



嗅覚及び力覚インタフェースを用いた 卓球リフティングゲームの開発と評価

Development and Evaluation of Ping-Pong Lifting Game Using Olfactory and Haptic Interfaces

呂翹楚¹⁾, 赤羽克仁²⁾, 中本高道²⁾

Qiaochu LU, Katsuhito AKAHANE, and Takamichi NAKAMOTO

1) 東京工業大学 工学院情報通信系 (〒226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259)

2) 東京工業大学 科学技術創成研究院 (〒226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259)

概要: バーチャルリアリティ技術の発達に伴い、嗅覚あるいは力覚情報を提示できるデバイスが多数開発されている。これらのデバイスを用いることによって VR システムの性能を向上できると思われる。本研究では高速開閉電磁弁式嗅覚ディスプレイと 6 自由度の力覚インタフェースを用いて VR コンテンツを開発した。さらに、両感覚を導入することによって VR システムの操作性と面白さを向上できることを示した。

キーワード: バーチャルリアリティ, 嗅覚ディスプレイ, 力覚インタフェース

1. はじめに

近年、バーチャルリアリティ技術が発達し、視聴覚の他、嗅覚や力触覚に関する研究も行われている。さらに、これらの感覚情報を提示・入力するためのデバイスも多数開発された。嗅覚と力覚も日常生活における重要な情報源のため、これらを用いることによって VR システムの臨場感を向上できると思われる。赤羽らは両感覚を用いたマルチモーダル VR 環境を開発し、臨場感の向上を検証した[1]。前田らは嗅覚と力覚が VR 環境の臨場感における効果を調べた[2]。

しかしこれらの研究はできるだけ現実に近い嗅覚と力覚情報を提示し、臨場感の向上だけに注目している。臨場感向上以外の効果に関する研究はまだ少ない。本研究では、両感覚の情報を誇張して提示し、現状を把握するヒントを出したり、特殊効果を作ったりして、VR システムの操作性や面白さを向上することを目指し、コンテンツの開発と評価を行った。

2. 提案手法

2.1 システム構成

本研究ではデスクトップ型のコンピューターに高速開閉電磁弁式嗅覚ディスプレイ[3]と 6 自由度の力覚インタフェース SPIDAR[4]を接続し、視覚・嗅覚情報を提示でき、力覚情報を入出力できるマルチモーダルシステムを構築した。

2.1.1 高速開閉電磁弁式嗅覚ディスプレイ

嗅覚ディスプレイとは匂いを提示するデバイスである。



図 1: 高速開閉電磁弁式嗅覚ディスプレイ



図 2: 力覚インタフェース SPIDAR

本研究で用いたデバイス (図 1) は 13 チャンネルを持ち、電磁弁の開閉頻度で各チャンネルの割合を調整できるものである。事前に用意した香料ビンを各チャンネルに設置し、空気ポンプで匂いを吹き出し、チューブを通じてユーザーに届ける。チューブの先端部分はヘッドセットに付着し、ユーザーの鼻先に固定されている。

2.1.2 力覚インタフェース SPIDAR

図 2 に示したように、SPIDAR はモータに繋がる八本のワイヤで駆動するデバイスである。各ワイヤにかかる張力を調整して三次元の並進・回転計 6 自由度の力を提示でき

る。また、ワイヤの長さからグリップの位置と角度を算出し、入力装置としても使われる。

2.2 卓球リフティングゲーム

コンテンツはゲームエンジン Unity2018 を使用して制作した。内容はラケットでボールをできるだけ長く上に弾け続けることである。

木製のラケットは最初にプレイヤーの前に浮いてある。プレイヤーはまず SPIDAR を操作してポインターをラケットのハンドル部分に合わせる。ポインターの色が変わってからキーボードの Space ボタンを押してラケットを手取る。準備ができたならキーボードの B ボタンを押すとボールがラケットの真上から落ちる (図 3)。手応えをはっきりするためピンポン玉ではなく、金属ボールを用いた。プレイヤーはタイミングを計ってラケットでボールを叩く。一回叩いたら得点が一点増える。ボールが地面まで落ちると終了となり、その時の得点は最終得点となる。このコンテンツでは匂いが特殊効果として用いられる。最初は煙の匂いが送られる。得点に応じて段々オレンジの匂いに変化する。得点が高いほどオレンジの濃度が高くなり、ボールが落ちると煙の匂いに戻る。

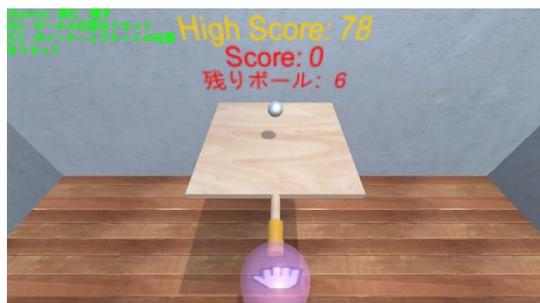


図 3: ゲーム画面

3. 実験

3.1 嗅覚及び力覚が操作性における影響の評価

3.1.1 実験方法

嗅覚と力覚提示の有無によって四種類設定を用意した。実験の前に、被験者がゲームの操作に十分に慣れるまで練習を行った。実験中は被験者に各設定で 5 回行ってもらい (ボールが落ちるまでは一回となる)、平均得点を比較する。

3.1.2 実験結果

被験者が各設定における平均得点を表 1 で示す。嗅覚と力覚それぞれの影響とこれらの交互作用を検証するため、二元配置分散分析を行った。その結果は表 2 で示したように、力覚は操作性を有意に向上した。嗅覚と両感覚の交互作用に関しては、操作性における影響を見られなかった。

3.2 嗅覚が面白さにおける影響の評価

3.2.1 実験方法

二点嗜好法で評価実験を行った。力覚を常に提示し、嗅覚提示の有無によって二つの設定を用意した。被験者にそれぞれ体験させ、より面白く思われる方を選択してもらっ

表 1: 被験者が各設定における平均得点

被験者	匂いあり		匂いなし	
	力覚あり	力覚なし	力覚あり	力覚なし
1	45	21.6	30.2	11.6
2	22	5.8	10.4	4
3	25.2	7.6	12.6	6.4
4	12	3.2	8.4	5.2
5	15.4	11.8	26	20.6

表 2: 二元配置分散分析の結果

	F 値	p 値 ($\alpha = 0.05$)
嗅覚	0.8280	0.4143
力覚	14.2369	0.0196*
交互作用	6.7002	0.0608

た。

3.2.2 実験結果

十人の中に九人が嗅覚提示がある方を選択した。両側二項検定を行い、 $p=0.0215$ と算出した。有意水準が 5% の場合では有意差が見られた。

4. まとめ

高速開閉電磁弁式嗅覚ディスプレイと力覚インタフェース SPIDAR を用いて VR システムを構築し、卓球リフティングゲームを開発した。さらに両感覚が操作性における影響と、嗅覚が面白さにおける影響を検証するため実験を行った。その結果、力覚が VR システムの操作性を向上できる効果と嗅覚がコンテンツの面白さを向上できる効果を示した。今後の研究方向としては、嗅覚が VR コンテンツとユーザーのパフォーマンスにおける効果をより詳細に調べる。

謝辞 東工大名誉教授佐藤誠氏に御助言いただき感謝します。

参考文献

- [1] 赤羽 克仁, 高橋 実里, 佐藤 誠, 中本 高道, "嗅覚及び力覚インタフェースを用いたマルチモーダル VR 環境の開発", 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 2019, 24 巻, 1 号, p. 69-76.
- [2] Y. Maeda Y. Ishibashi N. Fukushima and S. Sugawara "Contribution of Olfactory Haptic and Auditory Senses to Sense of Presence in Virtual Environments " in Proc. IEEE International Communications Quality and Reliability (CQR) Workshop May 2013.
- [3] T. Nakamoto and H. P. D. Minh, "Improvement of olfactory display using solenoid valves," 2007 IEEE Virtual Reality Conference, Charlotte, NC, 2007, pp. 179-186.
- [4] 佐藤 誠, 平田 幸広, 河原田 弘, "空間インタフェース装置 SPIDAR の提案", 電子情報通信学会論文誌 D-2 情報・システム 74(7), p887-894, 1991-07