

タッチスクリーンによる空中像インタフェースの基礎検討

小泉 直也^{1,2,a)} 簾内 統賀¹

概要：本研究の目的は、カードゲームにおける空中像インタラクション手法の開発である。空中像ディスプレイは、映像装置を光源として光学系によって反射・屈折させることで、映像を空中に表示するものである。本研究では、テーブル上に空中像を表示し、プレイヤーがゲームカードを動かすことで空中像が同期して動くしくみを開発する。具体的には、スクリーンシステム、金属製タッチ ID のカード、及び既に提案された EnchanTable と呼ばれるテーブルトップ上に空中像を表示する手法を融合する。

Card game interface for midair imaging system

KOIZUMI NAOYA^{1,2,a)} SUNOUCHI TOGA¹

1. はじめに

カードゲームはアニメーション等で扱われる人気のあるコンテンツであり、テレビゲーム・玩具・アーケードゲームなど各種ゲームメディアに展開されている。本研究はアニメ表現で見られるような、カードを机に置くとキャラクターが表示されそれを操作することのできるしくみを提案・構築する。このようなしくみの実現方法として、モバイルディスプレイやHMDを使用したAR環境での実写とCGの合成も考えられる。しかしこの方法ではディスプレイ画面を用いなければCGキャラクターを見ることができない。そこで、本研究では空中像光学系の研究によってカードゲーム(実物体)とキャラクター(CG)の一体化を実現する。空中像提示光学系としてはEnchanTable[1]と呼ぶテーブルトップ型空中像光学系を使用する。この装置はテーブルトップ面上に空中像を前後・上下・左右に動かしながら表示することができる。しかし、現状ではRFIDによるカードID情報の読み取りに応じて、予め準備していた情報を投影するディスプレイとしての研究にとどまっている。そこで、カードのID・位置・角度の読み取りを実現するために、テーブルトップ面として反射可能なタッチスクリーン

を用いて、そこから座標値を取得し、空中像のコントロールに用いる手法を導入する。

2. 関連研究

2.1 空中像結像手法

本研究課題は、空中像インタラクションに関する研究として位置づけられる。空中像を結像させる光学系としては、アスカネットのAerial Imaging Plate (AIP) [2]やパリティイノベーションズのパリティミラー [3]や、宇都宮大の山本らによるAIRR[4]がある。

これらの光学素子を組み合わせた空中像提示手法が複数提案されている。Makinoらは2枚のAIPを組み合わせることで、双方向の視触覚通信手法を提案している [5]。さらにFuruyamaらは2枚の鏡を追加し、実物体の像とその断面図を同時に見ることのできるX-SectionScope[6]を提案している。金ら是对面する二人から見えるようにAIPと、ディスプレイ及び視野角制御フィルムを用いたHoVerTable[7]を提案している。本研究ではカードゲームの読み取りをタッチスクリーンで行うことを踏まえ、テーブルの反射面を利用した空中像提示系であるEnchanTable[1]をベースに研究を行う。

2.2 空中像インタラクション

空中像は光源の光を反射屈折させ、空間中に結像するこ

¹ 電気通信大学
1-5-1, Chofugaoka, Chofu, Tokyo 182-8585, Japan
² 科学技術振興機構 さきがけ
JST Presto
a) koizumi.naoya@uec.ac.jp

とによる視覚情報提示手法である。そのため、物理的実体を持たないため、触覚を付与する研究が行われている。HaptoMine では、前述した AIP による空中像提示と超音波アレイによる触覚提示を組み合わせることで、空中像触覚提示を実現している [8]。一方で Kim らの MARIO では、深度センサを用いて空中像とのインタラクションを実現している [9]。ここでは、空中像を直接操作しようとするのではなく、実物体を介して操作させることによって、物理的実体の操作と同様に簡単に空中像をユーザーが操作することを実現しており、日本科学未来館での展示において多くの来場者が積極的に手を伸ばしていたことが確認されている。

3. 提案手法

3.1 原理

本研究では、山本らの提案した EnchanTable[1] の光学系を使用した。この光学系の概要を示す (図 1)。空中像の光源となるディスプレイの光は、AIP によって反射された後に、液晶表面の光沢面で反射することによって、タッチスクリーン上に結像する。本研究ではこのタッチスクリーン上に結像した空中像を、池田らによって提案されているタッチスクリーンの導電パターン配置 [10] を採用したカードを用いて操作する。

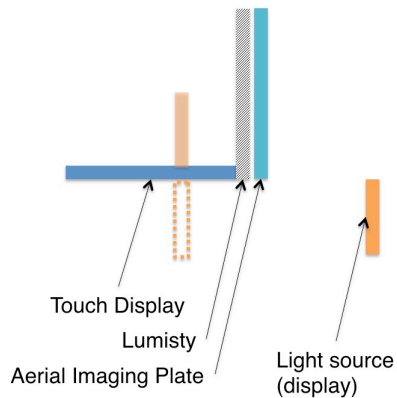


図 1 EnchanTable の光学構成
Fig. 1 Optical schematic

3.2 実装

本システムの構成を図 2 に示す。基本的には、タッチスクリーンで取得した座標情報をもとに空中像の移動量を決定し、XYプロッタに送信した。タッチスクリーンには投影型静電容量方式で 10 点検出可能な P2314T (DELL) を使用した。また使用した XY プロッタは SmartDIY の Smart Laser Mini をベースに、レーザーを取り外し小型プロジェクタ (Exquizon GP1S, 500 ルーメン) を使用した。XY の位置制御においては、フレーム毎にヘッダ及び XY の座

標の計 3byte のデータを laptop から Arduino Mega に送信し、Arduino Mega から Smart Laser Mini 基板上的のモータドライバをコントロールした。更新周波数は画面描画に同期させてあり、おおよそ 60Hz であった。また空中像の光源となるディスプレイとして、スクリーンはリア透過プロジェクションフィルムのブラックタイプ (シアターハウス) を使用し、プロジェクタには、部品の選択においては、空中像をより明瞭に視認させることを目的として、高コントラストな部品の選択を優先し取り組んだ。カードに関して、銀ナノ粒子印刷パターンや、薄いアルミ板では誤反応が多かったため、3mm 厚のアルミ板から、先行研究で用いられていたボタンを削り出したものを使用した (図 3)。削り出しの厚みは 2.5mm とし、2mm のアクリル板によって支えることにした。

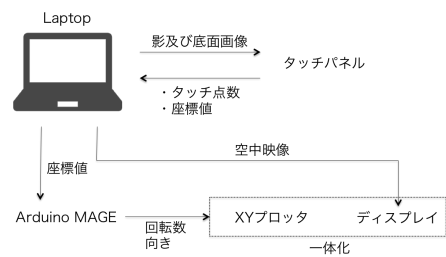


図 2 システム構成
Fig. 2 System diagram

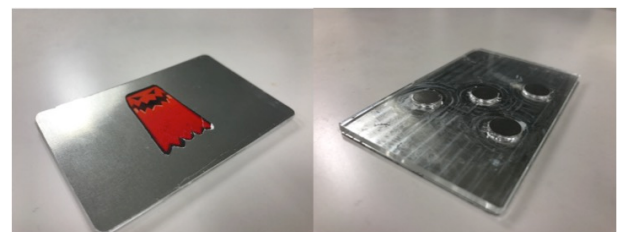


図 3 使用したカード
Fig. 3 Metal card

3.3 動作

タッチパネル上での空中像の動きを図 4, 5 に示す。図 4 より、カードを回転させることで、空中像の CG も回転していることが分かる。また図 5 より、カードを移動させることで、空中像の CG も移動していることが分かる。したがってカードの動きを用いて、空中像の回転及び移動をコントロールできることが確認できた。

4. 視認性の評価

本研究ではタッチスクリーンの光沢面を反射素子として使用する。先行研究で使用されている反射材に比較して、タッチパネルの反射率は低い。このため、輝度が十分に視

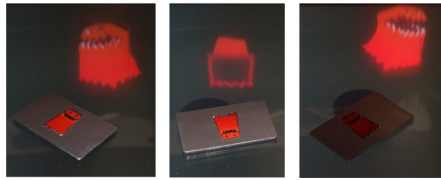


図 4 カードによる回転操作
Fig. 4 Rotation

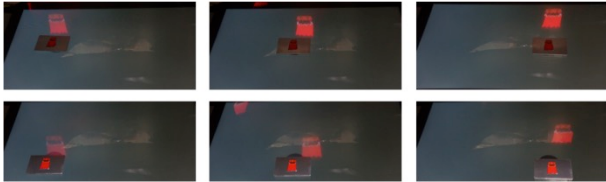


図 5 カードによる移動操作
Fig. 5 Position control

認できる程度であることを確認する必要がある。そこで、結像した空中像の輝度を評価した。

4.1 測定条件

本研究ではタッチスクリーン液晶の表面の反射を用いて結像を輝度の測定には輝度計 (LS-100, ミノルタ) を用いた。空中像はタッチパネル上のユーザーから見て手前、中央部分、奥部分の3点を5cm ずつ離して結像し計測を行った。また、それぞれ俯角を30度から45度まで5度間隔で変更した。また、方位角は0度から25度まで5度間隔で計測を行った。実験時には、プロジェクタから白色の画像を表示し、タッチパネルの電源は切った状態で行った。輝度測定条件を図6に示す。

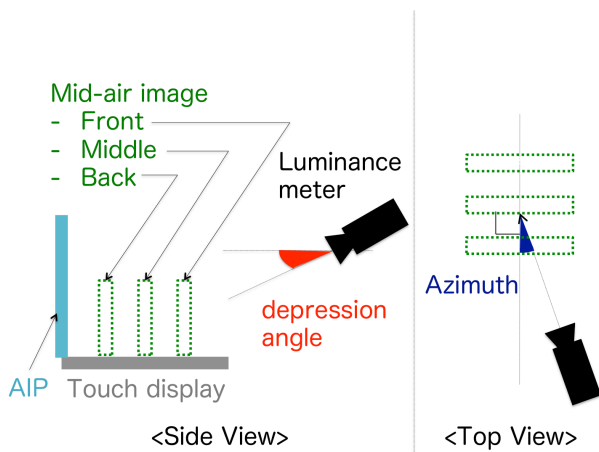


図 6 輝度測定条件
Fig. 6 Position control

4.2 結果

計測結果として、手前、中央、奥の順にそれぞれ図7,8,9に示す。どの角度においても、手前側が暗く奥側にいくほ

ど暗くなっていることが分かる。仰角に関しては、いずれの場合も浅い角度の方が輝度が高く、深い角度の方が輝度が小さい。また方位角においても、正面から離れる程に輝度が減少しており、これらは、光源のディスプレイの光の強度に応じた分布になっていると考えられる。最大輝度は10cd/m²程度であった。このときに使用したタッチパネルディスプレイの輝度設定を最低輝度にした上で、白色表示時の輝度を計測したところ、最大で2.0cd/m²であった。したがって、本構成であれば水平面よりも十分に明るく空中像を表示することができることがわかった。

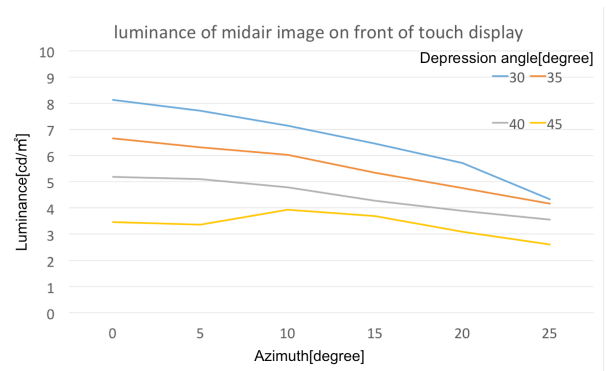


図 7 手前に結像した際の輝度
Fig. 7 luminance(front)

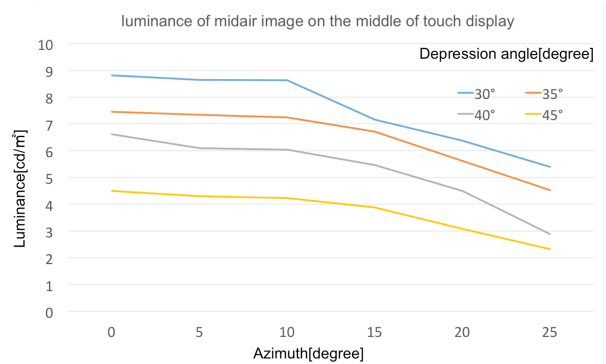


図 8 中心に結像した際の輝度
Fig. 8 luminance(middle)

5. 考察

本研究の課題をまとめる。現在のXYプロットによるディスプレイの移動速度の限界があり、十分に追いついていない。これはアクチュエータを高速化することによってカードの動きと空中像の動きを近づけていくことは可能であるが、その場合アクチュエータが大型化かつコストが大きくなりすぎてしまう。そこで、ユーザーのカードの動かし方を自然に制限する様な提示画面の設計を行うことで、ユーザーがむやみにカードを動かしすぎず自然とある程度の速度で動かすようなインタラクションを導くようなデザ

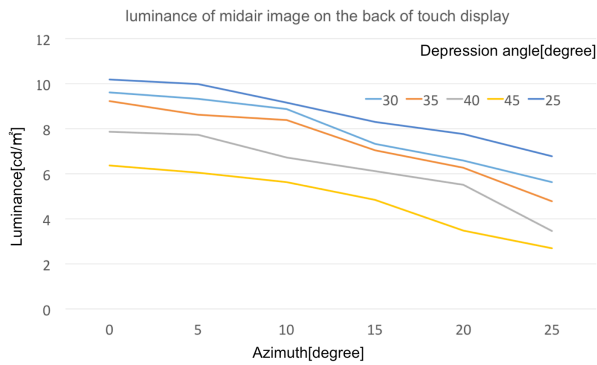


図 9 奥に結像した際の輝度
Fig. 9 luminance(back)

インの指標をつくりたいと考えている。また、今回使用したカード ID のパタン数では多くの種類のカードに対応することが難しい。今後はカードのパターン数を多くする手法なども検討したい。さらに、導電性物質の 3D プリントを活用することで、カードだけではなく 3 次元形状の物体と空中像の融合も実現したい。

6. まとめ

本研究では、カードゲームとして空中像を用いる手法に関して検討を行った。具体的には、導電性パタンを用いたカードを、タッチパネルに置くことによって入力を行い、EnchanTable 光学系を採用することで、そのカードと同じ位置に空中像を表示させる事ができた。輝度の評価を行い、ユーザーに水平面を表示しながら空中像を見せることが可能であることを確認した。今後は、アクチュエータ機構の見直しやセンシングの検討、提示情報の調整によるユーザーのカードの動きの調整などを行い、遅延を認識しにくい設計を実現したい。

謝辞 本研究は中山財団の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 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)
- [2] 株式会社アスカネット: Aerial Imaging technologies, 入手先 (<http://aerialimaging.tv/>) (2016.12.15).
- [3] 株式会社パリティ・イノベーションズ: パリティミラー, 入手先 (<http://www.piq.co.jp/about.html>) (2016.12.15).
- [4] Yutaka Tokuda, Atsushi Hiyama, Michitaka Hirose, and Hirotsugu Yamamoto: R2D2 w/ AIRR: real time & real space double-layered display with aerial imaging by retro-reflection, In SIGGRAPH Asia 2015 Emerging Technologies (SA '15), Article 20, 3 pages(2015).
- [5] Yasutoshi Makino, Yoshikazu Furuyama, and Hiroyuki Shinoda: HaptoClone (Haptic-Optical Clone): Mid-air Haptic-Optical Human-Human Interaction with Perfect Synchronization, In Proceedings of the 3rd ACM Symposium on Spatial User Interaction (2015).
- [6] Yoshikazu Furuyama, Atsushi Matsubayashi, Yasutoshi Makino, and Hiroyuki Shinoda: X-SectionScope: cross-section projection in light field clone image, In ACM SIGGRAPH 2016 Emerging Technologies (SIGGRAPH '16), Article 22, 2 pages(2016).
- [7] Hanyuool Kim, Hiroki Yamamoto, Naoya Koizumi, Satoshi Maekawa, Takeshi Naemura: HoVerTable: Combining Dual-sided Vertical Mid-air Images with a Horizontal Tabletop Display, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.17, No.3, pp.275 - 286(2015).
- [8] Yasuaki Monnai, Keisuke Hasegawa, Masahiro Fujiwara, Kazuma Yoshino, Seki Inoue, and Hiroyuki Shinoda: HaptoMime: mid-air haptic interaction with a floating virtual screen, In Proceedings of the 27th annual ACM symposium on User interface software and technology, 663-667(2014).
- [9] H. Kim, I. Takahashi, H. Yamamoto, S. Maekawa, and T. Naemura: MARIO: Mid-air Augmented Reality Interaction with Objects, Elsevier Entertainment Computing, vol.5, no.4, pp.233-241(2014)
- [10] 池田 昂平, 沖 真帆, 塚田 浩二: CapacitiveMarker: 接触認識可能な 2 次元コードを用いたインタラクション手法, 情報処理学会インタラクション 2015 論文集, 72-79 (2016).