

# HMD に搭載されたロボットアームによる 遭遇型触力覚提示手法の提案

椎名星歩<sup>†1</sup> 橋本直<sup>†1</sup>

**概要**：従来の頭部への触力覚提示手法には、明示的な触力覚提示を行わないときにもデバイスがユーザーに接触しているため常時刺激を与えてしまうという問題があった。そこで我々は、小型のロボットアームを HMD 上に搭載し、頭部に対して遭遇型触力覚提示を行う手法を提案する。この手法によって、頭を撫でられる、頬や唇にキスされるといった頭部への予期しない繊細な触力覚表現を行うことができる。本稿では、システムの設計と開発したプロトタイプについて述べる。

## 1. はじめに

VR コンテンツのリアリティを向上させる目的で、さまざまな触力覚提示の手法が提案されている。本研究では、頭を撫でられる、頬や唇にキスされるといった頭部での触力覚提示を行う手法を提案する。

頭部での触力覚提示のアプローチとして、ヘッドマウントディスプレイ (HMD) に搭載されたアクチュエータやペルチェ素子、空気吸引装置などを用いて、顔面に対して刺激提示を行う方法がある[1][2][3]。このような方法では、刺激提示デバイスの位置と刺激の提示位置が一致しているため制御のしやすさはあるが、提示可能範囲を広げるにはデバイスを複数配置する必要がある。また、明示的な触力覚提示を行わないときにもデバイスがユーザーに接触しているため、常時刺激を与えてしまうことになる。このため、頬や唇へのキスのような、予期しない繊細な触力覚表現を行う目的には適さない。

接触・非接触をインタラクティブに制御できる触力覚提示のアプローチとして、遭遇型の手法がある[4]。遭遇型はロボットアームを用いて先端に取り付けた実物体を操作し、ユーザーに接触させることで触力覚提示を行う手法である。遭遇型では、触力覚提示を行うときのみ実物体をユーザーに接触させるため、提示位置に常時物体が触れることはない。また、実物体を接触させるため質の高い感触を与えることができる。しかし、遭遇型のシステムではロボットアームを机や床に固定して使用するため、ロボットアームの可動範囲外にユーザーが移動した場合は触力覚提示が行えないという制限がある。

そこで我々は、小型のロボットアームを HMD 上に搭載し、頭部に対して遭遇型触力覚提示を行う手法を提案する (図 1)。ロボットアームを HMD に搭載することによって次のような利点があると考えた。

- ロボットアームと頭の位置が相対的に変わらないため、ユーザーのトラッキングを行わずに目的の位置への遭遇型触力覚提示を行える。
- ユーザーの移動範囲が制限されない。

- HMD とは別に触力覚提示デバイスを装着する必要がない。

本稿ではシステムの設計について説明し、開発したプロトタイプについて報告する。

## 2. 関連研究

触力覚提示に関する研究はこれまで数多く報告されており、使用形態という観点において、装着型、把持型、遭遇型などに分類することができる。また、アクチュエータが接地されているか否かという観点において、接地型と非接地型に分類できる。本章では、提案手法と同じ分類である非接地遭遇型について説明する。

Eric らが開発した Haptic Revolver[5]は VR 用ハンドコントローラの形をした、遭遇型デバイスである。先端部に取り付けられたホイールが回転し、触れている指先に摩擦感や抵抗感を提示する。また、ホイールを交換することで異なる触覚を与えることができる。西村らは指先へ装着する遭遇型デバイスを提案している[6]。このデバイスでは、垂直及び水平方向に駆動するアクチュエータを用いて摩擦感を提示している。ドローンや軽量浮遊物体を操作し、ユーザーに接触させて触力覚提示を行うデバイスも提案されている[7][8]。これらの手法ではユーザーの移動範囲は制限されないが、ドローンや軽量浮遊物体を制御するためにユーザーの位置・姿勢をトラッキングしなければならない。

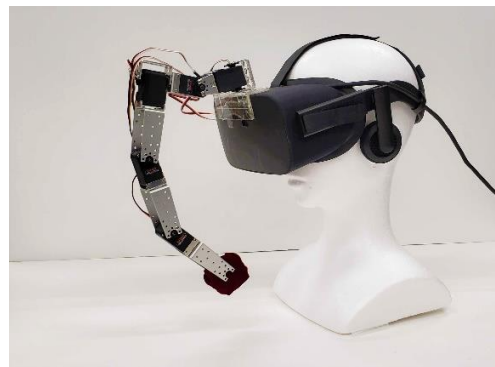


図 1 提案システムの外観

提案手法は頭部を対象とした触力覚提示手法であり、ユーザとロボットアームが一体化しているためユーザのトラッキングを行うことなく目的の位置へ触力覚提示を行える。

### 3. 提案手法

#### 3.1 システム構成

本システムは、HMD、ロボットアーム、PC から構成される。ロボットアームは HMD 上部に固定される。また、ロボットアームは、USB シリアル変換モジュールを経由して PC から制御される。今回の実装では、HMD として Oculus Rift CV1 を使用した。

#### 3.2 ロボットアーム

ロボットアームの設計を図 2 に示す。作成したロボットアームは、5つのジョイントと5つのリンクで構成される。ジョイントには、コマンド方式のサーボモータ (Futaba RS304MD, 可動域:  $-150^{\circ}$  ~  $150^{\circ}$ ) を使用した。回転軸の向きとリンクの長さは、アームの先端部がユーザの頬、唇、頭頂部に接触できること、先端部を目標位置に移動させる際にアーム自身が HMD と極力干渉しないことを考慮して決定した。ロボットアームの先端には、質感を提示するための実物体 (布製のクッションや軟質の樹脂素材) を固定する。ロボットアームの総重量は 290g である。

#### 3.3 触力覚提示

本システムでは、唇、頬、頭頂部への触力覚提示が可能である。各部位への触力覚提示の様子を図 3 に示す。ロボットアームの先端にはクッションを取り付けた。先端をユーザに接触させ、押し込む量を制御することで、キスされる、殴られるなどの表現が可能である。また、先端をユーザに接触させた状態のまま移動させることで、撫でられるという表現が可能である。

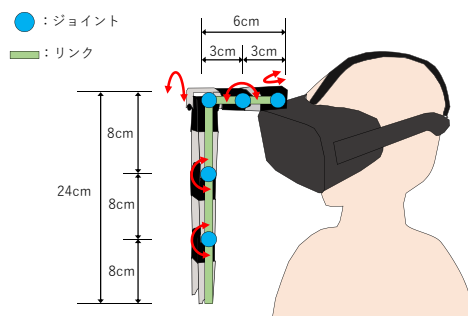


図 2 ロボットアームの設計



図 3 唇・頬・頭頂部への触力覚提示

### 4. コンテンツへの応用例

本システムのコンテンツへの応用として、バーチャルキャラクターとコミュニケーションをテーマとした VR ゲームや、バーチャル空間上でユーザ同士のコミュニケーションが行われるネットワークサービスが挙げられる。これらのコンテンツ内で頭を撫でられる、頬や唇にキスされるといったコミュニケーションが行われた際に、本システムを用いて触力覚提示を行うことで、コンテンツの臨場感の向上が期待できる。また本システムによって、落ちてきた小石が頭に当たる、小動物が頭の上に乗る、敵に頭を殴られるといった表現も可能であるため、これらの表現を含むアドベンチャーゲームやアクションゲームに応用できると考えられる。

### 5. まとめと今後の課題

本研究では、ロボットアームを HMD 上に搭載し、頭部に対して遭遇型触力覚提示を行う手法を提案した。これによって頭を撫でられる、頬や唇にキスされるといった表現を可能にした。

現在のプロトタイプでは、ユーザが接触させる物体を手動でロボットアームの先端に取り付けなくてはならないという課題がある。したがって今後は、Haptic Revolver のように、あらかじめ複数の物体を先端に取り付け、回転することで接触させる物体を切り替えられるようにシステムのアップデートを行う。

### 参考文献

- [1] Chi Wang, Da-Yuan Huang, Shuo-wen Hsu, Chu-En Hou, Yeu-Luen Chiu, Rucui-Che Chang, Jo-Yu Lo, Bing-Yu Chen: Masque: Exploring Lateral Skin Stretch Feedback on the Face with Head-Mounted Displays, UIST, pp.439-451, 2019.
- [2] Nimesha Ranasinghe, Pravara Jain, Shienny Karwita, David Tolley, and Ellen Yi-Luen Do: Ambiotherm: Enhancing Sense of Presence in Virtual Reality by Simulating Real-World Environmental Conditions, CHI, pp.1731-1742, 2017.
- [3] 亀岡嵩幸, 今悠気, 梶本裕之: 吸引圧触覚提示装置を内蔵した HMD の開発, インタラクシオン, 2018.
- [4] 星野洋, 館暲: 遭遇型形状提示システムにおける任意曲面の形状提示に関する一考察, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, pp.445-456, 1999.
- [5] Eric Whitmire, Hrvoje Benko, Christian Holz, Eyal Ofek, Mike Sinclair: Haptic Revolver: Touch, Shear, Texture, and Shape Rendering on a Reconfigurable Virtual Reality Controller, CHI, 2018.
- [6] 西村奈令大, Daniel Leonardis, Massimiliano Solazzi, Antonio Frisoli, 梶本裕之: 遭遇型指装着触覚ディスプレイによる摩擦感提示, JSME Conference on Robotics and Mechatronics, 2013.
- [7] Pascal Knierim, Thomas Kosch, Valentin Schwind, Markus Funk, Francisco Kiss, Stefan Schneegass, Niels Henze: Tactile Drones - Providing Immersive Tactile Feedback in Virtual Reality through Quadcopters, CHI EA, pp.433-436, 2018.
- [8] 砥出悠太郎, 古本拓朗, 藤原正浩, 牧野泰才, 篠田裕之: 軽量浮遊物体による VR 環境での遭遇型触感呈示, 第 23 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 2018.