

仮想と現実の相互作用を有する AR 紙相撲システム AR Kamizumo System with the Interaction between Real and Virtual Entity

福山 裕幸[†] 飯田 勝吉[‡] 高井 昌彰[‡]
Hiroyuki Fukuyama Katsuyoshi Iida Yoshiaki Takai

1. はじめに

拡張現実(AR)において、実物体の動作のセンシングに基づいて現実から仮想世界への干渉を表現し、また仮想世界の動作に応じて何らかの仕組みを媒介として実物体の変化を誘導することで、仮想から現実世界への干渉を表現することができる。これらの仮想と現実の双方向の作用を同時に同時に行うことにより、仮想世界との新たなインタラクションの可能性が期待できる。

本研究では、対戦ゲームの一つである「紙相撲」に着目し、物理的な土俵の下に埋められた電磁石アレイを用いて、仮想の力士と現実の力士が土俵上で組み合って相互に作用を及ぼすことのできる AR 紙相撲システムを開発した。

2. 仮想から現実への干渉

仮想から現実への干渉を実現するためには、現実世界へ物理的に影響を及ぼすことのできる装置が必要となる。先行研究等で使用されている装置の例としては、ワイヤーと電磁石を組み合わせた装置[1]や、振動と熱電素子を用いたグローブ[2]がある。

本稿では紙相撲での現実の力士を「実力士」、仮想の力士を「仮想力士」と呼ぶ。本研究では図 1 に示す電磁石アレイを土俵の下に設置し、実力士の足元に微小な永久磁石を装着することにより、磁石の反発力を用いて仮想から現実への干渉を実現する。個々の電磁石の磁力は PC と接続された Arduino をインタフェースとして制御される。



図 1 電磁石アレイ

3. AR 紙相撲システムの全体構成

本システムを用いた実力士と仮想力士の紙相撲対戦のイメージを図 2 に示す。仮想力士の操作プレイヤーは、土俵を叩くようにマウスボタンをクリックすることで仮想力士を動かし、実力士の操作プレイヤーは実際に土俵を指で叩いて振動を起こして実力士を動かす。土俵に向けられたカメラを介してビデオシースルーで土俵を見ることで、実力士と仮想力士の組み合った対戦の様子が見られる。

[†] 北海道大学大学院情報科学研究科, Graduate school of Information Science and Technology, Hokkaido University

[‡] 北海道大学情報基盤センター, Information Initiative Center, Hokkaido University

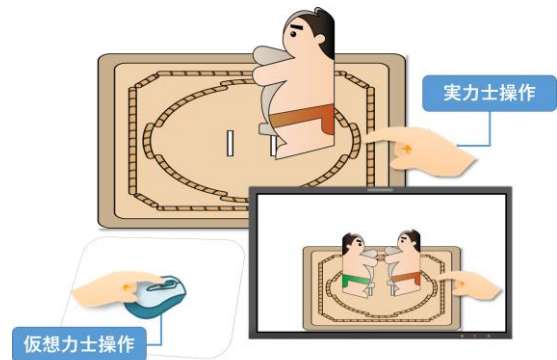


図 2 AR 紙相撲システムでの対戦イメージ

土俵上の実力士の認識・干渉及び仮想力士描画における処理の流れを図 3 に示す。また本システムを形成する主なハードウェア構成を図 4 に示す。実力士の土俵上の位置認識と仮想力士の重畳表示のため、プレイヤー視点の側面カメラの他に、土俵真上に天井カメラを配置している。

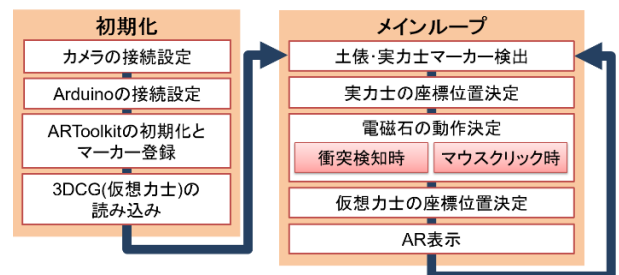


図 3 システムの主な処理の流れ

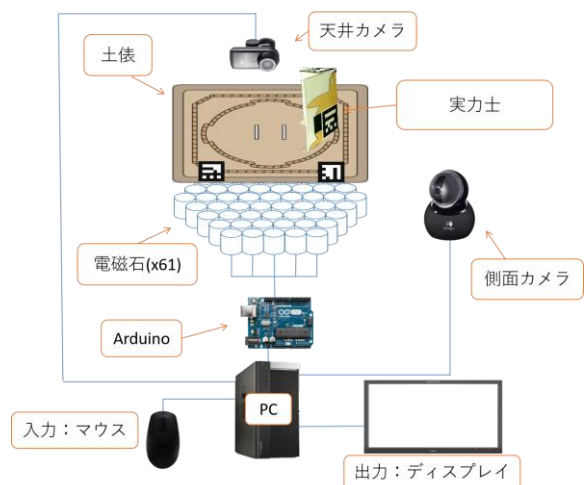


図 4 システムのハードウェア構成

4. AR紙相撲システムの実装

4.1 磁力による干渉のための基盤

4.1.1 電磁石アレイ

鉄芯として直径 5φ の鉄製ボルトを利用し、巻き数 300 回 (0.32φ エナメル線, 6 層, コイル長 30mm, 1.2Ω) の電磁石を作成した。電磁石は平板上に 18mm の間隔で正六角格子状に計 61 個配置され、土俵下に置かれる電磁石アレイを形成する。

4.1.2 電磁石の制御

電磁石アレイを PC から制御するインタフェースとして、ワンボードマイコンである Arduino UNO R3 を用いた。

Arduino のデジタル出力ポートの 6bit をデコードし 61 個の電磁石から任意の 1 つを選択し、MOS-FET (2SK4017) を介して電磁石に流れる電流を制御する。パルス幅変調により、磁力を連続的に制御することができる。

制御回路の制約から、同時に移動できる電磁石の個数は 1 つである。そのため、複数の電磁石を動作させる場合には、画像認識のフレームレートに合わせて時分割で動作させる必要がある。

4.1.3 実力士と土俵

実力士は図 5 のように高さ 74mm の厚紙を 2 つ折りにし、下部を内側に折り曲げて固定したものを使用した。実力士の足元にはネオジム磁石(5φ)を 2 個装着している。実力士の表面には AR マーカを 5 個 (左右両側面と上部) 設けている。また、土俵 (図 6) は、通常の紙相撲と同様に、単純な厚紙製の箱であるが、内部に電磁石アレイを内包しており、土俵上面にリファレンス用の AR マーカを有する。

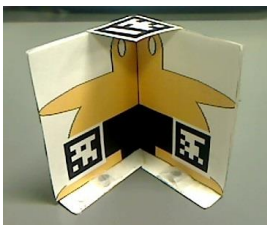


図 5 実力士(正面)



図 6 土俵

4.2 仮想と現実の相互作用

4.2.1 開発環境及び動作環境

本システムの開発環境及び動作環境を表 1 に示す。

表 1 開発環境及び動作環境

システム開発言語		Processing
AR ライブラリ		AR Toolkit
PC	CPU	IntelXeonE5-1620 3.60GHz
	RAM	DDR4 16GB
	OS	Windows10 Professional
カメラフレームレート		30fps

4.2.2 実力士の位置情報取得

天井カメラの画像から土俵と実力士の AR マーカを認識し、実力士の土俵平面上的正確な位置情報を推定する。この情報をもとに、仮想力士が実力士と同じ大きさ・形状を有しているという前提で、システムは土俵上の仮想力士と実力士の位置関係を構築し、力士同士の衝突判定を行う。

4.2.3 実力士への干渉と仮想力士の動作

電磁石は、(1)マウスクリックを検知した場合、または、(2)力士同士の衝突があった場合に、それぞれ動作させる。

(1)仮想力士プレイヤーのマウスクリックを検知した場合

マウスクリックを検知した場合、土俵上のクリック位置 (仮想的に指で叩く場所) と仮想力士との相対的な位置関係から、仮想力士の配置座標に仮想的な振動による微小変移を加え、仮想力士の位置や向きを変化させる。その際わずかに土俵面を飛び跳ねるモーションを付加する。同時に、実力士の近傍の電磁石を動作させ、実力士にも振動伝播の影響を与える。

(2)力士同士の衝突があった場合

実力士と仮想力士の座標が重なった場合、それらの衝突を表現するために、実力士の近傍の電磁石を動作させて実力士に影響を与える一方、仮想力士には衝突点と仮想力士の重心の位置関係をもとに、描画フレームごとに微小な移動・回転等の変移を加え、衝突時の振舞いを描画する。

4.2.4 オクルージョン処理の実現

側面カメラの画像に対して、仮想力士を重畳表示する。その際、実力士と仮想力士の相対的な位置関係によっては、単純な重畳描画では整合性がとれず、不自然になる場合がある (図 7)。そのため実力士の側面のマーカを基準にして仮想力士を部分的にマスクすることにより、実力士によるオクルージョン処理を実現している (図 8)。

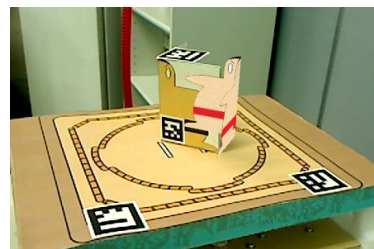


図 7 オクルージョン処理なし

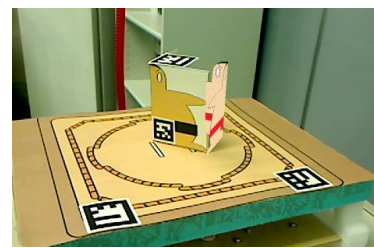


図 8 オクルージョン処理あり

5. まとめと今後の課題

仮想と現実の相互作用を有する AR 紙相撲システムの概要について述べた。土俵面の物理的振動のセンシングによる物理計算の精緻化、自然特徴点を用いた実力士の認識、ネットワーク対戦型への拡張等は今後の課題である。

参考文献

- [1] 青木孝文, 三武裕玄, 浅野一行, 栗山貴嗣, 遠山喬, 長谷川晶一, 佐藤誠: “実世界で存在感を持つバーチャルクリーチャーの実現 Kobito -Virtual Brownies-”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.11, No.2, pp.313-322 (2006)
- [2] vivoxie - Powerclaw <https://vivoxie.com/en/powerclaw>