

AR コンテンツにおける影と音の錯覚に関する研究

細井一成^{†1} 児玉幸子^{†1}

概要: 近年、リアルとバーチャルを融合させる技術が注目を集め、その例となるプロジェクションマッピングや、変幻灯は、魅力的な視覚体験を生み出しているが、3次元上の効果については実現していない。そこで本研究では物体の位置の推測に対して大きな手掛かりとなっている陰影を、ARで表現し、実物体の影に適応することにより、新たな視覚体験が得られないか実験し、得られた結果をもとにARコンテンツの開発を目指した。実験結果からARの影情報が周辺より低輝度の特性を有していた場合、影が移動すると、実物体の奥行運動知覚を高い確率でもたらすことが示され、AR情報が実物体の知覚にも変調することを示した。今後は制作した映像作品のような表現が舞台演出や動画の表現の手助けになることが期待される。

1. 研究の目的および背景

近年、リアルとバーチャルを融合させる技術が世界中で注目を集めている。その技術の例として、建造物や製品などの立体物をスクリーンにして映像を投影するプロジェクションマッピングや、色付きの静止画像に輝度変化の情報を重ねることにより、錯覚的な動きを与える変幻灯[1]というものがある。これらの技術はリアルとバーチャルを組み合わせることにより魅力的な視覚体験を生み出しているが、3次元上の効果については実現していない。その実現方法として、本研究では、陰影手掛かりに着目した。

陰影手掛かりについての先行研究では、3Dグラフィック上で表現した条件で、影の動き、位置関係が物体の位置の推測に対して大きな手掛かりになっていることが報告されている[2]。これらの研究は、3Dグラフィック上で表現した報告であり、拡張現実(AR)で影を表現し、その影情報が実物体の知覚位置に影響を及ぼすかは明らかではない。実物体の影情報をARで表現した場合にも、AR影情報が実物体の位置の推測に影響し、新たな視覚体験を生み出す可能性がある。

本研究ではARの影情報を用いた表現で、どのような表現が実物体の知覚位置に影響を及ぼすか実験を通して検討し、得られた実験結果をもとに、ARコンテンツの開発を目指した。

2. 実験

2.1 AR影情報の輝度および濃さ

この実験ではARの影情報の輝度と濃さが錯覚に影響するか調べる。

2.1.1 実験内容および被験者

ARの影情報はUnityにより作成した。実物体には緑色のボールを使用した。ARの影情報には一般的な影を模した

DarkShadow (D条件) と明らかに影には見えない周辺より明るい領域を提示するLightShadow (L条件) の2種類用意した。大きさは実物体のボールの大きさに合わせ、輪郭はぼかした。また、それぞれの影の透過度を高/中/低に変化させ、計6種類の影を用意した。(以下の文章ではDarkShadowで透過度中のことをDm条件のように表す) 背景にはチェッカーボードパターンを用意し、その上に実物体のボールを重ねるように配置した。視距離は253cmであり、実物体は注視点の位置から4.1deg右に位置した。影は実物体より1cm下に提示した。影は、実物体から直下に3cmの位置までを、2cm/sの速さで6sの間3回往復運動した。

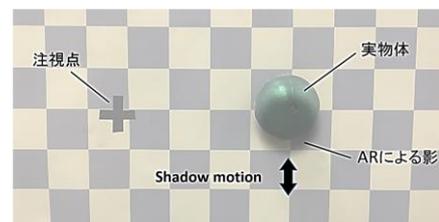


図1: 刺激の例

被験者は注視点を見ながら、用意した6種類の影の動きを見てもらい、ボールが動いて見えたかをYes/Noで判断した。それぞれの種類の影の動きを3回ずつ見てもらい計18試行を行った。被験者は正常な視力(矯正視力を含む)を有する20代の大学生20名であった。

2.1.2 実験結果および考察

DarkShadowを用いた試行の56.7%、LightShadowを用いた試行の16.7%がボールが動いて見えたかと答えた。DかLの影の特性と影の透過度の2要因の分散分析を行ったところ、D、L間で有意な差がみられた($p=0.0001$)。一方で、影の透過度の効果および、交互作用は認められなかつ

た（それぞれ $p=0.15$, $p=0.45$ ）．この結果を図 2 に示す．この結果より，AR の影情報が周辺より低輝度の特性を有していれば，どの透過度条件であっても実物体の奥行運動知覚をより高い確率でもたすことが示された．

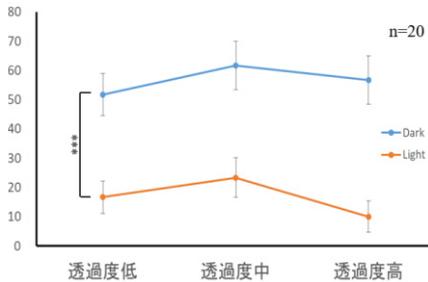


図 2：輝度および濃さの実験結果

2.2 AR 影情報の動きの速さ

この実験ではAR影情報の動きの速さが錯覚にどのように影響するか調べる．

2.2.1 実験内容および被験者

ARの影情報はUnityにより作成した．実物体には青色のボールを使用した．ARの影情報では一般的な影を模したものを用意し，大きさはボールの大きさに合わせ，輪郭はぼかした．背景は実験室の無地の壁でその上に実物体のボールを重ねるように配置した．視距離は253 cm であり，実物体は注視点の位置から4.1 deg 右に位置した．影の動きの速さは，1 cm/s, 2 cm/s, 3 cm/s, 6 cm/s, 7.5 cm/s, 10cm/s の 6 種類を用意した．それぞれの影は実物体から直下に 3 cm の位置までを 3 回往復運動した．

被験者は注視点を見ながら，用意した 6 種類の動きを見てもらい，ボールが動いて見えたかをYes / No で判断した．それぞれの種類の動きを 3 回ずつ見てもらい計 18 試行を行った．被験者は正常な視力（矯正視力を含む）を有する大学生 8 名であった．

2.2.2 実験結果および考察

1 cm/s の速さを用いた試行の37.5%，2 cm/s の速さを用いた試行の62.5%，3 cm/s の速さを用いた試行の70%，6 cm/s の速さを用いた試行の79.2%，7.5 cm/s の速さを用いた試行の70.8%，10 cm/s の速さを用いた試行の70.8%がボールは動いて見えたと答えた．この6水準で要因分散分析を行ったところ速さの効果は見られなかった ($p=0.14$)．この結果を図 3 に示す．この結果より，比較的影の動きが遅いと錯覚が起こりにくく見えるが，実際にはAR影の同じ動きの中の速さの違いは，実物体の奥行運動知覚に影響を及ぼさないことが示された．

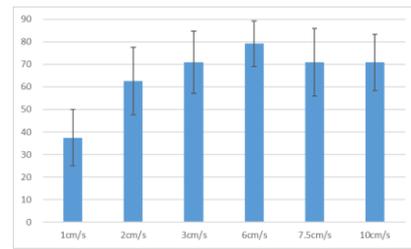


図 3：速さの実験結果

2.3 AR 影情報の大きさ

この実験ではAR影情報の大きさの変化がどのように錯覚に影響するか調べる．

2.3.1 実験内容および被験者

ARの影情報はUnityにより作成した．実物体には青色のボールを使用した．ARの影情報では一般的な影を模したものを用意し，大きさはボールの大きさに合わせ，輪郭はぼかした．背景は実験室の無地の壁でその上に実物体のボールを重ねるように配置した．視距離は253 cm であり，実物体は注視点の位置から4.1 deg 右に位置した．影は，実物体から直下に 3 cm の位置までを，3 回往復運動した．速さは 1 cm/s, 3 cm/s, 6 cm/s の 3 種類用意した．また，大きさの変化として，直下の 3 cm までの位置にたどり着くまでに影の半径が小さくなり，元の位置に戻るまでに大きさは元に戻る変化と，その逆の半径が大きくなる変化の 2 パターン用意した．



図 4：刺激の例

(左：小さく変化，中心：変化なし，右：大きく変化)

被験者は用意した大きさの変化パターン 2 つと，何も大きさに変化のないパターンをそれぞれ用意した 3 種類の速さで見てもらい，ボールが動いて見えたかをYes / No で判断した．それぞれを 2 回ずつ見てもらい，計 18 試行を行った．被験者は正常な視力（矯正視力を含む）を有する大学生 8 名であった．

2.3.2 実験結果および考察

AR影が大きく変化する試行の70.8%，小さく変化する試行の47.9%がボールは動いて見えたと答えた．速さの特性と，大きさの変化についての2要因の分散分析を行ったところ，この実験の条件下では速さと大きさの変化の間に有意な差がみられた（それぞれ $p=0.073$, $p=0.036$ ）．一方で，交互作用は認められなかった ($p=0.52$)．この結果を図 5 に

示す。この結果より、大きさの変化は錯覚に影響する可能性があることが示された。

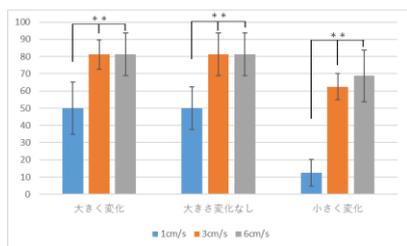


図5: 大きさおよび速さの実験結果

また、実験の感想として、大きさの変化を見た後に、大きさの変化のないものを見ると不自然に感じるといった意見や、注視点を見ず、実物体を見たほうが、錯覚は起こりやすいという意見、影の大きさが小さく変化する際に、ボールの大きさが楕円になって見えるなどの意見があった。

3. AR コンテンツの開発

3.1 コンセプト

実際には動いていない実物体をARの影情報を用いて動いて見えるようにすることをテーマに開発。現実世界の動いていない実物体をスマートフォンで読み取り、そこにAR影情報による錯覚とその錯覚がより強くなるようなアニメーションを表示させる。これにより、スマートフォンを通して様々なものが動きだして見えることのできるARコンテンツを開発する。

3.2 システム概要

図6にシステムの概要を示す。UnityでAR影情報の表現やCGを作成する。スマートフォン上で実物体を読み取り、そこに作成したARを重ね、観察する。スマートフォンを通して、実際に動いていない物体が動いて見え、掛け合わせたアニメーションにより新たな視覚体験を提供する。



図6: システム概要

3.3 影と音の表現

実験から得られた結果をもとに、ARで表示する影の大きさの変化、速さを用いて錯覚が生まれたり壊れたりするさまを表現した。また、コンテンツに使用する影の表現として、色付きの影を用意した。用意した色付きの影を図7に示す。

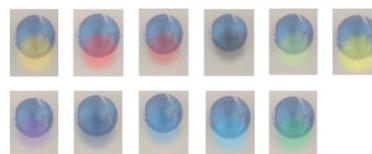


図7: 色付きの影

また音の表現は、錯覚によって見えることが予測されるボールの動きに合わせて、効果音が聞こえるようにし、より錯覚が感じられるように制作する。

4. 結論

4.1 考察

実験を通してARの影情報が周辺より低輝度の特性を有していれば、どの透過度条件であっても実物体の奥行運動知覚をより高い確率でもたすことが示された。

この結果を用いて開発したARコンテンツが、限られた空間や、絶対に動かせないものに対して、錯覚を用いて動かすことのできるARコンテンツとして使用されるのではないかと考える。また、付着性陰影は物体の3次元的な形を知る手がかりとなる[3]。影の表現の改善として、この手がかりを組み合わせるにより、新たな視覚体験を生み出せるのではないかと考える。

4.2 今後の課題

今後の展望として、ARの影情報や適応するアニメーションの改善という点も考慮しなければならないが、先行研究の別の実験では、動いている物体に、異なる陰影の動きを与えることにより実物体の異なった動きの印象を与えるという報告がある[1]。図8のように画像上では同じ位置で同じの大きさの球体であるのにも関わらず、影の与え方によって、球体の位置が手前か奥かで違って知覚される。このように、動いている物に対して、陰影を適応させることにより、新たな視覚体験を提供できると考えられる。

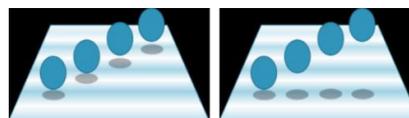


図8: 動きの例

謝辞 AR影情報の輝度および濃さの実験に関し、ご指導頂いた高知工科大学の繁樹博昭先生に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] Fukiage, T., Kawabe, T., Sawayama, M., & Nishida, S., "Deformation Lamps: A Projection Technique to Make a Static Object Dynamic", (2015) .
- [2] Kersten, D., Mamassian, P., & Knill, D. C. (1997) . "Moving cast shadows induce apparent motion in depth. Perception", 26 (2) , 171-192.
- [3] 勝山成美, "人間の視覚情報処理～陰影による奥行き知覚の例～" 映像メディア学会誌, Vol. 68, No. 1, (2014) , 46-58.