



# 恒常法に基づく仮想環境を用いた 鏡像の知覚距離

岡田 侑真<sup>1)</sup>, 大井 翔<sup>1)</sup>, 松村 耕平<sup>1)</sup>, 野間 春生<sup>1)</sup>, 東山 篤規<sup>2)</sup>

1) 立命館大学院情報理工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

2) 立命館大学総合心理学部 (〒567-8570 大阪府茨木市岩倉町 2-150)

**概要**：鏡に映る鏡像が実像よりも近づいて見える現象は存在することが知られているが、まだその要因は解明されていない。この要因を解明する為、HMD を使用し仮想環境で実験を行なった。先行研究の結果から実験・回答方法に問題があったと考え、回答方式を簡易化し、かつ運動視差による距離推測が行われない様に恒常法を用いた認知実験を行ったが、現実の現象とは逆に鏡-鏡像間の知覚距離が鏡-実像間の知覚距離よりも長くなる傾向が示された。この結果から、回答方式や実験方法に関わらず、HMD で表現する仮想環境では再現しきれない単眼の手がかりやプラスチック効果といった現実世界の要素が、この鏡世界縮小現象の要因になっていると考えられる。

**キーワード**：複合現実, 心理実験, 鏡, 認知科学

## 1. はじめに

鏡に映る鏡像を観察したとき、その鏡像が実像よりも近づいて見えるという現象がある。鏡台で鏡に映った自分を見ると、鏡の中の自分の位置は光学的には鏡を挟んで等しい位置にあるはずだが、その位置が観察者に近づいて感じられる現象などがこの一例として挙げられる。本稿ではこの現象を鏡世界縮小現象と名付ける。Higashiyama and Shimono の行った先行研究では、鏡を通して見る被験者の後方にある物体までの距離を口頭で回答させたとき、全体的に実際の距離よりも推定距離が短くなっていた [1]。つまり、本来はこの実像-鏡間と鏡-鏡像間の 2 つの距離は光学的には等しいはずであるが、被験者からの実像までの距離と比較して、鏡に反射して観察される鏡像までの距離が短く感じる傾向があるという結果が得られた。現実世界で起こる現象と同様の傾向が示されている。

認知科学における研究の目的は、認知過程のモデル化である。提示する刺激(環境)の条件を変えながら実験を行い、人間の応答を観察し、その結果からモデル化を実現する。しかし、現実の制約があるがために、その制約の中でしか実験条件を変えられない。鏡世界縮小現象においては、鏡に映る鏡像に関する実験を行う際、制約となるのは実像や鏡像、どちらか一方のみを動かすことは出来ないということである。

そこで本研究では現実の制約を拡張するために拡張現実環境を用い、その制約を外すことで認知モデルの構築に

必要な実験条件を仮想的に実現することをめざしている。筆者の先行実験 [2]では仮想環境上に CG で実像、鏡像を提示し、現実の鏡を挟んでその二つの像を観測させ、CG を被験者に動かしてもらい、被験者の感じる実像-鏡像の距離関係を解析した。その結果、現実世界や東山の先行研究とは逆に、鏡の中の世界が広がって感じられるという結果を得た。この結果は仮想環境を認知実験の拡張として用いる以前に、仮想環境が現実を正確に提示できていない可能性を示している。

本稿では、そのような現象が生じた要因を同定するために、筆者の行った先行研究で逆の結果が得られた原因として被験者に像を動かさせたことによる運動視差や被験者の混乱という要因が起因していると仮説を立て、筆者の先行研究での実験より条件や回答方法を簡略化した、恒常法による心理実験を行った。

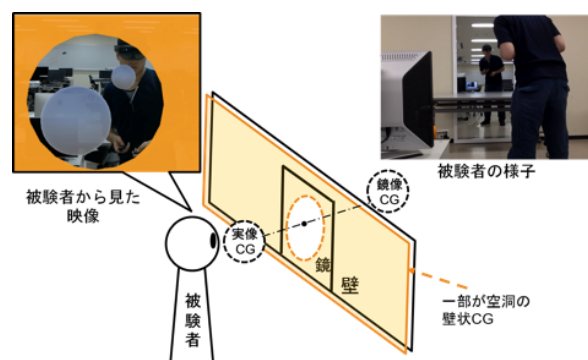


図 1 実験環境の模式

Yuma OKADA, Sho OOI, Kohei MATSUMURA,  
Haruo NOMA, and Atsuki HIGASHIYAMA

## 2. 拡張現実環境を用いた認知実験環境

実験環境は、丸い鏡を壁に取り付けた状況を再現した。ここでは、被験者にシースルー型 HMD である HoloLens を装着させ、図 1 に示すように十分に大きな鏡を設置した壁の前に立ってもらった。鏡のある平面と同じ場所に、同じ大きさの壁状 CG を提示する。壁状 CG は一部が CG で円形に切り抜かれており、切り抜き部分は現実空間を隠蔽することなくそのまま映し出している。そのため、被験者後方の室内の様子を反射している鏡をそのまま見ることができた。一方、それ以外の部分は色付きの CG の提示により、被験者正面の現実の壁や鏡を光学的に隠蔽していた。

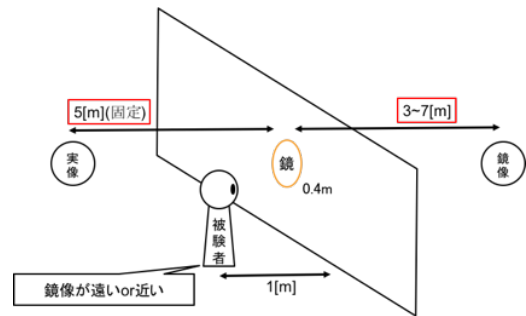


図 2 恒常法による実験条件

## 3. 先行実験における鏡世界縮小現象の評価

先行実験として、オブジェクトの位置、鏡の大きさ、被験者の立ち位置に加えて、実像と鏡像のどちらを比較対象として観測するのかといった条件が、鏡世界の位置知覚に影響すると仮定し、調整法による心理実験を行った[2]。

被験者には、前述の鏡のある環境のもとにおいて、実像オブジェクト、あるいは鏡像オブジェクトのいずれか一方が固定された状況下で、もう一方の非固定オブジェクトを移動させる試行をさせた。見かけ上、実像オブジェクトと鏡像オブジェクトが鏡像関係にあると感じられる場所にオブジェクトを移動させるように指示をした。

得られた結果を基に鏡の大きさによる違いと、どちらの像を比較対象基準として考えるか、被験者の立ち位置による違いについてのデータを解析したところ、どの条件下においても、鏡の中の世界が広がって感じられているという結果を得た。また、鏡の大きさ条件、像の移動条件、固定像から鏡までの距離条件の全てで t 検定において有意差は見られなかった ( $p > 0.05$ )。また立ち位置による値の違いは、固定される像が 2m 時のみ、実像鏡像どちらの場合も t 検定において有意差があることが示された ( $p < 0.05$ ) が、それ以外の条件下では有意差は見られなかった。

つまり、仮想環境を用い、被験者に実像や鏡像を動かしてもらった調整法による実験では、全ての条件下において鏡の中の世界が広がって感じられているという結果を示し、現実世界で起こる鏡世界縮小現象と真逆の結果が得られている。

## 4. 恒常法による鏡像位置の認知実験

### 4.1 仮説

筆者の行った先行研究では、全ての条件下で現実世界の現象と逆の結果が得られた。この結果が得られた理由に対して、新たに仮説を検討し、以下の 4 つの仮説を検討した。

- (1) 仮想環境で与える空間的な情報が現実環境と同様に提示できるという前提が不十分である
- (2) 鏡の形状、大きさによる違いがある
- (3) 現実では起こり得ない鏡像を動かすという事象に関して被験者が混乱した

### (4) 動かす像の運動の見かけの大きさによる距離推測が行われた

まず (1) については、仮想空間上において、ヒト認識過程、あるいは、デバイスの影響を含めて、何らかの要因でみかけの距離の縮小や拡張が起こっている可能性が考えられる。しかし、著者の先行実験で距離比較をさせている対象の実像と鏡像はどちらも仮想環境上の CG であり、仮想環境上で空間が伸縮していたとしても、お互いに影響するために相互の距離の比率には数学的、光学的には差異が発生し得ないと考えられる。次に (2) については、Higashiyama and Shimono の行った研究では手鏡を用いており、筆者の先行研究では姿見を用いて実験が行われている。この違いが発生している可能性が考えられるが、実験では姿見を小型にくり抜く形で CG による隠蔽をしている。これにより擬似的に手鏡の大きさの再現を行なっている。以上の検討から残った (3) と (4) の仮説を対象に実証実験を実施した。

### 4.2 検証方法

被験者には 3 章の先行実験と同じように HoloLens を装着してもらい、HMD 上で鏡を挟んだ場所に実像オブジェクトと鏡像オブジェクトを CG で提示させる。

今回の実験では常に実像オブジェクトの表示場所を固定し、鏡像オブジェクトをランダムな位置で表示させた。被験者は像を動かすことはできず、鏡から鏡像までの距離が、鏡から実像までの距離よりも大きいか/小さいかを判断した (図 2)。これにより被験者の選択が簡易化され、

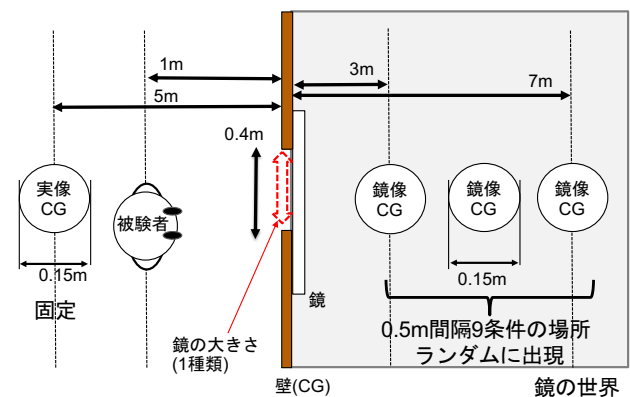


図 3 実験条件

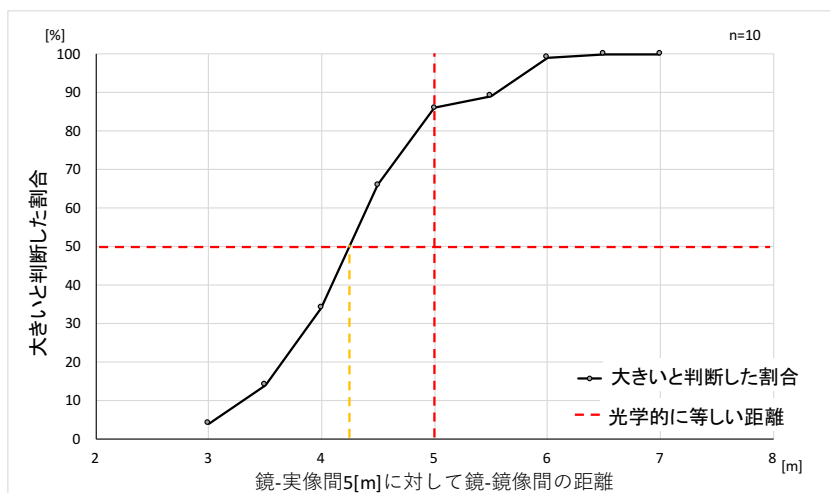


図4 鏡から鏡像までの距離が大きいと答えた割合

混乱を低減した (仮説 3)。加えて被験者が像を移動させる必要がなくなったことにより、運動の大きさによる距離推測も排除された (仮説 4)。

被験者が「大きい」と答えた割合から、鏡像と鏡の距離がどれだけ離れているときに、実像と鏡の距離に等しく感じられていたかを定めることができる。

#### 4.3 実験条件

本実験では実像の提示場所を鏡から 5m に固定し、鏡像の距離を鏡から逆方向に 3～7m の範囲で 0.5m 刻みにした 9 距離に提示した。鏡の大きさは直径 0.4m であり、球体 CG の大きさは 0.15m とした (図 3)。

被験者には 10 人の大学生あるいは大学院生を用いた。各被験者に対し、鏡から鏡像までの 9 距離をランダムに提示し各距離の提示が 10 回に達するまで繰り返した (総計 90 回)。条件の提示順序はランダムであった。

#### 4.4 実験結果

結果を図 4 に示す。鏡像までの距離が大きいと答えた割合は、鏡-鏡像間の距離に対して、S 字カーブを描いた。従って、鏡から鏡像までの距離が大きいと答えた割合が 50% となるところ、つまり大きいという反応と小さいという反応が等しくなる距離が、鏡と実像の距離と等しく感じられたことになる。本実験では、50% に相当する距離は  $x \times \text{cm}$  なので (図 4 より推定)、鏡から実像までの距離 5m よりも小さい。これは筆者の行った先行実験に一致するが、東山の研究や現実現象で見られる鏡世界縮小現象と逆の結果である。

#### 4.5 考察

実験結果より、今回検証する仮説として立てた (3)(4) は棄却された。被験者は単純な大きいか/小さいかの回答方法であっても、物体位置を動かして光学的な鏡像位置を調整する先行実験同様に、仮想空間上で提示した鏡像を実像鏡間の距離よりも近く知覚する傾向が得られ、鏡の中の世界が広がっているという知見が得られた。

これにより今回検証しなかった仮説 (1), (2) またはそれ以外の要素に逆の結果が得られた要因があると考えられる。

まず仮説(1)について、実像と鏡像の提示が、HMD を介した仮想環境であることそのものに起因した可能性が考えられる。例えば実像-観測者-鏡の位置関係の時、現実の鏡だけの観測であれば、鏡に映る世界は鏡-観測者-鏡像の位置関係となり、鏡に映る観測者が鏡像を隠すように重なる。しかし、今回の HMD を用いた提示では、鏡-被験者-鏡像 (CG) となる位置に投影されるが、実際に被験者から見る映像は鏡-鏡像 (CG)-観測者となってしまう、本来後ろに存在するはずの鏡像が、鏡に映る観測者を隠すように重なって観測されてしまう。人間の単眼での奥行認識情報として重要な、手前のモノが奥のものを遮蔽するという重なり効果 [3] がこの点で失われている可能性もある。加えて、その他の単眼手がかりとして疎密や影という項目が現実世界と比べて満足に与えられていないことも、距離感の認識に影響を与えていると考えられる。

次に仮説 (2) について、手鏡と姿見の観測の方法の違いも考えられる。姿見は固定されているのに対し、手鏡は手に持って観測され、固定されない。この観測方法の違いも距離知覚に影響していると考えられ、仮想世界に反映させる必要がある。

また、これらの (1) - (4) の仮説以外に考えられることとして、HMD に映る映像は 2 次元画像、3 次元画像どちらに近いのかという議論があげられる。東山は HMD や鏡の中の視空間を 2.X 次元と表現している [4]。鏡に映る 3 次元情報に関しては、奥行きが縮まって見えることが知られているが、鏡に映る 2 次元情報に関しては逆にその 2 次元情報の奥行きが深まって感じられる、プラスチック効果と呼ばれる現象があることが先行研究で明らかになっている [5]。これを鑑みると HMD と鏡を併用することによるデバイス特有の要因による認識の差異が認知距離に影響していることも考えられる。

## 5. まとめ

仮想空間と現実空間を組み合わせた拡張現実環境で、現実空間ではできない、実像や鏡像の距離関係を独立して変更できる環境で鏡の心理実験を行った。実験方法を

変えても現実の鏡で感じられる、鏡像が実像よりも近づいて感じられる鏡世界縮小現象と真逆の結果が得られた。

本研究の目的は、本来は心理実験の限界を仮想環境によって置き放ち、より自由度の高い実験環境を提供する事で、ヒトの認識モデルを構築する研究を支援することにある。しかし、一連の実験の結果として HMD というデバイスを用いた仮想空間で、現実世界で確認される鏡世界縮小現象と逆の傾向が得られたという事実は、新たな認知特性が発見されただけでなく、仮想世界を今後実用化していく上で、大きな課題であると言える。この現象が、ひとが仮想世界を認識する過程が影響しているか、あるいはデバイス特有の要因がヒトの認識過程に影響しているのかは、現段階では判断できない。今後は現段階で考察した各仮説を検証するための追加実験を実施し、より詳しい要因の検討を行い、人間が鏡の世界を認識する際のモデルを構築する。それとともに、より現実に即した仮想環境、つまりは、現実同様に鏡世界縮小現象が認識される仮想環境の構築を目指し、仮想環境を提示するデバイスの改良に寄与する。

#### 参考文献

- [1] Higashiyama, Atsuki and Koichi Shimono (2004) Mirror vision: Perceived size and perceived distance of virtual images *Mirror v of Perception & Psychophysics*,66(4),679-691.
- [2] 岡田侑真,野間春生,松村耕平,東山篤規「仮想環境を用いた鏡像の知覚距離認識の差異に関する実験」,『第22回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集』1025-1028,2017.
- [3] 長田昌次郎「視覚の奥行距離情報とその奥行感度」,『テレビジョン』,31(8),649-655,1977.
- [4] 東山篤規「鏡の中の资格的空間」,『日本バーチャルリアリティ学会誌』22(4),15,2017.
- [5] Atsuki Higashiyama, Koichi Shimono: Apparent depth of pictures reflected by a mirror: The plastic effect. *Atten Percept Psychophys* ,74,1522-1532,2012.