



# 手んぷら

“Te”mpura

大岡凌<sup>1)</sup>, 板倉晃平<sup>1)</sup>, 米澤晴<sup>1)</sup>, 田中雄大<sup>1)</sup>, 木村聡紀<sup>1)</sup>, 松井遼太郎<sup>1)</sup>

Ryo OOKA, Kohei ITAKURA, Haru YONEZAWA, Yudai TANAKA, Satoki KIMURA, Ryotaro MATSUI

1) 東北大学 電気通信研究所 (〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平 2 丁目 1-1, ricc-info@grp.tohoku.ac.jp)

**概要:** 本企画は、自身の手を油に入れて揚げものにした料理「手んぷら」を作る非現実体験を提供する。ユーザは HMD を通して、揚げていくにつれ自身の手が次第にきつね色へと変化していく映像が提示される。それに合わせて、触覚刺激を提示し、手が油の中で揚げられている感覚を疑似的に表現する。これらの複数の感覚刺激を駆使することで現実では体験が難しい、自身の手を高温の油に入れて揚げる、全く新しい体験ができるだろう。

**キーワード:** エンタテインメント, 仮想現実, ハプティック, マルチモーダル

## 1. はじめに

日本の食文化を指す和食は今や世界の中で存在感を持ち、うどんや天ぷらなどは海外でもそのまま英語として通じる程の知名度となっている。中でも天ぷらは人気が高く、来日時にこの料理を食べる外国人旅行者も多い。天ぷらとは、魚介類や野菜等の様々な食材を小麦粉主体の衣で包み、油で揚げて作られる料理である。古くから親しまれ、和食を代表する料理の一つとして、また、学術的にも美味しさの評価[1]が検討されるほど奥が深く、人気のある食べ物であると言える。



図 1: てんぷら

一方、Virtual Reality(VR)事業は近年で急成長を遂げている。安価な VR 用 Head Mount Display(HMD)の普及により、VR 体験は一般にも広く普及段階であり、主観視点と高い没入感を生かしたシミュレータソフトウェアは特に盛況を博している。料理を再現するアプリケーションについてはその最たるものであり、その中の一つ『Cooking Simulator VR』[2]は VR 上で料理をする行程を高い没入感で体験することができる。

本企画では体験者の腕を疑似的に揚げる事が可能な VR コンテンツ「手んぷら」を提案する。本コンテンツにおいては、体験するユーザは料理人となり、自らの手を具

材として天ぷらを作成、適切なタイミングで手を引き上げ、皿に盛りつけるまでの一連の動作を体験可能である。また、手に関しては手を揚げた後、その形状を自由に変更可能であり、特定の形状に変化させると別の食材に変化させることなども可能とし、従来のコンテンツにはない真新しい体験価値を提供する。

本コンテンツは、主に VR アプリケーションとリストバンド型のトラッキングツール、独自の触覚提示システムによって構成されている。VR アプリケーション上ではトラッキングされた手と天ぷらの調理場を反映させ、視覚の再現を行う。加えて、天ぷらの揚がる音を付与することで聴覚の再現を行う。最後に触覚提示システムを用いて手が揚げられているような触覚の提示をする。以上の手段を用いて、人間が持つ五感の内、触覚、聴覚、視覚の三感を利用することで手を揚げている感覚の表現に挑む。

## 2. システム構成

本章では企画を実現するために必要なシステム詳細とその方法について述べる。本コンテンツでは、手を動かすためのハンドトラッキングシステムと手を揚げている感覚を提示するシステムの 2 つが必要となる。

### 2.1 揚げ感提示システム

#### 2.1.1 触覚情報

本企画の肝である手を揚げている触覚刺激を与えるシステムは、発泡スチロール等の小球で満たされた容器を振動子で揺らす装置で構成されている。設計図を図 2 の右に示す。まず、感覚提示システムの予備実験として、BB 弾やビーズ等の小さな球体を複数振動させ、手に当てるシス

テムを考案した。BB 弾やビーズのような大きさの異なる小さな球体を利用するのは、泡の大きさとそのはじけた際の液体の大きさに差があるためである。舘暉ら[3]によると、皮膚の分解能は 2~3mm と小さく、また、本企画で使用予定の BB 弾は 6mm であるため、BB 弾やビーズの大きさの変化をユーザは知覚可能であると考えられ、大きさの異なる球体を使うことは有効であると予想できた。その後、さらに検討を重ねた結果、BB 弾をベースにしたものに比べ、同サイズの発泡スチロールの小球をベースにした物の方がより高いユーザ評価が得られたため、本コンテンツではこちらを採用した。

また、本企画においては振動装置には天ぷらを揚げた際の揚がる感覚を再現する必要がある。実際の天ぷらが完成する工程を観察すると、具材を入れた直後では揚がる音は激しく、大きい気泡が高頻度で発生する。その後、徐々に音も気泡も小さくなり、気泡の発生数も減少する。このことから、振動装置は振動の大きさを変える機能が必要であると考えられる。加えて、振動開始のタイミングを、VR 上にて手を油に入れたタイミングで出来るよう、制御することも必須となる。以上を踏まえ、振動の大きさを変えられる振動子を制御し、振動の大きさとタイミングを任意に調整できるシステムを構成する。ユーザに対して適切なタイミングで刺激を与えられるように ESP32 を介した Bluetooth 通信により振動子を常に Unity 上で制御することで実装する。

### 2.1.2 視聴覚情報

天ぷらを揚げている際に感じる視聴覚情報としては「色が次第にきつね色になっていき、さらにだんだんとその色が濃くなる」「音が揚げる時間が長くなるにつれて高くなっていく」の 2 点が挙げられる。これを再現するために手の位置情報から手が油に入った瞬間を検出し、それに合わせて手の食材が揚がっていく映像を提示する。音についても同様に、油に入った直後は大きな音を再生し、時間が経つにつれて小さく高くなっていくような音を再生する。この 2 つの視聴覚情報を提示することで手を揚げている感覚を疑似的に与える。

### 2.2 ハンドトラッキングシステム

本コンテンツではハンドトラッキングシステムとして、トラッカーを用いたトラッキング手法を採用する。図 2 のように手を油の中に入れ、揚げるという体験を行うため、現実世界での手の位置を VR 映像に反映するためのトラッキングは必須となっている。加えて、Ferran Argelaguet ら [4]の研究では仮想の手の表示がユーザの所有感を向上させることを指摘しており、没入感の視点でも手のトラッキングは重要性が高い。その一方で、手んぷらを揚げる場面においては手を直接光学的にトラッキングすることは、2.1 で示したような手が小球を用いた触覚提示システムに隠されるという都合上、非常に困難になる。したがって、トラッカーを手首につけ、手を間接的にトラッキングする手法が適切であると考えた。

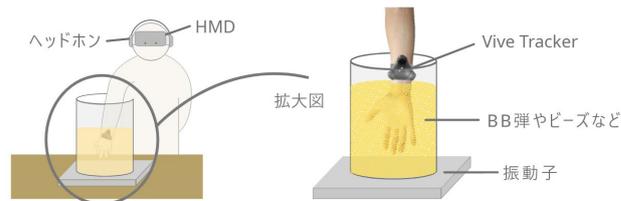


図 2：完成予想図

具体的な方法は、まず位置と回転をトラッキングできるトラッカーをユーザの手首に装着し、ユーザの手の長さを測定する。測定は特定の位置にユーザの指先を置いてもらい、その位置とトラッカーとの距離を元に計算することで行う。手の長さを利用してユーザの手を再現し、再現後は手首のトラッカーで手首の位置と回転情報を収集、それをもとに手の位置を絶えず計算することで、間接的な手のトラッキングを行う。この手法により、手が隠れてしまう手んぷらを揚げている最中であっても、手がある程度自由に動かせるようになる。それだけでなく、体験中の手の動きに応じ、手に付いた衣を落とすなどの視覚的演出も可能となるため、ユーザの没入度の更なる向上にも寄与出来る。(図 3 参照)。

なお、油から手を出した後は手が隠れるシーンはなく、直接手をトラッキングすることが可能となる。そこで、HMD についている 2 つのカメラを用い、指の 1 本 1 本までをトラッキングする。これにより、油から手を出した後にさらなるインタラクションが可能となるが、これを用いたコンテンツについては後述する。



図 3：衣が落ちるシーン

## 3. システム概要

### 3.1 使用デバイス・ソフトウェア

2 章を踏まえ本企画で使用したデバイスとソフトウェア情報を示す。2.1 で言及したように刺激提示情報として発砲スチロールを中心とした小球を利用する。振動装置については ESP32 を介した Bluetooth 通信により振動子を制御することで実装する。また、2.2 で述べた通り、手のトラッキングにトラッカーを利用するため、HMD には HTC Vive Pro を採用し、Vive Tracker を用いる。

### 3.2 システム概要

本企画で製作する予定のシステム概要について説明す

る。図 4 にシステム概要を示す。ユーザの動作を Vive Tracker を用いてトラッキングし、測定された位置や回転についてシステム上で処理を行う。手の位置を推定することで、それに沿うようなフィードバックを触覚提示装置と HMD を用いて実行する。これにより、動きに合わせた触覚や視覚、聴覚刺激の提示を実現する。



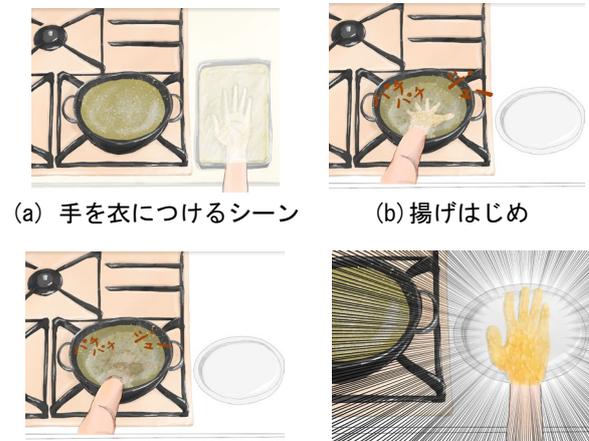
図 4：システム概要図

#### 4. 体験の流れ

本企画の体験の流れを説明する。また、図 5 に体験中のユーザから見た VR 空間内の視点での概図を載せる。まずユーザの手首に Vive tracker を着用させる。その後、HMD を装着し、手を触覚提示装置に入れてもらい、手を揚げる体験を行う。このとき、ユーザは実際に油に手を突っ込んでいるような触覚刺激を受けることになる。また、ユーザのヘッドホンにはパチパチと手が揚がる音が聞こえ、時間経過とともに揚がる音・受ける触覚刺激も変化し、リアルな体験ができる。さらに、手を動かした際には衣が落ちる、手を動かしすぎるとあまりうまく揚がらない、手の形・大きさによって揚がるまでの時間が変化する、長く揚げすぎると焦げる、といったインタラクティブな要素を持たせている。ユーザが手の色や揚げている際の音をもとに、任意のタイミングで手を装置から出してもらい、その後、手を揚げる際の動きや時間に従い、手んぷらの採点が表示される。

手んぷらが完成した後、ユーザは手の形を変えることで自らの手が食材に変化することが楽しめる。具体的には、

手を開いた形にすると HMD 上でユーザの手は大葉に、細長い形にするとエビフライに、握った形にするとかき揚げになる等、自分の手が変わることを楽しめる。以上を以って本体験は終了である。



(a) 手を衣につけるシーン (b) 揚げはじめ  
(c) 揚げている最中 (d) 手んぷら完成

図 5：体験中の概図

#### 参考文献

- [1] 小林由美, 内方文朗ら: 天ぷらのおいしさの評価について, (一般) 日本家政学会 66 回大会, 2014.
- [2] Steam : Cooking Simulator VR.  
[https://store.steampowered.com/app/1358140/Cooking\\_Simulator\\_VR/](https://store.steampowered.com/app/1358140/Cooking_Simulator_VR/)(参照 2022-05-25).
- [3] 舘暲, 佐藤誠, 広瀬通孝 (2010) .バーチャルリアリティ学, 株式会社工業調査会出版.
- [4] F. Argelaguet, L. Hoyet, M. Trico and A. Lecuyer, "The role of interaction in virtual embodiment: Effects of the virtual hand representation," *2016 IEEE Virtual Reality (VR)*, 2016, pp. 3-10, doi: 10.1109/VR.2016.7504682.