

令和 5 年 5 月 26 日現在

機関番号：20105

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2022

課題番号：21K19830

研究課題名（和文）視線距離に応じて閲覧者に異なる表面イメージを知覚させる立体表現手法

研究課題名（英文）A three-dimensional representation method that makes viewers perceive different surface images depending on their viewing distance

研究代表者

藤木 淳（Fujiki, Jun）

札幌市立大学・デザイン学部・教授

研究者番号：10457418

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、視線距離に応じて閲覧者に異なるイメージ像を提示可能とする表現手法の開発を目指します。本研究では両面に反射特性を持つ平板を一定間隔で横一列に並べることで合わせ鏡を連続的に配置し、背面方向から任意のパターン模様を提示する立体構造を用います。研究の結果、立体物から鑑賞者までの距離と立体構造のパラメタから、適切にイメージを提示するパターン模様の該当箇所を特定する数式を導きました。また、求めた数式に基づき造形した立体構造物の実践によりその効果の再現性と、立体構造物の正面位置から横方向に移動した際に見える方が大きく変化するという手法の限界の範囲を確認しました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

視線距離に応じたイメージ像の提示については、距離センサや距離画像が取得可能なデバイス装置の利用することで生活支援やアート・エンタテインメント分野等において応用されています。一方、心理学分野におけるハイブリッドイメージは空間周波数に対する人間の知覚特性を利用し、異なる空間周波数を持つ複数のイメージを合成することで視線距離に応じて異なるイメージを閲覧者に知覚させますがその効果は閲覧者の視力に効果が依存します。こうしたなか、本研究は閲覧者の視力に依存せず、対象から任意の距離だけ離れた閲覧者に意図するイメージ像を提示可能とする表現手法を開拓することで有効な情報提示が可能になる意義があります。

研究成果の概要（英文）：This research aims to develop a method of expression that enables different images to be presented to viewers depending on their viewing distance. This research uses a three-dimensional structure in which flat plates with reflective properties on both sides are arranged in a horizontal row at regular intervals to form a series of laminated mirrors that present arbitrary pattern patterns from the rear direction. As a result of the research, a mathematical formula was derived to identify the relevant part of the pattern that appropriately presents the image, based on the parameters of the distance from the object to the viewer and the three-dimensional structure. We also confirmed the reproducibility of the effect and the range of limitations of the method, which is that the appearance of the 3D structure changes significantly when it is moved from the frontal position to the side.

研究分野：メディアアート

キーワード：距離 イメージ 計算式 鏡

1. 研究開始当初の背景

視線方向に応じて鑑賞者に異なる像を提示させることによる様々な立体視研究[1、2]が遂行されています。これらの研究ではレンズアレイやスリットを利用し、網膜に届く光の経路を制限することによる様々な手法が提案されています。視線方向に応じて鑑賞者に異なる情報を提示することで立体視やインフォメーション等、様々な用途に応用可能となります。一方、視線距離に応じたイメージ像の提示については、距離センサや距離画像が取得可能なデバイス装置の利用することで生活支援[3]やアート・エンタテインメント分野等において応用[4]されています。これらは一人の閲覧者に対して距離に応じた情報提示を可能としています。心理学分野におけるハイブリッドイメージ[5]は空間周波数に対する人間の知覚特性を利用し、異なる空間周波数を持つ複数のイメージを合成することで視線距離に応じて異なるイメージを閲覧者に知覚させます。ハイブリッドイメージは閲覧時の対象のぼやけ具合によってイメージの細かい色変化に対する知覚の有無が変わり全体としてのイメージの認識が決定するため、閲覧者の視力に効果が依存します。こうしたなか、閲覧者の視力に依存せず、対象から任意の距離だけ離れた閲覧者に意図するイメージ像を提示可能とする表現手法を開拓することで有効な情報提示が可能になることが考えられます。

- [1] 山田千彦、“レンチキュラー板三次元画像における立体感”、日本写真学会誌 54(1)、6pp。5-71、1991
- [2] 吉田俊介、矢野澄男、安藤広志、“全周囲より観察可能なテーブル型裸眼立体ディスプレイ - 表示原理と初期実装に関する検討 - ”、日本バーチャルリアリティ学会論文誌、Vol. 15、No. 2、pp. 121-124、2010。6。30。
- [3] 栗原 竜矢、岡部 誠、尾内 理紀夫、“センサを用いた物探し支援システムの試作”、WISS2011
- [4] 岡田憲一 + 冷水久仁絵、“Pixelman”：<https://www.youtube.com/watch?v=qCAXbyIYI-Y> (閲覧日 2023 年 4 月 10 日)
- [5] Oliva, A., Torralba, A., & Schyns, P. G. (2006). Hybrid Images. ACM Transactions on Graphics, ACM Siggraph, 25-3, 527-530.

2. 研究の目的

前述の背景を踏まえ本研究は、視線距離に応じて閲覧者に異なるイメージ像を提示可能とする表現手法の開発を目指します。視線方向に応じて対象物の表面模様が変化するという表現を取り入れた立体作品が多く登場している中で、従来注目されることの少なかった視線距離に着目し、視線距離に応じて作者が意図した表現模様を閲覧者に提示するための表現手法を確立することで、立体表現の多様性の向上に繋げる意義があると考えます。具体的には、視線距離に応じて立体物の表面模様が変化しているように閲覧者に知覚させる立体構造および配色パターンを開発します。著者はこれまでの研究において、合わせ鏡を連続的に配置した立体構造の背面にストライプ模様を施すことにより、視線距離に応じて模様の周期性が変化しているように知覚する現象を確認しました。図1に本現象の例を示します。この現象を発展させ、距離に応じて意図するイメージ像を閲覧者に提示するねらいです。本研究では提案手法により意図する効果を創成可能か、また、その制限を明らかにすることで提案手法の有効性を確認することを目的とします。



図1. 距離に応じて模様の周期性が変化してみえる現象

3. 研究の方法

本研究では、図2に示すように、両面に反射特性を持つ平面板を一定間隔で横一列に並べることで合わせ鏡を連続的に配置し、背面方向から任意のパターン模様(以下、背面模様)を提示する立体構造を用います。本研究は、1年度目に「1. 立体構造のCGシミュレーション」、2年度目に「2. 実装検証により視線距離と模様パターンの関係性を数式による記述」の全体で2年間の研究期間で遂行します。以下は各項目における具体的な内容です。

3. 1. CG シミュレーション

視線距離と模様パターンの関係性を数式で記述します。具体的には、イメージ画像の座標、合わせ鏡の間隔および奥行き、視線距離の媒介変数を用い、背面模様の対応位置が算出される数式を記述します。次に、算出した数式を用いたCGシミュレーションプログラムにより検証します。そのためにまず、可能な限り複数のイメージ像が正確に提示可能な視線距離を、提示したいイメージ像の数だけ算出します。次に、算出した視線距離に応じたイメージ像を提示するために背面模様を着色します。この背面模様の画像データをCGの立体構造に適用し視線距離を変更した際に、用いたイメージ像が再生できることを確認します。

3. 2. 実装検証

CGシミュレーションに基づく立体構造および背面模様を、各部材を構成し実装します。立体構造の背面に、CGシミュレーションで得た背面模様を印刷した用紙をはめ込むことで最終的な立体造形物とします。この立体造形物に対して、CGシミュレーションで算出した視線位置から立体造形物を閲覧した際、意図したイメージ像が知覚可能の是非を確認します。

4. 研究成果

(1) 数式の導出

入力した視線距離から、短冊状に並べられた各单位パターン模様において鑑賞者の眼に届く位置が求められれば、該当する箇所に意図した色彩を施すことで視線距離に対応したイメージの提示が実現できると考える。以下、具体的な数式について述べる。なお、求める数式は、鑑賞者が立体構造に対して真正面から鑑賞することを想定した際に適用可能な数式である。視線距離に対応する各单位パターン模様の位置は、立体構造の寸法や鏡の数等によって変わる。すなわち、数式の変数は、単位パターン模様の並び順および視線距離に加え、立体構造を構成する鏡の奥行き、幅、鏡の全枚数、鏡間の間隔が必要となる。ここで、図1のように、単位パターン模様の中央位置からの並び順を i 、視線距離を E 、鏡の奥行きを D 、幅を W 、鏡の全枚数を Num 、鏡間の間隔を I とする。まず、正面方向と視線位置から各鏡間の中央位置に向かう方向との成す角度（ラジアン）は次のように求められる。

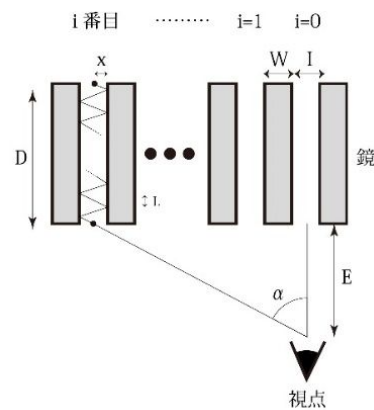


図1. 変数と立体構造との関係

$$\alpha = \text{atan} \frac{1}{2E} ((W + I)(i - (Num - 2)))$$

次に、合わせ鏡内の反射回数が奇数の場合と偶数の場合で、単位パターン模様の座標位置が反転することを踏まえ、反射回数を算出する。反射回数は次の反射までの奥行き方向の距離を算出することで求められる。反射開始から次の反射までの奥行き方向の距離 L および反射回数 N は次のように求められる。

$$L = \text{abs}(\tan(\alpha)I)$$

$$N = \text{floor} \left(\frac{2D + L}{2L} \right)$$

求める単位パターン模様の位置 x は次のように求められる。

N が奇数の場合：

$$x = \frac{2D + L - 2NL}{2 \tan(\alpha)}$$

N が偶数の場合：

$$x = I - \frac{2D + L - 2NL}{2 \tan(\alpha)}$$

CGシミュレーションの結果、過去実験の結果とほぼ一致したことを確認した。このことから、本数式は妥当であると考えられる。

(2) 実装による表現手法の有効性

効果および数式の検証のため立体構造物を実装し、前述で求めた数式に基づきパターン模様



図 2 . 実装した立体造形物



図 3 . 閲覧者に提示したいイメージ像 (左図) と数式に基づき加工したイメージ画像 (右図)



図 4 . 150mm 離れて立体造形物を見た様子

を制作した。図 2 が実装した立体構造物の外観であり、全体のサイズは横 672mm × 高さ 395mm × 奥行き 300mm である。立体構造物の素材として、鏡はステンレスミラー、背面に透明の亚克力板、その他は黒色の亚克力板を用いた。数式に入力した値に、 E (視線距離) を 1500 (mm)、 D (鏡の奥行きを 300 (mm))、 W (幅) を 1 (mm)、 Num (鏡の枚数) を 33 (枚)、 l (鏡間の間隔) を 22 (mm) として造形した。本検証ではイメージを認識できる距離を 1500mm に設定した。図 3 の左図が閲覧者に提示したいイメージ像であり、右図が数式に基づき該当する箇所のみ切り取り加工したイメージ画像である。切り取られた背景は白色となっている。立体構造物の裏面に液晶ディスプレイを表示部が透明亚克力板と接するように設置し、加工したイメージ画像を表示した。その結果、図 4 のように 150mm の位置から見た様子が最も白く見える領域が少なく、もとのイメージ画像と近い状態になることが確認できた。このことから、本表現手法が有効である可能性が示されたと考える。一方で、表示領域の場所により白色が露わにでている箇所とそうでない場所がある。また、その場所の現れ方にはむらがあることは、液晶ディスプレイとの位置や表示したパターン模様の大さき等の微妙な理想的な位置関係との誤差から生じた可能性がある。

また、立体構造物の正面位置から横方向に移動した際に、見え方が大きく変化することを確認した。

以上の成果を以下のとおり対外的に発表した。

- [1] 中津 正樹, 藤木 淳, 青銅鏡の魅力への智覚, 芸術科学会誌 DiVA51 号, 2021 年, 1 項
- [2] 藤木 淳, 視線距離に応じて閲覧者に異なるイメージ像を提示可能とする表現手法の基礎研究, 感性フォーラム札幌 2022, 2022 年
- [3] 中津 正樹, 藤木 淳, 実体験に基づく制作過程と完成作品の並列提示による、鑑賞者に作品への興味を向上させる展示方法の提案 - 青銅鏡の事例, エンターテインメントコンピューティング, 2021 年
- [4] 中津 正樹, 藤木 淳, 球体の万華鏡壁 (Kaleidowall of Sphere), 芸術科学会誌 DiVA 第 52 号, 2022 年, 1 項
- [5] 中津 正樹, 藤木 淳, 鑑賞者と鏡作品の位置に応じて鑑賞コンテンツが変化する万華鏡型作品の提案, 第 27 回バーチャルリアリティ学会大会, 2022 年
- [6] 中津 正樹, Kaleido Hunter, 2022 アジアデジタルアート大賞展 FUKUOKA 受賞作品展, 2023 年

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 2件）

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 中津 正樹, 藤木 淳 | 4. 巻 51 |
| 2. 論文標題 青銅鏡の魅力への智覚 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 芸術科学会誌DiVA | 6. 最初と最後の頁 1 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 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 - |

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 中津 正樹, 藤木 淳 | 4. 巻 52 |
| 2. 論文標題 球体の万華鏡壁 (Kaleidowall of Sphere) | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 芸術科学会誌DiVA | 6. 最初と最後の頁 1 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 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4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

| |
|--|
| 1. 発表者名 藤木 淳 |
| 2. 発表標題 視線距離に応じて閲覧者に異なるイメージ像を提示可能とする表現手法の基礎研究 |
| 3. 学会等名 感性フォーラム札幌2022 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 中津 正樹, 藤木 淳 |
| 2. 発表標題 実体験に基づく制作過程と完成作品の並列提示による、鑑賞者に作品への興味を向上させる展示方法の提案 - 青銅鏡の事例 |
| 3. 学会等名 エンターテインメントコンピューティング |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 中津 正樹, 藤木 淳 |
| 2. 発表標題 鑑賞者と鏡作品の位置に応じて鑑賞コンテンツが変化する万華鏡型 作品の提案 |
| 3. 学会等名 第 27 回バーチャルリアリティ学会大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 中津 正樹 |
| 2. 発表標題 Kaleido Hunter |
| 3. 学会等名 2022 アジアデジタルアート大賞展 FUKUOKA 受賞作品展 (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

| |
|--|
| <p>青銅鏡の魅力への智覚 https://www.youtube.com/watch?v=ic_QX0JgRj8&feature=youtu.be 彫刻される距離 https://www.fujimori.website/junfujiki-study?pgid=k985j1p0-8f5612cc-a670-45fc-a58f-757931407119</p> |
|--|

| | | |
|---------------------------|-----------------------|----|
| 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 |
|---------|---------|
|---------|---------|