

# 視覚と触覚を利用した スライム系モンスターとの VR インタラクション

伊藤匠海<sup>†1</sup> 兼松祥央<sup>†1</sup> 松吉俊<sup>†1</sup> 盛川浩志<sup>†1</sup> 三上浩司<sup>†1</sup>

**概要:** 近年, Virtual Reality (以下「VR」とする) を用いたエンターテインメントが増加している. 本研究ではスライム系モンスターとの VR インタラクションを可能にするシステムとデバイスを開発する. スライム系モンスターの表現には一定の「形状を保ち」, 力を加えることで「変形する」表現が必要になる. そこで, スライムのようなバーチャル物体の感触再現においてデバイスの触覚とバーチャル物体に対する視覚を複合するシステムを開発した.

## 1. はじめに

### 1.1 研究背景・研究目的

2023 年現在, Virtual Reality (以下「VR」とする) 技術の普及により, VR を体験することは容易になった. これにより VR を用いたエンターテインメントが増加している. VR を用いることで魔法のような架空の現象や災害のような危険な状況を体験できる. 現在では, 視覚や触覚などの感覚を利用してバーチャル内でリアリティの高い体験ができるコンテンツが多く存在する.

また, 人間は手から多くの情報を得ることができる. 特に指先を対象とした触覚ディスプレイの研究は広く行われている. そのため, VR をより現実らしく感じるために触覚刺激を手にも与えることが重要である. 近年, コントローラーのトラッキング精度を上げることやハンドトラッキング[1]などによって手による操作感の向上が行われてきた. しかし, 特殊な感触を持つ架空の物体や生物に対する触覚を提示する事例は少数である.

本研究では, スライム系モンスターとの VR インタラクションを可能にするシステムを開発する. 一定の「形状を保ち」, 力を加えることで「変形する」デバイスを開発し, 生き物の表現を可能にする. これによりバーチャル物体に対するリアリティが向上し, VR 体験が向上する. また, スライムのようなバーチャル物体の感触再現において, デバイスの触覚とバーチャル物体に対する視覚を複合させ, スライムに対するマルチモーダルの実現を目指す.

### 1.2 スライムの定義

本研究のスライムは架空の生き物である. スライムというカテゴリ内には多種多様な色や形状が存在する. 本研究では表面の体感温度は冷たく, 形状は半球, 色彩は水色や緑色, 桃色などの淡い色であり, 一定の形状を保ち, 力を加えることで変形するスライムと定義する. また, スライム内には手は入れられないものとした.

## 2. 関連研究

本章では, VR に関する研究, 触力覚に関する研究について示す.

### 2.1 道具を介した触力覚の研究

道具を介した触力覚の研究では剣や盾という武器などのようにあらかじめ触る物が限定されているものか, 設置型で可動範囲が限定されているものが多い.

重山ら[2]は, 把持部が棒状で先端が変形し重心が移動する 2D 触覚錯覚のためのデバイスを提案した. VR 上に表示されたアイテムに合わせてデバイスの重心が移動することによって実際にそのアイテムを持っている感覚を再現した.

金ら[3]は, 8 本の糸を使い, 7 自由度 (並進 3 自由度と回転 3 自由度と把持 1 自由度) の位置入力と力の提示が可能な力覚でデバイスを提案した. 人間は実世界において物体を操作する時, 移動と回転は手首で把持は親指と他の指で行っている. 従来の VR 環境では, 操作が移動と回転に限られるため把持操作ができない. このため, 自然な作業を実現することが困難であった. 実世界に基づいた操作性が高い VR 環境を構築し, 物体操作をするためには, 手首による操作と親指と他の指による操作を有する力覚ディスプレイが必要であった. 金らは球状の把持部を棒の中で操作することによって, VR 上の物体の外郭をなぞることを可能にし, 物体の反発力の表現を実現した.

小川ら[4]は, 球とターンテーブルを用いた力覚提示システムを提案した. モーターの回転運動によるトルクとリタゲティング操作を組み合わせ, VR 上の 2 次元平面に置いてあるバーチャル物体の触覚を再現した.

本研究においてもこれらの研究を参考に, 図 1 に示すクイーズを介してスライムの感触を手にも提示する.



図1 スクイズ[5]

## 2.2 圧力などを利用した触力覚の研究

振動や圧力、電気を利用した触力覚の研究では、実際の物体に触ることなく VR 上で物に触れた時、触覚だけを再現している。これは現実空間に触れる物がない状態で、VR 上の様々な物体に触れる感覚を表現することが目標になっていることが多い。

Trinitatova ら[6]は手のひらの接触点に 3D の力ベクトルを生成し、バーチャル物体の重さや柔らかさ、質感などの触覚を提示するディスプレイを提案した。

Choi ら[7]は親指と人差し指に装着してバーチャル物体の剛性と重量の感覚をシミュレートするデバイスを開発した。VR 上の物の大きさと柔らかさに応じて握力にブレーキをかけることでバーチャル物体の形を表現した。

Shan-Yuan ら[8]は、空気式の形状変化インターフェースを用いて手のひら全体での触覚を再現した。エアパックの大きさを変化させることで様々な大きさの物体を手で掴むことができる。そして、ユーザー調査により VR における臨場感の向上を確認した。

宮上ら[9]は同じくエアパックを利用し、指先にデバイスを装着することでバーチャル物体の柔らかさや温度、振動を感じることを可能にした。このデバイスは小さいため、一般的な光学式のハンドトラッキングを妨げることなく作動する。

星ら[10]は、超音波によってデバイス上の自由空間にバーチャル物体の形を表示した。

本研究では、生物のリアクションを提示するため、振動モーターによる振動を用いて触覚を提示する。

## 3. 提案手法

### 3.1 提案手法の概要

提案手法の概略について説明する。本研究では VR コンテンツで利用する触覚デバイスを制作する。Head Mounted Display (以下「HMD」とする)を装着した状態で手を動かし、VR 上のスライム系モンスターに触る。その際、VR 上のスライムが反応し、現実のデバイスが揺れる。これにより体験者に触覚刺激が伝わり、生き物のスライムがいるように感じさせることが目標である。VR コンテンツは Unity を用いて独自に制作する。

提案手法では Unity と Meta Quest Pro を連携し、Unity 上においてハンドトラッキングを可能にする。図 2 にシステムの概略図を示す。

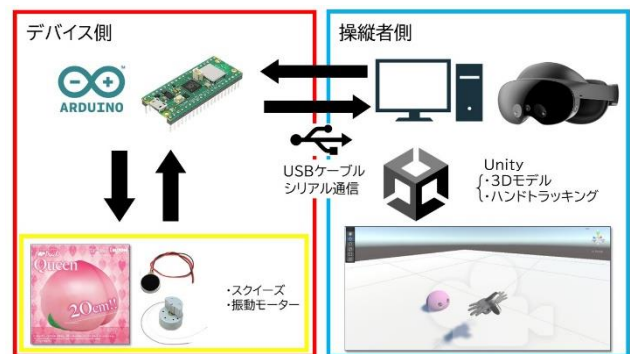


図2 概略図

### 3.2 スクイズを用いた触覚表現

本研究では、スライムの感触再現として図 1 に示したスクイズを使用する。スクイズは、発泡ウレタンや低反発スポンジなど、押すと縮んでゆっくり元に戻る素材で作られた玩具であり、キャラクターや動物、食べ物など、様々な形のものが存在する。スライムに触った際のインタラクションにおいて最も重要なことは、手で掴んだ物体の大きさ・柔らかさがスライムだと感じる感覚、生き物だと感じる感覚である。そして、スクイズの素材の性質と表面の滑らかな感触が 1.2 で示したスライムの定義に則しているため使用する。また、手で掴んだ物体の大きさや柔らかさを表現するためにスライムのモデルと変わらない大きさのスクイズを使用する。

### 3.3 振動モーターを用いたインタラクション表現

図 2 の右下にあるように Unity 上にスライムの 3D モデルを用意する。ハンドモデルが当たった際、スライムモデルが動作する。加えて、図 2 の左側にあるようにデバイス側のマイクロコンピュータと通信する。スクイズ内には振動モーターを 3 つ設置し、マイクロコンピュータと接続している。ハンドモデルとスライムモデルが接触したとデバイス側が受信した時に振動モーターを起動する。また、

ハンドモデルとスライムモデルが離れたと受信された時振動モーターを停止する。マイクロコンピュータと PC は USB ケーブルで接続し、シリアル通信で通信する。

触覚を通してスライムの感触を手へ伝達し、HMD のハンドトラッキング技術を使用し、VR 上で追従する手を認識し、触っている感触を視覚的にも提示する。

### 3.4 システムの流れ

次にシステムの流れを図3のフローチャートに示す。まず OnCollisionEnter が True であるか判定し、True でないならばはじめに戻り、True であるならばスライムの驚きアニメーションを1回再生した後に振動モーターを起動し、スライムのプルプルアニメーションを起動する。次に OnCollisionExit が True であるか判定し、True でないならば1つ前に戻り、True であるならば振動モーターを停止し、スライムのプルプルアニメーションを終了する。

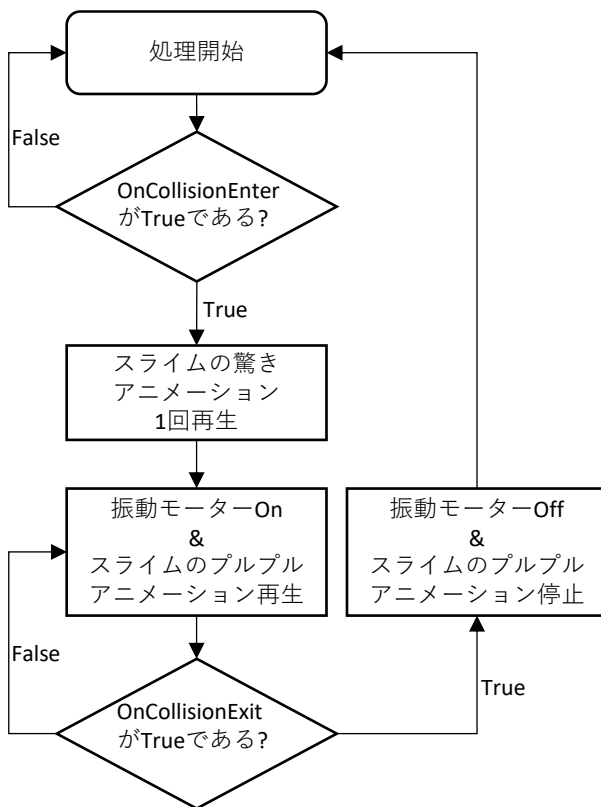


図3 フローチャート

### 3.5 実装

今回は、スライムを手で触るというシチュエーションの VR コンテンツを想定し機能を実装した。スライムを触り、生き物とを感じる反応に重点を置いた。

スライムのインタラクションを提示するデバイスにおける振動の表現に必要なデバイスとして、振動モーター YM-300 と DC 振動モーターを使用した。スクイーズの底面の中心部から振動モーターを入れ、図4に示すようにスクイーズ中心部に振動モーターYM-300 を設置し、スクイ

ーズ内部の表面近くに DC 振動モーターを設置した。

デバイスに使用するマイクロコンピュータは、Raspberry Pi Pico を使用した。実装したシステムを利用している様子を図5に示す。スライムのモデルに手のモデルが触れた際、スクイーズ内の振動モーターが起動し、手のモデルが離れた際、振動モーターが停止し、スライムとのインタラクションができていることが確認できた。

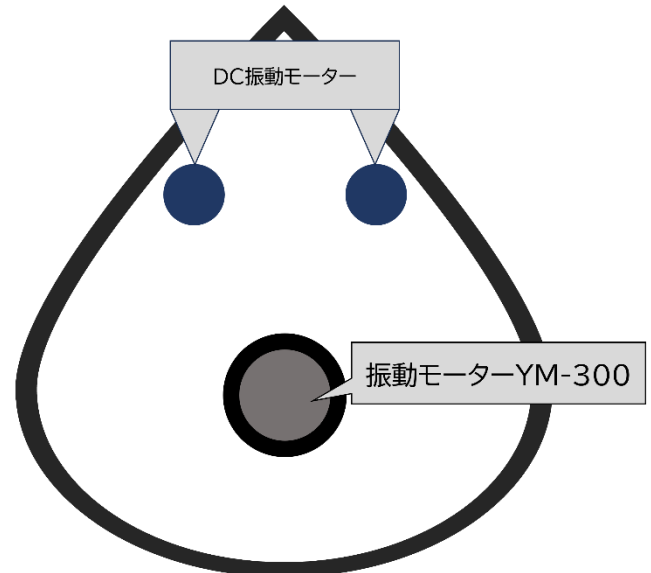


図4 振動モーター設置図

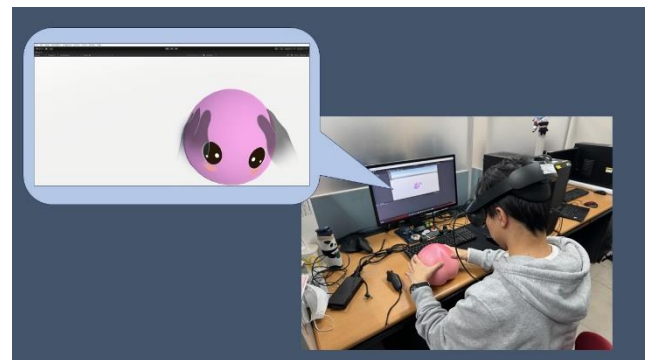


図5 コンテンツを体験している様子

## 4. おわりに

本研究では、スクイーズを用いた触覚刺激を再現する VR 用デバイスの開発とバーチャル物体であるスライムのインタラクションの開発した。Unity, HMD, ハンドトラッキングを使用し、VR 上のバーチャル物体であるスライムと現実のデバイスであるスクイーズを同じものと感じさせるデバイスのプロトタイプを作成した。本研究は、スライムとのインタラクションという新しい VR 体験を生み出すことができ、今後、コンテンツなどに活用できると考えている。

## 5. 今後の展望

本研究は、スライム系モンスター接触体験を可能にするシステムとデバイスを開発し、体験者が生き物であるスライムに触っていると感知することが最終目標である。スライムとデバイスの位置トラッキングが今後の課題となる。

また、開発したシステムの評価実験を実施し、提案システムによってスライムの表現がどこまで実現できたか評価する。

## 参考文献

- [1] Lavalle, S. M., Yershova, A., Katsev, M. and Antonov, M. Head tracking for the Oculus Rift, Proceedings- IEEE International Conference on Robotics and Automation, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2014 p, 187-194.
- [2] Shigeyama, J., Hashimoto, T., Yoshida, S., Aoki, T., Narumi, T., Tanikawa, T. and Hirose, M. Transcalibur: Weight moving VR controller for dynamic rendering of 2D shape using haptic shape illusion, ACM SIGGRAPH 2018 Emerging Technologies, SIGGRAPH 2018, Association for Computing Machinery, Inc, 2018 p. 1-2.
- [3] Kim, S., Hasegawa, S., Koike, Y. and Sato, M. 7. 自由度力覚ディスプレイ SPIDAR-G の提案. Transactions of the Virtual Reality Society of Japan, 2002 Vol. 7, No. 3, p. 403-412.
- [4] 小川剛史, 高橋直人. Haptic Turntable : 視触覚 VR のためのリターゲットイングと回転運動を用いた力触覚提示システム. 情報処理学会論文誌デジタルコンテンツ, 2020, Vol. 8, No. 1, p. 20-28.
- [5] “アイラブピーチクイーン”. <https://i-bloom-squishy.com/products/i-love-peach-queen/>, (参照 2023-12-22).
- [6] Trinitatova, D. and Tsetserukou, D.: TouchVR A wearable haptic interface for VR aimed at delivering multi-modal stimuli at the user's palm, SIGGRAPH Asia 2019 XR, SA 2019, Association for Computing Machinery, 2019, Inc, p. 42-43.
- [7] Choi, I., Culbertson, H., Miller, M. R., Olwal, A. and Follmer, S. Gravity: A wearable haptic interface for simulating weight and grasping in virtual reality, UIST 2017 - Proceedings of the 30th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, Inc, 2017, p. 119-130.
- [8] Shan-Yuan, T., Tzu-sheng, K., Chi, W., Chihuan, C., Da-Yuan, H., Liwei, C. and Bing-Yu, C. PuPoP: Pop-up Prop on Palm for Virtual Reality, UIST '18: Proceedings of the 31st Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, 2018, p. 5-17.
- [9] Miyakami, M., Murata, K. A. and Kajimoto, H.: Hapballoon Wearable haptic balloon-based feedback device, SIGGRAPH Asia Emerging Technologies, SA 2019, ACM, 2019, p. 17-18.
- [10] 星貴之, 岩本貴之, 田裕之. 空中超音波フェーズドアレイによる触覚ディスプレイ. 日本バーチャルリアリティ学会第13回大会論文集. 2008, Vol. 13, p. ROMBUNNO.3A2-2.