

# スティック・スリップ・アクチュエータを用いた 触覚提示デバイスの提案

西村 寧麻<sup>1,a)</sup> 才木 常正<sup>2</sup> 秦 良彰<sup>3</sup> 荒木 望<sup>1</sup> 米澤 朋子<sup>4</sup> 山添 大丈<sup>1,b)</sup>

**概要：**本稿では、VR 環境などにおける触覚インタラクションの向上を目指し、スティック・スリップ・アクチュエータ (SSA) を利用した新しい触覚提示デバイスを提案する。SSA の特性を活かし、従来のデバイスでは困難であった滑りと摩擦を利用した触覚表現と可動的な把持を一つのデバイスで実現する。現在の実装は、親指と人差し指で把持する構成となっており、把持する際の両指の間の距離に基づき SSA の動作を変化させることで、多様な触覚提示の実現を目指している。

## 1. はじめに

近年、仮想現実 (VR) の普及により、没入感のある体験が可能となりつつあるものの、その再現は主に視聴覚が中心であり、触覚については限定的である。仮想空間内での物体とのインタラクションにおいて現実感が欠ける場合も多いため、これまでに様々な触覚提示を目指し、多くの研究が行われている [1], [2]。

物体の把持に対する触覚提示の例として、Choi らは、振動アクチュエータ (VCA) とプレーキ機構を内蔵し、親指と人差し指、中指で把持する VR 用触覚提示デバイスを提案した [3]。このデバイスでは、仮想環境中の物体の重さや把持感覚の表現を可能としている。一方、Lee らは、力覚センサ、トラックパッドと振動アクチュエータ (VCA) を内蔵し、可動部を持たない VR 用触覚提示デバイスを提案した [4]。本デバイスは、Choi らのデバイス [3] と同様に、親指と人差し指、中指で把持するデバイスであるが、可動部を排除することでデバイスの信頼性を向上させつつ、仮想環境中の物体表面の質感や柔らかさを表現できることを示した。

これに対し本研究では、スティック・スリップ・アクチュエータ (stick-slip actuator: SSA) を利用した新しい触覚提示デバイスを提案する。SSA は、圧電素子と駆動ロッド、スライダから構成され、駆動ロッドに固定された圧電素子により駆動ロッドを振動・変位させ、その結果生じる

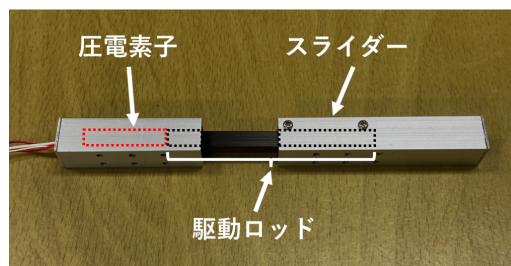


図 1 提案手法で利用するスティック・スリップ・アクチュエータ (駆動ロッド左端は固定されており、圧電素子を取り付けられている。スライダ内側には摩擦部材が固定されている)

駆動ロッドとスライダとの摩擦と慣性力による滑りを利用した、直動アクチュエータである [5], [6]。一般に、微細な位置決め制御に用いられるデバイスであるが、本研究では、SSA の特性を活かし、従来のデバイスでは困難であった滑りと摩擦を利用した触覚表現と可動的な把持を一つのデバイスで実現することを目指す。提案デバイスにより、シンプルなシステム構成で多様な触覚提示の実現することで、VR などにおける触覚のリアリティ向上を目指す。

## 2. スティック・スリップ・アクチュエータ

本研究では、触覚インタラクションを実現するためのアクチュエータとして、(株) ミクロブ製のスティック・スリップ・アクチュエータ (SSA) を用いる。本研究で用いる SSA は、図 1 に示すように、駆動ロッドの片側に圧電素子を設置した SSA である。この圧電素子に周期的な信号を印加し、その信号パターンを変化させることで、スライダ部分が図中の左右に移動し、アクチュエータが伸縮する。

<sup>1</sup> 兵庫県立大学

<sup>2</sup> 兵庫県立工業技術センター

<sup>3</sup> 株式会社ミクロブ

<sup>4</sup> 関西大学

<sup>a)</sup> ei23b023@guh.u-hyogo.ac.jp

<sup>b)</sup> yamazoe@eng.u-hyogo.ac.jp

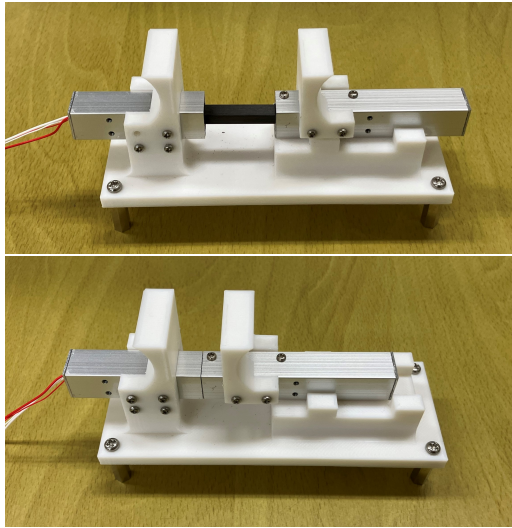


図 2 スティック・スリップ・アクチュエータ (SSA) を用いて試作した触覚提示デバイス (上: SSA を伸ばした状態, 下: 縮めた状態)

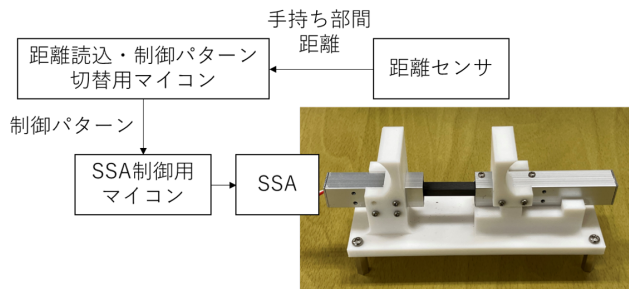


図 3 システム構成

### 3. システム構成

図 2 に試作した触覚提示デバイスの外観を示す。上述のスティック・スリップ・アクチュエータに対し、3D プリンタで作成した手持ち部やアクチュエータ固定部を取り付けた構造であり、手持ち部間の距離に応じて、SSA の伸縮方向や動作を制御することで、多様な触覚表現を実現する。

図 3 にシステム構成を示す。提案デバイスは、上述の SSA に加え、SSA 制御用マイコン、手持ち部間の距離を測定する距離センサ、距離に応じて SSA の制御パターンを変更するための制御パターン切替用マイコンから構成される。さらに、手持ち部間の距離をソケット通信経由で PC (Unity) に送信し、アクチュエータの伸縮度合いに応じた VR コンテンツを生成することで、指の動きに連動した視覚 (聴覚) と触覚の提示を行う。

SSA の伸縮方向や動作を制御することで、複数の触覚表現が実現できており、現在の実装では、つかむ動作 (指間距離が縮まる) の間に、SSA の駆動・静止を繰り返すことによるカタカタとした触感の再現や、伸びる／縮まる方向に駆動することで指先への力覚の変化、といった触覚表現が実装できている。

今後は、上記の組み合わせなど、SSA で再現できる触覚表現について、さらに検討を進めるとともに、VR を用いた視聴覚と触覚を組み合わせた刺激提示や、提案デバイスの有効性の評価などを進めていく。

### 4. おわりに

本稿では、スティック・スリップ・アクチュエータ (SSA) を用いた触覚提示デバイスを提案し、その特徴とシステム構成を紹介した。SSA の特性を活かし、SSA の伸縮方向や動作を制御することで、従来のデバイスでは困難であった滑りと摩擦を利用した触覚表現と可動的な把持を一つのデバイスで実現できることを確認した。

**謝辞** 本研究の一部は、JSPS 科研費 23K11278, 23K26082, 21K11968 の助成を受けて実施した。

### 参考文献

- [1] Chyanna Wee, Kian Meng Yap, and Woan Ning Lim. Haptic interfaces for virtual reality: Challenges and research directions. *IEEE access*, Vol. 9, pp. 112145–112162, 2021.
- [2] Adilzhan Adilkhanov, Matteo Rubagotti, and Zhanat Kappassov. Haptic devices: Wearability-based taxonomy and literature review. *IEEE Access*, Vol. 10, pp. 91923–91947, 2022.
- [3] Inrak Choi, Heather Culbertson, Mark R Miller, Alex Olwal, and Sean Follmer. Grabity: A wearable haptic interface for simulating weight and grasping in virtual reality. In *Proceedings of the 30th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 119–130, 2017.
- [4] Jaeyeon Lee, Mike Sinclair, Mar Gonzalez-Franco, Eyal Ofek, and Christian Holz. Torc: A virtual reality controller for in-hand high-dexterity finger interaction. In *Proceedings of the 2019 CHI conference on human factors in computing systems*, pp. 1–13, 2019.
- [5] 吉田龍一, 岡本泰弘, 岡田浩幸. スムーズインパクト駆動機構 (SIDM) の開発 (第 2 報) -駆動電圧波形の最適化-. 精密工学会誌, Vol. 68, No. 4, pp. 536–541, 2002.
- [6] Yang Yu, Qiang Gao, Xiaosong Zhang, Guangda Qiao, Yi Han, Xiaohui Lu, and Tinghai Cheng. A piezoelectric stick-slip nanopositioning stage with ultra-high load capacity realizing by decoupling the driving and moving units. *IEEE Access*, Vol. 7, pp. 142806–142813, 2019.