

令和 3 年 4 月 14 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11599

研究課題名(和文) 高解像度な映像表示を可能とする高指向性マルチ情報発信システムの開発

研究課題名(英文) Development of high directional multiple information transmitting system which enables high-resolution video display.

研究代表者

白木 厚司 (Shiraki, Atsushi)

千葉大学・統合情報センター・准教授

研究者番号：10516462

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：観察する方向によって異なる映像を表示する指向性ボリュームディスプレイは、観察者に応じた映像を表示することができる。この指向性ボリュームディスプレイに、観察者の位置の検出機能、および発話者の言語の識別機能を実装した。さらに、GPUを用いて映像表示のための画像処理を高速化することで、リアルタイム処理を実現した。これらの機能により、観察者の認識できる言語で文字などの情報を表示する多言語サイネージの開発に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

観察する方向によって異なる映像を表示する指向性ディスプレイは、ディスプレイ自体が独創的であり、エンターテインメントやデジタルサイネージなどでの利用が期待される。また、国際化が進む昨今、このような多言語サイネージは非常に意義がある。空港や観光地にタッチパネル式の多言語サイネージが設置されているが、言語識別などによる非接触のものはまだあまり普及しておらず、ポストコロナの社会におけるスタンダードとなることが期待される。

研究成果の概要(英文)：A directional volumetric display, which displays different images depending on the viewing direction, can display images according to the observer. We have implemented the detection of the observer's position and the identification of the speaker's language in this directional volumetric display. In addition, we realized real-time processing by accelerating the image processing for the video display. By combining these functions, we have succeeded in developing a multilingual signage system that displays information such as characters in a language that the viewer can recognize.

研究分野：3次元表示, メディア情報

キーワード：指向性ボリュームディスプレイ 多言語サイネージ

1. 研究開始当初の背景

複数の 2 次元情報を記録する技術として、SIGGRAPH ASIA 2009 で発表された「Shadow Art」などがある。これらは記録可能な画像情報の組合せに制限があり、どのような画像でも記録できるというわけではない。また、表示される画像情報は影のように 2 値化されたもので、静止画に限定される。この手法に対し、我々の研究グループでは記録画像に階調を持たせることでほぼ任意の画像情報を任意の枚数だけ記録可能な手法を考案し、カラー化・動画化に向けて研究を進めてきた。見る方向によって異なる映像を表示できれば、図 1 のようなディスプレイが実現でき、これからの国際化社会において有効なサイネージとなり得る。

先行研究で開発した系とプロジェクタを用いた指向性ポリウムディスプレイでは、プロジェクタからの 1 本の光線が 2 本以上の系に当たった場合、それはノイズになってしまう。そのため、「1 本の系とプロジェクタからの 1 本の光線が 1 対 1 で

対応する」という制約が必要となる。この制約のため、仮に 1 本の系を 1 画素で光らせることができたとしても、プロジェクタの水平解像度以上の系に投影することは不可能である。さらに、従来手法では表示する画像の水平解像度の 2 乗本の系を設置する必要がある、解像度の向上に伴い設置コストが非常に高くなってしまふ。上記のような問題により、指向性ポリウムディスプレイにおいて解像度の向上は困難であった。

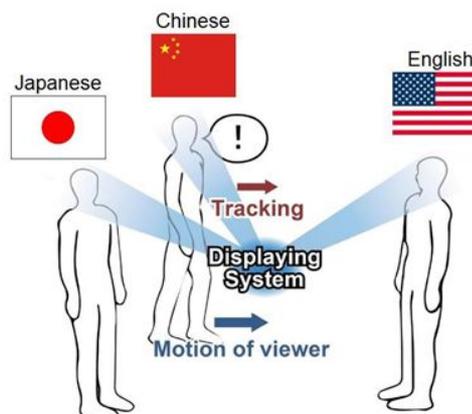


図 1. 指向性ポリウムディスプレイの完成予定図

2. 研究の目的

先述した通り、これまでに開発した系とプロジェクタを用いた指向性ポリウムディスプレイでは、高解像度な映像を表示するディスプレイの作製が困難である。一方で、ディスプレイ自体が体積を持つポリウムディスプレイであり、Kinect センサなどを設置しやすいため、インタラクティブなディスプレイの実現が比較的容易である。そこで、これまで個別に開発を進めてきた画質改善、人物追跡、指向性スピーカの回転制御の機能を統合することで、図 1 に示すような複数の人物に対して任意の映像と音声を発信する指向性ポリウムディスプレイシステムを実現することを本研究の目的とする。また、課題となっているディスプレイの高解像度化に向けて、投影映像作成のアルゴリズムの提案および映像表示システムの構築を行う。

3. 研究の方法

図 1 に示すシステムのうち、人物追跡については Microsoft 社の Kinect センサを用いて観察者の位置を取得し、GPU で投影映像を高速に作成することで実現する。また、Kinect センサでは観察者の位置を基準からの角度で求めることができるため、ステップモータを搭載したターンテーブルに指向性スピーカを載せ、無線通信で角度情報を送信することでターンテーブルを回転させて観察者の方向に音情報を発信する。

高解像度な映像を表示可能なディスプレイの作製に向けた投影映像作成のアルゴリズムについては、現在、ノイズを平滑化し、かつアルゴリズムを簡素化するために表示画像の水平画素数と同じ数の系で 1 画素を表現しているが、系の数と画質は必ずしもトレードオフの関係とはならず、画素数の増加に伴い冗長となる。そこで、1 画素を表現するのに十分な系の数を表示画像のシミュレーションにより求め、ディスプレイ作製時に配置する系の削減を図る。また、理想的には 1 本の系に対して 1 画素の映像を投影することが望ましいが、これまでに作成した映像表示システムでは、1 本の系に対して 4~5 画素の映像を投影している。そのため、フル HD の解像度のプロジェクタでは 400 本程度への投影が限界であり、表示画像の解像度によってはプロジェクタ 1 台では投影できない。そこで、さらなる解像度の向上のためには、図 2 に示すように複数のプロジェクタを用いた映像表示システムが必要となる。それぞれのプロジェクタを制御する PC に同期信号を送り、投影のタイミングを合わせることで、高解像度化に向けたマルチプロジェクションシステムを実現する。

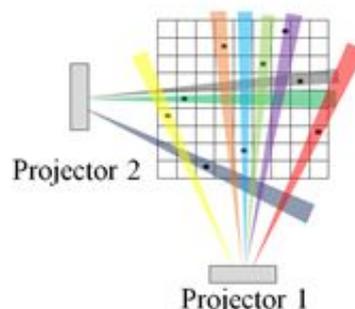


図 2. 高解像度な映像を表示するマルチプロジェクションシステム

4. 研究成果

本研究課題の成果の一つとして、独立して開発していた画質改善、人物追跡、指向性スピーカの回転制御のそれぞれの機能を統合し、人物の移動に合わせ指向性を持った映像と音声を発信し続けるインタラクティブな映像システムを実現したことが挙げられる。これは当初の目的である図 1 に示すシステムの実現を意味する。

また、開発した指向性ボリュームディスプレイの実用的な応用として、観察者の使用する言語に応じて表示映像を変更可能な多言語サイネージを提案・開発した。開発した多言語サイネージでは、Kinect に搭載されているマイクを用いて観察者の発する音声を入力とし、畳み込みニューラルネットワーク (CNN) を用いた言語識別機能を実装することで、英語、フランス語、スペイン語の 3 言語の識別において 91.9% の識別精度を実現した。このような言語識別による非接触の多言語サイネージは、ポストコロナの社会において非常に意義のあるものである。

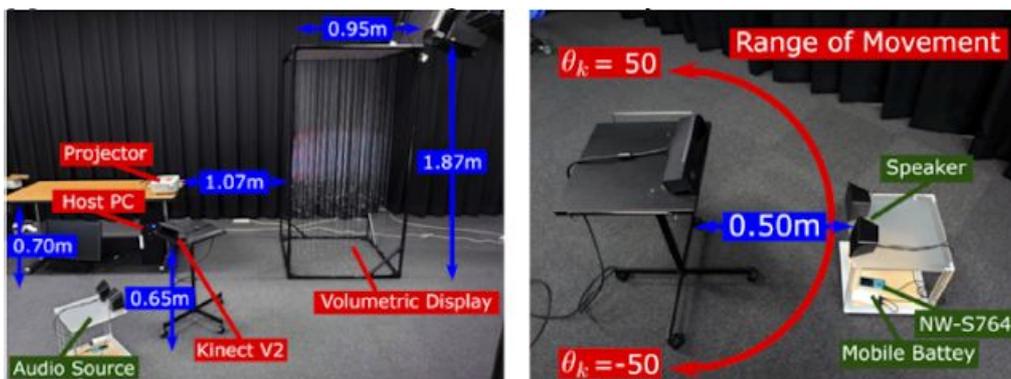


図 3. 多言語サイネージを実現する指向性ボリュームディスプレイ

(左) 概観図, (右) Kinect の音声取得範囲

もう一つの研究目的である高解像度化に向けた取り組みについて、投影映像作成のためのアルゴリズムの提案および映像表示システムの構築とともに、シミュレーションにより実現の可能性を示した。今後、実際に指向性ボリュームディスプレイおよび映像システムを構築し、投影実験を行う。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3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 Baba Mitsuru, Imamura Tomoya, Hoshikawa Naoto, Nakayama Hirotaka, Ito Tomoyoshi, Shiraki Atsushi | 4. 巻 3 |
| 2. 論文標題 Development of a multilingual digital signage system using a directional volumetric display and language identification | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 OSA Continuum | 6. 最初と最後の頁 3187～3187 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1364/OSAC.405929 | 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 白木 厚司, 松本 大輝, 平山 竜士, 中山 弘敬, 角江 崇, 下馬場 朋禄, 伊藤 智義 | 4. 巻 48 |
| 2. 論文標題 指向性ボリュームディスプレイ～同一空間に複数の画像を表示するアルゴリズムの改善～ | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 光学, 日本光学会 | 6. 最初と最後の頁 5 |
| 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 無 |
| 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 Daiki Matsumoto, Ryuji Hirayama, Naoto Hoshikawa, Hirotaka Nakayama, Tomoyoshi Shimobaba, Tomoyoshi Ito, and Atsushi Shiraki | 4. 巻 2 |
| 2. 論文標題 Interactive directional volumetric display which keeps displaying directional image only to a particular person in real-time | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 OSA Continuum | 6. 最初と最後の頁 3309-3322 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1364/OSAC.2.003309 | 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 Shiraki Atsushi, Matsumoto Daiki, Hirayama Ryuji, Nakayama Hirotaka, Kakue Takashi, Shimobaba Tomoyoshi, Ito Tomoyoshi | 4. 巻 58 |
| 2. 論文標題 Improvement of an algorithm for displaying multiple images in one space | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Applied Optics | 6. 最初と最後の頁 A1～A6 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1364/AO.58.0000A1 | 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 - |

〔学会発表〕 計13件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 8件）

| |
|--|
| 1. 発表者名 Mitsuru Baba, Naoto Hoshikawa, Hirotaka Nakayama, Tomoyoshi Ito, and Atsushi Shiraki |
| 2. 発表標題 Development of Spoken Language Identification System using Directional Volumetric Display |
| 3. 学会等名 The 27th International Display Workshops (IDW'20) (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Tomoya Imamura, Naoto Hoshikawa, Hirotaka Nakayama, Tomoyoshi Ito, and Atsushi Shiraki |
| 2. 発表標題 Development of A Directional Volumetric Display for High Resolution Using Water Drops |
| 3. 学会等名 The 27th International Display Workshops (IDW'20) (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 今村 友哉, 干川 尚人, 中山 弘敬, 下馬場 朋禄, 伊藤 智義, 白木 厚司 |
| 2. 発表標題 水滴を用いた指向性ボリウムディスプレイの開発 |
| 3. 学会等名 FIT2020第19回情報科学技術フォーラム |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Daiki Matsumoto, Ryuji Hirayama, Naoto Hoshikawa, Hirotaka Nakayama, Tomoyoshi Shimobaba, Tomoyoshi Ito, and Atsushi Shiraki |
| 2. 発表標題 GPU Acceleration of Algorithm to Design Directional Volumetric Display for Real-time |
| 3. 学会等名 The 26th International Display Workshops (IDW'19) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Taishin Murase, Ryuji Hirayama, Naoto Hoshikawa, Hirotaka Nakayama, Tomoyoshi Shimobaba, Tomoyoshi Ito, and Atsushi Shiraki |
| 2. 発表標題 Development of Volumetric Display Capable of Transmitting Information in Different Languages Using Language Identification |
| 3. 学会等名 The 26th International Display Workshops (IDW'19) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Mitsuru Baba, Ryuji Hirayama, Naoto Hoshikawa, Hirotaka Nakayama, Tomoyoshi Shimobaba, Tomoyoshi Ito, and Atsushi Shiraki |
| 2. 発表標題 Implemented of Images and Sounds Person Tracking System using Directional Volumetric Display |
| 3. 学会等名 The 26th International Display Workshops (IDW'19) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 馬場 充, 干川 尚人, 平山 竜二, 中山 弘敬, 下馬場 朋禄, 伊藤 智義, 白木 厚司 |
| 2. 発表標題 指向性ポリウムディスプレイにおける人物追跡機能の実装 |
| 3. 学会等名 FIT2019第18回情報科学技術フォーラム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 中原 仕安, 干川 尚人, 平山 竜二, 中山 弘敬, 下馬場 朋禄, 伊藤 智義, 白木 厚司 |
| 2. 発表標題 高解像度かつ動画化可能な指向性ポリウムディスプレイの開発 |
| 3. 学会等名 FIT2019第18回情報科学技術フォーラム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 武藤 真由香, 干川 尚人, 平山 竜二, 中山 弘敬, 下馬場 朋禄, 伊藤 智義, 白木 厚司 |
| 2. 発表標題 多方向に同じ大きさの画像を表示可能とする指向性ボリュームディスプレイの開発 |
| 3. 学会等名 FIT2019第18回情報科学技術フォーラム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Daiki Matsumoto, Taishin Murase, Ryuji Hirayama, Hirotaka Nakayama, Tomoyoshi Shimobaba, Tomoyoshi Ito, Atsushi Shiraki |
| 2. 発表標題 Subjective Image Quality Evaluation to Compare Algorithms for Designing a Directional Volumetric Display |
| 3. 学会等名 The 25th International Display Workshops (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Taishin Murase, Daiki Matsumoto, Ryuji Hirayama, Hirotaka Nakayama, Tomoyoshi Shimobaba, Tomoyoshi Ito, and Atsushi Shiraki |
| 2. 発表標題 Image Quality Improvement for 3D Structure Exhibiting Multiple 2D Patterns Using Convolutional Neural Networks |
| 3. 学会等名 The 25th International Display Workshops (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 村瀬 大心, 白木 厚司, 中山 弘敬, 角江 崇, 下馬場 朋禄, 伊藤 智義 |
| 2. 発表標題 3方向以上に表示可能な指向性ボリュームディスプレイの開発 |
| 3. 学会等名 FIT2018第17回情報科学技術フォーラム |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Daiki Matsumoto, Atsushi Shiraki, Ryuji Hirayama, Hirota Nakayama, Takashi Kakue, Tomoyoshi Shimobaba, Tomoyoshi Ito |
| 2. 発表標題 Improvement of the Algorithm for Designing a 3D Object Exhibiting Multiple 2D Images |
| 3. 学会等名 3DSA 2018 (国際学会) |
| 4. 発表年 2018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 |
|---------|---------|
|---------|---------|