 4 のように体験させる。評価方法には、一対比較に基づくマグニチュード推定法を用いる。被験者には、知覚した自身の傾斜角度を基準刺激 100 と比較して倍数値で回答させた。例えば、基準刺激によって知覚した傾斜角度に対して、1.5 倍の角度を感じた場合は 150 と回答させる。なお、被験者が傾きを全く知覚しなかった場合や傾斜装置によって提示した実際の傾斜方向と反対に知覚した場合は、その被験者のデータを除外する。

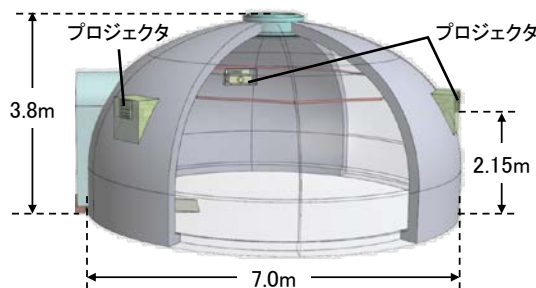


図 1 広視野ディスプレイシステムの外観

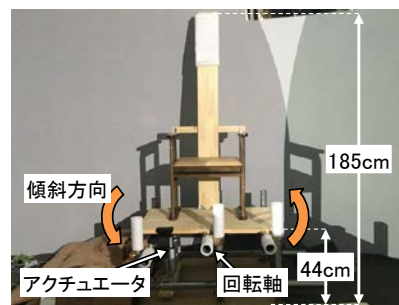


図 2 正面から見た傾斜装置の外観

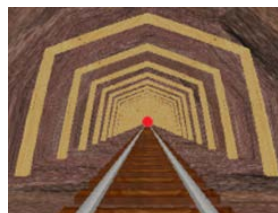


図 3 使用する視覚刺激



図 4 評価刺激のイメージ

“Analysis of Body Tilt Perception in Immersive Display Environment (3) - Influence of Body Inclination -”

<sup>†1</sup> College of Information Sci. and Eng., Ritsumeikan University

<sup>†2</sup> Graduate School of Information Sci. and Eng., Ritsumeikan University

<sup>†3</sup> Research Organization of Sci. and Tech., Ritsumeikan University

基準刺激は、視覚刺激の傾斜角度を 0.0°, 身体の傾斜角度を 10°とした。評価刺激は、視覚刺激の傾斜角度を 0.0°, 5.0°, 10°, 20°, 40°, 60°, 身体の傾斜角度を 10°とした。実験では、この評価刺激 6 パターンをそれぞれ 3 回ずつ実施するため、1 人あたりの試行回数は 6×3=18 試行となる。なお、視覚刺激と身体傾斜の提示時間は共に 2.0s とし、同時に提示した。また、それぞれの刺激提示が終了してから 1.0s 後に画面を暗転させた。

被験者は、成人 11 名（男性 9 名、女性 2 名）である。

### 3.3 実験手順

実験は以下の手順で実施した。

- (1) 基準刺激を提示する
- (2) 評価刺激をランダムに 1 つ提示する
- (3) 基準刺激に対する傾斜角度を倍数値で回答させる
- (4) 運動残効が発生していないか確認させる
- (5) (1)~(4) を全試行が終了するまで繰り返す
- (6) コメントを聴取する

なお、疲労による影響を排除するため、9 試行後 2 分以上の休憩を設けた。

### 3.4 実験結果・考察

実験結果を図 5 に示す。なお、誤差棒は標準偏差を表す。図 5 より、すべての条件において、基準の評価値である 100 付近になっていることが読み取れる。また、分散分析より、視覚刺激の傾斜角度の条件間に有意差は認められなかった ( $F_{(5,10)} = 0.37, p = 0.87$ )。

これを我々の先行研究 [1][2] の結果と合わせて考えると、視覚刺激と同方向に身体を傾斜させることで、視覚刺激が傾き知覚に与える効果が打ち消され、傾斜角度が傾き知覚の強度に与える影響が大幅に減少することを示唆している。また、今回参加したすべての被験者が視覚刺激で知覚する傾斜方向ではなく、身体傾斜の方向に応じた傾きを知覚している。これは、傾きを知覚するうえで、視覚刺激によって得られる情報よりも、実際に傾斜することによって得られる身体からの情報が優位であることを表している。

一方で、視覚刺激の傾斜角度が大きくなるにつれて、標準偏差が大きくなっていることも読み取れる。つまり、視覚刺激の傾斜角度が傾き知覚に影響を与えているが、被験者間で傾向が異なるために、全体の評価値の平均が基準値と同程度になった可能性が考えられる。そこで、被験者ごとに傾向を分類し、傾き知覚について分析した。すると、被験者を 2 つの傾向に分類することができた。傾向ごとに、それぞれの評価値を平均した結果を図 6 に示す。視覚刺激の傾斜角度が大きくなるほど、傾き知覚の強度が減少する傾向が見られた被験者を傾向 A、増加する傾向が見られた被験者を傾向 B とした。なお、視覚刺激の傾斜角度を変化させた際に、すべての条件で傾き知覚の評価値が 100 付近である被験者は見られなかった。

ここで、傾向 A の被験者からは「映像の傾きと、感じる傾きの方向に違和感があった」というコメントを得ており、傾向 A の被験者において、視覚による情報と実際の傾斜によって得られる情報が統合される際に矛盾が生じ、傾き知覚の強さを弱めていると考えられる。一方、傾向 B の被験者からは、視覚と身体感覚の間に違和感が生じたという内容のコメントは得ていない。これより、視覚から得られる傾きの情報は、方向に関わらず身体感覚から得られる情報と統合されることによって傾き知覚を強める効果があることが考えられる。ただし、傾向 A

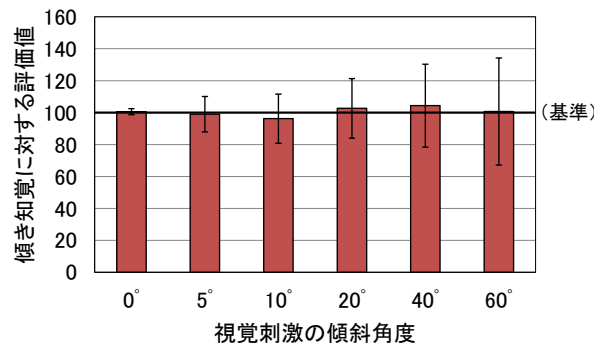


図 5 被験者全体で平均した評価値

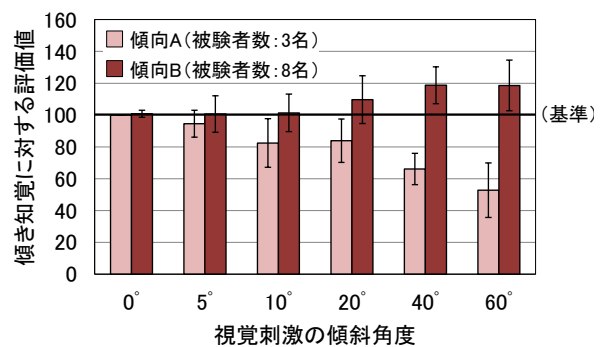


図 6 傾向ごとの平均した評価値

のように視覚と身体感覚に違和感が生じてしまった場合は、この効果が表れず、傾き知覚が減少することを示した。また、傾向 A よりも傾向 B に分類される被験者の方が多く結果となった。

以上より、傾く方向の認識については身体感覚から得られる情報の優先度が非常に高いこと、また、一定数の被験者において、身体からは傾斜方向の情報、視覚からは傾斜速度の情報のみがそれぞれ傾き知覚に影響し、結果的に傾き知覚の強度そのものを増加させるという傾向が見られた。

## 4 むすび

本稿では、視覚刺激と身体の傾斜が同方向の場合において、視覚刺激の傾斜角度が傾き知覚に与える影響について分析した。その結果、被験者によって傾向が異なり、角度が増加するほど傾き知覚の強度が増加する傾向と減少する傾向が確認された。同方向に傾けた場合、見かけの角度の観点から傾き知覚は減少すると予想していたが、傾き知覚の強度が増加する被験者の方が多いという意外な結果となった。

### 参考文献

- [1] 三浦, 古賀, 新井, 小西, 橋口, 木村, 柴田, 田村: “没入型映像空間における傾き知覚の分析 (1) ~左右方向の傾き知覚について~”, 第 21 回日本バーチャリアリティ学会大会論文集, 31B-04, pp. 649 - 652, 2016.
- [2] 新井, 古賀, 三浦, 小西, 橋口, 木村, 柴田, 田村: “没入型映像空間における傾き知覚の分析 (2) ~前進・後退時の左右方向の傾き知覚について~”, 第 21 回日本バーチャリアリティ学会大会論文集, 31B-05, pp. 653 - 656, 2016.
- [3] E. Groen, I. Howard, and B. Cheung: “Influence of body roll on visually induced sensations of self-tilt and rotation,” *Perception*, Vol. 28, pp. 287 - 297, 1999.