

# 振動による擬似的なボケの生成および視聴距離との関係

小野 龍一<sup>1,a)</sup> 羽田 久一<sup>2,b)</sup>

**概要:** 本研究では振動モーターの振動によって生成されるモーションブラーを利用してオブジェクトの輪郭をぼかす事で擬似的にボケを生み出す装置を開発した。その装置を縦横に3列のグリッド状に配置してジオラマを乗せ振動を制御した。これにより被写界深度を擬似的に変化させる事が可能となり被写界深度の浅い一眼レフで撮影した写真のような表現が立体でも肉眼で視聴可能となる。そして、鑑賞者と装置の距離によって必要なボケを感じる振動幅と装置同士の最低限必要な間隔を調べる為に被験者実験を行った。結果、装置からの距離によって最低限必要なボケを感じる振動幅がわかった。この結果により鑑賞者の距離を考慮した振動幅の設定と装置を配置する時の間隔が逆算可能となった。

## 1. はじめに

ボケとはカメラレンズの焦点の範囲外に生みだされた領域のことを指し、意図的に利用することで奥行き表現や注目させたい領域に視線を誘導する事が可能である。このようなボケを使った奥行き表現や視線誘導は絵画、写真、映像などの分野で頻繁に用いられている。ジオラマとは展示物とその周辺環境、背景を立体的に表現する方法で19世紀初頭、フランス人風景画家で後に写真発明家となったルイ・ジャック・マンデ・ダゲールが、従来のパノラマに代わる新たな投影装置を開発し Diorama と名づけたのが最初である。現代のジオラマは巨大なオブジェクトを小型化したものが一般的である。本研究では振動モーターの振動によって生成されるモーションブラーを利用してオブジェクトの輪郭をぼかす事で擬似的にボケを生み出す装置を開発した。この装置を縦横に3列で4mm間隔のグリッド状に配置してジオラマを乗せ振動を制御した。これにより被写界深度を擬似的に変化させる事が可能となり被写界深度の浅い一眼レフで撮影した写真のような表現が立体でも肉眼で視聴可能となる。そして、鑑賞者と装置の距離によって必要なボケを感じる振動幅と装置同士の最低限必要な間隔を調査した。

## 2. 先行研究

現実世界のオブジェクトの見かけを変化させる手法として川鍋ら [1] の、陽炎を重畳させることで物理的なインタ

フェースを追加することなしに対象物の見かけを変化させるシステム atmoRefractor がある。陽炎の発生制御を実現するに当たり、空気の温度及び風の有無と陽炎の見え方の関係を調べる予備検討を行っており、その結果を元にシステムを実装し、システムにより発生させた陽炎を用いて、形状の変化の有無によって現実世界に情報を付加、陽炎の発生する場所を片側から反対側に順に移動させることでユーザに方向提示、ユーザの視界内で任意の方向に陽炎を発生させることで視線を誘導する事が可能になったと記述してある。

現実世界の物体に映像を投影し、見かけを変化させることで視線誘導を行う手法を提案した宮本ら [2] の研究がある。この研究では光軸一致プロカムシステムによって物体を撮影し、視線誘導したい部分以外を画像処理でずらしフィルタを施して撮影した物体に投影する手法を提案した。この手法により全体がブレて見える中、一部の領域が鮮明に見える現象を利用して視線誘導を実現している。被験者実験の結果、提案手法の視線誘導効果を確認することができたと記述してある。

解像度制御によって視線が誘導されるか調査した畑ら [3] の研究がある。この研究では画像の解像度を領域ごとに制御し、高解像度領域と低解像度領域を作り注目させたい領域以外をぼかす事によって視線を誘導させている。さらに動的な解像度制御も行っている。具体的には、鮮明な画像を時間が経つにつれて、ぼかしの強さを徐々に強くしていき、ユーザが視線誘導された時点で画像を鮮明に戻す、といった処理を行う。被験者実験の結果、人間の視線は高解像度領域に誘導される、ぼかしに気づくときのぼかしの強さは、変化にかかる時間が長くなると小さくなるという

<sup>1</sup> 東京工科大学 大学院 バイオ情報メディア研究科

<sup>2</sup> 東京工科大学 メディア学部

a) g311800628@edu.teu.ac.jp

b) hadahskz@stf.teu.ac.jp

事がわかったと記述してある。

我々 [4] が研究した振動モーターによる擬似的なボケの生成と被写界深度変化への応用がある。この研究は焦点の合っているオブジェクトを焦点が外れてるように錯覚させる手段として振動モーターの振動により発生するモーションブラーを利用してオブジェクトの輪郭を曖昧にする装置を開発した。この装置を縦横3列のグリッド状に配置して振動を制御する事で被写界深度を擬似的に変化させる事ができるシステムを構築した。実験は装置をジオラマに応用して焦点を認識できるか、被写界深度が変化する感覚があるか、鑑賞する上で不快でないかを調べる為に被験者実験を行った。結果、ほとんどの被験者が焦点を認識でき、振動によるボケがあると被写界深度が浅く変化すると感じ、快適に鑑賞できたと回答した。

今回我々は、前回の研究で判明したオブジェクトが振動するとモーションブラーにより輪郭がぼやけてピントが外れたように錯覚するという現象はどの振動幅まで起きるのか調査した。

### 3. 提案手法

物体の輪郭を曖昧にし、焦点のあっている物体を焦点が外れてるように錯覚させる為に振動モーターの振動によって生成されるモーションブラーを利用する装置を開発した。この装置をグリッド状に配置して焦点部分以外を振動させる事で擬似的に被写界深度が下がった感覚を引き起こさせるシステムを構築する。

#### 3.1 装置の制作

制作した装置は図1の通りで縦横40mm、高さ50mmの物である。この装置は振動モーター、バネ、ケースを組み合わせて制作した。モーターのサイズは直径24mm高さ12mm、バネのサイズは内径4mm、外径8mm、自由長20mmである。モーターの振動を効率よく装着した物体に伝える為に装置の上側と地面に固定する下側にわけ、4つバネで引き合うようにした。サイドに二つマグネットを取り付け、振動を計測する為の6軸センサーを装着できるようにしてある。今回採用した振動モーターは0Vから5Vの間で可動し、5Vの時の振動幅はおよそ2mmである。このデバイスを縦に3列、横に3列のグリッド状に配置し、図2のようにデバイスの形状に合わせたジオラマを装着した。

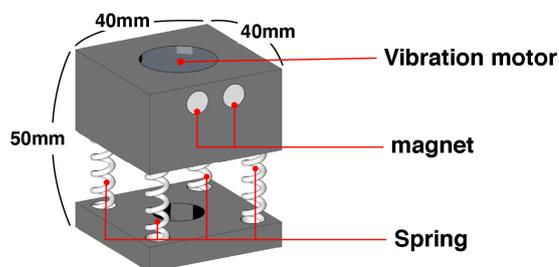


図1 制作した装置



図2 ジオラマを乗せた装置

#### 3.2 振動デバイスの制御

モーターの制御の為にDMXを送信するアプリを内蔵したノートパソコン、ArduinoUNOを2台、トランジスタアレイのTD62083APを2個、ICのLTC485、DMXインターフェイスのENTTECのDMX-USBPRO、安定化電源を用いた。信号の流れは図3の通りである。各装置の振動

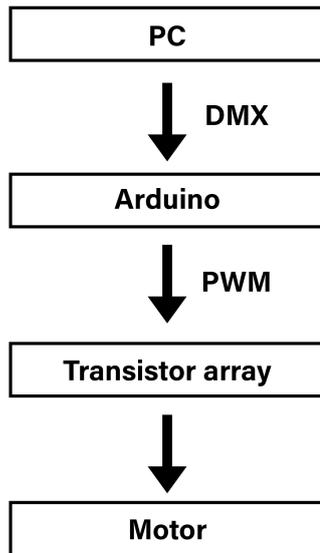


図 3 信号の流れ

の強弱はパソコン内で起動した DMX 送信アプリで設定した。パソコン側から 0 から 255 の値の DMX 信号を DMX インターフェイスと LTC485 を介して Arduino へ送信した。Arduino 内部で DMX の値に応じた PWM 信号の値に変換し、12V を出力している安定化電源を接続したトランジスタアレイへ送信する事でモーターの制御を行う。

#### 4. 実験

装置を配置していく時に最低限必要な幅とオブジェクトとの距離によって必要なボケを感じる振動量，焦点とボケを注視した時のボケと感ずる差異を調査する為に被験者実験を行なった。まず，計測するオブジェクトとの距離を 30, 60, 100, 150, 200cm の 5 つに決めた。この距離はこの大きさのジオラマを鑑賞する際の一般的な鑑賞範囲を 100cm 以内と想定し 100cm 以下と以上で 2 箇所ずつ設定した。次に振動幅を設定した。振動幅は PWM の値を 255 に設定して安定化電源の電圧を操作する事により変化させた。振動幅は 0, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 1.5, 2mm の 8 段階に設定した。これはこの装置に内蔵したモーターの適正電圧の 0V から 5V の間で振動できる最小と最大の範囲である。実験の流れはまず，図 4 の鑑賞位置の 30cm の所に被験者を座らせて図 5 のジオラマの焦点となる中心の装置に乗ったオブジェクトを注視させた。次に 0.05mm の振動幅から図 6 の流れで振動の状態を見せ，振動を止めた時にボケが消えたのを感じたら「感じた」，感じなければ「感じない」と答えさせた。被験者が「感じない」と答えた場合は振動幅を大きくし同様の流れで振動を視聴させた。被験者が「感じた」と答えた場合は振動の値を記録した。これを鑑賞距離ごとに行なった。同様の流れでボケとなる装置も注視させて実験を行なった。この実験は男女含めた 7 人

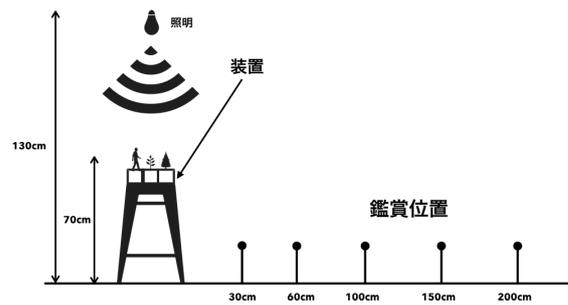


図 4 実験環境

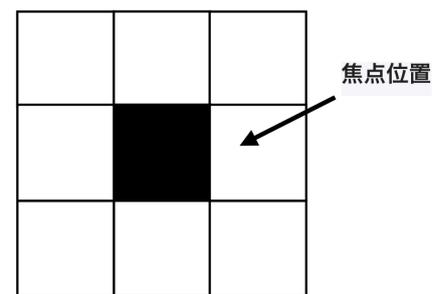


図 5 焦点の位置

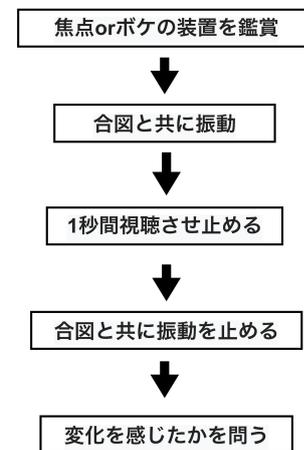


図 6 実験の流れ

に行い，被験者は事前に簡易的な視力検査を行ない全員が視力 1.0 以上という事がわかっている。

#### 5. 結果と考察

実験の結果，表 7 のように装置からの距離によって最低限必要なボケを感じる振動幅が判明した。装置から離れるほどボケを感じさせる為には振動の幅が必要になり，焦点の装置を見ている時よりもボケている装置を見ている時の方が振動の幅を必要としなかった。

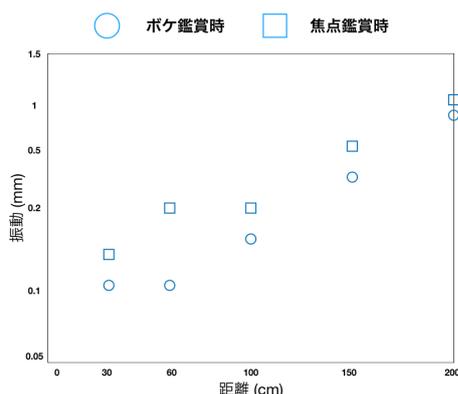


図 7 鑑賞距離と振幅の分布図

この結果から、作品の鑑賞位置を設定した時にその位置からボケを感じる為に最低限必要な振幅を設定する事が可能となる。更にそこから装置を配置できる最小の間隔を導き出せる。例えば 100cm の距離だと振幅 0.5mm ほど必要である。その為、100cm までの鑑賞範囲でボケを最低限感じられれば良ければ今回 4 mm 間隔で装置をグリット状に配置したものを最低 1mm を超えた間隔であれば配置が可能であると導き出せる。

## 6. 今後の展望

今後の展望としては作品としての完成度の向上を目指していく必要がある。その為に以下のような課題があると考えられる。

まず、ボケさせるオブジェクトを変更しての調査があげられる。今回、実験では一つのジオラマ装置しか用いなかった。しかし、ボケさせるオブジェクトによって必要な振幅は変化すると考える。なので複数の見た目の傾向の違うオブジェクトを装着し実験する必要があると考える。

次に、縦振動を追加しての調査があげられる。製作した装置では縦の振動が不可能であった。縦の振動と横の振動が合わさると更にレンズのボケに近い表現が可能になると思われる為、縦の振動が可能なボケを作る装置を開発し現状の装置と比較する必要があると考える。

最後に装置を増やしての表現の模索があげられる。今回制作した装置は縦横 4cm の装置を縦に 3 列、横に 3 列づつ 4mm 間隔で配置した。更に装置の数を増やし解像度を向上させる事でボケのグラデーションや焦点の移動などの表現が模索できると考える。

## 7. まとめ

本研究では振動モーターの振動によって生成されるモーションブレンダーを利用してボケを生み出す装置を開発した。その装置を縦横に 3 列で 4mm 間隔のグリット状に配置してジオラマのをせ振動を制御することで被写界深度を擬似的に変化したように感じるジオラマ装置を制作した。そし

て、鑑賞者と装置の距離によって必要なボケを感じる振幅と装置同士の最低限必要な間隔を調査した。結果、作品の鑑賞位置を設定した時にその位置からボケを感じる為に必要な振幅が判明した。更にそこから装置をグリット状に配置していく時に必要な間隔の幅を導き出せるようになった。

## 参考文献

- [1] 川鍋徹, 橋田朋子. A basic study on a spatial display by controlling heat haze. 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集 Proceedings of the Virtual Reality Society of Japan, Annual Conference, Vol. 19, pp. 41-44, sep 2014.
- [2] 宮本純平, 小池英樹, 天野敏之. 実物体への映像投影による見かけの変化を用いた視線誘導の提案. *wiss 2018*, 2018.
- [3] 畑元, 小池英樹, 佐藤洋一. Visual attention guidance using image resolution control. *IPSJ Journal*, Vol. 56, No. 4, pp. 1152-1161, apr 2015.
- [4] 小野龍一, 羽田久一. 振動モーターによる擬似的なボケの生成と被写界深度変化への応用. *インタラクション 2020*, 2020.