

嗅覚及び力覚インターフェースを用いたマルチモーダル VR コンテンツの制作と評価

高橋実里^{†1} 赤羽克人^{†2} 中本高道^{†3} 佐藤誠^{†4}

概要: バーチャルリアリティコンテンツにおける感覚情報の提示は視聴覚が中心であるが、本研究では、視聴覚情報に加えて嗅覚及び力覚情報を導入して臨場感の向上を狙い、バーチャルリアリティコンテンツを制作し、評価実験を行った。匂いの提示には高速開閉電磁弁方式の嗅覚ディスプレイ、力覚提示にはワイヤ駆動型力覚提示装置を使用した。評価実験では、制作したカップケーキ作りを行うコンテンツを用いて、匂い及び力覚の提示を変化させ、それによって臨場感、コンテンツとしての楽しさ及びふさわしさがどう変わるかを比較した。結果、提示感覚を変えることによって、ユーザの印象変化が起きることが明らかになった。

Considering the Multi-Modal VR Contents Using Olfactory and Haptic Device

MISATO TAKAHASHI^{†1} KATSUHITO AKAHANE^{†2}
³TAKAMICHI NAKAMOTO ^{†3} MAKOTO SATO ^{†4}

Abstract: Visual and auditory senses are mainly used as sensory information in VR contents. In addition to these, we consider using olfactory and haptic senses together aiming at better quality of VR contents. We created such VR contents and did evaluation experiment. We provided smell with olfactory display using solenoid valves with high speed switching and haptic sense with wire driven haptic display. In experiment, we added olfactory and/or haptic sense to visual/audio senses and tested whether user perception changes according to the provided sense. As a result, we found out a user's sensation change after adding olfactory and haptic information to visual/audio information.

1. はじめに

嗅覚情報を提示する嗅覚ディスプレイは様々なタイプのもので研究・開発されており、近年ではそれらを用いて香りをマルチメディアに取り込む試みなども行われるようになってきた[1][2][3]。しかしながら、視聴覚以外の感覚情報、例えば嗅覚などの提示を行っているマルチメディアはまだ少なく、嗅覚及び力覚の同時提示を行っている事例は少ない。嗅覚は私たちの生活において重要な情報源を司る感覚であり、導入すれば大幅な臨場感の向上が期待できる[4]。

^{†1} 東京工業大学大学院
Tokyo Institute of Technology

^{†2} 東京工業大学
Tokyo Institute of Technology

^{†3} 首都大学東京
Tokyo Metropolitan University

^{†4} 東京工業大学
Tokyo Institute of Technology

^{†1} 東京工業大学大学院
Tokyo Institute of Technology

^{†2} 東京工業大学
Tokyo Institute of Technology

^{†3} 首都大学東京
Tokyo Metropolitan University

^{†4} 東京工業大学
Tokyo Institute of Technology

また、ネットワークゲームにおける匂い情報の提示をすることによってリアリティを与えることができるという実証している研究も存在する[5]。これに加えて、力覚を使用することによって、視聴覚のみに比べて現実感や臨場感の向上が期待できる。

本研究では嗅覚ディスプレイ及び力覚提示装置 SPIDAR[6]を用い嗅覚及び力覚を同時提示することによる臨場感の向上を目指したコンテンツの制作を行い、また両感覚を同時提示することによって臨場感の向上が起きているのかどうかを実験によって調べた。

最後に実験結果から、本当に嗅覚及び力覚がマルチモーダルに作用することによって臨場感が向上しているかどうか、検討した。

2. 使用したシステム

2.1 制作した料理体験ゲーム

嗅覚及び力覚を同時提示できるコンテンツとして、カップケーキ作りを行うゲームを制作した。

カップケーキを題材として選んだのは、多くのユーザに知られていて、調理動作もシンプルである食べ物の一例として当初浮上したからである。

2.2 システム概要

制作したゲームは以下の要素から成る.

- コンピューター画面
- ワイヤ駆動型力覚提示装置 SPIDAR-G[6]
- 嗅覚ディスプレイ(高速開閉電磁弁方式) 及びポンプ [7]

また, 開発には Unity 3D の R4 開発プラットフォーム (URL:<http://unity3d.com>)を使用した.

高速開閉電磁弁方式の嗅覚ディスプレイは, ポンプから送り出される空気の流れを高速に電磁弁で切り替え, 開閉頻度により香気と空気を任意の割合で調節しながら香気を発生させる匂い調合装置である.

力覚提示装置 SPIDAR とは, ワイヤ駆動型の力覚提示装置で, 本体に内蔵された糸の長さによってエンドエフェクタの位置計測を行い, 最終的に糸の張力の合力によりユーザに対して力覚を提示できる, インタラクティブ性を備えた力覚提示装置である.

これらの装置を用いた実際のセットアップを図 4 に示す.

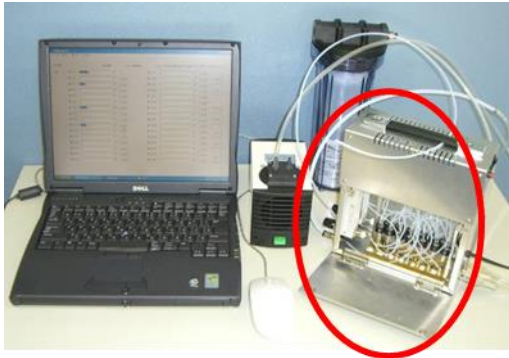


図 1 高速開閉電磁弁方式の嗅覚ディスプレイ
Figure 1 Olfactory display using solenoid valves with high speed switching



図 2 ワイヤ駆動型力覚提示装置
Figure 2 Wire driven haptic display

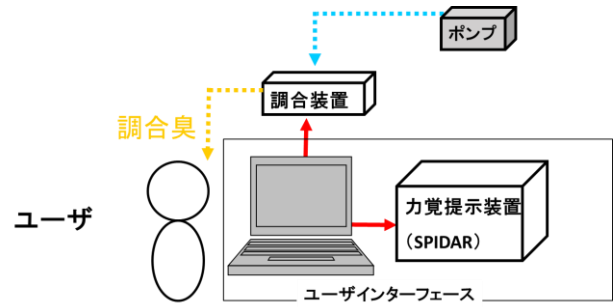


図 3 “カップケーキ作りコンテンツ”システム概観
Figure 3 The system over view of “The cupcake game”

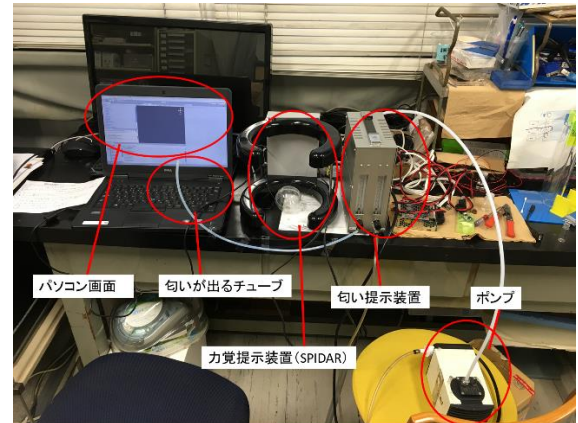


図 4 実験セットアップ
Figure 4 Devices for experiment

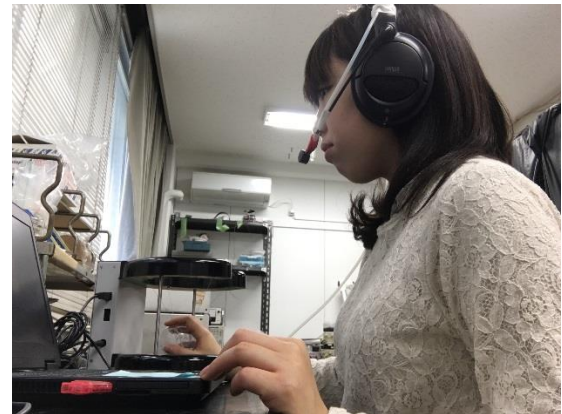


図 5 体験の様子
Figure 5 Player of the game



図 6 “カップケーキ作りコンテンツ”プレイ画面
Figure 6 Screen shot of “The cupcake game”

2.3 コンテンツの内容

コンテンツの流れは以下のようである (表 1)。

- オープンのふたを開ける
 - カップケーキをつかみオープンに入れる
 - オープンのふたを閉める
 - ケーキを焼く
 - ケーキが焼きあがって完成。
 - ケーキをオープンから取り出す、
- の五つのプロセスからなる。オープンの取っ手及びカップケーキをつかむ動作(表 1 中の①②③⑤)では SPIDAR による力覚が提示され、カップケーキの焼ける場面(表 1 中の④⑤)においては匂いが提示される。

表 1 ゲームにおける操作詳細
Table 1 Detail of user's operation

提示する感覚		ステージ	動作
嗅覚	力覚		
	○	①	オープンのふたを開ける
	○	②	カップケーキをつかみオープンに入れる
	○	③	オープンのふたを閉める
○		④	ケーキを焼く
○	○	⑤	ケーキが焼きあがって完成。ケーキを取り出す。

3.実験

3.1 コンテンツの評価実験

嗅覚ディスプレイ及び力覚提示装置を用いたコンテンツを制作したが、コンテンツ体験をしたユーザが、コンテンツを快適にプレイできるのか、また提示した感覚情報が臨場感の増強を行っているのかを評価する必要がある。そこで、本コンテンツに対して、以下の条件でユーザ評価実験を行った。

- 体験者にはコンテンツの体験前にデバイスの使用方法やゲームの流れを説明した文章を読んでもらう。
- ゲームをプレイしてもらう
- 最後にゲーム体験に関するアンケート調査 (表 2)

実験には 20 代の男性 5 名に参加してもらった。また香料は Sweet Vanilla(Perfumers World)を使用した。(11%エタノール希釈)

表 2 アンケート項目
Table 2 Questionnaire sheet

設問	設問	スコア
設問 1	ゲームクリアは容易であったか	1-2-3-4-5 (簡単) (難しい)
設問 2	力覚提示に関して	
(1)	各シーンの力覚提示に関して臨場感を感じたか	
	①オープンの開閉	1-2-3-4-5 (臨場感がない) (臨場感がある)
	②カップケーキの操作	1-2-3-4-5 (臨場感がない) (臨場感がある)
(2)	手のアバターによって自身の手を操作している感覚になったか	1-2-3-4-5 (そう思わない) (そう思う)
設問 3	匂いはカップケーキと合っていたか	1-2-3-4-5 (合っていない) (合っていた)
設問 4	自由記述でコメントや気づいた点など	

なお、アンケートにおける設問 1~2 では各項目に関して 5 段階評価でスコアをつけてもらい、最後に自由記述でコメント残してもらった。

3.2 嗅覚及び力覚の同時提示による効果を調べる実験

本項目では、嗅覚及び力覚の同時提示を行うことにより、両感覚の提示がない場合及びいずれかの感覚が単独提示された場合と比較して、何かしらの利点があるのかを実証する実験を行った。

3.2.1 実験条件

本項目では、予備実験の実験 1 及び本実験の実験 2 の 2 つの実験を行った。また、本実験では共通して以下の条件で実験を行った。

- 使用香料は Banana(Perfumers World)及び 2-ヒドロキシ-2-メチル-2-シクロペンテノンの 2 種類を使用。
- 一つの実験で 2 回の試行があるが、各試行の間には 1 分間の休憩を挟む
- 実験 1 は各実験につき 6 名、実験 2 は各実験につき 10 名が実験に参加した。
- 本実験では、コンテンツの体験前には十分に操作法を習得してもらった。

3.2.1.1 実験 1 感覚提示が体験者に伝わっているのかを調べる実験

実験 1 では、コンテンツで提示している匂い及び力覚が、体験者が感じ取れているかどうかを調べる実験を行った。ヒトの感覚は、視覚及び聴覚などによって嗅覚や力覚に影響が出る場合もあるので力覚及び嗅覚以外の条件を固定して、これらの感覚が感じ取れているかどうかを調査する必要がある。本実験は三点識別法[8]を用いた。手順は以下。

- 感覚提示を操作したゲームの体験を 3 セット体験してもらう
- 3 回のうち 1 回だけ、他の 2 回と力覚及び嗅覚の感覚提示の異なる回があるので、それは何回目であったかを答えてもらう。

3.2.1.2 実験 2 嗅覚及び力覚の同時提示による効果を調べる実験

6 種類の実験を通して、マルチモーダルとそうでない場合の比較をした。

(以下、匂い/力覚及びその有無を o と x で表記)

実験 2-1 o/x 及び x/x の比較実験

実験 2-2 x/o 及び x/x の比較実験

実験 2-3 o/o 及び x/x の比較実験

実験 2-4 o/o 及び o/x の比較実験

実験 2-5 o/o 及び x/o の比較実験

実験 2-6 o/x 及び x/o の比較実験

各項目で体験者は感覚提示の異なる 2 回の体験をし、最後

に2回のうちどちらが

- 臨場感があったか
- 好ましかったか
- 操作性に優れていたか

を答えてもらった。

また、仮想環境の物体をつかんでいる時間の計測も行った。なお、実験におけるすべての試行においては視聴覚情報の提示が行われた。また試行と試行の間には1分間の休憩を挟んだ。

4. 実験結果

4.1 実験1の結果

本実験では、提示した匂い及び力覚が被験者に感じ取れているのかを調査した。

3回のうち1回だけ匂い及び力覚提示の有無を変えた結果、匂いの有無の判定は6人の実験参加者のうち4名、力覚の有無の判定は5名が正解した。よって両感覚は実験中において提示できているものとした。

4.2 実験2の結果

図7に示すように、実験2-1の結果、匂い提示がある場合のほうがユーザの感じるコンテンツの臨場感及び好ましさの評価が良いという結果になった。

図8に示すように、実験2-2の結果、力覚提示のある場合のほうが、ユーザの感じるコンテンツの臨場感及び好ましさの評価が良いという結果になったが、好ましさに関しては両条件でさほどの差が生じなかった。操作性に関しては差がないという結果になった。

図9に示すように、実験2-3の結果、匂い及び力覚の同時提示をしている場合のほうが、両方の感覚のいずれの提示もない場合よりもユーザの感じる、コンテンツの臨場感及び好ましさの評価が良いという結果になったが、実験2-1及び2-3の場合ほど感覚提示がない場合との差があらわれなかった。操作性に関しては差が出なかった。

図10に示すように、実験2-4の結果、力覚及び匂いの同時提示と力覚提示のみの場合とで、臨場感、好ましさ及び操作性はどちらも前者の評価が高い結果となった。

図11に示すように、実験2-5の結果、匂い及び力覚の同時提示と匂い提示のみの場合であると、前者の場合のほうが臨場感及び好ましさの評価が良い結果となったが有意差は生じなかった。

図12に示すように、実験2-6の結果、匂いのみの提示及び力覚のみの提示の場合だと、臨場感及び操作性は、匂いのみの提示の場合のほうが良いと評価するユーザが多かった。好ましさは同程度の評価となった。

以上の結果から、匂いもしくは力覚の提示があるとユーザの感じるコンテンツの臨場感及び好ましさに良い影響があり、匂い及び力覚の同時提示を行った場合も同様に臨場感及び好ましさの評価が良くなることがわかった。(実験2-

1, 2-2, 2-3) また嗅覚及び匂いの同時提示といずれかの感覚の単独提示との場合で比較した結果、どの場合についても臨場感及び好ましさは、前者の評価が良いという結果になった。(実験2-4, 2-5) また、嗅覚及び力覚の単独提示の場合同士で比較した結果、臨場感に関しては匂い提示をした場合のほうが良い評価となったが、好ましさに関しては同程度の評価となった。(実験2-6)

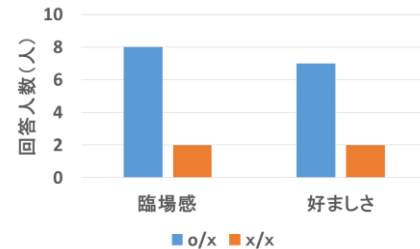


図7 実験2-1の結果(嗅覚のみ提示と両感覚なしの場合の比較)

Figure 7 The result of test 2-1 (Olfactory vs No sense)

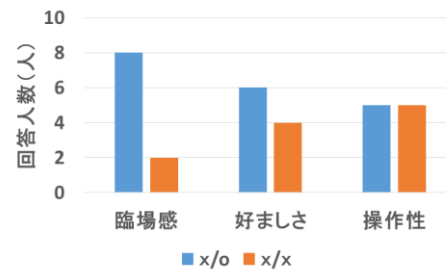


図8 実験2-2の結果(力覚のみの提示と両感覚なしの場合の比較)

Figure 8 The result of test 2-2 (Haptic vs No sense)

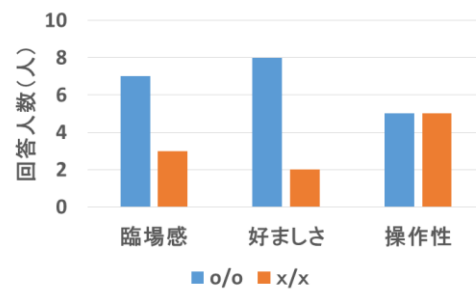


図9 実験2-3の結果(嗅覚及び力覚提示と両感覚なし場合の比較)

Figure 9 The result of test 2-3 (Olfactory and haptic vs No sense)

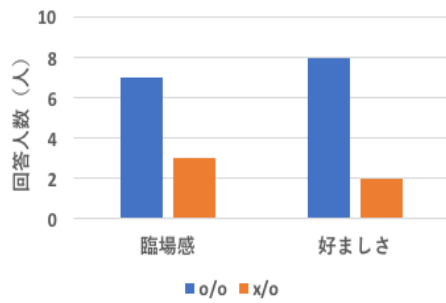


図 10 実験 2-4 結果 (嗅覚及び力覚提示と力覚のみの提示の場合の比較)

Figure 10 The result of test 2-4 (Olfactory and haptic vs Haptic)

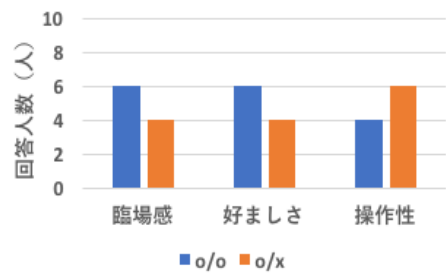


図 11 実験 2-5 結果 (嗅覚及び力覚提示と嗅覚のみの提示の場合)

Figure 11 The result of test 2-5 (Olfactory and haptic vs Olfactory)

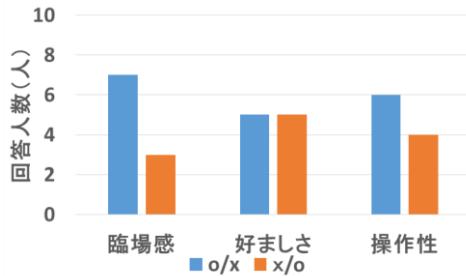


図 12 実験 2-6 結果 (嗅覚のみの提示と力覚のみの提示の場合の比較)

Figure 12 The result of test 2-6 (Olfactory vs Haptic)

5. まとめ

本研究では嗅覚及び力覚の同時提示を行うコンテンツの制作, 及びその評価を行った. ユーザにとっての操作感やシーンごとの臨場感の調査を行った後, 提示感覚の違いによる主観評価実験を行った.

結果から, 視聴覚情報に加えて匂い及び力覚の同時提示を行うと, ユーザの感じるコンテンツの臨場感及び好ましさの良い影響が出ることがわかった. しかし, 臨場感及び好ましさの上昇に同時提示がもっと効果的な場合があるのではないかと考える.

そこで, 匂い及び力覚の同時提示を行う他の動作に関して

もいくつか実験を行い, 結果にどのような差が出るのかを確認し, マルチモーダルであることが活かされる動作に必要な条件を考察し, よりクオリティの高いコンテンツ作りに活かそうと考えている.

参考文献

- [1] T.Nakamoto,Ed.,Essentials of machine olfaction and Taste,Wiley 2016,23.7-2.13.
- [2] Y.Yanagida, A survey of olfactory displays; Making and deliverling scents,IEEE Sensors,2012,p.1-4.
- [3] T.Nakamoto, S.Otaguro, M.Kinoshita, M.Nagahama, K.Ohnishi, T.Ishida,Cooking up an Interactive Olfactory Game Display,IEEE CG & Applications,28(2008)75-78.
- [4] Mario Covarrubias,MonicaBordegoniy,Mauro Rosiniz, VR system for rehabilitation based on hand gestural and olfactory interaction, Proceedings of the 21st ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology,2015, Pages 117-120
- [5] Ryo Arima, Mya Sithu, Yutaka Ishibashi, Influence of Olfactory and Auditory Senses on Fairness Between Players in Networked Virtual 3D Object Identification Game with Haptics,Proceedings of The 5th IEEE Global Conference on Consumer Electronics (GCCE) (IEEE), 2016,Pages 148 – 152
- [6] 8 本糸を用いた 7 自由度力覚ディスプレイの提案, 佐藤 誠, 事金 時学, 小池 康晴, 「人工現実感」研究会 10, 85-90, 2000-06-12.
- [7] T.Nakamoto and Pham Hai Dinh Minh, Improvement of olfactory display using solenoid valves, IEEE Virtual Reality 2007, 171-178.
- [8] 佐藤信, “官能検査入門”,株式会社日科技連出版社,pp52-55,1978-10-16