

VR カードゲームのための実カード型インタフェースの提案

海野貴智^{†1} 橋本直^{†1}

本研究では、ヘッドマウントディスプレイを使用したVR環境においてカードゲームをプレイするためのインタフェースを提案する。提案手法では、トラッキング用のパターンを印刷した実カードをVR空間のカードと同期させ、対戦におけるカードの受け渡しをテーブルを介して行うようにインタラクションを設計する。これにより、カードゲームの醍醐味であるカードを触って動かす操作やカードの受け渡し操作を現実と同様に行うことができる。本論文では、提案手法をババ抜きに適用した結果について報告する。

1. はじめに

ボードゲームには、カードの受け渡しやコマの移動といった実物を使ったフィジカルなインタラクションがあり、これらはビデオゲームにはない魅力である。近年のVRゲームに伴い、ボードゲームのプレイ環境はVR空間にも広がっている。例えば、「Magic Table Chess」[1]や「Tabletop Simulator」[2]では、VR空間内で他のプレイヤーと一緒に会話を交えながらチェスやカードゲームをプレイできる。VR上でプレイするボードゲームには、バーチャルキャラクターに扮してのプレイや、遠隔の相手とのプレイといった現実にはない魅力がある一方で、ボードゲームが元来持っていたフィジカルな要素は失われている。

本研究では、ボードゲームの中でもカードを使用してプレイするカードゲームに注目し、VR空間において現実世界と同様の操作感でプレイできるカードゲームの実現を目指す。提案手法では、トラッキング用のパターンが印刷された実カードを用いてVR空間内のカードの操作を行う(図1)。実カードを用いることによって生じる問題として、プレイヤーが相手と手札の受け渡しをするシチュエーションにおいて、VR空間でカードの移動が行われても、現実世界ではカードが物理的に移動しないことが挙げられる。これを解決するために、プレイヤー間のカードの受け渡しをテーブルを介して行うように設計した。また、本研究ではバーチャルキャラクターとの対戦において、勝敗時の表情の変化やユーザを欺くために行う駆け引きなどのソーシャルなインタラクションの実装も行った。

本論文では、システムの構成とカード操作のインタラクションについて説明し、ババ抜きを対象に行った評価実験の結果について報告する。

2. 関連研究

Rogersonらは、デジタル化されたボードゲームが増えている中でなおアナログゲームの人気の続いている要因はボードゲームの物質性にあると、ボードゲーム愛好家への聞き取り調査を元に主張している[3]。物質性には、コマや

カードといったコンポーネントの手触りだけでなく、コンポーネントやそれをしまう箱の匂いや芸術性、適切なサイズのテーブルや椅子、照明、そしてゲームを収納する際の棚や部屋という4つの領域があることを明らかにしている。また、ボードゲームを元にデジタルボードゲームを開発するにあたっては、インタラクションにおけるリアルな感覚を保持しなければならないが、同時に操作が煩雑で面倒になることは避けなければいけないと述べている。

高橋らは、ボードゲームにはデジタルゲームにはないエンタテインメント性があり、それはコマやカードなどのコンポーネントが実物体であるがゆえに実現されていると分析している[4]。彼らが提案したデジタルボードゲーム「我瓶引水」では、テーブル型ディスプレイとモバイル端末を用いることで、「皆で見ている盤面でアイテムを使用する、または移動させる」、「自分のみわかる情報がある」、「プレイヤー同士が対面して遊ぶ」というボードゲームの楽しさを活かしたシステムを実現した。また「blocki」では、木や紙でできたコンポーネントが可変性に乏しいという物理的制約に着目して、ディスプレイ上でコンポーネントに可変性を持たせることで戦略性の増大を可能にした。

VRボードゲームにおいて物質性を享受するには指先への触覚提示をする必要がある。指先への触覚提示の手法として、指先に振動[5]や電気刺激[6]を与えるものや、外骨格型デバイスを用いる方法[7]、ピンアレイやエアバッグのよ



図1 VRカードゲームのための実カード型インタフェース

^{†1} 明治大学
Meiji University

うな変形する構造体を用いる手法[8, 9]などがある。これらはいずれも立体形状を提示することは可能だが、カードのような薄いものの触感を提示するのは難しい。

そこで本研究では、VR 空間内にあるカードと同サイズの実カードを現実世界に用意し、それを操作インタフェースとすることで、VR における手触りのあるカード操作を実現する。本手法では、ユーザが現実世界で触れている実物体と VR 空間にあるバーチャル物体の位置姿勢が時間的・空間的に同期している必要がある。これを解決するための方法には、実物体の位置姿勢をロボットアームで制御する遭遇型システム[10]や、VR 空間で見えているユーザの手の位置やユーザの観察方向などを制御する Haptic Redirection[11]などがある。本研究ではボードゲームの性質に着目し、ユーザが操作する実カードの位置をルールによって自然に誘導することで、実カードと VR 空間内にあるカードの整合性をとった。

本研究と同様に、大川ら[12,13]も実カードを用いて VR 空間内でカードゲームの操作を行う手法を提案しているが、一人用のカードゲームに限定されており、複数人によるプレイでは現実世界とバーチャル空間で整合性のとれたカードの移動ができないという問題が残されている。本研究ではテーブルを介した実カードの受け渡しによってこの問題を解決できる。

3. 提案手法

3.1 システム構成

システムの構成を図 2 に示す。提案システムは、ヘッドマウントディスプレイ (HMD)、PC、トラック、カメラ、実カードで構成されている。トラックはユーザの腕の位置姿勢をトラッキングするためのものである。実カードにはカードの位置姿勢をトラッキングするためのパターンが印刷されており、HMD に搭載したカメラによってこれを認識する。このパターンはカードごとに異なり、またカードの表と裏でも異なる。実装において使用した機材とソフトウェアの一覧を表 1 に示す。

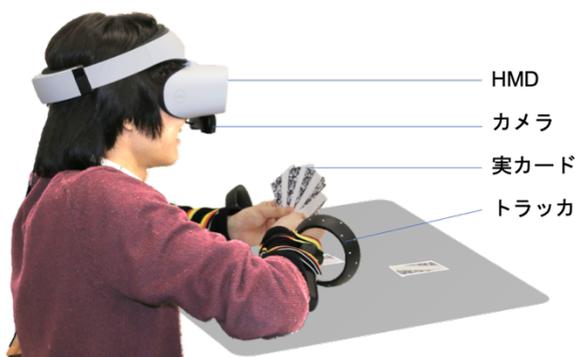


図 2 システム構成

表 1 使用した機材・ソフトウェア

構成要素	使用した機材・ソフトウェア
HMD	Dell Visor
トラック	Dell Visor 用コントローラ
カメラ	LogicoolPRO ウェブカメラ C920
実カード	ポーカーサイズ (63mm×89mm) の紙の両面にトラッキング用のパターンを印刷
ゲームエンジン	Unity
トラッキングのためのライブラリ	Vuforia
VR 空間内のカードのテクスチャ	BICYCLE カード

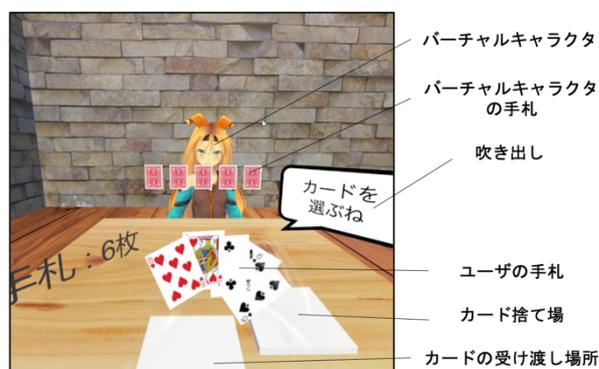


図 3 VR 空間の映像

3.2 VR カードゲーム

VR カードゲームとして 2 人プレイのババ抜きを実装した。HMD に表示される VR 空間の映像を図 3 に示す。VR 空間にはテーブルを設置し、対戦相手であるバーチャルキャラクターを、ユーザに対してテーブルを挟んで向かい合うように立たせた。バーチャルキャラクターはユーザとともにカードゲームをプレイし、勝った時に笑顔になる、負けた時に悲しげな顔になる、駆け引きの時にほくそ笑むなどゲームの状況に合わせて表情が変化する。また、バーチャルキャラクターから出る吹き出しに、ユーザのすべき行動を誘導するメッセージを表示する。なお、バーチャルキャラクターにはユニティちゃん¹を使用した。

3.3 手札の受け渡し

一般的なカードゲームでは、対戦相手から手札を引かれる、または渡す、対戦相手の手札を引く、または貰うなどのやりとりが発生する。これらのやりとりを実カードを用いた操作において整合性のある形で実現する必要がある。

¹ <http://unity-chan.com/>

本研究では、テーブルを介して実カードの受け渡しを行う方法を提案する。

対戦相手から手札を引かれる、または渡す時の手順を図4に示す。対戦相手が選んだカードがハイライトされ、カードをテーブルに置くようにユーザを誘導するメッセージが表示される。ユーザは誘導に従い、選ばれたカードに対応する実カードをテーブルに置く。その後、VR空間ではテーブル上に置かれたカードが対戦相手の元へ移動し、対戦相手の手札となる。一方、現実世界ではテーブル上に実カードが置かれたままとする。

対戦相手の手札を引く、または貰う時の手順を図5に示す。ユーザは対戦相手の手札を直接触るのではなく、指差しをすることで選ぶ。その後、対戦相手がテーブルにカードを置き、それを拾うようにユーザを誘導するメッセージが表示される。ユーザは誘導に従い、テーブルに置かれたカードに手をのぼす。この時、すでにテーブル上に実カードが置かれていれば、ユーザはそれを拾うことができ、VR空間と現実世界との間に矛盾は起こらない。これを実現するために、ゲーム開始前にあらかじめ実カードを1枚以上テーブルの上に待機させておく（必要な枚数はゲーム内容

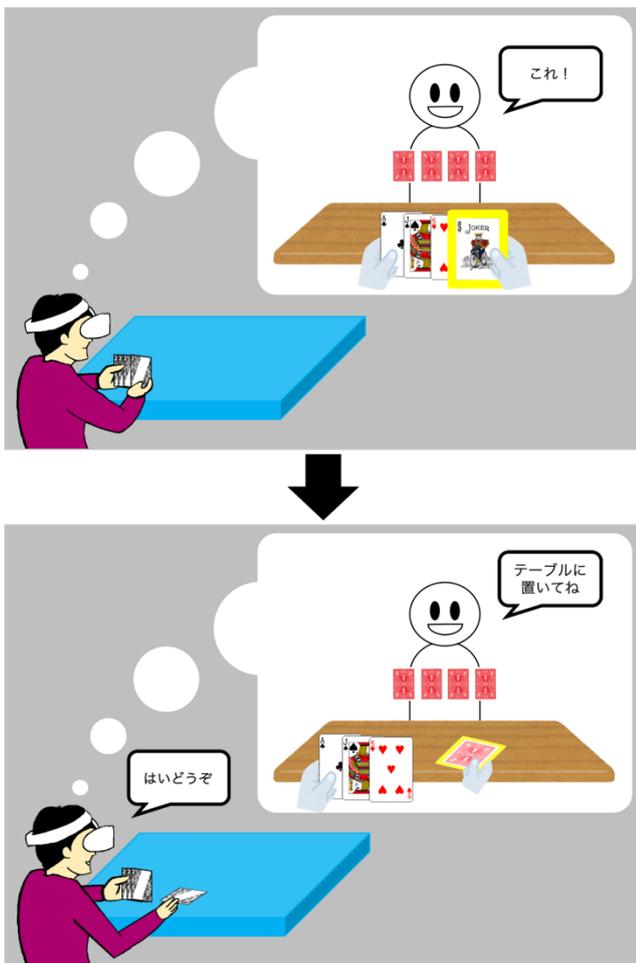


図4 対戦相手から手札を引かれる、または渡す時の手順

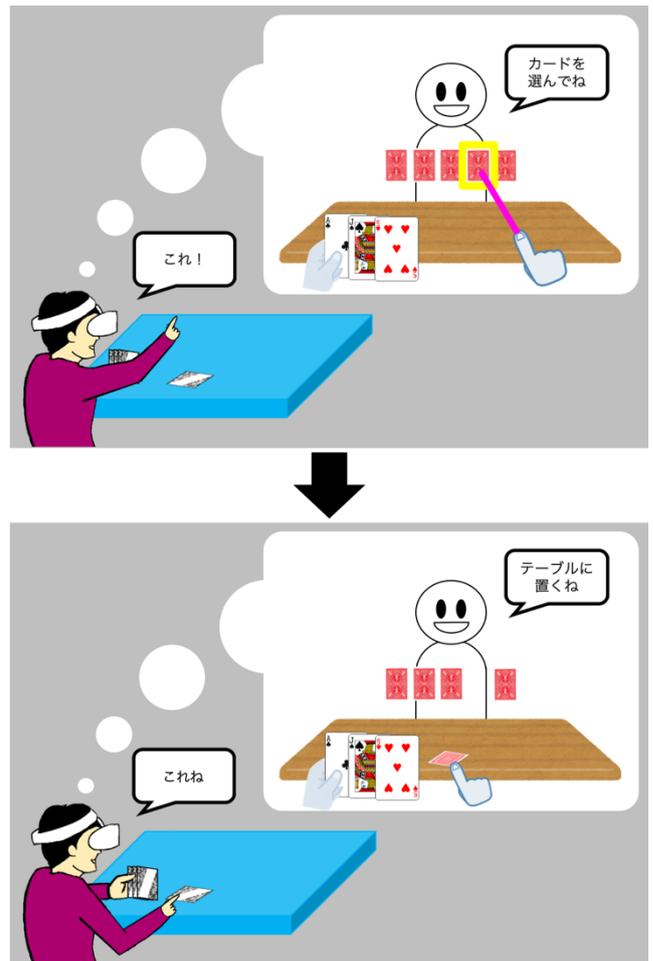


図5 対戦相手の手札を引く、または貰う時の手順

に依存する)。なお、今回実装した2人プレイのババ抜きでは、対戦相手が先攻のため、最初に自分がカードを差し出すことになり、またカードの受け渡しは基本的に交互に行われるため、開始前にカードをテーブル上に置かなくてもやりとりが成立する。

3.4 ゲーム中の駆け引き

カードゲームでは、引いて欲しいカードを意図的に動かすことによって相手の注意を引く行動が存在する。この行動を逆手にとって引いて欲しくないカードを動かさずという戦略をとることもあるため、ユーザは対戦相手の意図を汲まなければならない、駆け引きが発生する。本システムにおいては、ユーザが対戦相手のカードを引く状況で、対戦相手がランダムに選択したカード1枚を上下に動かすことで駆け引きの状況を生み出す。また駆け引きの状況を理解させるためのメッセージをユーザに提示する。今回の実装では、「ババ抜きは心理戦だよ…」というメッセージを提示した(図6)。

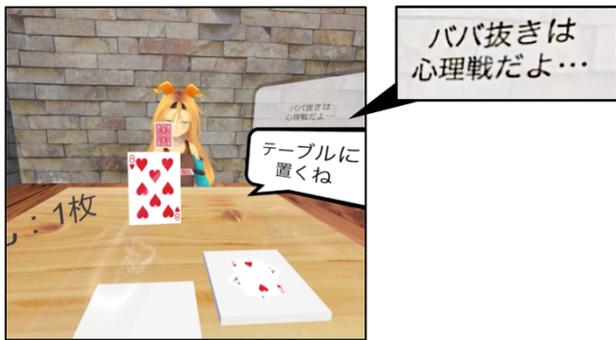


図6 ゲーム中の駆け引き

4. 実験

提案する VR カードゲームの操作システムが機能することを確認し、現実世界と同様にプレイできているかを検証した。

4.1 実験条件

情報系の学部所属する大学生 8 名 (21~23 歳, うち女性 4 名) を対象として実験を行った。すべての参加者はトランプを用いたカードゲームのプレイ経験があった。

4.2 実験手順

実験開始前に参加者に対し、これから実カードを用いて VR 空間内でババ抜きをプレイすることを説明した。その後、実験同意書とボードゲームのプレイ頻度や VR の体験頻度などを問う事前アンケートに回答させた。

次に、参加者に HMD とトラックを装着させ、テーブル上に実カードを 6 枚重ねて設置した。参加者に VR 空間での操作を練習させた後、ゲームを開始させた。プレイ中、参加者はゲーム内の指示に従ってプレイするものとし、実験者による指示は行わなかった。また、実験者は参加者を観察し、カード操作が正常に実行されているかを確認した。

ゲーム終了後、参加者に事後アンケート (表 2) に回答させた。Q1~Q4 はカード操作を正常に行うことができたかを問う質問、Q5~Q8 は実カードの操作感に関する質問、Q9~Q12 はゲームプレイ全体に対する感覚を問う質問である。すべての質問項目は、5 段階のリッカート尺度 (1: そう思わない~5: そう思う) で回答するものとした。また、アンケートの記入後に、口頭でインタビューを実施した。

4.3 ゲーム進行

今回実装したババ抜きでは、ジョーカー 1 枚を含めた 11 枚のトランプカードを、参加者に 6 枚、対戦相手に 5 枚配る。配られたカードの中に同じ数字のペアは含まれていないものとする。なお、参加者を後攻とした。ゲームのプレイ手順を以下に示す。

- ① 参加者はテーブルに置かれた 6 枚の実カードを手に取る。実カードに印刷されたパターンが認識されると、VR 空間上で対応する位置に手札が表示される。

表 2 事後アンケートの質問項目

Q1	カードを手の中でうまく開くことができた。
Q2	カードを対戦相手にうまく渡すことができた。
Q3	カードを対戦相手からうまく受け取ることができた。
Q4	カードをうまく捨てることができた。
Q5	カードの触り心地を意識した。
Q6	操作に関して、違和感を感じた。
Q7	現実のカードゲームと同じような操作ができた。
Q8	カード操作が、VR ゲームの邪魔となった。
Q9	VR 空間にいるような感じがした。
Q10	現実世界にいるような感じがした。
Q11	デジタルゲームをプレイしている感覚に近かった。
Q12	アナログゲームをプレイしている感覚に近かった。

- ② 対戦相手は参加者の手札からカードを 1 枚選択する。参加者は、対戦相手のメッセージに従い、選択されたカードをテーブルに置く。置いたカードは VR 空間上で対戦相手の手札へ移動する。
- ③ 参加者は対戦相手の手札からカードを 1 枚選択する。参加者は、対戦相手のメッセージに従い、対戦相手がテーブルに置いたカードを手札に加える。同じ数字のカードのペアができた場合は、そのペアをカード捨て場に置く。
- ④ ②, ③を繰り返していき、手札がなくなったプレイヤーが勝利する。

4.4 結果と考察

4.4.1 カード操作を正常に行うことができたか

カード操作を正常に行うことができたかを問う質問項目 (Q1~Q2) の回答結果を図 7 に示す。Q1 (カードを手の中でうまく開くことができた) は、手に持っているすべての実カードを VR 空間上で手札として表示させることができたかを問う質問である。この項目では、8 名中 3 名が 2 以下の点数を付けている。1 を付けた参加者はインタビューにおいて「認識をさせるためにカードを開いたことがなかったため違和感があった」「目隠した状態 (VR 空間を見ており実カードが見えていない状態) でカードをちゃんと開く動作に違和感があった」とコメントしている。カードを VR 空間で使用するには、実カードに印刷されたパターンをカメラで認識させる必要があるが、一部の参加者にはそれを意識させてしまう結果となった。

Q2 (カードを対戦相手にうまく渡すことができた) では 8 名中 5 名が 4 以上、Q3 (カードを対戦相手からうまく受け取ることができた) では 8 名中 7 名が 4 以上の点数をつ

けている。また、Q4(カードをうまく捨てることができた)では、8名中4名が4以上の点数をつけている。以上の結果から、実カードによるカード操作はおおむね正常に行われていたことが示唆された。

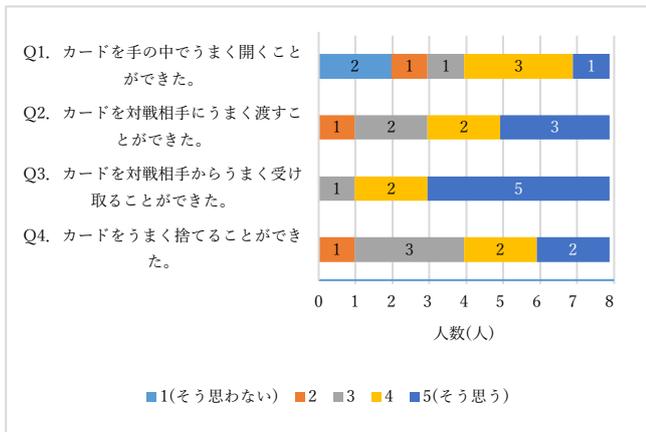


図7 カード操作を正常に行うことができたかを問う質問 (Q1~Q4) の回答結果

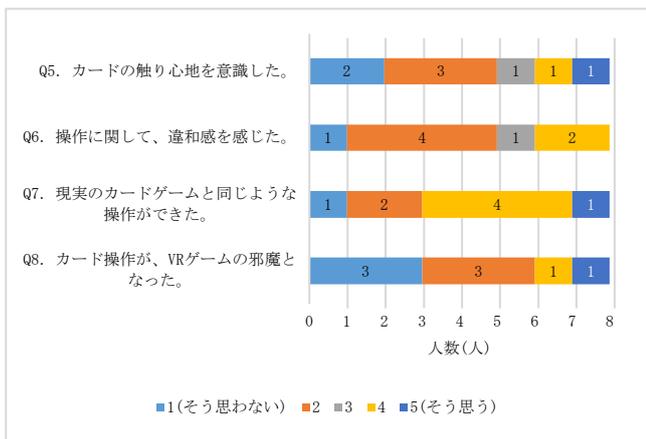


図8 実カードの操作感に関する質問 (Q5~Q8) の回答結果

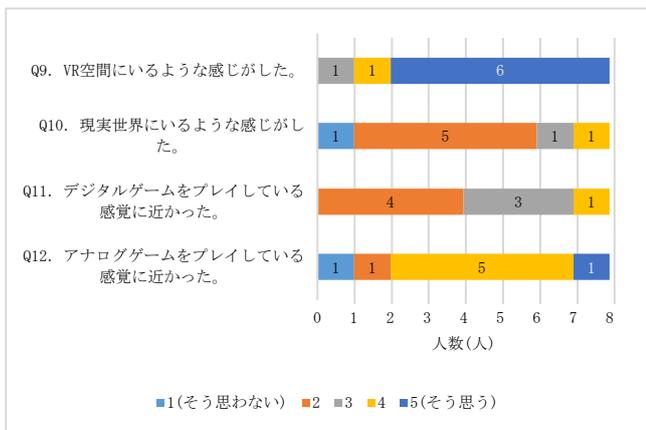


図9 ゲームプレイ全体に対する感覚を問う質問 (Q9~Q12) の回答結果

4.4.2 実カードの操作感

実カードの操作感に関する質問 (Q5~Q8) の回答結果を図8に示す。Q5(カードの触り心地を意識した)とQ8(カード操作が、VRゲームの邪魔となった)ではいずれも過半数が2以下の点数を付けている。Q5とQ8の両方の項目で低い点数を付けた参加者は、インタビューにおいて「カードの操作として違和感がないから、触り心地を意識しなかった」や「トランプの感覚で認識を気にせずにカードを置いた。指を差す操作はコントローラよりは現実的」と述べた。

Q6(操作に関して、違和感を感じた)では8名中5名が2以下の点数を付けた。またQ7(現実のカードゲームと同じような操作ができた)では8名中5名が4以上の点数を付けた。Q6で4と回答した参加者の自由記述では「カードを物理的にやりとりしていないので一人でプレイしているような違和感を覚える」という否定的な回答を得た。また、Q7で低い点数を付けた参加者の中には「(カードをテーブルを介して対戦相手に渡す操作は)人づてで渡す感覚に近い」や「現実の操作とは違ったが、VR空間だからそういう操作があってもいい」などの肯定的な回答をした者もいた。

以上の結果から、実カードによる操作はそれ自身が意識されることはなく、VR空間内でのカード操作を自然に行える方法であることが示唆された。また、ゲームプレイの邪魔とならないインターフェースであることも示唆された。

4.4.3 ゲームプレイ全体に対する感覚

ゲームプレイ全体に対する感覚を問う質問 (Q9~Q12) の回答結果を図9に示す。Q9(VR空間にいるような感じがした)では、8名中7名が4以上の点数を付けた。一方でQ10(現実世界にいるような感じがした)では、8名中6名が2以下の点数を付けた。本システムにおけるVR空間は、現実に似せる設計はしていないため、VR空間にいるように感じた参加者が多かったが、現実世界にいるように感じた参加者は「見た目はVRであるものの、(フィジカルな)体験は現実」という感想を述べた。

Q11(デジタルゲームをプレイしている感覚に近かった)では、8名中7名が3以下の点数を付け、Q12(アナログゲームをプレイしている感覚に近かった)では8名中6名が4以上の点数を付けた。Q11にQ12よりも高い点数をつけた2名の参加者は、インタビューにおいて「リアル要素を加えたデジタルゲームのように感じた」、「アナログというには会話・コミュニケーションが必要だが、これがないから同じ場にいるという感覚ではなかった」と回答した。一方で、Q12にQ11よりも高い点数をつけた6名の参加者はインタビューにおいて「VR機器を使用しているが、自分はトランプゲームをしている。だからアナログゲームという感覚」、「デジタルゲームはコントローラで動かす印象。手を動かしてカードを持って、コントローラ操作ではなかったからアナログゲーム」と回答した。

以上の結果から、VR空間にしながらアナログゲームをプレイしているような感覚をもった参加者が多数いたことがわかった。また、コントローラではなくカードを直接触って操作するというフィジカルなインタラクションが、アナログゲームらしさの一因になっていたことも示唆された。

4.4.4 カードの受け渡しにおけるカードを伏せる操作

通常のババ抜きにおいて、カードの受け渡しは、対戦相手や周囲の人物にカードの表側（マークや数字が書かれた面）が見えないように行う。提案手法では、テーブルを介してカードの受け渡しを行うため、自分が対戦相手にカードを渡す際は、テーブル上にカードの表側を伏せた状態で渡すことが本来期待される操作である。しかし参加者8名中7名はそのような操作を行わなかった。

カードの表側を伏せずに渡していた7名の参加者に対するインタビューでは、「対面ではないから（相手がコンピュータだから）相手に見えても関係ない。自分が見えていたらいい」、「（カードの表裏が）どちらも認識しているのだったら気にしなくていいのかなという感覚」、「1対1だから隠す必要がなかった」などの回答が得られた。一方、カードの表側を伏せて渡す操作を行った1名の参加者は「相手がいるから、隠そうとした。現実でも同じようにやるため。いつもやるトランプと同じ」と回答した。

以上のことから、今回開発したシステムが2人プレイのババ抜きであったこと、対戦相手がコンピュータであったことが、カードの表側を伏せた操作が行われなかった理由であることがわかった。いずれもゲームの性質や状況を理解したうえでの行動であり、また、自然に表側を伏せる操作をした参加者がいたことも考慮すると、3人以上でプレイするババ抜きや、異なるゲームにおいても、カードの表裏を意識した適切な操作が行われると推測する。

4.4.5 対戦相手が仕掛ける駆け引きに対する反応

対戦相手であるバーチャルキャラクターがカードを上下に動かす駆け引きについて、どのように感じたかをインタビューしたところ、「あの人もゲームをしているんだな」、「ひょいひょいとやっているところでババ抜きをやっている、という感覚になった。このレスポンスによって対面している感が出た」という回答を得た。また、駆け引きの動作が行われた際、参加者8名中3名は対戦相手が動かしているカードを引き、4名は動かしているカードとは別のカードを引いた。また1名は駆け引きの動作に気づかなかった。インタビューにおいて、動かしているカードを引いた参加者の一人は「ゲームに勝つことを目的とせずあえてその誘導に乗ろうとした」と回答し、動かしていないカードを引いた参加者のうち3名は「誘導の裏をかこうとして行動した」と回答した。以上の結果から、バーチャルキャラクターの駆け引きの表現に、参加者の判断を左右させる効果があったことが示唆された。

対戦相手からカードを引かれる際に、カードを上下に動

かすという行動をとった参加者がいた。この行動は、対戦相手の駆け引きを真似して相手を誘導し返すために試みていたということがインタビューでわかった。この行動は、カードを個別に操作できる実カードインタフェースであるがゆえにできた行動である。

5. 議論

5.1 実カードのトラッキング方法の改善

提案システムでは、実カードの位置姿勢をトラッキングするために、実カードに印刷されたパターンをカメラで認識する方法を採用している。カメラはHMD上に固定されているため、ユーザの頭部姿勢や実カードの持ち方によってパターンがカメラの視野から外れ、正常に認識できない場合がある。この問題の解決策として、トラッキング用のカメラをHMD上ではなく、テーブル上の適切な位置に設置することを検討している。

5.2 カードゲーム以外への発展可能性

提案システムはカードゲームを対象としたインタフェースであるが、コマやサイコロなどのカード以外のコンポーネントの代替となる実オブジェクトを触らせることで、一般的なボードゲームのためのインタフェースへ発展させることができると考えている。一般的なボードゲームで使用されるコンポーネントはカードとは異なりさまざまな形状をしているため、複数のボードゲームに適応することを考えた場合、何種類の実オブジェクトがあればゲームを行うことができるのかを検討する必要がある。

6. おわりに

本研究では、VRカードゲームのための実カード型インタフェースを提案した。また、VRカードゲームとしてコンピュータとの対戦を行う2人プレイのババ抜きを実装し、実験を行った。その結果、実カードによる操作はおおむね正常に行われた。また、実カードによる操作はそれ自体が意識されることはなく、VR空間内でのカード操作を自然に行える方法であることが示唆された。これらの結果から、提案手法によって現実世界と同様のカード操作ができたことがわかった。今後は実カードのトラッキング手法の改良や、ネットワーク対戦への対応、ババ抜き以外のカードゲームにおける検証などを行っていく予定である。

参考文献

- 1) “Magic Table Chess“, <http://www.experiment7.com/mtc>
- 2) “Tabletop Simulator“, <http://berserk-games.com/tabletop-simulator/>
- 3) Melissa J. Rogerson, Martin Gibbs, Wally Smith: “I love all the bits”: The Materiality of Boardgames, CHI’16, p. 3956-3969(2016)
- 4) 高橋良平, 片寄晴弘: エンタテイメント性の拡張の考察に基づくデジタルボードゲームの開発, 情報処理学会研究報告, Vol.2012-EC-23 No.11.(2012).
- 5) H. Ando, T. Miki, M. Inami, and T. Maeda: SmartFinger: Nail-mounted tactile display, ACM SIGGRAPH 2002 Conference Abstracts

and Applications, p.78, Emerging Technologies (2002).

6) Pedro Lopes, Sijing You, Lung-Pan Cheng, Sebastian Marwecki, and Patrick Baudisch: Providing Haptics to Walls & Heavy Objects in Virtual Reality by Means of Electrical Muscle Stimulation. CHI'17, pp. 1471–1482 (2017).

7) CyberGrasp, <http://www.cyberglovesystems.com/cybergrasp>

8) Hrvoje Benko, Christian Holz, Mike Sinclair, Eyal Ofek: NormalTouch and TextureTouch: High-fidelity 3D Haptic Shape Rendering on Handheld Virtual Reality Controllers, UIST, 2016, pp. 717-728 (2016).

9) Han-Yuan Teng, Tzu-Sheng Kuo, Chi Wang, Chi-huan Chiang, Da-Yuan Huang, Liwei Chan, and Bing-Yu Chen: PuPoP: Pop-up Prop on Palm for Virtual Reality. UIST 2018, ACM, 5–17 (2018).

10) Susumu Tachi, Taro Maeda, Ryokichi Hirata, and Hiroshi Hoshino: A Construction Method of Virtual Haptic Space, ICAT'94 (1994).

11) Mahdi Azmandian, Mark Hancock, Hrvoje Benko, Eyal Ofek, Andrew D. Wilson: Haptic Retargeting: Dynamic Repurposing of Passive Haptics for Enhanced Virtual Reality Experiences, CHI'16, pp. 1968-1979 (2016).

12) 大川恭平, 中村 喜宏: VR 環境における実物体のカードを用いたタンジブルインタフェースの検討, 情報処理学会第 79 回全国大会, pp. 311-312 (2017).

13) 大川恭平, 中村 喜宏: VR 環境における実物体のカードを用いたタンジブルインタフェースの評価, 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 117, no. 391, pp. 101-106 (2018).