



VR 空間における動的物体の強制遠近手法の提案とその応用

Development and Application of a Forced Perspective Technique for Dynamic Objects in VR Environments

加藤義春¹⁾, 外山昂久¹⁾, 正木智也¹⁾, 水谷賢史¹⁾

Yoshiharu KATO, Kenji MIZUTANI, Takahisa TOYAMA, Tomoya MASAKI

1) 東海大学 工学系研究科 (〒259-1193 神奈川県伊勢原市下糟屋 143, 5CEYM002@tokai.ac.jp)

概要: 本研究では VR 空間内における動的物体のための新たな強制遠近法の手法とその応用可能性を示す。通常、眼球が動的物体の像を捉える際、視野角が変化することで自身と物体との距離感覚を取得する。今回、私たちが提案する手法は、その視野角が変化しない調整を動的物体に施すことにより、物体のサイズ変化による距離感覚を消失させる錯視手法である。この手法は視覚情報処理における予測メカニズムの解明に寄与する。

キーワード: 視覚, 錯覚, 遠近感

1. 背景・目的

仮想現実 (VR: virtual reality) においては、現実で再現困難な現象を疑似的に表現することが可能である。これを踏まえ、VR 空間内で、視覚手がかりの誘導によって錯視や知覚の変化を引き起こす研究が盛んに行われている。この分野の研究は、物理的空間 (physical space) と仮想空間 (virtual space) の融合を考える上で非常に重要なトピックと考えられる[1]。中でも私たちが物体を知覚し、物理的空間と仮想空間でのメカニズムの差異はさらなる研究が必要である。特に動的物体のサイズを認識する上で重要な要素であるサイズ恒常性 (size constancy) の研究は非常に重要である[2]。

従来研究ではサイズ恒常性の維持メカニズムに焦点をあてて研究されてきた[3]。一方、動的物体のサイズ恒常性の破綻を引き起こす実験手法は仮想空間でのみ再現可能な新たな試みであり、この現象の有用性が検討されてきていない。本稿では VR 空間内におけるサイズ恒常性を消失させる実験を行い、その結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 実験環境

本実験の環境はすべて Unity (ver: 2022.3.33f1) を用いて作成した。図 1 は実験の概要を示したものである。

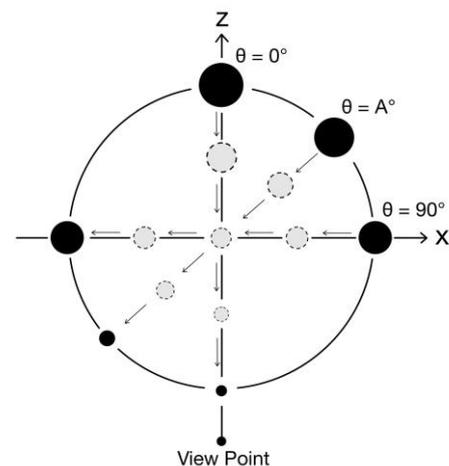


図 1 : 実験イメージ図

本実験では X-Z 平面に設置した円周上の始点から反対側の終点へと球体(Sphere)が移動する様子を被験者に見せる。始点は、図 1 上での $\theta = 0$ [deg] から、 $\theta = 90$ [deg] まで 5 [deg] ずつ回転移動させて、全部で 19 通りの軌道条件を用意した。実験では被験者の恣意性を考慮し、これらの条件はランダムに提示した。

また、ヒトの視野角は物体の移動に合わせて変化するが、本実験ではこの中心視野を変化させないように物体のサイズを変更した。つまり物体が被験者の座標に対して近位に位置するときは小さく、遠位に位置するときは

大きく表示させることで被験者から見た物体のサイズは常に一定となる。

物体サイズの調整を考えるうえで、まず中心視野の定義を図2に示した。

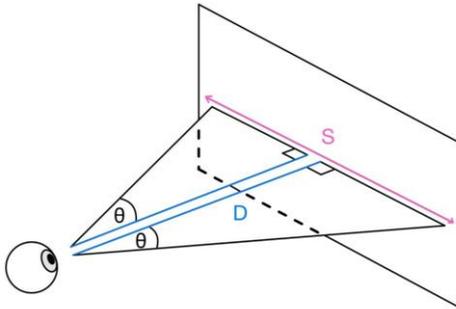


図2: 視野角イメージ

図2に示した通り、人間の視野角は物体の大きさを S 、物体と眼球との距離を D としたときにできる二等辺三角形の頂角 θ と定義でき、次式で表すことができる。

$$\theta = 2 \tan^{-1} \left(\frac{S}{2D} \right) \quad (1)$$

今回作成した視覚効果は D が変化した際、 θ が一定となるように S を変化させる。このとき初期状態の距離と物体のサイズはそれぞれ $D(I)$ と $S(I)$ 、終了状態の距離と物体のサイズは $D(F)$ と $S(F)$ と定義すると次式が成り立つ。

$$S(F) = S(I) \times \frac{D(F)}{D(I)} \quad (2)$$

式(2)より、始点にある初期状態と終点にある終了状態における被験者と物体との距離とサイズの値を算出した。条件間で物体の見かけ上のサイズが変化しないよう、事前に初期値のサイズを算出した。その後、被験者と動的物体の絶対距離の関係における最小値と最大値で範囲を設定し、物体のサイズを被験者との距離に応じて線形変化させることで、各条件で物体の見かけ上のサイズが変化しないように調整した。

2.2 実験プロトコル

図3に実験プロトコルを示した。

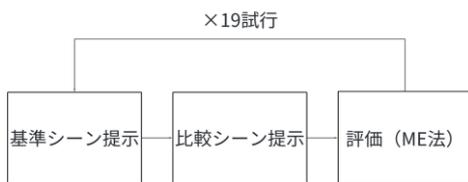


図3: 実験プロトコル

まず被験者にヘッドマウントディスプレイ (Vive Pro Eye) を装着してもらい、基準シーンを 100 とし、対する比較シーンにおける距離を ME 法にて評価してもらった。この流れを1試行とし、全19条件をランダムに実施した。また、シーン開始時には首振りを使用し、画面上に描画される Sphere を注視するよう被験者に伝えた。

3. 結果

以下に角度ごとの距離感覚の平均値をグラフ化したものを示した。

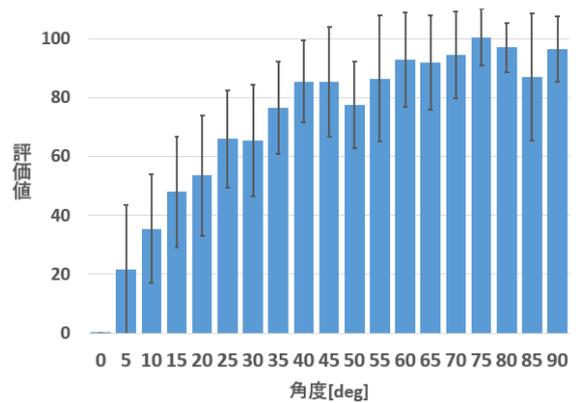


図4: 角度ごとの距離感覚の推移

全体の平均値の推移は、被験者に対して 0 [deg] に近いほど評価値が減少することがわかった。また、実験前では 90 [deg] 時に平均値が最大になると予想していたが、実際には 75 [deg] 時の値が最大となった。さらに、10人中2人が網膜に映る物体の大きさは変化しないにも関わらず、物体の大きさが変化したと回答した。またその現象が具体的にどのシーンで起こったのか質問したところ、基準シーンに対して比較シーンの軌道が長く見えた時に起こったと回答した。

実験終了後に今回の錯覚効果の内訳を説明し、さらに同じ実験を被験してもらったが同様の錯覚効果を得られた。

4. 考察

今回の実験では網膜に映る動的物体の大きさが変化しない、特殊な条件下実験を行った。その結果被験者の遠近感覚は異常をきたし、正確な距離を認識することが出来なかった。この現象から、網膜上での物体サイズ変化は私たちの遠近感覚を構成する大きな要因であると改めてわかった。ヒトの脳は過去の経験に基づいた知識やルールに大きく依存している[4]との先行研究結果と一致した。

次に 75 [deg] 時の平均値が最大になったことの要因としては実験環境の影響が挙げられる。基準シーンの停止座標と 75 [deg] 時の停止座標の変化が影響していた。被験者の視点が基準シーンより左位になってしまう、つまり

体性感覚的に長いと感じてしまう境界を算出したところ、 θ が 15 [deg] 以上でこのような現象が起きてしまうとわかった。このことから被験者と動的物体との位置関係を再度考慮する必要があることがわかった。

実験終了後にいただいた意見に関しては考察の余地がある。私たちが構築した実験環境は脳内におけるサイズ恒常性 (size constancy) の機能を意図的に破綻させるような構造になっており、その結果被験者は動的物体の位置に関する誤認識を起こしていると考えられる。しかし、実験終了後にサイズが変化したと回答した被験者がいたことから、これらの被験者ではサイズ恒常性が環境に抗う形で働いたのではないかと考えた。ヒトの脳内では物体の大きさを一定に保とうとする傾向があり、これが働くことで物体サイズの恒常性が保たれている[5]とすると、本来変化する物体のサイズにサイズ恒常性が働くことで動的物体におけるサイズ変化の錯覚が起きていた。しかし、サイズ恒常性における大きさと距離のスケーリングに関するメカニズムは複数存在していると考えられているため、このことについては今後更なる議論が必要である[6]。

最後に本実験の錯視手法についてだが、実験終了後に被験者に錯覚効果の内訳を知らせたにも関わらず、同様の錯覚効果が得られたことから、作成した錯覚効果の強度は高いことが伺え[7]、応用が期待できる。

5. むすび

本研究はVR空間上でサイズと距離のスケーリングを逆転させるという新たな手法を提供する。この手法は知覚

及び視覚分野における新たな知見や視点を提供するとともに、この分野におけるXR技術の応用にも貢献すると考えられる。また、この手法の応用可能性については、今後更なる議論が必要となる。

参考文献

- [1] M. González-Franco and J. Lanier : Model of illusions and virtual reality, *Frontiers in Psychology*, vol. 8, p. 1125, 2017.
- [2] I. Sperandio, P. A. Chouinard, and M. A. Goodale : The mechanisms of size constancy, *Multisensory Research*, vol. 28, no. 4-5, pp. 253-283, 2015.
- [3] A. Rzepka, H. Hecht, and L. L. Chuang : Familiar size affects perception differently in virtual reality and the real world, *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 378, no. 1869, p. 20210464, 2022.
- [4] H. Helmholtz : *Handbuch der Physiologischen Optik*. Voss, Leipzig, in Germany, 1867.
- [5] R. L. Gregory : Distortion of visual space as inappropriate constancy scaling, *Nature*, vol. 199, pp. 678-680, 1963.
- [6] I. Sperandio, R. Whitwell, P. A. Chouinard, M. A. Goodale : Preservation of size constancy for action, but not perception, in a patient with bilateral occipital lesions, *J. Vis.*, vol. 12, No. 9, p.837. 2012.
- [7] Z. Pylyshyn : Is vision continuous with cognition? The case for cognitive impenetrability of visual perception, *Behav. Brain Sci.* vol, 22, pp. 341-365, 1999.