

## 重畳された実像と虚像における奥行き視線移動に関する研究

## A Study on Depth Gaze Movement in Superimposed Real and Imaginary Images

北野 奨悟<sup>†</sup>      宮下 彩<sup>†</sup>      鉄谷 信二<sup>†</sup>  
Shogo Kitano      Aya Miyashita      Nobuji Tetsutani

## 1. はじめに

Microsoft HoloLens は現実世界の上に虚像を配置することで AR 空間を実装している。また、HoloLens はハーフミラーを使用しているため、虚像の透明度は 50%となっている。先行研究 [1] では、実際に HoloLens を使用した実験を行い、1m 以内の観察距離であれば虚像の奥行きは設定した距離の数値に近い知覚をされることを示した。また先行研究 [2] では、VR と AR では、AR のほうが奥行き知覚の精度が良いことを示している。しかし、これら先行研究では主観による距離評価を用いており、AR 空間での実際の視線移動については検証されていない。また、虚像の透明度に関しても検証がされていない。そこで本研究では、虚像の透明度の変化による奥行き視線移動の影響を視線計測と主観評価によって検証する。この検証を行うために、HTC VIVE Pro Eye を使用し仮想空間にて虚像（透明度で再現）と実像が重畳する環境を再現した。

## 2. 評価実験

## 2.1 実験条件

被験者には、HMD を装着してもらい仮想空間を使用し実験を行った。図 1 に、実験環境の仮想空間の画像を示す。仮想空間では、被験者（座標の原点）から z 軸方向に透明度を持つ画像（以下：虚像と呼ぶ）を約 0.5m、背景画像を約 8m に相当する位置に配置した。この相当する位置とは実際の HoloLens を用いた場合を想定している設定した。HMD の数値としての座標は z 軸の 0.342 と 5.472 に設置している。背景画像には本棚の画像の背景を設定した。また、被験者に見てもらいたい虚像は本の表紙 [3] を張り付けたパネル（奥行きのない虚像）と機械の形をしたオブジェクト（奥行きのある虚像）の 2 種類を用意した。この 2 種類の物体は、透明度を 0%, 20%, 40%, 50%, 70%, 80%, 90%, 95%, 100%に変更できる。本実験では矯正視力を含め日常生活に支障のない視力を有する成人の大学生 12 名が実験に参加した。



図 1 実験環境の仮想空間

今回使用した HMD は視線計測のできる HTC VIVE Pro Eye を用いた。視線の奥行き距離を取得するために、左右の

目の方向ベクトルを取得し、そのベクトルの最接近点を計算することで奥行き注視点を推測した。

## 2.2 実験方法

事前準備としてキャリブレーションを行い、基礎実験を行った。基礎実験では、本実験の虚像と実像の位置に球をそれぞれ設置し 7 秒間ずつみってもらうことで視線の取得を確認して本実験を行った。

最初は、単純な物体を見てもらい実験を行った。まず、虚像の横に設置した赤い球を 3 秒間見てもらい、PC から流れる音が聞こえたら虚像と実像が重畳している方向を 7 秒間見もらった。それを合計 9 種類の透明度を変化させてそれぞれ視線計測を行い、主観評価も行った。評価項目は「見えやすさについて」を 4 段階評価で評価してもらった。実験の評価項目と評点を表 1 に示す。単純な物体で実験を行った後、複雑な物体でも同様の流れで実験を行った。

表 1 評価内容

見えやすさについて

4. 見えやすい
3. やや見えやすい
2. やや見えにくい
1. 見えにくい

## 3. 実験結果及び考察

## 3.1 基礎実験

図 2 に被験者 1 名の典型的な基礎実験の視線移動のグラフを示す。注視点の z 座標、横軸は経過時間 (s) を示している。実線のグラフが 0.5m、点線のグラフが 8m の地点をそれぞれ 7 秒の注視をしてもらっている。0.5m の地点を見ているときは、安定した数値を示している。しかし、8m を見ている際の数値は、かなりばらつきがあるという結果になった。これは遠くを見るほど、不随意運動が起こりやすくなり、その結果、数値にばらつきが出たと考えられる。この傾向は、ほかの被験者の基礎実験の結果からも見られた。また、どちらも数値は設定した値とは異なる結果となった。これは、個人差にもよるが視差距離や装置によるベクトルの取得の仕方によるものと思われる。しかし、数値は異なるが、手前と奥で数値の差が出ることは確認された。また、遠くを見るほど視線移動の差が大きく動くことも確認されたため、本論文では、これらに着目し考察をしていく。

<sup>†</sup> 東京電機大学 Tokyo Denki university

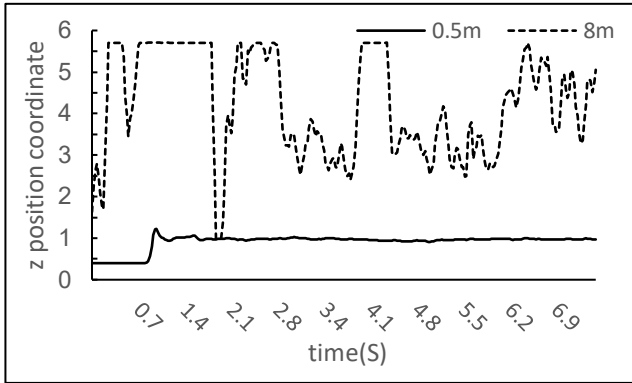


図 2 0.5m 先と 8m 先の奥行き視線移動

### 3.2 本実験 (奥行きが無い虚像 : S 虚像)

S 虚像を対象に行った実験では、透明度が 80%までの実験結果は、ほとんど変化せず一定の数値だった。しかし、90%以上になると数値にばらつきが出始め、95%では大きなばらつきが出るという結果になった。

図 3 に被験者 1 名の典型的な実験の透明度 20% (実線) と 95% (点線) の視線移動のグラフを示す。グラフからも 20%では、ばらつきがほとんど無く一定だが 95%ではばらつきが出ていることがわかる。

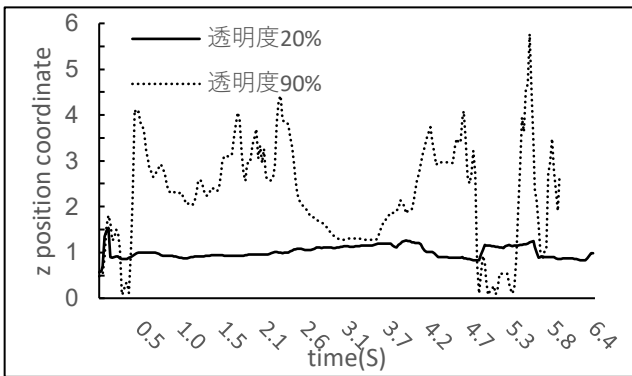


図 3 透明度 20%と 95%の奥行き視線移動

### 3.3 本実験 (奥行きのある虚像 : C 虚像)

C 虚像の実験では、S 虚像の実験と同様で一定の透明度から徐々にばらつきが出るという結果になった。

図 4 に S 虚像と C 虚像の実験での各透明度の奥行き視線移動の差の平均と標準偏差を示す。

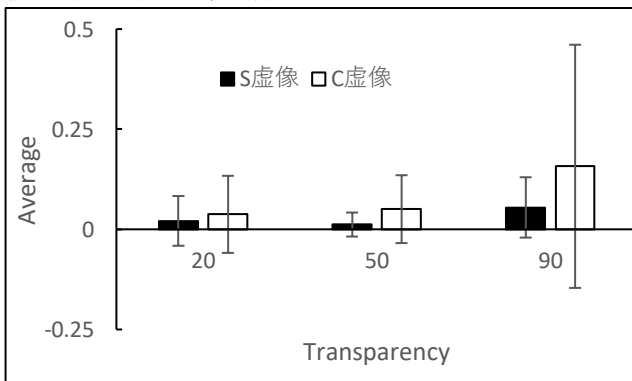


図 4 視線移動の差の平均値と標準偏差の比較

図 4 から各透明度で C 虚像の実験の標準偏差が S 虚像の実験よりも大きい結果となっていて、透明度が低い時点からばらつきがでることがわかった。

数値で比較すると、透明度 20%では、S 虚像の場合の平均値が 0.021、標準偏差が 0.062 に対して C 虚像の場合は、平均値が 0.037、標準偏差が 0.096 となっている。このような違いが出たのは、立体物である奥行きのある虚像の透明度があがることにより、視線が虚像の狭い範囲で頻りに奥行き視線移動をすることでこのようなばらつきが出た結果となったと考える。

### 3.4 主観評価

図 5 は S 虚像 (実線) と C 虚像 (点線) の実験の主観評価の平均値を示すグラフである。

主観評価では、S 虚像と C 虚像の両方の実験において虚像の透明度が上がることに見やすさのスコアが低くなっていることがわかった。また、40%から 90%の間では C 虚像のほうの評価が高くなったことから、奥行きのある立体物のほうが平面よりも認識しやすいことが考えられる。

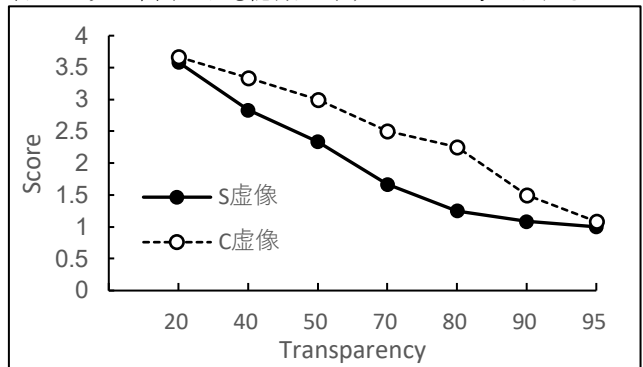


図 5 主観評価の結果の比較

### 4. おわりに

本研究では、虚像の透明度の変化による奥行き視線移動の影響を視線計測と主観評価によって検証した。結果から一定以上の透明度を超えると大きく視線移動が行われることが示された。また、虚像の形状によって、奥行き視線移動の差が変化し、立体物など虚像自体に奥行きがあると、透明度が低くても奥行き視線移動の変化量は大きくなると考えられる。

今回は、視線移動距離の差による考察を行った。今後の展開として、装置の視線ベクトルの取得の設定と遠距離を見た場合の不随意運動を考慮したうえで正しい視線距離の取得ができる環境の改善をしていく。

#### 参考文献

- [1] 中嶋 豊, 竹本 雅憲, 佐藤 俊治, “観察方法の違いが虚像の奥行き知覚に及ぼす影響”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.27, p.141-151 (2022).
- [2] Jiamin Ping; Yue Liu, “Comparison in Depth Perception between Virtual Reality and Augmented Reality Systems”, 2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces, p.1124-1135 (2019).
- [3] 地球の歩き方編集室 (2011). 地球の歩き方 aruco12 バリ島, 株式会社ダイヤモンド・ビッグ社