

マイクロミラーアレイ素子を用いた環境反射型空中像

小泉 直也

電気通信大学 大学院 情報学専攻

〒182-8585 調布市調布ヶ丘 1-5-1

Email: koizumi.naoya@uec.ac.jp

あらまし 空中像とは、光源の光が反射・屈折し空中に結像したものであり、映像と実物体を融合させた情報提示が可能で、映像と鑑賞者が物理空間を共有するため新しいインタラクションデザインの基盤になりうるものである。本稿では、マイクロミラーアレイ素子を中心に現在までに試みられている環境反射型空中像の研究例を紹介する。

キーワード 空中像提示技術, マイクロミラーアレイ, インタラクション

Mid-air imaging optical system on glossy materials

Naoya Koizumi

Department of Informatics, The University of Electro-Communications

1-5-1 Chofugaoka, Chofu, Tokyo 182-8585

Email: koizumi.naoya@uec.ac.jp

Abstract A mid-air image is a reflection or refraction of light from a light source that forms an image in the air, and it can be used as a basis for new interaction design because it can present information by integrating images and real objects, and the image and the viewer share a physical space. In this paper, we introduce the research examples of mid-air image interaction that have been attempted using micromirror-array-plates.

Keyword Mid-air imaging, micromirror-array-plates, interaction

1. はじめに

新型コロナウイルスの影響で非接触インタフェースが求められており、空中像とのインタラクションはかつてないほどに注目を集めている。空中像はマイクロミラーアレイ素子(Micro-Mirror Array Plates, 以下 MMAPs と省略)や再帰性反射材によって容易に結像し表示することができる[1]が、単純に像を表示だけでは、普及に至るほどの魅力を出すことはできない。本稿では、著者が取り組む環境反射型空中像を紹介し、空中像を実環境にどのように組み込み・調和させていくかについて議論する足がかりとしたい。

2. 環境反射型空中像

空中ディスプレイの問題の一つは、表示される像よりも装置の方が大きく目立ってしまう点である。そこで、できる限り装置を隠しつつ空中像を表示することが望ましい。図1の左図に示す通り、現状の空中像光学系では空中像を見る際に空中像装置そのものを覗き込んでいる。本稿では、それを避ける方法として図1の右図に示すように、光沢のある建材等に光を反射させて空中像を結ぶ環境反射型空中像の研究例を紹介する。

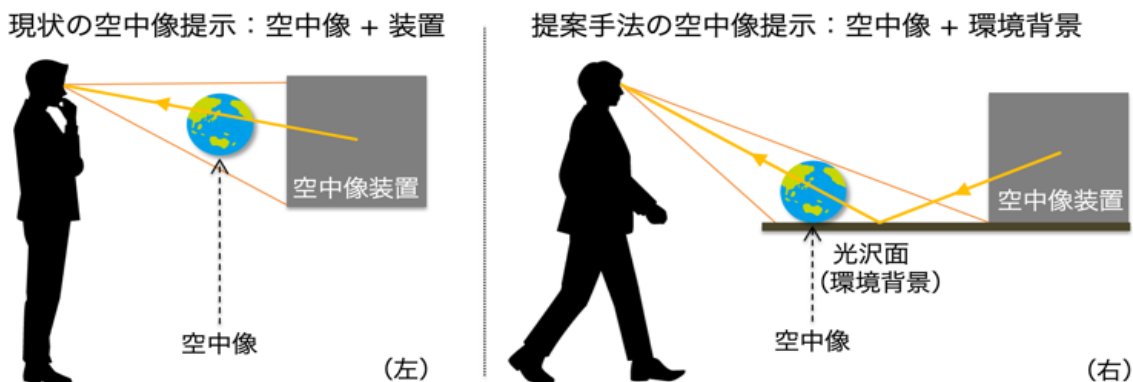


図1 現状の空中像提示と提案する光沢面を用いた空中像インタラクション

空中像を結像する手法は複数提案されているが、本稿では平行に並ぶ短冊形のミラーアレイ素子が二枚直交して配置された光学素子である MMAPs を用いた例を紹介する。MMAPs はミラーアレイで光を 2 回反射させることで空中像を結像することができるものであり、その結像位置は素子を対称面として光源と面对称な位置になる。

この素子を用いて環境反射型空中像を実現した最初の例として、テーブル上に直立した空中像を表示する光学設計 EnchanTable[2] を提案した(図2)。これは空中像をテーブル上に表示することと、光学系をテーブル奥の空間に設置すること要件としたものである。

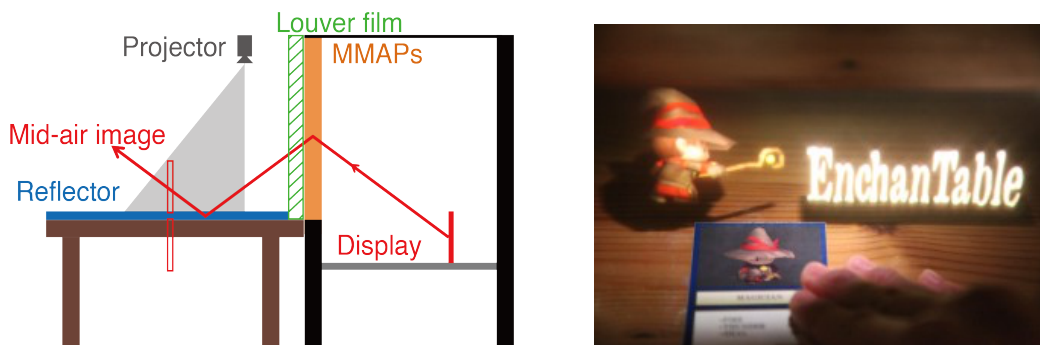


図2 EnchanTable の構成と表示例

EnchanTable の光学系について述べる。まず表示する空中像の光源を担うディスプレイから発せられた光は、MMAPs を通り、面対称な位置に空中像を結像するように進む。次にテーブル反射面で反射することで空中像を結像する。ここにプロジェクタによって空中像の影として見えるものを表示する。これはプロジェクタを点光源と仮定して、空中像の影をテーブル面に再現したもので、空中像が上からの光を遮って影ができているように見せることを目的としている。さらに、上方向へ進む光線を拡散し下方向へ進む光線を透過するルーバーフィルムを、MMAPs の手前側に設置する。これにより、空中像を結像する下向きの光を透過させながら、直接ユーザの目に届く上向きの光を遮蔽している。これによってテーブル上の空中像に注目を引き出し、その背部に設置された光源などの装置を見えにくくできる。

この光学系にセンサを加えることで、空中像とのインタラクションを設計する。たとえば、カードリーダーを取り付けることでテーブルの下に隠して配置することで、机の上にカードを置くとキャラクターが出てくるゲームシステムなどへの応用ができる。他にも反射面をタッチパネルディスプレイにすることで、タッチパネル面上の地図と空中像のキャラクターを使ったゲームコンテンツなどのインタラクティブシステムなども実現できる[3]。

EnchanTable の光学系における反射面を水面に置き換え、その水面の高さを計測し、それに応じた光源を配置することで、素手で水ごと空中像をすくいあげるインタラクションデザイン Scoopirit も提案した[4]。センサとしては、水面の高さを計測するために超音波センサを使用することもあったが、これでは面上に高さのセンシングができないため、RGB-D カメラを用いて手の高さを計測し、そこに水面があると仮定して光源を移動させる方法を選んだ。これによって、水面を動き回る妖精の CG 映像を素手ですくい上げるという、映像との印象的なインタラクションを実現することができたと考えている。

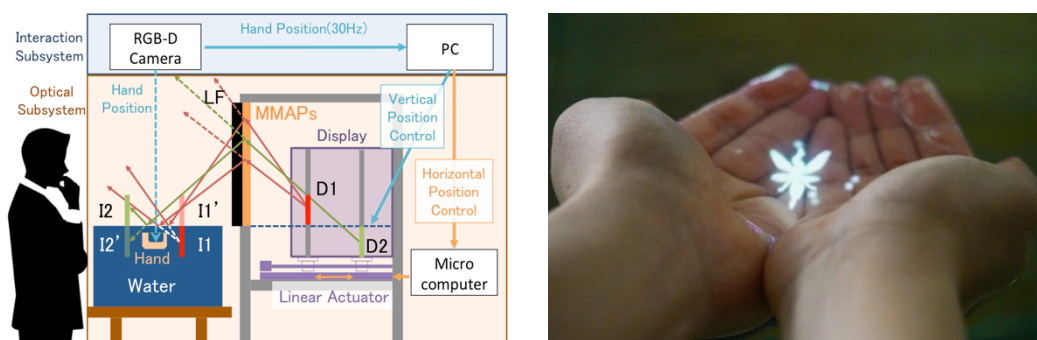


図3 Scoopirit のシステム構成と表示例

EnchanTable や Scoopirit は床面などへの適応が難しかったが、これを解消する光学系 PortOn[5] も提案した。これは、EnchanTable の光学系の内部に鏡を用いる方法であるが、単純

に鏡を設置すると空中像よりも高輝度の像が水平面の中に表示されてしまう問題が生じる。そこで、使用する光源の種類ごとに空中像の下に表示される像を除去する方法を検討した。具体的には光アイソレーターに類似する方式で、空中像の下に表示される空中像と空中像を生成する光線の偏光の向きを分けることで、空中像のみを表示することができる光学系を実現した。具体的な利用例として、小型ディスプレイを光源としたシステムを制作し、システムをテーブルに置いて、すぐろくのコマのように使用できる空中像を提案している。インタラクションというと計算機とセンサとディスプレイの三者を連携させることを考えてしまいがちであるが、このように装置そのものを動かすことによって、物理的な装置の扱いやすさをいかした空中像とのインタラクションも面白いと考えている。

3. おわりに

本稿では、筆者が携わった MMAPs を活用した環境反射型空中像の研究を紹介した。空中像の社会的需要が高まっており、空中像インタラクションの研究もますます活発になると考えている。しかし製品レベルの設計をするにあたっては、空中像の迷光などの美観を損ねる部分をいかに見せないように製作するかを考える必要があると考えられる。筆者は CG によるシミュレーションによって、MMAPs と光源の配置によってどの様に空中像が結像し、迷光が発生するのかを映像で見ることができシステムも開発している [5]。本稿で紹介したインタラクション技術や CG による設計支援によって空中像システムの設計ハードルが下げ、より美しく見える設計手法の普及に貢献し、引き続き空中像の発展に寄与したいと考えている。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP20H04223 の助成を受けたものである。

文献

- [1] 山本裕紹(監修), 空中ディスプレイの開発と応用展開. シーエムシー出版, 2018.
- [2] 山本 紘暉, 梶田 創, 小泉 直也, 苗村 健. EnchanTable : テーブル面の反射を用いた直立空中像ディスプレイ. *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, Vol.21, No. 3, pp.401-410, 2016.
- [3] Yui Osato, Naoya Koizumi. Charrot: Pseudo-haptics with Mid-air CG Character and Small Robot. In *Proceedings of the Virtual Reality International Conference*, Article 18, pp.1-5, 2018.
- [3] 松浦 悠, 小泉 直也. Scoopirit : 水面反射を用いた空中像とのインタラクション. *情報処理学会論文誌*, Vol. 60, No2, pp. 318-327. 2019.
- [5] Naoya Koizumi, Sano Ayaka. Optical System to Display Mid-Air Images on a Glossy Plane and Remove Ground Images. *Optics Express*, Vol. 28, Issue 18, pp. 26750-26763, 2020.
- [6] Shunji Kiuchi, Naoya Koizumi. Simulating the appearance of mid-air imaging with micro-mirror array plates. *Computers & Graphics*, Vol. 96, pp. 14-23, 2021.