

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：23604

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2023

課題番号：19K20645

研究課題名（和文）枠効果を用いた新しい3D提示手法の提案

研究課題名（英文）Proposal of a New Presentation of Stereoscopic 3D Method Using Off-Picture Frame Effect

研究代表者

松田 勇祐（Matsuda, Yusuke）

公立諏訪東京理科大学・工学部・助教

研究者番号：10805120

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、平面写真に対して、その写真とは異なる奥行きに「枠」を配置すると、その写真の奥行き感が増加する現象「枠効果」の性質を精査した。主な目的は、「どのような写真に対して枠効果が起こるかを明らかにすること」と、「その枠効果が、3Dディスプレイ以外の3D提示デバイスでも見られるかを調べること」の二つであった。実験の結果、「枠効果は非常に多くの写真に対して一律で起こる」と、「裸眼立体視ディスプレイでも見られる」ことが明らかになった。これらの結果は、枠効果が色々な3D提示デバイスに対して、知覚される奥行き感を増加させる補助機能として役立つことを示唆する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ヒトの奥行き知覚メカニズムの解明は視覚研究において重要なトピックの一つである。しかしながら、奥行き手がかり同士のインタラクションが、奥行き知覚にどのように影響するかは明らかではない。本研究から、両眼視差の処理が絵画的奥行き手がかりの処理に干渉することで、ユーザーが写真の奥行き感をより深く知覚することが示唆された。この結果は、奥行き知覚の際に、奥行き手がかり同士で何かしらの相互作用が起きていることを示しており、奥行き知覚のメカニズム解明への一助となるだろう。また、この仕組みを既存の3D提示デバイスに応用することにより、さらに質の高い3D画像・映像提示の実現が期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, we investigated the properties of the "Off-Picture Frame Effect," a phenomenon in which the perceived depth of a 2D photograph increases when a "frame" is placed at a different depth from the photograph. The primary purposes were "to clarify what types of photograph the frame effect occurs for" and "To investigate whether the frame effect can be observed in stereoscopic 3D presentation devices other than 3D stereoscopic displays." As a result of the experiment, it became clear that "the frame effect occurs uniformly for a huge number of photographs" and "it can be seen even in a naked-eye 3D display." These results suggest that the off-picture frame effect is an auxiliary function to increase the perceived depth for various 3D presentation devices.

研究分野：実験心理学

キーワード：バーチャルリアリティ（VR） 奥行き知覚 両眼立体視 枠効果 裸眼立体視ディスプレイ

1. 研究開始当初の背景

奥行き知覚は人が持つ視覚処理の中でも特に重要なものの一つである。この処理のおかげで、我々は、ドアノブを握る、傘をつかむなどの、奥行き量の把握を伴う行動を正確に行うことができる。この奥行き知覚を行うためには、様々な奥行き手がかりを処理する必要がある。例えば、左右眼の網膜像のずれから得られる「両眼視差」、左右眼の回転角度の違いを利用した「両眼輻輳角」また、このような生理的な指標だけではなく、線遠近やテクスチャ勾配など経験的に利用できる「絵画的奥行き手がかり」などがある。

これらの奥行き手がかりが複数存在するとき、我々はどのようにこれら奥行き手がかりを統合・処理し、空間の奥行きを知覚するのだろうか。Maloney & Landy (1989)は、知覚される奥行きは、奥行き手がかりから得られるそれぞれの奥行き情報の加重平均で決まる、というモデルを考案した。この考えは多くの研究者に支持され、近年でも、奥行き知覚メカニズムを説明する上で、基本的な考えの一つとなっている。しかしながら、近年の研究では、異なる奥行き手がかり同士が干渉しあう可能性が報告されている。これらの事実は、ヒトの奥行き知覚メカニズムを明らかにする上で、Maloney et al. (1989)のモデルだけでは不十分であることを示している。そして、この奥行き手がかり同士の相互作用の詳細に関しては、現在も明らかになっていない。

Shimo et al. (2015)は、この「異なる奥行き手がかり同士の干渉」の一例となり得るかもしれない現象「枠効果」を発見した。枠効果とは、平面写真に対して、その写真とは異なる奥行きに「枠」を配置すると、その写真自体の奥行き感が増加する現象のことである(図1(a)正面図、(b)側面図)。Shimo et al.は、この枠効果が生起する理由を「両眼視差の処理が、平面写真の絵画的奥行き手がかり処理に対して干渉しているから」と予測している。

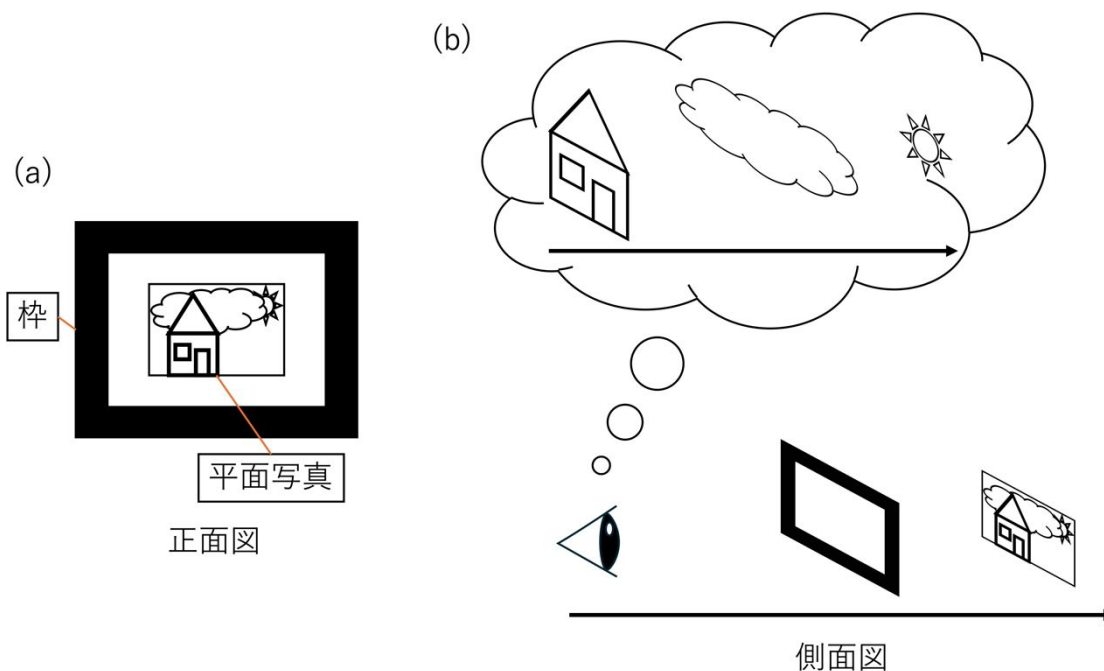


図 1. 枠効果の概略図

2. 研究の目的

この枠効果はその生起メカニズムが不明瞭で、枠の大きさ、枠の位置などでその効果量が変化することなどが報告されている(Shimo et al. (2015))。そこで、我々は様々な写真に対してこの枠効果が生起するのかどうかを調べることは重要であると考えた。なぜなら、現在の3D提示技術の主流であるフレームシーケンシャル方式や偏光方式と並行して、この枠効果の仕組みを奥行き知覚を向上させるための手段として用いることを予定している。そのためには、枠効果とその効果を十分に発揮するシーンと発揮しないシーンをあらかじめ知っておく必要があると考えたためである。

また、ここ数年で3D提示技術は格段に進歩し、フレームシーケンシャル方式や偏光方式とは異なる仕組みを用いた3D提示技術が提案されるようになった。その中でも革新的なものが「裸眼立体視ディスプレイ」である。このような技術革新に際して、この裸眼立体視ディスプレイを

用いた立体映像に対しても枠効果の仕組みが使用可能かどうか調べることも重要であると考えた。よって本研究の主な目的は、「どのような写真に対して枠効果が起こるかを明らかにすること」と、「その枠効果が、3D ディスプレイ以外の 3D 提示デバイスでも見られるかを裸眼立体視ディスプレイを用いて調べること」の二つであった。

### 3. 研究の方法

はじめに、「枠効果が生起するメカニズム」を調べるための実験を行った。奥行き感を評価する対象として、写真を 60 種類用意した。これらの写真は、例えば、昆虫の接写写真のような奥行きをあまり感じない写真から、風景の遠景写真のようなかなり深い奥行きを感じる写真など、様々な奥行きをもつ写真で構成されていた。これらの写真に枠を配置したときの「奥行き感」を以下の二つの方法で 32 名の実験参加者に応答してもらった。一つ目は、評定課題 (rating task) であった。この実験課題では、枠の付与された写真もしくは、枠なし写真が単独で提示され、参加者は、それぞれの写真の奥行き感を 1-5 の 5 段階で応答した。応答の数字は、1 は「なし」、2 は「少し」、3 は「中程度」、4 は「かなり」、5 は「非常に」をそれぞれ意味していた。二つ目は、強制選択課題 (forced-choice task) であった。この課題では、二つの同一写真のうち片方にだけ枠を付与した。そしてこの「枠あり写真」と「枠なし写真」を同時に提示し、実験参加者は「より奥行きを深く感じる写真」もしくは「より奥行きを浅く感じる写真」を選択させた (Shimono et al. 2021)。32 名の参加者は、この評定課題と強制選択課題の両方を行った。

次に、「枠効果が、3D ディスプレイ以外の 3D 提示デバイスでも見られるか」を裸眼立体視ディスプレイを用いて調べた。裸眼立体視ディスプレイの中央に写真と枠を提示し、実験参加者はそれぞれの写真の奥行き感を 1-5 の 5 段階で応答した。本実験では、前回の実験とは異なる写真を 30 枚を使用した。枠条件は写真に対して「前方」「後方」「同一面」及び「枠なし」の 4 条件であった。また、これまでとは異なり、参加者の頭部は特に固定しなかった。これは、裸眼立体視ディスプレイが「不特定多数のユーザーが 3D 映像体験を順番に楽しめる」という特性を持っているため、実際に使用することを考えこのように実験デザインを変更した(松田, 下野(2024))。

### 4. 研究成果

#### (1) 枠効果を生起させる写真 (Shimono et al. 2021)

評定課題、強制選択課題ともに 60 種類の写真の結果を平均化した。その結果、両課題ともに、枠が付与されている場合、枠が付与されていない場合と比較して、奥行き感が増加する傾向が示された。よって枠効果は確かに存在し、特定の課題のみで見られる現象ではないことが明らかになった。次に、写真ごとに解析を行った。その結果、ほとんどの写真に対して枠効果が見られることが明らかになった。先行研究(松田, 下野(2018))より、ほとんどの絵画的奥行き手がかり刺激に対して、枠効果は生起することが知られている。以上の結果を踏まえて、我々は「枠効果は非常に多くの写真に対して一律で起こる」と結論づけた。まれに、枠効果の見られない写真も存在したが、これらの写真はその写真の「平坦である」という手がかりを、写真内容によって強めた可能性がある。これらの結果は、「枠効果は、両眼視差処理が、写真の持つ「平坦である」という奥行き手がかりの信頼性を低下させ、その結果、写真の立体感が増加することで生じる」という仮説を支持している。

#### (2) 裸眼立体視ディスプレイを用いた枠効果 (松田, 下野(2024))

30 種類の写真の結果を平均化した。その結果、両課題ともに、枠を「前方」もしくは「後方」に付与した場合、枠を「同一面」に付与もしくは「枠なし」の場合と比較して、奥行き感が増加する結果が示された(図 2)。よって裸眼立体視ディスプレイを用いた場合でも、枠効果の存在が確認できた。注目すべき点は「同一面」に枠を付与した場合、枠効果が見られない点である。この事実は、前実験同様、「両眼視差処理が、写真の持つ「平坦である」という奥行き手がかりの信頼性を低下させた」という考えを支持する結果である。

次に、写真ごとに解析を行った。その結果、前実験と同様にほとんどの写真に対して枠効果が見られることが明らかになった。図 3 にその結果を示す。三つのパネルは全て「枠なし」条件を横軸、「枠あり」条件を縦軸にとり、

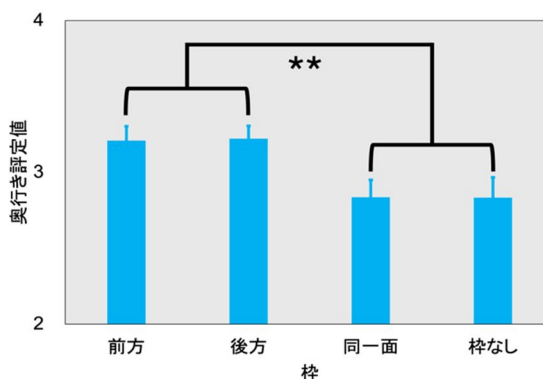


図 2. 実験結果 (枠条件ごと)

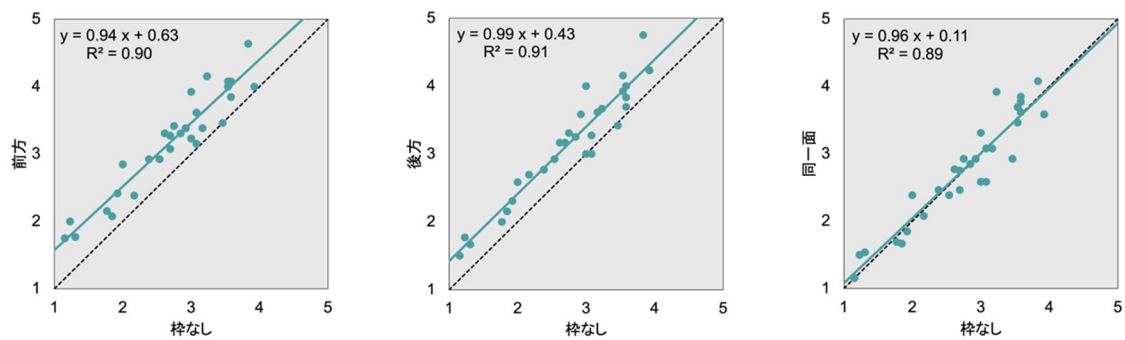


図 3. 実験結果（写真ごと）

30 枚の写真ごとプロットしたものである。左のパネルの縦軸は枠の位置が「前方」、中央のパネルは「後方」、右のパネルは「同一面」であったことをそれぞれ示す。グラフ内の破線は「枠なし」条件と「枠あり」条件でその評価値が同じであったことを示す。つまり、破線よりそれぞれのシンボルが左上の領域にプロットされた写真に関しては、枠効果が見られたと判断できる。「前方」と「後方」条件を見ると、ほとんどの写真でそのシンボルが左上の領域にあるため、全体的に枠効果が見られたと判断できる。一方で、「同一面」条件を見ると、そのような傾向は見られない。この結果も、「両眼視差処理が、写真の持つ「平坦である」という奥行き手がかりの信頼性を低下させた」という考えを支持する結果であり、さらに、写真内容によってその傾向はほとんど変わらないことを示唆している。以上より、枠効果は裸眼立体視ディスプレイを用いた場合でも、今までのデバイスと同様に、その効果を発揮できることが明らかになった。

### (3)まとめ

「枠効果は非常に多くの写真に対して一律で起こる」ことと、「枠効果は裸眼立体視ディスプレイでも見られる」こと、以上の 2 点が明らかになった。これらの結果は、枠効果の汎用性の高さを示すものである。言い換えると、枠効果は、フレームシーケンシャル方式や偏光方式などの現在主流の 3D 提示デバイス、及び近年注目され始めている裸眼立体視ディスプレイに対して、並行して使用することができることを示す。これらの装置だけでは立体感をあまり得られないユーザーに対して、枠効果をその補助機能として用いることで、知覚される奥行き感を増加させることができるかもしれない。この結果は今後の 3D 提示技術開発に大いに役立つ知見であると考えられる。

### 引用文献

- Maloney L. T., and Landy M. S. (1 November 1989) "A Statistical Framework for Robust Fusion of Depth Information", *Proc. SPIE 1199, Visual Communications and Image Processing IV* <https://doi.org/10.1117/12.970125>
- Shimono, K., Higashiyama, A., and Aida, S. (2015, August). "Framing can enhance the perceived depth of a picture", *Paper presented at the European Conference on Visual Perception, 38th Annual Meeting, UK.*
- Shimono, K., Higashiyama, A., Kihara, K. and Matsuda Y. (2021) "A frame at a different depth than a photograph enhances the apparent depth in the photograph", *Atten Percept Psychophys* **83**, 3216–3226 <https://doi.org/10.3758/s13414-021-02345-7>
- 松田勇祐, 下野孝一. (2024) "裸眼立体視ディスプレイを用いた奥行き異なる枠の提示がユーザーの奥行き知覚に与える影響", *ITE Technical Report*, 2024(28),48(19) 22–25.
- 松田勇祐, 下野孝一. (2018) "奥行き異なる枠は絵画的奥行き手がかり画像の奥行き感を増加させる", 日本視覚学会 2018 年冬季大会, *Vision*, **30**(1), 57

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Shimono Koichi, Higashiyama Atsuki, Kihara Ken, Matsuda Yusuke	4. 巻 83
2. 論文標題 A frame at a different depth than a photograph enhances the apparent depth in the photograph	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Attention, Perception, & Psychophysics	6. 最初と最後の頁 3216 ~ 3226
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3758/s13414-021-02345-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Matsuda Yusuke, Nakamura Junya, Amemiya Tomohiro, Ikei Yasushi, Kitazaki Michiteru	4. 巻 2(654088)
2. 論文標題 Enhancing Virtual Walking Sensation Using Self-Avatar in First-Person Perspective and Foot Vibrations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Virtual Reality	6. 最初と最後の頁 1 - 11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/frvir.2021.654088	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 1件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 松田勇祐
2. 発表標題 バーチャルリアリティ内での非日常的な体験がユーザーの臨場感に与える影響
3. 学会等名 ヒューマン情報処理研究会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松田勇祐
2. 発表標題 VR環境における視点切り替えを用いたリーチング課題での身体所有感とその難易度
3. 学会等名 日本視覚学会2022年冬季大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------