

VR ゴーグルと大画面スクリーン映像観察時の輻輳角の比較

名手久貴†¹ 高村環†¹

概要：本研究では、VR ゴーグルと大画面スクリーンに投影された映像観察時の観察者の視線のなす角である輻輳角を測定した。提示した映像には、線遠近法による奥行感を知覚しやすい映像を用いた（図3）。VR ゴーグルに提示した映像には、被験者の近傍もしくは遠方に静止する球体を表示した映像、接近運動および後退運動する球体を表示した映像、球体が遠方から接近し、観察者の手前で後退する映像、観察者の後方まで球体が移動したのち運動方向を反転させる運動の6種を設けた（図5、表1）。大画面スクリーンには観察者の後方で運動方向を反転させる場合を除いた5種の映像を設けた。被験者の課題は表示された球体を注視する事であった。結果、VR ゴーグルにおいて対象が近傍に静止した時の輻輳角は遠方に静止した時の輻輳角よりも有意に大きかった ($p < .05$)。一方、大画面スクリーンではそのような違いは見られなかった。この結果は、VR ゴーグル、大画面スクリーンという表示方式の違いにより輻輳角が変動する場合と変動が確認されない場合が存在することを示していた。VR ゴーグルでは、輻輳角が遠近法の情報に誘導されているので、VR ゴーグルに表示された2次元像は、三次元的な空間として知覚される程度が高い表示像であったことが考えられた。このことは、輻輳角の変動が表示像を空間として知覚される程度を示している可能性があった。

1. はじめに

Meta Quest3(Meta 社)などの VR ゴーグルは、360 度映像を表示できるため、観察者に高い臨場感を体験させることができると言われている。また、映画のスクリーンのような大きなスクリーンに投影した映像も臨場感のある映像であると言われている。両者ともに臨場感のある映像であると考えられるが、両者の視覚体験に違いはないのだろうか。

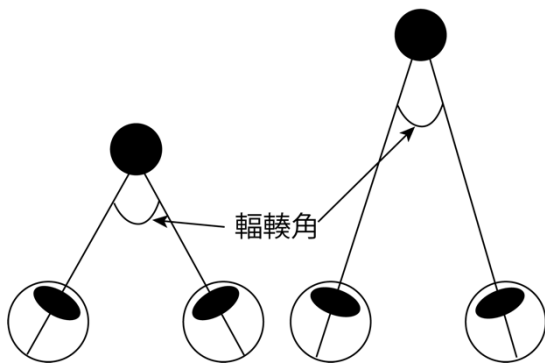


図1 輻輳角

両者とも像表示面が平面であり、左右の眼に投影される像は同一であるため、観察者は主に遠近法や運動視差等の単眼性奥行情報から空間や対象の三次元構造を知覚することになる。反対に、遠近法や運動視差による奥行き情報の効果が弱まると両者が平面像であるため、観察者が表示像に対して空間と知覚する効果が弱まる。それに伴い、表示像の空間知覚(表示像に三次元空間が広がっていると知覚する程度)も減衰することが予想される。従来、空間を

知覚する程度は臨場感や実在感などの主観評価により測定されることが多かった。

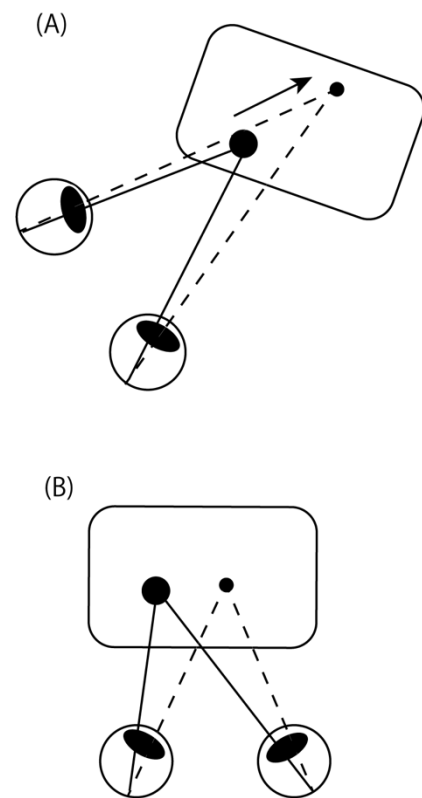


図2 表示像を遠近法情報により空間として知覚されると輻輳が表示像の奥行き位置に誘導される可能性がある(A)。一方、表示像が平面として知覚されると表示像中の注視対象が異なっても、輻輳が変動しないと考えられる(B)。

†1 東京工芸大学大学院芸術学研究科

本研究では、この空間知覚の測度として両眼の輻輳角に注目した。輻輳は両眼の視線のなす角度であり、輻輳角が小さいほど遠方である、大きいほど近傍であるという情報となり、空間知覚の情報として利用されている(図1)。その一方で、輻輳は水晶体の厚みの変化である調節など他の機能からの影響も受けて変動する。輻輳が影響を受ける代表的な現象の一つに輻輳性調節がある。輻輳性調節とは調節の変化に対応して輻輳角が変化するという現象である[1]。また、遠近法など単眼立体視手がかりに影響されて輻輳が変化するという報告もある[2]-[3]。

遠近法による奥行情報により表示像が空間として知覚されると図2(A)のように遠近法情報に誘導されて輻輳が表示像中の対象の奥行き位置に応じて輻輳角が変動する可能性がある。一方、遠近法による奥行情報の影響が少ない表示像の場合、遠近法に規定された空間内に対象が位置していると知覚される程度が低くなるため、図2(B)のように輻輳角が変動しないことが考えられる。

このように輻輳は他の単眼性の奥行知覚情報の影響を受けるため、映像観察中の観察者がどのような空間を知覚しているかについての測度として輻輳角が利用できる可能性がある。そこで、本実験では、スクリーンに投影された大画面スクリーン映像とVRゴーグルに表示された映像観察時の輻輳角を測定し、両表示像の観察時における空間知覚の違いについて検討した。

2. 方法

VRゴーグル(HTC VIVE PRO)を装着し、360度映像を観察する条件(VRゴーグル条件)と5.6m×3.2mのスクリーンに提示される大画面スクリーン映像を観察距離3.3mで観察する条件を設けた(図3)。被験者に提示した映像には、二つの球体を表示した。二つの球体のうち、右側の球体(右球)はどの映像でも静止していた(図4、図5、表1)。そして、静止した左側に表示される球(左球)を注視する条件と遠近法的に前後往復運動を行う左球を注視する条件を設けた。左球が静止する条件には、図5のように遠近法的に観察者の近傍(近傍点)に左球を表示する条件(近傍静止条件)と遠方(遠方点)に表示する条件(遠方静止条件)の2種を設けた。前後往復条件には、左球が遠方点から近傍点まで接近運動を行う条件(接近運動条件)、左球が近傍点から遠方点まで後退運動を行う条件(後退運動条件)、左球が遠方点と近傍点の往復運動を行う条件(前後往復条件(短))、左球が遠方点と後方点の往復運動を行う条件(前後往復条件(長))条件を設けた。前後往復条件(短)条件では左球を注視するために頭部を移動させる必要はなかったが、前後往復条件(長)条件では頭部を後ろ向き回転させる必要があった。合計6種の映像を設けた。

大画面スクリーンで映像を観察する条件(大画面スクリーン条件)では、前後往復運動条件(長)条件を除く5種の条件の映像を観察した。近傍静止条件、遠方静止条件、接近運動条件、後退運動条件の映像はすべて10秒、前後往復(短)条件は16秒、前後往復(長)条件は28秒であった。

被験者には表1に示した各映像を5回、連続して提示し、提示順序は表1の条件1から条件6まで番号順であった(大画面スクリーンの場合、条件1から条件5までの番号順で提示)。被験者の課題は左球を注視することであり、VRゴーグルで映像を観察する条件ではVIVE PRO EYEから出力された被験者の輻輳角を映像出力用のPCで取得した。大画面スクリーン映像を観察する条件では、PCの映像をプロジェクター(1980pixel×1080pixel)で表示し、輻輳角を視線測定装置(Tobii technology Glass3)で測定した。被験者は20代の8名で、全員正常視力を有していた。実験を行った部屋の照明は消していた(映像を表示しない時の室内照度は0.2lx)。



図3 実験で使用した大画面スクリーン

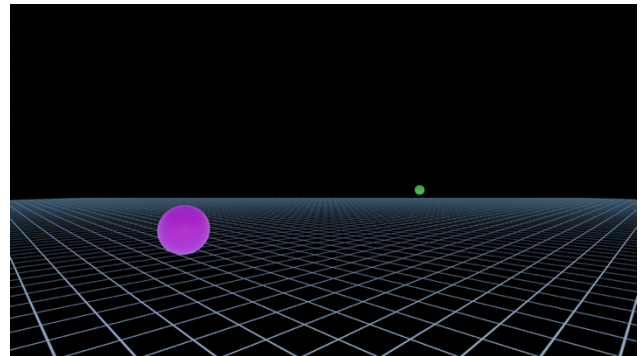


図4 実験で使用した映像の例

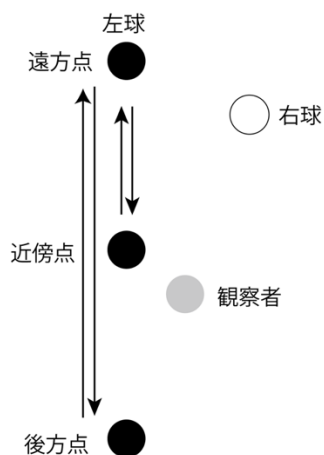


図5 映像中の球体（右球と左球）の移動経路と観察位置

表1 各条件における左球と右球の状態

条件	左球	右球
1.遠方静止	遠方点で静止	静止
2.近傍静止	近傍点で静止	静止
3.接近運動	遠方点から近傍点まで接近運動を行なった	静止
4.後退運動	近傍点から遠方点まで後退運動を行なった	静止
5.前後往復(短)	遠方点から近傍点まで往復運動を行った。被験者が頭部移動を要しなかった。	静止
6.前後往復(長)	遠方点から後方点まで往復運動を行った。被験者の頭部を要した。	静止

3. 結果と考察

図6は、VRゴーグル条件において遠方静止条件と近傍静止条件の映像観察時の輻輳角の平均値を示していた。T検定の結果、左球が被験者の近傍に静止した場合よりも遠方に静止した場合の方が輻輳角が有意に大きかった($p < .05$)。遠方静止条件よりも近傍静止条件の映像観察時に輻輳角が大きいことは、被験者の遠方静止条件よりも近傍静止条件における左球の注視位置が手前に位置していたことを示していた。つまり、VRゴーグルに表示された映像では、被験者は遠近法の情報により注視点の奥行き位置を変動させたことを示していた。

図7は、VRゴーグル条件において左球が接近運動条件、後退運動条件、前後往復(短)条件、前後往復(長)条件の映像観察時において輻輳角の平均値を示していた。1要因分散分析の結果、全ての条件の間に有意な差は見られなかった($F(3,39)=0.919, p > .05$)。これは、左球が奥行き運動を行うと輻輳角に差が見られなくなることを示唆していた。

特に前後往復(長)条件では、被験者が左球を注視するためには後方を振り向く必要が生じる。このような条件でも奥行き運動による条件間に輻輳角の差が見られなかった。

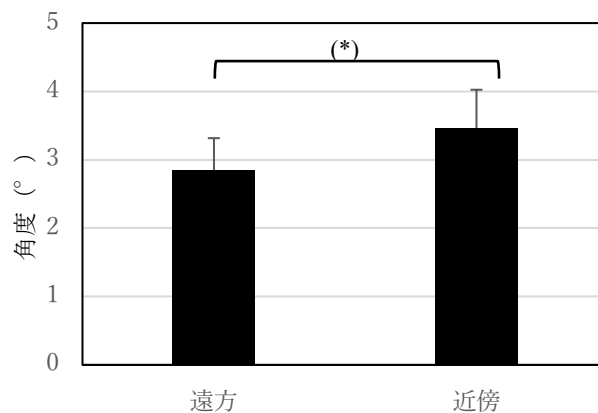


図6 遠方静止条件と近傍静止条件の輻輳角の平均値 (VRゴーグル)。エラーバーは標準誤差を示す。

(*: $p < .05$)

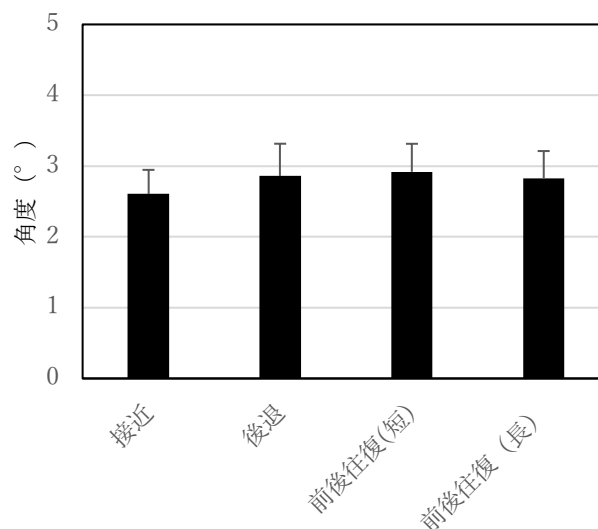


図7 接近運動条件、抗体運動条件、前後往復(短)条件、前後往復(長)条件の輻輳角の平均値 (VRゴーグル) エラーバーは標準誤差を示す。

図8は、大画面スクリーン条件における遠方静止条件と近傍静止条件の輻輳角の平均値を示していた。T検定の結果、遠方静止条件と近傍静止条件の間に有意な差は見られなかった($p > .05$)。また、1要因分散分析の結果、大画面スクリーン条件における接近運動条件、後退運動条件、往復往復(短)条件間にも有意な差は見られなかった($F(2,39)=2.068, p > .05$) (図9)。これは、大画面スクリーン観察時に輻輳角の変動が確認されなかったを示していた。つまり、大画面スクリーン観察時には、被験者の輻輳角は左

球の遠近法情報に誘導されていなかったことを示唆していた。

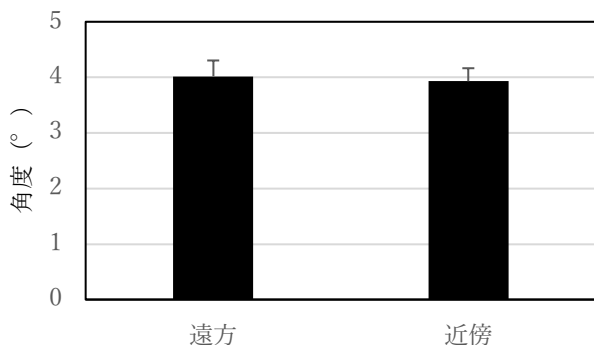


図8 遠方静止条件と近傍静止条件の輻輳角の平均値 (大画面スクリーン)。エラーバーは標準誤差を示す。

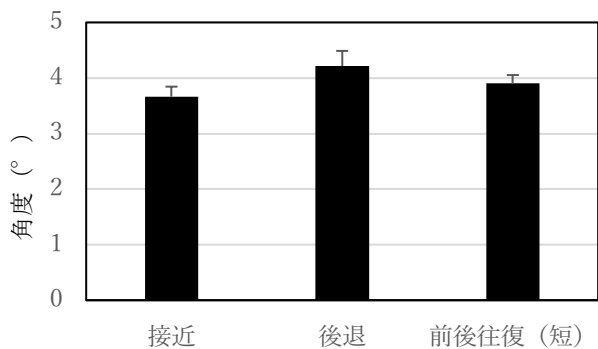


図9 接近運動条件, 後退運動条件条件, 前後往復 (短) 条件の輻輳角の平均値 (大画面スクリーン)。エラーバーは標準誤差を示す。

VR ゴーグル条件において左球が遠近法的に被験者の近傍に位置する場合と遠方に位置する場合に輻輳角の変動が見られた。一方、大画面スクリーン観察時には輻輳角の変動は見られなかった。これは、表示方法の違いが輻輳角の変動の要因になることを示唆していた。また、VR ゴーグル条件において近傍静止条件の輻輳角の平均値の方が遠方静止条件よりも大きいことから、遠近法による奥行情報と矛盾していなかった。これらのことは、大画面スクリーンよりもVR ゴーグルの表示像を3次元空間として認識していたことを示唆していた。つまり、スクリーンよりもVR ゴーグルによる表示像の方が臨場感が高かったことを示唆していた。

表示像の違いにより輻輳角に変動が見られるのであれば、表示像の臨場感の評価値として輻輳角の変動を利用できる可能性がある。つまり、臨場感の指標として表示像観察時の輻輳角が有効である可能性がある。今回の実験では、近傍と遠方に位置する視標の静止像において輻輳角の変動が見られた。しかし、接近、後退、往復と運動する視標では、輻輳角の変動が見られなかった。

、輻輳角を臨場感の指標とするためには、臨場感の程度と輻輳角の変動の程度との関係を調査する必要があるため、今後、輻輳角の変動と臨場感について定量的な測定を行う必要がある。

4. まとめ

本研究では、VR ゴーグル、大画面スクリーンの表示像観察時における輻輳角を測定した。結果、VR ゴーグルの表示像観察時、遠近法的に近傍に表示された球体観察時は遠方に表示された球体観察時よりも輻輳角が大きかった。一方、大画面スクリーンに投影された表示像では、近傍に表示された球体観察時と遠方に表示された球体観察時の輻輳角に差がみられなかった。これらの結果は、表示方式の違いにより、輻輳角が遠近法による奥行情報により変動する場合と変動しない場合があることを示していた。遠近法による奥行き情報により輻輳角が変動するという事は、その表示方式観察時に高い空間性を知覚できることを示唆しており、輻輳角が臨場感等の空間知覚の新たな指標として利用できる可能性を示していた。

謝辞 本研究は 2022 年度東京工芸大学重点的教育研究事業の助成を受けて実施した。

参考文献

- [1] 八子恵子 ” 調節の基礎と臨床” 日本視能訓練士協会誌, 1992, vol. 20, p. 4-10.
- [2] 福島省吾, 森川大輔, 吉川榮 ” 線遠近法による心理的な単眼立体視要因に対する瞳孔反応” 計測自動制御学会論文集, 1999, vol. 35, no. 1, p. 38-45.
- [3] Enright, J. T. “Art and the oculomotor system: perspective illustrations evoke vergence changes” Perception, 1987, vol. 16, no. 6, p. 731-746, (1987)