

レーザーおよび拡散版を用いた空中像光学系の基礎検討

小泉直也^{†1,2} 藤森秀^{†1}

本研究では、レーザー光を拡散させて空中像を生成することで、低消費かつ高輝度な空中像結像手法を提案する。再帰透過光学素子や高輝度再帰性反射材とビームスプリッタの組み合わせなどによる空中像光学系の提案によって、一般的なディスプレイによって容易に空中像を結像することが出来るようになった。しかし、大空間に小さな像が動き回るような用途には適していない。本研究ではレーザー光と拡散版によるシンプルな構成を用いた空中像光学系によるエンタテインメントシステムを提案する。

Mid-air imaging system using laser and diffuser

NAOYA KOIZUMI^{†1,2} SHU FUJIMORI^{†1}

In this research, we propose an mid-air imaging technique with low consumption and high brightness by diffusing laser light. The mid-air imaging optical system with a combination of a retroreflective optical element and a combination of a high luminance retroreflective material and a beam splitter makes it easy to form an mid-air image by a general display. However, it is not suitable for applications where small images move around in large spaces. In this research, we propose an entertainment system with mid-air imaging optical system using a simple configuration with laser beam and diffuser plate.

1. はじめに

本研究では、レーザー光を拡散させて空中像を生成することで、低消費かつ高輝度な空中像結像手法を提案する。

再帰透過光学素子や高輝度再帰性反射材とビームスプリッタの組み合わせなどによる空中像光学系を、液晶ディスプレイ等と組み合わせることによって、容易に空中像を結像することが出来るようになった[1]。しかし、これらの手法は、空中像表示範囲拡大に応じて、光学素子及びディスプレイが拡大する。光学素子自体は、生産技術の進歩によって、金型生産が開始されており、将来的には窓材等のサイズの実現も期待できる。光学素子の大型化が実現できれば、小さな像を大きく動かして提示することができる。これによって、例えばアミューズメント施設で、ユーザーが魔法の杖をふると、光の像がその杖の先に見え、大きく振り回すようなエンタテインメントシステムが実現できる。

しかし、ディスプレイをそのまま光源として用いる場合、小さな空中像を大空間に動き回らせるような用途には適していない。光源として大型のディスプレイの一部だけを使うことになり、エネルギーの消費が大きく無駄が生じるためである。そこで本研究では、低エネルギーで高輝度の光源となるレーザー光を、ガルバノミラーで反射して文様を描き、拡散版に投影し、再帰透過光学素子で結像させる、シンプ

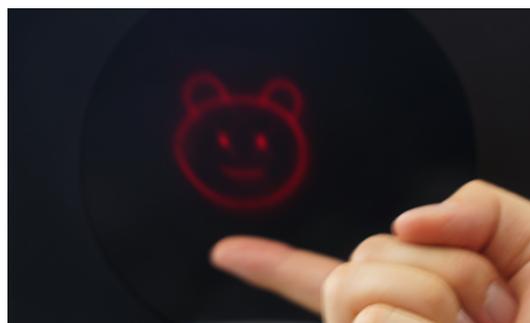


図1 提案システムによる空中像の提示

Figure 1 Mid-air image.

ルな構成による空中像光学系を用いたエンタテインメントシステムを提案する。

2. 関連研究

空中像は、光源の光を反射や屈折によって別の位置に結像して生成した像のことであり、エンタテインメントシステムへの応用が進められている。具体的には、等身大ボーカロイドの空中像によるオペラやパチンコなどのアミューズメント施設における演出などがある[1]。特に、一般的なディスプレイと異なり、空間に飛び出て表示されるという特性を活かし、実世界とのインタラクションで応用される例として、高さ情報を元にした空中像とインタラクション

^{†1} 電気通信大学
The University of Electro-Communications.

^{†2} 科学技術振興機構 さきがけ
Presto, Japan Science and Technology Agency

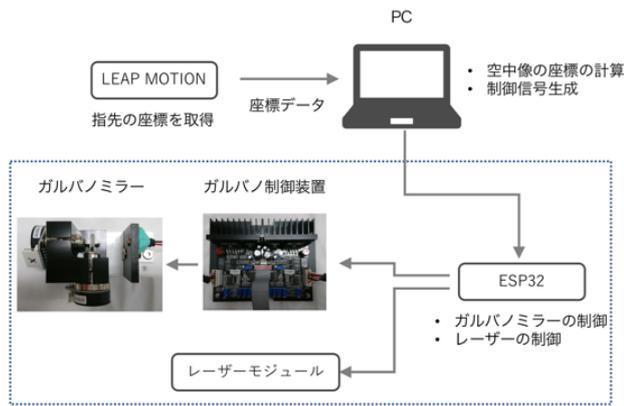


図2 システム構成
Figure 2 System Block

Mario[2] や 触覚提示装置との組み合わせ[3]などが提案されている。本研究でも, Mario を参照し, 空中像に手をのばす設計を行った。ただし, 光源としてはレーザー光を反射させることで, 広範囲に高速で光源位置をコントロールできるように設計を行った。

3. システム

本システムは, 人の手の動きを検出する Leap motion と, 映像を提示する光学系, 及び情報の処理と画像生成を行う計算機からなる。本システムでは, 大型化する前の試作として, 基本的な構造を小型のシステムとして実装した。システムの構成を図2に示す。

ユーザーは空中像が浮かぶ LEAP MOTION の上に手をかざし, 手の動作に合わせて空中像をコントロールする。手の動作の計測を行う LEAP MOTION は, 装置から 200mm 離して設置した(図3)。得られたユーザーの指先座標を PC に 30 Hz で送信し, Processing を用いて指先の座標データから空中像の座標を計算し, シリアル通信経由で ESP32 (ESP32-DevKit C ESP-WROOM-32 開発ボード) に送信した。ESP32 にはあらかじめ絵の描画データが格納されており, その描画データと空中像の座標データからガルバノミラーの制御データが求めた。こうして作られたデータを電圧に変換しガルバノ制御装置に加える。

ガルバノミラーは 2 枚のミラーで構成されている。それぞれミラーの角度が変わることでレーザーの照射方向を変えることができる。2 枚のミラーは x 軸 y 軸方向に対応しており ESP32 で作られた座標データを元にミラーを制御することでレーザーで絵を描いた。波長 640~660nm を照射するレーザーモジュール (FU650AD5-C6, Changchun Realpool Photoelectric Co., Ltd.) は ESP32 によって出力が制御されており, レーザーの点灯をコントロールすることができる。照射されたレーザーは拡散板に投影される。拡散

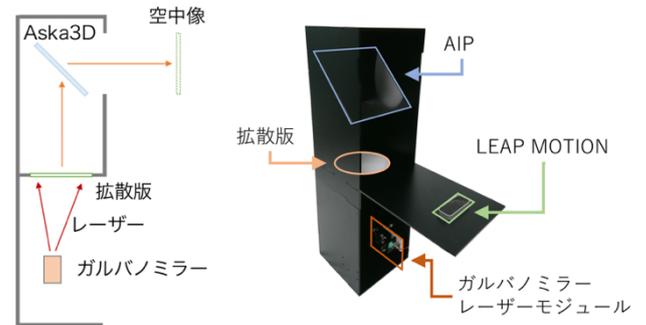


図3 提案システム
Figure 3 Optical Component

板として和紙 (KOKUYO KPC-W1110 イングジェット&カラーレーザー用紙和紙) を用いた。拡散素材には様々な種類があるが, 和紙は拡散する方向が広く, 低価格かつ障子紙などの大型に作られているものも多いため, 将来大型化する際に役立つと考えた。レーザー光から拡散された光が MMAPs (Aska3d, 株式会社アスカネット) を通じ, 空中像ができる。

4. まとめ

本研究では, 大空間に小さな像が動き回るような用途には適した光学系と考えられる方法として, レーザー光を拡散させて空中像を生成することで, 低消費かつ高輝度な空中像結像手法を提案し, その実装を行った。今後は, 展示と観察, 及び体験者との議論から, 今後のシステム改良点を洗い出して行きたい。また, ミニチュア模型等に本システムを組み込んで, 大型化する際の設計の課題の整理等も進めたい。

謝辞

本研究は, 科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業 (さきがけ, JPMJPR16D5) によるものである。また, 電気通信大学 研究支援員配置プログラムのサポートも受けた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 山本 裕紹(監修): 空中像ディスプレイの開発と応用展開, シーエムシー出版 (2018).
- 2) Kim, H., Takahashi, I., Yamamoto, H., Maekawa, S. and Naemura, T.: MARIO: Mid-air Augmented Reality Interaction with Objects, Elsevier Entertainment Computing, vol.5, no.4, pp.233-241, (2014).
- 3) Makino, Y., Furuyama, Y. and Shinoda, H.: HaptoClone (Haptic-Optical Clone) for Mutual Tele-Environment by Real-time 3D Image Transfer with Midair Force Feedback. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '16)*, pp. 1980-1990 (2016).