

# 仮想環境における距離過小評価の検証

坂本 真人<sup>a)</sup>・押川 陵<sup>b)</sup>

## Verification for Distance Underestimation in Virtual Environments

Ryo OSHIKAWA, Makoto SAKAMOTO

### Abstract

In today's society, virtual reality (VR) has become a familiar part of our lives. One example of an actual treatment for fear of heights is virtual reality exposure therapy. As the name suggests, exposure therapy is a treatment method to reduce anxiety by gradually exposing patients to situations and objects that make them feel anxious. Many studies have been conducted in the field of VR, among which I have focused on the study of underestimation of distance within virtual reality space. Although there are some studies that attempt to improve this situation by using different virtual environments or with or without measurement aids, there is still no improvement that leads to accurate distance estimation. Therefore, in this paper, we examine a new approach to find an improvement by verifying from a vertically expanding space.

**Keywords:** C#, Exposure therapy, Unity, Virtual reality, VRG-M02BK

## 1. はじめに

### 1.1 研究の背景

現代社会において仮想現実(Virtual Reality)は我々の生活に身近なものになっている。作家が VR 空間内にて執筆を行ったり、乗り物のデザイン用 CAD に応用したり、津波など災害時の様子を体感したり、手術やリハビリや看護教育など医療分野<sup>1)</sup>に活用されたりと様々な分野で取り入れられている。その中で、高所恐怖症の治療法として仮想現実曝露療法というものがある。曝露療法とは名前の通り、あえて患者が不安を感じる場面や対象に段階的に曝すことで、不安を減少させていく治療法である<sup>2)</sup>。VR を取り入れた仮想現実曝露療法は、通常の曝露療法と同様に効果的であることが証明されており、実際の医療現場でも用いられている<sup>3)</sup>。

本研究では、仮想現実空間内における距離の過小評価に注目した。この距離の過小評価は、仮想現実曝露療法にも関わっている。人間は手が届かない長さである 1m を超える距離にある物体を仮想空間において見る際、物体との間の距離を過小評価する傾向にある。仮想環境の違いや測定補助の有無で改善を試みる研究があるが<sup>4)</sup>、

依然正確な距離推定に繋がる改善策は存在していない。そこで、今回は特に垂直方向に広がる空間から検証することで改善点を見つける新たなアプローチを証明できると判断した。

### 1.2 本論文構成

本論文では、水平方向に広がる空間と垂直方向に広がる空間それぞれで球に対して距離推定を行い、その結果から垂直方向に広がる空間を用いた正確な距離評価に繋がる手がかりを求める。

論文の構成として、第 2 章では本論文の実験で使用した機器の説明と実験方法の説明を行う。第 3 章では実験結果をまとめ、第 4 章にて考察を行う。第 5 章では本論文全体を通した結論を述べる。

## 2. 研究手法

### 2.1 開発環境

開発環境として Windows 11 Home を、実験を行う仮想空間の構築には Unity 2021.3.24f1 を使用した。その際、スクリプト言語として C# を用いている。Unity で作成した映像の投影には、Android Google Pixel 4a を ELECOM 社が販売している VR ゴーグル (VRG-M02BK)

a) 工学基礎教育センター教授

b) 情報システム工学科学部生

に装着し行っている。

## 2.2 実験方法

本論文では、実験参加者に水平空間ならびに垂直空間にて口頭で距離推定を行った後、データから分析を行う。水平空間は、奥行×横×高さ =  $8\text{m} \times 6\text{m} \times 4\text{m}$  の大きさで構成された閉鎖空間となっている (図 1)。



図 1. 水平空間.

垂直空間は縦×横×深さ =  $4\text{m} \times 6\text{m} \times 8\text{m}$  の大きさで構成されている (図 2)。

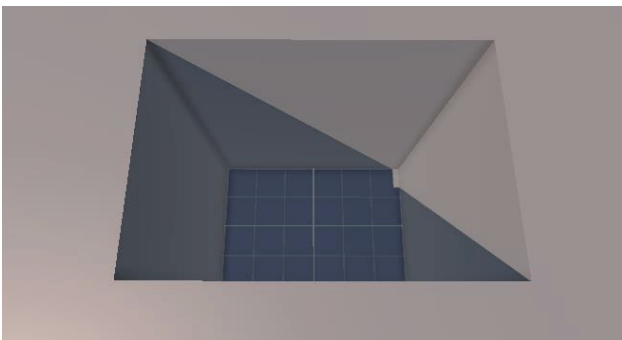


図 2. 垂直空間.

観測者の視線の高さはともに  $150\text{cm}$  で固定されており、この空間上に直径  $12\text{cm}$  の球を表示する。

実験内容として、実験参加者による距離推定は口頭で回答後に推定結果を記録する。

距離推定では、空間上に同時に表示される 8 個の球に対して、実験参加者にそれぞれ 1 つずつ距離を答え頂く。表示される球の距離は、視点からそれぞれ個人周辺空間の距離に当てはまる  $0.4\text{m}$ 、 $0.7\text{m}$ 、 $1\text{m}$  と個人外空間の距離に当てはまる  $1.5\text{m}$ 、 $2\text{m}$ 、 $2.5\text{m}$ 、 $3.5\text{m}$ 、 $4.5\text{m}$  となっている。個人周辺空間とは、人間が凡そ手の届く範囲である  $1\text{m}$  以内のことを指し、個人外空間とは  $1\text{m}$  を超える距離を指す。この 8 つの球を水平空間、垂直空間にてそ

れぞれ並びの順番のみを入れ替えて表示する。

また、本論文では球に対する口頭での距離推定以外に、距離の間隔の推定を行った。球を表示しない状態で  $1.5\text{m}$  の等間隔で並べられた縦  $5\text{cm}$ 、幅  $120\text{cm}$ 、高さ  $3\text{cm}$  の赤いブロックを表示し、実験参加者にはブロックの間隔を口頭で推定して頂く (図 3)。

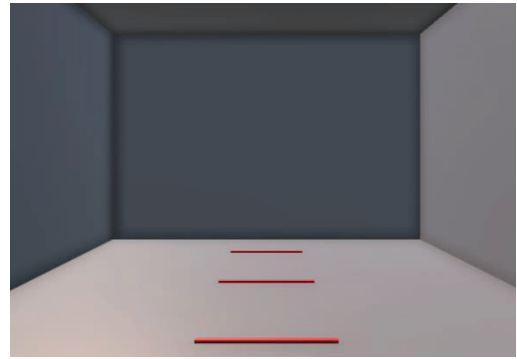


図 3. ブロックの間隔.

## 2.3 実験の流れ

実験には、20~22 歳の男性 4 名、女性 6 名の合計 10 名に参加して頂いた。実験の流れは、以下の(1)~(5)の順になる。

- (1) 実験内容説明
- (2) VR ゴーグル調整
- (3) 水平空間での距離推定
- (4) 垂直空間での距離推定
- (5) 実験後アンケートへの回答

具体的には、次の通りである。

- (1) 実験内容説明

実験参加者には、実験開始前に実験内容が口頭での距離の推定であることを説明した。その際、表示される球の大きさを実感してもらうために、硬式テニスボール 2 個を握って頂いた。硬式テニスボール 1 個の大きさが  $6.54\text{cm} \sim 6.86\text{cm}$  であるため、2 個分で表示される球の大きさと凡そ同じ約  $13\text{cm}$  となるからである。

- (2) VR ゴーグル調整

今回使用する VR ゴーグルは、ずれ落ちるのを防止するためのベルト調整と、両目それぞれのピント調節ならびに目幅調節が必要なため、参加者全員に行って頂いた。その際、球を 1 個表示して、それを基準に実験を行った (図 2)。

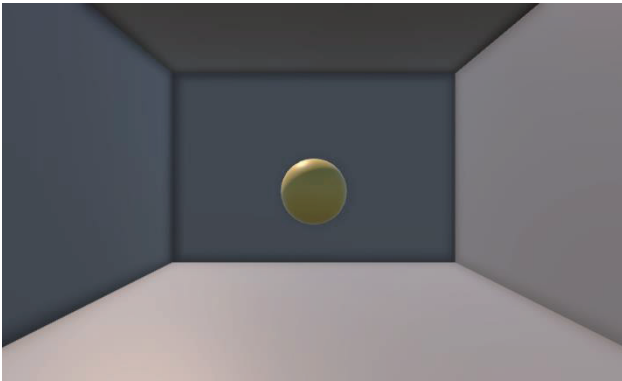


図 2. ゴーグル調節時の画面.

(3) 水平方向に広がる空間での距離推定

水平方向に広がる空間内の高さ 150cm に球を 8 個同時に表示し、実験参加者はキーボードで左右に移動しつつそれぞれの球に対して口頭で距離推定を行って頂いた (図 3)。

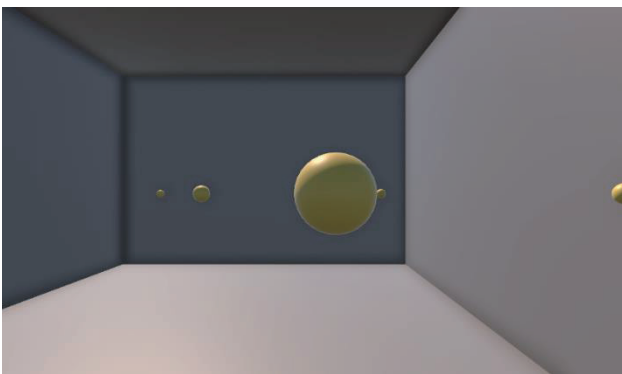


図 3. 水平空間での球の表示.

8 個の球の距離推定を行った後、実験参加者には引き続きブロック間の間隔の推定を口頭で行って頂いた。

(4) 垂直方向に広がる空間での距離推定

垂直方向に広がる空間での実験では、球の距離の推定の前に、実験参加者が奥行きをより感じられるよう直径 15cm のボールを 4 個落下させて見て頂いた (図 4)。

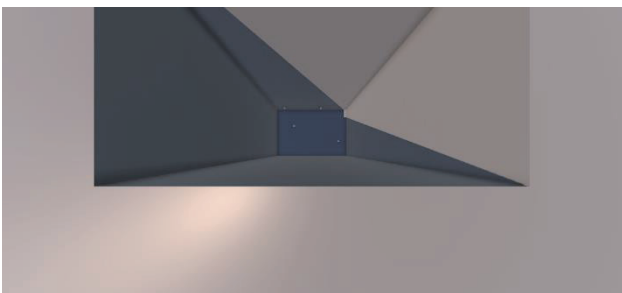


図 4. ボールの落下.

その後、水平空間と同様に 8 個の球に対して視点から球までの距離を口頭で推定して頂いた。この時の視点の高さは水平空間と同様に床から 150 cm となっている (図 7)。

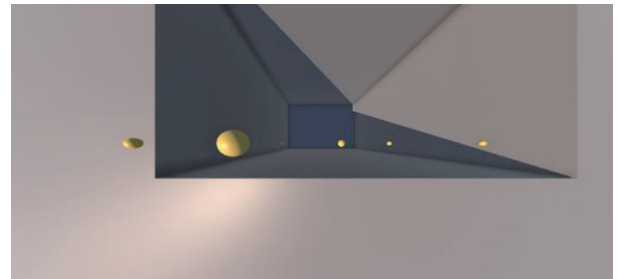


図 7. 垂直空間での球の表示.

8 個の球の距離推定後、ブロック間の間隔の推定を口頭で行って頂いた。

(5) 実験後アンケートへの回答

実験終了後、実験参加者にはアンケートに回答して頂いた。アンケート内容は以下の通りである。

○実験時の眼鏡、コンタクトの使用状況

「はい」、「いいえ」

○過去の VR 体験回数

「0 回」、「1 回」、「2 回以上」

○実験時、VR 酔いを感じたか

「とても感じた」、「少し感じた」、「感じなかった」

○実験参加者による自由記述

### 3. 実験結果

参加者の距離推定の回答より得られたデータからスミルノフ・グラブス検定を用いて外れ値を導き出した後、平均距離を導き出した。水平方向に広がる空間での距離推定結果は表 1 の通りとなり、一般的に過大評価が見られる結果となった。

表 1. 水平方向に広がる空間での距離指定結果.

正規距離(m)	0.40	0.70	1.00	1.50	2.00	2.50	3.50	4.50
平均距離(m)	0.49	1.10	1.80	2.11	2.33	2.74	4.06	5.05
標準偏差	0.32	0.69	1.40	1.41	1.50	1.74	2.38	2.77

ブロック間の間隔の平均推定距離は 2.33m となった。一方、垂直方向に広がる空間での距離推定は表 2 の通りとなる。

表 2. 垂直方向に広がる空間での距離推定結果.

正規距離(m)	0.40	0.70	1.00	1.50	2.00	2.50	3.50	4.50
平均距離(m)	0.33	0.72	1.34	1.54	2.38	2.59	4.46	4.81
標準偏差	0.19	0.41	0.95	0.89	1.64	1.35	2.99	2.64

こちらも全体的に過大評価が見られる結果となった。ブロック間の間隔の平均推定距離は 2.12m である。

水平方向、垂直方向ともに過小評価を行う回答者が少なく、距離を過大評価した回答が多く見られた。

アンケートの回答として、VR 未経験者と VR 経験者の割合が等しかったが、それぞれに 1 名ずつ実験中に VR 酔いを感じたと答えた方がいた。

#### 4. 考察

今回の実験結果から、水平方向に広がる空間での距離推定と垂直方向に広がる空間での距離推定ではともに過大評価が多くみられた。過小評価ではなく過大評価が多くみられた要因と考えられるものの一つとして、アンケートの回答に「モニター上の映像と比べて、ゴーグル上の映像だと遠距離にあるオブジェクトが少し見づらく感じた。」という回答があったように、過去の実験の多くが HMD (Head Mounted Display) を使用しており、機器の違いによる結果の変化が生じたのではないと考えられる。また、「距離を何 m 単位で聞かれることが普段なく、難しかった。」という回答が多くあったため、実験参加者たちが推定した基準や共通点の調査をすべきだったと考えられる。ただ本論文の実験結果より、水平方向に広がる空間での距離推定結果に比べて垂直方向に広がる空間での距離推定結果の方が、距離をより近くに推定できることがやや多かったため、今回の実験では見つけられなかった要素が影響している可能性も考えられる。

#### 5. おわりに

本論文では、実験で参加者に水平方向に広がる空間と垂直方向に広がる空間内でそれぞれ距離推定をして頂き、その結果から垂直方向での推定による新たな距離推定の改善点の解明を考えた。結果として、垂直方向に広がる空間での距離推定による有意な改善点を

見つけることはできなかったが、水平空間と比べ、より正確な距離推定ができる結果が見られた。また、間隔における距離の推定でも水平空間に比べて垂直空間に対してより正規距離間隔に近い平均推定が見られた。

これらの結果から、垂直方向に広がる空間での距離推定には距離を正確推測する要素が含まれていると考えられる。しかしながら、本論文の実験には反省点が多く、今回の実験ではデータ数が少なく、視力矯正有無の偏りもあった。そのため、男女比及び視力矯正有無の比率がそれぞれ等しい実験データがより多くあると結果に正確性が増し改善点の解明に繋がると考える。

本実験を通じて、参加する方々の年齢、実験機器や環境によって先行研究と比べて結果が変わる可能性があることがわかった。そのため、本論文の実験の反省点を見つめ直し、より明確な改善点が得られるように研究を行う必要がある。

最後に、研究の遂行にあたり、快く実験に参加頂き、多大なご助言を頂いた皆様に感謝の意を表す。

#### 参考文献

- 1) ジオマテック株式会社：“医療分野で活躍している AR/VR の現在と今後” (参照 2024/2/8) [Online].  
<https://www.geomatec.co.jp/column/medical-care-arvr.html>
- 2) 厚生労働省：“エクスポージャー療法”, e-ヘルスネット[情報提供] (参照 2024/2/7) [Online].  
<https://www.e-healthnet.mhlw.go.jp/information/dictionary/heart/yk-006.html>
- 3) Anderson, P. L., Price, M., Edwards, S. M., Obasaju, M. A., Schertz, S. K., Zimand, E., and Calamaras, M. R :  
“Virtual reality exposure therapy for social anxiety disorder: A randomized controlled trial”, Journal of Consulting and Clinical Psychology, Vol.81, No.5, pp.751-760, 2013.
- 4) C. Armbrüster, M. Wolter, T. Kuhlen, W. Spijkers, and B. Fimm : “Depth Perception in Virtual Reality: Distance Estimations in Peri- and Extrapersonal Space”, CYBERPSYCHOLOGY & BEHAVIOR, Vol.11, No.1, pp.9-15, 2008.